www.viserdata.com

工程建设

ENGINEERING CONSTRUCTION

月刊

■ 主办单位：Viser Technology Pte.Ltd.　■ ISSN 2630-5283(online) 2717-5375(print)

维普数据库收录期刊

RCCSE权威核心学术期刊

2023 12

第6卷 总第58期

COMPANY INTRODUCTION

公司简介

维泽科技文化有限公司(Viser Technology Pte. Ltd.)成立于新加坡，是一家科技与文化高度融合的创新型企业。我们拥有一支具有较高文化素质、管理素质和业务素质的团队，聚焦于国际开源中英文期刊、体现文化含量与学术价值图书的出版发行。秉承“传播科技文化，促进学术交流”的理念，与国内外知名院校，科研院所及数据库建立了稳定的合作关系。坚持开拓创新，实施“跨越–融合”的发展战略，立足中国、新加坡两地，辐射全球，并于中国设立河北和重庆两个分部。我们将紧紧围绕专业化、特色化的发展道路，不断营造“有情怀，有视野，有梦想”的企业文化氛围，独树一帜，做一家“有血、有肉、有温度”的创新型出版企业。

Viser Technology Pte. Ltd. was founded in Singapore with branch offices in both Hebei and Chongqing, China. Viser focuses on publishing scientific and technological journals and books that promote the exchange of scientific and technological findings among the research community and around the globe. Despite being a young company, Viser is actively connecting with well-known universities, research institutes, and indexation database, and has already established a stable collaborative relationship with them. We also have a group of experienced editors and publishing experts who are dedicated to publishing high-quality journal and book contents. We offer the scholars various academic journals covering a variety of subjects and we are committed to reducing the hassles of scholarly publishing. To achieve this goal, we provide scholars with an all-in-one platform that offers solutions to every publishing process that a scholar needs to go through in order to show their latest finding to the world.

工程建设

Engineering Construction

2023年·第6卷·第12期（总第58期）

主办单位：Viser Technology Pte. Ltd.

I S S N：2630-5283 (online)

2717-5375 (print)

发行周期：月刊

出版时间：12月

数据库收录：维普数据库

RCCSE权威核心学术期刊

期刊网址：www.viserdata.com

投稿/查稿邮箱：viser-tech@outlook.com

地　　址：21 Woodlands Close, #08-18,

Primz Bizhub SINGAPORE (737854)

学术主编：吴　萌

责任编辑：张健美

学术编委：严心军　王志甲　王建立

程俊儒　高　昱　初士俊

张高德　刘庆功　张　宽

张迪军　李江宇　史宗亮

高增吉　李占民　李晋阳

魏　刚　肖　泳

美工编辑：李　亚　Anson Chee

印　　制：北京建宏印刷有限公司

定　　价：SGD 20.00

本刊声明

本刊所载的所有文章均不代表本刊编辑部观点；作者文图责任自负，如有侵犯他人版权或者其他权利的行为，本刊概不负连带责任。

版权所有，未经许可，不得翻译、转载本刊所载文章。

警告著作权人：稿件凡经本刊使用，如无电子版或书面的特殊声明，即视为作者同意授权本刊及本刊网络合作媒体进行电子版信息网络传播。

目　录

CONTENTS

工程管理

道路桥梁工程造价的影响因素及控制措施分析. 陈继强 1

论建筑工程管理及施工质量控制的有效策略... 王功锦 4

燃气工程中燃气输配技术的研究与实际应用... 王　辉 7

预防性公路桥梁隧道养护技术的应用与养护方法.....

..... 蔡　翔 10

土木工程施工项目管理研究..... 林　锋 13

数字化时代建筑工程造价管理转型策略..... 韩振虎 16

项目管理在土木工程建筑施工中的应用..... 龙振杰 19

建筑施工安全问题分析及安全管理对策探析.. 曹　亮 22

建筑工程

刍议建材检测中混凝土钢筋锈蚀的检测要点.. 马银发 26

隔膜式气压罐定压装置在空调水系统的应用.. 田川川 29

谈建筑工程施工中的防水防渗施工技术的应用.....

..... 吕秀峰　何邦超　周　华 32

建筑工程质量控制面对的问题与对策研究.... 房鹏鹏 35

市政工程

市政道路路桥过渡段的施工要点探讨..... 李晓旭 38

桥梁隧道施工中灌浆技术的应用..... 惠　衡 41

市政工程施工中地下管线的保护问题.....

..... 陈磊杰　曹　成　杨新宇 44

市政排水设计中海绵城市理念的实施策略.... 温胜利 47

市政路桥工程大体积混凝土施工技术管理分析.....

..... 厉　飞 50

机械工程

热风炉炉体横环缝的埋弧自动焊工艺探讨.... 王明铭 53

永磁同步减速电机在矿井提升机上的应用.....

..... 邱战峰　盛　超　李凌云　苗向民　李斌成 56

智能工厂自动化产线电气控制系统优化设计及应用....

..... 颜宇光 61

石油工程

天然气管道施工常见安全问题及防控措施.....

..... 周思含　张英华 64
石油化工设备常见的腐蚀原因及防腐策略.... 孔凡景 67
海洋石油平台防爆电气技术研究..... 王　鹏 70
超高压蒸汽 A335-P22 材质在管道焊接中的应用.....
..... 刘建国　王银飞　王　健　田文冲 73

矿山工程

立井液体乳化炸药机械化装药施工技术研究.....
..... 陶银柱 79
煤田地质钻探中的常见问题与对策分析..... 钮国连 83
全站仪后方交会测量法在复杂开采条件下的应用.....
..... 吕志远 86

冶金工程

钢轨铝热焊头断裂原因分析..... 张　亮 89

施工技术

BIM 技术在城市轨道交通建设施工阶段中的应用 .....
..... 刘国生 93
灌区农田水利渠道设计及其施工技术分析.... 冯荣亮 96
预制混凝土管桩在路基软基处理中的应用... 白　龙 100
风景园林施工中常见问题及解决措施..... 汪　波 103
超高层钢管混凝土结构建筑施工技术分析... 程　杰 106
绿色施工技术在道路桥梁施工中的应用讨论.....
..... 黄　静 109
道路桥梁施工中绿色施工技术的运用..... 柴　恒 112
公路路基施工技术与路基压实质量的控制措施分析....
..... 谷祎君 115
房建土建工程中高支模施工技术运用研究... 赵　荣 118
浅谈水库安全防汛抢险水平措施技术.....
..... 耿嘉遥　卓　寒　张咪咪 121
复杂环境下特大断面既有隧道原位拆除扩挖施工技术研究 ..... 张　林 124
深圳书城湾区城基础设计与分析... 王子佳　王　红 128
连续刚构桥面铺装结构层间黏结性能影响因素研究....
..... 张　远　王　杨 131
永兴一号隧道通风方案设计与施工..... 常冠星 135
钻孔灌注桩施工技术在道桥施工中的应用探究.....
..... 王海燕 141
青岛泉心河水库面板及附属结构施工优化技术措施....
..... 韩振方 144
泡沫混凝土保温性能影响因素分析..... 郭　峰 148

建筑设计

建筑电气设计原则与设计中常见问题..... 李　波 156
房屋建筑结构设计中常见问题探析..... 李宇航 159
复杂山区高速公路桥梁设计要点浅析..... 张全洋 163
建筑结构设计对碳排放的影响研究..... 孙　昊 166
低碳概念下的建筑设计应对的策略..... 李　哲 169
浅析低碳背景下绿色技术在建筑暖通设计中的应用....
..... 王　聪 172
规划管理对城市建筑设计的影响研究..... 龚　辉 176
民用建筑结构设计中的基础设计研究..... 李　飞 179
高层混凝土建筑结构设计的抗震设计探究... 李　炜 182
建筑结构设计中 BIM 技术的应用探析..... 张惠峰 185
浅谈人性化设计在建筑设计中的应用..... 龙德才 188

技能环保

节能绿色环保技术在市政工程中的应用研究.....
..... 杨新宇　陈磊杰　曹　成 191
节能建筑外墙保温材料的应用分析..... 蔡宇辰 195
现代绿色节能技术在建筑工程施工中的应用.....
..... 李　妍　吴　苒　邬翔宇 198

道路桥梁工程造价的影响因素及控制措施分析

陈继强
新疆生产建设兵团交通建设有限公司，新疆 石河子 832000

[摘要]道路桥梁是一个国家的重要基础设施，近些年，随着城市化进程不断加快，道路桥梁修建数量也在不断增加。在道路桥梁修建项目不断增加的当下，如何在保证其质量的基础上，尽量控制造价是相关项目负责人需要充分考虑的事情。在道路桥梁修建过程中，影响其造价的因素众多，要想达到较好的造价控制效果，就需要相关项目负责人充分了解相关影响道路桥梁造价的因素，并采取相应的措施对其进行控制。文中主要探究分析影响道路桥梁造价的因素以及控制造价的相关措施，希望能够对降低道路桥梁的造价提供一些有利帮助。

[关键词]道路桥梁；工程造价；影响因素；控制措施
DOI：10.33142/ec.v6i12.10381 中图分类号：U45 文献标识码：A

Analysis of Factors Influencing the Cost of Road and Bridge Engineering and Control Measures

CHEN Jiqiang
Xinjiang Production and Construction Corps Transportation Construction Co., Ltd., Shihezi, Xinjiang, 832000, China

Abstract: Road and bridge construction is an important infrastructure of a country. In recent years, with the continuous acceleration of urbanization, the number of road and bridge construction has also been increasing. In the current era of increasing road and bridge construction projects, how to control the cost as much as possible while ensuring its quality is a matter that relevant project leaders need to fully consider. In the process of road and bridge construction, there are many factors that affect its cost. In order to achieve good cost control results, relevant project leaders need to fully understand the factors that affect the cost of road and bridge, and take corresponding measures to control them. The article mainly explores and analyzes the factors that affect the cost of road and bridge construction, as well as relevant measures to control the cost, hoping to provide some beneficial help in reducing the cost of road and bridge construction.

Keywords: roads and bridges; engineering cost; influencing factors; control measures

引言

工程造价就是指工程的建造价格，具体来说就是指在建设工程项目中，根据项目的设计方案和需求，计算出所需的人力、设备、材料、工程服务以及其他相关费用的总和。工程造价是对建设工程项目开支的估算和控制，用于确定工程项目的预算和费用控制。道路桥梁工程在建筑工程中，具有项目施工周期长、造价较高的特点。怎样在充分保证其建造质量的同时尽量降低造价是当前道路桥梁工程的一项重点工作，因此，本文研究的道路桥梁工程造价的影响因素及控制措施具有一定的现实意义。

1 道路桥梁工程进行造价控制的意义

在道路桥梁施工过程中，需要通过采取相应的造价控制措施进行造价管理，以进一步提升项目资金的利用率，并进一步降低建造成本，从而为建筑企业带来更高的经济效益以及创造一定的社会效益。在道路桥梁工程中，有效的造价控制管理主要有：提高资金计划性和预算合理性、保障工程质量、进行工程进度管控和工期控制、提高建筑企业市场竞争优势、提高建筑企业资金利用率和经济效益等作用，以下是对道路桥梁工程进行造价控制的重要性的具体阐述。

1.1 提高资金计划性和预算合理性

道路桥梁工程通常需要大量的资金投入，对于建设单位和资金方来说，进行造价控制可以确保资金计划和预算的合理性。通过合理的造价控制，可以充分利用有限的资金资源，减少资金浪费和冗余，确保项目的可持续发展。

1.2 保障工程质量

造价控制与工程质量密切相关。合理控制工程造价，可以确保在满足质量要求的前提下，最大限度地降低成本。如果造价控制不到位，可能会导致工程质量缺陷和安全风险，给道路桥梁使用和维护带来隐患。

1.3 进行工程进度管控和工期控制

良好的造价控制可以帮助项目管理人员更好地管理工程进度和工期。通过对造价的合理分析和控制，可以预防工程施工过程中的成本超支、材料供应延误等问题，确保工程按时完成。

1.4 提高建筑企业市场竞争优势

在项目招投标过程中，合理的造价控制可以提高项目的竞争力。对于建设单位和投标方来说，通过控制工程造价，可以在满足质量要求的前提下，提供具有竞争力的价格，增加中标的机会。

Copyright © 2023 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

1.5 提高建筑企业资金利用率和经济效益

良好的造价控制可以帮助项目实现资金的最大回报和效益的提升。通过降低成本、提高效率，项目可以实现更高的投资回报率，为资金方带来更好的经济效益。

2 影响道路桥梁工程造价的因素

在道路桥梁工程中，影响工程造价的因素众多，要想做好工程造价控制工作，就需要充分考虑到各种影响因素，并制定较为完善的造价控制措施。在道路桥梁工程施工中，造价控制管理是工程管理的一个重点，通过造价控制管理能够有效降低道路桥梁的建造成本，从而为相关建造企业带来更多的经济效益。不过在实际的造价控制管理过程中，由于受到诸多因素的影响，导致造价控制存在一定难题。影响道路桥梁工程的因素主要有：工程规模和复杂程度、建材及建造设备的价格、劳动力成本、政府政策和法规、市场竞争关系等，以下是对影响道路桥梁工程造价的因素的具体分析。

2.1 工程规模和复杂程度

在道路桥梁工程中，工程规模的增大通常会导致工程造价的增加。较大的建设面积和长度意味着需要投入更多的材料、劳动力和设备，这会直接增加工程的成本。另外，如果道路桥梁工程的复杂程度较高，此时通常需要采用更为复杂的结构设计和特殊的材料，这也会一定程度上增加工程的建设难度和成本。例如，大跨度、斜拉桥、悬索桥等特殊结构的采用会增加施工难度和材料成本。复杂程度较高的工程通常需要更高水平的施工技术和专业人员，以完成工程建设。例如，在海上建设桥梁或隧道、在高山峻岭建设隧道等场景下，施工难度大，要求更高的技术和设备，这也会导致工程造价的增加。如果工程所处的地基和地质条件较为复杂和不稳定，就需要采取更为复杂的地基处理措施，如加固处理、地下水排除等，这也会导致工程造价进一步增加。

2.2 建材及建造设备的价格

建材及建造设备价格的波动也会对道路桥梁工程造价产生重要影响。建材价格的上涨会直接影响道路桥梁工程的造价。例如，混凝土、钢材、沥青等常用的建材价格的波动都会对工程造价产生影响。材料成本的上升会增加工程采购成本，进而增加工程总造价。在道路桥梁工程施工过程中，通常需要使用各种施工设备和机械，如起重机、挖掘机、压路机等。建设单位可能选择租赁这些设备，设备租赁费用的增加也会增加工程的成本。另外，建材价格的波动可能导致供应链出现不稳定的情况，如果建材供应面临紧缺或者供应渠道受阻，建设单位可能需要通过长途运输等方式获取材料，这会增加材料的运输成本，进而增加工程造价。

2.3 劳动力成本

劳动力成本对道路桥梁工程造价的影响主要体现在工人工资、社保费用、技术水平和劳动生产率等方面。劳动力成本的一个主要方面就是工人的工资。工人的工资水平会直接影响到工程的人工成本。如果工人工资上涨，工程造价也会相应增加。劳动力成本还包括各种社会保险费用，如养老保险、医疗保险、失业保险等。这些费用通常由建设单位承担，会增加工程的总造价。劳动力的技术水平和劳动生产率也会对工程造价产生影响。技术水平较高的工人通常能够高效地完成工作，从而降低劳动力成本。相反，技术水平较低或劳动生产率较低的工人可能需要更长的施工周期，导致劳动力成本上升。

2.4 政府政策和法规

政府政策法规也是影响道路桥梁工程造价的一个重要因素，政府通常会制定环保政策和法规，要求工程在施工和运营过程中采取环境保护措施。例如，要求进行环境影响评价、减少施工对环境的污染、合理处理施工废弃物等，这些要求可能会增加工程的成本。另外，政府在道路桥梁工程中通常会设定安全要求和标准。例如，对桥梁的承载能力、防护设施、施工安全等方面进行规定，这些安全要求可能会增加工程的成本。再次，政府制定的用地政策和规划对道路桥梁工程造价也有一定的影响。政府可能要求工程在特定位置、特定规模或特定用地条件下进行建设，这可能会增加工程的征地、拆迁等成本。政策法规除了可能对道路桥梁工程产生增加造价的影响，还可能降低工程造价。政府在道路桥梁工程方面通常会提供资金支持和补贴政策，以鼓励工程建设和发展。这些政策可能会减轻建设单位的负担，降低工程的总造价。

2.5 市场竞争关系

市场竞争关系也会对道路桥梁工程造价产生一定的影响，市场竞争会影响建材的供应和价格，如果市场竞争激烈，供应充裕，建材价格可能较低；反之，如果市场竞争不激烈，建材供应紧张，建材价格可能上涨。建材价格的波动直接影响到工程的材料成本，进而影响工程的总造价。另外，市场竞争关系还会影响承包商在投标时的报价。如果市场竞争激烈，承包商为了赢得工程可能会提供较低的报价；反之，如果市场竞争不充分，承包商可能会提供较高的报价。竞争激烈的市场条件下，承包商为了获得工程合同可能会降低利润率，从而降低工程的总造价。市场竞争关系还可能促使承包商不断推进技术创新和提升施工效率。通过引入新的施工技术、设备和管理方法，承包商可以减少资源浪费、提高施工效率，从而降低工程的成本。

3 道路桥梁工程的造价控制措施

对于建筑企业来说，要想做好工程造价控制工作，就需要充分考虑到各种影响因素，并制定较为完善的造价控制措施。上文笔者阐述了影响道路桥梁工程造价的一些措施，在充分考虑影响工程造价的各种因素的基础上，笔者根据相关工作经验，以及查阅相关文献资料，主要提出了以下控制道路桥梁工程造价的措施：前期设计精细化、加

Copyright © 2023 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

强施工项目管理、选择适合的供应商和承包商、不断对施工技术进行创新、与相关利益方合作等，以下是对道路桥梁工程的造价控制措施的具体阐述。

3.1 前期设计精细化

在道路桥梁工程中，精细化的前期设计将能够进一步控制工程造价。在项目启动前，需对工程的需求进行全面的了解，包括交通需求、功能要求、结构要求等。这有助于明确工程的核心目标，避免在后期设计中频繁变更和调整，从而降低成本。除了了解工程需求，还应该充分了解工程所在地的地形和地质条件，包括地质勘察、地形测量等工作，以便在设计阶段考虑地质条件对工程的影响。通过综合分析地质条件，合理选择路线和桥梁设计方案，减少后期因地质条件变化导致的设计修改和额外工程量增加。另外，工程前期有效的设计流程和设计方案，也能够一定程度上达到降低工程造价的目的。可以采用先进的设计软件和技术手段，进行数字化设计和模拟分析，以寻找最经济和有效的设计方案。

3.2 加强施工项目管理

加强项目施工管理能够有效控制工程造价，通过加强项目施工管理，能够使项目更加可控，从而减少资源浪费及成本增加的情况。要加强项目施工管理，首先需要制定合理的施工计划，明确施工的各个阶段和工作内容，合理安排资源和人力，避免资源的浪费和成本的增加。其次还需要加强对施工过程的监督和控制，确保施工质量符合设计要求和标准。通过严格执行质量控制计划、加强施工现场的巡查和监测，及时发现和处理施工质量问题，避免因质量不合格而引起的返工和修复增加成本。

3.3 择适合的供应商和承包商

选择合适的供应商和承包商是控制道路桥梁工程造价的重要举措，在选择供应商和承包商之前，应该进行充分的市场调研和评估，了解各个供应商和承包商的信誉、实力和业绩等。可以通过参考他们的历史项目经验、客户评价、资质认证和参与公开招标等方式，对供应商和承包商进行全面的评估。最好是能够选择具有相关技术能力和丰富经验的供应商和承包商，从而确保在工程施工过程中能够提供高质量的材料和专业的施工服务。如果在过去的项目中有良好的合作经验和业绩表现，可以考虑与供应商和承包商签订长期合作协议。这样可以建立稳定的合作关系，提高双方的配合和沟通效率，并获得更有竞争力的价格和服务。

3.4 不断对施工技术进行创新

对于建筑企业来说，要想控制造价，还应该不断对施工技术进行创新，通过掌握先进的施工技术来进一步降低道路桥梁工程造价。具体来说，就是需要时刻关注和研究最新的施工技术和工艺，例如预制装配技术、新型材料应用、数字化施工等。这些新技术和工艺可以有效提高施工效率、降低施工成本。另外，还可以积极引进自动化和智能化施工设备，提高施工效率、减少人力投入，并减少施工过程中的错误和缺陷。例如，采用自动化铺设机械、智能化测量设备等，可以有效提高施工效率和准确性，降低劳动力成本。还可以采用 BIM 技术进行建模、协同设计和施工过程管理，可以提前解决设计和施工中的冲突和问题，减少误差和重复工作，从而降低施工成本和风险。

3.5 与相关利益方合作

通过与相关利益方的合作，可以共同解决问题、分享资源和知识，提高施工效率和质量，从而达到降低道路桥梁工程造价的目的。具体表现为：其一，与政府部门建立紧密的合作关系，包括交通规划部门、财政部门、监管部门等。通过与政府合作，可以有效获得优惠政策、项目资金支持等，从而降低工程造价。其二，与设计单位进行紧密的合作和沟通，确保设计方案符合施工要求和预算限制。通过合作，可以避免设计与施工的冲突，减少设计变更和额外费用。

4 结语

在道路桥梁工程中，控制工程造价是一项十分重要的工作。在具体的道路桥梁修建过程中，影响造价的因素众多，要想达到较好的造价控制效果，就需要相关项目负责人充分了解相关影响道路桥梁造价的因素，并采取相应的措施对其进行控制。本文主要探究分析影响道路桥梁造价的因素以及控制造价的相关措施，希望能够对降低道路桥梁的造价提供一些有利帮助。

[参考文献]

[1]陶妮.道路桥梁工程造价的影响因素及控制措施分析[J].产城:上半月,2020(3):8.
[2]连涵.道路桥梁工程造价的影响因素及控制措施分析[J].商品与质量,2020(43):218.
[3]冯前进,刘亚辉,赵宝锋.市政道路桥梁工程造价的影响因素及控制措施分析[J].中文科技期刊数据库(全文版)工程技术,2022(3):4.
[4]麦剑明.道路桥梁工程造价的影响因素及控制措施分析[J].中文科技期刊数据库(全文版)工程技术,2022(6):4.
[5]杨付超.道路桥梁工程造价的影响因素及对策分析[J].建筑工程技术与设计,2018(8):1227.

作者简介：陈继强（1983.4—），毕业院校：塔里木大学，所学专业：土木工程专业，当前就职单位：新疆生产建设兵团交通建设有限公司，职务：副经理；职称级别：中级工程师。

Copyright © 2023 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

论建筑工程管理及施工质量控制的有效策略

王功锦
江苏省连云港市赣榆区海头镇建设管理所，江苏 连云港 221000

[摘要]建筑工程管理及施工质量控制的有效策略至关重要，以确保项目的成功完成和质量达标。文中提出了一系列有效的策略，包括制定严格的施工计划和时间表，加强项目管理，建立质量管理体系，强化安全管理，以及加强法律法规遵守。这些策略有助于提高工程的质量、安全性和合规性，降低预算超支、进度延误和法律风险的风险。通过综合运用这些策略，建筑工程管理团队可以更好地应对项目中常见的问题，确保项目的顺利进行和成功交付，这些策略在不同类型的建筑工程项目中都具有普适性，可为建筑行业的发展和进步提供有力支持。

[关键词]建筑工程管理；施工质量控制；策略
DOI：10.33142/ec.v6i12.10370 中图分类号：TU71 文献标识码：A

Discussion on Effective Strategies for Construction Engineering Management and Construction Quality Control

WANG Gongjin
Jiangsu Lianyungang Ganyu District Haitou Town Construction Management Office, Lianyungang, Jiangsu, 221000, China

Abstract: Effective strategies for construction project management and construction quality control are crucial to ensure the successful completion and quality standards of the project. The article proposes a series of effective strategies, including developing strict construction plans and schedules, strengthening project management, establishing a quality management system, strengthening safety management, and strengthening compliance with laws and regulations. These strategies help improve the quality, safety, and compliance of the project, reducing the risks of budget overruns, schedule delays, and legal risks. By comprehensively applying these strategies, the construction project management team can better respond to common problems in projects, ensuring the smooth progress and successful delivery of projects. These strategies are universal in different types of construction projects and can provide strong support for the development and progress of the construction industry.

Keywords: construction project management; construction quality control; strategies

建筑工程管理和施工质量控制是建筑行业中至关重要的方面，直接关系到工程的成功完成、质量达标以及工程团队和利益相关者的满意度。随着建筑项目的复杂性不断增加和市场竞争的加剧，采用有效的策略来管理和控制工程项目变得愈加关键[1]。本文旨在探讨一系列有效的策略，以应对建筑工程管理和施工质量控制中常见的挑战和问题。这些策略将涵盖项目计划、项目管理、质量管理、安全管理以及法律法规遵守等方面。通过综合运用这些策略，建筑工程团队可以提高工程的效率、质量和安全性，同时降低不必要的风险和成本。在当今竞争激烈的建筑市场中，采用适当的策略可以帮助建筑项目更好地满足客户需求，实现可持续发展，同时确保项目的成功和可交付性。在下文中，将详细探讨这些策略，并为建筑工程管理和施工质量控制提供有益的指导。

1 建筑工程管理与施工质量控制的重要意义

1.1 确保工程质量和安全性

建筑工程管理与施工质量控制的首要任务在于确保工程的卓越质量和绝对安全，质量问题可能对工程产生严重影响，如结构不稳定、建筑物严重损坏，甚至危及人员的生命安全。通过严格的管理和全面的质量控制，能够及时发现和纠正潜在问题，确保建筑工程严格遵守相关标准和规范，不仅提升工程的质量水平，还保障了工程的绝对安全性。这一切都有助于确保项目的成功完成，满足客户的期望，以及维护建筑公司的声誉。

1.2 精确掌控成本和时间

建筑工程涉及巨额资金和广泛资源，因此，对成本和时间的精准掌控至关关键。科学的项目管理有助于确保工程按预算和计划顺利完成，避免超支和延误。通过精细的项目计划、实时进度监控以及资源的智能调配，可以最大程度地提高工程的经济效益，减少资源浪费，最优化资源的利用。这些举措旨在保障工程的高效执行，确保项目的成功，同时也维护了财务健康和进度的可控性[2]。

1.3 提升客户满意度

客户满意度在衡量建筑工程成功的过程中扮演着关键的角色，通过精细的工程管理，能够更好地满足客户的期望和需求，确保项目完美地符合其要求。这不仅维护了牢固的客户关系，还有助于公司拓展更多的商机，并树立了卓越的声誉。客户的满意度超越了单纯的交易关系，它

Copyright © 2023 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

代表了我们对质量、效率和卓越服务的承诺，为公司的成功和可持续增长奠定了坚实的基础。

1.4 减少风险和纠纷

建筑工程常伴随各类潜在风险和争议，如质量隐患、合同矛盾、法律争端等。通过高效的工程管理和施工质控，能有效降低这些风险发生的概率，且能在问题浮现时快速应对、妥善解决。这不仅减少了法律诉讼的风险，还有助于降低整个项目的不确定性和成本负担。因此，坚守高标准的管理和质量控制，有助于确保工程的平稳进行，最终达到安全、高质量、高效率的目标。

2 建筑工程管理与施工质量控制中存在的问题

2.1 质量控制不严格

在建筑工程管理中，质量控制得不严格常常是一个普遍存在的问题。这可能会导致在施工过程中使用的材料未能符合规定的标准，工艺操作不够谨慎，甚至施工人员的技能和操作水平存在不足。这种情况直接影响着建筑物的质量和结构的稳定性，甚至可能引发潜在的安全隐患和事故。质量控制得不严格也可能导致对建筑工程的监督和检验不充分，未能及时发现和纠正潜在的质量问题。这可能会在工程完工后出现问题，导致维修成本增加，项目延误，甚至引发法律纠纷。除此之外，质量控制不严格还可能对项目的声誉和可信度产生负面影响，降低客户和投资者的信任度，对建筑公司的长期发展造成不利影响[3]。

2.2 预算超支和成本控制困难

预算超支和成本控制的困难是建筑工程管理中常见的问题，在施工过程中项目可能会超出最初设定的预算，导致资金不足，难以按计划完成工程。这些问题可能由于成本估算不准确、工程变更、材料价格波动等原因引起。成本控制的困难可能导致项目的经济效益不佳，损害项目的盈利能力，甚至对建筑公司的财务状况和长期可持续发展产生负面影响。预算超支和成本控制困难还可能引发合同纠纷和法律诉讼，对项目的声誉和信誉造成损害，影响建筑公司的商业关系和竞争力。因此，预算超支和成本控制困难是需要认真对待和解决的问题，需要采取措施来提高成本估算的准确性、加强成本控制和监管，以确保项目能够按预算顺利进行。

2.3 安全管理不到位

不充分的安全管理是建筑工程管理中的严重问题，它可能导致施工现场存在潜在的危险因素，例如缺乏安全设备、工人缺乏安全意识、工地秩序混乱等。这可能会引发工伤事故和意外事件，威胁工人的生命安全。此外，安全管理不到位还可能导致建筑工程的进度延误和成本增加，工地事故可能导致工程停工、进行人员调查、支付赔偿等问题，影响工程的正常进行，同时也增加了额外的费用。安全管理不到位可能损害建筑公司的声誉和信誉，影响与客户、承包商和监管机构的关系，对公司的长期发展和竞争力带来不利影响[4]。

2.4 进度延误和项目管理不善

工程进度的延误可能导致工程未能按照既定计划按时完工，进而影响整个工程的交付时间。这种延误可以由多种原因引发，包括工程计划不合理、频繁的工程变更、施工中的意外问题等。此外，不善的项目管理也是进度延误的元凶，它可能导致成本难以控制，材料和人力资源的浪费，以及施工质量的下滑。不足的监督与管理、沟通不畅、问题处理不及时都是项目管理不善的表现。最终，进度延误和项目管理不善可能引发合同纠纷和法律诉讼，不仅损害了项目的声誉和信誉，还对建筑公司的商业关系和竞争力带来了负面影响。因此，确保高效的项目管理和严格的进度控制至关重要，有助于保持项目的顺利进行，避免不必要的延误和风险。

2.5 法律法规遵守不足

法律法规遵守不足是建筑工程管理中的重要问题，未能严格遵守相关法律法规可能导致项目的违规施工，违反环保、安全、建筑标准等法规，可能引发法律纠纷和罚款。法律法规遵守不足可能导致建筑工程的质量和安全问题，不合规的施工和材料使用可能引发工程质量问题，甚至造成安全隐患和事故。法律法规遵守不足也可能对公司的声誉和信誉产生负面影响，影响与客户、监管机构和合作伙伴的关系，对公司的长期发展和竞争力带来不利影响。因此，加强法律法规的遵守是至关重要的，建筑工程管理团队应该确保严格遵守所有适用的法律法规，以降低法律风险和确保工程的合规性[5]。

3 加强建筑工程管理及施工质量控制的措施

3.1 建立严格的施工计划和时间表

施工计划和时间表是确保项目有序进行的基础，它们为工程提供了清晰的指导，确保各项工作按照计划有序推进。施工计划应该详细分析工程的各个方面，包括规模、复杂性、资源可用性和工程周期。计划需要明确定义工作任务、责任人和任务之间的依赖关系。同时，考虑风险因素，如天气、供应链问题和人力资源等以建立应对措施。时间表的建立需要根据施工计划中的任务和依赖关系，确定每个任务的开始和结束时间，时间表应该合理安排，确保工程能够按时交付。同时，时间表应该具备弹性以应对可能的延误和变化。团队应该定期更新时间表，跟踪进度，并及时调整计划，以确保项目按计划进行。通过严格的计划和时间表，可以帮助团队预测和解决问题，确保项目的效率和质量。

3.2 加强项目管理

项目管理在建筑工程中起着关键作用，涵盖了计划、组织、执行和监督各个工程阶段的活动。这包括资源管理、人力调配、任务分配等方面，确保项目按照计划有序进行。项目管理不仅有助于降低成本和资源浪费，还可以提高工程的效率和质量。通过建立合理的项目组织结构，明确各

Copyright © 2023 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

个工作包和团队的责任和权限，有助于确保项目中的各个环节得到妥善管理和控制。项目管理还需要建立有效的沟通和协作机制，确保各个团队之间的信息共享和协同工作，减少信息断层和工程冲突，提高工程的协调性和一致性。此外，项目管理需要建立有效的监测和反馈机制，及时识别和解决问题，确保项目按计划进行[6]。

3.3 建立质量管理体系

质量管理体系是确保工程质量的有效工具，它涵盖了质量标准的制定、质量控制的方法和程序、质量审查和检查等方面。通过建立有效的质量管理流程，可以降低错误和缺陷的发生，减少重复工作和不必要的成本，提高工程的经济性和竞争力，质量管理体系还有助于提高工程的可追溯性和透明度，记录了工程的各个质量活动和检查过程，确保质量问题的跟踪和追溯。建立质量管理体系需要明确质量政策和目标，以确定工程的质量标准和要求。同时，需要建立质量手册和程序文件，包括质量控制计划、检查和测试程序、质量记录和文档管理等内容，这些文件明确了质量管理的流程和责任，为质量工作提供指导。质量管理体系需要进行培训和认证，确保项目团队具备必要的知识和技能，能够有效执行质量管理活动[7]。

3.4 强化安全管理

安全管理在建筑工程中至关重要，它有助于保护工程人员和施工现场的安全。因此，在建筑工程施工中要重视建立严格的安全管理制度和规定，培训工程人员的安全意识，并且采取措施以加强现场监督和检查，可以降低事故的发生率，进而进一步地保障工程人员的生命安全。通过安全管理有助于减少工程事故的发生和责任纠纷，同时安全管理不仅关乎人员的安全，还涉及工程进度和成本。事故和安全问题可能导致工程的延误和额外成本，影响工程的质量和竞争力。因此，强化安全管理需要建立严格的安全管理制度和规定，明确施工现场的安全责任和要求。比如，培训工程人员的安全意识和技能，确保他们能够正确应对潜在的安全风险，加强现场监督和检查，定期进行安全巡检，及时发现和解决安全问题，为建筑工程施工的安全性提供重要的保证。

3.5 加强法律法规遵守

法律法规遵守在建筑工程中具有关键意义，遵守法律法规有助于保护项目的合法性和合规性。建筑工程涉及众多法律法规，包括土地规划、环境保护、安全生产、建筑质量等方面的法律法规。违规操作可能会引发法律风险，导致项目停工、罚款甚至法律诉讼。因此，建筑工程管理团队必须深入了解和遵守相关法律法规，以确保项目的合法性和合规性。遵守法律法规有助于提高工程的质量和安全，许多法律法规是为了保障工程质量和施工安全而制定的。通过遵守这些法律法规，可以确保工程质量达到标准，减少安全事故的发生。遵守法律法规还有助于维护工程的声誉和形象，合法合规的施工不仅有利于项目的成功完成，还有助于建设单位和承建单位的声誉提升。违法违规的行为可能会损害项目的声誉，引发法律风险和纠纷。因此，为了加强法律法规的遵守，建筑工程管理团队可以采取一系列措施，包括建立法律法规遵守的制度和流程，明确责任人和操作步骤。进行法律法规培训，提高项目团队的法律法规意识和知识水平[8]。

4 结语

总之，建筑工程管理和施工质量控制是建筑领域中不可或缺的重要环节，直接关系到项目的成功与否。通过采用上述策略，可以帮助建筑工程团队更好地管理和控制项目，提高工程的质量、效率和安全性，降低潜在风险和成本。然而，建筑工程管理和质量控制是一个不断发展的领域，需要不断学习和适应新的挑战和技术。因此，建筑从业者和专业团队应保持开放的心态，积极探索最佳实践，并不断改进他们的方法和策略，以此为建筑工程的施工质量与效率提供重要的保证。

[参考文献]

[1]韦妙璇.建筑工程管理及施工质量控制的有效路径分析[J].城市建设理论研究(电子版),2023(25):117-119.
[2]朱嘉新.提高建筑工程管理及施工质量控制的有效对策研究[J].建材发展导向,2023,21(12):56-59.
[3]韩哲.探究提高建筑工程管理与施工质量的有效策略[J].中国建筑装饰装修,2023(10):83-85.
[4]尹晨光.提高建筑工程管理及施工质量控制的策略研究[J].中国建筑金属结构,2022(10):76-78.
[5]董小娜.建筑工程管理及施工质量控制策略分析[J].砖瓦,2022(3):101-102.
[6]周在朋.提高建筑工程施工质量控制的有效策略探究[J].居舍,2022(7):175-177.
[7]王昕宇.建筑工程管理及施工质量控制的有效策略[J].中国建筑装饰装修,2022(4):174-175.
[8]李帅.建筑工程管理中施工质量控制的有效措施[J].建材发展导向,2022,20(4):118-120.

作者简介：王功锦（1972.6—），毕业院校：中共中央党校函授学院，所学专业：经济管理，文化程度：大专，当前就职单位：江苏省连云港市赣榆区海头镇建设管理所，职称级别：助工。

Copyright © 2023 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

燃气工程中燃气输配技术的研究与实际应用

王 辉
淄博港华燃气有限公司，山东 淄博 255200

[摘要]燃气输配系统在城市燃气供应中扮演着至关重要的角色。然而，受多种因素的限制，这一系统在生产和使用过程中可能会面临各种安全隐患，从而影响了燃气输配系统的稳定性和可靠性，可能导致安全事故，严重危害人民的生命和财产安全，同时也扰乱了城市的正常生产和生活秩序。因此，确保燃气输配系统的安全、可靠和高效运行至关重要。文中在深入研究和分析燃气工程输配技术，以期为燃气输配工程的进一步发展提供有价值的建议和指导。通过对技术和管理方面的探讨，希望能够改善城镇燃气输配系统的运行，减少安全隐患，提高系统的可靠性，从而确保人民群众的生命和财产安全，同时促进城市的可持续发展。

[关键词]燃气工程；燃气输配技术；研究；实际应用
DOI：10.33142/ec.v6i12.10369 中图分类号：TU996 文献标识码：A

Research and Practical Application of Gas Transmission and Distribution Technology in Gas Engineering

WANG Hui
Zibo Towngas Co., Ltd., Zibo, Shandong, 255200, China

Abstract: The gas transmission and distribution system plays a crucial role in urban gas supply. However, due to various factors, this system may face various safety hazards during production and use, which affect the stability and reliability of the gas transmission and distribution system, may lead to safety accidents, seriously endanger the safety of people's lives and property, and also disrupt the normal production and living order of the city. Therefore, ensuring the safe, reliable, and efficient operation of the gas transmission and distribution system is crucial. The article conducts in-depth research and analysis of gas engineering transmission and distribution technology, in order to provide valuable suggestions and guidance for the further development of gas transmission and distribution engineering. Through discussions on technology and management, it is hoped that the operation of urban gas transmission and distribution systems can be improved, safety hazards can be reduced, system reliability can be improved, thereby ensuring the safety of people's lives and property, and promoting sustainable development of cities.

Keywords: gas engineering; gas transmission and distribution technology; research; practical application

燃气输送管道系统的运行环境相对特殊，通常位于地下或户外，因此受到各种不可控因素的影响，容易导致风险事件的发生。如果系统存在风险问题，将严重影响居民的日常生活，甚至威胁人们的生命和财产安全。因此，必须持续加强城镇燃气输送系统的可靠性和安全性，以确保为城市居民提供高效、安全、便捷的燃气服务。本文旨在探讨城镇燃气管网输送系统中经常出现的几种安全问题，并提出相关的管理措施，以加强对这些问题的应对和预防。基于燃气管网输送系统的重要性，本文将详细探讨这些安全问题，并提供一些有效的解决方法，以确保居民的生活质量和安全。

1 城市燃气输配系统的特点

1.1 复杂的系统结构

城市燃气输配系统的复杂性在于其多层次的管网结构，这包括主干管道、分支管道和支线管道等多层次的结构，旨在满足不同区域和用户的需求。这些管道需要合理连接和协调，以确保燃气供应的连续性和稳定性。此外，复杂性还体现在各种设备和附件的广泛应用上，如调压站、阀门和检测装置等。这些设备需要严格地控制和协调，以维护系统的正常运行。管道的布局也需要考虑城市的地理特点、建筑布局和交通状况等多种因素，以确保管道的安全性和高效性，这些因素共同导致城市燃气输配系统的结构复杂性[1]。

1.2 复杂的施工条件

城市燃气输配系统的施工常常发生在复杂的城市环境中，这包括交通拥堵、高楼大厦和地下设施等多种障碍，增加了施工的挑战性。施工人员需要在繁忙的城市街道上工作，需要严格的交通管理和协调，以确保施工的安全，同时不影响城市居民的日常生活。此外，城市燃气输配系统的施工还需要应对复杂的地下工程条件，因为燃气管道通常需要埋设在地下，地下情况可能多种多样，包括不同类型的土壤和地下水位，这要求施工人员具备丰富的经验和技术来应对不同情况。施工过程中需要高度重视安全和环保要求，必须遵守严格的标准，以避免对城市环境和居民生活造成负面影响，包括控制噪音、粉尘和废水等污染

Copyright © 2023 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

物的排放，确保了施工过程的安全和环保。

1.3 长距离且复杂的管道铺设

城市燃气输配系统的管道铺设通常需要覆盖长距离，燃气需要从供应点输送到各个用户，这可能需要穿越城市的不同区域和地理条件，导致管道铺设距离较长。这要求在管道设计和施工中充分考虑输送过程中的压力控制和能源损失，以确保燃气高效到达目的地。同时，管道铺设可能需要面对复杂的地理条件，如山脉、河流和湖泊等地理障碍。施工人员需要克服这些地理条件的挑战，确保管道的安全和可靠性。这可能需要采用特殊的施工技术和设备，以适应不同的地理条件。管道铺设可能需要在恶劣的气象条件下进行，包括高温、低温和高海拔等，这些挑战要求施工人员在不同气象条件下工作，以确保施工的安全性和管道的稳定性，这些因素共同增加了城市燃气输配系统的复杂性[2]。

2 城镇燃气输配系统中常见的安全问题

2.1 潜在系统缺陷

在城市燃气输配系统的设计、建设和维护过程中，可能存在多个方面的潜在缺陷。这些缺陷可能涉及到管道材料的选择、连接方式、阀门性能以及附件质量等多个方面。这些潜在缺陷有可能引发系统内部问题，例如气体泄漏或异常压力，进而带来潜在的安全风险。为确保系统的安全性和可靠性，必须进行定期的系统检查和维护工作，以及时发现并解决潜在问题。这些维护措施不仅能够提高系统的安全性，还有助于延长系统的使用寿命，确保城市燃气输配系统的持续稳定运行。

2.2 气源质量担忧

城市燃气供应的气源质量直接关系到用户的安全和健康，不良的气源质量，如含有有害物质、杂质或高湿度气体，可能导致严重火灾、爆炸事故，甚至危及用户的身体健康。因此，必须建立高效的气源净化系统，以确保输送至用户家庭和企业的天然气是高质量、不含有害成分的，包括采用适当的过滤和净化技术，对气源进行严格监测和控制，以减少安全风险和健康隐患，确保城市燃气供应的可靠性和安全性[3]。

2.3 人为破坏的风险

管道遭受人为破坏是城市燃气输配系统中常见的安全问题之一，这种破坏可能包括盗气行为、恶意破坏管道设施、非法挖掘等，不仅导致气体泄漏，还可能引发严重火灾、爆炸事故，对周围环境和人员构成威胁。因此，必须建立高效的安全监测系统，加强管道设施的安全防护和监控，以及与执法部门的密切合作，以减少人为破坏行为的发生，运用这些措施可以帮助确保城市燃气输配系统的安全性和稳定性，减少潜在的安全风险。

2.4 设备老化问题

城市燃气输配系统中的设备和管道在长时间的使用中可能会因老化和磨损而性能下降，增加故障的风险，包括调压站、阀门、检测装置等，它们对系统的正常运行至关重要。为减少老化带来的风险，必须定期对设备进行检查和维护，以确保其性能和安全。同时，需要根据设备的实际状况，及时进行设备的更新和替换，以保障整个燃气输配系统的可靠性和安全，采取这些措施有助于延长设备的使用寿命，降低故障风险，确保城市燃气供应的可靠性。

2.5 管理方式的改进

在一些地区，城市燃气输配系统的管理方式可能滞后，缺乏现代化的管理技术和方法，导致监管不够充分，应急响应不够迅速。为了提高城市燃气输配系统的管理水平，亟需引入先进的管理技术和策略，这涵盖了建立智能监控系统，以实现对系统运行状况的实时监测和数据分析。同时，制定更科学合理的管理策略也至关重要。通过优化管理方式，能够提高系统的安全性和可靠性，迅速应对潜在风险和问题，确保城市燃气输配系统的稳定运行，满足居民和企业的需求，为城市的可持续发展提供坚实支撑，这是为了确保我们的城市拥有高效、安全和可靠的能源供应而采取的重要举措[4]。

2.6 应急维抢修的提升

在城市燃气输配系统出现故障或紧急情况时，应急维抢修的能力至关重要。然而，一些地区可能存在应急响应速度较慢、维修人员不足等问题，这可能会延长故障的恢复时间，增加安全风险。为了提高城市燃气输配系统的可靠性和安全性，必须加强应急维抢修队伍的建设和培训，提高维修人员的应急响应能力。这包括建立更为快速和高效的应急响应机制，确保在故障发生时能够及时派遣维修人员到达现场，迅速解决问题。通过提升应急维抢修的能力，可以降低潜在的安全风险，确保城市燃气输配系统的安全和稳定。

3 燃气工程输配系统应用的技术

3.1 检测技术的关键作用

在城镇燃气输配系统中，检测技术扮演着至关重要的角色。这些技术用于监测管道内的气体压力、气体成分以及管道状态等重要参数。通过及时、准确地监测，潜在问题，如气体泄漏或管道损坏，能够被迅速发现，从而预防潜在的安全风险。检测技术包括各种传感器和监测设备，如气体传感器、压力传感器、温度传感器等，这些设备可以实时监测管道系统的运行状况，并将数据传输到监控中心，以便进行迅速的响应和决策。检测技术的应用不仅提供了准确的数据和信息，还有助于实现管道系统的智能化和自动化，它们可以与自动控制系统集成，实现远程监控和自动化控制，从而提高系统的安全性和可靠性[5]。

3.2 信号处理技术的重要性

信号处理技术在城镇燃气输配系统中具有重要作用，这些技术用于处理从各种传感器和监测设备收集到的数

Copyright © 2023 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

据，以便识别异常情况、分析数据趋势并触发相应的控制措施。通过信号处理技术，可以实现对系统状态的实时监测和分析，提高管道系统的安全性和可靠性。信号处理技术还包括数据分析、模式识别和实时监控等方面，这些技术可以用于识别异常情况、预测潜在问题，并及时采取措施来应对紧急情况。举例来说，借助机器学习算法，可以预测管道故障的可能性，从而采取预防措施。信号处理技术还支持远程监控和控制系统，使操作人员能够远程监视管道系统的状态，并在必要时进行控制。这有助于降低操作风险、提高效率，并减少人为错误。

3.3 利用模型进行管道检测

利用模型进行管道检测是一项先进的技术，为城镇燃气输配系统的安全性和可靠性提供了重要支持。这一技术范畴通常包括数值模拟、风险评估和维护计划等领域。数值模拟是通过计算方法来模拟管道系统的运行情况，以预测不同条件下的性能和可能出现的问题。通过数值模拟，可以确定最佳操作参数，降低管道系统的风险并提高其效率。另外，风险评估和维护计划是基于模型的方法，用于识别潜在的风险因素，并制定相应的维护策略。这有助于延长设备的使用寿命、降低维修成本，并提高管道系统的可靠性[6]。

4 优化输配系统的方法探析

4.1 提升安全管理体系

为了确保城镇燃气输配系统的安全运行，必须进一步优化安全管理体系，包括不断完善安全管理政策、流程和措施，同时强化管理体系的各个方面。另外，建立和改进安全标准和规范也至关重要，需要定期审查和更新现有的安全标准，以确保其与最新的技术和法规保持一致。此外，制定明确的安全流程和操作规范，为工作人员提供明确的指导。持续的安全培训和教育也是管理体系的优化的关键组成部分，培训有助于提高工作人员的安全意识，教导他们如何正确应对紧急情况，并确保他们了解最新的安全要求和最佳实践。

4.2 保障设计和施工质量

严格把控设计和施工质量是确保城镇燃气输配系统长期安全运行的基础，在设计阶段，需重点关注管道系统的合理性和可靠性，以确保其符合最新的安全标准和技术要求，合理的设计有助于降低系统的风险，减少潜在问题的发生。另外，施工质量是保障设计的顺利实施的关键因素，施工过程中需要严格按照设计要求和规范执行，确保管道系统的各个环节都达到高质量标准。通过加强监测和检查施工进度，及时纠正任何施工缺陷是保证施工质量的重要措施。定期的维护和检修工作也是确保系统长期可靠运行的关键环节。通过定期的检查和维护可以发现并修复潜在问题，延长设备的寿命，降低维修成本。

4.3 强化系统安全管控

强化系统安全管控对于确保城镇燃气输配系统持续可靠运行至关重要，包括建立有效的实时监控系统，能够监测管道系统的运行状态，并及时发现潜在问题。通过实时监控，可以预警并防范可能的安全风险，提高系统的安全性。同时，建立异常报警系统也是增强管道系统安全管控的关键，这种系统可以检测到系统异常，例如泄漏、压力升高等情况，并自动发出警报，有助于迅速响应紧急情况，减少事故发生的可能性。此外，建立紧急应对计划和维护体系也是强化系统安全管控的重要措施，包括制定详细的应急响应计划，以及定期的维护和检修工作。应急计划可以确保在危机情况下迅速采取行动，而维护工作可以预防潜在问题，提高系统的可靠性[7]。

5 结语

总的来说，随着对天然气的广泛应用不断扩大，输配管网的覆盖范围也在逐步扩展。然而，管道的安装技术和质量检测已成为确保输配系统安全运行的关键要素之一，对系统的安全性产生深远影响。因此，迫切需要提高相关从业人员的安全意识和技术水平。同时，必须加强相应的管控措施，以不断改进工程建设和后期维护服务。这将有助于塑造更加安全、可靠和高效的输配系统，以满足不断增长的天然气需求，确保能源供应的稳定性。在这个不断发展的领域，需要以更高标准和更严格的要求来确保能源输配系统的可持续性和安全性。

[参考文献]

[1]郝泽强,张轩.提高燃气工程项目中燃气输配技术的有效途径[J].化学工程与装备,2023(5):73-74.
[2]刘雪峰.燃气工程项目中的燃气输配技术研究[J].山西冶金,2023,46(1):60-61.
[3]张晓华.燃气工程以及燃气工程项目中的燃气输配技术和提高办法[J].现代工业经济和信息化,2021,11(1):26-27.
[4]王彬. 燃气工程中燃气输配技术的研究与实际应用[J].价值工程,2020,39(28):171-172.
[5]李玉光.燃气工程以及燃气工程项目中的燃气输配技术和提高方法[J].化学工程与装备,2017(2):154-155.
[6]梁春峰.燃气输配技术在燃气工程项目中的应用探讨[J].化工管理,2016(17):188.
[7]谭兴平.燃气工程项目中燃气输配技术分析[J]. 四川水泥,2014(10):131.

作者简介：王辉，毕业院校：中国石油大学（华东），专业：油气储运工程，当前就职单位：淄博港华燃气有限公司，职务：业务主任，职称级别：中级职称（注册安全工程师等同于中级）。

Copyright © 2023 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

预防性公路桥梁隧道养护技术的应用与养护方法

蔡 翔
安徽省公路管理服务中心，安徽 合肥 230002

[摘要]公路桥梁隧道工程的养护工作对于确保其长期使用性能和安全至关重要。其中，养护工作尤为关键，特别是预防性养护，它注重前期的干预和维修，而非在问题发生后的应急处理。这种前瞻性的管理和技术干预能够大大提高基础设施的使用效率，延长其使用年限，并减少未来可能的巨大维修成本。但与此同时，预防性养护也面临着实践中的一系列挑战和困惑，如何准确识别潜在风险、如何选择合适的技术手段和如何有效地实施养护策略等，为公路桥梁隧道的持续健康与稳定提供策略和技术支持。

[关键词]公路桥梁；桥梁隧道；桥梁隧道养护；养护技术
DOI：10.33142/ec.v6i12.10359 中图分类号：U418 文献标识码：A

Application and Maintenance Methods of Preventive Maintenance Technology for Highway Bridges and Tunnels

CAI Xiang
Anhui Highway Management Service Center, Hefei, Anhui, 230002, China

Abstract: The maintenance work of highway bridge and tunnel engineering is crucial to ensure its long-term performance and safety. Among them, maintenance work is particularly crucial, especially preventive maintenance, which focuses on early intervention and maintenance, rather than emergency response after problems occur. This forward-looking management and technical intervention can greatly improve the efficiency of infrastructure usage, extend its lifespan, and reduce potential huge maintenance costs in the future. However, at the same time, preventive maintenance also faces a series of challenges and confusion in practice, such as how to accurately identify potential risks, how to choose appropriate technical means, and how to effectively implement maintenance strategies, in order to provide strategic and technical support for the sustained health and stability of highway bridges and tunnels.

Keywords: highway bridges; bridges and tunnels; bridge and tunnel maintenance; maintenance technology

引言

随着现代交通网络的迅速发展，公路、桥梁和隧道作为其核心组成部分，不仅关系到国家的经济发展，也关乎每一位公众的日常生活和安全。如何确保这些基础设施的长期稳定和安全运行，一直是工程技术和管理领域的热门议题，公路桥梁隧道工程的养护工作对于确保其长期使用性能和安全至关重要。本文将分析这些挑战，并探讨采用科学的预防性养护技术和具体方法。最终，我们希望为公路桥梁隧道养护提供有价值的参考，助力提升养护工作的整体质量。

1 预防性公路桥梁隧道养护技术的基本概念

预防性养护技术是现代公路、桥梁和隧道工程中的一个核心策略，它聚焦于对交通基础设施进行前期维护，以延长其使用寿命、提高其功能性并确保安全。与传统的“等损坏再修复”方法相比，预防性养护旨在通过早期的干预措施，避免大型、高成本的后期修复工作。

2 预防性公路桥梁隧道养护技术的重要性

公路、桥梁和隧道作为现代交通网络的核心组成部分，不仅承载着巨大的交通流量，而且是支撑经济活动和保障人们日常生活安全的关键设施。在此背景下，预防性养护技术的引入和应用显得尤为重要。这种技术通过对潜在的结构问题进行早期干预，有效地避免了小问题逐渐发展成大问题，从而显著延长了公路、桥梁和隧道的使用寿命。此外，定期的检查和及时的维护措施确保了道路用户的安全，避免了可能的严重结构故障。经济上，尽管预防性养护需要一些初期投资，但考虑到其能够大大减少未来可能的高额修复或替换费用，长远看来，这是一项十分划算的投资。此外，通过预防性养护，我们能确保交通设施始终处于最佳状态，进而提高整体的运营效率，减少交通延误。从环境的角度看，预防性养护也能够避免因结构故障导致的物质泄露，进一步履行我们对环境的责任。同时，这种养护方法不仅延长了公路、桥梁和隧道的使用寿命，还增强了它们作为投资资产的长期价值。最后，对公众来说，持续且高效的道路服务增强了他们对交通部门和相关机构的信任。[1]预防性养护技术确保了公路、桥梁和隧道工程的稳定、安全和高效运行，这不仅是对经济的贡献，更是对人们生命安全和社会稳定的坚守。

3 预防性公路桥梁隧道养护管理存在的问题

3.1 专业技术人员缺乏

预防性公路桥梁隧道养护作为一个高度专业和技术

Copyright © 2023 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

性的领域，对其背后的专业技术人员有着巨大的需求。然而，我们目前面临一个严重的问题：这一领域的专业技术人员严重短缺，这不仅阻碍了相关工程的顺利进展，还直接影响了工程的质量。导致这种状况的原因多种多样，包括教育系统与实际行业需求的脱节、预防性养护的高专业化要求、相对较低的待遇以及工作环境的挑战。这种人员短缺带来的影响也是深远的，它可能导致养护工作的质量下滑、项目进度延误、未来的公路、桥梁和隧道安全风险增加，以及由于没有得到及时和有效的维护而浪费的资源。这些问题对于公共安全和资源的有效利用都提出了严重的挑战。

3.2 资源分配不足

预防性公路、桥梁和隧道养护旨在延长这些工程的使用寿命、提高性能并确保其安全性。但在实践中，面临着一个显著的问题，即资源的不足分配。这主要源于多方面的原因：首先，由于财政压力或其他原因，许多地方可能未将预防性养护视为首要任务，导致其未获得充足的经费；其次，政府和决策者的焦点可能更多地放在新的建设项目上，而忽视了现有基础设施的维护；再者，公众可能对预防性养护的重要性缺乏深入了解，从而减少了社会对其的支持；最后，许多决策者可能更倾向于短期的收益，而非长期的投资。这些资源分配的不足导致了许多不良后果，如工程的延迟、养护质量的下降、增加的安全隐患和长期的经济压力。因此，为了确保预防性养护的有效实施，需要各相关部门、决策者和社会共同合作，确保这一重要任务得到足够的资源和重视。[2]

3.3 跨部门合作不畅

预防性公路、桥梁和隧道养护管理，作为一个涉及多个领域和部门的复杂工程，面临着诸多挑战，其中跨部门合作的不畅显得尤为突出。原因在于，各部门间存在行政障碍，因为它们往往按照自己的行政流程和权责范围进行操作，导致信息交流和决策的步调不一致。此外，由于目标和利益的差异，部门间可能会产生意见和决策上的分歧。再者，各部门的信息系统可能不具备兼容性，形成所谓的“信息孤岛”，阻碍了数据的流通。加上不同的工作文化和价值观，以及在资源分配上的争议，都使得跨部门的合作变得困难。这些问题导致工程进展缓慢、成本增加、安全隐患增多，以及工程质量下降。为应对这些问题，有必要建立跨部门的协调机构，实现真正的资源和决策统筹；同时，搭建共享信息平台，保证数据的实时流通；并通过定期培训和沟通，强化部门间的合作关系。[3]此外，明确各部门的权责，使合作更为顺畅也显得至关重要。综上所述，要克服跨部门合作的阻碍，需要全方位的努力，旨在消除行政障碍、促进沟通与协作，从而确保预防性养护工程能够高效、安全地进行。

3.4 防水防冻措施不完善

预防性公路桥梁隧道养护在工程领域占据着至关重要的地位，尤其是防水和防冻这两个关键环节。它们的角色不仅是维持工程的稳定性和安全，更是确保了公路、桥梁和隧道能持久并延续其使用寿命。但是，实际情况中，由于各种原因，如预算限制、技术知识的缺乏、低质量材料的使用、监管疏漏以及气候和环境变化等，这些关键的养护措施常常没有得到应有的重视和充分实施。结果，这导致了结构的损害、安全隐患、维护成本的增加以及工程使用寿命的缩短。为了应对这些挑战并找到解决之道，各相关部门和机构亟需重新审视和调整其防水和防冻策略，保证有效措施的实施，并强调定期的检查与维护。此外，通过培训和教育方式，确保每一个涉及到的参与者都能深刻理解并遵循行业的最佳实践，从而确保工程的长期稳定和安全。

3.5 规划和实施的断裂

在公路、桥梁和隧道的预防性养护中，规划与实施之间的断裂已经成为一个显著问题。虽然目标是确保交通基础设施的稳定性、使用寿命和安全性，但由于资金不足、技术迅速的更新、人员流动、政策或法规的变更以及外部环境的快速变动，所制定的规划在实施时往往遭遇重重障碍。这不仅严重影响了养护工程的质量与效率，还增加了潜在的安全和经济风险。因此，为了确保交通基础设施的长期健康和功能，必须在规划和实施阶段之间建立紧密的沟通与合作，确保项目能够按照既定的目标和策略顺利进行。

4 预防性公路桥梁隧道养护技术的广泛应用

预防性公路、桥梁和隧道养护技术的应用是为了确保交通基础设施的安全、稳定和延长使用寿命。这些技术涉及从高级传感器、无人机到声学和电磁探测等的定期检测与监测，目的是提前发现结构劣化或损伤。利用这些传感器和监测设备收集的大量数据，可以进行数据驱动的决策，及时预测并处理可能出现的问题。此外，采用高性能、耐久和自修复的材料如高性能混凝土和改良沥青，加上环境防护措施如防水膜和排水系统，都为基础设施提供了更强的保护。与此同时，引入基于人工智能和机器学习的智能系统可以自动检测潜在问题，提供维护建议。为确保这些技术得到正确的应用，对施工和维护团队的持续培训和教育是不可或缺的。此外，与学术界和工业界的紧密合作，确保持续研究和开发更先进的养护技术。[4]总之，随着这些技术的持续进步，预期公路、桥梁和隧道的养护将更加高效和可靠，为公众提供更加稳定的交通基础设施。

5 预防性公路桥梁隧道养护方法与策略

5.1 定期检查与评估

预防性公路、桥梁和隧道养护中的定期检查与评估对于确保交通基础设施的健康、功能性和安全性至关重要。这种方法通过早期检测和识别潜在问题，避免了问题进一步恶化，从而减少了长期维护成本并延长了设施的使用寿命。为了达到这一目标，工程师和技术人员进行实地视觉

Copyright © 2023 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

检查，使用高级技术，如声学探测、载荷测试、红外热成像和电磁检测，来评估基础设施的结构完整性。这些数据经过分析后，将为决策者提供结构的健康状况、潜在问题和维护或修复的建议。为了确保交通基础设施的长期安全、可靠性和持久性，定期的检查和评估不仅是必要的，而且是预防性养护的核心部分。

5.2 优化排水系统

预防性公路、桥梁和隧道养护中，排水系统的优化是至关重要的一环。良好的排水系统能够有效地排除路面和结构内的积水，从而防止水损害、冰冻裂缝和其他与水相关的结构问题。通过对排水沟、渠、隧道、管道和其他排水设施进行定期的检查、清理和维护，可以确保水流畅通，避免水渗透到结构中，造成腐蚀、剥离或其他损害。优化排水系统不仅有助于延长公路、桥梁和隧道的使用寿命，还可以提高其抗灾性，减少由于积水和冰冻引起的交通事故，确保行车安全。

5.3 深入维护

在预防性公路、桥梁和隧道养护中，深入维护起到了至关重要的角色。为了长期保障这些交通基础设施的稳定、延长其使用寿命并确保其安全性，不仅需要进行日常的检查和维修，还要进行系统性、全面的干预。这涉及到对公路、桥梁和隧道进行全面评估，确切地确定结构上的问题和损伤程度。一旦损伤被识别，就需要进行必要的结构加固，如钢筋混凝土加固或采用碳纤维材料。同时，为了提高其耐久性，还需在受损区域施加各种防护层，如防水膜和特种涂层。为了确保维护工作的高效进行，还需确保施工和维护团队经过充分的培训，熟悉并掌握最新的技术和方法。通过深入维护，可以从根本上确保交通基础设施的稳定和安全，这是预防性公路、桥梁和隧道养护中不可或缺的一个方面。

5.4 加载限制

预防性公路、桥梁和隧道养护中的加载限制是一种关键策略，目的是为了保护交通基础设施免受过度的负荷损害，确保其结构完整性和延长使用寿命。当识别到某些结构组件存在潜在的脆弱性或已经出现轻微的损伤时，通过制定并执行严格的载荷限制，可以避免进一步的损伤。这意味着对过桥或穿越隧道的车辆施加重量或尺寸限制，确保它们不会对结构造成额外的压力。长期而言，这种方法可以大大减少需要进行的维护工作量，从而节省维护成本，同时确保道路、桥梁和隧道对公众持续开放，提供安全的使用环境。

5.5 推广智能监控系统

在预防性公路、桥梁和隧道养护策略中，智能监控系统扮演了至关重要的角色。该系统利用先进的传感器技术和实时数据分析工具，不仅可以持续监测交通基础设施的健康状况，还可以预测潜在的问题，并及时发出警告。通过整合各种传感器，如振动、应变、温度和湿度传感器，智能监控系统可以精确地捕捉到微小的结构变化，从而提前预防可能的损坏或故障。此外，配备了人工智能和机器学习算法的系统能够自动分析数据，识别异常模式，从而实现早期干预和更有针对性地维护策略。智能监控系统为预防性养护提供了更为精确和高效的方法，确保了公路、桥梁和隧道的稳定性、安全性和使用寿命。

5.6 材料技术的应用及设备更新

预防性公路、桥梁和隧道养护中对材料技术的应用和设备的持续更新正成为关键的创新驱动力。现代高性能混凝土和改性沥青为基础设施提供了更长的使用寿命和更好的耐久性，同时，复合材料和纳米技术的引入也为结构加固和维护提供了新的解决方案。与此同时，技术设备的进步，如无人机的广泛应用、3D 扫描技术以及实时监控系统，都极大地提高了养护工作的效率和准确性。

6 结束语

预防性公路、桥梁和隧道养护技术的应用对确保基础设施的持久性和安全性至关重要。这不仅体现了对现有资产的维护，更展现了对公众安全和国家经济的长远承诺。当我们整合最新的技术和养护方法时，我们不仅增强了这些关键结构的生命周期，还确保了公众的平稳、安全通行。持续的投资、创新和教育在保护我们的交通网络中起到了不可或缺的作用，为我们的社会提供了持久的价值和稳固的基石。

[参考文献]

[1]于振.预防性公路桥梁隧道养护技术的应用与养护方法[J].城市建设理论研究(电子版),2018(36):126-117.
[2]任俊伟,丛子荃,陆昕彤.高等级公路现代化养护管理研究[J].科技创新与应用,2020(11):188-190.
[3]韩军富.预防性高速公路桥梁隧道养护技术的应用与养护方法[J].住宅与房地产,2018(11):211.

作者简介：蔡翔（1994.3—），毕业院校：合肥工业大学，所学专业：桥梁与隧道工程，当前就职单位：安徽省公路管理服务中心，职务：桥隧养护工程师，职称级别：工程师。

Copyright © 2023 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

土木工程施工项目管理研究

林 锋
广西梧州市高新区投资开发有限公司，广西 梧州 543000

[摘要]本研究基于提高土木工程施工项目管理质量的重要性，从五个环节、十个维度提出了土木工程施工项目管理路径，同时从施工计划、技术交底、施工材料、质量规范和安全管理五个角度提出了确保施工管理质量的保障措施，一方面希望丰富该领域研究成果，另一方面也希望强化土木工程施工人员管理能力，并帮助土木工程施工单位提高施工质量。
[关键词]土木工程；施工项目；项目管理
DOI：10.33142/ec.v6i12.10352 中图分类号：TU712 文献标识码：A

Research on Civil Engineering Construction Project Management

LIN Feng
Guangxi Wuzhou High-tech Zone Investment and Development Co., Ltd., Wuzhou, Guangxi, 543000, China

Abstract: Based on the importance of improving the quality of civil engineering construction project management, this study proposes a civil engineering construction project management path from five links and ten dimensions. At the same time, it proposes guarantee measures to ensure the quality of construction management from five perspectives: construction plan, technical disclosure, construction materials, quality standards, and safety management. On the one hand, I hope to enrich the research results in this field, and on the other hand, I also hope to strengthen the management ability of civil engineering construction personnel and help civil engineering construction units improve construction quality.
Keywords: civil engineering; construction projects; project management

引言

土木工程施工项目管理是指在土木工程建设的全过程中，通过对项目的计划、组织、协调、控制等工作的有效管理，以确保项目按时、按质、按量完成的重要管理工作。在当前社会经济的快速发展和基础设施建设的不断推进下，土木工程施工项目管理显得尤为重要和紧迫。然而，随着土木工程施工项目越来越复杂化和规模化，项目管理面临的挑战也逐渐增大，例如项目规模庞大、工期紧迫、技术要求高等因素使得项目管理面临着前所未有的压力，同时人力资源、材料供应、技术创新等方面的不确定性也给项目管理带来了困难和隐患。因此，对土木工程施工项目管理进行深入研究，探索有效的管理模式和方法，具有重要的理论和实践意义。

1 提高土木工程施工项目管理质量的重要性

提高土木工程施工项目管理质量的重要性可从以下几个角度分析。首先，良好的项目管理意味着合理的工程规划、控制和监督过程，从而确保工程按时、按质完成，高质量的项目管理可以减少施工过程中的错误和缺陷，并提高工程的可靠性和耐久性[1]；其次，优秀的项目管理可以提高施工过程的效率和生产力，通过合理的进度计划和资源分配，工程团队可以更好地协调工作、减少浪费和重复劳动，从而提高施工效率并节约成本；第三，项目管理的一个重要方面是安全和环境保护的考虑，通过制定并执行严格的工作安全措施、监督材料和设备的使用以及遵守环境法规，施工方能够最大限度地减少事故风险、保护工作人员的安全并确保工程的环保性；最后，优质的项目管理意味着施工方能够通过准确理解客户要求、进行合理的工程规划和控制，并与其他工程单位及时有效地进行沟通和协调，最大程度地满足客户的期望，并实现项目目标。

2 土木工程施工项目管理的路径

2.1 地基基础施工环节

土木工程中，地基基础施工项目一般包含基槽、底板以及地下室。当三部分按照顺序完成施工后，项目管理人员应考虑到砂浆的稳定性以及存放需求，从砂浆搅拌后存放角度以及搅拌便捷性角度出发，布置砂浆搅拌及材料存放区域，要保证该区域距离目前施工环节区域较近。管理人员应科学安排搅拌砂浆的存放区域，使其在施工现场附近，以方便物料的装卸。场地占用主要涉及到了砂石、水泥等材料，为了做好外部施工的配合工作，管理人员应保留所有材料的存放空间。因整个工程项目具有较大的占地面积，在大规模土方施工后会出现面积较大的坑洞，也要考虑到排水方面的问题。根据对地基条件的分析，通过对各项数据信息的整合，需要使用注浆、回填等方式，提升地基的承载水平，对于承载力较小但流动性强的砂基，可考虑运用密封浇筑结构，用以维持地基加固的完整性，也能获得良好的填充成效。在注浆工作开展之时，施工人员要确定夯实点的位置，保障测量与定位的准确性，在注浆工序前进行预压和振捣，以降低地下水位的方式，抵消强

Copyright © 2023 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

夯时产生的压力。在分段施工中，施工人员要遵循“从两侧向中间”的原则进行夯实，再用挖掘机对场地进行平整处理，提高地基的处理效果。在注浆方式上，除了要详细分析施工控制点外，也要精确记录有关数据，如果是未加筋土层的情况，施工人员应在 1 米后使用加筋土层进行支撑处理。为了解决地基变形的问题，施工人员还要对泥浆的混合比、性能、深度、孔径等进行分析，使浆液的压力控制在 0.2 至 0.3 兆帕之间，硬化层面则要依照具体施工状况进行调整，可整体上使地基结构性能得以提升。

2.2 钢结构施工环节

钢结构的刚度和强度与其他类型材料相比拥有突出的优势，其刚度与强度大于混凝土的 10 倍，使其在土木工程中获得了广泛的应用。整个钢结构施工环节上涉及到了 4 个子项目。

2.2.1 塔吊施工

钢结构施工过程中，塔吊是使用次数最多的一种设备，能够促进钢结构整体施工效率和质量，且能在施工时间、起重量控制上发挥应有的价值。由于土木工程项目中，建筑的高度也有所增加，此时应对传统附着式塔吊作业加以转变，防止出现塔吊高度过大的问题，规避对设备成本与风险带来的影响。可考虑使用内趴式塔吊，可降低施工成本，也能缓解设备管理工作的压力，提高项目的安全等级和综合收益。

2.2.2 吊装施工

该环节中主要采用塔式起重机，对钢结构进行运输和安装处理。需要管理人员依照既定施工方案，科学分工吊装施工部分，在合理规划施工图纸的同时，对建筑内部结构、塔吊的实际数量进行相应的思考。利用精细化设计理念，保证钢结构的承载力更符合工程标准。

2.2.3 焊接施工

焊接是钢结构施工作业中的基本操作环节，与钢结构的可靠性、稳定性密切相关。但由于高层建筑数量的增加，使得焊接复杂程度也随之提高。要求钢结构焊接技术偏差应控制在 0.9cm 以内，在实际作业中采用对称施工方式，可确保钢结构在增高之时，其施工重量不会受到较多影响。各施工节点应同施工环境、温度、速度保持一致，先对“H”型钢棒的下缘位置进行焊接，可保证焊接的牢固程度[2]。

2.2.4 安装施工

将焊接好的钢结构部件运输至施工现场后，便可进行吊装安装施工。运输时如果发生了物料的细小变形，可根据具体施工情况和需要进行调整。施工人员在安装过程中应关注高度，若发现塔式起重机施工高度不均匀，则要避免在空中出现碰撞。安装完成后要打磨钢材的外侧，可选用纱布将其表面打磨光滑，再对其涂抹防锈漆，可保证钢材不容易出现生锈、腐蚀的现象。防锈漆可优选磷化漆，在涂抹前要清理钢材表面，使其不会渗入至铆钉中，规避对加固部位稳定性带来的风险。

2.3 基坑支护施工环节

基坑支护是土木工程的重要一环，承载着提升工程安全系数的重任。基坑支护中涵盖了较多类型技术的使用，需要管理人员把握施工中的关键点，使支护工艺得到良好运用。支护工艺上包括土钉支护、钢板桩支护、混凝土支护、护坡桩支护等，不同工艺拥有差异性的应用优势，管理人员应参考具体工程施工情况加以选择，确保基坑支护的稳定性。在施工作业开展之时，管理人员要做好关键部分的控制工作，如土方工程、加固检测、地下水影响等，使其符合技术规范。在工程项目整体上，深基坑的面积通常会较大，在施工人员开挖过程中，有时会出现土体松动和坍塌的问题，管理人员应在实际控制中，做好基础结构的维护工作，保证基坑的安全，按照标准规范优化支撑操作[3]。在处理地下水层之时，应留意回流现象的发生，提升结构整体的稳定系数。如果工程项目的规模较大，则要采用多台设备同时运行，还要做好设备的安全管控工作，使机械设备间的距离超过 10 米。

2.4 模板工程施工环节

2.4.1 技术措施要点

第一，项目管理人员严格要求计量工作质量，控制好柱、墙之间的中轴线位移和高度，这是确定建筑楼板高度和平整度的重要基础。

第二，模具支设之前，应当预先按照设计规定进行模具的配板设计，并对模具使用的材质加以检验。

第三，为确保模板上竖向支承的稳固，在竖向支承间宜设水平拉杆和斜拉杆，在水平牵引拉杆上、下五百毫米高各设一条，并在竿子中设一通长水平拉杆，在支撑下设抄平木楔调节高度。

第四，模板支撑校准完成，再使用胶带将模具的拼缝处密封，严防渗漏。

第五，要求提高钢材的混凝土强度，严密防止漏筋。钢筋的保护层也可通过水泥砂浆垫片进行控制。

2.4.2 模板安装

第一，在模板安装的一般要求方面，竖间结构的钢筋等在隐蔽施工结束后，选择用模块施工。安装构造柱模以前，要清除内部杂质，做好检测放线管理工作，并涂好在模板下的找平水泥。

第二，在板模安装顺序方面，可按照以下顺序落实并进行管理：满堂红模板支撑→主龙骨→副龙骨→顶板模板安装→模板调整贴胶条→验收→并进行下运作业。

2.4.3 模板拆除

第一，在构造柱模板拆除方面，管理人员需严格关注拆模时间及方法，构造柱模具在养护完毕后方可拆模，移除时不得从上面或侧面撬动，晃动或用大锤敲击模具，拆卸下的模具尽快清除模版和附件上的残渣，并进行喷涂脱模剂以备后用。

第二，在梁板模板拆除方面，必须在养护结束后方可拆模。拆卸顶板模具时，先拆圈柱模板后再拆顶板模。梁模拆卸时注意保留原梁板模板，不要硬撬模板连接点，以免损伤更多层板。拆除的模具和支钉要回收使用，将作业

Copyright © 2023 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

面清洗干净，以防止扎脚伤人。

2.5 混凝土工程施工环节

第一，在混凝土浇筑顺序和施工要求方面，工程管理人员需要求施工人员先做好清理工作，在混凝土浇注前用人工处理，除基槽、梁、板、梁上的一切垃圾。

第二，严格遵循混凝土浇注与振捣工作的一般规定，例如混凝土构造柱时，在底部先填以约 30-50 毫米厚度的等比例减石子水泥；又例如采用 30、50 的插进式振捣方法棒要快插慢拔，插点梅花型的布置方式，按序完成，不可遗漏[4]。浇筑时，以混凝土表面产生浮浆或不产生气泡的下沉现状为宜。

第三，在混凝土拌制方面，对搅拌方式及坍落度进行严格管理，使用商品混凝土不得采用边搅拌边进料的方式进行搅拌。对进场的混凝土采取每车测坍落度，由现场的试验技术人员承担。若发生塌落度超过要求，及时与搅拌站取得联系，予以调整。

第四，在楼梯混凝土浇筑时，台阶混凝土施工自下而上开始，先振实底部水泥，在到达台阶的踏步部份后，再与踏步水泥一同推进，然后反复地持续往前推移，并及时用抹子把台阶的踏步上表层抹平。

3 确保施工管理质量的保障措施

3.1 保证施工组织计划完整性

保证施工组织计划的完整性，在施工管理中具有至关重要的作用。首先，完整的施工组织计划能帮助管理人员以有逻辑、有条理的方式进行施工进度管理。此外，在按计划进行管理的过程中，也能够迅速发现可能存在的质量问题，实现问题的早期发现和解决。除此之外，完善的施工组织计划还使得管理人员能够更好地平衡施工速度、成本和质量之间的关系。因此，管理人员应该制定合理的施工组织计划，并以此为基础进行进度管理工作。

3.2 严格把控施工材料

施工项目中施工材料的重要性不可忽视，因此施工管理人员必须严密掌握施工材料的质量，并实施全过程的材料控制。首先，要求具备丰富市场采购经验和专业能力的采购人员参与原材料采购，进行初步筛选，选择生产日期合格、符合需求标准的材料。其次，在材料进场之前，施工管理人员需要根据施工设计要求对比材料质量，确保材料达到预期水准。第三，当材料真正进入现场并用于施工时，管理人员应要求质量检测人员再次抽样检测原材料，以确保材料质量不会因不当存放而受到损害。最后，管理人员还需妥善保管原材料，避免其受到环境影响而降低质量水平。以此全面控制施工材料，确保施工项目质量的稳定和提升。

3.3 做好工程技术交底

在甲方与乙方签订施工合同并开始准备施工工作后，甲方人员应与乙方以及第三方进行充分的工程技术交底。施工管理人员应负责记录工程技术标准和特征，同时向施工人员进行内部技术交底，协助他们明确责任，确保施工按照规范进行。此外，在技术交底过程中，甲方应向乙方及第三方提供完整的技术交底文件，以确保乙方施工人员和第三方施工管理人员清楚了解技术参数和操作方式，并充分掌握技术要点，以确保施工方能够准确无误地进行工程施工[5]。

3.4 建立严格的施工质量规范

在确保施工质量方面，施工单位应当重视施工质量规范的执行。首先，明确定义施工技术和施工机械设备的要求，为施工质量奠定坚实基础。其次，管理人员应定期检查机械设备运行状况和材料质量，并做好设备和材料的保养维护工作。再次，施工单位应要求施工管理人员定期进行全面检查，确保每个流程和技术都符合施工要求。最后，施工单位应定期为施工人员提供质量规范培训，使他们真正理解和掌握质量规范内容，并将其内化为行为准则，从而在主观角度上控制施工质量。通过执行这些措施，施工单位能够提高施工质量水平。

3.5 应用全过程施工安全管理

在确保施工人员和施工管理人员安全意识的基础上，施工单位可以展开全面的安全管理工作。这包括对所有可能存在安全隐患的部位进行严格监督，如人员施工技术、施工机械设备运行状况和材料质量等。同时，还需要从流程角度进行安全管理，监控施工材料的入场和使用全过程，掌握施工人员从接任务到完成任务的全流程，以及机械设备的使用过程。通过全方位的安全管理，施工单位能够有效预防和控制安全风险。

4 结语

总结而言，本论文旨在对土木工程施工项目管理进行深入研究，并提出有效的管理模式和保障措施，以提高项目管理的效率和质量，希望本论文的研究成果能够对相关研究者和从业人员提供有益的借鉴和参考，进一步促进土木工程施工项目管理的发展和进步，推动我国基础设施建设的高质量发展。

[参考文献]

[1]陆鑫.土木工程施工项目管理研究[J].城市建筑,2021(9):196-198.
[2]马妍妍,杨晓明.土木工程施工项目管理关键问题的研究[J].新丝路:中旬,2021(5):1.
[3]吕水凤.关于项目管理在土木工程建筑施工中的技术应用研究[J].安防科技,2021(19):41.
[4]江玉竹,王才昊,江诚,等.土木工程施工管理的现状及针对性管理措施研究[J].管理科学与工程,2023,12(4):616-621.
[5]冯尚.土木工程施工管理的若干问题研究[J].工程技术:全文版,2022(5):00044.

作者简介：林锋（1990.9—），男，毕业院校广西交通职业技术学院；所学专业建筑工程技术（本科：重庆大学，土木工程），当前就职单位广西梧州市高新区投资开发有限公司，职务副总经理，职称级别工程师。

Copyright © 2023 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

数字化时代建筑工程造价管理转型策略

韩振虎
中国建设银行新疆维吾尔自治区分行，新疆 乌鲁木齐 830000

[摘要]在科技快速进步的背景下，建筑工程造价管理正面临数字化时代带来的种种机遇与试炼。当前深入探索了 BIM、云计算、大数据以及人工智能等数字技术在造价管理的实际运用及其产生的深远影响。为了更好地应对这一时代的变革，还专门研究了多种转型策略，包括但不限于人才的培养、数据的统一整合以及跨部门的深度合作。文章的目标是为建筑界明确指出一个方向，帮助其在这个数字化的浪潮中更高效、更精确地进行造价管理。
[关键词]数字化时代；建筑工程；造价管理；转型策略
DOI：10.33142/ec.v6i12.10350 中图分类号：TU723.3 文献标识码：A

Transformation Strategy of Construction Engineering Cost Management in the Digital Era

HAN Zhenhu
Xinjiang Branch of China Construction Bank, Urumqi, Xinjiang, 830000, China

Abstract: Against the backdrop of rapid technological progress, construction project cost management is facing various opportunities and trials brought about by the digital era. Currently, we have deeply explored the practical application and far-reaching impact of digital technologies such as BIM, cloud computing, big data, and artificial intelligence in cost management. In order to better respond to the changes of this era, various transformation strategies have been specifically studied, including but not limited to talent cultivation, unified integration of data, and deep cooperation across departments. The goal of the article is to provide a clear direction for the construction industry to help it more efficiently and accurately manage costs in this digital wave.
Keywords: the digital age; construction engineering; cost management; transformation strategy

引言

随着全球进入数字化时代，伴随着技术的快速进步和信息化的普及，每一个行业都面临着前所未有的挑战和转型的机会。尤其在建筑工程领域，这种变革不仅是对于设计和施工方法的革新，更是对于项目管理，尤其是造价管理的全方位升级。造价管理作为项目成功与否的关键环节，其准确性、实时性和高效性对于项目的经济效益和投资回报至关重要。因此，探讨其在数字化时代的转型策略，对于推动整个建筑行业的持续发展具有重大意义。

1 建筑工程造价管理的当前状况及挑战

1.1 传统造价管理的模式与局限性

传统的造价管理主要基于纸质资料和手工操作，依赖于经验和定性分析进行预估和控制。这种模式在很大程度上依赖于人的经验和直觉，而不是数据或先进的计算工具。尽管这种方法在过去可能是有效的，但它具有明显的局限性。首先，手工操作容易出错，可能导致重大的经济损失[1]。其次，由于缺乏自动化工具，信息流通和共享可能会受到阻碍，从而影响项目的整体效率。最后，传统的方法可能无法处理复杂的工程项目，尤其是在需要快速决策和调整的情况下。

1.2 数字化时代下的新挑战

随着数字化技术的迅猛发展，建筑工程造价管理面临了一系列新的挑战。首先，大量的数据来源需要进行整合和分析，这要求造价管理人员不仅要具备专业知识，还要熟悉相关的 IT 工具。此外，客户对于造价的透明度和准确性有更高的期望，这增加了管理的复杂性。同时，数字化技术也为项目带来了新的变数，如使用 BIM 和智能建筑技术可能会改变工程的成本结构。在这种环境下，传统的管理方法可能无法满足需求，需要造价管理人员不断学习和适应。

2 数字化技术在建筑工程造价管理中的应用

2.1 数字化工具和技术的概览

在现代的数字化时代，各种先进的工具和技术日益成为建筑工程造价管理的支柱。这些工具和技术为传统的管理方法注入了新的活力，为专业人员提供了更为精确、高效的手段。首先，《建筑信息模型（BIM）》已成为行业标准。BIM 不仅为设计和施工提供了三维可视化，还整合了时间和成本，使得项目各方可以在一个统一的模型中实时协作和分享信息。这种集成方法极大地提高了项目的透明度和预测准确性。接着是云计算，它允许数据在互联网上进行存储和处理，使得远程工作和团队合作变得简单和高效。云计算还为大数据分析提供了平台，允许专业人员对大量数据进行快速分析，从而做出更明智的决策。人工智能（AI）和机器学习也为造价管理带来了变革。通过对历史数据的学习，AI 可以预测工程成本，识别可能的风险，并为决策者提供实时建议。此外，«物联网（IoT）»技术

Copyright © 2023 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

在建筑现场的应用也日益增多。传感器可以实时监测材料的使用、工人的工作进度和设备的状态，从而为造价管理提供实时的反馈。

2.2 BIM（建筑信息模型）在造价管理中的应用

BIM（建筑信息模型）已经给建筑行业带来了革命性的变革，尤其在造价管理领域，其影响深远。在 BIM 的助力下，长久以来依赖于二维图纸、手工估算和繁琐计算的传统造价管理方法已逐渐被淘汰。相较于传统方法，BIM 提供了一种更为高效、精确的造价管理方式。首先，BIM 的核心优势在于其实时的成本估算能力。在设计过程中，任何的改动和调整都可以在 BIM 模型中立即得到更新，这意味着成本信息可以与设计进度同步，确保预算的即时性和准确性。BIM 模型以其独特的三维视觉展示给各个相关团队，不论是施工人员、设计师，还是成本工程师，创造了一个互动共享的操作平台。这种生动、形象的展示方法使团队能更深入地掌握设计意图，快速发现可能的问题，并进行经济效益的综合评估。更值得一提的是，BIM 提供了非常详细的材料和工作量清单，它不仅列出了建筑所需的所有材料，还给出了其数量、规格等详细信息，这为采购过程和成本控制提供了前所未有的便利。在风险管理方面，BIM 通过识别可能的设计矛盾、工程问题或材料供应延迟，帮助团队提前采取应对措施，从而避免成本超出预算。最后，BIM 的整合性和互操作性也为造价管理带来了极大的好处。BIM 模型可以与各种其他软件工具无缝整合，如项目管理工具、成本估算软件等，确保所有数据在各个平台之间保持一致，大大提高了整体的工作效率。

2.3 云计算、大数据及人工智能在造价管理中的潜力

随着科技的快速进步，云计算、大数据及人工智能逐渐渗透到各行各业，建筑工程造价管理也不例外。这些先进技术为传统的造价管理带来了深刻的变革和无尽的可能性。云计算为造价管理提供了一个集中、灵活且高效的数据处理和存储平台。与此同时，团队成员可以在任何时间、任何地点访问和更新项目数据，从而极大提高了工作效率和协作性[2]。此外，云平台还为多方利益相关者提供了实时同步的数据，确保每个决策都基于最新、最准确的信息。大数据为造价管理带来了更为精细和深入的洞察。通过对大量历史项目数据的分析，造价工程师可以发现隐藏的模式、趋势和关联，从而更准确地预测项目成本、识别潜在风险并找出优化机会。大数据还允许团队进行更为复杂的模拟和场景分析，帮助其做出更明智的决策。《人工智能（AI）》为造价管理带来了自动化和智能化的可能。AI 算法可以自动进行大量重复性的任务，如数据整理、初步分析和报告生成。更为先进的 AI 模型，如深度学习，可以进行更为复杂的任务，如自动识别设计图中的变更、预测价格波动等。此外，AI 还可以为团队提供实时的建议和预警，帮助其避免可能的问题。

3 转型策略

3.1 人才培训与能力提升

3.1.1 传统造价人员的数字技能培训

在数字化技术逐渐主导建筑行业的背景下，传统造价人员面临着巨大的挑战。他们的专业知识仍然宝贵，但为了适应当前的技术环境，他们必须掌握一系列新的技能。首先，他们需要熟悉如 BIM、云计算和数据分析的基本工具和平台。例如，BIM 的培训可能包括如何从模型中提取成本信息，以及如何使用这些信息进行预算和控制。同时，传统造价人员也应该接受数据分析的基础培训，使他们能够利用大数据来进行更准确的预测和决策。简而言之，通过培训和继续教育，传统造价人员可以利用最新的数字化工具，从而提高他们的工作效率和准确性。

3.1.2 新型数字岗位的定义与招聘

随着数字化转型的深入，建筑工程造价管理领域涌现出一系列新的岗位。这些岗位旨在补充传统职能，并帮助企业充分利用现代技术。例如，BIM 经理可能负责监督所有与 BIM 相关的活动，确保其与造价管理目标保持一致。数据分析师可能专注于解析大量的项目数据，提供关键的洞察和建议。为了成功招聘这些新岗位，企业需要明确其职责和所需的技能，并在招聘广告和面试中明确这些要求。同时，为了吸引顶尖的数字化人才，企业可能还需要提供专业发展的机会，如培训、研讨会和会议等。

3.2 数据整合与管理

3.2.1 建立统一的数字化平台

在数字化时代，建筑工程造价管理的成功很大程度上取决于信息流的流畅和高效。因此，建立一个统一的数字化平台至关重要。这个平台可以整合来自不同来源和格式的数据，如 BIM 模型、供应链信息、实地监控数据等[3]。此外，它应该提供实时的数据分析和可视化工具，帮助团队快速了解项目的状态和进展。这不仅可以提高工作效率，还可以增强各个部门和利益相关者之间的沟通和协作。为了确保平台的持续性和扩展性，企业应该考虑使用开放标准和技术，并定期进行升级和维护。

3.2.2 数据安全与隐私保护

随着数字化技术在建筑工程造价管理中的广泛应用，数据安全和隐私保护成为了日益重要的议题。大量的敏感信息，如合同细节、价格协议和项目计划，都存储在数字化平台上。为了防止数据泄露、篡改或丢失，企业需要实施一系列的安全措施。首先，应该建立一个强大的访问控制系统，确保只有授权的人员可以访问敏感数据。其次，所有的数据传输应该经过加密，以防止中间人攻击或窃听。此外，企业还应该定期进行安全审计和测试，识别潜在的威胁并采取相应的防范措施。在隐私方面，企业需要遵循相关的法律和规定，确保个人信息的安全和保密。

Copyright © 2023 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

3.3 与其他行业及专业的协同工作

3.3.1 增强跨部门沟通

在数字化转型的进程中，跨部门的沟通变得尤为关键。建筑工程造价管理不再仅是一个孤立的环节，而是与设计、采购、施工和后期运营等多个部门紧密相关。增强这些部门之间的沟通可以确保信息的及时共享，提高决策的准确性和效率。为此，企业可以考虑建立一个统一的沟通平台，如企业社交网络或项目管理软件，以促进实时的信息交流和协作。定期的跨部门会议和培训也是必要的，它们可以帮助各个部门了解彼此的需求和挑战，促进团队间的理解和信任。

3.3.2 建立行业合作伙伴关系

随着建筑行业的竞争日趋激烈，与其他企业和组织建立合作伙伴关系变得越来越重要。这不仅可以拓展业务机会，还可以共享资源和知识，提高项目的成功率。例如，通过与供应商和制造商建立合作关系，企业可以获得更优惠的价格和更高的供应保障。与学术机构和研究机构的合作则可以帮助企业获得前沿的技术和知识。此外，参与行业协会和组织也是一种有效的策略，它可以帮助企业了解行业的最新趋势和标准，增强其市场地位和影响力。

4 数字化时代下建筑工程造价管理的未来展望

4.1 技术创新对造价管理的潜在影响

技术创新一直是推动行业进步的重要力量，建筑工程造价管理也不例外。随着各种先进技术的快速发展和应用，传统的造价管理方法和工具正面临着深刻的变革。首先，技术创新带来了更加精确和高效的数据处理能力。例如，BIM 技术可以为造价管理提供更加详细和准确的设计和施工数据，从而减少估算错误和漏洞。同时，大数据技术允许造价工程师处理和分析前所未有的数据量，从而更好地预测成本和识别潜在风险[4]。其次，技术创新增强了团队之间的协作和沟通。云计算和移动技术使得团队成员可以在任何时间、任何地点访问和共享项目数据，从而提高工作效率和响应速度。此外，虚拟现实和增强现实技术为团队提供了一个沉浸式的协作环境，使得设计、施工和管理更为直观和生动。最后，技术创新带来了新的商业模式和服务。例如，基于 AI 的自动化估算工具可以为客户提供实时的价格报价，从而提高服务的竞争力。同时，数字化技术还为造价管理开辟了新的收入来源，如提供数据咨询和分析服务。然而，技术创新也带来了一些挑战。为了充分利用这些先进技术，造价管理人员需要进行培训和学习，以掌握新的工具和方法。同时，技术的快速变革也对企业的策略和文化提出了新的要求。

4.2 未来的行业挑战与机遇

建筑工程造价管理正站在一个十字路口，处于数字化技术不断进步和全球化趋势深化的交汇点，未来充满了无限可能。但这些可能并不只是机遇，同时也伴随着诸多挑战。面对技术更新的迅速，尤其是数字化技术的进步，企业需要持续投资，以确保自己与时俱进。但这种迅猛的技术创新对团队来说是双刃剑，它既带来了新的工具和方法，也给团队带来了巨大的压力，需要他们不断地培训和学习。而随着数据量的激增和更多的数据存储在云端，数据安全和隐私问题浮出了水面，企业如何确保自己的信息不被窃取，如何保证客户的隐私不被侵犯，都成为了亟待解决的问题[5]。与此同时，市场竞争也变得愈发激烈。数字化技术的普及降低了进入该行业的门槛，意味着越来越多的竞争对手，包括一些新的创业公司。而全球化的趋势，特别是与国际伙伴的跨文化和跨地域合作，也增加了工作的复杂性。然而，对于具有远见和创新精神的企业，这些挑战也带来了无数机遇。利用 AI、BIM 等技术，企业有机会大大提高工作效率，更精确地预测成本。数字技术的广泛应用也为造价管理开创了全新的服务领域，如数据咨询、远程监控等。此外，技术的进步也为企业提供了更多的全球化机会，使其能够更容易地与国际伙伴合作，进入新的市场。而随着技术的演进，我们还将见证更多创新的商业模式的诞生。

5 结语

随着技术的不断进步和创新，建筑工程造价管理行业正处于一个历史性的变革时期。BIM 等数字化技术为该行业带来了前所未有的机遇和挑战。在这种背景下，行业的成功不仅取决于技术的采纳和应用，更在于企业如何调整其战略、培训团队并建立合作伙伴关系，以适应这个快速变化的环境。对于前瞻性的企业来说，现在是整合资源、拥抱变革和创新的最佳时机。通过持续学习、改进和创新，建筑工程造价管理行业不仅可以应对现有的挑战，还能为未来打下坚实的基础，实现可持续的增长和繁荣。

[参考文献]

[1]刘微.基于 BIM 技术在建筑项目工程造价管理中的运用分析[J].智能建筑与智慧城市,2023(10):84-86.
[2]杨涛.建筑工程造价管理全过程控制研究[J].中国招标,2023(10):164-166.
[3]王挺.BIM+VR 技术在建筑工程造价中的运用分析[J].科技资讯,2023,21(19):249-252.
[4]李奇珍.建筑工程造价控制中成本核算的优化策略[J].有色金属设计,2023,50(3):74-77.
[5]王振杰.BIM 技术在建筑工程造价管理中的运用效果分析[J].住宅与房地产,2023(26):91-93.

作者简介：韩振虎（1969.10—），毕业院校：云南大学，所学专业：会计学专业，当前就职单位：中国建设银行新疆维吾尔自治区分行造价咨询业务部，职务：高级造价咨询师，职称级别：工程师。

Copyright © 2023 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

项目管理在土木工程建筑施工中的应用

龙振杰
广西梧州市高新区投资开发有限公司，广西 梧州 543000

[摘要]项目管理主要用于规划、组织、指导和控制项目的各个阶段，以实现项目目标的成功完成。土木工程建筑施工涉及多个阶段、多个参与方和多种资源的协同工作。在土木工程建筑施工中，项目管理的应用能够为项目管控对象提供明确性，使其管理更为精细。为更好地理解并实施项目管理在土木工程建筑施工中的应用，本篇文章对项目管理在土木工程建筑施工中项目范围管理、时间管理、成本管理、质量管理和风险管理等方面的应用路径进行研究。

[关键词]项目管理；土木工程；建筑施工；应用；路径
DOI：10.33142/ec.v6i12.10351　　中图分类号：TU712　　文献标识码：A

Application of Project Management in Civil Engineering Construction

LONG Zhenjie
Guangxi Wuzhou High-tech Zone Investment and Development Co., Ltd., Wuzhou, Guangxi, 543000, China

Abstract: Project management is mainly used for planning, organizing, guiding, and controlling various stages of a project to achieve successful completion of project objectives. Civil engineering construction involves the collaborative work of multiple stages, participants, and resources. In civil engineering construction, the application of project management can provide clarity for project control objects, making their management more refined. In order to better understand and implement the application of project management in civil engineering construction, this article studies the application paths of project management in project scope management, time management, cost management, quality management, and risk management in civil engineering construction.

Keywords: project management; civil engineering; building construction; application; path

引言

随社会发展，土木工程建筑施工项目面临着前所未有的机遇和挑战，其通常涉及复杂技术和多方参与，在此环境下，传统的管理方式已无法满足现代施工需求。项目管理作为跨学科的综合管理技术，逐渐在土木工程建筑施工中得到广泛应用，其不仅能够为项目提供明确的框架和流程，同时能够为各个参与方提供平台，实现资源的有效配置、风险的有效控制以及目标的成功实现。

1 项目管理内容概述

项目管理旨在确保项目从起始到结束都能够按预定的质量、时间和成本完成，其涉及一系列的过程、工具和技术，以及与项目相关的所有干系人的协调和合作。项目管理的核心内容包括项目的启动、规划、执行、监控以及关闭，在项目启动阶段，项目经理与干系人需一同明确项目的目标、范围和关键指标。随后的规划阶段是制定详细的项目计划，明确如何分配资源、时间线和预算，以及如何处理潜在风险。在执行阶段，项目团队开始实际的工作，按照计划进行施工或开发，在此过程中，监控阶段将确保项目按照预期进行，并对偏离计划的情况进行必要调整[1]。项目的最后阶段是关闭，此时工程团队需评估项目的整体表现，确认所有的工作都已完成，并向干系人汇报最终结果。除以上基本过程，项目管理涉及范围管理、时间管理、成本管理、质量管理、风险管理和沟通管理等多个关键领域，以上领域能够确保项目满足预定目标，同时满足干系人的期望和需求。综上所述，项目管理是旨在确保项目成功完成的复杂而系统的领域，其结合策略规划、资源分配和团队合作的各个方面，以达到预定项目目标。

2 项目管理在土木工程建筑施工中的应用优势

2.1 管控对象更加明确

在土木工程建筑施工项目中，准确地识别和管理各个环节是确保项目成功的关键，项目管理的应用能够确保这一目标得以实现，使管控对象变得更加明确。传统的施工方法在一定程度上依赖于工程团队的经验和直觉，但在大型和复杂的项目中可能会导致混淆和遗漏。而项目管理方法引入了系统化的流程，确保每一个环节、每一项资源以及每一方责任都被明确定义和跟踪。通过项目管理，团队可以清晰地知道哪一部分的施工是由哪一承包商负责，材料的供应是由哪一供应商完成，以及哪些任务是由内部团队完成的。此外，通过使用现代项目管理软件和工具，项目信息不仅可以被明确定义，同时可以在项目的整个周期中被实时更新和分享[2]。

2.2 项目管理更加精细

土木工程建筑施工项目涉及材料采购、人员调度到任务分配与时间线控制环节的众多细节及复杂性，在此背景

Copyright © 2023 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

下，项目管理的应用能够确保项目细节得到适当的关注和管理。项目管理的核心在于细致规划及持续跟踪，各项任务会被分解成更小的子任务，并为其分配具体的责任人、所需资源和预期完成时间。此种分解方法能够确保任务更加明确，同时使得团队能够更好地监控每一项进度和控制资源的分配。此外，现代的项目管理软件能够为项目提供高级数据分析和可视化工具，使项目经理和团队能够实时查看任务的进度、资源的使用和成本的控制，帮助团队识别和应对潜在的问题，允许其进行预测和调整，以确保项目始终保持在正确的轨道上。

2.3 施工项目划分更加合理

在土木工程建筑施工中，通过项目管理方法，施工项目的划分能够变得更加科学与合理。项目管理的划分策略通常采用工作分解结构（WBS）方法，将大型项目细分为小的、具体的任务单元，此种划分不仅基于工作内容，还考虑到时间、资源和技术需求。因此，项目管理对施工项目的划分有别于传统施工阶段，项目团队可以根据实际工作流程、资源限制和优先级来进行划分。更加合理的项目划分能够确保资源的优化利用，团队可以确保将资源（如人员、设备和材料）分配至最关键的任务环节[3]。其次，当项目面临变更或不可预见的延误时，合理的划分允许团队更加灵活地调整计划，以应对这些变化。

3 项目管理在土木工程建筑施工中的应用路径

3.1 土木工程建筑施工项目范围管理

在土木工程项目中，范围管理是确保项目顺利进行并成功完成的基石，与原始计划的偏离都可能导致成本增加、时间延误甚至整体项目失败。为有效地管理土木工程项目的范围，工程团队可采取以下具体做法：（1）整个项目开始于对项目需求的深入理解，这一阶段旨在需求收集与定义。工程团队需要组织项目相关干系人（如业主、顾问、潜在用户等）会议及工作坊，此类会议旨在明确项目的具体要求、预期结果和任何潜在的限制。例如，对于桥梁建设项目，团队需要详细记录道路宽度、载荷容量、使用材料和周围环境等信息，并在项目文档中明确定义，以确保每个团队成员都了解并遵循。（2）需求得到明确记录后，工程团队需要创建工作细分结构（WBS）。WBS 的制定旨在将整个项目分解成更小、更具体的任务或部分，各任务将会被指定给具体的团队或个人。例如，施工团队可以将桥梁建设分解为土方、桩基、横梁安装等部分，随后利用 Microsoft Project 或 Primavera 等软件工具制定可视化 WBS，从而确保每个任务都明确、井然有序。（3）即使有了明确的范围和细致的 WBS，项目的进展中仍可能出现范围变更，因此，工程项目需要强大的范围确认与控制机制。工程团队需为此建立范围变更请求系统，当任何团队成员或关系人提出超出原始 WBS 的新需求或变更时，其需要填写变更请求表格并提交给项目经理审查。此后，项目经理需要组织变更审查会议，与关键团队成员一同评估该变更的影响（成本、时间和资源）。只有在明确变更的所有潜在影响，并获得了所有相关关系人的批准后，工程团队才应正式接受变更并将其纳入项目范围。

3.2 土木工程建筑施工项目时间管理

在土木工程建筑施工项目中，时间管理是成功完成项目的核心要素，时间延误可能导致巨额的合同罚款、资源浪费以及与其他相关方的紧张关系[4]。对于工程团队而言，掌握时间管理的各个方面并采取适当的具体做法至关重要，具体路径分述如下：（1）在项目的初期，工程团队成员需聚集在一起，使用之前定义的工作细分结构（WBS）作为基础，识别所有需要完成的活动。例如，在一座大楼的建设中，需要完成的活动可能包括地基挖掘、混凝土浇筑、钢筋工作、砌墙等。随后，团队需要使用依赖关系分析等技术确定活动之间的关系。此阶段的产物应为明确活动列表，每个活动都应有清晰定义的先决条件和后续任务。（2）工程团队需基于先前的经验、工程估算或与供应商和承包商的讨论来确定每个活动的持续时间，对每个活动的工作量、所需资源和可能的障碍进行深入考虑。在对活动及持续时间进行清晰理解后，工程团队需要进行进度计划与控制。在此过程中，工程团队可以使用 Microsoft Project 或 Primavera 等项目管理软件创建详细的甘特图，显示所有活动的时间线和相互关系。此外，工程团队可应用关键路径方法（CPM）确定项目的最长路径和可能的延误点。（3）在项目的整个生命周期中，团队应定期检查进度，与计划进行对比。若发现延误或偏离，团队需迅速采取重新分配资源、增加劳动力或修改工作方法等行动来纠正偏差。此外，为确保项目透明度和及时沟通，团队需定期进行进度会议，与所有关键关系人分享项目当前状态、已完成的工作和任何潜在问题，此类会议能够确保每个人都了解项目的进展，同时为团队提供收集反馈和调整计划的机会。

3.3 土木工程建筑施工项目成本管理

在土木工程项目中，成本管理并非仅仅是预算的问题，其关乎资源的最优化利用、确保项目的经济可行性以及建立与各种干系人的信任关系。有效的成本管理策略可以使项目在预算内顺利进行，工程团队可以采取以下具体做法来实现这一目标：（1）在项目的预算编制阶段，团队需要基于历史数据、市场调查或与供应商和承包商的磋商，为各活动分配成本。此外，工程团队需要为预期的不确定性和风险设置预算储备，以确保有足够的资金应对未知挑战。随后，工程团队可使用参数化估算（基于单位成本）、详细估算或模拟技术等多种技术，考虑每立方米混凝土的成本，或每小时劳动力的费用。通过具体估算，团队可以得到更为详细和全面的项目成本预览。（2）预算和估算环节完成后，成本控制则成为项目管理的重中之重。团队需要

Copyright © 2023 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

在此环节持续监控实际支出，并与预算进行对比。具体而言，工程团队可以使用 Oracle's Primavera P6 或 SAP 等专业软件追踪成本，并在每个月或每个季度的结束时生成详细的财务报告。若发现成本超出预算，团队需要分析其原因（例如，原材料价格上涨、额外的劳动力需求或设计变更），并采取重新谈判合同、优化工作流程或寻找替代材料等纠正措施。(3）为确保关键关系人了解项目的财务状况，工程团队需进行定期的财务评审。在评审会议中，工程团队需要与业主、投资者和其他关键关系人分享项目的财务状况，讨论偏差，并提出解决方案。

3.4 土木工程建筑施工项目质量管理

在土木工程项目中，质量管理不仅影响建筑物的长期性能和安全性，同时直接关系到工程项目的声誉和持续的客户满意度[5]。因此，工程团队须确保项目在各阶段符合预定质量标准。为实现这一目标，工程团队可采纳以下路径：(1）质量规划是整个质量管理过程的起点，在项目的初期，团队需要识别与项目相关的质量标准合规。例如，对于高层建筑项目，项目团队需要考虑地震抗震标准、防火规范或可持续建筑准则。基于这些标准，团队需要制定出明确的质量目标和检查清单，确保项目的所有部分都能满足这些预期。(2）工程团队需要定期进行内部审查和质量审计，检查工作进度和实际成果是否与预定质量标准相符。具体而言，项目团队需要对正在使用的材料进行测试，或对已完成部分进行检查。以混凝土为例，工程团队需要对其进行压缩强度测试，或对建筑的外部进行渗透测试。(3）工程团队应设有专门的质量控制团队或部门，其任务是在施工过程中持续监测和检查，将与预定标准不符的部分记录下来，并作为缺陷进行处理。控制团队需在此环节中与承包商或供应商进行沟通，以确定问题原因并找到解决方法。缺陷被纠正后，质量控制团队需要进行重新检查，确保问题已经得到解决。(4）为确保项目透明度和持续改进，工程团队需要进行质量反馈和评价。具体而言，团队需要与业主、设计师或最终用户等项目关系人进行定期的会议和交流，此类反馈可以为团队提供有关项目质量的宝贵见解，并为未来项目提供改进方向。

3.5 土木工程建筑施工项目风险管理

土木工程建筑施工项目往往涉及巨大的资金投入、复杂的工程技术和多方干系人，潜在风险可能导致巨大的经济损失、时间延误或质量问题。为确保项目能够有效应对各种风险，工程团队可考虑以下做法：(1）工程团队需要在项目初期组织多次头脑风暴会议，与设计师、承包商、供应商和其他相关关系人共同讨论所有可能的风险源。具体风险源可能包括技术风险（例如基础问题、材料选择问题）、经济风险（如预算超支、汇率变动）、环境风险（例如遇到未知的地下设施）以及合同风险（例如承包商违约）等。(2）风险被识别出来后，团队需对其进行风险评估。在此环节，工程团队需要对每一个风险进行定量和定性的评价，确定其可能发生的概率和潜在的影响。例如，如果项目施工地区有地震发生史，则地震的风险可能会被评为“高概率、高影响”，随后，工程团队可以使用风险矩阵来分类并优先处理风险。(3）对于被评为高概率和高影响的风险，工程团队应制定详细的应对计划。具体而言，工程团队应预先采取措施来避免风险、准备备用方案或购买保险来转移风险。例如，为避免技术风险，团队可以选择使用已经在其他项目中得到验证的技术；为应对经济风险，团队可以选择锁定当前的材料价格，或与供应商签订长期合同。

4 结束语

综上所述，项目管理能够为土木工程建筑施工项目提供明确管控对象、更精细的管理和更合理的项目划分，同时能够在土木工程建筑施工项目范围、时间、成本、质量和风险等关键领域起重要作用。通过采纳并实施项目管理的策略和措施，可以提高土木工程建筑施工的效率和效果，确保项目成功完成。随着技术的进步和管理理念的更新，项目管理在土木工程建筑施工中的应用将更加深入和广泛，为相关企业和参与者带来更多机会。

[参考文献]

[1]王雄.关于项目管理在土木工程建筑施工中的技术应用研究[J].中国标准化,2021(14):3.
[2]张锐.土木工程建筑施工过程中项目管理的应用[J].建筑发展,2021,5(4):29-30.
[3]段巍巍,孙越.项目管理在土木工程建筑施工中的实践应用研究[J].建材发展导向,2023,21(10):148-150.
[4]胡中瑞.关于项目管理在土木工程建筑施工中的技术应用探究[J].中国科技期刊数据库工业A,2022(5):4.
[5]李伟杰.项目管理在土木工程建筑施工中的应用策略分析[J].中文科技期刊数据库(文摘版)工程技术,2022(2):3.

作者简介：龙振杰（1990.9—），男，毕业院校广西科技大学鹿山学院；所学专业土木工程，当前就职单位广西梧州市高新区投资开发有限公司，职务建设项目主管，职称级别工程师。

Copyright © 2023 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

建筑施工安全问题分析及安全管理对策探析

曹 亮
湖南省长沙市浏阳市浏阳恒大华府，湖南 长沙 410000

[摘要]近些年来我国城市化发展速度不断加快，在城市化建设的过程当中各类工程项目建设规模进一步扩增，为满足大规模工程项目施工工作的有效开展，施工单位往往需要配备大量的技术人员和一线施工人员，这就让工程项目施工风险以及安全隐患问题愈发严重，所带来的建筑工程施工安全管理难题逐渐复杂，诸多施工缺陷和安全隐患问题严重限制着建筑工程事业的持续稳定健康发展，这对于社会主义和谐社会建设极为不利。针对这一问题，广大建筑工程施工企业要针对安全管理工作作出全面的分析和探讨，明确当前建筑工程施工过程当中的安全管理工作开展水平以及不足之处，进一步探究建筑工程施工安全管理问题的形成因素，逐步制定更为切实可行的安全隐患应对措施和预防策略，以期为广大工程项目建设施工工作的开展带来支持和帮助。

[关键词]建筑行业；安全管理；工程施工；问题分析
DOI：10.33142/ec.v6i12.10366 中图分类号：TU7 文献标识码：A

Analysis of Safety Issues in Construction and Exploration on Safety Management Strategies

CAO Liang
Hunan Changsha Liuyang Hengda Huafu, Changsha, Hunan, 410000, China

Abstract: In recent years, the speed of urbanization development in China has been continuously accelerating, and the scale of various engineering projects has further expanded in the process of urbanization construction. In order to meet the effective implementation of large-scale engineering projects, construction units often need to equip a large number of technical personnel and frontline construction personnel, which makes the construction risks and safety hazards of engineering projects increasingly serious. The resulting construction safety management problems are gradually complex, and many construction defects and safety hazards seriously limit the sustained, stable and healthy development of the construction industry, which is extremely detrimental to the construction of a socialist harmonious society. In response to this issue, the majority of construction enterprises should conduct a comprehensive analysis and exploration of safety management work, clarify the current level and shortcomings of safety management work in the construction process of construction projects, further explore the formation factors of safety management problems in construction projects, and gradually develop more practical and feasible safety hazard response measures and prevention strategies, so as to provide support and assistance for the construction work of a wide range of engineering projects.

Keywords: construction industry; safety management; engineering construction; problem analysis

引言

一直以来，建筑工程事业都是我国国民经济组成结构当中不可或缺的核心部分，为社会主义经济建设以及广大人民生活品质的提升作出了巨大的支持和贡献。而在社会经济不断发展以及城市化建设规模持续扩张的过程中，我国建筑工程事业不断壮大，截至目前我国建筑工程事业的总产值已经超出了 300000 亿元，对比上一时期增长率达到了 26.45%。而建筑工程事业经济效益水平的不断扩增，也预示着建筑工程施工安全管理问题愈发严重，广大建筑工程施工单位必须要将安全管理问题列为重点监管内容，这直接关系到建筑工程事业经济发展以及广大人民群众生命财产安全。截至当前我国各个地区以及各级政府都在全面贯彻和落实党中央、国务院所颁发的建筑工程事业安全施工管控政策，针对各项施工工作开展也在全面部署安全管控措施，借此来对建筑工程事业当中的安全管理问题作出整改和优化，进一步加大建筑工程事业内部安全管控工作开展力度，构建起更加完整全面的安全监督管理体系，组建起专项安全问题整治系统，以此来推动建筑工程事业经济效益的持续性增长。

1 当前建筑工程施工安全管理工作的开展状况

结合建筑工程项目实际施工工作的开展状况来看，其施工过程当中仍旧存在多种复杂以及细不可察的安全隐患问题，如果未能对安全隐患问题作出及时的预防和解决那么就会诱发施工安全生产事故。例如我国建筑工程管控事业较为完善的房屋市政工程，尽管近些年来安全生产事故发生数量得到了有效控制，但每年都会有数个伤亡事故案例，由此看来建筑工程事业的安全隐患问题仍旧极为严峻。如图一所示，2018～2022 年全国房屋市政工程安全生产事故起数及死亡人数图。

避免建筑工程事业安全生产事故的频繁出现，我国政府以及各级部门不断加大安全监督管控力度，并构建起了较为

Copyright © 2023 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

完整的建筑工程施工安全监督管理体系，针对建筑工程施工过程当中的安全管理问题做出了大量的治理工作，取得了较为理想的管控工作成效，这为建筑工程事业的持续稳定安全发展带来了支持和帮助。但由于现代化建筑工程施工工作极为复杂繁琐，在施工安全管理上仍旧存在诸多的不足之处，这让安全生产事故频发，不符合整体化安全管理政策的要求和标准，极大地影响着建筑工程事业的平稳健康发展。这就需要广大建筑工程企业明确施工安全管理问题的具体造成原因，结合各个问题的表现形式作出深度分析和探究，明确当前建筑工程施工安全管理所存在的不足，这不但能够为建筑工程安全生产法律法规全面落实和实施作出支持，也能让以往被动管理的施工安全保障工作，转化为主动自觉安全防护措施，尽最大可能规避和减少安全事故的发生以及出现。[1]

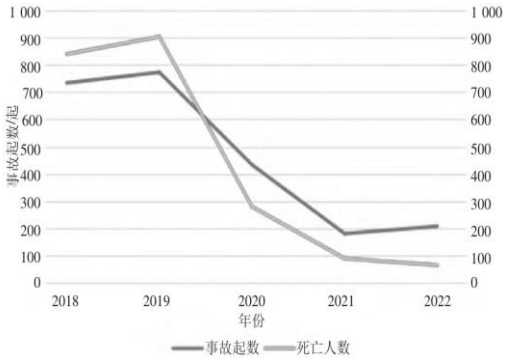


图 1 2018—2022 年全国房屋市政工程安全生产事故起数及死亡人数

2 当前我国建筑工程事业当中安全管理工作开展状况

2.1 建筑工程施工安全管理所存在的不足

当前我国建筑工程事业正处在高速蓬勃发展阶段，而较为传统的安全管理策略已无法满足规模不断扩大的施工工作需求，这就导致建筑工程施工安全管理工作往往存在运行体系不够完善、员工安全基础教育不够真实、安全管控工作资源投入度不足、应急处理措施不够严谨及时等问题。如图 2 所示，安全管理工作的不足往往停留在一线施工人员自我环境保护意识过于缺乏，人员防护以及安全训练不够充足，未能充分了解危险生产事故具体危害，对于各类突发事件处置不够及时，应急预案执行不够迅速等多个方面。[2]

图 2 施工安全管理存在的问题

2.2 建筑工程施工安全管理问题的具体形成因素

尽管当前建筑工程事业发展速度不断加快，大多数建筑工程企业获得了较为理想的经济收益，但对于安全管理问题的认知仍旧不够充足。我国的经济组成结构极为复杂，特别是在转置、民营以及外资等多个方面，往往会存在一定的投资风险问题，这就导致安全生产问题的认知度通常较为薄弱，未能对企业投资作出严格管控，这就会对建筑工程建设工作的开展以及持续稳定运行带来巨大安全隐患。例如，在工程项目建设过程当中时常会出现层层转包或者大包大揽的问题，甚至在合同签订方面会出现不合法的生死合同以及合同条例不规范的问题，一部分企业一味追求经济效益，明知当前施工工作存在违规操作但仍旧强行开展施工工作，这对于工程项目建设会产生巨大的不利影响。在实际施工工作开展过程期间，建筑工程单位仅会下达施工生产命令，却未能提前构建起应有的安全保障措施，一旦发生意外生产事故，也未能对其作出全面严肃的调查，只会将责任推脱给承包方或者一线施工人员，这让整体安全生产危险性大幅度提升，一线工作人员的生命财产安全也无法得到保障。除此之外，建筑工程事业一线施工人员的安全防范意识也较为匮乏，结合相关问卷调查数据能够发现，高达 90%的一线施工人员都属于农民工，这部分施工人员的自身文化水平较差，在日常施工过程当中并不具备着应有的自我防护能力，并且法律法规意识极为淡薄，时常会出现违规操作行为。再加上施工单位管理部门还存在安全管控措施缺陷，应有的监督管理工作未能落实和实施，也未能针对频繁出现的安全生产事故作出专项整改，这让安全生产事故层出不穷，极大地威胁着施工工作的正常开展。结合相关资料能够发现，建筑工程事业当中高处坠落、物体撞击、深基坑坍塌、触电、机械损伤等原因所造成的人员伤亡事故不胜枚举，达到了总安全生产事故的八成以上。第三，临时工以及外来务工人员未能接受应有的安全生产教育。当前大多数建筑工程施工企业为了减少经济成本的支出，对于临时工和外来务工人员的安全教育工作较为匮乏，这也是安全管理工作当中极为薄弱的环节和部分。由于临时工和外来务工人员的自身学历不足，在各类施工机械设备操作的过程中会存在错误行为，这就导致临时工和外来务工人员在各类伤害事件当中会扮演受害者，这就需要强化这部分人员的安全教育管控力度。第四，有关部门的安全监督检查工作未能全面地落实和开展。我国有关部门针对建筑工程事业都会开展阶段性的安全突击检查工作，各类施工风险因素都会在文件和会议当中提出，但相应的检查工作却未能得到全面落实，一旦发生施工安全生产事故，便会直接处理责任人，未能对其安全生产问题的形成原因进行深入探究，所采取的处理方法也未能发挥出应有的教育和警示作用。第五，建筑工程施工企业对于安全管控工作的资源投入不够充足。针对企业安全防护设施的资源投入，事前投资效应能够比事后

Copyright © 2023 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

补救效益更具性价比，需要广大施工企业从科学角度对安全生产防护进行分析。但近些年来建筑工程事业当中大规模安全事故频繁出现，造成该种问题的主要原因是企业对于安全管控工作资源投入不足，保护工作不够完善和全面，施工安全管控问题具体成因如图 2 所示。

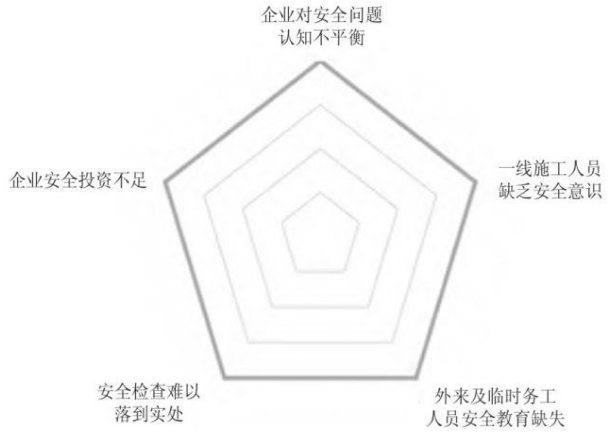


图 3 施工安全管理问题的主要成因

3 建筑工程施工安全管理工作的开展策略

3.1 组建更加完整的建筑工程施工安全管理体系

当今建筑工程事业已逐步组建了较为完整的监督管控体系，这要求各个建筑工程施工企业必须要将安全管理工作落实到现场施工的各个环节和步骤当中，这是有效保障一线施工人员生命安全，推动施工工作持续稳定开展的必要性基础。广大建筑工程施工企业在开展生产作业的过程中，必须要始终以生命财产安全为基本管控理念，不断加大施工过程当中的安全管控力度，打造更加完整全面的安全监督管控体系，全面落实动态化监督管控策略，与此同时还要结合以往建筑工程施工安全生产事故案例作出分析和对比，总结并归纳安全管控工作当中的不足以及待完善之处，建立起安全管控问题清单，随后在此基础之上构建起突发性安全生产事故的应急方案，制定更加完善的现场施工安全管控制度，借此来推动建筑工程现场施工安全管控工作全面落实和开展。[3]

3.2 推动建筑工程施工安全管控落实和应用

建筑工程施工安全管理必须要包含施工现场的方方面面，同时还要涉及到每一位工作人员，其中包括施工项目的主要负责人、一线施工人员、后勤工作人员、物资管理人员以及其他相关工作人员，施工过程当中所涉及到的物料、机械设备以及施工工具等等，都要在施工安全管控下生产和应用。针对现场施工工作开展实际安全管理，必须要定期创办安全知识培训活动，让所有工作人员真正意识到安全施工的重要性和价值，不断强化一线施工人员的安全生产责任意识。还要逐步制定起安全施工奖惩机制，借助奖惩机制调动工作人员的安全防护积极性，使其能够下意识做出安全防范，动态化地保护工作人员的生命财产健康。与此同时，安全管控部门要明确各个岗位的职责，将安全管控责任落实到个人当中，一旦出现安全生产问题就要快速定位到责任人，并及时响应安全预警措施，尽可能将安全隐患所带来的不利影响限制在最小范围当内，逐步降低安全生产风险隐患，确保工程项目整体施工品质。[4]

3.3 开创较为科学的建筑工程施工安全管控措施

当今建筑工程施工安全管理内容极为丰富，会涉及到建筑工程施工工作的方方面面，详细来说主要体现在以下几部分。第一，建筑工程施工安全管理工作必须要保障每一位施工参与人员的生命健康和安全性。第二，通过建筑工程施工安全管理有效检测工程项目自身是否存在安全隐患以及质量问题，确保工程项目建设品质达到国家的规范标准。一旦发现安全隐患以及质量问题就要及时采取策略和方法对其解决，管理部门的工作人员还要根据当前国家安全管控法律法规，制定起较为健全的安全监督管控体系，始终坚持安全管控工作为首位的原则，确保安全生产规范能够落实在实际施工工作当中，进而最大限度减少人员伤亡以及财产损失等状况的出现。第一，建筑工程施工安全管控部门必须要奔赴施工现场进行全面细致的检查，明确各施工环节当中可能会存在安全隐患的位置，还要找出安全隐患问题的具体成因，采取系统化的问题分析策略，制定出更为恰当合理的问题解决措施，使各类隐患安全问题扼杀在摇篮当中，推动工程项目施工工作高效顺利地开展。第二，建筑工程项目施工工作正式开展之前，必须要组建起安全监督管控机构，确保各岗位的安全管控职责都能落实和实施，也能让安全监督体系和各项规章制度融入到实际生产过程当中，有效达成安全管控职责层层推进的建设目标。第三，定期对一线施工人员开展安全意识培养教育活动，为一线施工人员树立起安全生产为先的思想理念，对一线施工人员的各项行为进行规范，屏蔽并转变以往较为陈旧和错误的观念，严格杜绝不规范和不安全的生产行为。第四，加快建筑工程项目施工工作配套设施的建设速度，在企业当中建立起安全管控工作的专项资金。第五，选用更加科学合理的技术手段和策略解决施工过程当中的安全问题，全面排查施工过程当中的风险和隐患，引进国内外更为先进的安全管控技术，提高安全管控工作的整体效率。[5]

4 结语

现代化大规模建筑工程项目施工工作内容极为复杂繁琐，往往会包含高空作业、交叉作业等多种安全隐患施工环节，这严重威胁着一线施工人员的生命财产安全。这就需要广大建筑工程施工企业明确安全管控工作的基本原则，不断加大安全管理工作的重视度，结合以往施工过程当中安全事故的具体成因，建立起安全管控工作的长效机制，不断创新更加科学的安全管控策略和方法，降低安全事故的发生概率，为我国建筑工程事业的持续稳定发展

Copyright © 2023 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

带来支持和帮助。

[参考文献]

[1]郑孝波.关于建筑工程管理的影响因素分析与对策探讨[J].山东工业技术,2018(23):88.
[2]曹家勇.建筑施工企业安全管理存在的主要问题及对策探究[J].四川建筑,2021,41(4):251-252.
[3]陈伟.建筑施工安全管理面临的困境与优化措施[J].建材发展导向,2022,20(4):51-53.
[4]谢海华.城市化进程中的道路桥梁施工安全问题与安全管理对策分析[J].运输经理世界,2021(2):65-66.
[5]刘亚超.梁艳,土木工程建筑施工安全问题及对策探析[J].赤峰学院学报(自然科学版),2017,33(4):47-48.

作者简介：曹亮（1991.9—），男，学历：本科，职称：中级工程师。

Copyright © 2023 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

刍议建材检测中混凝土钢筋锈蚀的检测要点

马银发
新疆北新科技创新咨询有限公司，新疆 乌鲁木齐 830011

[摘要]国家的发展最直观的改变就是现代化建筑技术的应用，在当前的现代化建筑中多采用钢筋混凝土施工，钢筋混凝土的质量、施工保障等成为关系着人民生命财产安全的重要基础。混凝土钢筋锈蚀是建筑结构中常见的问题，其会导致结构安全性降低、使用寿命缩短、经济损失加大以及生态环境恶化等问题。因此，在建材检测中对混凝土钢筋锈蚀进行检测十分重要。文中主要介绍了混凝土钢筋锈蚀的危害和检测方法，并提出了防止混凝土钢筋锈蚀的方法。
[关键词]混凝土钢筋锈蚀；检测方法；防止措施
DOI：10.33142/ec.v6i12.10390　　中图分类号：TU528　　文献标识码：A

Discussion on the Key Points of Concrete Reinforcement Rust Detection in Building Materials Testing

MA Yinfa
injiang Beixin Science and Technology Innovation Consulting Co., Ltd., Urumqi, Xinjiang, 830011, China

Abstract: The most intuitive change in the development of a country is the application of modern building technology. Currently, reinforced concrete construction is commonly used in modern buildings, and the quality and construction guarantee of reinforced concrete have become important foundations related to the safety of people's lives and property. Corrosion of concrete reinforcement is a common problem in building structures, which can lead to reduced structural safety, shortened service life, increased economic losses, and deterioration of the ecological environment. Therefore, it is very important to detect the corrosion of concrete reinforcement in building material testing. The article mainly introduces the hazards and detection methods of concrete reinforcement corrosion, and proposes methods to prevent concrete reinforcement corrosion.
Keywords: corrosion of concrete reinforcement; detection method; preventive measures

引言

混凝土是建筑结构中广泛使用的建材，而钢筋则是混凝土中主要的承载构件。然而，由于多种因素的影响，钢筋很容易受到锈蚀的影响。混凝土钢筋锈蚀问题对建筑结构的安全性和可靠性产生了极大的影响，因此需要加以重视。为了保障建筑结构的安全性和使用寿命，建材检测中对混凝土钢筋锈蚀进行检测十分必要。

1 混凝土钢筋锈蚀的危害

1.1 结构安全性降低

混凝土结构中的钢筋是承担拉力的重要组成部分，它们的强度和稳定性对结构的安全性具有至关重要的作用。然而，当钢筋发生锈蚀时，它们的断裂强度和延性都将大大降低，从而可能导致结构的破坏和倒塌。混凝土钢筋锈蚀引起的结构安全问题，主要包括以下几个方面。由于钢筋截面积减小、钢筋与混凝土的黏结力减弱，会导致构件承载能力下降，从而引起构件的挠曲和破坏，由于钢筋在腐蚀过程中会产生体积膨胀，会导致混凝土外壳开裂、剥落，破坏混凝土表面的保护层，从而更容易被环境侵蚀，当钢筋锈蚀导致混凝土构件结构破坏时，可能对周围的人员和财产造成严重的伤害和损失[1]。

1.2 使用寿命缩短

混凝土钢筋锈蚀会导致结构使用寿命缩短，这是由于钢筋的承载能力随着腐蚀程度的增加而逐渐降低，最终导致混凝土构件的破坏。混凝土构件的使用寿命缩短不仅会增加维修和更换的成本，而且可能会危及使用者的生命安全。因此，在建筑设计和施工过程中，应该重视混凝土钢筋的防腐蚀措施，尽可能延长混凝土构件的使用寿命，保障结构安全性。混凝土钢筋的锈蚀会加速混凝土的老化过程，缩短其使用寿命。一般来说，混凝土结构的设计使用寿命为 50-100 年，但如果钢筋锈蚀，混凝土的性能将受到影响，从而使得结构的使用寿命缩短。一旦混凝土结构的使用寿命缩短，就需要进行维修、加固或更换工作，这将带来极高的经济成本和不必要的社会资源浪费。同时，若出现混凝土结构的倒塌或垮塌等安全事故，将直接危及人员和财产安全，给社会带来极大的损失和影响，对混凝土结构的设计、施工和养护过程中，需要注意混凝土钢筋的锈蚀情况，采取相应的措施，延长混凝土结构的使用寿命，确保其安全稳定运行。

1.3 经济损失加大

混凝土钢筋锈蚀会导致结构受力性能下降，从而加速结构的老化和损坏，需要进行维修和加固。这将带来大量的经济成本和时间成本，特别是对于一些大型建筑或桥梁等公共设施更是如此。如果混凝土钢筋锈蚀导致的结构损坏严重，可能需要进行重建或拆除重建，这将造成巨大的

Copyright © 2023 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

经济损失。此外，如果结构损坏严重，可能会给周围环境带来威胁，造成更大的经济损失和社会影响。在施工和使用阶段，预防混凝土钢筋锈蚀也可以有效减少经济损失。例如，可以通过在混凝土配合比中控制水泥和水的用量，添加适当的粉煤灰、硅灰等矿物掺合料和减水剂等，来减少混凝土的孔隙率和水泥含量，从而提高混凝土的密实性和耐久性，延长其使用寿命[2]。也可以通过对混凝土进行防潮处理和对钢筋进行防腐涂层等方式来保护混凝土钢筋免受腐蚀。这些措施可以有效降低混凝土钢筋锈蚀带来的经济损失。

1.4 生态环境恶化

混凝土钢筋锈蚀还会对周围环境造成负面影响，这主要是因为混凝土钢筋锈蚀后会释放出大量的铁离子和氢氧根离子，这些离子具有一定的毒性，如果排放到周围的土壤和水源中，就会对生态环境造成污染，对周围的动植物造成危害，甚至对人类的健康产生潜在的威胁。同时，钢筋锈蚀还会导致混凝土表面开裂，这也会加速混凝土的老化和劣化，导致更多的碳排放和能源浪费，进一步恶化环境问题。因此，在建筑工程中，应当采取措施来避免钢筋锈蚀和混凝土老化，减少对环境的负面影响。例如，可采用防腐涂层、加强防潮措施、使用耐腐蚀钢筋等方式来保护混凝土结构，减少钢筋锈蚀的可能性，同时降低对环境的污染和破坏。混凝土钢筋锈蚀对建筑工程的稳定性、安全性、使用寿命和经济性等方面产生负面影响，并且还会对周围的生态环境造成潜在的威胁。因此，应采取有效的防治措施来预防混凝土钢筋锈蚀，并加强对建筑工程的维护和管理，从而确保建筑结构的稳定性和安全性，同时保护周围的生态环境。

2 混凝土钢筋锈蚀的检测方法

2.1 视觉检测法

视觉检测法是指通过目视或使用辅助设备观察混凝土表面是否有明显的钢筋锈蚀现象。这种检测方法简单、直观，可作为初步判断钢筋锈蚀情况的方法。视觉检测法的优点在于：设备简单，无需特殊设备，成本低；检测速度快，可以快速得出钢筋锈蚀的大致情况；适用性强，可以适用于各种类型的建筑结构。但是，视觉检测法也存在一些不足。由于锈蚀程度较轻的钢筋表面不会明显变色，因此视觉检测法只能检测到较为严重的锈蚀情况。此外，视觉检测法无法准确评估钢筋锈蚀的程度和深度。在建筑工程中，视觉检测法一般用于对已知的混凝土钢筋进行定期的检查和维护，也可以用于对新建的结构进行初步的检测。如果在视觉检测中发现了钢筋锈蚀的情况，就需要采用其他的检测方法进行进一步的评估。

2.2 磁感应法

磁感应法是一种非破坏性检测技术，用于检测混凝土钢筋锈蚀。该方法利用磁场测量原理，通过磁场感应到的信号来确定钢筋的磁性和钢筋周围混凝土的电导率。当钢筋发生腐蚀或锈蚀时，钢筋表面的磁场强度会发生变化，因此可以通过检测磁场强度的变化来确定钢筋是否受到了腐蚀或锈蚀。磁感应法可以分为传感器探头法和磁钢法。传感器探头法适用于检测表层钢筋的腐蚀和锈蚀，而磁钢法则适用于检测深层钢筋的腐蚀和锈蚀。在磁感应法中，使用磁场感应仪器将磁感应信号采集下来，然后通过计算机处理信号，并根据不同的数据分析方法来分析检测结果。磁感应法具有快速、准确、高效、无损伤和重复性好等特点。但是，由于混凝土中的杂质和异物会对信号产生干扰，因此在使用磁感应法时需要特别注意检测时环境的影响。磁感应法是一种非常有前途的混凝土钢筋锈蚀检测技术，可以提高工程质量，延长工程使用寿命，保障人民群众的生命财产安全。

2.3 电化学法

电化学法是一种广泛用于检测混凝土中钢筋锈蚀的方法，它是基于钢筋电化学腐蚀的原理进行的。钢筋的腐蚀是一个电化学过程，包括阴极反应和阳极反应。钢筋表面有缺陷时，如微小裂缝、钢筋表面起伏不平等，钢筋表面的锈蚀过程将得到加速。通过检测钢筋表面锈蚀引起的电化学反应，电化学法可以确定钢筋锈蚀的程度和深度。电化学法的原理是利用测量钢筋和周围环境之间的电位差来确定钢筋的电化学状态。测量电位差需要在钢筋表面和周围混凝土中间插入电极，作为电化学测量系统的组成部分。通常采用的电极有三种：银/氯化银电极、银/氟化银电极和银/硫酸银电极。其中，银/氯化银电极是最常用的一种电极，因为它具有良好的稳定性和可重复性[3]。电化学法的优点是对钢筋的非破坏性检测，能够检测到钢筋内部的锈蚀情况，检测结果可靠，且能够在检测的同时评估混凝土的保护性能。同时，电化学法操作简便，仪器设备价格也相对较低，因此被广泛应用于钢筋混凝土结构的检测。

3 防止混凝土钢筋锈蚀的方法

3.1 防潮措施

混凝土的密实度可以通过控制混凝土水灰比、控制混凝土的压实度等方式来提高。密实的混凝土可以减少水分的渗透，降低钢筋锈蚀的可能性。对于在潮湿环境中工作的混凝土结构，可以采用表面防水处理来防止水分渗透。表面防水处理包括涂层、喷涂、覆盖等方法。在混凝土结构中适当的通风和排水可以有效减少结构中的湿度，降低钢筋锈蚀的可能性。适当的通风和排水也可以帮助降低混凝土的温度，减少水分的蒸发。对于地下结构，可以采用隔水处理的方法来防止水分渗透。隔水处理包括使用隔水层、增加混凝土覆盖厚度等方法。适当的维护保养也是防止混凝土钢筋锈蚀的重要方法之一。维护保养措施包括定期检查、及时清理排水管道等。定期检查可以发现潜在的问题，并采取措施及时解决，清理排水管道可以避免水分在结构中积累。防潮措施对于预防混凝土钢筋锈蚀非常重

Copyright © 2023 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

要，可以有效减少湿度对结构的影响，从而延长混凝土结构的使用寿命。

3.2 选择合适的混凝土配合比

混凝土的配合比是指水泥、骨料、砂、水等原材料按照一定比例混合后形成的混凝土配合比。合适的混凝土配合比不仅能够增强混凝土的力学性能，还能够提高混凝土的抗渗性和抗腐蚀性，从而有效地防止混凝土钢筋锈蚀。具体的混凝土配合比的选择需要考虑多方面因素，包括混凝土所处的环境、使用条件、要求的强度等级等。下表1是混凝土配合比的示例：

表1 混凝土配合比

水泥等级	水泥用量（kg/m³）	水用量（kg/m³）	砂用量（kg/m³）	石子用量（kg/m³）	最大粒径（mm）	抗压强度（MPa）	抗折强度（MPa）	泌水率(%)
P.042.5	350	180	680	1170	25	35	5.5	5.5

从表格中可以看出，混凝土的配合比是由水泥、水、砂、石子等几种原材料按照一定比例混合而成。同时，表格中还列出了混凝土的各项性能指标，包括抗压强度、抗折强度和泌水率等。通过合理选择混凝土的配合比，可以使混凝土具有更好的抗渗性和抗腐蚀性能，从而达到预防混凝土钢筋锈蚀的目的。需要注意的是，混凝土的配合比应根据具体情况进行选择，并遵循相应的标准和规范。此外，混凝土的施工过程也应符合相关的要求，以确保混凝土的质量和性能。

3.3 使用耐腐蚀钢筋

使用耐腐蚀钢筋是一种有效的防止混凝土钢筋锈蚀的方法。耐腐蚀钢筋主要是指钢筋表面具有防锈涂层的钢筋，也称作防腐钢筋。常见的防锈涂层有镀锌、镀镍、涂层等，它们能够有效地阻隔空气、水分和盐分的侵蚀，延长钢筋的使用寿命。使用耐腐蚀钢筋的优点在于其耐久性高、使用寿命长、维护成本低等。在工程实践中，使用耐腐蚀钢筋可以有效地提高混凝土结构的耐久性和可靠性，减少钢筋锈蚀所带来的不利影响。同时，为了确保使用效果，选择合适的耐腐蚀钢筋也非常重要。国际上常用的耐腐蚀钢筋有镀锌钢筋、不锈钢筋和复合钢筋等。其中，镀锌钢筋的防锈效果较好，但在弯曲和焊接时容易造成涂层破损，影响防锈效果；不锈钢筋防锈效果最好，但价格较高，应用范围有限；复合钢筋是将钢筋表面覆盖层高分子材料，具有防腐蚀、防火、阻燃等多重功能，但其价格较高，适用范围较窄。下表2列出了不同类型的耐腐蚀钢筋的主要特点和应用场景：

表2 不同类型的耐腐蚀钢筋的主要特点和应用场景

类型	主要特点	应用场景
镀锌钢筋	防锈性能较好，施工方便，但在弯曲和焊接时易造成涂层破损	一般用于中小型建筑物及基础等工程
不锈钢筋	防锈性能最好，使用寿命长，但价格较高	主要用于重要建筑物、海洋工程及化工设施等
复合钢筋	具有防腐蚀、防火、阻燃等多重功能，施工方便	适用于对结构

通过表格可以知道，不同类型的耐腐蚀钢筋具有不同的特点和应用场景，因此在选择时需要根据具体情况进行考虑。首先是不锈钢钢筋，它具有极佳的耐腐蚀性能，适用于海洋、化工等环境下的建筑工程。其缺点是价格较高，使用需要慎重考虑成本和实际需要。其次是镀锌钢筋，它的耐腐蚀性能不如不锈钢钢筋，但价格相对便宜。它适用于大气环境下的建筑工程，如普通住宅和商业建筑。最后是复合钢筋，它是将钢筋表面喷涂防腐涂层或使用钢筋保护套管，适用于一些较为特殊的环境，如地下工程、污水处理厂等。通过对不同类型耐腐蚀钢筋的特点和应用场景的了解，可以根据实际情况进行选择，以达到更好的防腐蚀效果。

4 结语

综上所述，混凝土钢筋锈蚀是一种严重的结构问题，可能导致结构安全性降低、使用寿命缩短、经济损失加大和生态环境恶化等问题。因此，对于混凝土结构中的钢筋锈蚀情况需要及时进行检测和防治。现有的混凝土钢筋锈蚀检测方法主要包括视觉检测法、磁感应法、电化学法和超声波法等。防止混凝土钢筋锈蚀的方法包括防潮措施、选择合适的混凝土配合比、使用耐腐蚀钢筋和表面防护措施等。为了确保建筑结构的安全性和可靠性，建筑材料的检测必须得到高度重视。针对混凝土钢筋锈蚀的检测，需要建立规范的检测标准和技术规范，采用可靠的检测方法和有效的防治措施，提高混凝土结构的耐久性和安全性。

[参考文献]

[1]王宏志.混凝土钢筋锈蚀检测方法探讨[J].现代建筑工程,2020,39(12):110-113.
[2]朱海峰.混凝土钢筋锈蚀检测技术研究[J].智能建筑与施工,2021,13(1):98-101.
[3]张建国.混凝土钢筋锈蚀检测技术研究进展[J].建筑技术开发,2022,51(3):79-83.

作者简介：马银发（1992—），所学专业：建材检测，当前就职单位：新疆北新科技创新咨询有限公司，职称级别：助理工程师。

Copyright © 2023 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

隔膜式气压罐定压装置在空调水系统的应用

田川川
中国电子系统工程第四建设有限公司，河北 石家庄 050000

[摘要]暖通空调系统定压补水系统的作用，是保证采暖或空调水系统冷热介质，在系统内不倒空、不汽化、不超压，并维持系统具体一定的压力，是水系统正常稳定运行的关键环节，文中通过工程实例详细介绍了该装置的选型计算方法，以及其优点和实用意义。

[关键词]气压罐；定压；水泵扬程
DOI：10.33142/ec.v6i12.10374 中图分类号：U664 文献标识码：A

Application of Diaphragm Pressure Tank Pressure Fixing Device in Air Conditioning Water System

TIAN Chuanchuan
The Fourth Construction Co., Ltd. of China Electronics System Engineering, Shijiazhuang, Hebei, 050000, China

Abstract: The role of the constant pressure water supply system in HVAC systems is to ensure that the cold and hot media of the heating or air conditioning water system are not emptied, vaporized, or overpressure within the system, and maintain a specific pressure of the system, which is a key link for the normal and stable operation of the water system. This article introduces the selection and calculation method of this device in detail through engineering examples, as well as its advantages and practical significance.

Keywords: air pressure tank; constant pressure; water pump head

引言

空调水系统定压装置是一种重要的设备，它能够稳定系统压力，防止系统出现超压以及水管道倒空等问题。在空调系统中，水是一个重要的介质，它可以通过循环流动来冷却空气和冷凝制冷剂。为了确保系统的正常运行，定压装置需要保证空调水系统压力的稳定性。

定压装置的主要作用是调节空调水系统随温度变化的体积膨胀和收缩。例如，当介质加热升温后，系统整体压力会升高，此时定压装置内的泄压电磁阀会打开，将因系统内升温而体积膨胀的介质排出定压罐内，维持系统压力不变。

在具体的工作过程中，定压装置可以通过压力传感器实时检测系统压力，并向微处理中心输出信号。当压力过高时，溢流电磁阀会打开以减压；当压力过低时，恒压泵会补充压力，确保系统压力的准确稳定。

总的来说，空调水系统定压装置对于保证空调系统的正常运行以及延长设备使用寿命都具有重要的作用。因此，在空调系统的设计和维护中，需要充分考虑水的作用和定压装置的重要性。

2 传统的高位膨胀水箱定压的缺点：

2.1 安装困难

水箱高度受限，当更高建筑物层数较高而且远离热源，或为高温水供热时，膨胀水箱的架设高度难以满足要求。

2.2 使用不便

水和空气接触有氧化腐蚀缺陷，安装位置需要在水系统的高处，零度以下地区需要考虑防冻保温的问题，不适合大面积、高层建筑物使用。

2.3 维护成本高

高位水箱的设计位置较高，修理维护时需要使用梯子或其他升降工具，人工成本会比较高。同时，水箱内壁较高难以清洗，容易滋生细菌，因此需要更频繁地清洗和消毒。

2.4 易出现漏水问题

高位水箱的进水口位于水箱的上方，水压较高容易造成水管、橡胶管、连接器等部件的老化和漏水，需要更多的维修工作。同时，高位水箱因储水位置较高，易受外力影响而产生漏水，需要更常规的检查和维修。

3 隔膜式气压罐的优点以及节能意义

3.1 隔膜式气压罐在空调水系统中具有以下优点：

（a）稳定水压：可以有效地稳定水压，避免系统因压力波动而受到影响。这对于确保空调系统的正常运行和稳定性非常重要。

（b）节能高效：隔膜式气压罐一次充气可长期使用，不需要另外设置充气设备，因此可以降低能耗和维护成本。此外，隔膜式气压罐可以通过压力传感器实时监测系统压力，并自动调节补水泵的转速，以维持系统压力的稳定，从而实现节能高效的目的。

（c）简化设计：隔膜式气压罐可以取代生活、消防、采暖、空调用的高位水箱及水塔，有利于简化建筑设计和结构抗震，降低建筑的造价。

Copyright © 2023 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

（d）自动控制：隔膜式气压罐可以实现自动控制，使用方便，能够确保用水点和消火栓所需的供水压力。

3.2 隔膜式气压罐的节能意义

（a）减少水泵启停次数：气压罐可以缓解水泵工作时的压力冲击，使水泵启动和停止更加平稳。这有助于减少水泵的频繁启停，降低电能消耗。

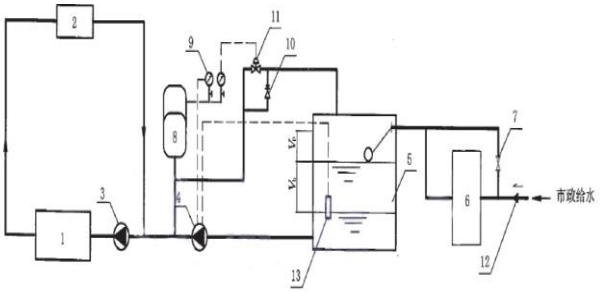
（b）维持水压：隔膜式气压罐在系统停止工作时可以继续维持一定的水压，为下一次启动做好准备。这也有助于减少水泵的启动次数，进一步节约电能。

（c）优化水泵控制：隔膜式气压罐可以通过调整空气压力来控制水泵的启动和停止，实现更加智能化的水泵控制。这种智能控制可以更好地满足系统需求，提高整体效率。

综上所述，在空调水系统中采用隔膜式气压罐可以大大提高系统的性能和可靠性。隔膜式气压罐可以维持管网系统压力，能够延长水泵的休眠时间，增加水泵的使用寿命。如果稳压罐的选型不当，选择小了，系统压力增大时，安全阀会频繁起跳，反而故障率升高，浪费水资源。选择大了，成本增加，也给安装增加困难，气压罐压力得不到完全利用，浪费资源同时也会增加成本。定压装置的选型计算是该系统设计中非常重要的一步，所以正确地选择隔膜式气压罐，保证系统的正常运行的前提下，最大可能节约成本是我们要认真考虑的，本文将详细介绍不容纳膨胀水量的隔膜式气压罐选型的计算方法。

4 隔膜式气压罐的组成以及工作原理

气压罐是由罐体、气囊、充入的氮气组成的密闭式容器，当系统水温变化或泄漏引起水的容积变化时，由于气压罐内气体高压缩性的缓冲作用，使系统压力稳定在预设的压力范围内。如果系统压力下降至预设压力的下限时，由电接点继电器动作启动补水泵，使之向系统供水，直至压力达到预定的压力上限值时止。若系统压力超过设定的最高压力值时，安全阀自行向软水箱或排水系统泄水降压。以维持系统的压力平衡。



设置气压罐的定压补水系统示意图

1-冷（热）源；2-采暖空调末端设备；3-循环泵；4-补水泵；5-补水箱；6-软化设备；7-旁通阀；8-气压罐；9-压力传感器；10-安全阀；11-泄水电磁阀；12-倒流防止器；13-液位传感器

V_p-系统膨胀水量；V_b-补水贮水量

注：1 当气压罐容纳膨胀水量时，水箱可不留容纳膨胀水量的容积V_p。

2 单独供冷时，不设置软化设备。

图 1 设置气压罐的定压补水系统示意图

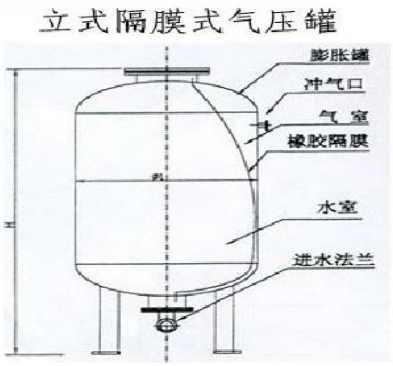


图 2 立式隔膜式气压罐

5 隔膜式气压罐的检修周期以及检修步骤

（a）关闭进水阀门，断开进水管路。

（b）打开排水阀，将罐内水全部排出。

（c）打开罐体上部的人孔，卸下压力表，取出隔膜。

（d）检查罐体内部，包括筒体和上下人孔，观察是否有裂纹、变形、腐蚀等现象。

（e）检查隔膜，包括其完整性、有无损伤、是否需要更换等。

（f）修复或更换损坏的部件，如罐体内部有裂纹或变形，应进行修复或更换。

（g）重新装上隔膜，压力表等部件，然后关闭人孔。

（h）打开进水阀门，通入自来水并检查密封性能。

（i）关闭进水阀门，停止进水后观察压力表，确认无水后启动气压罐。

6 气压罐选型公式推导

为了便于分析，根据气压罐内气体性质和压缩膨胀特点，以及工作温度为常温，罐内气体可以认为是理想气体，根据理想气体方程

$$PV=nRT \quad (1)$$

n 为气体的摩尔数，P 为气体的绝对压力，V 为 n 摩尔气体的容积，R 为通用气体常数，T 为气体的热力学温度。

罐内气体在工作过程中为闭式系统，nRT 均为常数，所以（1）式可以写为

$$PV=常数 \quad (2)$$

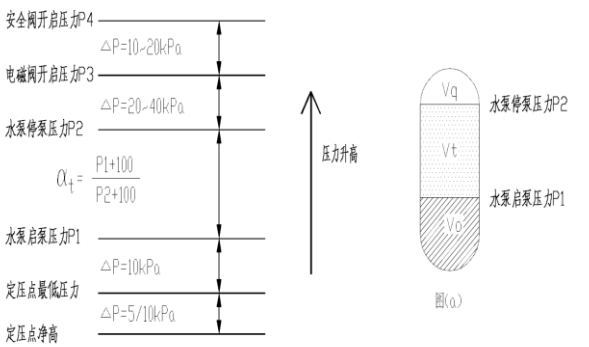


图 3 气压罐压力关系示意图

Copyright © 2023 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

$$(P1+100)\times(Vq+Vt)=(P2+100)Vq \quad (3)$$

$$Vq=\frac{Vt}{\frac{P2+100}{P1+100}-1} \quad (4)$$

设 $\alpha t=\frac{P1+100}{P2+100}$ => $Vq=\frac{\alpha t}{1-\alpha t}Vt$

因为 $V=Vo+Vt+Vq$ =>$V=Vo+\frac{Vt}{1-\alpha t}$

其中 Vo 为预充水量体积，Vt 为调节水量体积，Vq 为气体体积。

最终不容纳膨胀水量的体积公式为 $V=Vo+\frac{\beta Vt}{1-\alpha t}$

其中 β=1.05（容积附加系数）

αt宜取 0.65～0.85。

7 应用举例

已知长春某医药丙类生产车间建筑面积 F=53000m2，地上三层、地下一层。集中空调，空调系统采用 7/12 度冷冻水，冷负荷为 11500kW，采用磁悬浮离心式冷水机组；空调系统最高点标高 28.5m，冷热源站设在地下一层，地面标高-8.9m，定压点选在循环水泵入口处，且其标高为-7.5m，选择隔膜式气压罐，设置软化水箱。

（1）确定补水泵流量计罐体的调节水量。

确定补水泵的设计流量，首先应确定系统水容积，宜根据系统的水容积的 5%～10%计算，当计算水容积困难时，也可按系统循环水量的 0.5%～1%确定（按循环水箱估算仅适用于建筑内设置独立冷热源站）。

本系统循环水流量为 G=0.86Q/△t=0.86x11500/（12-7）=1978m^3/h。

补水泵流量为 1978x0.5%=9.89m^3/h，取整确定补水泵流量为 10m^3/h，且宜设置一台备用泵。隔膜式气压罐调节水量不应小于 3min 补水泵流量，此项目取 3min，Vt=10x3/60=0.5m^3/h。罐内宜设置一定的预存水量，笔者认为取调节容积的 20～30 为宜。故预存水量 Vo=0.2x0.5=0.1m^3。

（2）确定气压罐参数

空调补水点宜设置在循环水泵入口处，且补水泵扬程须比补水点压力高 3～5m。

补水泵启泵压力：

P1=系统最高点静水压力+5+10kPa（水温≤60 度为 5kPa，60 度＜水温≤95 度为 10kPa）=［28.5-（-7.5）］x10+5+10=375kPa

补水泵停泵压力：

P2=P1+（80～120）=375+100=475kPa（此项目取 100kPa）$\alpha t=\frac{375+100}{475+100}=0.826$在宜取值范围内。

水膨胀时电磁阀开启压力：

P3=P2+（20～40）=475+30=505kPa

安全阀开启压力：

P4=P3+（10～20）=505+20=525kPa

确定罐体总容积：

$$V=Vo+\frac{\beta Vt}{1-\alpha t}=0.1+\frac{1.05x0.5}{1-0.826}=3.1m3 \quad (5)$$

（3）确定补水泵扬程

补水泵扬程为（P1+P2）/2=(375+475)/2=425kPa，高于 P1 压力 50kPa，满足补水泵扬程高于补水定压点 30～50kPa 的要求。

综上所述选择隔膜式定压罐容积为 3.1m^3，选用 2 台流量为 10m^3/h，扬程为 425kPa（扬程变化范围为 37～475kPa）的水泵，平时使用 1 台，初期上水或事故补水时 2 台水泵同时运行。

8 结束语

隔膜式气压罐在空调水系统中具有重要的应用价值，它可以有效地维持系统压力的稳定，提供恒定的压力水源，同时还可以吸收系统中的水锤作用，保护系统不受水锤的损害，可以大大减少水系统的故障率和维修工作量。此外，它还具有节能、环保、高效、自动化的特点，可以大大降低系统的能耗和维护成本。

通过隔膜式气压罐的应用，可以有效地解决高位水箱定压装置存在的水压不稳定、噪音问题、安装维护不便等问题。同时，它还可以简化建筑设计和结构抗震，降低建筑的造价。

总的来说，隔膜式气压罐在空调水系统定压中具有重要的应用意义，可以有效地提高空调系统的性能和可靠性，节约能源和保护环境，对于现代建筑和工业空调系统的设计和使用具有重要意义。

[参考文献]

[1]陆耀庆.实用供热空调设计手册(第二版)[M].北京:中国建筑工业出版社,2008.

[2]中国建筑设计研究院有限公司.民用建筑暖通空调设计统一技术措施[M].北京:中国建筑工业出版社,2022.

作者简介：田川川（1989.9—），毕业院校：河北科技大学理工学院，所学专业：建筑环境与设备工程，当前就职单位：中国电子系统工程第四建设有限公司，职务：暖通工程师，职称级别：工程师。

Copyright © 2023 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

谈建筑工程施工中的防水防渗施工技术的应用

吕秀峰 何邦超 周 华
山东易方达建设项目管理有限公司，山东 济南 250000

[摘要]随着我国经济的增长，建筑工程技术也在不断进步。本文专注于建筑工程中防水防渗施工技术的应用。首先明确了防水防渗的定义和其在建筑中的重要性，然后分析了建筑渗水的原因。进一步探讨了传统与现代防水材料的选择与应用，并突出了施工过程中的关键环节。文中详述了各建筑部位的防水技术，并讨论了数字化和现代技术在防水施工中的角色。鉴于建筑中的安全隐患，呼吁相关单位加强对防水技术的重视，确保建筑的质量和安全。

[关键词]建筑工程；防水防渗；施工技术
DOI：10.33142/ec.v6i12.10353 中图分类号：TU75 文献标识码：A

Application of Waterproof and Seepage Prevention Construction Technology in Construction Engineering

LYU Xiufeng, HE Bangchao, ZHOU Hua
Shandong Yifangda Construction Project Management Co., Ltd., Ji'nan, Shandong, 250000, China

Abstract: With the growth of Chinese economy, construction engineering technology is also constantly improving. This article focuses on the application of waterproof and anti-seepage construction technology in construction projects. Firstly, the definition of waterproof and anti-seepage and its importance in buildings are clarified, and then the reasons for building water seepage are analyzed. Furthermore, the selection and application of traditional and modern waterproof materials are discussed, and key links in the construction process are highlighted. The article elaborates on the waterproofing technology of various building parts and discusses the roles of digitalization and modern technology in waterproofing construction. Given the safety hazards in buildings, we call on relevant units to strengthen their attention to waterproofing technology to ensure the quality and safety of buildings.

Keywords: construction engineering; waterproof and seepage measures; construction technology

引言

随着全球经济的蓬勃发展，特别是我国经济的持续增长，建筑业作为国民经济的重要支柱行业，显得尤为关键。其中，建筑工程的质量直接影响到建筑物的使用功能和安全性。防水防渗作为建筑工程中的一项核心技术，不仅直接关联到建筑物的耐用性，还涉及到居住者的健康和安全。然而，伴随着建筑技术和材料的不断革新，防水防渗施工技术也面临着新的挑战与机遇。为了提高建筑物的服务寿命、减少维修成本并确保居住者的舒适与安全，深入研究和掌握先进的防水防渗施工技术显得尤为必要。本文集中探索了我国在建筑工程中采用的防水防渗施工方法及其实践应用，希望为该行业的研究者和实践者提供实质性的洞察和方向性的建议。

1 建筑防水防渗的基础知识

1.1 防水防渗的定义及重要性

防水防渗是建筑工程中的一项关键技术，其主要目的是防止水分和湿气渗透进建筑结构，从而保护建筑物的结构和内部环境。防水防渗技术的重要性不言而喻，因为水分渗透不仅会损害建筑材料，还可能导致腐蚀、裂缝、霉菌滋生以及其他严重的结构问题。此外，渗水还会影响建筑内部的空气质量，对居住者的健康和舒适产生负面影响。因此，防水防渗施工技术在建筑工程中的应用具有至关重要的意义。

1.2 建筑渗水的主要原因

建筑渗水的主要原因多种多样，包括但不限于降雨、地下水位升高、地基沉降、温度变化、材料老化、设计缺陷以及施工质量问题。降雨是最常见的原因之一，尤其在多雨季节或暴雨时，建筑物的防水性能被特别考验。地下水位升高也可能导致建筑物地下部分的渗水问题，尤其在潮湿地区[1]。此外，地基沉降可能引起结构的裂缝，从而使水分渗入。温度变化和材料老化会导致建筑材料的收缩和膨胀，从而损害其防水性能。设计缺陷和施工质量问题也是渗水的常见原因，如不当的施工工艺、材料选择不当以及接头处理不善都可能导致水分渗透。因此，了解这些渗水原因对于有效的防水防渗施工至关重要。

2 建筑工程施工中的防水防渗施工材料及施工工艺

2.1 施工前的准备工作

在开始任何防水防渗施工项目之前，充分的准备是关键。首先，必须进行详细的现场勘察，以确定可能的渗水源和影

Copyright © 2023 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

响施工的其他环境因素。根据现场的实际情况，需要选择合适的防水材料和技术。此外，所有相关工作人员都应接受适当的培训，确保他们熟悉施工技术和安全规范。所有工具和设备也应提前准备好，确保其完好无损并符合施工需求。

2.2 防水材料的选择与搭配

2.2.1 传统防水材料

传统的防水材料有着悠久的历史和广泛的应用。其中，沥青是最常用的一种，因其具有良好的防水性和黏附性。此外，沥青毡、高分子防水膜和金属防水板等也是传统施工中的常见选择。这些材料在众多建筑工程中都有应用，尤其是在需要经济且可靠的防水解决方案的地方。

2.2.2 现代高效防水材料

随着科技的进步，许多新型的防水材料逐渐出现并被广泛应用。这些材料通常具有更好的性能、更长的使用寿命和更高的环境友好性。例如，聚氨酯、聚乙烯、聚丙烯等高分子材料，因其优越的弹性、耐候性和耐老化性，成为现代建筑中的热门选择。这些材料可以单独使用，也可以与传统材料结合使用，以满足特定项目的需求。

2.3 防水施工工艺流程

2.3.1 基层清理

在进行防水施工之前，基层清理是一项至关重要的工作。任何油污、碎屑、不平整或其他异物都可能影响防水材料的附着效果，从而降低防水层的性能。因此，首先需要清除所有的尘土和杂质，确保基层的清洁、干燥和坚实。对于存在的裂缝或坑洼，需要用专用的填充材料进行修复和平整。在清理过程中，还需要注意保持基层的干燥，避免因水分而引发的后续问题。

2.3.2 防水层施工工序要点

防水层的施工是整个防水工程中的核心环节。首先，应按照制造商的说明和施工标准，选择适当的防水材料。施工时，应保证材料在适当的温度和湿度条件下使用。涂布或铺设防水材料时，要确保均匀、无空气泡，并确保各层之间紧密结合。接缝处和角落应特别小心，确保其严密无漏。完成后，应对整个防水层进行检查，确保没有遗漏或瑕疵，并按照需要进行后续的保护处理。

2.4 施工过程中的注意事项

在进行防水施工的过程中，必须确保每一步都严格按照规范进行。任何疏忽都可能导致防水层的失效。首先，确保使用的所有材料均为合格产品，并存放在适当的条件下[2]。其次，避免在极端天气条件下进行施工，如高温、低温或雨天，因为这些条件可能影响材料的性能。此外，定期检查工具和设备，确保它们处于良好状态。最后，重视工人的安全培训，确保施工现场的安全和健康。

2.5 混凝土裂缝处理及防水防渗施工

混凝土裂缝是建筑防水中的一大难题，不及时处理可能导致严重的渗漏问题。当检测到混凝土裂缝时，首先要确定裂缝的性质：是结构裂缝还是非结构裂缝。对于结构裂缝，可能需要结构工程师的介入来评估和提供解决方案。裂缝处理常用的方法包括灌封、密封和加固等。处理完裂缝后，应使用合适的防水材料覆盖裂缝区域，确保整体的防水效果。

2.6 加强排水系统安装质量控制

有效的排水系统是预防建筑渗水的关键。在施工中，应确保排水系统的设计合理，能够迅速排出雨水或地下水，避免水在建筑物上积聚。安装时，注意管道的连接，确保无泄漏，同时管道应有足够的坡度以确保水流畅通。定期进行排水系统的检查和维护，及时清除管道中的杂物，防止堵塞，确保其持续有效运作。

3 建筑工程施工中的防水防渗施工技术及应用

3.1 基坑防水防渗技术

基坑作为建筑工程中的重要部分，其防水防渗技术的应用显得尤为关键。由于基坑直接与地下水接触，任何渗水问题都可能对工程安全造成严重威胁。首先，基坑设计阶段就应充分考虑地下水位和土壤类型，选择适当的支护和防水方案。在施工阶段，可以使用注浆、复合防水膜、防水混凝土等方法进行防水处理。针对地下水较高的地区，还需结合井点排水、隔水层等技术来确保基坑内的干燥。整个施工过程中，定期监测基坑内的水位，确保安全施工。

3.2 屋顶防水防渗技术

屋顶作为建筑的第一道防线，其防水性能对建筑整体的防水尤为关键。针对不同类型的屋顶，如平屋顶、斜屋顶等，采用的防水方法和材料也会有所不同。一般来说，可以使用 SBS、APP 改性沥青防水卷材、聚合物改性水泥等材料进行屋顶防水处理。除了材料的选择，施工工艺也是保证屋顶防水质量的关键。在施工前，要确保屋顶表面清洁、平整、无尘土。施工中应确保防水材料的铺设平整，无气泡，接缝处应密封严实[3]。此外，屋顶的排水设计也十分重要，确保雨水能够迅速排出，避免积水现象。

3.3 外墙防水防渗施工技术应用

外墙是建筑物与外部环境的直接交界，因此其防水性能对建筑的舒适度和耐久性至关重要。常见的外墙渗透问题可能由于多种原因，包括雨水冲刷、结构裂缝或施工缺陷。为解决这些问题，首先可以采用渗透性涂料，如丙烯酸或硅基涂料，它们能够形成防水膜，减少水分的侵入。对于存在裂缝的外墙，应使用弹性好、黏接力强的密封材料进行修补。在施工过程中，还需要注意外墙细部，如阴阳角、窗台等，确保其防水处理得当。

3.4 门窗防水防渗施工技术应用

门窗作为建筑的开放部分，其防水防渗尤为关键。不当的安装或材料选择都可能导致门窗出现渗水、结露等问题。首先，在选择门窗时，要确保其具有良好的防水设计，如双层密封、排水槽等。安装时，要确保门窗框与墙体之间的接缝严密，可以使用密封胶或防水胶带进行处理。此外，门窗的排水设计也十分关键，确保雨水可以迅速从门窗表面排出，避免积水。对于常见的门窗底部渗水问题，

Copyright © 2023 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

可以在门窗下设立小的挡水条，防止雨水反溅入室内。

3.5 卫生间、厨房等潮湿区域的防水处理

卫生间和厨房作为家庭中常年潮湿的区域，防水工作显得尤为重要。不当的防水处理可能导致地面渗水、墙面发霉等问题。为此，首先需要选择适合潮湿环境的防水材料。施工前，确保基层干燥、坚实、无油污或尘土。针对地面，可以使用聚合物改性水泥涂抹，形成连续的防水层。对于墙面，尤其是淋浴区，需要用防水膜或涂料进行覆盖。除此之外，所有的接缝、排水口等细部位置都需要用密封材料进行处理，确保无渗漏点。

3.6 地下室和车库防水技术

地下室和车库由于位于地下，面临着来自地下水和土壤的持续压力，因此防水技术显得尤为关键。首先，地下室外墙外侧应进行外部防水处理，常用的方法有预制板防水、喷涂型防水膜和防水涂料等。地下室内部可以采用结晶型防水材料，这种材料可以和混凝土发生化学反应，形成晶体，从而封闭混凝土孔隙。车库的地面则需要采用耐磨、抗压的防水材料。另外，对于地下室和车库的排水系统，必须设计合理，确保雨水和地下水能够迅速排出，避免积水。

4 现代技术在防水防渗中的应用

4.1 数字化与信息化在防水施工中的应用

随着科技的快速进步，数字化和信息化技术在建筑行业中得到了广泛应用，防水施工也不例外。通过使用建筑信息模型（BIM）等先进工具，工程师可以更精确地预测和识别潜在的渗水问题，从而在施工前进行有效预防[4]。此外，物联网（IoT）技术可以帮助监控施工现场的湿度和水分情况，确保防水材料在最佳状态下应用。通过信息化管理系统，施工团队可以实时更新材料库存、施工进度和质量检查结果，从而提高工作效率和准确性。

4.2 新型技术和工具的推广使用

现代科技带来了许多创新的防水技术和工具。例如，纳米技术使得防水材料更为持久和高效，能够形成超细的防护层，从而提高防水效果。另外，自修复材料能够在产生裂缝或瑕疵时自动修复，大大延长了防水层的使用寿命。此外，无人机和机器人技术也开始在防水施工中得到应用，它们可被用于难以到达或高风险的地方进行检查和施工。

4.3 质量检测和维护技术

保证防水施工的质量是确保建筑物长期稳定和安全的关键。为此，现代技术提供了许多高效的检测和维护方法。例如，红外线热成像技术可以快速检测墙体或屋顶的渗水情况，而声波和超声波检测则可以用于检测混凝土结构内部的渗水和空腔。此外，数据分析技术也被用于预测和分析防水层的老化和损坏趋势，从而制定及时的维护和修复计划。

5 建筑防水防渗工程的质量管理与监控

5.1 质量管理体系的构建

成功的防水防渗工程取决于强大的质量管理体系。一个有效的质量管理体系不仅涉及技术和流程，还包括人员培训、沟通机制和持续改进。首先，需要确立明确的质量目标和标准，作为工程各阶段的参考。然后，制定详细的施工规程和操作指南，确保所有参与者遵循统一的标准[5]。此外，定期的内部审核和培训可以确保团队保持在最佳状态，减少错误和延误。

5.2 质量评估与检测方法

为确保防水防渗工程的质量达到预期，需要采用各种评估和检测方法。常用的检测方法包括视觉检查、水压试验、热成像扫描和超声检测等。这些方法可以帮助工程师及时发现并定位渗水和泄漏问题。除了现场检测，实验室测试也是评估材料性能和长期耐用性的关键。所有的检测结果应当被详细记录，并用于后续的分析和改进。

5.3 质量问题的预防与纠正措施

即使在最精心的施工中，也可能出现质量问题。关键是如何预防这些问题，并在它们发生时迅速采取纠正措施。预防措施包括详细的设计审查、材料选择和工人培训。当出现质量问题时，应当迅速识别原因，并采取适当的纠正措施。这可能包括修复漏水点、更换不合格的材料或重新施工。长期来看，对每个项目的经验和教训进行总结并加以分享，是持续提高防水防渗工程质量的关键。

6 结语

随着建筑技术的不断发展和人们对舒适居住环境的日益追求，建筑的防水防渗施工技术已成为现代建筑工程中不可或缺的部分。此文深入探讨了各种防水材料、施工工艺及现代技术的应用，为行业提供了一个全面、细致的参考。但无论技术如何进步，最核心的始终是对质量的不懈追求和对安全的严格要求。期望未来的建筑工程能够更加完善，将每一处细节做到极致，为人们创造一个既舒适又安全的生活环境。

[参考文献]

[1]邓仁骏.分析建筑工程施工中的防水防渗施工技术[J].建筑与预算,2023(1):56-58.
[2]杨柳清.建筑工程施工中的防水防渗施工关键技术[J].散装水泥,2022(4):127-129.
[3]罗永伟.建筑工程施工中的防水防渗施工技术解析[J].建材发展导向,2022,20(20):118-120.
[4]薛骋骋,张梦溪.防渗漏技术在房屋建筑工程施工中的应用[J].技术与市场,2021,28(6):144-145.
[5]张利萍.建筑工程施工中的防水防渗施工技术解析[J].四川水泥,2021(8):169-170.

作者简介：吕秀峰（1986.10—），男，学历：本科，专业：土木工程，职称：工程师；周华（1979.11—），男，学历：本科，职称：中级，专业：土木工程；何邦超（1990.12—），男，学历：大专，专业：建筑工程技术。

Copyright © 2023 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

建筑工程质量控制面对的问题与对策研究

房鹏鹏
山东贝特建筑项目管理咨询有限公司，山东 济南 250000

[摘要]随着都市化的推进，建筑工程质量控制成为关键。文中全面探讨了建筑质量控制，重点分析了材料、设计、施工及管理中的问题。核心问题涉及到的方面有材料的合格性、设计与实施的不匹配、施工方法的失误。为解决上述问题，该研究提供了相应建议，如强化材料检验、提高人员培训、完善管理体系，并推荐采用高科技进行质量监测，确保质量受控。为建筑工程质量控制提供了有价值的见解。

[关键词]建筑工程；质量控制；管理体系
DOI：10.33142/ec.v6i12.10346 中图分类号：TU71 文献标识码：A

Research on the Problems and Countermeasures of Quality Control in Construction Projects

FANG Pengpeng
Shandong Bette Project Management Consulting Co., Ltd., Ji'nan, Shandong, 250000, China

Abstract: With the advancement of urbanization, quality control of construction projects has become a key issue. This article comprehensively discusses building quality control, with a focus on analyzing issues in materials, design, construction, and management. The core issues involved include material qualification, mismatch between design and implementation, and errors in construction methods. In order to address the above issues, this study provides corresponding suggestions, such as strengthening material inspection, improving personnel training, improving management systems, and recommending the use of high-tech for quality monitoring to ensure quality control, providing valuable insights for construction project quality control.

Keywords: construction engineering; quality control; management system

引言

随着都市化的步伐日益加快，高层建筑、大型基础设施和复杂工程项目如雨后春笋般崛起。这些项目不仅反映了一个国家或城市的经济和技术实力，更关乎公众的生命安全和生活质量。然而，近年来各种建筑事故频繁发生，多次引起社会关注，背后往往暴露出严重的建筑工程质量问题。这些问题往往涉及多个环节，如材料采购、设计规划、施工过程和项目管理等。为确保工程质量、减少事故、保障公共安全，对建筑工程的质量控制进行深入研究显得尤为重要。本文旨在深入探讨建筑工程质量控制中存在的问题并提出切实可行的对策，为行业实践提供理论支持和实践指导。

1 建筑工程加强质量控制的必要性

建筑工程涉及到的每一块砖、每一滴水泥，都关乎到整体工程的稳固和使用寿命，更直接关系到人们的生命安全和财产保障。加强质量控制，首先是对公众安全的基本担当。近年来，因为质量问题导致的建筑事故不断被曝光，给人们的生命财产带来了严重威胁，同时也对整个建筑行业的信誉造成了打击。其次，高质量的工程不仅意味着较长的使用寿命和较低的维护成本，更能带来良好的经济效益和社会声誉。从长远角度看，质量就是企业的生命线，是市场竞争力的体现。此外，随着现代社会对环境保护和可持续发展的日益重视，高质量的建筑工程还意味着资源的合理利用、环境的最小破坏和对未来代的负责。

2 建筑工程质量控制面临的主要问题

2.1 材料问题

2.1.1 材料质量不合格

建筑工程的质量与所选材料息息相关，决定了工程的安全性和耐用性。使用不合格的材料可能导致各种结构问题，如混凝土的断裂或钢材的锈蚀[1]。这不仅会增加维护和修复的成本，还可能导致严重的安全事故，进一步带来法律纠纷和巨额赔偿。因此，选用高质量材料是确保工程质量的关键。

2.1.2 材料使用不当

正确使用材料对工程的成功至关重要。即使材料质量上乘，错误的使用也可能损害工程结构。材料的选择必须考虑其在特定环境下的性能，例如某些混凝土在低温下的固化问题或墙材在湿环境中的变化。同时，考虑不同材料间的相互作用也很重要，如金属与某些化学物的腐蚀效应。因此，选择和使用材料需要深厚的知识和经验，确保工程的持久稳定。

2.2 设计问题

2.2.1 设计错误

设计是建筑工程的核心。错误的设计可能导致整个项目在施工和使用时出现严重问题，增加成本并威胁安全性。这些错误可能是由于结构计算失误、不合适的材料选择或

Copyright © 2023 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

不实际的功能布局。例如，设计中的计算失误可能导致建筑无法应对自然环境的挑战，如风或地震[2]。此外，功能布局的不当可能降低建筑使用效率。重要的是，设计的不足在施工中可能需要大量修改，从而增加时间和成本。为此，确保设计的准确性和可行性对项目的成功至关重要。

2.2.2 设计与实际施工的脱节

设计的理论与施工的实际操作之间的不一致可能导致工程进度延迟和成本增加。这种不匹配可能是由于设计文档不明确、现场条件与设计差异或施工团队对设计的误解。例如，设计可能未充分考虑现场条件，导致施工中的问题。或者，设计中的新颖理念未被施工团队正确执行，导致成品与设计初衷相差甚远。这种脱节可能导致工作停滞、多次修改和可能的纠纷。因此，强化设计和施工之间的沟通和合作，确保二者的一致性，是关键。

2.3 施工问题

2.3.1 施工工艺不当

施工工艺是建筑工程中的核心环节，它直接影响到工程的质量、安全和使用寿命。不当的施工工艺可能会导致多种问题，从表面缺陷、功能失效到结构不稳定。例如，混凝土浇筑时如果振捣不足，可能会形成空洞或蜂窝，降低其承载力和耐久性；不恰当的焊接工艺可能造成焊缝的不连续或裂纹，增加结构件的疲劳风险；或者砌筑砖墙时，如果砂浆配比或施工温度不当，可能导致墙体开裂或渗漏。不当的施工工艺不仅可能导致工程在使用中出现问题，还可能在施工过程中产生安全隐患，如脚手架搭设不稳、高空作业安全措施不足等。这些问题不仅会增加工程的维护和修复成本，还可能导致人员伤亡和法律纠纷。因此，采用恰当的施工工艺，结合严格的监督和验收，是确保工程质量和安全的基石。

2.3.2 人员操作失误

人为因素在建筑工程中经常是导致问题的关键原因。尽管现代技术和设备在施工中发挥了关键作用，但人员的操作仍然是实现这些技术和设备功能的关键。操作失误可能是由于缺乏经验、培训不足、工作压力或简单的疏忽。例如，机械设备的误操作可能导致结构件损坏，延误工程进度或造成安全事故；不按规定程序进行的化学混合可能导致材料性能降低或反应异常；或者忽略了某些关键步骤，如土方挖掘时未考虑地下管线，可能导致意外的损坏或泄漏。此外，人员操作失误在高危环境下可能导致严重的伤害或人员伤亡。这不仅给施工团队带来巨大的经济和法律压力，还可能影响整个项目的完成和交付。因此，强调专业培训、持续教育以及现场的安全文化是防止人员操作失误，确保建筑工程顺利进行的关键。

2.4 管理与监督问题

2.4.1 管理层的不足

建筑工程的成功很大程度上依赖于强大和有效的管理层。管理层的主要职责是确保所有资源得到合理分配，各个部门和团队之间实现协调，并确保项目按计划进行。然而，当管理层存在不足时，可能会导致决策延迟、资源浪费、工程进度混乱和团队之间的沟通断裂。例如，管理层如果不能及时地识别并解决问题，可能导致小问题迅速膨胀，影响整个项目的质量和进度。此外，缺乏清晰的方向或策略也可能导致团队的低效率和士气低落。在长期和大规模的项目中，管理层的不足可能导致巨大的经济损失和项目失败。因此，建立一个经验丰富、反应迅速且具有领导力的管理层对于任何建筑工程项目都是至关重要的。

2.4.2 监督机制的缺失

有效的监督机制是确保建筑工程质量和安全的关键。它为施工过程提供了一个持续的反馈循环，确保所有活动都符合既定的标准和规范。然而，当监督机制缺失或不足时，可能会导致错误或疏忽得不到及时纠正，增加了工程的风险。例如，没有定期的质量检查可能导致结构缺陷被忽略，而缺乏安全监督可能增加现场事故的风险。此外，没有有效的监督机制，可能会导致合同和规范的不合规操作，增加了法律纠纷的风险。为了确保建筑工程的成功和持续改进，建立和维护一个强大、独立且有权威的监督机制是必不可少的。

3 建筑工程质量控制的对策

3.1 材料对策

3.1.1 加强材料的入库检验

为了确保建筑工程的质量和耐久性，对进入工地的材料进行严格的入库检验至关重要。通过这一过程，可以及时发现并排除不合格、劣质或与规定不符的材料，避免其进入施工流程并影响到工程的完整性和安全性。加强入库检验意味着不仅要进行常规的外观检查，还要对材料的性能进行详细的测试，例如对混凝土原材料的抗压强度、钢筋的抗拉强度等进行验证[3]。此外，对于特定的工程项目或特殊的环境条件，可能还需要进行额外的材料测试。

3.1.2 选择信誉好的供应商

在建筑工程中，选择信誉好的供应商不仅可以确保材料的质量和性能，还可以确保材料的及时供应，避免因材料问题而导致的工程延期。信誉好的供应商往往拥有严格的质量控制体系，能够提供符合或超出行业标准的材料，并在出现问题时提供及时的支持和解决方案。此外，与信誉好的供应商建立长期的合作关系，可以确保项目在整个施工过程中都能获得稳定、高质量的材料供应。选择信誉好的供应商不仅可以提高工程的质量，还可以降低材料成本，为项目带来更好的经济效益。

3.2 设计对策

3.2.1 加强设计的审查与验证

设计是建筑工程的基石，任何设计上的缺陷或疏忽都可能在施工和使用阶段放大，导致工程失败或安全隐患。因此，加强设计的审查与验证显得尤为重要。这一过程不仅要确保设计满足所有相关的建筑规范和标准，还要考虑到实际施工和使用中可能出现的复杂情况。例如，通过审查和验证，可以发现潜在的结构问题、材料选择的不当或功能布

Copyright © 2023 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

局的不合理之处。此外，对于复杂或创新的设计方案，审查与验证更是必不可少，确保其在实际中的可行性和安全性。

3.2.2 提高设计人员的专业水平

建筑设计是一个高度专业化的工作，涉及到多种学科和技术的融合。因此，设计人员的专业水平直接影响到设计的质量、创新性和实用性。为了确保设计的高质量，建筑公司或设计单位应该投资于设计人员的培训和发展，提供他们最新的知识、技术和工具。这不仅可以提高设计的准确性和可靠性，还可以激发设计人员的创意和热情，推动建筑设计的持续创新。此外，与国际的设计团队或专家合作，参加专业的研讨会或研究项目，也是提高设计人员专业水平的有效途径。

3.3 施工对策

3.3.1 提高施工人员的培训与教育

施工人员是建筑工程中的主要执行者，他们的专业能力和操作技巧直接决定了工程的质量和进度。但随着建筑技术的快速发展，新的材料、设备和施工方法不断涌现，这要求施工人员不断更新知识和技能。提高施工人员的培训与教育，可以确保他们熟悉最新的施工技术，准确理解设计意图，熟练操作现代化的施工设备。此外，定期的安全培训和教育也是必不可少的，可以降低工地事故的风险，确保施工的顺利进行。

3.3.2 采用先进的施工工艺和技术

随着科技的进步，建筑行业也在不断地革新和发展。采用先进的施工工艺和技术，可以大大提高施工的效率，降低成本，确保工程的质量和安全。例如，数字化和自动化技术可以提高测量和施工的准确性，减少人为错误；新型的建筑材料，如高性能混凝土和预应力技术，可以提供更好的结构性能和延长建筑寿命；环保和可持续的施工技术，如绿色建筑和雨水收集系统，可以减少环境影响，实现可持续发展。采用这些先进的施工工艺和技术，不仅可以满足现代社会对建筑质量和功能的高要求，还可以应对未来的挑战和机遇。

3.4 管理与监督对策

3.4.1 建立完善的管理体系

成功的建筑工程不仅仅依赖于高质量的材料和专业的技术团队，还需要一个完善的管理体系来确保所有资源和活动都得到有效的组织和协调。完善的管理体系可以为工程提供明确的目标、策略和流程，确保各个部门和团队能够有效地协同合作，避免资源浪费和工作重复[4]。此外，一个良好的管理体系还可以提供对工程进度、成本和质量的持续监控，及时发现并解决潜在问题，确保工程的成功完成。

3.4.2 强化监督与考核机制

在建筑工程中，即使有了完善的管理体系，也需要一个强化的监督与考核机制来确保各个环节都得到有效的执行和落实。通过持续的监督，可以及时发现不合规或低效的操作，确保工程的质量和进度。而通过定期的考核，可以评估各个团队和部门的工作表现，激励他们持续改进和创新。强化的监督与考核机制不仅可以确保工程的成功完成，还可以建立起一个正向的激励机制，促进团队的凝聚力和工作热情。

3.5 全面质量监测

3.5.1 引入高科技手段

随着科技的迅速发展，高科技手段在建筑工程中的应用已经成为提高效率、保证质量的关键。从数字化建模、无人机巡检，到传感器技术在结构健康监测中的应用，高科技手段为工程提供了前所未有的精准度和便利性。例如，使用 BIM（建筑信息模型）可以在项目初期就预测并解决潜在的设计和施工问题；而结构健康监测系统可以实时监测建筑的状态，及时发现并预防潜在的安全隐患[5]。引入这些高科技手段，不仅可以大大提高工程的质量和效率，还可以降低成本和风险，为建筑工程带来长期的利益。

3.5.2 建立质量监测档案

质量监测档案是建筑工程持续质量保证的重要工具。它记录了工程从设计、施工到维护过程中的所有质量相关数据和信息，为工程的管理、评估和改进提供了宝贵的参考。建立完整、系统的质量监测档案，可以帮助项目团队及时发现和解决问题，确保工程的质量和安全。此外，质量监测档案也为工程的后期维护和翻新提供了重要的数据支持，可以大大延长建筑的使用寿命，降低维护成本。因此，建立和维护质量监测档案，是每个建筑工程项目都不应忽视的关键任务。

4 结语

建筑工程质量控制不仅是一个技术问题，更是关乎人们生命安全和投资回报的关键因素。从选择合格的材料，到确保设计的精确性，再到施工过程中的每一个细节，每一步都需精心策划和严格执行。本文深入探讨了各个可能出现问题的环节，并提供了实用的对策。这不仅有助于建筑行业提高工程质量，更有助于为社会创造更加安全、美观和持久的建筑环境。随着科技的不断进步，建筑工程面临的挑战和机遇也将不断演变，但始终坚守质量这一核心，是每一位从业者的神圣职责。

[参考文献]

[1]曾涛.建筑工程质量控制与监督探讨[J].砖瓦,2022(8):121-123.
[2]陈福绪.建筑工程质量控制措施探析[J].工程建设与设计,2022(2):224-226.
[3]刘志伟.建筑工程质量控制存在的问题及策略[J].住宅与房地产,2021(2):168-169.
[4]吴艳.建筑工程环保问题及质量控制对策[J].大众标准化,2022(10):25-27.
[5]陶江.建筑工程管理中的施工质量控制问题及对策[J].房地产世界,2022(4):122-124.

作者简介：房鹏鹏（1989.4—），毕业院校：中国海洋大学，所学专业：土木工程，当前就职单位：山东贝特建筑项目管理咨询有限公司，职务：总监理工程师。

Copyright © 2023 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

市政道路路桥过渡段的施工要点探讨

李晓旭
新疆北新路桥集团股份有限公司，新疆 石河子 832000

[摘要]在现代社会中，公路和桥梁在人类社会的发展中起着重要的作用，市政路桥的施工质量将对人们的出行安全产生一定影响。“桥头跳车”、路基沉陷等是市政道路路桥过渡段最常见的病害，而造成这些病害产生的原因与施工过程中质量控制不佳有一定的关系，因此，加强施工质量控制、抓好施工要点是规避各类病害的有效手段。文中就市政道路路桥过渡段施工优点进行了探究，旨在不断加强施工质量管理，促使市政道路路桥过渡段施工质量得到进一步的提升，减少各类病害的发生率。
[关键词]市政道路；路桥过渡段；施工要点
DOI：10.33142/ec.v6i12.10389 中图分类号：U415.6 文献标识码：A

Discussion on Key Construction Points for the Transition Section of Municipal Roads and Bridges

LI Xiaoxu
Xinjiang Beixin Road and Bridge Group Co., Ltd., Shihezi, Xinjiang, 832000, China

Abstract: In modern society, highways and bridges play an important role in the development of human society, and the construction quality of municipal roads and bridges will have a certain impact on people's travel safety. The most common diseases in the transition section of municipal roads, such as "bridgehead jumping" and roadbed settlement, are related to poor quality control during the construction process. Therefore, strengthening construction quality control and grasping key construction points are effective means to avoid various diseases. The article explores the advantages of the construction of municipal road bridge transition sections, aiming to continuously strengthen construction quality management, promote further improvement of the construction quality of municipal road bridge transition sections, and reduce the incidence of various diseases.
Keywords: municipal roads; roads and bridges transition section; key points of construction

引言

市政道路路桥过渡段是指桥梁桥台同相应路基所互相连接的刚柔过渡区域，由于路、桥所使用的建筑材料以及结构性能不同，因此，该区域非常容易出现较大的台阶变化，进而出现“桥头跳车”的现象，会影响车辆的正常行驶。因此，不断地提高市政道路路桥过渡段施工的质量是当下势在必行的一项工作。要采取科学的管理措施，规范市政道路路桥过渡段施工中的各类违规操作，提高施工质量。

1 市政道路桥梁施工的特点

1.1 工程量大

市政道路桥梁工程一般位于城市内繁华的区域，非常容易被时间和空间限制，而由于城市道路桥梁工程量本就比较大，给施工带增加了不小的困难。所以，在城市道路桥梁工程施工之前，一定要加强周边环境的考察工作，确定好施工方案。

1.2 施工速度快

由于市政道路桥梁施工区域的特殊性，会对城市交通造成一定的影响，因此，城市道路桥梁工程对于工期的要求比较严格，这就给施工单位造成了较大的压力，

需要在保证施工质量的基础上，尽量地缩短工期，加快施工速度，减少对城市交通的影响。

1.3 工程施工难

城市内部地下管线错综复杂，道路桥梁施工过程中，如果没有事先进行考察，确定施工方案，非常容易对埋在地下的生活管道等造成破坏，不仅影响人们的正常生活，还可能会造成较大的安全事故[1]。

1.4 不稳定因素多

市政道路桥梁施工中，有很多的因素都可能会对施工产生影响，导致安全问题出现。首先，水文地质条件，甚至是气候和温度都可能会对施工过程产生影响，导致工期延长。其次，城市道路桥梁工程中涉及到的组织非常多，关系到其的经济利益，而如果这些组织之间的权责不明确，或是利益分配不均，就很可能出现巨大的矛盾，影响到工程项目的顺利进行。

2 市政道路路桥过渡段施工中常见的问题

通常来说，道路桥面的跳投填土与桥台沉降之间是会体现一些落差性的，导致其之间无法充分地结合，也就会造成路桥沉降裂缝和桥梁搭板之间的间隙的衔接存在问题。在路面桥梁工程的施工现场，人们通常看到的状况就是缝隙结构成阶段形的连续接口，但是这样肯定是会影响到来往汽车的正常行驶速度的，当汽车在经过这个路口的

Copyright © 2023 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

时候，如果不能保证其平稳性，行车速度也就会受一定的影响而减慢，汽车的安全自然地也就不能获得充分的保障。而连接问题，出现的根本原因就是在选用路台后背填料的地方发生了问题，选用了不合适的回填材料，并且未按照相关规定来进行施工，最终使得路段出现沉降[2]。

2.1 路桥过渡段路面不平整

在对道路桥梁工程进行检测的时候，其主要内容就是对路桥路面的平整度进行检测，检测其是否符合施工要求，一定要做到对每一个施工环节质量的严格把控。如果路桥路面有不平整的情况，汽车在行驶过程中就会出现严重的不平稳感，影响车辆的运行速度，还会对车胎造成额外的磨损。导致沉降段路桥路面不平整的原因一般都是由于施工人员操作不规范导致的，由于缺乏相应的管理机制，无法对施工人员的操作进行严格的规范，使得路桥路面不平整问题出现。

2.2 过渡段路面受损或是地基塌陷

从大多数的路桥过渡段实际施工现场情况来看，沉降段路面受损和地基塌陷都是非常常见的问题，导致这些问题出现的原因大都是沉降段路的夯实作业不严格。许多的施工队在施工时候，只是重点关注路面的平整度是否达标，而忽略了路桥过渡段的夯实作业，再加上一些其他因素的影响，如温度控制不当等等，进而就使得路基路面出现断裂。此外，在施工过程使用了不符合收缩标准的材料，也会导致路基路面的沥青出现裂缝，其使用寿命就会大打折扣。有的道路桥梁的沉降段路的恰好处于软土地基，其本身的承载力就比较弱，最后出现地基路面塌陷也就是必然的了[3]。

2.3 桥头漏水严重

在道路和桥梁之间过渡时最明显的问题是尖点处的漏水。此问题有两个原因，首先在建筑中不正确地使用细颗粒，由于施工过程中施工人员的不适当或粗心而导致的颗粒使用不当导致结构层的水分含量增加，土壤基础承载力不足以及桥头漏水的问题。第二，自然环境因素的影响，自然环境是无法预测的，大雨、冰雹、雪和干旱等恶劣环境会导致桥头漏水，这反映了自然因素的影响因此没有相应的保护措施。

3 市政道路路桥过渡段施工前期准备

前期准备工作是否完善直接关系着后期施工阶段的作业质量，因此，必须要在市政道路路桥过渡段施工前做好相应的准备工作。

3.1 建立完善的工程质量控制体系

建立完善的工程质量控制体系，可以有效、及时地解决市政道路路桥过渡段施工中遇到的各类问题，明确施工标准，规避掉一些可能影响路桥过渡段施工质量的因素。因此市政道路路桥过渡段质量控制管理体系的建设一定要严格按照合同内容来作为约束，按照甲方的规定来指导工程建设，按规定时间如期完工。优秀的施工单位能够对施工方案进行科学的制定，充分地考虑时间与空间的限制因素，让各个施工环节之间得到良好的衔接。对各个部门的工作职责进行确定，将责任落实到各负责人身上，一旦出现任何问题，可以寻根溯源，找到相应的负责人了解情况，并且采取有效的措施进行解决。

3.2 严格审核施工设计方案

在路桥过渡段施工中，施工方案是非常重要的先行条件，施工方案的科学合理是对路桥过渡段质量的直接保障。所以，必须要在正式施工之前，严格地审核施工设计方案，保障施工的安全，提高经济效益，避免造成资源的浪费，同时也可以更好地了解路桥过渡段施工的重难点。因此，相关审核人员一定要严格地审核施工设计方案，针对于在审核过程中发现的问题，要及时地提出并整改，避免由于施工设计方案出现的漏洞而导致的施工质量问题出现。

3.3 科学选用机械设备

根据市政道路路桥过渡段施工特点以及施工方案来选择更加合适的机械设备，并且要对不同机械设备的性能以及所需要的成本进行考量，确保彼此之间的协调性，提高施工效率的同时减少成本的消耗。

3.4 组织开展试验段试铺

相关人员应当积极地组织开展试验段试铺工作，对路桥过渡段施工所使用到的机械设备规格、铺设方式、压实参数等等做出进一步的明确，为后续作业参数的调整和优化做出数据参考。

3.5 加强相应的培训

首先，要做好安全作业教育培训工作，要强化施工单位对于安全施工的认知，明确安全对于施工的重要性，促使相关管理人员能够产生强烈的安全意识，进而影响施工人员对安全生产有一定的认识，在施工过程中，可以不断地规范自身的操作，将安全生产贯穿于道路桥梁施工中的各个环节，确保城市道路桥梁施工质量得到提升。其次，加强专业技术培训，确保所有施工人员都可以熟练掌握相应的施工技巧，严格按照规章制度来开展施工。

4 市政道路路桥过渡段施工技术要点分析

4.1 彻底清理地表

在路桥过渡段正式开始填筑之前，必须要对施工区域的地表进行彻底的清理，避免杂物对后续施工质量产生影响。包括地表上的杂草、垃圾废物等等，都必须清除干净，如果没有对地表进行清理就开始填筑，会导致路基的稳定性下降。如果杂物发生腐败，则会进一步增加路基沉降的概率，因此，有必要做好地表清理工作。此外，在完成地表清理之后，还需要结合实际情况，对路基底部的表层土进行挖除或换填，针对部分坡度比较大的位置，还需要设置台阶。换填土的厚度则需要根据施工现场的情况来设置，通常来说不应低于三十公分，在完成换填后，还需要进行夯实作业，确保路基的稳定性。

Copyright © 2023 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

4.2 完善过渡段结构设计

组织施工人员深入现场调查，详细掌握具体情况，科学设置过渡段结构，以增强结构稳定性和承载力。目前，针对市政道路路桥过渡段结构的设计尚还没有形成统一的标准，因而需要根据现场调查情况并要求设计人员结合自身丰富的设计经验，提高结构设计水平。要综合考虑路堤和桥头沉降、根据公路桥梁整体通车能力，科学设计过渡段结构，有效指导后续施工。同时还要适当应用土工格栅技术，发挥其土层抗剪能力，减少路基填土位移和土体侧向位移，增强过渡段结构的稳定性和承载力。

4.3 妥善处理软土地基

软土地基是造成路基沉降以及“桥头跳车”的主要因素，所以有必要对软土地基进行妥当的处置。在实际施工过程中，比较常用的软土地基加固方法有很多种，施工单位需要应该根据实际情况来选择最合适的方法，来对软土地基实施加固操作。而一般来说，为了强化软土地基的处理效果，施工单位会将多种加固技术结合起来使用，例如将排水固结法与土工格栅相结合，亦或是将水泥搅拌桩与土工格栅相结合等等。在选择处置方案的时候，应当充分地考虑到施工成本以及实际情况，选择成本较低、施工便捷、影响较小的加固技术，并制定严密的施工方案，确保方案可以得到有效的执行，并对施工工序进行把控，提高软土地基的处置效果[4]。

4.4 严选填筑材料

为了提高路桥路基的承载力和稳定性，需要严格地按照设计规范来选择更适当的填筑材料。为了确保地基质量不受影响，在选择换填材料的时候，一定要进行充分的计算，为了保证施工效果能达到水利工程施工的标准，通常会采用碎石等材料来作为换填材料，然后经过细致的计算，进行严格的分层设计，地基的载荷才能够得到充分的保障。当前，深层换填是最常用的，一般会选择一些强度比较大的材料来作为底层，如矿渣等等，这些换填材料的优点就是缝隙较大，在后续施工的时候，会对地基产生一定的压力，如果压力过大，这些缝隙的作用就显现出来了，能够达到有效承载的作用，并且经过后续的地基压实作业，可以进一步地增加地基的坚固度。

4.5 紧抓填筑作业

路桥过渡段非常容易因为路基路面变形而出现沉降，所以，在对过渡段进行填筑的时候，必须要注意台背的加固填筑作业。首先，应选择透水性较强的填筑材料，如碎石等等，在填筑过程中，要合理地把控填筑材料的含水量以及填筑厚度等等参数。其次，为了路桥路基的承载力得到加强，可以选择土工合成材料，可以有效地减少沉降概率，同时还能够增加填筑材料与土体表面的摩擦力。在夯实过程中，针对部分大型夯实设备无法作业的区域，可以采取人工打夯机来进行夯实，确保路桥过渡段路基路面的压实度达标。使用振动机压路的时候，除了要将路堤与路堤连接起来外，还要提高轧制效果，在桥台周围应采取无振动和静压，轧制速度慢，以免损坏桥台。

4.6 妥当防排水

路桥过渡段作为连接路基和桥台的重要部位，其更容易产生积水或发生渗水现象，因此，要采取有效的防水和排水措施，确保路基路面的稳定性。在具体操作的时候，可以运用急流槽、截水沟等设置来达到排水的目的，有条件的话，还可以对排水沟渠进行加固，在大量的实践中可以看出，浆砌片石是不错的选择。此外，在排水沟渠中加入预制板也可以起到很好的加固效果，由此来实现道路桥梁的排水工作。

4.7 合理设置桥头搭板

针对路桥过渡段“桥头跳车”现象，可以通过设置桥头搭板来改善，能够提高行车的舒适度。桥头搭板适用于过渡偏小的沉降，可以起到较好的改善效果，而针对过渡偏大的沉降，桥头搭板产生的改善效果不够理想。设置桥头搭板，确保桥头与路堤纵向坡度的变化始终保持一致。需要根据路基预估沉降值来确定搭板的长度，并且预留出相应的反向坡度，可以有效减少路基过渡段不均匀沉降问题的发生[5]。

5 结语

综上所述，在市政道路路桥过渡段施工过程中，通常会因为地基变形和路堤变形等原因导致路段发生沉降，如果不及时地采取措施来对沉降段路进行处理，那么沉降段路面将会出现进一步的下沉，从而影响路桥过渡段的施工质量，影响货运汽车的安全行驶。针对于此，必须通过进行土壤回填和压实作业、进行排水工作，以及对软土地基进行强化管理等的策略，来优化路桥过渡段的施工作业质量，减少“桥头跳车”等现象的发生，保证运输车辆的安全行驶。

[参考文献]

[1]罗健豪.浅析市政路桥过渡段路基路面施工技术[J].城市建设理论研究(电子版),2023(3):98-100.
[2]杨阳.高速公路路桥过渡段路基病害的综合防治措施[J].城市建设理论研究(电子版),2022(26):106-108.
[3]黄明海.路桥过渡段路基路面设计要点及沉降处理对策研究[J].工程建设与设计,2022(16):182-184.
[4]秦浪朝.桥头软土地基加固对路桥过渡段变形特性的影响[J].江苏建筑职业技术学院学报,2022,22(2):19-23.
[5]郑华君.市政道路工程中沉降段路基路面施工技术的应用[J].黑龙江交通科技,2020,43(11):49-50.

作者简介：李晓旭（1988.10—），毕业院校：吉林大学，所学专业：土木工程，当前就职单位：新疆北新路桥集团股份有限公司，职务：项目经理，职称级别：工程师。

Copyright © 2023 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

桥梁隧道施工中灌浆技术的应用

惠 衡
新疆北新路桥集团股份有限公司，新疆 乌鲁木齐 830000

[摘要]桥梁隧道施工中对灌浆技术的应用较为广泛，灌浆技术是指通过钻孔或预埋管的方式将具有胶凝性和流动性浆液压入地层、岩层或者建筑物缝隙中胶结硬化成整体，起到增强、固结工程的目的，并且有助于强化目标物的稳定性与防渗能力，是改善工程性质的重要手段。灌浆技术因自身应用效果好、施工便捷以及技术应用成本低等优势而得到广泛应用。本篇文章分析了灌浆技术的特点以及适用范围，并结合工程案例，探究灌浆技术在桥梁隧道施工中的应用措施。
[关键词]灌浆技术；桥梁隧道施工；注浆管；钻孔
DOI：10.33142/ec.v6i12.10361 中图分类号：U455 文献标识码：A

Application of Grouting Technology in Bridge and Tunnel Construction

HUI Heng
Xinjiang Beixin Road and Bridge Group Co., Ltd., Urumqi, Xinjiang, 830000, China

Abstract: Grouting technology is widely used in bridge and tunnel construction. Grouting technology refers to the hydraulic injection of cementitious and flowable grout into the strata, rock layers, or building gaps through drilling or pre embedding pipes, which hardens and strengthens the engineering, and helps to strengthen the stability and anti-seepage ability of the target object. It is an important means to improve the engineering properties. Grouting technology has been widely used due to its advantages such as good application effect, convenient construction, and low application cost. This article analyzes the characteristics and applicability of grouting technology, and explores the application measures of grouting technology in bridge and tunnel construction based on engineering cases.
Keywords: grouting technology; bridge and tunnel construction; grouting pipe; drill hole

引言

桥梁隧道施工环境复杂，影响因素众多，施工难度高，同时对施工质量以及施工效果有着更高的要求。灌浆技术在桥梁隧道施工中的应用比较广泛，借助灌浆技术可以提升桥梁隧道的稳定性与防渗能力，有助于改善工程性质。对于提升桥梁隧道工程质量具有重要意义。为充分发挥灌浆技术的作用、优势，提升灌浆技术的应用效果，应结合桥梁隧道工程特点和质量要求，合理运用灌浆技术，助力桥梁隧道施工的高效开展。

1 灌浆技术概述

1.1 灌浆技术的特点

灌浆技术是指通过钻孔或预埋管的方式将具有胶凝性和流动性浆液压入地层、岩层或者建筑物缝隙中胶结硬化成整体技术形式。灌浆的应用可以起到增强、固结工程的目的，并且有助于强化目标物的稳定性与防渗能力，是改善工程性质的重要手段。灌浆技术具有灵活性强的特点，可针对不同类型的工程需求选择不同的灌浆材料和注入方法。灌浆技术施工过程简便，操作相对容易，不需要大量的施工设备和人力资源。灌浆技术能有效改善工程性能，提高工程强度、密实性和稳定性。除此之外，灌浆技术还具有适用范围广的特点，适用于多种工程需求，并且应用效果十分显著。

1.2 灌浆技术的作用

灌浆技术利用液压、气压或者电化学原理，把浆液均匀注入地层中，浆液以充填、渗透和挤密等方式，替换土颗粒间或者岩石裂隙间的水分和空气，浆液固化成固结体与原来的地层形成一个强度、防水以及化学稳定等性能有所提高的结石体。注浆技术的作用显著，主要体现在以下几个方面：第一，防渗。降低岩土的渗透性，消除或减小地下水的渗流量，降低工程扬压力或孔隙水压力，提高岩土的抵抗渗透变形能力。如桥梁隧道工程灌浆防渗处理等。第二，堵漏。截断水流，改善工程施工、运行条件。如井壁等地下工程漏水的封堵。第三，固结。应用灌浆技术可以提高岩土的力学强度和变形模量，减小沉降。第四，回填。充填岩土体或结构的孔洞、缝隙，防止塌陷，改善结构的力学条件。第五，加固。恢复混凝土结构及圬工建筑物的整体性。除此之外，灌浆技术还可用于减小挡土墙上的土压力，防止岩土的冲刷，消除砂土液化等方面。在工程实践中，灌浆的作用并不是单一的，在达到某种目的的同时，往往还具有其他一些作用。

1.3 适用范围

适用范围广是灌浆技术的主要特征，灌浆技术适用于各种土体类型，如砂土、黏土、岩石等，以及各种工程需求，如建筑、桥梁、隧道、地铁、水利工程等。常见的应用场景包括地基处理、地下水位控制、隧道衬砌加固、水库坝体防渗、地下室防水、岩体支护等。在桥梁隧道施工过程中，受地质条件、天气状况、人为失误等因素的影响，

Copyright © 2023 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

容易造成桥梁隧道出现裂缝或者隧道表面砌石松动，这会给工程质量以及施工安全带来严重威胁。灌浆技术作为比较成熟的技术形式，在桥梁隧道施工中应用可以有效解决桥梁隧道裂缝问题，同时能够对桥梁隧道支撑柱体以及松动的砌石起到有效的加固作用。

2 桥梁隧道工程的特点

桥梁隧道工程往往涉及多种复杂因素，如地质条件、水文水力等。需要综合考虑这些因素进行设计与施工，确保施工方案能够适应复杂的外部环境。桥梁隧道工程通常具有较长的使用寿命，需要考虑在长期使用条件下的耐久性和稳定性。此外，还需要考虑未来可能发生的各种变化因素，如交通流量增加、土质变化等。桥梁隧道工程承担着重要的交通运输功能，因此安全性是至关重要的要求。工程设计和施工需要保证结构的稳定性、可靠性和耐久性，以避免发生事故和灾害。另外，规模大也是桥梁隧道工程的主要特征，涉及的跨度、长度和高度等参数较大。这对于工程的设计、施工和监测提出了更高的要求。桥梁隧道工程不仅规模大，而且通常需要在较短的时间内完成，以保证交通的运行和用户的需求。因此，工程的施工组织和施工技术要求高效和快速。

3 灌浆技术在桥梁隧道施工中的应用

3.1 确定施工位置

灌浆技术在桥梁隧道中的应用，主要目的在于解决桥梁隧道裂缝问题，以及加固隧道表面砌石以及支撑柱体，因此确定施工位置是技术应用的前提。技术应用过程中，应明确施工位置，并做好标记。在此基础上分析裂缝产生原因以及砌石松动原因，并结合分析结果合理选择灌浆材料，制定相应的灌浆方案，为后续的施工奠定基础。

3.2 做好施工准备

正式灌浆之前要做好施工准备。首先应对施工涉及的机器设备进行全面检查，保证机器设备正常运行并且性能稳定。其次检查灌浆材料，确保灌浆材料质量符合设计标准要求，在此基础上进行灌浆试验，借助灌浆试验检验灌浆施工方案的科学性与可行性，并最终确定灌浆孔距与扩散半径。最后进行施工组织设计，结合施工需求合理调度施工人员，确保关键施工的顺利开展。

3.3 灌浆施工工艺

合理规划施工工艺流程，结合工程实际，制定灌浆施工工艺流程。通常灌浆施工应按照放线与布孔、造孔、洗孔、灌浆、封孔、检查的流程施工。放线、布孔是指按照设计要求和灌浆施工规范，确定灌浆孔的位置和间距，进行放线布孔。造孔是指使用钻机或手工工具，按照设计的深度和直径，在需要灌浆的部位钻孔。钻孔后、灌浆前，使用高压水或压缩空气对钻孔进行清洗，以确保孔内无杂物和积水。灌浆是指将配制好的灌浆材料通过灌浆设备压入钻孔内，直到达到设计要求的灌浆压力或灌浆量。封孔是指在灌浆完成后，使用封孔材料对钻孔进行封闭，以防止浆液外泄。检查是指在灌浆完成后一段时间，对灌浆孔进行检查，以评估灌浆效果和质量。需要注意的是，具体的灌浆施工工艺流程可能因工程要求和地质条件的不同而有所差异。在实际施工中，应根据具体情况进行调整和优化。

4 案例分析

4.1 工程概况

本文结合某桥梁隧道工程对灌浆技术的应用措施进行探究。该隧道建设长度为 16.24 千米，设计隧道直径为 14 米。该桥梁属于铁路客运专用桥梁，隧道内设计为双线铁路，设计列车行驶速度为每小时 300 千米。该工程所在区域涉及比较复杂的岩层结构，并且岩层破碎现象比较严重，这会给桥梁隧道工程施工带来巨大的挑战。结合工程实际情况，并根据工程质量要求，决定采用灌浆技术来解决施工区域岩石破碎问题，改善施工环境，在为其他施工任务顺利开展奠定基础的同时更好地保障桥梁隧道工程质量。

4.2 前期准备

在桥梁隧道施工中应用灌浆技术，需要做好前期准备，前期准备工作是否完善关乎着关键技术的应用效果与实际的施工质量。应结合工程特点以及灌浆技术应用需求做好前期准备。首先要进行现场环境勘察，了解施工区域现场环境状况，分析施工区域现场环境对灌浆施工的影响，并以此为依据制定灌浆施工方案，将现场环境造成的影响降到最低，保证灌浆技术应用效果和实际施工质量。其次，明确具体的灌浆施工工艺流程。结合本工程特点，确定的灌浆施工工艺流程为选定孔位、疏通预留孔、安放防喷装置、振插注浆管、制备浆液、注浆、拔管、关闭球阀待凝、清洗注浆管、换孔注浆、拆球阀和防喷装置。在确定施工工艺流程的基础上应做好技术交底，并要求施工人员严格按照施工工艺流程施工。注浆施工工艺流程中任意一个环节出现问题与偏差都会对注浆技术的应用效果以及桥梁隧道工程质量产生不利影响，因此应规范工艺流程并加强施工管理，确保严格按照工艺流程施工。再次要确定相关工艺参数。如计算浆液浓度等，浆液浓度应按照公式“$C=m1/m^2x100\%$”进行计算，公式中 m1 是指溶质质量，m2 是指浆液质量。准确计算浆液浓度可以判断浆液是否符合设计标准要求，以免因浆液质量问题而影响灌浆技术应用效果。最后制定完善的灌浆技术应用方案。在灌浆技术应用方案中应明确灌浆技术应用目标，即灌浆后区域土体承载力达到 120kPa。

4.3 布孔与钻孔

布孔与钻孔是灌浆施工的重要环节，同时也是灌浆施工技术的主要影响因素。灌浆技术在桥梁隧道施工中的应用，需要确保布孔与钻孔施工质量。首先在布孔过程中借助放线测量技术严格按照设计要求确定灌浆孔位置，将灌浆孔位置与设计要求之间的误差控制在 1%范围内。其次合理选用钻头，应用的钻头直径不小于 4 厘米。钻进过程中要注重把控钻进角度，确保钻孔方向与设计要求相符。

Copyright © 2023 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

再次规范安装孔口管，固孔材料包裹钻杆的长度大于 3.5 米。最后，钻孔过程中如果出现粉末状土壤，则应停止钻孔，并调整和优化钻孔施工方案，并借助导管保护钻孔孔壁。孔口管安装详见图 1。

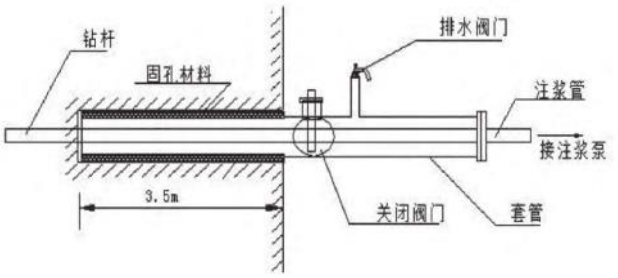


图 1　孔口管示意图

4.4 材料选择与搅拌

注浆材料是注浆技术应用的基础，会对注浆技术应用效果产生直接影响，甚至可以将材料的性能看作是注浆技术应用效果的决定性因素。在桥梁隧道施工过程中应用注浆技术，应结合工程特点以及技术应用要求合理选择注浆材料，并做好注浆材料的搅拌。应合理控制材料水灰比，根据工程需求设计材料配合比，并通过试验检验的方式选择最佳配合比。

除了材料选择之外，材料搅拌也是灌浆技术应用的关键环节。在材料搅拌过程中重点关注材料搅拌的速度与材料搅拌的时间，确保材料搅拌的速度均匀，搅拌时间充足。在搅拌过程中应每间隔 30 秒观察 1 次材料状态，并结合材料实际状态调整搅拌速度。搅拌完成的材料应及时使用，避免长时间搁置而出现结块等现象。通常情况下，搅拌完成的材料应在 120 分钟内使用完毕。

4.5 安装注浆管

安装注浆管首先应在储浆桶内设置滤网，选用正方向边长为 1 毫米的滤网。其次，在孔口设置水浆墙，水浆墙厚度不小于 20 厘米，借助水浆墙来防止注浆过程中浆液流出。与此同时还需要在各注浆段设置止水盘，止水盘厚度控制在 3 米左右。借助止水盘能够更好地保障浆液利用率。最后安装完注浆管后，应对注浆管进行漏水检查，以确保注浆管的完整性。

4.6 注浆施工

注浆施工的关键在于控制注浆速度，通常情况下应将注浆速度控制每分钟 80～150 升左右。注浆过程中应先检验注浆设备的性能，在确保注浆设备性能稳定的基础上再进行注浆施工。以免因注浆设备问题影响注浆施工效果和威胁施工人员的人身安全。另外，在注浆施工之前应准确计算注浆量，并根据注浆量来配置浆液，确保配置的浆液能够在 120 分钟内用完，以免出现浆液结块等问题。本工程在施工前结合公式“$Q=V\lambda=V(d/1+e)(W-W_0)$”计算注浆量。公式中 λ 是指浆液注入率，V 是指土体体积，e 是指孔隙比，W 是指天然含水量，W_0是指塑限含水量。注浆过程中应密切关注注浆管的压力情况，如果注浆管压力过大应及时停止注浆，并引导施工人员远离孔口，以免引发安全事故。应将注浆压力控制在 1.2 兆帕以内，同时应用间歇性注浆的方式施工。注浆过程中要对浆液进行观察，如果浆液饱满则停止注浆，并检查注浆效果。注浆完成后施工区域承载力不低于 300 兆帕即符合标准要求。

4.7 封堵灌浆孔

封堵灌浆孔同样是灌浆技术应用的重要环节，同时也是灌浆技术应用的最后步骤。封堵灌浆孔首先检查孔内浆液情况，重点关注浆液的凝固情况，在孔内浆液完全凝固的情况下再封堵灌浆孔。完成灌浆孔封堵后，要对封口进行整平处理，确保封口平整。其次封堵灌浆孔应避免孔内浆液与封堵层出现明显的分层，因此需要在孔内浆液符合灌浆孔封堵要求时及时进行封堵。最后完成灌浆孔封堵后应注重观察孔口高度变化情况，并做好相关记录。

5 结束语

灌浆技术利用液压、气压或者电化学原理，把浆液均匀注入地层中，浆液以充填、渗透和挤密等方式，替换土颗粒间或者岩石裂隙间的水分和空气，并随着浆液的凝固与土体或者岩石材料形成一个高强度与高稳定性的凝结体。灌浆技术具有施工便捷、高效、施工成本低、适用范围广等方面的特点，这使得灌浆技术在桥梁隧道施工中得到了广泛应用。为充分发挥灌浆技术的优势和作用，应结合桥梁隧道工程特点以及质量要求，合理应用灌浆技术。本文介绍了灌浆技术的特点与作用，并结合工程案例分析灌浆技术应用措施。

[参考文献]

[1]贾文亮.帷幕灌浆技术在新疆二塘沟水库大坝坝基防渗中的应用研究[J].水利科学与寒区工程,2023,6(9):134-138.
[2]潘祖光,刘成钢,董云.上枧安置房装配整体式剪力墙结构灌浆技术研究[J].价值工程,2023,42(26):60-62.
[3]黄志平.双管高压旋喷灌浆技术在小型水库除险加固中的应用[J].吉林水利,2023(9):54-59.
[4]王刚.水泥灌浆技术在高层建筑主体结构加固施工中的应用[J].砖瓦,2023(9):159-160.
[5]初明亮,巩寅魁.地表灌浆技术在隧道施工涌水地段中的应用与研究——以引绰济辽工程输水工程为例[J].科技资讯,2022,20(22):87-91.

作者简介：惠衡（1990.3—），男，西安市，毕业于吉林大学土木工程专业，当前就职于新疆北新路桥集团股份有限公司旗下新疆北新岩土工程勘察设计有限公司，任工程管理部部长，中级工程师，一级建造师市政公用工程和民航机场工程。

Copyright © 2023 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

市政工程施工中地下管线的保护问题

陈磊杰 曹 成 杨新宇
中国市政工程中南设计研究总院有限公司，湖北 武汉 430010

[摘要]随着城市化的进程，地下管线日益复杂和密集，这使得地下管线在市政工程施工中的保护变得尤为关键。然而，当前的施工实践中仍然出现了诸多因保护不当导致的地下管线损坏事件，这不仅危及到市政工程的质量，还可能引发更大规模的安全事故。鉴于此，本文首先探讨了导致地下管线损坏的常见原因，包括施工方式的不合理性、管线本身的质量问题、施工人员的人为错误、对地下管线情况的不了解，以及其他外部因素等。接着，提出了一系列有效的地下管线保护措施，为施工人员提供一个清晰的指导，确保市政工程施工的顺利进行并减少潜在风险。

[关键词]市政工程；地下管线；保护；安全措施
DOI：10.33142/ec.v6i12.10360 中图分类号：TU990.3 文献标识码：A

Protection Problems of Underground Pipelines in Municipal Engineering Construction

CHEN Leijie, CAO Cheng, YANG Xinyu
Central & Southern China Municipal Engineering Design and Research Institute Co., Ltd., Wuhan, Hubei, 430010, China

Abstract: With the process of urbanization, underground pipelines are becoming increasingly complex and dense, which makes the protection of underground pipelines particularly crucial in municipal engineering construction. However, there are still many incidents of underground pipeline damage caused by improper protection in current construction practices, which not only endangers the quality of municipal engineering, but also may lead to larger scale safety accidents. In view of this, this article first explores the common causes of underground pipeline damage, including unreasonable construction methods, quality issues of the pipeline itself, human errors by construction personnel, lack of understanding of the underground pipeline situation, and other external factors. Subsequently, a series of effective underground pipeline protection measures were proposed to provide clear guidance for construction personnel, ensuring the smooth progress of municipal engineering construction and reducing potential risks.

Keywords: municipal engineering; underground pipelines; protection; safety measures

引言

随着现代城市化进程的加速，城市地下已经形成了一个错综复杂的管线网络，涵盖了供水、供电、通讯、燃气和其他多种功能的管线。这些管线为现代城市生活提供了必要的支持和便利。然而，与此同时，地下管线的存在也为市政工程施工带来了前所未有的挑战。如何在确保施工效率的同时，对这些地下管线进行有效保护，避免由于施工误操作引起的破坏，成为了市政工程施工的重要课题。破坏地下管线不仅会影响到城市的正常运作，还可能带来严重的安全隐患，甚至造成大规模的经济损失。因此，对于地下管线的保护问题，亟待进行深入研究，制定出一套行之有效的保护措施和管理策略。

1 市政工程施工过程中地下管线遭到破坏的原因

1.1 市政工程施工方式不合理

在市政工程中，选择不当的施工方式是导致地下管线遭受破坏的主要原因之一。例如，开挖工程采用的机械设备过于粗大或挖掘深度过于靠近已有的管线，这可能导致既有管线被挖断或压碎。此外，施工计划未能充分考虑到地下管线的存在，导致施工活动与管线相冲突，也是一个常见的问题。

1.2 管线自身质量存在问题

地下管线自身的质量问题也是导致其在施工中容易受损的重要因素。有些管线可能因为材质老化、腐蚀、结构缺陷或先前施工的损伤而变得脆弱。当这些管线遭受轻微的外部冲击或压力时，都有可能产生裂缝或断裂。

1.3 人为因素方面

人为因素在地下管线的损伤中占有重要的地位。由于施工人员对工程地点的地下管线分布不清楚或对管线的保护措施不够重视，可能会在施工过程中造成不必要的损伤。此外，操作失误、使用不当的施工工具或设备、忽略了施工方案中的重要步骤等，也都可能导致管线受损。对施工人员的培训和教育，以及加强现场监督，是预防这类问题的关键。

1.4 对地下管线情况不了解

许多破坏地下管线的事件源于施工单位对地下管线分布和属性的不了解。许多城市由于长时间的发展，导致部分老旧的地下管线资料丢失或不完整，而新的施工项目可能没有获得这些旧资料[1]。没有准确的地下管线图纸或不使用现代技术手段如地质雷达进行前期勘查，都可能使施工单位在施工过程中误伤隐藏的管线。

1.5 施工过程中造成破坏

即使在完全了解地下管线的情况下，施工过程中仍有可能因为操作不当、施工方法选择不恰当或施工设备不适

Copyright © 2023 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

宜等原因导致管线损坏。例如，挖掘机械的不精确操作、爆破作业的振动影响，或者错误的施工顺序可能直接或间接导致管线受损。

1.6 地下管线埋设过程中没有完善

管线在埋设时，如未考虑到其后续使用、维护以及可能的周边施工情况，也可能增加其在未来受损的风险。例如，管线埋得过浅，没有采用保护层或警示标签，或者管线埋设时未考虑土壤的稳定性和承载能力，都可能导致其在后续施工中容易受损。

2 地下管线的检测与定位技术

2.1 传统的检测方法

传统的地下管线检测方法通常基于物理学原理，主要包括声波探测、电磁探测和机械挖掘等。声波探测是利用声波的反射和折射来定位地下障碍物，而电磁探测则是利用电磁波在不同材质中的传播特性来检测。机械挖掘，尽管是最直接的方法，但也是风险最高的，因为如果不小心，很容易导致地下管线的损坏。这些传统方法虽然在某些情境下仍然有效，但往往需要经验丰富的操作人员，并且精度和效率可能较低。

2.2 现代检测技术介绍

现代的地下管线检测技术更加先进和精确。其中，地质雷达（Ground Penetrating Radar，GPR）是一种非常流行的技术，它能够提供关于地下物体深度、大小和材质的详细信息。此外，光纤传感技术、无损检测技术以及各种高精度的定位系统，如全球定位系统(GPS)和无线电频率识别(RFID)技术，也为地下管线的检测和管理带来了新的可能性。

2.3 技术的优劣势比较

比较这两种技术，每种都有其优势和局限性。传统的检测方法通常成本较低，操作相对简单，但其准确度和深度范围可能受到限制。而现代技术虽然提供了更高的准确度和更大的探测深度，但可能需要专门的培训和设备，成本相对较高。然而，考虑到地下管线损坏可能带来的巨大经济和安全风险，许多组织和企业越来越倾向于采用现代检测技术[2]。选择哪种技术通常取决于具体的工程需求、预算以及可用的设备和专业知识。

3 市政工程施工中保护地下管线的常用方法

3.1 预先探测和勘测

施工前进行地下管线的探测和勘测是最基本且最重要的预防措施。通过使用地质雷达、电磁探测器等工具，施工队伍能够获得准确的管线位置、深度和类型信息，从而进行适当的施工规划，避免误伤。

3.2 交汇井方法

在两个或多个管线需要交叉的地方，建设一个交汇井可以使得管线垂直交叉，从而避免它们在同一平面上发生直接接触或冲突。

3.3 套管法

在新建管线需要穿越已有管线时，一个外部的保护套管可以用来包裹新管线，以减少与既有管线的直接接触和可能的冲突。

3.4 倒虹法

为保护已有的地下管线，特别是在新的道路或其他结构上方，可以采用倒虹法在原有管线上方形成一个凹槽，从而避免对其造成压力。

3.5 盾构法

盾构法是一种先进的隧道施工技术，它可以在不干扰地面或其他地下结构的情况下，建设新的隧道或管线。此方法尤其适用于高密度的城市区域。

3.6 水平定向钻孔技术

通过这种技术，新的管线可以在不开挖地面的情况下，从既有管线下方进行穿越，大大减少了与既有管线的冲突风险。

3.7 隔离法

在施工区域周围设置隔离带或隔离墙，可以有效地隔离施工活动，确保邻近的管线不受到直接的影响。

3.8 悬吊法或支撑法

这是一个临时的保护措施，通过使用特殊的装置将管线暂时悬挂或支撑起来，使其与施工区域保持一定的距离，从而避免直接的冲突或压迫。

3.9 卸载保护法

此方法通过局部卸载管线周围的土体来减轻对管线的压力，从而降低因外部荷载造成的管线变形或损坏的风险。

4 市政工程对于地下管线的保护措施

4.1 全面充分地做好市政工程施工的前期准备工作

4.1.1 信息的收集和整理

在开始任何施工活动之前，必须首先收集和整理关于现有地下管线的所有相关信息。这包括管线的位置、深度、材料、规格、用途等。此信息可以从当地的公用事业单位、城市规划部门或历史施工记录中获得[3]。准确的信息可以帮助施工队伍制定合理的施工计划，避免与地下管线的冲突。

4.1.2 地下管线的模拟施工

在某些复杂或高风险的施工场景中，进行模拟施工可以提前识别可能的问题和风险。这可以使用专门的软件进行三维模拟，或在实地进行小规模的试验施工，确保真正施工时不会损坏地下管线。

4.1.3 市政工程施工单位间的沟通交流

有效的沟通是预防误伤地下管线的关键。施工单位、设计单位、管线运营单位和其他相关方应建立一个沟通机制，共同讨论和解决施工中可能遇到的问题。此外，定期的施工进度和安全会议也可以确保所有参与方对可能的风险有所了解并采取适当的预防措施。

4.2 施工中的预防措施

施工过程是地下管线最容易受到损伤的阶段，因此采取适当的预防措施至关重要。首先，施工队伍需要确保遵循前期准备工作中确定的施工计划和策略。施工区域应明确标记，特别是那些接近地下管线的地方。使用适当的机械设备和工具，确保它们不会对管线造成潜在的损伤。另外，如果施工过程需要接近或穿越地下管线，应该有专门

Copyright © 2023 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

的观察员监控施工进度，确保不会损坏管线。

4.3 构建完善的地下管线管理制度

为确保长期的地下管线安全，构建一个完善的管理制度是非常必要的。首先，需要有一个集中的数据库来记录所有地下管线的信息，包括其位置、深度、材料、规格和历史维护记录。这个数据库应该定期更新，并且对施工单位和其他相关方是可访问的。其次，应该制定一系列的操作规程和安全标准，确保任何接触或靠近地下管线的工作都是在严格的安全条件下进行。此外，提供定期的培训和教育，确保施工人员和管理人员都了解如何避免损坏地下管线，是管理制度的重要组成部分。最后，建立一个有效的应急响应机制，以确保在意外发生时能够迅速采取行动，减少损失和危险。

4.4 市政施工人员的定期培训

在市政工程施工中，人员的技能和知识是确保工程质量和安全的关键。因此，为市政施工人员提供定期的培训显得尤为重要。这种培训不仅应该涵盖基本的施工技能和安全规程，还应包括地下管线的识别、定位和保护技术。通过模拟实际的施工场景，培训可以使施工人员对潜在的风险有更深入的了解，并学会如何有效地避免这些风险。定期的培训不仅可以帮助新员工快速熟悉工作，还可以确保资深员工的知识和技能得到更新和补充。

4.5 加强现场安全管理

现场安全管理是确保施工过程中地下管线不被损坏的关键。首先，需要设定清晰的安全规范和操作指南，并确保所有施工人员都遵循这些规范。现场应设有明显的安全标志，指示地下管线的位置，以及其他可能的危险区域。施工现场应配备专门的安全观察员，负责监控施工过程，确保所有活动都在安全的条件下进行。此外，定期的安全检查和评估也是必要的，以确保安全措施得到有效执行并及时识别潜在的风险。当发生意外或近失事件时，应立即进行调查，分析原因，并制定相应的纠正措施，以防止类似事件的再次发生。

4.6 选择最佳的施工工艺

在进行市政工程施工时，选择适当的施工工艺是避免地下管线损坏的关键。不同的工艺针对特定的地质条件、管线种类和施工环境都有其独特的优势。为了选择最佳的工艺，施工单位需要进行详细的前期研究，考虑地质报告、地下管线分布，以及周围环境的特点。例如，在高密度的城市区域，无开挖技术如水平定向钻孔或盾构法可能是最佳选择，因为它们可以最小化对周围建筑和交通的影响。通过选择合适的施工工艺，施工单位可以有效地减少工程成本、时间和潜在的地下管线损伤风险。

4.7 规避施工技术损伤

尽管选择了最佳的施工工艺，但如果施工技术不当，仍然可能导致地下管线的损坏。为了规避这种技术损伤，施工单位需要确保所有操作都严格按照规范和指南进行。这包括正确使用机械设备，避免在靠近管线的地方进行重型操作，以及确保在挖掘时不会接触到管线。当工程涉及到特定的高风险活动，如爆破或深挖，特别需要采取额外的预防措施[4]。此外，施工单位应该提供持续的技术培训，确保施工人员了解如何识别和避免可能的风险，并随时更新其技术知识，以适应新的工艺和技术。

4.8 加强市政工程策划设计

市政工程的策划设计阶段为整个工程奠定基础，确保了施工过程的安全性和效率。加强策划设计意味着要在设计阶段充分考虑地下管线的位置和特性。这需要设计师与其他相关部门，如公用事业和地下管线管理部门，进行紧密合作，共同确保设计方案的实用性和安全性。设计师应该使用现代工具和技术，如GIS和BIM，来创建详细和准确的设计图纸，确保施工过程中的每一步都得到了详细的考虑。

4.9 制定市政工程施工应急预案

尽管进行了充分的策划和设计，意外仍然可能发生。制定一个应急预案能确保在突发事件发生时，施工队伍能迅速且有效地应对。这一预案应包括各种可能的危机情境，如地下管线的意外损坏、水或气体泄漏、以及其他可能的施工事故。对于每种情况，应急预案应提供详细的响应指导，包括立即采取的措施、通知的相关部门，以及如何恢复正常的施工。

4.10 后期维护与管理

完成市政工程施工后，对地下管线的后期维护和管理同样至关重要。这确保了管线的长期稳定性和功能性，同时也为未来的工程提供了宝贵的信息资源。维护活动应定期进行，包括对管线的检查、清洁和维修，以及对可能的问题进行早期识别和处理。此外，所有的维护和管理活动应记录在一个集中的数据库中，确保所有相关信息都是最新和准确的，为未来的施工活动提供指导和支持。

5 结语

随着城市化进程的加速和市政基础设施的复杂化，地下管线在城市建设中扮演着越来越重要的角色。保护这些管线，确保它们在施工中不被损坏，不仅是为了避免巨大的经济损失，更是为了确保城市的安全运行和居民的生命安全。通过加强前期策划、优化施工方法、进行定期的培训和制定应急预案，可以大大降低地下管线受损的风险。同时，不断创新和引进新技术、新方法，结合严格的管理和维护，确保市政工程施工的安全、高效和可持续，是每一个城市建设者和管理者的责任和追求。

[参考文献]

[1]冉瑞尧.市政工程施工中的地下管线施工技术[J].城市建设理论研究(电子版),2023(21):128-130.
[2]杨蓝山.市政工程施工中地下管线的保护探讨[J].四川水泥,2022(6):167-169.
[3]俞克文.市政工程施工中地下管线的保护分析[J].中国高新科技,2022(6):54-55.
[4]杨沛根.试论市政工程施工中的地下管线施工技术[J].居舍,2021(18):75-76.

作者简介：陈磊杰（1988.11—），男，学历：本科，专业：建筑学，职称：中级职称，主要从事工作方向：施工管理，目前就职单位：中国市政工程中南设计研究总院有限公司。

Copyright © 2023 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

市政排水设计中海绵城市理念的实施策略

温胜利
石家庄市排水管护中心，河北 石家庄 050000

[摘要]随着城市化的加速推进，城市面临着日益严峻的环境挑战，包括但不限于城市内涝、水资源短缺、生态系统退化等问题。传统的城市排水系统在应对这些挑战时显得越来越无法满足需求。在这种背景下，海绵城市的理念应运而生。海绵城市以其独特的水资源管理和环境保护方式，为解决现代城市面临的种种问题提供了全新的思路。本篇文章探讨海绵城市理念在市政排水设计中的渗透应用，为构建更加可持续、环保的城市环境提供有力支持。

[关键词]市政排水；海绵城市；海绵城市理念
DOI：10.33142/ec.v6i12.10347　　中图分类号：TU991　　文献标识码：A

Implementation Strategy of Sponge City Concept in Municipal Drainage Design

WEN Shengli
Shijiazhuang Drainage and Protection Center, Shijiazhuang, Hebei, 050000, China

Abstract: With the acceleration of urbanization, cities are facing increasingly severe environmental challenges, including but not limited to urban waterlogging, water resource scarcity, ecosystem degradation, and other issues. Traditional urban drainage systems are increasingly unable to meet demand in response to these challenges. In this context, the concept of sponge cities emerged. Sponge cities, with their unique water resource management and environmental protection methods, provide new ideas for solving various problems faced by modern cities. This article explores the application of sponge city concept in municipal drainage design, providing strong support for building a more sustainable and environmentally friendly urban environment.

Keywords: municipal drainage; sponge city; sponge city concept

引言

当前，全球范围内城市化进程加速，城市面临的水资源管理和环境问题日益凸显。传统的城市排水系统存在的问题，例如排水不畅、水污染严重等，使得城市生活质量受到威胁。而海绵城市的理念则在其核心设计中融入了自然生态系统的特性，致力于实现水资源的可持续利用、生态环境的改善和城市抗灾能力的提升。因此，深入研究海绵城市在市政排水领域的应用，对于推动城市可持续发展、提高城市抗灾能力、改善市民生活质量具有重要意义。

1 海绵城市概念下市政排水设计的重要性

海绵城市概念下市政排水设计的重要性在当代城市规划和可持续发展中变得愈发显著。传统的城市排水系统通常以快速排水为主，这种模式在面对气候变化、城市扩张和环境污染等挑战时显得越来越不可持续。相比之下，海绵城市的概念旨在模仿自然生态系统，将自然水循环引入城市设计中，以实现雨水的最大程度渗透、蓄存、净化和利用。首先，海绵城市的设计理念有助于解决城市内涝问题。随着城市化的快速发展，大量的土地被城市化，自然地表被水泥和建筑覆盖，雨水无法迅速渗透，导致了城市内涝问题的加剧。而海绵城市通过构建透水性路面、增加绿化面积、建设雨水花园等手段，使得雨水能够迅速渗透到地下，减轻了城市内涝的发生概率[1]。其次，海绵城市概念下的市政排水设计有助于改善城市生态环境。传统的排水系统将雨水和污水混合排放，导致水体污染。而海绵城市的设计采用分流排水的方式，将雨水和污水分开处理，通过植被和土壤的自然净化作用，减少了污染物的输入，提高了水质。同时，海绵城市注重绿化和生态空间的建设，增加了城市的绿色覆盖率，提升了居民的生活质量。此外，海绵城市的设计理念还有助于实现水资源的可持续利用。在海绵城市中，雨水被视为一种宝贵的水资源，可以被收集、储存和利用。通过建设雨水花园、雨水收集池等设施，将雨水储存起来，用于灌溉、景观水体充实等用途，减少了自来水的使用，实现了水资源的高效利用。

海绵城市概念下市政排水设计的重要性体现在它能够解决城市内涝问题、改善生态环境、实现水资源的可持续利用等方面。这种设计理念的引入不仅有助于提高城市的抗灾能力，还能够促进城市的可持续发展，是现代城市规划中不可忽视的重要部分。

2 海绵城市理念在市政排水设计中的渗透应用可行性分析

海绵城市理念作为一种新型的城市规划理念，旨在构建具有自净、自减、自蓄、自用特点的城市水循环系统，既能够应对气候变化、水资源短缺等挑战，又能够改善城市生态环境、提升市民生活质量。在市政排水设计中，渗透应用海绵城市理念具有重要的可行性，这主要体现在以下几个方面：

Copyright © 2023 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

2.1 环境可持续性

海绵城市的设计理念体现了对环境可持续性的关注。通过合理的雨水管理、绿化带的设置和节水措施，海绵城市减少了城市内涝的风险，同时提高了城市的自然抗灾能力。采用透水性材料和植被，帮助城市实现了雨水的渗透，减少了地表径流，维护了地下水资源的平衡。此外，海绵城市的建设也减少了对传统自来水的需求，推动了水资源的节约利用。这些举措不仅使城市更加适应气候变化，还保障了未来世代的可持续发展。

2.2 生态系统保护

海绵城市的设计理念强调生态系统的保护和恢复。通过绿化带、雨水花园、湿地公园等绿色基础设施的建设，海绵城市提供了丰富的生态环境。这些区域不仅提供了动植物栖息地，也改善了空气质量，促进了生物多样性。在海绵城市中，水体得到保护，湿地得到恢复，自然生态系统得以良好发展。通过生态系统的保护，不仅提高了城市居民的生活质量，也为城市的可持续发展创造了更为健康和稳定的生态环境。

2.3 水资源合理利用

在海绵城市的设计中，水资源的合理利用是至关重要的一环。这不仅包括了雨水的收集和利用，还包括了水的循环利用和节约。通过设置雨水收集系统，城市可以储存并净化雨水，用于景观灌溉、冲洗道路等非饮用水需求，减轻了自来水的使用压力[2]。同时，水的循环利用也是关键，通过污水处理再利用系统，将家庭污水净化后用于冲厕、浇灌等，最大限度地减少了淡水资源的浪费。此外，合理的水资源管理还包括了水的节约使用，通过宣传教育、智能水表等手段，引导市民形成节水意识，实现了水资源的可持续利用，为城市的发展提供了可靠支持。

2.4 社会经济效益

海绵城市的建设不仅仅是为了环境保护，也带来了显著的社会经济效益。首先，通过改善城市的环境质量，减少了自然灾害的发生，降低了防汛救灾的成本。其次，海绵城市的建设推动了相关产业的发展，例如雨水收集利用系统的制造和安装、绿化带建设所需植被的培育等，创造了就业机会。此外，海绵城市的景观提升也吸引了更多的游客，推动了旅游业的发展。在社会方面，改善了市民的生活环境，提高了居住舒适度，增强了社区凝聚力，促进了社会和谐稳定。

2.5 社会认可度

社会认可度是评价一个城市建设项目成功与否的重要标志。在海绵城市的建设过程中，市民的参与和认可至关重要。因此，及早启动社会宣传和教育活动，提高市民对海绵城市理念的认知，解答疑虑，增强市民的参与感，是至关重要的。同时，建立起多层次的沟通机制，包括政府、专家、市民的互动，使得决策更加透明，吸纳各方的建议和意见，提高了决策的科学性。此外，在建设过程中，要充分尊重当地文化和历史，确保设计与当地特色相融合，得到市民的认可和喜爱，从而提高了项目的社会认可度。通过以上的措施，海绵城市的建设不仅仅是技术层面的创新，更是社会参与和认可的过程，这种认可度不仅是对城市建设者的认可，也是对海绵城市理念的认可，为可持续城市发展奠定了坚实基础。

3 市政排水设计中海绵城市理念的实现形式

3.1 人行道设计

在海绵城市的设计中，人行道的规划和设计是至关重要的，因为它们不仅是市民日常生活的一部分，也是城市雨水的重要渗透区域。在人行道设计中，透水性材料的选用是关键一步。采用透水铺装、透水砖或者透水混凝土，可以让雨水迅速渗透到地下，减少地表积水，提高路面的抗滑性，同时改善了人行道的行走舒适度。此外，人行道的设计应考虑到雨水的流向，避免形成积水区域，可以设置微坡度，引导雨水流向绿化带或者透水排水系统。在设计中，可以在人行道两侧设置绿化带，选择适应当地气候的树种和植被，既美化了人行道，又提供了雨水的渗透区域。另外，人行道边缘可以设计成花槽或者花坛，选择透水性好的土壤和植被，促使雨水迅速渗透，并提供了自然美观的景观。通过这些人行道的设计策略，不仅改善了城市的行人环境，同时也促进了雨水的自然渗透，实现了城市人行道与海绵城市理念的完美结合。

3.2 机动车行驶道路设计

在海绵城市的理念下，机动车行驶道路的设计需要考虑雨水的迅速排除、道路通行的顺畅以及交通安全。首先，透水性路面材料应被广泛采用，以便雨水能够迅速渗透到地下，减少地表积水。同时，道路的横截面应该合理设计，考虑到雨水的流向，避免形成低洼区域，导致水汇聚。此外，可以在道路两侧设置绿化带或者透水砖路边，以增加雨水的渗透面积，提高雨水的渗透效率。交叉口处和下凹路段应设置透水排水系统，确保雨水在最短的时间内被排除，避免交通阻塞。通过这些设计，不仅提高了道路的排水效率，还改善了城市的交通流畅性。

3.3 绿化带设计

绿化带在海绵城市设计中发挥着至关重要的作用。首先，绿化带可以起到拦截雨水、提高土壤透水性的作用。选择适宜的植被和树种，使绿化带成为一个天然的雨水花园，帮助雨水渗透地下，减少地表径流。其次，绿化带的设计应考虑到植被的密度和高度，以提供足够的阻尼，减缓雨水流速，避免土壤侵蚀。在绿化带内部，可以设置透水铺装或者花砖，增加地面的透水性，促使雨水迅速渗透。此外，选择抗旱、适应性强的植被，降低对灌溉水源的需求，实现绿化的可持续发展。通过这些措施，绿化带不仅美化了城市环境，还在雨水管理中发挥了积极作用，实现了城市绿化和雨水治理的双重效益。

Copyright © 2023 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

3.4 附属设施

海绵城市的成功实现离不开一系列精心规划和设计的附属设施。其中，雨水花园被广泛应用于公园和广场，不仅美化了城市环境，也实现了雨水的迅速吸收和渗透。蓄水池作为临时储水的设施，在暴雨来袭时能够暂时容纳过多的雨水，然后缓慢释放，有效减缓了雨水的冲击，保障了城市排水系统的稳定。透水铺装则被广泛用于人行道、广场等区域，不仅提供了良好的行走环境，同时也减少了地表积水，降低了城市内涝的风险[3]。屋顶绿化作为一种环保的建筑设计方式，不仅美化了城市天际线，还能够吸收雨水、提高利用率，同时还具有节能降温的效果。最后，雨水收集系统则实现了雨水资源的储存和再利用，净化后的雨水被用于景观灌溉和其他非饮用水需求，推动了城市水资源的智能管理。这些附属设施的规划和建设，不仅提高了城市的抗洪能力，同时也促进了城市绿化、景观美化，为城市的可持续发展奠定了坚实基础。

3.5 与城市绿地的衔接

在海绵城市设计中，与城市绿地的紧密衔接不仅仅是美化城市景观，更是实现海绵城市理念的关键策略。首先，合理规划城市绿地的布局至关重要。将绿地布置于城市的低洼地区和雨水集中流域，利用绿地的透水性，使雨水能够迅速渗透进地下，有效减缓地表径流，从而预防水患的发生。其次，在城市的公园、广场等绿地区域，可以构建雨水花园。这种雨水花园不仅美化了城市环境，同时通过植被的吸水作用，提高了土壤的透水性，促使雨水更好地渗透，符合海绵城市理念，也为市民提供了休闲娱乐的场所。此外，在城市的湿地公园等区域，可以设计湿地景观，将雨水引入湿地系统，通过湿地植被和微生物的共同作用，净化雨水、提高水质。另外，建设人工湖泊也是一种常见策略，这些湖泊既是城市景观的一部分，又能够充当雨水的储存池，缓冲雨水并防止洪水的发生。最后，生态廊道的设计也应融入海绵城市理念，例如将雨水花园、透水铺装等设施融入生态廊道，既实现了雨水的渗透，又丰富了生态廊道的功能。通过以上手段，城市绿地与海绵城市的设计紧密结合，不仅提高了城市生态环境质量，也为城市内涝问题提供了可行的解决方案，同时增加了市民的休闲娱乐空间，使城市更加宜居，展现了海绵城市理念的深刻内涵。

3.6 统筹规划，建立合理完善的市政排水体系：

在海绵城市理念的应用中，统筹规划和建立合理完善的市政排水体系是确保其成功实施的关键一环。首先，必须进行全面的综合性规划，考虑城市的地理特征、气候条件、土壤类型、人口密度和用地结构等多方面因素。通过详细的调查研究，明确海绵城市设计的主要方向，确定市政排水体系的总体布局，包括雨水和污水的分流策略，各种绿色基础设施的布设位置，确保设计方案的合理性和可行性。在设计中，弹性化的策略是至关重要的。不同区域和用途需采用灵活多样的设计方案。例如，在住宅区，可以增加雨水花园和屋顶绿化，以提高雨水的渗透率；而在商业区和交通枢纽周边，透水铺装和蓄水池的设置可以有效应对瞬时大雨的冲击。这种弹性化设计保证了系统的适应性和灵活性，更好地适应城市内不同区域的需求。此外，实现灰水（洗手间、浴室等产生的污水）与雨水的分流至关重要。分流后的雨水可通过各种绿色基础设施进行处理和利用，分流的灰水则可以进入污水处理系统，进行专业处理。这种分流设计不仅保障了污水系统的正常运行，同时充分利用了雨水资源。在技术创新方面，引入智能监测、远程控制等现代科技手段，建立高效、智能的市政排水系统。并且，必须建立健全的管理机制，包括定期检查、维护，及时处理问题，以确保市政排水体系的长期稳定运行。最为关键的是社会参与和宣传教育。通过引导社会各界的参与，增强市民对海绵城市理念的认知和支持。宣传教育活动能够提高市民对海绵城市设计的理解，鼓励他们积极参与城市建设，保持城市环境的可持续发展。在整个过程中，政府、规划者、设计师、工程师和市民等各方的密切合作至关重要。只有通过综合、合作的方式，建立合理完善的市政排水体系，才能够真正实现海绵城市理念在城市中的成功渗透和应用。这样的系统性规划和有序实施，将为城市的可持续发展提供坚实基础，促使海绵城市理念在现代城市建设中迈出坚实的步伐。

4 结语

海绵城市的理念通过模仿自然生态系统，将雨水的渗透、蓄存、净化和利用融入城市规划中，为城市的可持续发展提供了创新性解决方案。海绵城市的理念不仅仅是一种新的城市设计理念，更是一种能够改善城市生态环境、提高城市抗灾能力、促进社会经济发展的战略选择。在未来的城市规划和建设中，我们应该更加积极地借鉴和应用海绵城市的理念，创造更加宜居、宜业、宜游的城市环境，为后代子孙留下一个更美好的家园。

[参考文献]

[1]江俊，余俊奇.海绵城市理念的市政道路给排水设计中的渗透[J].智能建筑与智慧城市，2019(10)：90-91.
[2]吴一波.海绵城市理念在市政给排水设计中的运用策略探讨[J].地产，2019(17)：39.
[3]陈放.市政给排水设计中海绵城市理念的渗透[J].智能城市，2021，7(8)：34-35.

作者简介：温胜利（1970—），男，汉，籍贯：河北省栾城县，学历：大学本科，毕业院校：河北建筑工程学院，现有职称：高级工程师。

Copyright © 2023 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

市政路桥工程大体积混凝土施工技术管理分析

厉 飞
上海城建市政工程（集团）有限公司，上海 200032

[摘要]随着我国城镇化的步伐加快，市政道路桥梁工程在现代经济社会建设中起到了不可或缺的作用。在城市规模持续扩张的背景下，虽然城市人口数量维持稳定，但对市政基础设施的要求却呈逐年上升之势。这不仅关系到城市的高效运作，更影响到市民的日常生活和经济活动。因此，市政道路桥梁工程中大体积混凝土的施工技术显得尤为关键。针对混凝土裂缝这类普遍存在的问题，需要深入探讨其成因，并结合技术管理实施策略，制定切实有效的解决方案。文中将对大体积混凝土的基本特性、影响其质量的主要因素，以及技术管理实施策略等内容进行深入分析，以期为市政道路桥梁工程带来更高的建设与施工标准。

[关键词]市政路桥工程；大体积混凝土；技术管理
DOI：10.33142/ec.v6i12.10339 中图分类号：TU71 文献标识码：A

Analysis of Technical Management of Mass Concrete Construction in Municipal Road and Bridge Engineering

LI Fei
Shanghai Urban Construction Municipal Engineering (Group) Co., Ltd., Shanghai, 200032, China

Abstract: With the acceleration of urbanization in China, municipal road and bridge engineering has played an indispensable role in modern economic and social construction. Against the backdrop of continuous expansion of urban scale, although the urban population remains stable, the requirements for municipal infrastructure are increasing year by year. This not only relates to the efficient operation of cities, but also affects the daily life and economic activities of citizens. Therefore, the construction technology of large volume concrete in municipal road and bridge engineering is particularly crucial. In response to common problems such as concrete cracks, it is necessary to deeply explore their causes and develop practical and effective solutions in combination with technical management implementation strategies. The article will conduct an in-depth analysis of the basic characteristics of mass concrete, the main factors affecting its quality, and the implementation strategies of technical management, in order to bring higher construction and construction standards to municipal road and bridge engineering.

Keywords: municipal road and bridge engineering; mass concrete; technical management

引言

在经济全球化和快速城市化的双重推动下，我国正经历着前所未有的城市建设与发展潮流。其中，市政道路桥梁工程尤为关键，因为它不仅为城市居民提供便利，更是城市经济流动和社会发展的重要载体。但是，随着城市化进程的加速，也面临着一系列前所未有的挑战。特别是在大型基础设施建设中，如何确保混凝土的质量，如何避免常见的裂缝问题，以及如何结合现代技术进行有效管理，都成为了我们亟待解决的问题。本文旨在深入探讨这些问题，分析其背后的原因，并提出针对性的技术和管理策略，以期为我国的市政道路桥梁工程建设提供有益的参考和指导。

1 大体积混凝土特征

1.1 混凝土简介

混凝土是一种由水泥、砂、石料、水以及其他必要的添加剂按照一定的比例混合并硬化而成的人造石。因其耐用、抗压能力强、成本低廉等特性，混凝土已经成为现代建筑和工程中最常使用的材料之一。从高楼大厦到道路桥梁，从水坝到隧道，混凝土都发挥着关键的作用。它可以塑性成型，适应各种结构形态和功能需求，因此，混凝土在现代建筑领域中的应用极为广泛。

1.2 大体积混凝土定义及特点

大体积混凝土，顾名思义，是指体积较大的混凝土结构[1]。与传统混凝土相比，大体积混凝土的最大特点是其在浇筑和固化时产生的热量大，因此需要特殊的控制和管理。这种混凝土通常应用于大型基础设施工程，如大坝、大桥基础和某些特大型建筑结构。因为其大量的混凝土材料紧密排列，其内部热和应力分布特点与常规混凝土有所不同，可能导致裂缝、变形等问题。

1.3 热控制与裂缝预防

由于大体积混凝土在固化过程中产生的热量较大，如果不进行有效的温度控制，可能会导致内部热应力过大，进而产生裂缝。为了避免这种情况，必须采取一系列热控制措施，如使用低热水泥、增加掺合材料比例、采用冷却水管等方法。同时，为了预防裂缝的产生，施工过程中还

Copyright © 2023 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

需采取适当的浇筑和养护措施，确保混凝土在固化初期获得均匀的强度，避免应力集中和局部过热。

2 大体积混凝土质量影响因素

2.1 原材料问题

混凝土的质量与性能在很大程度上取决于其构成的原材料。不合格或质量较差的原材料直接影响混凝土的强度、耐久性和工作性。例如，水泥的品质、骨料的洁净度、添加剂的选择以及水的质量都是决定混凝土性能的关键因素。不仅如此，原材料的不恰当选择或不均匀混合也可能导致混凝土内部的应力不均匀，从而增加裂缝的风险。因此，确保原材料的高质量和正确的比例是避免后期结构问题的关键。

2.2 施工人员施工不当

施工人员的技能和经验在混凝土施工中起到了至关重要的作用。施工不当，如浇筑速度过快、振捣不足或过度、浇筑层次不清等，都可能导致混凝土的空洞、蜂窝、分层和其他缺陷。此外，不恰当的养护方法也可能导致混凝土表面干裂或其他问题。因此，提高施工人员的技能和知识，以及确保他们遵循正确的施工和养护程序，对确保混凝土质量具有至关重要的意义。

2.3 外部环境变化与气温的影响

外部环境因素，特别是温度和湿度，对混凝土的固化和性能有显著影响。高温可能导致混凝土快速蒸发，增加其收缩裂缝的风险；而低温可能导致混凝土固化缓慢，甚至冻伤，影响其强度和耐久性[2]。此外，大的温差，尤其是日夜温差，也可能导致混凝土产生热应力和裂缝。因此，施工时需要密切关注气温和湿度，采取适当的措施，如遮荫、湿润养护、隔热等，以确保混凝土在最佳条件下固化。

3 当前造成大体积混凝土施工裂缝的情形

3.1 浇筑一次性释放热量大

在大体积混凝土施工中，由于其大的体积和浓密的结构，当混凝土开始固化时，会产生大量的热。这种热是由水泥水化过程中的化学反应产生的。当这些热量在混凝土内部被困住时，它会导致内部的温度显著上升[3]。如果这种内部热量不能有效地散发出去，它可能导致混凝土的内部和外部之间存在温差，从而引起内部应力，增加裂缝的风险。对于大体积的混凝土结构，如何管理和控制这种热量的释放，确保其均匀散热，避免因过热造成的裂缝，是施工过程中需要特别注意的问题。

3.2 水分蒸发过快产生的收缩

水分的蒸发是混凝土固化过程中常见的现象，特别是在高温、低湿度或风大的环境中。当混凝土的水分过快蒸发时，表面可能会出现干燥，导致所谓的“塑性收缩”。这种收缩是由于混凝土表面水分的快速蒸发，在还未来得及从混凝土内部补充水分之前就产生的。这种收缩引起的应力可能会导致表面裂缝的形成，影响结构的外观和耐久性。为了避免因水分蒸发过快造成的问题，施工中需要采取一系列措施，如使用湿润的覆盖物、喷雾或添加特定的添加剂来减少水分的蒸发。

4 技术管理实施策略

4.1 重视沟通协作

在市政道路桥梁工程的建设中，沟通与协作是项目成功的关键。从设计、材料采购、施工到项目验收，每一个环节都涉及到多个团队和部门的合作。有效的沟通确保了所有参与方对项目目标、技术规范和施工进度有一个统一的认识，从而避免了因误解或信息不对称导致的失误。例如，在大体积混凝土施工中，设计师、材料供应商、施工团队和质检部门需要紧密合作，确保混凝土的质量和施工进度都达到预期。此外，当遇到意外情况或技术难题时，团队间的有效沟通可以迅速找到问题的根源并制定解决方案。

4.2 重视施工技术操作细节管理

4.2.1 浇筑施工技术实操管理

浇筑是混凝土施工中的关键步骤，它直接影响到混凝土的质量和结构的耐久性。因此，浇筑施工技术的实操管理尤为重要。首先，需要确保混凝土的配比符合设计要求，保证其流动性和可浇筑性。在浇筑过程中，必须注意混凝土的连续性，避免断层和冷缝的出现。同时，要确保混凝土在浇筑过程中不受到外部因素的干扰，如风、雨和日光直射，以避免表面出现干燥或其他质量问题。此外，浇筑速度也是需要管理的关键因素。过快的浇筑速度可能导致混凝土内部出现气泡或其他缺陷，而过慢的浇筑速度可能使混凝土失去流动性，影响浇筑效果。为了确保浇筑的质量，还需配合适当的振捣，确保混凝土充分密实，排除内部的空气和多余的水分。

4.2.2 振捣施工技术实操管理

振捣是混凝土施工中的另一关键环节，它的目的是确保混凝土在浇筑后能够均匀密实，排除其中的气泡和过多的水分，以形成均匀、连续且无缺陷的结构。因此，振捣施工技术的实操管理至关重要。首先，振捣工具的选择应符合混凝土浇筑的具体条件和要求。无论是内振还是外振，都要确保其能够为混凝土提供足够的能量，以使其达到理想的密实度。在振捣过程中，需要注意振捣的时间和深度，避免过度振捣导致混凝土分层，或振捣不足造成混凝土内部出现空洞和蜂窝。振捣施工还应考虑混凝土的特性，如其配比、浇筑速度和温度等，以调整振捣策略。此外，为了确保质量，施工团队应定期对振捣设备进行维护和检查，确保其正常运行。最后，与其他施工环节一样，振捣施工也需要经验丰富的操作人员来进行，他们应根据混凝土的实际情况灵活调整振捣方法，确保最终混凝土结构的完整性和耐久性。

4.2.3 温测施工技术实操管理

在大体积混凝土的施工过程中，温度的管理是关键因素之一，因为它直接影响到混凝土的质量和后续的耐久性。因此，温测施工技术的实操管理尤为重要。混凝土在固化过程中会产生热，尤其是在大体积混凝土中，这种热量的累积可能会导致过高的内部温度，从而引起温度应力和裂缝的生成。为了避免这种情况，需要进行实时的温度监测，

Copyright © 2023 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

确保混凝土内部的温度分布均匀，不超出设计允许的范围。温测施工技术管理要求使用高精度的温度传感器，这些传感器应均匀地布置在混凝土中，以获取准确的温度分布数据[4]。数据采集后，需要进行实时分析，如果发现温度超出允许范围，应立即采取措施，如增加冷却或调整养护方法。此外，温测数据还可为后续的工程提供宝贵的参考，帮助工程师和施工团队更好地理解混凝土在不同环境和条件下的温度变化规律，进而优化施工方法和管理策略。

4.2.4 养护施工技术实操管理

混凝土养护是确保其早期质量和长期性能的关键步骤。在混凝土初期固化时，养护可以防止水分过快蒸发，从而减少裂缝的产生，保证混凝土达到预期的强度。因此，养护施工技术的实操管理对于确保混凝土的耐久性和功能性起到至关重要的作用。首先，湿养护是一种常用的养护方法，通过保持混凝土表面的湿润，以减少水分的蒸发。这可以通过连续喷水、覆盖湿润的麻布或帆布等方式实现。除了湿养护，还可以使用特制的混凝土养护膜，它们可以形成一个防止水分蒸发的薄膜。温度也是养护管理中需要关注的因素。在低温环境下，混凝土可能不会正常固化，导致强度不足。因此，必要时应采取加温措施。反之，过高的温度也可能导致水分过快蒸发和热裂缝的产生，所以在高温环境下需要特别关注混凝土的湿养护。

4.3 重视施工技术操作期间的安全监管

施工安全是每个工程项目中的首要任务，尤其在复杂和技术要求高的工程如大体积混凝土施工中。对施工技术操作期间的安全监管的关注和管理不仅能保证工人的人身安全，还能确保项目的顺利进行和成功交付。首先，施工现场应当设有明确的安全规章制度，并进行定期的安全培训，确保每一位施工人员都明白并且能够严格遵循这些安全规定。这包括但不限于正确地操作混凝土机械、有效的个人防护设备使用，以及如何应对突发情况[5]。其次，对于大体积混凝土施工，由于涉及大量材料和大型设备，施工现场的布局和人员流动管理尤为重要。确保设备的正常运作、维护以及定期检查，可以预防由于设备故障导致的安全事故。此外，应对施工现场进行定期的安全巡查，发现并及时纠正任何可能导致危险的行为或情况。任何事故的小迹象或过失都应被记录并分析，以避免未来的类似事件。最后，确保与所有团队成员，包括供应商和承包商，进行良好的沟通，确保每个人都了解他们的安全职责和期望。

5 市政路桥工程大体积混凝土施工技术管理要点

5.1 把控好原材料与配合比设计

原材料的质量直接影响混凝土的性能和耐久性。因此，选择高质量的水泥、骨料、水和其他添加剂是至关重要的。此外，根据项目的特定要求和环境条件，精确地设计混凝土的配合比也同样关键。这不仅确保了混凝土的工作性和强度，还能优化成本。为此，应定期检测原材料的质量，并使用现代计算工具和实验室测试来验证和优化混凝土的配合比设计。

5.2 温度把控技术

温度在混凝土施工中扮演着关键角色。不仅影响混凝土的流动性和固化时间，还可能导致热裂缝的形成。因此，使用温度控制技术，如冷却骨料或使用冷水，可以确保混凝土在适当的温度下浇筑和固化。此外，施工现场的温度监控和记录也是不可或缺的，以确保混凝土始终在最佳条件下施工。

5.3 后期养护管理与科学配置

混凝土在浇筑后的养护对于其长期性能和耐久性至关重要。这包括保持其湿润，以减少水分蒸发，以及根据需要对其进行加热或保温。科学的养护配置，如使用自动喷雾系统或覆盖物，可以确保混凝土在固化过程中获得均匀的湿度和温度条件。通过持续的监控和适时的干预，可以确保混凝土达到其预期的性能。

5.4 施工设备选择与现场管理

选择正确的施工设备对于高效、安全和高质量的混凝土施工至关重要。根据施工的规模和复杂性，应选择适当大小和能力的混凝土搅拌机、泵和其他相关设备。此外，有效的现场管理，如合理的物料储存、设备维护和工人培训，可以确保施工现场的顺畅运行。这不仅提高了施工效率，还确保了工人的安全和工程的质量。

6 结语

随着城市化的加速和基础设施建设的不断扩展，市政道路桥梁工程在城市发展中的作用日益凸显。本文深入探讨了大体积混凝土施工技术管理的多个方面，强调了原材料选择、施工技术、养护管理以及现场施工设备与管理的重要性。每个环节的精细化管理都对确保工程质量和延长工程寿命起到了至关重要的作用。经此研究，期望为建筑行业提供一套综合而系统的施工技术管理策略，从而推动众多工程项目向更高的质量、效益和安全标准迈进，进一步促进城市的持续和绿色发展。

[参考文献]

[1]钱伦.大体积混凝土施工的质量控制技术要点分析[J].运输经理世界,2022(29):166-168.
[2]李尊龙.市政路桥工程大体积混凝土施工技术管理分析[J].城市建设理论研究(电子版),2023(8):86-88.
[3]韩卫明,罗韬.路桥工程大体积混凝土施工技术探析[J].居舍,2018(8):41.
[4]吴潇明,韩旭睿.市政路桥工程大体积混凝土施工技术管理[J].建材与装饰,2018(6):271-272.
[5]左志国.路桥工程施工中混凝土裂缝的原因及对策[J].交通世界(建养.机械),2012(10):147-148.

作者简介：厉飞（1989.11—），男，学历：本科，专业：土木工程，目前职称：中级工程师，目前所在单位：上海城建市政工程（集团）有限公司。

Copyright © 2023 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

热风炉炉体横环缝的埋弧自动焊工艺探讨

王明铭
中国市政工程中南设计研究总院有限公司，湖北 武汉 430010

[摘要]文中通过对大型热风炉炉体所采用的WSM—50C钢板的焊接性进行了分析，确定了采用埋弧自动焊焊接工艺施工的方法，降低了焊接缺陷发生概率，获得优良的焊缝质量。实践证明，该焊接工艺是可行的。
[关键词]热风炉；WSM-50C钢板中厚板；埋弧自动焊；焊接工艺评定
DOI：10.33142/ec.v6i12.10382 中图分类号：TG4 文献标识码：A

Discussion on the Submerged Arc Automatic Welding Process for the Transverse Circumferential Seam of the Hot Air Furnace Body

WANG Mingming
Central & Southern China Municipal Engineering Design and Research Institute Co., Ltd., Wuhan, Hubei, 430010, China

Abstract: In the article, the weldability of WSM-5OC steel plate used in the large hot blast furnace body was analyzed, and the method of using submerged arc automatic welding technology for construction was determined, which reduced the probability of welding defects and achieved excellent weld quality. Practice has proven that this welding process is feasible.
Keywords: hot blast furnace; WSM-50C steel plate medium thick plate; submerged arc automatic welding; welding procedure qualification

引言

随着我国经济快速发展，钢铁需求量越来越大，已经成为世界钢铁生产大国。高炉建设的规模已经越来越大，炉体的钢板也越来越厚，焊接的工作量越来越大。武钢8号高炉有效容积3800m³，热风炉炉壳平均板厚25cm以上。其热风炉炉壳焊接过程中，由于处于露天室外作业，一般传统采用手工焊条电弧焊焊接或CO_2气体保护半自动焊接施工，劳动强度大，同时受风力影响较大，施工速度慢，焊接成型后焊缝质量缺陷率较高，远远满足不了施工进度和焊接质量的要求，所以在武钢8号高炉热风炉的施工过程中，考虑到炉体材料的焊接特点和产品的设计要求，首次在武钢热风炉的建设中引入了埋弧自动化焊机。

埋弧焊（含埋弧堆焊及电渣堆焊等）是一种电弧在焊剂层下燃烧进行焊接的方法。该工艺需要连续喂入可消耗的固态或管状（金属芯）电极。通过“浸没”在由石灰、二氧化硅、氧化锰、氟化钙组成的颗粒状可熔焊剂覆盖层下，可保护熔融焊缝和电弧区免受大气污染以及其他化合物。当熔化时，焊剂变成导电的，并在电极和工件之间提供电流路径。这种厚的助焊剂层完全覆盖了熔融金属，从而防止了飞溅和火花，并抑制了强烈的紫外线辐射和烟气，这是屏蔽金属电弧焊（SMAW）工艺的一部分。本文主要讲述的是埋弧自动焊工艺在这方面的应用。

1 焊接性分析

1.1 材料成分分析

热风炉采用武钢研制WSM—50C 新钢种（化学成分见表1）。WSM—50C属于微合金化控轧制钢，是热轧及正火钢中的一类钢种。

表1 WSM—50C 的化学成分（%）

	C	Mn	Si	S	P	Cu	Nb	Ti	ALs
WSM—50C	0.15	1.37	0.34	0.005	0.012	0.05	0.029	0.01	0.04

由表1分析可知，WSM50C钢的基础成分应该是低碳高锰，而锰元素的作用是降低奥氏体转变温度，细化铁素体晶粒，提高钢的强度和韧性，还可以消除硫对钢材的影响；而其他微合金元素铌和钛等的添加，可以减小奥氏体晶粒长大倾向，即在高温时阻碍原始奥氏体晶粒长大，在低温时起到析出强化作用。钢材的焊接性通常表现为焊接引起的各类缺陷，对WSM—50C 这类钢来说是各类裂纹问题。

1.2 碳当量（CEN%）计算

CEN=C+A(C)＞[Si/24+Mn/6+Cu/15+Ni/20+(Cr+Mo+V+Nb)/5+5B]……式（2-1）

A(C)=0.75+0.25+anh[20(c-0.12)]取 0.96 计算WSM-50C钢CEN%=0.38%

由于碳当量＜0.4%，钢材淬硬倾向小，钢材焊接性能良好，所以焊接前不需要预热。

1.3 裂纹敏感指数（Pcm）计算

Pcm=C+(Mn+Cu+Cr)/20+Si/30+V/10+Mn/15+Ni/60+5B(5)……式（2-2）

WSM—50C 钢 Pcm=0.232

由于冷裂纹敏感指数Pcm＜0.25，故WSM-50C钢不具备冷裂纹的倾向。

综合分析，从WSM50C钢的化学成分、碳当量及裂纹敏感指数来看， WSM50C钢由于不具备冷裂纹倾向，因此

Copyright © 2023 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

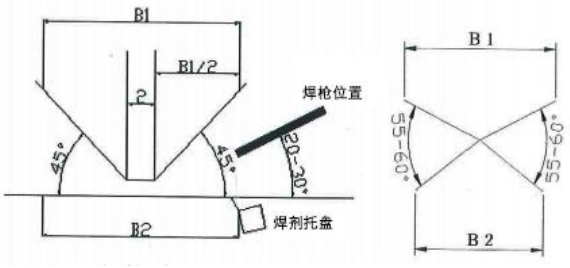
施工时应注意防止热裂纹倾向，严格控制焊接线能量保证焊接变形量的控制，对 WSM—50C 钢板的焊接必须采取合理的焊接工艺，严格按照规范施焊，以保证其焊接质量。

2 焊接工艺的确定

2.1 焊接方法

热风炉炉壳设备壁厚较大，对接焊缝较多。因此，根据施工现场生产流程、焊接设备、作业环境等实际情况，决定采用埋弧自动焊对热风炉的横缝进行焊接。

埋弧自动焊横缝焊接坡口形式与 CO_2半自动焊横缝焊接有所不同（见下图 2 所示）。其比 CO_2气体保护半自动焊坡口小，减少了焊缝的金属填充量，最终降低了综合成本，并且焊接变形量也小，获得了良好的焊缝质量。



埋弧自动焊坡口　　CO_2半自动焊排坡口

图 1　焊接坡口形式比较

2.2 焊接材料

根据制造锅炉、压力容器的标准，按照 JB4708——2000《钢制压力容器焊接工艺评定》，并参照 JB4709——2000《钢制压力容器焊接工艺规程》，来选择热风炉的焊接材料，埋弧自动焊焊材采用 H10Mn2+SJ101，其化学成分和力学性能分别见表 2、表 3 和表 4。

表 2　H10Mn2 化学成分（%）

试验项目	C	Mn	Si	Cr	Ni	S	P
保证值	≤0.12	1.50～1.90	≤0.07	≤0.20	≤0.30	≤0.040	≤0.040

表 3　SJ101 化学成分（%）

试验项目	SiO_2+TiO_2	CaOMgO	Al_2O_3+MnO	CaF_2	S	P
一般值	20～30	20～30	15～30	15～25	≤0.060	≤0.080

表 4　熔敷金属力学性能

试验项目	配用焊丝	Rm(MaPa)	Rel（MaPa）	A（%）	Akv（J）			
					20℃	0℃	-20℃	-40℃
保证值	H10Mn2	500～600	≥400	≥24	≥150	≥110	≥80	≥34

2.3 焊接工艺

横向环缝焊接由于焊缝位置与传统的埋弧自动焊平焊有明显的不同，主要区别于焊接溶池形成是铁水的流动的状态，由于横缝埋弧焊采用多道多层焊接工艺，其焊接坡口、焊缝层次等规范参数，都要按其特定的条件作相应的变动，以适应焊接过程的需要。

Ⅰ坡口形式：一般其坡口形式见图 1 所示。横向焊缝埋弧自动焊接热风炉炉壳上的坡口要根据现场板厚情况加工成 45±5° 的 K 形坡口，顿边 2mm 左右，间隙为 2mm。

Ⅱ坡口的加工：为了保证热风炉炉皮坡口加工的一致性及方便性，建议采用火焰切割法加工，但要求保证坡口的形状和尺寸的准确。

Ⅲ焊缝焊接的顺序：先焊打底层，然后是填充层，最后焊盖面层，具体焊接顺序是先焊热风炉炉壳外部焊缝 1～4 层，后焊热风炉炉壳外部焊缝 5～8 层，焊接顺序详见图 2。

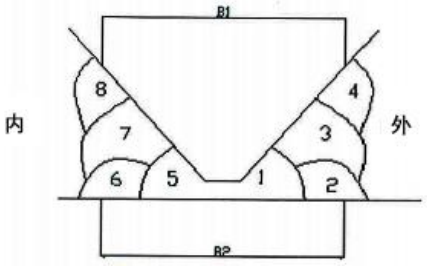


图 2　焊接顺序

（1）焊接参数的确定。埋弧焊焊渣在绝缘空气中的保护效果良好，焊接参数可自动设定，保持稳定。对焊工的技术水平要求不高，焊缝成分稳定，力学性能相对较好。埋弧焊的焊接参数主要包括：焊接电流、电弧电压、焊接速度、焊丝直径和延伸长度等。

（2）焊接电流。如果其他参数保持不变，焊接电流对焊缝形状和尺寸的影响如图 3 所示。在一般焊接条件下，焊透深度与焊接电流成正比。随着焊接电流的增加，熔深和焊接补强都显著增加，而焊缝宽度变化不大。同时，焊丝的熔化量相应增加，这增加了焊缝的多余高度，随着焊接电流的减小，熔深和余高都减小。

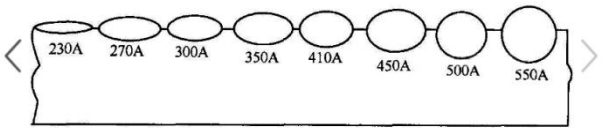


图 3　电流对焊缝的影响

（3）电弧电压。电弧电压的增加显著增加了焊接宽度，而熔深和焊接补强减小。然而，如果电弧电压过高，这不仅会降低熔深并导致不完全熔透，还会导致焊接成形不良、除渣困难，甚至出现咬边等缺陷。因此，在电弧电压增加的同时，焊接电流也应该相应地增加。

（4）焊接速度。如果其他焊接参数保持不变，并且焊接速度增加，则焊接热输入相应减少，从而导致焊缝熔深减少。焊接速度过快会导致未焊透等缺陷。为了保证焊接质量，必须保证一定量的焊接热输入。为了提高生产率和焊接速度，应相应地增加焊接电流和电弧电压。

（5）焊丝直径和伸出长度。细焊丝焊接时，焊丝的延伸长度通常会影响焊缝的形状和熔深。这是因为从导电

Copyright © 2023 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

喷嘴伸出的焊丝具有一定的电阻，并且电弧焊的焊接电流大。在焊丝的这一部分上产生的电阻热很大，并且焊丝被电阻热预热，导致熔化速率增加。如果焊丝直径小于 3mm，则必须严格控制焊丝的伸出长度。如果焊丝的直径较厚，延伸长度的影响相对较小，如采用直径 ϕ5mm 焊丝进行焊接时，将焊丝的延伸长度从 60mm 增加到 150mm 几乎不会影响焊缝的形状，但也应控制在合理的范围内。

如果导电喷嘴的材料是铜，焊缝会溶解成铜并产生裂纹，因此延伸长度不应太短。埋弧焊焊丝的延伸长度一般为焊丝直径的 6-10 倍和 20-60mm。对于不锈钢焊丝等高电阻材料，延长长度应较小，以避免焊丝过热。

考虑埋弧自动焊焊接电流、电弧电压、焊接速度、焊丝直径和伸出长度等原因素的影响，经焊接 WSM-50C 钢板的试件，最终确定焊接工艺参数参见表 5 所示。

表 5 焊接工艺参数

焊接方法	层数	焊材直径（mm）	焊接电流（A）	焊接电压（V）	焊接速度（mm/min）	焊丝伸出长度（mm）
埋弧焊	外 1	ϕ3.2	375	25	50	35～45
埋弧焊	外 2～4	ϕ3.2	450	26～27	80～100	35～45
埋弧焊	内 5	ϕ3.2	480	28	50	35～45
埋弧焊	内 6～8	ϕ3.2	460	26～27	60～100	35～45

3 焊接施工及防止缺陷的措施

（1）焊接前对坡口及焊缝两侧 20mm 内的一切表面铁锈、氧化皮、油污等用酮溶剂进行打磨处理，直到表面有金属光泽为止。

（2）将理弧焊焊剂在 300～400℃下烘干 2h，使用时不得接触潮湿环境。

（3）手工电弧定位焊的焊条（牌号为 E5016）应在 350～450℃下烘干 2h，焊接时放在焊条保温桶内，随用随取，且烘干不超过两次。

（4）在焊接材料上采用低碳焊丝和含 SiO2 较低的焊剂，以此降低焊缝中的含碳量和提高焊缝中的含锰量，解决了热裂纹的问题。

（5）焊接前，要重点对坡口质量、对口间隙、错边量、纵横焊缝的位置进行检查。坡口表面应整齐、光洁，不得有裂纹、锈皮、熔渣和其他影响焊接质量的杂物。

（6）焊接中，外打底焊缝焊前用 ϕ150mm 磨光机打磨清根，焊道间清渣应采用气动风铲铲净，以防止气孔夹渣，并应进行外观检查，清除缺陷后，再进行下一层的焊接。

（7）由于打底焊道是最关键的一条焊缝，所以焊接时先用较低的焊接电流，较低的速度及与其相匹配的焊接电压进行焊接。

（8）每焊完一道焊缝后要让焊缝冷却，一般采用自然冷却，直到焊缝及焊接热影响区小于或等于 60℃时，再进行下一道焊缝的焊接。

（9）焊缝的高度不得超过母材 3mm，焊缝反面要用磨光砂轮机磨平使焊缝与热风炉壳体基本处于同一平面。

（10）焊完后，用超声波应力消除仪器对焊缝及其接头的残余应力进行消除。

4 实施效果

（1）热风炉炉壳环焊缝焊后经过无损检测，焊缝主体尺寸符合要求，焊缝成型良好，完全符合质量要求，从而证明了上述焊接工艺的正确性。

（2）热风炉炉壳环焊缝焊后变形量较小，焊缝区域变形量≤2mm。

（3）焊缝和热影响区表面没有裂纹、夹渣、气孔、弧坑、咬边等缺陷。

（4）密封性的致密性实验一次合格。

（5）埋弧焊焊接时效率有了很大的提高，极大地减轻了工人的劳动强度，较手工电弧焊和 CO_2 半自动气体保护焊，生产效率分别提高了 10 倍和 5 倍，降低了综合成本。

（6）在武钢 8 号高炉热风炉焊接中采用横缝埋弧自动焊工艺，相比较 CO_2 半自动气体保护焊，提高了露天室外施工时的抗风能力，大大降低了焊接缺陷发生概率，获得优良的焊缝质量。

5 结语

热风炉炉壳环焊缝焊后无损探伤和气密性试验均 100%合格，说明热风炉炉壳环焊缝焊接质量完全满足要求，解决了 WSM-50C 钢材作为热风炉炉壳厚板焊接时容易产生变形、气孔及夹渣等缺陷导致密封性不好的问题。在武钢 8 号高炉热风炉焊接中采用横缝埋弧自动焊工艺，对制定合理的中厚板材横环缝焊接工艺、避免焊接缺陷、获得优良的焊缝质量具有普遍的借鉴意义，同时具有较高的适用性和可推广性。

[参考文献]

[1]游泰.CO_2气体保护焊在宝钢三号高炉 HS 燃烧室炉壳焊接上的应用[J].焊接技术,2001,02(47):39-40.
[2]崔帆,刘勇等.2～#高炉热风炉烟囱加固改造[J].莱钢科技,2017,03(189):26-27.
[3]徐广春.韶钢 6 号高炉热风炉改造施工技术[J].山西冶金,2017,40(4):131-133.
[4]顾文彪.高炉炼铁厂热风炉顶燃式改造施工及焊接工艺[J].建筑知识学术刊,2013(2):318-319.

作者简介：王明铭（1984.11—），男，毕业院校：太原科技大学，学历：本科，所学专业：材料成型及控制工程，目前就职单位：中国市政工程中南设计研究总院有限公司，职务：机电项目经理，专业职务：年限 15 年，目前职称：高级工程师（机械专业）。

Copyright © 2023 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

永磁同步减速电机在矿井提升机上的应用

邱战峰[1] 盛 超[2] 李凌云[3] 苗向民[3] 李斌成[3]
1 洛阳九亿重工集团有限公司，河南 洛阳 471003
2 舜华电气（昆山）有限公司，山东 曲阜 273100
3 华亭煤业集团新窑煤矿有限责任公司，甘肃 凉州 744201

[摘要]针对低速永磁同步电机直驱型矿井提升机体积大、成本高、电机运输困难、难以大范围推广等缺点，我们研发了一种永磁同步减速电机直驱型矿井提升机。永磁同步减速电机具有低速永磁同步电机直驱型矿井提升机效率高、节能效果明显、启动转矩大等几乎所有的优点，同时又具有铜损更低、调速范围宽、投资成本低等独有优势，使用户现场使用得以验证。
[关键词]矿井提升机；永磁同步电机；永磁同步减速电机；节能；投资成本
DOI：10.33142/ec.v6i12.10357 中图分类号：TN773 文献标识码：A

Application of Permanent Magnet Synchronous Reduction Motor in Mine Hoists

QIU Zhanfeng[1], SHENG Chao[2], LI Lingyun[3], MIAO Xiangmin[3], LI Bincheng[3]
1 Luoyang Jiuyi Group Mining Machinery Co., Ltd., Luoyang, He'nan, 471003, China
2 Shunhua Electric (Kunshan) Co., Ltd., Qufu, Shandong, 273100, China
3 Huating Coal Group Xinyao Coal Mine Co., Ltd., Liangzhou, Gansu, 744201, China

Abstract: In response to the drawbacks of large volume, high cost, difficult motor transportation, and difficulty in large-scale promotion of low-speed permanent magnet synchronous motor direct drive mine hoists, we have developed a permanent magnet synchronous reduction motor direct drive mine hoist. The permanent magnet synchronous reduction motor has almost all the advantages of a low-speed permanent magnet synchronous motor direct drive mine hoist, such as high efficiency, obvious energy-saving effect, and large starting torque. At the same time, it also has unique advantages such as lower copper loss, wide speed range, and low investment cost, which have been verified by user on-site use.
Keywords: mine hoists; permanent magnet synchronous motor; permanent magnet synchronous reduction motor; energy-saving; investment cost

引言

作为矿山井上和井下的“交通要塞”，矿井提升机是运送矿山物料、机械设备和操作人员的关键设备。近年来，国家大力提倡节能降耗，发展绿色经济，被大众誉为“碳中和电机”的永磁同步电机越来越受到人们重视。永磁同步电机在矿井提升机领域的使用，不仅节能收益非常可观，而且具有启动力矩大、低速特性好等优点。传统永磁提升机采用低速永磁同步电机直驱矿井提升机结构，虽具有永磁电机的几乎所有优点，但也因其成本高、体积大、运输困难等原因使得大功率低速永磁同步电机很难在矿井提升机上大范围推广使用。为此，我们研发了一种体积相对较小、成本较低的大功率永磁同步减速电机。

1 永磁同步减速电机结构

永磁同步减速电机，包括一级行星减速器和永磁同步电机。一级行星减速器无需输入轴，结构包括减速器机盖、行星齿轮结构、输出轴，减速器机盖和永磁电机壳体采用螺栓连接，太阳轮和输出轴通过设置在减速器机盖内的行星齿轮结构连接；永磁同步电机包括电机前端盖、电机壳体、电机后端盖、转子和定子，编码器连接装置，电机壳体设置在电机前端盖和电机后端盖之间，定子和转子设置在电机壳体内；减速器机盖与电机前端盖连接，减速器太阳轮和电机转子通过花键连接。

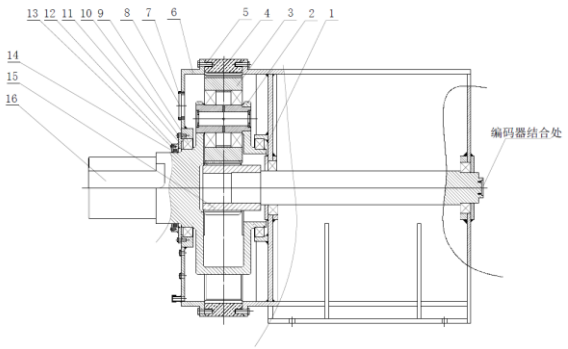


图 1 永磁同步减速电机结构示意图

1-轴用弹性挡圈，2-减速器转架，3-行星轮，4-内齿圈，5-螺栓，6-减速器机盖，7-螺栓，8-观察孔盖，9-轴承，10-螺栓，11-透盖，12-压板，13-螺栓，14-油封，15-太阳轮，16-切向键

永磁电机输出轴延伸到减速器太阳轮内，减速器转架和永磁电机前端盖之间设置有轴承，轴承通过固定在永磁

Copyright © 2023 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

电机前端盖和电机输出轴上弹性挡圈密封。

减速器输出轴延伸出减速器机盖，输出轴和减速器机盖之间设置有轴承，轴承通过固定在减速器机盖上的前轴承透盖和压板密封。

减速器机盖前端设置有观察孔盖，透过观察孔盖能观察清楚减速器内部润滑油的状态。

减速器输出轴带切向键和齿轮联轴器，永磁同步减速电机通过齿轮联轴器与矿井提升机主轴装置（卷筒）连接。

电机转子的两端分别通过轴承固定在电机前端盖和电机后端盖上，转子位于定子内的部位设置有永磁体，转子伸出电机后端盖处留有和光电编码器连接的接口。定子上分布有三相绕组，通入三相交流电后就会形成旋转磁场，和转子上固定磁极的永磁体互相作用产生磁力转矩，从而带动转子进行旋转，转子的旋转速度最终与定子中产生的旋转磁场的转速相等。

永磁同步减速电动机设置有冷却管路，电动机传动系统也可采用水冷方式强制冷却。省去了传统矿井提升机为行星减速器专设的润滑站装置，更节约了成本，减少了设备占地空间，更避免了润滑站的噪声污染。

2 永磁同步减速电动机直驱型矿井提升机

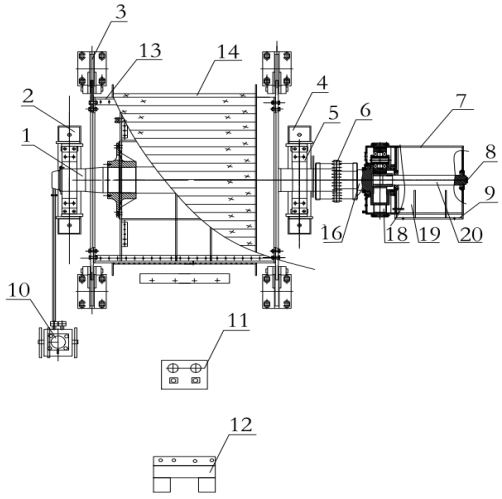


图 2 永磁同步减速电动机直驱矿井提升机的俯视结构示意图

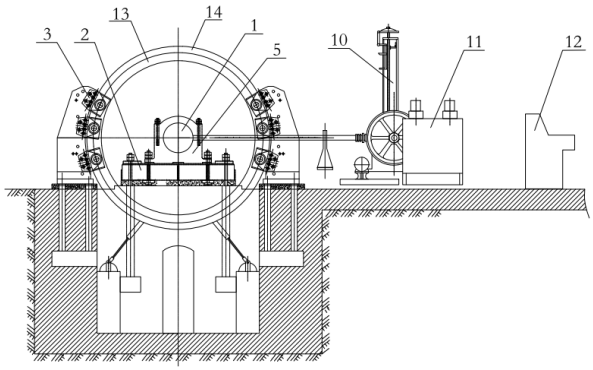


图 3 永磁同步减速电动机直驱矿井提升机的左侧视结构示意图

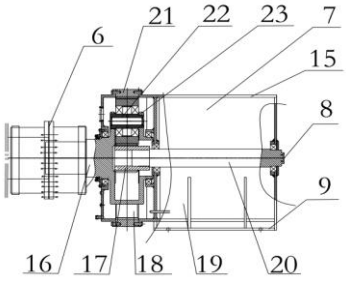


图 4 永磁同步减速电动机结构示意图

图 2 中标记：1、主轴；2、左轴承梁；3、盘形制动器；4、右轴承梁；5、轴承座；6、齿轮联轴器；7、永磁同步减速电动机；8、编码器接口；9、电机底座；10、深度指示器；11、液压站；12、操纵台；13、卷筒；14、卷筒塑料衬板；15、电机壳体；16、输出轴；17、太阳轮；18、行星减速器；19、永磁同步电机；20、转子；21、内齿圈；22、行星轮；23、减速器转架。

如图 2、图 4 所示，永磁同步减速电动机直驱矿井提升机，包括主轴装置，主轴装置的主轴两端分别设置有轴承，轴承外部分别设置有轴承座，轴承座分别固定设置在左轴承梁和右轴承梁的上部位置，在主轴的左端连接有深度指示器，主轴的右端通过齿轮联轴器和永磁同步减速电动机输出轴连接，永磁同步减速电动机转子右端设置有编码器接口；主轴装置还包括以主轴为中心沿其轴向外部设置的卷筒，环绕卷筒的外缘面上设置有卷筒塑料衬板，卷筒的两端分别连接有盘形制动器，盘形制动器分别连通液压站，主轴装置的卷筒还设置有定车装置，永磁同步减速电动机右侧下部位置设置有电机底座。

这种永磁同步减速电动机驱动矿井提升机以永磁同步减速电动机为动力源，通过齿轮联轴器、主轴装置构成了高效的传动系统和工作机构，其中主轴装置和主轴承的主要作用是缠绕或搭挂提升机钢丝绳，承受各种正常载荷（包括固定载荷和工作载荷）及各种紧急事故情况下所造成的非常载荷，并将此载荷经过轴承传给基础；传动系统包括齿轮联轴器和永磁同步减速电动机，永磁同步减速电动机 7 的作用是传递动力，永磁同步减速电动机 7 中的行星减速器要有足够的强度和刚度，并应能适应各种电动机转速的速比；永磁同步减速电动机输出轴带切向键，永磁同步减速电动机通过齿轮联轴器与矿井提升机主轴装置（卷筒）连接，联轴器的作用是联接两个旋转运动的部分，并通过其传递动力，它具有足够的强度和刚度，而且联接方便，允许被连接件之间有一定的相对安装和运动误差，并有一定的弹性及缓冲性。

由液压站、制动器装置和液压管路构成了可靠的安全制动系统，用于实现提升机正常工作制动及故障状态下的紧急制动的控制，在紧急制动时，实现二级制动来保证提升机的安全，在提升机停车时能可靠地抱闸；在减速阶段

Copyright © 2023 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

及重物下放时，能参与提升机速度控制；在安全保护起作用或紧急事故情况下使提升机迅速停车，以免事故发生或扩大；对双筒提升机，在调节绳长或更换水平时，应能抱闸游动卷筒，松开固定卷筒；矿井提升机制动系统的控制装置是液压站，盘型制动器 3 由液压和电气控制进行制动，控制装置的作用是：调节制动力矩；在任何事故状态下安全制动（紧急制动）；为双筒提升机调绳装置提供调绳离合器油缸所需的压力油。

由深度指示器、深度指示器传动装置和操纵台、电气控制设备构成了完备的观测操纵系统，深度指示器采用目前常用的传动装置为牌坊式传动装置；深度指示器的主要作用是：为操作者（提升机司机）指示提升容器在井筒中的位置； 向电气控制系统发送减速、过卷、停车等信号；在进入减速段运行时，对提升机提供限速保护；当需要解除二级制动时，向电控系统发送二级制动解除信号；操纵台的作用是：操纵台上装有各种手把和开关，是操作提升机完成提升、下放及各种动作的操纵装置；操纵台上装有各种仪表，向司机反映提升机的运行情况和设备的各种状况。保护系统主要包括测速发电机装置、光电编码器、护板、护栏、护罩等，测速发电机和光电编码器的主要作用：通过设在操纵台上的仪表向司机指示提升机的实际运行速度；参与等速运行和减速运行阶段的超速保护等。

这种永磁同步减速电动机驱动矿井提升机的工作过程为：永磁同步减速电动机是将永磁同步电机与行星减速器配置成一体，永磁同步电机的转子位于定子内的部位设置有永磁体，定子上分布有三相绕组，通入三相交流电后就会形成旋转磁场，和转子上固定磁极的永磁体互相作用产生磁力转矩，从而带动转子进行旋转，转子的旋转速度最终与定子中产生的旋转磁场的转速相等，通过变频器控制系统改变定子频率的方法从而改变电机同步转速的方法实现调速。永磁同步电机经一级行星减速后通过齿轮联轴器与提升机主轴装置连接，将动力传给缠绕钢丝绳的卷筒上，实现提升机容器在井筒中升降的目的。

4 永磁同步减速电机的优点

4.1 高效节能

永磁同步减速电机与低速永磁同步电机一样具有较高效率、较高的功率因数；永磁同步减速电机一般比低速永磁同步电机的定子极数少，定子铜损更低，相对更节能。

4.2 起动转矩大，过载能力强

传统驱动系统使用的异步电动机起动转矩通常是额定转矩的 120%～150%，而永磁同步减速电机与低速永磁同步电机相似，其起动转矩同样是额定转矩的 150%～200%，亦可有效避免因堵转、过载而造成的电机损坏。

4.3 避免电网及机械冲击

系统运用编码器闭环矢量控制技术（VC）变频起动，能实现系统传动的缓慢匀速起动，起动转矩大，动态响应快，过载能力强避免了电动机起动的瞬间大电流给电网带来的冲击，以及转矩波动给传动系统带来的机械冲击，由此降低了系统的电网故障和机械故障。

4.4 调速范围宽、调速精度高

永磁同步减速电机的额定频率一般在 40～60Hz 之间，而低速永磁同步电机的额定频率一般不会超过 20Hz，所以永磁同步减速电机与低速永磁同步电机相比额定频率高、有更宽的调速范围和更大的调速精度，变频器更容易调速控制。

4.5 体积小、温升范围小、比功率大

永磁同步减速电机具有体积小、温升范围小、比功率大大的优势，在驱动低转速大扭矩负载时该优点更为明显：①永磁同步减速电机比低速永磁同步电机极数少，电机体积更小；②永磁同步减速电机电机的铜损更小，电机温升范围更小；③高性能永磁材料的应用，电机的比功率大，与同容量低速永磁同步电机相比，永磁同步减速电机体积更小。

4.6 系统维护简单

由于永磁同步减速电机采用一级行星减速器，且一级行星减速器输入转速低、速比小、传动效率高，多采用甘油润滑，几乎没有维修量，节约了使用成本，减低了维护工作量。

4.7 占地面积小、投资费用少

永磁同步减速电机的占地面积一般小于低速永磁同步电机的 1/2，可大大节约基础土建的成本；且永磁同步减速电机的成本一般只有相同功率低速永磁同步电机的 1/3。

5 与其他几种结构矿井提升机配置、运行性能和综合成本对比

以 JKZ-3.2*2.6 矿井提升机为例，假设所涉及矿井提升机均为竖井提升，最大提升重量均为 200kN（含钢丝绳、提升容器和载重等），所选钢丝绳的直径均为 42mm，额定最大提升速度均为 5.96 米/秒，所选电动机均为 6KV 高压电动机，调速变频器均为同一厂家同一系列四象限高压变频器。下面列举了现有六种提升机结构的配置和运行情况。

从表 1 数据可以看出，永磁同步减速电动机直驱主轴装置+四象限变频驱动的模式下的系统综合传动效率最高，最节能。该模式提升机的驱动电机采用额定电压 6KV、额定功率 1250kW、额定转速 200 转每分钟、额定频率 50Hz 的永磁同步电机和速比 5.62 的一级行星减速器组成，一级行星减速器传动效率较高，可达 98%左右，与其他模式下的驱动结构相比，在设备重量、效率、维护量、成本以及节能等方面都有比较明显的优势，综合节能效果与相同功率异步电机配套减速器的变频器驱动结构相比高了 10%-15%。该提升机的驱动永磁减速电机转速是直驱电机的 5.62 倍，相同传动扭矩下电机转子自身输出的转矩较直驱电机可降低到了 1/5.62，电机本体成本更是低至同功率低速直联永磁同步电动机的约 1/5.62 左右。

Copyright © 2023 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

表 1 现有六种提升机结构的配置和运行情况

内 容	永磁减速电动机直驱矿井提升机 JKZ-3.2×2.6P	低速永磁电机驱动矿井提升机 JKZ-3.2×2.6P	永磁电机内装式提升机 JKZN-3.2×2.6P	高速永磁+减速器+主轴装置 JKZ-3.2×2.6P	异步电机+减速器+主轴装置 JKZ-3.2×2.6P
钢丝绳	Φ=42mm	Φ=42mm	Φ=42mm	Φ=42mm	Φ=42mm
提升速度	5.96 米/秒	5.96 米/秒	5.96 米/秒	5.96 米/秒	5.96 米/秒
综合最大提升力	200kN	200kN	200kN	200kN	200kN
电机额定转速	200 转/分钟	35.59 转/分钟	35.59 转/分钟	750 转/分钟	743 转/分钟
减速器及速比	YN1000-1250-5.62	/	/	XL-1120/21.07	XL-1120/20.88
电机额定频率	50Hz	17.8Hz	17.8Hz	50Hz	50Hz
计算电机功率	1217kW	1192kW	1192kW	1296kW	1340KW
所选电机功率	1250kW	1250kW	1250kW	1400kW	1400kW
功率下降	10.7%	10.7%	10.7%	/	/
电机额定效率	97%	93%	92%	97%	90%
75%负载电机效率	96.5%	92%	91.5%	96.5%	82%
50%负载电机效率	96%	91%	90.5%	96%	70%
25%负载电机效率	90%	85%	84.5%	90%	39%
空载电机效率	85%	80%	79%	85%	0%
电机的功率因数	96%	95%	95%	96%	87%
减速器的传动效率	98%	100%	100%	92%	92%
变频器的效率	97%	97%	97%	97%	97%
整机效率	92.2%	90.2%	89.2%	86.6%	80.3%
满载电流	129.2A	136.2A	137.7A	144.7A	172A
空载电流	2.5A	4.9A	5A	3.5A	56.5A
25%负载电流	32.4A	35.5A	35.9A	36.3A	68.8A
50%负载电流	64.7A	70.5A	71.2A	72.4A	96.6A
75%负载电流	96.9A	105.5A	106.8A	108.6A	130.4A
维护	量非常小、简单、方便	量最小，维护不方便	量小，极不方便	量大、相对简便	量大，简单、方便
安全性	停车时可先零速悬停，再抱闸；有效防止失速飞车和机械振动	停车时可先零速悬停，再抱闸；有效防止失速飞车和机械振动	停车时可先零速悬停，再抱闸；有效防止失速飞车和机械振动	停车时可先零速悬停，再抱闸；有效防止失速飞车和机械振动	采用电机制动器防止失速飞车和机械振动
调速精度	高于 1:500	1:200	1:200	高于 1:500	1:100
满载运行年耗电量	3768000KWH	3846000KWH	3888000KWH	4014000KWH	4321400KWH
满载运行年耗电费	301.44 万元	307.68 万元	311.04 万元	321.12 万元	345.712 万元
节能效果 0.8 元/度	节约 44.272 万元	节约 38.032 万元	节约 34.672 万元	节约 24.592 万元	/
设备重量不含天轮和电控	约 73 吨	约 120 吨	约 112 吨	约 82 吨	约 81 吨
设备造价 不含天轮和电控	约 235 万元	约 445 万元	约 410 万元	约 215 万元	约 210 万元
性价比	高	最低	低	高	高
占地面积	小，约 65 平米	小，约 75 平米	最小，约 60 平	大，约 85 平米	大，约 85 平米

（注：上表计算年耗电量采用每年 300 天、每天 20 小时、每 KWH 电费按 0.8 元；年耗电量计算采用不同负载率工况的积分加权法。）

6 现场使用情况

新郑煤电赵家寨煤矿西风井建井项目中采用 2JKZ-4×2.1PY 系列永磁同步减速电机直驱型提升机，如图 5 所示，该提升机于 2021 年底安装调试后已投入运行。

中煤五公司三处在山西华阳集团新能股份有限公司一矿阎家庄风井广场项目回风建井项目中 JKZ-3.6×3PY

Copyright © 2023 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

系列永磁同步减速电机直驱型提升机，如图 6 所示，该提升机于 2023 年 3 月安装调试后已投入运行。

两个项目中所用永磁同步减速电机直驱方式与异步电机高压变频方式相比，平均节能均高于 10%。

两个项目的永磁同步减速电机参数均为：

电机本体型号：TBVF-1250-200YC(6000)，额定电压 6000KV，额定功率 1250kW，额定电流 130A，额定频率 50Hz，额定转速 200 转每分钟，功率因数≥95%，效率≥97%。内置一级行星减速器：YX-1400，速比 5.6，输出扭矩 400KNm。

图 5 新郑煤电赵家寨煤矿西风井建井 2JKZ-4×2.1PY 永磁同步减速电机直驱提升机

图 6 阎家庄风井广场项目回风建井项目 JKZ-3.6×3PY 永磁同步减速电机直驱提升机

7 结束语

此种永磁同步减速电机直驱矿井提升机的体积小，功率密度大且结构紧凑，安装更便利，永磁同步减速电动机为一体化设计，直接与矿井提升机主轴装置连接，保留了直驱电机的连接方便和输出转矩大的优势，使提升机的维护更简单，同时也降低了提升机安装时基础土建的成本；该永磁同步减速电机传动润滑系统，省去了电机散热风机和减速器润滑站，运行噪音较小，更加环保。

[参考文献]

[1]李超颖，杨安，王斌.永磁同步电动机在竖井提升机上的应用[J].有色金属设计，2021，6(48)：2.

[2]唐国祥.矿井提升机故障处理和技术改造[M].北京：北京机械工业出版社，2005.

[3]史光辉，刘涛涛，张念钰.大功率永磁变频技术在矿井提升机上的应用研究[J].矿山机械，2020(4)：1.

[4]卢宝全.内装式矿井提升机特殊结构及矢量控制在其中的应用[C].中国：全国矿山建设学术会议论文选集（下册），2003.

[5]刘文利，杜庆楠.大型低速同步电动机高压变频器在矿井提升机上的应用[J].矿山机械，2011，39(7)：4.

[6]卢宝全.内装式矿井提升机特殊结构及矢量控制在其中的应用[C].中国：全国矿山建设学术会议论文选集(下册)，2003.

[7]唐任远.现代永磁电机：理论与设计[M].北京：机械工业出版社，1997.

作者简介：邱战峰（1982.4—），毕业院校：河南科技大学，所学专业：自动化，当前就职单位：洛阳九亿重工集团有限公司，职务：技术副总，职称级别：工程师。

Copyright © 2023 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

智能工厂自动化产线电气控制系统优化设计及应用

颜宇光
湖南中联重科智能高空作业机械有限公司，湖南 长沙 410006

[摘要]随着工业的快速发展，智能工厂已经逐步走入生产现场，成为制造业革新的新高地。其中，自动化产线的电气控制系统显得尤为关键，它涉及生产流程的稳定性、效率和安全。本研究聚焦于智能工厂环境下自动化产线电气控制系统的优化设计及应用，提出了一系列优化策略，经过实际应用验证，这些优化策略有效提高了生产线的运行效率、减少了故障率，并带来了显著的经济效益。文中为制造业在实现智能化转型过程中，如何精准、高效地对电气控制系统进行优化提供了有力的理论支撑和实践经验。

[关键词]智能工厂；自动化产线；电气控制
DOI：10.33142/ec.v6i12.10349　　中图分类号：TP273　　文献标识码：A

Optimization Design and Application of Electrical Control System for Intelligent Factory Automation Production Line

YAN Yuguang
Hunan Zoomlion Intelligent Access Machinery Co., Ltd., Changsha, Hunan, 410006, China

Abstract: With the rapid development of industry, intelligent factories have gradually entered the production site and become a new highland for manufacturing innovation. Among them, the electrical control system of automated production lines is particularly crucial, as it involves the stability, efficiency, and safety of production processes. This study focuses on the optimization design and application of electrical control systems for automated production lines in an intelligent factory environment, and proposes a series of optimization strategies. After practical application verification, these optimization strategies have effectively improved the operational efficiency of production lines, reduced failure rates, and brought significant economic benefits. The article provides strong theoretical support and practical experience on how to accurately and efficiently optimize electrical control systems in the process of intelligent transformation in the manufacturing industry.

Keywords: intelligent factory; automated production line; electric control

引言

随着工业革命的脚步加快，智能工厂的概念不断被推至前台，标志着制造业正在进入一个全新的时代。而这一转型的核心是自动化产线，它将传统的生产流程与先进的信息技术、大数据和人工智能等新技术相结合，从而实现高效、灵活和个性化的生产。然而，这种自动化的实现并非易事，尤其是其背后的电气控制系统。这一系统不仅要保证生产过程的连续性、稳定性和安全性，还要满足日益增长的生产效率和质量要求。电气控制系统作为自动化产线的“大脑”，直接关系到整个生产线的运行效率和稳定性。然而，面对复杂的生产环境、多变的市场需求以及技术的快速更新，传统的电气控制系统往往显得力不从心。怎样对其进行优化设计，使其更好地适应智能工厂的要求，已经成为当下制造业急需解决的问题。本文将探讨智能工厂自动化产线电气控制系统的优化设计方法及其实际应用，旨在为制造业的转型升级提供有益的参考和启示，推动其向更高效、智能的方向发展。

1 智能工厂自动化产线电气控制系统的概念

智能工厂自动化产线电气控制系统是在工业快速发展的背景下应运而生的一种先进制造技术体系，它集成了现代电气工程、信息技术、自动化技术和人工智能等多领域的前沿成果，为实现工厂生产的高度智能化、自动化和互联网化提供了关键支撑。具体而言，该系统通过广泛部署的传感器、执行器、控制器和通讯设备，能够实时采集、处理和分析生产线上的各种数据，再结合先进的算法和决策支持系统，自动调整生产参数，优化工艺流程，从而确保生产的稳定、高效和高质。此外，得益于其模块化、网络化和开放性的设计理念，该系统可以轻松地与上下游的企业管理和生产控制系统进行集成，形成一个端到端的智能制造生态，从而实现从订单获取、物料采购到生产、检测、物流和服务的全流程自动化和智能化，大大提高了工厂的响应速度、生产效率和市场竞争力。

2 智能工厂自动化产线电气控制系统的重要性

智能工厂自动化产线电气控制系统在当今制造业中的重要性不言而喻。作为智能制造的核心驱动力，这一系统为制造企业提供了前所未有的生产灵活性、效率和精确性。它通过整合先进的传感技术、控制算法、通信协议和人工智能，能够实时监控、分析和优化整个生产过程，从

Copyright © 2023 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

而确保产品的质量、减少浪费、降低能耗和缩短生产周期。此外，电气控制系统的自动化和智能化能够帮助企业迅速适应市场变化，实现个性化和定制化生产，从而满足日益多样和挑剔的消费者需求[1]。更为重要的是，这种系统还为企业的数字化转型提供了坚实的基础，使其能够在全球竞争的大潮中立于不败之地，实现可持续发展。总之，智能工厂自动化产线电气控制系统已经成为当今制造业的关键竞争力，任何忽视或低估其重要性的企业都可能面临巨大的市场风险和经济损失。

3 自动化产线电气控制系统的主要功能和特性

自动化产线电气控制系统作为现代制造业的神经中枢，其主要功能和特性涵盖了对生产过程的全方位管理和控制。首先，它担当着信息的采集与传递角色，借助各类传感器实时监测生产线上的各种物理参数，如温度、压力、速度和位置等，并通过高速通讯网络将这些数据传输到中央控制系统。其次，控制系统基于这些数据，通过预设的算法和逻辑，自动或半自动地做出决策，如启动或停止某台机器、调整生产速度或更改工艺参数等，确保生产过程的稳定、高效和安全。此外，这一系统还具有强大的数据处理和分析功能，能够对生产数据进行深度挖掘，发现生产中的隐藏问题，提供优化建议，甚至实现预测性维护，从而大大降低故障率和维护成本。在特性上，现代的自动化产线电气控制系统通常具有高度的模块化、开放性、扩展性和网络化，这不仅保证了系统的灵活性和可靠性，也使其能够轻松地与其他系统集成，满足快速变化的生产和市场需求。

4 自动化产线电气控制系统中常见的问题

4.1 数据传输延迟和不稳定性

在自动化产线的电气控制系统中，数据的准确性与实时性是生产效率和质量的关键。然而，数据传输延迟和不稳定性是这一系统中经常遭遇的问题，严重影响了整体的生产表现。数据传输延迟意味着控制系统在接收到关键数据并作出响应时存在时间上的滞后，这可能导致生产过程中的机器不能及时调整或同步，从而增加了废品率、降低了生产速度或甚至造成设备损坏。而数据传输的不稳定性，如数据丢失或错误，可能会导致控制系统做出错误的决策或操作，进一步增加生产风险。这些问题往往源于网络带宽不足、硬件设备的老化、软件系统的不兼容或者是由于外部环境因素，如电磁干扰等[2]。为了解决这些问题，企业需要投资于高性能的通讯硬件、优化网络架构、更新和升级软件系统，并定期进行维护和检查，确保数据传输的高速、准确和稳定，从而满足自动化生产的高要求。

4.2 电气控制系统的安全问题

在自动化产线中，电气控制系统是整个生产流程的核心和关键，但其运行中的安全问题成为了许多制造企业和工程师关注的焦点。电气控制系统的安全问题主要表现为突发的硬件故障、软件异常、电气干扰或者是不当的人为操作，这些问题可能导致生产中断、设备损坏甚至工人受伤。其中，电气短路、接地故障和超过安全阈值的电流都可能引发火灾或电击事件，对人员和设备构成直接威胁。软件层面的问题，如程序错误或外部的恶意攻击，可能导致机器动作失控或数据被篡改。这不仅会损害产品的质量和产量，还可能导致生产过程中的安全事故。此外，随着工业互联网和物联网的普及，电气控制系统的网络安全也受到了挑战，如数据泄露、非授权访问和网络攻击都可能对生产造成严重影响。因此，确保电气控制系统的安全性是自动化产线稳定、高效运行的前提。为此，企业不仅需要采用先进的安全技术和措施，还要加强员工的安全培训和意识，形成一个全面、立体的安全防护体系。

4.3 能源效率和管理问题

在自动化产线中，电气控制系统作为生产流程的核心驱动力，其运行效率与能源管理直接影响到企业的生产成本和环境足迹。然而，能源效率和管理问题已经成为了这些系统中一个日益突出的问题。尤其是在大规模的生产设施中，一个不经优化或老旧的控制系统可能会导致大量的能源浪费，如电机在无负载时仍然运转，或是冷却系统在不必要的时候过度工作。这种能源的不合理使用不仅增加了企业的运营成本，还对环境产生不良影响，产生了过多的碳排放。此外，缺乏有效的能源管理策略和工具也使得工厂管理者难以对能源消耗进行准确监控和调整，无法针对高能耗环节进行优化或创新。对于快速发展的工业，这样的能源效率和管理问题已经不再是一个孤立的技术问题，而是关乎企业竞争力、可持续性和社会责任的核心议题。因此，对自动化产线电气控制系统进行细致的能源审计、引入先进的能源管理技术和策略，以及培养员工的能源节约意识，已经成为现代制造业迫切需要解决的挑战。

4.4 故障及停机时间

在自动化产线中，电气控制系统无疑是整个生产过程的心脏，对其稳定、高效地运行至关重要。然而，故障和停机时间常常成为制约其性能和效益的关键因素。故障可能源于多种原因，包括硬件的老化、软件的错误、外部环境的干扰或不当的人为操作。当电气控制系统出现故障时，整个生产线可能会被迫停工，导致生产延迟、资源浪费和增加的维修成本。长时间的停机不仅意味着直接的经济损失，还可能导致订单延误、客户关系的紧张，甚至损害企业的市场声誉。更为严重的是，某些故障可能威胁到操作员的安全或导致设备损坏，从而带来更为严重的后果。为了减少故障及停机时间，企业必须投资于高质量的设备，确保系统的正常运行，同时定期进行维护和检查，以预防潜在的问题。此外，通过引入先进的故障检测、诊断和预测技术，以及实施有效的故障响应策略，企业可以进一步减少停机时间，确保生产过程的稳定和高效。

5 电气控制系统的优化设计策略

5.1 模块化设计

电气控制系统在自动化产线中起到核心的角色，直接

Copyright © 2023 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

决定了生产的稳定性、效率和灵活性。随着技术的快速发展和市场需求的多样化，如何优化电气控制系统的设计已经成为行业内的热门议题[3]。在这其中，模块化设计策略逐渐凸显其重要性。模块化设计意味着将电气控制系统分解为一系列功能明确、相对独立的模块或单元，这些模块可以根据需要灵活组合、扩展或替换。这种设计方式的主要优势在于其高度的灵活性和可扩展性。随着生产需求的变化或技术的更新，企业可以轻松地对某一模块进行升级或替换，而无须更改整个系统，从而大大节省了时间和成本。同时，模块化设计还使得系统更为稳定和可靠。由于每个模块都是相对独立的，一个模块的故障不太可能影响到其他模块的正常运行。此外，模块化设计还简化了系统的维护和调试工作，因为工程师可以针对性地对某一模块进行检查或调整，而不必对整个系统进行复杂的诊断。总之，模块化设计策略为电气控制系统的优化提供了一个高效、经济和可持续的解决方案，有助于企业更好地应对快速变化的生产环境和市场挑战。

5.2 能源管理优化

电气控制系统作为自动化产线的关键组成部分，其运行效率直接影响到整体生产的能耗与成本。在面对全球的能源危机与环境挑战时，优化电气控制系统中的能源管理已经变得尤为重要。能源管理优化策略不仅关注于直接降低能耗，还涉及提高能源的利用效率，确保生产过程的经济性与环境友好性。这包括引入高效的驱动和控制技术、实施智能的负载调度、采用节能模式以及实时的能源监测与反馈。具体来说，通过精确的传感技术和先进的数据分析方法，电气控制系统可以实时监测各个设备和流程的能源消耗，及时发现异常能耗和潜在的浪费点。而基于这些数据，系统可以自动或建议进行参数调整、生产计划优化或设备维护，确保最佳的能源效率。此外，通过与企业的能源管理系统和智能电网进行集成，电气控制系统还可以实现需求侧管理，如根据电价或可再生能源的供应进行生产调度，进一步降低能源成本。所以，能源管理优化策略为电气控制系统带来了经济和生态的双重价值，使其更符合现代制造业的可持续发展目标。

5.3 高效通讯协议的选择

电气控制系统是自动化产线之中信息传输和处理的关键环节，而通讯协议作为信息传递的“规则”对于整体系统性能起到了至关重要的作用。在工业应用中，由于设备众多、数据流繁忙，选择一个高效的通讯协议变得尤为关键。一个高效的通讯协议不仅能确保数据的实时性和准确性，还可以减少系统的负载，提高整体响应速度，从而增强生产线的稳定性与效率。具体来说，优化设计策略中应首先考虑协议的实时性，确保关键操作如启动、停止和调速能够得到及时响应。其次，协议应具备良好的容错性和鲁棒性，能够在噪声干扰、数据丢失或其他干扰情况下仍能稳定工作[4]。此外，考虑到现代工厂的智能化和网络化需求，选择的协议还应具备良好的扩展性，能够方便地与其他系统和设备进行集成。而随着工业物联网和大数据技术的发展，协议的数据压缩、加密和安全性也成为了重要的考虑因素。总之，高效通讯协议的选择是电气控制系统优化设计的核心策略之一，为生产流程提供了坚实、可靠的信息支撑，保障了整个系统的高效、稳定运行。

5.4 故障预测及远程监控技术

在自动化产线中，电气控制系统的持续稳定运行是保证生产效率和产品质量的关键。随着现代制造技术的发展，故障预测及远程监控技术在电气控制系统的优化设计中逐渐占据了中心地位。通过故障预测技术，控制系统可以在问题发生之前就识别出潜在的故障点或性能下降，允许企业在故障发生前采取预防措施，如提前更换零部件或进行必要的维护，大大减少了意外停机的时间和与之相关的成本。这种预测通常基于高级的数据分析和机器学习算法，它们能够从大量的运行数据中捕捉到微小的异常模式，从而精准地指出可能的问题源。而远程监控技术则允许工程师和操作员在任何地点实时地查看系统的运行状态，进行诊断或调整。这意味着，当系统出现问题时，无需现场人员立刻介入，可以先通过远程手段进行初步的分析和处理，提高了问题响应的速度和灵活性。更为重要的是，这些技术为工厂提供了一个持续的、智能化的优化路径，不仅提高了生产的稳定性和效率，还为企业的长远发展和创新提供了坚实的基础。

6 结束语

随着智能制造的持续深入，智能工厂自动化产线电气控制系统已经成为现代制造业的核心竞争力。优化这些系统不仅关乎生产效率和产品质量，更涉及企业的可持续发展、创新能力和市场竞争地位。我们深入研究了这一领域的各种设计策略和应用技术，每一种都揭示了现代工厂对于高度智能、灵活和可靠的电气控制系统的迫切需求。但正如任何技术革新，持续的研发、实践和学习都是确保其成功应用的关键。未来的制造业将面临更为复杂的市场环境和技术挑战，而优化的电气控制系统将继续作为其赖以生存和发展的重要工具。随着技术的不断进步，我们期待这一领域会有更多的突破和创新，为全球制造业的繁荣和进步做出更大的贡献。

[参考文献]

[1]吴昊,赵旭,陈磊,等.智能工厂自动化产线电气控制系统优化设计及应用[J].汽车工艺师,2022(3):8-13.
[2]林政延.自动控制工程中智能化技术的应用[J].集成电路应用,2022,39(5):262-264.
[3]席宇迪,甘泉,马运强.基于现代电气控制系统安装与调试实验综述报告[J].科技风,2023(11):101-103.
[4]孙益超.一种提升自动化产线效率的优化方法研究[D].陕西:西安电子科技大学,2021.

作者简介：颜宇光（1985.12），男，学历：本科，所学专业：机械设计制造及其自动化，职称级别：中级，当前就职单位：湖南中联重科智能高空作业机械有限公司。

Copyright © 2023 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

天然气管道施工常见安全问题及防控措施

周思含[1] 张英华[2]
1 吉林中石油昆仑燃气有限公司，吉林 长春 132000
2 国家管网集团北方管道公司长春输油气分公司，吉林 长春 132000

[摘要]文中分析了加强天然气管道施工安全管理的重要性，包括提高施工过程的安全性和管道的质量。在深入分析了天然气管道施工中常见的安全问题，如安全措施、用电安全和施工材料管理等方面后，提出了一系列防控措施，包括加强安全意识培训、增加安全预算、强化现场安全管理以及建立有效的应急管理措施。这些措施的目标是提升天然气管道施工水平，确保项目的高质量完成，从而进一步保障了天然气管道施工的安全性和可持续性。
[关键词]天然气管道；安全等级；安全措施
DOI：10.33142/ec.v6i12.10372 中图分类号：X327 文献标识码：A

Common Safety Issues and Prevention and Control Measures in Natural Gas Pipeline Construction

ZHOU Sihan [1], ZHANG Yinghua [2]
1 Jilin PetroChina Kunlun Gas Co., Ltd., Changchun, Jilin, 132000, China
2 Changchun Oil and Gas Transportation Branch of PipeChina Group North Pipeline Company, Changchun, Jilin, 132000, China

Abstract: The article analyzes the importance of strengthening the safety management of natural gas pipeline construction, including improving the safety of the construction process and the quality of the pipeline. After in-depth analysis of common safety issues in natural gas pipeline construction, such as safety measures, electricity safety, and construction material management, a series of prevention and control measures were proposed, including strengthening safety awareness training, increasing safety budget, strengthening on-site safety management, and establishing effective emergency management measures. The goal of these measures is to improve the construction level of natural gas pipelines, ensure the high-quality completion of the project, and further ensure the safety and sustainability of natural gas pipeline construction.
Keywords: natural gas pipelines; safety level; safety measures

引言

天然气作为一种重要的能源资源，其输送和供应对社会经济的可持续发展至关重要。天然气管道是将这一宝贵资源从产地输送到消费地的关键设施，但其施工过程涉及多种复杂的工程和环境因素，使得安全管理成为天然气管道施工的至关重要的一环。本文将深入探讨加强天然气管道施工安全管理的作用，并分析如何提高施工过程的安全性、管道的施工质量以及减少天然气泄漏和事故发生的可能性。同时，也将关注天然气管道施工中常见的安全问题，包括安全措施、用电安全和施工材料管理等，以更好地理解安全管理的紧迫性和必要性。

加强安全意识培训、加大安全防控投入、强化现场安全管理以及做好现场应急管理等一系列安全问题防控措施，为提升天然气管道施工水平、确保项目质量和可持续性作出贡献。安全是天然气管道施工的首要任务，只有确保安全，才能更好地利用这一宝贵资源，促进社会经济的健康发展。

1 加强天然气管道施工安全管理的作用

1.1 提高施工过程的安全性

在天然气管道施工过程中，加强安全管理的首要作用之一是提高施工过程的安全性。这一方面涉及到工作人员的安全，另一方面也包括环境和社会的安全。首先，通过强化安全培训和教育，工作人员能够更好地认识到潜在的危险和风险，学习如何正确应对各种紧急情况。这不仅提高了他们的安全意识，还使他们能够更加熟练地执行施工任务，降低了事故发生的概率。其次，加强天然气管道施工的安全管理也有助于减少对环境的不良影响。通过合理规划施工过程，避免地质灾害和污染源的污染，可以最大限度地保护周围的自然环境，减少生态系统破坏的风险。此外，防止天然气泄漏和事故发生，不仅能够保护施工人员的生命安全，还可以避免对周围社区和公众造成的潜在威胁。

1.2 减少施工安全问题的发生

天然气管道施工中，减少安全问题的发生是安全管理的另一个重要目标。这不仅可以确保工作人员和公众的安全，还有助于维护项目的进度和质量。首先，通过严格的安全管理制度和规范，可以规范施工流程，明确责任和义务，提供明确的操作指南。这有助于防止由于人为疏忽或错误引发的事故。例如，明确定义了管道深度、距离和焊接技术规范，可以减少地下工作时的施工事故。其次，监

Copyright © 2023 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

测和检测技术的应用也是减少安全问题的关键。通过实时监测管道的运行状态，可以及时发现潜在问题并采取措施，以防止泄漏或其他紧急情况的发生。这包括管道质量检测、泄漏检测系统和定期的安全检查。此外，加大安全培训和教育的力度，提高员工对安全问题的认识，使他们更有能力预测和防止潜在的安全威胁。这也包括培训员工如何正确操作安全设备和工具，以及如何应对紧急情况。

1.3 提升管道质量

提升管道质量是天然气管道施工安全管理的另一个重要方面。管道的质量直接关系到其长期可靠运行和安全性。为了提升管道质量，需要采取一系列措施。首先，要求严格的质量控制标准，确保管道材料的质量符合规范要求。这包括对材料的质量证明、检验和测试，以确保管道的构建和材料都符合标准。其次，管道焊接和连接的质量至关重要。通过培训和认证合格的焊工，以及严格的焊接质量检查，可以降低焊接缺陷的风险，提高管道的完整性和可靠性[1]。另外，管道施工过程中的监测和检测也是提升管道质量的关键。通过使用先进的检测技术，如超声波检测和X射线检测，可以及时发现并修复潜在的管道缺陷，确保管道的质量达到标准。最后，对管道的维护和保养也是提升质量的一部分。定期的巡检和维护，可以确保管道在运行过程中保持良好的状态，减少突发故障的风险。

1.4 降低维护和修复成本

降低维护和修复成本是天然气管道施工安全管理的一个经济方面的重要目标。通过在施工阶段采取一些有效的措施，可以降低后期的管道维护和修复成本。首先，正确的施工方法和材料选择可以确保管道的长期可靠运行，减少了维护工作的频率和紧急维修的需求。例如，选择高质量的管道材料和采用合适的施工工艺可以延长管道的寿命。其次，建立有效的管道监测和维护计划，可以帮助及早发现潜在问题，并进行预防性维护，从而减少了维护成本。这包括定期巡检、清洗和防腐蚀处理等活动。另外，采用现代化的管道监测技术，如智能传感器和远程监控系统，可以降低维护成本，因为它们允许及时识别问题并减少人工巡检的需求。

1.5 防止天然气泄漏和事故

防止天然气泄漏和事故是天然气管道施工安全管理的最终目标。天然气泄漏不仅对环境造成污染，还对人员和财产构成威胁。为了防止天然气泄漏和事故的发生，需要采取一系列的预防措施。首先，施工过程中的安全措施和工作流程需要严格执行，包括防火、防爆、通风和危险品管理等方面的措施。这些措施有助于减少事故的概率。其次，加强现场安全管理，确保工作人员严格遵守安全规定，并进行安全培训和模拟演练，以提高应对紧急情况的能力。另外，引入先进的泄漏检测系统和紧急关闭装置，可以及早发现泄漏并采取措施，防止事故的扩大。最后，建立完善的应急响应计划，以便在发生泄漏或事故时能够迅速采取措施，减少损失并保护人员的安全。

2 天然气管道施工常见安全问题

2.1 地质条件不稳定

地质条件的不稳定性在天然气管道施工中是一个极具挑战性的问题。这不稳定性可能包括高地下水位、松散的土壤、地质断层等因素。这些不稳定的地质条件给施工带来了许多潜在风险和问题。首先，高地下水位可能导致挖掘工作的复杂性和危险性增加，因为水的渗透会加速土壤的流动，增加了塌方和泥石流的风险。土壤的松散性也可能导致挖掘深度限制，需要额外的支撑工作来确保挖掘的安全性。此外，存在地质断层的地区可能会引发地下地质变化，增加管道施工的复杂性和风险。

2.2 安全管理制度不完善

意味着在天然气管道施工过程中，可能存在缺乏明确的安全政策和规程，或者规程未被充分执行的情况。这种情况可能导致一系列潜在的安全风险。首先，缺乏明确的安全政策和规程可能导致工作人员不了解应采取的安全措施，或者他们可能没有接受适当的培训和教育来应对潜在的危险。这可能导致事故的发生，危及工程的安全性和工作人员的健康。其次，安全规程未被充分执行可能会导致监测和检查不足，工作人员可能不会遵守安全标准，从而增加了事故的概率。没有有效的安全管理制度，很难对潜在的风险进行全面的评估和控制。

2.3 施工技术落后

天然气管道施工安全问题是施工技术的滞后。这意味着在管道施工中可能使用过时的施工技术或设备，这可能会对工程的安全性和质量产生负面影响。过时的施工技术可能导致施工过程的效率低下，并增加了出现施工缺陷的风险。例如，使用过时的焊接技术可能导致焊接缺陷，从而降低了焊接点的强度和耐久性。同样，使用老旧的施工设备可能会导致工作人员的工作条件恶化，增加了事故的风险。施工技术的滞后还可能限制了项目的创新和发展。

2.4 施工工艺设计不合理

天然气管道施工中的工艺设计是工程成功与否的决定性因素之一。合理的工艺设计能够确保施工过程有序进行，避免施工顺序混乱，材料使用不当以及管道布局的不合理。如果工艺设计不合理，可能会导致一系列安全问题的出现，如管道材料的腐蚀、破裂，施工现场混乱和工程进度延误[2]。不仅如此，不合理的工艺设计还可能对工程的安全性和质量产生负面影响，增加事故和问题的发生概率。因此，工程团队在工艺设计阶段必须精心考虑各个方面的因素，以确保工程的安全、可靠和高质量完成。合理的工艺设计对于天然气管道施工来说至关重要。

2.5 管道质量不合格

管道质量问题可能包括材料缺陷、焊接不良、腐蚀和缺陷等。管道质量不合格可能会导致管道在运行中出现问题，如泄漏、破裂或腐蚀，从而威胁到工程的安全性和可靠性。确保管道质量符合规范和标准至关重要。

Copyright © 2023 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

2.6 焊接和连接问题

焊接和连接问题在天然气管道施工中是一个重要的安全关切点。这些问题可能导致管道的结构强度不足或焊接点的质量不合格。焊接和连接问题可能包括焊接缺陷、材料不当、连接松动或不牢固等，这些问题可能会在管道运行中引发泄漏或破裂的风险。

2.7 泄漏和爆炸风险

泄漏和爆炸风险是天然气管道施工的最严重的安全问题之一。泄漏可能是由管道的损坏、腐蚀、焊接问题或材料缺陷引起的。泄漏的天然气在遇到火源或点火源时，可能引发火灾或爆炸，对人员和环境构成严重威胁。

2.8 人员安全问题

天然气管道施工中的人员安全问题是一个重要的关切点，涵盖了施工人员的身体健康和安全。这些问题包括工作条件、培训、个人防护装备和人员健康。首先，施工现场的工作条件可能存在一系列潜在的安全风险，如高温、低温、高海拔、有害气体等。确保施工人员的工作环境安全和适宜至关重要，以防止工作人员受到环境因素的危害。其次，工程人员需要接受适当的培训和教育，以了解安全规程、紧急响应措施和个人防护装备的使用。这有助于提高员工的安全意识和应对紧急情况的能力。另外，提供适当的个人防护装备是确保施工人员安全的关键。这包括头盔、护目镜、耳塞、手套、防护服等，根据工作环境和任务的不同选择合适的装备。最后，管理和监督人员的健康也至关重要。对于那些可能受到职业疾病或长期工作风险的工程人员，需要进行定期的健康检查和跟踪，以确保他们的健康不受损害。

3 天然气管道施工常见安全问题的防控措施

3.1 提高员工安全意识

提高员工的安全意识是防控安全问题的首要任务。通过定期的安全培训和教育，工程人员能够更好地理解潜在的危险，学会如何正确应对紧急情况，并养成安全工作的习惯。员工应该被教育和鼓励报告任何可能的安全问题，以及采取适当的安全措施来降低风险。

3.2 加大安全防控投入

为了确保天然气管道施工的安全性，必须增加安全防控的投入。这包括购置和维护现代化的安全设备，如泄漏检测系统、消防设备、防爆设备等。同时，需要建立有效的安全管理制度，制定明确的安全政策和规程，并确保它们的执行。此外，定期的安全审核和监测也是确保防控措施有效的关键步骤。

3.3 引入先进的施工技术

为了应对天然气管道施工中的安全问题，引入先进的施工技术至关重要。现代化的技术可以提高施工的效率和质量，减少潜在的安全风险。这包括使用先进的焊接技术、自动化设备和数字化监测系统[3]。例如，自动焊接机器可以提高焊接的一致性和质量，减少焊接缺陷的可能性。数字化监测系统可以实时监测管道的状态，及时检测潜在的问题，从而降低了事故发生的风险。

3.4 严控管道质量

管道质量的严格控制是确保天然气管道施工安全的关键措施之一。这包括严格的质量检查和测试，确保管道材料、焊接质量和连接处都符合规范和标准。材料选择、制造过程的监控以及焊接工艺的控制都是确保管道质量的重要环节。管道质量问题的及时识别和修复可以避免安全风险的进一步扩大。

3.5 强化施工现场应急管理

强化施工现场的应急管理是在安全问题发生时迅速应对的关键[4]。施工现场应急计划应该包括如何处理泄漏、火灾、爆炸等突发事件。工程人员需要接受培训，知道如何正确地使用应急设备和措施，并能够迅速组织人员疏散和进行紧急救援。此外，定期进行应急演练和模拟场景的训练有助于提高工作人员的应急响应能力，减少事故的严重程度。

4 结语

在天然气管道施工中，安全问题是至关重要的。加强天然气管道施工的安全管理具有重要的意义。通过提高施工过程的安全性，减少施工安全问题的发生，提升管道质量，降低维护和修复成本，以及防止天然气泄漏和事故，能够确保工程的安全性和可靠性，保护人员的生命和财产，降低对环境的不利影响。为了达到这些目标，需要采取一系列的安全防控措施，包括提高员工的安全意识，加大安全防控投入，引入先进的施工技术，严控管道质量，强化施工现场的应急管理，以及关注人员安全和环境影响。这些措施共同构成了一个完整的安全体系，确保了天然气管道施工过程的安全性和可持续性。

管道施工安全不仅仅是一项法律和规定要求，更是对社会责任和生态环境的承诺。只有在安全管理上不懈努力，才能确保我们的工程在未来长期运行中能够持续安全、可靠地提供天然气资源。

[参考文献]

[1]李梅玉.天然气管道工程施工建设质量管理策略研究[J].中国石油和化工标准与质量,2022,42(19):29-31.
[2]王海龙.天然气管道建设施工安全风险识别及控制措施[J].清洗世界,2022,38(7):163-165.
[3]辛鑫,王晨.天然气管道施工难点及质量控制措施探讨[J].云南化工,2022,49(6):95-96.
[4]袁伟.天然气管道工程施工建设质量管理策略研究[J].工程建设与设计,2021(7):182-183.

作者简介：周思含（1996.2—），毕业院校：东北电力大学，所学专业：电气工程及其自动化，当前就职单位：吉林中石油昆仑燃气有限公司，职务：市场营销员。

Copyright © 2023 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

石油化工设备常见的腐蚀原因及防腐策略

孔凡景
江苏盛虹石化产业集团有限公司，江苏 连云港 222000

[摘要]随着石油化工产业的扩张，设备的持续稳定运行显得尤为重要，直接关联到生产效益与安全性。尽管如此，设备腐蚀问题仍是一个常见挑战，对其寿命和安全运行产生威胁，也增加了维护成本。文中首先强调了预防腐蚀的必要性，并深入分析了腐蚀的主要原因，涵盖了外部和内部两大因素。接着，介绍了针对这些原因的多种防腐策略，从材料选择到设计优化，再到监测系统的建立。文中为石油化工设备提供了一套综合的防腐方案，以期增强其对抗腐蚀的能力并确保其稳定运行。
[关键词]石油化工设备；腐蚀原因；防腐策略
DOI：10.33142/ec.v6i12.10348 中图分类号：F424 文献标识码：A

Common Corrosion Causes and Anti-corrosion Strategies of Petrochemical Equipment

KONG Fanjing
Jiangsu Shenghong Petrochemical Industry Group Co., Ltd., Lianyungang, Jiangsu, 222000, China

Abstract: With the expansion of the petrochemical industry, the continuous and stable operation of equipment is particularly important, directly related to production efficiency and safety. However, equipment corrosion remains a common challenge, posing a threat to its lifespan and safe operation, and increasing maintenance costs. The article first emphasized the necessity of preventing corrosion and conducted a thorough analysis of the main causes of corrosion, covering both external and internal factors. Subsequently, various anti-corrosion strategies were introduced to address these reasons, from material selection to design optimization, and then to the establishment of monitoring systems. The article provides a comprehensive anti-corrosion plan for petrochemical equipment to enhance its ability to resist corrosion and ensure its stable operation.
Keywords: petrochemical equipment; corrosion reasons; corrosion prevention strategy

引言

石油化工产业，作为全球经济的关键支柱之一，在众多国家和地区的工业发展中占据着举足轻重的地位。作为该产业核心的石油化工设备，其稳定、高效的运行直接影响到产业的整体效益和安全。然而，这些设备在复杂、多变的生产环境中运行，经常面对腐蚀这一普遍但又具有破坏性的问题。腐蚀不仅对设备的寿命和性能造成损害，还可能导致意外事故，给人员安全带来隐患并引发巨大的经济损失。因此，深入探讨腐蚀的成因和制定有效的防腐策略对于石油化工产业至关重要。本文将对此进行详细的探索与分析，希望为业内提供有价值的参考。

1 防止石油化工设备腐蚀的必要性

1.1 石油化工设备使用寿命延长

石油化工设备作为整个产业的核心，其稳定性和耐用性对于整体产值有着至关重要的作用。腐蚀作为设备退化的主要因素之一，对设备寿命产生明显的负面影响。一旦设备因腐蚀而损坏，不仅设备需要更频繁地更换或大修，而且生产过程也可能受到严重干扰。因此，通过有效的防腐措施，可以明显延长设备的使用寿命，从而保障生产的连续性和稳定性。

1.2 保障石油化工企业生产安全

腐蚀不仅对设备的性能造成损害，而且可能导致设备的突然故障，如泄漏、破裂等，这些故障都可能引发更大的安全事故，如火灾和爆炸。防止设备腐蚀，实质上是为了避免这些潜在的安全隐患，确保生产过程的安全，防止人员伤害和资产损失。

1.3 提高产品质量

腐蚀可能导致设备内部的金属微粒等杂质进入生产过程，进而影响最终产品的质量和纯度。在一些要求高的生产线中，这种污染可能导致整批产品的报废。通过有效的防腐措施，可以确保生产过程的清洁和产品的高质量。

1.4 降低维修和运营成本

腐蚀导致的设备故障和性能下降会增加维修和更换设备的频率，从而增加企业的运营成本。每次的维修或更换都意味着生产的中断和损失。此外，频繁的维护还会增加维护人员和材料的成本[1]。有效的防腐策略可以减少这些额外的开支，从而增加企业的经济效益。

1.5 落实生态环境保护

设备的腐蚀和故障可能导致有害化学物质的泄漏，对环境造成污染。这不仅可能导致企业面临法律责任，还可能损害企业的公众形象。通过实施有效的防腐策略，不仅可以确保生产的连续性，还可以避免对环境的潜在污染，履行企业的社会责任。

Copyright © 2023 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

2 石油化工设备常见的腐蚀原因

2.1 外力原因

2.1.1 化学腐蚀

化学腐蚀是由于化学反应导致的材料损耗，这通常发生在石油化工设备材料与其生产环境中的化学物质发生直接反应时。例如，强酸和强碱的存在可能使设备的金属部件快速氧化或反应，导致设备的腐蚀和损害。对于石油化工产业，这是一个严重的问题，因为大多数生产过程都涉及到一系列具有侵蚀性的化学物质。化学腐蚀不仅会减少设备的使用寿命，还可能影响生产的连续性和效率。

2.1.2 电化学腐蚀

电化学腐蚀是由于电化学反应导致的材料损耗，通常在一个导电液体的存在下发生，涉及电子的迁移。在石油化工设备中，这种腐蚀类型常见于液体介质，如水、盐溶液或其他导电液体中。电化学腐蚀的一个常见示例是金属在盐水环境中的锈蚀，其中金属的阳离子会从金属表面溶解，导致腐蚀。该过程通常涉及阳离子和阴离子的转移，并且在微观层面上可以形成腐蚀电池。对于石油化工设备，电化学腐蚀可能会导致设备的早期失效，从而增加维护成本和生产中断的风险。

2.1.3 高温腐蚀

高温腐蚀，如其名所示，是在高温条件下发生的腐蚀现象。在石油化工产业中，许多生产过程都需要在高温环境下进行，这样的环境常常加速化学反应的速率，从而增加了设备材料与环境介质之间反应的可能性。一种常见的高温腐蚀形式是氧化，其中金属在高温下与氧反应形成氧化物。随着时间的推移，这些氧化物可能导致设备的结构弱化，进一步增加腐蚀的风险。

2.1.4 微生物腐蚀

微生物腐蚀是由微生物活动导致的腐蚀形式。在石油化工设备中，有些环境条件可能适合某些微生物的生长和繁殖，这些微生物可以产生酸性或其他侵蚀性物质，直接导致设备腐蚀。此外，它们还可以形成生物膜，这些生物膜可能进一步加速腐蚀过程。例如，硫酸盐还原细菌在无氧环境中可以产生硫化氢，这是一种高度侵蚀性的气体，可能导致金属腐蚀。

2.1.5 应力腐蚀开裂

应力腐蚀开裂是一种在应力存在的情况下，由腐蚀介质引起的腐蚀机制。在这种情况下，金属在受到持续或周期性的机械应力的同时，也暴露于侵蚀性环境中，这两个因素相结合，导致金属表面出现裂纹。随着时间的推移，这些裂纹可能会扩展，最终导致设备的破裂或失效。在石油化工设备中，这种腐蚀形式特别危险，因为它可能会在没有明显外部腐蚀迹象的情况下突然导致设备失效。

2.2 自身原因

2.2.1 设备金属性能存在不足

设备的金属特性对其在石油化工环境中的表现至关重要。金属的机械强度、韧性、耐热性及其对特定化学物质的抗腐蚀性能是确定其使用寿命和稳定性的关键。如果选择的金属或其合金不能满足工作环境的要求，那么设备可能会出现过早的磨损、腐蚀和故障。例如，一种对某些酸不够稳定的金属在酸性环境中可能迅速失效。

2.2.2 材料管理使用不当

正确的材料管理和使用是确保石油化工设备长期稳定运行的关键。这不仅包括选择合适的材料，还包括在设备的整个生命周期中对材料的储存、维护和更换。如果管理不当，例如储存条件不佳导致材料性能下降，或者在维修时使用了不合适的替代材料，都可能导致设备的预期性能下降和腐蚀风险增加。

2.2.3 设备的设计、加工不当

设备的设计和加工是决定其在实际工作环境中性能的关键因素。设计缺陷，如不合适的结构、材料选择或不考虑实际工作条件，都可能导致设备的腐蚀和故障。此外，加工过程中的问题，如焊接缺陷、应力集中或材料处理不当，都可能导致设备在使用中的早期失效。在石油化工设备中，由于工作条件的复杂性和多样性，设计和加工的每一个细节都至关重要。

3 石油化工设备防腐策略

3.1 隔离腐蚀介质，科学选择设备

对于石油化工设备，腐蚀介质是其耐用性的最大威胁。腐蚀介质，如酸、碱、盐和某些有机化合物，都可以与设备的材料发生反应，导致设备腐蚀和性能下降。为了降低这种风险，重要的一步是隔离这些腐蚀介质，确保它们不直接接触到设备的敏感部分[2]。这可以通过使用密封件、防护层或其他隔离措施来实现。此外，科学选择设备也是关键。基于操作的具体条件和环境，选择最适合的设备材料和设计是防止腐蚀的首要步骤。例如，对于酸性环境，选择耐酸的金属或合金；对于高温操作，选择耐高温的材料。通过合理的设备选择，不仅可以提高设备的使用寿命，还可以降低维护成本和生产中断的风险。

3.2 材料选择与改进

在石油化工领域，材料的选择对于确保设备稳定、长期且安全地运行至关重要。正确的材料能够提供所需的机械和化学性能，从而抵御各种工作环境中的腐蚀和应力。首先，选择合适的基础材料是非常重要的，这意味着基于工作环境（如温度、压力和化学成分）的具体需求来选择。例如，在强酸性环境中，不锈钢和某些特殊合金可能表现得更好。然而，随着技术的发展，我们不仅可以选择现有的材料，还可以对它们进行改进以满足特定的需要。材料工程师和科学家们通过纳米技术、合金化、表面处理和其他先进技术来改善材料的性能，使其更加耐腐蚀、耐磨损或更有弹性。例如，钛合金和陶瓷涂层可能被用于特定的高腐蚀环境，以延长设备的使用寿命。

3.3 防护涂层

防护涂层在石油化工设备的腐蚀控制中扮演着至关重要的角色。这些涂层为设备提供了一个屏障，隔离了其

Copyright © 2023 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

与腐蚀介质的直接接触，从而降低了腐蚀的风险。根据工作环境和涂层的目的，涂层材料的选择可能涉及多种合成树脂、橡胶、陶瓷、金属和其他特殊材料。涂层不仅能够提供化学防护，还可以提供物理防护，例如，抵御摩擦、撞击或其他机械应力。对于石油化工设备，防护涂层可以大大延长设备的使用寿命，减少维护需求和停机时间。然而，仅仅选择合适的涂层材料是不够的。涂层的应用方法、固化过程以及其与基材的附着性都会影响涂层的最终性能。因此，涂层的选择和应用需要科学、技术和经验的结合，以确保石油化工设备在严格的工作条件下获得最佳的防护。

3.4 阴极保护

阴极保护是一种广泛应用于石油化工设备的电化学防腐技术。它通过施加一个外部电流来保护金属设备不被腐蚀。在这种方法中，被保护的金属成为电路的阴极，而牺牲阳极（如镁、锌或铝的阳极）会受到腐蚀。这种“牺牲”的阳极将消耗，而被保护的金属设备则得以保存。阴极保护技术在石油化工设备中具有多个优点。首先，它为大型和复杂的设备提供了均匀且持续的保护。其次，由于它是一个主动的保护系统，可以根据需要进行调整，从而为各种工作条件下的设备提供恒定的保护。尽管阴极保护是一个非常有效的腐蚀控制方法，但其实施和维护需要专门的技术知识。系统的设计、阳极材料的选择以及电流的监控和调整都需要专业知识，以确保阴极保护系统的有效性和经济性。

3.5 设备设计与操作改进

设备的设计和操作对其在石油化工环境中的耐腐蚀性能起着关键作用。正确的设计不仅可以减少腐蚀的机会，还可以在设备出现问题时减少其影响。首先，设计时应考虑到所有潜在的腐蚀环境和应力，确保设备的形状、尺寸和材料都能抵御这些挑战。例如，为了避免积液造成的腐蚀，可以设计设备的底部呈斜坡状，使液体容易排出[3]。又如，对于易受疲劳损伤的部件，可以使用增加厚度或增加辅助支撑的方式来减少应力。操作上的改进也是防止腐蚀的关键。这包括定期的维护、检查和清洁，以确保设备始终处于良好状态。通过实施标准化的操作程序和培训操作员，可以确保设备在最佳的工作条件下运行，从而降低腐蚀的风险。

3.6 环境控制与处理

石油化工设备的运行环境对其耐腐蚀性能产生直接影响。因此，对这些环境进行有效的控制和处理是减少腐蚀并延长设备寿命的关键。环境控制主要涉及调整和维护工作环境中的参数，如温度、湿度、化学物质的浓度和 pH 值，使其保持在对设备友好的范围内。例如，通过冷却系统降低高温下的工作环境，可以减少高温腐蚀的风险[4]。同样，通过脱水或净化系统去除含有的腐蚀性物质，如酸或盐，可以显著降低化学腐蚀的风险。环境处理则涉及到直接处理和改变工作介质或环境以降低其腐蚀性。例如，添加腐蚀抑制剂或缓蚀剂可以降低介质的腐蚀性。对于含有侵蚀性气体的环境，可以通过通风或更换空气来降低其浓度。

3.7 强化结构、工艺与防腐意识

设备的设计和制造工艺直接影响其对抗腐蚀的能力。坚固和科学的设计可抵抗各种应力，而良好的制造工艺确保设备的高性能。为适应不同工作环境，可能需要使用更强的材料或改进结构设计。特别要注意避免设计缺陷，如锐角，因为它们容易成为腐蚀的重点。工艺上，选择正确的制造技术，如适当的焊接方法，是关键。此外，强化员工的防腐意识和进行定期培训也是非常重要的，以确保日常操作中的腐蚀预防。

3.8 建立健全防腐设备监测系统

随着技术的进步，现在有了更先进的手段来实时监测设备的健康状态。对于石油化工设备，建立一个健全的防腐监测系统至关重要，因为它不仅可以提前发现潜在的腐蚀问题，从而避免更大的灾难，还可以提高生产效率和设备使用寿命。防腐设备监测系统通常包括各种传感器和仪器，它们可以实时测量和记录诸如温度、湿度、pH 值、电化学性质等与腐蚀相关的参数。例如，电化学传感器可以检测设备上的微小电流变化，这可能是腐蚀活动的早期迹象。除了硬件外，监测系统还应包括数据分析软件。这些软件可以实时分析收集的数据，根据预设的阈值发出警告或建议采取特定的维护操作。此外，通过长期的数据收集和分析，可以更好地理解设备的腐蚀模式，从而制定更有效的预防策略。

4 结语

石油化工设备在日常生产中扮演着至关重要的角色，而其耐腐蚀性能直接影响到生产的稳定性、安全性和经济效益。通过对腐蚀原因的深入理解，结合先进的科学技术和管理策略，可以有效地预防和控制设备的腐蚀。本文深入探讨了多种腐蚀类型、其成因以及相应的防护措施，从材料选择到操作优化，再到高级的监测系统，为石油化工行业提供了一套全面而实用的防腐指导方案。期望这些措施不仅能确保设备的长期稳定运行，还能进一步推动石油化工行业向更加可持续、安全和高效的方向发展。

[参考文献]

[1]姚哲哲,胡云永.石油化工设备常见腐蚀原因及防腐措施[J].化工管理,2022(27):133-135.
[2]陈凯,商极极,王爱青.石油化工设备常见腐蚀原因及防腐措施[J].石化技术,2023,30(08):171-173.
[3]赵国辉.石油化工设备防腐蚀的措施和方法研究[J].中国设备工程,2023(15):152-154.
[4]韩晗.石油化工设备防腐蚀的措施和方法[J].设备管理与维修,2023(12):136-137.

作者简介：孔凡景（1983.4—），毕业院校：中国石油大学（华东），所学专业：土木工程，当前就职单位：江苏盛虹石化产业集团有限公司，职务：安装造价工程师，职称级别：中级工程。

Copyright © 2023 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

海洋石油平台防爆电气技术研究

王 鹏
中海石油（中国）有限公司曹妃甸作业公司，天津 300451

[摘要]在最近几年中，由于中国的工业发展步伐持续提升，中国的石油和化学品制造所需的原材料也在逐年上升。除了从俄罗斯、中亚和中东地区这些拥有丰富原材料的地方获取，中国也在加大对本土原材料的勘探力度。总的来说，国家的石油储量相对较少，主要的陆地和海洋石油和天然气储量主要集中在大庆、松辽、塔里木、鄂尔多斯、川西等区域。目前，海洋石油储量开发还处于开发阶段，但是，如果能够进行更多的开发和采集，这将有助于保持长期的稳定供应。在进行石油勘探时，电气设备，特别是防爆电气设备，在复杂的环境下发挥着至关重要的角色，因此，需使用稳定且可信赖的防爆电气设备来确保石油勘探的安全性。本篇文章主要探讨并解读了防爆电气设备在海洋石油平台上的运用状况。

[关键词]海洋石油平台；防爆电气设备；研究
DOI：10.33142/ec.v6i12.10336 中图分类号：TP202.1 文献标识码：A

Research on Explosion-proof Electrical Technology for Offshore Oil Platforms

WANG Peng
Caofeidian Operation Company of CNOOC (China) Co., Ltd., Tianjin, 300451, China

Abstract: In recent years, due to the continuous improvement of Chinese industrial development pace, the raw materials required for Chinese petroleum and chemical manufacturing have also been increasing year by year. In addition to obtaining abundant raw materials from Russia, Central Asia, and the Middle East, China is also increasing its exploration efforts for local raw materials. In general, the country's oil reserves are relatively small, with the main onshore and offshore oil and natural gas reserves concentrated in areas such as Daqing, Songliao, Tarim, Ordos, and western Sichuan. At present, the development of offshore oil reserves is still in the development stage, but if more development and collection can be carried out, it will help maintain long-term stable supply. During petroleum exploration, electrical equipment, especially explosion-proof electrical equipment, plays a crucial role in complex environments. Therefore, stable and reliable explosion-proof electrical equipment needs to be used to ensure the safety of petroleum exploration. This article mainly explores and interprets the application status of explosion-proof electrical equipment on offshore oil platforms.

Keywords: offshore oil platforms; explosion proof electrical equipment; research

20 世纪初，“贫油论”的观点在中国流传，然而，到了 20 世纪 50 年代末，中国利用实地考察方法，成功地找到了海滨地区丰富的石油资源，这为中国的工业化建设提供了必需的支持。防爆电气设备作为确保海洋石油开采的关键设备，因此，设备的选择和设计问题需被高度关注，同时，也需对设备的质量和安全状况进行深入的研究，确保设备的使用的安全。

1 海洋石油平台防爆电气的安全隐患

当进行海洋石油和天然气的勘探活动，这些都需要大量的能量和气体。所以，使用防爆电气设备在这个过程中显得尤为重要。然而，经过深入研究，发现，在爆炸危险区域内的非防爆电气是海洋石油平台防爆系统中最大隐患[1]。当对平台进行了相应的审核，注意到，在有爆炸危险的地方，使用了非防爆电气设备。这种情况导致了潜在的安全风险。一旦出现电火花，在危险区域内可能会出现爆炸，带来巨大的经济损失。

2 海洋石油平台危险区域的划分

2.1 2 区

在所有的 2 区里，石油平台的危险程度是很小的，这些危险区包括：距离井口的原始油源 5m 之外的区域；存在着油气泄漏却缺乏通风的位置；放置并运送油气处理设备的场所；以及储油罐和分离器设施附近 3m 之内的空间。这些场所几乎没有气体泄漏的风险，唯独当出现操作失误时，才可能产生高浓度的爆炸性气体。因此，对于这些场所，需严格按照标准进行操作[2]。

2.2 1 区

在 1 区内，即便是依照规范程序，没有进行违规操作，也有可能产生爆炸气体。具有这一特点的地区分为：（1）封锁钻井架区域；（2）原油储存设备及气、水、油处理设备的排放泄露口周边 3m 内的地方；（3）钻井系统井口与出气口之间的区域；（4）闪点在 60 度以上的油箱内。

2.3 0 区

在 0 区中，油田生产正常进行过程中，往往会产生大量易燃、易爆的气体，这些气体甚至未经任何误操作处理的情况下，也会不断地生成可燃气体和油气。这一地区是最危险的地区。0 区范围为：（1）从井口到排气管的整个范围；（2）所有含碳氢化合物的油气水处理系统；（3）为

Copyright © 2023 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

储存及运输系统提供足够的空间；（4）用于运输，贮存，原油和闪点在 60 摄氏度以下的设备内。

3 防爆电气设计需考虑的因素

3.1 增安型防爆电机时间保护设计

电机在有爆炸风险的环境中工作时，除了正常操作以及启动阶段，它们不可作为火源，即使是在发生阻塞或者故障的状态下，这一规定仍然适用。针对一般使用的隔爆型电机，其表面温度的检查主要集中在电机机座的外部以及轴承的周围。考虑到防止爆炸的因素，电机的外壳会因其导热和散热的差异，导致其转子的表面温度明显高于机座的外部[3]。结合生产方提供的“时间”-定子电流曲线，绘制反时限过流保护。转子阻塞情况下，相应的发热可以忽略不计，所有热量均用于提升电机温度。受到极限温度影响，相应的阻塞状态热量极限为定值。绕组线圈饱和因素忽略不计，此时启动电流与电压成正比。由此绘制催化气压机电机转子阻塞发热限制曲线。由此可以计算获得安全阻塞时间，此时可以增设防爆电机。

安装防爆电机时，应当确保螺栓、电缆引入装置型号匹配，确保其完整性并进行加固，防止电机安装后发生脱落。电机安装后确保接地线可靠连接，保障衬垫的完整性，避免对防爆性能造成影响。确保风机叶轮与外壳间拥有足够的间距，满足防护防爆需求。

3.2 爆炸危险场所的接地设计

在通常的环境设计中，首要目标是确保人员的安全，然而，对于爆炸性气体环境的设计，同样需要关注如何防止危险电压和过电流导致火灾或者爆炸，这也是防爆设计的关键部分。在爆炸性气体环境中，如果出现短路、电流增大、雷电感应过电压或者产生静电等情况，那么后果不堪设想，防止这些问题的最终解决方案就是进行接地。主要的种类有：在低压电力系统里添加特定的防护接地线、平衡压力以及防护罩，通常会将这些方法融为一体。根据《爆炸和火灾危险环境电力装置设计规范》GB50058-92 的规定，1 区和 2 区的所有电气设备，包括照明灯具，都须使用特定的接地线。而在 2 区，照明灯具可选择使用与之相连的金属管道系统作为接地线。然而，国际电工委员会（IEC）则要求在爆炸性气体环境中，TN 制只能使用 TN—S 制，不能使用 TN—C 制。

3.3 合理选择隔爆型、增安型、无火花型电气设备

按照我国现行的防爆标准及 IEC 标准，防爆型“d”型、增安型“e”型、本质安全型“ia”型“ib”型、正压型“P”型、充油型“O”型、“n”型无火花型、“q”型和特殊型“s”型。在满足规范要求的前提下，合理选用抗爆结构型式，可以有效降低成本支出。本段主要对常用的防爆型、增安型和“n”型电气设备进行简单介绍，并对其在设计时的合理选用进行分析。

（1）“d”类型的防爆设备：它们被密封在一个防爆材料中，这个材料可抵抗内部的爆炸压力，同时也避免了触发外界的爆炸性混合物。此类设备的防护层的表面温度比起爆炸性混合物的触发温度要低。

（2）“e”型增安设备：对于不会出现火花电弧或高温危险的电气，采取以下措施提高其安全与稳定性能：采用优良的绝缘材料，降低温升，增大电间隔与爬电距离，改善导线的连接质量等，这些都是为了防止在正常和规定的超负荷情况下发生点燃。

（3）“n”型无火花型：指的是在正常操作以及符合标准要求的情况下，其电子装置不会触发周边爆炸性混合物的环境，这种装置的特征与增安型相近，然而并未对其进一步增添额外的安全保证措施。

根据相应的爆破风险数据，在正常工作条件下，防爆等级为：防爆型=增强型〉无火花型；在发生故障时，其安全性等级依次为：防爆型〉增强型〉无火花型。各种抗爆结构型式均有其适用的适用条件，但在电气设计时，很多设计者往往坚持采用防爆型，而大多数厂家也采用这种型号的电气设备。而事实上，隔爆型电气设备是性能最为成熟、使用范围最广泛，安全性能最好的型号，它不仅可以应用在 1 区或者 2 区，也可以应用在各类强、弱电设备和设备上。

在任何场景中，可主动地选择使用增安型和无火花型设备，这两种方式都能应对 1 区或 2 区的环境。根据《AQ 3009-2007 危险场所电气安全防爆规范》，增安型设备同时适用 1 区或 2 区与第 4 节的观点相矛盾；（第 4 节观点截图如下）

另一方面，无火花型设备能够适用于 1 区或 2 区，它也拥有增安型所具备的尺寸小、质量轻、成本低、易于保养的优势。据相关信息显示，近些年德国的化学工业中，增安型和无火花型设备的使用比例大概占据了防爆电气设备的 80%，而隔爆型则只占 15%。这个比例在我国的情况下存在显著差异。

4 隔爆型和增安型电气设备对比分析

中国海洋石油平台中通常将爆炸危险区划分为三个区域，如表 1 所示：

表 1 海洋石油平台爆炸性危险区的划分

划分区域	0 区	1 区	2 区
存在危险可能性的时间量度	正常情况下爆炸性气体混合物连续地或长时期存在的场所（1000h/y）	正常情况下爆炸性气体混合物有可能出现的场所（10～1000h/y）	正常情况下爆炸性气体混合物不可能出现，仅在不正常情况下偶然短时间出现的场所把（10h/y 以下）

0 区为持续发生或连续发生爆炸物的地区；1 区：指在正常工作条件下，有可能产生爆炸物的地方；2 区为一般情况下极少发生爆性气体。爆炸性危险区的划分可以为防爆技术的应用提供参考和依据。

在 1 区和 2 区，无论采取哪种形态的防爆电气设备，

Copyright © 2023 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

其在技术上均能达到防爆标准。然而，在实际应用中，增安型的更符合海洋石油平台的需求，并且与之相比，它具有如下几个明显的优点：（1）与隔爆型的电气设备相比，增安型的成本明显降低[4]。尽管隔爆型的电气设备在防爆方面表现出色，但在 1 区和 2 区，增安型的设备仍然具有充分的应用需求。（2）增安型电气设备较其他种类的电力装置，重量轻，安装方便。（3）虽然增安型电气设备的安装和维护过程相对简洁，但其对于制造和安装的需求却更为严格。安装和运行过程中可能会遇到一些问题，因此，具有防爆外壳的设备可能并非安全。

简而言之，隔爆型设备的工作原理是使得易燃气体在其外壳中产生爆炸，然后通过保护爆炸的空隙防止其扩散至周围环境，从而将爆炸的影响限制在其内部。这种设备的外壳需求相当高，因为它的外壳并非仅仅由一块不锈钢板构成，还包括了如显示器、开关等塑料元件，而这些元件与钢板的连接部位往往会遇到问题。设备的隔爆性并非完全封闭，而是存在一定的间隙。这类设备对于间隙的大小和表面的平滑性等方面都有着严格的规定。海油在近年来对防爆电气的重视程度极高，几乎所有的项目都会请防爆电气领域的专家进行检测。从专家们的检测结果来看，90%的问题源自防爆电气设备，其中，防爆间隙和防爆面的不规则问题占了主导地位。特别是几年后的隔爆型接线箱，更有可能产生这种情况。

另外，隔爆式端子盒的安装，还需要对插入线缆的填料进行说明，并配置合适的防爆填料。在使用时，对填料进行了严格的安装指导，需用适当的填充物进行封闭。然而，在实际施工中，由于施工人员的个人原因，许多填充物的安装并未达到标准。

假如隔爆型电气设备有故障，那么进入其中的易燃物质会爆炸，这种爆炸会扩散至周围环境，导致周围的易燃气体爆炸，这会严重威胁到平台的安全。此外，通常情况下，隔爆设备的故障需由专业人士和专门的工具进行检查，例如，隔爆间隙，通常无法直接观察到，因此须借助专门的塞尺进行测量。所以，隔爆形接线的故障是比较隐蔽的，对于普通操作人员来说难以察觉。所以，在海洋石油平台 1、2 区域，防爆型电力装置与其他装置相比具有较大优势。此外，“增安式”电气设备的造价低廉，安装与使用也较为容易，最关键的是它的稳定性强，不易产生故障。

5 针对安全隐患需改进的具体措施

5.1 重视防爆电气设备的区域管理

在正确地挑选防爆电气设备的安装模式的同时，也需注意设备的设置，需严格按照安装的规则和标准来操作，并且设备的安装过程中需配备具备隔热功能的防护罩。此外，当设计危险区域的电缆布局时，需确保电缆与该地段的地面、墙体等部位的距离适中，以最大限度地减少电缆与管道的碰撞[5]。需把防爆电气设备按照其特定的功能进行划分，并且把它们划分成基础安全设备和无基础安全设备。最后，必须避免将可移动电缆连接到潜在危险区域，以保证海洋石油平台的稳定性，减少发生爆炸的概率和频度。

5.2 对防爆电气设备的类型进行选择和匹配

在实施防爆措施时，必须根据适用的防爆电器类型进行分析。在海上石油钻塔的日常作业中，若火源与爆炸物发生了接触，而又不能进行有效处置，则需要将危险区的防爆电气装置关闭，对火源进行进一步的处置。通过对火源的分析，得出了火源是由两种原因造成的。首先，电气设备运行时，其表面会散发出大量热能，当其遇到具有一定燃点的可燃物时，很容易发生爆炸。另外，用电设备运行时难免会产生电火花，这也是海上油气平台发生爆炸的一个重要原因。所以，需要对电气设备工作时的温度变化进行严密检测，同时要尽可能地将可燃物隔离开来，以最大限度地减少海洋石油平台发生爆炸的概率。另外，防爆电气设备主要有本安型、增安型、正压型、隔爆型、充砂型及其组合型号。该装置广泛应用于海上油田，显示出各类防爆电气与危险地区的密切关系。所以，对于电力工作者来说，必须对海上采油的安全性进行深入的研究，并对其进行合理的设计和选择。

6 结语

综上所述，在进行海洋石油平台的日常作业时，需要对防爆电气设备的安全操作给予高度重视。防爆电气设备需要遵循科学与安全的基本原则，定期进行检修和保养。这样做不仅能确保海洋石油平台上相关作业的安全，同时也降低了火灾爆炸事件的风险，确保了海洋石油平台安全平稳地运行。

[参考文献]

[1]傅晓军，兰宇飞，张健. 防爆电气设备在海洋石油平台的应用[J]. 船舶物资与市场，2021，29(9)：15-16.
[2]王晶. 防爆电气设备在海洋石油平台的应用研究[J]. 中国设备工程，2020(20)：216-217.
[3]许鹏. 防爆电气设备在海洋石油平台上的应用[J]. 化工设计通讯，2020，46(8)：87-88.
[4]刘帅. 海洋石油平台电气设备防爆问题研究[J]. 设备管理与维修，2019(3)：32-33.
[5]周正权. 海洋石油平台电气设备的防爆问题研究[J]. 化工管理，2017(20)：74.

作者简介：王鹏（1990—），男，甘肃高台人，中海石油（中国）有限公司曹妃甸作业公司工程师，研究方向：电气工程及其自动化。

Copyright © 2023 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

超高压蒸汽 A335-P22 材质在管道焊接中的应用

刘建国 王银飞 王 健 田文冲
中石化第十建设有限公司，山东 青岛 266555

[摘要]在石油化工建设中铬钼耐热钢管道向着大口径、高压力输送方向发展，对管道的焊接质量和施工速度的要求也愈来愈高，传统的焊接方法已满足不了短平快施工进度的需求，依据高压管道焊接施工特点，采用管道埋弧焊、全位置机动焊、手工气保焊、手工电弧焊进行填充、盖面的组合焊接工艺，结合不同的焊接方法容易出现的焊接质量问题，制定了一套适合A335-P22 超高压蒸汽管道的焊接工艺和施工工序。该组合焊接施工工艺采用了多种焊接方法，既降低施工成本，提高焊接效率，保证了焊接质量。

[关键词]；耐热钢 P22；管道下料；焊接工艺；管道热处理
DOI：10.33142/ec.v6i12.10335 中图分类号：TG47 文献标识码：A

Application of A335-P22 Material for Ultra-high Pressure Steam in Pipeline Welding

LIU Jianguo, WANG Yinfei, WANG Jian, TIAN Wenchong
Sinopec Tenth Construction Co., Ltd., Qingdao, Shandong, 266555, China

Abstract: In the construction of petrochemical industry, chromium molybdenum heat-resistant steel pipes are developing towards large-diameter and high-pressure transportation, and the requirements for welding quality and construction speed of pipelines are becoming increasingly high. Traditional welding methods can no longer meet the needs of short and fast construction progress. Based on the characteristics of high-pressure pipeline welding construction, a combination welding process of pipeline submerged arc welding, all position motorized welding, manual gas shielded welding, and manual electric arc welding is adopted for filling and covering. A set of welding processes and construction procedures suitable for A335-P22 ultra-high pressure steam pipelines has been developed based on the welding quality issues that may arise with different welding methods. This combination welding construction process adopts multiple welding methods, which not only reduces construction costs, improves welding efficiency, but also ensures welding quality.

Keywords: heat resistant steel P22; pipeline cutting; welding process; pipeline heat treatment

引言

我公司承揽的某项目炼化一体化乙烯裂解装置超高压蒸汽管道焊接施工中，管道材质耐热钢 A335-P22，其设计温度为 535℃、设计压力为 13MPa。具有施工周期短，焊接任务量大，施工质量要求高的特点，其耐热钢 A335-P22（化学成分 2.25Cr-1Mo）国内 12Cr2Mo 属于低合金珠光体耐热钢，合金元素以铬、钼为主组织除珠光体、铁素体外，还有贝氏体。在高温条件下，具有抗氧化性和高温强度以及良好的耐热性能的钢，工艺性能良好，钢材的淬硬性和耐热裂纹倾向较为明显。结合超高压蒸汽管道焊接施工的综合特点，总结出一套行之有效的焊接施工流程，从管段的切割、坡口加工、焊口组对、点固焊、打底焊、工装制作、道间温度、外观检查等工序，在焊接工艺和技术措施焊接质量稳定、施工效率高、节省施工成本、劳动强度低等方面，焊接接头的各项指标都符合焊接施工工艺要求。

1 耐热钢 A335-P22P22 材质常温下化学成分和力学性能

耐热钢 A335-P22P22 材质常温下化学成分和力学性能见表 1、表 2。

耐热钢 A335-P22 材质在高温下具有较高的热强性和抗氧化性，耐腐蚀性、良好的塑性，焊接工艺性能较稳定，钢材具有淬硬性和再热裂纹倾向较为敏感，其材料的化学成分和力学性能见表。

表 1 A335-P22 材料的化学成分（%）

项目	C	Mn	Si	S	P	Cr	Mo
标准值	0.05-0.15	0.30-0.60	≤0.50	≤0.025	≤0.020	1.90-2.60	0.87-1.13
实际值	0.11	0.47	0.37	0.005	0.006	2.12	0.92

表 2 材料的力学性能（%）

项目	屈服强度 Rp0.2（Mpa）	抗拉强度 Rm（Mpa）	伸长率 A(%)
标准值	355	570	28.0

2 焊接材料的介绍

耐热钢 A335-P22 焊接材料的选择原则确保焊接材料中的主要成分 Cr、Mo、等主要合金元素含量稍高于母材合金元素，同时能够满足材料在室温下的强度和韧性要求，以及对高温强度和高温蠕变强度的要求，从而获

Copyright © 2023 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

得焊缝金属所需要的综合性能。经过合金元素的对比分析，具体如下。

（1）焊接材料从保证焊缝性能同母材匹配的原则出发，选用氩弧打底焊丝 CHG-62B3R，规格Ø2.4mm；选用焊条 CHH～407R，规格Ø3.2mm 和Ø4.0mm。焊材的化学成分及熔敷金属的力学性能见表 3、表 4。

（2）根据耐热钢 A335-P22 材质的焊接特性，结合以往的国内外焊材使用的实际效果，埋弧焊焊丝选用进口奥钢联伯乐 T Union SA Cr2Mo SC，规格为Φ2.4mm。焊剂 UV420 TTR，规格 10-60 目。

3 焊接操作要点

3.1 手工钨极氩弧焊

（1）耐热钢打底焊接时，结合材质的焊接工艺要求焊前需要的对焊口进行电加热，由于管道含有多种合金成分，同时焊口受热的影响有一定的温度，为了更好地便于焊工施焊，在相关标准规范允许的前提下，降低预热温度，保证打底焊接的填充焊丝充分熔化及背面焊缝过烧，避免产生焊接缺陷。

（2）在引燃电弧后，坡口钝边两侧熔化焊丝要顺着坡口送到熔池位置，利用电弧高温将焊丝熔化。尽量缩小电弧在高温停留的时间，然后电弧摆到上坡口，再向熔池送进焊丝熔化金属，连接形成起始焊缝，然后焊枪电弧做左右摆动，在两边稍作停留，焊丝均匀地断续地送进熔池，焊丝始终处于氩气保护区。

（3）在焊缝接头处要打磨成斜坡形状，在斜坡后 10mm 处重新引燃焊接电弧，待电弧移动到焊缝接头部位能充分熔化，接头处熔合良好；焊接过程中如要暂停焊接或要更换焊丝，应注意电弧要在停弧部位多停留一段时间，防止弧坑缺陷。

3.2 焊条电弧焊

（1）由于母材、焊材的合金元素含量高，液态金属的流动性较差，因此焊接时应特别由于液态金属流动性差，焊条电弧焊时，严格按照焊接工艺规程范围内选用适当焊接电流，以保证根部良好的熔合和内壁成型。焊条的引弧电流过小，易粘焊条；但焊接电流过大，则造成熔池不清，易形成夹渣缺陷。

（2）焊接过程中，注意焊条的摆动幅度，焊层厚度不超过焊条直径为宜，焊道宽度以焊条直径的 3 倍为宜，严格控制焊接热输入，因为焊接热输入对焊缝冲击韧度有很大影响，切勿使用较大的焊接参数。收弧时待熔地填满后再坡口一侧收弧，防止缩孔和裂纹产生。

（3）超高压管道焊接随着多层多道的增加，为减少焊接应力与变形，宜采用两人对称焊接。同时，焊接中应将每层焊道接头错开 30～50mm，接头聚集局部过高的温度影响施焊质量。

3.3 埋弧焊

（1）在耐热钢厚壁管道焊接过程中，为了获得高质量的焊缝，需要采取合理的焊接工艺和技术措施是保证焊接质量的前提条件，严格控制热输入量，多层多道焊，使晶粒细化，如果采用较大的热输入量，使晶粒粗大，形成偏析，液化相似及热裂纹的倾向增大。

（2）焊接过程中由于焊丝偏离的焊缝，造成未能充分熔化底层焊缝和母材，过大的焊层厚度，焊接速度和焊接电流不匹配，熔深不够。焊接时通过观察焊丝对位校准仪观察焊丝的位置，随着多层多道焊和焊丝延伸长度的变化而调整。

（3）管道埋弧焊在焊接过程中，覆盖在熔池上的焊剂厚度不均匀，焊丝和焊剂熔化后气体来不及逸出，熔池凝固残留在焊缝中。焊接前对焊剂严格按照要求进行烘烤，对于重复使用的焊剂要筛除渣壳和杂质，按照相关的标准添加一定比例的新焊剂，对于焊剂颗粒度的大小要根据焊接参数的大小及时调整，避免产生气孔的。

4 焊前准备

4.1 坡口形式

超高压蒸汽 A335-P22 管道坡口的加工应按照设计要求选用标准的坡口，在以往的耐热钢管道坡口加工中，采用常规坡口的形式单 V 型，但对于厚壁管道坡口的加工及尺寸，依据管道固定口全位置机动焊焊接特点，在减少焊缝填充金属，便于焊工操作，减轻劳动强度，提高焊接效率和焊接质量等原则。当管道壁厚≤35 时，采用 V 型坡口 60°，管道壁厚≥35mm 时，采用双 V 型坡口 68＋12°，坡口形式示意图。

表 3 大西洋耐热钢焊丝化学成分（%）

项目	C	Mn	Si	S	P	Cr	Ni	Cu	MO
规范	0.07-0.12	0.40-0.70	0.40-0.70	≤0.010	≤0.020	2.30-2.70	≤0.020	0.90-1.20	0.90-1.20
实测值	0.088	0.52	0.60	0.003	0.019	2.34	0.072	0.91	0.94

表 4 大西洋耐热钢焊条化学成分（%）

项目	C	Mn	Si	S	P	Cr	Ni	Cu	MO
规范	0.07-0.12	0.40-0.70	0.40-0.70	≤0.010	≤0.020	2.30-2.70	≤0.020	0.90-1.20	0.90-1.20
实测值	0.072	0.74	0.35	0.0049	0.0069	2.25	--	--	1.04

Copyright © 2023 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

表 5 大西洋耐热钢埋弧焊焊丝及焊剂化学成分（%）

项 目	C	Mn	Si	S	P	Cr	Ni	Cu	MO
焊丝 T Union SA Cr2Mo SC	0.05-0.15	0.80-1.45	≤0.35	≤0.025	≤0.025	2.2-3.00	-	≤0.35	0.90-1.20
焊剂 UV420 TTR	≤0.15	≤1.20	≤0.50	≤0.010	≤0.020	1.50-2.30	-	≤0.35	0.70-1.20

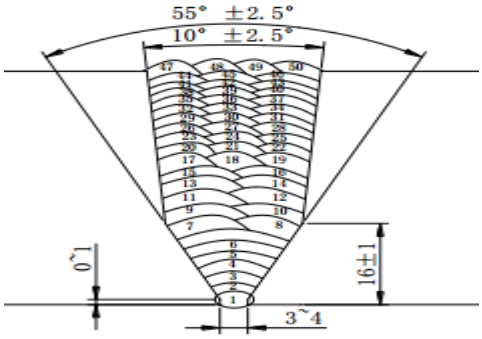


图 1 坡口形式

4.2 机加工

管道切割及坡口加工宜采用机械方法，坡口加工后应进行外观检查，坡口表现不得有裂纹、分层和夹渣等缺陷。由于 A335-P22 耐热钢具有淬硬倾向，坡口加工采用机械加工。坡口加工后应进行外观检查，坡口表面不得有裂纹、分层等缺陷。

图 2 管段切割

图 3 坡口加工

5 焊口组对

（1）焊口组对前，应采用砂轮机将坡口及端部内外两侧 20mm 范围内去除影响焊接质量的氧化皮。

（2）定位焊方式选用过桥定位焊缝，定位焊缝应采用评定合格的焊接工艺。焊口点固前使用大功率气焊火焰对点固点进行预热至 200℃以上，采用钨极氩弧焊点固，焊口点固焊接与正式焊接的焊接工艺和技术措施相同，点固焊采用 10mm-20mm 点固块。点固点应均匀分布，为了降低焊接应力和焊接变形，定位焊缝应平滑过渡到母材，经检查符合焊接工艺要求再进行根部打底焊接。

6 焊前预热

（1）预热温度：≥180℃；加热方式：火焰或电加热；预热的范围为焊缝两侧各不小于焊件厚度的 5 倍，且不小于 100mm。靠近焊缝坡口处暴露的母材表面上测取温；当管壁厚小于等于 50mm 时，测温点为正对焊工工件表面，距坡口边缘 4 倍壁厚且不超过 50mm。当工件厚度超过 50mm 时，要求测温点应位于至少 75mm 距离的母材或坡口任何方向上的相应位置。条件允许时，温度应在加热面的背面上移开热源一段时间，使母材厚度上的温度均匀后测定温度。

（2）采用红外线测温仪或热电偶对焊口的预热温度进行测量，并做好记录。对预热温度低的焊口，重新加热到要求温度后再进行焊接。当采用钨极气体保护焊打底时，焊前预热温度可按规定的下限温度降低 50℃。

图 4 坡口焊前预热

图 5 温度检测

7 钨极氩弧焊打底焊接

（1）耐热钢打底焊接时，结合材质的焊接工艺要求焊前需要的对焊口进行电加热，由于管道含有多种合金成分，同时焊口受热的影响有一定的温度，为了更好地便于焊工施焊，在相关标准规范允许的前提下，降低预热温度，保证打底焊接的填充焊丝充分熔化及背面焊缝过烧，避免产生焊接缺陷。

（2）在引燃电弧后，坡口钝边两侧熔化焊丝要顺着坡口送到熔池位置，利用电弧高温将焊丝熔化。尽量缩小电弧在高温停留的时间，然后电弧摆到上坡口，再向熔池送进焊丝熔化金属，连接形成起始焊缝，然后焊枪电弧做左右摆动，在两边稍作停留，焊丝均匀地断续地送进熔池，焊丝始终处于氩气保护区。

图 6 GTAW 焊接过程

图 7 焊枪加长瓷嘴

（3）在焊缝接头处要打磨成斜坡形状，在斜坡后 10mm 处重新引燃焊接电弧，待电弧移动到焊缝接头部位能充分熔化，接头处熔合良好；焊接过程中如要暂停焊接或要更换焊丝，应注意电弧要在停弧部位多停留一段时间，

Copyright © 2023 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

防止互坑缺陷。

（4）打底设备采用高频引弧装置，便于焊接过程中在收弧处熔池缓慢降温，同时将弧坑填满，可以延迟保护气体时间，避免弧坑出造成焊接缺陷，钨极氩弧焊打底封底一层，填充一层增加焊缝的强度和厚度，防止热焊层电弧击穿打底层和增加根部焊缝的宽度。

图 8 外部成型

图 9 内部成型

8 多种焊接方法填充、盖面

8.1 手工电弧焊接

（1）焊条电弧焊填充时，道间温度控制在 280－320℃之间，为防止产生热裂纹和减少热影响区粗晶脆化，需选择小的线能量，以减少高温停留时间，但采用小参数，焊缝冷却速度快。该种钢的焊条层间温度 300℃温度下，操作性能较好，熔滴过渡及铁水流动性和飞溅都明显改变。

图 10 双人对称焊

（2）通过实际操作试验发现，由于母材、焊材的合金元素含量高，液态金属的流动性较差，因此焊接时应特别由于液态金属流动性差，安装对口时应适当加大对口间隙（3－4mm），焊条电弧焊时，严格按照焊接工艺规程范围内选用适当焊接电流，以保证根部良好的熔合和内壁成型。焊条的引弧电流过小，易粘焊条；但焊接电流过大，则造成熔池不清，易形成夹渣缺陷。因此，选择合理的焊接电流是保证焊接质量的关键。

图 11 道间温度

图 12 多层多道

（3）为减少焊接应力与变形，较大的焊口，宜采用两人对称焊接。同时，注意不得两个同时在一处收头，以免局部温度过高影响施焊质量。焊接中应将每层焊道接头错开 10～15mm，同时注意尽量焊得平滑便于清渣。

图 13 水平固定口焊缝

图 14 盖满焊缝

表 6 极氩弧焊打底+焊条焊填充、盖面焊接工艺参数

焊接层次	焊接方式	焊材		电源极性	焊接电流（A）	焊接电压（V）	焊接速度（cm/min）
		牌号	直径（mm）				
1	GTAW	CHG-62B3R	Φ2.4	DCEN	90～120	8～16	5～10
2	SMAW	CHH407R	Φ3.2	DCEP	100～140	22～28	5～12
3-N	SMAW	CHH407R	Φ4.0	DCEP	120～180	22～28	8～15

（4）焊接前，由于厚壁管的坡口角度都是 U 形坡口，坡口角度小，埋弧焊枪垂直于 12 点位置，而且又不能摆动，提前对移动式管道升降托持小车的角度进行调整，把焊枪进行轻微的转动方向前置，有利的保证坡口两层充分熔合。填充第一道焊接时，把埋弧焊枪从钟表方位 12 点偏前位置开始焊接，由于打底焊缝较薄，焊枪垂直 12 点焊接容易把焊缝击穿，底层填充焊接的电流，电压，焊接速度要稍快，随着焊接层数的增多，适当加大焊接参数，提高焊接效率。焊件旋转方向为逆时针，这样焊缝成形较好，也不至于使层间接头处过高。

图 15 焊接过程

图 16 填充层焊缝

（5）在焊接过程中，管件在压紧式管道驱动机转动时存在一定的偏移，应及时手动微调焊枪离工件的距离大小，否则，易造成焊枪喷嘴接触焊件或电弧太长；要及时手动微调焊枪左右位置，使焊枪喷嘴始终对准焊缝坡口中心，否则，易造成焊偏或未熔合，焊接时及时从焊缝的渣壳的脱落和焊缝为金黄色或者银白色来判断焊层的温度，有效的控制层间温度及管道背面焊缝氧化。

Copyright © 2023 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

图 17 道间温度控制

图 18 地线夹改进

（6）盖面层焊接时，由于坡口角度大或者错边，需采用窄焊道，焊层薄，多层多道焊，焊接电流与焊接速度适当降低，应及时提高焊接电压，增加焊缝的宽度，由于管道埋弧焊焊接时电弧在焊剂下燃烧观察不到熔池，焊工焊接时通过观察和听声音，如果电弧燃烧的声音清晰均匀一致，说明焊接参数合适稳定，电弧燃烧的声音高低不一及熔池上的渣壳不规则，电流与电压的配比不合适应及时提调整，更好地确保焊缝圆滑过渡，所以焊工要加强理论与实践的学习运用确保焊接质量。

图 19 找平焊缝

图 20 盖面焊缝

表 7 钨极氩弧焊打底+埋弧自动焊填充、盖面焊接工艺参数

焊接层次	焊接方式	焊材		电源极性	焊接电流（A）	焊接电压（V）	焊接速度（cm/min）
		牌号	直径(mm)				
1	GTAW	CHG-62B3R	Φ2.5	DCEN	90-130	16-24	6.5-15
2	GTAW	CHG-62B3R	Φ2.5	DCEN	100-150	34～40	15-40
3-4	SAW	Cr2MoSC/UV420TTR-W	Φ2.4	DCEP	220-260		
5-n	SAW	Cr2MoSC/UV420TTR-W	Φ2.4	DCEP			

9 焊后热处理

耐热钢 A335-P22 管道当壁厚≤25mm 时（根据业主会议要求），焊缝应一次连续焊完，施焊完成或中断焊接时应立即进行后热，重新焊接时对焊口进行预热，焊接完成后进行 RT 检测，无损检测合格后进行焊后热处理，热处理完成后进行硬度检测，硬度检测合格后进行表面检测及焊缝光谱检测。当壁厚＞25mm 时（根据业主会议要求），焊缝焊接至 20mm 左右时停止焊接，立即进行后热，保温缓冷后进行 RT 检测，重新焊接时对焊口进行预热，焊接完成后立即进行后热并保温缓冷，然后进行（TOFD）+UT+MT 检测，检测合格后进行焊后热处理，热处理完成后进行硬度检测，硬度检测合格后进行表面检测及焊缝光谱检测。

9.1 层间温度

层间温度应控制在 200～300℃；层间温度测量位置：12 点、3 点、6 点位置；焊接过程中的层间温度不应低于预热温度的下限值。

9.2 后热处理

焊接完成以后，若不能立即进行焊后热处理，焊接完毕后应立即进行后热处理，后热温度宜为 300～350℃，保温时间不应少于 30min 并保温缓冷。有预热无焊后热处理要求的接头，焊后采取保温缓冷措施。

9.3 焊后热处理

A335 P22 铬钼钢管道母材厚度＞13mm 管道焊缝进行热处理，热处理温度根据《石油化工钢制管道焊接热处理规范》SH/T3554-2013 定为 700～760℃，最短保温时间 2 小时。升温至 300℃后，加热速度按 5125/δ（℃/h）计算，且不大于 220℃/h；恒温期间各测温点的温度均应在热处理温度规定的范围内，其偏差不得超过 50℃；恒温后的冷却速度应按 6500/δ（℃/h）计算，且不大于 260℃/h。冷至 300℃后可自然冷却。

图 21 热处理过程

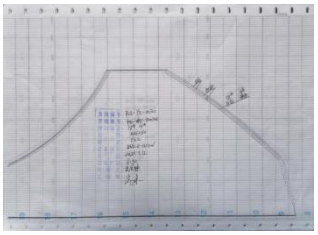


图 22 热处理曲线

10 焊缝检验

（1）焊接完成后的焊缝外形尺寸符合设计要求，当管道 DN50 及以下内部余高不大于 1mm，DN50～DN100（包括 DN100）余高不大于 1.5mm，大于 DN100 余高不大于 2.5mm。焊波均匀，焊缝成型美观。

（2）焊缝表面无裂纹、未溶合、气孔、溶合性飞油、烧穿、未焊透，焊道边缘与母材圆滑过渡，咬边应符合规范要求；氧气管线管件及焊接位置内壁焊缝应平滑，无锐边，毛刺及焊瘤。

（3）焊缝射线检测要求

①焊缝检测在焊接完成 24 小时后且后热完成后进行。对于三通、弯头、法兰口等处焊缝，若方便进行中心透照，可以一次填充完成后优先选用 RT 检测。

②每名焊工焊接的合金钢管道，其承插和焊接支管的焊接接头及其他角焊缝，均采用磁粉检测或渗透检测方法检查焊缝的表面质量，检测百分率为 100%。抽样检测的焊接接头宜覆盖现场不同管径的管道，检测位置应由质量检查员、监理、业主根据焊工和现场的情况随机确定。

Copyright © 2023 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

（4）硬度检测比例

硬度检验应符合：管道焊接接头焊后热处理后应进行硬度检验，检验比例为 100%，每个接头的硬度检验应不少于 1 处，每处应包括焊缝、热影响区，每个部位测定不少于三点（取 3 个点的平均值）。硬度测定值的标准不超过布氏硬度≤241HB 为合格。

11 结束语

通过在超高压蒸汽耐热钢 A335-P22 管道的焊接施工中，采用钨极氩弧焊打底＋焊条焊填充、盖面；钨极氩弧焊打底＋熔化极气保焊填充、盖面焊接工艺；钨极氩弧焊打底＋埋弧自动焊填充、盖面工艺；管道固定口全位置机动焊填充、盖面工艺；同时对管道使用机械切割、坡口加工、是保证焊接质量的前提条件。在焊口组对时配置的工装，焊前预热、道间温度、焊后热处理等方面，优化了焊接技术措施，使用以上焊接工艺，焊缝的内外质量都得到了全面的控制，其焊接接头的硬度、韧性等指标都符合标准要求。

在炼化一体化乙烯装置蒸汽裂解装置超高压蒸汽管线焊接及热处理施工中，常规焊接工艺低效率、高成本，难以满足高压管道短平快工程工期的需求。根据制定的焊接工艺和技术措施，预制工厂化，焊接全面自动化，管道施工一体化的应用，有效的克服了超高压蒸汽管道焊接施工的难题，采用组合式焊接施工工艺，提升了高压管道的焊接效率，降低人工成本，减轻了劳动强度，优化作业环境，减少了焊接缺陷产生，实现流水化生产。共完成管道 19600 吋径，管道焊接一次合格率 99.2%，焊接质量都处于受控状态，该焊接施工工艺是传统手工焊的 4 倍，既保障了焊接质量，又加快了施工进度，圆满完成超高压蒸汽管道的焊接施工任务，取得良好的经济效益和社会效益，为公司承揽类似工程积累经验。

参考文献

[1]刘素,潘金柱,李双锁,等.避免 A335-P22 厚壁管氩电联焊产生冷裂纹和再热裂纹的途径[J].石油工程建设,2010(3):14.

[2]洪卫.厚壁 A335P22 钢管材的焊接[J].山西电力技术,2000(3):74.

[3]陈祝年.焊接工程师手册[M].北京:机械工业出版社,2002.

作者简介：刘建国（1995.7—），毕业院校：中国石油大学（华东），所学专业：机电一体化技术，当前就职单位：中石化第十建设有限公司，职务：焊接主任技师，职称级别：高级技师。

Copyright © 2023 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

立井液体乳化炸药机械化装药施工技术研究

陶银柱
铜陵有色金属集团铜冠矿山建设股份有限公司，安徽 铜陵 244000

[摘要]哈萨克斯坦 VCM 竖井项目于 2021 年 8 月 5 日开始进入基岩段凿井，使用凿岩爆破方式进行井筒下掘作业，由于受到当地法律法规的约束，由现场中方人员进行凿岩作业，当地爆破公司进行爆破作业，火工器材由爆破公司购买、运输、存储和使用。2021 年 8 月至 10 月使用卷装乳化炸药进行井筒爆破作业，爆破后存在较多的盲炮、哑炮，爆破效率低下，爆破后大块产出率高等问题，自 2021 年 11 月开始使用液体乳化炸药进行井筒爆破作业。VCM 立井设计井深 742.6m，净直径 7m，井深 0--80m 为钢筋混凝土结构，其余段为素混凝土结构，混凝土厚度分别为 500mm 和 450mm，混凝土强度为 B30。

[关键词]立井；装药机；液体乳化炸药
DOI：10.33142/ec.v6i12.10363　　中图分类号：TD235.212　　文献标识码：A

Research on Mechanized Charging Construction Technology of Vertical Shaft Liquid Emulsion Explosive

TAO Yinzhu
Tongguan Mine Construction Co., Ltd. of Tongling Nonferrous Metals Group, Tongling, Anhui, 244000, China

Abstract: The VCM vertical shaft project in Kazakhstan began drilling in the bedrock section on August 5, 2021, using rock drilling and blasting methods for shaft excavation operations. Due to local laws and regulations, Chinese personnel on site were responsible for rock drilling operations, while the local blasting company was responsible for blasting operations. The pyrotechnic equipment was purchased, transported, stored, and used by the blasting company. From August to October 2021, rolled emulsion explosives were used for wellbore blasting operations. After blasting, there were many blind shots and dumbbells, resulting in low blasting efficiency and high yield of large blocks. Liquid emulsion explosives have been used for wellbore blasting operations since November 2021. The design depth of the VCM vertical shaft is 742.6m, with a net diameter of 7m. The shaft depth is 0-80m, which is a reinforced concrete structure. The remaining sections are plain concrete structures, with concrete thicknesses of 500mm and 450mm respectively, and the concrete strength is B30.

Keywords: vertical shaft; charging machine; liquid emulsion explosive

1 技术特点

①机械化程度高，可以提高工作效率，降低工人劳动强度；

②容易装填，散装炸药产品的炮孔装填流畅均匀，不同于包装好的炸药产品，在手工装药时会出现药包卡孔现象；

③节约成本。与传统的药卷装药方式相比，散装炸药的耦合性明显提高，可改善孔网参数的设置，减少炸药的使用量，节约成本；

④使用液体乳化炸药进行井筒爆破，提高爆破效率，减少盲炮和哑炮，减少大块产出率。

⑤通过装药机内的计量泵，可以准确控制每孔装药量和总装药量。

2 适用范围

立井井筒爆破作业、巷道掘进爆破作业、硐室掘进爆破作业、井下采矿爆破作业。

3 工艺原理

在立井作业面，使用 XFJD6.10 六臂伞钻按照爆破护照设计参数钻孔，钻孔结束后，使用长度 5m 铜质吹风管清理钻孔。

使用卷扬机将液体乳化炸药（Emulsion）和装药机（Miniloader 1077P）下放到井底，并将装药管路连接至装药机，按照爆破护照内的每孔装药量进行装药。装药结束后，提升吊盘到爆破安全距离，开始连接起爆网络，连线后进行爆破前警戒、安全确认工作，再使用起爆器起爆，爆破结束后，通风 30min，进行验炮。

4 工艺流程和操作要点

4.1 艺流程

钻孔→吹孔→下放装药机→装药→连接起爆系统→装药机升井→起吊盘→安全确认→爆破。

4.2 操作要点

4.2.1 钻孔

根据岩石性质变化和爆破效果及时调整布孔参数，布孔图如图 1、图 2：

钻孔总数 110～130 孔，孔距 500mm～700mm 之间，掏槽孔两圈，第一圈 9 个孔，第二圈 12 个孔，孔深 5200mm，角度 83°。

Copyright © 2023 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

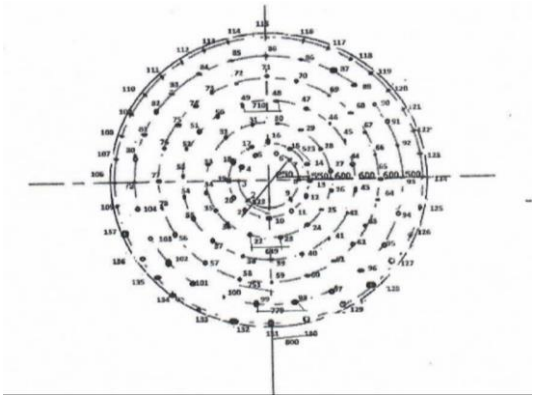


图 1 布孔图

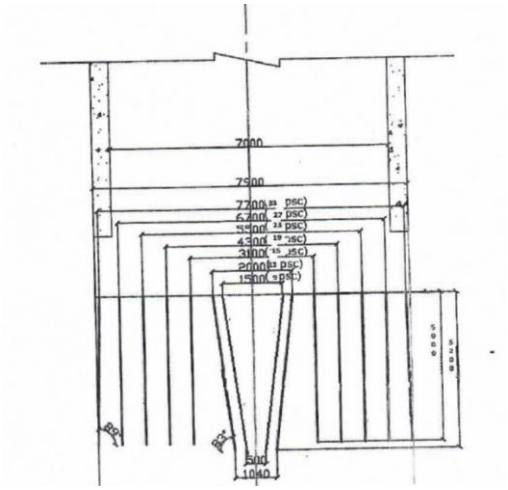


图 2 布孔图

4.2.2 装药机入井和升井：

装药机名称：Miniloader 1077P

使用提升机将装药机悬吊入井，使用 12 吨吊具和 12 吨卸扣悬吊装药机，装药机入井后启动提升机将装药机放入井底，直至装药结束后将装药机提升到地表，如图 3，数据如表 1。

表 1 装药机尺寸表

长	宽	高	净重	最大装药量
1930mm	760mm	1320mm	1500kg	1000kg

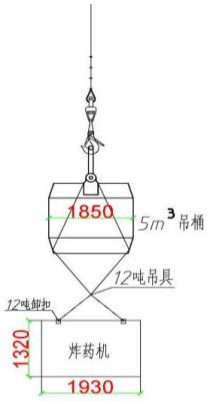


图 3 装药机下放示意图

提升孔直径 2050mm，吊盘钢丝绳间距 2480mm，均大于装药机的长度，装药机可以入井。

4.2.3 吹孔

使用 5m 长铜质吹风管连接高压风将孔底的碎矸石和水吹出孔外。

4.2.4 装药

起爆药使用 Magnum 卷装炸药，雷管使用导爆管雷管；

主爆药使用调制后的液体乳化炸药，由爆破公司将调制液体乳化炸药的各种原材料运输到现场分开存储；井底装药前将液体乳化炸药调制好装入装药机内，液体乳化炸药制备示意图如图 4：

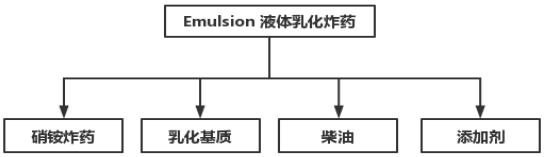


图 4 液体乳化炸药制备示意图

装入装药机的成品液体乳化炸药随装药机同时入井，达到井底后，悬吊在吊桶下方，将高压风管与装药机上的风泵连接，装药管与装药机炸药出口连接，操作装药机开关箱控制装药机启停，通过装药机上计量泵控制每个孔内的装药量，装药机结构图如图 5，数据如表 2。

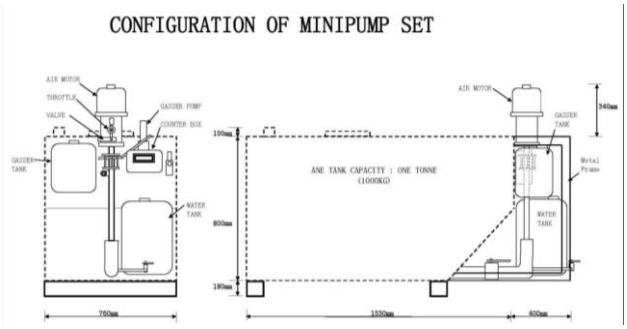


图 5 装药机结构图

表 2 炸药用量表

名称	孔号	孔深（m）	装药系数	炸药质量（kg/m）	每孔装药量（kg）	小计装药量（kg）
掏槽孔	1-9	5.2	0.8	1.7	7.1	63.6
掏槽孔	10-21	5	0.8	1.7	6.8	81.6
辅助孔	22-104	5	0.66	1.7	5.6	465.6
周边孔	105-138	5	0.6	1.7	5.1	173.4
起爆药					0.3	42
总 计						826.2

4.2.5 连线爆破

使用装药机装药前，先将起爆药卷和导爆管雷管安装好放入孔底；装药结束后将装药机提升至地表，开始连接起爆系统，起爆系统如图 6：

连线结束后，装药人员全部升井，将吊盘升至离井底 60m 位置，井下人员全部升井，地表进行警戒、查验人数，起爆。

Copyright © 2023 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

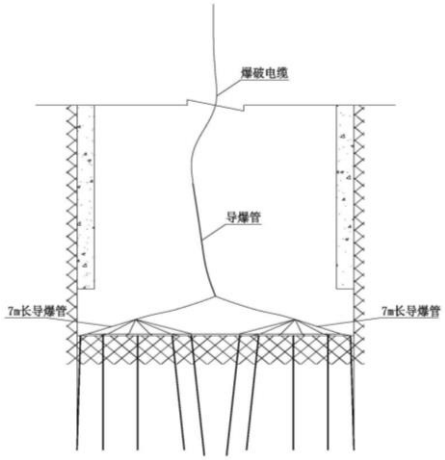


图 6 起爆系统

4.3 劳动组织

装药爆破作业实行流水作业制。具体见表 3。

表 3 人员及劳动配备表

序号	管理职位	人数（人）	序号	辅助岗位	人数（人）
1	项目经理	1	1	伞钻工	7
2	项目副经理	1	2	信号工	12
3	技术负责人	1	3	铲车工	2
4	技术人员	1	4	爆破工	5
5	专职安全员	1	5	普工	12
6	预算员	1	6	卷扬机司机	6
7	会计	1			
8	测量员	2			
9	后勤服务	2			
	合计：	11		合计：	44

5 材料与设备

主要设备、材料如表 4：

表 4 主要设备、材料表（单次作业）

序号	名称	型号	数量	备注
1	卷扬机	JK-3x2.2	1 台	
2	卷扬机	JK-2.5x2.2	1 台	
3	吊桶	$5m^3$	1 个	
4	吊桶	$2m^3$	1 个	
5	空压机	SA250A-8	2 台	
6	空压机	SA120A	2 台	
7	风机	DJK60	1 台	
8	伞钻	XFJD6.10	1 台	
9	装药机	Miniloader 1077P	1 台	
10	钎杆	5.5m	30 根	
11	钻头	Φ42mm	40 个	
12	铜质吹风管	5m	2 根	
13	高压球阀	DN25	4 个	

6 质量控制

6.1 执行规范、标准

①《爆破安全规程》（GB 6722-2014）。

②《民用爆炸物品安全管理条例》国务院令第 466 号。

③哈萨克斯坦当地法律法规。

6.2 质量控制措施

①施工前编制标准作业程序 SOP，并对作业人员进行安全、质量技术交底，使其掌握工艺技术要求及有关注意事项。

②施工前进行安全质量技术交底培训，作业人员熟知当班作业内容和作业参数。

③成立以项目部经理为组长的质量领导小组，落实各级质量管理职责，在施工中严格执行，并认真进行考核。

④出台项目部质量管理办法，对工程质量进行考核。

⑤测量仪器在使用之前，应送交具有检定资质的单位检定，各项精度指标符合规范要求方可使用。

⑥设备使用前进行检查、试机。

7 安全措施

①严格执行项目部制定的安全规则。

②作业前，必须就 SOP 和风险评估与工人进行讨论。

③在所有人员下井前必须使用适当的 PPE 并携带自救器。

④作业前必须填写 SLAM。

⑤凿岩作业必须佩戴防尘口罩。

⑥入井作业前必须仔细检查帮壁围岩状况，及时清找浮石。

⑦所有在吊盘人员必须使用按规范使用安全带。

⑧爆破作业人员必须取得作业资质和作业许可。

⑨所有参与爆破作业的人员必须取得任命。

⑩炸药和导爆管禁止混装运输，禁止混装入井。

8 环保措施

8.1 执行标准

哈萨克斯坦国家及属地政府有关环境保护的其他法律、法规。

8.2 环境保护措施

①废弃油料严禁乱倒、乱放。

②所有作业人员入井后必须佩戴防尘口罩。

③施工产生的废水，必须经污水处理厂处理后，才可排入矿区指定的排水点。

④每天作业结束后，相关凿岩装药设备、设施须清理干净、摆放整齐。

9 效益分析

通风罐笼井在井深 150m 后的掘进工作采用上述技术，实现了安全、优质施工目标，取得了良好的经济社会效益。

9.1 经济效益

该技术使用 1 台装药机作业，使用液体乳化炸药，提

Copyright © 2023 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

高了爆破效率，爆破进尺由 4m 提高到 4.8m，每月可提高成井进尺：20*0.8m=16m。

9.2 社会效益

通过该技术，在主凿井阶段爆破作业中，有效地解决了井底盲炮的问题，消除了因此产生的安全隐患；爆破后大块产出率显著下降，抓岩速度显著提升，每循环出渣时间缩短了 25%左右；爆破效率由原来的不足 80%提高到了 95%以上。井筒正规作业循环时间也由原来的平均 52 小时/循环降低到平均 36 小时/循环，有效提高了凿井质量和成井速度，得到业主一致认可。

该技术简单、易操作，安全系数高，可普遍推广应用于立井掘进、巷道掘进和矿石回采。

10 应用实例

①哈萨克斯坦 VCM 竖井凿岩爆破及该竖井-330m 马头门和-400m 马头门掘进均采用该技术施工。通过该技术，VCM 竖井于 2022 年 11 月 25 日安全、高效掘砌到底。

②哈萨克斯坦阿克托别州境内的 DONSKOY 铬铁矿深部延伸工程 800m 深竖井建设过程中采用该技术进行凿岩爆破作业，循环装药时间相比手工装填卷状炸药节约 1～2h，平均爆破进尺效率均在 95%以上，该竖井比原计划提前 1 个月完成主凿井工作。

[参考文献]

[1]韩斌,吴建勋,王鹏,等.大直径深孔崩矿嗣后充填采矿法应用研究[J].金属矿山,2014(6):16-20.
[2]杨年华.钻爆法隧道开挖作业机械化发展的思考[J].隧道建设(中英文),2021,41(12):6.
[3]徐志强,江学.梅山铁矿上向中深孔机械化装药技术[J].现代矿业,2013(10):2.

作者简介：陶银柱（1988.12—），男，汉族，大学本科学历，目前职称：工程师，从事矿山建设工作

Copyright © 2023 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

煤田地质钻探中的常见问题与对策分析

钮国连
新疆新矿地质科技有限公司，新疆 乌鲁木齐 830000

[摘要]在煤田地质钻探过程中，常常会遇到各种问题，这些问题可能会严重影响钻探进展和结果的准确性。解决这些问题需要进行深入的分析和探讨，并制定相应的对策。此次研究旨在对煤田地质钻探中常见的问题进行分析，并提出相应的对策，以帮助钻探人员更好地应对各种挑战和困难。并且通过深入研究问题的根源和特点，我们可以制定出一系列的对策，提高钻探作业的效率和质量，减少事故和损失的发生，实现煤炭资源的有效开发和利用。同时，这也对煤田地质钻探技术的发展和创新提出了新的要求，需要我们不断探索和研究，提高技术水平和创新能力，为煤炭产业的可持续发展做出贡献。以下我们将对煤田地质钻探中常见问题进行详细分析，并提出具体的对策。

[关键词]煤田地质钻探；常见问题；工作途径；优化对策
DOI：10.33142/ec.v6i12.10380　　中图分类号：P634.8　　文献标识码：A

Analysis of Common Problems and Countermeasures in Coal Field Geological Drilling

NIU Guolian
Xinjiang Xinkuang Geological Technology Co., Ltd., Urumqi, Xinjiang, 830000, China

Abstract: In the process of coal field geological drilling, various problems are often encountered, which may seriously affect the progress and accuracy of drilling results. Solving these problems requires in-depth analysis and exploration, and the development of corresponding countermeasures. This study aims to analyze common problems in coal field geological drilling and propose corresponding countermeasures to help drilling personnel better cope with various challenges and difficulties. Through in-depth research on the root causes and characteristics of the problem, we can develop a series of countermeasures to improve the efficiency and quality of drilling operations, reduce accidents and losses, and achieve effective development and utilization of coal resources. At the same time, this also puts forward new requirements for the development and innovation of coal field geological drilling technology, requiring us to continuously explore and research, improve technical level and innovation ability, and make contributions to the sustainable development of the coal industry. We will conduct a detailed analysis of common problems in coal field geological drilling and propose specific countermeasures.

Keywords: coal field geological drilling; common problems; work path; optimization measures

引言

煤田地质钻探是煤炭资源勘探和开发的重要手段，对于了解煤田地质条件、查明煤炭资源储量、为煤炭资源合理开发提供科学依据具有重要意义。然而，在实际钻探过程中，由于地质条件复杂多变、钻探技术要求高、施工环境恶劣等因素，常常会遇到各种问题，如深孔钻探作业问题、塌孔问题、水敏性地层护壁问题等。这些问题严重影响了煤田地质钻探的效率和质量，给煤炭资源的合理开发带来了困难。针对上述问题，此次研究对煤田地质钻探中的常见问题进行了分析，并提出了相应的对策。首先对煤田地质钻探的现状和重要性进行了阐述，然后对钻探过程中可能遇到的问题进行了分类，包括技术问题、设备问题和管理问题等。针对每个问题，逐一进行了详细分析，并提出了相应的解决措施。旨在为煤田地质钻探工作者提供有益的参考，以便他们在实际工作中更好地应对各种问题，提高煤田地质钻探的效率和质量，为煤炭资源的合理开发提供有力保障。

1 煤田地质钻探的特点

煤田地质钻探作为煤炭资源勘探和开发的重要手段，具有以下特点：第一，复杂多变的地质条件。煤田地质条件复杂，地层变化多样，常伴有断层、褶皱、岩浆侵入等现象。这给地质钻探带来了很大的挑战，需要针对不同地质条件采用相应的钻探技术。第二，高技术要求。煤田地质钻探需要精确获取地下地质信息，对钻探技术、设备以及测量和监测技术要求较高。在钻探过程中，需要不断调整钻进参数，以保证钻进速度和钻孔质量。第三，恶劣的施工环境。地质钻探通常在地下深处进行，施工环境差，存在较高的安全风险。因此，钻探现场的安全管理尤为重要。第四，注重环保和可持续发展。煤田地质钻探需要严格遵守国家环保法规，确保钻探过程中对环境的影响降到最低。此外，随着可持续发展理念的深入人心，煤田地质钻探也需要关注钻探技术的绿色、环保和高效性。第五，高度依赖数据和信息技术。煤田地质钻探过程中会产生大量的数据，如地质数据、钻进参数数据、监测数据等。利用大数据和信息技术对这些数据进

Copyright © 2023 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

行分析和处理，有助于提高钻探工作的效率和质量[1]。

2 地质钻探技术应用于煤田勘探工作的主要途径

2.1 绳索取芯技术

绳索取芯技术是一种在钻探过程中采取连续岩心样品的方法，广泛应用于煤田勘探工作。其主要途径包括以下几点：第一，精准控制钻进方向。绳索取芯技术通过控制钻头的旋转和推进速度，使钻头沿设计方向钻进，从而保证钻孔的垂直度和钻进方向的准确性。第二，连续采取岩心样品。绳索取芯技术可以在钻进过程中连续采取岩心样品，避免了传统钻探方法中岩心样品采集的间断性和不确定性，提高了样品采集的质量和数量。第三，实时监测钻进过程。绳索取芯技术可以实时监测钻进过程中的各项参数，如钻进速度、钻头磨损、岩心采取情况等，为地质工程师提供及时、准确的信息，以便他们调整钻进参数和优化钻探方案。第四，提高钻探效率。绳索取芯技术具有较高的钻进效率，减少了钻探时间和劳动力成本，为煤田勘探工作提供了更高效、经济的手段[2]。

2.2 液动潜孔锤技术

液动潜孔锤技术是一种先进的钻探技术，它通过液压驱动潜孔锤，在钻进过程中产生冲击力，使钻头对岩石产生冲击破碎，从而实现钻进。该技术广泛应用于煤田勘探工作，其主要途径包括以下几点：第一，高效破岩。液动潜孔锤技术利用冲击力破碎岩石，具有较高的破岩效率，可以有效提高钻进速度，缩短钻探时间。第二，适应性强。液动潜孔锤技术适用于各种硬度和岩性的岩石，尤其适用于硬岩和复杂地质条件的煤田勘探工作。第三，钻进质量高。液动潜孔锤技术可以实现精确控制钻进方向和深度，保证钻孔的垂直度和精度，提高钻进质量。第四，环保和节能：液动潜孔锤技术采用液压驱动，具有较低的能耗，减少了对环境的影响。第五，安全可靠。液动潜孔锤技术采用了先进的液压控制和安全保护系统，确保了钻探过程的安全性和可靠性[3]。

2.3 反循环钻探技术

反循环钻探技术是一种常用的钻探方法，其基本原理是在钻进过程中，将钻屑从钻头处通过钻杆内腔抽出，使钻头始终处于干净、无堵塞的状态。该技术广泛应用于煤田勘探工作。首先，反循环钻探技术能够快速、高效地将钻屑从钻孔中清理出来，保证钻进过程的顺利进行，提高钻进速度。其次，反循环钻探技术适用于各种复杂地层的煤田勘探工作，尤其适用于软岩、硬岩、砂岩、泥岩等地层的钻探。总的来说，反循环钻探技术作为地质钻探技术在煤田勘探工作中的主要途径，具有高效清理钻屑、适用于复杂地层、钻进质量高、环保和节能以及安全可靠等优点，为煤田勘探工作提供了有力保障。

3 地质钻探技术应用问题及解决措施

3.1 深孔钻探作业问题及解决措施

深孔钻探作业中可能会遇到一些问题，例如钻进速度慢、钻孔偏斜、钻头磨损严重、岩心采取率低等。例如，在深孔钻探作业中，钻进速度慢可能是由于钻头磨损、钻杆弯曲、钻进参数不合理等因素造成的。钻孔偏斜可能是由于钻具组合不合理、钻进参数设置不当、地层不稳定等因素造成的。钻头磨损严重可能是由于钻头材料质量差、钻进参数不合理、钻头使用寿命过长等因素造成的。并且岩心采取率低可能是由于岩心采取技术落后、岩心箱设计不合理、钻进参数设置不当等因素造成的[4]。

针对这一问题，具体的解决措施能够从这几个方面进行，第一，提高钻进速度。采用更先进的钻探设备，如旋转钻机、冲击钻机等，以提高钻进速度。此外，还可以优化钻进参数，如钻头直径、钻进速度、钻杆长度等，以提高钻进效率。第二，控制钻孔偏斜。通过采用定向钻进技术，如斜向钻进、水平钻进等，来控制钻孔的偏斜。此外，还可以通过优化钻具组合、改进钻进工艺等方法来减少钻孔偏斜。第三，减少钻头磨损。采用更耐磨的钻头材料，如硬质合金、陶瓷等，以提高钻头的耐磨性。此外，还可以采用钻头磨损检测技术，及时更换磨损的钻头，以保证钻进质量。第四，提高岩心采取率。采用更高效的岩心采取技术，如绳索取芯、气动取芯等，以提高岩心采取率。此外，还可以优化岩心箱的设计，以减少岩心的损失。

3.2 塌孔问题解决措施

塌孔是地质钻探过程中的一种常见问题，可能导致钻进困难、钻具损坏、钻孔无法完成等问题。这是由于地层不稳定、钻进参数不合理、钻具组合不当等因素，可能导致孔壁岩石破碎、松散，形成塌孔现象。塌孔问题可能发生在任何类型的地质钻探过程中，包括浅孔钻探、中深孔钻探和深孔钻探。并且塌孔问题的严重程度可能因地质条件、钻进参数和钻具组合等因素而异，需要针对具体情况采取相应的解决措施[5]。

为此，首先需要根据地质条件和钻探目的，合理选择钻头类型、钻进速度、钻杆长度等钻进参数，以降低塌孔风险。采用适当的钻具组合，如使用套管护孔、跟进钻头、短钻杆等，以提高孔壁稳定性，防止塌孔。其次，在钻孔过程中，采用喷射混凝土、注浆、锚杆支护等技术，对塌孔进行及时处理，以保证钻进的顺利进行。在钻进前，通过地质预报技术（如地震勘探、电磁法、钻孔素描等）了解地层条件，以提前采取措施预防塌孔问题的发生。另外，也要通过实时监测钻进过程中的各项参数（如钻压、扭矩、排粉量等），及时发现并处理塌孔问题。

3.3 水敏性地层护壁问题解决措施

水敏性地层护壁问题是地质钻探过程中的一种常见问题，可能导致钻进困难、钻具损坏、钻孔无法完成等问题。水敏性地层是指在遇到水的作用下，地层岩石容易发生破碎、松散等地质现象的地层。在地质钻探过程中，钻进水敏性地层时，地层岩石在水的浸泡下容易破碎，形成泥浆，导致孔壁不稳定，形成护壁问题。水敏性地层护壁问题可能发生在任何类型的地质钻探过程中，包括浅孔钻

Copyright © 2023 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

探、中深孔钻探和深孔钻探。水敏性地层护壁问题的严重程度可能因地质条件、钻进参数和钻具组合等因素而异，需要针对具体情况采取相应的解决措施。

针对水敏性地层护壁问题，可以采取以下解决措施：第一，选择合适的钻头和钻进参数。针对水敏性地层的特点，选择更耐磨、抗冲击的钻头，并合理设置钻进参数，如钻头直径、钻进速度、钻杆长度等，以降低钻进过程中的冲击和磨损，减少孔壁岩石的破碎。第二，采用套管护壁技术。在钻进过程中，使用套管对孔壁进行护壁，防止孔壁岩石破碎、松散，形成泥浆。套管的选型和设置应根据地质条件和钻进参数进行优化。第三，采用堵漏注浆技术。在发现孔壁出现泥浆漏失时，及时采取堵漏注浆措施，通过注浆材料填充孔壁裂隙，提高孔壁稳定性。

3.4 煤田地质钻探孔内事故解决措施

煤田地质钻探过程中，孔内事故可能导致钻探设备损坏、钻孔无法完成、钻探作业延期等问题。孔内事故可能由多种因素造成，如钻探设备故障、操作不当、地质条件复杂、钻具选择不当等。针对煤田地质钻探孔内事故，需要分析事故原因，采取相应的解决措施[6]。

为此，为了解决这一问题，首先需要加强钻探操作人员的技能培训，使他们熟悉各种钻探设备的操作方法，掌握正确的钻进参数，以降低操作失误导致的孔内事故。根据煤田地质条件，选择适合的钻具，并且要定期对钻探设备进行检查和维护，确保设备状态良好，降低设备故障导致的孔内事故。针对可能发生的孔内事故，制定应急预案，确保在事故发生时能够迅速、有效地进行处理，减少事故造成的损失。

3.5 安全事故预防和判断

地质钻探技术应用中，安全事故预防和判断是非常重要的环节。安全事故可能导致人员伤亡、设备损坏、环境污染等问题。例如，在地质钻探过程中，可能发生的安全事故包括钻机倾覆、钻具断裂、火灾爆炸、坍塌、触电等。安全事故可能由多种因素造成，如设备老化、操作不当、地质条件复杂、安全意识不足等。预防和判断安全事故，需要分析事故原因，采取相应的解决措施。

因此，首先要根据地质钻探的实际情况，制定安全操作规程，明确各个环节的操作要求和安全标准。要求操作人员严格按照规程进行操作，确保钻探过程的安全。针对可能发生的安全事故，制定应急预案，确保在事故发生时能够迅速、有效地进行处理，减少事故造成的损失。还要在钻探现场设置安全监控设施，对现场安全状况进行实时监控，发现安全隐患及时处理。并且能够通过培训和学习，提高操作人员对安全事故的判断能力，使其能够在事故发生时迅速判断事故类型和危害程度，采取相应的处理措施。

3.6 涌水和漏失问题

地质钻探技术应用中，涌水和漏失问题是比较常见的问题，可能导致钻探作业无法进行、钻具损坏、孔壁不稳定等。在地质钻探过程中，地下水压力大于钻井液压力，导致地下水涌入钻孔，形成涌水问题。涌水会使得钻孔内的钻井液浓度降低，影响钻进效果；同时，大量的涌水会增加钻井液的消耗，提高钻探成本。并且钻探过程中，钻具与孔壁之间的间隙可能出现钻井液漏失现象。漏失会导致孔壁稳定性下降，影响钻进效果；同时，漏失的钻井液可能对周围环境造成污染。

为此，针对涌水问题，可以根据地质条件和钻进要求，合理调整钻井液的浓度、黏度等参数，提高钻井液的抗涌性能。在钻进过程中，向钻孔内加入堵漏材料（如膨润土、聚丙烯酰胺等），形成堵漏屏障，阻止地下水涌入钻孔。针对漏失问题，可以则是能够通过改变钻井液的循环方式，减小钻具与孔壁之间的间隙，降低漏失风险。

3.7 把控施工基本特性

把控施工基本特性首先要根据地质钻探工程的特点和要求，制定合理的施工组织设计，明确各个环节的责任和任务，确保施工过程的顺利进行。根据地质条件和钻探要求，选择合适的施工方法，如旋转钻进、冲击钻进等，以保证钻进效率和质量，并且积极地引入先进的地质钻探技术，如定向钻探、水平钻探等，提高钻探作业的技术水平。在对施工设备的选择中，应该选用高效、节能、环保的钻探设备，提高钻探作业的效率和质量。这些措施有助于保证钻探作业的安全、质量和进度。

4 结语

总之，以上是对煤田地质钻探中常见问题进行深入分析和对策制定的分析。我们对煤田地质钻探中可能遇到的问题有了更深入的了解，并提出了一系列切实可行的对策，这些对策的制定和实施，能够提高钻探作业的效率和质量，减少事故和损失的发生，实现煤炭资源的有效开发和利用。同时，这也对煤田地质钻探技术的发展和创新提出了新的要求，需要我们不断探索和研究，提高技术水平和创新能力，为煤炭产业的可持续发展做出贡献。

[参考文献]

[1]徐杨，孟盛向，艾斯卡尔·吐尔逊等.综合物探方法在煤田采空区的应用效果[J].新疆地质，2023，41(1)：101.
[2]宋百灵.探析煤田钻探工艺及其钻探效率的提升策略[J].内蒙古煤炭经济，2023(10)：22-24.
[3]翟锋锋，雷跃，卿家兵.煤田地质钻探中钻孔漏失及堵漏问题分析[J].中国石油和化工标准与质量，2021，41(24)：141-142.
[4]席静文.关于加强煤田地质钻探过程质量控制的探讨[J].内蒙古煤炭经济，2021(20)：181-183.
[5]周子忠.煤田地质钻探中设备的维护与保养[J].内蒙古煤炭经济，2021(10)：193-194.
[6]张萍.论煤田地质钻探技术及其发展趋势[J].内蒙古煤炭经济，2020(8)：187.

作者简介：钮国连（1992.2—），毕业院校：七台河职业学院，所学专业：矿山地质，当前就职单位名称：新疆新矿地质科技有限公司。

Copyright © 2023 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

全站仪后方交会测量法在复杂开采条件下的应用

吕志远
铜陵有色金属集团铜冠矿山建设股份有限公司，安徽 铜陵 244000

[摘要]文中探讨了全站仪后方交会测量法在复杂开采条件下的应用优势及相关措施。在矿道井坑等复杂环境中，通过提高测量精度、简化计算过程、适应复杂空间环境等三个方面的优势，该测量法得以成功应用。同时，建议合理设置控制点和导入点、注意夹角和距离的平衡、进行数据处理和现场验证，以保证测量的可靠性。引入高精度设备和差分 GPS 技术，更进一步提升了测量精度。这些措施相互支持，为在复杂环境中准确测量提供了全面的方法和支持。
[关键词]全站仪；后方交会测量法；开采；应用
DOI：10.33142/ec.v6i12.10387　　中图分类号：TD175　　文献标识码：A

Application of Total Station Rear Intersection Measurement Method in Complex Mining Conditions

LYU Zhiyuan
Tongguan Mine Construction Co., Ltd. of Tongling Nonferrous Metals Group, Tongling, Anhui, 244000, China

Abstract: The article explores the application advantages and related measures of the total station rear intersection measurement method in complex mining conditions. In complex environments such as mine tunnels and pits, this measurement method has been successfully applied by improving measurement accuracy, simplifying calculation processes, and adapting to complex spatial environments. At the same time, it is recommended to reasonably set control points and import points, pay attention to the balance of angle and distance, conduct data processing and on-site verification to ensure the reliability of measurement. The introduction of high-precision equipment and differential GPS technology has further improved measurement accuracy. These measures support each other and provide comprehensive methods and support for accurate measurement in complex environments.
Keywords: total station; rear intersection measurement method; mining; application

在当今的工程领域，复杂开采环境下的测量任务常常面临着巨大挑战。全站仪后方交会测量法作为一种先进的测量技术，在应对复杂环境中的测量需求方面展现出了独特的优势。在矿道井坑等复杂的地质结构中和工程条件使得传统测量方法难以胜任，因此有必要探讨全站仪后方交会测量法在此背景下的应用。本文将结合相关资料，分析其在提高精度、简化计算、适应复杂环境等方面的优势，探讨有效的应用要点和措施，从而深入探讨该测量法在复杂开采条件下的实际应用价值。

1 全站仪后方交会测量法的应用优势

1.1 提高精度，减少人为误差

在复杂开采条件下，全站仪后方交会测量法的突出优势在于其能够显著提高测量精度，同时减少了人为误差的可能性。传统测量方法往往需要人工丈量角度和边长，这个过程容易受到环境和操作因素的影响，从而引入误差。然而全站仪后方交会测量法通过仪器自动观测角度，可靠地消除了这些人为误差来源。

在复杂开采环境中，岩石风化破碎、地压现象严重，测量点腐蚀、数据缺失等问题常常影响测量的准确性。全站仪后方交会测量法通过仪器的精确观测和计算，能够快速且准确地确定待测点的坐标。这种直接的测量方式消除了人为操作过程中可能出现的难以控制的误差，从而提高了测量数据的可靠性和准确性。不仅如此，该方法避免了人工丈量所需的多次测量和计算，简化了操作步骤，减少了操作环节带来的风险。通过在观测已知控制点的角度和距离后，仅需简单的仪器计算，就能得出待测点的坐标。这种简便性和自动化的特点大幅提高了测量的效率，同时也降低了操作人员的专业技能要求。

1.2 简化计算，加快测量过程

在复杂开采条件下，全站仪后方交会测量法以其明显的优势，即简化计算过程和加速测量操作，成为一种高效的测量手段。相对于传统的联系测量法，这种方法的计算步骤更为简便，从而大幅度提升了测量的效率和实用性。

传统的联系测量法涉及繁琐的数据记录和复杂的角度计算，通常需要多次测量和反复计算，这不仅耗费时间，还容易引入计算错误和数据混乱。而全站仪后方交会测量法通过仪器的自动观测和计算，将计算环节大大简化，只需测量已知控制点之间的夹角和距离，仪器便可自动完成坐标的计算。这一直接、自动化的计算方式极大地减轻了操作人员的负担，使测量过程更加高效和可靠。另外，这种简化的计算过程不仅节省了操作人员的时间，还降低了操作中可能引入的人为错误。传统方法中频繁的计算环节容易导致数据紊乱和计算错误，而全站仪后方交会测量法通过仪器自动计算，避免了这些潜在问题。操作人员只需

Copyright © 2023 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

在仪器上输入观测数据，便能快速得出测量结果，无需繁琐地手工计算，从而大幅度提高了测量的可靠性和准确性。

1.3 适应复杂空间环境

在复杂开采环境中，如存在井巷、充填体等复杂结构，传统测量方法常因空间限制而陷入困境。而全站仪后方交会测量法凭借其独特的特点，在这种复杂环境下具备灵活适应性，为解决空间相对位置复杂问题提供了有力手段。

传统方法在狭窄的井巷或多变的充填体中难以实施，传感器或仪器的摆放受限，导致测量精度下降。相比之下，全站仪后方交会测量法的观测过程相对简单，不受具体位置的限制。只需在已知控制点周围设置测站，观测夹角和距离，就能计算出待测点坐标。这使得该方法能够灵活应用于狭小、复杂的空间环境中，无需过多调整或改变布局，保证测量的连续性和稳定性。同时，在面对充填体等非规则结构时，传统方法可能因无法找到合适的测量点而受限。而全站仪后方交会测量法通过多点夹角观测，能够在不同位置确定已知控制点，再计算待测点的坐标，从而避免了依赖于特定点位的局限性，提供了一种可行的解决方案。

2 全站仪后方交会测量法在复杂开采条件下的应用要点

2.1 合理设置控制点和导入点

在复杂开采环境下，合理设置控制点和导入点是确保全站仪后方交会测量法应用有效的关键。首先，根据开采区域的地质特点和空间布局，精心选择控制点的位置。这些控制点应遍布整个开采区域，覆盖各个关键区域和难以观测的地方，以确保测量覆盖面广泛且均衡。其次，控制点的设置还应兼顾易于观测的原则。选址时要考虑到测量仪器的可达性和观测视线的通畅程度，避免障碍物或地形等因素影响观测质量。同时合理的控制点布局能够降低测量过程中的误差积累，提高整体测量的准确性。另一方面，导入点的选择同样至关重要。导入点是待测点的位置，直接影响到测量结果的精度。为确保测量精度和准确性，导入点应设置在易于观测的位置，以防止测量结果的不确定性。在确定导入点时，需综合考虑观测仪器的可操作性、周围环境的安全性等因素，以保证测量的可靠性。

2.2 注意夹角和距离观测的平衡

在复杂开采条件下，全站仪后方交会测量法的成功应用关键在于平衡夹角和距离的观测。这意味着在测量过程中，需合理选择观测夹角和距离的比例，以充分融合两者的信息，获得准确的坐标结果。首先，夹角观测在提供空间方向信息方面具有独特优势，能够揭示点位之间的几何关系。在复杂的三维空间中，通过观测夹角，能够确定待测点相对于已知控制点的方向关系，从而增强了测量结果的可靠性。然而仅依赖夹角观测可能导致位置误差积累，因此，需要结合距离观测来修正这些误差。另外，距离观测在校正位置误差方面具有重要作用。即便夹角观测充分，距离观测仍然是修正位置误差的关键步骤。特别是在复杂空间环境中，地质变化、障碍物等因素可能引入位置误差。通过准确测量距离，能够补偿夹角观测可能遗漏的信息，从而获得更准确的坐标结果。

2.3 注意数据处理和验证

在复杂开采条件下，全站仪后方交会测量法的应用不仅仅局限于数据采集，同样重要的是数据处理和验证这一关键步骤。数据的精准处理和可靠验证对于保证测量结果的准确性至关重要。首先，数据处理是确保测量成果可靠性的基础。采集到的原始观测数据可能受到多种因素的干扰，如仪器误差、环境变化等，因此需要利用专业的测量软件进行数据处理。通过对数据进行滤波、平差等处理，可以有效排除异常值和误差，提高测量数据的精度和可靠性。这一步骤不仅能够提高测量结果的准确性，还能够为后续工程施工和资源管理提供准确的基础数据。其次，现场验证是确认测量准确性的重要环节。在复杂环境中，地质变化、结构复杂性等因素可能影响测量结果。为此需要将测量结果与实际情况进行对比，进行现场验证。通过在实际开采场景中测量标志物或控制点的坐标，并将其与测量结果进行比对，可以验证测量的准确性和可靠性。现场验证不仅能够发现潜在的问题和误差，还能够为进一步调整和校正提供重要参考。

3 全站仪后方交会测量法在复杂开采条件下的应用措施

3.1 优化观测方案，增加夹角观测次数

在复杂开采条件下，建立一个完整的控制网是确保全站仪后方交会测量精度的基本措施。一个良好的控制网能够为测量提供可靠的参照框架，有效解决复杂空间环境中的定位和测量难题。在实践中该措施具体行动如下：

①首要任务是合理布设控制点，涵盖整个开采区域。控制点的设置应充分考虑地质特征、工程结构以及测量范围的分布。通过在关键位置布设控制点，能够捕捉到开采区域内各个关键区域的空间信息，从而确保测量结果的准确性。

②观测角度和距离的充分分布是建立完整控制网的关键。角度观测能够提供空间方向信息，而距离观测可以修正位置误差。合理设置观测方向和距离，避免盲区和重叠区，能够使控制网的覆盖范围更加均匀，从而提高测量的准确性和可靠性。

③建立完整控制网还需要考虑控制点的稳定性和持久性。在复杂开采环境中，地质变化和工程施工可能对控制点造成影响。因此采用稳固的控制点设置方法，如混凝土墩、岩石封闭点等，能够在一定程度上保证控制点的长期稳定性，为后续测量提供可靠的基准。

3.2 优化观测方案，增加夹角观测次数

在应用全站仪后方交会测量法于复杂开采环境中，优

Copyright © 2023 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

化观测方案并增加夹角观测次数是关键措施之一，能够显著提升测量的可靠性和准确性。在实践中该措施具体行动如下：

①复杂的开采环境通常伴随地质变化、工程结构和障碍物等复杂因素，这可能导致测量过程中的误差和不确定性。为克服这些挑战，增加夹角观测次数是一种有效策略。通过多次观测同一角度，可以降低个别测量误差的影响，从而获得更可靠的测量结果。

②特别是在存在地质变化和结构复杂性的情况下，通过多次观测夹角，能够更全面地捕捉开采区域内的空间信息。每次观测都有可能受到不同的环境因素影响，通过对多次观测结果进行统计和平均，可以有效降低随机误差的影响，提高测量结果的准确性。

③增加夹角观测次数还有助于排除系统性误差。即便仪器校准和操作过程严格，仍然可能存在系统性误差。通过多次观测同一角度，可以识别并纠正这些系统性误差，从而进一步提高测量的可靠性和准确性。

3.3 引入高精度全站仪和测量配件

在应用全站仪后方交会测量法于复杂开采环境中，引入高精度全站仪和测量配件是重要的应对策略。高精度设备具备卓越的抗干扰性和测量性能，能够在复杂环境下提供更稳定、更精确的测量结果，为工程决策和实际施工提供坚实支持。在实践中该措施具体行动如下：

①选择高精度全站仪能够显著提高测量的准确性。高精度全站仪具备更先进的测量技术和更精密的传感器，能够更精确地测量角度和距离，从而降低测量误差。在复杂开采环境中，地质变化和工程结构的影响可能导致传统仪器的误差增加，而高精度全站仪能够更好地应对这些挑战，保证测量结果的可靠性。

②配备精密测量配件如精密棱镜和支导线，能够进一步提升测量的稳定性。精密棱镜具有优异的反射性能，能够增强测量信号的强度，从而降低环境干扰的影响。支导线可以帮助保持测量设备的稳定性，减少人为操作误差，确保测量过程的精度和可靠性。

③高精度全站仪和测量配件还具备更好的适应性和灵活性。它们能够适应不同的测量环境和工作条件，从而在复杂开采环境中发挥更大的作用。无论是面对地质变化、工程挑战还是恶劣天气，高精度设备都能够稳定运行，提供精确的测量数据。

3.4 采用差分 GPS 辅助测量

在复杂开采环境中，采用差分 GPS 辅助全站仪测量是一项关键的应用措施，能够显著提升测量结果的准确性和可靠性。差分 GPS 技术通过获取高精度的参考坐标，为全站仪测量提供稳定的基准，有效补偿地质变化和位置误差，从而更好地适应复杂环境下的测量挑战。在实践中该措施具体行动如下：

①差分 GPS 技术能够提供高精度的参考坐标，作为测量的基准。在复杂开采环境中，地质变化和工程结构可能导致测量基准的偏移，进而影响测量结果的准确性。通过结合差分 GPS 技术，可以获取到相对稳定的参考坐标，为测量提供可靠的基准，减少测量误差。

②差分 GPS 技术能够有效补偿位置误差，提高测量精度。在复杂环境中，地质变化和工程活动可能导致测量点位置的变化，从而影响测量的准确性。通过采用差分 GPS 技术，可以实时监测测量点位置的变化，并进行实时修正，确保测量结果的稳定和精确。

③差分 GPS 技术还具有较强的抗干扰能力，能够在复杂环境中稳定运行。它能够有效克服天气、地形等因素的影响，为测量提供可靠的参考数据。通过结合差分 GPS 技术，全站仪测量能够更好地应对复杂开采环境下的挑战，提高测量结果的准确性和可靠性。

4 结束语

综上所述，全站仪后方交会测量法在复杂开采条件下的应用具有显著优势。通过合理设置控制点、优化观测方案、引入高精度设备和差分 GPS 技术，可有效提高测量精度、简化操作流程，并适应复杂环境。这些措施相互协作，为工程测量提供了可靠的方法，为复杂开采环境下的准确测量提供了有力支持，推动了工程建设的可持续发展。

[参考文献]

[1]冉辉.全站仪后方交会测量法在复杂开采条件下的应用[J].采矿技术,2015,15(3):99-101.
[2]黄春荣.后方交会测量中危险圆的判别及预防[J].北京测绘,2011(1):66-67.
[3]付海珊.后方交会测量精度影响因素研究[J].科技传播,2016,8(1):49-51.
[4]欧圣旸,刘成龙,杨雪峰,等.一种全站仪不整平后方交会测量数据处理模型研究[J].测绘与空间地理信息,2019,42(11):73-77.
[5]陈杰晖,郑竹锦.多点后方交会测量传递坐标和方位角测量[J].盐城工学院学报(自然科学版),2019,32(3):76-78.

作者简介：吕志远（1990.2—）男，安徽濉溪人，汉族，本科学历，工程师，从事有色金属矿山施工及安全管理工作。

Copyright © 2023 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

钢轨铝热焊头断裂原因分析

张 亮
中国铁路广州局集团有限公司永州工务段，湖南 永州 425000

[摘要]本篇详细探讨了钢轨铝热焊头断裂的概述、影响因素和机理分析，并提出了预防措施。首先介绍了钢轨铝热焊的基本原理和构成，然后描述了焊头断裂现象，包括导致断裂的各种因素。接着分析了热焊参数、材料特性以及前处理和后处理工艺对焊头质量的影响。最后，提出了优化热焊参数、选择合适的材料以及改进前处理和后处理工艺等预防措施，以降低焊头断裂的风险，确保铁路轨道的安全和可靠性。

[关键词]钢轨铝热焊头；断裂现象；影响因素；机理分析；预防措施
DOI：10.33142/ec.v6i12.10367 中图分类号：U213.46 文献标识码：A

Causes Analysis of Rupture of Aluminum Hot Welding Joint in Steel Rails

ZHANG Liang
Yongzhou Engineering Department of China Railway Guangzhou Group Co., Ltd., Yongzhou, Hunan, 425000, China

Abstract: This article provides a detailed overview, influencing factors, and mechanism analysis of the fracture of aluminum hot welding joints in steel rails, and proposes preventive measures. Firstly, the basic principle and composition of rail thermit welding were introduced, and then the phenomenon of welding head fracture was described, including various factors leading to fracture. Subsequently, the impact of hot welding parameters, material properties, and pre-treatment and post-treatment processes on the quality of welding joints was analyzed. Finally, preventive measures such as optimizing hot welding parameters, selecting suitable materials, and improving pre-treatment and post-treatment processes were proposed to reduce the risk of welding head fracture and ensure the safety and reliability of railway tracks.

Keywords: aluminum hot welding head for steel rails; fracture phenomenon; influencing factors; mechanism analysis; preventive measures

引言

铁路轨道作为交通运输系统的重要组成部分，对其安全和可靠性具有至关重要的意义。钢轨铝热焊技术是一种用于维护和修复铁路轨道的关键技术，它可以延长轨道的使用寿命，提高铁路运输的效率。然而，钢轨铝热焊头断裂是一个导致严重问题的现象，它影响铁路轨道的安全性和性能。因此，了解断裂的机理并采取相应的预防措施至关重要。

1 钢轨铝热焊头断裂的概述

1.1 钢轨铝热焊的基本原理

钢轨铝热焊是一种铁路轨道维护和修复技术，其基本原理是利用铝粉、金属氧化物等物质产生的铝热反应，生成高温的钢水将两段钢轨端面熔化，形成一个完整的接头。这种连接具有良好的机械性能、导电性能和耐腐蚀性能，可延长轨道的使用寿命。

1.2 钢轨铝热焊头的构成

作为焊接的基材，钢轨的材质和尺寸会根据具体的应用要求而变化。铝热焊接材料：铝热焊接材料是由铝粉、铁的氧化物等物质构成，在高温下反应生成钢水及氧化铝。铝热焊设备包括工装夹具、预热装置。

1.3 钢轨铝热焊头断裂现象的描述

钢轨铝热焊头断裂是指在使用过程中，焊接头部分出现裂纹或断裂的现象。这种现象会对铁路轨道的安全和性能造成严重影响。断裂出现在焊头与钢轨之间的界面处或焊头内部。

如果焊接温度、压力或时间不合适，导致焊接头质量不佳，容易出现断裂。选择不合适的；铝热焊接材料导致焊接头的强度不足，容易断裂。外部冲击或振动导致焊接头受到额外的应力，进而引发断裂。环境中的腐蚀和长期使用中的疲劳会减弱焊接头的强度，增加断裂的风险。

2 钢轨铝热焊头断裂的影响因素

2.1 热焊参数

2.1.1 温度

温度是铝热焊过程中最关键的参数之一。它指的是焊接头区域的加热温度，通常以摄氏度（℃）来表示。温度的选择应根据使用的铝热焊接材料和钢轨的材质来确定。铝热焊接材料通常需要在一定温度范围内熔化，而钢轨的材质也需要考虑在何温度下不会产生不可逆的变化。温度过低会导致焊药无法正常反应、浇注，无法与钢轨有效结合；温度过高则损害焊接材料，甚至引发焊缝的裂纹。控制温度通常通过热焊设备中的加热装置来实现，确保焊接区域达到适当的温度是保证焊接头质量的关键之一[1]。

2.1.2 时间

时间是指在焊接过程中预热的时间和浇注后钢水冷却凝固的时间，通常以秒（s）为单位。预热时间需要足够长以确保钢轨端面达到足够的温度，但又不能太长，以

Copyright © 2023 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

防过度加热导致焊接区域的负面效果。预热时间的选择取决于具体的焊接工艺和设备，通常需要根据实际情况进行调整和优化。过短的焊接时间导致焊接头的质量不佳，而过长的时间则引发过热问题，影响焊接头的性能。

2.2 材料特性

2.2.1 钢轨材料

钢轨的强度是其最重要的特性之一。它必须能够承受列车的重量和运行时产生的应力，以防止变形或断裂。高合金钢通常具有更高的强度，但也更昂贵。由于轮轨接触，钢轨表面会受到磨损。因此，钢轨需要具备良好的耐磨性，以保持平滑表面，减少磨损和摩擦。钢轨暴露在各种天气条件下，因此需要具备良好的耐腐蚀性能，以防止生锈和腐蚀，从而延长使用寿命。钢轨必须具备良好的导电性能，以便传输信号、电力和控制系统所需的电流。

2.2.2 铝热焊接材料

铝热焊接材料主要由焊药、砂模、坩埚等组成。在焊接过程中，将砂模安装在钢轨上，形成一个型腔；预热完成后，将焊药倒入坩埚中，放置在砂模上方；焊药在坩埚中反应生成铁水，铁水从坩埚底部浇注型腔，将钢轨焊接起来。铝焊焊药的强度是焊接头的机械性能的关键因素之一。它必须足够强以承受轨道上的列车荷载和运行中的应力。不同类型的铝热焊药包含不同的合金成分，这些成分会影响焊接的性能和特性。合金成分的选择需要根据具体的焊接需求来确定。

2.3 前处理和后处理工艺

2.3.1 表面清洁

钢轨铝热焊头的表面必须彻底清洁，以确保焊接区域没有任何脏污物质，如尘土、油脂、锈迹等。这些脏污物质会导致焊接不牢固，使焊头易于断裂。铝热焊药与氧气反应并形成氧化物，如果焊接区域存在氧化物，它们会影响焊接的质量，导致焊头断裂的风险增加。因此，在焊接之前，必须彻底清除氧化物。钢轨会被涂上防锈涂层或涂漆，这些涂层需要在焊接之前被完全去除。如果涂层没有被清除干净，焊接头的黏附性会受到影响，从而增加了断裂的风险。清洁钢轨表面的方法也很重要，通常使用机械方法（如角磨机、钢丝刷）来去除污垢和氧化物，选择合适的清洁方法并确保清洁充分可以减少断裂风险。

2.3.2 焊后处理

焊后处理是焊接完成后的工艺步骤，旨在确保焊接头的质量和稳定性，同时提高其耐腐蚀性和耐久性。

铝热焊过程中，焊头和周围区域会受到高温影响，因此在焊接完成后需要进行适当的冷却。不恰当的冷却过程导致焊头内部应力积累，从而增加了断裂的风险。焊后处理时，必须确保焊接区域均匀冷却，避免突然温度变化部分情况下，焊后需要进行热处理，以减少焊接区域内部的应力。热处理可以帮助消除应力，提高焊头的强度和耐久性，从而减少断裂的风险。焊后处理应该包括检查和管理残余应力。焊接会引入残余应力，如果这些应力没有得到适当的管理，就导致焊头的断裂。残余应力可以通过热处理或其他方法来减轻。在焊后处理阶段，必须进行非破坏性检测和质量控制。这可以包括 X 射线检测、超声波检测等方法，以确保焊接的质量符合标准和规范。任何焊接缺陷都需要及时修复，以防止断裂的发生。钢轨铝热焊头需要保护免受环境腐蚀和其他损害。合适的防腐蚀涂层或涂漆可以延长焊头的寿命，减少断裂的风险。

3 钢轨铝热焊头断裂机理分析

3.1 宏观结构分析

3.1.1 宏观观察

根据提供的信息，有一个铝热焊头出现断裂。据了解，该铝热焊头是一种名为德焊的产品，并已经使用了 2 年时间。这个焊接头的两侧都是采用攀钢 U75V 热处理钢轨[2]。

对断口面进行观察，可见断裂流线均指向轨底一侧上表面处的黑斑，此处即为断裂起源点。该黑斑深约 9mm，宽约 24mm，锈蚀情况严重，见图 1、图 2。

图 1 宏观形貌图

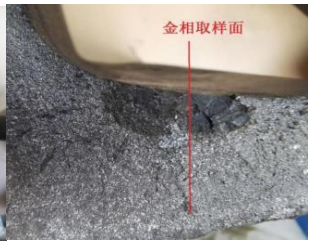


图 2 试样形貌图

3.3.2 断口观察

使用除锈剂对断裂起源部位进行清理，并用超声波酒精清洗后，采用 FEI QUANTA 400 扫描电镜进行观察。可见在断裂起源部位表面附近存在大量异物和孔洞，可见有大尺寸灰黑色球状物和大量灰黑色块状物，见图 3～图 9。断裂起源附近断口呈解理特征，为脆性断裂，见图 10。

使用能谱仪对异物成分进行分析，球状异物主要成分为 O、Al、Zr、Si，块状异物主要成分为 Al、O 等元素，见图 11～图 14。

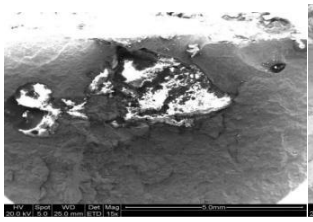


图 3 断裂起源部位形貌

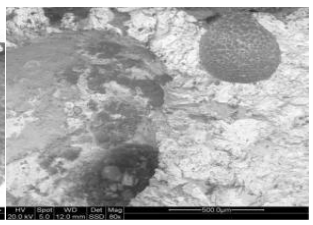


图 4 断裂起源处异物形貌

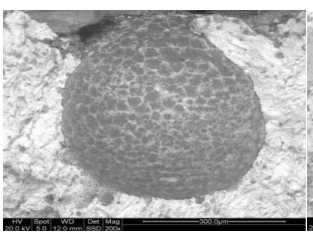


图 5 球状异物形貌

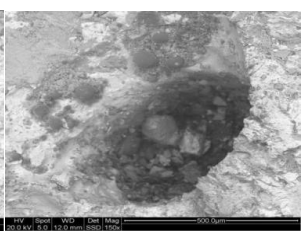


图 6 凹坑形貌

Copyright © 2023 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

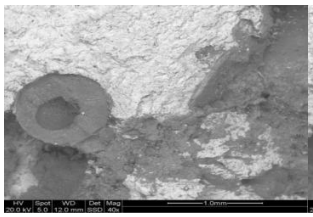


图 7 断裂起源处异物形貌

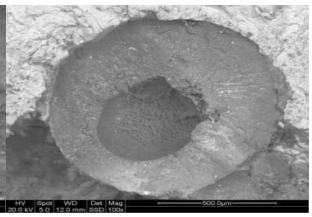


图 8 球状异物形貌

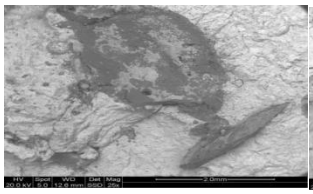
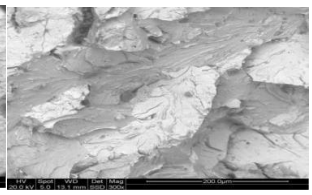
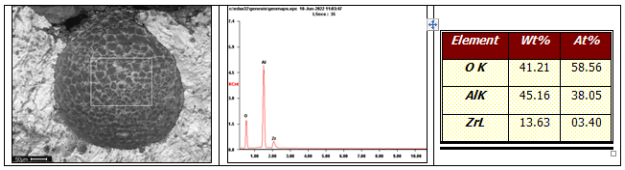


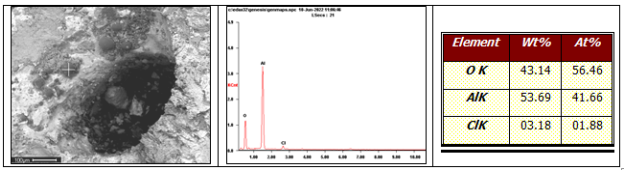
图 9 块状异物形貌图


10 解理断口形貌



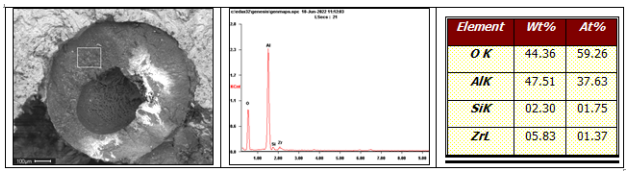
Element	Wt%	At%
O K	41.21	58.56
AlK	45.16	38.05
ZrL	13.63	03.40

图 11 能谱分析



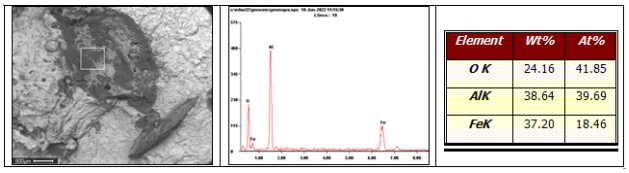
Element	Wt%	At%
O K	43.14	56.46
AlK	53.69	41.66
ClK	03.18	01.88

图 12 能谱分析



Element	Wt%	At%
O K	44.36	59.26
AlK	47.51	37.63
SiK	02.30	01.75
ZrL	05.83	01.37

图 13 能谱分析



Element	Wt%	At%
O K	24.16	41.85
AlK	38.64	39.69
FeK	37.20	18.46

图 14 能谱分析

3.2 微观结构分析

使用切割机在图 2 所示位置取纵截面金相试样，经镶嵌、打磨、抛光后，在 FEI QUANTA 400 扫描电镜下观察，在表面处可观察到大量灰黑色块状异物和球状异物压入到钢中，经能谱分析其成分分别为 Al、O 和 O、Al、Zr、Si，与断口面观察到的情况一致，见图 15、图 16。在附近还可观察到数条裂纹，裂纹附近存在大量球状氧化铝夹杂物，见图 17。另外还可观察到一种灰白色块状异物压入，在其附近存在大量细小的白色物体，见图 18～图 20。经能谱分析，灰白色异物成分为 O、Zr、Si，细小的白色物体成分为 Zr、O，见图 21、图 22。

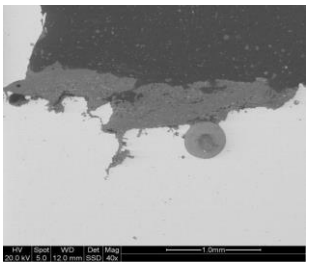


图 15 灰黑色异物形貌

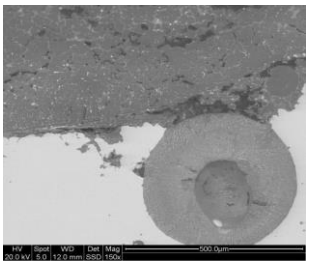


图 16 灰黑色异物形貌

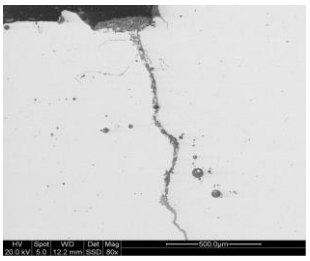


图 17 裂纹处形貌

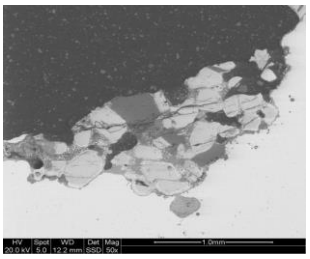


图 18 灰白色异物形貌

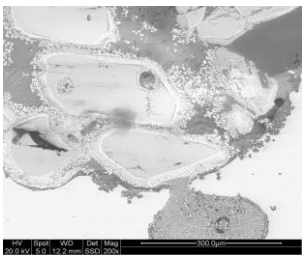


图 19 灰白色异物形貌

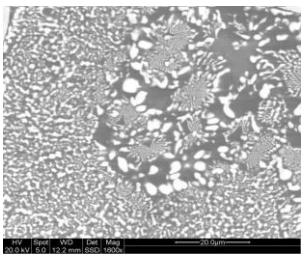
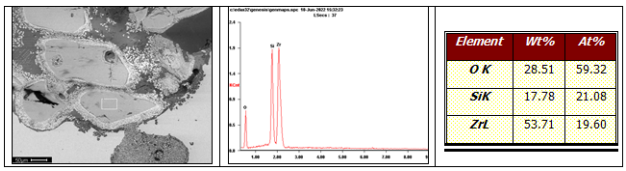
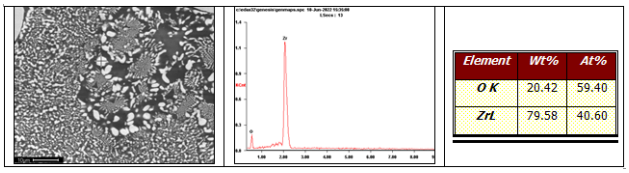


图 20 白色物体形貌



Element	Wt%	At%
O K	28.51	59.32
SiK	17.78	21.08
ZrL	53.71	19.60

图 21 能谱分析



Element	Wt%	At%
O K	20.42	59.40
ZrL	79.58	40.60

图 22 能谱分析

试样经 3%硝酸酒精浸蚀后，在 OLYMPUS GX71 金相显微镜下观察，断裂起源处部分表面区域可观察到脱碳特征，见图 23～图 27，且在表面附近可见疏松的孔洞，见图 28。正常部位组织为 P+少量 F，见图 29。

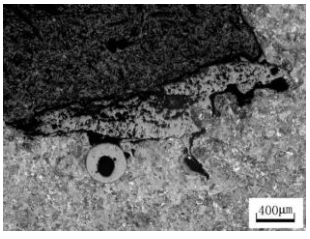


图 23 断裂起源处组织

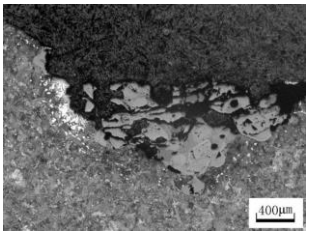


图 24 断裂起源处组织

Copyright © 2023 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

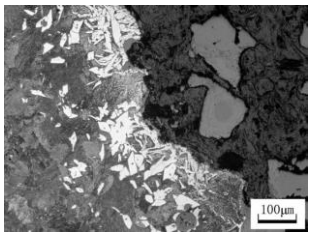


图 25 脱碳组织特征

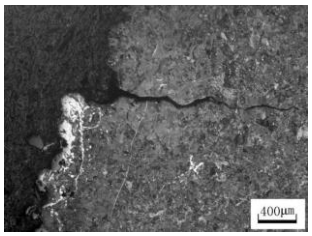


图 26 裂纹附近组织特征

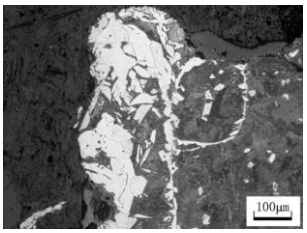


图 27 脱碳组织特征

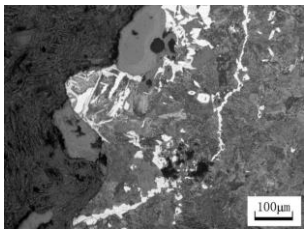


图 28 表面附近的疏松孔洞

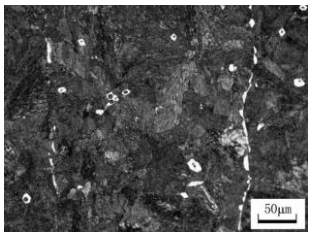


图 29 正常部位组织

综上所述，(1)断裂起源位于轨底一侧上表面的黑斑处，处于铝热焊焊头上。(2) 断裂起源处的横向断口面和纵截面上均可观察到灰黑色块状物（氧化铝）、灰黑色球状物（氧化铝+氧化锆+氧化硅）、灰白色块状物（硅酸锆）及其附近的细小白色物体（氧化锆）。这些物质的热膨胀系数与钢差异较大，造成焊头在冷却过程中出现孔洞与裂纹，在使用中在交变应力作用下，裂纹发生扩展并最终开裂。(3) 氧化铝是铝热焊反应产物，如果焊药反应过快，钢水没有足够的静置时间，部分氧化铝会随钢液流入砂模，并在轨底上表面形成大颗粒夹渣。氧化硅是砂模常用耐火材料，硅酸锆是德焊常用的砂模表面光洁强化材料，推测是氧化铝颗粒（熔点2054℃）在轨底上表面流动过程中把砂模内壁部分颗粒带入钢水中，最终形成氧化硅、硅酸锆类外来夹渣缺陷。

4 钢轨铝热焊头断裂预防措施

4.1 优化铝热焊参数

确保选择适当的焊接温度，这需要考虑所使用的铝热焊药和钢轨的材料特性。过高的预热温度会导致接头内部出现粗晶、轨头出现咬边等缺陷；过低的预热温度会导致接头产生未熔合、气孔等缺陷。根据待焊钢轨的含碳量以及所选择的铝热焊药，确定预热时间。选择合适的铝热焊接材料，其合金成分应与钢轨的材料相容，以确保焊接头的强度和耐腐蚀性。在特殊情况下，可以考虑对焊接头进行预热或后热处理，以消除焊接区域的应力和提高焊接头的稳定性[3]。

4.2 选择合适的材料

选择合适的铝热焊接材料至关重要。不同种类的钢轨具有不同的材料特性，如强度、耐磨性和耐腐蚀性。根据具体应用需求和轨道环境，选择相应的铝热焊药，合金成分应与钢轨的材料相容，以确保焊接头的质量。考虑铝焊头的使用环境，特别是如果在潮湿或腐蚀性环境中使用，应选择具有良好防腐蚀性的材料。钢轨铝热焊头需要具备良好的导电性能，以确保电流的传输，特别是在铁路轨道系统中，选择具有良好导电性的材料以满足这一要求。确保所选的铝焊头材料与钢轨的热膨胀系数相匹配，以减少在温度变化时引发的应力和应变。不匹配的热膨胀系数导致焊接头的开裂[4]。

4.3 改进前处理和后处理工艺

在前处理阶段，采用更严格的表面清洁和准备方法，以确保钢轨表面彻底清洁和去除氧化物、污垢以及其他杂质。先用火焰去除轨端油漆、油污，再用电动钢丝刷清除轨端铁锈、油污，最后使用角磨机将钢轨端面打磨出金属光泽。在后处理阶段，考虑采用预热和后热处理工艺，以减少焊接区域的应力和提高焊接头的稳定性。这可以通过控制温度梯度来减少应力积累。改进磨削和修整工艺，确保焊接头的表面更加平坦和均匀。采用精密的磨削设备和技术，以减少不规则表面和凹凸不平。引入更先进的检测方法，如磁粉检测、红外热成像或数字图像处理，以提高焊后检测的准确性和可靠性。建立完善的质量控制体系，确保焊接头的质量达到要求。在后处理阶段，采用更持久的防腐蚀涂层或材料，以延长焊接头的使用寿命。使用具有良好耐腐蚀性的材料可以减少维护成本。

5 结语

研究钢轨铝热焊头断裂问题，包括其基本原理、构成、影响因素、机理分析以及预防措施。铁路轨道的安全和可靠性对交通运输系统至关重要，而钢轨铝热焊技术作为维护和修复铁路轨道的关键方法之一，其焊头断裂问题对系统运行造成严重影响。通过深入了解断裂机理，并采取相应的预防措施，可以降低焊头断裂的风险，提高铁路轨道的安全性和性能，确保顺畅、高效的铁路运输。

[参考文献]

[1]赵文彬,李红卫,李军.钢轨铝热焊头断裂的影响因素及预防措施[J].铁道建筑,2018,38(5):72-76.
[2]陈明,刘军,马晓军.高速铁路钢轨铝热焊头断裂的机理分析[J].铁道科学与工程学报,2017,14(6):1214-1219.
[3]刘伟,张强,杨洪涛.钢轨铝热焊头断裂的分析与改进[J].铁道技术开发与管理,2019,39(3):85-88.
[4]王志刚,张明,赵宏伟.钢轨铝热焊头断裂原因分析及预防措施[J].铁道标准设计,2020,25(4):52-57.
[5]高晓东,孙涛,张晓燕.钢轨铝热焊头断裂的研究与预防[J].铁道与港口,2016,33(6):49-53.
作者简介：张亮（1982.2—），男，湖南省衡阳市人，汉族，大学本科学历，工程师，研究方向钢轨探伤及铝热焊接运用。

Copyright © 2023 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

BIM 技术在城市轨道交通建设施工阶段中的应用

刘国生
中铁隧道局集团建设有限公司，广东 佛山 528253

[摘要]城市轨道交通建设涉及到众多的技术、管理、运营等方面，其实施需求极其复杂，需要跨越众多的技术、管理、运营等方面的综合协调，一旦有一个细微的错误就可能导致整个建设的延误，从而严重损害建筑物的使用寿命及其质量。 BIM 技术的应用已经成为了一种重要的解决方案，它能够帮助我们快速识别和解决城市轨道交通建设中的各种潜在风险，从而缩短改造的过渡阶段，提高建设的质量和成功率。

[关键词]BIM 技术；立体可视化；地铁建设
DOI：10.33142/ec.v6i12.10385　　中图分类号：TU17　　文献标识码：A

Application of BIM Technology in the Construction Phase of Urban Rail Transit

LIU Guosheng
China Railway Tunnel Group Construction Co., Ltd., Foshan, Guangdong, 528253, China

Abstract: The construction of urban rail transit involves numerous aspects such as technology, management, and operation. Its implementation needs are extremely complex, requiring comprehensive coordination across numerous aspects such as technology, management, and operation. Once there is a slight error, it may lead to delays in the entire construction, seriously damaging the service life and quality of buildings. The application of BIM technology has become an important solution, which can help us quickly identify and solve various potential risks in urban rail transit construction, thereby shortening the transition phase of renovation, improving the quality and success rate of construction.

Keywords: BIM technology; stereoscopic visualization; subway construction

引言

《2011～2015 建设全面信息化快速发展纲领》的出台，为 BIM 信息技术的应用起到了重大的引导意义，为建筑产业的全面信息化建设快速蓬勃发展起到了强大的支撑，为建筑产业的快速蓬勃发展打下了扎实的基石。BIM（Building Information Modeling）是一种具有重要意义的新兴技术，它不仅有助于降低能源浪费，还有助于实现项目的高效率、准确的预算控制、完善的空中碰撞监控、严格的现场质量控制，从而实现更高的效率和效果。

随着时代的进展，许多大型城镇的工程建设和管理工作都得到了很大的进展，但是，由于经济社会的高速发展，许多城镇的空间和环境都出现了严重的问题，如拥堵、安全隐患、污染排放量等，这些问题都引发了各界的关注。鉴于当前的社会状态，为了促进我国的经济社会增长和改善人们的出行体验，应当大力推进城市公共交通的蓬勃发展，而交通工具则是不容忽视的组成部分，它能够有效地减缓当前的城市交通拥堵状态。

1 城市轨道交通项目施工阶段的管理挑战

1.1 图纸多，技术交底难度高

传统平面施工工艺交底不够直观，复杂构件的搭接关系难以准确表达，交底人对交底内容的理解存在偏差。传统的方式是建筑工程行业技术管理的一大难题，单靠技术人员对照图纸、方案讲解，或现场手把手指导或熟练带教，工人往往不愿看、不懂、不记，交底时难免因信息流失而造成交底质量低下，效率低下。

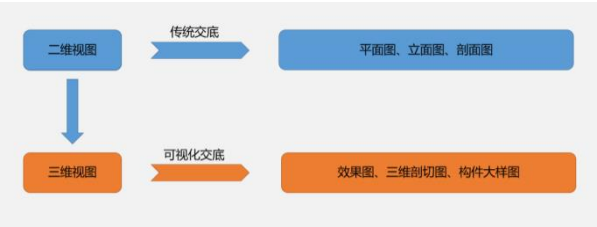


图 1　三维可视化交底

1.2 专业数量多，管控、协同难度大

在城市发展的进程中，地铁的建造面对着许多挑战。除了来自周围环境的压力，这种建造还面对着许多技术和安全方面的挑战。此外，由于它的复杂性，它的施工还面对着许多技术和安全方面的挑战。因此，在进行城市发展规划时，必须考虑这些因素，以确保项目的顺利完成。采用先进的管理技术与方法，可以大大提高项目的实施速度，并且能够实现高质量的交流。

1.3 质量与安全管理难度大

作为重点工程和 BIM 先导工程，该工程项目对于施工质量本身的高要求和严格控制施工安全风险因素都具有十分重要的意义。由于本项目的复杂性，需要招募众多的施工专家、施工队伍和使用各种施工机械，这些都会对

Copyright © 2023 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

施工质量和风险产生重大影响，使得工程质量控制变得更加困难。必须要提前应对，并做好过程中的管控。

1.4 工期紧、高支模体系施工

一方面，项目必须满足施工期的需求，也要满足自己的特定使用方式。与此同时，并对施工时间有相关要求。怎样在规定时间内进行这一项工程项目已成为一个难点。除此之外，本项目规定各工种的施工行为主体共同努力。仅有确保施工组织合理化和实效性，才可以在确保施工质量前提下加速施工进展，确保工程项目在施工期内竣工。

2 BIM技术在城市轨道交通施工中的应用价值

2.1 预知结果，保证目标顺利实现

BIM 信息模型可以帮助我们更准确地监控已经完善的建筑，特别是那些与我们初衷一致但未经完善的地方。它可以将各种元素融入一个完整、可靠、可追溯的系统中，从而使我们可以更加精确地评估出最终的效果，从而满足我们最初的需求。所有参与者均应利用相关技术，以其独特视野为基础，准确地模拟整个工程建设流程，以便尽早发现和解决可能存在的问题，并且要随着实际施工结果和计划之间存在差异，迅速采取措施，以确保计划得以落地。

2.2 虚拟施工，提高施工技术水平

通过对本工程的施工阶段进行施工模拟，即将实际施工过程虚拟在电脑上进行，从而早期发现工程中的问题或可能出现的问题。通过应用先进的参量化设计、虚拟现实、建筑结构模拟、CAD 以及其他多种科学技术，我们建立了一个完整的三维虚拟实验系统，它不仅可以实现对施工现场的实时监测，而且还具有节省资源、降低风险、多次重复、实现协调配合的优势，从而使得所有参与者都受益。采用 BIM 技术，可以有效地加强对建筑项目的决策、管理、优化，从而大大提升项目的技术水准，有效地避免项目风险，减少项目的费用，缩短项目的完成周期。

2.3 设计优化，减少返工

使用 BIM 的三维可视化技术，结合时间维度，我们能够更好地预测施工过程的重点，从而避免出现设计图纸所未预测的问题，同时也方便我们与有关部门的沟通，以最大限度地节约时间、物资、资金的投入。BIM 信息技术能够为车站、基地的设施规划、结构分析、专家合作以及可靠的安全检测提供支持。利用 BIM 软件，能够清晰、精细的展示各个部位的空间位置，从而有效的防止各部位的相互干扰，减少由于设计缺陷而导致的财务风险，缩短工期。

2.4 提高沟通质量、效率

BIM 技术为城市轨道交通项目提供了一种新的方法，它使得项目的三维展示变得更为逼真，并且不需要传统的绘制方法。这种技术不仅使得项目的管理变得简易，还提高了项目的完整性。使用 BIM 技术，不仅可以让项目管理者快速了解项目的进度，还可以帮助项目管理者提高项目的完整性，提升项目的整体管控水平。

3 城市轨道交通项目 BIM 应用点实施建议方案

3.1 三维可视化交底

在开工前利用 BIM 技术对施工队伍进行三维可视化技术交底，使其了解图纸上的关键信息以及在施工中需要注意的问题。通过使用 3D 可视化技术，我们能够将施工过程中的细节和步骤变得清晰明确，这样就能够使在现场的施工技术人员更容易理解和掌握施工方案，从而极大地促进施工的顺利进行。

BIM 三维可视化技术可以将建筑信息模型进行直观、立体的展示，为交底工作提供更好的沟通和交流平台。通过模型展示，施工人员可以更好地理解建筑物的结构、造型和设计意图，为后续施工过程的顺利进行打下基础。将 BIM 模型与实际施工场地进行比对和分析的结果记录，包括施工过程中的技术要求、安全措施、注意事项等各个方面。通过可视化交底记录，可以更好地了解施工过程中的重点和难点，加强施工现场的沟通和协调，提高施工效率和质量。

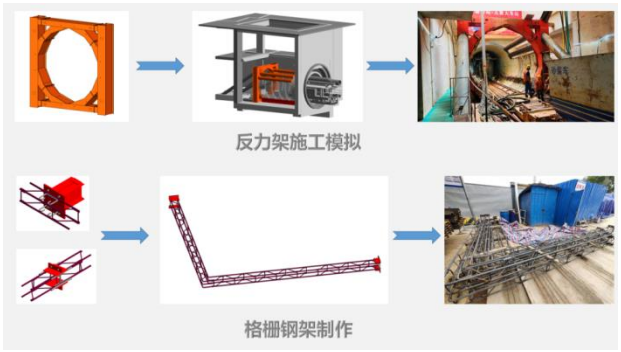


图 2 反力架、格栅钢架施工模拟

3.2 基于 BIM 的图纸会审

BIM 技术的应用范围涵盖了建筑领域，为更好地实现这一目标，必须由 2D 设计师通过分析和构思，构建出一系列准确的、具有实时可见度的、具有良好的参考价值的 BIM 模型，来实现建筑物的全面管控和优质服务。通过实时监控和分析，可以及时发现和纠正图纸中的异常情况，从而有效地提高施工质量，确保图纸的准确性。

BIM 图纸会审的意义在于，通过 BIM 技术的直观性和可视化特性，可以更加准确地审查和校对施工图纸，发现存在的问题和错误，并及时进行修正和改进，确保施工的顺利进行和质量的安全可靠。同时，BIM 图纸会审还可以促进各专业之间的协同设计和施工，减少重复工作和浪费，提高整体项目的效益。

3.3 施工场地动态布置

施工场地动态布置是施工现场管理的重要环节，通过对施工场地进行合理规划、设计和优化，可以提高施工效率和质量，降低成本和风险。本文将介绍施工场地动态布置的主要内容，包括施工场地规划、施工道路布置、施工分区布置、施工临时设施布置、施工材料堆放、施工机械

Copyright © 2023 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

设备布置、施工安全设施布置、施工环保设施布置、施工临时水电布置和其他相关设施布置等方面。

通过模拟现场环境，我们可以更好地了解工地的状况，并进行立体规划。这样，我们就能够更好地利用现场资源，保证交通流畅，方便施工人员的管理，并有效防止二次搬运和事故的发生。因此，在未来的建筑行业中，利用 BIM 技术进行施工场地布置将成为重要的发展趋势。

3.4 重点施工方案模拟

BIM 施工方案模拟的最后一步是进行施工质量质量控制利用 BIM 技术可以对施工质量进行控制和监督提高质量标准和要求通过施_工质量控制可以提前发现和解决潜在的质量问题提高施工质量水平。采用 BIM 技术进行三维模型的重要施工方案，对施工安全、进度进行源头控制，避免特别重大事故的发生。

采用 BIM 技术对传统的现场施工进行重新设计，利用 3d 建筑模型可以清晰地展示各种施工方案，使得施工管理者可以快速识别并纠正存在的缺陷，以确保所有的施工方案均满足规范的质量标准。

图 3 盾构分体始发方案模拟

3.5 三维渲染、场景漫游

通过 BIM 技术，我们能够更加有效地实现三维染色，从而显著改善三维染色的质量和效率。BIM 技术能够将复杂的结构和空间信息，如钢筋的安装位置、施工环境的细节，迅速而准确地呈现出来，从而使得我们能够更加全面地审视和评估设计的合理性，从而更有针对性地实施改造。通过三维技术交底，我们可以大幅度提升生产设施、设备的配置，并且能够实现对区域的精确规划，从而实现设计的高效性、降低成本的目标。

通过使用渲染技术，可以更直观地理解设计方案，并且更容易表达和理解。这有助于检验方案的可行性，并在市场营销或宣传展示中使用。这些技术能够给人以真实的感受，并带来直接的视觉冲击。

3.6 机电管线综合

通过建立建筑、结构、机电等专业的 BIM 模型，将管线综合的布置工作在三维可视化的环境中进行，可以直观地观察和管理管线的空间关系和施工细节。同时，BIM 管线综合可以实现各专业之间的协同设计和施工，减少管线冲突和返工，提高施工效率和质量。

在 BIM 管线综合过程中，需要遵循一些基本原则和步骤。首先，要确定各专业管线的命名和编号，确保信息的准确性和一致性。其次，要建立相应的 BIM 模型，包括建筑、结构、机电等专业，并确保模型的准确性和完整性。第三，要进行管线的综合布置和优化，考虑管线的走向、交叉、避让等问题，确保管线的合理布局和施工的可操作性。最后，要进行碰撞检测和调整，发现并解决管线之间的冲突和问题，确保管线的安全性和稳定性。

BIM 管线综合的应用可以提高建筑物的使用效率和性能，减少管线故障和维修成本，提高施工效率和质量。同时，BIM 管线综合还可以实现各专业之间的协同设计和施工，减少重复工作和浪费，提高整体项目的效益。

4 结语

BIM 技术在整个城市轨道交通工程项目生命周期中，为工程项目提供了有效保障，解决了规划、设计、施工、运营等诸多阶段的困难，改变了传统的工程技术和理念。BIM 技术与轨道交通工程日益深化的结合，必然能够在行动时代的大环境下创造出更高的价值。

[参考文献]

[1]冀程.BIM 技术在轨道交通工程设计中的应用[J].地下空间与工程学报,2014,10(1):1665-1668.
[2]王安璐.BIM 技术在地铁隧道工程施工中的应用研究[J].建材与装饰,2019(47):78-79.

作者简介：刘国生（1978.10—），男，毕业院校：长沙理工大学，所学专业：交通土建工程，当前就职单位：中铁隧道局集团建设有限公司，职务：总经理，职称级别：高级工程师。

Copyright © 2023 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

灌区农田水利渠道设计及其施工技术分析

冯荣亮
新疆双河勘测设计有限公司，新疆 双河 833400

[摘要]灌区农田水利渠道是实现农田灌溉的关键基础设施，通过渠道引导和输送水源，可以有效地将水分供应到农田中，满足作物对水分的需求。合理设计的渠道系统可以确保水资源的充足供应，并提高灌溉的效率和灌溉均匀性。灌区农田水利渠道的重要性在于确保农田灌溉、排水的顺利进行，实现水资源的合理调配，并保护农田生态环境。它是农业生产和农田可持续发展的基础设施之一，对于提高农业生产效益、保障粮食安全具有重要意义。因此，文中针对灌区农田水利渠道设计和施工技术进行了分析。首先介绍了灌区农田水利渠道的重要性和作用，指出了合理的设计和施工对于农田灌溉和排水的关键性。然后，从生态平衡、经济型、干支渠道相结合等几个方面探讨了设计原则。最后，论述了灌区农田水利渠道设计和施工过程中的具体应用分析。通过对灌区农田水利渠道设计和施工技术的分析，可以为相关专业人员提供参考和指导，以确保农田灌溉和排水系统的顺利运行和可持续发展。

[关键词]灌区农田水利；水利渠道设计；施工技术
DOI：10.33142/ec.v6i12.10388 中图分类号：S277 文献标识码：A

Design and Construction Technology Analysis of Farmland Water Conservancy Channels in Irrigation Areas

FENG Rongliang
Xinjiang Shuanghe Survey and Design Co., Ltd., Shuanghe, Xinjiang, 833400, China

Abstract: Irrigation channels for farmland water conservancy in irrigation areas are key infrastructure for achieving farmland irrigation. By guiding and transporting water sources through channels, water can be effectively supplied to farmland to meet the water needs of crops. A reasonably designed channel system can ensure sufficient supply of water resources and improve irrigation efficiency and uniformity. The importance of irrigation channels in irrigation areas lies in ensuring smooth irrigation and drainage of farmland, achieving rational allocation of water resources, and protecting the ecological environment of farmland. It is one of the infrastructure for agricultural production and sustainable development of farmland, which is of great significance for improving agricultural production efficiency and ensuring food security. Therefore, the article analyzes the design and construction technology of farmland water conservancy channels in irrigation areas. Firstly, the importance and role of farmland water conservancy channels in irrigation areas were introduced, and it was pointed out that reasonable design and construction are crucial for farmland irrigation and drainage. Then, the design principles were explored from several aspects such as ecological balance, economic efficiency, and the combination of trunk and branch channels. Finally, the specific application analysis in the design and construction process of farmland water conservancy channels in irrigation areas was discussed. By analyzing the design and construction technology of irrigation channels in farmland, it can provide reference and guidance for relevant professionals to ensure the smooth operation and sustainable development of farmland irrigation and drainage systems.

Keywords: irrigation area, farmland, water conservancy; design of water conservancy channels; construction technology

引言

灌区农田水利渠道的设计和施工是确保农田灌溉和排水系统正常运行的关键环节。合理的渠道设计和科学的施工技术对于提高农田水利设施的效率和可靠性至关重要。本文旨在对灌区农田水利渠道的设计原则、标准以及施工过程中的关键技术进行深入分析，为相关专业人员提供参考和指导，并促进农田水利设施的健康发展。首先，探讨渠道设计的基本原则，然后，详细分析灌区农田水利渠道施工存在的问题以及关键步骤和技术要点，强调安全施工和环境保护的重要性，提出应注意的问题和措施。通过对灌区农田水利渠道设计和施工技术的分析，我们可以为相关专业人员提供实用的指导，并推动农田水利设施的科学发展，以实现高效灌溉和排水，促进农田可持续农业发展。

1 农田水利工程概述

农田水利工程是指为了合理利用和管理水资源，提供农田灌溉、排水和防洪等服务而进行的工程建设和管理活动，其主要目标是确保农田获得充足的水源供应，以满足作物对水分的需求，同时有效地排除过剩的水分，维护农田生态环境的稳定性。灌溉工程是农田水利工程中最重要

Copyright © 2023 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

的部分，它通过渠道、水库、泵站等设施将水源引导到农田中，满足作物的生长需要，灌溉可以通过各种方式实施，如表面灌溉、喷灌、滴灌等，根据地区的实际情况选择最适合的灌溉技术。排水工程是为了排除农田中的过剩水分，防止水涝和土壤盐碱化等问题，农田排水系统包括地下排水管道、排水沟渠和泵站等设施，通过排水系统将农田中的积水及时排走，以保持土壤适宜的湿度和通风条件。防洪工程旨在保护农田免受洪水的侵袭，减少洪灾对农作物和农田生态环境的破坏，防洪工程包括建设堤坝、河道疏浚、排涝设施等[1]。

2 农田水利工程设计所遵循的原则

2.1 生态平衡原则

生态平衡原则在农田水利工程设计中起着重要的指导作用，通过充分考虑生态系统的需求和保护，保障水资源的可持续利用，维护土壤健康，促进生态多样性，可以实现农田水利工程与生态环境的协调发展，推动农业可持续发展。如生态平衡原则要求在农田水利工程设计中综合考虑生态系统的保护和恢复，设计师需要了解并评估农田地区的自然环境，包括生物多样性、土壤质量、水资源状况等，以确保工程建设不会对生态系统造成破坏或恶化。生态平衡原则强调合理利用和保护水资源，在农田水利工程设计中，应考虑水资源的可持续利用，避免过度开发和浪费。通过科学规划和管理水源，合理安排灌溉和排水的供需平衡，减少水资源的损耗和污染，保护当地水生态系统的完整性和稳定性[2]。

2.2 经济原则

通过控制成本、提高资源利用效率、确保经济可行性和注重可持续发展，可以实现农田水利工程的经济效益最大化和社会效益的持续提升。例如经济原则要求农田水利工程设计在满足农田灌溉和排水需求的同时，尽量控制和优化工程成本，设计师需要考虑投入产出比、回报期等经济指标，确保工程建设具有合理的成本效益，能够在可接受的时间内回收投资。经济原则强调资源利用的高效性。在农田水利工程设计中，应通过科学规划和管理，提高灌溉和排水系统的资源利用效率，包括水资源、土地资源、能源等。例如，采用节水灌溉技术、合理安排灌溉周期和用水量，减少浪费和损失，提高水资源利用效率[3]。

2.3 干支渠道相结合原则

通过干支渠道相结合的设计原则，农田水利工程可以实现对不同农田需求的灵活供水，提高水资源的利用效率，减少灌溉浪费和排水问题，并促进农田作物的健康生长和产量提高。同时，合理的干支渠道布局和连通设计也有利于管理和维护工程系统，提高运行效率和管理便捷性。例如主干渠起到整个灌溉和排水系统的骨架作用，负责将水源引导到不同地区的农田，主干渠通常具有较大的流量和断面，可满足大面积农田的水需求，并保持一定的水流速度，以减少淤积和污染的风险。支渠从主干渠分支出来，负责将水源输送到具体的农田地块，支渠通常较短且流量较小，能够根据不同农田的需要进行精细的供水调节，通过支渠的设置，可以实现农田间的灌溉差异化，满足不同农作物对水分的需求。

3 农田水利工程设计与施工的问题

3.1 农田渠道的设计问题

在农田水利工程设计与施工中，农田渠道的设计问题是一个重要的方面。第一，渠道长度和坡度的选择对灌溉效果和水资源利用效率有着重要影响，如果渠道长度过长或坡度不合理，会导致水流速度过慢、水流淤积、灌溉不均匀等问题。第二，渠道断面形状影响着水流的稳定性和能力，如果渠道断面形状选择不当，可能会导致水流阻力增大、淤积堵塞、挖渠量增加等问题。第三，渠道的边坡稳定性对于渠道的正常运行至关重要，如果渠道边坡处理不当，可能会导致边坡塌方、渠道狭窄、渠道砂淤等问题。第四，渠底的铺设对于保持渠道的流畅和减少水流阻力至关重要，如果渠底设计和施工不当，可能会导致渠底不平整、渠道偏移、渗漏等问题。第五，渠道之间的连接点是保证整个渠道系统协调运行的关键部分，如果渠道连接点设计和施工不当，可能会导致水流泄漏、供水不稳定、渠道损坏等问题[4]。

3.2 农田渠道的施工问题

农田渠道施工中可能出现的问题包括渠道挖掘、边坡处理、渠底铺设、渠道连接等方面。具体如下：第一，渠道挖掘不规范。渠道挖掘是农田渠道施工的首要步骤，如果挖掘不规范，可能导致渠道断面不匀称、边坡不稳定等问题。第二，边坡处理不当。渠道边坡的处理对于渠道的稳定性和防止塌方至关重要，如果边坡处理不当，可能会导致边坡塌方、土体滑移等问题。第三，渠底铺设问题。渠道底部的铺设对于渠道的顺畅运行和减少水流阻力至关重要，如果渠底铺设不平整或者漏水，可能会导致渠道堵塞、水流减慢等问题。第四，渠道连接问题。渠道之间的连接点是整个渠道系统的关键部分，如果连接点处理不当，可能会导致渗漏、泄露以及供水不稳定等问题。第五，施工安全问题。农田渠道施工过程中存在一定的安全风险，如挖掘坍塌、人员伤害等。为了确保施工安全，需要严格遵守施工现场安全规范，采取必要的安全防护措施，对施工人员进行安全教育和培训。

4 农田水利渠道的设计与施工关键

4.1 渠道设计关键

5.1.1 渠道的材质设计

农田水利渠道设计中，渠道的材质选择是一个关键因素，它对渠道的稳定性、耐久性和维护成本等方面有着重要影响。例如，混凝土是常用的渠道材料之一，具有优异的耐久性和抗侵蚀能力，混凝土渠道可承受较大的水流压

Copyright © 2023 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

力和冲刷，长期使用寿命长，并且维护成本相对较低。然而，混凝土的施工成本较高，需要充分考虑工程经济性。预制砖、预制板或石块可以用于渠道的衬底或护坡，具备较高的抗冲刷和抗侵蚀能力，这些材料的优点在于施工较简单，成本相对较低，且易于维护。然而，需要注意选用坚固耐用的材料，以确保渠道的稳定性和持久性。还有塑料渠道广泛应用于农田水利工程中，具有重量轻、耐腐蚀、施工便捷等优点，塑料渠道的表面光滑，能够减少水流摩擦阻力，并且易于清理和维护。但是塑料材质相对较脆弱，需要注意避免外力撞击和防止紫外线照射损坏。在某些情况下，可以选择利用自然材料来构筑渠道。土壤或岩石可以用于渠道的挖掘和护坡，具备天然的稳定性和环境适应性。所以，在渠道材质设计中，需要充分考虑项目的经济性、地质条件、水流特性和维护成本等因素。最佳的材质选择应基于具体情况，并综合考虑工程的可行性、耐久性和可维护性。此外，对于不同部位和不同功能的渠道段，可以根据需求采用不同的材质组合，以提高整个渠道系统的效果和性能[5]。

5.1.2 渠道的流量设计

农田水利渠道设计中，渠道的流量设计是一个关键因素，它涉及到灌溉效果、水资源利用效率和渠道的稳定性等方面。一方面，渠道的流量设计应根据农田的灌溉需求来确定，灌溉需求受多个因素影响，包括作物类型、生长阶段、土壤类型、气候条件等，根据不同作物和需水量，计算出相应的灌溉流量，从而确定渠道的设计流量。并且渠道的流量设计需要考虑可靠的水源供应，根据水源的情况，包括降雨、河流或水库等，评估可提供的水量，并确保渠道的设计流量不超过可获得的水资源。另一方面，合理的渠道断面形状和坡度能够减小水流阻力，提供适宜的流速和通畅的水流，在设计中需要综合考虑渠道坡度和流量的关系，以满足灌溉需要和渠道的稳定性。而渠道流量设计还需要考虑渠道的维护要求，过大的流量可能会导致渠道侵蚀、淤积和砂淤等问题，增加维护成本。因此，在设计时需要合理评估和预测渠道的维护需求，并根据实际情况确定适宜的流量，以减少维护工作和成本。

5.1.3 渠道的纵横断面设计

在渠道纵横断面设计中，需要充分考虑渠道形状、尺寸、边坡稳定性、水流控制结构和维护需求等因素。通过科学计算和分析，可以确定合适的渠道纵横断面设计，以确保渠道的稳定性、流量输送能力和便捷的维护操作，并实现水资源的高效利用。第一，渠道的形状对于流体的运动和渠道的稳定性至关重要，常见的渠道形状包括梯形、矩形、圆形等，选择合适的渠道形状需要根据实际情况考虑流体的流速、流量和渠道的截面积等因素。一般而言，梯形断面具有较高的流量输送能力和稳定性，但在特殊情况下，如需要减小渠底面积以降低淤积风险，可以考虑采用矩形或圆形断面。第二，渠道的尺寸设计涉及到渠道的宽度、深度和坡度等参数，渠道的宽度应能容纳所需的流量，并提供足够的空间进行维护和清理，渠道的深度应根据地下水位、土壤类型和渠道稳定性等因素进行合理确定，坡度的选择影响渠道水流速度和阻力，需要根据实际情况考虑。第三，渠道的边坡设计对于渠道的稳定性至关重要。边坡的稳定性受土质条件、坡度、水位变化和植被等因素的影响，在设计中需要考虑材料的抗冲刷能力和边坡的稳定系数，采取适当的边坡倾斜角度，并根据需要采取护坡措施，如设置护坡网或进行植被覆盖等[6]。

5.2 渠道施工的关键

5.2.1 混凝土渠道的施工

在混凝土渠道施工中，需要遵循合理的施工顺序和技术要求，以确保渠道质量和稳定性，密切监控施工过程中的许可限度、施工质量和工作安全，及时解决施工现场出现的问题，而通过合理的施工管理和质量控制，可以确保混凝土渠道的顺利建设和长期可靠运行。混凝土渠道施工所需的主要材料是水泥、砂、骨料和水，合理选择高质量的水泥和骨料，确保混凝土的强度和耐久性，砂的细度和配合比的选取应根据实际需要确定，以确保混凝土的工作性能和抗冲刷能力。在混凝土渠道施工中，模板的搭设是关键步骤之一，模板必须能够承受混凝土的重量和压力，并具有良好的平整度和稳定性，在模板搭设过程中，需要进行精确的测量和调整，以保证渠道的准确尺寸和平整度。混凝土渠道施工完成后，需要进行养护以确保混凝土的强度和耐久性，养护包括保持湿润、遮阳和防止急剧温度变化等措施，根据混凝土类型和环境条件，制定适当的养护计划，并严格执行。

5.2.2 砖砌渠道的施工

在砖砌渠道施工中，需要注意施工过程中的质量控制和安全管理。砖砌渠道所使用的砖应具备良好的抗压强度、耐久性和抗腐蚀性能，常见的砖材包括实心砖、空心砖等，根据具体需要和地区条件，选择适合的砖型和规格。在施工前，需要对渠道基底进行处理，清理基底上的杂物、均匀敷设一层细砂或碎石作为垫层，以提供均匀的支撑面和排水功能。砖砌渠道的砌筑技术是关键，砖之间应采用适当的砌缝，使用耐候胶浆或水泥砂浆进行黏结，在砌筑过程中，要注意控制墙体的垂直度和平整度，保证渠道的稳定性和流体的顺畅流动。

6 结语

在灌区农田水利渠道设计及其施工技术的分析中，探讨了关键的设计原则和施工要点，以确保渠道的稳定性、流量输送能力和水资源利用效率。通过合理的渠道纵横断面设计、材质选择和施工操作，可以实现灌溉的高效性、农田的健康生长和可持续发展。然而，渠道设计和施工并

Copyright © 2023 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

非一成不变，它需要根据具体的地理环境、水资源状况和农田需求等因素进行适度调整。同时，在实际的操作过程中，还需要注重施工质量控制、安全管理和养护工作，以确保渠道的长期稳定性和可靠运行。随着农田水利工程技术的不断发展和创新，相信在未来会有更多的设计原则和施工技术被提出和应用。这将进一步提高农田水利渠道的效率和可持续性，为农业生产和农村经济发展做出更大的贡献。

[参考文献]

[1]汪世超.河西地区灌区农田水利渠道设计及其施工技术探讨[J].新农业,2023(7):56-57.
[2]王转周.河西地区灌区农田水利渠道设计及其施工技术探讨[J].农业科技与信息,2020(16):88-89.
[3]王磊,管德松.农田水利工程中渠道设计及施工技术[J].科学技术创新,2020(1):135-136.
[4]徐建华.农田水利工程设计中的渠道设计及施工技术[J].江西农业,2019(10):53.
[5]杨涛.探析农田水利渠道工程存在的问题及解决措施[J].科技风,2019(4):179.
[6]刘丽欣.灌区农田水利渠道设计及其施工技术分析[J].低碳世界,2018(8):92-93.

作者简介：冯荣亮（1986.3—），男，毕业院校：石河子大学，学历：本科，专业：农业水利工程专业，职称：高级工程师，目前就职单位新疆双河勘测设计有限公司。

Copyright © 2023 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

预制混凝土管桩在路基软基处理中的应用

白 龙
新疆生产建设兵团交通建设有限公司，新疆 石河子 832000

[摘要]预制混凝土管桩是一种在工厂进行预制加工后，再进行现场安装的基础建设材料。其具有增加路基稳定性、分散荷载、提高地基承载能力、控制地基沉降等诸多作用。当前，随着建筑工程的不断增加，预制混凝土管桩在软基处理中也被应用得越来越广泛。对于建筑工程来说，打好桩基础是安全高效施工的前提，只有打好桩基础，才能够进一步保证施工质量和施工效果，才能够使建筑工程安全高效地进行。文中主要研究预制混凝土管桩在路基软基处理中的应用，希望能够为提升路基软基处理效果提供一些有利参考。

[关键词]预制混凝土管桩；路基；软基处理
DOI：10.33142/ec.v6i12.10384 中图分类号：TU473.1+3 文献标识码：A

Application of Prefabricated Concrete Pipe Piles in Soft Foundation Treatment of Roadbeds

BAI Long
Xinjiang Production and Construction Corps Transportation Construction Co., Ltd., Shihezi, Xinjiang, 832000, China

Abstract: Prefabricated concrete pipe piles are a type of foundation construction material that is prefabricated and processed in the factory before being installed on site. They have many functions such as increasing roadbed stability, dispersing loads, improving foundation bearing capacity, and controlling foundation settlement. Currently, with the continuous increase of construction projects, prefabricated concrete pipe piles are also increasingly widely used in soft foundation treatment. For construction projects, building a good pile foundation is a prerequisite for safe and efficient construction. Only by building a good pile foundation can we further ensure construction quality and effectiveness, and ensure the safe and efficient progress of the construction project. The article mainly studies the application of prefabricated concrete pipe piles in the treatment of soft subgrade foundation, hoping to provide some beneficial references for improving the effectiveness of subgrade soft foundation treatment.

Keywords: prefabricated concrete pipe piles; roadbed; soft foundation treatment

引言

随着我国经济快速发展，全国公路建设工程数量不断增加，不可避免地，公路建设选线会穿越一些不良地质环境，软基就是一种较为常见的不良地质环境，为公路建设工程带来一定挑战。如果没有采取合适的措施对软基进行有效处理，就可能导致路基沉浸、变形等情况的发生，从而进一步影响交通通行安全。另外，公路路基及路面返修工程十分复杂且耗资巨大，还会影响交通正常通行。因此，在公路建设阶段，需要对软基进行妥善处理，为公路打好桩基础，从而进一步保障公路建设工程的整体质量。当前，随着建筑工程的不断增加，预制混凝土管桩在软基处理中也被应用得越来越广泛。其对于进一步提高公路建设工程软基处理效果有着较大的作用。

1 相关概念阐述

预制混凝土管桩以及路基软基处理都是土木工程中较为基础的概念，要阐述预制混凝土管桩在路基软基处理中的应用，笔者首先对这两个概念进行大致阐述。

1.1 预制混凝土管桩概念阐述

预制混凝土管桩是一种在工厂进行预制加工后，再进行现场安装的基础建设材料。其由混凝土材料制成，常见的形状有圆形、方形或多边形。预制混凝土管桩具有高强度、规格多样化、施工方便快捷、环保可持续等多种优势，在土木工程领域被广泛地应用，常见的应用场景包括建筑物的基础支撑、桥梁的桩基、海洋工程中的护岸和海底结构物的支撑等。

1.2 路基软基处理概念阐述

软基是指地基土的强度、稳定性和承载能力较低的部分，通常由于土质松散、含水量较高或地下水位较浅等原因引起。基软基处理是指在道路建设中，对软弱地基采取措施进行加固和改良的工程技术。软基处理的目的是增加软基的承载能力和稳定性，以满足道路工程的荷载要求，防止地基沉降和变形，确保道路的安全和可靠性。软基处理的选择和设计需要考虑地基的性质、荷载要求、施工条件等多种因素，并进行工程勘察和测试。有效的软基处理措施可以提高路基的整体性能，延长道路使用寿命，减少维修和保养成本。常见的软基处理方法主要有预加载和加固、土体改良、桩基加固等。

2 预制混凝土管桩在路基软基处理中的应用过程

在路基软基处理施工中，应用预制混凝土管桩主要分为前期准备、桩基施工、桩顶处理、复合处理、质量控制

Copyright © 2023 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

和监测、后期验收等多个步骤。

2.1 前期准备

应用预制混凝土管桩处理路基软基的前期准备工作，首先应该进行详细的地质勘察，了解软基土的性质、层位和承载力等情况。可以通过岩土工程勘察，获取软基土的物理和力学性质参数，为预制混凝土管桩的设计和施工提供依据。勘察完成后，根据地质勘察数据和工程要求，进行软基处理的设计。主要就是确定预制混凝土管桩的布置方式、数量、长度和直径等参数。设计需要考虑软基的强度要求、荷载要求以及施工条件等因素。接着根据设计要求和规范，选择合适的预制混凝土管桩材料。选择依据主要包括混凝土强度等级、钢筋规格和防腐措施等。同时，还需要为施工准备好其他所需的材料，如钢筋、灌浆料等。除了准备材料还需要准备好所需施工设备，例如，挖掘机、起重机、混凝土搅拌站等。确保设备的完好性和施工能力，以满足预制混凝土管桩施工的需要。在施工前，还需要进行环境保护措施的规划与准备，包括施工现场的封闭、尘土控制和废弃物处理等，确保施工过程中对环境的保护和监管。制定详细的施工计划和施工方案也是施工准备工作的重担，包括施工步骤、施工顺序和工期安排等。同时，组织施工人员进行技术培训，确保施工操作的规范性和安全性。最后，根据软基处理的要求，制定相应的施工监测和检测方案。包括桩的垂直度、水平度、桩顶标高等方面的监测和检测，确保施工过程中能够及时发现问题并采取相应措施。

2.2 桩基施工

桩基施工过程，主要是按照设计要求和桩基尺寸，进行基坑的开挖。在开挖桩基时，需要注意基坑的形状和尺寸的控制，以确保桩的安装空间和施工条件。然后将预制混凝土管桩按照设计要求和施工顺序，逐根进行安装。在安装时需要注意的是，应该根据设计要求，在桩顶预留一定的长度，用于连接上部结构或进行桩顶处理。在安装过程中，需要通过水平仪和垂直仪等工具，控制桩身的垂直度，以确保桩的垂直性。还应该根据设计要求，在施工过程中进行桩顶标高的控制，确保每根桩的标高符合设计要求。在安装过程中，主要采用振动捣击的方式，使桩顶进一步下沉，并增加桩的承载力，在这一过程中，需要控制好施工的频率和振动力，以避免桩的损坏和变形。

2.3 桩顶处理

在桩身安装完成后，首先需要对桩顶进行修平处理，使其与设计要求的标高相符。可以使用修平设备（如打磨机、修平板等）对桩顶进行修削和打磨，以达到平整的效果。接着根据设计要求，对于某些需要与其他结构连接或需要支撑横向荷载的桩基，在桩顶处加设横梁或板桥。横梁或板桥可以通过预埋钢筋和混凝土浇筑的方式进行加设，以增加桩顶的稳定性和承载能力。接着再根据需要，在桩顶进行防水处理，以防止水分渗入桩内。常见的防水处理方式包括在桩顶施工时预留防水层和密封材料，或者在桩顶后续进行防水材料的施加和处理。 对于需要连接上部结构的桩基，需要根据设计要求，在桩顶进行连接构件的预埋或安装。这一步骤主要包括预埋螺栓、焊接钢板、铸铁砌块等，以便上部结构与桩基进行连接和支撑。 为了保护桩顶不受外界环境的侵蚀和损坏，还需要对桩顶进行保护处理，常见的保护方式包括涂刷防腐漆、涂覆保护层等。

2.4 复合处理

在预制混凝土管桩安装完成后，可以进行高压注浆处理。主要就是在桩周围设置注浆孔，并通过高压注浆设备将浆液注入孔隙中。注浆的目的是填充软基土壤中的空隙和缝隙，提高土体的密实度和稳定性。在桩基周围的软基土壤中，还可以进行桩周土体加固处理。常见的加固方式包括灌浆加固和土体加固。灌浆加固是通过在桩周围灌注灌浆材料（如水泥浆）来提高土体的强度和稳定性。土体加固可以通过施加预应力锚杆、挖槽与回填等方式，增加土体的承载能力和抗震性能。在预制混凝土管桩安装完成后，还可以对桩体进行加固处理，提高桩体的承载能力和稳定性。常见的加固方式包括在桩外套设钢筋笼和混凝土灌筑，或者在桩身内灌注混凝土料或灌浆材料，增加桩体的抗弯承载能力和抗震性。在桩周围的软基土壤中，还可以设置复合处理层，进一步增加软基的稳定性和承载能力。常见的复合处理层包括加筋土墙、搅拌桩墙、格栅墙等。这些复合处理层可以通过在软基土壤中安装钢筋或挖槽与回填的方式，增加土体的强度和稳定性。在复合处理完成后，可以在软基土壤表面设置覆土层加固，以进一步增加软基的承载能力和稳定性。常见的覆土层加固方式包括铺设加筋土工格栅、加设地锚等。

2.5 施工质量控制和监测

质量控制和监测的目的是确保预制混凝土管桩的施工质量和性能，以及与其他结构的连接和支撑的安全可靠。通过严格的质量控制和监测，可以及时发现和解决问题，保证工程的质量和可持续性。对施工过程进行质量监测，主要包括对桩身的尺寸、强度、材料的密实度、注浆的效果等进行监测和检测。可以采用现场测试和实验室试验相结合的方式进行监测，确保施工质量的控制和监测。还可以通过设置合适的测量装置对预制混凝土管桩的承载力进行监测。例如，采用静载试验、动力触探或其他适用的方法对预制混凝土管桩的承载力进行测量，以评估桩基的承载性能和稳定性。

2.6 后期验收

在应用预制混凝土管桩进行路基软基处理后，需要进行后期验收以确保处理效果的合格。常见的后期验收步骤主要包括视觉检查、基础平整度检查、表面硬度检测、承载力测试、沉降观测、检测验收报告等。进行视觉检查，

Copyright © 2023 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

就是检查预制混凝土管桩的外观是否符合设计要求，包括尺寸、形状、表面平整度等。对软基处理后的路基进行平整度检查，主要是为了确保路基表面平整度能够达到设计要求。表面硬度检测，就是使用硬度测试仪等设备对路基表面进行硬度检测，检查路基的硬度是否达到设计要求。进行承载力测试，一般是使用静载试验或其他适用的测试方法，测量预制混凝土管桩及其复合处理后的软基的承载能力。沉降观测，就是在预制混凝土管桩及其复合处理区域设置沉降监测点，进行沉降观测，检查软基处理后的路基是否有明显沉降。检测验收报告，就是整理并编制软基处理的检测验收报告，记录施工过程中的处理措施、监测数据及结果，并与设计要求进行对比，评估软基处理的质量和效果。通过以上的后期验收步骤，可以对预制混凝土管桩在路基软基处理中的效果进行评估和验收，确保软基处理的质量和性能符合设计要求，为道路工程的使用提供可靠的基础支撑。

3 预制混凝土管桩在软基处理中的应用要点

在应用预制混凝土管桩进行路基软基处理时，需要充分掌握相关应用要点，这样能够进一步保障施工质量，从而达到较好的路基软基处理效果。预制混凝土管桩在软基处理中的应用要点主要包括：桩基间距和深度、桩基与软土的连接性、桩基的质量控制、桩基的施工方式、施工现场管理和监测、合理的桩基设计等，以下是对预制混凝土管桩在路基软基处理中的应用要点的具体阐述。

3.1 桩基间距和深度

合理的间距和深度可以提供足够的承载能力和稳定性，确保软基得到有效加固和处理。因此，在应用预制混凝土管桩处理软基时，确定预制混凝土管桩的间距和深度时，要综合考虑软基土层的性质、工程要求、承载力等因素，确保软基处理的效果和质量，以进一步提高工程的可靠性和经济性。

3.2 桩基与软土的连接性

预制混凝土管桩与软土的连接性非常重要，在实际的施工过程中，可以通过合理选择桩身表面处理方法、优化注浆技术和材料选择、控制注浆施工质量等措施，进一步提高预制混凝土管桩与软土的连接性，从而提高软基处理的效果和稳定性。

3.3 桩基的质量控制

预制混凝土管桩的质量控制对于确保非常关键。要确保混凝土的强度、钢筋的质量、注浆材料的性能等都符合设计要求和规范，通过加强对预制混凝土管桩、钢筋和注浆材料的质量控制，严格控制施工工艺，可以确保桩基的质量和可靠性，提高软基处理的效果和稳定性。

3.4 桩基的施工方式

桩基的施工方式是施工质量的重要保障，在应用预制混凝土管桩处理软基时，应该要充分选择合适的桩基施工方式，可以根据具体情况和设计要求进行合理选择，确保施工效果和质量。预制混凝土管桩处理软基时，常常采用打入法或挖孔灌注法进行施工。

3.5 施工现场管理和监测

严格的施工现场管理和监测，能够有效保障桩基施工质量，从而能够达到较好的软基处理效果。因此，在实际的施工过程中，要加强现场管理，确保施工人员的资质和技术要求，合理使用和维护施工设备，保持施工现场的整洁和安全。同时，还需要进行施工现场的质量监测，包括对桩身尺寸、强度、注浆效果等进行监测和检测，及时发现问题并采取相应措施。

3.6 合理的桩基设计

合理的桩基设计对于保障混凝土预制桩效果具有重要作用，因此，在实际的施工过程中，应该要做好桩基设计工作，保证预制混凝土管桩的设计能够符合工程的要求和地质情况。在设计中要充分考虑软基的性质、荷载特点和工程条件，合理确定桩基的尺寸、间距和深度，以确保软基处理的有效性和经济性。

4 结语

对于建筑工程来说，打好桩基础是安全高效施工的前提，只有打好桩基础，才能够进一步保证施工质量和施工效果，才能够使建筑工程安全高效地进行。本文主要研究预制混凝土管桩在路基软基处理中的应用，首先阐述了预制混凝土管桩以及软基处理的相关概念，接着阐述了预制混凝土管桩在路基软基处理中的应用过程，最后阐述了预制混凝土管桩在软基处理中的应用要点，希望能够为提升路基软基处理效果提供一些有益参考。

[参考文献]

[1]陈信朋.预制混凝土管桩在路基软基处理中的应用[J].西部交通科技,2022(4):000.
[2]陈永荣.预应力管桩在市政道路软基处理中的应用[J].中国建材科技,2015(8):2.
[3]郑春敏,郑康敏.预制混凝土管桩在路基软基处理中的应用[J].中文科技期刊数据库(全文版)工程技术,2022(9):3.
[4]卢士波,吕利芹.预应力混凝土管桩在市政道路软基处理中的应用[J].城市建设理论研究：电子版,2019(1):1.
[5]张文博,叶荣.预应力混凝土管桩在软基道路中的应用分析[J].建筑技术开发,2004,31(9):3.

作者简介：白龙（1987.10—），毕业院校：华北水利水电大学，所学专业：土木工程，当前就职单位：新疆生产建设兵团交通建设有限公司，职务：项目总工，职称级别：工程师。

Copyright © 2023 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

风景园林施工中常见问题及解决措施

汪 波
襄阳园冶风景园林集团有限公司，湖北 襄阳 441000

[摘要]风景园林建设在我国社会发展中具有重要作用，但相对于一些发达国家，我国仍存在发展差距。文中的目的是探讨风景园林施工中常见问题及解决措施，强调在工程建设中必须充分考虑后期养护和施工管理等因素，以推动工程发展。目录中详细列出了风景园林施工的主要内容、特点、管理重要性、存在问题和解决措施，为相关人员提供了有益的指导和建议，以改善城市环境和生态，促进我国风景园林建设的进一步发展。

[关键词]风景园林施工；常见问题；解决措施
DOI：10.33142/ec.v6i12.10368 中图分类号：TU9 文献标识码：A

Common Problems and Solutions in Landscape Architecture Construction

WANG Bo
Xiangyang Yuanye Landscape Group Co., Ltd., Xiangyang, Hubei, 441000, China

Abstract: The construction of landscape architecture plays an important role in Chinese social development, but compared to some developed countries, there is still a development gap in China. The purpose of the article is to explore common problems and solutions in landscape architecture construction, emphasizing the need to fully consider factors such as post maintenance and construction management in engineering construction to promote the development of the project. The catalog provides a detailed list of the main contents, characteristics, management importance, existing problems, and solutions of landscape architecture construction, providing useful guidance and suggestions for relevant personnel to improve the urban environment and ecology, and promote the further development of landscape architecture construction in China.

Keywords: landscape architecture construction; common problems; solutions

引言

风景园林建设作为改善城市环境、促进生态平衡的重要工程，在我国的社会发展中扮演着愈发重要的角色。随着城市化进程的不断推进，城市绿化和园林景观的建设已经成为提高居民生活质量、促进城市可持续发展的不可或缺的一部分。然而，相对于一些发达国家，我国的风景园林建设起步相对较晚，在实践中仍然面临着一系列挑战和问题。

风景园林施工不仅仅关乎工程建设本身，还牵涉到后期的养护、管理以及城市生态的长期平衡。因此，必须充分考虑施工过程中可能出现的各种问题和隐患，制定科学合理的解决措施，以确保风景园林工程的可持续发展。文中探讨了风景园林施工中常见问题，并提供解决这些问题的有效措施，以为我国城市风景园林建设的进一步推进提供有益的指导和建议。

1 风景园林工程施工的主要内容和特点

1.1 风景园林施工的主要内容

风景园林工程的施工涵盖了多个主要方面，其主要内容包括景观设计的实际建造、绿化植物的种植与养护、景观硬质设施的建设、水体与水景的处理、道路与步道的铺设、灯光与照明系统的安装，以及园林设施的维护与管理等。这些内容合起来构成了风景园林工程的实质部分。

在风景园林施工中，景观设计的实际建造是至关重要的一环，它涵盖了各种景观要素的落地，包括花坛、雕塑、休闲座椅等。同时，绿化植物的种植与养护也是施工中的核心任务，需要选择适应当地气候与土壤的植物，确保其生长健康，以达到美化环境、改善空气质量的目的。此外，景观硬质设施如石质构筑物、桥梁、台阶等的建设、水体与水景的处理以及道路与步道的铺设都需要精心施工，以确保安全和功能完善。最后，灯光与照明系统的安装以及园林设施的维护与管理也不可忽视，这些因素为园林工程的夜间景观和长期可持续运营提供了必要的支持。

1.2 风景园林工程施工的主要特点

风景园林工程施工具有其独特的特点。首先，它需要综合考虑自然环境、人文因素和城市规划，以创造出与周边环境协调一致的景观。其次，施工过程需要高度专业化和技术化，因为涉及到植物的生长、土壤的处理、水体的运营等多方面的知识。此外，风景园林工程的施工周期通常较长，需要长期的养护和管理，以确保景观的持续美观和功能完善。另外，与城市居民和环境保护密切相关，需要综合考虑社会、文化、生态等多个层面的因素，因此需要多方合作和协调。

Copyright © 2023 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

2 风景园林施工管理的重要意义

2.1 促进城市绿化

风景园林施工管理的重要性体现在其对城市绿化的促进方面。通过科学规划、精细管理和高效施工，风景园林工程可以大规模种植树木、草坪和花卉，从而增加城市的绿色覆盖率[1]。这不仅美化了城市环境，还改善了空气质量、减少了城市热岛效应，提高了居民的生活质量。合理的绿化规划和管理还可以吸引鸟类和其他野生动植物，增加城市的生态多样性。

2.2 促进园林工程顺利展开

风景园林施工管理对于园林工程的顺利展开至关重要。它可以确保项目按计划进行，合理安排施工流程，有效协调各种资源和人力，提高工程的执行效率。管理还包括质量控制、安全管理和环境保护，以确保工程的质量和可持续性。此外，管理可以监督预算和资源分配，防止浪费和不必要的成本增加，从而确保项目的经济效益。

2.3 提升了种植技术水平

风景园林施工管理也在提升种植技术水平方面发挥关键作用。管理团队需要了解最新的园林植物育种和栽培技术，以确保植物的生长健康和景观的美观。管理还包括土壤改良、灌溉系统设计、植物疾病防治等方面的专业知识，以应对不同环境条件下的挑战。通过不断改进和更新技术，风景园林工程可以实现更高水平的景观设计和植物养护，提供更好的生态效益。

2.4 城市现代化建设进程得以加快

风景园林施工管理对城市现代化建设的推动起到了积极作用。美丽、宜居的城市环境是城市现代化的重要组成部分。通过科学管理和精心规划的风景园林工程，城市可以提升其形象和吸引力，吸引更多的投资和人才，推动城市的现代化进程。这包括提高城市旅游吸引力、推动商业发展、促进文化交流等方面的影响，使城市更具竞争力和可持续性。

3 风景园林施工中存在的问题

3.1 施工工序安排不合理

风景园林施工中，施工工序的安排是一个至关重要的环节。然而，存在着工序安排不合理的问题，这可能导致施工进度延误、资源浪费和工程质量下降等一系列问题。例如，如果在适宜的季节未进行必要的植物种植工作，可能会影响植物的生长，降低景观效果[2]。

3.2 施工监管体系不健全

缺乏健全的施工监管体系是风景园林施工中另一个存在的问题。监管体系的不健全可能导致施工质量无法得到有效监督，安全隐患得不到及时发现和解决，甚至可能出现违规行为。

3.3 施工队伍素质较差

施工队伍的素质问题是风景园林施工中的一个普遍挑战。一些施工人员可能缺乏必要的专业知识和技能，导致工程质量低下。此外，可能存在施工队伍的管理不善、工作纪律不严格等问题。

3.4 对施工管理缺乏重视

施工管理的不足也是风景园林施工中的一个问题。有些项目可能对管理工作不够重视，导致管理流程不清晰、沟通不畅、决策不明确等问题。施工管理的不足可能影响工程的质量、进度和成本控制。

4 风景园林施工中常见问题的解决措施

4.1 重视土壤质量

土壤质量对植物生长和景观的形成至关重要。解决土壤质量问题需要首先进行土壤测试和分析，以确定土壤的性质和特点。根据测试结果，可以采取必要的土壤改良措施，如施肥、改良、排水等，以满足植物的生长需求。此外，选用适应土壤条件的植物品种也是关键，以确保它们在特定土壤条件下能够健康生长，从而提高景观的美观度和可持续性。

4.2 把握绿化植物生长规律

了解和把握绿化植物的生长规律对风景园林施工至关重要。不同植物品种具有不同的生长需求，包括阳光、水分、土壤和温度等因素。在种植植物时，必须根据其生长规律合理选择植株的位置、间距和生长环境，以确保它们能够茁壮生长。此外，及时修剪和养护也是关键步骤，以维持植物的健康和景观的美观。细致的植物管理和了解其生长规律有助于提高植物的生存率和景观效果。

4.3 做好大型苗木的移植工作

（1）应用土球移植技术的注意事项。土球的大小和质量是关键。土球的尺寸应根据被移植植物的根系大小和植株高度来确定。通常情况下，土球的直径应比植物的根系范围大约 1.5 倍，以确保足够的土壤和根系被移植。土球应保持紧凑和稳固，以防止在移植过程中土壤崩解或根系受到损伤。适宜的季节进行土球移植至关重要。最佳的移植时间通常在植物的休眠期或者在春秋季节，因为此时植物对移植的应激较小，有助于提高成活率。避免在极端高温或严寒的气候条件下进行土球移植，以减少植物的应力。移植后的护理至关重要[3]。在完成土球移植后，应立即浇水，确保土壤充分湿润，有助于根系重新扎根。监测植物的健康状况，关注叶片颜色和生长状态的变化，以及任何可能出现的疾病或虫害。为植物提供足够的水分和阳光，确保其在新环境中逐渐适应并茁壮成长。

（2）应用裸根移植技术的注意事项。选择适宜的移植季节非常关键。裸根移植通常在植物休眠期进行，因为在这个时候，植物的生长速度较慢，根系相对不活跃，能够减少根系受到伤害的机会。避免在植物生长旺盛的季节进行裸根移植，以减少移植后的应力。在进行裸根移植前，需要检查植物的根系，剪除任何损坏、疾病或过长的根部。修剪后的根系应该有清晰的切口，并且保持健康状态，以

Copyright © 2023 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

促进在新环境中的扎根和生长。在进行裸根移植前，可以将植物的根系浸泡在水中，通常持续数小时至一整夜，以确保根系充分吸收水分。这有助于减少移植后的水分应力，促进根系的再生和适应新土壤环境。

4.4 把握好灌木种植要点

在进行灌木种植时，有一系列关键要点和注意事项需要特别关注，以确保植物的健康生长和景观效果的达到预期目标。首先，品种选择至关重要，需要根据工程的景观要求、土壤条件和气候特点来选择适合的灌木品种。不同品种具有不同的生长需求和特点，因此必须确保所选灌木能够适应特定的环境条件。其次，植株准备也是必不可少的步骤。在进行灌木种植前，必须仔细检查植物的健康状况，包括根系和枝条。任何损坏或过长的根系和枝条都需要及时修剪，以促进植物在新环境中的生长。选择适当的植栽季节也具有重要性。通常，最佳的植栽季节是在春季和秋季，因为这些季节的土壤温度和湿度适宜，有助于植物的扎根和成活。必须避免在极端高温或严寒的季节进行植栽，以减少植物的应力。栽植深度是另一个需要特别关注的方面。植株必须根据其根系的大小来选择合适的坑洞大小，并确保根系完全覆盖在土壤中，避免植株倾斜。根系应该能够扎根在坚实的土壤中，以提供稳定性和充足的水分。此外，土壤改良也是重要的一步。在植栽时，可以添加有机肥料或进行土壤改良，以提供充足的养分和水分，从而促进植物的生长。改良土壤还有助于提高土壤的通透性和保水性，有利于植物的根系吸收养分和水分。最后，浇水和养护工作是确保灌木健康生长的关键步骤。必须及时浇水，以确保土壤保持适度湿润。同时，定期监测植物的健康状况，关注叶片颜色和生长状态的变化。除草和修剪也是维护灌木健康和保持景观效果的重要任务。

4.5 提高水资源的利用率

首先，采用滴灌系统是一种有效的方法，它可以实现水分的精确供应，将水滴直接送到植物的根部区域，从而减少了水分的浪费和蒸发损失，提高了用水效率。其次，在景观设计和植物选择时，优先考虑低水耗植物品种。这些植物对水分需求较低，适应干旱条件，因此可以降低浇水的频率和用水量。此外，土壤改良也是关键的一步。通过改良土壤质量，可以增加土壤的保水能力，减少水分的流失。添加有机质和保水剂有助于提高土壤的保水性，延长了浇水的间隔时间。合理的浇水时机也不可忽视，选择在早晨或傍晚时分浇水可以减少水分的蒸发损失，确保植物充分吸收水分，同时避免在炎热的中午时段浇水，以减少水分的浪费。最后，定期监测土壤湿度和植物的水分需求，根据需要调整浇水的频率和量，避免过度浇水，以减少水资源的浪费。这些措施有助于更加高效地利用水资源，降低水的浪费，同时确保植物健康生长，为风景园林施工的可持续性和环境保护做出贡献。

4.6 做好绿色植物养护工作

做好绿色植物的养护工作对于风景园林施工至关重要，以下是一些关键措施：首先，定期修剪植物的枝条和叶片是必不可少的。这有助于促进新的生长，保持植物的形状，并提高通风和采光条件，同时预防疾病和虫害的发生。合理的修剪可以确保植物保持健康和美观。其次，施肥管理是关键的一环。合理施肥有助于植物吸收养分，促进生长。根据不同植物的需求，选择适当类型和时机的肥料，并确保施肥均匀分布在根系区域[4]。这有助于植物保持充足的营养供应。另外，浇水管理也至关重要。根据植物的需水情况和季节，合理浇水以保持土壤湿润。避免过量浇水，以免引起根部腐烂和水分浪费。定期监测土壤湿度可以帮助确定浇水的时机。此外，疾病和虫害的防治也是必要的。及时监测植物的健康状况，采取预防性措施，如定期检查和喷洒杀虫剂或杀菌剂，以防止疾病和虫害的侵袭。这有助于保持植物的健康状态。最后，根系管理同样重要。关注植物的根系健康，确保它们有足够的空间生长。避免根系受到损伤或压缩，以确保植物能够吸收足够的水分和养分。根系的健康对植物的整体生长至关重要。

5 结语

在风景园林施工中，正确地种植和养护是确保植物茂盛生长、景观迷人的关键。精心挑选品种、植株准备、合适的季节、栽植深度、土壤改良以及细致的浇水和养护都是建立美丽景观的基础。而更进一步地，可以通过科学的水资源管理和创意的造景技巧，将风景园林提升到一个更高的层次。通过关注细节、注重艺术性，以及持之以恒地维护和更新，可以在风景园林中创造出令人陶醉的绿色翠庭，为人们带来和大自然亲近的机会。这些努力不仅为眼睛带来愉悦，也为环境可持续性和生态平衡做出了贡献。无论是公共景点还是私人庭院，正确的种植和精心的养护都将为我们的生活和大自然之间搭建一座美丽的桥梁。

[参考文献]

[1]李健兴.对风景园林工程施工技术中常见问题的思考[J].居舍,2022(16):126-129.
[2]阮清.生态风景园林施工中的基本原则和策略[J].城市建筑,2021,18(36):196-198.
[3]谢锦.关于风景园林施工中大树移植技术与养护研究[J].居舍,2021(26):115-116.
[4]陈建成.浅谈生态风景园林施工中常见的技术问题[J].砖瓦,2021(10):160-161.

作者简介：汪波（1975.9—），男，毕业学校：湖北工业大学，专业工程管理，单位襄阳园冶风景园林集团有限公司。

Copyright © 2023 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

超高层钢管混凝土结构建筑施工技术分析

程 杰
浙江宝业建设集团有限公司，浙江 绍兴 312028

[摘要]文中深入探讨了超高层钢管混凝土结构建筑施工技术的关键措施，包括形变控制、徐变与收缩控制以及温度导致的位移形变控制。首先，针对形变控制，文中强调了结构设计的关键作用，通过合理的设计、构造方式选择以及实时监测来减小结构的形变。其次，在徐变与收缩控制方面，我们强调了混凝土配合比的重要性，充分养护的必要性以及可能采用的补偿措施。最后，在温度导致的位移形变控制方面，我们提到了温度效应的设计考虑、温度监测和补偿装置的必要性。这些措施的综合应用能够确保超高层钢管混凝土结构施工过程中的稳定性和安全性，为这类建筑的可持续发展提供了关键支持。

[关键词]超高层建筑；钢管混凝土结构；施工技术；形变控制；徐变与收缩控制
DOI：10.33142/ec.v6i12.10365 中图分类号：TU973.15 文献标识码：A

Analysis of Construction Technology for Super High-rise Steel Tube Concrete Structure Buildings

CHENG JIE
Zhejiang Baoye Construction Group Company Limited., Shaoxing, Zhejiang, 312028, China

Abstract: The article delves into the key measures of construction technology for super high-rise steel tube concrete structures, including deformation control, creep and shrinkage control, and temperature induced displacement deformation control. Firstly, regarding deformation control, the article emphasizes the key role of structural design, reducing structural deformation through reasonable design, selection of construction methods, and real-time monitoring. Secondly, in terms of creep and shrinkage control, we emphasize the importance of concrete mix proportions, the necessity of sufficient curing, and possible compensation measures. Finally, in terms of temperature induced displacement and deformation control, we mentioned the design considerations of temperature effects, as well as the necessity of temperature monitoring and compensation devices. The comprehensive application of these measures can ensure the stability and safety during the construction process of super high-rise steel tube concrete structures, providing key support for the sustainable development of such buildings.

Keywords: super high-rise buildings; steel tube concrete structure; construction technology; deformation control; creep and shrinkage control

超高层钢管混凝土结构作为现代城市中壮丽的建筑景观之一，具有独特的外观和卓越的工程挑战。这些结构的建设不仅需要创新的设计和先进的工程技术，还需要在施工阶段采取一系列精密的措施，以确保其稳定性、安全性和可持续性。本文旨在深入探讨超高层钢管混凝土结构建筑施工技术的关键措施，特别是形变控制、徐变与收缩控制以及温度导致的位移形变控制。这些措施的合理应用不仅有助于满足设计要求，还为未来城市化进程中的超高层建筑提供了可行的解决方案。超高层建筑的兴起不仅是城市规划和建设的象征，也是面向未来城市生活的发展趋势。然而，由于其高度、复杂性和在城市环境中的特殊地位，这些建筑的施工技术面临着前所未有的挑战。在超高层钢管混凝土结构的建设中，形变、徐变、收缩和温度变化等因素都可能对结构产生不可忽视的影响。因此，必须采取一系列严格的控制措施，以确保这些结构的稳定性和安全性。[1]

1 钢管混凝土结构施工的优势

1.1 高强度与耐久性

钢管混凝土结构的首要优势在于其出色的强度和耐久性。这一特点是由混凝土和钢材的协同作用所决定的。混凝土作为一种优秀的受压材料，具有出色的抗压性能，而钢管则能够提供卓越的抗拉强度。这种组合使得钢管混凝土结构能够承受来自自然力和人为荷载的巨大压力，包括风荷载、地震力以及建筑本身的自重。这一高强度与耐久性的特点对于超高层建筑至关重要。超高层建筑往往需要在高风速和复杂气象条件下稳定运行，而钢管混凝土结构能够提供卓越的结构稳定性，确保了建筑物的安全性和可靠性。此外，其耐久性也意味着超高层建筑可以拥有更长的使用寿命，减少了维护和修复的频率，降低了维护成本。

1.2 灵活性与设计自由度

另一个显著的优势是钢管混凝土结构的设计灵活性和自由度。建筑师和工程师可以根据项目的具体需求和创意，灵活地定制结构，实现各种独特的建筑形式和风格。这种自由度可以促使创新，创造出独特的建筑标志物。在超高层建筑中，这种设计自由度尤为重要。这些建筑通常需要满足复杂的功能需求，同时还要考虑城市规划和美学要求。钢管混凝土结构的灵活性使得建筑师能够更好地满足这些挑战，确保了建筑在功能性和美学上的完美融合。[2]

Copyright © 2023 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

1.3 施工效率与工期缩短

钢管混凝土结构在施工过程中还具有显著的效率优势。混凝土的浇筑和钢管的安装可以同时进行，从而缩短了建设周期。这对于超高层建筑来说至关重要，因为它们通常需要在有限的时间内完成，以满足市场需求或其他紧迫的时间要求。施工效率的提高还可以降低施工成本，包括人工和设备成本。此外，由于工期缩短，建筑物可以更早地投入使用，带来更快的投资回报和收益。钢管混凝土结构在超高层建筑领域的优势显而易见。其高强度与耐久性、设计灵活性和施工效率的特点使其成为现代建筑工程的首选，为超高层建筑的稳定性、美学和经济性提供了坚实的基础。这些优势的综合作用有助于确保超高层钢管混凝土结构建筑的成功实施。

2 超高层钢管混凝土结构建筑的施工技术

2.1 钢管混凝土浇筑技术

钢管混凝土浇筑技术是超高层钢管混凝土结构施工中的核心环节，对结构的质量和性能具有重要影响。这项技术的关键在于将混凝土有效地输送到高度和远距离的位置，确保混凝土的均匀分布和充分振实。施工团队通常采用高效的混凝土泵系统，这些系统能够将混凝土通过钢管输送到所需的位置。这种泵送技术不仅提高了施工效率，还降低了劳动强度，因为工人不再需要手工搬运重型混凝土桶。在浇筑过程中，混凝土的质量控制至关重要。配合比必须按照设计要求准确计量，确保混凝土具有所需的强度和性能。坍落度的控制也是关键，因为它直接影响混凝土的可流动性和填充性。通过合理的振捣措施，可以确保混凝土在浇筑后的均匀分布，减少气泡和空洞的形成。为了防止混凝土在输送过程中的分层或分离，通常会采用高效的搅拌系统，确保混凝土的均匀性。这些技术的综合应用有助于保证超高层钢管混凝土结构的浇筑质量，确保其强度和耐久性能够满足设计要求。钢管混凝土浇筑技术在超高层建筑的施工中具有关键性的地位。通过采用高效的混凝土泵系统、质量控制措施以及混凝土的均匀输送和振捣，可以确保混凝土在高度和远距离输送的过程中仍然保持其优越的性能，为超高层钢管混凝土结构的建设提供坚实的基础。[3]

2.2 钢筋安装与连接技术

在超高层钢管混凝土结构的建设中，钢筋安装与连接技术是确保结构强度和稳定性的关键环节。这项技术涉及到精确的钢筋布置、连接强度的确保以及结构构件的准确组装。钢筋的安装要求高度精确。根据建筑设计图纸和规范要求，施工人员必须将钢筋按照预定的位置、数量和间距精确地安装。这通常涉及到使用钢筋定位器和支撑系统，以确保钢筋的位置准确无误。此外，钢筋的覆盖层也必须符合规范，以保护钢筋免受外部环境的侵蚀，并确保混凝土覆盖层的质量。连接技术在确保钢筋之间的牢固连接方面起着至关重要的作用。通常使用的连接方法包括焊接和机械连接。焊接技术可以提供较高的连接强度，但要求焊接工艺的精确控制，以避免焊接缺陷。机械连接通常采用螺纹连接或套筒连接，其优势在于易于检验和维护。无论采用哪种连接方法，都必须符合相关规范和标准，以确保连接的可靠性和安全性。钢筋安装与连接技术在超高层钢管混凝土结构的施工中具有至关重要的地位。精确的钢筋安装、合适的连接技术以及质量控制的严格实施可以确保结构的强度和稳定性，为超高层建筑的安全运行提供了坚实的基础。这些技术的应用需要高度的专业知识和严格的操作，以满足设计要求和规范标准。

2.3 安全和风险管理

在超高层钢管混凝土结构的建设中，安全和风险管理是不可或缺的部分，对确保工程成功完成和工人安全至关重要。这一领域涵盖了多个方面，包括施工过程中的安全措施和对潜在风险的管理。超高层建筑的施工常常发生在复杂和高风险的环境中。因此，建立严格的安全措施是必要的，以确保工人的安全。这包括提供必要的个人防护装备、培训工人以正确使用设备、建立施工现场的安全规则以及定期检查和维护施工设备。此外，建筑物的高度也可能导致升降设备的使用，因此必须采取额外的安全措施，以确保升降设备的正常运行和工人的安全。风险管理也包括对潜在的自然灾害风险的考虑。超高层建筑可能受到风荷载和地震力的影响，因此在设计和施工中必须考虑这些因素。结构设计必须充分考虑这些外部力量，并采取适当的工程措施，如抗风设计和地震防护措施，以确保建筑的稳定性和安全性。施工团队还必须建立应急响应计划，以应对可能的紧急情况，如火灾、事故等。这些计划必须包括人员疏散、紧急救援和通信等方面的细节，以最大程度地减少潜在风险的影响。[4]

3 控制超高层钢管混凝土结构建筑施工技术的措施

3.1 加强形变控制

在超高层钢管混凝土结构的施工中，形变控制是至关重要的，因为结构的形变可能会影响其稳定性和性能。为了加强形变控制，采取了多项关键措施。结构设计阶段应考虑到形变的影响，并采用合适的设计方法和构造方案，以减小结构的自身形变。这可能包括减小梁柱结构的高宽比、选择适当的截面形状，以及在结构中引入位移控制构件，如剪力墙和支撑梁，以提高整体刚度。通过这些设计措施，可以减小结构在施工和使用阶段的变形。需要采用高精度的测量和监测技术来实时监测结构的形变情况。这包括使用位移传感器、倾角测量仪器等设备，以及建立远程监测系统，以获得准确的形变数据。通过监测数据，可以及时识别任何不正常的形变情况，并采取必要的措施来调整结构，确保其处于安全状态。这种实时监测系统还能够提前发现潜在的问题，有助于预防可能的结构损坏。加

Copyright © 2023 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

强形变控制对于超高层钢管混凝土结构的施工至关重要。通过合理的设计、结构构造和实时监测，可以最大程度地减小结构的形变，确保其在施工和使用阶段的稳定性和安全性。这些措施需要结构工程师、监理人员和施工团队的紧密协作，以确保其有效实施。

3.2 控制徐变及收缩造成的位置形变

在超高层钢管混凝土结构的建设中，徐变和收缩是不可避免的混凝土性质现象，它们对结构的位置形变产生重要影响。为了控制这些形变，需要采取一系列关键措施。合理制定混凝土的配合比是控制徐变和收缩的关键。通过选择适当的水灰比、使用掺合材料以及混凝土的细度控制，可以减小混凝土的徐变和收缩。特别是在超高层建筑中，使用高性能混凝土，如自缩减混凝土或纤维增强混凝土，可以有效减少这些形变的影响。养护措施对于减缓混凝土的徐变和收缩速度至关重要。湿养护和覆盖保湿等措施可用于维持混凝土的湿度，减缓混凝土的干燥速度，从而减小徐变和收缩的影响。充分的养护可以确保混凝土的内部结构得到合理发展，减少形变的产生。还可以采用补偿措施，如引入预应力或外加支撑，来对抗徐变和收缩导致的位置形变。这些措施可以通过反向形变来抵消混凝土的变形，保持结构的稳定性。然而，这些补偿措施需要精确的设计和施工，以确保其有效性。控制徐变和收缩造成的位置形变对于超高层钢管混凝土结构的建设至关重要。通过合理的混凝土配合比、充分的养护措施和必要的补偿措施，可以有效减小这些形变的影响，确保结构的稳定性和安全性。这些措施需要在结构设计和施工阶段得到充分考虑和实施，以确保结构在使用过程中满足设计要求。[5]

3.3 控制温度导致的位移形变

在超高层钢管混凝土结构的建设中，温度变化是导致结构位移形变的常见因素之一。温度的周期性变化以及季节性温度波动都可以对结构产生影响。因此，为了控制温度导致的位移形变，需要采取一系列措施。结构设计应考虑到温度效应，包括热膨胀和冷缩。选用合适的结构材料和隔热层，以减小温度变化对结构的影响。特别是在超高层建筑中，由于高度差异较大，温度变化对结构的影响更加显著。因此，结构工程师必须精确计算和预测温度变化对结构的影响，以便采取相应的措施。建立温度监测系统是必要的。通过实时监测结构的温度变化，可以了解温度导致的位移形变情况。这些监测数据可用于分析结构的响应，并在必要时采取措施来控制位移形变。例如，通风降温、冷却水系统和绝热层等措施可以用于控制温度变化。结构的伸缩缝和补偿装置也可以用来处理温度导致的位移形变。伸缩缝允许结构在温度变化时自由伸缩，减少了内部应力的积累。补偿装置则可以用于对抗温度变化导致的位移，确保结构保持稳定。控制温度导致的位移形变是超高层钢管混凝土结构建设中的一项重要任务。通过合理的结构设计、温度监测和必要的补偿措施，可以最大程度地减小温度变化对结构的影响，确保结构的稳定性和安全性。这些措施需要综合考虑结构的特点和施工环境，以满足设计要求并确保结构在使用过程中的稳定性。

4 结论

超高层钢管混凝土结构建筑施工技术的控制措施是确保结构稳定性和安全性的关键因素。通过本文对形变控制、徐变与收缩控制以及温度导致的位移形变控制的深入论述，我们强调了合理的设计、养护、监测和补偿措施的重要性。这些措施需要工程师、监理人员和施工团队的密切协作，以确保其有效实施。超高层建筑的建设不仅关乎工程的成功完成，还关系到城市发展的可持续性和安全性。通过综合运用这些控制措施，我们可以更好地满足日益增长的城市化需求，为未来的城市建设提供可靠的解决方案。

[参考文献]

[1]黄东明.超高层建筑钢管混凝土柱及环梁施工技术[J].中华建设,2021,2(9):134-135.
[2]赵振华.超高层钢管混凝土结构建筑施工技术分析[J].房地产世界,2021,3(7):99-101.
[3]伍歆杰.超高层钢管混凝土结构建筑施工技术分析[J].砖瓦,2020,2(5):164-165.
[4]潘春龙,张万实,浦东,等.沈阳宝能环球金融中心超高层建筑钢管混凝土巨柱施工技术[J].施工技术,2018,4(23):29-32.
[5]王智,陈万庆,杨涛,等.某超高层建筑钢管混凝土剪力墙施工技术[J].施工技术,2017,3(1):258-260.

作者简介：程杰（1981.9—），男，籍贯：浙江杭州，学历：本科，职称：中级。

Copyright © 2023 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

绿色施工技术在道路桥梁施工中的应用讨论

黄 静
徐州帝翔建设工程有限公司，江苏 徐州 221000

[摘要]随着全球对可持续发展的关注不断增加，绿色施工技术在道路桥梁施工领域的应用成为了一项重要的议题。文中探讨了绿色施工技术的应用，以减少资源浪费和环境污染，并提高道路桥梁工程的可持续性。介绍了绿色施工技术的概念、分类和优势，强调其在可持续施工中的潜力。重点关注了在道路桥梁工程中的实际应用，包括污染控制和管理，以及具体技术的运用，如沥青路面低碳建造技术和废胎胶粉路用技术。此外，还提出了建立监管机制、使用节能环保材料和处理施工污染的策略，以确保绿色施工技术的有效应用。为促进可持续道路桥梁建设提供了实用性的建议，以减少对环境的不良影响，提高资源利用效率，并确保未来的可持续发展。

[关键词]绿色施工技术；绿色化建筑；道路桥梁施工
DOI：10.33142/ec.v6i12.10362 中图分类号：U415.6 文献标识码：A

Discussion on the Application of Green Construction Technology in Road and Bridge Construction

HUANG Jing
Xuzhou Dixiang Construction Engineering Co., Ltd., Xuzhou, Jiangsu, 221000, China

Abstract: With the increasing global attention to sustainable development, the application of green construction technology in the field of road and bridge construction has become an important topic. The article explores the application of green construction technology to reduce resource waste and environmental pollution, and improve the sustainability of road and bridge engineering. It introduces the concept, classification, and advantages of green construction technology, emphasizes its potential in sustainable construction, and focuses on its practical application in road and bridge engineering, including pollution control and management, as well as the application of specific technologies, for example, low-carbon construction technology for asphalt pavement and waste tire rubber powder road use technology. In addition, strategies for establishing regulatory mechanisms, using energy-saving and environmentally friendly materials, and dealing with construction pollution have been proposed to ensure the effective application of green construction technology, promote sustainable road and bridge construction, and provide practical suggestions to reduce adverse impacts on the environment, improve resource utilization efficiency, and ensure future sustainable development.

Keywords: green construction technology; green building; road and bridge construction

引言

道路和桥梁是国家基础设施系统不可或缺的一部分，连接城市和乡村，支持国家经济和社会的发展。然而，道路桥梁工程的建设和维护通常伴随着大量资源消耗和环境影响，引发了可持续发展的担忧。因此，绿色施工技术的应用成为当务之急，以实现道路桥梁工程的可持续性，减少资源浪费和环境负担。绿色施工技术作为一个综合性方法，侧重于减少资源浪费、减少污染和提高能源效率，为道路桥梁工程提供了创新途径。这一领域的发展不仅降低了施工成本，还改善了施工质量、提高了工程的可维护性，推动相关产业的进步。

在本文中深入探讨了绿色施工技术在道路桥梁工程中的应用，着重研究了其优势、关键要点和实际应用表现。通过详细的综合性分析，进一步探讨了各种绿色施工技术的应用策略，以促进这些技术在道路桥梁工程中的更广泛应用。一起协助构建更环保和资源高效的基础设施，为社会的可持续发展做出贡献。

1 绿色施工技术概述

1.1 什么是绿色施工技术？

绿色施工技术，作为可持续建设领域的关键要素，旨在将环保和资源高效性引入施工过程。它强调了降低施工对环境的不利影响，包括减少资源消耗、污染和能源浪费。绿色施工技术的核心理念是在施工中最大程度地降低负面影响，同时最大程度地提高资源和材料的可持续性使用。这包括诸如减少废弃物、污染物排放以及提高能源效率等方面的措施。

1.2 绿色施工技术的分类

（1）节能技术。节能技术旨在降低能源消耗，从而减少对非可再生能源的依赖。这包括采用高效能源设备和系统，例如 LED 照明、高效空调和采暖系统。此外，节能技术还包括优化施工过程，如建筑外保温、隔热材料的应用以及能源管理系统的采用。通过这些措施，施工项目可以降低能源成本，减少温室气体排放，提高可持续性。

（2）材料选择和管理。材料选择和管理是绿色施工技术的关键组成部分，旨在减少资源浪费和材料消耗。这包括

Copyright © 2023 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

选择可再生或可回收材料，以减少新原材料的需求。此外，有效的废弃物管理也是材料管理的一部分，包括材料回收和废弃物减量。通过使用可持续材料和降低浪费，施工项目可以减少对自然资源的压力，降低成本，并减少环境负担。

（3）污染控制。污染控制技术旨在降低施工现场对环境的不良影响，包括大气、水和土壤污染。这包括控制大气排放、减少施工现场粉尘和颗粒物的释放、有效的废物管理，以及采用环保化学品和材料。通过这些措施，施工项目可以减少环境污染，改善施工环境，提高社区和工人的健康。

（4）水资源管理。水资源管理技术包括雨水收集、水循环利用和污水处理等方面的方法，以减少对淡水资源的需求。这有助于保护淡水资源，降低水供应成本，减少洪水风险，以及保护水体生态系统。通过合理管理水资源，施工项目可以减少对有限水资源的竞争，提高水资源的可持续性。

（5）绿色建筑设计。绿色建筑设计技术旨在优化建筑设计，以降低能源消耗、提高采光和通风，以及最大程度地减少环境影响。这包括采用 passivhaus 设计原则、绿色屋顶和墙壁、太阳能设备的集成以及采用可持续材料。通过这些措施，施工项目可以降低能源成本，提高建筑质量，减少碳足迹，以及提供更健康和宜居的环境。

1.3 绿色施工技术的优势

绿色施工技术的应用在道路桥梁工程中具有诸多优势。首先，它可以显著降低资源消耗，减少废弃物产生，从而降低了施工成本。其次，通过减少环境污染和资源浪费，绿色施工技术有助于改善施工质量，并提高工程的可维护性。最重要的是，这些技术有助于实现可持续发展目标，减轻对自然环境的不利影响，为未来的基础设施建设创造更加环保和资源高效的条件。

2 绿色施工技术在道路桥梁工程中应用的关键要点与实际应用

2.1 污染控制和管理

（1）排放控制。在道路桥梁施工中，控制大气污染排放是至关重要的环保措施。采用先进的尘埃控制设备对施工现场的颗粒物排放进行有效管理至关重要。湿式粉尘控制系统和吸尘设备等技术可以显著减少颗粒物排放，有助于维护空气质量。湿式粉尘控制系统通过向施工现场引入水雾或喷雾来减少悬浮颗粒物，有效遏制粉尘扩散。吸尘设备则能捕捉和收集产生的粉尘，确保颗粒物不会进入大气中。此外，排放源的监测和记录是一项关键工作[1]。通过监测排放源，可以及时发现异常情况并采取纠正措施。记录排放数据有助于确保排放符合环保法规，提高透明度，以及为可能的审核和合规性检查提供依据。这一工作需要建设公司与监管机构密切合作，以确保符合法规和标准，降低对大气的不利影响。

（2）垃圾分类。垃圾分类是废物管理的一个重要方面，对于减少固体废弃物的影响至关重要。在施工现场，建设公司可以建立垃圾分类站点，将废物分为可回收物、有害废物和一般废物[2]。这一举措有助于提高废物的回收率，降低对垃圾填埋场的负担。可回收物，如纸张、塑料、金属和玻璃等，可以在分类后送往回收中心，进一步加工和再利用。有害废物，如废油漆、化学品和电子废弃物，需要得到特殊处理，以确保安全处置。一般废物包括非可回收且不属于有害废物的废弃物，它们应当遵循妥善的垃圾处理和填埋程序。

（3）化学品管理。在施工过程中，合理的化学品管理至关重要，以确保化学品的安全使用和防止泄漏对环境造成污染。建设公司应采用最佳实践，包括以下方面：

①正确的标签和标识：所有化学品容器都应妥善标记和标识，以明确其内容物、危险性质和安全操作指南。这有助于工作人员正确识别和使用化学品，减少错误操作的风险。

②储存和处置：化学品的储存应符合相关法规和最佳实践。不同类型的化学品可能需要特定的储存条件，如温度控制和通风。此外，应建立正确的废弃物处理程序，以确保废弃的化学品得到妥善处置，而不会对环境造成污染。

③危险化学品的额外安全措施：对于危险化学品，建设公司应采取额外的安全措施，以减少事故风险。这可能包括在使用过程中戴上个人防护装备，定期进行化学品存储区域的安全检查，并建立应急响应计划以处理潜在的泄漏或事故。

（4）环境监测。环境监测是确保污染控制的关键环节，通过实时监测施工现场的大气、水质和土壤条件，可以及早发现潜在的环境问题，采取必要的措施以保护自然生态系统和人类健康。以下是环境监测的重要方面：

①大气质量监测：大气监测设备是必不可少的，用于检测施工现场的空气中是否存在有害气体或颗粒物。这些设备能够实时监测空气质量参数，如二氧化硫、氮氧化物、臭氧和颗粒物浓度。通过记录和分析这些数据，建设公司可以迅速识别潜在的大气质量问题，并采取必要的纠正措施，如降低排放、加强风尘控制等。

②水质监测：水质监测设备是用于监测施工现场的水体质量，以确保没有有害物质进入附近水源。水质监测包括监测水中的化学物质、微生物和悬浮物的浓度。通过及时监测水质，可以确保水资源的保护和生态系统的健康。如果发现水质问题，可以采取措施来净化水源，例如使用水处理设备或采取沉淀池等方法。

③土壤监测：土壤监测设备用于检测土壤中是否存在有害化学物质，并监测土壤的质量。这对于及早发现土壤污染问题非常重要，因为受到污染的土壤可能对植物和野生动物造成伤害，还可能影响附近的水质。通过监测土壤的 pH 值、含水量和有机物含量，可以识别潜在的土壤污染问题，并采取纠正措施，如土壤修复和污染物去除。

2.2 沥青路面低碳建造技术的应用

（1）可再生和回收材料。为了减少新材料的需求，

Copyright © 2023 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

施工团队可以选择使用可再生和回收的材料。这包括使用再生沥青、植物沥青和回收的碎石，以减少对新鲜沥青和原石材料的依赖。这有助于降低资源消耗和环境负担。

（2）低碳生产工艺。采用低碳生产工艺是减少碳排放的关键。施工公司可以优化生产工艺，减少生产过程中的能源消耗，例如采用低温沥青混合、采暖回收系统和节能照明等。这有助于减少施工对环境的影响。

（3）施工过程的优化。施工团队可以通过采用温和的沥青混合工艺来减少施工能源消耗。此外，通过优化路面设计、减少浪费和提高施工效率，也可以在保证施工质量的前提下降低施工成本。

2.3 废胎胶粉路用技术的应用

废胎胶粉路用技术是另一个有益的绿色施工技术，用于降低资源浪费和环境污染。在实际应用中，这项技术包括将废旧轮胎回收并将胶粉用于路面建设。废胎胶粉的应用可以提高路面的弹性和耐久性，减少道路维护需求，同时还解决了废旧轮胎的环境问题。这一技术在道路桥梁工程中的应用有助于实现资源高效利用，降低施工成本，并减少环境污染。

3 绿色施工技术在道路桥梁施工中的应用策略

3.1 监管机制

（1）建立监管体系。在道路桥梁施工中，建立监管体系是确保绿色施工技术得以有效应用的首要步骤。这一监管体系应该由政府机构牵头，与建设公司合作，以确保绿色技术的合规性。首先，监管机构需要明确制定监管框架和标准，明确了解绿色技术的要求和标准。然后，建立监管体系，包括监督、审核、检查和报告机制。监管体系的建立需要明确各方的责任，确保监管机构有权力和资源来有效执行。

（2）执法与合规。执法与合规是监管机制中至关重要的一部分。政府监管机构需要确保施工公司遵守绿色施工技术标准和法规。这包括对施工现场的定期检查和监测，以确保施工过程中没有违规行为。执法机构需要有权处罚那些不遵守规定的公司，以确保绿色技术的合规性。同时，建设公司也有责任积极合规，采用绿色技术，配合监管机构的检查和要求。

3.2 材料选择和节能

（1）可再生能源的应用。在道路桥梁施工中，可再生能源的应用是一项重要的策略，以降低施工过程的能源消耗和环境影响[3]。可再生能源包括太阳能、风能、水力能源等。在实际应用中，施工现场可以考虑安装太阳能发电设备，以供电施工设备和照明系统。此外，风能和水力能源也可以用于供电，特别是在偏远地区或没有便捷供电设施的情况下。可再生能源的应用有助于降低施工现场的碳足迹，同时也降低了能源成本。

（2）可持续材料的选择。选择可持续材料是另一个重要策略，以确保道路桥梁施工的环保性。可持续材料是指那些具有较低环境影响的建筑材料，如再生混凝土、可回收钢材和木材、低碳水泥等。在实际应用中，建设公司可以优先选择这些可持续材料，以减少对自然资源的需求。此外，采用材料的可回收性和再利用性也是关键因素，以减少废弃材料的产生。通过选择可持续材料，施工公司可以在提高施工质量的同时降低环境负担，促进可持续发展。

3.3 污染处理技术

（1）污水处理。在道路桥梁施工中，污水处理是一项关键策略，以确保施工现场产生的废水得到适当的处理，以减少对水体和环境的不利影响。实际应用中，建设公司应当建立合适的污水处理设施，以处理施工现场产生的污水。这些设施可以包括沉淀池、生物处理设备和过滤系统等[4]。通过污水处理，可以有效去除悬浮固体、化学物质和污染物，确保排放到自然环境中的水质达到环保标准。此外，水资源的循环利用也是重要的策略，以减少对淡水资源的需求。

（2）废弃物管理。有效的废弃物管理是另一个关键策略，以确保施工现场产生的废弃物得到合适的处理和回收。在实际应用中，建设公司应采取措施来最小化废弃物的产生，例如采用可再生建筑材料、实施材料回收和废物分类。对于不可避免产生的废弃物，应采用适当的垃圾处理设施，如焚烧设备或填埋场。此外，废物管理还包括危险废物的安全处理和处置，以防止对环境和健康造成危害

4 结语

本文深入探讨了绿色施工技术在道路桥梁工程中的应用，从绿色施工技术的概述、关键要点、实际应用以及应用策略等方面进行了详细阐述。通过对绿色施工技术的不同方面进行分析和讨论，不仅理解了这些技术的优势，还了解了它们在实际工程中的具体表现。绿色施工技术的应用不仅有助于降低施工成本，提高工程质量，还有助于减少资源浪费和环境负担，符合可持续发展的理念。

在面对日益严峻的环境挑战和资源压力的今天，绿色施工技术的应用已成为不可或缺的任务。政府机构、建设公司以及社会公众都应密切合作，推动绿色施工技术的广泛应用，以实现道路桥梁工程的可持续性和环保发展。

[参考文献]

[1]袁庄.建筑工程绿色施工技术研究[J].中国建筑装饰装修,2023(18):96-98.
[2]付杰.绿色施工技术在市政路桥施工中的应用探究[J].城市建设理论研究(电子版),2023(27):118-120.
[3]赵丽萍,马青青.对公路桥梁的绿色施工技术应用的丝分缕解[J].炎黄地理,2023(8):55-57.
[4]郭开先.绿色施工技术在道路桥梁施工中的应用分析[J].运输经理世界,2022(15):10-12.

作者简介：黄静（1980.5—），毕业院校：江南大学，西南交通大学，所学专业：道路与桥梁专业，当前就职单位：徐州帝翔建设工程有限公司，职务：经理，职称级别：工程师。

Copyright © 2023 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

道路桥梁施工中绿色施工技术的运用

柴 恒
新疆北新路桥集团股份有限公司，新疆 乌鲁木齐 830000

[摘要]随着社会进步和环保观念的增强，人们对绿色建筑技术和绿色建筑材料的运用愈发关注。在道路桥梁的建设过程中，使用绿色建筑技术和绿色建筑材料可以显著减少资源的消耗和废弃物的排放，降低对环境的不良影响，从而达到经济效益与生态效益的双赢。因此，采用绿色施工技术已成为道路桥梁施工的主流方向，需要进一步深化对其探索与应用，不断进行创新与优化，从而对于建立绿色、节能、可持续社会发展作出贡献。

[关键词]道路桥梁施工；绿色施工；技术运用
DOI：10.33142/ec.v6i12.10356 中图分类号：U415 文献标识码：A

Application of Green Construction Technology in Road and Bridge Construction

CHAI Heng
Xinjiang Beixin Road and Bridge Group Co., Ltd., Urumqi, Xinjiang, 830000, China

Abstract: With the progress of society and the enhancement of environmental awareness, people are paying more attention to the use of green building technology and materials. In the construction process of roads and bridges, the use of green building technology and materials can significantly reduce resource consumption and waste emissions, reduce adverse effects on the environment, and achieve a win-win situation of economic and ecological benefits. Therefore, the adoption of green construction technology has become the mainstream direction of road and bridge construction, and it is necessary to further deepen its exploration and application, continuously innovate and optimize it, in order to contribute to the establishment of green, energy-saving, and sustainable social development.

Keywords: road and bridge construction; green construction; technology application

引言

作为我国基础工程建设的重要组成部分，道路桥梁建设对社会进步和文化交流起到了极其关键的影响。然而，在新历史阶段，道路桥梁施工也必须应对各种外部的困难，例如如何减少对非清洁能源的使用，技术人员必须运用更先进、高效的技术策略去处理环保难题，以保证生态系统的平衡，而绿色建筑技术正是一种表现优秀、经济性突出的解决方法。

1 绿色施工的基本概述

1.1 绿色施工定义

工程施工的绿色理念是需要以“四节一环保”为主导，着重关注施工安全性、质量、施工工期以及施工成本，还需要对传统施工技术进行绿色优化与升级，并且不断推动技术的创新与变革，以构筑完整的绿色施工体系，以满足工程施工的可持续发展要求。在绿色施工过程中，通过改良施工计划，采用新型绿色建设技术，降低环保成本，满足国家提出的可持续发展战略要求。但目前，仍然不能彻底脱离传统施工技术，需要从未来长远发展角度入手，对现有施工模式做出改良，并且按照战略发展方向来推动施工工作[1]。在绿色施工过程中，要遵循环保和低消耗的原则，追求综合效益，强化对生态环境的保护，真正实现生态管理、社会效益和经济效益的协调发展。在采用绿色建设技术时，要注重节约能源，在实际施工过程中，尽可能降低材料和能源的消耗。在环境保护方面，绿色施工更加强调预防为主，全程实施环境保护，控制施工过程中的噪声、扬尘、水污染等，以防止对周边生态环境产生不良影响，避免地质灾害，并防止植被受损。

1.2 绿色施工原则

第一，在绿色施工技术应用前，需要科学地规划施工流程，减少施工区域施工设备数量，实现设备共享，并且减少对于发电机等设备的消耗，同时也需要适当地利用如太阳能等可再生资源，选择机械设备需要优先考虑其节约和高效性能。

第二，在整体施工过程中，绿色施工技术的理念必须得到贯彻，例如在前期规划、施工实施、工程验收等环节都需要体现出绿色可持续发展理念。

第三，施工企业必须实施各项环保措施，如为了确保施工现场的扬尘、噪音和水资源的管理效率，必须对施工现场的问题进行妥善的解决，保证施工现场的有序性。在施工过程中，绿色发展理念的应用所带来的经济收益是不可估量的，不仅有助于确保施工工程的顺利推进，还能得到市场的认同。因此，在应用绿色施工技术后，社会、环境和经济三方面的效益是互相促进的。

2 绿色施工技术在道路桥梁施工中应用的必要性

2.1 减少资源损耗

2.1.1 节约能源

绿色建筑技术强调节约能源和减少排放，通过使用节能

Copyright © 2023 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

设备和技术，例如LED照明和高效节能机器，有效地减少了能源的使用。此外，通过改进施工工艺，降低了能源的浪费和不必要的能源消耗，从而提升施工过程中的能源使用效率。

2.1.2 减少废弃物产生

绿色施工技术强调将废弃物数量降低并循环利用。运用先进的施工方法与材料，减少施工过程中的废弃物产出。此外，借助于废弃物的分类与循环利用，尽可能地减少废弃物对环境的破坏以及资源的滥用。

2.1.3 智能施工和精细管理

利用先进的智能技术与数字化技术，绿色施工技术可以进行施工流程的及时跟踪与管理。通过准确的数据解读与调整，可以实现施工资源的精细化管理，从而降低资源的滥用与消耗[2]。

2.1.4 生态环境保护

绿色建筑技术强调对生态环境的保护，通过科学的施工布局以及生态修复手段，减少对自然生态系统的损害，确保植被、水源以及野生动物等生态元素的安全，保障生物多样化，减少土地资源的消耗以及生态环境的退化。综上所述，在道路桥梁建设过程中，绿色施工技术的运用能显著减少资源的浪费。通过资源的可持续利用、节省能源、减少废弃物数量、智能施工和精细化管理以及对生态环境的保护等策略，实现对道路桥梁施工过程中资源的高效利用和保护。

2.2 降低环境污染

2.2.1 减少大气污染

绿色建筑技术通过使用低污染设备和清洁能源，减少了尾气对大气环境的破坏。同时，通过精细化的施工管理和精确的控制，降低了粉尘和颗粒物的产生，从而降低了空气污染。

2.2.2 降低水污染风险

绿色施工建筑技术，重视对水资源的管理和控制。通过合理地规划和安装排水系统，减少废水和雨水的渗透，进一步减少了污染物的释放。利用雨水的采集和处理装置，实现了雨水的循环利用，减少了对水资源的消耗。

2.2.3 土壤和地下水保护

在施工过程中，绿色施工技术实施防护措施，以防止土壤和地下水受到污染。通过使用环保材料和工艺，降低了有害物质的泄漏和溢出。同时，对施工废弃物进行合理处理，以避免对土壤和地下水产生污染。

2.2.4 声环境保护

绿色建筑技术利用了降噪器材与施工手段，以降低施工期间的噪声污染。借助于这些降噪策略，能够减少对附近居民以及自然环境的干预与影响。

2.2.5 生态保护和景观恢复

绿色建筑技术强调生态维护和景观复原。在建设过程中，实施适当的生态保护策略，例如维护植被、水源、野生动物等[3]。同时，在建设完成后，进行景观恢复和绿化，重塑自然生态系统，降低对生态环境的破坏。

综上所述，在道路桥梁建设过程中，绿色施工技术的运用能够显著降低环境污染。通过采取一系列措施，如降低空气污染、减轻水质污染的威胁、维护土壤与地下水的健康、维护噪音环境以及实施生态保护和景观修复等，从而降低施工活动对环境的影响。

3 道路桥梁施工中存在的污染问题

3.1 废弃物污染

在道路桥梁施工过程中，产生的废弃物种类繁多，若未能对其进行分类处理，将会提高环境保护的难度。废弃物还可能释放出各种有毒和有害的物质，对周边的土壤、空气、水源等都造成不同程度的破坏，如果持续下去，将严重阻碍道路桥梁施工的顺利实施，并可能对附近居民的日常生活和工作带来影响，甚至可能危及其人身安全。因此，必须对道路桥梁施工过程中产生的废弃物进行有效的处理，防止其对附近的生态环境造成危害，避免产生严重的影响。

3.2 水污染

水资源在人类社会发展中占据了重要地位，而水环境问题也是当前需要重点关注的问题。在道路桥梁施工过程中，可能会对其经过的河流和湖泊造成一定程度的污染，这将直接影响到当地居民的供水和用水。例如，在施工过程中打桩下护筒，河底结构可能会受到影响，导致河底泥沙浓度增加，严重破坏水质。在施工过程中，直接将清洗施工设备和建筑模板的水排放到环境中也会对当地的水源造成污染，生活垃圾和燃料燃烧也可能导致水质的破坏。此外，施工过程中产生的生活污水和浇筑混凝土的水也具有污染性。如果水质受到污染，那么施工期间的水质将无法得到保障，这将对当地居民的用水产生影响。

3.3 扬尘污染及噪声污染

在众多道路桥梁工程施工中，大量的机械设备被广泛使用，尤其是土方工程施工，这些设备在进行土方施工或运输时，很可能会引发噪声污染和扬尘污染等问题。此外，焊接等施工也会产生刺耳的噪音，对周围居民和施工人员的健康造成负面影响。

3.4 光污染

光污染虽然在影响力上并未像废水、废气、噪音这样大，但成为施工过程中常见的污染类型。当驾驶员或者行人在这样的光污染环境中，可能会感觉头晕，身体不适，视力可能遭受伤害，还可能引起负面情绪，甚至可能导致更加严重的健康问题。在道路桥梁施工过程中，加班和夜间施工是不可避免的，由于晚间施工的照明光线较强会导致光污染，影响居民的夜间休息。

4 道路桥梁施工中绿色施工技术的应用

4.1 扬尘控制

应专注于施工的每一个环节，并且要做好扬尘控制工作，例如土方运输和垃圾处理等，这些都需要采用有效的封闭方式，并且要定期对运输车辆进行清洁。在施工过程中涉及土方作业的环节，需要采取多种措施，确保扬尘的高度不超过1.5m，同时也可以采用喷淋洒水等多种方法，以防止扬尘向外扩散。同时，可以在非施工区域安装防护

Copyright © 2023 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

网，或者采取覆盖等手段来有效控制扬尘，避免在这些区域产生扬尘。另外，在拆除建筑物之前，需要预先清理场地的灰尘，并制定合理的扬尘控制策略。

4.2 噪声污染控制

4.2.1 控制工程机械和车辆噪声

在道路桥梁施工现场修建围墙，并进行封闭式管理。由于大型机械容易产生噪声，避免在学校或者居民区使用机械设施。同时，加强对施工机械的维护和保养，对润滑系统进行检查，确保气路和油路畅通无阻，并及时更换损坏的零部件，以确保机械设备的稳定运行，避免产生噪音。当车辆驶入施工区域时，不能发出鸣笛声，并需要控制物资的装卸力度。在启动和操作施工机械的过程中，必须严格按照相关的程序标准进行，以提升操作的严谨性，合理地控制噪音，从而延长设备的使用寿命。

4.2.2 控制现场噪声

在加工钢筋和石材的过程中会产生噪音，因此必须在离居民区较远的区域进行，并且还需要配置隔声屏障。在实际施工中，应选择振动幅度较小的设备，以防止在使用过程中产生噪声。另外，需要对施工时间进行合理的规划和调整，严格按照噪音控制的标准来操作，以有效地管理工程施工时间[4]。如果施工项目会引发较大的噪音，那么就不能在夜间进行施工，通常会将施工时间和作息时间统一安排在 6～22 点。对于紧急建设项目，必须向环保部门提交申请，只有在获得批准后才能进行施工。

4.2.3 监测施工现场噪声污染

施工企业需要对施工现场噪声进行检测，并且严格遵守噪声排放规范，有效地管理施工现场的噪声。在进行噪声监测时，需要认真地进行记录，并且精确地计算出噪音的分贝，如发现超出预设的数值，需要立即采取降噪措施，比如使用隔音消声材质制作的围挡，或是降低施工强度。

4.3 光污染控制

为减少电焊和切割过程中产生的弧光，需要在施工现场安装无色、无反射的围挡装置，并且与周围环境相隔离，避免强烈的光线外射。对于产生电磁波的相关设备，需要采取预防性的措施，降低对附近居民的辐射危害。根据相关建设规定，应避免在夜间进行电弧焊等施工活动。如果在特殊情况下需要进行夜间电焊操作，需要对整个作业区域实施遮光防护，以防止焊接的光线扩散。对于塔式起重机以及建筑工地的探照灯，必须合理控制其照射强度与持续时间，并且还需要适当调节其照射范围以及探照方向，以最大限度地将光线集中在施工区域，避免照进居民房屋。

4.4 固体垃圾处理

在道路桥梁施工过程中，往往会产出大量的固体垃圾，若不能适当地进行处置，就会对施工环境造成影响。因此，施工人员必须立即进行固体垃圾的处理，首先是进行固体垃圾的分类，并且尽快地回收那些能够再次利用的固体垃圾。其次，需要根据不同的类别来实施相应的处理措施。再次，需要立即处理施工现场的废弃物，通过设置围挡来防止废弃物散落。最后，需要对固体垃圾堆放区域进行硬化处理，避免雨水随着降雨向河流流入有害物质。同时，施工单位不能在施工现场堆积混凝土废料，而应将其运送至废料处理厂，并实施统一的处理。

4.5 水土污染控制技术

4.5.1 施工污水处理

在施工现场，污水的排放必须遵守国家的相关法规。对于混凝土施工过程中产生的污染，需要在污水出口设置沉淀池，然后将其排入污水管网。同时，施工人员还需要定期清理沉淀池，不能随意丢弃沉淀池中的沉淀物。如果废水和废液含有化学物质和油，就需要专门的污水收集设备，并定期交由专业机构进行统一处理[5]。

4.5.2 保护地下水

施工单位可以采用边坡支护技术，其核心功能是隔水作用。通过基坑的降雨能够帮助减少地下水的采集。若是基坑的挖掘抽水量较大，就必须采取地下水的再灌溉策略，防止地下水的污染和损害。

4.5.3 保护施工区域的土壤和植被

在道路桥梁施工中，地表环境的维护是必要的，以降低土壤污染和侵蚀。如果在建设过程中遇到土地裸露，应当用砂石进行覆盖，并种植一些花草。由于建设过程中可能会导致地表土壤流失，因此施工单位需要增设地表排水系统和边坡整治系统等。此外，还需要采用生物治理方法，施工单位可以与园林单位和环保部门等建立合作关系，在建设现场种植植物，以恢复当地的生态环境，避免水土流失等问题的出现。

5 结论

在当前阶段，我国道路桥梁建设项目占比逐步提升，对我国经济增长和人民生活质量的提升起到了不可替代的作用。同时，绿色施工技术的有效运用，能够在确保道路桥梁建设质量持续提升的同时，实现环境保护，这与我国现行的中国特色社会主义基本国策相符。因此，相关人员需要主动研究和创新绿色建筑技术的使用方法，持续提升绿色建筑技术的质量，全方位推动我国交通行业的健康发展，同时促进我国环境保护事业的发展。

[参考文献]

[1]吴凯.道路桥梁施工中绿色施工技术的应用[J].智能建筑与智慧城市,2023(7):99-101.
[2]段廷宏.道路桥梁施工中绿色施工技术的运用[J].散装水泥,2023(2):85-87.
[3]闫闪闪.绿色施工技术在道路桥梁施工中的运用探究[J].时代汽车,2023(5):193-195.
[4]姚辉国.绿色施工技术在道路与桥梁施工中的应用[J].运输经理世界,2022(20):86-88.
[5]林淦.绿色施工技术在道路桥梁施工中的应用探讨[J].居舍,2022(15):66-69.

作者简介：柴恒（1994.10—），男，毕业院校：新疆农业职业技术学院，专业：建筑工程技术，单位：新疆北新路桥集团股份有限公司，职务：施工员，职称：初级职称。

Copyright © 2023 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

公路路基施工技术与路基压实质量的控制措施分析

谷祎君
新疆生产建设兵团交通建设有限公司，新疆 石河子 832000

[摘要]建国以来，为了进一步发展经济，我国十分重视基础设施建设。其中，公路对于经济发展具有重要的促进作用，公路工程建设数量不断增加。近些年，随着经济发展水平及科学技术的提升，公路工程建设技术也得到了进一步提升。对于公路工程来说，路基是公路建设质量的基础，而路基施工技术和路基压实质量控制则是保证公路质量和交通安全的关键。因此，在公路施工过程中，应该严格把控路基施工技术，并做好路基压实质量控制工作，以进一步保障公路整体质量。文中主要探究分析公路路基施工技术及路基压实质量的控制措施，希望能够对提升公路工程路基质量提供一些帮助。

[关键词]公路路基；施工技术；路基压实；质量控制措施
DOI：10.33142/ec.v6i12.10383 中图分类号：U416.23 文献标识码：A

Analysis of Control Measures for Construction Technology and Compaction Quality of Highway Subgrades

GU Yijun
Xinjiang Production and Construction Corps Transportation Construction Co., Ltd., Shihezi, Xinjiang, 832000, China

Abstract: Since the founding of China, in order to further develop the economy, China has attached great importance to infrastructure construction. Among them, highways play an important role in promoting economic development, and the number of highway engineering construction continues to increase. In recent years, with the improvement of economic development level and science and technology, the construction technology of highway engineering has also been further improved. For highway engineering, roadbed is the foundation of highway construction quality, and roadbed construction technology and roadbed compaction quality control are the key to ensuring highway quality and traffic safety. Therefore, in the process of highway construction, it is necessary to strictly control the construction technology of the roadbed and do a good job in controlling the compaction quality of the roadbed to further ensure the overall quality of the highway. The article mainly explores and analyzes the construction technology of highway roadbed and the control measures of roadbed compaction quality, hoping to provide some help for improving the quality of highway engineering roadbed.

Keywords: highway subgrades; construction technology; roadbed compaction; quality control measures

引言

近些年，随着经济发展水平及科学技术的提升，公路工程建设技术也得到了进一步提升。路基施工技术就是一种常见的公路建设施工技术，其施工质量直接关系到道路的承载能力和稳定性。就当前的公路运行状况来看，许多公路出现问题都是由路基施工质量较差导致的。因此，在公路施工过程中，应该严格把控路基施工技术，并做好路基压实质量控制工作，保障路基施工质量，以进一步保障公路整体质量。因此，本文研究的公路路基施工技术及路基压实质量的控制措施，对于提升公路路基建设质量以及提升公路整体质量具有一定的现实意义。

1 公路路基的重要性

在公路工程中，公路路基是公路工程中的重要组成部分，是公路建设质量的基础。其具有能够承载交通荷载、保持公路平整度、排水排泥、为公路提供正确的纵横坡度、保持土壤的稳定性、保障公路的使用寿命等诸多作用。因此，在公路建设过程中，应该充分重视路基建设，严格把控路基施工技术，做好路基压实质量控制工作。以下是对公路路基重要性的具体阐述。

1.1 能够承载交通荷载

公路路基是承载车辆荷载的基础，能够分散和传递车辆的重量。路基的稳定性和承载能力直接影响着公路的安全性和可靠性。一个合理设计、良好施工的路基能够承受并分散车辆荷载，保证公路的正常通行。

1.2 能够保持公路平整度

公路路基是公路平整度的基础。路基的平整度对车辆行驶舒适度和安全性有着重要影响。良好的路基能够提供平稳的路面，减少车辆的颠簸和震动，提高行车的舒适性。

1.3 具有排水排泥功能

公路路基具有排水排泥功能，在对公路路基进行设计和施工时，要充分考虑到排水和排泥功能，确保路面和路基不积水，防止路基软塌。良好的排水功能还能够及时排除雨水，保持路面的干燥和抗滑能力，提高行车安全。

1.4 提供正确的纵横坡度比

公路路基的纵、横坡度是保证道路排水和行车安全的重要因素。正确的纵、横坡度能够保证雨水及时排除，防

Copyright © 2023 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

止积水，减少路面破损和车辆滑移的可能性。路基建设是为公路提供正确的纵横坡度比的重要举措。

1.5 提供基础土壤的稳定性

公路路基的土壤需要经过适当处理和加固，以提高土壤的稳定性。稳定的土壤能够抵抗外力的作用，降低路基的变形和沉降，保持公路的平稳和安全通行。

1.6 保障公路的使用寿命

公路路基是公路工程的基础，直接影响公路的使用寿命。一个良好设计和施工的路基能够提供稳定的基础，减少路基的损坏和变形，延长公路的使用寿命。

2 公路工程中主要的路基施工技术

在公路工程中，保证路基施工质量就是为公路整体质量打下坚实的基础。因此，在具体的施工过程中，往往需要严格把控施路基施工技术。在公路施工中，常见的路基施工技术包括土方开挖技术、灌注和压实技术、排水技术、加固技术等，以下是对公路工程中主要路基施工技术的具体阐述。

2.1 土方开挖技术

在进行土方开挖施工时，一般可以采用机械挖掘、人工挖掘或两者结合的方式进行。机械挖掘通常使用挖掘机、推土机、滚压机等设备进行，具有高效、快速的优势，适用于大型土方开挖。人工挖掘则一般用于对小面积、复杂地质条件或需要精细控制的土方开挖。土方开挖需要根据工程设计和现场实际情况制定施工序列，一般来说，是从高处向低处依次挖掘，以保证土方开挖的顺利进行。同时，在土方开挖时还需要合理考虑土方开挖时的周围环境，避免对邻近建筑物、水源或其他重要设施造成影响。另外，土方开挖时还需要控制挖掘坡度，以保证挖方土体的稳定。坡度的控制主要就是需要符合设计要求，并在实际的挖掘过程中，根据土壤的性质和稳定性加以调整。在挖掘过程中，还需要及时清理和支护坡脚，以防止土方滑坡和坡脚倒塌。土方开挖后，还需要对挖掘出的土方进行处理。一般情况下，可以根据需要进行分级分选、移栽、回填或其他利用措施，将土方处理为合适的状态。土方的处理需要充分考虑环境保护和经济效益，避免造成资源浪费和环境破坏。

2.2 灌注和压实技术

公路地基施工中的灌注和压实技术是一种能够提高地基的稳定性和承载能力的技术。在实际的操作过程中，首先应该根据地基的土壤条件和设计要求，选择合适的灌注材料，保证灌注材料具有良好的排水性、储水能力和耐久性，以确保地基在长期使用中不发生沉降和变形。常用的灌注材料包括砂石、碎石、碎石混凝土等。在进行灌注工作时，需要保证灌注材料的均匀性和一致性。灌注材料应按照设计要求均匀地被填充到地基内部，避免出现空洞或局部过于密实的情况。一般情况下，可以通过振捣、震动或喷洒水等方法来提高灌注材料的均匀性。另外，灌注材料与地基土壤的结合性能对地基的稳定性和承载能力影响很大。为了增强灌注材料和土壤的结合力，可以采取加浆、喷射混凝土或机械压实等措施，来确保灌注材料与土壤形成一体，提高地基的整体稳定性。灌注完成后，需要对灌注材料进行压实，压实的主要目的是提高灌注材料的密实度和稳定性，使其能够承受交通荷载和地基变形。压实工艺可以采用振动、滚压或碾压等方式，根据具体情况进行合理的施工，确保灌注材料达到设计要求的密实度。

2.3 排水技术

公路路基施工中的排水技术是为了保证路基及周围区域的排水畅通，避免水分对路基及其周边环境造成损害。常见的排水技术主要有：排水沟修筑、排水管道设置、排水井修建等。排水沟修筑就是在路基的边沟或路肩处设置排水沟，用于收集和导走路面和路基的雨水。在设计排水沟时，一般需要考虑沟宽、沟深、坡度、横截面形状等因素，以确保水流能够顺利流向排水设施。排水管道设置就是在需要跨越障碍物或地形起伏较大的地方，设置排水管道。排水管道可以是混凝土管、塑料管或金属管等，通过将排水管道埋设在地下，将路基和周边地区的积水引导到指定的排水出口。排水井修建就是通过修建排水井用于收集和集中排水，常见的排水井主要有检查井、沉淀井、泵站井等。排水井可以起到调节水位、集水蓄水和泵排水的作用，有效控制路基和周边区域的排水。在施工过程中，需要根据实际情况和设计要求，合理布置排水设施，确保路基及周围区域的排水系统完善。排水系统的布置要在充分考虑道路的纵向和横向坡度、地质条件、降雨量等因素之后，再进行合理的规划和设计。

2.4 加固技术

在公路路基施工中，使用加固技术主要是为了进一步提高路基的承载能力、抗沉降能力和稳定性，以保证公路整体质量。常见的路基加固技术主要有：增加路基的厚度、混凝土加固、土工合成材料加固、填土加固、支挡结构加固、土石方加固等。通过增加路基厚度，可以提高路基的承载能力和抗沉降能力。这种加固技术适用于路基处于较松软的土层或需要增加路基承载能力的情况。在路基表面铺设一层厚度适当的混凝土面层，可以提高路基的承载能力和稳定性。通过铺设和固定土工合成材料，可以增加土体的抗剪强度和抗冲刷能力，提高路基的稳定性。通过向路基中加入填土，可以提高路基的承载能力和稳定性。需要注意的是，填土加固一般要根据设计要求进行施工，对填土进行合理的压实和均匀分布。对于需要加固边坡或沟渠的路段，可以采用支挡结构进行加固，如挡墙、护坡、挡土墙等。这些支挡结构可以提供侧向支撑，防止边坡或沟渠发生滑坡或坍塌。对于较陡峭的路段，可以采用土石方加固技术。将坡面进行削坡，形成适宜的坡度，并利用

Copyright © 2023 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

挖掘出的土石方进行填筑和压实，增加坡体的稳定性。

3 公路路基施工中路基压实质量控制措施

路基压实工序是路基施工的关键工序，是提升路基承载力、稳固性的有效举措，通过对路基进行压实，可以使土壤颗粒间的接触更加紧密，提高土体的密实度和抗沉降能力，从而增强路基的承载能力，保证公路的稳定和安全性。通过压实工序，还可以有效减少土壤的孔隙度，降低路基对水分的吸收和渗透能力，提高路基的抗水侵蚀能力。因此，在进行公路路基施工时，应该充分做好路基压实质量控制工作，以进一步保证路基压实效果。笔者根据相关工作经验，通过查阅相关文献资料，主要总结出以下控制路基压实质量的措施。这些措施主要有：合理选择压实设备、合理使用压实方法、合理设置压实层数和次数、做好压实密实度检测等，以下是对路基压实质量控制措施的具体阐述。

3.1 合理选择压实设备

合理选择压实设备是控制路基压实质量的关键举措之一，在开展路基压实工作时，不同的土壤类型和路基厚度要求不同的压实设备。例如，对于粉土或砂土等较松散的土壤，通常使用振动碾压机或压路机进行压实；对于黏土或石质土壤，一般使用静压机或压路机进行压实。另外，压实设备的重量和施工能力是影响压实质量的一项重要因素。一般来说，压实设备的重量越大，施工能力越强，对土壤的压实效果也越好。在选择压实设备时，还应该考虑施工场地的承载能力和行驶条件，确保压实设备能够提供足够的压实能力。

3.2 合理使用压实方法

在路基压实施工工序中，通过合理选用压实方法，能够有效保证路基的压实质量。一般来说，静态轮压方法适用于路基较薄的情况，如填方路基。在使用静态轮压方法时，应合理安排轮胎的胎压和轮胎的排列方式，以均匀施加压力，避免局部过载和压实不均匀。同时，要注意轮胎与路基之间的接触面积，保证压力的传递和均匀分布。动态轮压方法则比较适用于路基较厚的情况，如挖方路基和基层填方路基。在使用动态轮压方法时，要合理控制压实设备的行驶速度和振动频率，以及轮胎的胎压。此外，要注意施工的连续性和一致性，避免产生不均匀压实或漏压现象。交叉轮压方法是指在进行压实时，通过交叉行走的方式，将压实设备的轮胎轨迹重叠，以达到更好的压实效果。在使用交叉轮压方法时，要合理安排设备的行走路径和交叉点，确保轮胎的重叠度和压实的均匀性。

3.3 合理设置压实层数和次数

当路基厚度较大时，虽然可以通过选用合适的压实设备来进一步保障压实质量，但是压实效果往往不够，还需要通过合理设置压实层数和次数，来达到控制压实质量的目的。不同类型的路基和土壤性质需要不同的压实层数。一般来说，对于填方路基，应按照逐层压实的原则进行施工，每层的厚度一般在 20～30 厘米之间。对于挖方路基，根据路基的实际情况和设计要求，确定适当的压实层数。压实次数的多少还取决于土壤的初始密实度和目标密实度。通常情况下，土壤初始密实度较低或目标密实度较高时，需要增加压实次数。可以通过密实度检测来判断和调整压实次数，确保达到预期的密实度和承载能力。

3.4 做好压实密实度检测

做好压实密实度检测是控制路基压实质量的重要举措。在开展路基压实工作时，如果压实密实度检测工作开展不够顺利，可能会存在压实质量不合格而完结压实工作的情况。做好压实密实度检测工作，首先需要根据具体要求和实际情况，选择合适的密实度检测方法。这样发给可以为压实工作提供准确的密实度数据，帮助评估压实质量。常用的方法包括密实度试验、动力板载试验和动力板载测试等。另外，还需要合理设置检测点和取样位置，检测和取样位置应覆盖整个路基的关键区域和特殊部位，如边坡、边缘、转弯部位等，这样可以更准确地评估压实质量和发现可能存在的问题。

4 结语

路基是公路建设质量的基础，而路基施工技术和路基压实质量控制则是保证公路质量和交通安全的关键。但是，就当前的公路运行状况来看，路基质量问题频发。这就需要相关建设人员在路基施工过程中，严格把控路基施工技术，并做好路基压实质量控制工作，以进一步提高公路路基质量。本文主要探究分析公路路基施工技术及路基压实质量的控制措施，希望能够对提升公路工程路基质量提供一些帮助。

[参考文献]

[1]周小兵,蒋严波,谢沛真.公路路基施工技术及路基压实质量的控制措施分析[J].中华建设,2020(3):11.
[2]王慧芬.分析公路路基施工技术及路基压实质量的控制措施[J].中文科技期刊数据库(引文版)工程技术,2021(7):2.
[3]方学华.公路路基施工技术及路基压实质量控制措施分析[J].技术与市场,2014,21(7):2.
[4]曾海星,于承前.公路路基施工技术及路基压实质量的控制措施探析[J].中文科技期刊数据库(全文版)工程技术,2021(5):2.
[5]腾骁.公路工程路基压实施工质量控制措施[J].交通世界,2020(20):2.

作者简介：谷祎君（1987.8—），毕业院校：河南城建学院，所学专业：无机非金属材料工程，当前就职单位：新疆生产建设兵团交通建设有限公司，职务：试验站综合管理室主任，职称级别：工程师。

Copyright © 2023 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

房建土建工程中高支模施工技术运用研究

赵 荣
南京宏亚建设集团有限公司，江苏 南京 210000

[摘要]随着现代建筑技术的迅速发展，高支模施工技术逐渐成为房建土建工程中的重要组成部分，为提高施工效率和质量提供了有效工具。本研究围绕高支模施工技术在房建土建工程中的应用展开，探讨了其工艺特点、应用优势及存在的主要问题。通过分析，我们发现高支模技术能有效提高工程的施工进度，减少劳动强度，同时确保了工程质量和安全。但在实际应用中，也存在如结构稳定性、材料质量、操作复杂性等一系列挑战。为此，本研究提出了一套针对性的优化策略和建议。最后，我们认为，随着技术的不断进步和实践的积累，高支模施工技术将在房建土建工程领域中发挥更为广泛和深入的作用。

[关键词]房建土建；土建工程；高支模施工；施工技术
DOI：10.33142/ec.v6i12.10337 中图分类号：TU7 文献标识码：A

Research on the Application of High Support Formwork Construction Technology in Building Civil Engineering

ZHAO Rong
Nanjing Hongya Construction Group Co., Ltd., Nanjing, Jiangsu, 210000, China

Abstract: With the rapid development of modern building technology, high formwork construction technology has gradually become an important component of civil engineering in housing construction, providing effective tools for improving construction efficiency and quality. This study focuses on the application of high formwork construction technology in civil engineering projects, exploring its process characteristics, application advantages, and main problems. Through analysis, we found that high formwork technology can effectively improve the construction progress of the project, reduce labor intensity, and ensure project quality and safety. However, in practical applications, there are also a series of challenges such as structural stability, material quality, and operational complexity. Therefore, this study proposes a set of targeted optimization strategies and suggestions. Finally, we believe that with the continuous progress of technology and the accumulation of practice, high formwork construction technology will play a more extensive and in-depth role in the field of civil engineering in housing construction.

Keywords: building construction and civil engineering; civil engineering; high formwork construction; construction technology

引言

房建土建工程作为建筑行业的重要组成部分，长期以来一直面临着如何提高施工效率、保证工程质量和安全的挑战。随着科技的不断进步，高支模施工技术逐渐崭露头角，成为当代土建工程中不可或缺的一种先进施工方法。相较于传统的施工方法，高支模技术既能够大大提高施工速度，又能确保施工的准确性和安全性。然而，尽管高支模技术带来了许多明显的优势，其在实际应用中也伴随着各种技术和管理的挑战。如何正确、高效地利用高支模技术，确保其在房建土建工程中得到最佳的应用，是行业内许多工程师、研究者和项目经理关心的问题。为此，本研究旨在探讨高支模施工技术在房建土建工程中的应用，系统分析其优势与挑战，并为实际工程提供一些有针对性的建议和解决方案。

1 房建土建工程中高支模施工技术的特点

在房建土建工程领域中，高支模施工技术由于其独特的设计和应用方式，已逐渐成为现代建筑工程中的优选技术。首先，高支模技术具有高度的灵活性，可以适应各种复杂的地形和结构形状，为工程师提供了广阔的设计空间。其次，这种技术显著提高了施工效率，其模板可以重复使用，大大减少了模具的制作和更换时间，从而缩短了施工周期。此外，高支模技术还具有出色的稳定性和安全性，特别是在高层或超高层建筑施工中，其结构设计能够确保施工人员的安全，并有效防止施工过程中的意外。再者，由于高支模技术可以减少大量的材料和人工，它在经济上也更为划算，有助于降低整体工程成本。最后，采用高支模技术的工程往往具有更好的外观质量和精确度，因为它可以确保混凝土浇筑的平整和规整，从而提高了建筑的整体质量和耐久性。

2 高支模施工技术的作用

在建筑土建工程中，高支模施工技术扮演着至关重要的角色。它为新建或正在进行的结构部分提供了临时但稳固的支撑，确保施工过程中的安全性和工程的质量稳定性。由于土建工程涉及到复杂的地质结构和各种建筑元素，高支模技术通过其专门设计的支撑系统，可以针对各种不同的工程需求进行快速搭建和调整，为施工团队提供了灵活、

Copyright © 2023 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

高效的施工环境。此外，随着建筑行业对环境保护和资源利用的越来越多的关注，高支模技术的可重复使用性显著降低了资源浪费和环境污染，被视为一种绿色、经济且高效的施工方法[1]。不仅如此，这种技术大大缩短了施工周期，从而为项目方节省了大量的时间和资金。

3 房建土建工程中高支模施工技术的问题

3.1 结构稳定性问题

在房建土建工程领域中，随着高支模施工技术的广泛应用，结构稳定性问题逐渐成为了施工安全和工程质量的核心关切。结构稳定性是指高支模系统在各种工况下，如施工荷载、环境变化及其他外部因素影响下，仍能保持其整体稳定，不发生明显变形或失效的能力。不足的结构稳定性可能导致支模系统的部分或全部失效，进而影响到上部构造的安全。这其中的原因多种多样，可能是由于高支模的设计不足、施工中的误操作、材料的劣化或地基条件的变化等。例如，由于设计不当可能导致支模对于施工荷载的承载力不足；而地基不均匀沉降可能会导致整体结构的变形，使得某些部位承受超出设计的荷载。

3.2 材料质量问题

在土木工程领域，材料质量始终是决定项目成功的关键因素之一。当涉及到复杂的施工技术，如高支模技术，材料的质量和其性能表现就更为关键。不良或次标准的材料可能会引发一系列的问题，从结构安全性降低、工程寿命缩短，到维护成本增加，甚至可能导致严重的结构事故。考虑到现代建筑的复杂性和对持久性的需求，使用低质量的材料可能会导致在整个建筑生命周期中不断出现问题。这不仅会增加整体项目的成本，还可能对公众安全产生威胁。

3.3 操作复杂

在现代的房建土建工程中，随着技术的不断进步和对更为复杂、高效建筑结构的追求，施工过程中的操作也逐渐变得繁琐和复杂。尤其在采用高支模技术时，每一个步骤都需要精确的计算、精细的操作和严格的监控。操作的复杂性不仅要求施工人员拥有高水平的专业技能和丰富的实践经验，还需要他们能够适应和应对各种突发情况，确保施工的顺利进行。而这种操作的复杂性也容易导致错误和遗漏，从而影响到整体工程的质量和安全性。例如，高支模的搭建和调整可能需要对各个部位进行精确的测量和定位，而一旦发生误差，可能会导致结构的不稳定甚至崩塌。此外，由于操作流程的繁琐，施工周期可能会相应延长，增加了项目的成本。

3.4 经济效益问题

在房建土建工程中，经济效益问题经常成为项目成功与否的关键因素。尤其在竞争激烈的建筑市场中，如何在保证工程质量和安全的基础上，实现经济效益的最大化，已经成为许多建筑企业和项目经理的首要任务。经济效益不仅关乎项目的直接投资回报，还涉及到工程的长期运营、维护和后续使用成本。高初始投资、施工过程中的资源浪费、未能及时完成的工程，以及不合理的材料采购都可能导致经济效益的下降。而这些问题往往源于项目管理的不足、技术选型的失误或供应链的低效率。

3.5 维护和管理问题

在房建土建工程的领域中，随着工程规模的扩大和技术复杂性的增加，维护和管理问题日益受到行业内外的广泛关注。一个成功的建筑项目不仅仅是完成施工，更重要的是它的长期性能和持续稳定运行。维护和管理问题直接影响到建筑的使用寿命、功能性和整体投资回报。例如，由于不当的管理或疏于维护，可能会导致建筑的各个系统，如结构、机电和给排水，出现过早的损坏或故障，从而增加维修成本，降低使用者的满意度，甚至影响到建筑的整体安全[2]。此外，随着建筑技术和设备的更新，如何确保管理团队能够及时掌握最新的技术和管理方法，以适应变化的运营需求，也是一个巨大的挑战。

4 房屋土建工程中高支模施工技术的优化策略

4.1 应对结构稳定性问题的多元化策略

在房屋土建工程中，高支模施工技术作为现代化建筑工艺的重要组成部分，其稳定性与可靠性对整个建筑项目的成功至关重要。然而，结构稳定性问题是在采用高支模技术过程中经常遇到的一个挑战。为了有效地应对这一问题，采纳多元化的策略是至关重要的。首先，深入的前期地质勘查和地基测试能确保高支模的基础稳固，从而大大减少因地基不稳导致的结构问题。其次，利用计算机辅助设计和仿真技术，可以在施工前对结构进行模拟，预测并解决可能出现的稳定性问题。再者，选择高质量、符合工程要求的材料，能够确保支模在各种工况下都具有良好的稳定性。此外，培训施工人员，确保他们掌握正确的施工方法和技巧，也是保证结构稳定性的关键措施。为了进一步提高稳定性，还可以采用传感器和物联网技术，实时监测高支模的状态，及时发现并解决问题[3]。总之，应对高支模结构稳定性问题需要采取综合、多元化的策略，通过前期的准备、技术创新和现场管理的严格控制，确保每一个房屋土建工程都能够安全、高效地完成。

4.2 优化材料供应链

在房屋土建工程中，高支模施工技术已被广泛认为是提高施工效率和确保项目安全性的重要手段。为了确保高支模的质量和性能，材料供应链的优化成为了一项核心任务。首先，优化材料供应链意味着从源头确保材料的质量。与经验丰富且信誉良好的供应商建立稳固的合作关系，可以确保所采购的材料始终满足项目的技术和质量要求。此外，通过数字化和自动化的材料管理系统，可以实时跟踪材料的库存和流动，确保及时供应，避免因缺料导致的施工延误。再者，采用先进的预测技术和算法，可以准确预测材料需求，从而降低库存成本，同时确保材料的持续供

Copyright © 2023 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

应。优化后的供应链还可以提高材料的利用率，减少浪费，进一步降低工程成本。最后，强化供应链中的质量控制环节，例如定期进行供应商评估、加强入场材料的检验和测试，都是确保材料质量的关键步骤。

4.3 操作流程优化

在房屋土建工程的实施过程中，高支模施工技术在加速施工进度、提高结构安全性和质量中扮演了至关重要的角色。然而，由于工程的复杂性和多变性，高支模施工经常涉及繁琐的操作流程。为了提高施工效率和保证质量，对这些操作流程进行优化成为了当务之急。操作流程优化首先要求我们对整个施工过程进行深入的了解和分析，明确每个环节的关键控制点和潜在风险。通过引入现代管理理念和工具，如精益施工、BIM 技术等，我们可以有效地简化流程，减少不必要的步骤和重复劳动。此外，进行跨部门、跨团队的协同合作，确保信息的及时共享和传递，也是流程优化中的关键环节。在技术层面，培训施工人员，使他们掌握最新的施工方法和工具，不仅可以提高工作效率，还可以确保施工的质量和安全性。同时，采用自动化和智能化的施工设备，如无人机、机器人等，也可以大大简化操作流程，提高施工精度。

4.4 提高投资回报

在任何投资活动中，投资回报率始终是评估成功与否的重要指标。提高投资回报不仅意味着对资本的最大化利用，还反映了投资决策的明智性和企业运营的效率。为了实现投资回报的增长，首先需要深入分析市场和行业趋势，确保投资决策与宏观经济环境和潜在市场机会保持一致。其次，强化项目管理和财务管理，确保资金得到高效运用并减少不必要的开支。有效的风险管理策略也至关重要，它可以帮助投资者识别、评估和应对各种潜在风险，从而避免重大损失[4]。此外，持续的技术创新和研发也可以为提高投资回报提供强大支持，因为它可以带来产品或服务的差异化优势，增强市场竞争力。最后，建立强有力的客户关系和优化市场策略也是确保长期、稳定的收入来源，从而提高投资回报的关键措施。总的来说，提高投资回报是一个涉及多方面策略和方法的复杂过程，需要投资者具备前瞻性的视角、精细的管理和不懈的努力，以确保每一分投入都能带来最大的经济价值。

4.5 构建高效管理体系

在当今日益竞争激烈的商业环境中，构建一个高效的管理体系已成为组织稳健发展的关键要素。高效的管理体系意味着组织能够在最小的资源消耗下实现最大的业务价值，从而确保长期的可持续性和竞争力。要构建这样的体系，首先需要明确组织的目标和战略方向，确保所有的管理活动和决策都与这些目标和方向紧密相符。其次，建立一套科学的、标准化的操作流程和规范，可以确保组织日常运作的高效性和一致性。同时，强化人力资源管理，通过培训和激励措施确保员工的高度参与和积极性，是提升管理效率的另一个重要环节。此外，采用先进的信息技术和系统，如 ERP、CRM 和 BI 等，可以进一步提高信息流动的速度和准确性，帮助决策者快速、科学地做出决策。在此基础上，建立一套有效的监控和评估机制，定期检查管理体系的运作情况，发现潜在的问题并及时采取措施进行优化。最后，强化组织文化的建设，确保员工与组织的价值观和目标保持一致，也是构建高效管理体系的关键环节。总之，一个高效的管理体系不仅可以提高组织的业务绩效，还可以帮助组织应对不断变化的外部环境，确保在竞争中始终保持领先地位。

5 结束语

随着建筑技术的飞速发展，高支模施工技术在房建土建工程中的应用日益突显其关键作用。经过深入研究，我们认识到这一技术不仅能够显著提高施工效率，还能够确保建筑结构的安全与稳固。然而，这也伴随着诸如结构稳定性、材料质量和操作复杂性等一系列的挑战。针对这些问题，本研究提出了一系列的优化策略和建议，旨在助力工程从业者更好地应用高支模技术，实现施工的高效与安全。未来，随着技术进一步的创新与发展，高支模施工技术必将为房建土建工程带来更为广阔的应用前景和价值。此研究仅为冰山一角，但我们希望能为相关领域的研究与实践提供一些启示与借鉴。

[参考文献]

[1]曹正华.房建土建工程中的高支模施工技术分析[J].建材与装饰,2020(18):19-21.
[2]蒋玲锋.房建土建工程中高支模施工技术的应用[J].建筑技术开发,2022,49(22):71-73.

作者简介：赵荣（1988.1—），男，毕业院校：南京工业大学，学历：大学本科，所学专业：工程管理，当前就职单位：南京宏亚建设集团有限公司，职务：项目经理，职称级别：初级。

Copyright © 2023 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

浅谈水库安全防汛抢险水平措施技术

耿嘉遥[1] 卓 寒[1] 张咪咪[2]
1 徐州市水利工程运行管理中心，江苏 徐州 221018
2 徐州市供排水管理中心，江苏 徐州 221000

[摘要]水库安全防汛抢险技术是确保水库稳定运行和保护下游地区安全的关键手段。这一技术主要涵盖水库结构与功能、防汛预警、工程措施、抢险操作等多个方面。首先，对水库的结构进行定期检查与维护，确保其稳定性。防汛预警则依赖于气象预报、水位监测等技术手段，实时监测并预测可能的洪水情况。工程措施，如加固大坝、建设溢洪道等，旨在强化水库的物理结构，增加其对洪水的调节能力。而在洪水发生时，抢险操作如紧急排放和水位降低操作成为必要的应对手段。此外，应急预案、抢险队伍的培训与模拟演练以及及时的物资准备都是确保有效应对洪水的重要环节。

[关键词]水库防汛；水库抢险；水库安全；安全措施
DOI：10.33142/ec.v6i12.10338 中图分类号：TV697.1 文献标识码：A

Discussion on Measures and Technology for Flood Control and Emergency Response of Reservoirs

GENG Jiayao[1], ZHUO Han [1], ZHANG Mimi [2]
1 Xuzhou Water Conservancy Engineering Operation Management Center, Xuzhou, Jiangsu, 221018, China
2 Xuzhou Water Supply and Drainage Management Center, Xuzhou, Jiangsu, 221000, China

Abstract: The flood prevention and rescue technology for reservoir safety is a key means to ensure the stable operation of the reservoir and protect the safety of downstream areas. This technology mainly covers multiple aspects such as reservoir structure and function, flood prevention and warning, engineering measures, and emergency operations. Firstly, regularly inspect and maintain the structure of the reservoir to ensure its stability. Flood prevention and early warning rely on technical means such as meteorological forecasting and water level monitoring to monitor and predict possible flood situations in real time. Engineering measures, such as strengthening dams and constructing spillway, aim to strengthen the physical structure of the reservoir and increase its ability to regulate floods. When floods occur, emergency operations such as emergency drainage and water level lowering become necessary response measures. In addition, emergency plans, training and simulation exercises for rescue teams, and timely material preparation are all important links to ensure effective response to floods.

Keywords: reservoir flood control; reservoir rescue; reservoir safety; safety measures

引言

随着全球气候变化的影响日益明显，极端气象事件频发，给众多地区的水库带来了前所未有的挑战。水库，作为一个重要的水资源管理和利用设施，在洪水调节、供水、发电等方面都有其不可替代的作用。但与此同时，如果水库管理不善，其所带来的潜在风险也不容忽视。因此，如何确保水库在复杂气候条件下的安全运行，如何有效应对可能的洪水威胁，已成为当下水利工程和管理领域亟待解决的问题。浅谈水库安全防汛抢险水平措施技术，意在探讨和梳理当前应对洪涝灾害的最佳实践和技术策略，旨在为相关部门提供有力的技术支撑，确保水库的稳定、安全运行，同时保障下游居民的生命财产安全。

1 水库的结构与功能

水库是一种人工建造的大型水体储存设施，通常由大坝、溢洪道、取水口、泄水隧道和其他附属建筑物组成。其主要结构，即大坝，旨在截断河流，储存并调节水流，从而形成一个人工湖泊或蓄水池。大坝本身可能是混凝土、土质、石块或其他材料的结构，选择的材料和设计都是为了确保其稳定性和安全性。溢洪道是为了在雨季或大水期时，当水位超过安全限制时，可以有序地泄放过量的水，以保护大坝结构和下游地区。取水口则用于从水库中提取水，供给农田灌溉、生活用水、工业用水等。泄水隧道则在特定情况下，如紧急降低水位或进行维修时，排放大量水。水库的功能不仅仅是储水。它还在电力生产（水电站）、洪水控制、灌溉、供水、航运、生态保护以及休闲和旅游等多个领域中发挥着关键作用。

2 防汛抢险的必要性

防汛抢险工作对于确保人们的生命财产安全和社会稳定具有至关重要的意义。每年，由于气候变化、地理环境和其他自然因素，各地都可能遭受到不同程度的洪涝灾害，给人们的生活带来巨大的威胁。如果没有充分的防汛措施，洪水可能会淹没农田，破坏房屋，造成交通中断，甚至导致人员伤亡。此外，洪水还可能导致山体滑坡、地面塌陷等次生灾害，进一步加大灾害损失。因此，及时、准确地预测洪水、

Copyright © 2023 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

采取有效的预防措施、建立完善的应急响应机制，不仅可以减少灾害损失，更可以挽救无数的生命。而在洪灾发生时，抢险工作的及时性和有效性直接关系到抵御灾害的成功与否。

3 防汛措施

3.1 预测与预警

3.1.1 气象预报

防汛措施中的预测与预警是灾害管理中最为关键的环节，而气象预报则为这一流程提供了科学基础和前瞻性信息。随着科技的发展，气象预报的准确性已经大大提高，能够提前预警可能出现的降雨量、风速、风向、气压变化等关键气象因素。这些预报数据不仅有助于预测河流、湖泊和水库的水位变化，还可以估算可能的洪水流量和淹没范围。当气象部门预测到某一地区有可能出现暴雨或者持续大雨时，相关的防汛部门可以提前调整水库的蓄放水策略、加固河堤、准备抢险物资等[1]。同时，通过及时的预警信息发布，可以提醒居住在易受影响地区的民众做好准备或提前撤离，从而避免不必要的伤亡和财产损失。

3.1.2 水位监测

在防汛措施的众多环节中，预测与预警的水位监测起到了至关重要的作用。水位监测是通过一系列高精度的仪器和设备，对河流、水库、湖泊等水体的水位进行实时或定期检测的过程。这种监测可以为决策者提供实时的水情信息，使他们能够及时了解水流的变化趋势。当水位接近或超过安全阈值时，可以迅速启动预警系统，及时通知相关部门和公众做好应对措施。随着技术的进步，许多水位监测设备都已经实现了远程传输和自动化功能，可以实时地将数据传输到中央控制室或应急指挥中心，大大提高了响应速度。此外，通过对历史水位数据的分析，结合气象预报和地理信息系统，可以生成洪水预测模型，进一步预测洪水可能的演变过程和受影响区域。

3.2 库区管理

3.2.1 水位调控

防汛措施中的库区管理是确保水库安全运行和减轻下游洪害的关键环节，其中，水位调控更是其核心内容。水位调控是指根据实际水文气象条件，科学地调整水库的蓄放水策略，确保水库在大雨或洪水期间有足够的空间来储存增加的流量，从而避免水位过高引发的溢坝风险。同时，通过合理的放水策略，可以确保下游河段在洪水期间的流量不超过其承载能力，避免或减轻洪水对下游地区的影响。水位调控需要综合考虑气象预报、上游来水情况、水库当前的水位、下游河道情况以及其他相关因素。随着现代技术的发展，许多水库已经引入了智能化调控系统，这些系统可以实时地收集各种数据，通过模型预测水库和下游河道的未来水情，从而为决策者提供科学的决策依据。

3.2.2 降雨与径流管理

防汛措施中，库区管理的另一重要环节是降雨与径流管理。降雨与径流管理主要关注水库上游流域的降雨量以及这些降雨形成的地表径流和地下径流，这些都直接影响水库的入库流量。通过对上游流域的降雨与径流进行实时监测和预测，管理者可以提前了解并预测到库区可能出现的洪水流量和时间，从而制定相应的水位调控策略。此外，合理的流域管理还可以减缓洪水的生成和集中，例如：建设小型蓄水设施、提高土地覆盖、植被恢复和地形调整等措施，都可以有效地减缓径流速度，减少洪水高峰流量。结合现代技术，例如遥感、GIS 和实时监测网络，可以对整个流域的降雨与径流情况进行实时跟踪和预测。

3.3 工程措施

3.3.1 加固水库大坝

防汛措施中，工程措施扮演着至关重要的角色，而其中，加固水库大坝更是对于确保水库安全和防止洪涝灾害的关键手段。随着时间的推移，由于自然因素如地质变动、长时间的水流冲刷以及人为因素如初期设计和建设中可能存在的缺陷，大坝可能出现裂缝、渗透、变形等问题。加固水库大坝的工作主要是针对这些问题进行修复和强化，确保大坝的稳定性和安全性。这可能涉及到大坝表面的修复、渗透路径的封堵、增加坝体的重量或使用锚固技术来提高大坝的稳定性。现代技术，如无人机侦查、深度传感器以及其他高级监测工具，使得对大坝的定期检查和评估变得更为精确和便捷，从而能够及时发现并处理潜在的风险点。

3.3.2 建设溢洪道

防汛措施中的工程措施在确保水库和河流安全运行中起到了核心作用，而建设溢洪道是其中的关键措施之一。溢洪道是专为防止水库因超过其设计容量而导致的溢流而设计的工程结构，它能确保在极端天气条件下，当水库水位升高超过安全界限时，过量的水能够有序、安全地经过溢洪道绕过大坝，从而保护主坝结构不受破坏。有效的溢洪道不仅可以防止大坝受到破坏，还可以减少下游地区由于急剧放水导致的洪水威胁[2]。在设计溢洪道时，必须充分考虑到其容量、形状、坡度和出口位置，确保在极端气候事件中，它能够承受巨大的洪水冲击，并将水流安全地导入预定的河流或其他水体。

4 抢险措施

4.1 应急预案

4.1.1 设定紧急响应流程

在面对突发性的洪水灾害时，抢险措施起到了至关重要的作用，而其中，应急预案是确保快速、高效响应的基石。设定紧急响应流程是应急预案中的关键组成部分，它明确规定了在不同洪水等级和情况下，相关部门和人员应该采取的具体行动和决策。这一流程旨在最大程度上减少人员伤亡和财产损失，确保资源能够迅速、准确地部署到最需要的地方。流程中可能包括如何及时获取并传递信息、如何动员和部署救援队伍、如何确保关键基础设施的安全、如何进行紧急撤离和救助等关键环节。在紧急响应流程中，明确的通讯链和决策权是非常关键的，它确保了在危机中，所有人员都知道自己的责任和角色，不会出现混乱和效率低下的情况。

Copyright © 2023 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

4.1.2 培训与模拟演练

在抢险措施中，应急预案的制定确实至关重要，但为了确保预案在实际危机中得到有效执行，培训与模拟演练的角色不容忽视。培训与模拟演练旨在模拟真实的洪水或其他紧急情况，从而使所有相关人员熟悉应急流程，掌握关键技能，并在模拟的危机环境中进行实践。这种活动不仅帮助揭示应急预案中可能存在的缺陷和不足，还可以增强人员之间的协作与沟通，培养他们在紧急情况下迅速、冷静、有序地采取行动的能力[3]。定期进行的培训确保新员工和老员工都了解并掌握最新的抢险技术和方法，而模拟演练则为他们提供了一个真实且无风险的环境，以测试和提炼他们在实际灾害中的反应和决策。

4.2 抢险物资准备

4.2.1 抢险工具与材料

在抢险措施的多个环节中，抢险物资的准备是为了确保在紧急情况下能够迅速而有效地进行应对。其中，抢险工具与材料的储备与管理显得尤为关键。抢险工具与材料包括但不限于砂袋、防水布料、橡皮艇、水泵、移动发电机、生命探测仪器、急救包和其他紧急建筑和维修工具。这些工具和材料的存在，旨在迅速封堵渗漏点、修复受损设施、救援被困人员、维持基础设施运行以及对灾民提供及时的医疗援助。为了确保这些抢险物资能在危机时刻得到迅速而有效的部署，它们需要经常进行检查、维护和更新，以确保它们处于良好的工作状态。此外，针对特定地区和可能的灾害情况，物资的选择和数量也需要进行定期评估和调整。抢险工具与材料的准备和管理不仅反映了一个地区对灾害应对的重视程度，更体现了其对居民生命安全和社区稳定的责任和承诺。通过确保这些物资的有效性和可用性，我们可以大大提高应对突发事件的速度和效果，最大程度地减少灾害带来的损失。

4.2.2 抢险队伍的装备与培训

在面对突发的洪涝灾害时，除了物资的准备，抢险队伍本身的装备与培训同样是成功抢险与否的关键因素。抢险队伍是第一线的救援力量，他们所配备的装备直接关系到救援效率和自身安全。这些装备可能包括专业的防护服、安全帽、通讯设备、夜视设备、生命探测器、救生设备、快速移动工具等。这些装备的设计与选型都是为了确保抢险队伍能够在恶劣环境中高效、安全地完成任务。然而，单靠先进的装备并不足以应对复杂的灾害现场，因此，抢险队伍的专业培训显得尤为重要。培训内容涵盖灾害应对策略、救援技能、团队协作、应急医疗知识和心理应对等。

4.3 抢险操作

4.3.1 水位降低操作

抢险措施中的操作环节对于确保洪水期间的安全至关重要，特别是当水库或河流水位急剧上升时，水位降低操作成为紧急任务的首要之务。水位降低操作涉及根据当前的水文情况、气象预测以及水库的结构和功能特性，制定和实施有序、科学的放水策略，以确保水位能在短时间内降到安全范围。这种操作要考虑的不仅是当前的水库水位，还需要预测未来可能的入库流量，并兼顾下游地区的安全。过快的放水可能会导致下游河道洪峰过高，对下游地区造成更大的威胁；而过慢的放水则可能使水库水位无法及时降低，增加坝体受损的风险。因此，水位降低操作需要综合考虑多种因素，制定合理的放水计划，并在执行过程中实时调整，确保水位在安全、控制的范围内。

4.3.2 紧急排放

在抢险措施中，当面临水库水位急速上升到达临界点或其他突发因素导致水库安全受到威胁时，紧急排放成为刻不容缓的必要操作。紧急排放是指在短时间内通过水库的泄洪设施，如溢洪道或泄洪隧道，迅速释放大量水，从而迅速降低水库水位以确保大坝安全。这一操作需要高度的专业性与决断力，因为它不仅涉及到水库本身的安全，还直接关系到下游地区的洪水风险。过快或超量的放水可能导致下游河道突然增大的流量，进而形成洪峰，给下游居民和财产带来更大的风险[4]。因此，紧急排放要与实时的水文、气象数据和下游地形地貌相结合，精准控制放水量和速度。同时，与此操作同步，需要及时向下游地区发出洪水预警，让当地居民做好预防措施或进行撤离。

5 结束语

水库作为人类为调节水资源而建造的重要工程，其稳定性与安全直接关系到数百万人的生活与财产安全。面对不断变化的气候条件与可能出现的极端气象事件，加强对水库的管理和防汛抢险技术的研究显得尤为重要。本文从水库的结构、预警系统、工程措施以及抢险操作等方面，进行了浅层次的探讨与分析。希望通过这些探索，能为水库管理部门提供一些有益的参考，帮助他们更好地应对可能的洪涝灾害。但值得注意的是，随着技术的不断进步与环境的变化，防汛抢险策略和措施也需要持续更新与完善。我们必须保持警惕，不断学习，确保每一个水库都能安全、稳定地服务于人们，守护我们宝贵的水资源与家园。

[参考文献]

[1]徐海春.小型水库安全防汛工作存在问题及建议[J].中国新技术新产品,2019(10):141-142.

[2]石英杰,任葵.做好水库汛前准备 确保水库安全度汛[J].治淮,2007(7):13-14.

[3]李文山.关于认真做好水库安全防汛工作的思考[J].中小企业管理与科技(上旬刊),2010(9):159-160.

作者简介：耿嘉瑶（1981.7—），毕业院校：天津大学，所学专业：工程造价，当前就职单位：徐州市水利工程运行管理中心，职务，安全科科长，职称级别：中级；卓寒（1990.1—），毕业院校：安徽工业大学，所学专业：电气工程，当前就职单位：徐州市水利工程运行管理中心，职务:工程师，职称级别：专技 10 级；张咪咪（1992.1—），毕业院校：南京信息工程大学，所学专业：电气工程与自动化，当前就职单位：徐州市供排水管理中心，职务：无，职称级别：工程师。

Copyright © 2023 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

复杂环境下特大断面既有隧道原位拆除扩挖施工技术研究

张 林
中国水利水电第十一工程局有限公司，河南 郑州 450001

[摘要]与我国经济发展同步迅速增长的交通隧道交通容量要求也越来越高，与此同时也对隧道改建扩建技术有了更高的要求。双向四车道乃至双向六车道公路隧道已经不能满足在经济发展较好的地区较大的交通量需求，因此急需将公路隧道建设成双向八车道以适应发展需求。隧道的扩建主要有两种形式：新增小间距隧道和原位扩挖，新增小间距隧道是在原有隧道附近进行施工，原位扩挖是在原有隧道的基础上进行扩建，通过扩挖或改建现有隧道空间来实现扩建，因此它改变了原来隧道的结构。文中结合中开高速公路项目在粤港澳大湾区的重要地位，结合区域发展、节约土地和近远期交通组织管理需求，对在建双线六车道隧道进行改扩建施工，通过综合分析采取原位单侧扩挖法施工，本项目地质条件复杂、技术难度大、施工风险高，且目前国内尚无类似大断面隧道拆扩案例经验，故通过实施总结了在既有隧道原位扩挖施工主要技术方法，为以后类似工程施工提供参考。

[关键词]特大断面；既有隧道；原位扩挖；技术
DOI：10.33142/ec.v6i12.10334 中图分类号：U455.411 文献标识码：A

Research on In-situ Demolition and Expansion Construction Technology for Existing Tunnels with Large Cross Sections in Complex Environments

ZHANG Lin
Sinohydro Bureau 11 Co., Ltd., Zhengzhou, He'nan, 450001, China

Abstract: With the rapid growth of Chinese economic development, the traffic capacity requirements for traffic tunnels are also increasing, and at the same time, there are higher requirements for tunnel reconstruction and expansion technology. Bidirectional four lane or even bidirectional six lane highway tunnels can no longer meet the large traffic demand in economically developed areas, so it is urgent to build highway tunnels into bidirectional eight lane tunnels to meet development needs. There are two main forms of tunnel expansion: the addition of small spacing tunnels and in-situ expansion. The addition of small spacing tunnels is carried out near the original tunnel, and in-situ expansion is carried out on the basis of the original tunnel. Expansion is achieved by expanding or renovating the existing tunnel space, which changes the structure of the original tunnel. Based on the important position of the Zhongkai Expressway project in the Guangdong Hong Kong Macao Greater Bay Area, combined with regional development, land conservation, and short-term and long-term traffic organization management needs, the reconstruction and expansion construction of the double track six lane tunnel under construction is carried out. Through comprehensive analysis, the in-situ single side excavation method is adopted for construction. The geological conditions of this project are complex, the technical difficulty is high, and the construction risk is high. Moreover, there is currently no experience in dismantling and expanding similar large cross-section tunnels in China. Therefore, the main technical methods for in-situ excavation construction in existing tunnels have been summarized through implementation, providing reference for similar engineering construction in the future.

Keywords: extra large cross-section; existing tunnels; in-situ expansion excavation; technology

1 工程背景

中山至开平高速公路东接深中通道，深中通道、开平至阳春高速公路、深圳机场至荷坳高速公路等项目共同构筑了粤港澳大湾区核心区最重要的东西向高速公路通道，在粤港澳大湾区综合运输体系中具有重要战略地位。

其中，中山段位于中山城区，区间转换交通量大，走廊带资源稀缺，基本不具备将来改扩建的可能性。综合考虑项目服务粤港澳大湾区发展及集约节约利用土地需要、近远期的交通组织管理需求，进一步提高六车道高速公路的服务水平，中山至开平高速公路中山段（马鞍岛至终点横栏段）的桥梁宽度按不少于 35.0m 设计；同时考虑远期交通量增长、安全运营需要，隧道段需要增设硬路肩（其有效净宽度确定原则与桥梁段总体一致），以提高其通行能力、服务水平和行车安全性。

大常山左线隧道桩号 LK9+933 到 LK10+595，总长 662 米；右线桩号从 RK9+925 到 RK10+549，总长 624m。隧道双洞单向分离设计，原设计为双向六车道，隧道间距在 21～27m 之间。进出口洞门采用端墙式设计，穿越整个山体，隧道路线的纵坡为 2.6%，最大埋深达 140m，地形坡度在 20～35° 之间。隧道建筑限界宽度为 14.75m，右侧侧向宽度为 1m，隧道开挖断面面积在 131.5～170.8m^{2}之间，现场已施工部分主体工程。现变更为隧道右侧侧向宽

Copyright © 2023 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

度加宽到 4m（设置硬路肩），建筑限界宽度调整为 17.75m，变更后隧道开挖断面面积在 176.3～246.7m^{2}之间。

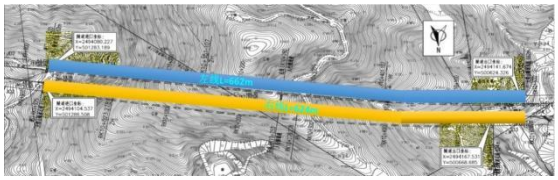


图 1　隧道概况

2 隧道拆除扩挖前情况

隧道在拆除扩挖前尚未实施完成，其中左线隧道全断面开挖完成 247m，衬砌完成 127m；右线隧道全断面开挖完成 481m，衬砌完成 426m。已实施隧道涉及到Ⅲ级、Ⅳ级和 Ⅴ级围岩，所采用的初期支护和二衬结构各不相同，主要初期支护有超前小导管、工字钢支撑、锚杆挂网喷护等；二衬有素混凝土、钢筋混凝土衬砌，衬砌厚度 45～60cm。

3 隧道地质情况

该隧道进口处位于斜坡中下部坡地，第四系松散堆积层在该处分布较厚，地形坡度大约在 20 至 25 度之间，出口段的地形坡度则为基岩陡坎，大约在 65 至 70 度之间。隧道穿越地层有粉质黏土及花岗岩，左右隧道各级围岩占比情况：

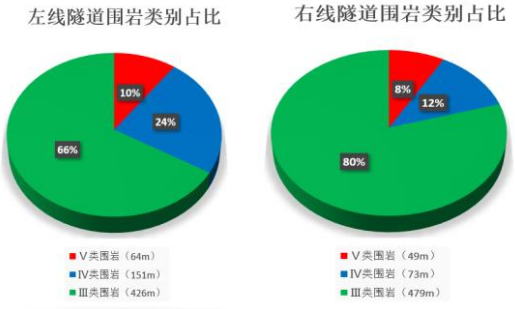


图 2　左线隧道围岩类别占比

4 拆除扩挖施工重难点

现状隧道有的段落已完成二衬施工、有的段落仅完成初支开挖但二衬尚未施作，有的段落才开挖完成上台阶，有的段落尚未开挖属于新建。现状隧道内衬砌结构形式多样，扩挖施工存在交叉作业，拆扩过程中结构力学行为转换复杂，且洞口段近临侧穿高压铁塔。通过梳理分析存在如下重难点：

4.1 软岩大变形

隧道左线出口地层岩性表现为残坡积的粉质黏土和全风化花岗斑岩，故土体呈可塑－硬可塑状或碎块状，这种地层容易遇水软化，力学性能较差，稳定性欠佳，成洞条件欠佳，偏压问题显著，支护水平要高，不然在施工过程中较易出现洞口失稳的情况。

4.2 高压电塔沉降倾斜风险高

在大常山隧道左线出口段，分别侧穿一座 110KV 和一座 220KV 高压电塔。两座高压电塔位于左线隧道南侧，距离左线隧道开挖轮廓的水平距离分别为 16.6m 和 13.9m，铁塔基础高程高出隧道顶拱开挖轮廓分别为 35 米和 18 米。由于高压电塔与左线隧道距离较近，并且洞口的地质条件较差、扩建风险极高，容易对高压电塔基础的总体沉降或塔体的倾斜造成影响。

4.3 围岩的荷载分布复杂

本工程扩挖段的施工时间不到 2 年，围岩的内部应力调整尚未完成。在隧道扩建过程中，重新扰动围岩会导致围岩应力再次重分布，使得围岩的荷载分布复杂化，对设计和施工均是较大的挑战。

4.4 拆除过程中对既有构造物的影响

隧道在扩建过程中，Ⅲ类和Ⅳa 围岩扩挖将采用爆破施工，将对相邻段落的二次衬砌结构、临近洞室的二次衬砌结构，以及地表的高压铁塔产生爆破震动影响。根据国家《爆破安全规程》的规定，参考工业和商业建筑物的爆破振动安全允许标准，要求隧道施工在高压电塔岩石基础位置产生的爆破震动速度控制在 0.5cm/s 以下同时对相邻隧道的最大临界震动速度Ⅴ级围岩不大于 5cm/s，Ⅳ级围岩不大于 10cm/s，Ⅲ级围岩不大于 15cm/s。合理确定爆破参数将比较关键。

总体本项目地质条件复杂、技术难度大、施工风险高，且目前国内尚无类似大断面隧道拆扩案例经验，需要加强过程监控，为设计、施工提供理论和技术支持。

5 隧道扩挖方式

公路隧道的扩建的两种主要方法是新增小间距隧道和原位扩挖。新增小间距隧道是指与原有隧道相邻的并行隧道，两者之间的间距较小。小间距隧道的定义会根据不同的围岩级别和环境状况而改变，《公路隧道设计规范》规定中间岩柱厚度小于上下行双洞最小净距时可称为小间距隧道，一般来说，这种隧道的间距通常在几米到几十米之间。小间距隧道是公路隧道中常用的一种建设方案，因为它的占地面积较小，有利于保持公路的整体线形，并且在设计、施工和造价方面具有优势。小间距隧道和大断面隧道的施工工法有一些相似性，如台阶法、单侧壁导洞方法、双侧壁导洞法、CD（中隔壁）法、CRD（交叉中隔壁）法和全断面开挖方法。多台阶法或交叉中隔壁法较多使用在大断面小间距隧道的情况下。如果围岩的条件较差，那么可以采用中隔壁法，它能有效限制围岩变形并减小地面沉降的速度。如果在围岩条件较好的情况下可采用全断面开挖方法，可使用爆破或全断面机械进行扩挖施工。

图 3　隧道扩挖方式图

Copyright © 2023 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

在已有隧道的基础上，破坏原有隧道结构并扩挖周围围岩，来增大隧道的断面，扩挖成满足使用要求的新隧道，这种扩建的方式称为原位扩建。原位扩建有三种方法，分别是单侧扩挖、双侧扩挖和周围扩挖。单侧扩挖是在原有隧道的一侧进行开挖扩建，为了避免对围岩造成较大的影响，对原有结构物仅进行少量拆除或开挖。双侧扩挖是在原有隧道的基础上，双侧向外扩挖断面来对隧道进行扩建，隧道的中心线不会变化，适用于对线路要求较严格的地段，但施工较为复杂。周围扩建是在双侧扩建的基础上，同时对原位隧道周围的围岩进行扩挖，这种扩挖方式在实际应用中较少，施工工序复杂的同时对围岩的影响也较大。扩挖工法是指在隧道和地下工程的开挖修建过程中，采用预先开挖导洞的方法，然后进一步扩大净空，形成所需的空间。扩挖工法改变了传统隧道开挖的思维方式，不再单纯沿隧道纵向推进，而是沿横向从周边向外扩挖。

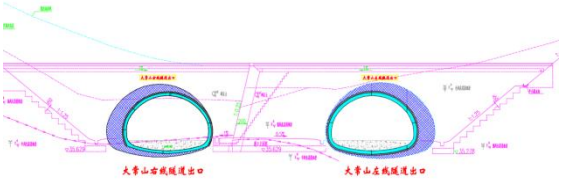


图 4　大常山隧道为原位单侧扩挖图

在进行原位扩挖时需要考虑以下因素：岩石或土壤的性质，施工条件，安全要求，工期和进度。结合大常山隧道的地质、施工条件和建模计算，在隧洞口 V 级围岩段选取一个断面进行建模模拟计算，数值计算采用 MIDAS-GTS 软件进行模拟。模拟过程中，计算采用弹塑性分析，岩体采用实体单元，选用 Mohr-Column 模型进行模拟。喷射混凝土和二次衬砌均选用梁单用进行模拟，锚杆则采用植入式桁架进行模拟。型钢采用刚度等效的方式包含于喷射混凝土中进行考虑。结构厚度按照实际工程采用。

表 1　隧道开挖模拟材料参数取值

材料类型	弹性模量 E/GPa	泊松比 V	容重
喷射混凝土	15	0.2	24
二次衬砌	31.5	0.2	25
锚杆/支撑	210	0.3	78.5

结合隧道具体尺寸和截面，V 级围岩条件下隧道埋深取 10m，模型边界采用位移边界条件。

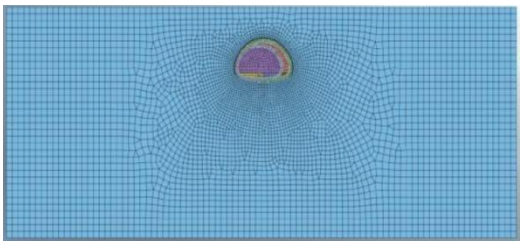


图 5　MIDAS 数值模型

模拟扩挖过程：（1）围岩形成自重应力场→（2）原隧道开挖→（3）原隧道初期→（4）原隧道二次衬砌→（5）仰拱回填→（6）拆除前环向切割、临时支撑及下半洞回填→（7）左上拆除扩挖及二次支护→（8）中上拆除扩挖及二次支护→（9）右上拆除扩挖及二次支护→（10）左下拆除扩挖及二次支护→（11）中下拆除扩挖及二次支护 z（12）右下拆除扩挖及二次支护→（13）钢支撑拆除→（14）二次衬砌。

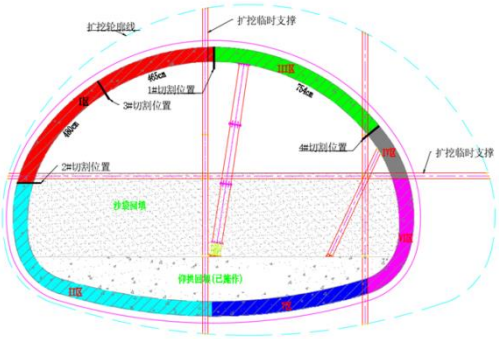


图 6　V 级围岩拆除扩挖典型断面图

围岩形成自重应力场后进行模型位移清零，消除自重应力的地层位移，从而得到隧道开挖引起的真实位移。第（1）～（5）步，模拟原三车道开挖过程；第（6）～（14）步，模拟三车道扩挖过程。

从 V 级围岩段二次衬砌扩挖模拟结果中可知，扩挖过程中围岩最大位移为-4.75mm，横向最大位移增量为 18mm；围岩最大主应力为 254.6kPa，最小主应力为 21.1kPa。计算结果表明隧道结构在拟定的工法下进行扩挖，围岩基本稳定、结构变形值较小，该扩挖工法实施安全可行，其他类型围岩参照该计算丰富，采用不同临时支撑、分区、扩挖顺序进行模拟计算，确定安全、经济合理的扩挖工法。

6 拆除扩挖施工方法

施工前先进行测量放线确定洞口和明洞部位的开挖边线，并修筑截水沟。然后按照设计坡比和开挖边线位置，分层从上至下进行洞口开挖，并及时进行边坡喷护。接着进行套拱和大管棚施工，并确保安全后进行扩挖施工。

具体工艺说明如下：

6.1 二衬混凝土拆除施工方法

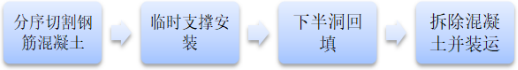


图 7　二衬混凝土拆除施工方法图

隧道二衬混凝土采用针对本项目发明的环向快速切割设备，先环向切割再纵向切割；环向切割工作量较大，超前实施，备有一定余量；纵向切割根据情况 V 级、Ⅳ级围岩分段分区域切割；

Copyright © 2023 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

临时支撑主要由工字钢、Φ609 钢管、槽钢、钢板和支撑液压系统等组成，10t 随车吊装运吊装，局部采用反铲配合；Φ609 钢管每隔 5m 设置一道，同时两钢管顶部设置液压千斤顶，并在其顶部设置双榀组合工字钢横梁支撑二衬混凝土。待临时支撑分段实施完成后，按要求完成下半洞回填。

下半洞回填完成后，采用液压锤进行凿除；凿除尽量由上至下逐步拆移，且对于支撑钢管需进行临时固定，避免拆除期间倾倒；二衬混凝土拆除后升降台车配合进行防水板、排水管、土工布切割拆除。拆除 装载机配合自卸汽车运输至指定弃渣场或垃圾场。

6.2 原初支拆除施工方法

图 8 原初支拆除施工方法图

利用填筑平台从上到下依次采用液压锤凿除分区范围内喷锚混凝土至工字钢顶部，气割割除连接钢筋后，继续凿除两榀之间喷锚混凝土至底；气割割除下部连接钢筋和钢筋网使工字钢独立；最后分区从上至下拆除工字钢。期间采用升降台车和反铲配合。

6.3 隧道各级围岩扩挖施工方法

拆除前完成主洞大管棚超前注浆或超前小导管注浆预支护→按顺序分区扩挖→实施初期支护→过程监测→分段拆除临时支撑→浇筑仰拱及回填混凝土→敷设土工布、防水板→安装钢筋→边顶拱混凝土衬砌。

洞身扩挖根据的围岩级别采用不同的方法，其中洞身段围岩等级为Ⅴ级，采用变形双侧壁导坑法扩挖（八步扩挖法），循环进尺 0.5m，全部采取机械扩挖；洞身围岩等级为Ⅳ级，采用 CD 工法扩挖（七步扩挖法），循环进尺 0.5m～0.8m，Ⅳb 级围岩采用机械扩挖，Ⅳa 级围岩厚度小于 40cm 采用机械扩挖，厚度大于 40cm 采用光面爆破；洞身围岩等级为Ⅲ级，Ⅲa 级采用两台阶法扩挖（三步扩挖法），循环进尺 1.5m、Ⅲb 级围岩采用三台阶法扩挖（六步扩挖法），循环进尺 1m，Ⅲ级围岩厚度小于 40cm 采用机械扩挖，厚度大于 40cm 采用光面爆破；总体由隧道出口向进口方向扩挖施工。

7 施工监测

根据量测结果，分析可能发生危险的征兆，判断工程的安全状况，采取措施遏制危险的趋势；以施工量测的结果指导现场施工，进行信息化反馈，及时调整施工方法；提供判断围岩和初期支护基本稳定的依据，确定二次衬砌的施作时间，确保整个隧道施工过程的安全。

（1）本座隧道为洞口小净距、洞身分离式隧道，需进行爆破震动速度的量测，要求爆破对相邻隧道的最大临界值震动速度 Ⅴ 级围岩不大于 5cm/s，Ⅳ级围岩不大于 10cm/s，Ⅲ级围岩不大于 15cm/s。

（2）根据位移速率判断：速率大于 1mm/d 时，围岩处于急剧变形状态，需加强初期支护；速率变化在 0.2～1.0mm/d 时，需加强观测，做好加固的准备；速率小于 0.2mm/d 时，围岩达到基本稳定。

（3）初期支护承受的应力、应变、压力实测值与允许值之比大于或等于 0.8 时，围岩不稳定，应加强初期支护；初期支护承受的应力、应变、压力实测值与允许值之比小于 0.8 时，围岩处于稳定状态。

实施期间，按要求进行周边收敛位移、拱顶下沉、地表沉降、爆破振动、高压线塔基础布点监测，通过整理、分析观测数据，均在要求范围内变化，监测结果符合设计及规范要求，为隧洞拆除扩挖施工方法验证和安全提供了依据。

8 结语

本项目地质条件复杂、技术难度大、施工风险高，结合隧道的现有情况，本文主要分析了隧道扩建的两种主要方法，并结合项目实际介绍了原位单侧扩挖法施工的具体应用，同时对拆除扩挖施工方法进行了总结，结合项目具有特大断面的特性进行了拆除扩挖施工的设计，可为后续具有类似施工特点的工程提供参考。

[参考文献]

[1]陈陆军.典型高速公路隧道扩建方案及施工力学行为研究[D].成都:西南交通大学,2013.
[2]姚凯敏,李龙,卜繁敏,等.公路隧道拆除与扩挖工程中的安全管理与控制措施——以广东某高速公路隧道为例[J].工程技术研究,2021,6(12):161-162.
[3]彭念.原位扩建隧道围岩力学响应机理研究[D].重庆:重庆大学,2010.
[4]靳晓光,王来斌,黄伦海,等.分离式隧道扩建成小净距隧道群爆破震动控制研究[J].世界科技研究与发展,2013,35(3):353-356.
[5]王展望.高速公路隧道光面爆破施工技术应用研究[J].城市建筑,2019,16(31):191-193.
[6]朱晓宁,黄俊,董飞,等.超大断面隧道施工安全风险分析及控制研究[J].现代交通技术,2022,19(3):44-52.
[7]余顺,胡学兵,夏阳于雨.单洞三车道公路隧道扩挖成四车道的开挖方案的探讨及思考[J].公路交通技术,2019,35(6):89-93.

作者简介：张林（1985.6—），毕业院校：武汉工程大学，所学专业：土木工程，当前就职单位：中国水利水电第十一工程局有限公司，职务：非律宾国别经理，职称级别：高级工程师，研究方向：项目管理、创新技术应用、施工质量管控。

Copyright © 2023 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

深圳书城湾区城基础设计与分析

王子佳[1] 王 红[2]
1 深圳市建筑工务署工程设计管理中心，广东 深圳 518000
2 筑博设计股份有限公司，广东 深圳 518000

[摘要]文章主要论述项目在特定的地铁安保区范围，深基坑内采用管桩基础的可行性、经济性及施工保障措施并通过项目实施情况验证。本项目取得了减少施工工期和降低基础造价的良好的社会效果，可为类似项目的设计及施工提供一定的参考。
[关键词]地铁保护区；基础选型；预应力管桩；挤土效应
DOI：10.33142/ec.v6i12.10332 中图分类号：TU973 文献标识码：A

Basic Design and Analysis of Shenzhen Shucheng Wanqu

WANG Zijia[1], WANG Hong[2]
1 Engineering Design Management Center, Bureau of Public Works of Shenzhen Municipality, Shenzhen, Guangdong, 518000, China
2 Zhubo Design Co., Ltd., Shenzhen, Guangdong, 518000, China

Abstract: The article mainly discusses the feasibility, economy, and construction guarantee measures of using pipe pile foundation in deep foundation pits within a specific subway security zone, and verifies it through project implementation. This project has achieved good social effects in reducing construction period and foundation cost, which can provide a certain reference for the design and construction of similar projects.
Keywords: subway protected areas; basic selection; prestressed pipe piles; squeezing effect

引言

随着城市加快更新，新建建筑物对邻近地铁的安全影响评价成为重要议题，而桩基础的影响是较关键的。通常依据建筑物与地铁的距离选定桩基的施工方式（非挤土桩和挤土桩），如深圳地区地铁控制保护区为 50m，但是上述规定的距离通常根据经验确定，导致在实际工程中的应用缺乏灵活性，如采取过于保守的设计方式造成过度的浪费，或一味追求经济性而影响地铁的安全性和使用性。本文结合实际工程案例，针对管桩对邻近地铁的挤土效应、变形的影响等关键问题进行分析，并提出施工过程中相应的地铁保护措施，可为类似工程的设计与施工提供借鉴。

1 工程概况

深圳书城湾区城项目位于宝华路与海秀路交汇处西南侧，东侧临近地铁 5 号线宝华站及临海至宝华区间，由书城、民俗馆及海天路上盖三部分组成，其中书城和民俗馆地下和地上均为两层，建筑高度约 12m，海天路上盖为斜坡屋面，层高约 8.2m～9.3m。

基坑开挖面积约 53000 ㎡，开挖深度约 9.5m～13.0m，采用直径 1200mm、间距 1800mm 咬合桩加钢筋砼内支撑支护形式。工程桩与 5 号线隧道、车站、出入口及风亭等结构最小水平净距分别为 8.6m、8.8m、9.5m、10.7m，桩底与车站底板深度差最大约为 25.9m，与隧道结构底深度差最大约为 26.3m，与支护桩底深度差最大约为 18m。基坑支护桩与地铁结构最小水平段净距约为 6.04m。

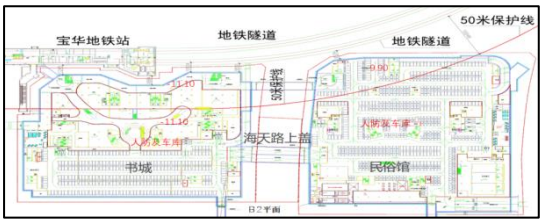


图 1 地下二层平面示意图

2 工程地质条件

根据地勘报告，场地内土层依次是杂填土、淤泥、粉质黏土、含砾中粗砂、全风化粗粒花岗岩、强风化粗粒花岗岩、中风化粗粒花岗岩、微风化粗粒花岗岩。抗浮水位西侧取 5.5m（标高 5.50m，为地坪以下 0.5m），东侧 3.5m，中间按 0.5m 水头梯度取值。基坑底部各土体工程地质性质差异较大，强度和变形不能满足拟建物的要求，可采用预应力管桩或旋挖成孔灌注桩。

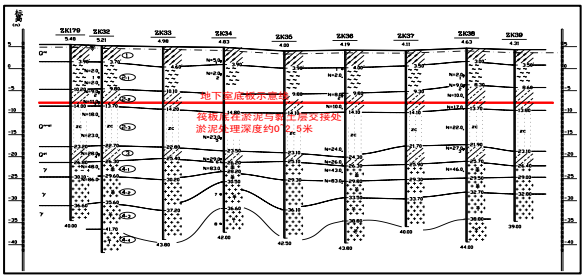


图 2 典型地质剖面图

Copyright © 2023 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

3 基础选型

依据地勘报告，综合考虑工期、造价、质量及施工可行性等因素，进行三个方案的比选。方案一采用筏板基础加抗浮锚杆方式，锚杆跨中布置，杆径 180mm，采用 3 根直径 32mm 的钢筋，持力层为中风化岩，入岩深度 4.0m，锚杆长度约 26m～36m，超 30m，存在质量不可控的缺点。承载力特征值为 400kN，总锚杆数估算约 6000 根，单价约 210 元/m，锚杆总造价约 4200 万元，筏板下淤泥需采用高压旋喷桩加固处理，估算约 12700 根，按 330 元/m，桩长按 14m，总价约 5867 万元。筏板下褥垫层约 0.3m，面积 5.3 万 m^2，回填处理 400 元/m^3，总价约 650 万元。基础总造价约为 10717 万元，预计施工工期 180 天。

方案二采用旋挖成孔灌注桩，桩径 1.0m～1.8m，持力层为中风化岩或微风化岩，进入微风化持力层 0.5m，入中风比较厚时根据承载力换算，最少入中风化深度不小于 2 米。采用旋挖工艺灌注桩方案存在泥皮效应严重、空桩段长、大直径旋挖抗拔桩承载力离散性较大的缺点，且施工质量较难控制。柱下抗压桩总桩数 289 根，估算造价 3500 万元，抗浮桩 1120 根，估算造价 11500 万元。基础总造价约为 15000 万元，预计施工工期 160 天。

方案三采用预应力管桩，先开挖至支撑梁面，持力层为全风化或强风化。总桩数约 10100 根，总桩长约 140000m，单根桩送桩长度约 8～10 米，总送桩长约 80000m。按 390 元/米计算，管桩估算费用为 5460 万元，送桩按 330 元/米计算，估算费用为 2640 万元。基础总造价约为 8100 万，预计施工工期 120 天。

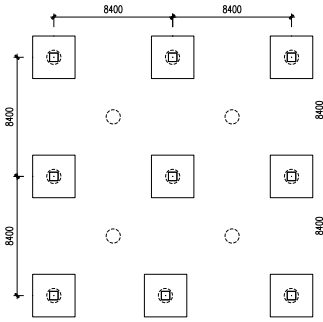


图 3 局部旋挖桩示意图

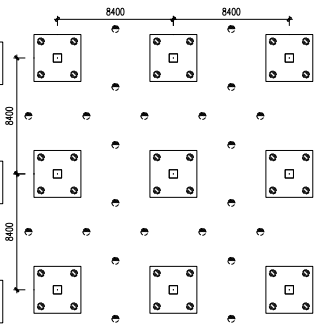


图 4 局部管桩示意图

综上所述，采用预应力管桩具有工程造价低，施工周期短等优势，本项目在地铁控制保护区范围（50m）外，采用预应力管桩，保护区范围内采用旋挖成孔灌注桩。

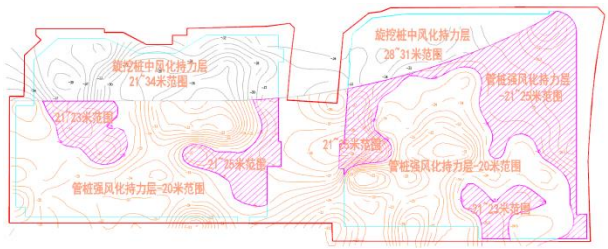


图 5 桩基范围示意

4 管桩对地铁影响分析及保护措施

根据理论分析，管桩对地铁的挤土效应是可控的，并通过地铁监测结果得到验证，单桩竖向抗压及抗拔承载力特征值也满足设计要求，由此可知，采用管桩是可行的。同时，合理的施工措施和施工顺序能减小管桩施工对地铁的影响。

4.1 管桩挤土效应分析

参考相关论文[1-2]及工程经验，对本项目管桩挤土效应进行分析，根据地勘，设计桩顶标高以下分别为约 4.4 米粉质黏土层、8.8m 的含砾中粗砂层及 3.4 米砾质黏性土，均为中等压缩性土。以最小桩距 2.1m、8.8m 的含砾中粗砂层为例，压缩模量 6.0MPa，平均标杆 22，换算相对密实度 63.8%，根据土力学，砂松散 n_{max} =47.6%，紧密 n_{min} =26.0%，求得孔隙比 0.528，该砂土孔隙度为 n_0 =34.6%。

考虑 2 倍桩径范围理论挤密，2～7 倍桩径范围均匀衰减，用下列公式计算：

$$\pi r^2=\pi((3r)^2-r^2)\cdot(n_0-n_{min})+\pi((n\cdot r)^2-(3r)^2)\cdot(n_0-n_{min})/2$$

求得 n=4.03，因此理论挤土效应影响范围约 4 倍的桩径，本工程柱下承台管桩间距不小于 4.2 倍桩径，桩抗拔间距不小于 5.6 倍桩径，大于理论影响范围，因此认为挤土效应是可控的。

此外，本项目施工地面到设计桩顶标高约有 8 米（采用定制送桩器解决超长距离送桩施工问题），为杂填土和淤泥，此段为空桩段，没有管桩的实际体积挤压，仅压桩引起的孔隙水压会造成土体的挤压，空桩部分的土层会成为泄压孔、消散孔，也可以减少桩顶周围土的隆起，对压桩是有利的，因此，在最不利的淤泥层，挤土效应影响也是有限的。

4.2 试桩

本项目管桩直径 500mm，抗压桩的单桩竖向抗压承载力特征值 2100kN，抗压兼抗拔桩，单桩竖向抗压承载力特征值分别为 1000kN 及 2100kN，单桩竖向抗拔承载力特征值分别为 530kN、480KkN 及 320kN。

旋挖桩桩径为 1000mm、1200mm、1400mm、1600mm，抗压桩承载力桩身控制，抗拔桩承载力以入中风化岩深度控制，抗拔桩裂缝按 0.2mm 控制。

因场地含有中密的中粗砂，管桩成桩较困难，需通过试桩情况验证管桩方案的可行性。

对本项目管桩进行单桩竖向抗压静载试验，结果表明，单桩竖向抗压承载力检测值均满足设计承载力特征值的要求；单桩竖向抗拔静载试验结果表明，单桩竖向抗拔承载力检测值均满足设计承载力特征值。试桩时对上部空桩部分涂刷黄油消除影响。

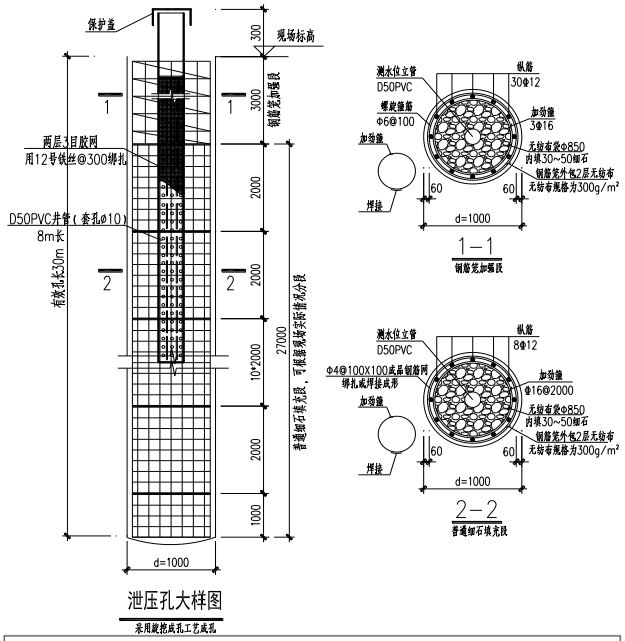
4.3 地铁保护措施

管桩的挤土效应与打桩范围、施工过程等因素息息相

Copyright © 2023 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

关，不同的施工工艺对地铁的影响显著不同。靠近地铁侧的旋挖桩先施工，地面至设计桩顶标高有约 11 米的空桩段，临近预应力管桩附近的旋挖桩，尽量不回填，相当于形成泄压孔，减少 50 米地铁保护范围外管桩挤土效应对地铁的影响。静压桩施工期间对旋挖桩孔内的水位进行监测，采取抽水、回灌等措施保持坑外水位标高与施工前基本一致，避免土体中的孔隙水压力过高对地铁造成影响。

施工期间严格按照基坑支护安评的要求对地铁进行监测，地铁内布置 69 个监测断面（车站间距 10m，隧道间距 5m），地铁出入口变形监测点 26 个，项目实施过程中采用自动化监测实时观测地铁结构变形。监测结果表明，竖向位移数据均未超设计预警值，累计沉降量最大值为 2.95mm，满足地铁影响等级三级的要求。



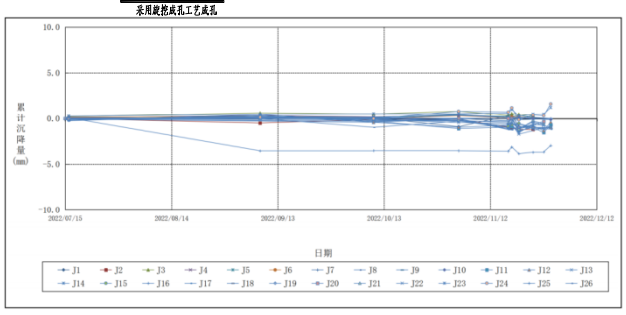


图 6　地铁结构变形监测数据

项目基坑较大，需要在中部设置降水井，降水点位及预应力管桩泄压孔应该结合后浇带位置设置（兼做后期地下室基坑中部降水井），泄压水位监测孔间距可适度调整，泄压孔直径 1000mm，泄压孔深度约 30m，采用无纺布袋包裹直径 4mm、间距 100mmx100mm 的钢筋笼、直径 850mm，内填充 30～50 粒径的细石，2m 一段，分段填充泄压孔内。

5 结论

（1）采用管桩方案对比筏板基础方案，造价可节约 2617 万，工期可节约 60 天，对比旋挖桩方案可节约 6900 万元，工期可节约 40 天，本项目采用管桩具有明显的经济优势并能缩短工期。特殊地质条件下（如本项目场地含有中密的中粗砂），可通过试桩结果验证桩基的可行性。

（2）通过理论分析及地铁变形监测结果，证明管桩对地铁的影响是可控的。理论与实践相结合的方式对桩基设计具有参考意义。

（3）合理的桩距及施工顺序可有效的减少桩基挤土效应对地铁的影响。

[参考文献]

[1]余跃心.成桩挤土效应实验验证[J].淮阴工学院学报,2006,15(1):66-68.
[2]高明军,张霆.高强度预应力混凝土管桩挤土效应的影响分析[J].施工技术,2008,37(1):21-26.
[3]翁效林,孙腾,冯莹.桩基础承载过程对近距离地铁隧道影响机制分析[J].哈尔滨工业大学学报,2016,48(3):138-142.
[4]杨敏,靳军伟.桩基础与既有地铁隧道相互影响的研究进展[J].建筑结构学报,2016,37(8):90-99.
[5]楼晓明,刘建航.高层建筑桩基础对邻近隧道影响的监测与分析[J].同济大学学报,2003,31(9):1014-1018.

作者简介：王子佳（1982.10—），男，单位名称：深圳市建筑工务署工程设计管理中心；毕业学校和专业：深圳大学、建筑学专业；本科：太原理工大学、土木工程专业；研究生：深圳大学，建筑学专业；王红（1989.8—），女，单位名称：筑博设计股份有限公司；毕业学校和专业：本科：南昌大学、土木工程专业；研究生：沈阳建筑大学，建筑与土木工程专业。

Copyright © 2023 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

连续刚构桥面铺装结构层间黏结性能影响因素研究

张 远[1] 王 杨[2]
1 陕西交通控股集团有限公司宝鸡分公司，陕西 宝鸡 721399
2 陕西交通控股集团有限公司宝坪高速公路建设管理处，陕西 西安 710065

[摘要]此次研究了连续刚构桥面铺装结构层间黏结性能的影响因素。首先，介绍了连续刚构桥的定义与特点，以及桥面铺装结构的组成与功能。随后，探讨了连续刚构桥面铺装结构的类型及应用。接着，详细分析了材料性质对层间黏结性能的影响，包括黏结材料类型与性能、混凝土性能和界面处理技术。同时，讨论了结构设计对层间黏结性能的影响，包括铺装层数与厚度的设计、桥面坡度的设计以及伸缩缝与连接件的设计。此外，还分析了施工工艺对层间黏结性能的影响，包括施工方法及工艺流程、施工环境与温度控制，以及质量控制与检测方法。最后，针对影响因素进行了进一步的分析，包括集料类型、级配类型和涂抹量对层间黏结性能的影响。通过对这些因素的研究，可以提供有效的指导和建议，以提高连续刚构桥面铺装结构的层间黏结性能。

[关键词]连续刚构桥；桥面铺装结构；层间黏结性能
DOI：10.33142/ec.v6i12.10341 中图分类号：U443.33 文献标识码：A

Research on Factors Influencing the Interlayer Bonding Performance of Continuous Rigid Frame Bridge Deck Pavement Structure

ZHANG Yuan[1], WANG Yang[2]
1 Baoji Branch of Shaanxi Transportation Holding Group Co., Ltd., Baoji, Shaanxi, 721399, China
2 Baoping Expressway Construction Management Office of Shaanxi Transportation Holding Group Co., Ltd., Xi'an, Shaanxi, 710065, China

Abstract: This study investigated the influencing factors on the interlayer bonding performance of continuous rigid frame bridge deck pavement structure. Firstly, the definition and characteristics of continuous rigid frame bridges were introduced, as well as the composition and functions of bridge deck pavement structures. Then, the types and applications of continuous rigid frame bridge deck pavement structures were explored. Subsequently, a detailed analysis was conducted on the impact of material properties on interlayer bonding performance, including the type and performance of bonding materials, concrete properties, and interface treatment techniques. At the same time, the impact of structural design on interlayer bonding performance was discussed, including the design of the number and thickness of pavement layers, the design of bridge deck slope, and the design of expansion joints and connectors. In addition, the impact of construction techniques on interlayer bonding performance was analyzed, including construction methods and processes, construction environment and temperature control, as well as quality control and testing methods. Finally, further analysis was conducted on the influencing factors, including the influence of aggregate type, grading type, and application amount on the interlayer bonding performance. By studying these factors, effective guidance and suggestions can be provided to improve the interlayer bonding performance of continuous rigid frame bridge deck pavement structures.

Keywords: continuous rigid frame bridge; bridge deck pavement structure; interlayer bonding performance

引言

连续刚构桥是一种常见的桥梁结构形式，其具有较高的承载能力和刚度，广泛应用于公路和铁路交通中。在连续刚构桥的桥面铺装结构中，层间黏结性能对于保证整体结构的完整性和稳定性至关重要。因此，深入研究连续刚构桥面铺装结构层间黏结性能的影响因素，对于提高桥梁的服务寿命和安全运行具有重要意义。此次研究旨在系统地分析连续刚构桥面铺装结构层间黏结性能的影响因素，并探讨它们之间的相互关系。首先，我们介绍了连续刚构桥的定义与特点，包括其结构形式和工作原理。同时，我们也阐述了桥面铺装结构的组成与功能，涵盖了不同层次材料的作用和相互关系，通过这些基础知识的介绍，读者可以更好地理解层间黏结性能的研究背景和意义。

1 连续刚构桥面铺装结构概述

1.1 连续刚构桥的定义与特点

连续刚构桥是一种常见的桥梁结构形式，具有一定的特点和优势。连续刚构桥的主要特点是其刚度和承载能力较高。它由多个跨径组成，跨越河流、山谷或其他障碍物。与传统的简支桥相比，连续刚构桥在跨越大距离时能够提供更好的稳定性和结构性能。连续刚构桥的主要组成部分包括桥面、支座和梁体。梁体通常采用钢筋混凝土或预应力混凝土构造，具有较高的刚度和强度[1]。梁体的连续性使得桥梁能够充分

Copyright © 2023 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

利用整个结构的承载能力，从而实现较大跨径的跨越。连续刚构桥具有良好的荷载传递性能，能够将荷载均匀地分配到各个支座上。这种特性使得桥梁能够有效地承受车辆和行人的荷载，并保证了桥梁的稳定性和安全性。同时，连续刚构桥还能够减少桥梁结构中的伸缩缝数量，降低了维护和保养的成本。此外，连续刚构桥还可以提供较大的通行断面，为交通流量的顺畅提供了便利。它具有较小的高度和横截面尺寸，可以在限制空间条件下实现较大的通行能力。

1.2 桥面铺装结构的组成

桥面铺装结构是桥梁中的重要组成部分，其主要功能是提供平稳的行车表面，并承担来自车辆荷载以及环境荷载的作用。它由多个层次组成，每个层次具有不同的功能和作用。路面层是桥面铺装结构的最上层，直接接触车辆轮胎。它通常采用沥青混合料或混凝土作为材料，具有良好的耐久性和摩擦系数，能够提供平稳的行车表面，使车辆行驶更加安全和舒适[2]。防水层位于路面层下方，起到防止雨水、融化的冰雪和其他液体渗入桥梁结构的作用。防水层通常采用特殊的防水材料或涂层，确保桥梁的结构和承载能力不受水分侵蚀影响。黏结层位于防水层下方，起到连接路面层和基层（如混凝土桥面板）的作用。它能够提供良好的黏结性能，使得路面层与基层之间能够紧密结合，防止剥离和滑移。基层是桥面铺装结构的承载层，通常由混凝土桥面板或砼梁等构成。它具有足够的强度和刚度，能够承受来自车辆荷载和环境荷载的作用，并将其传递到桥梁的其他部分。

2 连续刚构桥面铺装结构层间黏结性分析

2.1 材料性质

2.1.1 黏结材料类型与性能

在连续刚构桥面铺装结构中，层间黏结性是确保各层材料之间紧密连接和协同工作的关键。为了实现良好的黏结效果，不同类型的黏结材料被广泛应用。沥青通常用于道路表面层与基层之间的黏结。它是一种石油衍生物，具有黏性和黏合性能，可以有效地连接不同材料。沥青黏结剂可分为热浸渗沥青和冷浸渗沥青两种类型，其选择取决于施工条件和要求。沥青胶黏剂也是一种常用的黏结材料，常用于沥青混凝土层之间的黏结[3]。它具有较高的附着力和黏合性能，能够确保路面层的稳固连接。环氧树脂是一种强度和耐久性较高的黏结材料，常用于混凝土层与其他材料（如钢板、预应力混凝土等）之间的黏结。它能够提供极好的附着力和耐化学腐蚀性，适用于各种工程环境。

2.1.2 混凝土性能

在连续刚构桥面铺装结构中，混凝土是一种常用的材料，它用于桥梁的支座、墩台、桥面板等部位。混凝土的强度是衡量其抗压和抗拉能力的指标。高强度混凝土可以提供更好的结构承载能力和抗裂性能，从而增强层间黏结的稳定性。混凝土的密实性决定了其防水和抗渗性能。良好的密实性可以降低水分渗透的风险，减少水分对层间黏结性的不利影响[4]。在寒冷地区或冬季气温较低的环境中，混凝土需要具备良好的抗冻性能。抗冻混凝土可以有效地抵御冻融循环引起的损坏，并保持层间黏结的完整性。混凝土的耐久性是指其在长期使用过程中能够保持结构稳定和功能完整的能力。耐久性受多种因素影响，如化学侵蚀、热循环、紫外线辐射等，良好的耐久性有助于维持混凝土与其他材料之间的黏结强度。

2.2 结构设计

2.2.1 铺装层数与厚度的设计

在连续刚构桥面铺装结构中，铺装层数和厚度的设计是关键的因素，它们直接影响到层间黏结性的表现和整体结构的性能。铺装层的主要功能之一是承受交通荷载并将其传递到下方结构。通过增加铺装层数和合理分配厚度，可以更好地分散和传递荷载，减轻对下方结构的影响，从而提高层间黏结的稳定性。铺装层的设计还应考虑到所处的环境条件，如气候、交通流量和道路类型等。在寒冷地区，需要考虑抗冻性能和耐用性，而在高温地区，则需要注意抗软化和变形的能力。同时，高交通流量的道路可能需要更厚的铺装层来承受较大的荷载[5]。设计铺装层数和厚度时，经济性也是一个重要考虑因素。过度的层数和厚度增加了施工成本，并且可能导致不必要的浪费。因此，需要在满足性能要求的前提下，尽可能优化层数和厚度，以达到经济有效的设计。

2.2.2 桥面坡度的设计

在连续刚构桥面铺装结构中，桥面坡度的设计对于层间黏结性至关重要。桥面坡度是指桥面横向和纵向的倾斜程度，它对水排泄、车辆行驶和层间黏结有着直接的影响。合理的桥面坡度设计可以帮助有效排除积水，防止水分在铺装层之间滞留，从而减少水分对层间黏结性能的不利影响，水分的长期存在可能导致层间剥离和损坏。适当的桥面坡度设计可确保车辆在桥面上行驶时具有良好的稳定性和操控性。较大的横向坡度会增加车辆转向力和侧向推力，而较大的纵向坡度可能导致车辆在上下坡时速度变化过大，影响行驶安全。桥面坡度的设计还应考虑乘车人员的舒适性，过大的横向和纵向坡度可能导致车辆和乘客的不适感，增加驾驶员的疲劳程度，并降低行驶舒适性。

2.3 施工工艺

2.3.1 施工方法及工艺流程

在连续刚构桥面铺装结构的层间黏结性分析中，施工方法和工艺流程对于确保良好的层间黏结至关重要。施工开始前，需要进行准备工作，这包括清理桥面及现有结构表面，去除尘土、油污等杂质，并确保基础结构平整、干燥。一般情况下，首先在桥面上进行底层处理。这可能包括底层修补和加固，以确保底层结构的稳定性和平整度。要根据设计要求和材料特性，选择适当的层间黏结剂，常用的黏结剂包括沥青乳液、沥青胶黏剂或水泥浆料。根据所选黏结剂的类型和规范，按照施工要求进行涂覆。通常采用喷涂、刷涂或喷洒等方式，确保黏结剂均匀覆盖整个桥面。在层间黏结剂施工后，进行铺装层的施工。这可能涉及沥青混合料或混凝土的浇筑、压实和养护等步骤[6]。完成铺装层施工后，

Copyright © 2023 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

对桥面进行精细处理。这包括表面光滑处理、纹理修整以及必要的标线和标志施工等。施工完成后，需要进行适当的养护措施。这包括定期浇水、避免重载、防止损伤和保持交通管理等，以确保铺装层充分硬化和稳定。在整个施工过程中，施工人员应根据设计要求严格执行工艺流程，并且密切监控施工质量。必要时，可以使用无损检测方法来评估层间黏结性能，并采取补救措施以解决任何潜在问题。

2.3.2 质量控制与检测方法

在施工过程中，需要对层间黏结剂进行质量控制。这包括检查黏结剂的批次、原材料的合格证明、搅拌设备的运行状态以及施工环境的适宜性等，确保黏结剂的质量符合设计要求和规范要求。施工过程中需要严格控制施工质量。这包括对底层处理、黏结剂涂覆、铺装层压实等各个阶段进行监控和质量评估，使用合适的工具和设备进行实时控制，例如密度计、平整度仪、温度计等。通过无损检测方法能够帮助评估层间黏结性能和质量状况。常用的无损检测方法包括超声波检测、雷达检测、红外热像仪检测等。这些方法可以探测层间空隙、剥离、裂缝等缺陷，提供定量的数据和图象，帮助评估黏结性能。还需要从施工现场按照规范要求取样，并进行实验室试验来评估层间黏结性能。常用的试验方法包括剪切黏结强度测试、拉伸黏结强度测试、剥离试验等。这些试验方法可以提供黏结性能的定量指标，判断铺装层与底层之间的黏结质量。完成施工后，需要进行定期的监测和评估工作，使用合适的工具和设备对桥面进行巡视和检测，例如激光测距仪、摄像机等。通过比较监测数据与设计要求或历史数据，可以及时发现问题并采取相应的维修和加固措施。

3 连续刚构桥面铺装结构层间黏结性能的影响因素分析

3.1 集料类型对层间黏结性能的影响

在连续刚构桥面铺装结构的层间黏结性能中，集料类型是一个重要的影响因素。根据下图 1 所示，在相同油石比下，使用不同类型的集料进行混合料设计后形成的沥青混合料试件，在三点弯曲试验中承受的弯曲应力有所差异。石灰岩集料的弯曲应力最低，花岗岩次之，而辉绿岩具有最高的抗弯性能。可以推断出辉绿岩集料的强度和抗变形性能较好，而石灰岩集料的性能较差。

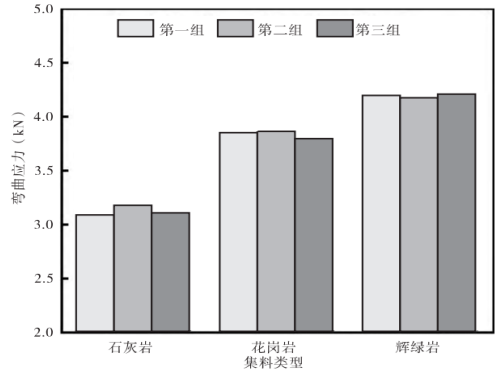


图 1 不同类型集料混合料设计后弯曲应力对比

根据图 2 所示，在相同油石比下，使用三种不同类型的集料形成的试件在产生破坏时的挠度存在差异。石灰岩集料的挠曲变形最小，花岗岩和辉绿岩的挠曲变形差异相近。整体而言，三种类型的集料对挠度的影响差异较小，最大差值在 2mm 以下。

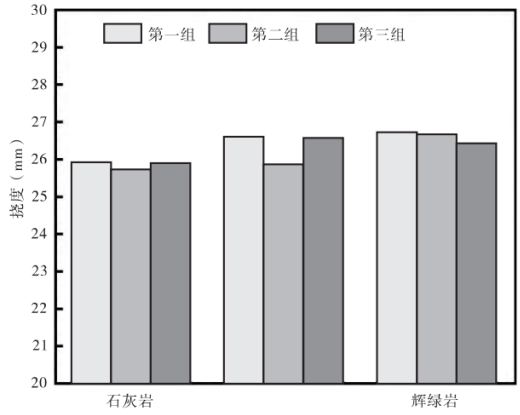


图 2 三种不同类型集料形成的试件在产生破坏时的挠度差异对比

如图 3 所示，不同集料类型形成的沥青混合料试件的断裂能力也有所差异。石灰岩集料的断裂能在约 5,000N/m 左右，花岗岩的断裂能在 6,500～7,000N/m 之间，而辉绿岩集料的断裂能力最高，约为 8,000N/m 左右。因此，采用辉绿岩集料形成的沥青混合料试件具有最佳的抗断裂性能。

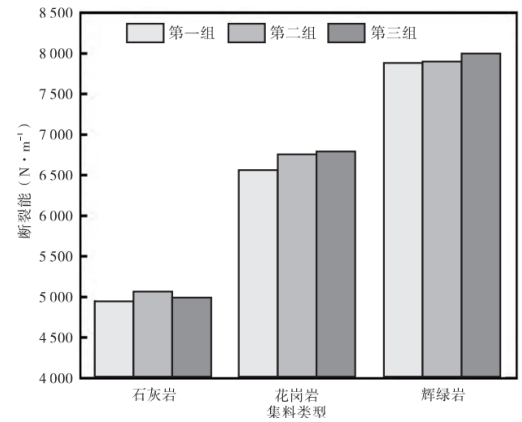


图 3 不同集料类型形成的沥青混合料试件的断裂能力对比

所以，从试验结果可以看出，在连续刚构桥面铺装结构中，不同类型的集料会对层间黏结性能产生影响。辉绿岩集料表现出较好的弯曲应力、挠度和抗断裂性能，而石灰岩集料的性能相对较差。选择合适的集料类型对确保桥面铺装结构的层间黏结性能至关重要。

3.2 涂抹量对层间黏结性能的影响

在连续刚构桥面铺装结构的层间黏结性能中，涂抹量是一个重要的影响因素。根据提供的试验结果和图表，可以得出以下分析：

Copyright © 2023 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

从图 4 和图 5 可以看出，在温度为 60℃时，层间剪切强度和拉拔强度明显降低，相比于温度为 25℃时的情况。这说明高温条件下，层间的黏结性能会受到负面影响。当涂抹量为 0.2kg/㎡、0.4kg/㎡和 0.6kg/㎡时，层间剪切强度和拉拔强度的影响差异较小。然而，当涂抹量达到 0.8kg/㎡时，不论是在 25℃还是 60℃下，试件的剪切强度和拉拔强度都明显下降。这表明当涂抹量过大时，混合料对黏结材料的吸收过饱和，多余的黏结料存在于混合料与钢板之间，增加了自由黏结层的厚度。在高温和荷载作用下，黏结层容易滑移，从而降低黏结强度。

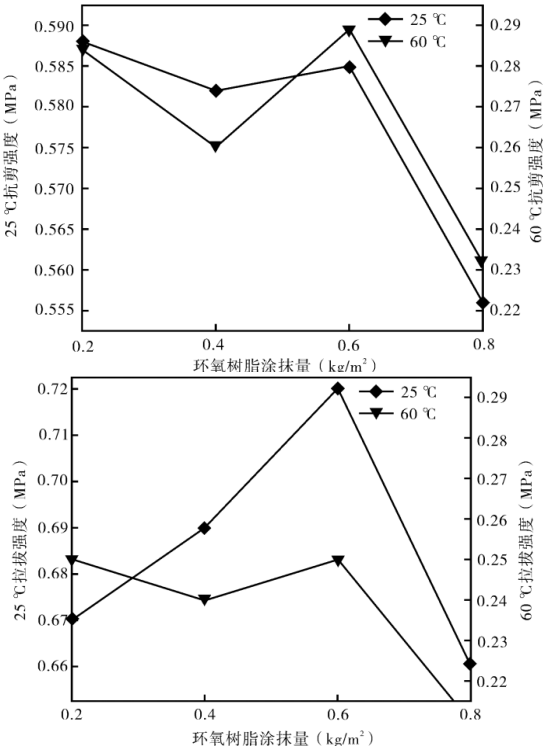


图 4 环氧树脂涂抹量对比图

所以，建议将环氧树脂的涂抹量控制在 0.2kg/㎡到 0.6kg/㎡之间，以保证较好的层间黏结性能。过大的涂抹量会导致黏结材料的过度饱和和自由黏结层厚度增加，进而削弱黏结强度。此外，需要注意在高温条件下，层间黏结性能容易降低，因此可能需要采取额外的措施来提高黏结性能的稳定性。

4 结语

上述系统研究了连续刚构桥面铺装结构的层间黏结性能及其影响因素。通过对材料性质、结构设计和施工工艺等方面的分析，我们深入探讨了这些因素对层间黏结性能的影响机制和相互关系。通过此次的研究，我们对连续刚构桥面铺装结构层间黏结性能的影响因素有了全面的认识。进一步的研究和探索将有助于优化设计和施工实践，提高桥梁结构的安全性、耐久性和可靠性。然而，需要指出的是，本研究还存在一些局限性，如样本数量和测试条件的限制等。未来的研究可以进一步扩大样本规模、深入探究其他影响因素，并开展更加全面和详细的实验与分析。期待这些努力能够为连续刚构桥面铺装结构的层间黏结性能提供更多的理论支持与实用指导，为桥梁工程的发展做出贡献。

[参考文献]

[1]李稳，秦立龙，潘登等. 不同冻融周期下钢桥面铺装结构环氧沥青黏结剂性能研究[J]. 四川水泥，2023(8)：201-203.
[2]叶文亚，王德结，张学文. 温度对钢桥面铺装结构中UHPC与沥青层黏结性能的影响[J]. 山东交通科技，2023(1)：21-23.
[3]刘璐霞，王立东，蒋婷婷. 钢桥面铺装结构层疲劳寿命预估模型和试验研究[J]. 合成材料老化与应用，2022，51(6)：65-67.
[4]徐富兴. 温度效应下钢桥面铺装结构应力分析[J]. 四川建材，2022，48(1)：138-139.
[5]郭桂林. 钢桥面铺装结构设计与施工方案优化[J]. 建筑技术开发，2021，48(21)：5-6.
[6]黄若昀，张辉，崔磊. 超高性能混凝土钢桥面铺装组合结构弯拉疲劳性能研究[J]. 交通科技，2021(4)：65-69.

作者简介：张远（1987.11—），毕业院校：长安大学，所学专业：道路与铁道工程，当前就职单位：陕西交通控股集团有限公司宝鸡分公司，职务：工作人员，职称级别：中级工程师。

Copyright © 2023 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

永兴一号隧道通风方案设计与施工

常冠星
中铁十四局集团青岛工程有限公司，山东 青岛 266000

[摘要]通风方案设计是隧道施工建设的重要环节之一，具有排出毒害气体，净化洞内空气，保障施工安全的重要作用。文中以永兴一号隧道为工程背景，针对不同的隧道入口设计了对应的通风方案，计算了隧道通风量，选取了通风设备，并对隧道内风机和风管的施工方案进行了探讨。文中的研究成果可为隧道的分区通风设计与研究提供参考。
[关键词]通风量计算；隧道通风；方案设计
DOI：10.33142/ec.v6i12.10371 中图分类号：U455.3 文献标识码：A

Design and Construction of Ventilation Scheme for Yongxing No.1 Tunnel

CHANG Guanxing
China Railway 14th Bureau Group Qingdao Engineering Co., Ltd., Qingdao, Shandong, 266000, China

Abstract: Ventilation scheme design is one of the important links in tunnel construction, which plays an important role in discharging toxic gases, purifying the air inside the tunnel, and ensuring construction safety. Taking the Yongxing No.1 Tunnel as the engineering background, corresponding ventilation schemes were designed for different tunnel entrances, the tunnel ventilation volume was calculated, ventilation equipment was selected, and the construction scheme of fans and ducts inside the tunnel was discussed. The research results in the article can provide reference for the design and research of zoned ventilation in tunnels.
Keywords: ventilation calculation; tunnel ventilation; conceptual design

引言

在隧道工程建设中，由于爆破、机械运转及开挖土层均会产生大量废气，对洞内空气造成严重的污染[1-2]。为了保障洞内施工人员的健康，必须采用适当的通风措施[3-4]。我国长大隧道通常修建斜井、竖井或平行导洞，采用压入式和巷道式相结合的通风方式[5-7]。

本文以永兴一号隧道为例，介绍隧道通风方案的设计和施工程序。该隧道位于广西境内环江至河池区间，设计时速 350km，为单洞双线隧道，进口里程 DK277+660，出口里程 DK287+790，中心里程为 DK282+725，隧道全长 10130m，进、出口均接路基工程。隧道内线路纵坡呈“人”型，进口至出口依次为，5940m 的 5‰上坡，3695.67m 的 18.7‰下坡，494.33m 的 6‰下坡。隧道采用“2 横+1 泄水洞”的辅助坑道施工方案。

在本文中，对隧道进行通风分区设计，进行了风量、风压的计算，以及根据风量进行了设备选型并提出了针对通风质量管理的安全技术措施，最终得到永兴一号隧道的通风方案。

2 通风布置方案

2.1 总体通风方案

按照隧道施工安排，永兴一号隧道共划分 4 个工区：永兴一号隧道进口、永兴一号隧道 1 号横洞、永兴一号隧道 2 号横洞、永兴一号隧道出口。

根据项目的施工方法和施工组织情况，通风方案为：①进口工区在第一个横通道贯通前采用压入式通风；正洞与泄水洞第一个横通道贯通后，采用巷道式通风。②永兴一号隧道 1 号横洞工区采用压入式通风。③永兴一号隧道 2 号横洞工区与出口工区贯通前采用压入式通风，贯通后采用巷道式通风。④永兴一号隧道出口工区采用压入式通风[8-10]。

2.2 通风布置

2.2.1 进口工区通风布置

隧道进口在第一个横通道贯通前采用“压入式”通风，在隧道进口洞口 30m 范围外，设置 2 台轴流风机，分别将接风管至正洞及泄水洞掌子面小于 15 米处，进行压入式通风，见图 1。

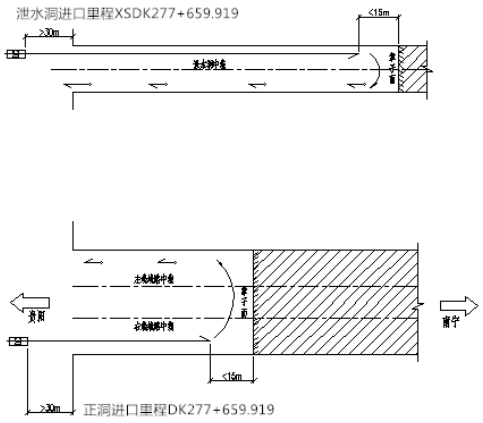


图 1 进口工区压入式通风平面布置图（工况 1）

在正洞与泄水洞第一个横通道贯通后，采用巷道式通风，见图 2。在隧道第一个横通道后方 20m 位置设置 2 台

Copyright © 2023 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

轴流风机，两条风管分别至泄水洞和正洞掌子面进行通风，为引导洞内通风流向，加大洞内风速，在正洞、泄水洞及横通道内分别设置 1 台射流风机，射流风机安装时方向应与隧道内通风流向相同，将污风经横通道从泄水洞排出。

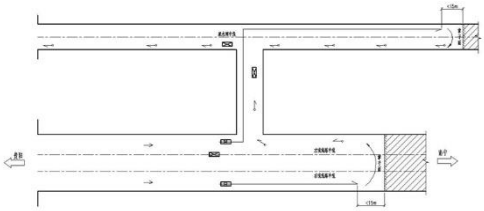


图 2　进口工区巷道式通风平面布置图（工况 2）

在正洞与泄水洞第二个（第 n 个）横通道贯通后，采用巷道式通风，见图 3。在隧道进口最前边横通道设置 2 台轴流风机，两条风管分别接至泄水洞和正洞掌子面进行通风；在正洞、泄水洞及横通道内分别设置 1 台射流风机。

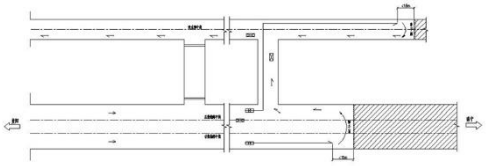


图 3　进口工区巷道式通风平面布置图（工况 3）

2.2.2.1 号横洞工区通风布置

1 号横洞开挖采用“压入式”通风方式。在 1 号横洞洞口 30m 范围外设置 1 台轴流风机，将风管接至 1 号横洞掌子面小于 15m 处，进行压入式通风，见图 4。

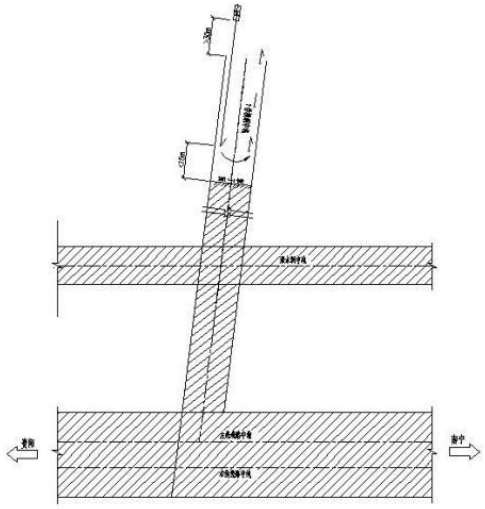


图 4　1 号横洞工区压入式通风平面图（工况 1）

1 号横洞工区泄水洞与正洞在第一个横通道贯通前，在 1 号横洞洞口 30m 范围外设置 2 台轴流风机，分别将接风管至正洞及泄水洞掌子面小于 15 米处，进行压入式通风；在正洞、泄水洞与 1 横通道交汇位置分别设置 1 台射流风机，以引导洞内通风流向，加大洞内风速，射流风机安装时方向应与隧道内通风流向相同，见图 5。

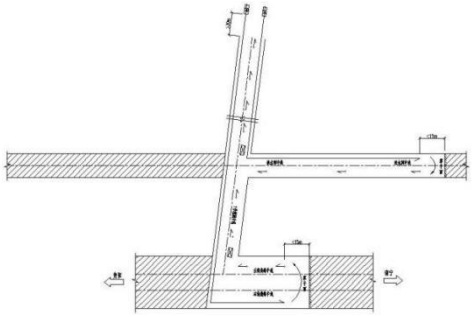


图 5　1 号横洞工区压入式通风平面图（工况 2）

1 号横洞工区泄水洞与正洞在横通道贯通之后，在 1 号横洞洞口 30m 范围外设置 2 台轴流风机，分别将接风管至正洞及泄水洞掌子面小于 15 米处，进行压入式通风；在泄水洞与横通道交汇设置 1 台射流风机，将横洞与正洞交汇位置风机向前移动至横通道后方，引导洞内通风流向，加大洞内风速，射流风机安装时方向应与隧道内通风流向相同，将污风经泄水洞从横洞排出，见图 6。

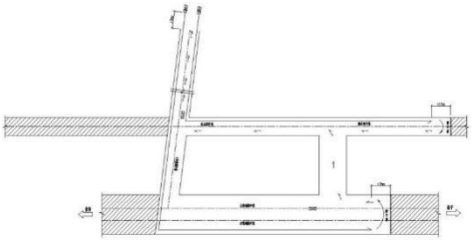


图 6　1 号横洞工区压入式通风平面图（工况 3）

1 号横洞工区泄水洞与正洞在第二个（第 n 个）横通道贯通之后，进口工区正洞与横洞工区正洞贯通前，正洞、泄水洞仍采用压入式通风。在 1 号横洞洞口 30m 范围外设置 2 台轴流风机，分别将接风管接至正洞及泄水洞掌子面小于 15 米处，进行压入式通风；在泄水洞与 1 横通道交汇设置 1 台射流风机，将第一个横通道位置风机向前移动至最前面横通道后方 20m 位置，在泄水洞内每隔 1000 米设置射流风机一台，引导洞内通风流向，加大洞内风速，射流风机安装时方向应与隧道内通风流向相同。不具备通风功能的横通道设置风门或帘幕，将污风经泄水洞从横洞排出。如图 7 所示：

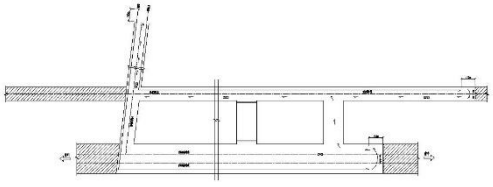


图 7　1 号横洞工区压入式通风平面图（工况 4）

1 号横洞工区反向开挖小里程泄水洞与正洞，在 1 号横洞洞口 30m 范围外设置 2 台轴流风机，分别将接风管至正洞小里程及泄水洞掌子面小于 15 米处，进行压入式通风；在正洞、泄水洞与 1 横通道交汇分别设置 1 台射流风机，以引导洞内通风流向，加大洞内风速，射流风机安装

Copyright © 2023 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

时方向应与隧道内通风流向相同。如图 8 所示：

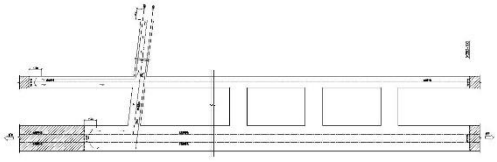


图 8　1 号横洞工区压入式通风平面图（工况 5）

1 号横洞工区反向开挖小里程泄水洞与正洞，在横通道贯通之后，进口工区正洞与横洞工区正洞贯通前，采取压入式通风，在 1 号横洞洞口 30m 范围外设置 2 台轴流风机，分别将接风管至正洞及泄水洞掌子面小于 15 米处，进行压入式通风；在正洞、泄水洞与横通道交汇分别设置 1 台射流风机，在泄水洞与 1 号横横交汇设置 1 台射流风机，以引导洞内通风流向，加大洞内风速，射流风机安装时方向应与隧道内通风流向相同。如图 9 所示：

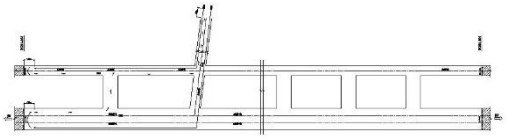


图 9　1 号横洞工区压入式通风平面图（工况 6）

2.2.3.2 号横洞工区通风布置

2 号横洞开挖采用“压入式”通风方式。在 2 号横洞洞口 30m 范围外设置 1 台轴流风机，将接风管至 2 号横洞掌子面小于 15 米处，进行压入式通风。如图 10 所示：

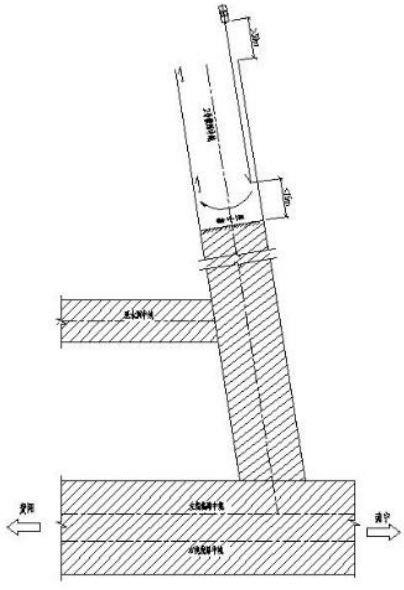


图 10　2 号横洞工区压入式通风平面图（工况 1）

2 号横洞工区泄水洞与正洞在第一个横通道贯通前，采取压入式通风，在 2 号横洞洞口 30m 范围外设置 2 台轴流风机，分别将接风管至正洞及泄水洞掌子面小于 15 米处，进行压入式通风；在泄水洞与 1 横通道交汇设置 1 台射流风机，以引导洞内通风流向，加大洞内风速，射流风机安装时方向应与隧道内通风流向相同。如图 11 所示：

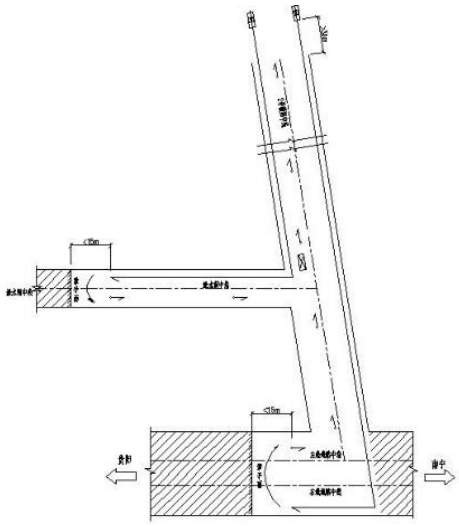


图 11　2 号横洞工区压入式通风平面图（工况 2）

2 号横洞工区泄水洞与正洞在第一个横通道贯通之后，出口工区正洞与横洞工区正洞贯通前，正洞、泄水洞仍采用压入式通风。在 2 号横洞洞口 30m 范围外设置 2 台轴流风机，分别将接风管至正洞及泄水洞掌子面小于 15 米处，进行压入式通风；在泄水洞与横通道交汇设置 1 台射流风机，在横通道与泄水洞、正洞交汇位置后方设置 2 台射流风机，引导洞内通风流向，加大洞内风速，射流风机安装时方向应与隧道内通风流向相同，将污风经泄水洞从横洞排出。如图 12 所示：

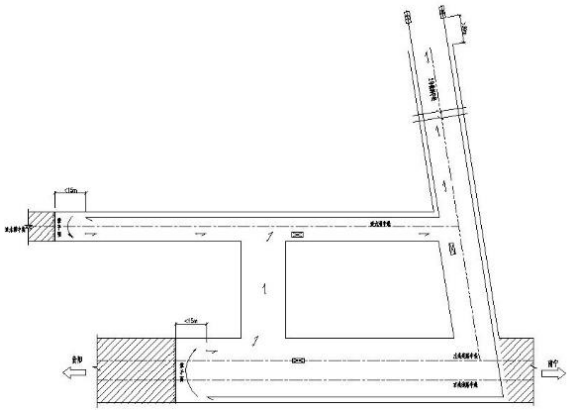


图 12　2 号横洞工区压入式通风平面图（工况 3）

2 号横洞工区泄水洞与正洞在第二个（第 n 个）横通道贯通之后，出口工区正洞与横洞工区正洞贯通前，正洞、泄水洞仍采用压入式通风。在 2 号横洞洞口 30m 范围外设置 2 台轴流风机，分别将接风管至正洞及泄水洞掌子面小于 15 米处，进行压入式通风；在泄水洞与 2 号横洞交汇设置 1 台射流风机，将横洞与正洞、泄水洞交汇位置风机向前移动至最前面横通道后方，引导洞内通风流向，加大洞内风速，射流风机安装时方向应与隧道内通风流向相同。不具备通风功能的横通道设置风门或帘幕，将污风经泄水洞从横洞排出。如图 13 所示：

Copyright © 2023 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

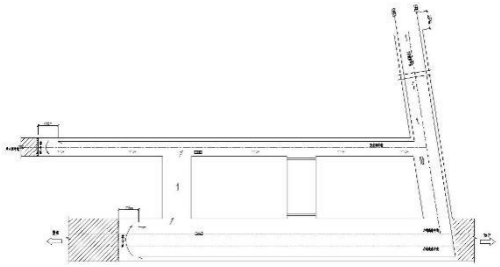


图 13 2 号横洞工区压入式通风平面图（工况 4）

出口工区正洞与 2 号横洞工区正洞贯通后，正洞、泄水洞采用巷道式通风。在正洞最前边横通道位置设置 2 台轴流风机，两条风管分别至泄水洞和正洞掌子面进行通风；为引导洞内通风流向，加大洞内风速，在正洞、泄水洞及横洞与泄水洞交汇内分别设置 1 台射流风机，射流风机安装时方向应与隧道内通风流向相同；不具备通风功能的横通道设置风门或帘幕，将污风经泄水洞从横洞排出。如图 14 所示：

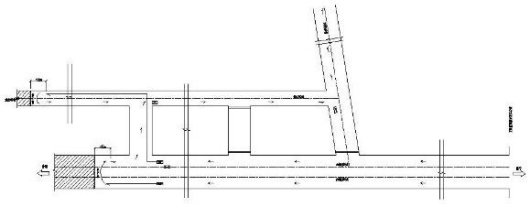


图 14 2 号横洞工区压入式通风平面图（工况 5）

2.2.4. 出口工区通风方案

出口工区隧道正洞采用压入式通风，在隧道进口洞口 30m 范围外设置 1 台轴流风机，分别将接风管至正洞及泄水洞掌子面小于 15 米处，进行压入式通风。如图 15 所示：

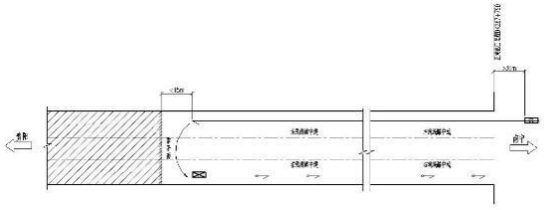


图 15 出口工区压入式通风平面图（工况 1）

3 通风计算与风机设计

3.1 需风量和工作风压计算

根据《高速铁路隧道工程施工技术规程》[11]要求，需风量可以从以下五个方面进行计算：排出炮烟需风量、洞内人员需风量、最低风速、排出机械废气需风量、风压，选取其中最大值作为隧道内需风量的标准[12-13]。

（1）排除炮烟需风量 Q1（m^3/min）

$$Q_1=\frac{2.25}{t}\sqrt[3]{A\times b\times S^2\times L^2\times K/P^2} \quad (1)$$

其中：t 为通风时间（min），取 30min；A 为爆破耗药量（kg），正洞取 431kg，泄水洞取 75.9kg；b 为 1kg 炸药有害气体生成量（L），取 40L；S 为巷道断面积（m^2），正洞取 125m^2，泄水洞取 22m^2；L 为巷道长度或临界长度（m）；K 为考虑淋水使炮烟浓度降低的系数，取 0.8；P=1/（1-L/100×P100）为巷道计算长度范围内漏风系数，百米漏风率 P100 控制在 2%以内。

长距离掘进时，炮烟在沿巷道流动过程中与巷道内的空气混合，在未到达巷道出口时已被稀释到允许浓度，从工作至炮烟已稀释到允许浓度处的距离称为临界长度，临界长度按下式计算：

$$L_{max}=12.5\frac{Ab\beta}{SP^2} \quad (2)$$

其中：β 为紊流扩散系数，由表 1 确定。

表 1 紊流扩散系数

1/2d	6.35	7.72	9.60	12.10	15.80	21.85
β	0.40	0.46	0.53	0.60	0.67	0.74

注：1 为出口至掌子面距离$4\sqrt{S}$，d 为风管直径，取 1.8m。

（2）洞内人员需风量 Q2（m^3/min）

$$Q_2=q\times k\times m \quad (3)$$

其中：q 为洞内每人每分钟所需新鲜空气，取 3m3/min；m 为洞内同时工作的最多人数，正洞取 80 人，泄水洞取 30 人；k 为风量备用系数，取 1.15。

（3）最低风速要求需风量 Q3（m^3/min）

$$Q_3=V\times S\times 60 \quad (4)$$

其中：V 为洞内允许最小风速（m/s），取 0.25m/s；S 为巷道断面积（m^2），正洞取 125m^2，泄水洞取 22m^2。

（4）排出机械废气需风量 Q4（m^3/min）

$$Q_4=K\times\sum N_iT_i \quad (5)$$

其中：K 为规定的单位需风量，取 3m^3/（min·kw）；Ni 为各内燃机功率（kW）；Ti 为同时工作柴油机设备利用率系数，考虑到车辆等待等因素，取 1.3。

（5）风压计算 h（Pa）

h=1.1×α×L×(Qmax/60)2/D5

其中：α 为风管摩阻系数，取 0.002352；L 为风管长度（m）；Qmax 为最大需风量（m^3/min）；D 为风管直径（m），取 1.8m。

（6）各工作面最大独头通风距离、百米漏风率 P100、最大风量见表 2。

3.2 通风设备选择及布置

各型号风机技术参数见表 3。

表 3 风机技术参数表

风机型号	风量	风压	高效风量	最大配用电机功率
	（m^3/min）	（Pa）	（m^3/min）	（KW）
SFD（B）-No11.5	1171～2281	727～4628	1863	75×2
SFD（B）-No14	2113～4116	1078～6860	3361	160×2

Copyright © 2023 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

表 2 永兴一号隧道工作面风量

位置	最大独头通风长度（m）	百米漏风率 P100（%）	Q1（m^3/min）	Q2（m^3/min）	Q3（m^3/min）	Q4（m^3/min）	Qmax（m^3/min）
进口工区正洞	3154	2	1954	276	1875	2761	2761
进口工区泄水洞	3340	2	242	104	330	1381	1381
1 号横洞工区正洞	2610	2	1722	276	1875	2761	2761
1 号横洞工区泄水洞	2610	2	206	104	330	1381	1381
2 号横洞工区正洞	3655	2	2156	276	1875	2761	2761
2 号横洞工区泄水洞	4195	2	282	104	330	1381	1381
出口工区正洞	1190	2	1021	276	1875	2761	2761

（1）压入式通风轴流风机的选择：根据计算结果及风机技术参数，各工点压入式通风轴流风机配置见表 4。

表 4 永兴一号隧道风机配置

工区	设备名称	型号	数量	备注
进口工区正洞	轴流风机	SFD(B)-No14	1 台	2×160kW
	风管	Φ1.8m	3200m	百米漏风率 2%
进口工区泄水洞	轴流风机	SFD(B)-No12.5	1 台	2×75kW
	风管	Φ1.8m	3350m	百米漏风率 2%
1 号横洞工区正洞	轴流风机	SFD(B)-No14	1 台	2×160kW
	风管	Φ1.8m	2610m	百米漏风率 2%
1 号横洞工区泄水洞	轴流风机	SFD(B)-No12.5	1 台	2×75kW
	风管	Φ1.8m	2610m	百米漏风率 2%
2 号横洞工区正洞	轴流风机	SFD(B)-No14	1 台	2×160kW
	风管	Φ1.8m	3660m	百米漏风率 2%
2 号横洞工区泄水洞	轴流风机	SFD(B)-No12.5	1 台	2×75kW
	风管	Φ1.8m	4200m	百米漏风率 2%
出口工区正洞	轴流风机	SFD(B)-No14	1 台	2×75kW
	风管	Φ1.8m	1200m	百米漏风率 2%

（2）巷道式通风洞内的轴流风机选择：其功率要求相对较低，因此选用型号为 SFD(B)-No11 轴流风机，功率 2×75kW。

（3）射流通风机选择：根据经验并结合断面大小考虑，排出污浊空气的 1#泄水洞和 2#泄水洞，一般 500m 布置一台；进入新鲜空气的正洞，一般 1000m 设置一台。射流风机配置见表 5。

表 5 射流通风机配置

位置	最大配用电机功率（KW）	数量
进口工区正洞	55kW	3
进口工区泄水洞	55kW	7
1 号横洞工区正洞	55kW	3
1 号横洞工区泄水洞	55kW	5
2 号横洞工区正洞	55kW	4
2 号横洞工区泄水洞	55kW	8
出口工区正洞	55kW	1

4 风机、风管的安装

4.1 风机安装

（1）风机基座应稳固结实，避免运行中振动，风机出口处设置加强型柔性管与风管连接，风机与柔性管结合处应多道绑扎，减少漏风。

（2）通风机安装位置应与洞口保持 30m 距离。

4.2 风管安装

（1）风管必须有出厂合格证，使用前进行外观检查，保证无损坏，黏接缝牢固平顺，接头完好严密。

（2）挂设风管要平、顺、直。在斜井作业时，先由技术员放出风管位置，并每隔 5m 标出位置，然后用电钻钻眼，安置膨胀螺栓；在正洞作业时，衬砌地段根据衬砌模板缝每 5m 标出螺栓位置，未衬砌地段，先由技术员在边墙上标出水平位置，然后用电钻钻眼，安置膨胀螺栓。

（3）洞内由于空间有限且风管半径较大，为了防止风管布下垂影响行车，可每 5m 增设 1 个采用扁钢制作的圆环悬挂风管布，并用紧线器张紧 8 号镀锌铁线后，风管吊挂在拉线下。

（4）正洞内风管通过衬砌台车及挂板台车时，采用 1mm 厚钢板制作成直径 1m 的硬风管，固定在衬砌台车上，其两端设凹槽，软风管套在硬风管上，用废旧轮胎内胎制作成胶带，捆绑在凹槽部位。由于软质风管不利于在转弯处长期使用、维护，因此要求在转弯处设置硬质风管，硬质风管按照每侧 3 米设计，总共 6 米长。

（5）风管安装悬吊要稳固，悬挂高度一致，要求每 10m 挠度不大于 150mm，轴向偏差每 100m 不大于 300mm。为克服长期使用风管疲劳造成的长度延伸、挠度增大，每月进行一次系统检查，每 300m 为一个检查调整段，风管拉紧后去除多余部分，增设钢圈接头，捆绑牢固。

（6）风管末端安装 60m 范围采用旧风管，风管出口距工作面小于 15m。

5 结论

本文以永兴一号隧道为案例，对其进行通风方案设计。首先根据施工安排将隧道划分四个工区，并对每个工区分别进行通风平面布置；接着，计算了隧道内需风量以及工作风压，并根据计算结果选取了通风设备；最

Copyright © 2023 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

后，提出了风机和风管的施工方案。合理进行通风平面布置并设计合适的通风设备，对隧道通风的安全和经济性具有重要意义。

[参考文献]

[1]方勇,彭佩,赵子成等.风管出口位置对隧道施工通风效果影响的研究[J].地下空间与工程学报,2014,10(2):468-473.
[2]周洋,赵宇,张志强,等.隧道通风管道布置参数对瓦斯运移特性的影响[J].科学技术与工程,2021,21(29):9.
[3]曾志斌,曾卓.铁路瓦斯隧道运营通风与监控联动研究[J].工程技术研究,2022,4(1):12-13.
[4]郭志杰,何际军,张灿程,等.金门特长公路隧道通风方案比选研究[J].隧道建设(中英文),2019,39(21):321-326.
[5]崔柔柔.翠云山特长隧道通风竖井设计与施工方案[J].北方交通,2023(2):87-91.
[6]冯晓卫,瞿家繁.从黑山南北高速看欧洲公路隧道通风关键参数对比研究[J].公路,2021,66(5):4.
[7]周健,邹逸伦,徐汪豪等.米仓山公路隧道出口段施工通风方案设计[J].中外公路,2020,40(3):199-204.
[8]霍滨.兰州地铁 1 号线下穿黄河区间隧道通风竖井施工方案研究[J].施工技术(中英文),2022,51(13):6.
[9]谢文红,叶盛,李成,等.浙江杭绍台高速公路特长隧道通风与排烟系统设计与实践[J].交通节能与环保,2022(1):018.
[10]蔡厚强,王建,任光远,等.乐红特长隧道通风系统设计及运营优化研究[J].路基工程,2022(2):000.
[11]任卫英.太行山隧道通风系统需风量优化[J].山西交通科技,2023(1):96-99.
[12]银建伟,申铁军.某公路隧道通风风压计算与施工布置[J].交通科技与管理,2023(7):0106-0108.
[13]李旭,陈晓利,李远哲,等.火灾工况下公路隧道通风智能控制模型研究[J].公路交通技术,2022,38(6):156-162.

作者简介：常冠星（1986.9—），毕业院校：山东科技大学，所学专业：土木工程，当前就职单位：中铁十四局集团青岛工程有限公司，职务：部门负责人，职称级别：工程师。

Copyright © 2023 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

钻孔灌注桩施工技术在道桥施工中的应用探究

王海燕
新疆北新路桥集团股份有限公司，新疆 乌鲁木齐 830000

[摘要]随着我国经济的快速发展，国家对基础设施建设的投入力度越来越大，道路桥梁工程作为基础设施建设的重要组成部分，对整个国家经济的发展和人民生活水平的提高起到了至关重要的作用。钻孔灌注桩施工技术作为道路桥梁工程中最常见的施工技术之一，对整个工程的质量和安全性起到了决定性作用。在本篇文章中，主要介绍了钻孔灌注桩施工技术在道桥工程中的应用优势以及施工准备工作，分析了钻孔灌注桩施工过程中的各个环节和注意事项，希望能够对相关单位和人员提供一定的参考价值。

[关键词]钻孔灌注桩施工技术；技术运用；道桥施工；施工策略
DOI：10.33142/ec.v6i12.10340 中图分类号：TU4 文献标识码：A

Exploration on the Application of Bored Pile Construction Technology in Road and Bridge Construction

WANG Haiyan
Xinjiang Beixin Road and Bridge Group Co., Ltd., Urumqi, Xinjiang, 830000, China

Abstract: With the rapid development of Chinese economy, the country's investment in infrastructure construction is increasing. As an important component of infrastructure construction, road and bridge engineering has played a crucial role in the development of the entire national economy and the improvement of people's living standards. The construction technology of bored pile, as one of the most common construction techniques in road and bridge engineering, plays a decisive role in the quality and safety of the entire project. In this article, the application advantages and construction preparation work of bored pile construction technology in road and bridge engineering are mainly introduced. The various links and precautions during the construction process of bored pile are analyzed, hoping to provide a certain reference value for units and personnel.

Keywords: construction technology of bored pile; technology application; road and bridge construction; construction strategy

引言

随着社会的不断进步和发展，道路桥梁工程建设也取得了一定的成绩，我国道路桥梁工程的建设规模不断扩大，这对道桥施工技术提出了更高的要求，钻孔灌注桩施工技术是我国道桥工程建设中比较常用的一种施工技术，并且在实际应用过程中取得了良好的效果。由于钻孔灌注桩施工技术在道桥工程中应用时间比较长，因此在具体应用过程中，如果不能保证施工质量，就会对整个道桥工程造成不良影响[1]。

1 钻孔灌注桩施工技术分类

1.1 回转钻机成孔

回转钻机成孔，也叫旋转成孔、正倒循环成孔，是利用普通的地质钻机，在泥浆护壁的情况下，缓慢地进行钻孔，利用泥浆将沉渣清除成孔，再将其注入到混凝土中，是我国使用最广泛的一种成桩方式。

特性：适用于不同的地层、不同的口径、不同的钻孔深度，具有良好的护墙作用，钻孔质量稳定；在工程中不产生噪声、振动和压力；该技术具有施工简便、施工简便、造价低廉等优点，但存在着钻孔速度缓慢、生产率低下、耗水多、产生大量的污泥、对周围的环境造成严重的污染等问题。

应用领域：黏性土壤，含少量碎石，卵石的土壤，松软的土壤。

①采用正循环钻孔法；正循环就是利用泥浆泵，在一定的压力下，通过中空钻杆的顶端，从钻头的下方喷射出来，在钻头的转动下，钻头会将泥土击碎，变成碎屑。这些碎屑被泥土包裹着，随着泥浆的升高，它们会随着泥土的升高而流出到外面的泥浆槽中，在沉降池中进行沉淀和纯化，然后回收利用。

特点：具有排屑性能差、转速低、对钻具的损耗大等优点，但其技术相对简单、易于施工、造价低廉。

适用范围：黏土，亚黏土，粉砂，卵石层，基岩

②反循环钻孔法。反循环钻法即将钻渣从孔口排出，然后用真空泵等其他手段（例如：抽泥机等）将钻渣经钻芯从钻杆顶端抽走，或者与钻头一起进入，把钻头底部的钻渣抽出来。

特点：反循环钻机的排渣性能相对较好，但其技术相对较为繁琐，如果处理不好，极易出现塌方和埋层，其造价也相对较高。

应用：与正循环相同。

1.2 旋挖钻机钻孔

旋挖钻孔灌注桩是近几年来迅速发展起来的一种新

Copyright © 2023 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

的成孔方式。

其工作机理：利用钻机的旋转、削土、提升、卸土重复进行的过程形成孔，最大的孔径可以达到1.5～4m，最大深度可以达到60～90m，能够很好地适应各种类型的地基[2]。

特蒂安：功率大，钻孔速度快，移动方便，定位准确，工效高，施工质量好，粉尘和泥浆污染小。

适用：砂土，黏土，粉质土及其他土壤。

1.3 冲击钻机钻孔

目前，在成钻中常用的是十字形钻，也有管型。适用于各类地质条件下的成孔，在工程建设中，通常都是采取隔行跳打的方式，在进行相邻孔位钻孔时，要等混凝土的强度提高到2.5 MPa以后，才能开始钻孔。

表1 适用范围比较

钻孔方法		适用范围		
		土层	孔径(cm)	孔深（m）
回转钻机	正循环	黏性土、粉砂、细、中、粗砂，含少量砾石、卵石（含量少于20%）的图、软岩	80-250	30-100
	反循环	粘性土、砂类土、含少量砾石、卵石（含量少于20%,粒径小于钻杆内径2/3）的土、软岩	80-300	用真空泵＜35，用空气吸泥机可达65，用气举式可达120
冲击钻机		黏性土、砂类土、砾石、卵石、漂石、软岩、硬岩、冻土	60-200	50
旋挖钻机		黏性土、砂类土、含有少量砾石、卵石的土、软岩、冻土	50-300	Su-90

2 钻孔灌注桩施工技术在道桥施工中的应用要点

2.1 钻孔灌注桩施工前的准备

在掌握道桥结构特点和地域环境的基础上，制订出一套适合于桥梁工程中的钻孔灌注桩的设计方案，这是施工前的重要一步，主要有三项工作。

①建设单位要了解梁桥梁的水文、地形等方面的信息，根据桥梁的特点，制定出较为合理的桥梁工程建设计划。

②制订公路、桥施工管理办法，应包含施工过程中的各项规章制度，如施工过程中的文明施工、突发事件应急处理等[3]。

③对量测设备进行校正与校验，对工程周边的排水渠道、水源等情况进行详细调查，这也是是否能够符合公路大桥施工的基本要求。此外，施工人员还要对所用的原材料进行仔细地挑选，并对有关的机器和装备进行仔细的检验，做好各项准备工作，才能保证工程的成功。

2.2 道路桥梁钻孔灌注桩的施工流程

①配制钻孔泥浆：在进行钻探前，必须事先配制好钻孔泥浆，这也是钻探施工的一项重要工作。钻孔泥浆主要由黏土、碱、膨胀土和碳酸钠即小苏打等原料组成，由技术人员将其配制为钻孔泥浆，并依据施工现场的土壤物理和化学性质，以备后用。与此同时，在摸清施工地的地质特征和工程需求之后，通过对其进行合理的比例计算，给出了一系列的工艺参数，例如，在进行钻孔工作时，必须要按照上述的工艺参数进行施工工作，例如，对钻机的放置和定位等。另外，在钻孔之前，先要由技术人员将钻孔的计划上报到监理单位，经批准后方可进行钻探工作。

②钻孔作业的控制：当钻具位置和钻孔泥浆符合要求后，就要进行钻孔的过程，这个阶段的重点在于如何保证钻钻操作的质量，主要分为四个步骤。首先要选择合适的钻具，将其设计成钻头的前角为30°，锥形角为120°。施工前，技术人员应再次对钻头的焊接情况进行再次检验，并进行补强。其次，应重新确定钻孔泥浆的浓度、黏性，并针对施工现场的构造状况进行相应的调节。例如遇到松软的地层，要加大钻孔泥浆的黏性、浓度，并要适量减少钻孔泥浆中的含砂量，提高钻孔泥浆的胶状性质。第三，要注意保护好护管内水位，定期查看泥浆的黏性以及浓度的改变状况，通常每隔2个小时进行一次，并视具体的条件进行调节。第三，在钻孔期间，需要将钻杆延长，在此阶段，要确保钻头彻底停转，然后再进行钻具的加长对接，同时要对泥浆的循环状况及时机进行科学控制，减少后续的成孔工作[4]。

③钻孔的清孔工作：钻孔的清孔工作其实分为两个阶段，一是当孔深达到一定的深度时，停止清孔，通常是从设计深度4 m处进行一次清孔。其主要目标是用泥浆置换钻进地层钻渣，清除杂质。在保证钻孔泥浆密度、砂化率、胶化率等指标的前提下，为下一步施工打下坚实的基础。第一次清孔实质上是为了铺设钢筋笼而进行的预备工作，也是整个清孔工作中的一个重要步骤。安装完钢筋笼后立即进行二次清浆，其中包含了导管的接头，应适时加上密封环，拧紧等。在进行施工场地的检查，确认没有问题以后，就可以用水进行冲洗，这是一次全面的钻孔作业，为以后的钻孔作业作好基础和工艺上的准备，对提高钻孔的质量起到了积极的作用。

④清理完后的钢筋焊接：清理完之后，要进行钢筋笼安装，即对钢筋进行焊接。这一步很重要，因为它关系到整个桩基的强度，也关系到整个工程的成功与否。钢筋笼的施工是一项繁重的工程，施工时应谨慎细致。通常情况下，为了保证每一次焊接的质量，必须采取双面焊接的方法。在进行钢筋笼提升前，为防止其产生扭曲，无法达到其设计承载力，且为了防止钢筋笼的变形破坏井壁，在进行施工时，通常采取二次吊装的方式，而不是一次性完成。因此，在对钢筋笼进行吊装的同时，应对其进行实时监测，避免其产生“上下不正”现象，从而对钢筋笼的刚度与支撑能力产生不利的影响。

⑤成桩：成桩是整个工程的最终阶段，这个阶段的灌注好坏直接关系到整个工程的承载力和抗震性。在施工中应把握好下列几个关键问题：①对浇筑用砼的原料进行严

Copyright © 2023 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

格控制。在开始浇筑前，技师要对砼原料进行检验，以保证砼原料的配合比满足规范，避免因原料引起的质量问题。②对砼的拌和时间进行严格的控制，使砼能够充分地混合；③在灌注时，要防止周边围护结构与钢筋笼发生过大的矛盾，保证灌注桩的沉陷量，保证桩身的强度。

2.3 道桥桥梁钻孔灌注桩施工技术的难点分析

①防止钢骨架上浮的施工技术。在钻孔灌注桩施工过程中，由于在进行注浆时混凝土和管道的存在，导致了钢骨架的上浮，从而导致了整个结构的上浮。因此，在安装钢架时，应该使用足够数量的混凝土块对钢架进行挤压，同时要尽可能地将管道插入孔的中部。

②针对灌浆过程中出现的气塞现象，在灌注过程中，由于水流的流速比较慢，所以在管道内的气体被挤压之后，就会出现气堵的情况，所以在进行注浆时，一定要将注浆部位尽可能地朝管道一侧倾斜，这样才能将管道内的空气排出。另外，也可以在管道的出口处选择带滤网的钢管，这样才能达到通风的作用[5]。

③实用性较强的埋管技术。在钻孔灌注桩的施工过程中，埋管是一个非常关键的步骤，由于导管不能从混凝土中取出，很大一部分都被埋在了混凝土中。加上混凝土的强大摩擦，管子很难被硬生生地拔出来，因此在施工过程中很容易发生管子断裂的现象。建设单位要为工程建设提供必要的技术支撑，采取必要的防范措施。首先应对埋设管道的埋设厚度进行严格的限制，不能超过 6～8m。在进行注浆的过程中，要使用振动棒进行振捣，这样才能保证混凝土的充分和均匀的搅拌。另外，在注浆的过程中，要仔细地对导管连接部位的螺栓进行检测，不能出现由于螺栓的松动而导致的管子掉落的情况。在已有管道埋设的条件下，严禁在施工期间用力拉出管道，否则容易造成管道破裂。对于未硬化的管道，可以使用千斤顶进行试拉，也可以将护筒伸入混凝土中，将里面的混凝土抽出来，然后将小护筒拔出来，然后再进行注浆，最后通过注浆加固[6]。

④混凝土在水中浇筑。由于搅拌桩中易产生离析，合理的配合比可以降低分离度。根据中粗砂、石料规格、含水率、水泥种类等因素，合理调节施工所需的配合比，从而确保各桩配合比符合作业要求。在拌和之前，要对混合料进行检查，并对其进行有效性检验，确保资料的准确。在试验过程中，要有严密的试验组织、测量、制造管理措施。混凝土在水中应该具有的技术指标。混凝土原材料：对进场原材料的品质要进行认真的检验，对成桩的质量有很大的保障作用，如有与质保书不相符的，要及时抽样检验，禁止采用非合格品进行灌注桩的施工。混凝土的终凝时间：混凝土的初凝时间为 3～5 小时，只有在浅钻孔和小直径的情况下才能进行，较深的则要 5～7 个小时才能完成，所以要加入缓凝剂来延长至 8 小时。混凝土拌和的时机和方式：将水泥、砂等按一定比例装入漏斗中，这个过程可以视具体条件进行调节，并将其控制在 60～90 秒之内。坍落度的选取：为避免在施工过程中出现夹泥、堵管和断桩等情况，对影响混凝土强度有重要影响的混凝土坍落度和搅拌时间需进行严格控制，混凝土的坍落应该在 18～20cm 以内，并要经常掌握混凝土表面高程和管道埋设的深度，如果温度比较高，挖孔要更深一些，管道的直径要控制在 250 毫米以内，否则就会出现相反的情况[7]。

3 结论

综上所述，在道桥工程的施工过程中，钻孔灌注桩作为基础施工的主要方式，其在施工质量上具有很大的影响。在实际施工中，钻孔灌注桩施工技术的应用会受到多种因素的影响，并且这些因素往往会成为施工质量的重要影响因素。因此，在实际施工过程中，需要对影响钻孔灌注桩工程质量的因素进行分析，并制定相应的解决措施。本文对道桥工程施工过程中钻孔灌注桩技术应用进行了分析，并提出了相应的解决措施，以期提高钻孔灌注桩技术在道桥工程中的应用质量和效率。

[参考文献]

[1]杨益.建筑旋挖钻孔灌注桩施工技术要点及控制措施[J].中华建设,2023(10):137-139.
[2]王更贵.钻孔灌注桩施工技术在水利施工中的应用[J].黑龙江水利科技,2023,51(8):120-122.
[3]陈振刚.喀斯特地区公路桥梁钻孔灌注桩施工技术分析[J].工程技术研究,2023,8(16):46-48.
[4]韩帅,李伟超,苗春林.复杂地质下超大钻孔灌注桩施工关键技术的应用分析[J].城市建设理论研究(电子版),2023(23):113-115.
[5]贺淑萍.探究钻孔灌注桩技术在道桥工程施工中的应用[J].四川建材,2021,47(8):141-142.
[6]范传伟.钻孔灌注桩技术在道桥工程施工中的应用分析[J].运输经理世界,2020(16):81-82.
[7]刘宝军.钻孔灌注桩技术在道桥工程施工中的应用研究[J].科学技术创新,2020(22):133-134.
[8]杨凤银.钻孔灌注桩技术在公路桥梁施工中的应用研究[J].交通科技与管理,2023,4(19):119-121.
[9]包聪.钻孔灌注桩技术在桥梁施工中的应用分析[J].中华建设,2023(4):108-110.
[10]包锦普.钻孔灌注桩施工技术在公路桥梁施工中的应用[J].运输经理世界,2023(11):61-63.

作者简介：王海燕（1987.3—），女，新疆塔里木大学，生物技术，新疆北新岩土工程勘察设计有限公司，工程管理部职员，工程师。

Copyright © 2023 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

青岛泉心河水库面板及附属结构施工优化技术措施

韩振方
中国水利水电第十一工程局有限公司，河南 三峡 472000

[摘要]面板堆石坝的面板混凝土施工工序包括上游固坡处理、表层止水施工、混凝土浇筑等，是一个全过程的质量管理控制过程，青岛泉水河水库面板堆石坝在面板及附属结构工程施工过程中采取了趾板上游破碎岩层斜坡面加固处理、大坝上游固坡面两油两砂即时碾压装置、大坝填筑防脱空灌浆管系统、半成品铜止水卷材支撑旋转装置、大坝面板的混凝土浇筑入仓装置等施工技术优化改进措施。实践表明，以上技术优化措施的应用促进了施工进度，有效的实现了质量、安全、进度的同步开展，希望为类似工程施工提供借鉴。

[关键词]面板堆石坝；面板混凝土及附属结构；优化措施
DOI：10.33142/ec.v6i12.10373 中图分类号：TV542 文献标识码：A

Optimization Technical Measures for Construction of Panel and Auxiliary Structures of Qingdao Quanxinhe Reservoir

HAN Zhenfang
Sinohydro Bureau 11 Co., Ltd., Sanxia, He'nan, 472000, China

Abstract: The construction process of panel concrete for face rockfill dams includes upstream slope reinforcement, surface water stop construction, concrete pouring, etc. It is a quality management and control process throughout the entire process. During the construction process of the Qingdao Quanshuihe Reservoir panel rockfill dam and its ancillary structures, construction technology optimization and improvement measures were taken, including reinforcement of the upstream broken rock slope surface of the toe slab, instant rolling device for two oil and two sand on the upstream fixed slope surface of the dam, anti void grouting pipe system for dam filling, semi-finished copper sealing roll support rotating device, and concrete pouring and warehousing device for the dam panel. Practice has shown that the application of the above technical optimization measures has promoted construction progress and effectively achieved the synchronization of quality, safety, and progress, so as to provide reference for similar engineering construction.

Keywords: concrete face rockfill dam; panel concrete and ancillary structures; optimization measures

引言

泉心河水库改建工程主体建筑物包括大坝、溢洪道、输水管、放水管。其中大坝采用混凝土面板堆石坝型式，最大坝高为90m。混凝土面板顶部厚度取0.3m，渐变至面板底部，厚度为0.53m。垂直缝12m（6m），水平缝由渡汛、施工要求确定。面板混凝土强度等级采用C30；抗渗等级不低于W10；抗冻等级不低于F200；水泥为42.5MPa普通硅酸盐水泥；二级配混凝土。混凝土面板采用单层双向钢筋，顺坡向配筋率为0.4%，水平向配筋率为0.3%，钢筋置于面板中部。

大坝面板在坝体填筑完成，并经3～6个月的沉降后施工（月沉降量小于5mm/月）。大坝面板混凝土采用从中部向两岸跳仓浇筑，采用2套无轨滑模施工，每套滑模采用2台10t慢速卷扬机拉动，8～10m^{3}混凝土搅拌车水平运输，溜槽入仓。在面板及附属结构工程施工过程中，为了促进施工质量、安全、进度的同步开展，采取了趾板上游破碎岩层斜坡面加固处理、大坝上游固坡面两油两砂即时碾压装置、大坝填筑防脱空灌浆管系统、半成品铜止水卷材支撑旋转装置、大坝面板的混凝土浇筑入仓装置等施工优化和技术改进措施。

1 面板混凝土及附属结构施工优化措施

1.1 趾板上游破碎岩层斜坡面加固处理

面板堆石坝趾板上游存在岩体裂隙发育，呈现不规则形态，大部分为张开裂隙，岩体被切割成小块体，加上风化作用，岩体呈破碎状，存在较大的安全隐患和质量隐患。施工期存在岩块掉落伤人，蓄水期容易受到水位涨落变化，造成岩块掉落砸伤趾板和面板混凝土。

常规的面板堆石坝坝前破碎岩层斜坡面处理方法是将斜坡段破碎岩层设置直立挡墙进行混凝土填充防护；操作架体搭设量大，混凝土浇筑量大，且位于高处斜坡趾板面上游，既不经济，也不安全。

在本工程中，采用了面板堆石坝趾板上游破碎岩层斜坡面加固处理方法，包括以下步骤：（1）墙底和岩体之间锚固：在墙底和岩体之间采用锚杆进行法线方向锚固；采用HRB400级直径25mm锚杆；锚杆总长度2m，外露长度1m，采用“先注浆，后安装锚杆”的方式；注浆采用M20水泥砂浆。（2）施工混凝土贴坡C25挡墙：随坡面坡度及高度分层施工混凝土，形成台阶式贴坡挡墙；分层高度为1.8m，台阶宽度为2m。（3）顶部防护网覆盖，不易设置台阶的部位，

Copyright © 2023 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

采用主动防护网覆盖包裹在所需防护斜坡岩体上。

与传统技术相比，本方法具备以下有益效果：（1）有效的解决了在高处斜坡趾板面上游破碎岩层不利条件下的施工问题；（2）既能保证斜坡破碎岩体的整体稳定性，还能减小施工难度，同时还节省了混凝土浇筑量和操作架体搭设量。

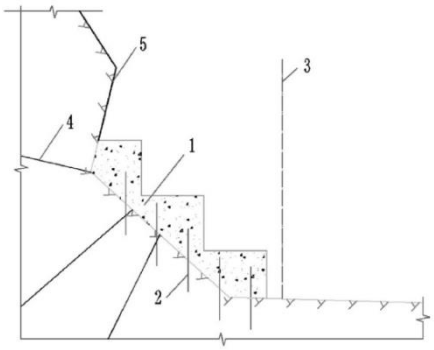


图 1　图为该方法的示意图

图中编号表示：1 贴坡挡墙；2 锚杆；3 趾板上游边线；4 节理裂隙；5 主动防护网

1.2 大坝上游固坡面两油两砂即时碾压装置

传统的面板堆石坝上游固坡面两油两砂碾压设备（建筑装修用的滚筒）虽然起到了碾压压实的作用，但施工过程中存在一些缺点，主要有：由于大坝上游面碾压面积较大，而传统碾压设备接触面积较小，加上单纯依靠人工进行碾压很难保证两油两砂碾压的均匀性和连续性，达不到碾压的预期效果，施工质量得不到保证，且大坝上游面坡度一般较陡，当乳化沥青油喷洒后，砂料很难及时粘附于沥青油表面，造成大量砂料随坡面滚落，不仅浪费砂料，而且洒砂厚度不均匀，需人工进行二次修整清理，影响现场施工进度。

为解决以上问题，在本工程中采用了一种可有效提高碾压施工的均匀性和连续性的应用，具体方案是应用于大坝上游固坡面两油两砂即时碾压装置，包括碾压碾、设置在碾压碾两侧的辐轴、转动套设在辐轴上的环套、连接在环套上的操作台车及连接操作台车的牵引机构，碾压辗设置在背离牵引机构一侧，碾压幌中空且内部填充有配重介质。本结构简单，可实现两油两砂边洒边压的效果，不仅增大了接触面面积，同时也避免了因人为因素导致的碾压不到位，保证了大坝上游固坡面两油两砂碾压施工的均匀性和连续性。

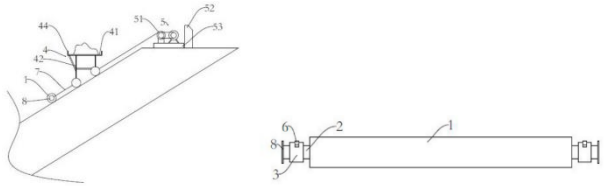


图 2　为该方法的示意图

图中编号表示：1 碾压轮；2 辐轴；3 环套；4 操作台车；5 牵引机构；6 连接吊耳；7 牵引绳；8 挡板。

1.3 大坝填筑防脱空灌浆管系统

混凝土坝所产生的裂缝，绝大多数都是表面裂缝，但其中一部分面板底部因大坝沉降后挤压边墙与垫层料之间脱空，造成后来会发展成为几十米深的深层裂缝或贯穿裂缝，影响结构的整体性和耐久性，危害很大。

垫层料位于混凝土面板的下部，特性是低压缩、高抗剪，作用是辅助防渗，除对面板起支撑和整平作用外，还起到第二道防水线的作用，面板或接缝万一漏水时，可限制渗流量，并能起反滤作用，截流随渗透水流带入缝中的泥沙，使缝隙淤塞而自愈。同时在面板和垫层料之间为保证垫层料的设计坡度及平整度，设置混凝土挤压边墙进行固坡处理。垫层料的质量不仅直接关系到面板和坝体的运行性能，而且也关系到施工渡汛的安全，因此在面板坝的堆石料中，垫层料的级配要求最为严格。

目前，已知有堆石坝中在混凝土面板和堆石坝坝体垫层料之间设置灌浆管路的方法，其灌浆管路沿坡面自上而下设置，但脱空区域往往并非沿坡道形成的纵向脱空，导致灌浆管的设计利用率较低，而且，沿坡面设置的灌浆管还存在回浆的问题，需要设置专用的回浆管路，处理难度和成本较高：而且，灌浆管自身受到沉降影响，也容易随沉降下陷，造成灌浆管受损，无法灌浆。

为解决大坝经沉降期后，挤压边墙和垫层料之间容易形成脱空现象的问题，本工程采用了一种施工简化、灌浆管利用效率更高、灌浆效果更好地应用于大坝填筑防脱空的灌浆管系统和施工方法。技术方案是一种应用于大坝填筑防脱空灌浆管系统，包括垫层料、挤压边墙和灌浆管，所述挤压边墙铺设于所述垫层料的边坡处，所述挤压边墙的内侧墙根处沿高度布置有若干条所述灌浆管，每条所述灌浆管水平铺设，每条所述灌浆管的侧壁上沿铺设方向设置若干灌浆孔，每条所述灌浆管的两端伸出挤压边墙设置，每条所述灌浆管的两端开口为灌浆进口。

本方法以下优点：（1）由于灌浆管的存在，大坝经沉降期后，挤压边墙和垫层料之间形成脱空现象，通过灌浆对脱空处填充，解决脱空问题：（2）垫层料的沉降通常表现为断层沉降，即脱空处体现为水平方向延伸的脱空层，故而水平铺设的灌浆管与脱空层形状更契合，灌浆作用面灌浆孔的分布面积更大，灌浆效率更高：（3）通过沿高度设置的若干条灌浆管，可以根据脱空层位置选择合适高度的灌浆管，相对纵向灌浆管而言，单次启用的灌浆管更少，纵向灌浆管往往需要全部启用：（4）灌浆管水平铺设，两端外露，自两端向中间灌浆，相比传统的单向灌浆，效率更高；（5）灌浆管预埋在挤压边墙的墙根，不会随垫层料的沉降而随之移动，保护了灌浆管的安全。

如下图所示，左图是本发明中应用于大坝填筑防脱空灌浆管系统的整体截面图，右图上是本发明中灌浆管与挤压边墙的位置关系图，右图下是本发明中灌浆管与挤压边

Copyright © 2023 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

墙的铺设关系图。图中编号表示：1 垫层料；2 挤压边墙；2-1 子墙；3 灌浆管；4 灌浆孔；5 灌浆进口。

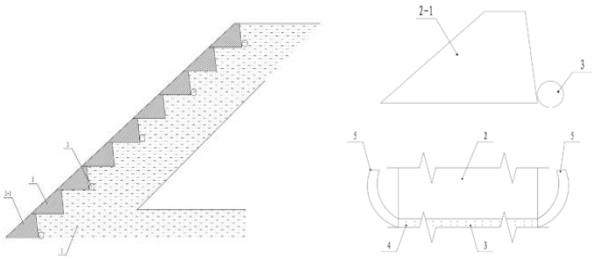


图 3 灌浆管与挤压边墙的铺设关系图

1.4 半成品铜止水卷材支撑旋转装置

传统的半成品铜止水加工输送主要采用人工配合机械进行翻转，但过程中存在一些缺点，主要有：目前主要还是依靠人工进行操作控制，且坝体一般较长，工人劳动强度很大，容易疲劳，单纯依靠人工操作很难保证铜止水加工的均匀性和连续性，达不到预期效果，铜止水加工质量得不到保证：另一方面半成品铜止水卷材的长度较长，种类较大，铜止水加工过程中需将铜止水卷材逐步展开，单靠人工配合进行翻转，速度慢，难以满足铜止水成型机的输送长度需求，影响现场施工进度。

针对上述情况，为克服现有技术的缺陷，本工程采用了一种应用于半成品铜止水卷材支撑旋转装置，有效的解决了现在铜止水卷材支撑设备在保证转轴与卷材同轴度过程中需要多次调节，操作不方便的问题。技术方案为一种应用于半成品铜止水卷材支撑旋转装置，包括两个支撑架和中空的转轴，转轴外圆周均布有多个导向管，导向管内可滑动的设有挤压杆，挤压杆外侧置于导向管外侧，挤压杆内侧置于转轴内。

与现有技术相比具有如下益处：（1）多个挤压杆同步进行运动，最大限度上保证卷材和转轴的同轴度：（2）通过卡板的设置，避免轴承从托起板上意外滑脱，增加设备的安全性。

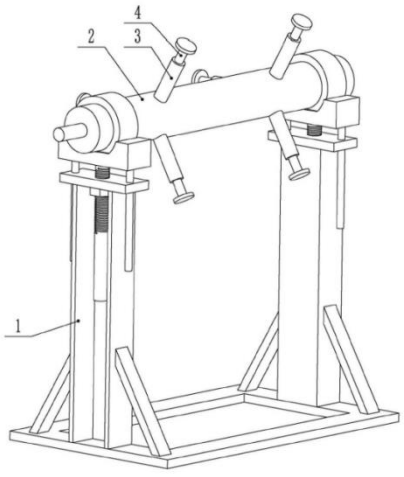


图 4 图中编号表示：1 支撑架；2 转轴；3 导向管；4 挤压杆

1.5 大坝面板的混凝土浇筑入仓装置

传统的堆石坝面板混凝土采用无轨滑模配置溜槽的方式进行混凝土浇筑，但施工过程中存在一些缺点：（1）大坝面板结构一般进行分块，形状为长条形，且单块面板长度可达百米，而单块溜槽一般长度为 2m，人工铺设量大，耗费时间长，随着面板分块数越多，溜槽重复安置的次数越多，造成安装速度慢，施工效率低：（2）溜槽每节连接处采用上压下的方式直接进行搭接，搭接处存在较大缝隙，整体性较差，容易漏浆，影响面板混凝土浇筑质量：（3）大坝面板坡面一般较陡，人工安装溜槽存在滚落的风险，安全隐患较大。因此，如何制作一种能够解决现有技术问题的用于大坝面板的混凝土浇筑入仓装置就成为有待解决的技术问题。

针对现有技术的不足，本工程采用了一种减小劳动强度，提高施工效率，提高溜槽整体性，降低安全风险的用于大坝面板的混凝土浇筑入仓装置，以解决上述背景技术中存在的问题。具体的混凝土浇筑入仓装置方案包括：分段式溜槽和钢丝绳，所述的分段式溜槽两端分别设置有吊耳，所述的分段式溜槽首尾段分别设置有能够相互卡合的卡接部，所述的分段式溜槽为多组，多组所述的分段式溜槽分别通过所述的卡接部首尾相接形成整体溜槽，所述的钢丝绳环绕所述的整体溜槽两侧的所述的吊耳在所述的整体溜槽顶端设置有卷扬机。

与现有技术相比具有如下益处：（1）本实用新型可根据施工长度进行多个分段式溜槽的制作，多个分段式溜槽采用上压下的方式将每节分段式溜槽首尾处的 L 型扣件相扣连接，连接完成后通过钢丝绳穿过多个分段式溜槽上的每个吊耳将多个分段式溜槽连接成一个整体溜槽，为方便整体溜槽的下降或提升，将卷扬机安装至坝顶，通过卷扬机对钢丝绳升降的控制进而达到对溜槽伸缩的控制；在施工过程中，即使其中一节分段式溜槽损坏，可直接采用手动切割机将吊耳与 L 型扣件连接处进行切割更换或由下一节分段式溜槽顶替即可，不存在脱节或无法更换的问题，加强了溜槽的整体性和连续性；（2）机械化程度高，可反复进行周转使用，其通过卷扬机与钢丝绳对整体溜槽进行伸缩控制，减少了人工铺设量，降低了铺设时长，加快了安装速度，提高了施工效率：分段式溜槽通过 L 型扣件卡合，减少或避免了搭接处间隙，增加了整体溜槽的连接强度，降低了漏浆风险，提高了面板混凝土的浇筑质量，大大降低了人工介入量，减少了人工安装溜槽存在滚落的风险，提高了安全系数。

如下图所示，左图为整体结构示意图，右图整体溜槽连接结构立体图。图中编号表示：1 分段式遛槽；2 吊耳；3 钢丝绳；4 卡接部；5 卷扬机；6 配重块；7 底座；8L 型扣件；9 整体遛槽。

Copyright © 2023 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

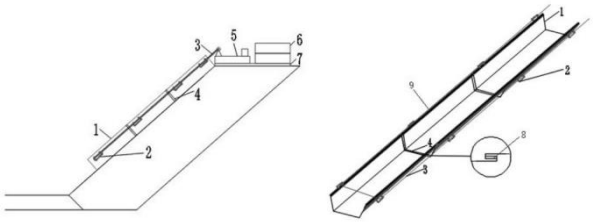


图 5 左图为整体结构示意图，右图整体溜槽连接结构立体图

2 结语

面板施工的进度及质量在面板堆石坝施工过程及后续运行过程中起着至关重要的作用，本文以青岛泉心河水库改建工程为例，说明了趾板上游破碎岩层斜坡面加固处理、大坝上游固坡面两油两砂即时碾压装置、大坝填筑防脱空灌浆管系统、半成品铜止水卷材支撑旋转装置、大坝面板的混凝土浇筑入仓装置等采取的施工技术优化措施，希望对类似工程提供建议。

[参考文献]

[1]何廷.三岔河水库加固工程混凝土心墙防渗施工管理[J].建筑设计及理论,2018(3):12.
[2]朱彬,李伟.太河水库心墙土料及下游坝坡土料的试验研究[J].工程地质学,2019(4):45.
[3]罗林,曹熙平,汪大波.坝口河水库工程坝型研究[J].城市规划与设计,2022(12):67.

作者简介：韩振方（1974.6—），男，高级工程师，主要研究方向：水利水电工程施工技术与管理，郑州大学，土木工程专业，中国水利水电第十一工程局有限公司五分局，副分局长，高级工程师。

Copyright © 2023 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

泡沫混凝土保温性能影响因素分析

郭 峰
江苏省泰州市同一建设工程质量检测有限公司，江苏 泰州 225300

[摘要]构建节约型社会是我国的一项重要政策目标，而建筑节能则是实现这一目标的关键性工程。近年来，建筑界不断努力研究新型建筑材料和方法，以在市场上获得竞争优势。我国对建筑节能材料的研发越来越重视，政策的支持和推动使得泡沫混凝土成为了广泛用于节能建筑的墙体材料。本文重点探讨了泡沫混凝土的特性和应用现状，并介绍了其原材料和生产工艺。同时，着重分析了三个影响泡沫混凝土保温性能的因素，即原材料、工艺制度和养护。最后，针对我国在泡沫混凝土应用方面存在的问题，进行了展望。研究表明，泡沫混凝土的导热系数主要受密度影响，而材料的导热系数则与其分子结构、表观密度、内部结构、温度、含水率等因素有关。一般来说，绝热密度越低，材料的导热系数越小。在相同的成分、密度、温度和含水率下，多孔材料的导热系数较低。此外，在相同的孔隙率下，孔隙尺寸较大的材料导热系数较大，而孔隙相互连通的材料导热系数较高。因此，泡沫混凝土的性能与其气孔及气孔壁的组成和结构密切相关，而这又取决于原材料的性能和配合比。通过深入研究泡沫混凝土的性能和特性，可以进一步提高其品质，拓宽其在建筑行业中的应用领域，从而更好地满足节能建筑的需求。泡沫混凝土的未来发展将受益于持续的研究和创新，为我国建设节约型社会做出贡献。

[关键词]泡沫混凝土；保温性能；影响因素
DOI：10.33142/ec.v6i12.10386 中图分类号：TU528.2 文献标识码：A

Analysis of Factors Influencing Thermal Insulation Performance of Foam Concrete

GUO Feng
Jiangsu Taizhou Tongyi Construction Engineering Quality Testing Co., Ltd., Taizhou, Jiangsu, 225300, China

Abstract: Building a conservation oriented society is an important policy goal of our country, and building energy conservation is a key project to achieve this goal. In recent years, the construction industry has continued to make efforts to research new building materials and methods to gain competitive advantage in the market. China has paid more and more attention to the research and development of building energy saving materials, and policy support and promotion have made foam concrete widely used as a wall material for energy-saving buildings. This paper mainly discusses the characteristics and application status of foam concrete, and introduces its raw materials and production technology. At the same time, three factors affecting the thermal insulation performance of foam concrete, namely raw materials, process system and curing, are emphatically analyzed. Finally, the problems existing in the application of foam concrete in China are prospected. The research shows that the thermal conductivity of foam concrete is mainly affected by density, while the thermal conductivity of material is related to its molecular structure, apparent density, internal structure, temperature, moisture content and other factors. Generally speaking, the lower the absolute dry density, the smaller the thermal conductivity of the material. Under the same composition, density, temperature, and moisture content, the thermal conductivity of porous materials is relatively low. In addition, at the same porosity, materials with larger pore sizes have higher thermal conductivity, while materials with interconnected pores have higher thermal conductivity. Therefore, the performance of foam concrete is closely related to the composition and structure of its pores and pore walls, which in turn depends on the performance and mix proportion of raw materials. Through in-depth study of the performance and characteristics of foam concrete, its quality can be further improved, and its application in the construction industry can be expanded, so as to better meet the needs of energy-saving buildings. The future development of foam concrete will benefit from continuous research and innovation, and make contributions to building a conservation oriented society in China.

Keywords: foam concrete; thermal insulation performance; influencing factors

1 绪论

1.1 泡沫混凝土概述

1.1.1 泡沫混凝土的定义

泡沫混凝土是一种轻质混凝土材料，其主要特点是在混凝土中通过混入空气泡沫，使其具有较低的密度和较高的绝热性能。泡沫混凝土通常由水泥、砂子（或其他粒状骨料）、发泡剂和水混合而成。其中，发泡剂的作用是在混合过程中产生微小的气泡，这些气泡分布均匀，使混凝土变得轻盈且绝热性能良好。泡沫混凝土的密度通常较低，因此它比普通混凝土更轻。它还具有一定的抗压强度，可以用于各种建筑和工程应用，如隔热材料、填充材料、轻质墙体、屋顶绝热层等。泡沫混凝土的特点还包括良好的

Copyright © 2023 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

绝热性能，因此在一些需要绝热的应用中很受欢迎。总之，泡沫混凝土是一种通过混入空气泡沫而具有轻质和绝热性能的混凝土材料，适用于各种建筑和工程用途。

1.1.2 泡沫混凝土的分类

泡沫混凝土是一种多样化的建筑材料，其分类可基于多种因素进行划分。首先，根据其胶结材料的不同，泡沫混凝土可分为水泥泡沫混凝土、菱镁泡沫混凝土、石膏泡沫混凝土和火山灰质胶结材料泡沫混凝土等，其中水泥泡沫混凝土是最常见和广泛应用的类型。其次，泡沫混凝土的分类也可依据所用主要填充料的种类进行，包括粉煤灰泡沫混凝土、矿渣泡沫混凝土、秸秆泡沫混凝土等。这些不同的填充材料赋予了泡沫混凝土不同的特性，适用于不同的工程需求和环境条件。此外，根据干燥后的密度，泡沫混凝土可以分为多个等级，如 B03、B04、B05 等，这些等级的选择取决于具体的应用场景和项目要求。泡沫混凝土还可以根据其使用功能来分类，包括保温型泡沫混凝土、保温结构型泡沫混凝土以及结构型泡沫混凝土。不同类型的泡沫混凝土在抗压强度、隔热性能等方面具有各自的优势。此外，泡沫混凝土还可以根据其应用领域进行分类，如房建泡沫混凝土、园林泡沫混凝土、工程泡沫混凝土和工业泡沫混凝土，适用于不同的建筑和工程项目。最后，泡沫混凝土的养护方式也可被用于分类，包括自然养护、蒸汽养护和蒸压养护等，这些方式可影响泡沫混凝土的密度和强度等性能。总之，泡沫混凝土的多样性使其能够满足各种建筑和工程需求，根据具体项目的要求和环境条件选择合适类型的泡沫混凝土至关重要。水泥基泡沫混凝土是最常见且使用最广泛的类型，通常人们常说的泡沫混凝土就是指这种类型的泡沫混凝土。不同类型的泡沫混凝土都具有各自的特点和适用性。

1.2 泡沫混凝土的特性

1.2.1 轻质

泡沫混凝土以其轻质特性而著称。它的密度相对较低，一般在 300kg/m^3 到 1000kg/m^3 之间，远低于传统混凝土。泡沫混凝土的轻质特性不仅能够降低建筑物的自重负荷，而且有时还能够显著降低整体结构的总重量。采用泡沫混凝土，一般可使建筑物的总重量减轻约 25%左右，在某些情况下，甚至可达到 30%～40%的减轻效果。这对于减小地基要求、提高建筑物的抗震性能以及减少建筑物对地基的影响都具有重要意义。因此，泡沫混凝土在建筑工程中不仅有经济效益，还有助于改善整体结构的稳定性。

1.2.2 保温隔热性能好

泡沫混凝土因其独特的结构，包含大量封闭的微小孔隙，具有出色的热工性能，尤其是卓越的保温隔热性能。通常情况下，泡沫混凝土的密度等级在 300 到 1000 kg/m^3 之间，其导热系数在 0.08～0.27W/（m·K）之间。这些微小孔隙由胶凝材料包围，并且相互封闭，使得空气无法在泡沫混凝土内流通。因此，热量无法通过空气传递，导致泡沫混凝土具有极低的导热率。这种独特的性能使泡沫混凝土能够高效地阻止室内外热能的交换，提高了制冷和制热设备的能量利用效率，同时维持了室内外温度的稳定性。采用泡沫混凝土作为建筑物的墙体和屋顶材料，不仅显著减少了能源消耗，还有助于实现环保和节能的目标。这一特性使泡沫混凝土在建筑工程中具有显著的节能效果，为可持续建筑和环保提供了重要支持。

1.2.3 隔音耐火性能好

泡沫混凝土不仅因其卓越的保温隔热性能而备受瞩目，同时在隔音和耐火性能方面也表现出色。其内部充满了微小的封闭孔隙，这些孔隙具有出色的吸音特性，有效地减少了声波的传播，因此泡沫混凝土具有良好的隔音性能，适用于需要隔音的场合，如住宅和办公室分隔墙、娱乐场所等。此外，泡沫混凝土在高温环境下表现出强大的耐火性能。尽管其表面可能受到高温的影响，但内部的胶凝材料和封闭孔隙结构能够有效减缓热量传播，因此在火灾情况下，泡沫混凝土能够提供一定的阻隔，延缓火势蔓延，为人们的安全和财产安全争取了宝贵的时间。

1.2.4 其他性能

泡沫混凝土不仅以其轻质、保温隔热、隔音和耐火性等显著特性著称，还具备多个其他重要性能。首先，它具备一定的抗震性能，由于其轻质特性，有助于减小建筑物的质量，从而降低地震作用下的振动。其次，泡沫混凝土可以具备良好的耐久性，经过适当的制作和养护，可以长期承受自然环境的影响，包括湿度、温度和化学腐蚀等。此外，泡沫混凝土具有良好的可塑性，易于成型和切割，因此在建筑中具有高度的灵活性，可以满足不同的设计需求。它还具备环保性，通常由可再生材料制成，有助于减少建筑物的能源消耗，符合可持续建筑的原则。最后，泡沫混凝土在一定程度上耐化学腐蚀，能够抵抗某些化学物质的侵蚀，适用于特殊环境下的建筑需求。这些多样化的性能使泡沫混凝土成为一种多功能的建筑材料，适用于各种建筑和工程应用，满足了不同项目的需求和要求。

1.3 泡沫混凝土应用现状分析

泡沫混凝土作为一种先进的建筑材料，已经在国际和国内得到广泛应用，不仅提高了工程质量，还在建筑节能方面发挥了积极作用。以下将对国外和国内的泡沫混凝土应用现状进行分析。

1.3.1 国外泡沫混凝土应用现状分析

泡沫混凝土在国外的应用已经相对成熟，广泛应用于建筑和工程领域：

（1）建筑隔热和保温材料：泡沫混凝土在国外被广泛用作建筑的隔热和保温材料。其低导热系数和良好的保温性能使其成为节能建筑中的理想选择。在冷地区，泡沫混凝土用于隔热外墙、屋顶和地板，有效地减少了热能损

Copyright © 2023 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

失。在热带地区，它可以用于保持室内温度，减少冷却负荷。这种应用有助于降低建筑的能源消耗，符合国际能源节约标准。

（2）地下工程和隧道填充材料：泡沫混凝土被广泛应用于地下工程和隧道的填充和支撑。其轻质特性减轻了地下结构的荷载，同时提供了足够的支撑和稳定性。泡沫混凝土还可以填充地下空间，减少土方工程的成本和施工难度。

（3）浮筑结构和船坞建设：泡沫混凝土被用于浮筑结构的制造，如浮动码头、浮船坞和浮桥。它的浮力和耐水性使其成为制造这些结构的理想材料。此外，泡沫混凝土可以降低结构的重量，减少材料成本。

（4）土木工程填充材料：泡沫混凝土常常被用作土木工程中的填充材料，例如填充地基和填充沉降地区。它可以减轻地基压力，提高地基的稳定性，还可以降低填土的重量，减少地基沉降。

（5）声音隔离和隔音材料：泡沫混凝土在声学应用中也有广泛用途。其多孔的结构能有效吸收声音，用于建筑物内部的隔音墙、天花板和地板，以减少噪音传播。此外，它还可用于工业设备的隔音和隔离。

（6）轻型混凝土块制造：泡沫混凝土常被用于制造轻型混凝土块，用于建筑物的墙体。这些块具有较低的密度，便于搬运和安装，同时能够提供良好的隔热性能。

总的来说，国外对泡沫混凝土的应用已经相当多元化，它在建筑和工程领域发挥着重要作用，不仅提高了结构性能和能源效益，还降低了施工成本和环境影响。这些成功案例为我国泡沫混凝土的应用提供了有益的经验和启示。

1.3.2 国内泡沫混凝土应用现状分析

国内泡沫混凝土的应用现状呈现出多样性和潜力，但相对于国外，发展仍处于起步阶段。

（1）建筑节能领域：泡沫混凝土在国内建筑节能领域逐渐崭露头角。随着对节能建筑的需求增加，泡沫混凝土作为一种优秀的保温材料，开始广泛用于墙体、屋顶和地板的隔热保温。尤其在北方寒冷地区，泡沫混凝土被用于改善建筑的冬季保温性能，降低供暖能耗。

（2）地铁与隧道工程：泡沫混凝土在国内地铁和隧道工程中得到广泛应用。其轻质特性减少了工程的自重，提高了地下结构的稳定性，同时也降低了施工成本。泡沫混凝土填充材料还用于地铁车站和隧道的隔音隔热，提供更舒适的环境。

（3）沉降地区土地开发：在中国的沉降地区，泡沫混凝土被广泛用作填充材料，以解决地基沉降和土壤不稳定的问题。它不仅可以减轻地基荷载，还能够提高土地的可开发性。

（4）浮筑工程：泡沫混凝土被用于制造浮筑结构，如浮动码头、浮动农田和浮筑油罐。这些结构需要轻质材料来提供浮力，而泡沫混凝土正好满足这一要求。

（5）声学应用：泡沫混凝土在国内的声学应用也有所涉及。它被用于音乐厅、录音棚、影院等需要良好隔音性能的场所，以提供高品质的音频环境。

（6）工业设备支撑：泡沫混凝土被广泛应用于工业设备的支撑和隔离。其轻质性质减轻了设备的重量，同时能够吸收振动和减少噪音，提高了设备的稳定性和安全性。

（7）生态农业：在农业领域，泡沫混凝土被用于温室和农业大棚的建设，以提供温度和湿度的控制，创造适宜的生长环境。

尽管我国在泡沫混凝土的研发和应用方面相对较晚，但随着对建筑节能和材料性能的需求不断增加，泡沫混凝土在国内的应用逐渐扩大。它在墙体、隔热、隔声、地基等领域都有广泛的应用前景，为建筑工程的质量和节能提供了可行的解决方案。未来随着技术的进步和市场的推动，泡沫混凝土在中国的应用将继续增长。

2 影响泡沫混凝土保温性能影响因素

泡沫混凝土的保温性能受多种因素的综合影响，这些因素对于确保建筑的隔热性能至关重要。首先，泡沫混凝土的密度是其中一个关键因素。一般而言，密度较低的泡沫混凝土具有更出色的保温性能，因为较低密度意味着其中包含更多的微小气孔，这些气孔能有效减缓热量的传导速度。因此，选择合适的密度对于满足建筑的隔热需求非常重要。通常，泡沫混凝土的密度范围在 300-1000kg/m^3 之间。其次，泡沫混凝土的导热系数是另一个关键因素。导热系数越低，说明泡沫混凝土的保温性能越好，因为低导热系数表明热量传递速度较慢。不同类型和密度的泡沫混凝土具有不同的导热系数，通常在 0.08～0.27W/（m·K）之间。粒度分布也对保温性能产生影响。细小颗粒的泡沫混凝土通常具有更好的保温性能，因为这些微小颗粒能填充更多的微观空隙，减少热传导。因此，选择具有较小颗粒并且分布均匀的泡沫混凝土可以提高保温效果。另外，防潮性能对泡沫混凝土的保温性能也至关重要。高吸水率可能导致材料吸收水分，降低隔热性能。因此，在高湿度环境中的应用时，需要特别考虑泡沫混凝土的防潮性能。此外，保温层的厚度是影响保温性能的重要因素之一。一般来说，较厚的保温层能够提供更好的隔热效果，因此在建筑设计中需要根据隔热需求来确定泡沫混凝土保温层的厚度。外部环境温度也会对泡沫混凝土的保温性能产生影响。在极端气温条件下，泡沫混凝土需要具备更高的保温性能，以确保室内温度的稳定性。最后，施工质量对泡沫混凝土的保温性能同样具有重要影响。不良的施工工艺可能导致保温层中存在空隙或疏漏，从而降低保温效果。因此，在施工过程中需要严格按照规范进行施工，以确保保温层的连续性和质量。

2.1 泡沫混凝土的原材料及制备方法

2.1.1 组成原料

泡沫混凝土的基本原料为水泥、石灰、水、泡沫，再掺加一些填料、骨料及外加剂。常用的填料及骨料为：砂、

Copyright © 2023 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

粉煤灰、陶粒、碎石屑、膨胀聚苯乙烯、膨胀珍珠岩。常用的外加剂为发泡剂、稳泡剂等。

（1）基本原料

泡沫混凝土的基本原料主要包括水泥、粉煤灰和砂。这些原材料在泡沫混凝土的制备过程中扮演着重要的角色：

水泥：水泥是泡沫混凝土的主要胶结材料之一。可以选择不同类型的水泥，如普通硅酸盐水泥、硅酸盐水泥或微膨胀水泥，以满足特定应用的要求。水泥的品种和掺加量会直接影响混凝土的抗压强度。通常情况下，泡沫混凝土宜采用 42.5 级以上标号的水泥，以确保足够的强度。

粉煤灰：粉煤灰在泡沫混凝土中具有多重作用。首先，它可以改善混凝土的流动性，使得混凝土更易于浇筑和成型。其次，粉煤灰具有火山灰效应，可以将不利的 Ca（OH）2 成分转化为有利的 C-S-H 组分，从而提高混凝土的强度和耐久性。此外，粉煤灰还能改善混凝土的级配和密实性。因此，在泡沫混凝土的制备中，合理选择粉煤灰的比例可以调节混凝土的密度和性能。

砂：砂是泡沫混凝土的骨料之一，主要起到填充作用，有利于提高硬化后泡沫混凝土的体积稳定性。不同粒径和质量的砂对混凝土的性能有直接影响。较大粒径的砂能够提高混凝土的强度，而较细的填充料能使强度密度比更高。

（2）外加剂

外加剂是为了改善泡沫混凝土的性能而添加的材料。它们包括增塑剂、减水剂和黏结剂：

增塑剂：增塑剂用于提高混凝土的流动性和加工性，使其更易于浇筑和成型。通过增塑剂的使用，可以降低混凝土的黏性，改善工作性，减少外部振捣所需的力量，从而提高生产效率。

减水剂：减水剂的作用是降低混凝土的水灰比，从而提高混凝土的均匀性和强度。减水剂能够减少混凝土中的水含量，同时保持相同的工作性能，这有助于降低混凝土的渗透性，提高抗渗性能。

黏结剂：黏结剂可以增强混凝土的附着力和黏结性，提高了混凝土的耐久性。它们通常用于特殊工程要求，以确保混凝土在恶劣环境下能够保持稳定性。

发泡剂，又被称为起泡剂，是一种能够促使泡沫形成以产生封闭或互连气孔结构的物质。在制造泡沫混凝土时，使用的发泡剂通常分为三大类：铝粉类、表面活性剂类和蛋白质类。不同类型的发泡剂会对泡沫混凝土的质量产生重大影响，主要体现在以下方面：浆体的稳定性、气孔及其均匀性、硬化体的力学性能以及抗冻性等。

（3）发泡剂

在我国，目前广泛使用的发泡剂虽然能够产生大量气泡，但泡沫的稳定性相对较差，这导致泡沫混凝土的强度不高。国内使用的发泡剂主要包括以下几种类型：松香胶发泡剂：这种发泡剂通常来源于松香胶，虽然能够生成气泡，但其泡沫相对不够稳定，限制了泡沫混凝土的性能。废动物毛发发泡剂：这类发泡剂常以废弃的动物毛发为原料，虽然在发泡方面表现出色，但泡沫的稳定性较差。树脂皂类发泡剂：这类发泡剂包括一些树脂皂，它们的发泡效果尚可，但同样存在泡沫不够稳定的问题。水解血胶发泡剂：水解血胶是一种常见的发泡剂原料，能够生成气泡，但有限的稳定性可能会影响泡沫混凝土的强度和性能。石油磺酸铝发泡剂：这类发泡剂通常包含石油磺酸铝化合物，能够生成较多气泡，但泡沫的稳定性有待提高。木质素磺酸盐和蛋白质水解物：近年来，一些研究者通过使用木质素磺酸盐和蛋白质水解物等原料，成功合成了具有更好泡沫稳定性的发泡剂。这些发泡剂不仅提高了泡沫混凝土的稳定性，还改善了其性能。

此外，国际上采用蛋白质类发泡剂的例子较多，这些发泡剂具有许多优点，包括快速发泡、细小均匀泡沫、出色的稳定性和持久性。泡沫的膜弹性也对稳定性起到关键作用，它是指泡沫膜在受力后能够自我修复以恢复原始厚度的能力。高膜弹性可以减小外部力量（如重力和毛细管作用）对液膜中液体的影响，从而减缓液膜的液体排放速度，提高泡沫的稳定性。在国外，已经开发出多种创新型泡沫剂产品，例如美国制造的液体发泡剂，它是由烷基磺酸碱金属盐和水解蛋白质混合而成的。日本也研发了蛋白质物质与适量阳离子表面活性剂混合而成的混合发泡剂。这些创新的发泡剂有望在泡沫混凝土的生产中提高泡沫的品质和性能，为建筑行业提供更多高性能的节能材料。

（4）稳泡剂

稳泡剂的作用是为了控制泡沫的稳定性和维持其气泡结构，以防止泡沫的破裂和融合。稳泡剂有助于确保泡沫混凝土具有所需的孔隙结构和保温性能。

稳泡剂的选择需要根据具体的发泡剂和混凝土的配方来确定。一些常见的稳泡剂包括有机稳泡剂和硅酮稳泡剂。这些稳泡剂能够包裹气泡，防止其融合和破裂，从而保持泡沫的稳定性。

2.1.2 生产工艺

泡沫混凝土的生产工艺通常包括以下关键步骤。首先，需要测量并准确混合水泥、掺合料、集料、复合外加剂以及水等原材料。接下来，将制备好的泡沫溶液逐渐添加到混合物中，继续搅拌以确保混合物均匀混合。随后，将混合物倒入模具中，通过轻微的振动以实现密实，然后进行预养护。最后，脱模并进行必要的养护，以获得最终的泡沫混凝土成品。

目前，有三种主要的发泡工艺方法：

水溶法发泡工艺：这一方法涉及将发泡剂溶解在水中，然后将其与水泥混合以引发发泡反应。然而，这种方法需要大量的发泡剂，成本较高，并且可能导致泡沫的尺寸不均匀。通常只适用于需要微量引气的混凝土。

高速搅拌法发泡工艺：这一方法使用高速搅拌机来激烈搅拌预制泡沫，然后将其与水泥浆体混合。然而，这种方法

Copyright © 2023 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

的泡沫容易破灭，如果未用完，预制的泡沫可能会被浪费。

压缩空气法发泡工艺：这一方法使用压缩空气来制造泡沫。在将含有发泡剂的水泥浆体搅拌的同时，通过压缩空气机将空气注入，从而使浆体发生发泡。相对于前两种方法，压缩空气法的设备可能复杂一些，但发泡效率高，产生的泡沫尺寸均匀，减少了中间环节，还可以根据需要确定发泡量，避免了泡沫过剩的问题。

选择适当的发泡工艺方法通常取决于具体的生产需求和要求，以及对泡沫混凝土性能的期望。

制备泡沫混凝土的流程下图所示：

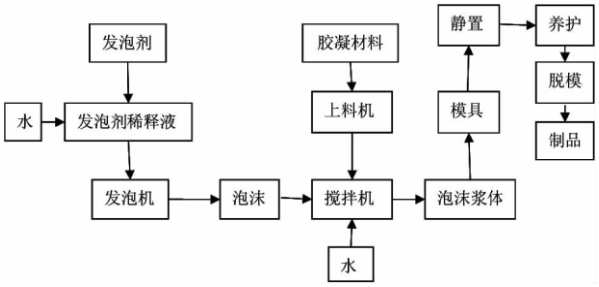


图 1 制备泡沫混凝土的流程

2.2 原材料的影响

2.2.1 水泥-砂浆泡沫混凝土的性能

首先，我们将研究未添加混合材料的水泥砂浆泡沫混凝土，即由水泥、砂子和泡沫三个组分构成的泡沫混凝土。我们将保持泡沫混凝土中单位体积的水泥用量不变，固定为 40kg/m^3，而主要调整的参数是水灰比。需要注意的是，由于体系中各参数之间存在相互影响，我们不仅会改变水灰比，还会引起其他参数的一定程度变化。在这项研究中，我们主要关注泡沫混凝土的硬化性能，包括抗压强度和导热系数。

（1）水灰比与水泥-砂浆泡沫混凝土导热系数、抗压强度的关系

泡沫混凝土的试样配合比如表 1 所示。在试样制备过程中，我们将控制新拌泡沫混凝土的设计密度为 1000kg/m^3。水灰比是一个关键参数，它代表着水和水泥的比例。通过改变水灰比，我们可以研究其对泡沫混凝土性能的影响，主要关注抗压强度和导热系数这两个性能指标。

表 1 水泥-砂泡混凝土试样原料配合比

水泥/kg/m^3	砂子/kg/m^3	水/kg/m^3	泡沫/m^3/m^3	W/C
400.00	380.00	220.00	0.55	0.55
400.00	360.00	240.00	0.53	0.60
400.00	340.00	260.00	0.52	0.65
400.00	320.00	280.00	0.51	0.70
400.00	300.00	300.00	0.49	0.75
400.00	280.00	320.00	0.48	0.80

制成的泡沫混凝土按条件和试验方法养护至预定龄期，测定密度、抗压强度和导热系数，结果列于表 2。

表 2 水泥-砂泡混凝土物理性能

干燥密度/kg/m^3	导热系数/W/m℃		抗压强度/MPa	
		7d	14d	28d
840	0.29	1.30	1.50	1.90
820	0.28	1.50	1.70	1.90
810	0.27	1.70	1.90	2.00
810	0.28	1.80	2.30	2.70
810	0.28	2.20	2.50	2.90
840	0.29	2.50	2.80	3.10

由表 2 可知，当泡沫混凝土的干燥密度相近时其导热性能变化不大，但是，强度表现出一定程度的波动。

（2）水泥-砂浆泡沫混凝土密度与强度、导热性能的关系

所用泡沫混凝土试样的配合比列于表 3。

表 3 不同密度的泡沫混凝土原料配比

混凝土设计密度/kg/m^3	水泥/kg/m^3	砂子/kg/m^3	水/kg/m^3	泡沫/m^3/m^3
1600	400.00	920.00	280.00	0.26
1400	400.00	720.00	280.00	0.35
1200	400.00	520.00	280.00	0.43
1000	400.00	320.00	280.00	0.51
850	400.00	120.00	280.00	0.59
620	350.00	0.00	250.00	0.69

制成的泡沫混凝土试样，按条件和试验方法养护至预定龄期。测定泡沫混凝土不同密度与抗压强度和导热系数的关系，结果见图 1、图 2 所示。

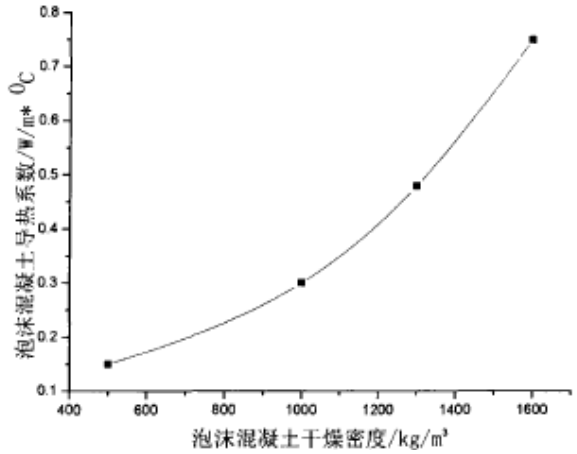


图 2 泡沫混凝土的导热系数与干燥密度的关系

由图 1 可以清楚地看出，泡沫混凝土的导热系数随其干燥密度的降低而减小，并且较好地服从指数变化规律即

$$Y=0.0872e0.0014x \quad (1)$$

式中：X-泡沫混凝土的干燥密度，kg/m^3；

Y-泡沫混凝土的导热系数，w/m·k。

Copyright © 2023 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

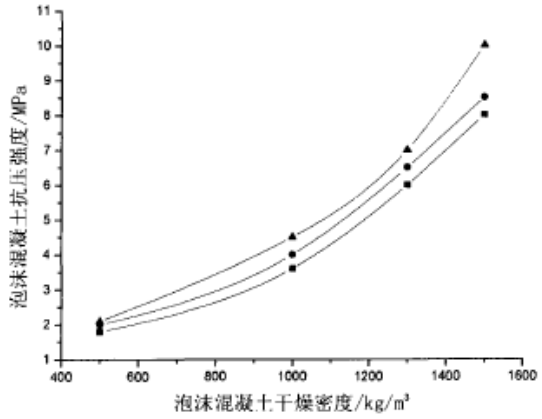


图 3 泡沫混凝土的抗压强度与干燥密度的关系

当泡沫混凝土的干燥密度从 1500kg/m³ 降低到 430kg/m³时，其导热系数也显著降低，从 0.70w/m·k 降低到 0.16w/m·k。相比之下，普通水泥混凝土的导热系数通常约为 1.7w/m·k 左右。这个差异表明，通过降低混凝土的密度，可以明显减小其导热系数，从而赋予其良好的隔热和保温性能。

这种独特的隔热性能源于泡沫混凝土内部引入的泡沫结构。这些细小而均匀分布的气泡阻碍或减缓了热量传导，因此导致了泡沫混凝土导热系数的降低。具体来说，对于给定的泡沫混凝土，其干燥密度 X（表示材料的紧密程度）与孔隙率 P（表示材料中的气孔数量和分布）之间存在以下关系：

$$X=X_{。}(1-\rho) \quad (2)$$

式中：ρ-泡沫混凝土的孔隙率，用体积分数表示；

X-孔隙率为ρ时假想泡沫混凝土的密度。

这样式（1）所示的导热系数与干燥密度之间的关系也可以表示为下式（3）所示的导热系数与孔隙率之间的关系，即：

$$Y=0.0872e0.0014x_{。}(1-\rho) \quad (3)$$

显然，泡沫混凝土孔隙率的增大是导致其导热系数减小的根本原因。然而，与导热系数的减小相伴随的是泡沫混凝土的抗压强度随着干燥密度的降低而减小。因此，在实际应用中，确定适宜的泡沫混凝土配合比需要综合考虑工程对密度、抗压强度、导热系数等性能的要求。

从这个角度来看，泡沫混凝土并不是一个固定的产品，而是一个系列产品，因为可以通过调整配合比来满足不同工程项目的特定需求。在工程应用中，需要权衡各种性能指标，以找到最合适的配合比，以便在轻量化、保温、抗压强度等方面实现最佳性能。

这种灵活性使泡沫混凝土成为一种多功能的建筑材料，适用于各种不同的应用领域，包括建筑、绝缘、隔热等，为工程师和设计师提供了更多的选择和解决方案。

2.2.2 水泥-混合材-砂浆泡沫混凝土的性能

水泥-砂浆泡沫混凝土的性能可以通过掺入粉煤灰、矿渣、硅灰等混合材来改善，这不仅可以有效利用工业废渣，还可以提升泡沫混凝土的各种物理力学性能。

在之前的水泥-砂浆泡沫混凝土试验基础上，进行了掺入粉煤灰、矿渣以及适量硅灰的泡沫混凝土性能研究，即水泥-混合材-砂浆泡沫混凝土的性能变化规律。下表列出了用于试验的泡沫混凝土试样的配比情况。试验所用泡沫混凝土试样的配合比列于表 4。与前述表 1 和表 3 所列泡沫混凝土的配合比不同之处是，表 4 所示泡沫混凝土中均添加有剂量不等的超塑化剂。

制成的泡沫混凝土按上述条件和试验方法养护至预定龄期，测定密度、抗压强度和导热系数，结果列于表 5。

表 4 水泥-混合材-砂装泡沫混凝土的原料配比

混凝土密度/kg/m³	水泥/kg/m³	砂子/kg/m³	硅灰/kg/m³	矿渣/kg/m³	粉煤灰/kg/m³	水/kg/m³	泡沫/m³/m³
820	390	-	46.50	87.20	58.20	174	0.63
1050	290	427	34.20	64.10	42.70	132	0.54
1280	650	-	77.70	146	97.10	291	0.37
1610	460	684	54.70	103	68.40	21	0.30

表 5 水泥-混合材-砂浆泡沫混凝土硬化体性能

干燥密度/kg/m³	导热系数/W/m℃		抗压强度/MPa	
		7d	14d	28d
710	0.24	4.50	5.50	6.60
960	0.33	2.60	3.60	4.20
1160	0.44	13.20	15.70	17.00
1520	0.74	19.30	20.40	23.70

掺入混合材后，由于比表面积扩大，浆体的流动性会降低，因此需要添加适量的减水剂以确保在较低的水灰比下能够进行成型。尽管浆体流动性降低，但由于超塑化剂的加入有助于保持原始砂浆的流动性，也有利于泡沫的分散。

硬化后的泡沫混凝土的导热系数仍然随着干燥密度的变化而按指数关系减小，这是因为泡沫混凝土的导热系数主要受其孔隙率的影响。密度较低时，泡沫混凝土的孔隙率较高，从而导致导热系数较低，具有更好的隔热保温性能。此体系中，由于水灰比被控制在较低水平，而超塑化剂的添加保持了原始砂浆的流动性，有利于泡沫的均匀分散。这使得泡沫混凝土的抗压强度显著提高，相比之前的水泥-砂浆泡沫混凝土，相同养护时间和相近密度条件下，抗压强度提高了 2～3 倍。

总之，通过改变泡沫混凝土的配合比和外加剂的添加量，即使在相同的密度下，也可以在较大范围内调整其抗压强度，而导热系数的变化相对较小。这表明泡沫混凝土是一个具有可调性能的材料，可以根据具体工程需求进行合理的调配。

2.3 工艺制度的影响

2.3.1 泡沫混凝土的气孔形成过程

泡沫混凝土的制备过程可分为两个重要阶段：泡沫的

Copyright © 2023 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

生成和气孔的形成。

首先，在泡沫混凝土的制备中，发泡剂（FP）发挥关键作用。发泡剂会在泡沫混凝土的浆体中发生化学反应，释放大量气体，这些气体均匀分布在浆体中。这个过程通常被称为泡沫混凝土料浆的浇筑前期。在此阶段，气体被均匀地分散在浆体中。

接着，在泡沫混凝土的浇筑后期，混凝土中的胶凝成分开始水化，坯体开始硬化，获得一定硬度。在这个过程中，大量的气体被固定在坯体内部，最终形成了大量的气孔。这个阶段被称为泡沫混凝土的成型期。

2.3.2 泡沫混凝土的气孔结构特征

对于已经硬化的超轻泡沫混凝土，在剖开后的观察中，可以看到它实际上由无数大小不一的气孔和气孔壁组成的复合体。在显微镜下观察，气孔壁主要由硅质材料微粒和未完全水化的水泥粒子组成。这些硅质材料颗粒之间形成了一个坚固的骨架，其中包含了各种微小孔隙和缝隙，形成了不均匀的固-液-气三相结构。这个结构在气孔壁中起到了关键作用，使其能够承受外部应力。

气孔壁结构中的各种材料和物质之间不仅存在直接接触或机械啮合，还存在化学反应产物的结合。这种结合使得气孔壁具有较高的强度，能够承受外力的作用。

2.3.3 泡沫混凝土内部气孔的技术要求

泡沫混凝土内部的气孔结构对其性能具有重要影响，因此有一些技术要求必须满足，以确保泡沫混凝土能够达到所需的性能标准。以下是泡沫混凝土内部气孔的技术要求：

封闭性气孔：气孔必须是封闭的，而不是相互连接的。封闭性气孔可以减小热传导，提高泡沫混凝土的保温性能。这对于泡沫混凝土作为保温材料至关重要。

均匀分布：气孔应当均匀分布在泡沫混凝土内部，而不是集中在特定区域。均匀分布的气孔有助于提高泡沫混凝土的抗压强度，并确保性能均匀性。

控制气孔尺寸：气孔的尺寸应受到控制，以满足特定的工程需求。较小的气孔有助于提高抗压强度和保温性能，而较大的气孔可能会减弱这些性能。

密度控制：泡沫混凝土的密度应该在一定范围内控制，以满足工程设计的要求。不同密度等级的泡沫混凝土适用于不同的应用领域。

强度保证：气孔壁必须足够坚固，能够承受外部应力。这涉及到气孔壁中的硅质材料微粒和水泥粒子的化学反应，以形成坚硬的结构。

控制孔隙率：泡沫混凝土的孔隙率需要在合适的范围内控制，以满足工程性能要求。孔隙率与密度直接相关，对泡沫混凝土的保温性能、抗压强度等性能产生重要影响。

2.3.4 气孔结构与泡沫混凝土性能的关系

泡沫混凝土制品的密度和孔隙率密切相关。通常情况下，密度等级为 05 的泡沫混凝土其孔隙率在 80%～90%之间；密度等级为 06 的泡沫混凝土孔隙率范围为 72%～85%；密度等级为 07 的泡沫混凝土孔隙率仅为 65%～72%。气孔的存在不仅影响了泡沫混凝土的密度，还影响了其强度、保温性能、抗冻性等多种性能。

研究表明，当气孔的直径较小（小于 2mm）且均匀分布在泡沫混凝土内部时，泡沫混凝土具有较高的抗压强度，能够承受使用条件下的荷载，并具备良好的保温和隔热性能。然而，如果气孔直径较大且分布不均匀，制品在外力作用下容易发生应力集中，导致抗压强度降低。因此，泡沫混凝土的气孔结构直接影响其性能。为了获得满足特定工程需求的泡沫混凝土制品，需要合理控制气孔的尺寸、分布和密度，以满足工程性能要求。

2.4 养护制度的影响

养护制度对泡沫混凝土的性能和最终品质有着显著的影响，特别是在早期养护阶段。泡沫混凝土的水泥基凝固体具有较高的水灰比，因此，在成型后需要特别注意早期养护和保水措施，以确保其性能的充分发挥和长期稳定性。

首先，早期养护对于泡沫混凝土的强度发挥至关重要。在成型后的最初几天，水泥和其他胶凝材料仍在水化硬化的过程中，形成坚实的胶凝体结构。在这个关键的水化硬化阶段，充足的水分是必不可少的，因为它促进了水泥颗粒之间的反应，增强了混凝土的内聚力。如果水分过早散失，可能会导致水泥水化不充分，从而影响混凝土的强度和密度。因此，早期养护应包括定期的湿润，以确保混凝土表面不过于迅速失去水分。

其次，早期养护也对泡沫混凝土的保温性能具有关键性影响。泡沫混凝土的保温性能依赖于其孔隙结构，而养护过程中的水分管理直接影响着这种结构的形成。如果在早期养护中水分散失过快，可能导致气孔内部的空气被排出，从而减弱了保温效果。因此，保水养护是确保泡沫混凝土保温性能的关键步骤。这可以通过覆盖湿润的毛巾、塑料薄膜或喷洒水来实现，以维持混凝土表面的湿度。

另外，养护温度也是需要考虑的因素。温度对水泥水化反应的速率有重要影响，过低的温度可能会减缓水化反应，因此，应确保在适宜的温度范围内进行养护，以促进水化硬化的进行。

总之，养护制度对泡沫混凝土的质量和性能至关重要。通过合理的早期养护和保水措施，可以确保泡沫混凝土达到设计要求的强度和保温性能，从而满足工程应用的需要。养护方案应根据具体的工程条件和气候环境来制定，以最大程度地发挥泡沫混凝土的性能潜力。

3 结束语

3.1 我国在泡沫混凝土应用方面的问题

3.1.1 在理论方面存在的不足

在泡沫混凝土领域，我国在理论研究方面存在一系列的不足之处。首先，泡沫混凝土的研究相对较新，尚未形成完善的理论体系。与传统混凝土相比，泡沫混凝土的材料构成和性能特点更为复杂，但目前公开发表的文献和研

Copyright © 2023 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

究成果相对有限。这导致了泡沫混凝土的相关理论知识相对匮乏，缺乏系统性和深度。其次，国内外关于泡沫混凝土的性能研究多以专利形式出现，而很少有公开发表的文献报道。这种情况导致了泡沫混凝土领域的研究资料有限，难以为广大研究人员提供参考和借鉴的依据。另外，尽管泡沫混凝土已经在一些工程中得到应用，但缺乏全面的性能研究。目前的研究主要集中在泡沫混凝土的制备工艺和应用案例上，而对于其力学性能、导热性能、隔热性能等关键性能指标的深入研究尚不足够。这使得泡沫混凝土的性能优化和工程应用受到了限制。最后，国内至今还没有建立一套完善的泡沫混凝土规范，缺乏一套权威的技术标准来规范泡沫混凝土的生产和应用。这导致了泡沫混凝土的施工缺乏理论指导，存在着规范性不足的问题。我国在泡沫混凝土领域的理论研究存在不足，需要加大研究力度，建立完善的理论体系，开展更深入的性能研究，制定相关的技术规范，以推动泡沫混凝土在建筑领域的发展和应用。

3.1.2 在实际工程中存在的问题

在实际工程应用中，泡沫混凝土面临着一系列显著问题，这些问题限制了其广泛应用和进一步发展。首先，泡沫混凝土的制备技术在国内仍相对不够成熟，缺乏成套的生产设备和规范的工艺流程，这导致了生产效率低下和质量控制难度增加。因此，急需更多的研究和技术创新，以提高泡沫混凝土的生产技术水平。其次，一些泡沫混凝土产品存在抗压强度相对较低的问题，尤其是低密度泡沫混凝土。这限制了其在需要承受较大荷载的工程项目中的应用，如结构支撑等。因此，提高泡沫混凝土的抗压强度成为亟待解决的问题之一。此外，为了提高泡沫混凝土的强度，通常需要采用大掺量和高强度的水泥，然而，这也增加了泡沫混凝土表面出现开裂的风险。开裂不仅影响外观美观，还可能导致水分的渗透，从而降低保温性能。另一个问题是泡沫混凝土的吸水率较高，且存水率也大，这在某些工程应用中可能会引发问题，特别是在长期高湿度或水分环境下，可能导致泡沫混凝土的性能下降。最后，由于在制备过程中引入了大量气泡并使用粉料和细颗粒作为原料，泡沫混凝土容易出现较高的收缩率，这可能导致在应用中出现尺寸不稳定的问题。尽管泡沫混凝土具有轻质、隔热、隔音等多项优点，但在实际工程应用中，上述问题仍然需要克服。通过不断的技术改进、制定规范以及深入的研究，可以逐步解决这些问题，推动泡沫混凝土在建筑和工程领域的更广泛应用。

3.2 展望

展望未来，泡沫混凝土作为一种具有广泛潜力的建筑材料，面临着巨大的发展机遇。以下是对泡沫混凝土未来发展的一些展望：泡沫混凝土在节能和环保方面具有显著优势，能够满足社会对可持续建筑材料的需求。随着全球对环境问题的关注不断增加，泡沫混凝土将成为建筑业绿色施工的主要选择之一。未来，我们可以期待更多的绿色建筑项目采用泡沫混凝土，以减少能源消耗和碳排放。泡沫混凝土的研究和开发还有很大的潜力。未来的研究可以集中在改进生产工艺、开发新型发泡剂、寻找替代原材料、提高抗压强度、降低吸水率等方面。这些技术创新将有助于提高泡沫混凝土的性能和品质，拓展其应用领域。泡沫混凝土的应用领域也将继续扩大。除了目前广泛应用于保温材料的建筑外，未来还可以将泡沫混凝土应用于更多领域，如道路工程、地下工程、船舶制造、太阳能反射板、冷藏仓库等。这将有助于泡沫混凝土在不同领域实现更广泛的应用。泡沫混凝土的性能研究也将取得更多进展。通过深入研究泡沫混凝土的绝热机理、气孔结构以及导热系数等关键性能，可以为其在设计和工程应用中提供更多的理论依据。建立更精确的模型来预测泡沫混凝土的性能，将有助于优化其配方和工程设计。总的来说，泡沫混凝土作为一种具有潜力的建筑材料，未来将继续受到广泛关注和研究。随着技术的不断进步和应用领域的扩大，泡沫混凝土有望在建筑和工程领域发挥更重要的作用，为可持续建设和环保发展做出贡献。

[参考文献]

[1]李素珠,莫定聪,郑智敏,等.聚丙烯泡沫混凝土抗盐侵蚀性能[J].建材世界,2023,44(4):38-41.
[2]陈国权.粉煤灰复合膨胀珍珠岩对泡沫混凝土性能影响研究[J].福建建设科技,2023(5):59-62.
[3]颜庆智,耿锦川,刘晓辉.泡沫混凝土在地面轻质垫层中的应用[J].新技术新工艺,2015(11):110-113.
[4]刘政,黄志炜,丁国龙.淤泥质土层大基础泡沫混凝土垫层施工技术[J].城市建设理论研究(电子版),2023(27):115-117.
[5]吴小流.轻质泡沫混凝土在高陡填方路基中的应用研究[J].西部交通科技,2022(10):91-92+153.
[6]谢洪阳,戴宜文,任宇航,等.多因素及干湿循环对泡沫混凝土性能的影响[J].中国粉体技术,2023,29(5):125-134.
[7]李建林,张智强,余林文.低密度碱矿渣发泡混凝土的制备及基本力学性能[J].硅酸盐通报,2023,42(1):76-84.
[8]闫秋会,秦周浩,刘倩,等.高性能混凝土发泡剂的制备方法研究[J].硅酸盐通报,2019,38(1):270-275.
[9]李凌峰,李建林,张智强.稳泡剂对低密度碱矿渣泡沫混凝土基本性能的影响[J].新型建筑材料,2023,50(8):139-144.
[10]廖师贤,黄蕾.基于浆体取代法再生砖粉泡沫混凝土试验研究[J].中外公路,2023,43(4):256-260.
[11]李永靖,王松,张淑坤,等.新型泡沫混凝土缓冲层对深埋软岩隧道卸压规律的影响[J].安全与环境工程,2023,30(5):54-65.

作者简介：郭峰（1988.7—），单位名称：泰州市同一建设工程质量检测有限公司；毕业学校和专业：重庆大学 土木工程。

Copyright © 2023 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

建筑电气设计原则与设计中常见问题

李 波
榆林市建筑设计研究院有限公司，陕西 榆林 719000

[摘要]建筑电气工程作为建筑工程的关键组成部分，其质量直接影响整个工程的稳定性和性能。因此，在进行建筑电气设计时，必须进行全面综合的考虑，以避免可能对整个建筑工程产生的不利影响。文中，研究建筑电气设计的核心原则和实际问题，分析当前面临的挑战，并提供一些建议和改进措施，旨在帮助电气工程师、建筑设计师和相关专业人员更好地应对这些复杂性，提高建筑电气设计的质量，从而确保建筑工程在技术和环保标准的推动下取得成功。
[关键词]建筑电气；设计原则；常见问题
DOI：10.33142/ec.v6i12.10377 中图分类号：TU7 文献标识码：A

Principles and Common Problems in Building Electrical Design

LI Bo
Yulin Architectural Design and Research Institute Co., Ltd., Yulin, Shaanxi, 719000, China

Abstract: As a key component of building engineering, the quality of building electrical engineering directly affects the stability and performance of the entire project. Therefore, when conducting building electrical design, comprehensive consideration must be taken to avoid potential adverse effects on the entire building project. In the article, the core principles and practical issues of building electrical design are studied, the current challenges are analyzed, and some suggestions and improvement measures are provided, aiming to help electrical engineers, architectural designers, and relevant professionals better cope with these complexities, improve the quality of building electrical design, and ensure the success of building engineering under the promotion of technical and environmental standards.
Keywords: building electrical; design principles; common problems

引言

在当今的建筑领域中，建筑电气工程已经从一个辅助性角色演化成了至关重要的组成部分。电力供应、照明、通信和自动化系统等电气设施不仅是现代建筑的生命线，还直接影响建筑物的功能性、舒适性和可持续性。因此，建筑电气设计的质量和可靠性对于确保整个建筑工程的成功和长期运行至关重要。建筑电气工程的挑战不仅仅是满足基本电力需求，还包括了应对不断演变的技术和环境标准。随着科技的不断发展，我们迎来了数字化、智能化和绿色建筑的时代，这意味着电气系统不再仅仅是简单的电线和插座，它们需要具备更高级的功能，如能源管理、远程监控和智能控制。然而，这也带来了更多复杂性和风险，因为电气系统的故障或设计不当可能导致严重的安全问题和能源浪费。

1 建筑电气设计的基本内容

建筑电气设计是建筑工程中的关键组成部分，其综合性质要求设计师细致考虑多个重要方面，以确保建筑内的电气系统能够满足各种功能性、安全性、能效性和可持续性需求。以下是建筑电气设计的基本内容的详细说明：

首先，电力配电系统是电气设计的核心要素。它涵盖了电力供应的全过程，从电源的选择和分布，到主配电盘和次级分配盘的设计[1]。在电源选择方面，需要决定建筑的主要电源是来自电网还是备用发电机系统，甚至是可再生能源，以确保电力供应的可靠性。此外，主配电盘和次级分配盘必须被设计成能够安全、高效地分配电力，以满足建筑内各个用途和设备的需求。电缆和导线的选择也是至关重要的，因为它们需要确保电流能够安全地传输，同时考虑到耐久性和环保因素。

其次，照明系统是建筑电气设计的另一个关键方面。照明系统不仅为建筑提供所需的照明，还对建筑内外的舒适度和视觉环境产生深远影响。在照明设计方面，需要首先确定建筑内外的照明需求，包括一般照明、任务照明和装饰性照明。这些需求会影响灯具的布局和照明水平。随后，选择适当的照明装置，包括灯具和光源，通常选择 LED 照明技术以实现能源效率和寿命的提高。最后，设计照明系统的控制策略，包括开关、光敏感应器和智能控制系统，以实现能源节省和舒适性。

通信系统是现代建筑不可或缺的一部分，它为建筑内的人员提供了信息传递和互联的渠道。在电气设计中，通信系统包括通信基础设施、通信设备的选择和安全保密性。通信基础设施的规划和设计需要考虑电话线路、互联网连接和数据网络等方面，以满足建筑内外的通信需求。通信设备的选择和配置是确保通信流量正常运作的关键，包括电话交换机、路由器、交换机和数据中心设备。此外，通信系

Copyright © 2023 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

统的安全性也是至关重要的，需要采取适当的防火墙、加密措施和数据保护措施，以确保敏感信息和通信隐私的保护。

安全系统是建筑电气设计的重要组成部分，旨在保护建筑和其中的人员免受潜在的威胁和危险。这包括火警系统、入侵检测系统和紧急疏散系统[2]。火警系统的设计和安装需要包括烟雾探测器、警报器和灭火系统，以确保在火灾事件发生时及早警示和控制火势。入侵检测系统用于监测建筑内的不法入侵和异常活动，并采取必要的措施。紧急疏散系统规划了紧急疏散路线和系统，以确保在火灾或其他紧急情况下建筑内的人员能够快速安全地撤离。

自动化和智能控制系统在建筑电气设计中扮演着越来越重要的角色。这些系统能够智能地监控和管理建筑设备和系统，提高效率和舒适性。建筑自动化系统包括监控和管理建筑的照明、空调、供暖和安全等设备。能源管理系统用于优化建筑的能源使用，提高能源效率，并减少能源成本。远程监控和操作使运维人员能够远程管理建筑电气系统，及时响应问题并提高操作效率。

在整个建筑电气设计过程中，需要仔细协调和整合这些方面，以确保建筑的电气系统能够满足各种需求，并且在技术和法规不断变化的环境中保持稳定和可靠。这需要不断创新和改进，以适应未来的建筑需求和可持续性标准。建筑电气设计的成功关键在于全面考虑这些关键因素，以确保建筑的功能性、安全性、能效性和可持续性得以实现。

2 建筑电气设计的基本原则

当涉及到建筑电气设计的基本原则时，需要仔细考虑以下三个方面：

建筑电气设计的基本原则是确保电气系统在满足建筑需求的同时具备效益和可持续性。以下是这些原则的更详细描述：

2.1 满足建筑基本使用功能的原则

满足建筑的基本使用功能是电气设计的首要原则。这涵盖了建筑内各个区域的电力需求，包括照明、插座、设备和特殊系统。在照明方面，电气设计需要考虑不同区域的照明需求，选择适当类型的照明设备，并实施智能照明控制，以提供恰当的照明水平。插座和电气设备的电力需求也需要充分满足。这包括为各种插座提供电力，以支持各类设备的正常运行，无论是计算机、家用电器还是特殊设备。特殊系统，如安全系统、通信系统和自动化系统，对于建筑的安全和功能至关重要。电气设计必须确保这些系统能够可靠地运行，包括提供备用电源和适当的电力保障。总之，满足建筑的基本使用功能原则要求电气设计师充分理解建筑的电力需求，并选择适当的设备和技术，以确保电气系统能够稳定、高效地满足建筑内各种电力需求，维护建筑的基本功能。

2.2 考虑实际经济效益

在电气设计中，必须综合考虑实际经济效益。这意味着不仅要关注初始投资成本，还要考虑电气系统的长期运营成本和维护成本。选择电气设备和技术时，必须谨慎衡量初期投资与长期运营成本之间的平衡，以确保设计在经济上是可行的且具有可持续性。

2.3 节省无谓消耗的能量

节能是电气设计的核心原则之一。设计师应采取各种措施来减少电气系统中无谓的能量消耗，以降低能源费用并减少对环境的影响[3]。这包括选择高效的照明设备，采用智能控制策略，如光敏感应器和定时器，以及考虑可再生能源的应用，如太阳能和风能发电。通过这些方法，电气系统可以更加可持续且环保。

3 设计中应注意的相关问题

3.1 配电回路问题

在建筑电气设计中，配电回路的设计至关重要，因为它直接涉及到电力在建筑内的分配和传输，对各个区域的电力供应起着决定性的作用。然而，存在一些问题可能影响到配电回路的有效性和可靠性：过载风险： 配电回路的设计必须考虑建筑内各种用电需求，以确保回路不会因电力需求过大而导致过载。如果回路不足以满足连接的设备和系统的需求，可能会出现电力供应不足的情况，这不仅会导致电气设备的过热和损坏，还可能引发火灾风险。因此，有效的过载保护和负载管理策略至关重要。不平衡负载：在电气设计中，负载均衡的考虑是至关重要的。如果电气系统中的负载分布不均匀，某些回路可能承受过多的负载，而其他回路可能相对空闲。这种不平衡可能会导致电力资源的浪费，因为某些区域的电力供应超出了实际需求，而其他区域则可能面临电力不足的问题。因此，负载均衡策略和合理的电力分配是确保电气系统高效运行的关键。

解决这些问题需要电气设计师深入了解建筑的用电需求，并采取适当的措施来确保配电回路的合理设计和管理。这包括选择适当容量的电线和电缆，实施负载均衡策略，以及配置过载保护装置，以确保电气系统的稳定性、可靠性和安全性。

3.2 电气线路导线问题

在建筑电气设计中，电气线路导线的问题可能对电气系统的性能和安全性产生负面影响。首先，电线尺寸的选择至关重要，必须考虑所需的电流负载和电压降。选用太小的导线可能导致电线过度加热，绝缘受损，甚至引发火灾风险；相反，选用太大的导线可能增加不必要的成本。正确选择导线尺寸需要综合考虑电流负载、电压降、环境条件以及长期运行的稳定性。其次，导线绝缘材料和类型也需要谨慎选择，以确保适应特定的应用环境和电压等级。不适当的绝缘材料可能导致电气设备之间的短路或电气故障，危及人员和设备的安全。此外，接线和连接的质量至关重要。不正确地接线和连接可能导致电气线路故障。松动的电线连接可能引发火灾风险，而不正确的接线方式可能导致电流不稳定或电压降低。必须确保所有的接线和

Copyright © 2023 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

连接都符合安全标准，并经过适当的测试和检查。最后，合理的电线布局也是关键因素。不合理的布局可能导致电缆之间的干扰，使维修和故障排除变得困难，增加了电线的机械损坏风险，如压力或挤压，从而降低了线路的可靠性。

为避免这些问题，电气设计师需要仔细选择电线和电缆的尺寸、绝缘、接线和布局，并遵循适用的电气安全标准，以确保电气线路导线能够安全可靠地运行，同时减少潜在的电气故障和危险。

3.3 电缆线路的合理设计

电缆线路的合理设计在建筑电气系统中具有关键性的作用，影响着电缆线路的稳定性、性能和可维护性。以下是有关电缆线路设计的详细分析：首先，电缆线路的敷设和布局需要经过精心考虑。不合理的电缆布局可能会导致电缆之间的干扰，或者使维修和故障排除变得复杂和困难。因此，设计师必须确保电缆线路的布局合理，以减少潜在的电缆干扰和交叉干扰。其次，电缆线路需要得到适当的防护和维护。未经适当防护的电缆可能会受到机械损伤、化学腐蚀或环境因素的影响，从而降低线路的可靠性和寿命。因此，设计师必须考虑电缆线路的应用环境，并选择适当的保护措施，如管道、护套或绝缘材料，以确保电缆线路能够长期可靠运行。此外，电缆线路的维护性也是一个重要考虑因素。设计师必须确保电缆线路易于访问和维护。如果电缆线路难以维护，可能会导致维修困难和停机时间增加，从而影响电气系统的可用性。因此，合理的电缆布局和标记是确保维护性的关键。最后，电缆线路的选择也需要根据特定的应用需求进行。不同类型的电缆线路适用于不同的用途，如电力传输、通信、数据传输等。设计师必须了解各种电缆的特性和性能，以选择适合特定应用的电缆类型。

4 建筑电气设计中的常见问题及对策

4.1 防雷计算问题

电气系统的防雷计算是确保建筑物和其中的电气设备不受雷击影响的关键。问题可能出现在计算方法的选择和实施上。为解决此问题，首先需要寻求专业的防雷设计师或咨询公司，他们可以执行准确的雷电风险评估，并制定相应的防雷系统。全面的风险评估涵盖了建筑物的地理位置、高度、材料等因素，以确定适当的防雷措施。同时，遵循国际和地区的防雷标准和规范，以确保防雷系统的合规性。定期检查和维护也是不可或缺的，以确保系统的可靠性和性能。

4.2 消防线路的敷设问题

消防线路的不合理敷设可能会威胁到建筑物的安全性。如果消防线路无法正常工作，火灾风险将显著增加。要解决这个问题，首先必须严格遵守相关法规和标准，确保消防线路的敷设符合安全要求。这包括选用适当尺寸的电线、具备良好绝缘和阻燃性能的材料。此外，建议提供备用电源，以确保消防设备在主电源故障时仍能正常运行，通常可以通过备用发电机或电池系统来实现。最后，建立定期测试和维护计划至关重要，以确保线路的可靠性和性能。

4.3 树干式供电干线末端保护问题

树干式供电干线末端的保护是电气系统的重要组成部分，对供电线路的安全和可靠性至关重要。未能妥善解决这个问题可能会导致电线路的损坏或电气设备的故障。为应对这一问题，应选择和安装适当的树干式供电干线末端保护装置，以防止过电流或短路情况。这些装置可以包括熔断器、断路器等。定期的检查和维护程序应建立，以确保这些保护装置的工作状态正常，并能在需要时迅速切断电源，保护电气设备和线路的安全性。

4.4 共同接地问题

共同接地是电气系统的关键组成部分，但可能出现接地电阻过高或共同接地点选择不当的问题。这可能影响电气系统的安全性和性能。为解决这个问题，应定期进行接地系统测试，以确保接地电阻在合理范围内。合适的接地材料也应选择，以确保良好的接地性能。此外，要谨慎选择共同接地点，以确保电气设备的安全运行。建立记录和维护程序，记录共同接地系统的维护历史，确保系统的可靠性和性能。

5 结语

在建筑电气设计中，综合考虑各个方面、坚守基本原则，以及积极解决潜在问题，是确保建筑电气系统卓越性能的不二法门。只有通过这种全面性的方法，我们才能构建出符合高标准、可持续性和安全性要求的电气系统，为建筑提供可靠的电力支持，确保其功能和性能得以充分发挥。通过不断的学习和不断改进，我们可以跟上不断变化的技术和行业标准，以满足当代和未来的电气需求。建筑电气设计的关键在于创新和持续改善，以确保电气系统在建筑工程中充当可靠的支持角色，为用户提供更好的体验，同时也为可持续建筑和环境保护作出贡献。这是我们不断追求的目标，也是对电气设计者的不懈努力的体现。

[参考文献]

[1]韩佩新,初朝阳.建筑电气设计原则与设计中的常见问题及对策[J].四川水泥,2015(6):74.
[2]刘雅洲.建筑电气设计原则与设计中常见问题[J].中国新技术新产品,2009(20):171.
[3]闫斌.建筑电气设计中常见问题及应对措施[J].中国设备工程,2020(5):217-219.

作者简介：李波（1987.2—），毕业院校：渤海石油职业学院，所学专业：电气自动化，当前就职单位：榆林市建筑设计研究院有限公司，职务：电气设计师，职称级别：工程师。

Copyright © 2023 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

房屋建筑结构设计中常见问题探析

李宇航
河北拓朴建筑设计有限公司，河北 石家庄 050000

[摘要]随着我国经济的不断发展，城市化进程加速进行，大量农村人口涌入城市，这导致城市基础设施、城市规模和人口规模等面临着前所未有的挑战。为了解决人口与土地资源之间的矛盾，建筑行业积极推动高层建筑的发展。建筑技术也从传统的砖瓦结构逐渐演变为现代的钢筋水泥土结构，使得房屋建筑的结构设计变得更加复杂。同时，人们对居住环境的舒适性、采光条件以及使用性能提出了更高的要求。在这一背景下，相关设计人员需要在房屋建筑结构设计中注重整体和细节的协调，以最大程度地降低房屋建筑的风险系数。因此，文中通过总结常见的房屋建筑结构设计问题，并提出相应的优化建议，以促进房屋建筑建设水平的提高。

[关键词]房屋建筑；结构；设计问题
DOI：10.33142/ec.v6i12.10375 中图分类号：TU311.41 文献标识码：A

Analysis of Common Problems in the Design of Building Structures

LI Yuhang
Hebei Top Architectural Design Co., Ltd., Shijiazhuang, Hebei, 050000, China

Abstract: With the continuous development of Chinese economy and the acceleration of urbanization, a large number of rural populations have flooded into cities, posing unprecedented challenges to urban infrastructure, urban scale, and population size. In order to solve the contradiction between population and land resources, the construction industry actively promotes the development of high-rise buildings. Building technology has gradually evolved from traditional brick and tile structures to modern reinforced cement soil structures, making the structural design of building structures more complex. At the same time, people have put forward higher requirements for the comfort, lighting conditions, and performance of their living environment. In this context, relevant designers need to pay attention to the coordination of the overall and detailed aspects in the design of building structures, in order to minimize the risk coefficient of building construction to the greatest extent. Therefore, the article summarizes common structural design issues in building construction and proposes corresponding optimization suggestions to promote the improvement of building construction level.

Keywords: building construction; structure; design problems

引言

随着城市化进程的快速推进，我国房地产行业正处于快速发展的阶段，扮演着支柱产业的重要角色。然而，这一快速的发展也伴随着一系列挑战和问题。市场竞争激烈，原有的发展模式已经显现出不足，对于建筑产品的质量和可持续性提出了更高的要求。在这个背景下，建筑结构设计成为了至关重要的环节。建筑结构的质量和可靠性直接影响工程的整体质量和最终交付的建筑成品。因此，通过深入分析房屋建筑结构设计中的常见问题，并提出一系列优化措施，以提高房屋建筑的质量和可持续性。在不断演进的建筑行业中，以下几个方面的重要性尤为显著。

1 房屋建筑施工技术概述

1.1 施工方法

施工方法在房屋建筑施工中扮演着至关重要的角色，它涵盖了如何进行建筑工程的实际施工过程。在选择施工方法时，需要综合考虑多个因素，包括工程的规模、地理条件、时间要求和预算限制等。不同的施工方法可以对工程的质量、进度和成本产生显著影响。

传统的现场施工方法通常适用于小型房屋项目，但可能在时间和成本方面存在挑战。与之相反，模块化建筑方法涉及到在工厂中预制房屋的各个部分，然后在现场进行组装。这种方法通常能够更快速地完成项目，并减少了现场施工中的一些风险和不确定性[1]。此外，随着技术的不断发展，数字化建造和自动化施工技术也开始在房屋建筑中得到广泛应用，如建筑信息模型（BIM）和无人机技术，它们可以帮助监测工程进度和质量，提高施工效率。

1.2 施工工艺

项目进度计划：制定详细的施工进度计划是确保工程按时交付的关键，需要考虑施工序列、材料供应、人力资源和天气等多个因素。

工地管理：包括现场安排、人员调度、设备管理和材料储存等，合理的工地管理可以提高施工效率并确保施工现场的安全。

质量控制：涉及对材料和施工过程的监测和检查，以确保建筑的质量符合设计要求和标准。

安全管理：建筑工地是高风险的地方，因此安全管理

Copyright © 2023 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

至关重要，包括培训工人、制定安全规程和设备维护等。

环境保护：需要考虑废弃物处理、能源消耗和减少对周围环境的不良影响等环境保护问题。

2 建筑结构设计概念与基础设计原则

2.1 结构设计基本原则

荷载分析：在进行结构设计之前，必须详细分析各种荷载，包括静载和动载。这包括考虑建筑的自重、使用荷载、雪、风、地震等外部因素。

平衡原则：结构必须能够平衡所有作用在其上的力和重力，以保持稳定。这意味着结构的荷载路径必须清晰且合理，以避免不平衡力的积累。

安全系数：在设计中需要引入安全系数，以确保结构在不可预测的情况下仍然能够安全运行。这包括在设计荷载时考虑极端情况和材料的强度。

材料选择：选择适当的建筑材料是至关重要的。材料的强度、刚度和耐久性必须与设计要求相匹配。

结构形式：选择合适的结构形式是关键，不同类型的建筑可能需要不同的结构形式，如框架结构、悬挑结构、拱结构等。这要取决于建筑的用途、形状和地理位置。

地基考虑：地基是支撑建筑的基础，必须根据地下土壤的性质选择合适的地基类型，并确保地基具有足够的稳定性。

维护和检修：在设计时要考虑结构的维护和检修需求，以确保建筑在长期使用中保持安全性和可靠性。

2.2 结构支撑系统

框架结构：框架结构是一种常见的支撑系统，它由柱子和梁组成，能够承受垂直荷载和水平荷载。这种结构适用于多种建筑类型，如高层建筑和工业建筑。

拱结构：拱结构利用曲线形的构件，如拱和穹顶，将荷载转移到支撑点。这种结构常见于大跨度的建筑，如教堂和体育馆。

悬索结构：悬索结构使用吊索和塔台来支撑建筑，使其能够跨越大距离。这种结构常见于桥梁和索道。

剪力墙结构：剪力墙结构是通过在建筑的侧面设置垂直墙壁来抵抗水平荷载的结构[2]。这种结构常见于高层建筑，特别是在地震区域。

承重墙结构：承重墙结构使用墙壁来承受垂直荷载，通常用于住宅建筑中。

2.3 结构安全与可靠性

抗震设计：在地震易发区，必须考虑抗震设计，包括选择适当的结构形式、使用抗震材料和采取增强结构的措施。

荷载测试：在设计和施工过程中，必须对结构的承载能力进行测试和验证，以确保其符合设计要求。

材料质量控制：选择高质量的建筑材料，并确保它们符合相关标准和规范。

定期检测和维护：建筑在使用期间需要进行定期检测和维护，以确保结构的安全性和可靠性。

3 房屋建筑结构设计问题分析

3.1 地基问题

土壤条件：不同地区的土壤条件各异，包括土壤类型、承载能力、沉降性质等。在设计中必须充分了解和分析地基土壤的性质，以确保地基的稳定性。

地下水位：地下水位的高低对地基的影响很大。高地下水位可能导致土壤流失和地基沉降。低地下水位可能导致土壤的干燥和收缩。必须考虑并控制地下水位。

地基类型：根据土壤条件和工程需求，需要选择合适的地基类型，如浅基础、深基础或特殊基础。不同类型的地基适用于不同的场合。

地基处理：在某些情况下，可能需要采取地基处理措施，如加固、灌浆、振实等，以提高地基的承载能力和稳定性。

地震和风险：在地震或其他自然灾害风险较高的地区，地基设计必须考虑抗震和抗风荷载的要求，以确保建筑在灾害发生时能够安全。

3.2 楼板问题

荷载承受能力：楼板必须能够承受各种荷载，包括自身重量、家具、人员活动等。荷载分析必须综合考虑这些因素，以确保楼板足够强度。

挠度和平整度：楼板的挠度和平整度对于建筑的舒适性和外观质量至关重要。必须进行挠度分析，以确保楼板不会产生过大的变形。

隔声和隔热：楼板的隔声和隔热性能对于室内舒适性和能效至关重要。必须选择适当的隔音和隔热材料，以满足设计要求。

施工工艺：楼板的施工工艺包括浇筑、模板安装、钢筋布置等。必须确保施工工艺符合设计规范和标准，以防止施工缺陷。

3.3 结构梁设计问题

梁的尺寸和形状：梁的尺寸和形状必须根据荷载要求和结构布局来确定。设计时必须考虑梁的截面形状、高度和宽度等因素。

钢筋配置：正确的钢筋配置对于梁的强度和刚度至关重要。必须根据设计要求正确布置和连接钢筋。

梁的支座设计：梁的支座设计包括支座类型和位置的选择。支座必须能够传递荷载到地基，并确保梁的稳定性。

抗弯和剪力设计：梁必须能够抵抗弯曲和剪切力。必须进行适当的抗弯和剪力设计，以确保梁的安全性和稳定性。

连接和细部设计：梁与其他结构元素的连接和细部设计必须满足设计要求，并确保结构的整体稳定性。这包括梁与柱子、楼板、墙壁等的连接。

3.4 框架设计问题

框架类型：在框架设计中，必须选择适当的框架类型，

Copyright © 2023 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

如钢结构框架、混凝土框架或混合结构框架，以满足建筑的荷载要求和使用需求。

荷载分析：框架结构必须能够承受垂直荷载和水平荷载，如风荷载和地震荷载。必须进行详细的荷载分析，以确保框架的稳定性和安全性。

节点设计：框架结构的节点是关键部分，连接了不同构件。必须进行合理的节点设计，以确保连接的强度和刚度。

材料选择：选择合适的材料对于框架结构的性能至关重要。钢结构和混凝土结构的材料选择和规格必须符合设计要求。

抗震设计：特别是在地震易发区，框架结构必须进行抗震设计，包括增强节点和构件的抗震性能。

3.5 构造柱与承受柱设计问题

荷载分析：构造柱和承受柱必须能够承受垂直荷载和水平荷载，如重力荷载和风荷载。必须进行详细的荷载分析，以确保柱的稳定性。

尺寸和截面形状：柱的尺寸和截面形状必须根据荷载要求和结构布局来确定。柱的尺寸对于整体结构的稳定性至关重要。

钢筋配置：柱的钢筋配置必须满足设计要求，以确保柱的强度和刚度。

抗震设计：柱在地震条件下必须能够承受地震力，因此必须进行抗震设计，包括增强柱的抗震性能。

连接和细部设计：柱与其他结构元素的连接和细部设计必须满足设计要求，并确保结构的整体稳定性。柱的连接通常包括柱与楼板、梁、基础等的连接。

3.6 设计人员专业素质问题

教育和培训：设计人员必须接受相关领域的教育和培训，掌握结构设计的基本原理和技能。持续的教育和培训有助于跟踪最新的设计技术和规范。

经验和专业知识：设计人员需要积累丰富的设计经验，并深入了解结构工程领域的专业知识。这包括熟悉不同类型建筑的设计需求和挑战。

团队协作：设计人员通常需要与其他专业人员，如建筑师、土木工程师和施工团队协作。有效的团队协作能够确保设计的综合性和可行性。

法规和规范：设计人员必须了解并遵守国家和地方的建筑法规和规范，以确保设计的合法性和安全性。

创新和持续改进：设计人员应积极探索新的设计方法和材料，寻求创新的解决方案，以提高建筑结构的性能和可持续性。持续改进的态度有助于不断提高设计质量。

沟通和交流能力：设计人员必须具备良好的沟通和交流能力，能够与客户、建筑师和施工团队有效地沟通，确保设计理念和要求得到理解和实施。

责任和职业道德：设计人员应秉持职业道德，对设计的质量和安全性负有责任感。他们必须遵循专业标准，确保设计不会对人员和公众造成危险。

4 房屋建筑结构设计优化措施

4.1 优化地基设计

地质勘察：在设计之前，进行详细的地质勘察，了解地下土壤的性质和地下水位的情况。这有助于选择适当的地基类型和处理方法。根据地质条件和建筑需求，选择合适的基础类型，如浅基础（如筏基或扩展基础）或深基础（如桩基或地下墙）。

地基加固：在地质条件较差或有地震风险的地区，可以考虑地基加固措施，如土体加固、灌浆或地下加固墙[3]。这些措施可以提高地基的承载能力和稳定性。

合理的荷载分布：在地基设计中，考虑荷载的分布均匀性，以减少地基的不均匀沉降。通过合理分析和设计，可以确保地基能够均匀承受建筑物的荷载，减少沉降问题的发生。

4.2 优化楼板设计

合理的荷载分析：在楼板设计中，进行详细的荷载分析，包括自身重量、使用荷载和临时荷载等。这有助于确保楼板能够安全承受各种荷载，包括人员、家具、设备等。

挠度控制：通过选择适当的楼板厚度、材料和钢筋配置，实施挠度控制策略。这旨在确保楼板在使用期间的挠度处于合理范围内，以维护舒适性和结构稳定性。

隔声和隔热性能：考虑到建筑的使用要求，选择合适的隔音和隔热材料，以提高楼板的隔声性能和能效[4]。这有助于减少楼层之间的噪音传递，并提供更好的热舒适性。

施工工艺：确保楼板的施工工艺符合相关的设计规范和标准。监督施工过程，预防施工缺陷和质量问题的发生，从而确保楼板的可靠性和安全性。

4.3 优化结构梁和框架设计

合理的截面形状和尺寸：选择适当的梁和框架截面形状和尺寸，以满足荷载要求和结构布局。

钢筋配置和抗震设计：正确布置和连接钢筋，增强梁和框架的抗弯和抗剪性能，特别是在地震易发区。

连接和细部设计：确保梁和框架与其他结构元素的连接和细部设计满足设计要求，以确保整体结构的稳定性。

4.4 优化构造柱与承重柱设计

荷载分析：进行详细的荷载分析，考虑重力荷载和风荷载等，以确定构造柱和承重柱的尺寸和数量。

尺寸和截面形状：选择适当的构造柱和承重柱尺寸和截面形状，以确保它们能够承受荷载并满足设计要求。

抗震设计：在地震易发区，进行抗震设计，增强构造柱和承重柱的抗震性能。

连接和细部设计：确保构造柱和承重柱与其他结构元素的连接和细部设计满足设计要求，以确保整体结构的稳定性。

4.5 提高设计人员的专业素质

持续教育：设计人员应不断学习和更新知识，掌握最

Copyright © 2023 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

新的设计技术和规范，以保持专业素质。

跨学科合作：与其他专业人员，如建筑师、土木工程师和施工团队合作，以综合考虑建筑的各个方面。

职业道德：遵守职业道德和法规，对设计质量和安全性负有责任感，确保设计合法合规。

创新和改进：积极探索新的设计方法和材料，提出创新的解决方案，不断改进设计质量。

5 结语

在城市化进程飞速推进的今天，房屋建筑结构设计扮演着至关重要的角色。本文深入分析了在这一领域常见的问题，并提出了一系列优化措施，以此提高房屋建筑的质量、稳定性和可持续性。在建筑行业中，不仅要关注建筑的外观和功能，还要关心其内在的结构质量和安全性。通过本文提出的优化措施，可以更好地满足人们对于高质量住宅的需求，为城市化进程的可持续发展提供支持。在未来，将继续努力，不断改进，以建设更加安全、稳定和宜居的房屋建筑，为社会做出更大的贡献。

[参考文献]

[1]李晔.抗震设计在房屋建筑结构设计中的应用[J].住宅与房地产,2022(23):35-38.

[2]钟智谦.房屋建筑结构设计优化措施研究[J].中华建设,2022(7):67-68.

[3]李云杰.房屋建筑结构设计中的问题与对策分析[J].科技与创新,2022(12):161-163.

[4]李迎霞.房屋结构设计中的建筑结构设计优化[J].居舍,2022(8):111-113.

作者简介：李宇航（1996.5—），毕业院校：河北工程大学科信学院，所学专业：土木工程，当前就职单位：河北拓朴建筑设计有限公司，职务：职员，职称级别：初级。

Copyright © 2023 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

复杂山区高速公路桥梁设计要点浅析

张全洋
中国公路工程咨询集团有限公司（中咨华科交通建设技术有限公司），北京 100089

[摘要]我国地形复杂多样，山区地区占据了大部分国土面积。在这些山区地区，交通基础设施的建设一直是一个严峻挑战。传统的桥梁设计方法往往难以满足复杂地形和特殊环境下的需求，因此，急需深入研究这些地区桥梁设计的特殊要点，为实际工程提供科学依据和技术支持。文章的主要目的是系统分析复杂山区高速公路桥梁设计的关键要点，包括建设条件、桥型选择、桥梁设计要点等方面。

[关键词]高速公路；高速公路桥梁；桥梁设计
DOI：10.33142/ec.v6i12.10364　　中图分类号：U442.54　　文献标识码：A

Brief Analysis of Key Points in Bridge Design of Highway in Complex Mountain Areas

ZHANG Quanyang
China Highway Engineering Consulting Corporation (Zhongzi Huake Transportation Construction Technology Co., Ltd.), Beijing, 100089, China

Abstract: The terrain in China is complex and diverse, with mountainous areas occupying most of the national territory. The construction of transportation infrastructure has always been a serious challenge in these mountainous areas. Traditional bridge design methods often find it difficult to meet the needs of complex terrain and special environments. Therefore, it is urgent to conduct in-depth research on the special points of bridge design in these areas, in order to provide scientific basis and technical support for practical engineering. The main purpose of the article is to systematically analyze the key points of bridge design for complex mountainous highways, including construction conditions, bridge type selection, bridge design points and other aspects.

Keywords: highway; highway bridges; bridge design

引言

复杂山区高速公路桥梁设计是交通基础设施建设中的重要组成部分，面临着地形陡峭、地质复杂、气候恶劣等多种挑战。随着经济的快速发展和交通需求的增加，对于在这些特殊环境下建设安全、稳定、高效的桥梁提出了更高的要求。因此，深入研究复杂山区高速公路桥梁设计的关键要点，具有重要的理论和实践意义。

1 建设条件

1.1 地形地貌特点

复杂山区高速公路桥梁的建设在开始之前，必须进行详尽的地形地貌特点调查和分析。山区地形通常崎岖多变，地形起伏大，既有高耸入云的山峰，也有深邃的峡谷和陡峭的山坡。不同海拔高度的地形差异对桥梁的选择和设计产生深远影响。在设计过程中，详细研究山区地形是至关重要的。这种了解涵盖了山脉的走向、山谷的分布、河流的路径等自然地貌特征。这种深入的了解有助于选择合适的桥型和桥位，以确保桥梁与周围地形和周边环境相协调。只有在充分了解地形地貌特点的基础上，桥梁才能与周围地形和生态环境融为一体，同时满足通行的安全性和稳定性要求。在山区地形地貌的详细分析中，需要考虑陡峭的山坡是否需要特殊设计的支撑结构，峡谷是否需要特殊类型的桥梁来跨越，以及河流是否需要设计特殊的桥墩结构来适应水流变化。这些因素将直接影响桥梁的结构设计和建设方案的制定。通过充分的地形地貌特点分析，工程师能够做出科学合理的决策，确保桥梁在复杂的山区地形地貌条件下安全、稳定地运行，同时也能够保护周围的生态环境。因此，详细的地形地貌特点分析是复杂山区高速公路桥梁设计过程中的关键步骤。

1.2 地物特点

除了地形，地物特点也是设计复杂山区高速公路桥梁时必须认真考虑的因素。地物特点包括植被、土壤类型、水体等。植被的状况不仅影响施工的难度，还可能对桥梁的稳定性产生影响。土壤类型直接决定了基础工程的设计和施工方式，而周围水体则需要考虑桥梁与水体的关系，以及防洪和排水等方面的设计问题。因此，在工程的前期阶段，必须进行全面的地物调查，获取必要的数据支持，为后续桥梁设计提供准确依据。

1.3 地质构造及断裂

山区地质构造常常较为复杂，可能存在断裂带、岩层变化等地质特征。这些特点直接影响桥梁的地基基础设计和施工方式的选择。在桥梁建设的前期，必须详细了解地质构造，尤其是断裂带的分布和性质。对不同地质条件下的桥梁基础进行合理设计，需要进行精确的地质勘察和分析。针对断裂带附近的地质情况，采取相应的地质处理措

Copyright © 2023 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

施，确保桥梁的承载力和稳定性。透彻了解地质构造，是确保桥梁建设安全、稳定的前提。

1.4 地震动峰值参数

山区地区常位于地震多发带，地震活动频繁。因此，在设计复杂山区高速公路桥梁时，必须全面考虑地震影响。地震动峰值参数包括地震波的峰值加速度、地震作用时间等。这些参数对桥梁结构的抗震设计起到至关重要的作用。通过对地震动峰值参数的详细研究，可以确定桥梁的抗震设计标准，选择适当的抗震设计参数[1]。合理的抗震设计措施可以确保桥梁在地震发生时具备足够的抗震性能，从而保障行车安全，减小地震灾害可能造成的损失。综上所述，准确研究地震动峰值参数对于桥梁设计来说至关重要。

2 桥型选择

在复杂山区高速公路桥梁设计中，选择合适的桥型是至关重要的。不同的地形地貌和地质条件需要不同类型的桥梁结构来保障其稳定性、安全性和经济性。桥型的选择应当综合考虑多个因素，包括地形特点、地质条件、交通需求、施工难度等。首先，在陡峭地形下，通常会选择悬索桥、斜拉桥或者拱桥等结构，因为这些桥型跨越能力大，可以最大限度地减少对地形的干扰，确保公路的通行畅顺。悬索桥和斜拉桥具有悬挑度大、主跨度大的特点，适用于跨越深谷或宽河的地区，拱桥因其良好的荷载分布特性，适用于跨越 V 型山谷或小河流域。其次，在隧道和桥梁相互交叉的地形中，可以选择组合桥梁结构，即将桥梁和隧道相结合，形成桥隧一体的设计，以适应不同地形要求。这种设计不仅能够最大限度地减少地形的破坏，还能够保证交通的畅通。在这种情况下，通常会采用刚性结构的桥梁与柔性结构的隧道相结合，以确保桥梁与隧道之间的平稳过渡。另外，在高地震烈度区域，桥梁结构的选择应该注重其抗震性能，通常会采用抗震性能较好的桥梁结构，例如抗震梁式桥、抗震拱桥等。这些桥梁结构在设计中考虑了地震作用的影响，采取了相应的抗震措施，确保在地震发生时桥梁结构能够安全稳定地承受地震荷载。

3 桥梁设计要点

3.1 陡峻地形下桥梁设计要点

在陡峻地形下进行桥梁设计时，必须充分考虑地形的复杂性和不规则性。首先，地质勘察是至关重要的，它提供了有关地下岩石、土壤和水文条件的关键信息[2]。了解地质特征有助于选择合适的基础类型，如扩大基础或桩基础以确保桥梁的稳定性。在设计桥梁结构时，应采用适宜的工程材料和结构形式，以便跨越陡峭的山谷或河流。此外，考虑到山区地形常容易发生滑坡和崩塌等地质灾害，需要在桥梁设计中加入相应的防灾措施，以保障桥梁的稳定性和通行安全性。

3.2 隧间短桥设计要点

隧道和桥梁相连接的区域是桥梁设计中的关键点。在隧间短桥设计中，桥梁的结构与隧道的衔接必须精准无误。首先，过渡段的设计至关重要，它位于桥梁和隧道连接处，用以平稳过渡结构形式。合适的过渡段可以减少车辆行驶时的颠簸感，确保交通的平稳流畅。其次，桥梁的支座位置和转向半径需要特别考虑，以适应隧道的形状和角度。在设计中，应确保桥梁与隧道的结构形式和材料相协调，以达到无缝衔接的效果。同时，在施工阶段，需要考虑隧道出口的排水和防水措施，以防止水灾对桥梁结构的影响。

3.3 复杂地质条件下桥梁设计要点

在面对复杂地质条件时，桥梁设计必须以地质勘探为基础，深入了解地下岩石、土壤和地下水情况。首先，应采用合适的基础形式，如深基础或加固地基，以应对地质条件的不稳定性。详细的地质勘探还能提供有关地质构造和断层带的信息，为桥梁的基础设计提供准确依据。其次，针对特殊地质问题，如滑坡、岩溶或者断层，需要采取相应的处理措施。例如，在滑坡区域，可以采用地下挡墙或者加固措施来稳定土层，确保桥梁的稳定性。在岩溶地区，需要加强地基处理，以防止基础的沉降和破坏。总之，详细的地质调查和科学的地质处理方案是应对复杂地质条件的关键要点。

3.4 跨岷江桥梁设计要点

跨越大型河流如岷江的桥梁设计是复杂工程，需要综合考虑河流水文特性、地质条件、气象因素和交通需求等多个因素。首先，必须详细了解岷江的水流速度、水深、流量等水文特性，以便确定桥梁的设计标准。在选择桥梁结构形式时，通常采用悬索桥或斜拉桥，这种结构能够提供足够的通航空间，同时能够适应大跨度的要求。其次，对于岷江的地质条件，需要进行深入的勘探，确定桥梁的基础设计参数，以确保桥梁的稳定性和安全性。在设计中，应考虑河流冲刷和泥沙淤积等因素，采取相应的防护措施，以延长桥梁的使用寿命。此外，还需要考虑气象因素，特别是台风、暴雨等极端天气条件，为桥梁设计提供相应的防护设计，确保桥梁在极端气象条件下的安全性。最后，根据交通需求，确定桥梁的通行能力，以确保桥梁的通行效率和安全性。以上要点的合理考虑和科学运用，将为跨岷江桥梁设计的成功实施提供坚实基础。

3.5 高地震烈度区桥梁设计要点

3.5.1 抗震设计原则

在高地震烈度区域的桥梁设计中，抗震设计是确保结构安全性和稳定性的关键因素。抗震设计原则的遵循对于预防地震灾害、保障人民生命财产安全至关重要。首先，强调结构的强度。桥梁的各个部位，尤其是承受主要地震荷载的部位，如桥墩、桥台、梁体等，必须具备足够的强度，能够承受来自地震的巨大荷载。材料的选择和结构构造应该经过精密计算和分析，确保其抗震强度符合或超过相关设计规范的要求。其次，注重结构的刚度。抗震设计中的刚度设计是指结构在受到地震作用时的变形能力。结构的刚度越大，变形越小，从而减小了结构内部的应力，

Copyright © 2023 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

提高了结构的稳定性。通过合理的结构布置和截面设计，可以增加桥梁的刚度，提高其在地震中的抗震性能。另外，考虑结构的韧度。韧度是结构在地震作用下产生的变形能力，即结构在地震中能够发生一定程度的变形而不发生破坏。韧度设计是通过合适的结构形式、材料选择和连接方式来实现的[3]。增加结构的韧度，可以减缓结构的震动，避免瞬时地震作用引发的破坏。最后，进行合理的地震力分析和抗震设计。地震力分析是抗震设计的基础，通过准确地分析地震作用，确定地震荷载的大小和方向，为结构设计提供准确的数据。在抗震设计中，应遵循国家和地区相关的抗震设计规范，结合当地地震烈度和地质条件，合理选择设计参数，并且充分考虑地震荷载对结构产生的影响，采取相应的抗震措施，以确保桥梁在地震发生时能够安全稳定地承受地震荷载，保障人民生命财产安全。以上原则的严格遵守和科学应用将为高地震烈度区桥梁设计提供可靠的技术支持。

3.5.2 桥梁减隔振设计

桥梁减隔振设计是在地震作用下，通过隔振装置将桥梁与地震力隔离开，从而减小结构的震动幅度，提高桥梁的抗震性能。在高地震烈度区域，减隔振设计是一项重要的抗震措施，能够有效降低地震作用对桥梁结构的影响。首先，减隔振设计常使用的隔震装置包括橡胶支座、摆隔震器、球形隔振支座等。这些装置能够将地震荷载转化为桥梁的振动，降低结构受力，减小结构的应力，从而提高桥梁的抗震性能。橡胶支座通常放置梁体底部，具有较好的水平位移能力，能够缓解桥梁在地震时的水平振动。摆隔震器则通过摆动的方式将地震作用分散，减小了桥梁受到的冲击。球形隔振支座则允许桥梁在地震时发生水平和垂直方向的位移，从而降低了结构的受力。其次，减隔振设计需要根据桥梁的特性和地震条件进行精确计算和模拟。通过地震力分析，确定桥梁在地震时的受力情况，为隔振装置的设计提供准确的载荷数据。随后，利用数值模拟和试验验证等手段，对隔振装置的性能进行评估，确保其能够在地震时发挥预期的减震效果。最后，减隔振设计需要综合考虑桥梁的结构形式、使用环境和经济性等因素。合理选择隔振装置的类型和数量，确保减隔振设计既能提高桥梁的抗震性能，又能满足工程的使用要求。同时，也要考虑隔振装置的维护和更换，确保其长期稳定运行。

3.5.3 桥梁抗震措施

桥梁抗震措施是为了提高桥梁结构在地震发生时的稳定性和安全性，以减小地震作用对桥梁结构造成的影响。在高地震烈度区域，采取科学有效的抗震措施至关重要，可以分为结构性和非结构性两大类。首先，结构性抗震措施包括使用抗震设计规范指定的强度、刚度和韧度要求。结构的各个构件，特别是承受地震荷载的主要部位，如桥墩、梁体和桥台，都必须具有足够的抗震强度，能够承受地震产生的巨大力和弯矩。此外，通过采用合适的结构形式，如悬索桥、斜拉桥或拱桥，来提高桥梁的整体抗震性能。同时，适当增加桥梁的刚度，如增大截面尺寸、增加配筋等方式，来降低结构的变形，提高抗震性能。其次，非结构性抗震措施主要包括减隔振设计、柔性支座、减震装置等。减隔振设计是通过隔震装置，将桥梁与地面隔离，降低地震作用对桥梁的影响。柔性支座则可以提高桥梁的位移能力，减小结构的受力。减震装置如摆隔震器、减震支座等可以将地震荷载转化为桥梁的振动，减小结构的内应力，提高桥梁的抗震性能。另外，定期检查和维护也是重要的非结构性抗震措施。及时发现并修复结构上的损伤，可以避免因小毛病引发大问题。同时，建立抗震管理制度，进行定期的抗震安全评估和维护保养，确保桥梁的长期稳定运行。

4 结束语

在设计复杂山区高速公路桥梁时，我们必须根据地形地貌、地物特点、地质构造和地震动峰值参数等建设条件，合理选择桥型，并充分考虑陡峻地形、隧间短桥、复杂地质条件、跨越大型河流以及高地震烈度区等特殊情况下的设计要点。同时，结构性和非结构性的抗震措施，如增加结构强度、减隔振设计、柔性支座等，是确保桥梁在地震中安全运行的关键。本文的研究为复杂山区高速公路桥梁设计提供了深入的探讨和指导，对于实际工程应用具有一定的参考价值。随着科技的不断发展和经验的积累，我们相信在未来的桥梁设计中，将会有更多创新性的方法和技术得以应用，以应对复杂地形和极端环境对桥梁结构提出的更高要求。希望通过不懈地努力，我们能够建造更加安全、稳定、耐久的复杂山区高速公路桥梁，为人类的交通事业做出更大的贡献。

[参考文献]

[1]雷春煦.复杂山区高速公路桥梁设计要点浅析[J].四川建筑,2023,43(3):86-87.

[2]张元松.山区高速公路桥梁设计要点[J].科学技术创新,2018(17):114-115.

[3]张智勇,黄玮.山区高速公路桥梁设计要点[J].交通世界,2016(34):88-89.

作者简介：张全洋（1991.8—），男，石家庄铁道大学，桥梁与隧道工程，中咨华科交通建设技术有限公司，桥梁工程师，中级工程师。

Copyright © 2023 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

建筑结构设计对碳排放的影响研究

孙 昊
江西省商业建筑设计院有限公司，江西 南昌 330000

[摘要]随着全球气候变化的问题日益突出，建筑行业的碳排放逐渐成为关注焦点。建筑结构设计作为建筑项目的核心环节，其对整体碳排放的贡献不容忽视。本文通过深入探讨建筑全生命周期碳排放，重点分析结构设计工作年限、结构耐久性和结构适变性对碳排放的影响。研究表明，增加建筑的使用寿命、加强其耐久性和提高其适应性都能显著减少碳排放。尤其是，建筑的使用寿命与材料利用效率有直接的关联，而适变性设计可以在建筑使用阶段实现更高的能效。本研究为建筑师、工程师和政策制定者提供了切实可行的方法与指导，目标是推动建筑领域向更环保、低碳的方向发展。

[关键词]建筑工作年限；耐久性；适变性；碳效益
DOI：10.33142/ec.v6i12.10345 中图分类号：TU398 文献标识码：A

Research on the Impact of Building Structural Design on Carbon Emissions

SUN Hao
Jiangxi Commercial Building Design Institute Co., Ltd., Nanchang, Jiangxi, 330000, China

Abstract: With the increasingly prominent issue of global climate change, carbon emissions in the construction industry have gradually become a focus of attention. As a core link of construction projects, the contribution of building structural design to overall carbon emissions cannot be ignored. This article delves into the full life cycle carbon emissions of buildings, focusing on analyzing the impact of structural design work years, structural durability, and structural adaptability on carbon emissions. Research has shown that increasing the service life of buildings, enhancing their durability, and improving their adaptability can significantly reduce carbon emissions. Especially, the service life of a building is directly related to the efficiency of material utilization, and adaptive design can achieve higher energy efficiency during the construction phase. This study provides practical methods and guidance for architects, engineers, and policy makers, with the goal of promoting the development of the construction industry towards a more environmentally friendly and low-carbon direction.

Keywords: years of experience in construction work; durability; adaptability; carbon efficiency

引言

随着全球气候危机的加剧，减少碳排放成为多个国家的紧迫议题。特别地，建筑行业作为主要的碳排放者，其结构设计是碳足迹的关键因素，由于它涉及材料选择、施工方法和维护的能效。现有研究已涵盖建筑设计与碳排放关系，但在建筑结构设计方面的深入探讨仍显稀缺。尤其是设计工作年限、耐久性和适变性这三者如何影响碳排放仍缺乏明确的研究。本文对这一知识空白进行了填补，详细探讨了建筑结构设计如何影响碳排放，希望为建筑界提供实际的策略，以更好地应对气候变化所带来的压力。

1 建筑碳排放的基础知识

1.1 全生命周期碳排放分析

全生命周期碳排放分析是评估建筑从设计、建造、使用到最终拆除过程中所产生的全部碳排放的综合方法。此分析包括原材料的采集、生产、运输、施工、建筑的日常运营、维护，甚至到再利用或拆除阶段[1]。通过对建筑的整个生命周期进行碳排放评估，可以更全面地了解哪些阶段或哪些因素是主要的碳排放源，并找到降低碳足迹的最有效途径。

1.2 工作年限与碳效益关系

建筑的工作年限是评估其可持续性的关键因素。一个建筑物如果具有更长的工作年限，意味着其原材料和施工阶段产生的碳排放可以分摊到更长的使用期间，从而提高其碳效益。换句话说，持久和耐用的建筑不仅可以减少频繁的维修和更换所带来的额外碳排放，还可以延长其对环境带来的正面影响。

1.3 建筑行业与全球碳排放

建筑行业是全球碳排放的主要贡献者之一。从建筑材料的生产、运输、施工，到建筑的运营、维护和最终拆除，每一个步骤都与碳排放息息相关。根据统计，建筑行业在全球总碳排放中所占的比例正在逐年上升，这使得研究和探讨建筑行业如何减少碳排放变得尤为重要。此外，随着城市化进程的加速，新的建筑需求不断增长，这使得行业内对低碳建筑方法和技术的需求越来越迫切。

2 结构设计工作年限对碳排放的影响

2.1 建筑工作年限定义

建筑的工作年限，通常被称为建筑的设计寿命或使用寿命，是指建筑物在经济、功能和安全等方面预期能够持

Copyright © 2023 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

续正常使用的年数。这并不意味着到了这个年限后建筑物就会被拆除或无法使用，而是指建筑物在这个时间段内，不需要进行大规模的修复或重建。建筑的工作年限取决于多种因素，包括使用的材料、施工技术、设计理念、使用环境和维护水平等。例如，某些建筑使用了高质量的耐久材料，并得到了适当的维护，其实际使用寿命可能远远超过了设计寿命。反之，缺乏维护和不恰当地使用可能会缩短建筑的工作年限。对建筑工作年限的正确定义和了解，有助于更好地评估建筑的可持续性和碳效益，并为未来的建筑设计和维护提供指导。

2.2 工作年限与材料利用率的关系

建筑的工作年限与其使用材料的利用率之间存在着紧密的联系。长寿命的建筑意味着材料的投资可以在更长的时间内得到回报，从而提高材料的整体利用效率。在一个建筑的生命周期内，如果能够减少因磨损、损坏或技术过时导致的修复和更换，那么这些建筑材料的利用率便得以最大化。这不仅有助于资源的节约，还意味着可以减少因生产新材料和处置废弃材料而产生的碳排放。反之，一个使用寿命较短的建筑可能会导致频繁的维修、翻新或重建，从而导致材料的浪费和额外的碳排放。这也增加了对新材料的需求，进而增加了资源消耗和环境压力。因此，建筑工作年限的延长与提高材料利用率之间存在着正向的关系，对于推动建筑行业的可持续发展具有关键性的意义。

2.3 工作年限延长与碳排放减少的关系

当建筑的工作年限延长时，它所需的维修、翻新或更换的频率就会降低，这直接减少了与之相关的碳排放。每次建筑进行大规模的维修或翻新，都需要生产和运输大量的建筑材料，这些过程都伴随着显著的碳排放。因此，一个持久且少需维修的建筑在其整个生命周期中的碳足迹会明显低于频繁进行维修或翻新的建筑。此外，长寿命的建筑还避免了由于拆除和重建而产生的巨大碳排放。建筑的拆除不仅涉及大量能源消耗，还伴随着建筑废物的处理，而新建筑的建造则需要新的材料和施工过程，这些都会产生大量的碳排放。延长建筑的工作年限是实现低碳建筑和城市的关键策略之一。通过设计持久、耐用且易于维护的建筑，可以显著减少与建筑生命周期相关的碳排放，为应对全球气候变化做出积极贡献。

2.4 工作年限与建筑拆除/重建的影响

建筑的工作年限与其拆除或重建的需求之间有着直接的关系。一个具有长工作年限的建筑能够在更长的时间里满足使用需求，从而降低了在其生命周期结束时进行拆除或重建的可能性。每当进行建筑拆除，都会产生大量的建筑废料，这不仅增加了处理这些废料的成本和环境压力，这意味着大部分之前投入建筑中的材料和资源都将变得无用。另外，新的建筑建设涉及到大量新材料的生产、运输和施工，这些活动都与高碳排放紧密相关[2]。因此，如果一个建筑能够有更长的使用寿命，那么与之相关的生命周期内的碳排放就会大大降低。在现代城市中，频繁的建筑拆除和重建不仅增加了碳排放，还可能导致社区的断裂和文化遗产的丧失。因此，从环境、经济和社会的角度看，优先延长建筑的工作年限而不是拆除重建，都是更可取的策略。

3 结构耐久性设计对碳排放的影响

3.1 耐久性的定义与重要性

建筑的耐久性是指其在预期的使用条件下，能够维持其功能、安全性和外观的能力，且不需要过多的维修和更新。这通常涉及到对各种自然和人为因素，如风、雨、日照、温度变化、污染和日常使用的抗性。一个具有高耐久性的建筑不仅能够更长时间地保持其原始状态，还可以降低由于维修、更新或替换损坏部分而产生的额外费用和资源消耗。耐久性的重要性不仅体现在经济效益上，还直接关联到建筑的环境足迹。一个耐久的建筑可以减少对新材料的需求和与维修或更换相关的碳排放。这意味着在建筑的整个生命周期中，其环境影响会显著降低。此外，耐久性还与建筑的社会价值和文化意义相关。持久的建筑往往能够更好地保留历史和文化记忆，为未来的世代提供宝贵的学习和体验机会。

3.2 耐久性材料与传统材料的碳足迹对比

在建筑领域，材料选择对整体碳足迹有着显著影响。耐久性材料，如高性能混凝土、耐腐蚀金属和高效隔热材料，由于其长期的持久性和较少的维护需求，通常与较低的生命周期碳排放相关。这些材料虽然在初始生产阶段可能具有较高的碳足迹，但由于其长寿命和减少的更换需求，其在整个生命周期内的平均碳排放量往往低于传统材料。相比之下，传统材料，如普通混凝土、普通钢或木材，在其生命周期中可能需要更频繁地更换或维修。这些材料在建筑的使用期限内可能会出现老化、磨损或退化，导致更高的维护成本和随之产生的碳排放。尽管这些传统材料在初始生产和安装阶段的碳足迹可能较低，但由于其短暂的使用寿命和频繁的更换，其生命周期内的总碳足迹可能超过那些初步投资较高但更为耐久的材料。

3.3 维修、翻新与更换的碳排放分析

建筑物在其使用寿命中经常需要进行维修、翻新或更换某些部分，以保持其功能和外观。这些活动虽然能够延长建筑的使用期限，但也与一定量的碳排放有关。首先，维修通常涉及更换损坏的部分或修复现有结构，这需要新的材料和施工活动。虽然这些维修工作的规模可能相对较小，但频繁的小型维修会导致显著的碳排放，尤其是当考虑到材料生产、运输和施工过程中的碳排放。其次，翻新工作通常涉及对建筑的大规模更新和改进，如更换窗户、增加隔热或更新电气和管道系统。这些大型项目不仅涉及大量的材料消耗，还伴随着大量的施工活动，从而导致了显著的碳排放。最后，当建筑部件达到其使用寿命并无法进行维修或翻新时，它们需要被完全更换[3]。这不仅需要

Copyright © 2023 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

新材料的生产和安装，还伴随着旧材料的拆除和处理，这些过程都与碳排放有关。因此，尽管维修、翻新和更换都是确保建筑持久性和功能性的关键活动，但它们也与一定的碳排放有关。为了实现真正的低碳建筑，需要仔细考虑如何在维持建筑性能的同时，最小化这些活动的环境影响。

3.4 耐久性策略与技术

随着建筑业对环境可持续性的关注日益加强，开发和应用增强建筑耐久性的策略和技术变得尤为重要。耐久性策略的核心目标是确保建筑能够在其预期使用年限内抵御各种环境和机械压力，同时尽量减少对维护和修复的需求。为实现这一目标，现代建筑技术已经发展出了一系列解决方案。例如，使用高性能的混凝土和其他复合材料可以提供更好的抗腐蚀和耐磨损性能[4]。另外，应用超羟基化处理和其他表面处理技术可以进一步增强材料的耐久性，使其更能抵御环境因素如酸雨、盐雾和高温。在建筑设计阶段，采用被动设计原则，如合理的遮阳策略、保温和通风策略，也可以增强建筑的长期性能，减少因环境变化引起的损坏风险。此外，使用智能建筑管理系统可以持续监测建筑的结构和设备状态，确保及时发现和修复任何潜在问题。

4 结构适变性与碳排放

4.1 适变性设计的基本理念

适变性设计是建筑领域中的一个核心概念，强调建筑应具有足够的灵活性和适应性，以满足不断变化的使用需求和环境条件。这一设计理念的出发点是认识到，随着时间的推移，建筑的功能需求、用户组成或技术标准都可能发生变化。因此，一个真正成功的建筑不仅应在初始阶段满足使用者的需求，还应具备在其整个生命周期中适应变化的能力。适变性设计考虑了建筑的长期价值，确保其不仅在当下，而且在未来都能保持相关性和功能性。这意味着，设计时不仅要考虑建筑的当前用途，还要预测和准备可能的未来变化。例如，设计灵活的内部空间布局可以轻松地重新配置，以适应不同的功能或容量需求；考虑使用可拆卸和可回收的材料，则有助于未来的翻新或改造。

4.2 适变性增强与碳排放的直接影响

建筑的适变性与碳排放之间存在着紧密的联系。一个具备高度适变性的建筑可以更容易地适应各种功能变化，无须进行大规模的建筑干预或更改。这样的设计避免了频繁的翻新、改建或重建活动，从而大大减少了相关的碳排放。当建筑能够灵活地应对使用需求的变化，例如通过轻松调整室内布局或功能，它可以避免因不再适应新需求而被拆除[5]。此外，使用可再配置的建筑元素、可拆卸的墙体或模块化的设计方法可以进一步减少因变动需求导致的资源浪费和碳排放。例如，一个办公楼如果设计得足够适变，可以在未来轻松转变为住宅、酒店或其他功能，避免了因用途变化而进行的大规模重建。这不仅节约了新材料的生产和施工中的碳排放，还避免了旧建筑物的拆除过程中的碳排放。因此，加强建筑的适变性不仅能确保建筑的长期使用和价值，还可以在整个生命周期中显著减少碳排放。这对于实现低碳、可持续的建筑环境具有至关重要的作用。

4.3 适变性与建筑使用阶段能效

适变性在建筑使用阶段的能效方面起到了核心作用。建筑物的能效不仅受到其结构和构造材料的影响，还与其使用方式和管理策略密切相关。适变性允许建筑在其使用阶段灵活地响应各种需求和条件，确保其始终以最高效的方式运行。首先，高度适变的建筑可以更容易地适应不同的使用模式和人流需求。例如，可再配置的空间可以根据不同的活动和时间段进行调整，从而实现最佳的照明、通风和空调效果。这有助于减少不必要的能源消耗，提高整体能效。其次，适变性建筑也支持先进的建筑管理系统和智能技术的应用。这些系统可以实时监测建筑的性能和使用情况，根据实际需求调整能源消耗，从而避免浪费和过度消耗。此外，随着技术的发展和新的可持续性策略的应用，建筑可能需要安装新的设备或系统以提高其能效。适变性建筑在设计时已考虑到了这种可能性，因此可以更容易地进行此类更新，无需进行昂贵和耗时的改建。

5 结语

面对全球气候变化的严峻形势，建筑行业正站在一个重要的交叉点上，既有深远的挑战也有无限的机遇。本文针对建筑结构设计与碳排放的复杂关系进行了深入探讨，揭示了通过科学的策略和技术选择能够显著降低建筑碳排放的可能性。其中，建筑的工作年限、材料的耐久性，以及设计的适变性被鉴定为决定碳排放关键性的因子。本研究为建筑师、工程师及政策制定者提供了明确指导，同时也让公众更加认识到建筑决策的深远意义。为了一个可持续的未来，我们持续推动建筑行业的技术和知识进步，期望每个建筑都能反映对明日美好生活的期许。

[参考文献]

[1]王慎.绿色建筑的碳排放管理中BIM技术应用研究[J].智能建筑与智慧城市,2023(10):108-110.
[2]佚名.全国首个建筑领域碳排放监测与管理系统在深圳上线[J].混凝土,2023(9):96.
[3]张相勇,陈华周,李任戈,等.装配式钢结构建筑隐含碳排放计算与分析[J].建筑节能(中英文),2023,51(9):129-138.
[4]赵彦革,孙倩,韦婉,等.建筑结构类型及方案对碳排放的影响研究[J].建筑结构,2023,53(17):14-18.
[5]林明超,李晓娟,卢家婧.绿色建筑碳排放核算方法及减排路径研究[J].上海节能,2023(8):1111-1124.

作者简介：孙昊（1979.12—），男，学历：大学本科，专业：结构设计。

Copyright © 2023 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

低碳概念下的建筑设计应对的策略

李 哲
榆林市建筑设计研究院有限公司，陕西 榆林 719000

[摘要]随着现代社会经济的不断发展和科技水平的日益提高，人们对物质生活的要求不断提升，涵盖了衣食住行各个方面。这种趋势也深刻地影响着建筑行业，促使我们对其提出更高水平的要求。为了在这个竞争激烈的行业中脱颖而出，建筑业必须不断引入新时代的理念。在如今飞速发展的都市生活状态下，低碳的理念已经深入人心。因此，文中旨在探讨低碳环保概念的基础问题，并深入论述如何将这一理念应用于建筑行业。希望实现建筑业对低碳能源的合理利用，采用环保材料，积极考虑再生资源的应用，以推动低碳活动在建筑领域的广泛应用。这将有助于建筑行业在可持续性和环保方面发挥更大的作用，以满足当今社会对更环保、更可持续建筑的需求。

[关键词]低碳概念；建筑设计；应对策略
DOI：10.33142/ec.v6i12.10376 中图分类号：TU201.5 文献标识码：A

Strategies for Architectural Design under the Concept of Low Carbon

LI Zhe
Yulin Architectural Design and Research Institute Co., Ltd., Yulin, Shaanxi, 719000, China

Abstract: With the continuous development of modern social economy and the increasing level of technology, people's requirements for material life are constantly increasing, covering various aspects of clothing, food, housing, and transportation. This trend also deeply affects the construction industry, prompting us to put forward higher level requirements for it. In order to stand out in this fiercely competitive industry, the construction industry must constantly introduce new era concepts. In today's rapidly developing urban lifestyle, the concept of low-carbon has deeply rooted in people's hearts. Therefore, the article aims to explore the fundamental issues of the concept of low-carbon environmental protection and delve into how to apply this concept to the construction industry. We hope to achieve the reasonable utilization of low-carbon energy in the construction industry, adopt environmentally friendly materials, and actively consider the application of renewable resources to promote the widespread application of low-carbon activities in the construction field, which will help the construction industry play a greater role in sustainability and environmental protection, in order to meet the demand for more environmentally friendly and sustainable buildings in today's society.

Keywords: low carbon concept; architectural design; coping strategies

引言

随着全球社会的不断发展和城市化进程的加速，建筑行业在满足人们居住、工作和娱乐需求的同时，也面临着日益加重的环境和资源压力。建筑业所消耗的能源和材料不仅对地球的生态平衡产生了负面影响，还对气候变化、自然资源耗竭等全球性挑战构成了威胁。在这一背景下，低碳建筑概念的出现和持续发展，成为了建筑行业转型的必然趋势。低碳建筑不仅代表了一种环保意识的崭新高度，更是对建筑业进行全方位改革的动力源泉。它提倡通过智能设计、高效能源利用、可再生资源的充分利用以及减少废弃物的产生，来降低建筑的碳排放和环境影响。低碳建筑的理念适应了当今社会对可持续性的迫切需求，旨在创造更环保、更经济、更舒适的建筑环境。

1 低碳建筑概述

低碳建筑是一种积极响应全球气候变化和环境挑战的建筑理念。它强调通过优化设计和采用可持续技术，最大限度地减少建筑在整个生命周期中产生的碳排放，以及对资源的消耗。低碳建筑的核心目标是降低建筑能源需求、减少温室气体排放、促进资源循环利用，从而创造更环保、更经济和更宜居的建筑环境。

1.1 低碳建筑的定义

低碳建筑被定义为一种建筑设计和运营方法，旨在降低其整个生命周期内的碳排放量，包括建筑材料的生产、建设、使用和维护阶段。这一概念强调最大限度地减少能源消耗、采用可再生能源，以及优化建筑结构和设备，以提高建筑的能效。低碳建筑追求与传统建筑相比更低的碳足迹，以减轻对全球气候的负面影响。

1.2 低碳建筑的重要性和优势

低碳建筑在当今社会具有重要的战略地位。首先，它有助于减少温室气体的排放，有助于应对全球气候变化。通过降低能源消耗和采用可再生能源，低碳建筑能够显著减少碳排放，从而降低对气候的不利影响[1]。其次，低碳建筑也在经济和社会层面带来多重优势。节能建筑通常能够降低能源成本，减少运营费用，为业主和居民创造经济

Copyright © 2023 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

效益。此外，它还可以促进绿色就业机会的增长，推动可持续发展，提高生活质量。

1.3 低碳建筑对环境的影响

低碳建筑对环境的影响主要体现在以下几个方面：首先，它减少了能源的使用，从而减少了化石燃料的消耗和相关的温室气体排放。这有助于减缓气候变化的速度，减少全球变暖的影响。其次，低碳建筑倡导资源的有效利用，减少了原材料的浪费。这有助于减轻资源枯竭和生态系统破坏的压力。此外，低碳建筑还通过改善室内环境空气质量和提供更舒适的生活空间，改善了居住者的生活质量，促进了健康和幸福感。

2 建筑设计中应用低碳理念的作用

2.1 可持续发展和低碳设计的关系

可持续发展与低碳设计有着密切的联系，因为低碳建筑是可持续发展的一个关键组成部分。可持续发展强调满足当前需求，而不会危害未来世代的需求。低碳设计通过减少资源消耗和环境污染，有助于维护生态平衡，减少资源耗竭的风险，从而实现可持续发展的目标。低碳设计还与社会和经济可持续性紧密相连，因为它减少了能源和资源成本，创造了就业机会，提高了生活质量。因此，低碳建筑的推广有助于促进可持续发展，为未来的社会和经济提供了更加稳健的基础。

2.2 建筑设计对碳排放的影响

建筑设计在很大程度上决定了建筑的能源效率和碳排放水平。采用低碳设计原则，如选择节能材料、优化建筑结构、采用高效能源系统和控制，可以显著降低建筑的碳足迹。建筑的生命周期内，包括建设、使用和维护阶段，都会对碳排放产生影响。低碳建筑设计在每个阶段都考虑了减少碳排放的策略，例如使用可再生能源、改进绝热性能和采用节水措施。通过这些方法，低碳建筑可以最大限度地减少碳排放，有助于应对气候变化挑战。

2.3 低碳建筑的社会经济效益

低碳建筑不仅对环境产生积极影响，还为社会和经济带来多重效益。从社会角度来看，低碳建筑提供了更健康、更舒适的室内环境，改善了居住者的生活质量。它还创造了就业机会，推动了绿色技术和创新的发展。从经济角度来看，低碳建筑通常能够降低能源成本和维护费用，为业主和居民节省开支。此外，它还促进了可再生能源和节能技术的市场增长，为经济增长创造了机会。

3 低碳概念下的建筑设计策略

3.1 能源效率提升策略

（1）节能材料与技术。在低碳建筑设计中，选择适用的节能材料和技术至关重要。这包括使用高度绝缘的建筑材料，如双层窗户、隔热墙体和屋顶。此外，采用高效照明系统、LED 照明和智能照明控制技术可以显著减少能源消耗。综合利用太阳能热水系统、地源热泵和可再生能源，如太阳能光伏板，也有助于降低电力和热能的消耗。通过结合这些节能材料和技术，建筑能够最大程度地减少对传统能源的依赖，减少碳排放。

（2）高效能源系统设计。高效能源系统设计是低碳建筑的关键组成部分。这包括采用高效的供暖、通风和空调系统，以确保室内温度舒适而能源消耗最低。智能温控系统和节能设备可以帮助优化能源利用。另外，建筑的能源系统需要定期维护和监控，以确保其性能始终处于最佳状态。高效能源系统设计不仅降低了运营成本，还显著减少了能源浪费，有助于实现建筑的低碳目标。

（3）节能建筑外壳设计。节能建筑外壳设计是降低建筑能源消耗的重要策略。它包括选择适当的外墙和屋顶材料，以减少热量传输。高效的绝缘材料和隔热技术可以帮助建筑保持温度稳定，减少对供暖和冷却系统的依赖。另外，建筑外墙的设计也可以采用被动式策略，如最大程度地利用自然光和通风，以减少照明和通风系统的使用。这些设计决策在降低碳排放方面发挥了重要作用，同时也提供了更加舒适和可持续的室内环境。

3.2 可再生能源的整合策略

（1）太阳能利用。太阳能是最常见和广泛利用的可再生能源之一，也是低碳建筑中的关键资源。太阳能光伏系统可以将太阳光转化为电能，为建筑提供清洁能源。这些系统通常包括光伏板，可以安装在建筑的屋顶或墙面上，以最大程度地吸收太阳能。通过将太阳能转化为电能，建筑可以自给自足地满足一部分或全部电力需求，从而减少对传统电力的依赖，减少碳排放。此外，多余的太阳能电力可以储存或回馈到电网，提供可再生能源的增量。

（2）风能发电系统。风能发电系统是另一种可再生能源的整合策略，尤其适用于那些地处风力资源丰富地区的建筑。风力涡轮机可以安装在建筑屋顶或附近的空地上，将风能转化为电能。风能发电系统的优点在于，它们可以在适宜的条件下提供稳定的电力供应，并且不产生碳排放。它们也可以与太阳能光伏系统相结合，以确保电力供应的连续性。风能发电系统是建筑实现低碳目标的有力工具之一，尤其适用于偏远地区或需要独立电力供应的建筑。

（3）生物质能源应用。生物质能源是指从生物质材料（如木材、秸秆、生活垃圾等）中提取能量的过程。在低碳建筑中，生物质能源可以用于供暖、热水和电力生产。例如，生物质锅炉可以燃烧木材或其他生物质材料，提供建筑的暖气和热水[2]。生物质能源的应用不仅有助于减少对化石燃料的依赖，还有助于管理生态系统中的生物质资源。通过可持续管理和再生资源的利用，生物质能源可以成为建筑的可再生能源来源之一，降低碳排放并促进生态平衡。

3.3 智能化与自动化控制策略

（1）智能照明与热控系统。智能照明与热控系统是低碳建筑设计中的关键组成部分，它们通过高度自动化和智能化的方式管理建筑的照明和温度控制，以提高能源效率和舒适性。以下是对这两个方面的详细说明：

Copyright © 2023 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

①智能照明系统：智能照明系统利用传感器、计时器和自动控制来调整建筑内的照明。这意味着照明只会在需要时才会开启，而当房间无人时会自动关闭。此外，可调光和可调色温的照明系统可以根据不同的情境和时间需求进行调整，以降低能源消耗。例如，在白天阳光充足的情况下，系统可以自动调暗灯光，以减少能源浪费。智能照明系统还可以与自然光调节相结合，确保光照充足，同时最大限度地减少电力消耗。

②热控系统：智能热控系统是建筑内部温度的智能管理者。它使用温度传感器和自动控制来监测室内温度，并根据需求自动调整供暖和冷却系统的运行。例如，在夏季，系统可以降低空调温度，但在冬季，它会提高供暖温度[3]。这种智能温控系统可以根据建筑内部和外部条件的变化来最大化能源利用，确保舒适性的同时降低能源浪费。

（2）建筑能耗监控与管理系统。建筑能耗监控与管理系统是为了实时追踪和管理建筑的能源消耗而设计的工具。这个系统使用传感器和数据分析来监测建筑内的电力、水和热能消耗。以下是对这个系统的详细说明：

①监控功能：建筑能耗监控系统通过安装传感器来监测各种能源消耗情况，包括电力、水和热能。这些传感器收集实时数据，使建筑管理员可以了解到建筑内部各个区域和设备的能源使用情况。这些数据可以用于识别能源浪费和效率低下的区域，从而采取措施进行改进。

②管理功能：建筑能耗监控系统不仅仅是数据收集工具，还具有管理能源的功能。它可以自动化能源控制，根据需求和能源价格变化来调整供暖、冷却、照明和其他设备的运行。这种智能管理可以最大程度地降低能源消耗和相关成本。

③数据分析和报告：建筑能耗监控系统还提供了数据分析和报告功能，使建筑管理员能够更深入地了解能源消耗的模式和趋势。这有助于制定长期的能源管理策略，并监测这些策略的实施效果。此外，这些系统还可以生成能源消耗报告，用于与监管机构和利益相关者共享。

4 低碳概念在我国建筑设计中的应用

4.1 中国的低碳建筑政策与法规

中国政府积极倡导低碳建筑，采取了一系列政策和法规来支持和规范低碳建筑的发展。其中包括能源效率标准的提高、建筑节能评估制度的建立以及对可再生能源和节能技术的鼓励。例如，中国实施了“绿色建筑评估标准”，以推动建筑的可持续性和环保性。此外，政府还提供了财政激励措施，如补贴和税收优惠，鼓励企业和个人采用低碳建筑技术。这些政策和法规为低碳建筑提供了坚实的政策基础，促进了低碳建筑的广泛应用。

4.2 中国低碳建筑设计的现状与趋势

中国低碳建筑设计正处于迅速发展的阶段。随着对可持续性和环保的日益关注，越来越多的建筑师和设计师将低碳概念融入其设计中。这包括采用节能材料、优化能源系统、改进建筑外壳设计以及整合可再生能源[4]。中国的低碳建筑设计趋势还包括探索新的绿色建筑技术，如垂直绿化、太阳能发电墙和雨水收集系统。此外，智能建筑技术也在中国的建筑设计中得到广泛应用，以提高能源效率和舒适性。中国正在逐渐转变为一个低碳建筑的领导者，为未来可持续城市发展奠定了坚实的基础。

4.3 中国低碳建筑案例分析

中国已经涌现出许多杰出的低碳建筑案例，这些案例为低碳建筑设计提供了宝贵的经验和启示。例如，位于北京的“国家农业展览馆”采用了大面积的太阳能光伏板和雨水收集系统，实现了零碳排放。上海的“绿色谷”项目则通过智能控制系统和绿色屋顶，显著降低了能源消耗。这些案例表明，中国的低碳建筑不仅关注环保，还注重创新和技术应用。通过这些案例的成功经验，中国正在逐渐树立低碳建筑的榜样，激励更多的建筑设计师和开发商投身到低碳建筑的设计和建设中。

5 结语

在全球范围内，低碳建筑已经成为可持续性发展的主要方向之一。在这个迅速发展的领域，我们探讨了低碳建筑的定义、其在建筑设计中的应用策略以及当前的低碳建筑现状和趋势。通过节能材料与技术的运用、可再生能源的整合、智能化控制系统的应用以及政策法规的支持，低碳建筑在实现能源效率提升和环保目标方面取得了巨大进展。这些策略不仅降低了能源成本，还提高了建筑的舒适性，创造了就业机会，促进了可再生能源和节能技术的市场增长。低碳建筑不仅仅是一种设计理念，更是一种承诺，致力于减少对地球资源的依赖，保护环境，提高居住质量，推动经济增长。未来，应该极力致力于创新和合作，共同建设更加可持续、绿色和低碳的未来。通过共同努力，为下一代创造一个更美好的世界。

[参考文献]

[1]聂栩颖.低碳概念下的建筑设计优化要点分析[J].住宅与房地产,2021(33):61-62.

[2]孙帅丽.低碳概念下的建筑设计措施[J].居舍,2021(21):98-99.

[3]周建波.低碳概念下建筑设计与室内外环境融合分析[J].工业建筑,2020,50(8):211.

[4]肖淦升.低碳概念下的建筑设计及污染物问题治理[J].区域治理,2019(27):99-101.

作者简介：李哲（1983.5—），毕业院校：西安欧亚学院，所学专业：环境艺术设计，当前就职单位：榆林市建筑设计研究院有限公司，职务：建筑设计师，职称级别：工程师。

Copyright © 2023 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

浅析低碳背景下绿色技术在建筑暖通设计中的应用

王 聪
信息产业电子第十一设计研究院科技工程股份有限公司河北分公司，河北 石家庄 050000

[摘要]在当前低碳经济趋势的背景之下，建筑暖通领域正经历着一个转型和革新的关键时期。本章基于这一宏观背景，系统地探索了绿色技术在暖通系统中的综合应用。首先，文中概述了全球低碳发展的背景、绿色技术的理论基础及暖通系统的主要组件。深入探索了在这样的宏观环境下，我国建筑暖通设计所面临的新的挑战和机遇。在技术应用的讨论中，重点分析了太阳能技术、土壤源热泵、自然通风技术、变频控制技术、绿色建材技术以及能源的分析与再循环技术的实践应用。更为重要的是，详细论述了先进的传感和监控技术、人工智能与机器学习以及5G通信技术在构建智能暖通系统中的核心作用。综合考虑这些先进技术，为构建一个更加高效且环境友好的建筑暖通设计提供学术性的指导和参考。

[关键词]低碳背景；暖通设计；绿色技术
DOI：10.33142/ec.v6i12.10344 中图分类号：TU318 文献标识码：A

Brief Analysis of the Application of Green Technology in Building HVAC Design under the Background of Low Carbon

WANG Cong
Hebei Branch of the IT Electronics Eleventh Design and Research Institute Scientific and Technological Engineering Co., Ltd., Shijiazhuang, Hebei, 050000, China

Abstract: Against the current trend of low-carbon economy, the field of building HVAC is undergoing a critical period of transformation and innovation. Based on this macro background, this chapter systematically explores the comprehensive application of green technology in HVAC systems. Firstly, the article provides an overview of the background of global low-carbon development, the theoretical basis of green technology, and the main components of HVAC systems. It deeply explores the new challenges and opportunities faced by Chinese building HVAC design in such a macro environment. In the discussion of technological applications, the focus was on analyzing the practical applications of solar energy technology, ground source heat pump, natural ventilation technology, variable frequency control technology, green building materials technology, and energy analysis and recycling technology. More importantly, the core roles of advanced sensing and monitoring technologies, artificial intelligence and machine learning, as well as 5G communication technology in building intelligent HVAC systems were discussed in details. Taking into account these advanced technologies comprehensively, we provide academic guidance and reference for building HVAC design that is more efficient and environmentally friendly.

Keywords: low carbon background; HVAC design; green technology

引言

随着全球气候变化的加剧及社会对环境问题的日益关注，低碳经济已成为各国发展的必然趋势。特别是在建筑行业，暖通领域的绿色和智能化转型尤为关键，因为它直接影响到建筑的能源消耗和碳排放。此外，建筑暖通不仅关乎能源，更涉及到居住者的舒适度和健康。本文将系统地探讨低碳背景下绿色技术在暖通设计中的应用，以期为这一领域的转型提供科学、实用的指导，同时为实现全球可持续发展目标贡献力量。

1 低碳背景下绿色技术与暖通系统概述

1.1 低碳背景

随着气候变化对全球造成的挑战不断加剧，低碳经济的重要性日益凸显，逐渐成为当代主要的发展策略。低碳背景主张降低碳排放，强调采用更加可持续、环境友好的方法来进行生产和消费。此背景下的核心目标是在维持经济发展的同时，实现碳排放的大幅度减少，以减缓气候变化的速度，并为后代留下一个更为宜居的地球。

1.2 绿色技术

绿色技术，又称为清洁技术或可持续技术，是指那些能够减少对环境的负面影响、节约资源并降低碳排放的技术和方法。这些技术覆盖了从能源生产、存储、传输到消费的各个环节，包括但不限于太阳能、风能、生物能以及其他可再生能源技术。除此之外，绿色技术还涉及高效的资源利用、废物回收和循环利用等。

1.3 暖通系统

暖通系统，正式称为供暖、通风和空调系统（Heating, Ventilation, and Air Conditioning, HVAC），是建筑中用于维持和调节室内环境质量、温度和湿度的关键设施。

Copyright © 2023 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

随着技术的进步，现代暖通系统已经能够实现高效的能源利用、自动调节并满足不同建筑和地区的特定需求[1]。在低碳背景下，暖通系统的设计与运行都面临着更加严格的能效和环境标准，因此需要不断地引入和应用绿色技术以满足这些要求。

2 低碳背景下我国对建筑暖通设计的新要求

随着气候变化对全球造成的挑战不断加剧，低碳经济的重要性日益凸显，成为当代主要的发展策略。在我国推进低碳发展的背景下，为了有效降低建筑的能源使用并提高室内环境的质量，建筑暖通设计已经面临了诸多创新的技术与策略挑战。首先，能源效率成为新要求的核心。暖通作为建筑行业重要组成部分不仅可以显著减少能源使用，还有助于降低运营成本和减少碳排放。特别是，随着太阳能技术和土壤源热泵技术的不断发展，其在暖通系统中的集成应用被视为满足低碳要求的有效策略。其次，新要求强调了建筑与自然环境的和谐关系。这不仅包括建筑材料的可持续性，还涉及到暖通系统如何利用和增强自然通风和日光照明等自然资源，以最大限度地提高能源效率和室内舒适度。再者，数字化和智能化在暖通设计中的应用也成为新要求的一部分。先进的传感和监控技术、AI与机器学习的策略，以及5G通信技术，都为暖通系统提供了实时控制和优化的可能性，从而进一步提高系统的能效和可靠性。

3 低碳背景下绿色技术在建筑暖通设计中的应用

3.1 太阳能技术

太阳能技术，作为一种清洁、可再生的能源来源，近年来在全球范围内得到了广泛的关注和应用。利用太阳能转化为热能或电能，为建筑提供所需的能源，既具有环境友好性，也符合低碳经济的发展策略。在建筑暖通领域，太阳能技术主要包括太阳能光伏技术和太阳能热水系统。太阳能光伏技术主要通过太阳能电池板将太阳辐射转化为电能，进而为建筑的暖通、照明及其他电器设备提供电力。相较于传统的能源供应方式，这种技术大大减少了碳排放，同时也降低了能源成本。太阳能热水系统则通过集热器捕获太阳辐射，并将其转化为热能，以满足建筑中的热水和供暖需求。与传统的供暖方式相比，太阳能热水系统不仅能够提高能源利用效率，还能减少对化石燃料的依赖，进一步降低建筑的碳足迹。

3.2 土壤源热泵技术的应用

土壤源热泵技术，又称为地源热泵技术，是一种利用地下浅层土壤中稳定的温度差，为建筑提供加热和制冷的高效能源系统。由于土壤在一定深度下的温度相对稳定，这使得土壤源热泵技术能够在冬季提供持续的热能，而在夏季提供冷能。该技术的核心组成部分包括地下热交换器、热泵单元和室内供热/制冷系统。地下热交换器主要通过土壤与工质间的热交换，捕获或释放热能。热泵单元则将这些热能提升到一个适用于建筑的温度，以满足供暖或制冷的需求[2]。相较于传统的空调和供暖系统，土壤源热泵技术具有更高的能源效率和更低的运行成本，这主要得益于其直接从土壤中提取或排放热能，避免了对化石燃料的依赖。由于其运行过程中几乎不产生什么排放，这种技术对环境的影响也极为有限。

3.3 自然通风技术的应用

自然通风技术是一种充分利用建筑的物理属性和外部环境条件，通过优化建筑形态、结构和开窗策略，实现室内外空气流通，以改善室内微气候和提高空气质量的策略。该技术的核心理念在于依靠风压、热浮力等自然驱动力，而非机械手段，来调节和促进室内外空气的交换。自然通风的优势显而易见：首先，它减少了对传统机械通风、空调系统的依赖，从而显著降低了能源消耗和操作成本。其次，自然通风有助于引入新鲜空气，有效地降低室内污染物浓度，进而提高室内空气质量。此外，它也增强了建筑与其周围环境的联系，为居住者提供了更为舒适和宜人的生活体验。然而，实施自然通风策略时需要充分考虑多种因素，如建筑的方向、位置、开窗大小和位置、外部障碍物等。此外，随着气候变化和都市热岛效应的加剧，自然通风技术在某些特定环境和季节中的效果可能会受到限制。

3.4 变频技术

变频技术是近年来在暖通领域中得到广泛应用的一种节能技术。其基本原理是通过调整电机的工作频率来改变其运行速度，从而适应不同的工作需求，实现能源的优化利用。与传统的定速驱动系统相比，变频驱动可以提供更为灵活的操作方式，有效地适应各种负载条件。在建筑暖通系统中，空调、通风和空调系统是主要的能耗部分。通过应用变频技术，可以实现对这些设备的精确控制，使其工作在最佳效率点，大大降低了不必要的能源消耗。例如，当室内温度达到设定值时，空调系统可以通过降低运行频率来减少冷却或加热的强度，从而达到节能的效果。另外，变频技术也有助于减少设备的启停次数，延长其使用寿命，并降低维护成本。与此同时，该技术还能够提供更为平稳的运行特性，降低噪音，提高系统的整体性能和用户的舒适度。然而，尽管变频技术带来了许多明显的优势，但在其应用过程中也需要注意一些技术和经济问题。例如，初期投资成本相对较高，对系统的设计和安装要求也更为严格。

3.5 绿色材料技术

随着全球对可持续发展的日益关注，绿色材料技术在建筑暖通领域中的应用成为了一个热门研究课题。绿色材料，与传统材料相比，不仅具有较低的环境影响，而且在整个生命周期中具有出色的能效性能。这些材料经常来源于可再生或循环利用的资源，并且在生产、使用和处理阶

Copyright © 2023 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

段产生的环境污染较少。在暖通系统中，绿色材料技术可以应用于隔热、隔音和散热材料，以降低建筑的热损失和能源消耗。此外，通过使用非有毒和可再生的绿色材料，可以进一步提高室内空气质量，为居住者创造一个健康、舒适的生活环境。

3.6 能源分析与循环利用技术

能源分析是评估建筑和其暖通系统能效的关键工具。通过对建筑能耗的详细分析，可以识别出主要的能源浪费点，从而制定出有效的节能策略。在这一过程中，先进的建筑能源模拟软件和传感器技术得到了广泛应用，帮助进行精确的能源预测和优化。与此同时，循环利用技术在暖通系统中的应用也变得越来越普遍。这涉及到从一个系统中捕获并再利用能源，而不是将其浪费掉。例如，余热回收技术可以从空调或供暖系统中捕获多余的热能，用于预热进入系统的新鲜空气或水。这种方法不仅可以减少能源消耗，还可以提高系统的整体效率。

3.7 先进传感与监控技术

随着技术的持续进步，传感与监控技术在暖通领域中的应用日益显著。这些技术为实现精准、智能的系统调控提供了关键性工具，进而优化能源使用效率和室内环境舒适性。先进的传感技术能够实时、准确地检测各种室内环境参数，如温度、湿度、二氧化碳浓度及其他有关空气质量的指标。这些传感器通常采用微电子机械系统（MEMS）技术，其特点是小型化、高精度和长寿命。与此同时，由于其低能耗特性，它们尤其适用于无线传感器网络，从而实现了对大型建筑或复杂空间的全面覆盖。监控技术，则关注于收集、分析和解释由传感器所提供的数据。利用高级的数据处理算法，现代的监控系统能够识别出系统中的异常模式、预测未来的能源需求并制定相应的调控策略。此外，许多系统还集成了人工智能和机器学习技术，进一步提高了其自主决策和自我优化的能力。

4 AI 与机器学习在暖通优化中的贡献

4.1 AI 驱动的能源优化策略

随着人工智能（AI）技术的迅速进步，其在各个领域中的应用已得到广泛关注，尤其在建筑暖通领域，AI 已成为推动能源效率提升的关键因素。AI 驱动的能源优化策略旨在通过智能技术实现暖通系统的高效运行，从而最大限度地降低能源消耗，确保室内环境舒适性，并减少碳排放。首先，AI 可以实时分析和处理大量的数据，这些数据可能来自于传感器、气象信息或用户行为模式[3]。基于这些数据，AI 算法可以预测短期和长期的能源需求，确保暖通系统按照最优策略运行。例如，通过预测明天的温度和湿度，系统可以在不牺牲舒适度的前提下，提前调整运行模式，避免能源浪费。此外，AI 也能够自动识别系统中的低效或故障模式，从而及时进行调整或维修。这不仅可以提高系统的运行效率，还可以延长设备的使用寿命，减少维护成本。更为重要的是，AI 还支持自学习和自适应功能。随着时间的推移，系统可以根据实际操作情况和用户需求，不断地优化自己的策略，确保其始终保持最佳状态。

4.2 使用深度学习预测建筑能效

深度学习，作为近年来机器学习领域的研究热点，已在图像识别、自然语言处理等多个领域展现出强大的预测和分类能力。这种技术现已被广泛应用于建筑能效的预测和分析，为建筑能效管理提供了一个精确且自动化的解决方案。其核心优势在于，深度学习模型，特别是神经网络，具有处理复杂、高维度及非线性数据的能力。这意味着它可以有效地分析和解释与建筑能效相关的大量复杂数据，这些数据可能来自各种传感器（例如温度、湿度和光照传感器）或其他与能效相关的系统（如能源管理系统或气候数据）。基于此，深度学习不仅能通过历史能源使用数据实现对未来能源需求的时间序列预测，还能通过识别与常规模式不符的能源消耗模式来进行异常检测，迅速发现可能的设备故障或其他异常情况。更进一步，通过对数据的深入分析，深度学习能为管理者提供优化建筑能效的策略建议，如调整设备的工作模式或优化建筑的通风策略。此外，深度学习还能模拟多种操作策略，为管理者在决策时提供有关建筑能效影响的深入分析。

4.3 自适应算法在系统调整中的应用

在暖通领域，自适应算法作为一种先进的控制策略，正逐渐展现其在提高系统效率和响应性方面的重要价值。这种算法具备的独特能力——基于实时数据不断优化系统运行参数，为确保室内环境舒适度和整体能效提供了强大支撑。此外，暖通系统中的各种变量，如温度、通风和湿度，都可以通过自适应策略得到精准调控。首先，温度管理方面，自适应算法通过对室内外温度的持续监测，并与设定值进行比较，从而实现供暖或制冷输出的实时调整，确保室内温度稳定。其次，在通风管理上，此算法可以根据如室内二氧化碳浓度等环境质量指标以及其他相关数据，智能地调整通风策略，达到优化室内空气质量的目的，同时也兼顾能源消耗的最小化[4]。此外，在湿度管理中，尤其在某些特殊气候条件下，自适应算法对室内外湿度水平进行监控，并据此自动调整系统，以维护室内的理想湿度状态。最后，在系统的整体运营中，自适应算法还可以预测未来的能源需求，并据此调整系统策略，如合理安排设备的启动和关闭时间，进一步提高能效。

5 通讯技术在智能暖通系统中的角色

5.1 5G 与暖通系统的实时控制

随着 5G 技术的快速发展与广泛应用，其带来的超高速率、超低延迟和大容量连接为暖通系统提供了全新的实时控制可能性。5G 技术可以实现大量数据的快速传输，从而为暖通系统提供准确且即时的反馈信息。这种高度的

Copyright © 2023 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

数据传输能力确保了暖通系统的精确控制，从而使得能源利用达到最优，同时确保室内环境的舒适性。此外，5G技术还为设备之间的通信提供了更加稳定和高效的平台，使得系统各组件之间的协同工作更加和谐，进一步提升了系统的响应速度和控制精度。

5.2 宽带技术在远程监控与维护中的应用

宽带技术的快速发展为暖通系统的远程监控与维护带来了革命性的变化。通过高速的宽带连接，建筑管理者和维护团队可以实时获取系统的运行数据，无论他们身处何地。这不仅提供了对暖通系统的实时监控，而且使得潜在的问题可以在早期被识别和解决，大大减少了系统停机的时间和维护成本。同时，远程诊断和维护也大大减少了人工巡检的需求，为企业节省了大量的人力和资源。此外，宽带技术还为系统升级和参数调整提供了便利，使得暖通系统可以远程进行优化和调整，以适应不断变化的环境条件和用户需求。

6 结语

在21世纪低碳经济的背景下，建筑暖通系统中的绿色技术应用成为了研究的焦点。本研究系统地探索了多种技术在暖通设计中的融合与应用，例如5G通信、深度学习预测以及自适应算法控制，并深入分析了它们在增强建筑能效和室内环境质量上的关键作用。这些技术的综合应用不仅有助于减少碳排放，进而致力于实现绿色建筑的理念，同时也预示着在经济效益上的潜在优势。然而，技术的快速发展也带来了一系列的挑战，包括技术的标准化、数据安全问题以及技术的广泛普及，这都需要继续深入地研究与解决策略。综上所述，随技术持续创新与发展，暖通系统中的绿色技术应用将为建筑领域的持续性发展作出更为显著的贡献，从而有力地推进全球的低碳趋势。

[参考文献]

[1]张为.基于绿色建筑技术的暖通设计研究[J].工程建设与设计,2022(16):30-32.
[2]苏海东,朱岩纯,胡程科等.低碳背景下绿色技术在建筑暖通设计中的应用[J].中国建筑装饰装修,2022(17):92-94.
[3]杨延坤.浅谈暖通设计中绿色建筑节能技术的应用[J].建材与装饰,2020(10):37-38.
[4]于雯静.暖通设计中绿色建筑技术的应用研究[J].建材与装饰,2019(14):89-90.

作者简介：王聪（1991.10—），女，汉族，毕业学校：石家庄铁道大学，现工作单位：信息产业电子第十一设计研究院科技工程股份有限公司河北分公司。

Copyright © 2023 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

规划管理对城市建筑设计的影响研究

龚 辉
江西省商业建筑设计院有限公司，江西 南昌 330000

[摘要]规划管理对城市建筑设计的影响显而易见。本研究通过对现有的城市规划管理方式和建筑设计实践进行分析，探讨了两者之间的深度联系和相互影响。随着城市化的加速，规划管理作为城市发展的重要引导，对建筑设计提出了更为严格和具体的要求，确保建筑与城市整体目标、环境和社会文化价值观相一致。同时，规划管理也为建筑设计提供了更为明确的方向和背景，促进了设计的创新和个性化。然而，严格的规划管理也可能制约建筑设计的自由和创意空间。因此，如何平衡规划管理与建筑设计的关系，使两者相互促进、协同发展，成为本研究的核心课题。研究结果表明，只有通过创新规划管理模式、加强跨学科合作，以及鼓励公众参与，才能确保城市规划和建筑设计的真正融合，为城市创造一个更加宜居、和谐和有特色的环境。

[关键词]城市规划管理；城市建筑；建筑设计
DOI：10.33142/ec.v6i12.10343 中图分类号：TU984 文献标识码：A

Research on the Impact of Planning Management on Urban Architectural Design

GONG Hui
Jiangxi Commercial Building Design Institute Co., Ltd., Nanchang, Jiangxi, 330000, China

Abstract: The impact of planning management on urban architectural design is evident. This study explores the deep connection and mutual influence between existing urban planning management methods and architectural design practices. With the acceleration of urbanization, planning and management, as an important guide for urban development, have put forward stricter and more specific requirements for architectural design, ensuring that buildings are consistent with the overall goals, environment, and social and cultural values of the city. At the same time, planning management also provides a clearer direction and background for architectural design, promoting innovation and personalization in design. However, strict planning management may also constrain the freedom and creative space of architectural design. Therefore, how to balance the relationship between planning management and architectural design, so that they can promote each other and develop synergistically, has become the core topic of this study. The research results indicate that only by innovating planning management models, strengthening interdisciplinary cooperation, and encouraging public participation can we ensure the true integration of urban planning and architectural design, and create a more livable, harmonious, and distinctive environment for the city.

Keywords: urban planning management; urban architecture; architectural design

引言

随着都市化的加速步伐和城市规模的扩大，城市规划与建筑设计在整个城市发展中起到了不可或缺的角色。每一个建筑，无论其规模和功能，都是城市面貌的一部分，反映了一个城市的文化、历史、经济和技术水平。在这种背景下，规划管理成为了决定城市形态和功能的关键要素，它与城市建筑设计之间存在着密切的相互作用和影响。规划管理不仅仅是一个技术性的过程，更多的是一个综合的决策过程，涉及到社会、经济、环境和文化等多个层面的考量。正确的规划管理能为城市建筑设计提供清晰的指导方针，使其更加符合城市的整体目标和愿景。反之，不合理或短视的规划管理可能会导致城市建筑设计偏离正确的轨道，给城市发展带来长期的负面影响。因此，探讨规划管理对城市建筑设计的影响，对于我们理解城市发展的机制、确定城市发展的方向和制定有效的城市政策都具有重要意义。

1 城市规划设计的原则

1.1 科学原则

城市规划设计中的科学原则是指在进行城市规划和设计时，必须基于现代科学知识、技术和方法，确保城市的健康、可持续和高效发展。这一原则要求规划师充分运用地理、生态、社会经济等多领域的科学数据和研究成果，为城市发展提供坚实的理论和实践基础。同时，科学原则强调与时俱进，随着科技进步和社会变革，城市规划的方法和技术也应不断更新和完善。此外，基于科学原则的城市规划设计不仅要注重硬件设施的布局和配置，还要考虑到社区文化、市民需求和环境可持续性等软性因素，确保城市发展的全面和协调。

1.2 因地制宜原则

城市规划设计中的因地制宜原则强调根据各个城市

Copyright © 2023 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

的具体地理、气候、历史、文化和社会经济条件来制定和实施规划。这一原则认识到每个城市都具有其独特的特点和资源，因此不能采取“一刀切”的方式。为了实现城市的可持续发展，规划师需要深入研究和了解城市的自然环境、地形地貌、水文气象以及当地的传统和习俗。基于这些独特的条件，规划师可以设计出与地方特色相匹配，同时满足功能和效益要求的城市规划方案。因地制宜不仅要求在物质布局上适应当地条件，更需要在文化和精神层面上体现当地的特色和价值。

2 城市建筑设计的核心要素

2.1 建筑风格与特点

城市建筑设计的核心要素中，建筑风格与特点显得尤为重要。建筑风格不仅体现了一个时代的审美观念和技术水平，更是城市文化、历史与价值观的直观表达。每一个建筑，无论是宏伟的公共建筑还是日常的民居，其风格和特点都为城市赋予了独特的身份和个性。这种风格可能受到历史传统、地域文化、气候条件或当代技术和艺术潮流的影响，形成了具有地方特色或时代印记的建筑语言。例如，古罗马的柱廊、中世纪的尖塔、现代的玻璃幕墙，都是各自时代和文化背景下的建筑风格代表。建筑的特点，如材料选择、构造技巧和空间布局，都是根据其功能、使用者的需求以及周边环境来设计的。

2.2 建筑与环境的互动

城市建筑设计中，建筑与环境的互动是一个至关重要的核心要素。这一互动不仅涉及到建筑与其周围自然环境和城市肌理的融合，还包括如何应对气候变化、如何有效利用资源，以及如何确保对周围生态环境的最小干扰。一个成功的建筑设计应该能够与其所在的环境形成和谐的对话，既能够反映地域文化和特色，也能够满足现代生活的功能需求[1]。例如，通过利用当地的建筑材料和考虑地方的气候特点，设计师可以创建出既节能又舒适的室内环境。同时，与环境的互动也意味着建筑应该对周围的社区和居民产生正面的影响，如提供公共空间、绿地和其他社区设施。在现代城市中，随着对可持续性和生态友好性的日益重视，建筑与环境的和谐互动已经成为评估一个设计成功与否的重要标准，它不仅关乎建筑本身的价值，更涉及到整个社会和生态的健康和可持续发展。

2.3 建筑功能与空间布局

在城市建筑设计中，建筑功能与空间布局无疑是其最核心的要素。这因为建筑首先是为人们服务的，其功能性决定了建筑是否能满足使用者的实际需求，从而实现其存在的价值。一个建筑，无论其外观多么引人注目，如果不能满足基本的功能需求，如住宅的居住、办公楼的工作或学校的教学，其设计都不能称之为成功。与功能性紧密相连的是空间布局，它决定了建筑内部的流通、采光、通风以及使用者的体验。一个合理的空间布局不仅能提高建筑的使用效率，还能为使用者创造出舒适、宜人的空间环境。例如，公共建筑中的大厅、走廊和楼梯的布局关系到人流的流动和安全，而住宅中的卧室、客厅和厨卫的布局则直接影响到居住者的生活品质。

3 城市规划对城市建筑设计的影响

3.1 城市规划指导城市建筑设计

城市规划在很大程度上为城市建筑设计提供了明确的方向和框架。作为对整个城市发展蓝图的设想，城市规划确立了土地利用、交通布局、公共设施分布和绿化系统等多个关键要素，这些要素对后续的城市建筑设计产生深远的指导和约束作用。在这个意义上，城市建筑设计不仅是在规划给定的土地上建设单一的建筑物，而是需要在更广泛的城市背景和环境中寻找其定位与意义。城市规划确保建筑设计不仅满足单一功能，而且能与周围环境和其他建筑产生和谐的互动，满足更广泛的社区和城市目标。例如，通过城市规划的指引，商业区、住宅区、教育区和公园等不同功能区得以合理布局，建筑师在这个基础上进一步细化和实现具体的建筑设计，使之既满足功能需求，又融入整体的城市肌理。

3.2 城市规划制约城市建筑设计

城市规划，虽然为城市建筑设计提供了宏观的指引和方向，但同时也带来了一定的制约和限制。这种制约主要体现在对土地利用、建筑高度、容积率、绿化率以及与公共设施的关系等方面的明确规定。这样的规定确保了整个城市的有序和协调发展，避免了无计划地、随意的建设行为对城市形态和功能的破坏。然而，这些规划制约也可能限制了建筑师的创意空间，使得某些建筑设计难以跳出现有的规划框架，实现真正的创新和个性化[2]。例如，严格的建筑高度限制可能使得某些地块无法充分利用空间，而固定的路网布局和公共设施分布也可能对建筑的形态和功能产生影响。

3.3 城市建筑设计服从城市规划

城市规划是一个城市发展的蓝图，它绘制了整个城市的宏观布局、发展方向和长远目标。在这个框架下，城市建筑设计必须遵循并服从城市规划的要求，确保每一个建筑项目都与城市的整体愿景和目标相一致。这不仅意味着建筑的位置、规模和功能要与城市规划相匹配，而且还要确保其设计、风格和特色与周围环境和整个城市的文化、历史和风貌相协调。服从城市规划的建筑设计，可以确保城市的各个部分相互协调，形成一个和谐、统一而富有特色的整体。同时，它也避免了随意、无序的建设行为，确保城市资源的有效利用，促进城市的可持续发展。

4 推动城市规划管理与规划设计协调发展的途径

4.1 完善城市规划管理机制

完善城市规划管理机制是推动城市规划管理与规划设计协调发展的关键途径之一。随着城市化进程的加速和复杂性的增加，城市规划面临着更多的挑战和压力，这要

Copyright © 2023 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

求管理机制必须更加灵活、高效和前瞻。首先，应建立一个多部门合作、公众参与的决策机制，确保各方利益得到平衡，同时吸纳更多的专业知识和公众意见，提高规划的科学性和合理性。其次，应加强规划的执行力度，确保规划不仅停留在纸面，而是真正落到实处，为城市发展提供有力的指导。此外，随着技术的进步，应充分利用现代信息技术，如GIS、BIM和大数据，提高规划的精确性和实时性，同时为公众提供更加便捷的信息服务和参与渠道。最后，应注重培训和引进高水平的规划人才，提高规划管理的专业水平和服务水平。

4.2 创新城市规划管理模式

创新城市规划管理模式是为了应对当前快速城市化和多变的社会经济环境，确保城市规划管理与规划设计之间的紧密协调和高效对接。在传统的规划管理模式下，往往存在较大的官僚主义倾向，导致规划制定和实施过程中出现延误、冲突和资源浪费。为了克服这些问题，创新的管理模式强调跨部门、跨学科的协作，利用数字化、智能化技术手段加强数据收集和分析，确保决策更为精准和及时。此外，新模式还鼓励公众参与，使城市居民能够在规划过程中发出自己的声音，提高规划的公众接受度和社会效益。与此同时，持续的培训和教育也被纳入管理模式中，旨在提高规划人员的专业水平和响应能力。

4.3 实现可持续规划

实现可持续规划是推进城市规划管理与规划设计协调发展的核心途径之一。在面对全球气候变化、资源紧缺和生态环境压力的背景下，可持续性已经成为现代城市规划的首要任务。可持续规划不仅关注城市的经济增长和社会进步，更重要的是在此基础上确保生态平衡和环境健康。这需要城市规划管理和设计紧密结合，共同考虑如何在确保城市功能和提高居民生活品质的同时，实现资源高效利用、减少碳排放、促进生物多样性以及保护水土资源。为实现这一目标，城市规划需要采纳绿色建筑、雨水管理、可再生能源等先进理念和技术，并在设计中注重与自然环境的和谐共生，实现人与自然的平衡[3]。此外，可持续规划还强调公众参与和社区建设，使每一个居民都成为城市可持续发展的参与者和受益者。

4.4 促进城市规划与城市建筑设计的融合

促进城市规划与城市建筑设计的融合是为了确保城市的整体性和连续性，使得城市不仅是一系列独立的建筑，而是一个有机的整体。传统上，城市规划与建筑设计往往被视为两个相对独立的领域，但在快速城市化的背景下，这种分离可能导致城市功能不足、空间利用低效和公共空间缺失。因此，推动二者的融合要求在更高的层次上思考城市的形态和结构，将城市规划的宏观视角与建筑设计的微观细节相结合。这不仅意味着将单一建筑与周围环境和整个城市肌理相融合，还要考虑如何在更大的尺度上构建和谐、协调的城市空间。例如，一个区域的总体布局、交通网络和公共设施的配置都会影响到单一建筑的设计和功能。反之，每一个建筑的设计和定位也都会对周围环境和整个城市造成影响。

4.5 提高设计方案审查力度

提高设计方案审查力度是确保城市规划管理与规划设计协调发展的关键途径之一。在城市的持续发展中，各种建筑和设计方案如雨后春笋般涌现，但并非所有的设计都符合城市的整体规划目标和长远愿景。为确保每一个设计方案都与城市的宏观规划相一致，必须对其进行严格的审查和评估。这意味着不仅要对设计方案的功能、形式和技术细节进行深入评估，还要确保其与城市的整体战略、文化背景和社会经济目标相吻合[4]。通过加强设计方案的审查力度，可以筛选出真正有益于城市发展的优质设计，避免短视和冲动的决策导致城市形态的混乱、资源的浪费和环境的破坏。此外，严格的审查机制还可以促进设计师和规划师之间的深度合作，鼓励他们共同思考和探索更为合理、创新和可持续的设计解决方案，从而推动城市规划管理与规划设计的真正融合和协同发展。

5 结束语

经过研究和探讨，我们可以明确地看到规划管理对城市建筑设计的深刻影响。规划管理不仅为建筑设计提供了明确的方向和背景，还为其制定了清晰的边界和制约。在城市化快速发展的今天，一个高效、科学的规划管理机制对于引导建筑设计的方向，确保城市整体的和谐和可持续发展具有不可替代的重要性。然而，规划与设计之间的关系不应仅仅是一种上下级的指导关系。两者需要相互尊重、相互借鉴，共同为城市创造更具活力、创新和人文关怀的空间环境。未来的城市建筑设计需要在规划管理的指导下，更加注重人与环境的和谐，追求绿色、智能、和人性化的设计理念。所以，规划管理和城市建筑设计是城市发展的双轮驱动。只有确保两者的协同和融合，我们才能为城市的未来描绘出一个更加美好、宜居和可持续的蓝图。

[参考文献]

[1]陈莉莉.城市规划管理对城市建筑设计的影响[J].城市建筑空间,2023,30(3):90-91.
[2]徐泰一,刘翠云,张逸飞.规划管理对城市建筑设计的影响研究[J].城市建设理论研究(电子版),2023(21):7-9.
[3]杨晓东.解析城市规划管理对城市建筑设计的影响[J].房地产世界,2020(15):37-39.
[4]晏晓波.分析城市规划管理对城市建筑设计的影响[J].工程建设与设计,2019(21):108-109.

作者简介：龚辉（1976.4—），男，大学本科，建筑设计。

Copyright © 2023 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

民用建筑结构设计中的基础设计研究

李 飞
河北建筑设计研究院有限责任公司，河北 石家庄 050000

[摘要]随着我国工业化水平逐步地提升，经济建设效率也在不断提高，与此同时经济现代化技术发展让人们的住房需求发生改变，思想观念上也上升了新的台阶，民用建筑的结构和质量参数成为了各行各业发展中必须考虑的要求，民用建筑的质量会受到多方面因素的影响，对其整体进行破坏不但造成了建筑本身安全性的威胁，还从一定方面影响着其稳定性与寿命。由此可得建设民用建筑首先要将基础设计规划考虑进来，并对每个环节使用的方法进行详细研究。
[关键词]民用建筑；结构设计；研究探讨
DOI：10.33142/ec.v6i12.10355 中图分类号：TU2 文献标识码：A

Research on Basic Design in Civil Building Structural Design

LI Fei
Hebei Institute of Architectural Design & Research Co., Ltd., Shijiazhuang, Hebei, 050000, China

Abstract: With the gradual improvement of Chinese industrialization level, the efficiency of economic construction is also constantly improving. At the same time, the development of modern economic technology has changed people's housing needs, and their ideological concepts have also risen to a new level. The structure and quality parameters of civil buildings have become requirements that must be considered in the development of various industries. The quality of civil buildings is affected by various factors, and the overall damage to them not only poses a threat to the safety of the building itself, but also affects its stability and lifespan in a certain way. From this, it can be concluded that the construction of civil buildings should first consider the basic design planning and conduct a detailed study of the methods used in each link.
Keywords: civil building; structural design; research exploration

民用建筑的承载力高低能够直接影响居民们的生活质量，当地震来袭，一旦房屋的承载力不够或者基础稳定性较差都会直接破坏房屋的建筑结构，并使其地基发生变化，造成不均匀的沉降以及变形甚至坍塌的风险。因此，建筑相关工作人员更应该对影响建筑基础设计因素加强关注，并对其影响关键点进行深入剖析，对整体的基础设计方案进行积极创新与优化，进一步提升民用建筑的基础稳定性能，进而从整体上将建筑项目的安全可靠性提升到最高。

1 民用建筑结构设计过程中存在的问题

1.1 设计管理体制尚未完善

虽然总体上整个装潢建筑市场发展步伐较快，但因目前国内建筑业还没有形成一种相对较规范高效合理化的现代生产管理经营企业体制，在建设施工过程和实践操作中依然存在着的许多工程质量技术问题和建筑工程安全隐患。

1.2 建筑设计工作缺乏重视

随着国内当前社会国民经济水平结构的变化，工程管理项目也日益得到快速健康的发展，民生项目工程投资，其服务市场需求增强，而在当前国内大部分企业考虑未来的工程投资，常把重点放在了追求任何一个项目工程投资带来的可观经济利润基础上，而往往忽视掉如何做好民用建筑结构设计工作在现场过程管理环节中的积极重要性。

1.3 施工设计质量的审查、监督缺乏力度

建筑设计或施工的咨询设计企业一般在通过招标与投标设计形式获得到此项目投资意向后，大部分项目设计师会想办法通过把项目设计的咨询单位来直接地对接该项目，用此工程图纸来进行项目规划设计，获取详细施工图编制设计与施工咨询设计，在设计时人们往往只看到工程项目本身的外观、风格、预算与控制等这一些方面。缺少了对整个施工项目过程中的详细的实地勘察施工与考察，对实际的工作场地环境和地质构造了解甚少，导致实际与图纸产生较大出入，这无形中增加了工程实际的工程费用支出的额外投入，还难以保证工程质量。

2 民用建筑结构设计中基础设计遵循的原则

2.1 全面性原则

想要对民用建筑结构进行整体统筹规划，就需要从多方面的角度入手，更深层次的考虑建筑设计工作原理，首先工作人员在进行工作开展之前应该遵循全面性原则。全面性原则就是制定全面的计划并且不能仅仅考虑房屋的功能用途，更不能以偏概全，对房屋美观性投入更多的精力，在设计中忽视房屋的实用效果，这是现如今民用建筑

Copyright © 2023 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

在进行设计时的重大通病，从一方面对全面性原则进行强行改变，所以需要将房屋建筑的实用性和美观性统一结合起来进行考虑，从而更加全面地剖析整体设计存在的不足。

2.2 提前性原则

提前性原则讲究的是对工程建设的前期工作准备充足，对后续工程建设奠定基础，更强调的是民用建筑结构设计中的准备工作，做好前期工作能够对整个工程建筑造成影响，并且具备重要的意义[1]。而民用建筑工程的前期工作大体上将建筑物所处环境以及房屋主人对室内设计规划等多方面进行概括，对提前性原则进行掌握，才能对设计准备工作有促进作用，只有这样结构设计板块的工作才能发展得游刃有余，推动质量的发展，为其发展元素提供深层次保障，科学设计房屋元素，结合屋主的意愿将内外影响因素进行统筹考虑，有效整合各种设计理念规划，从中找到施工过程中的重点以及难点，并展开详细研讨，根据问题设计出更加符合建筑要求的基础模型。

2.3 突出性原则

这是民用建筑结构整体设计规划中的重点设计原则，引导设计人员走向不同设计方向，在房屋设计中的较多工作内容都被包含在内，而所有的工作都会有首先责任制，并且根据房屋的用途以及功能性可以分为重要先后顺序，所以，想要设计出具备突出性的方案，相关设计人员就会更加侧重于材料的耐用性，更加突出设计重点，主次分明，除了上述要求之外，对于民用建筑基础设计工作内容不能过度地进行解析，导致以偏概全的结果发生，更不能对设计元素一概而论，正确的做法是要根据实际情况科学合理地设计民用建筑。

3 民用建筑结构设计中影响基础设计的因素

3.1 上部结构

建筑的上部结构和地基结构两种表示通常会出现在民用建筑结构中，在实际施工中会受到很多因素的影响，这些影响导致上部结构发生改变，比如建筑基础的横截面积、基础类型以及预设的深度等都会对结构质量造成影响，特别是处于上部结构中的墙体厚度和建筑高度。在这种情况下，基础设计环节对整体民用建筑上部结构的建设工作影响力是很大的。所以设计人员不能单一地考虑一些问题，还是要从全面的角度深入探讨，用全面的思维探索实际，在整体基础设计环节，将上部结构的形式以及稳定性同实际要求相互结合，相互匹配，与此同时还需要考虑到民用建筑的上部结构在基础设计中的可变因素，比如基础性的抗压变形能力、地基的稳定性能、地基的沉降能力等影响，要对影响因素进行制定科学合理的取舍方案来对结构基础进行设计。

3.2 地质条件

不同地区的民用建筑施工势必存在差异，它受多方面因素的影响，更外在的影响包括气候条件，地质情况，历史发展状况等，正是由于这些因素的影响，使得不同地区的地质条件存在差异[2]。因此设计人员在建工初期要充分地考虑施工现场的地质因素，进一步地优化和控制影响土壤环境的不利条件，在实地的考察中，民用建筑施工现场的实际地质条件决定了基础设计中地基承载力的设计优劣。相关设计人员要采用科学合理的方法有效勘测施工前期的地质条件，进一步对地基基础性的设计工作进行采纳与实施，首先是民用建筑地基持力层之间的土壤承重能力以及土壤性质等各种参数是否达到建筑标准，然后是桩基在土层中穿过时的状态，比如：桩基础的穿越能力以及地下各种水体的分布情况，最后是土层结构的稳定性能是否达标，只有达到标准的结构才能预防滑坡的隐患发生。

4 民用建筑结构设计中的基础设计要点

4.1 抗震设计

设计工作人员要在结构设计之前做好抗震性能的测试以及设计工作，我国建筑行业对超高层房屋的抗震等级有更加明确且严格的规定，设计人员要在相关国家规定的基础上进行其他方面的设计工作，设计人员要对建筑的抗震结构仔细研究，根据实际结构类型提出更加科学标准的设计方案，在方案完成制定时也要安排相关部门进行严格审核，对方案实施可行性研究，一旦方案通过，工作人员就会根据方案的内容进行改造。

4.2 建立完善的建筑结构设计优化方案

建立更加完善的建筑结构模型能够深度融合建筑与结构之间的各项性能，将利用效率发挥到最佳。在完成模型创建工作后，要对设计方案进行明确规划，首先需要对整体设计参数进行明确，在进行结构设计工作时，明确设计参数可以直接影响设计水平的高低，而在进行参数选择时也要将结构设计的重点全都考虑进去，对结构设计工作的整体工作量进行了解，明确设计重点，然后在进行各项参数标准的明确基础上进行目标参数的制定，合理设计各项结构中的设计要求，从整体上对设计方案进行优化[3]。在进行设计方案选择过程中，更要结合实际情况针对不同建筑结构设计之间存在的差异性展开研究，在此基础上加高对专业设计软件的利用率，更加精准地计算出模型最优值。

4.3 构件与细节设计

在建筑设计工作过程中，需要关键对构件细节进行操作，合理选择建筑材料，通过各种参数的标准选择适合的材料，进一步保障更加合理化的结构配置方案，进一步科学合理地选取构件的尺寸，这是优化结构构件的基础，也是非常重要的设计内容。设计者在设计前期，会重点考虑构件配筋，目的是将全部的构件配筋都能够处于正确配筋范围之中。倘若设计人员没有重视构件设计环节，就会影响建筑结构设计工作的创新性，与此同时从一定程度上增加了安全隐患的风险[4]。因此要格外重视构件设计工作。细节设计指的是重点分析构件设计基础，主要内容包含立面线脚、压顶、圈梁等，这类工作细节经常会被人忽视，

Copyright © 2023 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

所以设计人员要加强对结构设计的重视，涉及到方方面面，不断的优化创新细节，从点到线乃至各个层面上有效控制结构的整体性。

4.4 建筑主体上部结构的设计创新工作

随着我国近几年来建筑行业发展速度的加快，很多相应的支持政策也相继被制定出台，渐渐地，建筑行业整体的发展变化是呈向上态势进行的，虽是如此，在发展过程中也会产生新的问题，这些问题若不加以干预就会对人们的生活产生严重的影响。因此对建筑结构安全性能进行增强，对整体结构质量进行提升非常有必要。现如今社会竞争力正在步步严峻，每个建筑单位中所强调的重点内容也在创新结构设计工作中凸显得尤为明显。并且将建筑物与结构设计两者之间的理念指导作为深度融合的基础，对上部建筑结构进行优化和创新，也是建筑结构创新领域中的重点发展内容，在设计过程中重视大开间设计方式保障剪力墙的应用且不受损坏，以此降低混凝土的应用率。与此同时也要认真考虑剪力墙使用到的钢材构成情况，通过对上部结构设计方案的创新有效降低施工成本，进而提升整体施工的建筑效率。

4.5 装配式混凝土结构连接要求

连接和安装部件环节在装配式混凝土结构施工中构建要求相对较高，所以近几年来，国内建筑行业发展更多围绕着结构设计中构建安装以及连接技术进行重视和讨论，此环节包含构建吊装、安装、连接以及校正等，其中吊装环节的作用十分重要，换句话说，整个施工的建筑品质与质量离不开吊装位置的安全准确性。所以在进行吊车环节时需要对放钩设计进行合理安排，还需要科学先进的技术进行辅助，进而保证整个吊车过程的安全性[5]。严格校正多个细节，抓住关键操作点，在混凝土结构安装中才能准确地提升安装位置的精确度。

4.6 创新和优化楼板设计

对楼板设计进行创新优化能够维持保障整体建筑的稳定性能。首先设计人员具备较为先进的职业素养是首要条件，要严格按照施工规则进行设计，严格按照国家法律制定的建筑政策实施每个施工环节和行业规范，不能仅凭经验一干到底需要结合实际进行施工各项实施标准。然后，设计人员也应该准确分析房屋建筑自身受力情况以及楼板的结构情况，才能更进一步保障楼板的受力区域均匀，从而充分发挥楼板在设计中的真正作用。最后还是需要设计人员综合考虑和协调设计楼板的弯矩以及横向力等受力环节，综合对比各项细节有无疏漏，若楼板的某区域因受力过大造成损坏，后期的设计施工也会因此受到阻碍。除此之外，设计人员还需要将非承重部分全面考虑进去，以及其对楼板的挤压面积和受力情况，并且依照实际情况对楼板的厚度进行适当增加，进而避免结构的承受力量过大导致裂纹情况的发生。

4.7 基础设计

设计人员需要充分了解民用建筑结构设计过程中施工现场的实际土质情况，对于一些土体性质不确定，分布不均匀以及重力荷载过大的施工项目应该及时并合理地采用十字基础，即使这样，但还是会出现一些建筑工程场地面积相互重叠的可能性，此种情况没有办法为整个民用建筑提供更充足的基地空间，为了能够有效的对上述问题进行解决，设计人员可以科学合理地对混凝土筏板基础进行应用，尤其是在民用建筑工程地下室结构的设计过程中更应该考虑合理选择钢筋混凝土筏板基础，通过这种方式保障其设计效果的有效性，进一步满足民用建筑工程施工的特定需求[6]，进而使得整个施工项目的质量和安全性得到保障。现阶段，民用建筑工程中钢筋混凝土筏板基础采用类型较为繁杂，每种类型都有不同的适应条件。以此为基础，相关设计人员也要将施工现场的实际情况考虑进去，进而实现不同形式下钢筋混凝土筏板的使用效率。比如：荷载较低时，设计人员可以在建筑基础上应用板式钢筋混凝土筏板基础，荷载较大时，设计人员可以在基础上应用梁式钢筋混凝土筏板基础。

5 结束语

综上所述，民用建筑工程结构设计中的各种基础设计环节均是比较复杂的，但是也是非常重要的，建筑结构件的质量水平和稳定性能都与基础设计水平有着重要的联系，所以在实际设计环节中，相关设计人员必须要结合真实的施工情况进行全面的计划制定方案，综合考虑各方面的因素对设计方案产生的影响，详细设计基础环节工作，重视每个基础设计的环节，从内到外对建筑物的稳定性进行保障，只有这样才能对民用建筑的施工质量进行提升。

[参考文献]

[1]曾海芹.探析民用建筑结构设计中的基础设计[J].房地产世界,2021(24):39-41.
[2]赵进.探析民用建筑结构设计中的基础设计[J].城市建筑，2021,18（14）：91-93.
[3]尹燕飞.民用建筑结构设计中的基础设计[J].居舍,2019(34):86.
[4]黄峰.民用建筑结构设计中的基础设计分析[J].住宅与房地产,2019(24):65.
[5]高嘉雁.民用建筑设计中的绿色建筑设计探讨[J].全国性建材科技期刊——陶瓷,2022(9):108-110.
[6]石佳佳.关于民用建筑结构设计和优化的几点思考[J].中国建筑金属结构,2022(7):145-147.

作者简介：李飞（1980.5—），男，汉族，毕业学校：河北工业大学，现工作单位：河北建筑设计研究院有限责任公司。

Copyright © 2023 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

高层混凝土建筑结构设计的抗震设计探究

李 炜
榆林市建筑设计研究院有限公司，陕西 榆林 719000

[摘要]近年来，地震灾害引发了对城市高层建筑安全性的广泛关注，因为这些事件不仅导致巨大的经济损失，还对人民生命和财产安全构成了重大威胁。在这一背景下，高层混凝土建筑的抗震设计变得至关重要，以应对潜在的地震风险。文中对设计地震参数的确定、结构分析与模拟、施工质量与监督、建筑材料的品质与强度以及建筑地理特点与地基条件等关键因素进行了分析，可以为高层混凝土建筑的抗震设计提供指导，以提高其抗震性能，从而更好地保障人民群众的生命和财产安全。这一研究强调了实际应用与理论设计相结合的重要性，以确保高层混凝土建筑在地震中表现出最佳性能。

[关键词]高层混凝土；建筑结构设计；抗震设计；探究
DOI：10.33142/ec.v6i12.10379 中图分类号：TV331 文献标识码：A

Research on Seismic Design of High-rise Concrete Building Structures

LI Wei
Yulin Architectural Design and Research Institute Co., Ltd., Yulin, Shaanxi, 719000, China

Abstract: In recent years, earthquake disasters have attracted widespread attention to the safety of high-rise buildings in cities, as these events not only result in huge economic losses, but also pose a significant threat to the safety of people's lives and property. In this context, the seismic design of high-rise concrete buildings has become crucial to cope with potential earthquake risks. The article analyzes key factors such as the determination of design seismic parameters, structural analysis and simulation, construction quality and supervision, quality and strength of building materials, as well as geographical characteristics and foundation conditions of buildings. This can provide guidance for the seismic design of high-rise concrete buildings, improve their seismic performance, and better ensure the safety of people's lives and property. This study emphasizes the importance of combining practical applications with theoretical design to ensure optimal performance of high-rise concrete buildings in earthquakes.

Keywords: high-rise concrete; architectural structural design; seismic design; exploration

引言

高层混凝土建筑在城市发展中扮演着日益重要的角色，它们不仅改变了城市天际线，还提供了大量的生活和工作空间。然而，随着城市化的快速推进，地震灾害带来的威胁也在不断增加。地震不仅可能导致高层混凝土建筑的严重损失，还对人民的生命财产安全构成了极大威胁。因此，高层混凝土建筑的抗震性能变得至关重要。

为了满足抗震设防要求，高层混凝土建筑的抗震结构设计需要兼顾多个关键因素，从地震参数的确定到建筑材料的选择，再到施工质量的控制，都扮演着不可或缺的角色。只有注重这些关键要素，才能确保高层混凝土建筑既满足抗震需求，又与实际情况相适应，最终确保人们的生命和财产安全。

1 高层混凝土建筑震害特点

1.1 高层建筑的地震响应

高层混凝土建筑在地震发生时会表现出一系列独特的地震响应特点。首先，由于其高度和质量，高层建筑更容易受到地震力的影响。这会导致建筑物的振动幅度增加，使居住者感受到更强烈的地震动。此外，高层建筑的自振周期通常较长，这意味着它们在地震中可能会发生共振，进一步增加了振动幅度，这对结构的安全性构成了威胁。高层建筑的地震响应还受到建筑的结构形式和振动特性的影响。不同结构类型，如钢结构、混凝土结构或钢混结构，会在地震中表现出不同的振动特性。例如，混凝土结构通常具有较高的阻尼性能，但也可能会更加刚性，因此其地震响应可能与钢结构有所不同。

1.2 混凝土结构的震害模式

混凝土结构在地震中可能出现多种震害模式，这些模式对结构的完整性和安全性构成了威胁。一种常见的震害模式是混凝土开裂和剪切破坏。在地震中，建筑物的不同部位可能会发生裂缝，这可能会减弱结构的承载能力。此外，剪切破坏可能导致柱子、梁和墙体的破坏，进而危及整个结构的稳定性。另一种常见的震害模式是混凝土柱的轴心受压损伤[1]。在地震中，柱子可能受到弯矩和轴向力的作用，导致柱子的压力受到挤压，从而降低了其承载能力。这种损伤可能不易察觉，但对结构的整体性能有重大影响。此外，地震还可能导致地基沉降或地基液化，进一步危及混凝土建筑的稳定性。深入研究这些震害特点有助于设计工程师更好地理解高层混凝土建筑在地震中的行为，并采取适当的抗震措施来增强结构的安全性。

Copyright © 2023 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

2 高层混凝土建筑进行抗震结构设计的必要性

2.1 安全性考虑

高层混凝土建筑进行抗震结构设计的必要性主要源于安全性考虑。这是因为地震可能对高层建筑造成严重的破坏，危及生命和财产安全。抗震结构设计的目标之一是确保建筑在地震发生时能够维持其完整性和稳定性，从而降低人员伤亡和财产损失。抗震设计通过考虑地震力和结构响应来减小建筑物受地震影响的可能性。这包括选择适当的结构形式、使用抗震材料、考虑地震荷载以及进行结构分析和模拟，以确定结构在地震中的性能。此外，抗震设计还包括细部设计，以确保结构在地震中不会发生关键部位的破坏，如柱子、梁和墙体。

2.2 经济性考虑

高层混凝土建筑进行抗震结构设计的经济性考虑是另一个重要因素。虽然抗震设计可能会增加建筑成本，但它可以显著减少地震后的修复和恢复成本。没有充分抗震设计的建筑在地震中受损的风险更高，这可能导致昂贵的维修和重建费用，同时还会造成长期业务中断。因此，经济性考虑意味着投资在抗震设计和建设中可能会增加成本，但这是为了减小地震风险和未来维护成本。抗震设计不仅可以降低维修和恢复成本，还可以提高建筑物的寿命，减少业主的财务损失。

2.3 法规和标准要求

高层混凝土建筑进行抗震结构设计的必要性还受到法规和标准要求的约束。许多国家和地区都制定了相关的建筑法规和抗震设计标准，要求建筑必须满足一定的抗震性能标准。这些法规和标准旨在确保建筑在地震中的安全性和稳定性，以保护公众和建筑的安全。因此，遵守法规和标准要求是义务性的，并且缺乏抗震设计可能会导致建筑项目无法获得必要的许可和批准[2]。这进一步强调了高层混凝土建筑进行抗震结构设计的必要性，以满足法规和标准的合规性要求，确保建筑的合法性和安全性。

3 高层混凝土建筑抗震结构的设计现状

3.1 抗震设计的历史发展

高层混凝土建筑抗震结构设计的历史发展经历了多个阶段。早期的建筑在地震中通常表现出较差的性能，因为当时缺乏深入的地震工程知识和设计准则。然而，经过一系列严重地震事件后，对抗震设计的认识逐渐增强，各国开始制定抗震设计规范。

现代高层混凝土建筑抗震设计的历史发展表现在不断更新的抗震设计准则和建筑技术上。这包括改进的结构分析方法、更先进的结构材料和工程技术的发展。随着计算机技术的进步，结构工程师能够进行更精确的地震分析，以确定结构的性能和安全性。历史发展的教训也导致了更加严格的抗震设计标准，旨在提高建筑物的地震抵抗能力。

3.2 现代高层混凝土建筑抗震设计技术

现代高层混凝土建筑抗震设计技术包括多个方面的进展。首先，建筑师和工程师采用了更复杂的结构形式，如剪力墙、耗能减震装置和悬挂系统，以提高抗震性能。材料方面，高性能混凝土和钢材的使用增加了结构的强度和韧性。

另一个重要的技术进展是使用先进的地震分析方法，如非线性动力分析和时程分析，以更准确地预测建筑在地震中的响应。这些方法考虑了结构的非线性行为，可以更好地模拟地震事件的影响。

3.3 地基建设欠缺合理性

一种常见的问题是地基的承载能力不足。如果地基的承载能力不足，建筑物可能会在地震中发生下沉或倾斜，从而降低了建筑的稳定性。地基承载能力的不足可能是由于不充分的地质勘探和分析、地基设计的错误或施工质量不合格等原因引起的。此外，地基的不稳定性也可能导致地基液化。地基液化是指在地震中，土壤中的水分使土壤失去了承载能力，导致地基沉降和建筑物倾斜。地基液化的风险通常与地下水位和土壤类型有关，因此需要合理的地质和地基工程分析。地基建设欠缺合理性还可能表现为基础设计不足。建筑物的基础设计应根据地震荷载和建筑的负荷来确定，以确保基础足够强大，能够承受地震力的影响。如果基础设计不足，可能导致基础沉降、开裂或结构破坏。在高层混凝土建筑的抗震设计中，地基建设的合理性至关重要。这需要进行充分的地质勘探和分析，确保地基的承载能力和稳定性。同时，基础设计和施工也必须合理，以确保建筑在地震中具有足够的稳定性和抗震性能。地基问题的忽视可能导致严重的安全和结构问题，因此需要在抗震设计中给予足够的关注。

4 高层混凝土建筑抗震结构的设计要点

4.1 结构材料选择

首先，混凝土的品质是关键因素之一。高性能混凝土通常具有更高的抗压强度和抗拉强度，以及更好的耐久性，这使得它在地震中表现更为出色。此外，混凝土中使用纤维可以增加其韧性，提高抗震性能。钢材也是常见的结构材料，用于加固和增强建筑物的抗震性能。高强度钢材可被用于构造构件，以提高结构的刚性和强度。此外，采用预应力钢筋可以减小混凝土结构的开裂倾向[3]。结构材料选择还包括选择外墙材料和隔热材料。外墙材料应具有足够的抗震性能，以减少外墙的破损和开裂。隔热材料的选择可以影响建筑的能耗和热响应，因此也需要谨慎考虑。

4.2 结构形式与布局

建筑的结构形式应根据地震区域的地质条件和建筑的功能来选择。剪力墙、框架结构、核心筒和钢混结构等不同的结构形式具有不同的抗震性能。选择合适的结构形式可以确保建筑在地震中保持稳定。

建筑的布局应考虑负载路径和荷载分布，以确保地震荷载能够适当地传递和分散。合理的布局可以减少结构的应力集中和损伤。

Copyright © 2023 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

4.3 基础设计

地基的承载能力和稳定性应进行充分的地质勘探和分析，以确保地基可以支撑建筑物的负荷并保持稳定。地基设计应考虑地震荷载的影响，以减小地震引起的地基沉降和倾斜风险。在地基设计中，通常使用隔震器、基础隔离装置或抗震桩等技术来改善基础的抗震性能。这些装置可以减少地震力的传递，保护建筑的稳定性。

4.4 防震设备与措施

耗能减震装置可以用于吸收地震能量，减小建筑的振动幅度。这些装置包括减震器、摆式负荷和液压阻尼器等，它们可以有效地改善建筑的抗震性能。

地震监测和报警系统可以提前警示人们地震的发生，以便采取适当的安全措施。这些系统可以帮助减少地震造成的伤害和损失。

4.5 结构连接与细部设计

结构连接的合理设计可以确保建筑构件之间的连接强度，以避免在地震中发生拆离或开裂。这包括梁柱连接、悬挂系统和墙体连接等。合适的连接设计可以增加结构的整体稳定性。

细部设计涉及到建筑中各个细节部位的构造，如柱子、梁、墙体和楼板的连接细节。细部设计应确保这些部件具有足够的强度、刚度和耐震性能，以抵御地震荷载的影响。这还包括了选择适当的构造细节，以减小开裂和损伤的风险。

5 高层混凝土结构抗震设计的关键因素

5.1 设计地震参数的确定

在高层混凝土结构的抗震设计中，确定设计地震参数是一个关键因素。这包括确定地震的发生频率、地震加速度、地震波形等参数。以下是一些关于确定设计地震参数的详细信息：首先，建筑所在地的地震活动性必须进行充分的研究和评估。这包括了地震带的位置、历史地震数据、地质构造、地壳运动等。根据这些信息，可以确定适当的设计地震参数。地震加速度是一个关键参数，通常以地震烈度来表示。根据地震活动性，可以选择不同烈度级别的地震进行设计。此外，地震波形的特性也需要考虑，因为不同的地震波形可能对结构产生不同的影响。

5.2 结构分析与模拟

结构分析与模拟是高层混凝土结构抗震设计的重要环节。以下是一些关于结构分析与模拟的详细信息：

使用现代的结构分析工具和方法，如有限元分析和非线性动力分析，可以更准确地评估结构在地震中的响应。这些分析方法考虑了结构的非线性行为，可以预测建筑在地震中的变形和应力分布。

模拟地震荷载的作用是通过数值模拟来模拟地震事件对结构的影响[4]。这可以帮助工程师了解建筑在地震中的性能，并确定是否需要采取进一步的加固措施。

5.3 施工质量与监督

施工质量和监督是确保高层混凝土结构抗震性能的关键因素之一。以下是一些关于施工质量与监督的详细信息：建筑的施工质量必须符合设计要求和标准。任何施工缺陷或不合格的工程材料都可能导致结构的弱点，影响抗震性能。因此，需要进行严格的施工监督和质量控制。施工中的质量控制包括了混凝土浇筑、钢筋安装、连接细部的施工等。这些过程必须按照规范和设计要求进行，并经过合适的质量检查和测试。

5.4 建筑材料的品质与强度

混凝土、钢材和其他结构材料必须符合相应的标准和规范。材料的品质应进行质量检查和测试，以确保其符合设计要求。材料的强度也是一个关键因素。高性能混凝土和高强度钢材通常用于提高结构的抗震性能。此外，建筑材料的耐久性也应考虑，以确保结构在地震后能够保持稳定性。

5.5 建筑地理特点与地基条件

地质条件和地下水位是建筑地的重要因素。地质勘探和分析必须进行，以了解土壤类型、地下水位和地震风险。不同地质条件可能需要不同的抗震设计策略。建筑的地基设计必须考虑地基承载能力、地基沉降和地基液化的风险。地基承载能力不足、地基沉降和液化都可能导致建筑的不稳定性。

6 结语

高层混凝土建筑的抗震设计是一项复杂而至关重要的工程，它直接关系到城市的安全和可持续发展。文中深入探讨了设计地震参数、结构分析与模拟、施工质量与监督、建筑材料的品质与强度以及建筑地理特点与地基条件等一系列关键因素。只有充分考虑这些因素，才能确保建筑在地震中具有最佳的性能。只有在工程师、地质学家、建筑材料专家和监理人员等多方面的专业知识共同作用下，才能建造更安全、更抗震的建筑，保障城市居民的生命和财产安全。未来，将继续努力，不断提高抗震设计的水平，以适应不断变化的地震风险，为城市的可持续发展做出贡献。

[参考文献]

[1]翟厚智.高层混凝土建筑抗震结构设计分析[J].居舍,2021(35):52-54.
[2]何瑞淼,夏力.高层混凝土建筑抗震结构设计要点分析[J].陶瓷,2023(5):137-139.
[3]王明锋.高层混凝土建筑抗震结构设计的思考与实践[J].城市建筑,2020,17(26):82-83.
[4]王雷,赵国良,王诚杰,等.刍议高层混凝土建筑的抗震结构设计策略[J].工程抗震与加固改造,2021,43(1):172.

作者简介：李炜（1985.1—），毕业院校：天津大学，所学专业：土木工程，当前就职单位：榆林市建筑设计研究院有限公司，职务：结构设计师，职称级别：工程师。

Copyright © 2023 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

建筑结构设计中 BIM 技术的应用探析

张惠峰
信息产业电子第十一设计研究院科技工程股份有限公司河北分公司，河北 石家庄 050000

[摘要]随着我国经济的持续增长和城市化的深入发展，建筑领域涌现出大量的新项目，这些项目不仅在外观上追求创新，更在内部功能和结构上有了更高的要求。传统的建筑设计方法在处理复杂和多变的现代建筑要求时显得力不从心，而 BIM（建筑信息模型）技术，作为一种综合性、高效率的设计方法，应运而生。BIM 技术是一种基于数字化的设计和施工技术，它可以在一个三维模型中整合建筑的所有相关信息，从而使所有涉及方都能够共享这些信息。这不仅可以有效提高设计的准确性，还可以减少施工中的错误和浪费，大大提高项目的整体质量。

[关键词]建筑结构；结构设计；BIM 技术；技术应用
DOI：10.33142/ec.v6i12.10342 中图分类号：TU318 文献标识码：A

Application Analysis of BIM Technology in Architectural Structure Design

ZHANG Huifeng
Hebei Branch of the IT Electronics Eleventh Design and Research Institute Scientific and Technological Engineering Co., Ltd., Shijiazhuang, Hebei, 050000, China

Abstract: With the continuous growth of Chinese economy and the deepening development of urbanization, a large number of new projects have emerged in the construction field. These projects not only pursue innovation in appearance, but also have higher requirements for internal functions and structures. Traditional architectural design methods are inadequate in dealing with complex and ever-changing modern architectural requirements, while BIM (Building Information Model) technology, as a comprehensive and efficient design method, has emerged. BIM technology is a digital based design and construction technology that integrates all relevant information of a building in a three-dimensional model, enabling all parties involved to share this information. This not only effectively improves the accuracy of the design, but also reduces errors and waste during construction, greatly improving the overall quality of the project.

Keywords: building structure; structural design; BIM technology; technology application

引言

在历史的长河中，建筑作为人类文明的重要标志，一直在与时代并进，不断地演变和创新。然而，进入二十一世纪，面对日益复杂的建筑需求和对可持续性、智能化的高度追求，单靠传统的手绘图纸和二维设计软件显然已不能满足建筑行业的发展需求。此时，BIM——建筑信息模型技术的出现，如同一道曙光，照亮了建筑设计的新方向。BIM 技术的核心在于“信息”。它不仅为设计师提供了一个三维的、真实感强烈的设计环境，更重要的是，这个三维模型中融入了丰富的建筑信息——从结构到材料，从施工方法到后期维护。这种信息的整合和共享为建筑行业的各个环节提供了前所未有的便利和效率。然而，BIM 技术并不仅仅是一个工具或软件，它更是一种全新的工作方法和思维模式。它要求设计师、工程师和建筑商打破各自的“孤岛”，真正实现跨专业、跨领域的协同合作。正是这种合作，使得建筑项目从设计到施工，再到后期运维，都能实现高效、准确和可持续的目标。本文将探讨 BIM 技术在建筑结构设计中的应用，旨在展现它如何重塑建筑行业的工作流程，如何帮助我们面对和解决现代建筑设计中的种种挑战。希望通过对 BIM 技术的深入了解，能为建筑行业的未来发展提供新的思考和方向。

1 BIM 技术的概念

建筑信息模型技术（BIM）在建筑结构设计中是一个集成的、数字化的设计和管理方法，其核心是在一个全面的三维模型中整合与建筑项目相关的所有信息。不同于传统的二维绘图，BIM 提供了一个动态的、多维度的视角，其中每一个元素都包含了丰富的信息，如材料属性、成本、施工逻辑等。这种技术促进了设计师、工程师和其他相关专业人员的协同合作，使得从设计初期到建筑生命周期的后期运营，所有的信息和变更都能在同一个模型中得到实时更新和整合，从而确保设计的准确性、效率和建筑的整体性能。

2 BIM 技术的特点

2.1 可视化

在现代的建筑结构设计方法论中，BIM 技术显现出的最鲜明特点无疑是其卓越的可视性。这种高级可视性超越了传统二维图纸的局限，为设计师及所有涉及项目的利益相关者提供了一个真实、生动且深入的三维视角。通过

Copyright © 2023 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

BIM，复杂的结构细节、构件之间的相互关系以及各种系统如何在空间中协同工作，都得以清晰、直观地展现，仿佛将未来的建筑在虚拟空间中实实在在地建造起来。这不仅极大地促进了设计团队之间的交流与合作，确保了设计的准确性和完整性，而且也让业主、承包商、审查机构等其他参与者能够更为直观地理解和评估设计意图。如此高度的可视化体验，使得概念转变为现实的过程更为顺畅，也为建筑行业带来了前所未有的创新和优化机会。

2.2 模拟性

在建筑结构设计的进程中，BIM 技术独特且尤为突出的一大特点是其强大的模拟性。通过 BIM，设计师不仅能够创建一个准确、细致的三维模型，更能进一步模拟该模型在各种环境条件、物理冲击或时间跨度下的表现。这意味着，还在施工前，我们就能够预测建筑在不同季节、不同气候或甚至是在地震、台风等极端事件下的稳定性和反应[1]。这种高度的模拟性为设计师提供了一个宝贵的“试验场”，让他们在真实施工之前探索、验证和优化设计方案，确保其既经济高效又安全可靠。而对于业主和投资者来说，BIM 的模拟性也意味着风险大大降低，项目的预期收益更为明确，从而为整个建筑项目增添了更为坚实的信心和保障。

2.3 协调性

在建筑结构设计的多样化和复杂性背景下，BIM 技术所展现出的一项至关重要的特点是其杰出的协调性。BIM 不仅仅是一个三维建模工具，它是一个综合性的信息平台，将建筑的每个方面—从基础结构、机电系统到室内设计—都紧密地集成在一个模型中。这使得不同专业的设计师和工程师能够实时地在同一个模型中工作、交流和协同。随着项目的发展，可能出现的结构冲突、系统重叠或其他设计问题都可以在早期阶段迅速被检测并得到解决。这种高效的协调机制大大减少了施工过程中的错误、返工和浪费，为项目的顺利进行、预算控制和工期保障提供了坚实的基础。更重要的是，BIM 技术下的这种协调性确保了设计的完整性和连贯性，从而实现了从概念到实施的无缝对接，使得建筑不仅美观实用，还是一个高效、持久且符合所有规范要求的综合体。

2.4 一体性

在现代建筑结构设计的广泛和复杂语境中，BIM 技术所展现出的尤为引人注目的特质是其无与伦比的一体性。BIM 不仅将建筑的三维几何形态呈现得栩栩如生，更重要的是它在这一模型中整合了从初步概念、详细设计到施工和运营的全过程信息。这种一体化的方法把建筑的各个组成部分—无论是结构、机电系统还是材料选择—都纳入一个统一、连贯的信息流中，确保数据的完整性和准确性。设计师、工程师、承包商以及业主都可以访问这同一模型，确保所有决策基于最新、最全面的数据。这种一体性的特点极大地增强了项目各阶段的沟通与协作，确保设计意图的完整传达和实现，同时避免了由于信息断裂所带来的额外成本和延误。在 BIM 技术的支持下，建筑项目得以更为流畅、高效地从纸上的概念转化为实际的物理实体，体现了真正的设计、施工和管理的一体化。

2.5 信息集成性

BIM 技术中最为核心和独特的特点之一便是其卓越的信息集成性。不同于传统的建筑设计方式，BIM 不仅仅提供了一个三维的视觉模型，更重要的是，它在每个构件和元素中都嵌入了丰富的信息。这意味着，一个简单的墙体在 BIM 中不只是一个视觉对象，它还包含了关于材料、热性能、成本、施工时间线等各种参数。此外，BIM 的集成性允许多个项目团队成员——无论是结构工程师、机电工程师还是承包商——在同一模型中实时共享和更新他们的数据，确保信息始终是最新和一致的。这种集成化的信息管理方式大大提高了工作效率，减少了错误和遗漏，使得项目从设计到施工、再到后期运营都能保持数据的连续性和一致性。总的来说，BIM 技术通过其出色的信息集成性为建筑行业带来了革命性的变化，推动了各方更为紧密的协作，确保了项目的质量和效率。

3 BIM 技术在建筑结构设计中的应用难点

在当代的建筑实践中，尽管 BIM 技术为建筑结构设计提供了前所未有的便利和机遇，但其应用仍然面临一些显著的难点。首先，对于很多已习惯于传统设计方法的建筑师和工程师来说，完全转向 BIM 环境需要大量的培训和时间投入，以熟悉新的工作流程和工具。其次，由于 BIM 要求项目的所有参与者在同一模型中共同工作，这增加了多部门、多专业之间协调和沟通的复杂性。此外，即使最先进的 BIM 软件也可能出现技术问题或限制，比如模型的巨大尺寸可能导致软件运行缓慢或崩溃，再或是不同软件之间的兼容性问题。同时，数据安全和知识产权保护在 BIM 应用中也是一个不容忽视的问题。总的来说，尽管 BIM 技术为建筑结构设计带来了众多的优势，但其广泛、高效的实施仍需跨越技术、人员和管理上的种种难关。

4 BIM 技术在建筑结构设计中的合理应用

4.1 结构模型构建

在 BIM 技术在建筑结构设计中的实践应用中，结构模型的构建是一个至关重要的环节。结构模型构建主要指的是在 BIM 环境中，根据设计意图和规范要求，创建并组织一个真实、准确且信息丰富的三维建筑结构模型。这不仅涉及到对建筑的基本几何形态的精确建模，更包括了各种结构组件如梁、柱、板、基础等的详细信息和属性[2]。这些信息可能包括材料类型、尺寸、连接方式和荷载条件等。通过 BIM 软件，这些结构组件可以自动或半自动地进行布置、连接和优化，确保其满足结构安全和功能要求。此外，结构模型还为后续的结构分析、施工计划和成本估算提供

Copyright © 2023 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

了必要的基础。因此，结构模型的有效构建是确保整个BIM应用流程顺利进行的关键步骤，需要设计师和工程师充分发挥其专业知识、经验和创意，同时充分利用 BIM软件的高级功能和工具。

4.2 施工设计优化

在建筑结构设计的整个流程中，BIM技术在施工设计优化方面发挥着至关重要的作用。BIM不仅为设计师提供了一个详尽的三维模型，反映出建筑结构的真实情况，而且也集成了施工的实时信息和动态模拟。这种集成使得设计团队能够在设计初期就预见和解决可能出现在施工阶段的各种问题，如材料供应、施工序列、机械设备的位置和移动路径等。此外，BIM模型还可以与其他专业软件相互对接，如结构分析、机电系统模拟等，从而为施工设计提供更为准确的数据和参数。借助BIM技术，施工设计不再是一个孤立的环节，而是成为了整个项目生命周期中的一个连续、互动的过程。通过在设计阶段就充分优化施工方案，不仅可以提高施工效率，减少成本和风险，还可以确保项目的质量和安全，从而实现真正的设计与施工的无缝集成。

4.3 工具应用设计

在建筑结构设计环境中，BIM技术作为一个集成性的信息管理和可视化平台，显著地改变了工具应用的方式与范畴。通过BIM，设计师不仅使用传统的建模工具，而且还利用一系列先进的插件和辅助软件来加强和完善设计过程。例如，结构分析、材料选型、日照分析和能源模拟等功能都可以直接在BIM环境内完成，确保数据的一致性和实时更新。此外，BIM平台提供了与其他专业软件，如HVAC、水暖电等，的无缝对接能力，使得跨专业的协同设计成为可能。这种工具应用的整合性和智能性不仅提高了设计的效率和准确性，还为设计师提供了一个更为全面、深入的视角，帮助他们更好地理解和优化结构方案，以满足项目的实际需求和约束。简而言之，BIM技术在工具应用设计方面为建筑结构设计带来了一次质的飞跃，推动了行业的创新和进步。

4.4 图纸设计优化

在现代建筑实践中，BIM技术在图纸设计优化方面展现了巨大的潜力和价值。与传统的二维设计相比，BIM提供了一个全面、动态的三维模型，使设计师能够更直观、准确地呈现和交流设计意图。在此背景下，图纸生成不再是一个单一、静态的输出过程，而是成为了一个持续、迭代的活动。设计师可以轻松地从BIM模型中提取各种视图、剖面和细节，确保其与模型数据完全一致。同时，随着设计的进展和变更，相关的图纸也会自动更新，大大减少了手工修改和检查的时间。此外，BIM还提供了各种先进的可视化和模拟工具，帮助设计师更好地展示和验证设计方案，从而提高图纸的质量和可读性[3]。总之，通过BIM技术，图纸设计不仅更为高效、准确，而且更为生动、有说服力，为建筑项目的成功实施提供了坚实的基础。

4.5 协调结构适用

在建筑结构设计领域，BIM技术为协调结构适用性带来了深远的影响。借助BIM，设计师可以实时地在一个高度集成的环境中对建筑结构的每一部分进行审查和验证，确保其与其他建筑系统如机电、排水和空调等完美匹配。这意味着潜在的结构冲突或不匹配问题可以在早期设计阶段迅速识别并得到解决，大大降低了后期施工阶段的修改和返工风险。此外，BIM的高度数字化和可视化特性使得跨专业的设计团队能够更加紧密地合作，确保结构设计既满足建筑的功能和审美要求，又具有良好的施工性和经济性[4]。简而言之，BIM技术为建筑结构设计带来了前所未有的精度和协调性，确保了结构设计的适用性与整个建筑项目的顺利推进。

5 结束语

随着信息化时代的到来，水利工程施工管理已经经历了深刻的转变。利用现代技术，特别是BIM和其他数字化工具，水利工程的质量控制已经实现了前所未有的精确度和效率。但技术本身并非万能，真正的关键在于如何整合并应用这些工具，确保项目的成功实施。未来，随着技术的进一步发展和行业的持续创新，我们期望看到更多高质量、高效率的水利工程项目得以实现。在这一进程中，持续的学习、合作和创新将是确保质量控制策略成功的关键。而我们，作为水利工程领域的专业人员，有责任和使命，不仅要深入理解并运用这些技术，更要积极参与、引导和推进行业的持续进步，为社会带来更加可靠、持久和环境友好的水利工程解决方案。

[参考文献]

[1]封小艳,顾子臣.BIM 技术在建筑结构设计中的合理应用研究[J].中华建设,2023(6):98-100.
[2]刘艳芬.BIM 技术在建筑结构设计中的应用[J].四川建材,2023,49(9):40-41.
[3]梁超凡,赵芊.浅析 BIM 技术在建筑结构设计的应用[J].中国住宅设施,2023(4):41-42.
[4]刘威.BIM 技术在现代建筑工程结构设计中的应用研究[J].中国建筑装饰装修,2022(20):68-70.
作者简介：张惠峰（1990.12—），男，汉族，毕业学校：西安建筑科技大学，现工作单位：信息产业电子第十一设计研究院科技工程股份有限公司河北分公司。

Copyright © 2023 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

浅谈人性化设计在建筑设计中的应用

龙德才
江西省商业建筑设计院有限公司，江西 南昌 330000

[摘要]随着社会的进步和人们对生活品质的不断追求，建筑设计已经不再仅仅满足基本的居住和使用需求，而是更多地注重人的体验和情感需求。人性化设计作为一个跨学科的设计理念，强调以人为本，确保设计真正服务于人们的实际需求和期望。在建筑设计中，人性化设计主张对使用者的深入理解，考虑他们的生理、心理、文化和社交需求，创造出一个既实用又舒适的空间环境。这涉及到从总体布局、动线设计、光线与材质的选择到细节处理的全方位考虑。随着技术的进步，如人工智能、物联网和虚拟现实等新技术也被融入到人性化设计中，为建筑设计带来更多的可能性和创新。
[关键词]人性化；人性化设计；建筑设计；应用
DOI：10.33142/ec.v6i12.10333 中图分类号：TU201 文献标识码：A

Brief Discussion on the Application of Humanized Design in Architectural Design

LONG Decai
Jiangxi Commercial Building Design Institute Co., Ltd., Nanchang, Jiangxi, 330000, China

Abstract: With the progress of society and people's continuous pursuit of quality of life, architectural design is no longer just meeting basic living and usage needs, but more focused on human experience and emotional needs. As an interdisciplinary design concept, humanized design emphasizes putting people first, ensuring that design truly serves people's actual needs and expectations. In architectural design, humanized design advocates a deep understanding of users, taking into account their physiological, psychological, cultural, and social needs, and creating a practical and comfortable spatial environment. This involves a comprehensive consideration from overall layout, dynamic line design, selection of lighting and materials, so as to detailed handling. With the advancement of technology, new technologies such as artificial intelligence, the Internet of Things, and virtual reality have also been integrated into humanized design, bringing more possibilities and innovation to architectural design.
Keywords: humanization; humanized design; architectural design; application

引言

自古以来，建筑作为人类文明和社会发展的体现，一直承载着各种功能和象征意义。从最初的简陋住所到现代的摩天大厦，建筑的变革不仅反映了技术的进步，更揭示了人类对生活品质和空间体验的不断追求。在这个过程中，人性化设计逐渐浮现为一个核心的设计哲学，强调将人的需求、习惯和情感置于设计的中心。在当今的建筑领域，随着社会的复杂性和多样性不断增加，人们对于空间的需求已经远远超过了基本的功能满足，更多地转向了对情感、文化和生态的关注。在这种背景下，人性化设计不仅仅是一个流行词汇或潮流，而是一种对人、建筑和环境和谐关系的深入思考和实践。本文将对人性化设计在建筑设计中的应用进行探讨，从其基本原则到具体实践，力求揭示其在现代建筑中的重要性和价值。我们希望通过这一探讨，为读者提供一个新的视角，重新思考建筑与人之间的关系，以及如何创造出真正符合人的需求和情感的建筑空间。

1 人性化设计的重要性

人性化设计的重要性不仅仅体现在其创造出符合用户需求的产品或空间，更深层次地，它关乎到人们的生活品质、情感体验和身心健康。当我们谈论设计，无论是物品、软件还是建筑，其核心目标始终是服务于人。人性化设计深入挖掘用户的内在需求，确保使用者在与设计互动的过程中感受到舒适和便利。更为关键的是，人性化设计有助于避免使用中的误解和危险，它考虑到不同年龄、文化背景和身体能力的用户，确保所有人都能平等、安全地使用。在日常生活中，人性化设计的细节能够增强人们的幸福感，无论是一个易于握持的工具手柄，还是一个考虑到自然光线和通风的室内空间。

2 建筑设计中人性化设计的基本原则

2.1 合理性原则

在建筑设计中，人性化设计的基本原则之一就是合理性原则。这一原则要求建筑设计不仅要追求形式的创新和美观，更要确保其功能布局和使用流程与人们的日常活动和习惯相匹配，以确保最终的建筑物能够真正地为人们服务。合理性原则强调的是对使用者的尊重，确保他们在建筑空间内能够轻松、自然地完成各种活动。例如，家庭住宅的设计需要考虑到家庭成员的活动习惯和需要，办公楼的设计要考虑到员工的工作流程和休息需求。只有当一个建筑真正从使用者的角度出发，考虑到其实际的生活和工

Copyright © 2023 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

作需求，才能够说是实现了合理性原则。这样的建筑不仅仅是一个物理空间，更是一个与人们生活紧密相连的空间，为人们带来真正的便利和舒适。

2.2 功能性原则

在建筑设计中，人性化设计的一个核心原则是功能性原则。这意味着每一个设计决策，从总体布局到细节处理，都应当为实现特定功能或满足特定需求而服务。功能性原则要求设计师深入理解使用者的实际需求，确保建筑的每一个部分都能有效地满足这些需求，而不仅仅是为了追求形式或装饰。例如，一个图书馆的设计需要考虑到读者的阅读和学习需求，提供足够的光线、安静的环境和舒适的座椅；一个医院的设计需要考虑到病人和医护人员的流动和操作，确保高效的服务和安全的环境[1]。功能性原则使建筑物成为一个真正的使用工具，而不是一个纯粹的视觉对象。这样的建筑不仅更能为人们提供实际的帮助，也更能够得到人们的喜爱和认同。

2.3 以人为本原则

在建筑设计中，人性化设计的最核心的原则莫过于“以人为本原则”。这一原则强调建筑设计首先应为满足人的需求和提高人的生活质量而服务，而非单纯地追求艺术性或技术性的创新。以人为本意味着设计师需要全面深入地考虑使用者的生理、心理、文化和社交需求，确保建筑的每一个空间、每一个角落都能为人们带来真实的价值和舒适的体验。无论是公共建筑还是私人住宅，建筑都不仅仅是一个物理的遮蔽物，它更是人们生活、工作、学习和娱乐的场所，是人与人交往的平台。因此，一个真正的人性化的建筑应当能够为人们创造一个健康、安全、方便、愉悦的环境，让人们在其中感受到尊重、自由和幸福。这样的建筑才能够真正地成为人们的精神家园，得到人们的深厚的喜爱和长久的珍视。

3 建筑设计中人性化设计的具体要求

3.1 注重建筑的活动性特征

在建筑设计中，人性化设计对于建筑的具体要求之一是强调其“活动性特征”。这意味着建筑不仅应是一个稳定的、物理上的存在，而应当成为支撑和响应人们日常活动的舞台。注重建筑的活动性特征要求设计师深入考虑空间是如何被使用的，以及人们在这些空间中如何移动、互动和感受。这涉及到对建筑动线的优化，以确保人们可以轻松地到达他们需要去的地方；对公共与私密空间的合理划分，以满足集体活动与个人隐私的需求；以及对于不同功能空间的流畅衔接，如工作、休息和娱乐区域的有机组合。同时，注重活动性特征也意味着要考虑到空间的可变性和灵活性，允许使用者根据自己的需求对空间进行调整和重新配置。在这样的建筑中，空间不再是僵化的和单一的，而是充满了生命力和变化的可能性，真正地为人们的生活和活动提供支持和启发。

3.2 建筑设计私密性

在建筑设计中，人性化设计的一个核心要求是注重建筑的私密性。私密性不仅仅是关于物理空间的隔离，更多的是关于为使用者提供一个可以放松、安全、无拘束的环境。这样的环境使人们能够自由地表达自己，进行深入的思考，或与他人建立更为亲密的联系。注重私密性的建筑设计要求我们考虑如何创造这样的空间，并确保它们不被外界的干扰和侵入。这可能涉及到对外部视线的遮挡、声音的隔绝，以及空间布局的优化，如将私人空间与公共空间明确区分。同时，私密性也与个人和文化的差异紧密相关，因此设计师需要深入了解和考虑使用者的需求和习惯。

4 人性化设计在建筑的具体应用

4.1 生活空间的规划

在建筑中，人性化设计的具体应用之一体现在生活空间的规划上。生活空间不仅仅是为了满足人们的基本居住需求，更重要的是它应该响应居住者的日常生活习惯、情感需求和文化背景。这意味着生活空间的规划应当超越传统的功能性布局，而是要考虑到空间如何为居住者创造一个舒适、和谐和有意义的生活环境。例如，厨房不仅仅是烹饪的地方，它也可能是家庭成员聚集、交流和分享的场所；卧室不仅仅是休息的地方，它也可能是个人冥想、阅读和创作的空间。此外，人性化的生活空间规划还应该考虑到家庭的变化和发展，如儿童的成长、老年人的需求和家庭成员的变化，确保空间具有一定的灵活性和可适应性[2]。在这样的生活空间中，建筑不仅仅是一个物理的遮蔽物，而是成为支持和丰富人们生活的重要部分，真正体现了人与建筑的和谐共生。

4.2 动线与空间流动性设计

在建筑中，人性化设计的具体应用之一显著体现在动线与空间流动性的设计上。动线，简言之，是描述人们在建筑内部如何移动的路径。一个优雅而人性化的动线设计不仅确保了空间的高效利用，也有助于创造一个流畅、舒适和直观的环境。人们在空间中的行走不应遭遇冗长的迂回或频繁的打断，反之，应该是一种连续、顺畅的体验，这样的设计可以减少使用者的身体与心理负担。考虑空间的流动性是为了实现各个功能区域之间的有机连接与交互，而不是隔离。例如，家庭客厅、餐厅和厨房之间的动线设计应考虑到家庭成员之间的互动，使日常活动如烹饪、就餐和交流成为一个无缝连接的体验。在公共建筑如办公室或学校中，动线设计更是关乎到日常工作与学习的效率和舒适度。

4.3 光线、色彩与材质的选择

在建筑中，人性化设计的具体应用深刻地涉及到光线、色彩与材质的选择。这些元素不仅对空间的美观有决定性的影响，更重要的是它们直接关系到使用者的感知体验和心理舒适度。光线是空间中最为动态的元素，一个合理的

Copyright © 2023 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

光线设计能够确保空间明亮而不刺眼，模糊界线并创造出温暖与舒适的氛围。自然光的利用尤为重要，它不仅节约能源，更能带给人们轻松与愉悦的感觉[3]。色彩则能够影响人们的情绪和心理状态，比如暖色调通常给人带来温暖和舒适的感觉，而冷色调可能带来宁静或清新的感受。材质的选择关系到触感体验和建筑的长期耐用性，如木材给人温暖和自然的感觉，而金属或玻璃可能带来现代和精致的印象。在人性化的建筑设计中，光线、色彩和材质不仅仅是装饰和美化的工具，它们更是与人们感知和情感深度交织的元素，共同创造出一个既有功能性又充满情感的生活空间。

4.4 无障碍设计

在建筑领域，人性化设计的一个重要维度是“无障碍设计”。这种设计方法重点在于创造一个既安全又容易使用的环境，使得所有人，包括有残疾或行动不便的人，都能自如地使用和享受建筑空间。无障碍设计不仅仅是为特定人群提供方便，它是对所有使用者的尊重和关心的体现。这涉及到从宽敞的入口、无障碍卫生间、平滑的地面到适当的标识和照明的全方位考虑。例如，为视障者设计的触觉地面、为轮椅使用者设计的斜坡，以及考虑到老年人和儿童需求的设施和标识，都是无障碍设计的体现。这种设计理念强调建筑应为每个人服务，而不是为某一特定群体。因此，无障碍设计不仅提高了建筑的实用性和功能性，还彰显了社会的进步和包容性，确保每个人都能在公共和私人空间中享受到公平、尊重和舒适的体验。

4.5 强化材料装饰设计

在建筑中，人性化设计的具体应用之一是“强化材料装饰设计”。这一设计理念主张利用材料本身的特性和美感，而不仅仅将其视为构建或功能的工具。通过对材料的深入理解和创意应用，建筑师可以创造出既具有实用功能又能触动人心的空间。强化材料装饰设计注重细节和工艺，强调材料的纹理、颜色、光感和与其他材料的对比和交互。例如，裸露的砖墙不仅提供了稳固的结构，其独特的纹理和色彩也能给空间带来温暖和历史的感觉；精心打磨的混凝土地面既耐用又具有现代美感，能够与木材或金属形成有趣的对比。此外，通过强化材料的装饰设计，建筑师可以为使用者创造出一个充满触感和情感的环境，使其不仅仅是居住或工作的场所，更是一个能够感受到材料和手工艺之美的艺术空间[4]。这种对材料的尊重和创意利用体现了人性化设计的核心思想，即为人们创造一个既实用又美观的生活环境。

4.6 面向未来：新技术与人性化设计的融合

面向未来，随着科技的迅速进步和创新，我们将看到新技术与人性化设计的更深层次的融合。新技术，如人工智能、物联网、虚拟现实和增强现实，为建筑和设计领域带来了前所未有的可能性。这些技术不仅能够提高空间的功能性和效率，更重要的是它们能够为人们提供更为个性化、智能化和互动化的体验。例如，智能家居系统可以根据居住者的习惯和偏好自动调整室内的光线、温度和音乐，为他们创造一个既舒适又节能的环境；虚拟现实技术则可以让设计师和客户在项目开始之前就深入体验和调整设计方案，确保其真正满足用户的需求。与此同时，人性化设计的理念也将指导新技术的发展和应用，确保技术真正为人服务，而不是成为冷酷的机器。这种技术与人性化设计的融合将推动建筑和设计领域进入一个新的时代，一个既充分利用技术的力量又始终以人为中心的时代。

5 结束语

经过对人性化设计在建筑设计中的深入探讨，我们可以清晰地看到它所带来的实际与深远的影响。建筑，作为人类文明的重要标志，不仅仅反映了技术与艺术的进步，更关乎每个人的日常生活与精神追求。人性化设计重新定义了建筑与人之间的关系，强调的是互动、体验与共鸣。这不仅是一种设计趋势，更是对未来建筑的期望与标准。希望随着社会的不断发展和技术的持续革新，人性化设计能够被更多的建筑师和设计者所采纳，从而创造出真正为人们提供舒适、和谐和有意义生活空间的建筑作品。让建筑不仅是城市的风景，更是人们心灵的归宿。

[参考文献]

[1]代朋.浅谈人性化设计在建筑设计中的应用[J].建筑与预算,2023(8):52-54.
[2]张丹丹.人性化设计在建筑设计中的应用[J].美与时代(城市版),2022(10):7-9.
[3]史文杰.人性化设计在现代建筑设计中的应用[J].中国住宅设施,2021(7):89-90.
[4]梁穗.浅谈现代工业设计理念中的人性化设计[J].中国文艺家,2018(12):169.

作者简介：龙德才（1979.7—），男，学历：大学本科，从事专业：建筑设计。

Copyright © 2023 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

节能绿色环保技术在市政工程中的应用研究

杨新宇 陈磊杰 曹 成
中国市政工程中南设计研究总院有限公司，湖北 武汉 430014

[摘要]近年来，随着城镇化和工业化水平的显著提升，市政工程领域面临了一系列重要问题，其中尤为引人关注的是与节能、绿色环保相关的议题。当前，我国正在积极倡导环境保护和资源有效利用，因此在市政工程中，迫切需要采取有效措施，以避免对周边环境造成污染，并确保低碳环保理念贯穿于施工全过程。基于此，文中深入探讨了市政工程中的节能、绿色环保技术的应用，以应对当前的环境挑战。通过在市政工程中采用先进的技术和方法，以最大程度地减少负面环境影响，同时提高资源利用效率。同时，还提出了一些建议，包括改进管理和监测机制，促进创新和技术进步，以及加强社会参与，确保市政工程的环保和可持续性。以应对日益复杂的城市化和工业化挑战，从而为未来城市的可持续发展提供支持和指导。

[关键词]节能技术；绿色环保技术；市政工程；应用
DOI：10.33142/ec.v6i12.10378 中图分类号：TU974 文献标识码：A

Research on the Application of Energy Conservation, Green and Environmental Protection Technology in Municipal Engineering

YANG Xinyu, CHEN Leijie, CAO Cheng
Central & Southern China Municipal Engineering Design and Research Institute Co., Ltd., Wuhan, Hubei, 430014, China

Abstract: In recent years, with the significant improvement of urbanization and industrialization, the field of municipal engineering has faced a series of important issues, among which issues related to energy conservation and green environmental protection are particularly noteworthy. Currently, China is actively advocating for environmental protection and effective resource utilization. Therefore, in municipal engineering, it is urgent to take effective measures to avoid pollution to the surrounding environment and ensure that the concept of low-carbon environmental protection runs through the entire construction process. Based on this, the article delves into the application of energy-saving and green environmental protection technologies in municipal engineering to address current environmental challenges. By adopting advanced technologies and methods in municipal engineering, we aim to minimize negative environmental impacts while improving resource utilization efficiency. At the same time, some suggestions were put forward, including improving management and monitoring mechanisms, promoting innovation and technological progress, and strengthening social participation to ensure the environmental protection and sustainability of municipal engineering, so as to address the increasingly complex challenges of urbanization and industrialization, and provide support and guidance for the sustainable development of future cities.

Keywords: energy saving technology; green environmental protection technology; municipal engineering; application

引言

随着全球城市化的不断加速和工业化的蓬勃发展，市政工程在塑造现代城市面貌和推动经济增长方面发挥着举足轻重的作用。然而，随之而来的是能源消耗的上升、自然资源的大量耗竭以及环境污染问题的加剧，这些问题日益引起人们的广泛关注。在这一背景下，节能、绿色环保技术在市政工程中的应用成为一项迫切而不可或缺的任务。市政工程的范围涵盖了城市基础设施、建筑工程、交通网络、供水系统、污水处理等广泛领域，因此，其对能源和自然资源的需求巨大。传统的建设和运营模式往往导致了能源的浪费、环境的破坏以及对生态系统的不利影响。因此，必须采取切实可行的措施，将节能、绿色和环保理念融入市政工程的各个方面，以实现可持续性和生态友好性。

1 市政工程中节能绿色环保技术的应用背景及优势分析

1.1 市政工程的定义与范围

市政工程是指涉及城市基础设施建设和维护的工程项目，包括但不限于道路、桥梁、给水排水、供电供热、垃圾处理、公共建筑等。这些工程对城市的正常运转和发展至关重要，但也带来了能源消耗和环境压力等问题。

1.2 节能、绿色和环保技术的发展历程

节能、绿色和环保技术经历了多年的发展和演进。从传统的基础设施建设逐渐转向更加可持续和环保的解决方案，包括能源效率改进、绿色材料的使用、污染控制技术等。这个发展历程推动了市政工程领域的技术创新。

1.3 市政工程中环境保护的需求

随着城市人口的增长和工业化的加速，市政工程对环

Copyright © 2023 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

境产生了更大的影响。这导致了对环境保护的迫切需求，包括空气质量改善、水资源保护、土壤污染防治等方面的关切。市政工程必须适应这些需求，以减少负面环境影响。

1.4 节能概念与原理

节能是指采取措施来降低能源的使用量，从而减少能源消耗和碳排放。在市政工程中，节能原理包括优化设计、改进工艺、提高能源效率、使用高效设备等，以减少能源浪费。

1.5 节能技术在市政工程中的优势

节能技术在市政工程中具有多重优势，包括降低运营成本、减少对能源的依赖、改善城市空气质量、提高城市的可持续性等。这些技术有助于实现长期的节能效益和环境改善。

1.6 绿色技术在市政工程中的优势

绿色技术强调减少环境负担和资源消耗，通过使用可再生能源、采用可持续建筑材料、优化废物管理等方式，在市政工程中实现可持续性。其优势包括减少生态足迹、提高城市居民的生活质量，以及吸引更多的投资和人才。

1.7 环保技术在市政工程中的优势

环保技术用于减轻市政工程对环境的不利影响，包括大气污染控制、水质保护、土壤修复、噪音控制等。它们的优势在于提高城市环境质量、保护生态系统、维护人民健康，以及遵守法规和标准，减少潜在的法律风险。

2 节能、绿色技术在市政工程中的应用

2.1 节能技术的分类与特点

节能技术是一类涵盖广泛领域的技术，旨在减少能源消耗并提高能源效率。这些技术可分为多个分类，包括建筑节能、设备优化、能源管理系统等。其中，建筑节能技术如隔热材料、高效照明、智能建筑控制等，被广泛应用于市政工程中，以降低建筑的能耗[1]。节能技术的特点包括降低能源成本、减少碳排放、提高可持续性，从而使城市基础设施更具竞争力。

2.2 绿色技术的定义与特点

绿色技术强调减少环境负担、资源有效利用和生态可持续性。这包括可再生能源、绿色建筑材料、废物回收等领域。在市政工程中，使用绿色技术可以降低对自然资源的依赖，减少污染排放，提高环境质量。其特点包括可持续性、环保性、资源节约和生态友好性。

2.3 节能技术在市政工程中的应用案例

在市政工程领域，节能技术有着广泛的应用案例。例如，LED 照明系统的采用可以显著减少街道照明的能源消耗，智能交通管理系统可以优化交通流量，减少交通拥堵，从而降低燃油消耗。此外，建筑隔热材料和高效暖通空调系统可降低市政建筑的能耗，减轻负担。

2.4 绿色建筑材料与技术

（1）可再生材料：可再生材料如竹木、再生钢铁和可持续森林认证木材被广泛用于建筑中，以减少对有限资源的依赖。这些材料的使用有助于降低建筑的碳足迹。

（2）低碳混凝土：使用低碳混凝土可以减少建筑中水泥的使用，降低碳排放。这种混凝土可以通过控制生产过程中的碳排放来减少对环境的影响。

（3）太阳能板：太阳能板的安装可以将建筑物转化为可再生能源生产者。这不仅可以降低建筑的能源成本，还有助于减少温室气体排放。

2.5 绿色交通与交通管理

（1）电动汽车：电动汽车的推广可以减少尾气排放，改善空气质量，降低交通对空气污染的贡献。城市可以建设充电基础设施，鼓励居民使用电动交通工具。

（2）公共交通改进：改进公共交通系统，包括地铁、公交和轻轨系统，可以提高交通效率，减少交通拥堵，降低个人汽车使用率。

（3）交通拥堵管理：采用智能交通管理系统可以优化交通流量，提高道路利用率，减少交通拥堵。这有助于节省燃料和时间成本。

2.6 绿色垃圾处理与资源回收

（1）垃圾分类和回收设施：建立垃圾分类和回收设施有助于居民和企业方便地将可回收物质与不可回收物质分开，最大化资源回收。

（2）垃圾转运站和处理设备：建立垃圾转运站和现代化的垃圾处理设备，如垃圾焚烧厂和生物处理设施，有助于将垃圾有效转化为能源或减少体积，降低对土地的压力。

2.7 绿色技术在市政工程中的创新实践

市政工程领域不断涌现出创新的绿色技术应用。这可能包括智能城市解决方案、清洁能源微电网、水资源管理系统等[2]。这些创新实践有望进一步推动城市的可持续发展，提高生活质量。

3 环保技术在市政工程中的应用

3.1 环保技术的概述与原理

环保技术旨在减轻市政工程对环境的不利影响，通过控制污染、减少废物排放以及资源有效利用来实现。其原理包括减少污染源、处理废物以及维护生态平衡。环保技术的应用可帮助城市减少环境负担，改善居民生活质量。

3.2 大气污染控制技术

（1）废气排放监测和控制：现代城市使用废气监测系统来实时监测工业和交通排放，以确保符合排放标准。控制技术，如气体净化设备和烟气脱硫装置，有助于减少有害气体的排放。

（2）颗粒物和有害气体过滤和净化：大气中的颗粒物和有害气体可以通过过滤和净化技术来去除。例如，颗粒物捕集器和脱硫装置可以有效地减少空气中的颗粒物和硫化物。

（3）智能交通管理：通过实施智能交通管理系统，

Copyright © 2023 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

城市可以减少交通堵塞，降低车辆排放。这包括交通信号同步、交通流量监测和公共交通系统的改进。

3.3 水质保护与水处理技术

（1）水质监测：城市可以使用水质监测系统来实时监测水体质量，以及时识别和应对潜在污染问题。

（2）废水处理：废水处理厂使用生物处理、化学处理和物理处理等技术来净化废水，以确保废水排放符合环保法规。

（3）雨水收集和利用：雨水收集系统可用于储存和再利用雨水，减少城市供水需求，同时减少雨水引发的洪水风险。

3.4 土壤污染防治与修复技术

（1）污染源控制：城市可以采取措施控制潜在土壤污染源，如化学品储存、废物处理和工业排放。

（2）土壤修复工程：污染土壤可以通过土壤修复工程来清理，包括土壤挖掘和替换、生物修复和化学修复等方法。

（3）土壤监测：定期土壤监测有助于检测潜在污染问题，采取及时的防治和修复措施。

3.5 噪音与振动控制技术

（1）隔音材料的使用：建筑中使用隔音材料可以减少声音的传播，改善室内舒适度。

（2）交通噪音管理：交通管理措施，如道路隔离带和减速设施，可以减少交通噪音。

（3）建筑振动控制：建筑结构和基础工程的设计可以采用振动控制技术，以减少振动对周围环境的影响。

3.6 环保技术在城市规划与建设中的实例

环保技术在城市规划和建设中的实例包括绿色建筑项目、生态公园设计、可持续交通规划等。这些实践展示了环保技术如何融入城市规划和建设，以促进可持续发展和改善城市生活。

4 市政工程的可持续发展

4.1 可持续发展的理念与原则

可持续发展是一种发展理念，旨在满足现今需求而不妨碍未来世代满足其需求。其核心原则包括经济发展、社会公平和环境保护的平衡。在市政工程中，可持续发展的理念表现为追求工程项目在经济、社会和环境三个方面的持续改善。这意味着不仅要考虑工程的经济成本和效益，还要关注社会的需求和环境的可持续性。

4.2 可持续城市规划与管理

可持续城市规划和管理是实现城市可持续发展的关键。它包括规划城市基础设施、管理土地利用、提供公共服务、改善交通和提高环境质量等方面[3]。城市规划需要考虑人口增长、资源利用、空气质量、垃圾处理和水资源等因素，以确保城市的可持续性。城市管理则需要促进社会公平、提高居民生活质量，同时减少对环境的负面影响。

4.3 社会与经济可持续性在市政工程中的角色

社会可持续性强调包容性和社会公平，考虑到城市居民的需求和福祉。市政工程应该促进社会公平，确保基础设施和公共服务的平等分配，同时提供良好的工作机会和教育机会。经济可持续性要求工程项目在长期内具有经济可行性，并为城市创造经济增长和就业机会。这要求市政工程在预算和资源管理方面具有智能性，以确保投资的可持续回报。

4.4 市政工程的生态足迹与环境影响评估

市政工程的生态足迹是其对自然资源的影响度量，包括土地、水、能源等。环境影响评估是评估工程项目对周围环境的潜在影响的过程。在可持续发展的背景下，市政工程必须通过降低生态足迹和最小化环境影响来减轻其负面影响。这可以通过使用绿色技术、节能技术、污染控制和废物管理等手段来实现，以确保项目的环境可持续性。

5 市政工程中的挑战与解决方案

5.1 资金与投资挑战

资金和投资一直是市政工程面临的主要挑战之一。大型基础设施项目需要巨额资金来建设和维护，而政府预算通常有限。解决这一挑战的方法之一是吸引私人投资，通过公私合作（PPP）模式来共同承担风险和成本。此外，政府还可以制定有效的资金筹集和分配策略，以确保资金的充分流通，并优化项目的资本结构。

5.2 技术与创新难题

市政工程需要不断应对技术和创新方面的挑战，包括采用新的建筑和材料技术、智能城市解决方案以及环保技术的应用。解决这些挑战需要促进研发和创新，建立研究和产业界的合作关系，以及培养技术人才[4]。政府和产业界可以共同投资于研究和开发，以推动技术进步，提高市政工程的效率和可持续性。

5.3 社会接受度与参与问题

市政工程需要社区的支持和参与，但有时面临社会接受度较低的问题。解决这一挑战需要建立透明的决策过程，与社区建立密切的沟通和参与机制，以便听取居民的意见和关切。政府和项目团队可以通过公众会议、社交媒体、教育活动等方式来提高社会接受度，确保工程项目的可行性和成功。

5.4 市政工程可持续发展的前景与建议

市政工程的可持续发展是未来的关键方向。政府可以制定长期可持续发展规划，强调绿色和环保技术的应用，促进社会公平，确保资源的可持续利用。此外，政府可以鼓励城市规划和工程项目的可持续性认证，以确保项目符合可持续发展标准。政府、产业界和社区可以共同合作，制定可持续发展目标，为城市的未来打下坚实的基础。

6 结语

通过对节能、绿色环保技术在市政工程中的应用进行了深入的探讨和分析，着重强调了这些技术在城市可持续发展中的关键作用。对市政工程中的节能技术、绿色技术

Copyright © 2023 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

和环保技术的多方面应用案例进行剖析，见证了这些技术在降低能源消耗、减少环境污染、提高城市居民生活质量等方面的卓越潜力，也深刻认识到它们对于城市可持续性的重要性。在未来，望政府、企业、学术界和社会各界持续合作，共同努力推动节能、绿色和环保技术在市政工程中的广泛应用，以实现城市的可持续发展目标。只有通过共同努力才能为下一代创造更清洁、更健康、更宜居的城市环境，让城市成为人类发展的可持续载体。

[参考文献]

[1]田振全.绿色环保下市政工程施工技术分析[J].陶瓷,2023(8):73-75.
[2]于亮亮.节能绿色环保技术在道路工程中的应用[J].智能建筑与智慧城市,2023(7):84-86.
[3]王俊.绿色建筑中节能环保施工技术应用[J].中国建筑金属结构,2023(1):148-150.
[4]孙良旭.绿色施工技术应用与节能环保措施[J].大众标准化,2022(12):178-180.

作者简介：杨新宇（1988.12—），男，学历：本科，目前职称：中级工程师，专业：机械设计制造及其自动化，目前就职于中国市政工程中南设计研究总院有限公司。

Copyright © 2023 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

节能建筑外墙保温材料的应用分析

蔡宇辰
常州市建筑科学研究院集团股份有限公司，江苏 常州 213000

[摘要]随着建筑业向绿色和环保的方向发展，建筑材料的选择逐渐展现出其重要性，尤其是在外墙保温材料的应用上。为应对能源消耗和环境变化的挑战，保证建筑外墙维持恒温状态已经成为了一个核心目标。文中主要探讨了住宅建筑外墙节能保温材料的重要性和常用材料类型，并进一步探究了其实际应用过程。文中目的是为建筑领域提供关于节能保温材料的选择和使用建议，以促进绿色建筑事业的进一步成长。

[关键词]建筑业；绿色环保；节能保温材料
DOI：10.33142/ec.v6i12.10354　　中图分类号：TU551　　文献标识码：A

Application Analysis of Energy-saving Building Exterior Wall Insulation Materials

CAI Yuchen
Changzhou Architectural Research Institute Group Co., Ltd., Changzhou, Jiangsu, 213000, China

Abstract: With the development of the construction industry towards green and environmental protection, the selection of building materials is gradually showing its importance, especially in the application of external wall insulation materials. In order to address the challenges of energy consumption and environmental changes, ensuring that building external walls maintain a constant temperature has become a core goal. The article mainly discusses the importance and commonly used types of energy-saving and insulation materials for residential building exterior walls, and further explores their practical application process. The purpose of the article is to provide suggestions for the selection and use of energy-saving insulation materials in the construction field, in order to promote the further growth of the green building industry.

Keywords: construction industry; green and environmental; energy-saving insulation materials

引言

随着全球气候变化和能源危机日益加剧，传统的建筑方式和材料受到了越来越多的关注与质疑。建筑业作为全球能源消耗的主要领域，其对环境的影响不容忽视。如何在确保舒适性和功能性的同时，实现建筑的节能与环保，成为了当前的一个热门议题。其中，建筑外墙作为与外部环境直接接触的部分，其保温性能直接影响到整体建筑的能效。因此，选择和应用合适的外墙节能保温材料至关重要。本文致力于详细分析建筑外墙的节能保温材料，包括其类型、特性和使用方式，希望为推动绿色建筑的发展贡献理论依据和实际操作的建议。

1 节能建筑外墙的基本概念

1.1 节能建筑定义

节能建筑通常指的是那些在设计、施工和运营过程中，都着重于降低能耗和提高能效的建筑。它们往往使用先进的材料、技术和管理方法，以最大化地减少对能源的依赖和对环境的影响[1]。这不仅仅是一个技术问题，更是一个综合性的问题，涉及到建筑的方方面面，从外墙到屋顶，从供暖到照明。

1.2 外墙保温的重要性

建筑的外墙是保持室内温度稳定的第一道防线。一个良好的外墙保温系统可以有效地隔离外部环境，减少室内外的热量交换，从而降低冷暖空调系统的工作量，节约能源。更重要的是，外墙保温不仅可以节约能源，还可以提高居住者的舒适度，防止墙面结露，延长建筑的使用寿命。因此，外墙保温在节能建筑中扮演着至关重要的角色。

2 节能建筑外墙常见保温材料的分类

2.1 常见材料的分类

2.1.1 有机保温材料

有机保温材料主要是以有机高分子为基础的材料，如聚苯乙烯、聚氨酯泡沫等。这类材料具有质轻、导热系数低和良好的保温性能等特点。但同时，它们也容易受到火源的影响，需要配合防火措施。在市场上，它们因为价格适中和施工便利而受到广大开发商和消费者的喜爱。

2.1.2 无机保温材料

无机保温材料，如矿棉、玻璃棉、膨胀珍珠岩等，是由无机物质制成的。它们具有良好的稳定性、耐火性和较长的使用寿命。相对于有机材料，无机保温材料更能抵抗高温和火焰，因此在某些高要求的建筑中更受青睐。

2.1.3 复合保温材料

复合保温材料是将两种或两种以上的材料复合而成，以综合各自的优点。例如，将有机和无机材料结合，既可以提供优良的保温效果，又能增加结构的稳定性和耐火性。随着技术的进步，复合保温材料正在成为一个研究和应用的热点，为现代建筑提供了更多的选择和可能性。

Copyright © 2023 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

2.2 材料的基本性能与应用

在建筑领域，选择适当的外墙保温材料对于实现高效节能、经济效益和长久的使用寿命至关重要。理解材料的基本性能成为决策的核心，因为每一项性能指标都将直接影响到建筑的整体表现。导热系数、密度、抗压强度和耐火性是评价这些材料的主要标准。导热系数作为评价绝热效果的关键指标，直接决定了一个建筑的节能效果。一个较低的导热系数通常意味着卓越的保温性能[2]。而材料的密度，与其内部结构和厚度关系密切，往往决定了它的机械强度和使用寿命。在构建中，抗压强度尤其关键，特别是当考虑到材料在承重墙或地下部分的应用时。而耐火性不仅与建筑安全息息相关，还是许多高层和公共建筑的强制性要求。有机保温材料以其出色的导热系数表现，成为住宅和轻型商业建筑的首选。但是，考虑到其可燃性，当使用这类材料时，必须加入适当的防火措施。与此相反，无机保温材料因其固有的稳定性和抗火能力，更适合于高层建筑和具有严格防火要求的场所。而复合保温材料，将多种材料的优点结合，为特殊需求提供了解决方案，如在历史建筑的修复或具有特定功能需求的建筑中。

3 节能建筑外墙保温材料的选择及施工技术

3.1 选择标准

选择保温材料首先需要根据建筑的功能、位置、气候和经济预算来进行。对于特定的应用，如高层建筑或历史保护建筑，可能还需要考虑其他特定的标准。材料的导热系数、抗压强度、耐火性和环境影响都是评价的关键指标。此外，从长期投资的角度看，材料的耐久性和维护需求也是选择的重要考量。

3.2 基本施工方法

施工方法通常与选择的材料类型有关。例如，有机材料可能需要特定的固定方法或防火措施，而无机材料可能更需要注意与其他建筑部分的连接和绝缘。在实际施工中，首先应确保墙体干燥、清洁，然后按照材料的生产商指南进行施工，确保材料的完整性和效能。

3.3 注意事项与建议

施工过程中，工程师和工人都需要注意保持材料的干燥和整洁，避免由于污染或湿气导致的性能下降。对于那些可能受到外部环境影响的材料，如阳光、雨水或风，可能还需要额外的保护措施。此外，随着新材料和技术的不断出现，建议施工者定期进行培训和更新，确保施工方法的先进性和适用性。

4 节能建筑外墙保温材料的长期性能与维护

4.1 保温材料的老化过程与影响

所有建筑材料，包括保温材料，都会随着时间的流逝而老化。老化可能是由于化学反应、物理应力、环境因素（如紫外线、温度波动和湿度）或微生物活动造成的。例如，有机保温材料可能会因长时间的紫外线照射而变脆或褪色；而无机材料可能会受到湿度和温度变化的影响，导致其结构弱化。这些老化过程可能导致材料的导热系数变化，从而影响其保温性能[3]。此外，老化也可能影响材料的机械性能，如强度和韧性，从而增加其损坏的风险。

4.2 维护与保养策略

为了最大限度地延长保温材料的使用寿命和性能，定期的维护和保养是必不可少的。首先，建议定期检查外墙，以检测任何可见的损坏或老化迹象，如开裂、变形或褪色。对于已经出现损坏的部分，应及时进行修复或更换，以防止问题进一步恶化。另外，考虑到环境因素对材料性能的影响，建议在极端的气候条件下采取额外的保护措施，如在高温季节提供遮阳或在雨季保持材料的干燥[4]。最后，随着新的研究和技术的出现，建议定期更新维护和保养策略，以确保采用的方法是最新的和最有效的。

5 节能建筑外墙保温材料的应用

5.1 不同气候环境下的应用

5.1.1 热带与亚热带地区应用

在热带和亚热带地区，除了高温和湿度外，频繁的雨季和高强度的阳光也是影响建筑的主要因素。因此，外墙材料除了需要有效地隔热和具有良好的透湿性外，还需要具有防水和抗紫外线的性能。有机保温材料，如聚氨酯泡沫，由于其低的导热系数、良好的湿度调节能力以及其对紫外线的抗性，经常在这些地区得到应用。同时，绿色屋顶和绿色墙体也开始在热带地区流行，这既可以提供额外的绝热，又能够降低直射阳光对建筑的影响。

5.1.2 寒冷地区应用

在寒冷地区，除了维持室内温暖和降低取暖成本外，防止冷桥形成也是关键。冷桥是建筑中导热性能较好的部分，可能导致热量损失。因此，高效的绝热材料，如矿棉和膨胀珍珠岩，不仅因其出色的热阻挡性能和耐低温特性而被选择，还因其能够有效地防止冷桥形成。此外，这些地区的建筑还需要确保外墙材料具有良好的防风和防雪性能，以保持其长期的绝热效果。

5.1.3 温和气候地区应用

对于温和的气候地区，温度和湿度虽然相对稳定，但季节性的变化可能会导致室内外的温度差异。复合保温材料，结合了有机和无机材料的优点，确保了全年的舒适度。这些地区的建筑还可以考虑采用相变材料，这种材料可以存储和释放热量，根据日夜和季节的温度变化进行调节，从而进一步提高建筑的能效[5]。这种自适应的热管理方法为温和气候地区的建筑提供了一个有效的能源解决方案。

5.2 在节能建筑外墙的应用

5.2.1 保温材料在墙面中的应用

墙面作为建筑的主要保护结构，其保温性能对于整体的能效至关重要。为了增加墙面的保温性能，可以在墙体外部或内部添加一层保温材料。这种做法不仅可以提高墙体的热阻，还可以提供一个额外的防水层，减少雨水对墙体的影响。常见的应用材料有聚苯乙烯板、矿棉板和膨胀珍珠岩等。

Copyright © 2023 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

5.2.2 保温材料在屋顶、玻璃中的应用

屋顶和玻璃都是建筑热损失的主要途径。对于屋顶，可以使用多层复合材料，结合有机和无机材料，以达到最佳的绝热效果。对于玻璃，双层或三层中空玻璃已经成为标准配置，其中可以填充氩气或其他惰性气体，以进一步提高其保温性能。此外，低辐射涂层玻璃也可以减少热辐射，降低夏季的冷却需求。

5.2.3 保温材料在墙体中的应用分析

在现代建筑中，墙体不再是单一的砖或混凝土结构。为了提高墙体的保温性能，许多建筑采用了复合墙体结构，其中夹有一层或多层的保温材料。这种做法不仅可以提高墙体的整体保温性能，还可以减轻墙体的重量，降低建筑成本。此外，墙体内部的保温材料还可以提供良好的声学性能，降低噪音干扰。

6 经济性和可持续性分析

6.1 节能建筑外墙保温材料的经济效益

随着全球对节能和减排目标的关注，建筑行业也逐渐认识到高效节能建筑的重要性。从长远的角度来看，节能建筑外墙保温材料对于降低整体建筑运营成本具有显著的影响。首先，有效的外墙保温可以大幅度减少建筑的取暖和制冷需求，从而直接降低能源费用。此外，高效的保温系统还可以平衡室内温度，提高居住和工作的舒适度，间接提高了空间的使用效率和价值。其次，高质量的保温材料通常具有更长的使用寿命，减少了频繁的维修和更换需求，这无疑可以节约维护费用并增加建筑的经济寿命。更为重要的是，随着能源价格的不断上涨和相关的税收和补贴政策的调整，对于节能措施的投资更加经济合理。因此，即使节能建筑外墙保温材料的初期投资成本相对较高，但其长期的经济回报是无法忽视的。

6.2 对环境的影响与可持续性分析

在考虑建筑材料的选择和应用时，除了经济效益外，对环境的影响和整体可持续性也是决策的核心部分。特别是在当前全球气候变化的背景下，考虑建筑材料的环境友好性和可持续性已经成为一项不可或缺的责任。首先，节能建筑外墙保温材料在减少能源消耗方面起到了关键作用。建筑的能源消耗是全球能源消耗的重要部分，而高效的保温可以显著降低这一比例，从而减少碳排放和其他温室气体排放。其次，从生命周期评估的角度，选择可回收或可再利用的保温材料可以大大减少对资源的消耗和废弃物的产生。一些现代的保温材料，如膨胀聚苯乙烯和某些复合材料，已经设计成可回收，以确保其在使用寿命结束后不会对环境造成不利影响。此外，保温材料的生产过程也与环境的影响紧密相关。选择那些在生产过程中释放较少有害物质、使用较少水和能源的材料可以进一步降低整体的环境足迹。最后，随着绿色建筑标准和认证制度的不断发展，如 LEED 和 BREEAM，采用环境友好的保温材料也可能带来额外的经济和市场优势。

7 未来趋势与展望

7.1 新型保温材料的发展趋势

未来的保温材料可能会更加轻便、高效，并具有更高的环境友好性。例如，纳米技术正被用于开发具有超高绝热性能的新型材料。此外，从自然界中获得灵感的生物模拟材料也正逐渐进入研究者的视野，这些材料可能模仿自然生物的结构以实现优越的绝热效果。再者，材料的循环利用和可再生性也是未来发展的重要方向。新型的保温材料可能会被设计成易于回收或生物降解，从而确保其在生命周期结束后对环境的影响降至最低。

7.2 技术创新与应用

随着物联网、大数据和人工智能的发展，建筑行业也可能迎来一场技术革命。未来的建筑可能会配备传感器，实时监测建筑的能源效率并自动调整以实现最佳的温控效果。此外，数字化模拟和建筑信息模型（BIM）技术也将在建筑设计和施工中发挥越来越大的作用。这些技术可以在建筑尚未建成之前，通过模拟预测其能效表现，从而指导材料的选择和施工方法。

8 结语

随着全球对节能和环保的日益关注，建筑行业面临的责任也随之加重。选择和应用适当的外墙保温材料不仅关乎建筑的经济效益和使用寿命，更涉及到全球的能源消耗和环境可持续性。本文对各种保温材料的性能、应用和未来趋势进行了深入探讨，其目的为建筑行业提供一个全面的指导。通过正确的知识和应用，不仅可以为居住和工作提供更为舒适和高效的环境，还能为保护我们的地球做出贡献。希望这些探索和发现能鼓励更多地创新和实践，推动建筑行业朝着更加绿色和可持续的方向发展。

[参考文献]

[1]刘春锐,史伟.浅析绿色建筑节能背景下的外墙保温材料应用[J].居舍,2023(5):48-50.

[2]王晓彬,王辉珉,李国凯.复合保温材料在节能建筑外墙外保温中的应用研究[J].合成材料老化与应用,2022,51(2):124-126.

[3]易金华.绿色建筑节能视野下外墙保温材料应用策略[J].散装水泥,2021(4):9-11.

[4]蔡广锋.论外墙保温技术及建筑节能材料的应用[J].居舍,2023(1):48-50.

[5]潘保芸,张学伟,胡中航.浅析外墙保温节能材料在建筑工程中的应用[J].智能建筑与智慧城市,2021(6):113-114.

作者简介：蔡宇辰（1989.1—），毕业院校：天津工业大学，所学专业：建筑环境与设备工程，当前就职单位：常州市建筑科学院集团股份有限公司，职务：检测员，职称级别：中级工程师。

Copyright © 2023 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

现代绿色节能技术在建筑工程施工中的应用

李 妍 吴 苒 邬翔宇
山东易方达建设项目管理有限公司，山东 济南 250000

[摘要]随着全球气候变化和资源紧张的问题日益突出，绿色建筑已成为建筑行业的重要发展方向。本文首先定义了绿色建筑的概念，并探讨了在建筑施工中应用绿色节能技术的核心原则，进一步深入探讨了这些技术在房屋设计、建造、室内环境和施工现场等方面的具体应用。然而，尽管绿色节能技术带来了许多好处，但在实际应用中仍然存在技术、管理和经济上的挑战。对此，本文提出了一系列针对这些难点的解决策略。最后，为了进一步推动绿色建筑的发展，给出了一些建议，包括加强技术研发、完善政策框架、加大宣传教育力度和深化跨行业合作。

[关键词]绿色建筑；节能技术；可再生能源；施工应用
DOI：10.33142/ec.v6i12.10358 中图分类号：TU745 文献标识码：A

Application of Modern Green Energy Saving Technology in Construction Engineering

LI Yan, WU Ran, WU Xiangyu
Shandong Yifangda Construction Project Management Co., Ltd., Ji'nan, Shandong, 250000, China

Abstract: With the increasingly prominent issues of global climate change and resource scarcity, green buildings have become an important development direction in the construction industry. This article first defines the concept of green buildings and explores the core principles of applying green energy-saving technologies in building construction. Furthermore, it delves into the specific applications of these technologies in housing design, construction, indoor environment, and construction sites. However, despite the many benefits brought by green energy-saving technologies, there are still technical, managerial, and economic challenges in practical applications. This article proposes a series of solutions to address these difficulties. Finally, in order to further promote the development of green buildings, some suggestions were given, including strengthening technology research and development, improving policy frameworks, increasing publicity and education efforts, and deepening cross industry cooperation.

Keywords: green building; energy saving technology; renewable energy; construction application

引言

随着全球气候变化的影响日益加剧，各国对于能源消耗和环境保护的关注也日渐加强。建筑行业作为能源消耗和温室气体排放的主要来源之一，其对环境的影响不容忽视。近年来，绿色建筑已逐渐成为全球建筑行业的重要趋势，旨在通过节能、减少资源浪费和降低环境污染来达到可持续发展的目标。然而，仅仅依赖传统的建筑方法和技术，很难实现真正的绿色、低碳和可持续发展。因此，如何在建筑设计和施工中有效地应用现代绿色节能技术，以实现建筑的环境友好性和经济效益，已经成为业界的一大挑战和焦点。这也是本文希望深入探讨和解答的问题。通过对绿色建筑的定义、绿色节能技术的分类以及其在建筑工程施工中的具体应用进行详细分析，为建筑行业提供一个全面、实用的参考指南，帮助业界更好地理解和应用绿色节能技术，进一步推动建筑领域的可持续发展。

1 绿色建筑的定义与原则

1.1 定义概述

绿色建筑是指在建筑的设计、施工、运营和拆除过程中，充分考虑到节约能源、保护环境和提供健康舒适的居住和工作环境的一种建筑方式。其核心思想是实现建筑与环境的和谐共生，最大限度地减少建筑对自然环境的负面影响，同时确保室内环境的健康和舒适。与传统建筑相比，绿色建筑注重的是整个建筑的生命周期效益，而不仅仅是初期投资和短期回报。

1.2 绿色建筑的基本原则

绿色建筑是近年来建筑业的一个重要趋势，其核心理念在于创建一个与环境和谐共存、对资源有责任的建筑模式。这种建筑方式所遵循的基本原则是为了确保其在技术、经济和社会上都具有可持续性。其中，“可持续性原则”强调建筑应在其整个生命周期中最小化对环境和资源的消耗[1]。与此同时，“节能与高效原则”提倡通过精心设计和选择高效的材料及设备来降低建筑的能源需求。为了确保人们在其中能得到健康、安全的生活环境，“健康与舒适原则”成为了绿色建筑的另一个关键指导思想。而“环境友好原则”更是提醒我们在整个建筑过程中减少对自然环境的负面冲击。在经济层面，“经济效益原则”确保了绿色建筑不仅是环保的，还是经济上切实可行的，能为业主带来长期的经济回报。最后，“文化与社会责任原则”则强调了绿色建筑应当与其所在的文化和社会环境相协调，并对社会承担起应有的责任。这些原则共同构成了绿色建筑的核

Copyright © 2023 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

心思想，指引着建筑业走向一个更为绿色、可持续的未来。

2 绿色节能技术在建筑工程施工中的具体应用

2.1 在房屋设计中的应用

房屋设计是节能的首要环节。通过合理的建筑方位、布局和形态设计，可以大幅降低建筑的能源需求。例如，针对当地的气候和阳光条件，设计师可以选择合适的窗户朝向和大小，以最大化自然光的利用并减少制冷或制热的需求。同时，绿色建筑材料的选择，如透气性好但绝热性强的墙体材料，也是设计阶段的关键决策。

2.2 在房屋建造中的应用

2.2.1 屋面节能

屋面，作为建筑的最上层，对于热损失和夏季的热增益具有直接影响。因此，选择高效的绝热材料，如绿色屋顶，不仅可以降低建筑的热损失，还能提供生态环境效益，如减少雨水径流。反射性和高反照率的屋面材料也可以减少太阳辐射的吸收，降低建筑的冷却需求。

2.2.2 门窗节能

门窗是建筑的主要热桥，因此选择双层或三层的低辐射性玻璃、带有热断桥的窗框是关键。这些玻璃可以有效地减少热损失，同时保证良好的透光性。同时，合适的窗帘和遮阳设备也可以进一步降低夏季的热增益。

2.2.3 墙体节能

墙体是建筑的主要组成部分，其热性能直接影响到室内的舒适度。因此，选择具有高热惰性和良好绝热性能的墙体材料是节能建筑的关键。例如，外墙外保温技术、透气墙和利用回收材料制成的墙体均为绿色建筑提供了有力支持。

2.3 地面节能技术

地面在建筑中占据了重要的位置，其热性能对建筑的整体舒适度和能耗有着显著的影响。现代的地面节能技术关注的是如何减少地面对热量的损失或增益，从而降低建筑的能耗。一种常见的方法是使用地热泵技术，该技术利用地下恒定的温度为建筑提供制冷或制热[2]。此外，合理的地面材料选择也很重要，如使用热反射性较高的材料，可以在夏季减少热增益；而在冬季，利用高热惰性的材料可以存储和释放热量，提高室内舒适度。

2.4 给排水节能技术

在建筑中，给排水系统是能源和资源消耗的主要来源之一。因此，如何提高水的利用效率和减少能源消耗已经成为关注的焦点。首先，高效的给水设备，如低流速的淋浴头和节水厕所，可以大大降低水的使用量。其次，雨水收集和利用系统可以将雨水存储起来，用于冲洗、灌溉或甚至进一步处理后供人饮用。此外，热回收技术，如热交换器，可以从废水中回收热量，用于预热新的供水，从而减少热水供应的能源消耗。这些技术结合起来，不仅可以实现显著的节水和节能效果，还可以减少对城市排水系统的压力，从而具有显著的环境和经济效益。

2.5 室内环境节能技术

2.5.1 温度控制系统

温度控制系统是确保室内环境舒适度的关键，同时也是建筑能耗的主要部分。高效的温度控制系统应当能够根据室内外环境和用户需求自动调节，从而达到节能的效果。例如，智能恒温器可以学习用户的生活习惯，自动调节温度，从而避免不必要的能源浪费。而区域性的温度控制，则可以根据不同区域的使用情况进行独立调节，确保只有被使用的区域得到适当的制冷或制热。

2.5.2 新风系统

随着建筑的绝热性能越来越好，新鲜空气的流通成为了室内环境健康的关键。新风系统的主要目标是为建筑提供足够的新鲜空气，同时尽量减少能源损失。高效的热交换新风系统可以在向室内输送新鲜空气的同时，从排出的废气中回收热量，从而大大提高新风系统的能效。此外，通过配合湿度、CO2 和有害气体的传感器，新风系统可以根据室内空气质量的实际情况自动调节，从而确保室内环境的健康与舒适。

2.6 施工现场节能技术

施工现场是建筑项目中能源消耗和资源浪费的主要场所之一。从机械设备的运行到工人的日常生活，每个环节都与能源消耗紧密相关。因此，采取有效的节能技术和管理策略，不仅可以降低项目的成本，还可以减少对环境的影响。首先，施工现场的临时设施，如工地棚、临时办公室和仓库，都应考虑节能设计。使用高效的绝热材料和简单的太阳能设备，可以减少对传统能源的依赖。此外，智能照明系统，例如带有传感器的 LED 灯，可以确保只在需要的时候提供照明，从而大大减少能源浪费。其次，施工机械和设备的选择和管理也是节能的关键。选择高效和低排放的施工机械，如电动挖掘机和混凝土搅拌机，可以降低施工过程中的能源消耗和碳排放。同时，定期的设备维护和检查，以及对工人的节能培训，可以确保设备在最佳状态下运行，进一步提高能效。最后，施工现场的物料管理和废料回收也有助于节能和资源保存。通过精确的计划和订单，可以减少物料的浪费和过度购买。同时，通过分类收集和回收废料，如钢筋、木材和混凝土，可以减少资源浪费，并为项目带来额外的经济收益。

3 建筑工程施工中的绿色节能技术应用难点及解决策略

3.1 主要难点分析

3.1.1 技术难点

技术是推动绿色建筑和节能技术应用的核心，但也是其主要难点之一。很多新的节能技术和材料虽然在理论上有优越性，但在实际应用中可能会遇到各种问题。例如，某些新型绝热材料在特定的气候或使用环境下可能效果不佳；或者某些高效设备的维护和维修要求较高，导致其实际运行成本增加。此外，技术的更新迭代速度快，如何确保旧建筑和新技术的有效对接也是一个技术挑战。

Copyright © 2023 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

3.1.2 管理难点

管理是确保绿色建筑和节能技术得到有效应用的关键。然而，由于涉及的方面多、利益相关者众多，管理上的挑战不可小视。例如，如何确保设计、施工和运营各个环节的协同和高效运作；如何在项目中确保节能目标得到有效执行和达成；如何进行有效的能源和环境数据收集和分析，以支持决策和改进等。

3.1.3 经济难点

经济问题始终是绿色建筑和节能技术应用中的主要障碍。很多节能技术和策略在初期需要较高的投资，虽然长期来看有显著的经济回报，但如何筹集初期资金、如何确保投资的安全和回报等都是项目决策中的主要考虑因素[3]。此外，面对传统建筑和绿色建筑的经济对比，如何确保绿色建筑在市场上的竞争力，如何让更多的投资者和用户看到并认识到其长期价值，也是经济上的挑战。

3.2 解决策略

3.2.1 技术策略

面对技术难点，采用恰当的技术策略至关重要。首先，进行持续的技术研发和创新，以适应不断变化的市场和环境需求。同时，对新技术进行实地试验和验证，确保其在实际应用中的性能和效果与理论相符。再者，加强与国际的技术交流和合作，引入和学习国外的先进技术和经验，以提升国内技术的水平。最后，加强对施工人员和操作者的培训，确保新技术得到正确和高效地应用。

3.2.2 管理策略

有效的管理策略是确保技术正确应用和项目成功的关键。首先，建立一个跨部门、跨学科的项目团队，确保各方面的专家和利益相关者都能参与到项目的决策和实施中。同时，利用现代的信息技术，如建筑信息模型（BIM）和项目管理软件，以提高项目的管理效率和准确性。此外，进行定期的项目审查和评估，确保项目的目标和要求得到满足。最后，加强与外部的沟通和协作，如与供应商、承包商和用户的紧密合作，确保项目的顺利进行。

3.2.3 经济策略

面对经济上的挑战，采取恰当的经济策略显得尤为重要。首先，进行全寿命周期成本分析，考虑项目从设计、施工到运营的整个过程，确保长期的经济效益。同时，积极寻求各种资金来源，如政府补贴、绿色建筑贷款和私人投资，以降低项目的初期投资压力[4]。此外，利用经济激励机制，如能效合同、绿色建筑认证和税收优惠，鼓励更多的投资者和用户选择绿色建筑。最后，加强对市场的研究和分析，确保项目在市场上的竞争力和吸引力。

4 推动绿色建筑发展的建议

4.1 加强技术研发和创新

技术是绿色建筑发展的基石。投资于绿色技术的研发，如更高效的能源利用、更环保的建筑材料和更智能的建筑管理系统，可以为建筑行业带来革命性的变革。同时，鼓励企业和研究机构之间的合作，共同开发新技术、新材料和新方法，确保绿色建筑在实际应用中的优越性和竞争力。

4.2 完善政策和法规框架

政府在推动绿色建筑发展中扮演着关键角色。应制定明确、切实可行的绿色建筑标准和法规，确保行业的健康和可持续发展。同时，为绿色建筑提供政策和财政支持，如税收优惠、补贴和低息贷款，鼓励更多的投资者和开发商参与到绿色建筑的建设中。

4.3 加大宣传和教育力度

公众对绿色建筑的了解和支持是其发展的关键。通过各种渠道，如媒体、学校和社区，加大对绿色建筑理念和实践的宣传和普及，提高公众的环保意识和参与度。同时，为建筑行业从业者提供持续的培训和教育，确保他们掌握最新的绿色技术和方法。

4.4 深化跨行业合作

绿色建筑的发展涉及多个行业和领域，如建筑、能源、环境和金融。通过加强各行业之间的合作和交流，形成一个绿色建筑的整体解决方案，确保其在技术、经济和社会上的全面性和可行性。同时，鼓励国际的合作和交流，引入和学习国外的先进经验和技术，加速绿色建筑在国内的推广和应用。

5 结语

随着全球气候变化和资源短缺问题的加剧，绿色建筑已不再是一个简单的趋势或口号，而是一个迫在眉睫的需求。本文从定义、原则到具体的技术应用，深入探讨了绿色建筑在建筑工程施工中的实际意义与价值，突显其在推动经济、环境和社会三重可持续性中的核心地位。随着技术的进步和人们环保意识的加强，绿色建筑的理念和实践将更加深入人心，成为未来建筑行业的标配。但要真正实现这一愿景，除了技术和资金的投入，更需要全社会的共同努力、政策的支持和跨行业的合作。希望每一个参与者都能认识到自己的责任和使命，共同为创建一个绿色、和谐、可持续的建筑环境而努力。

[参考文献]

[1]张兴龙.绿色节能施工技术在现代房屋建筑施工中的应用分析[J].中国建筑金属结构,2021(8):98-99.
[2]华亮.现代房屋建筑施工中绿色节能施工技术的应用探析[J].中国住宅设施,2020(3):95-119.
[3]张东见.现代建筑施工中绿色节能建筑施工技术的优势分析[J].绿色环保建材,2019(6):172.
[4]束江涛.绿色节能施工技术在现代房屋建筑施工中的应用分析[J].住宅与房地产,2018(36):132.

作者简介：李妍（1999.8—），女，学历：本科，职称：初级职称，专业：工程管理；吴苒（1999.6—），男，学历：本科，所学专业：土地资源管理；邬翔宇（1995.5—），性别：男，学历：本科，专业：体育管理、土木工程在读。

Copyright © 2023 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

征 稿

Call for Papers

《工程建设》由新加坡Viser Technology Pte.Ltd.主办，ISSN：2630-5283。本刊长期以来注重质量，编排规范，选稿较严格，学术水平较高，深受高校教师及科研院所研究人员青睐。本刊为开源（Open Access）期刊，出刊的所有文章均可在全球范围内免费下载，文章被维普网等权威数据库收录。

期刊针对工程项目建设的全过程，重点报道工程建设过程的科研成果、先进技术、高效设备、新型材料、工程项目管理经验等，突出工程领域新技术、新工艺、新方法，反映建筑、市政、交通等工程领域新成果、新进展，促进工程技术行业的交流与成果展示，为推动国际工程技术和科学技术发展服务。

《工程建设》期刊的主要栏目有：

工程管理、建筑工程、市政工程、机械工程、石油工程、矿山工程、冶金工程、勘察测绘、施工技术、建筑设计、节能环保、材料科学等。

鼓励工程建设各领域的专业技术人员和管理干部以及大专院校相关专业的师生和科研人员来稿，有关国家科技计划、自然科学基金和各种部门、地方、院所科技基金资助项目的文章优先发布。

征文格式与要求：

（1）论文要求：论点新颖，论证充分；设想可行，结论可靠；条理分明，书写清楚，用字规范，上交电子文件（word格式）。

（2）论文格式：题目、作者姓名、工作单位、省份及邮政编码、中英文内容摘要（150字符-300字符为宜）及关键词（3-5组为宜）、正文、参考文献。（附个人简介、邮箱、联系方式及详细收件地址，如：省、市、区、路）。

（3）论文篇幅：字符数要求在5000-8000字符之间。

投稿网址：www.viserdata.com

Viser Technology Pte. Ltd.

公司地址
21 Woodlands Close, #08–18,
Primz Bizhub SINGAPORE (737854)

官方网站
www.viserdata.com