



www.viserdata.com

# 智慧城市应用

月

SMART CITY APPLICATION

刊

■ 主办单位: Viser Technology Pte.Ltd.

■ ISSN 2630-5305(online) 2717-5391(print)

中国知网 (CNKI) 收录期刊  
RCCSE权威核心学术期刊

2024 10

第7卷 总第54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.



# 智慧城市应用

## Smart City Application

2024年·第7卷·第10期(总第54期)

主办单位: Viser Technology Pte. Ltd.

I S S N: 2630-5305 (online)

2717-5391 (print)

发行周期: 月刊

出版时间: 10月

数据库收录: 中国知网收录期刊

RCCSE权威核心学术期刊

期刊网址: [www.viserdata.com](http://www.viserdata.com)

投稿/查稿邮箱: [viser-tech@outlook.com](mailto:viser-tech@outlook.com)

地址: 111 North Bridge Rd, #21-01 Peninsula Plaza,  
Singapore 179098

学术主编: 王高捍

责任编辑: 刘艳利

学术编委: 王亚飞 陈慧珉 徐业强  
杜可普 杨超 李荣才  
尹晓水 谭成军 李培营  
陈惠芳 蔡成涛 贾鹏飞

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; 作者文责自负, 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

#### 城乡规划

- 智慧生态城市规划建设基本理论探讨 ..... 王莹 1  
关于建筑设计在城市规划建设中的重要性研究 ..... 支曼 4  
数字城市规划视角下的智慧城市创新研究 ..... 郝淙淙 8

#### 市政园林

- 基于物联网技术的热力管道及支架健康监测研究 .....  
..... 张宝 荣维岭 秦建斌 于华 范俊雷 11

#### 路桥与交通

- 基于大数据的公路桥梁检测技术及应用方法 ..... 杨琨 14  
水泥混凝土公路路面施工质量管理及裂缝防治 .....  
..... 贾正堂 17  
公路工程膨胀土路基填筑施工技术研究 .....  
..... 王少华 尹金涛 20  
高速公路路基施工技术及质量控制探究 ..... 潘存彬 24  
公路工程施工中的标准化与规范化管理 ..... 邵勇军 27

#### 施工技术

- 大型工业群体厂房超大面积地坪施工质量控制要点研究 ..... 郑硕 吕琎 恒卫彬 朱佳 耿春财 30  
低碳理念下建筑设计策略研究 ..... 王琦 33

#### 建筑工程

- EMC装配式结构中铝合金模板施工技术研究 ..... 肖伟 36  
智能控制技术在暖通系统中的应用对能效的影响分析 .....  
..... 林继浩 39  
建筑工程招投标管理的风险及预防策略分析 ..... 宋世文 43  
现代建筑设计与古建筑设计的融合探究 ..... 杜雨薇 46  
浅谈美学在建筑设计中的应用与实践 ..... 樊晓峥 49  
精益建造视角下的建筑设计方法初探 .....  
..... 高鹏云 汪江华 52

- 建筑工程项目造价的有效控制相关探究 ..... 钟声 59

#### 节能环保

- 铸造行业环境整治探究 ..... 任宇 王月祥 62

药厂污水处理系统沉淀池改造研究探讨..... 张灿敏 67

“双碳”目标下氨的应用研究进展.....

..... 王亚飞 徐良晨 姚向昱 闫 霆 潘卫国 70

制药废水中头孢类抗生素残留检测方法探讨 .. 朱培颖 73

## 机电机械

基于智能制造新模式的电机在线检测装备研制.....

..... 杨军明 76

人工智能在工程机械创新中的应用..... 郭 镊 79

## 计算机应用

基于 B/S 体系架构的实验室管理系统设计与运用研究..

..... 熊 科 鲁艳红 谢伟强 李用清 龙从云 82

C++数据库类型及转换应用..... 陈哲瀚 陆文莲 85

C 语言与 C++语言几点差异的应用... 柴可星 李伟成 89

人工智能在网络空间安全领域的应用探究.....

..... 袁宝龙 刘 宇 93

基于 J2EE 技术的实验室管理系统设计与实现策略研究.

..... 鲁艳红 熊 科 唐芳丽 郑海伟 房华伟 96

C++程序在不同领域的应用..... 钱 誉 黄佳慧 100

## 自动化技术

火力发电厂锅炉气温自动控制系统的优化设计与应用..

..... 杨 歌 104

## 智慧数据分析

变电运维智能化远程管理系统的应用策略探究.....

..... 杨 刚 107

编组站现车系统与运输管理信息系统间数据交互研究..

..... 李尚甫 李 彬 唐均强 110

远程智能漏水实时监控报警系统设计研究.....

..... 肖辉茹 王少云 马金龙 王治宇 韩建萍 113

## 勘察测绘

浅析不动产测绘工程质量控制与测绘技术的应用.....

..... 唐广晖 刘 金 刘 勇 116

## 工业制造

制丝线主机预热与生产线运行时间的匹配性研究.....

..... 李云龙 胡林胜 高 洁 乔 力 汤振宇 119

绿色造船技术在环保船舶建造中的应用..... 李 恒 122

## 综述研究

水利施工中水闸施工管理存在的问题及对策.....

..... 刘 鑫 周 洁 125

## 智慧生态城市规划建设基本理论探讨

王莹

海东市乐都区城市管理综合执法局, 青海 海东 810700

**[摘要]**近年来, 我国城市化进程不断加快, 城市规模不断扩大, 城市人口持续增长。然而, 在经济增长的同时, 城市面临着环境污染、资源枯竭和生态破坏等问题, 严重影响了城市的可持续发展。智慧生态城市作为一种新型的城市发展模式, 以人与自然和谐共生为核心, 通过科技创新和城市规划手段, 实现城市可持续发展。文章从智慧生态城市理论层面等方面进行探讨, 以期为我国智慧生态城市建设提供理论参考。

**[关键词]**智慧生态城市; 规划建设; 基本理论; 可持续发展

DOI: 10.33142/sca.v7i10.13668 中图分类号: TU984 文献标识码: A

## Discussion on the Basic Theory of Planning and Construction of Smart Eco-city

WANG Ying

Haidong City Ledu District Urban Management Comprehensive Law Enforcement Bureau, Haidong, Qinghai, 810700, China

**Abstract:** In recent years, Chinese urbanization process has been accelerating, the scale of cities has been expanding, and the urban population has continued to grow. However, with the economic growth, cities are facing problems such as environmental pollution, resource depletion and ecological destruction, which seriously affect the sustainable development of cities. As a new urban development model, smart eco-city takes the harmonious coexistence of man and nature as the core, and realizes the sustainable development of the city through scientific and technological innovation and urban planning means. This paper discusses the theoretical level of smart eco-city in order to provide theoretical reference for the construction of smart eco-city in China.

**Keywords:** smart eco-city; planning and construction; basic theory; sustainable development

### 引言

城市作为人类社会发展的载体, 承载着日益增长的人口和活动。然而, 传统的城市发展模式导致了资源消耗、环境污染和生态破坏等问题, 严重威胁着人类的生存和发展。智慧生态城市作为一种新型城市发展模式, 以人与自然和谐共生为核心, 通过科技创新和城市规划手段, 实现城市可持续发展。本文将从智慧生态城市的概念、目标、核心要素和实施策略等方面进行探讨, 以期为我国智慧生态城市的建设提供理论指导和实践参考。

### 1 智慧生态城市的基本概念

在 1972 年的联合国环境会议上, 各国代表将人类环境的保护与改善定位为全球共同关注的焦点, 并认识到对人类福祉与经济繁荣至关重要。大会强调生态城市概念的发展, 旨在构筑一个既平衡又高效的生态系统, 让人类与自然环境共生共荣, 尽管不同国度对生态城市的诠释各异, 但均立足于生态学原理, 利用先进科技手段, 实现城市与生物圈的有机结合, 使自然资源与能源得到高效整合<sup>[1]</sup>。城市规划不仅能够调和城市的生态平衡, 还能够促进社会的持续发展, 构筑起人与自然和谐共生的现代都市。因此, 站在可持续发展理论下, 智慧生态城市是指在可持续发展理念指导下, 利用现代信息技术手段, 实现城市生态环境、经济和社会系统的协调发展。智慧生态城市以人与自然和谐共生为核心, 强调城市发展应遵循生态规律, 注重资源

节约和环境保护, 提高城市居民的生活质量。

### 2 智慧生态城市规划原则

#### 2.1 生态优先原则

在城市规划中, 生态优先原则是核心理念, 意味着在城市发展过程中, 生态环境的保护和恢复应置于重要位置, 确保城市与自然和谐共生。城市规划应重视生态系统的基础性作用, 尊重自然规律, 保护和恢复生物多样性, 维护生态平衡。此外, 城市规划应注重生态环境的持续改善, 提升城市居民的生态环境质量, 为居民提供绿色、健康的生活空间。

#### 2.2 可持续发展原则

可持续发展原则要求城市规划在经济、社会、环境三者之间寻求平衡, 推动城市可持续发展。经济层面, 城市规划应促进产业结构优化升级, 发展绿色经济, 提高资源利用效率, 减少生产活动对生态环境的负面影响。社会层面, 城市规划需关注人民群众的需求, 提升居民生活质量, 促进社会公平正义。环境层面, 城市规划应重视生态环境保护, 加强污染防治, 改善生态环境质量, 确保城市生态安全。

#### 2.3 人文关怀原则

人文关怀原则是智慧城市规划的灵魂。城市, 是人的城市, 只有关注人的需求, 提升人的生活质量, 才能真正实现城市的智慧。在规划中, 要通过科学的城市规划, 提供良好的居住环境, 丰富的文化生活, 便捷的公共服务, 从而提高城市居民的幸福指数<sup>[2]</sup>。同时, 也要重视城市居民的心

理健康，通过提供心理咨询，社区支持等服务，帮助城市居民建立积极向上的生活态度，培养健康的生活方式。

## 2.4 科技创新原则

现代信息技术的发展，为城市智慧化提供了机遇，要充分利用现代信息技术手段，提高城市智能化水平，推动城市创新发展。通过建立城市大数据中心，云计算平台等，实现城市管理的智能化，提高城市管理效率。同时，也要鼓励企业，研究机构，个人创新创业，培育新的经济增长点，推动城市经济持续发展。

## 3 智慧生态城市规划建设的基本理论

### 3.1 生态智慧

生态智慧作为智慧城市规划建设的核心理念，其内涵丰富。从生态性思想智慧的视角来看，生态智慧的体现主要通过地理、气候、人文等资源的融入，形成生态化的和谐发展理念。这意味着，在智慧城市的建设过程中，我们需要充分考虑并利用自然环境的优势，比如地理特征、气候条件等，来达到与自然的和谐共生。同时，还需要注重人文资源的融入，比如文化、历史、社会价值等，以此来提升城市居民的生活质量，实现城市与人的和谐发展。

从智慧性生态理论分析的角度来看，生态智慧的目标是引导人们规划布局环境，从而达到人与自然和谐相处的目的。这要求我们在智慧城市的规划中，不仅要考虑城市的发展需求，更要充分考虑自然环境的承载能力和恢复能力，确保城市的发展不会对自然环境造成不可逆的破坏。同时，还需要通过智慧技术，比如大数据、人工智能等，来实现对城市环境的精准管理和优化，从而达到人与自然的和谐共生。

总的来说，生态智慧是智慧城市规划建设，要求在城市建设中，既要充分利用自然和人文资源，实现生态化的和谐发展，也要通过智慧技术的应用，实现对城市环境的精准管理和优化，达到人与自然的和谐相处。

### 3.2 公共利益

公共利益理论主张将智慧生态城市规划建设视为一种手段，通过满足个人和人与人之间的外部利益，以保证环境的适应性。在这个过程中，公共利益理论强调和谐共生的原则，即人与人、人与环境之间的和谐共处。

首先，智慧生态城市规划建设应注重城市居民与自然的共生，意味着在城市规划中，应充分考虑自然环境的保护和可持续发展，确保城市居民能够与自然和谐共处。例如，城市规划应采用绿色建筑和清洁能源，减少对自然资源的消耗，同时提供充足的绿地和休闲空间，让城市居民能够享受自然环境的益处。其次，智慧生态城市规划建设也应注重不同文化的共生。城市是多元文化的交汇点，各种文化共存共荣，为城市注入了活力和创造力。在智慧生态城市规划建设中，应尊重并保护各种文化的特色和传统，提供多元化的文化设施和活动，促进文化交流与融合。城市居民能够更好地理解和接纳不同的文化，共同构建和谐的社会氛围。最后，智慧生态城市规划建设应注重人与人之

间的和谐共处，需要通过提供公平和高质量的基础设施和公共服务来实现，例如城市规划应确保交通系统的便捷和高效，提供充足的公共设施和教育资源，保障城市居民的基本需求得到满足<sup>[3]</sup>。同时，智慧生态城市规划建设还应注重社会公正和包容性，促进不同社会群体之间的平等和和谐。

总之，公共利益理论分析强调和谐共生的原则在智慧生态城市规划建设中的重要性，通过城市居民与自然的共生、不同文化的共生以及人与人之间的和谐共处，智慧生态城市可以实现可持续发展和可持续社会，为城市居民创造一个更加美好的生活环境。

### 3.3 自律理论

智慧生态城市规划建设的基本理论是建立在可持续发展、生态平衡和智能化管理的基础之上的。其中，自律理论起着至关重要的作用。自律理论主要强调道德主体的自觉行为，认为只有在道德主体的自觉遵守和执行生态道德规范的情况下，智慧生态城市才能够得以顺利建设和发展。

在智慧生态城市规划建设中，自律理论的实践主要体现在以下几个方面。首先，智慧生态城市要求人们自觉地遵守城市规划和建设规范，尊重自然、保护生态，以实现人与自然的和谐共生；其次，智慧生态城市要求人们自觉地规范生活方式，减少对环境的污染和破坏，提倡绿色、低碳、环保的生活理念；最后，智慧生态城市要求人们自觉地参与到城市规划和管理中来，通过民主参与、公众参与等方式，共同推动智慧生态城市的建设和发展。

自律理论的实践对于智慧生态城市的建设和发展具有重要意义。一是自律理论能够引导人们树立正确的生态道德观念，增强环保意识和责任感，从而为智慧生态城市的建设提供坚实的道德基础。二是自律理论能够促进社会的公平和正义，通过规范人们的行为，保障弱势群体的权益，实现社会的和谐稳定。三是自律理论能够推动科学技术的创新和发展，通过智能化管理，提高城市运行的效率和质量，为智慧生态城市的建设提供强大的技术支持。总的来说，自律理论对于智慧生态城市的建设和发展起着重要的指导作用。在实践中，应该充分发挥自律理论的优势，引导人们自觉地遵守生态道德规范，积极参与智慧生态城市的建设和发展，为实现人与自然的和谐共生做出积极的贡献。

## 4 智慧生态城市规划建设的基本策略

### 4.1 强调生态化的建设方案

智慧生态城市规划建设的基本策略是多方面的，其中强调生态化的建设方案是至关重要的。城市建设需要从生态化的角度出发，将生态环境保护融入城市规划的每一个环节。这就要求我们在城市规划中充分考虑自然生态系统的平衡，合理利用自然资源，保护生态环境，实现人与自然的和谐共生。

(1) 注重城市与自然的融合。城市规划应充分考虑地形地貌、水资源、植被等自然条件，尽量保持自然的原始风貌，避免大规模的填湖造地、削山造城等破坏自然生

态的行为。同时，城市的设计应遵循自然规律，模拟自然生态系统，构建城市绿地、湿地、公园等生态空间，为市民提供亲近自然的场所，提高市民的生态福祉。

(2) 强调绿色建筑的普及。绿色建筑是智慧生态城市建设的基础，它以降低能耗、保护环境、提供健康舒适的生活空间为目标。在建筑设计中，应采用环保材料，注重建筑的隔热、保温、遮阳等功能，充分利用自然光和可再生能源，减少能源消耗。同时，绿色建筑还应注重水资源的管理，采用雨水收集、循环利用等措施，提高水资源的利用效率。

(3) 倡导绿色交通系统的建立。城市交通是导致环境污染和能源消耗的重要原因之一。因此，智慧生态城市应大力发展公共交通，提高公共交通的覆盖率和便捷性，鼓励市民选择公共交通和非机动车出行。同时，城市规划应充分考虑骑行和步行的需求，建设自行车道和步行道，提供安全、舒适的出行环境。此外，新能源汽车的推广也是绿色交通系统的重要组成部分，通过推广电动汽车、混合动力汽车等新能源汽车，减少尾气排放，改善城市空气质量。

(4) 强调城市管理的智能化。通过运用大数据、云计算、物联网等先进技术，实现城市管理的精细化、智能化。例如，智能监控系统可以实时监测城市环境质量，及时发现和处理环境污染问题；智能交通系统可以优化交通流量，减少拥堵，降低能源消耗；智能水资源管理系统可以实现水资源的合理分配和高效利用。通过智能化管理，提高城市运行的效率，降低对环境的影响。

#### 4.2 符合集体智慧的基本理念

(1) 强化顶层设计和规划引领。智慧生态城市的建设需要有明确的目标、指导和行动计划。因此，在规划阶段，应当充分考虑城市的地理、环境、经济、文化等因素，确立符合地区特色的智慧生态城市建设目标和总体布局。同时，加强跨部门、跨领域的协调合作，形成统一、协同、高效的规划体系，确保智慧生态城市建设的有序推进。

(2) 注重技术创新和产业支撑。智慧生态城市的建设离不开先进技术的支持。应当积极引进、研发和推广清洁能源、绿色建筑、智能交通、大数据、物联网等关键技术，以技术创新推动城市绿色发展。此外，还需培育壮大绿色产业，引导企业转型升级，发展循环经济，为智慧生态城市建设提供有力的产业支撑。

(3) 加强生态环保和资源利用。智慧生态城市建设的核心是实现人与自然的和谐共生。因此，应当加大生态环境保护力度，严格环境法规，实施污染物减排，提升城市环境质量。同时，注重资源的高效利用，推广节水、节能、节地等技术，降低资源消耗，实现可持续发展。

(4) 提升民生福祉和社区参与。智慧生态城市建设应关注市民的需求，提升市民的获得感和幸福感。在城市规划中，要充分考虑居民的生活、工作、休闲等需求，完善公共服务设施，优化城市空间布局。同时，鼓励社区居

民参与智慧生态城市建设，发挥集体智慧，形成共建共治共享的良好格局。

(5) 加强宣传推广和国际合作。智慧生态城市的建设需要全社会的共同参与和支持。应当加大宣传力度，提高市民的环保意识和参与热情。同时，加强与国际的交流与合作，学习借鉴先进经验，引进国际资本和技术，共同推动全球智慧生态城市的发展。

#### 4.3 坚持以人为本的城市规划建设理念

在当今社会，随着人们对环保意识的提高，生态城市的建设越来越受到重视。生态城市规划需要坚持以人为本的基本理念，尊重自然、顺应自然、保护自然，实现人与自然和谐共生。生态城市的建设，不仅仅是打造一个绿色环保的城市环境，更是要在这个环境中，充分考虑到文化、历史等多种因素的融合。在生态城市建设过程中，我们要尊重和保护这些历史文化，让城市在生态建设中，既焕发出新的生机，又不失其历史的厚重感。

生态城市的建设，需要从合理规划城市的基础设施建设出发，提高整体生态城市的文明程度，要充分考虑城市基础设施对生态环境的影响，尽量减少对自然环境的破坏，实现人与自然的和谐共生。在生态资源的利用以及循环经济的发展方面，要坚持以人为本的城市规划理念，要通过合理利用生态资源，发展循环经济，实现资源的可持续利用，为城市的发展提供源源不断的动力<sup>[4]</sup>。此外，智慧生态城市需要多种技术、业务和应用支撑，包括大数据、物联网、人工智能等先进技术，以及与之相关的产业和服务业。我们要坚持以实用技术为技术主体，以优势产业和服务业为产业主体，以步行、自行车、公交等绿色交通为交通主体，打造高效、绿色、智慧的生态城市。

#### 5 结语

智慧生态城市规划建设是实现城市可持续发展的重要途径。本文从智慧生态城市的基本概念、规划原则等方面进行了探讨，为我国智慧生态城市建设提供了理论参考。在实际工作中，应结合当地实际情况，充分运用现代科技手段，推进智慧生态城市建设。同时，要加强顶层设计，完善相关政策法规，确保智慧生态城市规划建设工作的顺利进行。

#### [参考文献]

- [1]喻琰.大数据时代下的城乡规划以及智慧城市模型[J].建筑与文化,2023(9):154-157.
- [2]赵军.智慧生态城市规划建设的若干思考[J].智能建筑与智慧城市,2023(5):54-56.
- [3]吴澜.智慧生态城市规划建设中存在的问题及对策分析[J].工程建设与设计,2022(17):129-131.
- [4]陈钊锋,来刚强.杭州市智慧生态城市规划建设研究[J].智能建筑与智慧城市,2022(1):73-75.

作者简介：王莹（1986.1—），毕业院校：河南平顶山工学院，所学专业：城市规划，当前就职单位名称：海东市乐都区城市管理综合执法局，职称级别：助理工程师。

# 关于建筑设计在城市规划建设中的重要性研究

支 曼

河北建筑设计研究院有限责任公司，河北 石家庄 050000

**[摘要]**随着城市化进程加快，城市建设日新月异，城市规划、城市设计对于城市的重要性日益凸显，在一定程度上促进了城市的进步。城市在开展规划设计时，建筑设计尤为重要，建筑设计不仅需要关注是否符合人类居住的需求，同时还需确保建筑物立面造型设计体现城市的地域特性。文中主要探讨了建筑设计在城市规划设计中的重要性，简述了城市规划与建筑设计之间的联系，又结合实际情况论述了建筑设计如何具体落实。

**[关键词]**建筑设计；城市规划；规划建设；重要性

DOI: 10.33142/sca.v7i10.13654 中图分类号: TU9 文献标识码: A

## Research on the Importance of Architectural Design in Urban Planning and Construction

ZHI Man

Hebei Institute of Architectural Design & Research Co., Ltd., Shijiazhuang, Hebei, 050000, China

**Abstract:** With the acceleration of urbanization and the rapid development of urban construction, the importance of urban planning and design for cities is becoming increasingly prominent, which promotes the progress of cities. When carrying out urban planning and design, architectural design is particularly important. Architectural design not only needs to pay attention to whether it meets the needs of human habitation, but also needs to ensure that the facade design of buildings reflects the regional characteristics of the city. The article mainly explores the importance of architectural design in urban planning and design, briefly describes the relationship between urban planning and architectural design, and discusses how architectural design can be specifically implemented based on actual situations.

**Keywords:** architectural design; urban planning; planning and construction; importance

### 引言

建筑设计在城市规划建设中的重要性不容忽视。作为城市发展和建设的核心组成部分，建筑设计不仅决定了城市的外观和风貌，还直接影响到城市的功能布局和居民的生活质量。一个科学合理的建筑设计能够有效地整合空间资源，提升城市的整体功能性和美学价值，同时满足社会经济和环境可持续发展的需求。建筑设计的质量与城市规划的协调程度密切相关，它不仅需要考虑建筑本身的结构、形式和功能，还要与城市的总体规划、文化背景和自然环境相结合。因此，建筑设计不仅是实现城市规划目标的手段，也是塑造城市形象和提升居民生活质量的关键因素。通过系统的建筑设计，能够促进城市的有序发展，提高公共设施的服务水平，增强城市的文化氛围和经济活力，从而在城市规划中发挥着至关重要的作用。

### 1 建筑规划设计在城市规划中的重要性

#### 1.1 彰显城市的特征与功能

建筑规划设计在城市规划中的重要性首先体现在其能够彰显城市的特征与功能。通过精心设计的建筑规划，城市可以突出其独特的风貌和功能分区，使得城市在整体上具有统一的视觉效果和独特的个性。建筑规划设计不仅通过选择合适的建筑风格、材料和色彩来反映城市的历史背景和文化特色，还能通过独特的建筑造型和布局展现城

市的现代化和创新精神。例如，历史悠久的城市可以通过保留和修复具有历史价值的建筑，凸显其文化遗产，而新兴城市则可以通过现代化的高楼大厦和创新建筑设计展示其发展的活力和前瞻性。同时，建筑规划设计通过科学合理功能分区，确保城市的各个区域在功能上互补协调，提升城市的整体运作效率。合理的功能分区设计能够明确住宅区、商业区、工业区和公共设施区的界限，使得城市功能布局更加清晰，居民生活更加便利。例如，住宅区应规划在环境优美、安静的区域，而商业区则应靠近交通枢纽，以便于人流和物流的通达。这样的规划不仅能够满足居民的生活需求，还能促进经济的发展和环境的可持续性。此外，建筑规划设计还可以通过创建标志性建筑和公共空间，提升城市的辨识度和吸引力。标志性建筑往往成为城市的象征，吸引游客和投资者，从而带动城市经济的增长。公共空间的设计则有助于提高城市居民的生活质量，增强社区凝聚力。

#### 1.2 展现城市的文化内涵

建筑规划设计在城市规划中的重要性还体现在其能够展现城市的文化内涵。通过精心设计的建筑和空间布局，城市不仅能够保留和传承其独特的历史文化遗产，还能展示其独有的文化魅力和精神风貌。建筑规划设计应深入挖掘城市的文化根基，将历史文脉、地域特色和文化传统融

入到现代建筑设计中，以确保城市在快速发展的同时，不失其独特的文化底蕴。例如，在具有深厚历史背景的城市中，建筑规划设计可以通过保留和修复具有重要文化价值的历史建筑，使其成为城市文化的象征和名片。同时，新建的建筑应当与现有的历史建筑在风格和尺度上保持和谐，形成古今交融、相得益彰的城市景观。这不仅有助于保护和弘扬城市的历史文化遗产，还能增强居民的文化认同感和自豪感。此外，建筑规划设计还可以通过创建富有文化内涵的公共空间，提供展示和传递城市文化的平台。例如，设计具有地方特色的文化广场、博物馆、艺术中心和纪念碑等公共建筑，使其成为市民日常生活和文化活动的重要场所。通过这些空间，市民可以更好地感受和参与城市的文化活动，从而增强城市的文化氛围和社会凝聚力。同时，在建筑规划设计中融入本地的传统工艺、艺术形式和文化符号，也是展现城市文化内涵的重要方式。例如，采用传统的建筑材料和建造技术，结合现代设计理念，创造出既具有传统文化韵味又符合现代功能需求的建筑作品。这样的设计不仅能够传承和发扬本地的传统文化，还能在现代城市中展现独特的文化魅力和创新精神。

### 1.3 加强城市自然生态文明建设

通过科学合理的建筑规划设计，城市能够实现人与自然的和谐共生，推动生态环境的保护与改善，提升整体环境质量。建筑规划设计应当充分考虑自然环境因素，如地形地貌、气候条件和生态系统，合理布局建筑和绿地，保护现有的自然资源和生态系统。例如，规划时应优先保留和保护城市中的水体、森林和湿地等生态敏感区域，并在建筑设计中引入绿色建筑理念，使用环保建材和节能技术，降低建筑对环境的影响<sup>[1]</sup>。同时，通过设置城市绿化带、生态廊道和城市公园等，增加绿地面积，提高城市的绿化覆盖率，改善空气质量和微气候。此外，建筑规划设计还应注重雨水管理和资源循环利用，设计雨水花园、透水铺装和废水回收系统，减少城市排水压力，促进资源的可持续利用。

### 1.4 确保城市规划设计的合理与协调

建筑规划设计在城市规划中的重要性体现在其确保城市规划设计的合理与协调。通过科学的建筑规划设计，能够有效统筹城市的空间布局和功能分区，使城市在发展过程中保持有序和协调，避免功能重复和资源浪费。合理的建筑规划设计可以明确各个区域的功能定位，确保住宅区、商业区、工业区和公共服务区各司其职，发挥各自的功能优势，同时与周边环境和谐共处。这种合理布局不仅提高了城市的运作效率，还优化了资源的配置和利用，避免了城市发展中的冲突和混乱。协调的建筑设计还包括对城市景观、建筑风格和城市形象的整体考虑，确保新建和改建的建筑物与现有的城市环境相融合，维护城市的整体美感和文化特色。此外，通过合理的交通规划和基础设施设计，可以提升城市的通行能力和服务水平，促进各功能

区之间的顺畅连接。

### 1.5 改善城市居民的生活质量

建筑规划设计在城市规划中的重要性还体现在改善城市居民的生活质量。通过科学合理的建筑规划设计，可以提供功能齐全、环境优美的生活空间，使居民在居住、工作和娱乐方面都能享受到便利和舒适。合理的规划设计能够优化住宅区的布局，确保其远离污染源和噪音源，同时具备良好的通风和采光条件。住宅区内部的绿化设计和公共设施配置，如公园、健身场所、学校和医疗机构等，不仅提供了良好的休闲和服务条件，还增强了社区的安全感和凝聚力。此外，合理的交通规划设计能够提高通勤效率，减少交通拥堵，提升居民的出行体验。通过规划公共交通设施、步行和自行车道，鼓励绿色出行，减少对私家车的依赖，降低交通污染。建筑规划设计还应关注文化和娱乐设施的建设，丰富居民的文化生活，提升城市的文化氛围和社会凝聚力。

### 1.6 制约城市的规划和设计方向

建筑规划设计在城市规划中的重要性还体现在其能够制约和引导城市的规划和设计方向。通过科学合理的建筑规划设计，城市可以明确发展目标和路径，避免无序扩张和资源浪费，确保城市在可持续发展的轨道上稳步前进。建筑规划设计能够为城市的发展提供科学的指导，明确各区域的功能定位和发展方向，从而优化资源配置，提高城市的运作效率和综合竞争力。此外，建筑规划设计能够引导城市的发展路径，明确城市的发展重点和优先顺序，确保城市遵循可持续发展的原则<sup>[2]</sup>。通过严格的规划控制和监督机制，可以有效避免城市建设中的乱搭乱建和无序扩张，保护城市的生态环境和自然资源，确保城市健康可持续发展。

## 2 建筑规划设计的基本原则

建筑规划设计的基本原则涵盖了科学性、合理性、可持续性和人本性，以确保城市在功能布局、环境保护和居民生活质量方面的全面提升。首先，科学性原则要求建筑规划设计基于详尽的地理、环境和社会数据，通过准确分析和预测，为城市发展提供科学依据，确保规划方案的可行性和有效性。其次，合理性原则强调功能区的合理布局，避免资源浪费和功能重叠，通过优化空间配置，使各区域之间的功能互补，提高城市运行的整体效率。可持续性原则则关注建筑对环境的影响，倡导使用绿色建材、节能技术和可再生能源，以减少建筑对自然资源的消耗和环境的负担，推动城市向低碳、环保的方向发展。最后，人本性原则注重满足居民的实际需求和提升生活质量，在设计中考虑舒适性、安全性和便利性，提供良好的生活、工作和娱乐环境，以增强居民的幸福感和归属感。

## 3 加强建筑规划设计的策略与建议

### 3.1 强化规划设计的整体性和协调性

加强建筑规划设计的策略与建议之一是强化规划设

计的整体性和协调性。这一策略强调在城市规划和建筑设计中采取系统性的方法,以确保各个规划要素和设计元素之间的有效整合和相互支持。整体性要求设计师在制定规划方案时,考虑到城市发展的各个方面,如功能区布局、交通网络、公共服务设施等,确保这些要素能够协同工作,从而提升城市运行的效率和质量。协调性则涉及到建筑风格、建筑密度、景观设计等方面的一致性,以保持城市视觉上的统一和美观。此外,建议通过多部门协作和跨领域交流,综合不同专业的意见和需求,解决设计中的潜在冲突和问题,下表展示了实现整体性和协调性的关键策略。

**表 1 实现整体性和协调性的关键策略**

| 策略        | 说明                                |
|-----------|-----------------------------------|
| 综合规划      | 统筹考虑城市各功能区的布局,确保不同区域之间的功能互补和资源共享。 |
| 统一设计标准    | 确定建筑风格、密度和高度的统一标准,以维护城市的视觉一致性。    |
| 协调交通与基础设施 | 设计高效的交通网络和基础设施,确保其与城市功能区和建筑布局的协调。 |
| 跨部门合作     | 加强城市规划、建筑设计、交通管理等相关部门的协作,整合各方意见。  |
| 公众参与      | 在规划和设计过程中听取居民意见,确保设计符合实际需求和期望。    |

### 3.2 注重突出城市特色

加强建筑规划设计的策略与建议之一是注重突出城市特色。这一策略强调在城市规划和建筑设计中融入地方文化、历史背景和自然环境,以体现城市独特的个性和魅力。通过对城市历史和文化的深入挖掘,以及对当地自然环境的细致分析,可以在建筑风格、景观设计和公共空间布局中展现城市的独特性。这不仅有助于提升城市的文化认同感和居民的归属感,还能增强城市在全国乃至全球范围内的知名度和吸引力<sup>[3]</sup>。此外,注重城市特色的设计还可以推动旅游业的发展,吸引更多游客,从而促进地方经济的增长,下表展示了如何在建筑规划设计中突出城市特色的关键策略。

**表 2 如何在建筑规划设计中突出城市特色的关键策略**

| 策略      | 说明                                    |
|---------|---------------------------------------|
| 文化融合    | 在建筑设计中融入当地传统文化元素和历史风貌,反映城市的文化底蕴。      |
| 地方材料使用  | 使用当地特色建筑材料和工艺,增强建筑与环境的和谐性和地域性。        |
| 标志性建筑设计 | 设计具有地方特色的标志性建筑,提升城市的辨识度和视觉吸引力。        |
| 景观设计    | 结合当地自然环境,进行适应性景观设计,创造与自然环境相融合的公共空间。   |
| 社区参与    | 在规划和设计过程中鼓励居民和地方艺术家的参与,确保设计反映真实的地方特色。 |

### 3.3 坚持可持续性原则

加强建筑规划设计的策略与建议之一是坚持可持续

性原则。这一原则要求在建筑规划和设计过程中全面考虑环境保护、资源节约以及社会经济的可持续发展。坚持可持续性原则意味着在建筑设计中应用环保材料和节能技术,减少对自然资源的消耗和环境的影响。例如,建筑设计应优先考虑使用可再生能源,如太阳能和风能,提升建筑的能源效率,同时减少对化石燃料的依赖。水资源的合理利用也是可持续性原则的重要组成部分,应实施雨水收集系统和节水设备,以减少水资源的浪费。建筑的生命周期管理也应纳入考虑,从设计、施工到运营和维护各阶段都应注重节能和减少废物。通过绿色建筑认证和环境友好的设计理念,不仅能提升建筑的环境性能,还能改善居民的生活质量。

### 3.4 加强公众参与和民主决策

通过鼓励公众参与和民主决策,能够确保建筑规划和设计更贴近居民的实际需求和期望,提高项目的接受度和满意度。公众参与不仅包括在规划阶段收集居民的意见和建议,还应在设计和决策过程中提供透明的信息交流平台,允许居民对规划方案提出反馈和修改建议。通过举行公开讨论会、问卷调查和社区座谈等形式,设计师和规划者可以更好地了解社区的需求和担忧,从而制定出更符合实际情况的规划方案<sup>[4]</sup>。此外,民主决策过程还能够增强城市规划的公正性和合法性,避免决策过程中的偏差和不公平现象。公众的广泛参与和意见采纳,有助于提升规划设计的全面性和科学性,最终实现更加和谐、可持续的城市发展。

### 3.5 加大监管和执法力度

加强建筑规划设计的策略与建议之一是加大监管和执法力度。有效的监管和执法措施能够确保建筑规划和设计按照既定标准和规范执行,维护城市建设的质量和安全。通过建立严格的监管机制,对建筑项目的各个阶段进行审查和监督,可以及时发现和纠正设计和施工过程中的问题,防止违法建设和不合规行为的发生。此外,加强执法力度还包括对违章建筑和不符合规划要求的项目进行严肃处理,确保所有建筑活动都在法律和法规的框架内进行。定期的检查和评估、完善的投诉处理机制以及对违规行为的处罚措施都是增强监管和执法效能的关键手段。这不仅有助于提升建筑项目的整体质量和安全性,还能维护城市规划的整体性和合理性,确保城市的可持续发展。

## 4 结语

建筑设计在城市规划建设中发挥着至关重要的作用。它不仅是实现城市功能布局和提升城市形象的基础,还直接影响到城市的生活质量、环境保护和社会经济发展。通过科学合理的建筑设计,可以有效整合城市资源,优化空间利用,提升公共设施的服务功能,同时融入地方文化和自然环境,增强城市的独特性和吸引力。建筑设计的成功与否不仅关系到城市的美学和功能性,还关系到居民的幸福感和生活质量。因此,在城市规划和建设过程中,必须

高度重视建筑设计的作用,确保其与城市总体规划的协调一致,推动城市的可持续发展和综合进步。未来,随着城市发展需求的不断变化和技术的不断进步,建筑设计将继续在塑造城市未来中发挥着重要的引领作用。

**[参考文献]**

- [1] 张瑶琪. 建筑规划设计在城市规划建设中的重要性分析[J]. 美与时代(城市版), 2024, 12(6): 29-31.
- [2] 孙瑄. 建筑规划设计在城市规划建设中的重要性[J].

房地产世界, 2023, 12(11): 43-45.

[3] 谢利. 建筑规划设计在城市规划建设中的重要性[J]. 四川建材, 2022, 48(11): 79-80.

[4] 谢亚蒙, 王鹰飞. 建筑规划设计在城市规划建设中的重要性分析[J]. 中国建筑装饰装修, 2021, 12(8): 28-29.

作者简介: 支曼 (1997.3—), 毕业院校: 河北大学, 所学专业: 建筑学, 当前就职单位: 河北建筑设计研究院有限责任公司, 职称级别: 助理工程师。

# 数字城市规划视角下的智慧城市创新研究

郝淙淙

河北天艺建筑设计有限公司，河北 石家庄 050000

**[摘要]**城市化进程带来了交通拥堵、环境污染等复杂问题，传统管理模式难以应对。数字化技术为解决这些问题提供了新思路，但智慧城市通过引入人工智能、大数据和区块链等智能技术，进一步提升城市的管理和服务能力。智慧城市不仅优化了城市功能，还强调技术与管理的融合，实现了更高效、更可持续的城市发展。

**[关键词]**数字城市规划；城市规划创新；智慧城市

DOI: 10.33142/sca.v7i10.13656

中图分类号: P208

文献标识码: A

## Research on Smart City Innovation from the Perspective of Digital City Planning

HAO Congcong

Hebei Tianyi Architectural Design Co., Ltd., Shijiazhuang, Hebei, 050000, China

**Abstract:** The process of urbanization has brought about complex problems such as traffic congestion and environmental pollution, which traditional management models are difficult to cope with. Digital technology provides new ideas for solving these problems, but smart cities further enhance their management and service capabilities by introducing intelligent technologies such as artificial intelligence, big data, and blockchain. Smart cities not only optimize urban functions, but also emphasize the integration of technology and management, achieving more efficient and sustainable urban development.

**Keywords:** digital city planning; urban planning innovation; smart city

### 引言

智慧城市是应对城市化挑战的前沿方案，通过先进技术提升城市管理效率和居民生活质量。虽然数字城市的建设为智慧城市发展奠定了基础，但智慧城市不仅是其延续，更通过智能化的技术和系统实现了城市的全面升级。本文将探讨智慧城市规划中的创新应用，重点关注前沿技术的实践及其对智慧城市建设的深远影响。

### 1 数字城市规划概述

数字城市规划是指通过应用先进的数字技术和信息系统来优化城市发展和管理的过程。这种规划方式强调数据驱动和智能化的决策过程，提高城市的运行效率、居民生活质量以及资源的利用效率。在数字城市规划中，城市管理者利用大数据、物联网（IoT）、云计算等技术来收集和分析城市运行中的各类数据，如交通流量、能源消耗和环境监测等。数字城市规划不仅关注技术的应用，还注重系统的集成与协调。通过建立综合数据平台，城市规划者能够实时监控城市运营状态快速响应突发事件，同时为长期规划提供科学依据。例如，智能交通系统可以根据实时交通数据动态调整信号灯，从而缓解交通拥堵；能源管理系统则可以通过数据分析优化能源分配，减少浪费。此外，数字城市规划还强调市民参与和反馈的机制，借助数字化工具居民可以更方便地提供意见和建议，这不仅提升了城市治理的透明度，还增强了公众对城市发展的参与感和认同感。

### 2 智慧城市的概念与发展

智慧城市是通过整合信息技术、通信技术和数据分析，提升城市管理和服务水平的现代城市模型。核心理念是利用先进的数字技术来实现城市的智能化运作，提升效率、节省资源、改善生活质量和应对未来挑战。智慧城市不仅仅是技术的应用，更涉及到城市规划、社会治理和经济发展的全方位升级。智慧城市的发展经历了几个阶段，最初智慧城市的概念主要集中在基础设施的数字化改造，比如智能交通系统和数字化公共服务。随着技术的发展，智慧城市的内涵逐渐扩展到智能化管理和服务创新，包括大数据分析、人工智能应用、物联网部署等方面。这些技术的应用使得城市能够实时监控和管理公共服务，从交通流量到环境质量，都能通过数据驱动的决策过程来优化。近年来智慧城市的定义也在不断演变，更加注重与居民生活的紧密结合。例如，智慧医疗、智慧教育和智慧安防等子领域的发展，通过智能化的手段提升公共服务的质量和效率。此外，智慧城市的发展还强调可持续性和韧性，注重在提升城市功能的同时减少资源消耗和环境影响。

### 3 数字城市与智慧城市的关系

#### 3.1 数字城市与智慧城市的概念比较

数字城市和智慧城市虽然常被混用，但它们在概念和应用上有明显的区别。数字城市的核心在于利用数字技术来改进城市的基础设施和管理系统，通过数据的收集和处理提高城市的运作效率<sup>[1]</sup>。数字城市关注的是信息和通信

技术的应用，以实现城市服务的数字化和信息化，主要目标是提高城市的管理效能和服务质量。相对而言智慧城市不仅包括数字城市的所有特征，还在此基础上引入了更复杂的智能化技术。智慧城市通过大数据分析、人工智能、物联网等技术，不仅实现了数据的数字化和自动化处理，还在城市规划、管理和服务中引入了智能决策支持系统。智慧城市的目的是通过深度的技术整合和智能化应用，提升城市的综合功能和居民的生活质量，实现可持续发展和增强城市的韧性。

表 1 数字城市与智慧城市的概念比较表

| 特征   | 数字城市           | 智慧城市                    |
|------|----------------|-------------------------|
| 核心技术 | 信息通信技术 (ICT)   | 大数据、人工智能 (AI)、物联网 (IoT) |
| 主要目标 | 改善基础设施和服务的数字化  | 实现智能化管理和服务的优化           |
| 数据处理 | 数据收集和基础分析      | 实时数据处理和智能决策支持           |
| 应用范围 | 交通管理、公共服务等基础设施 | 综合管理、环境监测、智能交通、智能医疗等    |
| 技术层次 | 技术应用层面         | 技术应用和智能决策层面             |
| 发展阶段 | 初级阶段，主要数字化     | 高级阶段，智能化和综合化            |

通过以上比较，可以看出数字城市是智慧城市的基础，而智慧城市则在数字城市的基础上，进一步融入了智能技术和综合系统，实现更高水平的城市管理和服务优化。

### 3.2 数字技术在智慧城市中的应用

数字技术在智慧城市中扮演着核心角色，通过多种方式提升城市的管理效率和居民的生活质量。首先，大数据技术在智慧城市中被广泛应用于数据收集和分析，通过传感器和数据平台城市能够实时监测交通流量、环境质量和能源消耗等关键指标，这些数据为决策提供了科学依据，帮助城市管理者预测趋势、优化资源分配并迅速响应问题。其次，物联网 (IoT) 技术在智慧城市中实现了设备和系统的互联互通，城市中的各种设施，如智能交通信号灯、智能路灯和环境监测站，都可以通过物联网技术进行数据交换和协同工作。例如，智能照明系统根据实时光照和人流量自动调节亮度节省能源。人工智能 (AI) 在智慧城市的应用也日益增多，AI 技术通过分析大数据提供智能决策支持，在智能安防系统中，AI 可以实时分析监控视频，自动识别异常行为并发出警报；在智慧医疗中，AI 可以帮助医生分析患者数据，提供个性化的治疗方案。此外，云计算技术使得大规模数据存储和计算变得更加高效。城市管理者可以利用云平台进行数据存储、处理和分析，确保系统的灵活性和可扩展性。通过云计算城市能够集中管理和共享数据资源，提高整体运营效率。

### 3.3 数字城市对智慧城市发展的推动作用

数字城市为智慧城市的发展奠定了重要基础。通过数字化平台和信息化技术，数字城市提供了大量的数据

资源，这些数据是智慧城市智能决策的核心。例如，数字城市中的智能交通系统能够实时监测交通流量，为智慧城市的交通管理提供精确数据，缓解拥堵问题。此外，数字城市的自动化管理系统提升了城市运营效率，实现了各部门的信息共享和业务流程自动化。这些改进为智慧城市中的智能安防、智能医疗和智能环保等应用提供了必要的支持。

表 2 数字城市对智慧城市发展的推动作用的概览表

| 作用      | 具体表现                                    |
|---------|---|
| 数据资源提供  | 数字城市通过传感器和数据平台提供实时数据，支持智慧城市的决策和服务优化。    |
| 基础设施数字化 | 数字城市中基础设施的数字化改造为智慧城市中的智能化应用提供了技术基础。     |
| 自动化管理   | 数字化的城市管理系统实现了业务流程的自动化，提高了管理效率，并支持智能化应用。 |
| 信息共享    | 数字城市中的信息共享机制促进了城市各部门之间的协调，支持了智慧城市的综合管理。 |
| 技术整合    | 数字城市为智慧城市中的新技术（如大数据、AI）提供了整合和应用的环境。     |

通过这些方面的推动，数字城市不仅提升了城市基础设施和管理水平，还为智慧城市的智能化发展提供了关键支持。数字城市的技术和数据平台成为智慧城市高效运营和创新服务的基础。

## 4 智慧城市规划中的创新研究

### 4.1 智慧城市规划中的前沿技术应用

在智慧城市规划中，前沿技术的应用正在不断推动城市的智能化发展。这些技术不仅提升了城市管理的效率，也优化了居民的生活体验。首先，大数据技术在智慧城市中的应用，通过分析来自各种传感器和设备的数据，为城市决策提供了精准的信息支持。例如，交通管理系统利用大数据实时监控交通流量，优化信号灯控制，从而缓解拥堵问题并提高通行效率。人工智能 (AI) 在智慧城市规划中的应用也非常广泛。AI 技术被用于智能监控、预测分析和自动化服务。例如，智能安防系统通过 AI 分析监控视频，能够实时识别异常行为自动报警，提升城市的安全性。智能医疗系统则利用 AI 对健康数据进行分析，提供个性化的诊疗方案改善公共卫生服务。物联网 (IoT) 技术使得城市中的各种设备和系统能够实现互联互通。在智慧城市中，物联网技术被应用于智能家居、智能交通和环境监测等领域。智能家居系统通过 IoT 技术实现设备的远程控制和自动化管理，提高了居住的舒适性和便利性。环境监测系统则利用物联网技术实时收集空气质量数据，为环保决策提供支持。此外，区块链技术在智慧城市中的应用逐渐显现其潜力。区块链可以为城市管理提供透明、安全的数据存储和交易机制。例如，在智慧城市的公共服务领域，区块链技术可以用于电子政务系统，确保数据的完整性和安全性，提高服务的透明度和效率。

#### 4.2 数据驱动决策在智慧城市规划中的实践

数据驱动决策在智慧城市规划中扮演着至关重要的角色，通过对大规模数据的分析，城市管理者能够做出更加精准和高效的决策。首先，智慧城市通过部署各种传感器和数据采集设备，实时收集有关交通、环境、能源等方面的数据。这些数据经过整理和分析后，能够揭示出城市运行中的趋势和问题，为决策提供科学依据<sup>[2]</sup>。例如，在交通管理方面通过分析实时交通流量数据，城市规划者可以优化交通信号灯的配时缓解交通拥堵，并改善公共交通的调度。这种基于数据的决策能够有效减少交通延误提高通行效率，并增强城市的整体交通系统的可靠性。在环境管理领域，数据驱动决策同样具有显著优势，通过实时监测空气质量、噪声水平和水质等环境指标，城市管理者可以及时采取措施应对污染问题。这种数据驱动的管理方式不仅能够改善环境质量，还能提高市民的生活舒适度和健康水平。在公共安全方面，数据驱动决策能够提升城市的应急响应能力，通过分析历史数据和实时监控数据，智能安防系统能够预测和识别潜在的安全威胁，提前部署资源迅速应对突发事件，这种精准的预警和响应机制能够有效提高城市的安全性。

#### 4.3 人工智能在智慧城市规划中的应用

人工智能(AI)在智慧城市规划中的应用正日益广泛，极大地提升了城市的管理效率和服务质量。首先，AI在智能交通系统中的应用显著优化了交通流量和道路安全，通过分析实时交通数据和历史趋势，AI算法能够预测交通拥堵情况自动调整信号灯周期，甚至为驾驶员提供实时的最佳行驶路线建议，从而有效缓解交通拥堵并减少事故发生。在公共安全领域，AI技术的应用同样令人瞩目。智能监控系统利用图像识别技术，实时分析监控视频自动识别和报警异常行为。这不仅提升了警务工作的效率，也增强了城市的安全防范能力。例如，AI能够迅速识别出潜在的犯罪行为或紧急情况，及时通知相关部门进行处理。智慧医疗也是AI技术的一个重要应用领域，AI在医学图像分析、疾病预测和个性化治疗中发挥了重要作用，通过分析大量健康数据和病历，AI可以帮助医生更准确地诊断疾病，并提供量身定制的治疗方案。AI还可以预测疾病流行趋势，提前做好防范措施，提高公共卫生服务的整体水平。在城市规划和资源管理方面，AI的应用也同样重要，AI技术能够分析城市发展数据，模拟不同规划方案的效果，帮助决策者选择最佳的发展路径。同时，AI还可以优化能源使用，提升能源管理的智能化水平<sup>[3]</sup>。例如，智能电网系统利用AI技术分析用电数据，预测能源需求，自动调节能源分配，减少浪费。

#### 4.4 区块链技术在智慧城市设计中的潜力

区块链技术在智慧城市设计中的潜力正逐步显现，为城市管理和服务提供了全新的解决方案。区块链的核心优势在于其去中心化和数据不可篡改的特性，这使得它在提升透明度、确保数据安全和简化流程方面表现突出。在智慧城市的公共服务领域，区块链技术可以实现电子政务系统的高效管理。通过区块链政府部门可以在一个透明且安全的环境中记录和验证所有公共服务事务，如许可审批、合同签署和财务交易。这不仅提高了政务操作的透明度，也减少了繁琐的文书工作和人为干预，从而提升了公共服务的效率和公信力。在房地产和城市规划领域，区块链技术有助于简化产权交易和土地登记过程。传统的房地产交易通常涉及大量的纸质文件和中介环节，而区块链可以提供一个去中心化的数字平台，实现自动化和透明化的交易过程。这不仅减少了交易成本，还降低了欺诈风险，提高了交易的安全性和可靠性。在智能合约方面，区块链技术能够自动执行合同条款，确保各方履行合同约定。例如，在城市基础设施项目中，区块链可以用来管理合同履行过程，自动验证项目进展和付款条件，从而减少了合同执行中的争议和延误。此外，区块链在数据隐私保护方面也有着重要作用。智慧城市中产生的数据通常涉及个人隐私和敏感信息，区块链技术可以为这些数据提供加密保护，确保数据的安全性和隐私性，同时允许数据在合法和安全的框架下进行共享和分析。

### 5 结语

本文探讨了智慧城市在数字城市规划中的创新应用和发展趋势，通过分析数字城市与智慧城市的关系、前沿技术的应用、数据驱动决策以及人工智能和区块链技术的潜力，我们发现智慧城市的建设不仅依赖于技术进步，还需系统化规划和有效实施。数字技术为智慧城市提供了基础，智能化应用提升了管理效率和生活质量。未来，随着技术的不断进步，智慧城市将变得更加智能和人性化。持续关注技术创新，将为智慧城市提供更多解决方案，帮助应对城市化挑战，创造更美好的生活环境。

### [参考文献]

- [1] 刘振兴, 李绚洁, 魏悦娇. 数字城市规划视角下的智慧城市创新研究[J]. 住宅产业, 2024, 11(6): 56-58.
  - [2] 郭夏臣, 王甫银, 张可心. 数字孪生技术在智慧城市建设中的应用[J]. 智能建筑与智慧城市, 2024, 12(5): 30-32.
  - [3] 王飞飞, 李公立, 张淏楠. 智慧城市建设与空间落地实施研究[J]. 人工智能, 2019, 11(6): 96-104.
- 作者简介：郝淙淙（1995.6—），当前就职单位：河北天艺建筑设计有限公司。

## 基于物联网技术的热力管道及支架健康监测研究

张宝 荣维岭 秦建斌 于华 范俊雷

中建一局集团安装工程有限公司, 北京 102600

**[摘要]**城市热力管道在日常生活和经济建设中至关重要,但由于其复杂环境,常常面临安全隐患,如热力管道爆炸事件。这些事件不仅威胁到公共安全,还造成了严重的财产损失。本研究探索了基于物联网技术的热力管道及支架健康监测系统。通过在管道和支架上安装传感器,系统可以实时采集和传输温度、应力和振动等数据,并利用中心系统进行分析。这种监测方法可以及时发现潜在的故障,并发出预警,从而提高设备的安全性,减少故障风险。本研究旨在设计一个智能监测系统,以增强热力管道及支架的安全管理,保障城市安全。

**[关键词]**物联网技术;热力管道;支架健康监测

DOI: 10.33142/sca.v7i10.13639 中图分类号: TP393 文献标识码: A

### Research on Health Monitoring of Thermal Pipelines and Supports Based on Internet of Things Technology

ZHANG Bao, RONG Weiling, QIN Jianbin, YU Hua, FAN Junlei

China Construction First Group Installation Engineering Co., Ltd., Beijing, 102600, China

**Abstract:** Urban thermal pipelines are crucial in daily life and economic development, but due to their complex environment, they often face safety hazards, such as thermal pipeline explosions. These incidents not only threaten public safety, but also cause serious property damage. This study explores a health monitoring system for thermal pipelines and supports based on Internet of Things technology. By installing sensors on pipelines and supports, the system can collect and transmit real-time data on temperature, stress, and vibration, and analyze it using a central system. This monitoring method can promptly detect potential faults and issue warnings, thereby improving equipment safety and reducing the risk of faults, so as to design an intelligent monitoring system to enhance the safety management of thermal pipelines and supports, ensuring urban safety.

**Keywords:** Internet of Things technology; thermal pipelines; supports health monitoring

#### 引言

随着城市化进程的推进和能源需求的不断增长,热力管道及支架系统在现代城市基础设施中扮演了至关重要的角色。这些系统不仅负责热能的输送与分配,还承担着重要的支撑功能。然而,由于使用环境的复杂性及负荷的动态变化,传统的监测方法难以实时捕捉设备的健康状态,容易造成隐患遗漏和故障发现的延迟。这一问题呼唤更为先进的监测技术来保障设备的安全与高效运作。物联网技术作为一种创新的智能监控手段,通过整合传感器、通信网络和数据处理平台,为热力管道及支架的健康监测提供了崭新的解决方案。该技术通过在管道和支架上布置各类传感器,能够实时采集温度、应力、振动等关键数据,并利用无线网络将这些数据传输至中心系统。中心系统采用先进的数据处理与分析技术,对这些数据进行综合评估,从而及时识别潜在的故障与异常,实现对设备状态的实时监控与预警。本文旨在探讨基于物联网技术的热力管道及支架健康监测系统的设计与实施,重点分析其在数据采集、传输、处理及健康评估方面的应用优势。通过构建这一智能监测系统,期望能够提升设备的运行安全性与维护效率,为热力管道及支架系统的管理提供更加可靠的技术支持。

#### 1 热力管道及支架健康监测的意义

在现代工业系统中,热力管道及支架的健康监测具有至关重要的意义。作为能源传输的核心组成部分,热力管道广泛应用于城市供暖、电力和化工等多个领域,其运行状态直接关系到整个系统的安全与效率。与此同时,支架作为管道的支撑结构,其稳定性和强度对管道在各种复杂工况下的安全运行起着决定性作用。随着使用时间的推移,热力管道及支架可能受到温度变化、机械应力和腐蚀等多种因素的影响,这些因素会导致设备的老化、变形甚至失效。传统的人工检查方法往往难以及时发现和预防这些问题,因此,采用先进的健康监测技术变得尤为必要。实时监测热力管道及支架的运行状态,可以获取关键数据,识别潜在的安全隐患,并预测可能发生的故障。这种监测手段有助于实施预防性维护,减少事故发生的风险,提高系统的安全性和可靠性。此外,它还能延长设备的使用寿命,降低维护成本,从而提升经济效益。

#### 2 物联网技术在热力管道及支架健康监测中的应用

物联网技术在热力管道及支架健康监测中的应用展现了现代工业智能化管理的巨大潜力。通过结合传感器、通信

技术、数据处理以及云计算，物联网实现了对热力管道及支架的全面实时监控。具体而言，物联网技术在管道及支架的关键位置布置了多种传感器，例如温度传感器、应力传感器和振动传感器。这些传感器能够实时采集设备的运行状态数据，并通过无线通信网络将数据传输到远程监控中心。数据经过分析与处理后，系统可以及时识别管道及支架的异常情况，如温度过高、应力异常或振动异常，从而提供早期预警，防止潜在故障或危险的发生<sup>[1]</sup>。此外，物联网技术结合大数据分析和人工智能算法，对监测数据进行深入分析和建模，确保对设备健康状态的精准评估和故障预测。远程监控的能力使管理人员可以随时随地访问设备的运行状态，无需频繁进行现场检查，这显著提高了监测的效率和准确性。

### 3 系统总体设计

#### 3.1 系统架构设计

系统架构设计是热力管道及支架健康监测系统的核心组成部分，其目标是建立一个全面而可靠的监控网络，实现对设备状态的实时感知与智能分析。该系统架构由四个主要层次构成：传感器层、网络层、数据处理层以及应用层。在传感器层，各种传感器被布置在热力管道及支架上，用于实时采集温度、应力、振动等关键参数。数据采集后，通过网络层的无线通信技术，数据被稳定而迅速地传输到数据处理中心。数据处理层利用云计算、大数据分析及人工智能算法，对接收到的数据进行存储、分析与建模，从而生成设备健康状态的评估报告。应用层则负责通过用户友好的界面展示处理后的信息，支持实时监控、报警、远程控制及决策支持等功能，使管理人员能够直观地获取设备状态信息，进行有效的管理和维护。

#### 3.2 系统功能模块划分

为了确保热力管道及支架健康监测系统各部分的高效协作，实现对设备状态的全面监控与管理，系统功能模块被划分为五个主要部分：数据采集模块、数据传输模块、数据处理与分析模块、报警与响应模块，以及用户交互模块。数据采集模块负责通过布置在管道及支架上的传感器，实时获取包括温度、应力、振动在内的关键数据。随后，数据传输模块利用无线通信网络，确保这些数据的稳定与安全传输至数据处理中心。数据处理与分析模块应用大数据技术及人工智能算法，对传输的数据进行存储与分析，从而生成设备健康状态的评估结果与预测报告。报警与响应模块则根据设定的报警阈值和预设的响应机制，及时发出预警并提供维护操作指导<sup>[2]</sup>。最后，用户交互模块通过友好的界面，直观地向管理人员展示监测信息、报警通知及操作建议，支持实时监控、远程控制及决策支持。

### 4 数据采集与传输

#### 4.1 传感器选型与布置

传感器的选型与布置在确保热力管道及支架健康监测系统的精确度与可靠性方面至关重要。在选择传感器时，需要综合考虑测量范围、精度、响应时间、环境适应性及

稳定性等因素。常用的传感器包括温度传感器、应力传感器、振动传感器以及位移传感器，每种传感器负责监测不同的关键参数，如设备的温度变化、应力集中、振动频率及位移幅度。在布置传感器时，需要根据管道和支架的结构特征、应力集中区域及易损部位进行科学规划，以确保数据采集的全面性和准确性。例如，应力传感器应布置在管道的弯曲部位和支架的连接点，以便实时监测应力变化；温度传感器可以设置在管道表面，以跟踪热力波动情况；振动传感器则应放置在支架的关键节点，检测振动异常。这种布置方法确保了对关键参数的全面监测，提升了系统的监控效果。

#### 4.2 数据传输技术

在热力管道及支架健康监测系统中，数据传输技术扮演着至关重要的角色，其主要任务是确保传感器采集的实时数据能够稳定且迅速地传送至数据处理中心。考虑到热力管道及支架通常分布于广泛且复杂的环境中，选择适当的数据传输技术需要平衡传输距离、数据速率、能耗及环境适应性等多个因素。常用的数据传输技术包括无线传感器网络（WSN）、低功耗广域网（LoRaWAN）、蜂窝通信技术（如4G/5G）以及物联网专用的通信协议（如NB-IoT）。无线传感器网络适合短距离和多节点的网络需求，能够有效覆盖管道及支架的监测区域。低功耗广域网（LoRaWAN）和窄带物联网（NB-IoT）则专注于长距离、低功耗的数据传输，确保在较远距离内的数据传输不丢失。蜂窝通信技术，如4G和5G，提供了较高的数据速率和广泛的覆盖范围，适合对实时性要求较高的应用场景。根据具体的监测需求与环境条件，可以选择单一传输技术或多种技术的组合，以构建一个高效、可靠的通信网络，确保数据的及时性与准确性，从而为健康评估及故障预警提供坚实的数据支持。

### 5 数据处理与分析

#### 5.1 数据处理技术

在热力管道及支架健康监测系统中，数据处理技术是将传感器收集的大量原始数据转化为有价值信息的关键步骤。监测过程中生成的数据不仅量大，还可能包含噪声、多样性以及频繁更新的特性，这要求数据处理技术具备强大的数据清洗、压缩、融合与分析能力。数据清洗阶段的主要任务是去除噪声与异常值，确保数据的准确性和一致性；紧接着，数据压缩技术负责精简冗余信息，以减轻存储与传输的负担。随后，通过数据融合技术，将来自不同传感器的数据整合在一起，提供更全面的设备状态视图<sup>[3]</sup>。最终，利用大数据分析、机器学习算法以及人工智能模型，对处理后的数据进行深入分析，揭示隐藏的模式与趋势，识别潜在的故障信号，并预测设备的健康状态及剩余寿命。这一系列的数据处理步骤为实现有效的健康监测与预警提供了坚实的基础。

#### 5.2 健康评估模型与算法

健康评估模型与算法在热力管道及支架健康监测系统中发挥着至关重要的作用，其主要任务是判断设备的运行状态和预测潜在的故障风险。利用数据处理阶段提取的

关键特征,健康评估模型通过分析这些特征与设备健康状况之间的关系,构建数学模型或应用机器学习算法,以评估设备的当前健康状态及其剩余使用寿命。常见的评估方法包括基于物理模型的和数据驱动的机器学习算法两大类。物理模型方法着眼于设备的力学特性和工作原理,分析应力、振动以及温度等物理量的变化规律,从而预测可能的故障;而数据驱动的机器学习算法,如支持向量机(SVM)、神经网络以及随机森林等,通过学习历史数据中的故障模式,能够自适应地识别设备运行中的异常情况,提升评估的精度。健康评估算法还可以结合实时监测数据进行动态更新与预测,帮助管理人员及时发现潜在问题,并采取预防性维护措施,以降低故障率并延长设备寿命。

## 6 报警与响应机制

### 6.1 报警条件设置

报警条件设置在热力管道及支架健康监测系统中扮演着关键角色,旨在确保系统能够迅速识别并响应潜在的故障或安全风险。在设定报警条件时,需要根据设备的正常运行参数以及历史数据来确定关键指标的阈值。这些指标包括温度、应力、振动等,通过实时监测这些参数,系统能够将当前数据与预设阈值进行比较,从而判断设备是否存在异常。报警条件的设置主要分为静态阈值与动态阈值两种类型。静态阈值依据设备的设计标准设定为固定的安全范围,而动态阈值则根据实时数据变化及设备使用历史进行调整,以适应设备在不同运行工况下的状态。这种方法使得监测系统能够更加准确地反映设备的实际运行状况,及时发现潜在问题。

### 6.2 响应策略与实施

在热力管道及支架健康监测系统中,响应策略与实施是确保报警信息得到有效处理和及时反应的关键环节。制定响应策略时,需综合考虑报警类型、严重程度及设备运行情况。响应策略通常分为自动化响应与人工干预两个方面。自动化响应措施在检测到异常情况超出预设阈值时,系统会自动执行预定操作,如启动备用设备、调整系统参数或进行紧急停机,以防止问题进一步恶化。同时,系统会生成详细的报警报告,记录异常的发生时间、地点、类型及可能原因,为后续的分析与处理提供依据<sup>[4]</sup>。在人工干预方面,系统会即时通知相关维护人员,通过短信、邮件或其他通讯方式发送报警信息,附带详细的故障描述及建议操作步骤。维护人员在收到通知后,应根据系统提供的信息进行现场检查,确认故障情况,采取适当的修复措施,并将处理结果反馈至系统,以便记录和后续分析。

## 7 系统集成与测试

### 7.1 系统集成

系统集成是构建热力管道及支架健康监测系统的关键步骤,其目的是将各个独立的功能模块和组件协调一致,形成一个高效的监测平台。集成过程包括硬件设备的安装与连接、软件系统的配置与调试,以及模块间接口的定义

和数据传输的设置。在硬件方面,需要根据设计要求准确安装传感器、数据采集设备、通信模块和处理单元,并确保它们能够稳定地互联。在软件方面,各模块,如数据处理、分析、报警及用户交互,需进行配置以确保无缝对接,按照预定工作流程运行。系统集成还要求进行接口测试和数据流验证,以确保模块间的数据传输和通信顺畅,功能正常运作。集成完成后,系统必须经过严格的功能测试和性能评估,以确认在实际运行中能稳定、准确地执行监测任务,并满足设计规格及用户需求。

### 7.2 实验测试与结果分析

实验测试与结果分析是验证热力管道及支架健康监测系统性能和可靠性的核心环节。实验测试涵盖系统的功能、性能及稳定性三个方面。功能测试的目标是确保各模块按设计要求正常运作,这包括数据采集的精确性、传输的稳定性、处理的及时性以及报警的有效性。性能测试评估系统在不同负载和操作条件下的响应速度、处理能力及数据传输效率,以确认系统在高负荷下的稳定性。稳定性测试则关注系统在长时间运行中的表现,检验是否存在内存泄漏、数据丢失等潜在问题。在测试过程中,所有采集的数据和结果都会被详细记录,并进行综合分析。结果分析包括对实际监测数据与预期数据的对比,以评估系统的准确性和可靠性。此外,还需要分析系统在不同测试条件下的表现,识别潜在的性能瓶颈,并探讨改进的空间。

## 8 结语

本文深入探讨了基于物联网技术的热力管道及支架健康监测系统的设计与应用,展示了这一技术在提升基础设施监控能力方面的显著优势。通过在管道及支架上布置传感器,系统能够实时采集数据,并利用先进的数据处理与分析技术来识别潜在的故障和异常。这种智能化监测不仅有效提高了设备的安全性和运行效率,还为减少故障风险及维护成本提供了坚实的技术支持。展望未来,随着物联网技术的不断进步和应用领域的扩展,这一监测系统有望在更多场景中发挥重要作用。后续研究可重点关注优化系统性能、提升数据处理能力以及完善用户体验,以进一步增强系统的实用性和可靠性。

### [参考文献]

- [1] 范立欣. 物联网云计算在热力站能耗管理系统的应用[J]. 山西省阳泉信息产业有限公司, 2022(7): 26.
- [2] 邵鹏勇, 王成文. 基于物联网技术的供热数据整合系统研究[J]. 区域供热, 2021(5): 25-33.
- [3] 冉春雨, 王杨洋. 集中供热系统中的环保物联网技术运用[J]. 环境与发展, 2019, 31(8): 246-247.
- [4] 张照红. 市政工程热力管道施工技术措施[J]. 散装水泥, 2024(2): 101-103.

作者简介: 张宝 (1980.3—), 工作单位中建一局集团安装工程有限公司, 毕业学校和专业辽宁工程技术大学电气技术。

# 基于大数据的公路桥梁检测技术及应用方法

杨 崑

江苏现代工程检测有限公司, 江苏 南京 210000

**[摘要]**随着城市交通需求的增加和公路桥梁老化问题的加剧, 传统的检测方法已难以满足实时监测和有效管理的需求。本篇文章探讨了基于大数据技术的公路桥梁检测方法及其应用。大数据技术通过传感器网络、无人机和激光雷达等先进技术, 实现了对桥梁结构的全面监测和数据实时分析。这些技术不仅提升了检测的效率和准确性, 还能帮助预测可能的结构问题, 为桥梁安全运行提供了新的解决方案。文章还分析了大数据技术在桥梁管理中的优势和前景, 以及面临的挑战和可能的解决方法。

**[关键词]**大数据; 公路桥梁; 检测技术; 应用方法

DOI: 10.33142/sca.v7i10.13667

中图分类号: TP3

文献标识码: A

## Highway Bridge Detection Technology and Application Method Based on Big Data

YANG Kun

Jiangsu Modern Engineering Testing Co., Ltd., Nanjing, Jiangsu, 210000, China

**Abstract:** With the increase of urban traffic demand and the aggravation of the aging problem of highway bridges, traditional detection methods have been difficult to meet the needs of real-time monitoring and effective management. This paper discusses the highway bridge detection method based on big data technology and its application. Big data technology realizes comprehensive monitoring and real-time data analysis of bridge structures through advanced technologies such as sensor networks, unmanned aerial vehicles and lidar. These technologies not only improve the efficiency and accuracy of detection, but also help to predict possible structural problems and provide a new solution for the safe operation of bridges. The article also analyzes the advantages and prospects of big data technology in bridge management, as well as the challenges and possible solutions.

**Keywords:** big data; highway bridge; detection technology; application method

### 引言

随着城市化进程的加快和交通基础设施的持续发展, 公路桥梁作为连接城市和地区的重要纽带, 承载着日益增长的交通流量和负荷。然而, 随着桥梁设施的老化和使用年限的增加, 其结构安全性和运行可靠性成为社会关注的焦点。传统的桥梁检测方法主要依赖于人工巡检和定期的物理测量, 存在着覆盖范围有限、数据获取不及时以及成本高昂的问题。为应对这些挑战, 基于大数据技术的桥梁检测方法应运而生。大数据技术以其强大的数据处理和分析能力, 能够从桥梁结构中获取海量、多源的实时数据, 并通过高级数据分析和机器学习算法, 实现对桥梁结构状态的精确评估和预测。通过综合利用传感器网络、无人机、激光雷达等先进技术, 大数据不仅能够提升桥梁检测的效率和准确性, 还能为桥梁的安全管理和维护提供科学依据和决策支持。本文旨在探讨基于大数据技术的公路桥梁检测方法及其应用, 分析其在桥梁结构监测、数据处理和分析, 以及实际应用中的优势和潜力。

### 1 大数据的特点

大数据具有几个显著的特点: 首先是大量, 它指的是数据规模庞大, 通常以 TB 或 PB 为单位, 数据量巨大到传统的数据处理工具难以应对; 其次是高速, 数据生成和处

理的速度非常快, 要求能够实时或近实时地处理和分析数据; 然后是多样性, 这意味着数据来源和形式多种多样, 包括结构化数据、半结构化数据和非结构化数据, 如文本、图像、视频、传感器数据等; 此外还有价值, 通过对大数据的深入分析和挖掘, 可以揭示潜在的、有价值的信息, 为商业决策、科学研究、社会治理等提供强有力的支持; 最后是真实性, 即数据的准确性和可靠性, 因为大数据中往往包含噪音和错误信息, 需要有效的方法进行处理和校正, 以确保数据分析的准确性和有效性。

### 2 基于大数据的桥梁检测技术

#### 2.1 数据采集技术

基于大数据的桥梁检测技术的数据采集阶段是确保获取全面、准确数据的关键环节。传统的桥梁检测通常依赖于周期性的人工巡检和手动测量, 这种方式存在覆盖范围有限、数据获取不及时以及成本较高等问题。随着传感器技术的进步和无人机、激光雷达等新兴技术的应用, 桥梁的数据采集变得更加高效和精确。首先, 传感器网络在桥梁结构上布置各类传感器, 例如应变传感器、加速度计、温度传感器等, 实时监测和记录桥梁结构的各种物理量。这些传感器能够持续不断地采集数据, 反映桥梁的运行状态和结构健康。其次, 无人机技术为桥梁检测带来了革命

性的变化。无人机配备高分辨率摄像头和激光雷达，可以快速、灵活地获取桥梁的视觉数据和精确的三维模型。通过飞行任务规划和自动化控制，无人机能够覆盖复杂地形和难以达到的部位，为桥梁的外观检测和结构评估提供高质量的数据支持<sup>[1]</sup>。另外，激光雷达技术能够实现对桥梁结构的精确测量，包括尺寸、形态和表面状况等方面。通过高精度的激光扫描，可以获取详细的结构信息，帮助工程师深入了解桥梁的几何特征和变形情况。最后，卫星遥感技术提供了广域、长周期的监测能力，通过卫星传感器获取大范围的桥梁健康监测数据。这种技术不受地理位置限制，能够实现对全球各地桥梁的远程监测和分析，为大范围的桥梁管理和维护提供了重要的数据支持。

## 2.2 数据存储与管理

基于大数据的桥梁检测技术中，数据存储与管理是至关重要的环节。大数据量、多样化和高速生成的特性要求有效的大数据存储和高效的管理系统，以确保数据安全、可靠性和可用性。首先，针对大数据量的挑战，桥梁检测系统通常采用分布式存储架构，如 Hadoop 分布式文件系统 (HDFS) 或云存储解决方案。这些系统能够横向扩展存储能力，处理海量数据的同时保证数据的备份和容错能力。其次，多样化数据的存储需要灵活的数据模型和存储结构。结构化数据可以存储在传统的关系型数据库中，非结构化数据则可以利用 NoSQL 数据库或对象存储系统进行有效管理，以支持多种数据类型的存储和查询需求。此外，数据存储还需要考虑数据的时效性和访问性。实时数据可以存储在高速缓存或内存数据库中，以提供快速的数据访问和实时分析能力，而历史数据则可以存档或归档以节约存储成本，同时保证数据的长期保存和可查询性。最后，数据管理方面的挑战包括数据质量控制、数据安全和隐私保护。通过数据清洗、去重和标准化等数据质量管理技术，确保数据的准确性和一致性。同时，采用加密、访问控制和身份认证等安全措施，保护桥梁检测数据的机密性和完整性，符合法规和标准的要求。

## 2.3 数据分析与处理

首先，数据分析涵盖多个方面，包括统计分析、机器学习和深度学习等技术。统计分析可以帮助识别数据中的趋势和异常，为桥梁结构的性能评估提供基础。机器学习模型能够从大量数据中学习模式和规律，例如预测桥梁的未来行为和评估其结构的健康状态。而深度学习技术则可以处理复杂的非线性关系和大规模数据，提高对桥梁结构数据的理解和分析能力。其次，数据处理方面需要考虑数据清洗、转换和集成等步骤。数据清洗用于处理数据中的噪声和不完整性，确保分析过程中的数据质量。数据转换可以将原始数据转换成适合分析的格式和结构，例如进行特征工程来提取有效的特征。数据集成则涉及将来自不同数据源的数据整合在一起，以获取更全面和完整的视角。

此外，数据分析与处理还需要考虑计算资源和算法选择的问题。大数据环境下的数据处理需要高效的分布式计算平台和并行算法，以应对海量数据的复杂处理需求。同时，选择合适的算法和模型对于提高数据分析的准确性和效率至关重要，需要根据具体的桥梁检测任务和数据特征进行综合考量和优化。

## 2.4 数据可视化

首先，数据可视化通过图表、图形、地图等形式将大数据转化为可视化信息，使得复杂的数据关系和趋势一目了然。例如，使用时间序列图展示桥梁结构传感器数据的变化趋势，通过热力图展示桥梁不同部位的温度分布情况，或者利用地图展示不同桥梁的健康评估结果和维护需求，都能够帮助用户快速理解数据背后的故事和趋势。其次，数据可视化不仅限于静态图表，还可以采用交互式可视化技术，如动态图表、可拖动的时间轴和数据筛选器等，使用户能够根据需要自由探索和分析数据。这种交互式的方式能够提升用户对数据的参与感和理解深度，支持更高效的决策制定过程<sup>[2]</sup>。此外，数据可视化还有助于跨部门和团队之间的沟通和合作。通过共享直观的可视化报告和仪表盘，不同部门和利益相关者可以在相同的数据基础上进行讨论和决策，从而促进跨功能团队的协作和信息共享。

## 3 公路桥梁检测的现状与挑战

公路桥梁检测在现代社会中面临着诸多现状与挑战。随着公路桥梁的日益老化和交通负荷的增加，保障桥梁结构的安全性和可靠性成为当务之急。然而，传统的检测方法主要依赖于定期巡检和手动测量，这种方式存在着覆盖范围有限、数据获取不及时以及成本较高的问题。桥梁结构复杂性和地理分布广泛性使得全面实时监测难以实现，进一步加大了检测的挑战。此外，桥梁检测还面临着技术手段更新换代不及时、监测数据处理与分析效率不足，以及数据安全和隐私保护等多重挑战。这些问题不仅需要技术创新和先进工具的应用，还需跨学科的合作和系统性的解决方案，以提高桥梁检测的准确性和效率，确保公路桥梁的安全运行，促进社会的可持续发展。

## 4 基于大数据技术的桥梁检测系统架构

### 4.1 系统总体设计

基于大数据技术的桥梁检测系统架构的系统总体设计是确保系统能够有效、高效地实现桥梁结构的全面监测和健康评估的关键。该系统的设计考虑到多方面因素，包括数据采集、存储、处理、分析和应用等环节的整合和优化。在系统总体设计阶段，需要明确确定数据源和传感器网络的部署策略，确保可以实时、准确地获取桥梁结构的各种物理参数和运行数据。同时，需要设计灵活的数据存储架构，支持大规模数据的存储和管理，并考虑数据安全性和隐私保护的需求。在数据处理和分析方面，系统总体设计应包括高效的数据处理算法和模型选择，以及可视化

技术的应用,以便工程师和决策者能够直观地理解和分析桥梁结构的状态和趋势。

#### 4.2 数据采集层设计

基于大数据技术的桥梁检测系统架构中,数据采集层设计是确保系统能够全面获取和整合桥梁结构运行数据的重要组成部分。该层面的设计涵盖了多种先进技术的应用,如传感器网络、无人机、激光雷达和卫星遥感等。传感器网络通过在桥梁结构上安装各类传感器,实时监测和记录诸如振动、应力、应变、温度和湿度等物理参数,为桥梁结构的健康状态提供详尽的数据支持。无人机技术能够快速、高效地获取桥梁的视觉数据和三维模型,特别适用于检测难以接触或高处的区域。激光雷达则提供精确的结构测量数据,帮助工程师深入了解桥梁的几何特征和变形情况。而卫星遥感技术则能够提供大范围、长周期的监测数据,为跨地区桥梁的综合管理提供支持。

#### 4.3 数据处理层设计

基于大数据技术的桥梁检测系统架构中,数据处理层设计是确保从海量、多源数据中提取有用信息的关键环节。在这一层面,系统需要处理来自传感器网络、无人机、激光雷达和卫星遥感等多种数据源的数据流。首先,数据处理层需要设计高效的数据清洗和预处理流程,以去除数据中的噪声、填补缺失值,并将数据转换成适合分析的格式。其次,针对不同类型的数据,需要选择合适的处理算法和模型,如统计分析、机器学习或深度学习模型,以提取数据中的关键特征和趋势。同时,数据处理层还需要考虑并行计算和分布式处理技术,以应对大数据量和高并发的处理需求,确保系统能够在实时性和效率上达到优化。最后,设计合适的数据存储策略和访问接口,以支持后续数据分析和可视化的需求,为工程师和决策者提供直观、实时的桥梁健康状态评估。

#### 4.4 应用层设计

首先,应用层设计涵盖了多个方面的需求,包括实时监控、预测分析、异常检测和维修优化等。通过实时监控功能,系统能够即时反馈桥梁结构的运行状态和健康状况,帮助工程师和监管部门及时发现潜在问题并采取相应措施。预测分析则利用历史数据和机器学习模型,预测桥梁未来的结构行为和可能出现的故障,为预防性维护提供科学依据<sup>[3]</sup>。其次,异常检测功能能够自动识别桥梁结构中的异常事件和突发状况,如突发的振动频率变化或应力超过预设阈值,及时发出警报并推送通知,帮助相关人员迅速响应和处理。维修优化功能则基于实时监测和分析结果,优化维修计划和资源分配,提高维修效率和降低成本。最后,应用层设计还应考虑用户界面的设计和用户体验,确保系统操作简便直观,用户可以轻松地访问和理解系统提供的数据和结果。同时,应用层的设计还需要与其他信息

系统和管理平台进行集成,实现数据共享和业务流程的协同,为全面的桥梁管理提供支持。

#### 5 优势与前景

基于大数据技术的桥梁检测系统具有显著的优势和广阔的前景。首先,大数据技术能够实现对桥梁结构和运行数据的全面监测和实时分析,比传统方法更为高效和准确。通过大数据分析,可以及时发现桥梁结构中的潜在问题和异常情况,有助于预测性维护和减少意外事故的发生,提升桥梁运行的安全性和可靠性。其次,大数据技术提供了多源数据的整合和分析能力,包括传感器数据、无人机图像、卫星遥感等多种数据来源。这些数据能够为工程师和管理者提供全方位的桥梁健康状态评估,帮助优化维护策略和资源分配,从而降低维护成本和延长桥梁使用寿命。此外,随着人工智能和机器学习技术的发展,大数据在桥梁检测领域的应用前景更为广阔<sup>[4]</sup>。通过深度学习算法和模型训练,系统可以不断优化数据分析的精度和速度,实现更智能化的桥梁管理和预测性维护。未来,随着物联网技术和云计算平台的进一步成熟,大数据技术在桥梁监测中的应用将更加普及和深入,为建设更安全、更可持续的城市交通基础设施贡献力量。

#### 6 结语

在当前快速城市化和日益增长的交通负荷下,公路桥梁的安全性和可靠性成为了重要关注点。传统的检测方法面临效率低下和成本高昂的挑战,因此需要新的技术来提升桥梁管理的水平。本文探讨了基于大数据技术的公路桥梁检测方法及其应用。大数据技术通过实时监测和多源数据分析,能够及时发现潜在问题,并支持桥梁安全的长期运行。尽管面临一些技术和实施上的挑战,大数据技术的发展为提升桥梁管理效率和安全性提供了新的路径和可能性。未来,随着技术的进一步成熟和应用的深入,大数据技术将在公路桥梁管理中发挥更加重要的作用,为城市交通基础设施的可持续发展做出积极贡献。

#### [参考文献]

- [1] 杜宝鲁. 基于大数据的公路桥梁检测技术及应用方法 [J]. 中国高新科技, 2024(1): 48-49.
  - [2] 李嘉楠. 基于大数据技术的公路桥梁全寿命周期管理 [J]. 交通世界, 2022(12): 127-128.
  - [3] 姜涛. 基于大数据的智能交通 [J]. 交通世界, 2018(20): 5-6.
  - [4] 王身宁, 孙发军, 赵文秀, 等. 公路桥梁智能监测探究 [J]. 工程技术研究, 2019, 4(18): 100-101.
- 作者简介: 杨琨 (1987.12—), 男, 毕业院校: 南京交通职业技术学院, 所学专业: 土木工程, 当前就职单位: 江苏现代工程检测有限公司, 职务: 桥隧检测师, 职称级别: 中级。

# 水泥混凝土公路路面施工质量管理及裂缝防治

贾正堂

新疆鸿源润泽建设工程有限公司, 新疆 伊犁 835200

**[摘要]**水泥混凝土公路路面作为重要的交通基础设施,其质量直接影响着道路的安全性、舒适性和使用寿命。在施工过程中,常出现各种质量问题,如断板、平整度不达标、表面裂纹等,严重影响了路面的功能和美观性,同时也加速路面老化和损坏。因此,文章探讨了水泥混凝土公路路面施工中常见的质量问题及其解决方法,重点关注断板、平整度差、表面麻面、空洞和纹裂、接缝破坏等问题,并提出了相关的质量管控和裂缝防治措施,旨在提高公路路面的施工质量和使用寿命。

**[关键词]**水泥混凝土路面; 质量管理; 裂缝防治

DOI: 10.33142/sca.v7i10.13665 中图分类号: U416.2 文献标识码: A

## Quality Management and Crack Prevention of Cement Concrete Highway Pavement Construction

JIA Zhengtang

Xinjiang Hongyuan Runze Construction Engineering Co., Ltd., Yili, Xinjiang, 835200, China

**Abstract:** As an important transportation infrastructure, the quality of cement concrete highway pavement directly affects the safety, comfort, and service life of the road. During the construction process, various quality problems often occur, such as broken boards, substandard flatness, surface cracks, etc., which seriously affect the functionality and aesthetics of the road surface, and also accelerate the aging and damage of the road surface. Therefore, the article explores common quality problems and their solutions in the construction of cement concrete highway pavements, with a focus on issues such as broken slabs, poor flatness, surface roughness, voids and cracks, and joint damage. Relevant quality control and crack prevention measures are proposed to improve the construction quality and service life of highway pavements.

**Keywords:** cement concrete pavement; quality management; crack prevention

### 引言

随着城市化进程的加速和交通运输需求的增长,公路建设规模不断扩大,对路面质量要求也日益提高<sup>[1]</sup>。然而,实际施工中常见的断板、平整度差、表面裂纹等问题,严重影响了路面的使用寿命和交通安全,如断板问题不仅导致路面结构强度下降,还引发车辆行驶时的颠簸和损坏,严重影响驾驶舒适性和交通效率。而平整度差则直接影响了车辆的稳定性和燃油消耗,增加了车辆运营成本。此外,表面裂纹和接缝破坏问题易导致水分渗入混凝土内部,加速路面的老化和损坏,进而增加维护和修复的成本。因此,如何有效管理和预防水泥混凝土公路路面的质量问题,成为当前交通建设领域亟须解决的重要课题。本文深入研究水泥混凝土公路路面施工质量管理及裂缝防治,以其解决当前公路建设中存在的质量问题,促进交通安全、经济效益和社会发展的协调发展。

### 1 水泥混凝土路面中的质量问题

#### 1.1 路面断板

水泥混凝土路面施工中,路面断板是常见且严重的质量问题,不仅影响路面的结构强度和平整度,还直接影响了驾驶的舒适性和车辆的安全<sup>[2]</sup>。路面断板的形成原因如下:一是施工工艺问题:路面断板的形成往往与施工过程

中的工艺操作不当密切相关。如,混凝土的振捣不均匀或振捣时间不足,导致混凝土内部的气泡无法完全排除,最终在固化后形成裂缝。此外,施工时的浇筑技术不够精细,使得混凝土中的温度和湿度分布不均匀,加剧了内部应力的不平衡,从而促使了裂缝的产生;二是材料选择和配合比问题:混凝土的配合比不合理或者使用质量不达标的原材料,特别是粗骨料和细骨料的选择不当,会直接影响混凝土的抗压强度和耐久性。当混凝土在承受交通载荷和自然环境影响下,强度不足或者内部应力释放不均匀时,易发生裂缝和断裂;三是基础和环境因素:路面的基础处理不当或者基础地基的变形、沉降,都会对混凝土路面的整体稳定性造成影响。如基础沉降不均匀或者在冻融环境条件下未进行有效的防护措施,都会导致路面的变形和裂缝。

由于路面断板不仅降低了混凝土路面的整体结构强度,还会使得裂缝沿着断板扩展,最终导致路面的破坏和塌陷,不仅影响了道路的使用寿命,还增加了后续修复和维护的成本。同时,断板不仅影响了路面的平整度,车辆在行驶过程中产生颠簸和震动,降低驾驶员的驾驶舒适性,增加了车辆的燃油消耗和机械损耗,还会导致车辆在行驶时失控或者刹车距离增加,增加了交通事故的发生风险,危及行人和车辆的安全。

## 1.2 平整度差

平整度差是指路面在施工或使用过程中出现的凹凸不平的情况，不仅影响了驾驶的舒适性，还加剧车辆磨损，增加行驶阻力，甚至影响道路的安全性和使用寿命。一方面，由于施工过程中的工艺操作不当造成平整度较差，如混凝土浇筑过程中振捣不均匀或者使用的振捣设备不合适，导致混凝土表面的密实性不足，最终在固化后形成了凹凸不平的现象。此外，施工时没有进行有效的表面平整和调整，也会使得路面的平整度无法达到设计要求。另一方面，路面基础的处理直接影响到路面的平整度，由于基础没有经过充分的加固和平整，或者在施工过程中基础发生沉降或变形，导致路面出现不均匀的沉降和凹陷，从而影响路面的平整度。

路面的平整度差直接影响车辆行驶时的平稳性和舒适性，路面凹凸不平驾驶员在行驶过程中会感受到明显的颠簸和震动，影响驾驶员的驾驶体验，导致乘客的不适和交通事故的发生风险增加，在高速行驶或者紧急制动时，会影响车辆的操控性和安全性。长期下来，导致交通事故的发生，严重危害行车安全。

## 1.3 表面麻面、空洞和纹裂问题

水泥混凝土路面的质量问题中，表面麻面、空洞和纹裂问题是比较常见，这些问题不仅影响了路面的外观美观，更直接影响了路面的结构完整性和使用寿命。麻面、空洞和纹裂问题往往源于施工过程中的工艺操作不当，如混凝土浇筑时未能充分振捣或振捣不均匀，混凝土中存在大量的空隙和气泡。这些空隙在混凝土固化后会形成空洞，影响路面的均匀性和强度。同时，混凝土中水灰比、骨料选择、胶凝材料等配合比例不合理，或者使用劣质材料，致使混凝土的质量不稳定。如水灰比过高或者骨料中含有过多的细粉，增加混凝土的收缩性，导致表面出现裂缝和麻面。此外，在高温天气下，混凝土的快速干燥会增加表面裂缝和麻面的形成风险；而在潮湿环境下，混凝土的初期强度可能不足，易出现空洞和结构松散。

表面麻面和空洞会显著降低路面的结构强度和耐久性，使得路面易受到外界水分和化学物质的侵蚀，加速混凝土的老化和破坏，进而减少路面的使用寿命。空洞和纹裂不仅影响了路面的平整度，还在恶劣天气或紧急制动时导致车辆操控困难，增加交通事故的风险，特别是对于高速公路和繁忙城市道路，这种安全隐患尤为突出。

## 1.4 接缝破坏问题

接缝在路面中起到连接不同部位混凝土板块的作用，同时也是应对混凝土收缩和热胀冷缩变形的重要设计要素。由于各种原因，接缝区域容易出现各种问题，包括裂缝、失效和损坏，进而影响整体路面的结构稳定性和平整度。混凝土在固化过程中会发生收缩，而温度变化也会导致混凝土板块产生热胀冷缩，为了减少由于这些因素引起

的应力集中，设计中通常设置伸缩缝或控制接缝来允许路面的自由变形<sup>[3]</sup>。然而，如果接缝设计不当或施工质量不佳，就容易在接缝处出现裂缝，甚至接缝失效，使得路面在使用过程中出现较大的变形和损坏。另外，高频率的车辆荷载和频繁的使用会加剧接缝区域的磨损和疲劳，尤其是在交通繁忙的城市道路和高速公路上。长期以来，车辆的通过会导致接缝处的压力集中，加速接缝材料的老化和破坏，最终导致接缝失效。

接缝失效会使路面更容易受到水分和化学物质的侵蚀，进一步加剧混凝土的老化和破坏速度，特别是在潮湿或者化学污染较为严重的环境下会更加严重，缩短路面的使用寿命。接缝破坏不仅影响了路面的平整度和驾驶舒适性，还在恶劣天气或紧急制动时影响车辆的操控能力，增加交通事故的风险，对于交通密集的城市道路尤为重要，需要及时进行修复和改善。

## 2 水泥混凝土公路路面施工质量管理及裂缝防治措施

### 2.1 从材料入手进行质量管控工作

建筑工程中，特别是在水泥混凝土路面建设中，从材料入手进行质量管控是确保工程质量稳定和可持续性的首要策略<sup>[4]</sup>。第一，选择优质的水泥和骨料是保证混凝土强度和耐久性的关键。水泥的选择应考虑其种类和品牌，确保符合设计要求和施工环境条件；而骨料的选取则需要关注其粒径、强度和吸水率，以确保混凝土的均质性和抗压能力。第二，添加剂如减水剂和掺合料的使用量和比例应严格控制，以确保混凝土的流动性和耐久性。质量管控的关键在于严格按照国家标准和工程设计要求进行材料选择、质量检验和使用控制，通过定期检测和评估来发现和解决潜在的质量问题，从而保证混凝土路面在使用过程中能够稳定、安全地运行。

### 2.2 控制路面平整度的施工措施

路面平整度直接影响着驾驶舒适性、车辆磨损和行车安全，因此在施工过程中需要采取有效的措施来保证路面的平整度达到设计要求和标准。其一，施工前需进行详细的路面设计和规划。合理的路面设计包括设置适当的伸缩缝和控制缝，根据地形地貌和气候条件确定最佳的路面铺设方式。伸缩缝和控制缝的设置能够有效地减少由于混凝土收缩和热胀冷缩引起的裂缝和断板，从而保障路面的平整度和耐久性。其二，施工过程中，严格控制混凝土的浇筑和振捣工艺是确保路面平整度的关键。混凝土的均匀性和密实性直接影响着路面的平整度和强度。在浇筑混凝土时，需要确保每一层次的均匀浇筑，并采用适当的振捣设备和工艺，以消除混凝土中的空洞和气泡，保证混凝土的整体结构紧密，防止路面出现坑洼和起伏。其三，施工中应采用先进的平整度检测工具和技术，如激光平整仪或平板仪等，实时监测和调整路面的平整度。这些工具能够精

确测量路面的高低起伏,及时发现和纠正施工过程中出现的不平整问题,保证路面的整体平顺和水平度。

其四,施工后的定期养护和检查。定期检查路面的平整度和表面质量,及时发现并修复可能存在的损坏和裂缝,防止其扩大和影响路面的整体结构和安全性。

### 2.3 接缝处理措施

接缝合理设置和有效处理能有效预防裂缝的产生和扩展,同时保证路面的平整度和结构稳定性。接缝通常设置在路面的预定位置,用于容纳由于温度变化和混凝土收缩引起的体积变化。施工过程中,应确保接缝的设计合理,包括正确的间距和深度,以允许混凝土在不同季节和温度条件下的自由膨胀和收缩,避免路面因热胀冷缩而产生裂缝和损坏。同时,接缝通常设置在路面中,用于控制混凝土的裂缝走向和数量,以减少裂缝的宽度和长度,需要根据混凝土的强度特性、设计负荷和使用条件等因素进行合理选择,通常是在浇筑时切割或振捣成形,确保其能有效减少裂缝的形成。另外,接缝中的构造缝用于连接相邻混凝土板块或构件,以提供结构的整体稳定性和承载能力。施工过程中,必须确保构造缝的位置准确、尺寸合适,并采用适当的填充材料或密封材料进行处理,防止在缝隙处积水或污染物进入,从而保护混凝土的结构完整性和使用寿命。有效的接缝处理措施不仅包括在施工阶段的设计和实施,还需要考虑到后续的养护和维护,定期检查和维护接缝的状态,及时发现和处理可能出现的损坏或磨损,是保证接缝功能和效果持久的关键,并采用适当的填缝材料或密封材料对接缝进行补充或修复,有助于延长路面的使用寿命和减少维护成本。

### 2.4 对施工现场加强管理

良好的施工现场管理不仅能有效提高工作效率,还能减少事故发生率,保障施工人员和周围环境的安全<sup>[5]</sup>。首先,施工现场管理需要严格执行安全规范和操作程序。确保所有工作人员了解并遵守施工现场的安全规定,包括佩戴必要的个人防护装备(PPE),如安全帽、安全鞋、手套等。定期进行安全培训和演练,提高施工人员对安全意识的重视,减少因不安全行为或操作不当而导致的事故发生。其次,施工现场应建立完善的组织管理结构和责任分工。明确施工各个岗位的职责和任务,确保每位工作人员都清楚其在施工过程中的具体工作内容和要求。建立定期的施工会议和沟通机制,及时解决施工中的问题和困难,确保施工进度和质量目标的达成。再次,有效的物资和设备管理是施工现场管理的重要组成部分。保证施工所需的水泥、骨料、混凝土搅拌机等设备物资的供应充足和及时,避免

因材料不足或设备故障而影响施工进度和质量。建立健全的库存管理制度,定期进行设备维护和检修,确保设备运行的安全性和稳定性。另外,环境保护方面,施工现场需要严格遵守当地环境保护法规和标准。采取有效的措施控制施工过程中的噪音、粉尘和废水排放,减少对周围环境的影响和污染。合理利用和处理施工废弃物和剩余材料,推行资源节约和循环利用,促进施工过程的可持续发展。管理施工现场还包括有效的质量控制和监督。建立严格的质量管理体系,确保施工过程中每一个环节和步骤都符合设计要求和技术规范。定期进行质量检查和评估,及时纠正发现的问题和缺陷,保证最终交付的路面质量达到预期标准。最后,施工现场管理也要重视与相关部门和社区的沟通和协调。及时回应社区和居民的关切和反馈,采取有效的措施减少施工对周边居民生活的影响,促进施工和社区的和谐共处。总之,通过严格的安全管理、有效的组织管理、合理的物资和设备管理、环境保护、质量控制和社区沟通等多方面的措施,可有效加强水泥混凝土公路路面施工现场的管理,提高施工效率和质量,保障施工人员的安全和环境的可持续性,为道路交通运输提供安全、高效和持久的基础设施。

## 3 结束语

通过以上质量管控和裂缝防治措施的实施,可以有效提升水泥混凝土公路路面的施工质量和耐久性,减少质量问题的发生,为公路交通安全和可持续发展提供坚实的基础。因此,加强对水泥混凝土公路路面施工质量管理及裂缝防治工作的研究和实践具有重要意义。

## 【参考文献】

- [1] 李威. 沥青混凝土公路路面裂缝修复施工技术 [J]. 散装水泥, 2023(1): 164-166.
  - [2] 高杨雪. 公路路面施工的质量保障举措 [J]. 中国公路, 2022(1): 112-113.
  - [3] 李克亮. 农村公路水泥混凝土路面施工质量控制探讨 [J]. 智能城市, 2021, 7(9): 104-105.
  - [4] 孙连强. 公路工程路桥施工中混凝土施工技术 [J]. 中国新技术新产品, 2021(8): 105-107.
  - [5] 王继彬. 公路工程路面施工中的质量监控重点及常见问题分析 [J]. 黑龙江交通科技, 2021, 44(3): 250-251.
  - [6] 金平, 于越华. 路面工程质量通病及防治关键措施研究与分析 [J]. 安徽建筑, 2020, 27(8): 172-173.
- 作者简介: 贾正堂 (1993.7—), 毕业院校: 南昌工程学院, 所学专业: 水利水电工程, 当前就职单位名称: 新疆鸿源润泽建设工程有限公司。

# 公路工程膨胀土路基填筑施工技术研究

王少华 尹金涛

湖北三峡职业技术学院，湖北 宜昌 443000

**[摘要]**随着国家基础设施建设的不断推进，公路工程在发展过程中面临了众多技术难题，特别是在膨胀土地区进行路基填筑时，稳定性风险变得尤为突出。由于膨胀土的胀缩特性，常引发路基沉降、开裂等问题，严重威胁着公路的使用寿命及安全。对此，文中针对这一技术难题，深入探讨了膨胀土路基填筑的施工技术，详细分析了膨胀土的特性及其对路基稳定性的影响，并研究了处理工艺、施工重点及质量控制措施。通过提出的针对性施工方案，为在膨胀土地区开展公路工程建设提供了科学依据及技术支持，这些研究成果不仅对提升膨胀土地区公路工程的施工技术具有指导意义，也为相关领域的进一步研究奠定了基础。

**[关键词]**公路工程；膨胀土；路基填筑；施工技术

DOI: 10.33142/sca.v7i10.13636

中图分类号: U416.167

文献标识码: A

## Research on Construction Technology of Expansive Soil Roadbed Filling in Highway Engineering

WANG Shaohua, YIN Jintao

湖北三峡职业技术学院，湖北 宜昌 443000, China

**Abstract:** With the continuous promotion of national infrastructure construction, highway engineering faces numerous technical challenges in the development process, especially when filling roadbeds in expansive soil areas, stability risks become particularly prominent. Due to the expansion and contraction characteristics of expansive soil, it often causes problems such as roadbed settlement and cracking, seriously threatening the service life and safety of highways. In response to this technical challenge, the article delves into the construction technology of expansive soil subgrade filling, analyzes in detail the characteristics of expansive soil and its impact on subgrade stability, and studies the treatment process, construction focus, and quality control measures. The proposed targeted construction plan provides scientific basis and technical support for highway engineering construction in expansive soil areas. These research results not only have guiding significance for improving the construction technology of highway engineering in expansive soil areas, but also lay a foundation for further research in related fields.

**Keywords:** highway engineering; expansive soil; roadbed filling; construction technology

### 引言

在公路工程中，由于膨胀土具备特殊的物理化学特性，其对路基施工的挑战显而易见。体积变化显著的膨胀土，在湿润与干燥条件下，会经历明显的胀缩，进而削弱土体的稳定性，这种特性可能导致路基出现沉降、开裂等问题，严重时甚至危及道路的使用安全。有效地处理膨胀土、提升其稳定性，并确保路基施工质量，成为了亟待解决的核心问题。本研究的目的在于全面探讨膨胀土路基填筑施工中的技术难题与应对方案。主要特性及对公路工程的潜在危害，包括对路基结构的影响及常见病害类型，将在文章开篇介绍。随后，将对膨胀土处理及路基施工中常用的技术手段与方法进行回顾，如土壤改良、施工工艺及质量控制策略等，这些技术的分析与总结，旨在为膨胀土路基施工技术的优化与改进提供理论支持与实践指导，以促进公路工程整体质量与耐久性的提升。

### 1 膨胀土的特征和工程危害

膨胀土，作为一种具有显著胀缩特性的特殊土壤，其特征尤为明显。大量的亲水性矿物，尤其是蒙脱石，存在

于这种土壤中。吸水后，这类矿物会导致土壤体积大幅膨胀，而在失水时，又会使土壤体积显著收缩。由于这种体积变化，膨胀土在工程应用中表现出极大的不稳定性，尤其是在公路工程中，对路基和路面造成严重影响。当膨胀土存在于路基中时，降雨或地下水的变化，可能导致土壤体积膨胀，进而引起路基隆起或产生不均匀沉降。而在干旱或水分流失的情况下，土壤的收缩又可能导致路基下沉或开裂，这种胀缩行为，不仅破坏了路基的整体稳定性，也容易引发路面上的裂缝、坑洼、沉陷等病害，严重影响道路的平整度及行车安全。除此之外，低渗透性及高吸水能力，使得膨胀土在湿润状态下抗剪强度显著下降，进一步增加了路基在剪切应力作用下的失稳风险，若膨胀土在公路工程中未能得到有效处理，则不仅会显著增加工程维护成本，还会缩短道路的使用寿命，并带来严重的安全隐患。

### 2 公路工程膨胀土路基施工技术

#### 2.1 膨胀土的处理工艺

##### 2.1.1 下承层处理

在公路工程中，膨胀土路基的下承层处理是关键环节，

用于控制其胀缩特性并确保路基的稳定性。构建一个稳定且具备良好排水性能的基层，正是下承层处理的核心目标。这一层的作用在于将膨胀土与路基主体结构隔离，减少水分的渗入与排出，从而有效控制膨胀土的体积变化。常见的处理方法包括在膨胀土上铺设砂砾、碎石或卵石垫层，这些材料的较高渗透性使其能够有效排除路基中的水分<sup>[1]</sup>。此举可以防止雨水或地下水进入膨胀土层，进而降低其含水量波动。此外，为了进一步阻止水分上升并避免膨胀土与上部结构直接接触，通常在垫层上会铺设土工织物或防渗膜，这种措施可以减少因水分变化引起的体积变化对路基的影响。在某些特殊情况下，对膨胀土的下承层还可能进行固化处理。例如，掺入水泥、石灰或其他化学稳定剂，以增强其抗剪强度和承载能力，这些处理措施在特定环境下，确保了下承层的稳定性与耐久性。

### 2.1.2 施工放样

在公路工程中，膨胀土路基施工放样是保证施工精度及工程质量的关键环节。施工放样的过程涉及根据设计图纸及施工要求，在现场准确标定路基的中线、边线、边坡及各关键控制点的位置与标高。通常，在处理膨胀土之前，这项工作必须完成，以为后续施工提供必要的基础。鉴于膨胀土的显著胀缩特性，在进行施工放样时，特别需要关注放样点的稳定性与精确度。全站仪、GPS 等高精度测量设备应被施工人员采用，按照设计要求进行测量与标定。同时，对膨胀土区域的地形进行详细测量，以确保放样点的准确性。此外，还应在放样时考虑膨胀土在施工过程中的体积变化，可能需要预留一定的变形裕量，以保证最终完成的路基符合设计要求。放样工作完成后，复测与核对是必要的步骤，以确认所有标定点的准确性，之后方可进行土方开挖、填筑及其他施工操作，这样一来，后续施工的顺利进行才得以保障。

### 2.1.3 确定处理方法

在公路工程中，确保路基稳定性与施工质量的核心环节是选择合适的膨胀土处理方法。由于膨胀土的显著胀缩特性，不同的环境条件、土质特征及工程需求都会对处理方法的选择产生影响。首要步骤是对膨胀土的物理化学性质进行详尽分析，包括土壤含水量、塑性指数、矿物成分以及膨胀潜力等指标的测试，这些数据对于评估膨胀土的胀缩行为及其对路基的潜在影响至关重要。根据分析结果，制定合适的处理方案成为可能。机械改良、化学改良以及物理隔离是常用的方法。机械改良涉及膨胀土的碾压、粉碎及分层摊铺，以提高其密实度与稳定性；化学改良则通过加入水泥、石灰或其他固化剂，改变土壤的物理化学特性，从而减少其膨胀性和收缩性；物理隔离则通过铺设土工布、砂砾垫层或防渗膜，有效阻隔水分迁移，降低膨胀土的胀缩效应<sup>[2]</sup>。在具体处理方法的确定中，必须综合考虑工程实际情况，包括当地的气候条件、水文环境、施工

难度以及经济性等因素，多种处理方法的组合应用，常常能更有效地应对复杂的工程环境。

#### 2.1.4 水泥摊铺

在公路工程中，作为膨胀土路基处理的常用改良手段，水泥摊铺旨在提升土壤的承载力与稳定性，并减少其胀缩特性对路基的不利影响。进行水泥摊铺之前，膨胀土层表面需首先被整平，确保没有明显的坑洼或障碍物，这样才能使水泥均匀铺设。接着，按照设计规范和预定比例，水泥应被均匀撒布于膨胀土表面。一般而言，水泥的用量根据膨胀土的特性和工程性能需求来确定，通常占膨胀土干重的 4% 至 8%。撒布水泥后，立即进行混合是必要的，以确保水泥与土壤的充分混合，通过这一过程，水泥得以均匀分布，并与膨胀土颗粒完全接触，从而达到改良效果。

#### 2.1.5 拌和

拌和过程的核心在于将改良剂均匀混入膨胀土中，从而改善其物理和力学性能。初步阶段，膨胀土需被适当地松散和打破，以确保改良剂能够均匀分布。随后，根据设计要求，适量的改良剂（如水泥、石灰或其他化学稳定剂）应均匀撒布于土壤表面。撒布完成后，专用拌和设备（如旋耕机或搅拌机）将用于对土壤和改良剂进行充分混合，确保改良剂完全渗透并均匀分布于土体中。在拌和过程中，混合的均匀性及深度必须得到严格控制，以避免改良剂局部浓度的不均匀，从而确保处理效果的一致性，完成混合后，通常需要适度湿润混合土，以促进化学反应并提高土壤强度。此时，通过喷洒水分可以调节土壤的含水量，使其达到最佳的拌和状态。

#### 2.1.6 碾压

在公路工程中，碾压处理膨胀土是提升其稳定性与承载力的关键步骤。通过机械压实的方式，碾压的主要目标在于增加膨胀土层的体积密度，降低土体的空隙率，从而增强其整体强度和稳定性。施工前，必须保证膨胀土层的均匀性，并将其含水量调整至最佳范围，以实现理想的压实效果。通常，膨胀土的含水量需调整到最佳含水范围，以提高土壤的可压实性，重型压路机一般用于碾压作业，压路机的型号应根据土层厚度及土壤性质来选择，碾压过程一般按层进行，每层的厚度需根据设计要求及施工标准加以控制，常见厚度为 20 至 30 厘米。每层土壤经过多次碾压，以确保其达到设计要求的压实度，碾压作业时，需从土壤的边缘向中心逐步推进，以避免出现不均匀的压实效果<sup>[3]</sup>。在整个碾压过程中，对土壤的密实度和均匀性需要进行实时监测，通常通过现场密度仪器进行检测，以确保每层土壤的实际密实度符合标准。

### 2.2 膨胀土路基施工要点

在膨胀土路基施工中，保障施工质量和工程稳定性依赖于对多个关键要点的综合控制。全面评估膨胀土的特性，包括其膨胀性、含水量以及粒径分布，是施工前的首要步

骤。这一评估有助于制定合理的处理方案，施工阶段中，含水量的控制至关重要，因为它直接影响压实效果，过高或过低的含水量将降低土壤的压实度和稳定性，因此需要进行适时的湿润或干燥处理。在分层摊铺土层时，每层土壤的厚度需符合设计标准，通常为 20 至 30 厘米，每层摊铺后的土壤必须经过充分的碾压，以提升其密实度和稳定性，碾压的时机应精确把握，以避免过早或过迟，从而确保最佳的压实效果。粒径控制同样重要，需通过筛分去除不适宜的颗粒，以保证土壤的均匀性及其工程性质，施工完成后，对路基进行质量检测是必不可少的，以确认压实度和平整度是否满足设计要求。常见的检测方法包括现场密度测试和平整度测量，施工后的养护措施也不可忽视，应通过洒水保湿或覆盖保护层，防止水分过快蒸发而导致干裂或变形，对这些关键要点的有效控制，将显著提高膨胀土路基的稳定性与耐久性，从而确保公路工程的长期安全性和使用性能。

### 2.3 质量检测

在公路工程中，确保膨胀土路基的施工质量与长期稳定性，质量检测显得尤为重要。任务的核心在于评估路基的压实度、平整度及其他关键指标，以验证是否符合设计标准和施工规范。现场密度仪器常用于压实度检测，包括砂模法、核子密度仪及电磁密度仪等，这些仪器能够实时测量土壤的密实程度，以确保其达到设计规定的标准，通过在不同位置和深度随机抽取样本进行检测，整体施工质量的数据能够被获取。同样关键的是平整度的检测，通常使用激光平整仪、水平仪等工具来完成。通过这些测量设备，能够识别路基表面的高低差异及凹凸不平问题，以确保表面平整度符合设计要求。特别是在检测过程中，应关注路基的高点和低点，以防止出现影响路面铺装的缺陷。此外，检测还需涵盖土层的厚度、含水量及粒径分布等指标。对这些指标的分析，既可通过实验室测试，也可通过现场取样来完成，以保证土壤的物理性质和工程性能符合设计标准，检测结果必须详细记录并分析，以便及时发现并纠正施工过程中出现的问题，确保路基的长期稳定性与耐久性。

## 2.4 质量控制措施

### 2.4.1 原材料质量控制

在公路工程中，确保膨胀土路基施工的整体质量与稳定性，原材料的质量控制扮演着至关重要的角色。选择原材料时，设计规范和标准必须严格遵循，以确保其适用于膨胀土的处理和改良。对膨胀土的物理化学性质进行全面测试，诸如膨胀性、粒径分布以及含水量等指标，至关重要，这有助于确定合适的处理方法和改良剂用量。改良剂的质量，如水泥或石灰，也需严格控制，以确保其化学成分及物理特性符合技术要求，且具备优良的稳定性与反应性能。在施工前，原材料必须经过详细验收，检查规格、来源、储存条件以及质量证明文件是不可或缺的环节。原

材料需储存在干燥且通风良好的环境中，以防受潮或变质，从而确保使用时保持其工程性能。施工过程中，定期取样检测是必要的，以确保原材料持续符合设计要求，在批量采购或大规模使用时，原材料的均匀性与一致性尤其重要。此外，建立一个详尽的原材料检测及记录系统，对每批原材料的来源、检验结果及使用情况进行详细记录，将有助于追溯与质量控制。

### 2.4.2 温度控制

在公路工程中，施工温度的控制是确保膨胀土路基质量的一个关键环节。施工过程中，环境温度对土壤及改良剂的处理、拌和、摊铺与碾压等步骤产生显著影响。施工质量问题可能由不适当的温度条件引发。高温下，土壤与改良剂可能迅速干燥，水分的过快蒸发会影响土壤的拌合性及压实效果。低温则可能导致土壤中的水分冻结，增加操作难度，同时可能干扰改良剂的反应效果及土壤强度。

因此，针对性的温度控制措施显得尤为重要，在高温环境中，可以通过遮阳与洒水等手段降低土壤及改良剂的温度，以减缓水分的蒸发<sup>[4]</sup>。有效维持施工区域适宜温度的方法包括设置遮阳网或喷洒水雾。低温条件下，需采取防冻措施，例如使用加热设备对土壤进行预热，以确保土壤在施工期间保持在适当的温度范围，防止水分冻结。此外，施工时间的合理安排也不可忽视，应避免在极端温度下进行关键工序。

### 2.4.3 做好施工过程监管工作

有效的施工过程监管对工程按计划进行以及及时解决出现的问题，至关重要。对施工现场的全面监督，涵盖了所有操作是否符合设计要求及技术规范的检查。实时监控土壤处理、拌和、摊铺及碾压等各个施工环节的工作，监管人员必须确保步骤严格遵循预定标准。此外，技术培训及操作规范的监督，同样是监管的重要组成部分，以确保施工团队掌握并遵循正确的操作流程。对施工中材料的验收、质量检测以及温度控制等环节的严格把关，也有助于避免因原材料不合格或环境因素对施工质量的影响，现场检查与进度评估的定期开展，成为常态后，施工情况及发现的问题应及时记录，并采取适当的纠正措施。完善的记录与报告系统的建立，是至关重要的，详细记录每一施工阶段的情况、质量检测结果及整改措施，能够有效追踪和分析施工质量，并为后续的验收与维护提供必要的依据。

## 3 结语

通过对公路工程膨胀土路基填筑施工技术的深入研究，膨胀土的特性及其对路基稳定性所构成的挑战被系统探讨。文中分析了施工工艺、质量控制措施及关键施工要点的有效性。研究结果显示，合理应用土壤处理技术、采用科学施工方法以及实施严格的质量管理，对确保膨胀土路基的稳定性与工程质量至关重要。展望未来，面对膨胀土这一复杂的地质条件，施工技术的优化与完善将成为提

升工程稳定性与耐久性的有效途径,本文的研究为膨胀土地区的公路建设提供了宝贵的技术参考,并为相关领域的进一步研究奠定了坚实的基础,通过技术创新与实践经验的持续积累,能够更有效地应对膨胀土路基施工中的各种挑战,并推动我国公路工程建设向更高质量的发展迈进。

基金项目:“2021 年度湖北三峡职业技术学院 湖北省教育厅双百项目《五峰柴埠溪谷底道路综合建设项目》(BXLBX1329) 研究成果之一”。

#### [参考文献]

[1] 赵阳. 公路工程膨胀土路基填筑施工技术研究 [J]. 汽

车周刊, 2024(8): 104-106.

[2] 贾亚红. 公路工程膨胀土路基施工技术要点研究 [J]. 运输经理世界, 2024(4): 159-161.

[3] 张海珍. 公路工程膨胀土路基填筑施工技术 [J]. 交通世界, 2023(11): 95-97.

[4] 赵亮. 公路工程膨胀土路基施工技术分析 [J]. 交通世界, 2021(19): 70-71.

作者简介: 王少华(1983—), 女, 硕士研究生, 讲师, 主要从事路桥工程专业教学; 尹金涛, 男, 讲师, 主要从事路桥工程专业教学。

# 高速公路路基施工技术及质量控制探究

潘存彬

新疆北屯得仁建设投资（集团）有限公司，新疆 北屯 831300

**[摘要]**随着社会经济的不断发展及交通需求的激增，高速公路建设已成为各国交通基础设施投资的关键领域。高效的运输能力和显著的经济效益固然重要，但确保工程质量及其长期稳定性同样不可忽视，作为高速公路的承重基础，路基施工质量直接关系到道路系统的安全性与耐久性。尽管传统的路基施工技术在以往工程实践中取得了显著成绩，随着交通流量的增加与施工要求的提升，这些方法却逐渐暴露出压实不均、排水不良等问题。因此，现代高速公路路基施工迫切需要采用更先进的技术与科学的管理方法，满足日益严格的设计标准。施工准备、工艺控制到现场检测，每一个环节必须严格把控，以防质量问题带来的道路安全隐患，尽管质量检测技术的进步为保证路基施工质量提供了有力支持，如何将这些技术有效应用于实际工程中，仍然是当前研究的重点。基于此，深入探讨高速公路路基施工技术及其质量控制，将通过系统化分析和研究推动施工技术的提升与管理水平的改善，从而为高速公路建设提供坚实的技术支持与理论依据。

**[关键词]**高速公路；路基施工；施工技术；质量控制

DOI: 10.33142/sca.v7i10.13632 中图分类号: U416.1 文献标识码: A

## Exploration on Construction Technology and Quality Control of Highway Roadbeds

PAN Cunbin

Xinjiang Beitun Deren Construction Investment (Group) Co., Ltd., Beitun, Xinjiang, 831300, China

**Abstract:** With the continuous development of the social economy and the surge in transportation demand, highway construction has become a key area for investment in transportation infrastructure in various countries. Efficient transportation capacity and significant economic benefits are certainly important, but ensuring the quality and long-term stability of the project cannot be ignored. As the load-bearing foundation of highways, the quality of roadbed construction directly affects the safety and durability of the road system. Although traditional roadbed construction techniques have achieved significant results in previous engineering practices, with the increase of traffic flow and the improvement of construction requirements, these methods have gradually exposed problems such as uneven compaction and poor drainage. Therefore, modern highway subgrade construction urgently needs to adopt more advanced technology and scientific management methods to meet increasingly strict design standards. From construction preparation, process control to on-site inspection, every link must be strictly controlled to prevent road safety hazards caused by quality issues. Although the advancement of quality inspection technology provides strong support for ensuring the quality of roadbed construction, how to effectively apply these technologies to practical engineering is still the focus of current research. Based on this, in-depth exploration of highway subgrade construction technology and its quality control will promote the improvement of construction technology and management level through systematic analysis and research, which providing solid technical support and theoretical basis for highway construction.

**Keywords:** highway; roadbed construction; construction technology; quality control

### 引言

作为现代交通网络的关键组成部分，高速公路不仅满足着日益增长的交通需求，还在推动经济发展和区域一体化中起到了至关重要的作用。路基的质量对道路的稳定性、安全性及使用寿命有着直接影响，研究高速公路路基施工技术及其质量控制的重要性不言而喻，系统的分析高速公路路基施工的各个方面，包括挖方施工、垫层施工、压实技术与排水系统，同时探讨路基质量控制的目标、检测方法与技术，将为提高高速公路施工质量提供有力的参考与指导。

### 1 高速公路路基施工技术概述

高速公路路基施工质量直接影响到公路的使用寿命

与行车安全，路基施工涵盖从土方开挖到压实整形的全过程，每个步骤都为上部结构的稳定性提供坚实基础。施工的第一步是挖方施工，包括土方的开挖、运输与填筑，通过合理的土方调配，不仅能有效降低施工成本还能增强路基的稳定性，在这一阶段精确的土方管理和适当的施工方法是确保路基稳固的重要因素<sup>[1]</sup>。紧接着是垫层施工，这一阶段选择合适的垫层材料及施工工艺至关重要，垫层不仅需要满足设计要求，还要确保其均匀性与密实度，以提高路基的承载能力并防止水土流失，垫层的铺设必须严格按照设计图纸进行，任何偏差都可能影响到路基的长期稳定性。路基的压实技术则重点在于提高路基的强度和稳定性，在压实过程中必须精确控制压实机械的操作参数及轮

压次数，力求达到最佳的压实效果，有效的压实可以显著提升路基的承载能力和耐久性，从而为公路的长期使用奠定坚实的基础。排水系统的施工也是路基施工中的重要环节，一个高效的排水系统能够有效防止水分对路基的侵蚀延长使用寿命，设计合理的排水系统能将多余的水分及时排除，减少水分对路基结构的负面影响。

## 2 高速公路路基施工技术

### 2.1 挖方施工技术

挖方施工作为高速公路路基施工的初步步骤，目的在于通过移除场地中的多余土壤，达到设计标高，在此之前详细的地质勘察与设计图纸的审查工作必须先行完成，确保土方开挖的深度和范围明确无误。合理选择机械设备至关重要，如挖掘机、铲车和运输车等设备的使用，需根据土质类型及施工规模做出相应调整，在挖方过程中均匀性必须得到确保，任何过度或不足的挖掘都可能对后续施工造成不良影响，根据不同的土层情况作业参数需及时调整，黏土层的处理时，挖掘速度应适当降低，机械压力也需加以调节，防止土体松散或崩塌的发生。而在砂土层施工中，土方支撑与排水措施应加强，塌方的风险也需通过合理的排水管理得到有效控制。挖方后的土壤处理也不容忽视，挖出的土壤需合理堆放，以便在后续填筑或回填时加以使用，施工现场的安全保障措施必须得到严格执行，安全标志的设置与防护措施的落实，能够有效防止土方滑坡和机械事故，环境保护措施也应融入施工过程中，最大限度地减少对周边生态的负面影响。

### 2.2 垫层施工技术

垫层施工在高速公路路基建设中占据关键地位，主要作用在于提供均匀的承载基础，承受荷载并有效分散压力，同时防止土体的挤出。首先材料的选择至关重要，常见的垫层材料如碎石、砂砾和稳定土，每种材料具有不同的物理特性，依据设计需求和土壤条件进行选定是必须的。例如，碎石因其优异的排水性能，适用于排水要求较高的地区；而稳定土则能增强土体的整体稳定性，更适合土质较差的场地。为确保垫层的密实度和稳定性，所选材料必须符合规定的粒径和级配要求。铺设是施工中的关键环节，铺设材料需均匀地覆盖在经过处理的路基表面，且必须控制每层的厚度，通常情况下按设计要求分层进行施工，每层厚度控制在 15 至 20 厘米之间，确保最终压实效果。材料铺设后压实工序随即展开，压实的目的是排除材料中的空隙，增加垫层的密实度和稳定性，压实设备如振动压路机和光轮压路机的使用，需依据材料性质和施工环境加以选择，行走速度的控制及压实次数的把控，决定了垫层能否达到设计标准的密实度。在施工过程中，环境条件的影响必须加以注意，避免在雨天或潮湿天气下进行操作，以免材料受潮影响施工效果。施工结束后，必须进行严格的现场检查和质量验收，确认垫层的厚度、密实度和表面平整度均符合设计要求。

### 2.3 路基压实技术

在高速公路建设中，路基压实技术因其对路基承载能力与稳定性有直接影响，压实的主要目标在于减少土壤中的空隙，增强土体的密实度与强度，从而为上部结构提供稳固的支撑。成功的压实技术依赖于适当压实设备的选择，通常使用的设备包括振动压路机、光轮压路机以及胶轮压路机。振动压路机适用于黏土和粉质土，能有效提高土体的密实度；光轮压路机则常用于砂土和砾石土，通过均匀施加压力来增强土壤的稳定性；至于胶轮压路机它则有助于提升较细土层的表面平整度，设备选择应根据土壤类型、施工条件及设计要求做出调整。压实过程中，必须严格控制多项因素以确保最佳效果，每层的压实厚度需依据土质及设备能力进行调整。例如，黏土的压实层厚度通常设定为 20 至 30 厘米，而砂土和砾石土的压实层厚度则可适当增加。每层土壤铺设后应立即进行压实，以确保土体在受压后能快速达到理想的密实状态。压实机械的操作参数，如压实速度、轮胎压力以及压实次数，也需根据实际土质和施工环境进行调整，操作人员应谨慎调节这些参数，避免过度压实或压实不足。过度压实可能导致土壤固结过度，从而影响其排水性；而压实不足则可能留下过多的空隙，降低土体的承载能力。环境条件对压实过程也有显著影响，应尽量避免在极端天气条件下操作，例如强降雨或高温天气，这些因素会使土壤水分发生不利变化，从而影响压实效果。施工完成后，必须对压实层的密实度、均匀性及表面平整度进行检查，确保其符合设计标准。每一个环节的精确控制，决定了路基最终的稳定性与使用寿命。

### 2.4 排水系统施工技术

在高速公路路基建设中，排水系统的主要目的是防止水分对路基的侵蚀和积水现象，从而提高路基的稳定性，延长其使用寿命，并减少维护成本。在设计阶段，基于详尽的地质勘察与水文分析，排水系统的布局才能确保有效应对降水量和地下水位的变化。排水系统通常包括排水管道、排水沟和截水设施等，排水管道一般由 PVC 或混凝土材料制成，这些材料以其优异的耐腐蚀性和高效的排水性能被广泛应用，管道的布设需根据地形的坡度及水流方向进行规划，以保证雨水顺利排出。排水沟通常设置在路基两侧，用于收集和引导地表水流，根据设计要求沟槽应按照预定尺寸和坡度开挖，确保水流能够自然排向排水管道，沟槽底部铺设防渗层，如土工布或防水膜以有效阻止水分渗透至路基土壤中，减少路基湿度和沉降的风险。截水设施包括挡土墙和水泥护坡，也在排水系统中起到了重要作用，挡土墙通常设于路基的高侧，用于阻挡上游的地表水流，防止对路基造成冲刷；水泥护坡则用于稳固排水沟边缘土壤，防止边坡滑塌，此类设施不仅能够有效引导水流还能减少水对路基的侵蚀。在施工过程中，确保所有排水设施的连接和密封良好至关重要，以防止漏水或管道堵塞等问题的发生。施工完成后必须对排水系统进行全面的测

试与验收，检查排水管道及沟槽的通畅性，确保整个系统能够正常运行，排水系统的定期维护和清理，对于保持其长期有效性必不可少，垃圾和沉积物的堆积很容易导致排水能力下降，从而影响排水效果。

### 3 高速公路路基质量控制

#### 3.1 质量控制的目标与要求

在高速公路建设中，路基质量的关键在于确保承载力、稳定性和耐久性。这直接影响到公路的使用寿命和安全，为了实现这一目标，必须在设计、施工和验收各阶段进行全面的质量管理。路基必须满足设计标准，确保土壤的压实度和强度符合要求，可以支撑上部结构。施工中需严格检测土壤密实度，确保每层压实度符合设计要求，同时保证路基的均匀性和稳定性，防止沉降或变形。排水系统的设计与施工也需有效防止水分侵入，确保系统正常排水，避免积水导致的沉降。施工工艺需按照技术规范操作，施工人员需接受专业培训<sup>[2]</sup>。施工后还需进行详细验收和检测，确保土壤压实度、材料质量及排水系统功能符合设计标准。此外，质量控制还包括路基使用后的维护与监测，以保持其良好状态。

#### 3.2 质量检测方法与技术

在路基施工中，质量检测是确保工程达到设计标准和安全要求的关键步骤，通过有效的检测方法与技术，可以识别施工过程中潜在的问题，从而确保施工质量符合相关规范。主要的检测方法包括现场检测与实验室检测，标准贯入试验（SPT）被广泛应用于现场检测中，评估土壤的承载能力与压实程度，试验通过使用标准锤击设备将试管打入土壤中，记录每次打击的进尺情况，以此直接反映土壤的密实度和强度，通过这一数据路基的压实效果能否符合设计要求便可明确判断。回弹仪测试是另一种常用的土壤压实度检测方法，通过回弹仪测量土壤表面的回弹模量，所得到的回弹值能够直观反映土壤的密实程度，操作简便且数据获取迅速，使得这一方法在现场检测中应用广泛。实验室检测则依赖于土工试验，这是一项针对土壤颗粒组成、含水量及塑性指数等关键指标的测试，通过筛分、液塑限试验等操作，土壤的物理性质可以全面展现，这一系列实验结果提供了详尽的数据支持，帮助施工方优化施工方案及材料选择。含水量的测定亦是质量检测的重要组成部分，因为土壤的含水量直接影响其压实效果与稳定性，常见的测定方法包括直接称量法与烘干法，通过精确测定土壤样本的含水量可以确保施工过程中土壤含水量保持在合理范围内，避免由于水分过多或过少而导致的施工质量问题。定期取样并进行实验室检测可实时监控施工质量，并在必要时调整施工工艺与材料使用。

#### 3.3 施工过程中的质量控制

在施工过程中，质量控制涵盖从准备阶段到工程完工的每一个环节，确保所有步骤严格按照设计规范执行，达

到预期的工程质量目标。质量控制的基础，施工准备阶段就已经奠定，在施工开始之前必须对施工现场进行详尽的勘查，并对设计图纸进行审核，确认土质状况、施工条件以及设计要求，根据勘查结果调整施工方案和技术参数是必要的，确保能够适应现场的实际情况，还必须对施工人员进行培训，并检查施工设备的状态，这样才能确保操作人员掌握正确的施工方法，设备也处于良好状态从而减少潜在的质量问题。实际施工过程中，严格执行施工工艺是保证质量的核心<sup>[3]</sup>。每道工序，诸如挖方、垫层铺设和压实，必须按照设计标准进行，操作规程应由施工人员严格遵守，以确保每一个步骤的精确实施。例如，在压实过程中，应监控压实层的厚度和密实度并保持施工参数的正确性，避免压实过度或不足的现象发生，还必须实时监控施工环境条件，不适宜的天气条件下施工需避免，以防影响施工效果。应建立科学的质量监控系统，定期进行现场检测，如压实度检测和材料质量检验，确保每项施工指标均符合标准，监测数据必须及时反馈给施工管理人员，以便能够迅速调整施工过程中可能出现的问题，遇到问题时必要的纠正措施，如调整施工工艺或重新压实，应立即实施确保施工质量符合设计要求。施工过程中发现的问题必须记录在案，并制定相应的整改方案，整改措施应经过验证确保问题被彻底解决，防止类似问题在后续施工中再次出现，施工完成后还需进行全面的质量验收，确认所有施工环节均符合设计要求。

### 4 结语

在高速公路建设中，道路的安全性与使用寿命主要依赖于路基施工质量的优劣，成功的路基工程必须依托于科学的施工技术及严格的质量控制措施，通过对挖方施工、垫层铺设、压实技术和排水系统的精细化管理，结合先进的质量检测手段，路基的稳定性与承载能力将显著提升。路基施工的质量控制不仅仅依赖于技术上的专业要求，还需在管理上精益求精，只有通过全面、系统的质量管理，才能确保高速公路的长期安全与高质量服务。这些措施的落实，将为未来交通的安全与工程质量奠定坚实基础。

### 【参考文献】

- [1] 杨世杰. 高速公路路基施工及质量控制技术 [J]. 四川建材, 2023, 49(1): 149-150.
- [2] 李忠秀. 高速公路路基施工技术及质量控制探究 [J]. 科学技术创新, 2022(32): 121-124.
- [3] 康健. 高速公路路基施工技术及质量控制措施研究 [J]. 交通世界, 2022(18): 97-99.

作者简介：潘存彬（1983.10—），毕业院校：重庆交通大学，所学专业：公路与桥梁工程，当前就职单位名称：新疆北屯得仁建设投资（集团）有限公司，职务：副总经理，职称级别：副高级职称。

## 公路工程施工中的标准化与规范化管理

邵勇军

新疆生产建设兵团第十师交通运输服务中心，新疆 北屯 836099

**[摘要]**公路工程是基础设施建设的核心，其高质量、高效率的实施关系着国民经济和社会发展的基础支撑能力。在当前全球化的工程管理环境下，提高公路工程建设水平，实现标准化与规范化管理已成为迫切需求。文章深入探讨了标准化与规范化具体实践及益处，并提供了一系列实用建议，旨在提升公路工程的整体品质与安全性能，推进中国公路工程建设向国际标准看齐。

**[关键词]**公路工程；施工；标准化；规范化；管理

DOI: 10.33142/sca.v7i10.13631

中图分类号: TU71

文献标识码: A

### Standardization and Standardized Management in Highway Engineering Construction

SHAO Yongjun

Transportation Service Center, the 10th Division of Xinjiang Production and Construction Corps, Beitun, Xinjiang, 836099, China

**Abstract:** Highway engineering is the core of infrastructure construction, and its high-quality and efficient implementation is related to the basic support capacity of national economy and social development. In the current globalized engineering management environment, improving the level of highway engineering construction and achieving standardization and standardized management have become urgent needs. The article delves into the specific practices and benefits of standardization and normalization, and provides a series of practical suggestions aimed at improving the overall quality and safety performance of highway engineering, and promoting Chinese highway engineering construction to align with international standards.

**Keywords:** highway engineering; construction; standardization; normalization; management

#### 引言

随着现代社会经济的发展和城市化进程的不断推进，公路工程成为了支撑城市基础设施建设和交通发展的关键环节。而在公路工程施工过程中，标准化与规范化管理则是确保施工质量和安全的重要手段。本文将探讨公路工程施工中的标准化与规范化管理，以期能够促进我国公路工程施工建设的整体质量，并为后期的安全使用奠定坚实的基础，为人们的生命财产安全提供保障。

#### 1 标准化管理在公路工程施工中的重要性

在公路工程施工中，标准化管理扮演着至关重要的角色。它不仅仅是对工作流程进行规范，更是一种有效的方式，能够提升整体工作效率并且保障产品质量。首先，施工工艺是标准化管理中的重要一环。明确定义和统一规范施工工艺，有助于保证施工过程的规范性和一致性，从而最大程度地避免因施工流程不统一而导致的工程质量差异。另外，标准化管理也会牵涉到材料的选用。通过确定各类材料的标准和使用规范，可以保证施工所需材料的质量和性能符合工程设计要求，同时也有利于降低材料浪费和资金投入。此外，对机械设备操作方面进行标准化管理同样至关重要。规范的操作流程和标准化的设备使用管理可以减少因操作不当造成的设备损坏和事故风险，提高施工效率和安全性。实施标准化管理还可以带来诸多显著的

经济效益。工程施工中常见的重复性工作将会极大程度受益于标准化管理，它可以节省时间、降低成本，并加快项目进度。而且，在材料选用和设备操作规范的基础上，也有助于降低资源消耗，提高资源利用效率，为项目创造更加可观的经济效益<sup>[1]</sup>。

总之，标准化管理在公路工程施工中发挥着无可替代的作用。它不仅仅是提高工作效率和保障产品质量的手段，更是为工程施工带来经济效益的重要保障。因此，公路工程领域需要加强标准化管理的推广和应用，以确保施工工艺、材料选用和机械设备操作等方面得到更好的规范和落实，从而推动工程质量效率的全面提升。

#### 2 规范化管理在公路工程施工中的应用

规范化管理在公路工程施工中具有不可或缺的重要性。它致力于通过制定和执行一系列规章制度，对施工现场进行全方位的管理和控制，从而确保施工过程中的安全、环境保护和人员管理等各个方面得到有效的监督和引导。首先，建立健全的施工安全管理制度是规范化管理的关键一环。通过合理、细致并切实可行的安全管理制度，能够最大限度地预防和减少施工现场发生事故的可能性，保障每位工作者的人身安全<sup>[2]</sup>。其次，环境保护也是规范化管理不容忽视的一部分。严格执行环境保护制度，减少施工对周边环境的负面影响，对于维护生态平衡和节约资源具

有重要的意义。通过规范化管理,可以确保施工现场的各项作业活动都符合环境法律法规的相关规定,促进施工与环境的和谐共处。此外,规范化管理还包括对施工人员的管理和培训。积极开展员工的安全培训和技能提升,提高施工人员的素质和安全意识,是规范化管理的重要组成部分。合理配置人力资源、加强管理监督工作,有效提升施工团队的整体素质和稳定性。

总而言之,规范化管理的实施在公路工程施工中具有重要的意义。它不仅仅是对施工现场进行全方位管理和控制,更是为保障施工安全和环境保护打下坚实基础,同时也有利于提升施工人员的素质和安全意识,为项目的顺利实施提供有力保障。因此,加强规范化管理的推广和应用对于公路工程领域来说具有深远的意义。

### 3 标准化与规范化管理的实施措施

#### 3.1 制定完善的施工标准和管理制度

在开展公路工程施工之前,建立健全的标准规范和管理机制是至关重要的保障,直接关系到工程的质量、安全、环保等多个方面。公路工程作为基础设施项目,不仅影响当地居民的生活与工作,还在经济建设和社会发展方面扮演着基础性角色。从技术标准的角度出发,公路工程施工应遵循国家现行的相关行业标准、规范以及设计文件要求,这包括但不限于道路设计技术标准、公路路基路面技术规程、桥梁隧道建设标准等。每个环节的技术参数都须精确无误,这样才能确保公路在承载、耐久性、使用寿命等方面符合预期,提高整体工程质量和社会效益<sup>[3]</sup>。

在建立管理规定时,应该从以下几个方面进行详细考虑:施工安全管理、质量管理、环保保护管理和进度与费用控制管理。在安全管理上,应严格遵守各项安全操作规程,设置完善的安全生产责任制和应急救援预案,定期开展安全培训和演练,预防事故发生,维护人员的安全权益。质量管理是公路工程施工的核心,需要建立健全的质量管理体系。这包括严格执行“首件制”原则,通过试验和试点工程检验施工流程是否可行、有效;定期进行质量自查与外部检测,确保每一步工序都达到标准;同时,要强调隐蔽工程验收的重要性,确保地下管线、结构物等隐蔽部分的安装质量。环境保护与生态恢复也是现代工程建设的必要条件之一。在规划、设计和施工过程中,必须充分考虑对周围生态环境的影响,采取减振、隔尘、隔音等一系列防护措施;完工后还需要对受影响区域实施生态恢复工程,确保施工活动与自然环境的和谐共生。至于进度与成本控制,则要求项目经理与团队紧密合作,制定科学、可量化的时间节点计划,并定期评估进度偏差及成本支出情况。合理安排资源调度,避免盲目扩大投入或压缩工期导致风险;采用精细化成本核算方法,精确控制预算开支与实际费用之间的差距,确保经济效益的实现。

综上所述,为确保公路工程施工能够高效、稳定进行

并取得良好效果,建立健全的各项标准与管理制度不仅是必然的选择,也是确保工程项目成功的关键步骤。通过对上述几个方面的精细化管理与控制,可以有效降低施工过程中的不确定性,提升工程品质,同时也将为后续的交通运营和经济社会发展提供更加坚实的物质基础<sup>[4]</sup>。

#### 3.2 加强施工现场监管

在现代建筑工程中,建立一支专业的施工现场监管团队至关重要。这一团队的核心任务是在整个施工过程中进行全面监控,以确保各项施工活动符合预定标准和规范,从而提升工程质量并保障工人安全。首先,监管团队应由各领域的专家组成,包括项目经理、质量监督员、安全评估师和环境保护专员等,以确保多方位的专业视角。团队成员需要定期进行培训,掌握最新的施工技术与管理理念,使其在面对复杂的施工环境时,能够迅速做出判断与决策。此外,实施现代化监控技术,如视频监控系统、传感器和无人机等,可以大幅提升现场监管的效率和准确性。这些技术手段不仅能实时记录施工进度,也能够及时发现潜在的问题,防止事故的发生。

与此同时,合理制定施工标准和规范是团队工作的基础。监管团队需结合国家标准、行业规范及企业自身要求,形成科学合理的管理体系,并落实到每一个施工细节。在实际监管过程中,团队不仅要关注施工品质,还应关注工人的作业环境,确保其健康与安全得到保障。此外,透明的信息沟通机制也是团队成功的重要因素。通过定期召开汇报会和反馈会议,及时向各方传达监管信息,使得问题可以迅速得到解决,保证施工流程的顺利进行。总之,专业的施工现场监管团队在推动建筑业向前发展的过程中扮演着不可或缺的角色,为实现高效、安全、环保的施工目标打下坚实的基础<sup>[5]</sup>。

#### 3.3 强化人员培训

在当今快速发展并复杂多变的建设行业,确保施工的质量与安全至关重要。因此,对施工人员进行定期的、系统性的培训成为不可或缺的工作内容。培训的目的不仅仅是提升工人的技术水平,更重要的是提高其安全意识,使得每个人都能自觉遵循严格的规章制度与操作流程,从而预防事故于未然,实现安全零伤亡,项目完美竣工的目标。从专业技能层面来讲,培训涵盖建筑学基础知识、结构分析、材料性能及其使用方法、设计图解读与工程规划等多项内容。例如,在结构分析中,培训可以让员工理解不同建筑类型所需的不同承载能力、稳定性因素,进而指导其合理使用材料和设备,有效避免因为设计不完善或材料选择不当而导致的结构问题。在解读设计图时,则需重点强调准确识别细节与标注的重要性,防止施工过程中发生偏离设计的问题。

通过模拟真实紧急情况和安全隐患展示的实战演习,增强员工在遇到突发状况时不慌乱、冷静应对的能力。同

时强调个人防护装备的正确佩戴及重要性,例如佩戴安全帽以保护头部免受伤害,使用安全带以防范高处作业的风险。此外,安全法规与公司安全生产规章制度的学习也是必要的,使员工了解违规可能导致的风险及应负的责任。除此之外,沟通技能的提升也被视为提高项目效率的重要手段。通过组织工作方法研讨会或是实际操作演练,让工人们熟悉和应用有效的团队合作技巧、冲突解决策略以及向上级报告问题的方式,确保信息流通顺畅,问题得到及时有效的处理。最后,定期的考核与评价是衡量培训效果的关键步骤。通过实施实际工作表现评估、项目现场观察以及理论知识测验等方式,不仅能检验培训成果的转化率,也能够发现问题所在,及时反馈给培训团队进行优化,为未来的培训提供方向<sup>[6]</sup>。

### 3.4 引入信息化管理手段

在现代工程建设管理中,引入信息化技术不仅提升了管理的科学性,而且有效保障了建设质量,极大地提高了管理效率。这主要体现在三个方面:首先,实时监控的引入实现了对施工全过程的动态跟踪,提高了现场管理的时效性和精准性;其次,基于大数据的应用使得工程管理从静态决策走向动态优化;再次,智能化的辅助工具提高了资源分配的科学性与灵活性,促进了工程的整体协同。

实时监控系统的建立,依托现代物联网和远程监控技术,使管理团队能够在第一时间获取现场数据。这种数据可以包括施工进度、环境变化、安全隐患等各类信息。通过设置预警机制和应急处置方案,管理团队能在问题尚未造成实质性影响时即刻做出响应,有效降低施工风险,确保了工程项目的安全稳定推进。同时,对于工程质量效率指标进行在线统计和分析,使得管理决策更加数据驱动、精准高效。

数据驱动下的动态管理决策尤为关键。借助大数据分析平台,可深度挖掘和整合各类项目信息,形成综合分析报告和预测模型。通过对过去工程的数据学习,能够快速判断当前施工中可能出现的问题及潜在优化空间。这不仅有助于及时调整施工策略、优化资源配置,还能针对不同的施工阶段进行预估成本、风险识别等决策支持,极大提高了项目的计划性和执行效率。智能化的应用也是现代工程管理系统不可或缺的一部分。基于云计算和人工智能算法的集成平台能提供智能推荐、自动化操作等服务,大幅减少人工参与度和错误发生概率。从资源调配、物料配送

到设备维护管理,自动化流程的实施极大地减轻了管理人员的负担,同时保证了各项操作的精确度,增强了整个工程建设的透明度与可追溯性。通过AI的智能分析,还能够预测材料供应的需求曲线,提前预警可能存在的供需失衡问题,有效节约成本,降低库存压力,提高物流运作效率。

总之,现代信息化技术在工程项目管理中的深度融合,不仅仅是一种形式上的改变,更是一种思维方式和实践方式的革新。通过实时监控保障安全性、利用数据分析推动精准化管理和智能化工具提升效率,实现从传统管理模式向高效数字化管理转型。这样既提高了整体管理的透明度和协调性,也显著增强了工程项目的整体效益和竞争力,在未来,这些技术将进一步被深化应用,不断释放新的创新潜能与价值创造空间<sup>[7]</sup>。

### 4 结语

公路工程施工中的标准化与规范化管理对于提高工程质量、保障施工安全、提高工作效率具有重要意义。在实施过程中,应制定完善的施工标准和管理制度,加强施工现场监管,强化人员培训,并引入信息化管理手段。只有这样,才能确保公路工程施工的顺利进行,为社会的交通发展和基础设施建设做出更大的贡献。

### [参考文献]

- [1]高扬.公路工程施工标准化管理的实践与探讨[J].大众标准化,2024(10):65-67.
  - [2]贺宇仙.公路工程施工规范化与科学化管理的措施[J].城市建设理论研究(电子版),2024(13):158-160.
  - [3]唐涛.高速公路工程工地实验室标准化建设与规范化管理[J].大众标准化,2023(10):7-9.
  - [4]张庆楠.高速公路工程工地实验室标准化建设与规范化管理探讨[J].新型工业化,2022,12(3):40-43.
  - [5]徐梅万.公路工程项目管理施工标准化研究[J].运输经理世界,2021(2):37-38.
  - [6]邓君.试论公路工程工地实验室标准化建设与规范化管理[J].中华建设,2019(11):62-63.
  - [7]汪杰.论加强公路养护工程施工质量管理标准化的举措[J].中国标准化,2018(6):99-101.
- 作者简介:邵勇军(1985.3—),毕业院校:新疆农业大学,所学专业:农田水利,当前就职单位名称:新疆生产建设兵团第十师交通运输服务中心,就职单位职务:副主任,职称级别:副高级。

# 大型工业群体厂房超大面积地坪施工质量控制要点研究

郑硕<sup>1</sup> 吕进<sup>1</sup> 恒卫彬<sup>3</sup> 朱佳<sup>1</sup> 耿春财<sup>2</sup>

1. 中建八局第二建设有限公司, 山东 济南 250000

2. 中建八局合肥建设有限公司, 安徽 合肥 230012

3. 合肥新站建设投资有限公司, 安徽 合肥 230012

**[摘要]**随着工业化进程的推进, 大型工业厂房的规模不断扩大, 地坪施工面临更多挑战。传统施工方法已难以满足现代工业对地坪的高强度、高耐久性和高精度要求。地坪常见的质量问题, 如裂缝、脱皮、起砂和不平整度, 直接影响厂房的安全性和使用效率。同时, 施工过程中的质量控制变得愈加复杂, 需要综合考虑温湿度、混凝土配比和基层处理等因素。为应对这些挑战, 行业内提出了多种质量控制策略和措施, 这促使我们深入探讨如何在大型工业厂房地坪施工中有效实施质量控制, 以实现高标准和高效能的施工目标。

**[关键词]**超大面积地坪; 质量; 质量控制要点

DOI: 10.33142/sca.v7i10.13651 中图分类号: TU767 文献标识码: A

## Research on Quality Control Points of Large-scale Industrial Group Workshop Super-large Floor Construction

ZHENG Shuo<sup>1</sup>, LYU Jin<sup>1</sup>, HENG Weibin<sup>3</sup>, ZHU Jia<sup>1</sup>, GENG Chuncai<sup>2</sup>

1. The Second Construction Co., Ltd. of China Construction Eighth Engineering Division, Jinan, Shandong, 250000, China

2. Hefei Construction Co., Ltd. of China Construction Eighth Engineering Division, Hefei, Anhui, 230012, China

3. Hefei Xinzhan Construction Investment Co., Ltd., Hefei, Anhui, 230012, China

**Abstract:** With the advancement of industrialization, the scale of large-scale industrial workshops continues to expand, and the floor construction faces more challenges. Traditional construction methods have been difficult to meet the requirements of modern industry for high strength, high durability and high precision of the floor. Common quality problems of the floor, such as cracks, peeling, sanding and unevenness, directly affect the safety and efficiency of the workshop. At the same time, the quality control in the construction process has become more and more complicated, and it is necessary to comprehensively consider factors such as temperature and humidity, concrete ratio and base treatment. In order to meet these challenges, many quality control strategies and measures have been put forward in the industry, which urges us to deeply explore how to effectively implement quality control in the floor construction of large industrial plants in order to achieve the construction goal of high standards and high efficiency.

**Keywords:** super-large floor; quality; key points of quality control

### 引言

在现代工业建筑中, 地坪作为基础设施的重要组成部分, 其质量直接影响到厂房的使用功能和设备的稳定性。大型工业厂房地坪的施工复杂且要求严格, 涉及多个技术环节, 如混凝土配比、施工工艺、温湿度控制及防水排水系统的设置等。随着工业生产的不断发展, 对地坪质量的要求也在不断提高。因此, 深入探讨地坪施工中的质量控制要点, 对于提升工程质量、保障长期稳定性具有重要意义。

### 1 大型工业厂房地坪施工概述

大型工业厂房地坪施工是工业建筑项目中的关键环节, 直接影响到厂房的使用性能和运营效率。由于这些厂房通常需要承受重型设备和高频率的机械操作, 因此地坪不仅需要具备优良的承载能力, 还要满足耐磨、耐冲击、平整度高等多方面的要求。施工过程中, 必须精确控制混凝土的配比、施工工艺以及环境条件, 以确保地坪的长期

稳定性和耐久性。地坪施工的关键在于基层处理、混凝土浇筑、摊铺及养护等环节。基层处理包括对原地面的清理和平, 以确保新地坪与原地面良好的结合。混凝土的配比和搅拌质量直接影响地坪的强度和耐用性, 施工时还需严格控制温湿度, 以避免混凝土的干缩裂缝。施工后的养护也是保证地坪质量的重要环节, 合理的养护措施能显著提高地坪的整体性能。此外, 由于大型工业厂房的超大面积特点, 施工进度和质量控制显得尤为重要。有效的工程管理和质量监控能防止常见的施工缺陷, 如裂缝、脱皮和起砂等问题, 从而保证地坪的长期使用效果和经济效益。因此, 对地坪施工的全过程进行严格的质量控制, 是确保项目成功的关键。

### 2 地坪裂缝质量问题

#### 2.1 地坪施工裂缝质量问题

地坪施工裂缝是大型工业厂房建设中常见且棘手的质量问题, 其产生通常涉及多种因素。施工裂缝主要表现

为表面裂纹、缝隙扩展及深层裂缝，这些裂缝不仅影响地坪的外观，还可能削弱其结构强度。裂缝的产生可能源于混凝土在硬化过程中由于温度变化、湿度波动或干缩引起的应力集中，或由于基层处理不当导致的黏结力不足<sup>[1]</sup>。此外，施工过程中若混凝土的配比不合理或搅拌不均匀，也可能导致地坪产生裂缝。温度的剧烈变化，尤其是混凝土的快速干燥，会导致裂缝的进一步扩大。结构设计的不合理，如荷载分布不均或应力集中部位的设计缺陷，也会加剧裂缝问题的发生。这些裂缝不仅影响地坪的耐用性，还可能对设备的稳定性和厂房的整体安全构成威胁。

## 2.2 表面容易出现脱皮、起砂

在大型工业厂房地坪施工中，表面脱皮和起砂是常见的质量问题。这些问题主要表现在混凝土表层出现剥落或颗粒脱落，导致地坪表面失去平整性和光滑度。脱皮现象通常表现为混凝土表面层的薄片脱离暴露出下层混凝土，而起砂则表现为地坪表面形成了松散的砂粒。脱皮和起砂的主要原因包括混凝土表层的硬化不均匀、表面处理不当或混凝土配比不合适。施工过程中如果混凝土与表面处理材料的结合不牢固，或者养护措施不到位，都可能导致这些问题的发生。这不仅影响了地坪的耐用性和美观性，还可能对后续的使用造成困扰。

## 2.3 地坪平整度不足

地坪平整度不足是大型工业厂房施工中的一个显著问题，通常表现为地坪表面存在明显的高低起伏或不均匀现象。这种问题可能源于施工过程中对地坪基础的不平整处理、混凝土浇筑时的控制不严格或摊铺工艺的执行不到位。平整度不足不仅影响地坪的外观，还会对设备的稳定性和运行性能产生负面影响，尤其是在需要精确定位和高精度操作的工业环境中。长期来看，这种平整度问题还可能导致设备磨损加剧、维护成本增加，以及地坪的使用寿命缩短。

## 3 施工过程中的质量控制要点

### 3.1 施工工艺与操作规程

施工工艺与操作规程是保证大型工业厂房地坪施工质量的核心要素。施工工艺包括混凝土的搅拌、浇筑、摊铺以及振实等步骤，每一步都需要严格按照既定规范执行，确保地坪的整体性能。操作规程则涵盖了每一阶段的具体操作细节，如混凝土配比的准确性、施工设备的使用规范以及工序之间的衔接要求。遵循科学的施工工艺和操作规程，能够有效控制混凝土的质量减少施工缺陷，确保地坪的强度、耐用性和美观性。任何环节的疏忽或不当操作，都可能导致地坪出现裂缝、起砂或平整度不足等问题，影响整体工程的质量和使用效果。

### 3.2 温湿度控制

温湿度控制对大型工业厂房地坪施工的质量至关重要。混凝土的硬化过程对环境条件非常敏感，温度和湿度的波动会显著影响混凝土的强度和耐久性。根据相关标准，混凝土的最佳施工温度范围为 5° C 至 35° C，过高或过低的温度都会导致问题。温度超过 35° C 可能导致混凝土

过快干燥产生裂缝；而低于 5° C 则会延缓凝结时间影响强度发展。湿度方面，建议相对湿度保持在 50% 至 70% 之间。湿度过高可能导致表面结霜，影响混凝土的粘结性能；湿度过低则会加快水分蒸发，同样引发裂缝问题（表 1）。

表 1 不同温湿度条件下混凝土的典型问题

| 环境条件  | 温度 (° C) | 湿度 (%) | 可能问题      |
|-------|----------|--------|-----------|
| 高温+低湿 | >35      | <30    | 快速干燥、裂缝   |
| 高温+高湿 | >35      | >70    | 表面结霜、粘结不良 |
| 低温+低湿 | <5       | <30    | 凝结延迟、强度不足 |
| 低温+高湿 | <5       | >70    | 硬化不均匀、强度低 |

通过有效的温湿度控制措施，如使用加热设备、遮阳网或加湿器，可以保持混凝土在适宜的环境条件下施工，从而提高地坪的质量和使用寿命。

### 3.3 混凝土配比与搅拌

混凝土配比与搅拌是地坪施工中的关键环节，对最终地坪的强度、耐久性和均匀性起着决定性作用。混凝土的配比涉及水泥、砂石和水的精确比例，这些比例直接影响混凝土的工作性和固化质量。常见的配比参数包括水泥与骨料的比例、水胶比（水泥与水的比例），以及掺合料的使用，这些都需依据设计要求和施工环境进行调整。例如，较高的水胶比可以提高混凝土的流动性，但可能会降低强度，因此需在工作性和强度之间找到平衡点。搅拌过程的均匀性同样重要，不均匀的搅拌会导致混凝土强度不均、表面缺陷或施工困难。通常机械搅拌是确保混凝土均匀性的有效方法。搅拌时间应严格控制，通常不应少于 2 分钟，确保水泥与骨料充分混合。对于大批量施工，搅拌设备的选择和维护也至关重要，需定期检查以避免因设备故障导致的混合不均问题。通过精确的配比和充分的搅拌，可以显著提高混凝土的施工性能和最终质量。

### 3.4 地坪基层处理

地坪基层处理是确保混凝土地坪长期稳定性的基础环节。基层处理的主要任务是清除原有地面的杂质、油污和松散层，并进行必要的找平，以提供一个坚实、均匀的施工基础<sup>[2]</sup>。首先，应对基层进行彻底清扫和清洗，去除所有影响附着力的污染物，并修复任何明显的裂缝或凹陷确保基层表面平整。对于某些基层，如土壤或砾石层，可能需要进行加固或铺设垫层，增强其承载能力和稳定性。其次，处理过程中可能需要对基层进行表面粗糙化处理，以提高新混凝土与原地面的黏结力。粗糙的表面可以通过打磨、喷砂或其他机械手段实现。有效的基层处理不仅有助于提高混凝土的附着性，还能减少施工过程中由于基层不稳定而导致的缺陷问题，确保地坪的长期耐用性和性能。

### 3.5 工程进度与质量管理

工程进度与质量管理是确保大型工业厂房地坪施工成功的关键。有效的进度管理要求制定详细的施工计划，包括各阶段的时间安排和任务分配，确保工程按时完成。

施工进度应与实际施工情况紧密跟踪,及时调整以应对突发问题或延误。质量管理则涉及从材料采购到施工完成的全过程,确保每个环节都符合设计和标准要求,定期进行质量检查及时发现并纠正问题,是保障施工质量的核心,包括材料的检验、施工过程中的监控和最终的质量验收,都需要严格按照规范进行,防止潜在的缺陷影响最终效果。通过科学的进度安排和严格的质量控制,能够有效提升工程的整体质量和效率,确保地坪施工的长期稳定性和性能。

#### 4 常见质量问题的控制策略

##### 4.1 设计阶段的质量控制措施

设计阶段的质量控制是确保大型工业厂房地坪施工质量的基础。首先,设计方案应基于详尽的现场调查和数据分析,确保设计参数符合实际需求和工程标准。合理的地坪设计应包括适当的混凝土配比、加固措施和表面处理,以应对预期的荷载和环境条件。其次,设计阶段应进行充分的技术审查,确保所有设计细节和规范符合行业标准,并与相关专业进行协调,这包括对地坪的承载能力、抗裂性能和防水要求进行全面验证,避免设计缺陷。此外,应考虑施工和维护的可操作性,确保设计方案在实际施工中可行,并预留适当的调整空间。通过在设计阶段进行全面的质量控制,可以有效预防施工过程中可能出现的质量问题,确保地坪的长期稳定性和功能性。

##### 4.2 混凝土材料的选择与管理

混凝土材料的选择与管理直接影响地坪施工的质量和耐久性。首要任务是选择符合项目要求的高质量原材料,包括水泥、骨料、掺合料和外加剂(表2)。水泥应符合国家或行业标准,如普通硅酸盐水泥(P.O 42.5),并经过严格的检验确保强度和稳定性。骨料需选择粒径适中、干净无杂质的天然砂石,避免使用含有过多有害物质的骨料。

表2 不同类型混凝土材料的主要性能指标

| 材料类型 | 特性            | 标准要求              |
|------|---------------|-------------------|
| 水泥   | 强度等级、抗冻性      | P.O 42.5 或更高      |
| 骨料   | 粒径分布、含泥量      | 粒径<25mm, 含泥量<0.5% |
| 掺合料  | 对混凝土强度和耐久性的影响 | 符合 GB/T 18650 标准  |
| 外加剂  | 工作性、耐久性改善     | 符合 GB/T 50081 标准  |

混凝土配比的优化也至关重要,需根据工程需求调整水胶比和掺合料比例,以实现最佳的施工性能和最终强度。施工过程中,应对所有原材料进行定期检测,确保其质量稳定,防止由于材料问题引发的施工缺陷。此外,严格的库存管理和材料存储条件也是保障材料质量的关键因素,避免材料在储存过程中受潮或污染。通过有效的材料选择与管理,可以显著提高混凝土的性能,确保地坪施工的质量和耐久性。

##### 4.3 防水与排水系统的设置

防水与排水系统的设置是确保大型工业厂房地坪耐久性和使用功能的关键环节。有效的防水设计可以防止地

下水或雨水渗透,减少混凝土的潮湿和腐蚀从而延长地坪的使用寿命。防水系统通常包括防水膜、密封剂和防水涂料等,这些材料应具备优良的耐水性和黏结性,并按照施工规范进行正确安装。排水系统的设计同样重要,合理的排水系统能够迅速排除地坪表面的积水,防止水分滞留导致的地坪损坏。排水系统应包括排水沟、雨水管道和排水口等组件,这些设施应布置合理,确保排水畅通无阻。此外,地坪的坡度设计也需考虑,引导水流向排水系统避免水分在地坪表面积聚。通过综合考虑防水和排水系统的设置,可以有效提高地坪的防水性能减少维护成本,并保证地坪在各种环境条件下的稳定性和功能性。

##### 4.4 施工过程中的质量控制

施工过程中的质量控制是确保地坪施工达到设计标准的核心环节。首先,应制定详细的施工计划和操作规范,确保各项工序按步骤进行,并严格遵循设计要求。施工前,必须对所有原材料进行验收确保符合质量标准,如混凝土的配比、砂石的粒径和水泥的强度等级等。在施工过程中,实时监控混凝土的搅拌、运输和浇筑过程,确保混凝土的一致性和均匀性。特别是在浇筑和振实阶段,需要密切关注混凝土的温度和湿度,防止因环境条件变化导致的质量问题。施工结束后,需进行详细的现场检查,包括地坪的平整度、强度测试和防水性能评估,及时发现和解决潜在问题。此外,施工过程中应进行定期的质量检查和记录,确保所有施工环节都符合质量标准,并对发现的问题及时处理。通过系统的质量控制,可以有效避免施工缺陷提高地坪的整体性能和耐久性,确保项目的顺利完成。

#### 5 结语

在大型工业厂房地坪施工中,严格的质量控制是确保地坪性能和耐用性的关键。从设计阶段的精确规划到施工过程中的细致管理,每一个环节都对最终效果有着直接影响。通过合理的材料选择、科学的施工工艺以及有效的温湿度控制,可以显著提升地坪的质量和稳定性。防水与排水系统的完善设置则为地坪的长期使用提供了必要的保障。综合运用这些控制措施,不仅能够有效防止常见质量问题,还能提高工程的整体水平和使用效益。持续的质量管理和监督,确保了项目的成功实施和优质交付,为未来的使用和维护奠定了坚实的基础。

#### 【参考文献】

- [1] 殷志坚. 超大面积混凝土金刚砂基密封固化地坪施工质量控制[J]. 住宅与房地产, 2020, 12(15): 279-280.
  - [2] 张前进. 物流仓库大面积地坪的施工质量控制应用[J]. 住宅与房地产, 2018, 12(6): 163-164.
- 作者简介: 郑硕 (1996,9—), 毕业院校: 黑龙江省科技大学, 所学专业: 土木工程, 当前就职单位: 中建八局第二建设有限公司, 职务: 项目总工程师, 职称级别: 中级工程师。

## 低碳理念下建筑设计策略研究

王 琦

河北天艺建筑设计有限公司，河北 石家庄 050000

**[摘要]**目前，随着时代的不断发展和社会不断地进步，建筑行业的发展速度越来越快，无论是建设的规模，还是建设的速度，都达到了一个新的高度。当前，随着我国建筑业的快速发展，大量的工业废弃物、污染气体等污染物的不合理排放已经给当地的环境带来了很大的危害，因此，应寻求一种科学、合理的方法来解决这个问题。本论文就建筑设计中的低碳理念进行了分析和讨论。

**[关键词]**低碳理念；建筑设计；设计策略

DOI: 10.33142/sca.v7i10.13655 中图分类号: TU201.6

文献标识码: A

## Research on Architectural Design Strategy under the Low Carbon Concept

WANG Qi

Hebei Tianyi Architectural Design Co., Ltd., Shijiazhuang, Hebei, 050000, China

**Abstract:** At present, with the continuous development of the times and the progress of society, the development speed of the construction industry is getting faster and faster. Both the scale and speed of construction have reached a new height. Currently, with the rapid development of Chinese construction industry, the unreasonable discharge of a large amount of industrial waste, polluted gases and other pollutants has brought great harm to the local environment. Therefore, a scientific and reasonable method should be sought to solve this problem. This paper analyzes and discusses the low carbon concept in architectural design.

**Keywords:** low carbon concept; architectural design; design strategy

### 引言

随着全球对气候变化和环境保护日益关注，低碳建筑设计已成为建筑行业的重要发展方向。建筑领域不仅是能源消耗和温室气体排放的主要来源，同时也面临着资源紧张和环境退化的双重压力。因此，推行低碳建筑设计，通过减少能源需求和碳排放，是实现可持续发展的关键途径。低碳建筑设计涵盖了从选址到建筑材料、从节能技术到智能系统的全面优化，旨在通过科学合理的设计策略，降低建筑对环境的负面影响。本文将深入探讨低碳理念下的建筑设计策略，包括合理选址、节能屋面、立体绿化、照明系统优化和水资源管理等方面。通过分析当前实践中的挑战与机遇，本文旨在提出切实可行的优化方案，以指导建筑设计实践。期望通过这些策略的实施，能够推动建筑行业朝着更环保、节能的方向发展，实现建筑的可持续性目标，促进环境保护和资源节约，为应对全球环境问题贡献力量。

### 1 建筑设计中低碳理念应用的重要性

在建筑设计中应用低碳理念的重要性日益突显，主要体现在环境保护、资源节约和经济效益三个方面。首先，低碳建筑设计有助于减少温室气体排放，缓解全球变暖和气候变化问题。建筑领域是能源消耗和碳排放的主要来源之一，通过在设计阶段引入低碳理念，可以显著降低建筑物在使用过程中的能源需求，从而减少对传统能源的依赖和碳足迹。其次，低碳理念推动了资源的高效利用和节约，绿色建材的应用和建筑节能技术的实施不仅减少了资源

消耗，还降低了建筑物的运营成本。例如，通过使用高效绝热材料和优化建筑结构，可以减少空调和供暖的能耗，从而降低能源费用。最后，低碳建筑设计还能提升建筑的经济价值和市场竞争力。越来越多的政策和市场对环保建筑给予了奖励和支持，低碳建筑因其节能环保的特性，往往能获得更高的市场认可度和经济回报。因此，建筑设计中应用低碳理念不仅有助于环境保护和资源节约，还有助于提升建筑的经济效益和社会价值。

### 2 建筑设计中低碳理念应用现状

#### 2.1 忽视能耗控制

当前建筑设计中，能耗控制的忽视依然是一个普遍存在的问题。许多建筑项目在设计阶段并未充分考虑能耗控制的因素，导致建筑物在使用过程中能源消耗高、运营成本大。这种现象主要源于对节能技术的认识不足以及设计过程中缺乏系统性的能耗评估。设计人员往往侧重于建筑的美观和功能性，而忽视了对建筑能效的深入分析，导致建筑在实际使用中需耗费大量能源来维持舒适的室内环境。这不仅增加了能源费用，还对环境造成了负面影响，例如温室气体排放量的增加。尽管已有一些建筑标准和规范涉及到能效要求，但在实际应用中，能耗控制常常被边缘化，缺乏足够的重视和实施力度，从而制约了建筑整体性能的提升。

#### 2.2 不注重资源节约

在建筑设计中，不注重资源节约的问题依然普遍存在，这主要体现在对建筑材料和资源的过度使用上。许多建筑

项目在设计阶段未能充分考虑资源的高效利用，导致大量建筑材料的浪费以及资源的非经济性使用。例如，设计中常常使用大量非可再生资源或高能耗材料，而忽视了材料的生命周期和环境影响。这种情况不仅加重了建筑物的生态足迹，还导致资源的过度开采和消耗<sup>[1]</sup>。尽管绿色建筑和资源节约的概念已经逐渐被认识，但在实际操作中，节约资源的措施往往被忽略，设计师和工程师在施工过程中也缺乏有效的资源管理策略。这种资源节约意识的缺失，直接影响了建筑物的环保性能和可持续性，对环境保护和经济效益造成了不利影响。

### 2.3 缺乏环境保护意识

在建筑设计中，缺乏环境保护意识的问题依然十分突出。尽管环境保护的理念逐渐获得关注，但在许多建筑项目中，环境因素往往未被充分考虑。设计过程中，环境保护意识的缺乏表现为对建筑物的环境影响未能进行全面评估，例如对建筑施工中的污染控制和废弃物管理不足。此外，建筑设计中对节能、减排以及绿色材料的重视程度仍然有限，这导致建筑在使用过程中的能源消耗和环境负荷较大。许多设计师和建筑师在设计阶段主要关注建筑的功能性和美观性，而忽视了对自然环境的保护和可持续发展的要求。环境保护意识的缺失，不仅影响了建筑物的生态性能，也使得建筑项目在长远的环境效益和社会价值方面显得不足。

## 3 低碳理念下建筑设计应用策略

### 3.1 合理地进行建筑选址

在低碳理念下，合理进行建筑选址是实现建筑节能和环境保护的重要策略。选址过程需要综合考虑地理位置、气候条件以及环境影响等因素，以优化建筑的能源效率和减少碳足迹。首先，选择自然资源丰富的区域，如阳光充足、风力较大的地点，可以利用自然能源进行被动采光和自然通风，从而减少对人工照明和空调的需求。其次，选址应避开生态敏感区，如湿地、自然保护区等，以减小对生态系统的干扰。此外，建筑选址应考虑交通便利性，靠近公共交通系统和主要服务设施，可以减少建筑使用者的出行能源消耗。科学的选址还包括对土壤质量和地质条件的评估，避免在易受自然灾害影响的区域建设，以降低建筑后期维护和运营的资源消耗。通过全面评估这些因素，可以最大程度地提高建筑的环境性能和能源利用效率，从而实现低碳建筑的目标，以下是选址考虑因素的汇总表。

表1 选址考虑因素的汇总表

| 选址考虑因素 | 具体要求及影响                     |
|--------|-----------------------------|
| 地理位置   | 选择阳光充足、风力资源丰富的区域，以优化能源使用。   |
| 气候条件   | 充分利用自然通风和采光，减少对人工能源的依赖。     |
| 环境影响   | 避免生态敏感区域，减少对环境的负面影响。        |
| 交通便利性  | 靠近公共交通和服务设施，降低能源消耗和出行成本。    |
| 土壤质量   | 评估土壤和地质条件，避免在易受自然灾害影响的区域建设。 |

### 3.2 科学设计建筑体形和平面设计

在低碳理念下，科学设计建筑体形和平面布局是提升建筑能源效率和减少碳排放的重要策略。建筑体形和布局直接影响到建筑的采光、通风、能耗和热舒适度，因此需要进行优化设计。首先，建筑体形应尽量简化和紧凑，减少建筑外表面积相对于总建筑体积的比率，从而减少热量的散失和热能的需求。例如，设计方形或接近方形的建筑体形可以减少外墙和屋顶的面积，降低建筑的能耗。其次，合理的平面布局有助于优化自然采光和通风，减少对人工照明和空调系统的依赖。在建筑设计中，应考虑将主要功能区布置在自然光照条件较好的位置，并设计合适的窗户和开口，以最大限度地利用自然光和风力。再者，建筑平面应注重空间的合理配置，减少不必要的走廊和空旷区域，以提高空间的使用效率和能源利用率<sup>[2]</sup>。此外，通过合理布局建筑设备和系统，可以优化能源的分配和使用效率，减少能源浪费。科学设计建筑体形和平面布局不仅能显著提高建筑的能效，还能提升居住舒适性，实现低碳建筑的目标，以下是建筑体形和平面设计考虑因素的汇总表。

表2 建筑体形和平面设计考虑因素的汇总表

| 设计因素 | 具体要求及影响                       |
|------|-------------------------------|
| 建筑体形 | 采用简化和紧凑的体形，减少外表面积相对于总建筑体积的比率。 |
| 自然采光 | 合理布置窗户和开口，优化自然采光，减少对人工照明的需求。  |
| 自然通风 | 设计合适的通风口和开窗，利用自然风力，减少空调需求。    |
| 空间布局 | 合理配置空间，减少走廊和空旷区域，提高空间使用效率。    |
| 设备布局 | 优化建筑设备和系统的布局，提升能源利用效率，减少浪费。   |

### 3.3 使用绿色建材

在低碳理念下，使用绿色建材是建筑设计的重要策略，其核心在于选择那些在生产、使用和废弃过程中对环境影响较小的材料。绿色建材通常具有低能耗、高效能和低污染的特点，例如，使用再生材料、低碳排放的生产工艺以及高能效的隔热和保温材料。这些材料不仅能够降低建筑物的整体能耗，还能减少对自然资源的消耗。例如，采用回收铝材、再生混凝土或竹材等环保材料，有助于减少原材料的开采和加工过程中对环境的负面影响。此外，绿色建材还包括低挥发性有机化合物(VOC)的涂料和黏合剂，这些材料能够提高室内空气质量，保护居住者的健康。使用绿色建材不仅能提高建筑的能效和舒适性，还能够减少建筑生命周期内的环境负担，实现经济与环保的双赢。通过科学选择和合理应用绿色建材，建筑设计能够更好地符合低碳理念，推动建筑行业向可持续发展方向迈进。

### 3.4 注重墙体结构设计

墙体结构不仅直接影响建筑的热隔离性能，还对建筑的整体能耗和舒适度有重要作用。设计时，应优先选择具有良好绝热性能的墙体材料，如高性能隔热板、复合材料

或自然材料，这些材料能够有效减少热量的传导和流失，降低供暖和制冷的能耗。此外，墙体的设计还应考虑到建筑的气密性和防潮性能，以防止空气泄漏和湿气侵入，从而提高建筑的能效和延长墙体的使用寿命<sup>[3]</sup>。优化墙体的厚度和结构形式，结合现代建筑技术，如内外保温系统，可以进一步提高建筑的热工性能。此外，墙体设计还应考虑到环境影响，选用环保材料并减少建筑垃圾，促进资源的可持续利用。

### 3.5 设计节能屋面及立体绿化网络体系

在低碳理念下，设计节能屋面及立体绿化网络体系是实现建筑能效最大化和环境可持续性的核心策略之一。节能屋面的设计主要通过选用高效绝热材料和反射性涂料来减少建筑物的热量传递，从而降低能源消耗。高性能的绝热材料，如聚氨酯泡沫、真空绝热板或石膏板，可以有效减少外部热量进入和室内热量流失，维持建筑内部的温度稳定，减少对暖通空调系统的依赖。此外，屋面涂料的选择也至关重要，采用具有高反射率的涂料可以降低屋面的热吸收，减少建筑的冷却需求，从而实现节能目的。立体绿化网络体系的设计则包括垂直绿化和屋顶绿化等形式，这些设计不仅提升了建筑的美观性，还具有显著的环境效益。垂直绿化通过在建筑外立面设置植物墙或绿色爬藤，不仅可以为建筑提供额外的隔热层，降低墙体的热负荷，还能减少城市热岛效应和噪声污染。屋顶绿化则利用植物覆盖屋顶区域，能有效改善建筑的隔热性能，增加建筑的热绝缘效果，同时通过植物的蒸腾作用调节周围的气候，降低建筑的冷却需求。此外，绿化屋顶还具有雨水管理功能，能够吸收降雨，减轻城市排水系统的负担，并减少水体污染。

### 3.6 优化设计照明系统

一个高效的照明系统设计应从多个方面入手，以最大限度地减少能源消耗并提升照明效果。首先，采用高效能的光源，如 LED 灯具，相较于传统的卤素灯或白炽灯，LED 灯具有更长的使用寿命和更低的能耗，能够显著降低建筑的电力需求。其次，设计中应考虑自然采光的优化，利用大窗户、天窗等设计元素，最大限度地引入自然光，减少对人工照明的依赖。配合使用自动调光系统和光传感器，根据室内自然光照的变化自动调整人工照明的亮度，这不仅可以提高能源使用的灵活性，还能确保室内照明的舒适性和均匀性。此外，合理布置灯具的位置和数量也至关重要，通过精确的照明布局，可以减少光源的重复照射和不必要的光浪费，从而提升照明效率。使用分区控制系统，在不同区域根据实际需求调整照明强度，避免无效的能源消耗。同时，选择具有良好反射性能的墙面和天花板材料，可以增强室内的光线分布效果，提高整体照明效率。

### 3.7 合理运用水资源

在低碳理念下，合理运用水资源是建筑设计中实现可

持续性和节能的重要策略。有效的水资源管理不仅可以减少建筑的水耗，还能降低其对环境的影响。首先，设计阶段应重点考虑水的回收和再利用系统，例如雨水收集系统和中水回用系统。雨水收集系统通过设置雨水储存装置，将降雨水收集并用于景观灌溉、清洁或冲洗厕所，这可以显著减少对市政供水的依赖。中水回用系统则通过处理和净化建筑内部的污水，如洗手盆、淋浴和洗衣机的废水，再用于冲厕或绿化灌溉，从而最大限度地提高水资源的使用效率。其次，采用高效节水设备也是合理运用水资源的重要手段<sup>[4]</sup>。例如，选择节水型水龙头、节水型马桶和低流量淋浴头，可以显著减少用水量，同时保持良好的使用体验。设计中还应考虑到水系统的优化布局，确保水管和设备的配置能够减少水流的阻力和能量损失，进一步提高水资源的使用效率。此外，景观设计中的水体系统也应注重节水和环境保护，采用生态景观设计，如利用本地适应性强的植物、实施干旱耐受型绿化设计，以及使用循环水系统，减少人工灌溉的需求。通过综合应用这些水资源管理策略，建筑不仅能够实现水的高效利用和节约，还能减少对环境的负面影响，促进建筑的可持续发展。

### 4 结语

在低碳理念下，建筑设计策略的研究为建筑行业应对环境挑战和实现可持续发展目标提供了重要的方向和实践依据。通过优化建筑选址、采用节能屋面设计、实施立体绿化、优化照明系统和合理运用水资源等策略，建筑不仅能显著减少能源消耗和碳排放，还能提升环境质量和居住舒适度。这些措施不仅响应了全球对环保和节能的需求，也推动了建筑行业向更加绿色、低碳的方向发展。尽管实施低碳建筑设计面临一定的技术和经济挑战，但随着技术进步和政策支持，这些障碍正逐渐被克服。未来，建筑设计应继续关注创新和整合，以实现更高的能效和环保标准。希望本研究提供的策略和建议能为建筑设计实践提供有益的参考，助力建筑行业在应对气候变化的同时，创造更为宜居和可持续的建筑环境。通过共同努力，我们能够为建设更加绿色、低碳的未来贡献力量。

### 参考文献

- [1] 卢央. 论低碳理念下的建筑设计策略 [J]. 石材, 2024, 12(5): 65-67.
- [2] 张鹏, 郝雪如. 论低碳理念下的建筑设计策略 [J]. 房地产世界, 2023, 11(13): 112-114.
- [3] 王治元. 低碳理念下建筑设计的应对策略 [J]. 住宅与房地产, 2022, 13(26): 78-80.
- [4] 朱崇帅, 吴昊, 彭程. 低碳理念下建筑设计存在的问题及应对策略 [J]. 住宅与房地产, 2020, 11(18): 87.

作者简介：王琦（1996.6—），毕业院校：河北大学，所学专业：建筑学，当前就职单位：河北天艺建筑设计有限公司，职称级别：助理工程师。

# EMC 装配式结构中铝合金模板施工技术研究

肖伟

烟台运通人力资源有限公司, 山东 烟台 264000

**[摘要]**随着现代建筑行业不断发展, 装配式结构作为一种高效、节能、环保的新型建筑模式备受瞩目。由于其快速、精准的安装特点, 铝合金模板在装配式结构中扮演着重要角色。该材料具有优异的强度和耐腐蚀性能, 能够满足建筑对质量和寿命的要求。此外, 铝合金模板还具有良好的加工性能, 可根据设计要求进行定制, 赋予建筑更多个性化可能。因此, 铝合金模板在现代建筑领域有着广泛的应用前景, 将对建筑工程质量和效率带来显著提升。

**[关键词]**EMC 装配式结构; 铝合金模板; 施工技术; 研究策略

DOI: 10.33142/sca.v7i10.13637

中图分类号: TU755.2

文献标识码: A

## Research on Aluminum Alloy Template Construction Technology in EMC Prefabricated Structures

XIAO Wei

Yantai Yuntong Human Resources Co., Ltd., Yantai, Shandong, 264000, China

**Abstract:** With the continuous development of the modern construction industry, prefabricated structures have attracted much attention as a new type of building model that is efficient, energy-saving, and environmentally friendly. Due to its fast and precise installation characteristics, aluminum alloy templates play an important role in prefabricated structures. This material has excellent strength and corrosion resistance, which can meet the quality and service life requirements of buildings. In addition, aluminum alloy templates also have good processing performance and can be customized according to design requirements, giving buildings more personalized possibilities. Therefore, aluminum alloy formwork has a wide range of application prospects in the field of modern architecture, which will significantly improve the quality and efficiency of construction projects.

**Keywords:** EMC prefabricated structures; aluminum alloy template; construction technology; research strategy

### 引言

在当今建筑业快速发展的背景下, 节能减排与绿色建筑成为行业关注的焦点。在此大环境下, 电磁兼容(EMC)与装配式钢结构结合使用, 形成了一种全新的建筑工程模式——EMC 装配式结构体系。而其中, 铝合金模板作为构建这一系统的关键元素之一, 在施工技术上具有独特的优势, 对于降低资源消耗、提升工程效率及环保水平具有重要意义。本文旨在探讨 EMC 装配式结构中的铝合金模板施工技术, 并提出相应的研究策略。

### 1 铝合金模板概述

在现代城市建设的步伐不断加快的趋势下, 寻找既能满足高效施工需求, 又符合绿色建筑与节能减排标准的建材成为业界探讨的关键议题。铝合金模板凭借其卓越的综合性能, 在诸多建设领域特别是复杂结构的大工业生产场所中占据重要位置, 成为实现高质量建设与可持续发展双赢策略的重要支柱。铝合金材料之所以能在诸多应用中崭露头角, 主要得益于其独有的物理化学属性。相较于传统木模板, 铝合金模板具有轻盈而强度高、耐腐蚀性优和易回收的特点, 这是由于铝本身的结构稳定和良好的金属钝化特性, 使得铝合金能够在恶劣环境和高湿度条件下保持出色的状态而不轻易生锈, 延长了产品的使用寿命, 显著降

低了长期成本<sup>[1]</sup>。

铝合金模板的应用在减少环境污染和合理配置自然资源方面表现得更为突出。木质材料在加工、使用直至废弃的全过程中会产生大量的碳排放和其他对生态环境构成威胁的污染物。而铝合金则因其材料本身的环保性质以及循环回收的可能性, 为实现建筑业绿色发展提供了一条高效的途径。随着回收技术的日趋完善和全球资源节约意识的提升, 使用过的铝合金模板通过清洁处理可直接转化为新原料, 避免了木材开采矿物资源所面临的资源枯竭风险和生态环境破坏问题, 有效降低了整体碳足迹。此外, 铝合金模板的高度标准化设计也大大促进了施工效率和安全性。相比木模板, 其重量轻、稳定性好的特点, 极大地降低了工人劳动强度的同时提升了安装速度, 使得工程项目在短时间内能够快速成型。这不仅仅节省了人力成本和时间成本, 也为提高工程质量降低安全事故的发生提供了可能, 使得铝合金模板在施工周期控制方面展现出显著的优势。

### 2 EMC 装配式结构与铝合金模板的优势分析

#### 2.1 提高结构稳定性与安全性

相对于传统混凝土结构, 铝合金模板作为一种新型的建筑材料, 带来了许多独特的优势和特点。首先, 铝合金模板的应用使得整个 EMC 装配式结构具有了更加灵活的

尺寸控制和结构拼装的精度得以提升。这意味着我们可以更精准地控制建筑结构的尺寸和外观,从而更好地满足不同的设计需求和功能要求。其次,铝合金模板的引入显著增强了整体结构的坚固性和耐久性。相较于传统建筑材料,铝合金模板在承载能力、抗风压能力以及抗震能力等方面具有明显的优势,可以有效提高建筑物在复杂环境下的安全性和稳定性。特别是在面对复杂结构、高空作业和需要快速响应的施工任务时,铝合金模板展现了其无可比拟的优势。由于铝合金模板的轻量化特性,可以大大减轻施工过程中的人工劳动强度,同时提高施工效率,从而更好地满足快速建造的需求。另外,铝合金模板的可回收性也符合当下可持续发展的理念,有利于资源的循环利用和环境保护。因此,铝合金模板的广泛应用将为 EMC 装配技术在建筑领域带来更多的创新和可能性,为现代化建筑的发展注入更多活力和前景<sup>[2]</sup>。

## 2.2 节能减排与可持续发展性

使用铝合金模板作为建筑材料不仅可以减少建筑垃圾,同时还能够显著延长整体建筑结构的使用寿命。相比传统材料,铝合金的优异耐久性意味着建筑物更加长久,不仅符合可持续发展理念,也减少了维护和维修成本。此外,铝合金模板的使用也有助于促进材料的循环再利用,从而更好地符合低碳经济与循环经济的发展理念。通过铝合金材料的回收再利用,可以有效减少对原生资源的需求,降低环境负荷,实现资源的可持续利用,为社会和环境可持续发展做出积极贡献。除此之外,铝合金本身具有高效的导电性能,这对节能减排也具有积极意义。例如,通过使用高效散热的铝合金材料来减少建筑的冷却能耗,以及优化电气系统设计来提升能源利用率,都可以有效降低建筑的能耗并减少对环境的影响,符合可持续发展的方向。

## 3 施工技术研究策略

### 3.1 工艺优化与技术革新

在构建未来建筑解决方案时,确保材料的电磁兼容性(EMC)成为了不可或缺的一环,而这一环节中的核心组件就是铝合金模板。铝合金不仅以其轻质、强度高和良好的可加工性能著称,在面对极端天气和环境应力的情况下,铝合金的防腐蚀能力和稳定性更是其独特优势。在铝合金模板的设计开发上,首要考量的自然是提升其表面处理技术,以实现卓越的防腐蚀性能,进而增加建筑设施的整体寿命。一种行之有效的方式是通过物理或化学方法进行表面涂层防护,例如采用阳极氧化或特氟龙(PTFE)涂层工艺。这些处理不仅能显著提高铝合金抗盐雾腐蚀的能力,同时能降低表面与外部环境间的电荷积累,从而降低电磁干扰的概率。另外,还可以研究复合材料技术,在铝合金表层嵌入导电材料,进一步提高电磁屏蔽效果<sup>[3]</sup>。

在确保模板材料属性的同时,新型安装固定体系的研发是提高模板拼接精度的关键因素。现代建筑要求高度精

准的施工工艺,这不仅仅体现在模板组装的速度与灵活性,更重要的是要确保每一个接口在长期使用中都保持稳定的接触性和密封性。因此,可考虑采用磁力吸附、高强度粘结剂或是创新的机械锁固系统作为替代方案。其中,基于磁场力量实现快速吸附定位的磁吸式模板固定装置尤为引人注目,其无需额外工具,操作便捷,能有效降低施工现场混乱风险,提高效率。同时,通过精细化设计锁定部件和接口间隙调整机制,能够进一步提升模板之间的拼接精度。此外,考虑到二次返工对于建筑成本、时间管理以及工人劳动强度的影响,优化模板的安装体系尤为关键。这不仅仅需要设计更加人性化的操作指导手册,还应该包括对安装工人的培训,使其能够高效准确地执行安装流程。

### 3.2 智能化集成解决方案

在建筑工程领域,BIM技术(建模信息模型)与数字化工具的应用正日益广泛,并成为提升建筑项目的效能,从设计到施工,甚至维护整个生命周期管理的关键技术。这些数字化平台能够实现建筑项目的多方面协同,比如时间规划、成本控制、资源调度等,同时也提供了直观的数据驱动决策依据,有助于解决现场施工中的各种复杂问题。比如,在一家知名的国际建筑公司的一个大型商业中心项目中,工程师们就运用了BIM技术与力学模拟软件进行了深入的合作。他们首先利用3D建模创建出了项目整体的设计模型,这不仅仅是几何图形和外观表现,更蕴含了大量的结构数据、施工方法以及设备安装细节,这些都是由专业BIM团队和结构工程师共同确定。在设计初步阶段,该团队就开始预测铝合金模板的受力状态,通过对可能遇到的所有力学状况进行模拟计算,比如风压、建筑材料自身重量及安装荷载等,并通过这些数据对模板的装配方案进行反复调校和优化<sup>[4]</sup>。

以某楼层为例,在初步设计后对拟采用的铝合金模板组装方案进行预测时,工程师先利用有限元分析软件创建出一个模型,将实际施工条件中的每一细节——如温度变化、不同时间段的人员作业、材料重量等参数纳入到仿真环境中进行动态分析。通过这种方法,预测出了在各种预期的负载状态下,每个铝合金模板可能承受的最大应力以及可能发生的风险点。这一过程不仅能提前揭示潜在的安全隐患,还能帮助找到成本效益最优的组装解决方案。接下来,根据分析反馈,设计团队进行了细致的优化,比如调整模板的厚度和结构强度,以及优化施工程序,确保了材料的合理分配,避免了过量的材料损耗,以及减少了不必要的施工延迟或错误。在整个施工准备阶段直至完成阶段,数字化流程和工具的应用都极大地增强了项目透明度和可控性,使得项目各方可以实时监测进度与资源使用情况。

### 3.3 现场管理和资源优化

加强施工人员的专业培训是提升整体工作效率与安全性的关键一环,特别是在使用高级材料如铝合金时尤为

重要。根据行业专家的推荐及实操经验总结发现,通过有针对性的技能培训与实践演练,不仅可大幅度提高操作精度,减少施工过程中的误差和物料消耗,更能有效避免因误操作引发的安全事故,最终带来显著的成本节约和生产效能提升。例如,某大型建筑工程通过实施一项名为“铝合金应用专项技能提升”项目。此项目聚焦于模板设计的精准性和模板操作的规范性两个方面,以求最大化利用资源与时间效益,减少浪费。经过详细的人员培训和后续实践证明,培训后的团队成员不仅熟练掌握了一整套的铝合金操作规程,且能在保证安全性的前提下快速完成作业目标。具体来说,在该项目建设中,首先采用国际先进模拟软件对模板设计进行优化,确保每一块模板尺寸精确到微米级,并考虑到现场实际工况与潜在变量因素的影响,实现最佳成本效率比。在培训阶段,邀请专业工程团队现场授课,从理论到实操全方位教授,包括但不限于铝板裁剪技术、高效搬运方式及精准定位策略,以及突发状况应急响应机制。随后进行的大规模模板搬运测试显示,培训后小组能将平均运送时间缩短近三成,同时减少了高达四分之一的损耗率。安装过程中,团队成员能够以更高标准执行各项操作,包括安装前预检、精确测量、调整固定和检查验收等关键环节,不仅提高了整个工程的速度,还大大减少了材料浪费现象<sup>[5]</sup>。

### 3.4 循环使用与回收计划

构建铝合金模板回收与重用体系是一项推动绿色发展与循环利用的关键步骤。这一体系不仅可以最大程度地减少新原材料的需求,实现环境保护目的,还能降低建筑行业的碳足迹,促进经济社会可持续发展。通过有效的资源循环,不仅可以减少环境污染风险,同时还有助于降低施工成本,提升整个行业的经济效益。在实践案例中,某一知名建筑工程公司实施了一系列旨在回收与重用铝合金模板的策略,并取得了显著的成效。此公司在项目设计初期,便采用了模块化和标准化的设计方案。这一改变意味着所有模板都能够被精确地计算和设计,确保最大限度地减少浪费。一旦某个项目的施工结束,拆卸下来的铝合金组件便立即被集中清理和检测,确保其表面无污物,且结构完整、性能符合再利用标准。

清洗和修复后的铝合金模板按照不同等级进行了分级,其中优质模板被选用来支撑未来的项目;部分稍有瑕疵的模板则作为内部培训、试验以及非核心部位的备用材

料使用,有效延长了其服务周期。这一体系下,平均每个模板能够得到5次以上的重复利用,大大提高了材料使用效率。除了内部循环利用之外,此公司的回收策略也与当地金属资源回收企业和材料供应商紧密合作。对于无法继续在建筑项目中使用的高品质铝材组件,它们会被送到专业的铝制品再生企业进行处理,转换为新原料,用于制造业、交通、电子等行业,从而形成真正的闭路循环体系。这种合作关系使得废料处理成本降低的同时,增加了资源回收的社会与环境价值。在实践数据上,通过这套回收重用体系运行一年后,公司的铝合金模板再利用率达到了95%以上,相比于同类项目的传统操作方式,每年大约节省了60%以上的铝材购买支出,节省的原矿提取量相当于为地球节约了大量宝贵森林覆盖面积,同时也大幅度减少了碳排放量。这充分证实了高效材料管理策略与循环经济理念在推动环保与经济双赢方面的卓越作用<sup>[6]</sup>。

### 4 结语

EMC 装配式结构的推广应用离不开铝合金模板的应用与发展,本文提出的铝合金模板在该领域应用的研究策略不仅有利于提高工程质量与工作效率,而且能显著促进绿色建筑的发展,为可持续的城乡一体化发展贡献科技力量。未来,进一步研究如何结合智能技术提升模板的使用效能,以及开发新型复合材料以增强结构性能,将是一个充满挑战与机遇的领域。

### [参考文献]

- [1]段亚弟,刘惠林.铝合金模板技术在建筑施工中的应用研究[J].科技与创新,2024(14):97-99.
- [2]李科,张昭强,丁威,等.EMC 装配式结构中铝合金模板施工技术[J].建筑技术,2024,55(13):1557-1559.
- [3]张亚利.装配式建筑工程铝合金模板施工要点及受力性能分析[J].砖瓦,2024(7):171-173.
- [4]李文强,陈龙,田棋元,等.铝合金模板技术在建筑空腔构造柱施工中的应用研究[J].中国建筑装饰装修,2024(13):112-114.
- [5]陈涛.住宅建筑工程中铝合金模板施工技术研究[J].居舍,2024(19):35-38.
- [6]陈重连.绿色建筑施工中铝合金模板体系施工技术应用方法分析[J].大众标准化,2024(10):37-39.

作者简介:肖伟(1985.10—),男,汉族,大专,工程师,项目技术经理。

## 智能控制技术在暖通系统中的应用对能效的影响分析

林继浩

国家能源集团置业有限公司, 北京 100010

**[摘要]**在全球能源资源紧张和环境保护要求日益严峻的背景下, 提升能源利用效率已成为各行各业的重要任务。暖通空调(HVAC)系统作为建筑能源消耗的主要来源之一, 其能效水平直接影响到建筑的整体能源消耗和运行成本。传统的暖通系统往往面临着能效低、控制精度不足、维护困难等问题, 迫切需要新的技术手段来提高系统的运行效率和节能效果。此文探讨智能控制技术在暖通系统中的应用, 分析其在提升系统能效方面的具体影响, 并提出相应的策略和建议, 以期为暖通系统的节能优化和绿色发展提供参考。

**[关键词]**智能控制; 暖通; 能效

DOI: 10.33142/sca.v7i10.13664

中图分类号: TU855

文献标识码: A

## Analysis of the Impact of Intelligent Control Technology on Energy Efficiency in HVAC Systems

LIN Jihao

CHN Energy Group Real Estate Co., Ltd., Beijing, 100010, China

**Abstract:** Against the backdrop of global energy resource scarcity and increasingly stringent environmental protection requirements, improving energy utilization efficiency has become an important task for all industries. As one of the main sources of building energy consumption, the energy efficiency level of HVAC systems directly affects the overall energy consumption and operating costs of buildings. Traditional HVAC systems often face problems such as low energy efficiency, insufficient control accuracy, and difficult maintenance. There is an urgent need for new technological means to improve the operational efficiency and energy-saving effect of the system. This article explores the application of intelligent control technology in HVAC systems, analyzes its specific impact on improving system energy efficiency, and proposes corresponding strategies and suggestions, in order to provide reference for energy-saving optimization and green development of HVAC systems.

**Keywords:** intelligent control; HVAC systems; energy efficiency

### 引言

暖通空调(HVAC)系统在现代建筑中扮演着至关重要的角色, 负责提供舒适的室内环境。然而, 随着建筑规模的扩大和能源成本的上升, 传统暖通系统的能效问题日益突出。传统系统往往缺乏精确的温度调节和实时能耗监测, 导致能源的浪费和运营成本的增加。与此同时, 全球对节能减排的关注日益加剧, 建筑行业面临着更严格的能效标准和环保要求。随着技术的不断进步和应用场景的扩展, 智能控制技术正在成为推动建筑节能和环境保护的重要力量。

### 1 智能控制技术的定义和分类

智能控制技术主要通过模拟人类智能行为, 结合先进的算法和模型, 对复杂系统进行精确控制, 从而提高系统的性能和效率。智能控制技术不仅涵盖了对系统的基本操作, 还涉及到对系统行为的预测、优化和自适应调整。智能控制技术可以分类为以下几类: ①人工神经网络(ANN): 人工神经网络是一种模仿人脑神经元结构和功能的计算模型。它通过多层神经元节点的连接和信息处理, 进行模式识别、分类和预测。在控制系统中, ANN能够处理复杂的非线性问题, 适用于需要高精度预测和调整的场合。②模糊控制: 模糊控制是一种基于模糊逻辑的控制方法, 它

通过定义模糊规则来处理系统中的不确定性和模糊性。模糊控制能够处理环境变化和系统参数的模糊性, 适合于那些传统控制方法难以应用的复杂系统。③专家系统: 专家系统是一种模拟人类专家知识和决策过程的系统。它通过建立知识库和推理机制, 对系统进行决策支持和控制。专家系统在处理复杂问题和做出专业决策时表现出较强的优势, 能够有效集成各种控制策略。④遗传算法: 遗传算法是一种基于自然选择和遗传学原理的优化算法。它通过模拟生物进化过程中的优胜劣汰机制, 搜索最优控制方案。遗传算法适用于复杂的优化问题, 能够在大规模问题中找到近似最优解。⑤模糊神经网络(FNN): 模糊神经网络结合了模糊逻辑和神经网络的优点, 能够处理复杂和不确定的系统控制问题。它通过模糊化的输入和神经网络的学习能力, 实现对系统的自适应控制和优化。⑥自适应控制: 自适应控制技术能够根据系统的实时反馈自动调整控制策略。它通过监测系统的变化, 动态调整控制参数, 确保系统在不同运行条件下的最佳性能。

### 2 智能控制技术在暖通系统中的应用

智能控制技术在暖通空调(HVAC)系统中的应用越来越广泛, 通过结合人工智能(AI)算法, 能够在设备、系

统和建筑三个层面实现节能优化控制<sup>[1]</sup>。虽然传统的工程控制方法在市场上仍占据主导地位，但 AI 技术的发展为暖通系统提供了新的解决方案，特别是在能效优化和节能方面。图一展示了 AI 节能的框架。

## 2.1 人工神经网络算法

人工神经网络(ANN)通过模拟人类大脑的认知过程，将大量互相关联的信息进行分析和整合，最终实现复杂系统的控制。在暖通系统中，ANN 广泛应用于供暖、通风和制冷系统，ANN 能够对风系统和水系统的末端进行精确控制，例如风机和水泵的进出水流量控制，通过这些控制可以显著提高系统的运行效率。通过仿真运行和模拟，ANN 能够对暖通系统的需量和负荷进行预测，从而实现预防性的调整和优化。结合反向控制功能，ANN 能够对各可变参数进行实时调节，确保系统在不同工况下均能达到最佳节能效果。

## 2.2 模糊控制

模糊控制是一种基于模糊逻辑的控制方法，通过建立模糊关系来提高问题解决的准确性。在暖通系统中，模糊控制能够实现机电设备的变频和变速调节，提高设备的运行效率和节能效果。模糊控制将水系统和风系统的各类监测要素与环境冷热负荷进行关联分析，实现基于逻辑判断的变风量、变流量和变温差控制。总之，模糊控制通过对环境参数和系统负荷进行模糊化处理，使得控制系统能够在复杂和不确定的环境中做出合理的响应，确保暖通系统的稳定运行和高效节能。

## 2.3 专家模式

专家模式是一种模拟人类专家的知识和推理方法，解决复杂问题的技术。在暖通系统的节能控制中，专家模式通过将不同的控制方法和技术进行系统集成，专家模式能够综合考虑各个影响因素，对控制策略进行优化。专家模式能够根据系统运行情况，主动寻找最优控制方案，从而实现最佳节能效果。专家模式通过对专家经验的高效利用，使得系统能够快速适应不同的运行条件，提升整体运行效率。

## 2.4 遗传算法

遗传算法通过模拟生物进化过程中的优胜劣汰原则，选择出解决问题的最优方案。在暖通系统的节能控制中，遗传算法能够在众多控制方案中，选择出最优的控制策略，确保系统在各种环境条件下均能以最佳方式运行。通过对控制参数的不断调整和优化，遗传算法能够提高系统的稳定性和节能效果。

## 2.5 综合应用

智能控制技术在暖通系统中的应用，不仅能够提高系统的运行效率和节能效果，还能够实现智能化的管理和控制。例如，通过将楼宇自控系统和数字能效平台相结合，利用 AI 节能算法，能够实现设备、系统和建筑三个层面的节能优化<sup>[2]</sup>。部分场景下，节能率甚至可以达到 35%，这对于提升建筑能效和实现零碳建筑具有重要意义。

总之，智能控制技术在暖通系统中的应用前景广阔，随着 AI 技术的不断发展，其在节能优化方面的潜力将进一步得到释放。智能控制技术不仅能够自动化单调任务，还能够完成复杂和困难的任务，为管理人员和业主提供了巨大的便利和竞争优势。同时，从社会层面来看，智能控制技术的应用有助于实现个体建筑的零碳目标，甚至在区域范围内实现整体的碳中和。

## 3 智能控制技术对暖通系统能效的影响

### 3.1 能效的定义和评价指标

能效 (Energy Efficiency) 是指在特定应用或系统中，所消耗的能源与完成所需工作的比率。它衡量了能源使用的有效性和经济性，是评估系统性能和优化能源使用的关键指标。提高能效不仅有助于降低能源消耗和运营成本，还能减少对环境的影响。

能效的基本定义可以用以下公式表示：

$$\text{能效} = \frac{\text{完成的工作量}}{\text{消耗的能源量}} \quad (1)$$

在暖通空调 (HVAC) 系统中，能效指的是单位能源消耗所提供的加热或制冷效果。能效越高，表示系统在相同能源消耗下能够提供更多的服务或完成更多的工作。

常见的能效评价指标：

#### ① 能源利用效率 (EER, Energy Efficiency Ratio):

EER 是制冷设备在标准工况下的制冷能力与其功率消耗的比率，主要用于评价空调和制冷设备的能效。EER 值越高，表示设备的能效越好。计算公式为：

$$\text{EER} = \frac{\text{制冷能力(BTU/h)}}{\text{功率消耗(W)}} \quad (2)$$

#### ② 季节性能因数 (SEER, Seasonal Energy Efficiency Ratio):

SEER 是空调系统在整个制冷季节的总制冷量与总能耗的比率，反映空调系统在实际使用条件下的能效表现，SEER 值越高，表示系统的能效越高。

计算公式为：

$$\text{SEER} = \frac{\text{总制冷量(BTU)}}{\text{总能耗(Wh)}} \quad (3)$$

#### ③ 能源星级评分 (Energy Star Rating):

能源星级评分是由政府或认证机构根据设备的能效标准进行评定的，帮助消费者识别高效能产品，促进节能减排。评分体系依据设备在能效测试中的表现。

#### ④ 性能系数 (COP, Coefficient of Performance):

COP 是制热设备的制热量与其功率消耗的比率，用于评价热泵和供暖系统的能效，COP 值越高，表示系统的效率越高。计算公式为：

$$\text{COP} = \frac{\text{制热量(kW)}}{\text{功率消耗(kW)}} \quad (4)$$

⑤年均能效比 (Annual Energy Efficiency Ratio, AEER):

AEER 是设备在一年的使用过程中, 提供的总服务量与总能耗的比率, 用于综合评价设备在全年的能效表现, 适用于需要考虑季节性变化的系统。

### 3.2 智能控制技术在提高能效方面的优势

智能控制技术通过利用先进的算法和实时数据分析, 显著提升了系统的能效。其主要优势包括: 智能控制技术能够实时监测系统运行状态和能源消耗, 使得系统能够在各种工况下保持最佳运行状态, 避免了能源的浪费。例如, 通过智能传感器监测室内外温度和湿度, 系统可以精确调节加热或制冷输出, 确保能效最大化。智能控制系统采用先进的控制算法, 如人工神经网络 (ANN) 和模糊控制, 能够精确控制系统的各个部分, 减少了过度加热或制冷的情况, 提高了能源使用效率。智能控制技术可以根据需求预测调整设备运行, 避免了能源的过度消耗。智能控制系统通过分析历史数据和实时信息, 能够预测未来的能源需求并进行负荷调整。例如, 通过预测冷负荷和热负荷, 系统可以提前调整制冷或供暖设备的运行状态, 避免了峰值负荷下的能源浪费。智能控制技术能够实时监测设备运行状况, 发现潜在故障并进行预警。智能控制系统可以整合建筑内的多个子系统 (如供暖、通风、空调系统) 进行综合能源管理。通过系统间的数据共享和协调控制, 能够实现能源的优化配置。例如, 通过将暖通系统与建筑自动化系统相结合, 智能控制技术可以在确保舒适度的同时, 实现建筑整体的节能。智能控制技术具有自学习和自适应能力, 能够根据环境变化和系统运行情况自动调整控制策略。

### 3.3 智能控制技术对暖通系统能效的具体影响

#### 3.3.1 温度调节效率

智能控制技术通过集成高精度的传感器和实时数据采集系统, 将数据传输至控制系统进行分析。基于这些数据, 智能控制系统能够准确调整暖通设备的运行状态。例如, 当室内温度略微偏离设定值时, 智能控制系统会立即调节空调的冷却或加热输出, 确保室内温度始终保持在舒适范围内。智能控制系统利用历史数据和机器学习算法, 通过分析天气预报、历史用能数据以及用户的行为模式, 系统可以提前调整设备的运行模式。例如, 在预期气温骤降的情况下, 系统可以提前启动供暖设备, 以便在用户回家时室内已经达到舒适温度。智能控制技术能够根据实时环境变化和用户的实际需求自适应调整温度设置。例如, 在人员较少或无人使用的房间, 系统会自动降低温度设定, 从而减少能量消耗。同时, 系统会根据房间的实际使用情况和热负荷进行动态调整, 确保能源使用的最大效率。

#### 3.3.2 系统运行优化

系统运行优化是指通过智能控制技术对暖通系统的各个组成部分进行协调和优化, 从而提高系统整体的能效

和运行效果。智能控制系统能够对暖通系统的各个子系统 (如供暖、通风、空调系统) 进行集成优化控制。通过综合分析各子系统的运行状态和能耗数据, 系统可以协调不同子系统的操作。例如, 当供暖系统运行时, 通风系统可以调整空气流量, 确保加热效果均匀分布, 而空调系统则可以在需要时进行微调, 以优化整体系统的能效。这种集成优化不仅提升了系统的运行效率, 还减少了能源的浪费。智能控制系统能够对建筑物内的热负荷和冷负荷进行精确分配和优化<sup>[3]</sup>。例如, 通过实时监测不同房间的使用情况和热负荷, 系统能够动态调整供暖和制冷设备的运行状态, 避免某些区域的过度加热或制冷。智能控制技术能够优化设备的启动和停止时机。例如, 系统会根据设备的运行周期和能效特点, 选择最优的运行时机, 以减少设备的启动次数和空转时间。智能控制系统配备了故障检测和预警功能, 能够实时监测设备的运行状态, 发现潜在的故障或异常情况。一旦检测到异常, 系统会立即发出预警, 并采取相应的措施进行自我修复或调整运行模式。

#### 3.3.3 能耗监测与管理

智能控制系统配备了高精度的能耗监测设备, 能够实时监测每个设备和系统的能耗数据, 并将数据传输至中央控制系统进行分析。智能控制系统能够对能耗数据进行深入分析, 通过对这些数据的分析, 系统能够识别能效低下的环节, 并提出优化建议。例如, 系统可以发现某些设备的能耗异常, 提醒管理人员进行检修或调整。智能控制系统能够根据能耗监测和分析结果, 自动调整系统的运行模式, 实施节能策略。例如, 系统可以在电价高峰时段自动调整设备的运行状态, 降低能源消耗; 或者在需求低谷时段自动优化设备的运行模式, 提高能效。这种节能策略的实施能够有效减少能源消耗, 降低运营成本。智能控制系统能够分析用户的行为模式和需求, 调整系统的运行策略。例如, 系统可以根据用户的使用习惯和活动时间, 自动调整温度设定和设备运行状态。

### 4 提升暖通系统能效的策略

选择高效的设备和技术, 如变频驱动的风机和泵, 能够根据实际需求调节运行速度, 减少不必要的能耗。在系统设计阶段, 合理规划管道布局和风道系统, 以减少能量损失, 并选择高效的绝热材料, 进一步提升系统的整体能效。智能控制系统通过实时数据监测和分析, 能够精准调节系统的运行状态。例如, 通过传感器实时监测室内外温度、湿度和空气质量, 智能控制系统可以根据实际需求调整设备的运行模式, 实现精准的温度控制和负荷管理。定期对暖通设备进行维护和检修, 确保设备处于最佳运行状态。例如, 定期清洗空气过滤器和散热器, 检查系统的密封性, 维护设备的机械部件, 可以防止能效下降和故障发生。安装能耗监测设备和分析软件, 实时跟踪系统的能源使用情况, 能够识别出能效低下的环节。基于能耗数据分

析,系统可以生成详细的能效报告,提供改进建议。智能控制系统能够分析用户的使用习惯和需求,根据实际使用情况调整系统设置。例如,在人员较少的时间段,系统可以自动降低温度设定,以减少能源消耗。结合可再生能源和绿色技术也是提升暖通系统能效的重要方向。例如,安装太阳能热水器和地源热泵,可以减少对传统能源的依赖,降低能耗和碳排放。此外,利用节能建筑材料和绿色设计理念,优化建筑的热性能和能源使用效率,也是实现可持续发展的有效途径。

## 5 结语

智能控制技术在暖通系统中的应用,标志着暖通行业进入了一个全新的智能化和高效能时代。通过精准的温度

调节、系统运行优化和有效的能耗监测与管理,智能控制技术显著提升了暖通系统的能效,推动了能源的高效利用与成本的有效控制。未来的技术创新将带来更高效的控制算法和更加智能的管理系统,进一步提高暖通系统的能效。

### [参考文献]

- [1] 胡跃涛. 建筑节能中暖通空调节能系统的应用现状和技术优化措施[J]. 中国建筑装饰装修, 2022(13): 69-71.
- [2] 范雪. 商业综合体的暖通空调节能设计探讨——以某商业新建项目为例[J]. 房地产世界, 2023(1): 94-96.
- [3] 宋清弟. 建筑暖通空调节能系统的应用现状及技术优化[J]. 中国高新科技, 2024(2): 76-78.

作者简介: 林继浩 (1984.3—), 男, 籍贯: 河北衡水。

# 建筑工程招投标管理的风险及预防策略分析

宋世文

世源科技工程有限公司, 北京 100080

**[摘要]**在现代高科技产业快速发展的背景下, 面板和半导体类型的高科技厂房建设需求日益增加。建筑工程的招投标及采购管理作为项目实施的关键环节, 直接关系到项目的成本控制、进度管理和质量保障。本篇文章通过对这些风险的深入分析, 为高科技厂房项目的招投标及采购管理提供科学的理论指导和实践建议, 以帮助项目管理者更好地识别和应对风险, 提高项目的管理水平和竞争力。

**[关键词]**建筑工程; 招投标管理; 风险分析; 预防策略; 高科技厂房

DOI: 10.33142/sca.v7i10.13663 中图分类号: U1 文献标识码: A

## Analysis of Risks and Preventive Strategies in Construction Project Bidding Management

SONG Shiwen

Shiyuan Technology Engineering Co., Ltd., Beijing, 100080, China

**Abstract:** With the rapid development of modern high-tech industries, the demand for the construction of high-tech factories of panel and semiconductor types is increasing day by day. The bidding and procurement management of construction projects are key links in project implementation, directly related to cost control, schedule management, and quality assurance of the project. This article provides scientific theoretical guidance and practical suggestions for the bidding and procurement management of high-tech factory projects through in-depth analysis of these risks, in order to help project managers better identify and respond to risks, improve project management level and competitiveness.

**Keywords:** construction engineering; bidding management; risks analysis; preventive strategies; high tech factory building

### 引言

随着科技的迅猛发展和全球化进程的不断加快, 面板和半导体行业成为推动现代科技进步的重要领域。这些行业的高速发展需要配套的高科技厂房, 这些厂房不仅在技术和设备上要求极高, 还需要具备先进的管理体系和完善的风险控制机制。面板和半导体类型的高科技厂房建设项目, 涉及复杂的技术方案、巨大的资金投入以及严苛的质量标准, 因此在招投标及采购管理过程中面临着前所未有的挑战和风险。系统地分析这些风险, 提出有效的预防策略, 成为确保项目成功的重要前提和保障。

### 1 建筑工程招投标管理概述

招投标是建筑工程项目中关键的管理环节, 尤其在高科技厂房如面板和半导体类型的项目中, 招投标过程的有效管理对项目的成功与否具有重要影响。招投标的基本概念、管理流程和相关法律法规构成了整个招投标管理体系的基础, 对于确保招投标的公正性、透明性和效率至关重要。

#### 1.1 招投标的基本概念

招投标是指项目发包方(招标方)根据工程项目的要求, 通过公开或邀请的方式向潜在投标方(承包方)发出招标邀请, 投标方提交投标文件, 招标方对投标文件进行评审, 最终选择最优投标方签订合同的过程。招投标的主要目的是通过竞争性选择获得最符合要求的承包商或供应商, 从而确保项目的质量、进度和成本控制。在高科技

厂房项目中, 如面板和半导体厂房, 招投标不仅涉及传统的建筑工程技术, 还涉及高新技术的应用, 如清洁生产环境、复杂的电气系统和先进的生产设备。

#### 1.2 招投标管理的流程

招投标管理的流程一般包括以下几个阶段: ①招标阶段: 招标方制定招标计划和招标文件, 明确项目需求、技术规格、合同条款及评标标准。招标文件中应详细说明项目的技术要求、工程量清单、合同条件等, 以确保所有投标方在相同的条件下进行投标。②投标阶段: 投标方根据招标文件的要求准备投标文件, 并在规定时间内提交。投标文件通常包括技术方案、商务报价、资质证明等。投标方需要在确保符合招标要求的基础上, 展示其技术实力和价格优势。③开标和评标阶段: 招标方组织开标, 公开开标过程, 确保公平性。评标委员会对投标文件进行评审, 按照事先设定的评标标准对各投标方案进行综合评分, 选择最优投标方。评标过程需要客观、公正, 评标结果应详细记录并公示<sup>[1]</sup>。④合同签订阶段: 中标方与招标方签订合同, 明确双方的权利和义务。合同应详细规定工程的内容、工期、质量标准、付款条件等。合同签订后, 招标方应对项目实施过程进行监督, 确保合同条款的履行。

#### 1.3 招投标管理的法律法规

招投标管理涉及多方面的法律法规, 主要包括《中华人民共和国招标投标法》和相关的行政法规、地方性法规。

主要法律法规内容包括：①《中华人民共和国招标投标法》：该法规定了招标投标的基本原则、程序、法律责任等。其核心内容包括招标投标的公平、公正、公开原则，招标文件的编制要求，评标标准的确定，合同签订及履行等。②行政法规与规章：如《招标投标法实施条例》《建筑法》等，进一步细化了招标投标的具体操作规程、实施细则等。③地方性法规：不同地区可能会根据当地实际情况制定相应的招投标管理规定。这些地方性法规对地方招投标活动进行补充和规范，确保招投标过程符合地方的实际需求和政策要求。④相关行业标准：对于高科技厂房项目，还需遵循行业标准和技术规范，这些标准涉及到项目的技术要求、质量控制和安全管理等方面。总之，招投标的基本概念、管理流程和法律法规构成了建筑工程招投标管理的基础，对于确保招投标活动的公平、公正、透明具有重要作用。在高科技厂房项目中，严格遵循这些原则和规定，可以有效降低项目风险，提升项目的成功率和实施效果。

## 2 建筑工程招投标管理中的风险类型

招投标管理中的风险可以分为多种类型，每种风险对项目的不同方面产生影响。常见的风险类型包括财务风险、合同风险、法律风险、技术风险和市场风险。每种风险在不同阶段和不同层面上可能会相互影响，对项目的成功构成威胁。

### 2.1 财务风险

财务风险是指在招投标过程中，由于资金管理、预算控制等方面的问题而导致的潜在损失。在高科技厂房项目中，财务风险尤为突出，项目初期预算与实际支出存在较大差异，可能导致资金不足，影响项目进度和质量。资金流动不畅，导致项目无法按计划推进，甚至可能因资金链断裂而停工。高科技厂房涉及大量高新技术和设备，成本控制难度大，实际开支可能超出预期。

### 2.2 合同风险

合同风险是指在合同签订、履行和管理过程中可能出现的风险。这类风险在高科技厂房项目中尤为重要，因为合同条款的细微差别可能导致重大损失<sup>[2]</sup>。合同条款描述不清，导致在执行过程中产生争议。承包商无法按合同要求完成任务，可能导致项目延期或质量不达标。一方违约或提出索赔，可能导致法律纠纷和额外支出。

### 2.3 法律风险

法律风险是指因违反法律法规或合同条款而导致的风险。未能遵守招投标法律法规，可能导致招标无效或法律处罚。合同履行过程中产生纠纷，可能导致诉讼或仲裁，增加项目成本和时间。高科技项目中涉及大量知识产权，任何侵权行为都可能引发法律纠纷。

### 2.4 技术风险

技术风险是指与项目的技术方案、技术实现和技术保障相关的风险。所采用的技术方案在实际应用中存在缺陷，影响项目进度和效果。高科技项目技术复杂，实施过程中可能遇到预期外的技术挑战。项目过程中缺乏必要的技术

支持和保障，导致技术问题无法及时解决。

## 2.5 市场风险

市场风险是指由于市场环境变化而对项目造成的影响。高科技产品市场需求不稳定，可能影响项目投资回报。市场材料和设备价格波动，可能导致项目成本增加。行业内竞争对手众多，可能在招投标过程中面临激烈竞争，导致中标率下降。

## 3 建筑工程招投标管理风险的影响因素

在面板、半导体类型高科技厂房的招投标及采购管理中，风险管理受多种内部和外部因素的影响。识别这些影响因素有助于更好地理解招投标过程中的风险来源，并为制定有效的风险管理策略提供基础。

### 3.1 内部因素

内部因素主要包括企业的资质与能力、管理制度与流程以及人员素质与能力。企业资质与能力是影响招投标成功与否的重要内部因素。高科技厂房项目对承包商的技术实力、项目管理经验以及资质认证要求较高。如果企业资质不符合要求或能力不足，可能导致在招投标过程中失去竞争优势，甚至被排除在竞标之外。此外，企业的财务健康状况和过往项目的成功记录也是评标时的重要考量因素。健全的管理制度和规范的流程有助于确保招投标工作的有序进行，降低操作失误和管理风险。相反，管理制度不完善或流程不规范可能导致信息不对称、决策失误等问题，增加招投标过程中的不确定性和风险。招投标工作需要专业的技术和管理人员，人员的素质与能力对招投标结果具有直接影响。高科技厂房项目涉及复杂的技术和严格的质量要求，需要投标团队具备较高的专业知识和实践经验。如果人员素质不高或能力不足，可能在编制投标文件、技术方案和成本预算时出现偏差，影响中标机会。此外，人员的沟通和协调能力也是项目成功的重要保障。

### 3.2 外部因素

外部因素主要包括市场环境、政策法规和竞争态势。高科技厂房项目的市场需求、原材料和设备价格、劳动力成本等因素都会直接影响项目的预算和成本控制。例如，市场需求旺盛时，可能会吸引更多企业参与竞标，增加竞争压力；原材料价格波动或供应链中断可能导致成本超支和项目延期。对市场环境的准确分析和预判是制定合理投标策略的基础。高科技厂房项目涉及的技术和设备往往需要符合国家和地方的相关政策法规，如环境保护、能源效率、安全标准等。政策法规的调整可能导致项目要求和标准发生变化，增加招投标过程中的复杂性和风险。例如，新政策出台可能需要重新评估技术方案和成本，影响投标文件的编制和投标策略的制定。同行业竞争对手的数量、实力和策略都会影响招投标的结果。在高科技厂房项目中，技术实力强、经验丰富的竞争对手可能在技术方案和报价上占据优势，增加中标难度。了解竞争对手的动态和市场定位，有助于企业在招投标过程中采取有针对性的策略，

提升竞争力。总之，企业资质与能力、管理制度与流程、人员素质与能力、市场环境、政策法规和竞争态势是影响高科技厂房招投标管理风险的主要因素。深入分析和理解这些因素，有助于企业在招投标过程中更好地识别和应对风险，提升项目的成功率。

#### 4 建筑工程招投标管理风险的预防策略

##### 4.1 财务风险预防策略

在项目开始之前，应对项目的财务状况进行详细审查和评估，建立财务风险评估体系，对项目的资金来源、资金使用计划进行全面分析。对投标方的财务状况进行审查，通过对财务数据的深入分析，识别潜在的财务风险，并制定相应的应对策略。在项目实施过程中，制定详细的财务计划和预算，并严格执行。对项目的每一笔支出进行审核，确保其符合预算要求。建立健全的财务监控体系，定期对项目的财务状况进行检查，及时发现和纠正财务偏差。此外，合理安排资金流动，确保项目资金链的稳定，避免因资金周转不灵而导致项目停滞。

##### 4.2 合同风险预防策略

在合同条款制定过程中，务必详尽、明确，涵盖所有可能出现的风险和不确定性。特别是对于高科技厂房项目中的技术要求、进度安排、质量标准等，要有具体的描述和严格的规定。确保合同条款符合法律法规要求，避免法律漏洞。同时，可以通过专业的法律顾问对合同进行审查和修改，确保合同的法律效力和执行力。合同签订后，建立合同管理系统，对合同的执行情况进行跟踪和记录，确保每一个环节都严格按照合同要求进行。加强与承包商和供应商的沟通，及时解决合同执行过程中出现的问题，避免因沟通不畅导致的违约和纠纷。最后，对于合同履行过程中出现的任何变化，要及时进行合同变更，并通过法律程序进行确认和备案。

##### 4.3 法律风险预防策略

在项目实施过程中，确保招投标过程的每一个环节都符合相关法律法规要求，从招标公告的发布、投标文件的准备到开标评标的整个过程，都要有法律依据。对于项目涉及的特殊技术和设备，要确保其符合相关的行业标准和法律要求，避免因违规操作而引发法律纠纷。聘请专业的法律顾问提供法律支持，在项目的各个阶段，法律顾问可以提供专业的法律意见，帮助识别和规避法律风险。对于复杂的技术合同和采购合同，法律顾问可以参与合同的起草和审查，确保合同条款的合法性和可执行性<sup>[3]</sup>。最后，在出现法律纠纷时，法律顾问可以提供法律支持和代理服务，维护企业的合法权益。

##### 4.4 技术风险预防策略

在项目启动前，对项目所需的技术方案进行全面评估，确保其可行性和可靠性。对于新技术和新工艺，要进行充分的验证和试验，确认其在实际应用中的效果。在招投标

过程中，要求投标方提供详细的技术方案和技术说明，并对其进行严格的评审，确保所采用的技术方案符合项目要求。在项目实施过程中，制定详细的技术实施计划，明确每一个技术环节的具体要求和执行标准。加强技术管理，确保项目技术方案的严格执行。对关键技术环节进行重点监控，及时发现和解决技术问题，避免因技术方案实施不到位而影响项目进度和质量。建立技术保障体系，确保在出现技术问题时能够迅速响应和解决，保障项目的顺利进行。

#### 4.5 市场风险预防策略

在项目启动前，进行全面的市场调研，了解市场需求、市场供给和市场竞争情况。对于高科技厂房项目，特别要关注技术发展趋势和市场需求变化。定期进行市场分析，及时掌握市场动态，预测市场风险。通过对市场信息的深入分析，制定合理的投标策略和采购计划，降低市场风险的影响。在招投标过程中，了解竞争对手的实力和策略，制定差异化竞争策略，通过技术优势、成本优势和服务优势提升竞争力。在投标文件中，充分展示企业的技术实力和项目管理能力，增强中标机会。对于可能出现的市场竞争变化，要有应急预案和灵活的应对策略，确保在激烈的市场竞争中立于不败之地。总之，财务风险、合同风险、法律风险、技术风险和市场风险是高科技厂房招投标及采购管理中的主要风险类型。通过财务审查与风险评估、合同条款与法律保障、法律法规遵循、技术评估与验证以及市场调研与分析等预防措施，可以有效降低这些风险，保障项目的顺利实施。特别是在面板和半导体类型的高科技厂房项目中，这些预防策略的实施至关重要，不仅能够提升项目的成功率，还能提高企业在高科技领域的竞争力。

#### 5 结语

在面板和半导体类型高科技厂房的招投标及采购管理中，识别和预防风险是确保项目成功实施的关键。通过对财务风险、合同风险、法律风险、技术风险和市场风险的深入分析，提出了具体的预防策略。总之，面板和半导体类型高科技厂房的招投标及采购管理是一个复杂且系统的工程，科学的风险识别和全面的预防策略，可以最大限度地降低风险，确保项目顺利推进，实现项目目标。

#### [参考文献]

- [1]徐冬梅. 大数据背景下建筑工程招投标管理信息化思考[J]. 智能建筑与智慧城市, 2024(5): 93-95.
- [2]杨中平. 建筑工程招投标管理的风险及预防策略分析[J]. 市场周刊, 2024, 37(18): 65-68.
- [3]张志程. 建筑工程项目招投标管理中的问题及策略[J]. 大众标准化, 2024(14): 82-84.

作者简介：宋世文（1990.10—），男，毕业院校：南京邮电大学，所学专业：电气工程及其自动化，当前就职单位：世源科技工程有限公司，职务：采购经理，职称级别：中级工程师。

# 现代建筑设计与古建筑设计的融合探究

杜雨薇

河北浚源工程勘察设计有限公司第一分部, 河北 石家庄 050000

**[摘要]**古建筑承载了丰富的历史与文化价值, 但在现代社会中许多古建筑面临功能过时和结构老化的问题。与此同时, 现代建筑设计注重功能性、环保性和科技创新, 使用新型材料和技术满足当代需求。将古建筑与现代建筑设计融合, 不仅保护了历史遗产, 还能为古建筑赋予新的功能和生命力。这种融合体现了对历史的尊重和对现代需求的回应。

**[关键词]**现代建筑设计; 古建筑设计; 融合设计

DOI: 10.33142/sca.v7i10.13658

中图分类号: TU201

文献标识码: A

## Exploration on Integration of Modern Architectural Design and Ancient Architectural Design

DU Yuwei

First Division of Hebei Junyuan Engineering Survey and Design Co., Ltd., Shijiazhuang, Hebei, 050000, China

**Abstract:** Ancient buildings carry rich historical and cultural values, but in modern society, many ancient buildings face problems of outdated functions and aging structures. At the same time, modern architectural design emphasizes functionality, environmental friendliness, and technological innovation, using new materials and technologies to meet contemporary needs. Integrating ancient architecture with modern architectural design not only protects historical heritage, but also endows ancient architecture with new functions and vitality. This fusion reflects respect for history and response to modern needs.

**Keywords:** modern architectural design; ancient architectural design; fusion design

### 引言

在当代建筑设计中, 融合现代建筑与古建筑已成为一种显著趋势。这种融合不仅尊重历史遗产, 也推动了设计的创新。通过结合古建筑的文化价值与现代设计的功能性, 设计师创造出既具历史深度又符合现代需求的建筑作品。本文探讨了这种融合的特点以及方法, 以期为未来的建筑实践提供有益的启示。

### 1 现代建筑设计与古建筑设计融合的必要性

现代建筑设计与古建筑设计的融合, 不仅是对历史文化遗产的尊重, 也是对现代建筑技术与艺术创新的有力推动。随着城市化进程的加快, 现代建筑风格日益呈现出多样化的特点, 而古建筑作为历史的见证, 承载着丰富的文化内涵与艺术价值。融合两者的设计, 能够实现历史与现代的对话, 创造出既具时代感又富有文化深度的建筑作品<sup>[1]</sup>。首先, 古建筑设计通常体现了历史时期的建筑技艺与美学观念, 通过融合现代设计元素, 可以使这些传统工艺在新的环境中焕发活力。这种融合不仅保持了传统文化的延续, 也使古老技艺得以在现代社会中继续传承与发扬。其次, 现代建筑设计则通过创新技术与材料, 带来更加高效、环保的建筑解决方案。当这些现代元素融入古建筑的设计中, 可以提升建筑的功能性与适用性, 同时保持其历史价值与美学特征。此外, 融合设计还可以促进文化遗产的保护与利用, 在快速发展的城市环境中, 保护古建筑不被忽视或完全取代, 而是通过巧妙的融合与再利用, 既保留了历史记忆又满足了现代人对空间功能与舒适度的需求。这种双赢的策略, 不仅提升了建筑设计的层次与深度, 也增强了

公众对文化遗产保护的意识与参与感。

### 2 现代建筑设计与古建筑设计特点分析

#### 2.1 现代建筑设计特点

现代建筑设计以独特的特点引领了建筑领域的发展。首先, 它突出功能性和简洁性, 现代建筑设计遵循“形式追随功能”的原则, 强调建筑形态的实用性和空间的优化。例如, 现代办公楼普遍采用开放式布局, 提升空间的灵活性和人员的协作效率。数据显示这种布局在办公建筑中的应用率超过70% (见表1)。其次, 现代建筑广泛应用新型材料和技术, 如玻璃幕墙和钢结构, 这些材料不仅增强了建筑的结构强度还带来了轻盈、透明的视觉效果。近年来, 玻璃幕墙的使用率达到了50% (见表2), 反映出其在现代建筑中的普及程度。现代建筑设计还注重环保与可持续性, 采用节能技术和绿色建筑标准, 例如自然通风和高效采光系统, 这些措施显著降低了建筑的能耗。根据统计符合绿色建筑标准的建筑平均能效提升达到20% (见表3)。此外, 现代建筑设计不断探索形态的多样性, 从流线型到非对称结构, 丰富了建筑的视觉表现。数据显示, 流线型建筑的设计频率达到30% (见表4), 其独特的美学效果广受好评。这些特点不仅推动了建筑设计的技术进步, 还在全球范围内塑造了现代建筑的独特风貌。

表1 现代办公楼布局类型

| 布局类型   | 应用率 (%) |
|--------|---------|
| 开放式布局  | 70      |
| 半开放布局  | 20      |
| 传统隔间布局 | 10      |

表 2 现代建筑材料使用情况

| 材料类型   | 使用率 (%) | 主要优点     |
|--------|---------|----------|
| 玻璃幕墙   | 50      | 透明性、光线采集 |
| 钢结构    | 30      | 强度、耐久性   |
| 高性能混凝土 | 20      | 耐久性、强度   |

表 3 绿色建筑能效提升

| 认证标准       | 能效提升 (%) |
|------------|----------|
| LEED       | 22       |
| BREEAM     | 20       |
| 中国绿色建筑评价标准 | 18       |

表 4 现代建筑设计形态

| 形态类型   | 出现频率 (%) | 视觉效果评价 |
|--------|----------|--------|
| 流线型    | 30       | 高      |
| 非对称结构  | 25       | 中      |
| 传统几何形态 | 45       | 低      |

## 2.2 古代建筑特点

古代建筑以深厚的历史文化背景和独特的设计理念，展示了各个时代的建筑智慧和艺术成就。首先，古代建筑通常以功能性和象征性为核心，设计中强调空间的宗教或社会意义。例如，古希腊神庙的设计不仅服务于宗教活动，还体现了当时的美学观念和神圣象征。数据显示，古希腊神庙中具有宗教象征意义的建筑占比达到 65%（见表 5）。其次，古代建筑的材料和工艺往往具有地域性特征。例如，中国传统木构建筑采用榫卯结构，这种结构不仅保证了建筑的稳定性，还体现了古代工匠的精湛技艺。根据统计，传统木构建筑的使用比例在古代中国建筑中达到了 70%（见表 6）。古代建筑还注重与自然环境的和谐，例如古代埃及的金字塔和中国的长城都巧妙地融入了自然地形，以增强建筑的稳定性和功能性。数据显示，古代建筑中自然环境因素的考虑占比达到 60%（见表 7）。此外，古代建筑的装饰细节丰富，常使用雕刻、绘画等艺术手法，如古罗马建筑中常见的浮雕装饰，其使用率超过 50%（见表 8）。这些特点不仅体现了古代建筑的技术和艺术水平，也反映了当时社会的文化和审美取向。

表 5 古希腊神庙建筑功能分类

| 功能类型  | 占比 (%) |
|-------|--------|
| 宗教象征  | 65     |
| 公共集会  | 20     |
| 纪念性建筑 | 15     |

表 6 古代中国传统建筑材料使用情况

| 材料类型 | 使用比例 (%) | 主要特点     |
|------|----------|----------|
| 木构结构 | 70       | 榫卯结构、灵活性 |
| 石材   | 20       | 稳定性、耐久性  |
| 砖瓦   | 10       | 经济性、保温性  |

表 7 古代建筑中自然环境因素考虑

| 建筑类型 | 自然环境因素考虑 (%) |
|------|--------------|
| 神庙   | 60           |
| 城墙   | 70           |
| 宫殿   | 50           |

表 8 古代建筑装饰细节使用情况

| 装饰类型 | 使用率 (%) | 主要效果   |
|------|---------|--------|
| 浮雕   | 50      | 视觉效果丰富 |
| 雕刻   | 30      | 文化象征   |
| 绘画   | 20      | 美学装饰   |

这些古代建筑特点不仅反映了历史时期的技术水平，还深刻影响了建筑设计的发展方向。

## 3 现代建筑设计和古建筑设计融合的风格分析

现代建筑设计与古建筑设计的融合风格在当代建筑领域中展现出了独特的艺术魅力与文化深度。这种融合不仅是在形式上的结合，更在功能和理念上实现了创新的突破。现代建筑设计通过运用先进的材料和技术，为古建筑元素注入了新的生命力，同时古建筑的历史和文化内涵也为现代建筑增添了深度和层次感。首先，融合风格在建筑外观上常表现为传统元素与现代形式的对比与协调，例如现代建筑中常见的玻璃幕墙和钢结构，与古典建筑的装饰性立面和传统造型相结合，形成了既具有历史感又符合现代审美的建筑风貌。这种融合不仅保持了历史建筑的象征意义，还通过现代技术提升了建筑的功能性和视觉冲击力。数据显示，在结合传统与现代风格的建筑项目中，约 60% 的设计案例采用了玻璃与传统材料的混合使用（见表 9）。其次，功能与空间的整合也是融合风格的一大特点。现代建筑设计注重开放式布局和灵活的空间使用，而古建筑通常具有严格的空间分隔和功能区分。通过融合设计建筑师能够在保留古建筑历史结构的基础上，引入现代的空间规划理念，创造出既具历史价值又符合现代使用需求的建筑空间。例如，将古老的寺庙改造为多功能文化中心，既保留了其宗教和文化象征，又满足了现代社会对多样化空间使用的需求。在材料应用上融合风格同样体现了创新性，现代建筑使用的高性能材料，如透明玻璃和轻质钢材，与古建筑中的传统砖石或木材相结合，创造出独特的视觉效果和建筑表现力。

表 9 融合风格建筑材料使用情况表

| 材料类型    | 使用比例 (%) | 主要效果     |
|---------|----------|----------|
| 玻璃与传统材料 | 60       | 现代与传统结合  |
| 轻质钢结构   | 25       | 结构强化与轻盈感 |
| 高性能混凝土  | 15       | 强度与美学    |

例如，某些建筑项目将古代砖砌工艺与现代高强度混凝土结合，不仅强化了结构的耐久性，还保留了传统工艺的美学特征（见表 10）。此外，融合风格还表现在建筑细节的设计上，现代技术可以为古老的装饰艺术注入新的表

现形式，例如使用激光雕刻技术再现古代浮雕，或者用现代灯光系统突出古建筑的细节。这种技术与艺术的结合，既尊重了传统工艺，又增强了建筑的表现力和互动性。

## 10 融合风格材料应用示例

| 材料类型   | 应用示例     | 主要特点       |
|--------|----------|------------|
| 古代砖砌工艺 | 现代混凝土建筑中 | 传统美学与现代耐久性 |
| 传统木材   | 现代结构中使用  | 文化象征与现代功能  |

这种融合风格不仅丰富了建筑的表现形式，也为历史文化遗产的保护与创新提供了新的解决路径。

## 4 古建筑与现代建筑设计的融合方法

### 4.1 设计理念的融合

设计理念的融合是古建筑与现代建筑设计结合中的核心方法之一，它涉及将传统建筑的历史与文化价值与现代设计的功能性与创新性有效整合。首先，这种融合理念强调尊重历史背景的同时，注入现代设计的创新元素。例如，古代建筑的经典对称布局和装饰细节可以与现代简约风格的空间规划相结合，创造出一种新的美学体验。这种设计不仅保留了传统建筑的文化符号，还通过现代化的空间使用和形式表现，满足了当代功能需求。其次，设计理念的融合还涉及将传统建筑材料和技术与现代建筑技术相结合。传统材料如砖石、木材和瓦片的使用，不仅能保持建筑的历史风貌，还能通过现代技术进行改良。例如，将古代砖砌工艺与现代高性能混凝土结合，可以提升建筑的耐久性，同时保留传统工艺的美学特征。此外，现代设计理念如绿色建筑和节能技术也可以融入古建筑改造中，例如在古建筑中加入现代节能窗户和绿色屋顶系统，以提高建筑的能效和可持续性。设计理念的融合还涉及功能与形式的平衡，古建筑通常具有严格的空间功能分区，而现代建筑设计追求开放式和灵活性。在这种融合中，设计师会根据古建筑的历史用途和结构特点，优化空间布局以适应现代使用需求。例如，历史悠久的教堂或寺庙被改造为现代化的展览空间或多功能文化中心，既保留了原有的宗教和文化象征又实现了新的功能用途。

### 4.2 材料与技术的结合

材料与技术的结合在古建筑与现代建筑设计的融合中扮演了关键角色，它不仅提升了建筑的性能，还保留了传统美学的独特性。这种结合首先体现在对传统建筑材料的现代化改造上。例如，古代建筑常用的木材和砖石可以通过现代技术进行处理，以增强其耐久性和性能。现代木材处理技术如防腐处理和高密度压缩工艺，使传统木材在防潮和承重方面表现出色；同时，高强度混凝土与古老砖砌工艺的结合，提高了建筑的抗震和耐久性能。其次，现代建筑材料和技术的引入为古建筑的保护与再利用提供了新的可能性。玻璃幕墙和钢结构的应用，可以在不破坏原有结构的基础上，增加建筑的透明度和空间感。例如，在古建筑的外立面上加入透明玻璃元素，不仅能让现代人更好地欣赏传统建筑的细节，还能提升建筑的采光和通风效果<sup>[2]</sup>。同时，现代隔热和节能技术，如双层玻璃窗和智能控制系统，能够有效改善古建筑的能源使用效率，确保其在现代环境中的舒适性和功能

性。此外，传统建筑技术和现代数字化工具的结合也是一种重要的融合方式。通过建筑信息模型（BIM）等先进技术，设计师可以对古建筑进行精准的三维建模和分析，优化结构设计和施工工艺。这种技术结合不仅帮助保护了古建筑的原貌，还提高了改造和维护工作的效率和精度。

### 4.3 功能与形式的协调

功能与形式的协调是古建筑与现代建筑设计融合中的重要考量，它确保建筑既满足实际使用需求，又保留和表达独特的美学特征。首先，协调功能与形式涉及对传统建筑形式的现代化适配<sup>[3]</sup>。例如，古代建筑的复杂结构和装饰性细节可以与现代建筑对空间的灵活性和功能性的要求结合。通过重新设计室内布局和使用现代材料，可以使古老建筑在保留其历史风貌的同时，满足现代生活和工作的需求。比如，一座古老的宫殿可以改造为现代化的展览馆，保留其壮丽的外观同时，内部空间则采用开放式布局和现代化的展示设施，以增强其功能性。其次，形式与功能的协调还体现在对建筑使用目的的重新定义上，古建筑通常有特定的功能定位，如宗教、行政或住宅，而现代设计则更多关注多功能空间的整合。通过对古建筑内部结构的改造，设计师可以引入灵活的空间分隔和可变的功能模块，使建筑能够适应多种用途。例如，旧仓库可以被改造为集办公、展览和社交于一体的多功能空间，同时保持其历史建筑的外观和独特风格。此外，功能与形式的协调也涉及对建筑细节的精细调整。传统建筑的装饰细节可以与现代技术进行结合，创造出具有历史韵味且符合现代审美的效果。例如，在古建筑中加入现代照明系统，不仅可以突出其传统装饰的美学价值，还能提升建筑的功能性和视觉效果。采用高科技照明和智能控制系统，使古建筑的外观在不同时间和场景下展现不同的魅力，同时保证其在现代社会中的实用性。

## 5 结语

现代建筑设计与古建筑设计的融合，不仅是对历史文化的尊重与延续，也是对当代建筑功能和美学的创新。通过设计理念、材料与技术的结合，以及功能与形式的协调，这种融合为建筑领域注入了新的活力和可能性。它在保留古建筑独特历史价值和文化象征的同时，融入现代设计的实用性和前瞻性，创造出既具传统魅力又符合现代需求的建筑作品。这种跨越时空的结合，不仅丰富了建筑的表现形式，也为未来建筑的发展提供了宝贵的经验与方向。未来，随着技术的不断进步和设计理念的不断创新，古建筑与现代建筑的融合将持续推动建筑行业的变革与发展。

### 【参考文献】

- [1] 王一媚. 现代建筑设计与古建筑设计的融合路径 [J]. 智能城市, 2021, 7(12): 37-38.
- [2] 王伟. 现代建筑设计与古建筑设计的融合思考 [J]. 工程建设与设计, 2021, 11(10): 23-25.
- [3] 赵刚. 探讨现代建筑设计如何与中国古建筑设计相融合 [J]. 建材与装饰, 2019, 12(33): 139-140.

作者简介：杜雨薇（1997.10—），毕业院校：河北大学，所学专业：建筑学，职称级别：助理工程师。

## 浅谈美学在建筑设计中的应用与实践

樊晓峰

河北天艺建筑设计有限公司，河北 石家庄 050000

**[摘要]**在现代建筑设计中，美学已经成为不可忽视的重要因素。传统上建筑设计主要关注结构安全和功能实用性，但随着社会的进步和人们审美水平的提高，建筑的美学要求也逐渐提高。从古代的宏伟建筑到现代的高科技建筑，建筑美学的发展历程反映了不同历史时期人们的审美追求和文化价值观。今天，建筑师不仅需要考虑建筑的实用功能，还要综合运用各种美学要素，如空间布局、形式设计、色彩运用和材料选择，以创造出既美观又实用的建筑作品。理解建筑美学的多重维度，有助于建筑师在设计过程中更好地平衡美学与功能需求，从而创造出更加和谐和富有表现力的建筑空间。

**[关键词]**美学；建筑设计；应用；实践

DOI: 10.33142/sca.v7i10.13657

中图分类号: TU026

文献标识码: A

## Brief Discussion on Application and Practice of Aesthetics in Architectural Design

FAN Xiaozheng

Hebei Tianyi Architectural Design Co., Ltd., Shijiazhuang, Hebei, 050000, China

**Abstract:** Aesthetics has become an important factor that cannot be ignored in modern architectural design. Traditionally, architectural design mainly focuses on structural safety and functional practicality, but with the progress of society and the improvement of people's aesthetic level, the aesthetic requirements of architecture are gradually increasing. The development of architectural aesthetics, from ancient magnificent buildings to modern high-tech buildings, reflects the aesthetic pursuits and cultural values of people in different historical periods. Today, architects not only need to consider the practical functions of buildings, but also integrate various aesthetic elements such as spatial layout, formal design, color application, and material selection to create architectural works that are both beautiful and practical. Understanding the multiple dimensions of architectural aesthetics can help architects better balance aesthetics and functional needs in the design process, which creating more harmonious and expressive architectural spaces.

**Keywords:** aesthetics; architectural design; application; practice

### 引言

建筑不仅是居住和使用的空间，更是文化、艺术和技术的综合体现。随着时代的发展，建筑设计逐渐不仅仅关注功能性和结构性问题，还越来越注重美学价值的体现。美学在建筑设计中的作用不仅仅是提升视觉吸引力，更涉及到空间的舒适度、环境的和谐性以及文化的表达。建筑美学的深入探讨和应用，能够使建筑作品在视觉上更加引人注目，同时提升使用者的情感体验和生活质量。

### 1 美学在建筑设计中应用的意义

#### 1.1 提升视觉吸引力

美学在建筑设计中的核心作用之一是提升视觉吸引力。一个精心设计的建筑不仅能够吸引眼球，还能在视觉上产生深远的影响。通过运用美学原则，如对称性、比例和色彩搭配，建筑师可以创建出既美观又令人印象深刻的建筑作品。例如，通过巧妙的形状和线条，建筑可以在城市环境中脱颖而出，成为标志性建筑物。同时，良好的视觉设计也能提高建筑的整体吸引力，更容易受到公众的喜爱和赞赏。建筑的美学不仅提升了视觉体验，还能在潜移默化中影响人们的情感和心理状态，进而提升建筑的文化和商业价值。

#### 1.2 传承和创新文化

美学在建筑设计中的另一重要意义是传承和创新文化，建筑不仅是实用的空间载体也是文化的象征。通过设计，建筑师可以将传统文化元素融入现代建筑中，继承和发扬本土文化的精髓。例如，通过传统建筑风格、装饰艺术或建筑材料的运用，可以使新建筑与历史背景相连接。同时，建筑设计也是文化创新的重要平台。结合当代技术与材料，建筑师可以在保持文化根基的同时，创造出具有时代感的新颖设计。这种文化传承与创新的结合，不仅丰富了建筑的文化内涵也促进了文化的持续发展。

#### 1.3 美化环境

美学在建筑设计中还扮演着美化环境的重要角色。通过精心设计的建筑可以显著提升周围环境的视觉和感官体验。建筑师通过运用设计元素如形状、色彩和材质，不仅使建筑本身成为环境的亮点，还能与自然景观和城市空间和谐融合。例如，巧妙的绿化设计、创新的立面处理以及符合环境特色的建筑风格，都能有效提升周边区域的整体美感。这样的建筑设计不仅提升了环境的视觉效果，还能改善居住和使用者的生活质量，使得环境更加宜人和舒适。

## 2 建筑设计中的美学要素

### 2.1 空间美学

空间美学在建筑设计中扮演着至关重要的角色,它不仅影响建筑的视觉效果,还决定了空间的功能性和舒适度<sup>[1]</sup>。通过对空间尺度、比例、布局和流动性的精心设计,建筑师能够创造出既美观又实用的环境。空间美学的核心在于如何使空间布局合理,光线与材质运用得当,以提升整体的感官体验。例如,良好的空间规划应确保比例的和谐,使得每个区域既有视觉上的舒适感,又能有效满足功能需求。此外,空间的流动性和视线引导也至关重要,它们能够优化使用者的活动路径,增强空间的连贯性和开放感,如表1所示。通过对这些要素的综合运用,建筑师能够实现空间的最大化利用,同时提升建筑的美学价值和使用体验。

表1 空间美学综合设计

| 要素     | 描述                                 |
|--------|------------------------------------|
| 尺度与比例  | 确保空间尺寸与人类比例相协调,以提升视觉和使用的舒适感。       |
| 布局与流动性 | 设计合理的空间布局,优化功能区域的配置和人员流动,提高空间的实用性。 |
| 光线与材质  | 利用自然光和人工照明创造空间的层次感,选用适宜的材质增加空间的质感。 |
| 视线引导   | 通过设计视线引导,增强空间的连贯性和开阔感,使使用者的体验更加流畅。 |

这种综合设计方法不仅提升了建筑的视觉美感,还优化了空间的使用功能,创造了一个既和谐又高效的环境。

### 2.2 形式美学

形式美学在建筑设计中关注建筑的形状、轮廓和结构形式,它直接影响建筑的视觉冲击力和空间表现力。通过对几何形状、比例关系和线条设计的精细处理,建筑师能够创造出具有独特视觉美感的建筑形式。形式美学不仅涉及建筑外观的美学,还包括建筑与其环境的协调性。例如,流畅的曲线和对称的形状可以增添建筑的优雅感,而创新的几何造型则能够赋予建筑现代感和独特性。形式美学还需要考虑建筑的功能需求,确保造型既符合美学标准,又具备实用性和结构稳定性。建筑师通过对形式的深入探索和创造,能够将建筑设计提升到艺术与功能的双重高度,如表2所示。

表2 形式美学综合设计

| 要素   | 描述                             |
|------|--------------------------------|
| 几何形状 | 运用不同的几何形状创造建筑的视觉特色,如直线、曲线和多面体。 |
| 比例关系 | 确保建筑形式中的各部分比例协调,以提升视觉上的和谐美感。   |
| 线条设计 | 通过线条的运用和变化,增强建筑的动态感和空间感。       |
| 环境协调 | 建筑形式与周围环境的和谐融合,增强建筑的整体性和场所感。   |

形式美学的设计不仅关注建筑的外观美感,还考虑了与功能和环境的综合适配,从而创造出既视觉吸引又实用的建筑作品。

### 2.3 色彩美学

色彩美学在建筑设计中具有重要作用,它通过色彩的运用影响建筑的外观、氛围和情感表达。色彩不仅能够增强建筑的视觉吸引力,还能调节空间的氛围和功能感。建筑师通过精确选择和搭配色彩,创造出符合建筑功能和环境要求的视觉效果。例如,冷色调如蓝色和绿色可以赋予建筑清新和宁静的感觉,而暖色调如红色和黄色则能带来热情和活力。色彩的对比和渐变处理也能增加建筑的层次感和动感,从而提升视觉效果和空间体验。有效的色彩美学应用不仅提升了建筑的外观,还能在不同光照条件下展现不同的视觉魅力,如表3所示。

表3 色彩美学综合设计

| 色彩  | 情感效果    | 应用场景       | 实例         |
|-----|---------|------------|------------|
| 冷色调 | 清新、宁静   | 住宅、办公空间    | 现代办公楼、医疗设施 |
| 暖色调 | 热情、活力   | 商业建筑、公共空间  | 餐厅、商业街区    |
| 对比色 | 强烈、引人注目 | 重要建筑、标志性设施 | 博物馆、展览馆    |
| 渐变色 | 变化、深度   | 内部装修、立面设计  | 文化中心、艺术画廊  |

色彩美学的合理运用能够有效地提升建筑的视觉吸引力和情感表达,使建筑在不同环境中展现出独特风貌和氛围。

### 2.4 材料美学

材料美学在建筑设计中不仅涉及材料的视觉和触觉效果,还影响建筑的整体美感和功能性。选择合适的建筑材料可以显著提升建筑的质感、纹理和色彩,同时满足结构和环境要求。例如,天然石材如大理石和花岗岩能够提供高端的视觉效果和耐久性,而现代合成材料如铝合金和复合材料则能带来创新的设计灵活性和现代感。材料的表面处理也是关键因素,光滑的表面反射光线,增强建筑的明亮感,而粗糙的表面则增添建筑的质朴感和自然气息。通过对材料的精确选择和巧妙配搭,建筑师可以在美学和实用性之间取得平衡,从而创造出既美观又耐用的建筑作品,如表4所示。

表4 材料美学综合设计

| 材料   | 质感      | 视觉效果  | 应用实例       |
|------|---------|-------|------------|
| 大理石  | 光滑、细腻   | 高端、优雅 | 高档住宅、公共建筑  |
| 花岗岩  | 纹理丰富、耐磨 | 稳重、自然 | 商业大楼、广场铺装  |
| 铝合金  | 光滑、现代   | 现代、简洁 | 现代办公楼、展览馆  |
| 复合材料 | 多样化、轻质  | 现代、创新 | 住宅外立面、室内装修 |

材料美学的精心应用不仅增强了建筑的视觉和触觉效果,还提升了建筑的功能性和耐用性,使其在不同环境和使用需求中展现出独特的魅力。

## 3 建筑美学在设计中的应用

### 3.1 统一的艺术表现

在建筑设计中统一的艺术表现至关重要,它确保建筑的各个设计元素在视觉和风格上的和谐一致。这种统一性不仅体现在建筑的外观设计上,还涵盖了内部空间的布局、材料选择和细节处理。通过在整体设计中应用一致的艺术语言和

风格，建筑师能够创造出具有连贯性和协调感的建筑作品。例如，通过一致的色彩搭配、统一的线条和形状，以及相互补充的材料，建筑设计可以呈现出既整体又具有独特个性的艺术表现。这样的设计方法不仅提升了建筑的美学价值，还增强了建筑的功能性和实用性，在不同的使用场景中展现出一致的视觉和空间体验。统一的艺术表现帮助建筑在视觉上形成明确的风格，从而在城市或环境中显得更加和谐与独特。

### 3.2 强调建筑的整体比例

强调建筑的整体比例是确保建筑视觉和谐与美感的重要策略。建筑比例涉及各个部分的尺寸关系以及整体形态的协调性，这些比例关系直接影响建筑的视觉效果和空间感。建筑师通过精确计算和设计，确保建筑的高度、宽度和深度等各个维度相互协调，创造出视觉上的平衡感。例如，经典的黄金比例常被应用于建筑设计中，以实现自然的和谐与美感。此外，合理的设计不仅提升了建筑的审美价值，还增强了其功能性，确保空间的舒适性和实用性。建筑的整体比例应该与环境相融合，通过对比例的巧妙把握，使建筑在视觉上既显得宏伟又不失亲和力，形成具有吸引力和可持续性的设计作品。

### 3.3 保持建筑的整体平衡

保持建筑的整体平衡是实现设计美学和功能性的关键。建筑的整体平衡不仅包括视觉上的稳定感，还涉及空间布局的协调与功能分配的合理性。建筑师通过精确的对称性设计、对比和重复的元素使用，确保建筑在视觉上呈现出均衡的效果。平衡的设计可以通过对称的立面、均匀分布的结构元素以及一致的细节处理来实现。此外，建筑的空间内部也需保持平衡，确保功能区域的合理布局和流线的顺畅性<sup>[2]</sup>。整体平衡不仅增强了建筑的美感，还提升了空间的使用效率和舒适度，使建筑在视觉和功能上都能达到最佳的和谐状态。这种平衡感使得建筑在不同视角下都展现出稳定与优雅的气质，从而在环境中更加融洽和具有吸引力。

### 3.4 合理的空间布局

合理的空间布局是建筑设计中至关重要的环节，它直接影响到建筑的功能性和使用效率。建筑师通过精确规划空间的分配和流线设计，确保每个功能区的布局既符合使用需求，又具有高效的连接性。有效的空间布局应充分考虑功能区域之间的关系，避免不必要的干扰和浪费。例如，在住宅设计中，公共区域如客厅和餐厅应与私密区域如卧室合理分隔，确保生活的舒适性和隐私性。办公室建筑则需要考虑工作区的开放性和交流区的便利性。通过优化空间的划分和动线设计，建筑师不仅提升了空间的实用性，也增强了空间的舒适度和美观性。

## 4 建筑美学在不同类型建筑中的实践

### 4.1 住宅建筑

住宅建筑的美学实践注重创造一个舒适、功能性强且具有视觉吸引力的生活空间。设计时，建筑师需要将居民的生活需求与美学元素相结合，确保住宅不仅满足基本功能要求，还能提升居住者的生活质量<sup>[3]</sup>。住宅建筑的美学表现通常体现在合理的空间布局、适宜的色彩搭配，以及与周

围环境的协调性上。通过精心设计的室内外空间，使居住环境既有视觉上的舒适感，又具备实际的使用便利。例如，开阔的空间布局可以增强居住的通透感，而自然采光的运用则提升室内的明亮感和舒适度。外立面的设计也需要体现住宅的独特风格，同时与周围景观和建筑风格相融合。

### 4.2 商业建筑

商业建筑的美学设计重在吸引顾客、增强品牌形象并提升商业活动的效率。设计师在商业建筑中注重视觉冲击力和功能性，以实现商业价值和审美效果的双重目标。首先，外立面的设计需要体现商业品牌的独特性，通过创新的形态和引人注目的色彩吸引顾客的目光。其次，内部空间布局必须优化顾客流线，方便高效地引导顾客在店铺、展区或办公区域内活动，同时确保舒适的购物或工作体验。商业建筑还应充分考虑人流量和功能区域的合理分配，如设置适宜的休息区、展示区和交易区，以提升整体的使用效率和顾客满意度。

### 4.3 公共建筑

公共建筑的美学设计侧重于功能性、可达性和社会影响。设计师在公共建筑中不仅要考虑建筑的视觉吸引力，还需确保其对大众的友好性和适用性。公共建筑如图书馆、博物馆、社区中心等，通常具有高频次的使用需求和多样化的功能，因此其设计应注重空间的开放性和灵活性。外立面的设计需要融入周围环境，并展现建筑的公共性质，通过与景观的协调和设计语言的统一，提升建筑的整体形象。内部空间应合理分配，以便于人流的顺畅流动和功能区域的有效使用。例如，设置宽敞的入口、清晰的标识和舒适的休息区，能够提升使用者的便利性和舒适感。

## 5 结语

建筑美学在设计中的应用不仅提升了建筑的视觉吸引力，也深化了功能性和环境适应性。从空间布局到材料选择，从色彩搭配到形式表现，这些美学要素共同塑造了建筑的整体形象和使用体验。在住宅、商业和公共建筑等不同类型中，合理运用美学原则可以增强建筑的文化价值、提升居住或使用的舒适性，并促进社会的互动与发展。通过精心的设计和艺术表现，建筑不仅满足了实用需求，也为人们的生活环境注入了美的感受和精神上的愉悦。未来，随着建筑设计理念的不断演进，美学将在建筑实践中发挥更为重要的作用，推动建筑艺术和科学的融合发展。

## [参考文献]

- [1] 王勇. 探究美学设计在建筑设计中的有效应用 [J]. 建材发展导向, 2024, 22(8): 55-57.
- [2] 吴昌蔚. 试析美学设计在建筑设计中的有效应用 [J]. 居业, 2024, 11(2): 132-134.
- [3] 唐晔. 探析美学在建筑设计中的应用 [J]. 林业科技情报, 2021, 53(1): 89-90.

作者简介：樊晓峰（1996.8—），毕业院校：河北工程大学科信学院，所学专业：建筑学，当前就职单位：河北天艺建筑设计有限公司，职务：建筑设计师，职称级别：助理工程师。

## 精益建造视角下的建筑设计方法初探

高鹏云 汪江华\*

天津城建大学 建筑学院, 天津 300380

**[摘要]**建筑业与制造业同根同源、相伴发展,都蕴含着“精益基因”,但是制造业先知先觉最先激活其精益基因走上了精益之路。为了追赶制造业步伐,激活建筑业的“精益基因”,精益建造被提了出来,但它只是帮助建筑业实现了形式上的精益,却未达到实质上的精益。要实现建筑业实质上的精益,建筑设计是核心,只有将目前传统的建筑设计转变为精益的建筑设计才能推动建筑业走向实质的精益。文章从精益的视角,通过对传统建筑设计进行深层次的解构分析,阐释了传统建筑设计的固有特点是建筑业精益困局的根本原因,同时也指出了建筑设计向精益转变的根本在于树立建筑设计精益价值观。由此,文章基于建筑设计精益价值观并借鉴制造业精益产品设计经验,构建出由设计技术、设计管理、设计评价三大板块构成的一套完整的精益建筑设计方法体系,助力建筑业的精益转变。

**[关键词]**传统建筑设计; 精益建造; 精益建筑设计

DOI: 10.33142/sca.v7i10.13635

中图分类号: TU2

文献标识码: A

## Preliminary Exploration on Architectural Design Methods from the Perspective of Lean Construction

GAO Pengyun, WANG Jianghua\*

School of Architecture, Tianjin Chengjian University, Tianjin, 300380, China

**Abstract:** The construction industry and manufacturing industry share the same roots and development, and both contain the "lean gene". However, the manufacturing industry was the first to activate its lean gene and embark on the path of lean. In order to catch up with the pace of manufacturing and activate the "lean gene" of the construction industry, lean construction has been proposed, but it has only helped the construction industry achieve formal lean, but has not reached substantive lean. In order to achieve substantial lean in the construction industry, architectural design is the core. Only by transforming traditional architectural design into lean architectural design can the construction industry move towards substantive lean. The article, from a lean perspective, deeply deconstructs and analyzes traditional architectural design, explaining that the inherent characteristics of traditional architectural design are the fundamental reason for the lean dilemma in the construction industry. At the same time, it also points out that the fundamental transformation of architectural design to lean lies in establishing the lean values of architectural design. Therefore, based on the lean values of architectural design and drawing on the experience of lean product design in the manufacturing industry, this article constructs a complete lean architectural design methodology system consisting of three major sections: design technology, design management, and design evaluation, to assist in the lean transformation of the construction industry.

**Keywords:** traditional architectural design; lean construction; lean architectural design

### 引言

工业革命以来,制造业进行了一次次的技术革新,尤其是在精益思想<sup>1</sup>的指导下完成了从粗放的大批量生产方式(Mass Production)到精益的生产方式(Lean Production),再到精益的产品设计(Lean Production Design)的彻底的精益转变,实现了根本上的降本、增效、提质。建筑业也从制造业的技术变革中获得诸多好处,通过建筑工业化在提升建筑效率、减少资源消耗、提高标准化程度等方面取得丰硕成果。尽管如此,建筑业相比制造业目前仍面临着生产效率落后、资源消耗突出、建筑质量

不高、标准化程度低、价值链条割裂等一系列棘手问题。

为解决这些问题,推动建筑业向精益转变,建筑业从制造业引进精益思想,以消除建筑业浪费、提高建造质量与效率为宗旨的精益建造(Lean Construction)被提了出来并获得广泛应用,推动建筑业的精益转变。但在目前看来,这仅仅缓解了生产效率滞后、资源浪费突出、标准化程度低、价值链条割裂等矛盾,其精益空间极为有限,无法从根本上使建筑业走向精益。

建筑业的未来必将是以“全产业链协同、设计建造整合”为两翼的精益化发展,建筑设计是其核心所在,只有

<sup>1</sup>精益思想起源于丰田生产方式(TPS),丰田生产方式在制造业展现的巨大优势(产品低成本、高质量)而被世界关注,并经各国专家学者的共同研究努力,逐步升华成为风靡全球制造业的精益思想。精益思想是一种以动态发展的视角看待问题的思想,同时关注产品设计与制造活动中的转化、流动以及价值等三个方面,分别针对这三个方面,以客户价值为核心,通过消除不产生价值的浪费,从而降低产品成本、提高产品质量。

表 1 传统建筑设计特点

| 构成   |      | 特点      | 说明  | 精益困局   |
|------|------|---------|---|--------|
| 信息流动 | 组织地位 | 建筑设计边缘化 | 由于长期的专业分工，大量的专业性工作从建筑师手中脱离，建筑师在整个项目中的话语权、控制权越来越弱，难以左右设计决策。  | 设计管理无力 |
|      | 设计流程 | 设计流程排队化 | 排队化的设计流程是一种串联式流程。设计信息沿着概念设计、初步设计、施工图设计、施工组织设计的路径流动，上下级流程持续进行。<br>设计信息进入下一设计阶段后，设计将由下一阶段设计人员主导，相邻设计阶段的设计人员之间存在天然的信息屏障，很少甚至不相互沟通交流设计方案，致使前序设计经常不满足后序设计需求，导致大量的设计变更甚至颠覆，降低设计效率和质量。 |        |
| 信息转化 | 设计方法 | 设计信息孤岛化 | 建筑师在进行方案设计时，处于一个信息孤岛中，产生各类设计信息之间相互割裂，没有统一的信息标准，并且很难获得来自后序制造、建造领域的技术需求，致使设计、制造、建造的之间相互孤立。  |        |
| 价值创造 | 价值认知 | 价值认知片面化 | 建筑师在方案设计过程中片面关注建筑的功能与形式方面的价值，欠缺对建筑制造与建造环节以及建筑整体价值的统筹考虑。   | 价值链割裂  |

同制造业那样,将目前传统粗放的建筑设计方法转变为精益的建筑设计方法,才能真正地实现建筑业的精益化。

## 1 传统建筑设计特点解析

在千百年以前，一个建筑从设计到建造的全部工作都在建筑师的主导下完成，当时的建筑师因此而堪称“全能的建筑师”，但是在工业革命之后，建筑的规模越来越大、功能越来越复杂，同时社会化生产的分工越来越细、越来越专业化，这使得原本属于建筑师的工作被迫逐步分离出来，转而由更专业的工程技术人员负责并主导。建筑师手中仅剩下对功能、形式等从宏观上对建筑进行把控的设计工作，丧失对后续实质性、具体化的工作的主控。建筑设计俨然成为了一种偏重关注“功能—形式”问题的设计方法，后续的对建筑设计结果有着深远影响的关于“实现”的问题不再是建筑师的关注重点。这样的情况一直延续到现在并未有多少改变。

从精益的角度来看,建造亦是制造,建筑设计过程与产品开发过程一样,由信息转化、信息流动以及价值创造三部分构成。相应的,传统建筑设计在组织地位、项目流程、设计方法、价值认识方面呈现出(1)建筑设计边缘化、(2)设计流程排队化、(3)设计信息孤岛化以及(4)价值认知片面化等固有特点。正是这些固有特点导致了我国建筑业普遍面临的设计管理无力、设计建造脱节以及价值链条割裂等精益困局(表1)。

精益建造在建筑业已经取得的成绩，在证明精益思想从制造业引进到建筑业的有效性的同时，还树立起一种不同于以往的精益价值观，即不再孤立看待某一建造流程带来的价值，而是对建造活动中的转化与流动过程、所实现的整体价值以及所产生的浪费作系统考虑，并通过精益措施消除浪费，实现降本、增效、提质的目标。

建筑设计活动决定了建筑建造活动,精益建造的精益程度在很大程度上受到了建筑设计的限制。因此要实现精益建造的全面精益,就需要建筑设计转变传统建筑设计价值观念,树立与精益建造相统一的价值观念,即“统筹全

局、价值导向、消除浪费、降本增值”的精益价值观（表2），对建筑设计活动中的设计信息转化与流动过程以及所创造的建筑价值进行统筹考虑，从根源上消除浪费、提高建筑质量与建造效率。

表2 建筑设计的精益价值观与传统价值观对比

| 分项   | 精益价值观                   | 传统价值观               |
|------|-------------------------|---------------------|
| 组织地位 | 主动的项目领导者                | 被动的方案设计者            |
| 设计流程 | 统筹管控从设计到建造全局            | 仅对设计相关工作进行局部控制      |
| 设计方法 | 价值导向、消除浪费、降本增值（结果与过程并重） | 偏重“功能—形式”主义（结果重于过程） |
| 价值认知 | 关注整体价值的动态认知             | 关注局部价值的静态认知         |

### 3 精益建筑设计体系构建

在高度专业化分工的社会，影响建筑精益的因素有两个：一个是建筑设计本身，一个是受设计项目的组织与流程，我们不能孤立的看待建筑设计活动，设计项目的组织与流程也应该考虑在内。在建筑设计的精益价值观的引领下，传统建筑设计方法将转变为精益建筑设计方法体系。

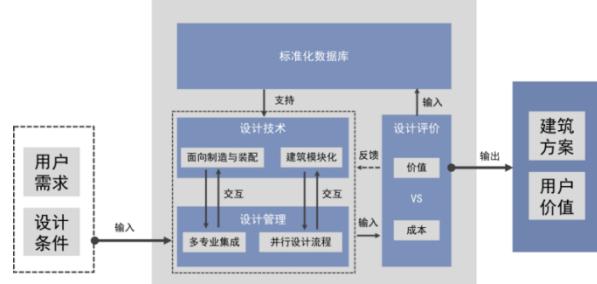


图 1 精益建筑设计方法框架

本文中构建的精益建筑设计方法体系由（1）设计管理、（2）设计技术以及（3）设计评价三大方法模块构成（图 1），与传统建筑设计不同，其精益在于针对传统建筑设计的固有特点以及与之相对应的精益困局，通过建筑设计促进设计项目组织与流程的整合，并以整合的项目组织与流程进一步反向促进精益建筑设计的开展。在建筑设计

计过程中,建筑师在标准化数据库的支持下,通过设计标准化对整个建筑项目施加统筹管理,全面控制产品的价值与成本,引领建筑业实现真正的精益。

### 3.1 设计技术: 面向制造与建造

在传统建筑设计中,设计、制造、建造四是相互脱节的,建筑师难以获得来自下游制造、建造(施工单位)领域的一系列关于制造和建造的详尽信息。这使得建筑设计在整个设计流程中,很难兼顾到来自制造和建造领域的技术需求,导致建筑师在传统建筑设计组织结构下对制造与建造的控制力很弱。

精益建筑设计最重要的是对制造与建造的控制,这就需要在设计阶段充分考虑关于制造与建造的问题,面向制造与建造进行设计。这其中最为关键的设计方法是(1)建筑的模块化设计(2)设计面向制造与装配。

#### 3.1.1 建筑的模块化设计

精益建筑设计为建筑建立了一个与面向制造与建造的模块化架构形式。与传统建筑设计所建立的整体式架构不同,建筑模块化设计以建筑为研究对象,从系统的角度对将建筑分级分解为一系列相互独立的模块单元,如功能级模块、部品级模块以及部件级模块。模块间通过统一的标准化接口进行组合,构成一个建筑整体<sup>[1]</sup>。

建筑的模块化设计面向批量定制以及个性化定制生产,具有极高的设计灵活性。建筑师可以根据设计需求开发通用或专用的模块产品,通过不同类型的模块组合满足建筑用户灵活多变的价值诉求。

建筑的模块化不是在形式上对建筑进行随意的模块划分,而是遵循一定规律的有组织的模块化,它降低了设计调整对整个设计的不良影响。在传统建筑设计的集成化架构中,局部构成要素的调整甚至会导致整体设计的变动,可谓是牵一发而动全身,而在模块化设计中建筑师则可以通过设计结构矩阵(DSM)、公理设计等方法,在聚合强关联要素的同时分离弱关联要素,使模块内部耦合度增加、外部耦合度降低,增强模块的相互独立性,降低设计复杂度,最终将设计调整对设计产生的不良影响局限在单个或几个建筑模块范围内(图2)。

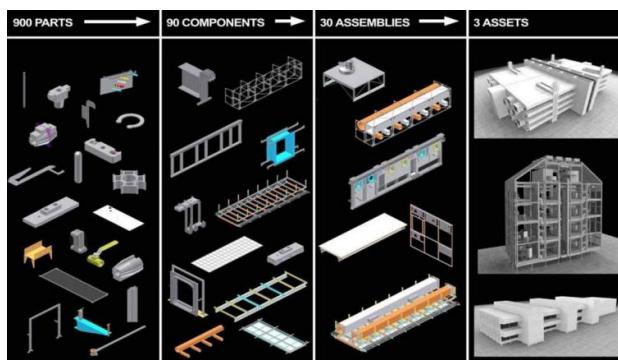


图 2 葛兰素史克 Neways 项目的模块化过程

此外,建筑的模块化设计的更为深远的意义在于为促进供应链整合、精简建筑建造流程创造了机会。

在建筑工业化体系下,供应商参与建筑设计过程是至关重要的。在传统建筑设计中,整个项目结构尤其是供应链结构是临时的、松散的、碎片化的,这种松散的供应链结构导致建筑师难以对制造加以管理与控制,而在精益建筑设计中,建筑师则可以通过建筑模块化设计对建筑零部件的聚合来对建筑供应链进行聚合。这种供应链的聚合加强了模块内部供应商之间的合作,同时也使不同模块供应商之间也因为模块间的相互独立而相对独立,赋予了供应商参与模块设计制造更多的独立性与自主性,保证了建筑设计的稳定性、协调性、可控性。

精益建造通过管理建造流程来实现精益,但建筑的设计架构形式决定建造流程。传统的建筑建造就像传统建筑设计那样,是分步接续进行的,所有的建筑构件以散件的形式进入建造场地,然后一个一个地现场搭建。而建筑的模块化设计则使建造过程完全没必要像传统建造流程那样繁琐。

通过模块化设计,各个建筑模块在建筑师的统筹安排下,可以于不同的工厂并行制造,而后根据建造计划运至建造现场。现场的建造工作就变成了依照装配次序组装各类建筑模块(图3),模块化建造大幅缩减了建造工序、简化了工作协调,再结合精益建造的流程管理,使得整个项目质量与周期更易控制。

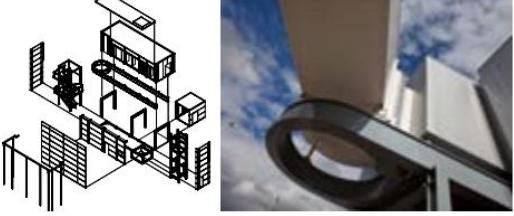


图 3 新加坡的模块化建造

#### 3.1.2 设计面向制造与装配

建筑模块化的基础是设计标准化,而执行设计标准化的有力工具是面向制造与装配的设计(DFMA)。面向制造与装配的设计引自于精益产品设计,但它对建筑设计同样有效。传统的建筑设计重点关注于功能与形式,几乎全部设计工作放在了对几何尺寸以及物理参数的考量上,却对实现它们的制造工艺与装配流程不加关注。建筑的本质并非表面形象而是内在的结构以及构造形式。建筑的结构和构造形式影响其制造与装配方式。同时,制造与装配方式又会反过来影响建筑工业化生产方式下的建筑的结构以及构造形式。建筑零部件的制造与装配流程真正决定了设计赋予建筑的价值能否顺利完整地实现。

表 3 应用 DFMA 的建筑项目

| 实例                     | 效果  | 实景   |
|------------------------|---|--|
| 希思罗机场和盖特威克机场           | 减少 50%任务数;<br>80%的现场工作转移至场外;<br>成本较传统降低 36%;                            |    |
| Optimum Switch<br>数据中心 | 减少 30%任务数;<br>40%的现场工作转移至场外;<br>成本较传统降低 30%;                            |    |
| 伦敦希思罗机场-T5 节点          | 减少 87%任务数;<br>65%的现场工作转移至场外;<br>成本较传统降低 30%;                            |   |
| EcoCanopy 小学项目         | 减少 50%任务数;<br>90%的现场工作转移至场外;<br>成本较传统降低 40%;<br>仅产生 3%的废物;<br>具有较低的碳排放; |  |

当下,建筑师所依赖的传统的建筑设计知识与经验或许会适应不同的项目的要求,但可能会不适合现今工业生产方式的发展。一些转变建筑设计方法先行者(如英国 Bryden Wood、美国 Kieran Timberlake)用实践证明,将面向制造与装配的设计(DFMA)应用于建筑设计过程,能够更好地促进预制、最小化现场施工,能够使建筑更快、更好地制造并建造,同时也使建筑资源利用效率以及成本效益相应提高(表 3)。

实际的建筑项目实践证明,对建筑进行面向制造与装配的标准化设计会在多个方面给建筑业带来益处(表 4):

面向制造与建造的设计建立在获得来自制造、建造端充分的信息(知识)的基础上,实施面向制造与建造的设计就要求建筑师从设计之初就掌握来自制造与建造领域的大量信息,这对于建筑师通过设计管理建筑从设计至建造全过程具有巨大的奠基作用。

表 4 DFMA 给建筑业带来的益处

| 方面   | 益处   |
|------|--|
| 建筑设计 | 促进了建筑产品的模块化设计;   |
| 建筑质量 | 采用标准化的零部件和工艺提高了制造与装配质量;<br>工厂化质量检测,减少了现场的修改和返工;<br>促进了建造活动的标准化流程的建立;                                 |
| 项目管理 | 减少了项目关键路径上的项目数,缩短了项目时间;<br>减少项目中的交付、交易和计划活动,增加方案的确定性;<br>优化装配流程,使装配能够更精确地进行;<br>缓解了因设计信息的缺乏而造成的现场延误; |
| 现场劳动 | 减少了现场工作时间和劳动力成本,提高了劳动生产率;  |
| 健康安全 | 限制现场工作时间,减少不利后果的出现;<br>进出工地的交通流量减少,改善了邻近地区的道路安全;<br>减少施工给邻里带来的干扰;                                    |
| 资源浪费 | 减少库存及浪费,研究数据表明,DFMA 减少了 70%~90%的浪费;  |
| 环境保护 | 减少现场周边的街道拥堵;<br>通过工厂化制造以及现场装配,减少了 30%的二氧化碳排放 <sup>[3]</sup> ;  |

### 3.2 设计管理：整合组织与流程

面向制造与建造的建筑设计为建筑师整合设计组织与流程创造了条件与机会。从根本上说，设计项目的组织结构是一个建设项目的的基础，对整个建设项目的工作有着非常巨大的影响。这种影响甚至能够左右到建筑产品的构成秩序，直至对后期的建造产生深刻的影响。

在传统的建筑设计项目组织与流程中，建筑师对于整个设计项目乃至建筑项目的控制力很弱，其原因在于整个项目组织与流程是一种松散结构，组织成员之间以及流程之间缺乏紧密联系，组织成员之间的信息屏障以及层级之间的震荡式反馈循环，致使最终的建筑产品难以实现精益。制造业用实践证明，真正的精益不仅体现在产品本身的设计上，还体现在实现产品的组织与流程是否精益，对建筑设计而言亦是如此。针对传统建筑设计组织与流程的固有问题，精益建筑设计应将松散的设计组织转变为集成的设计组织、串联化的设计流程转变为并行化的设计流程。

#### 3.2.1 集成的设计组织

集成的建筑设计组织一改传统建筑设计组织垂直串联、大纵深式的组织结构，转变为水平并联、宽口径式的扁平式组织结构（图 4）。集成的设计组织结构中，不同专业的设计成员处于同一层级，消除了信息屏障，设计信息更多的是在同一层级内进行水平的交流交换，消除了设计信息在上下级之间的垂直的震荡循环<sup>[4]</sup>。

建筑业与制造业不同，建筑设计企业一般不具备生产能力，制造由一系列专门的产品供应商负责，建造由专门的工程公司负责。设计、制造、建造处于一种天然的分离状态。因此集成的建筑设计组织带有内部整合与外部整合并重的色彩，需要通过内外整合建立起一种深度长期的合作文化。

近些年来发展快速的 BIM 模型作为一种新的工程信息载体，贯穿项目生命全周期各个阶段，是项目信息的重要纽带，它在各项目参与方中不断地被创建、使用、修改、更新，形成一个完整的、巨量的工程信息集合<sup>[5]</sup>。集成的建筑设计组织依托 BIM 模型建立内外统一的信息交互框架（即 BIM 设计平台），建筑设计团队在建筑师的领导下与来自制造端以及建造端的技术代表一同在统一的 BIM

设计平台内开展设计合作与沟通交流，随时随地传递、共享、反馈设计信息。

集成的建筑设计组织在设计组织与建筑模块化设计之间建立起一种结构上的对应关系，为建筑师实施面向制造与建造的建筑设计提供了肥沃的土壤。

#### 3.2.2 并行的设计流程

在传统建筑设计组织中建筑师领导方案团队完成方案设计后，交由下一层级的建筑、结构、设备、水电、暖通等各专业团队进行后续的深化设计。任何一个专业设计团队发现问题，都会反馈至方案团队，方案团队对设计做出更改并形成一份新的变更方案，再一次回到各专业设计团队手中，形成“设计—变更—再设计—再变更”的恶性循环。在这个过程中，设计过程越来越失去控制、投入的时间成本越来越多，建筑的用户价值却越来越少。

集成的建筑设计组织则促使设计流程从串联排队化向并联并行化转变。在并行的流程结构下，设计阶段的前期重点投入，在建筑师的领导下各个专业设计甚至包含供应商在内能够在建筑师的领导下以统一的用户价值为核心，并行开展建筑模块化设计工作。设计信息的上下层震荡式的循环反馈转变为同一水平层级的多次的、小的反馈迭代<sup>[5]</sup>。并行设计流程在 BIM 强大的信息共享、信息互用能力的支持下，使得不同研发阶段、不同专业背景的人员能够快速对方案设计做出反应，及时发现并处理设计活动中遇到的问题，设计在方案阶段不断地优化迭代，最终使建筑设计周期缩短，遴选出满足各方面要求的、最大化用户价值的设计方案。并行的设计流程充分体现了精益建筑设计对设计流程高效率、低错误、少修改的价值诉求。

#### 3.3 设计评价：控制价值与成本

设计评价的是建筑设计持续改善的源动力。传统建筑设计的评价体系的关注点固着于建筑的“功能-形式”的问题上，对于“功能-形式”问题的过分关注，遮蔽了设计评价的视野，使得建筑师难以看到深藏于功能与形式之下，更深层次、更根本的价值与成本。设计的本质是价值与成本设计，建筑的价值与成本决定了建筑的功能与形式。因此，设计评价的真正目标是建筑的价值与成本，绝不只是功能与形式。

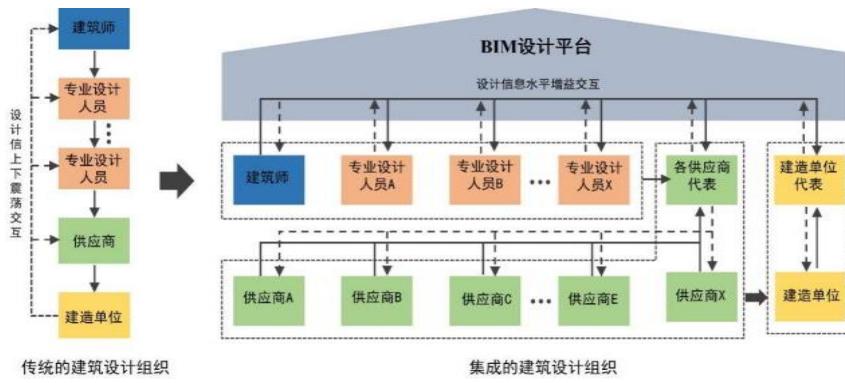


图 4 集成的建筑设计组织

精益建筑设计通过对建筑价值与成本的评价,保证全面的价值管理与深刻的成本控制,促进精益建筑设计增加价值、降低成本的目标的实现。

### 3.3.1 全面的价值管理

建筑设计的最终目的是实现用户价值,而建筑是又一个庞大的复杂产品,建筑的整体价值不能只由单一供应商负责制造实现,而是需要一系列产品供应商的共同努力。因此,用户价值能否顺利完整实现,其核心在于对建筑价值是否进行全面有效的管理。

精益建筑设计在对建筑进行模块化设计时,实际上也在对建筑价值进行逐级分解,在建筑各级模块与各级价值之间建立起一一对应的关系(图5),这为建筑设计团队在建筑设计过程中透过模块设计,管理各个层级价值创造了机会。

在建筑的价值管理中,价值定义是基础,它源自于建筑方案设计团队对用户需求的精准识别,并通过需求逐层分解为关于建筑空间、系统、特征等方面的具体要求,准确定义建筑整体价值。接下来,方案设计团队在模块化设计原则下将整体价值细分为不同层级的价值目标(性能参数、工艺标准等),不同层级的价值目标与不同层级的建筑模块相对应,不同层级的建筑模块又与不同层级的供应商、制造商(如功能模块级供应商、部品级供应商、部件级供应商等)相对应,供应商在各自价值目标的指引下进行具体的建筑模块、部件乃至零件的设计开发。在这一过程中,庞大的供应商群体围绕在建筑整体价值周围共同为建筑的整体价值服务,方案设计团队通过分级设计评价实现对各层级供应商的价值管理,在价值评价的同时权衡价值与相应的成本,促进设计优化,确保每一层级的价值最大化,进而实现整体价值的最大化。此外,模块化设计使供应商的数量大为减少,更加有利于设计团队对价值的细分与管理。

全面价值管理的目的是确保分散在各产品供应商的子价值能够最终顺利整合在一起,实现建筑整体价值。建筑设计团队在各产品供应商之间制定统一的设计标准,使相关联的建筑模块产品接口一致化,确保分散于供应商产品价值在现场能够顺利整合。

传统建筑设计价值链割裂的根本原因是各个项目成

员价值目标不一致,缺乏统一管理。而在精益建筑设计中,建筑设计团队领导着各项目成员以共同的价值目标为核心,通过设计评价对建筑价值进行全面管理,在价值与成本的权衡中,做出正确的设计决策,实现建筑价值。

### 3.3.2 深刻的成本控制

在建筑设计中,价值与成本实际上也存在着一一对应的关系。传统建筑设计的整体式架构以及分散的项目组织,使得建筑设计团队难以分级管控价值与成本,只能对建筑最上层的整体价值和最终的整体成本进行管理与控制。由于成本控制在很大程度上依赖于设计优化,受整体式架构设计柔性差的影响,传统建筑设计的成本控制空间非常小。

与传统建筑设计相反,在精益建筑设计中,受建筑模块化架构的影响,不同层级的价值对应着不同层级的成本,建筑设计团队从高到低对各个层级建筑模块价值的评价与管理,实则也是从高到低对各个层级建筑模块成本的评价与控制,这为建筑设计团队实施有效的成本控制创造了更多的机会和空间,这种成本控制是深入的,影响是深刻的。

经过实践证明,与传统建筑设计相比,基于建筑模块化设计的成本控制能使项目交付周期缩短20%~50%,项目建设总投资降低20%<sup>[6]</sup>。

### 3.4 三位一体: 设计的持续改善

在整个精益建筑设计方法体系中,面向制造与建造的设计技术提供了设计支撑,整合组织与流程的设计管理提供了设计保障,最后控制价值与成本的设计评价则提供了推动设计不断更新迭代的强大源动力。设计技术、设计管理与设计评价三位一体、环环相扣促进了建筑设计的持续改善(图6)。



图6 精益建筑设计的双重循环

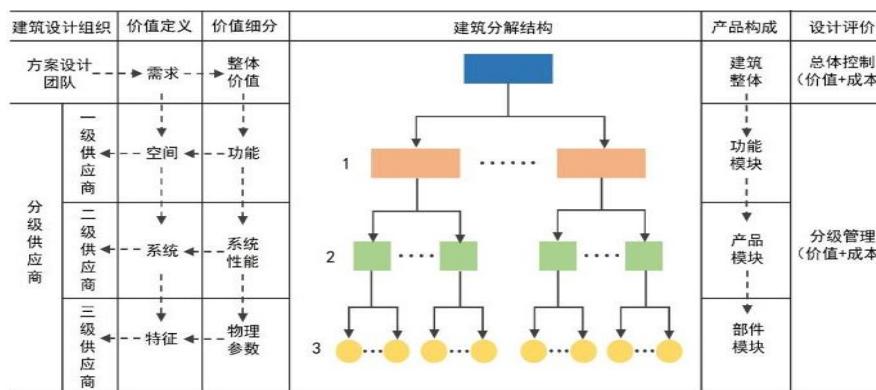


图5 价值管理结构

### 3.4.1 建筑产品的改善

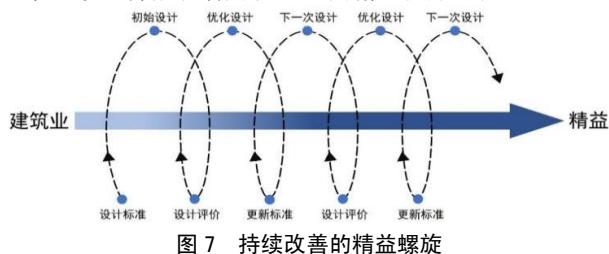
在精益建筑设计体系中,集成的建筑设计组织通过并行设计流程,对建筑进行面向制造与建造的模块化设计,在这过程中设计团队不断对设计方案的价值与成本进行评价,并依照评价反馈对方案进行优化,形成“设计→评价→优化”的建筑产品改善循环,不断优化建筑设计、提升建筑价值、降低建筑成本。

### 3.4.2 设计标准的改善

精益建筑设计体系中的标准化数据库,实质上是一个面向制造与建造(DFMC)的设计数据库,在“设计→评价→优化”的产品改善循环中,必然会产生创新设计(比如开发一种全新的模块部件或是设计出一种新的工艺流程等),经测试验证可行的新设计或工艺将会上升为一个新的设计标准数据,带来现有DFMC数据库的更新,并用以指导下一次建筑设计,引发“优化设计→评价→标准更新→下一次设计”的设计标准的改善循环,并在改善循环过程中不断提高建筑设计的精益起点。

### 3.4.3 建筑业迈向精益

精益的最终目标是增值与降本,而这是内外共同作用的结果。“设计→评价→优化”的产品改善循环营造了一个设计项目内部的持续精益环境。基于产品改善循环的“设计→评价→优化→标准更新→下一次设计”的标准改善循环营造了设计项目外部的持续精益环境。建筑产品精益与设计标准精益地相互促进,提升建筑价值,降低建筑成本,最终将推动着建筑业迈向精益彼岸(图7)。



## 4 结语

建筑业精益的核心是建筑设计。在目前看来,传统建

筑设计越来越难以适应愈发多变的社会经济环境、愈发复杂的建筑功能以及越来越高的用户要求,更重要的是它还大大限制了当今建筑业精益建造的精益空间。精益建筑设计是建筑业的精益芯片,它展现了一种新的、通往精益的设计哲学,它通过构建设计技术、设计管理以及设计评价三位一体的方法体系,整合设计、组织与流程,将设计、制造与建造三者紧密弥合在一起,从根本上释放了建筑业精益建造的精益空间,促进了实质上的精益,最终引领我国建筑业真正走向精益。

基金项目:天津市制造业高质量发展专项资金项目,项目名称:新型建筑工业化生产体系关键技术与示范,项目编号:23ZGCXQY00010。

### 【参考文献】

- [1]Prefabricated Prefinished Volumetric Construction(PPVC) Guidebook.
- [2]Robert Schmidt III, Syed Mohyuddin, et al. USING DSM TO REDEFINE BUILDINGS FOR ADAPTABILITY[C]. 10TH INTERNATIONAL DESIGN STRUCTURE MATRIX CONFERENCE. DSM'08, 2008.
- [3]Bryden Wood. Delivery Platforms for Government Assets[M]. 2017.
- [4](美)瑞安·E.史密斯.装配式建筑——模块化设计和建造导论[M].北京:中国建筑工业出版社,2020.
- [5]葛文兰,于晓明,何波.BIM 第二维度—项目不同参与方的 BIM 应用[M].北京:中国建筑工业出版社,2011.
- [6]Modular construction:From projects to products[R]. McKinsey&Company, 2019.

作者简介:高鹏云(1992.11—),毕业院校:天津大学建筑学院,所学专业:建筑与土木工程(建筑),当前就职单位名称:华城(天津)建筑科技有限公司,就职单位职务:经理,职称级别:初级工程师;汪江华(1975.4—),毕业院校:天津大学建筑学院,所学专业:建筑学,当前就职单位名称:天津城建大学建筑学院,就职单位职务:院长,职称级别:正教授。

## 建筑工程造价的有效控制相关探究

钟 声

广东白云学院，广东 广州 510450

**[摘要]**随着社会经济的迅速发展，建筑行业也得以在国民经济中占着越来越重要的作用。建筑工程项目造价控制作为衡量一个建筑工程项目经济效益的重要指标，不但能有效地降低甲方的成本，更有利于控制工程施工企业的成本，实现其盈利的目标。如何在控制建筑工程项目整体质量的前提下，合理有效地控制建筑工程项目造价问题被越来越多的人关注，文章从几个方面来论述控制建筑工程项目造价的措施。

**[关键词]**建筑工程；工程造价；控制；探究

DOI: 10.33142/sca.v7i10.13634

中图分类号: TU7

文献标识码: A

## Exploration on Effective Cost Control of Construction Projects

ZHONG Sheng

Guangdong Baiyun University, Guangzhou, Guangdong, 510450, China

**Abstract:** With the rapid development of the social economy, the construction industry has also been able to play an increasingly important role in the national economy. Cost control of construction projects, as an important indicator for measuring the economic benefits of a construction project, can not only effectively reduce the costs of the first party, but also help control the costs of construction enterprises and achieve their profit goals. How to reasonably and effectively control the cost of construction projects while controlling the overall quality of construction projects has attracted increasing attention. This article discusses measures to control the cost of construction projects from several aspects.

**Keywords:** construction projects; engineering cost; control; exploration

### 引言

在建筑工程中，控制工程造价的有效性被视为项目成功实施的核心要素之一。建筑行业的迅猛发展与市场竞争的加剧，使得在保障工程质量的前提下实现成本优化成为建筑工程管理中的关键问题。精准的成本估算不仅是有效造价控制的一部分，项目规划、设计、招投标、施工以及竣工验收等各个环节的综合管理同样不可忽视。科学的造价管理有助于减少不必要的开支，防止预算超支，从而提升项目的经济效益。随着技术进步及管理手段的不断创新，建筑工程造价控制面临了新的挑战与机遇。对建筑工程造价控制策略与措施的深入分析，将揭示存在的问题及其根源，这不仅对于提高工程项目的经济效益、保障施工质量具有重要意义，也对实现可持续发展至关重要。探讨建筑工程造价控制的方法，旨在为相关从业人员提供有益的参考，进而促进建筑项目的顺利实施及成本优化。

### 1 工程造价控制的重要性和基本原则

在建筑工程管理中，工程造价控制的地位至关重要，其主要目标在于确保项目能够在预算范围内顺利完成，并实现经济效益的最大化。项目成本的降低以及财务可行性的提升，均依赖于有效的造价控制，从而增强了企业的市场竞争力。准确的预算编制、科学的成本预测以及合理的费用支出，这些基本原则构成了工程造价控制的核心。预算编制的准确性，是造价控制的基础，项目初期各项费用

的详细估算，包括材料费、人工费、机械费以及其他直接和间接费用，必须予以确认。动态调整，基于实际情况与市场变化，要求科学的成本预测，确保预算与实际支出相符。对各类开支进行严格审查，以防止不必要的浪费，是合理的费用支出所要求的。在项目实施过程中，及时的成本跟踪与控制同样关键，通过定期审计和成本分析，费用使用情况应被监控，并根据需要调整项目策略，以应对预算超支的风险。此外，工程造价控制涉及合同管理、采购管理及风险管理等多个方面，通过系统化的管理手段，确保项目在预定预算内完成，成为必要的保障措施。

### 2 建筑工程造价控制过程中所存在的问题及原因

#### 2.1 建筑工程造价并没有创建共享平台

在建筑工程造价控制过程中，日益显著的问题之一为缺乏有效的共享平台。统一的数据共享系统，在许多建筑项目的实施阶段，未被建立，导致了信息的分散与数据的孤立。不同的软件和记录方法，设计人员、施工团队、供应商及项目管理者通常各自使用，使得各方维护的数据难以整合或共享。重复录入和误差增多，由于这种信息隔离而产生，同时实时监控项目进展及预算变动也变得困难，信息沟通的障碍，在各部门之间存在，使得数据的更新和调整无法迅速传递，从而影响了预算的准确性与控制的及时性。

#### 2.2 工程计量方面与工程真实造价不符合

在建筑工程造价控制过程中，工程计量与实际造价的

不一致问题常常带来困扰。作为造价控制的基础，工程计量涉及对工程量的精确测量与评估，以确保预算与实际支出的匹配。然而，在实际操作中，频繁出现工程计量结果与真实造价之间的差距<sup>[1]</sup>。这种不一致的出现，可能源于多个因素，例如计量方法的不统一、测量误差、施工过程中的变更，以及未考虑的附加费用等。由计量过程中产生的误差或遗漏，可能导致工程量的高估或低估，进而影响预算的准确性。此外，若施工过程中出现的设计修改、变更及额外工作未能及时调整计量数据，则预算与实际值之间的差距将进一步扩大。

### 2.3 工程造价控制的管理机构数量较多

在建筑工程造价控制过程中，常常因管理机构数量过多而导致控制效果降低与效率下降。虽然多个管理机构能够提供丰富的专业意见与监督，但职责模糊、信息沟通不畅以及管理层次复杂的问题也随之产生。职能交叉或职责重叠的现象在不同机构之间常见，这种重复管理不仅增加了沟通成本，还可能引发协调困难，影响决策的及时性与准确性。造价控制的解读与执行标准的不同，常常因管理机构数量过多而出现，这进一步使预算控制面临挑战。此外，信息共享与数据更新的差异使得真实造价与预算之间的差距更为难以弥合。

## 3 有效控制建筑工程造价的具体措施

### 3.1 加强建筑项目前期管控

在工程造价的有效控制中，建筑项目前期管控的加强至关重要。从项目启动阶段开始，全面规划与严格控制的核心在于确保工程的经济性与可控性。项目立项阶段中，进行详尽的需求分析与可行性研究是不可或缺的，这包括对项目目标、范围及资源需求的明确。市场条件、地质环境及法规政策的深入分析，通过这些手段，科学合理的项目方案被制定，为后续的设计与预算编制奠定了坚实基础。在设计阶段，设计的合理性与经济性直接影响到后续施工成本的控制。通过优化设计方案，不仅能够降低不必要的成本支出，还能通过选择经济实用的建筑材料及简化施工工艺，减少材料消耗及施工难度。实际施工操作的充分考虑，应在设计阶段完成，以减少设计变更，避免由于设计不合理而产生额外费用。在预算编制方面，工程量的准确计算及市场价格调研是必须的，以确保预算的合理性与准确性。同时，设立适当的风险预留金，以应对可能的价格波动与变动，也是一项重要措施。

### 3.2 规范建筑项目招投标工作

规范建筑项目的招投标工作作为控制工程造价的关键措施之一，其核心在于通过透明且公正的招投标流程，确保工程预算合理以及施工成本得到有效管理。在招投标的初期阶段，详尽的招标文件及合同条款必须被制定，这包括对项目范围、质量标准、工期要求及投标条件的明确。招标文件的准确性，应当反映工程项目的实际需求与技术规格，以便投标人能够精准理解要求并进行报价，这样才

能减少由于信息不对称引起的预算误差或合同纠纷。招标过程中，法律法规及相关标准必须被遵循，确保招标信息的公开透明，以维护招标过程的公平性。对投标单位的资质、技术能力及过往业绩，应进行严格审查，以确保其具备履行合同的能力。评标时，科学合理的评估方法应被采用，对投标单位的综合实力与报价合理性进行公正评价，避免将最低报价作为唯一标准，这样可以防止低价中标带来的质量隐患或施工风险。在合同签署阶段，各项费用、支付方式、工程变更及索赔条款必须被详细明确，以预防合同执行过程中产生不必要的成本增加。

### 3.3 科学管理项目合同

科学管理项目合同是控制建筑工程造价的重要措施之一，其涵盖了合同的编制、签署、执行及变更管理等多个方面。在合同编制阶段，依据详尽的工程设计、预算清单及施工要求，全面且明确的合同条款需被制定，这些条款应包括工程范围、质量标准、工期要求、付款条件、违约责任及变更程序等内容。具体且合理的条款内容需要被确保，以使各种可能情况都有相应规定，从而减少合同执行过程中争议与纠纷的出现。在合同签署时，合同内容的清晰理解应被确保，各方必须对所有协议条款经过充分讨论和确认，以避免因误解或疏忽引发后续问题。合同执行阶段，严格按照合同条款进行的管理与监督应被实施，确保工程实施符合合同约定。建立的合同履行监控机制，应有效检查工程进度、质量及成本，帮助及时发现和解决实施中的问题<sup>[2]</sup>。合同变更管理同样重要，明确的变更审批流程应设立，以确保所有合同变更经过双方协商一致，并及时修订合同文件，以反映最新的工程要求和实际情况。通过科学管理变更，可以有效避免因设计变更或工程量调整而引发的成本超支。此外，付款环节的严格控制也应被重视，根据实际工程进度和质量进行付款，以防提前付款或为不符合质量标准的工作支付费用。

### 3.4 做好成本估算工作

有效控制建筑工程造价的核心措施之一是进行准确的成本估算，这涉及对项目从初步设想到最终完成阶段的全过程成本的预测与管理。在项目启动阶段，结合工程量清单、设计图纸及市场行情、材料价格和人工成本等因素，全面的成本估算需进行，这一阶段的估算应包括直接费用，如材料费、人工费及机械使用费，以及间接费用，如管理费用和临时设施费。风险预备金的适当设置，以应对可能的费用超支也是必要的，考虑到工程实施中的潜在风险及不确定性。最新的市场数据与工程经验应为成本估算的基础，结合工程的具体情况，如复杂度、施工环境和设计要求，以确保估算的准确性。定额估算、类比估算及专家判断等科学方法和工具的应用，可提升估算的精确度。同时，建立完善的成本控制体系，以监控成本执行情况，并对项目实施中的变更和突发情况进行及时调整。实际支出与预算的一致性，通过定期审核和调整成本，能够避免

由于估算偏差引起的成本超支。此外，项目的生命周期成本，包括长期运营及维护费用，也应涵盖在成本估算中，从而有助于实现项目的整体经济性。

### 3.5 优化施工方案

优化施工方案在控制建筑工程造价中扮演着至关重要的角色。该过程涉及对施工步骤、方法、技术及资源的全面分析与改进。通过科学规划与合理安排，施工效率得以提升，同时不必要的成本支出得以减少。施工方案的优化始于对详细工程设计及施工图纸的逐项分析，结合对工程量及施工步骤的仔细审视。合理的施工方法与技术选择，有助于提高施工效率并降低整体成本。例如，采用先进的施工技术与设备，不仅能够加快施工进度，还能提高施工精度，进而缩短工期并降低人工费用。施工顺序的合理安排，也成为优化方案的关键部分，这有助于避免重复劳动及资源浪费。资源的合理配置，包括材料、设备及人力资源的有效管理，是另一个关键方面。通过精确计算材料需求与选择合适的供应商，材料浪费及采购成本可显著减少。合理选用与管理设备，施工效率能够得到提升，同时降低设备使用成本<sup>[3]</sup>。人员管理方面，通过优化人力资源配置及提升工人技能，因操作不当而引发的返工及质量问题可以减少。此外，施工方案的优化亦需考虑安全措施及环境保护，以避免因安全事故与环境问题而产生的额外费用。

### 3.6 合理选择建筑材料

在建筑工程造价控制中，合理选择建筑材料被视为至关重要的措施之一。科学的材料选择与使用，确保了工程质量的同时，也最大限度地降低了成本。这一过程的核心在于，材料的选用不仅直接影响建筑物的结构性能、耐久性及后期维护成本，还涉及项目规划与设计阶段的全面考量。在选择材料时，项目需求的性能评估必须充分。例如，为满足不同建筑功能与使用环境的要求，选用适当强度、耐久性及环保性能的材料是必需的，以确保建筑物的稳定性与安全性。同时，对材料的技术性能与经济性的综合评估，有助于实现性能与成本之间的最佳平衡。材料采购成本的控制也是工程造价控制的重要因素之一。通过对各供应商的报价与市场价格的比较，能够选择性价比高的材料，从而降低采购成本。在采购过程中，材料的质量与供应商的信誉同样是关键考量因素，必须确保所购材料符合国家标准与设计要求，以避免因质量问题而导致的后续维修或更换。除这些因素外，材料的运输与存储成本也应纳入考虑，材料体积与重量会直接影响运输费用，选择轻便且易于运输的材料，有助于有效降低运输成本，施工现场对材料的存储方式也需科学规划，以防止材料损坏与浪费，从而进一步控制整体工程造价。

### 3.7 构建完善的工程造价动态管理体系

构建一个完善的工程造价动态管理体系，作为控制建筑工程造价的关键措施之一。该体系的核心目标在于

实现对工程造价全过程的实时监控与有效管理，从而提升控制的精度与效果。在项目启动之初，详尽的造价预算及控制计划应被制定，将工程造价细分至各个阶段，并设定明确的控制标准。预算执行情况及数据分析通过实时追踪得以进行，从而能够及时发现并纠正成本偏差，确保项目顺利进行在预算框架内。此外，现代信息技术的结合，如建筑信息模型（BIM）及项目管理软件具有重要意义，建立全面的数据管理平台，这些技术工具能够集成多种成本信息，提供实时数据分析与预警功能，帮助管理人员迅速识别潜在成本风险并采取应对措施。例如，通过BIM技术进行三维建模，可以准确计算材料需求及其成本，减少资源浪费及采购成本。同时，定期进行成本审计和评估，作为动态管理体系的重要组成部分，必不可少，这不仅有助于确保财务数据的准确性，还能及时调整造价控制策略，发现并解决控制过程中的问题，并为未来项目提供改进的建议及经验教训<sup>[4]</sup>。通过系统化的成本控制流程与透明的财务管理，确保项目各方对造价信息的及时共享与沟通，从而提升团队的成本意识与责任感。最后，动态管理体系的完善还需与合同管理及供应链管理有效协同，以确保合同条款及供应商管理的合理性，防止合同变更及材料采购中的隐性成本。

## 4 结语

深入探讨建筑工程造价的有效控制，可以明确，提升项目经济效益的关键在于科学管理与优化策略。准确的成本估算与合理的招投标管理，作为成功的造价控制的基本要求，需在项目启动阶段进行。此外，施工过程中各个阶段的持续监控与调整，也是不可或缺的。规范的合同管理、精确的成本估算、合理的材料选择以及动态的造价管理体系，构成了实现有效控制的核心要素。随着行业技术的不断进步及管理方法的发展，建筑工程造价控制面临着新的挑战，但也同样带来了机会与创新的解决方案。不断优化这些控制措施，不仅能够提升项目的经济效益，还能确保工程质量及可持续性。未来，建筑项目的造价管理将更依赖于先进的技术与科学的管理方法，以适应不断变化的市场需求及环境挑战，对建筑工程造价控制的深入研究与实践，将为行业的发展提供重要的支持与指导。

## 【参考文献】

- [1] 索文倩. 建筑项目工程造价的有效控制相关探究 [J]. 房地产世界, 2024(8): 83-85.
- [2] 杨国珍. 浅析建筑工程造价合理有效控制 [J]. 价值工程, 2018, 37(27): 44-46.
- [3] 莫良德. 论建筑工程造价的有效控制 [J]. 建材与装饰, 2018(32): 193-194.
- [4] 张颖. 有效控制建筑工程造价预算的相关对策 [J]. 价值工程, 2018, 37(25): 41-43.

作者简介：钟声（1972.2—），单位名称：广东白云学院，毕业学校和专业：湖南大学 工商管理硕士。

## 铸造行业环境整治探究

任宇<sup>1</sup> 王月祥<sup>2</sup>

1. 苏州启迪环保有限公司, 江苏 苏州 215128  
2. 苏州优乐蜂环保科技有限公司, 江苏 苏州 215128

**[摘要]**在铸造行业发展过程中, 为了保证行业自身的整治效果全面贯彻, 环境保护核心理念, 企业要严格按照国家所颁布的铸造行业环境保护指导思想以及发展目标, 并深度分析铸造行业环境整治所具备的必要性, 同时结合目前铸造行业环境所出现的问题, 有效分析铸造行业环境整治应用策略。

**[关键词]**铸造行业; 指导思想; 环境整治; 煤炭锅炉

DOI: 10.33142/sca.v7i10.13660

中图分类号: X322

文献标识码: A

## Exploration on Environmental Remediation in the Foundry Industry

REN Yu<sup>1</sup>, WANG Yuexiang<sup>2</sup>

1. Suzhou Qidi Environmental Protection Co., Ltd., Suzhou, Jiangsu, 215128, China  
2. Suzhou Unicle Environmental Protection Technology Co., Ltd., Suzhou, Jiangsu, 215128, China

**Abstract:** In the development process of the casting industry, in order to ensure the comprehensive implementation of the industry's own rectification effect and the core concept of environmental protection, enterprises should strictly follow the national environmental protection guidance and development goals for the casting industry, and deeply analyze the necessity of environmental rectification in the casting industry. At the same time, combined with the problems currently existing in the casting industry environment, effective analysis of the application strategies for environmental rectification in the casting industry should be conducted.

**Keywords:** foundry industry; guiding ideology; environmental remediation; coal fired boiler

随着社会经济水平的不断提高, 铸造行业作为工业生产和制造的核心环节, 为国家经济发展, 人民生活以及社会进步作出了重要贡献, 但是铸造行业不断进步的同时, 同样造成了环境污染问题, 为了实现可持续发展目标, 铸造行业必须选择适合的应对措施, 有效整治环境污染问题。

### 1 铸造行业环境整治指导思想以及目标

#### 1.1 指导思想

为了保证城市化建设以及自然环境保护策略能够全面落实和贯彻, 各地区始终坚持以绿色发展作为核心基础, 以生态化战略为基础载体, 以改革自然环境质量为核心条件, 严格落实环保法律与法规不断拓展行业污染防治应用领域, 并加大行业整治力度, 为打造自然环境城市奠定基础条件。

#### 1.2 发展目标

在铸造行业环境整治期间, 想要提高行业环境整治效果, 我国各地区要严格按照自然环境保护思路, 并推动城市铸造行业污染整治体系。但是结合目前铸造行业发展现状进行详细分析, 各地区的行业普遍存在。生产工艺生产装备过于落后, 环境污染严重, 治理水平低, 安全隐患较多等相关问题, 虽然大多数地区选择适合的治理方法并获得了一定治理效果, 但是铸造行业环境的整治问题仍然无法得到有效解决, 对此, 我国结合铸造行业发展实际情况,

实现生产清洁化管理标准化监督常态化等发展目标, 以此提高铸造行业的建设效果。

### 2 铸造行业环境整治必要性

随着城市化建设进程不断加深, 铸造行业得到了前所未有的发展机遇, 但是行业进步的同时, 对于自然环境的破坏也十分严重, 持续不断的环境污染问题如果不能及时处理, 则会导致生态平衡被破坏。

#### 2.1 保护生态环境

自然环境整治能够有效减少铸造行业对于生态平衡的损坏, 从根本上保护自然资源<sup>[1]</sup>。

#### 2.2 完善生产环境

有效的环境治理方法能够改善铸造行业的生产环境, 为岗位员工创造安全高效稳定健康的工作环境, 以此提高铸造行业的生产效率为企业高效稳定可持续发展, 提供源源不断的支撑力量。

#### 2.3 提高社会信任度

铸造企业在行业环境治理上, 如果能够选择适合的管理方法和专业技术手段, 则可以有效降低铸造行业对社会进步所产生的负面影响, 提高铸造企业在社会环境的信任度, 增强社会的荣誉感。

铸造企业污染治理水平普遍不高、问题较多; 部分企业甚至存在违法排污行为。比如部分企业存在手续不完备、

未取得排污许可证排污、污染防治设施建设不到位、不正常运行污染防治设施。

### 3 铸造行业环境整治问题

#### 3.1 能量消耗

由于铸造过程中需要使用大量的能源和材料,能源的消耗不仅会极大地增加企业运营经济成本,还会严重影响环境平衡,比如:通常情况下,铸造过程中需要不断燃烧煤炭炉窑,为铸造生产提供基础能量,但是燃煤锅炉所排放的二氧化碳,二氧化硫等有害物质,如果不能选择适合的治理方法和手段,则会造成严重的空气污染,破坏自然环境的平衡。

#### 3.2 产能落后

在国内的铸造行业中,由于产品在生产时,许多生产设备和技术工艺都相对比较落后,设备和工艺不仅会影响能源的使用效率,还会对自然环境造成极大的损害。针对此种现状,企业要定期结合铸造行业的发展现状以及生产模式更新淘汰维修陈旧设备。尽可能减少环境的污染问题。

#### 3.3 废弃物排放

铸造行业在实际生产和运行过程中会产生大量的废气废水以及固废等废弃物质,以上物质包含许多重金属以及有机物。如果不能选择适合的治理方法,则会严重污染环境,打破生态平衡<sup>[2]</sup>。

铸造生产过程中产生的大气污染物主要包括颗粒物、二氧化硫、氮氧化物、铅及其化合物、VOCs(含苯和苯系物等)、油雾、恶臭等。

颗粒物主要产生于金属熔炼(化)、造型、制芯、浇注、落砂、清理、砂处理、废砂再生、铸件热处理、表面涂装等工序,以及易散发粉尘的粉状、粒状物料的储存、运输和转移、破碎和除尘器卸灰等环节。

二氧化硫和氮氧化物主要产生于使用化石燃料的工业炉窑,如冲天炉、金属熔炼(化)及热处理燃气炉、热法废砂再生等工序或者生产设施。

铅及其化合物主要产生于铅基及铅青铜合金铸造金属熔炼(化)工序。

VOCs 主要产生于含 VOCs 原辅材料的储存、调配和输送、表面涂装工序、消失模工艺浇注工序以及含有有机黏结剂或辅助材料的铸造工艺的造型、制芯、浇注工序等;苯和苯系物主要产生于表面涂装工序。

油雾主要产生于压力铸造(压铸)模具脱模剂喷涂等过程。

恶臭主要产生于造型、制芯、浇注和表面涂装等工序。

### 4 铸造行业环境整治策略

#### 4.1 改进技术手段

想要有效保证铸造行业环境得到有效整治,企业要科学合理地选择科学技术手段,比如负压铸造技术、无砂少

砂铸造技术;为保证铸造行业环境整治效果,在外部造型技术的选择上,要结合现代化社会发展现状,选择自动化砂处理生产线;铸造行业在发展和生产过程中,企业想要保证铸造行业的稳定发展,要积极鼓励企业选择半自动以及全自动生产线,以此确保铸造造型生产流程,尽可能减少传统手工造型手段;在铸造行业发展过程中,要结合生产需求以及标准选择树脂、石英砂等再生的洁净回收技术手段,确保铸造过程中所产生的陈旧砂石回收率达到标准要求。

明令淘汰设备:无芯工频感应电炉、0.25 吨及以上无磁轭的铝壳中频感应电炉;铸件生产企业冲天炉熔炼,设备熔化率宜大于 10 吨/小时。采用粘土砂、树脂自硬砂、酯硬化水玻璃砂铸造工艺的企业应配备完善的砂处理及砂再生设备,粘土砂旧砂回用率不低于 95%。

#### 4.2 实现自动化作业

现阶段,落砂作业方式通常选择传统的人工操作模式,导致落砂作业环境出现脏乱差现象,除此之外,为了保证落砂操作效果,实际开展操作工序时,要选择落砂机械设备或者在封闭环境内开展生产技术,并且在此基础上,构建配套的自动、封闭生产线,科学、合理地提高生产线的基础处理能力,保证废砂可以及时处理和再生,防止废砂长时间的堆放。

落砂、抛丸清理、砂处理工序应在封闭空间内操作,废气收集至除尘设施;未在封闭空间内操作的,应采用固定式、移动式机器设备,并配备除尘设施。

清理(去除浇冒口、铲飞边毛刺等)和浇包、渣包的维修工序应在封闭空间内操作、废气收集至除尘设施;4.3 改造回收系统

在铸造行业环境整治工作实施过程中,还要积极改进回收系统,针对系统中所涉及的废弃物质不断改造和优化回收系统,对所有的排气位置点搭配相应处理能力的高效除尘设施;除尘设备的清灰口在清理时必须使用围挡进行结构封闭,除尘灰不得直接卸落到地面,以此确保灰尘可以及时清理;在改造回收系统时,还要将原材料遗落点安装配套集气外罩以及袋装式除尘设施,并将原材料下落点与排气点所产生的粉尘和杂质全面收集,确保经过净化处理后的污染物质排放浓度能够达到排放标准<sup>[3]</sup>。4.4 优化中频感应炉防治设施

在铸造行业环境管理过程中,中频感应炉实际运转过程中,应尽量密闭,无法密闭的可采取移动式密封房等灵活的集气设施,同时配套袋式除尘、滤筒除尘等高效除尘工艺。如果在铸造行业生产和管理过程中,所使用的中频感应炉中所使用的材料包含废铁、废钢等相关污染物质,那么在优化中频感应炉防治措施时,必须在自然环境污染防治措施的基础上增加有机性废气吸附装置,在使用设备运转过程中,需要额外注意的是,自然环境污染防治措施

所配套的集气外罩要尽可能降低设备安装高度,尽可能确保中频感应炉的烟气收集处理效率达到95%以上,保证污染物质在处理之后,其排放浓度始终稳定在标准范围内。

冲天炉加料口应为负压状态,防止粉尘外泄。废钢、回炉料等原料加工工序和孕育、变质、炉外精炼等金属液处理工序产生点应安装集气罩,并配备除尘设施。推荐技术:

(1) 使用炉盖与除尘一体化技术,该技术将电炉炉盖与除尘收集罩一体化设计,收集金属熔炼(化)过程产生的颗粒物,提高废气收集率,减少排气量。

(2) 金属液定点处理技术,该技术使用金属液处理装置或在固定的位置进行金属液处理和特殊元素合金化等操作,通常需在密闭(封闭)空间或半密闭(封闭)空间内操作,适用于金属液处理设施。

(3) 低氮燃烧技术,该技术采用控制空燃比、半预混燃烧器等技术,可减少燃烧过程NO<sub>x</sub>的产生量,适用于铸造生产中采用天然气作为燃料的工业炉窑,一般可使烟气中NO<sub>x</sub>产生浓度减少30%以上。

(4) 微量喷涂技术,该技术通过定量装置将脱模剂精确喷涂在模具表面,大幅减少脱模剂的使用量,一般可减少50%以上废气产生量,适用于压力铸造(压铸)工艺的脱模剂喷涂。该技术需配合模具设计专用的喷涂装置使用,适用于大批量单一品种的产品。

(5) 金属液封闭转运技术,该技术采用隔热盖、转运通廊等封闭方式进行金属液转运,可通过配置袋式除尘器减少颗粒物排放。该技术可防止金属液氧化,减少金属液运输过程中的热量损失。

#### 4.3 提升设备运行效率

##### 4.3.1 改造抛丸清砂机

抛丸清砂机在优化和完善过程中,要在抛丸清砂机设置密闭空间作业,在此基础上配套袋式除尘或滤筒除尘高效除尘设备,并且对出灰区域选择适合的密封应对措施,确保污染物质的基础排放浓度能够稳定达到《大气污染物综合排放标准》。

##### 4.3.2 混砂工序防治设施

大多数混砂机污染物质主要由粉尘配套集气设备、袋式除尘设施,并且有效将混合砂石过程中所产生的粉尘进行集体处理,或采取喷淋(雾)等抑尘措施。制芯(热芯盒)、覆膜砂(壳型)、制芯(冷芯盒)、有色金属压铸等工序VOCs采用二级活性炭吸附或更高效的处理措施。确保污染物质的排放浓度达到排放标准。

##### 4.3.3 清洁原辅料代替

现阶段铸造行业环境整治过程中,为了保证铸造行业能够稳定发展,大多数企业纷纷淘汰了燃煤退火窑、烤型窑,选择以电力或者其他清洁型能源的退火窑、烤型窑,确保铸造行业所产生的污染物质进行清洁之后,保证物质排放的稳定度达到标准。

少/无煤粉粘土砂添加剂替代技术,该技术用碳质材料、有机纤维质材料或无机材料部分或全部代替煤粉,可减少粘土砂工艺生产过程中VOCs和SO<sub>2</sub>的产生量20%以上,适用于粘土砂工艺的铸造企业。

改性树脂粘结剂(含固化剂)替代技术,该技术采用无毒、低(无)挥发性物质为原材料复合制配改性树脂粘结剂,可降低树脂加入量,一般可减少VOCs产生量20%以上,同时协同减少恶臭的产生,适用于采用树脂作为型(芯)砂粘结剂的铸造企业。

陶瓷砂替代技术,该技术采用熔融或烧结技术制备符合铸造用砂要求的陶瓷砂替代硅砂。用于树脂砂工艺,一般可减少树脂用量的20%~30%以上;用于消失模工艺,一般可减少造型工序的颗粒物产生量15%以上。

无机粘结剂替代技术,该技术以硅酸盐类等为基体材料经复合制配改性制得型砂粘结剂,具有不燃烧、VOCs和恶臭产生量小等特点,适用于采用有机粘结剂作为型(芯)砂粘结剂的铸造企业。

水基铸型涂料替代技术,该技术以水作为主要载体和稀释剂,与耐火材料经复合制配制得砂型(芯)涂料,替代醇基铸型涂料等非水基铸型涂料,适用于砂型(芯)的施涂。

低(无)VOCs含量涂料替代技术,该技术使用水性、高固体分、无溶剂、辐射固化等低(无)VOCs含量的涂料替代溶剂型涂料,一般可使涂装工序VOCs的产生量减少20%以上,适用于铸件表面涂装工序。低(无)VOCs含量涂料应满足GB/T 38597的产品技术要求。

##### 4.3.4 浇铸烟气防治设施

由于在铸造过程中,浇铸铁水以及水分冷却过程中会产生极大的烟气,如果不能搭配配套的杂质收集以及净化处理措施,则会出现严重的环境污染问题,针对此种现状,企业要结合铸造生产过程中,搭配必要的废气吸附和处理装置,同时在配套装置时,还要充分考虑浇铸烟气收集面积、收集总量等相关因素,所以还要搭配适合的功能适合的集气外罩、集气管道以及引风设备,以此保证90%以上的烟气能够有效被收集和处理,保证污染物质的基础排放浓度达到国家所制定的排放标准<sup>[4]</sup>。浇注工序产生点应安装集气罩并配备除尘设施,或采取喷淋(雾)等抑尘措施。消失模、实型铸造工艺使用树脂的浇注工序采用吸附脱附+蓄热燃烧、吸附脱附+催化燃烧、焚烧法等高效处理设施。

##### 4.3.6 整治燃煤炉

在铸造生产范围内,针对已经构建完毕的区域或者生产环境敏感区域内的燃煤炉等相关设备,将所有落后的设备一律改造为天然气、电力能源等清洁能源生产设备,以此保证铸造区域内所使用的燃煤炉全部完成扬尘处理、脱硫污染等相关设备全面优化和改造。

#### 4.4 规范物料储存模式

由于铸造生产过程中需要消耗大量的原材料,所以在

生产过程中，各种原材料要保证储存有序，其中容易出现扬尘的原材料和物料在储存和堆积时，要尽可能进行封闭储存，做到防尘、防雨，同时施工区域内必须保证干净整洁，定期清扫。

粉状物料（如煤粉、膨润土等）应袋装或罐装，并储存于封闭储库或半封闭料场（堆棚）中。粒状、块状散装物料（如生铁、废钢、焦炭等）应储存于封闭储库、料仓中，或储存于半封闭料场（堆棚）中。

VOCs 物料（如涂料、树脂、稀释剂等）应储存于密闭的容器、包装袋、储库中；盛装 VOCs 物料的容器或包装袋应存放于室内，或存放于设置有雨棚、遮阳和防渗的专用场地；盛装 VOCs 物料的容器或包装袋在非取用状态时应加盖、封口，保持密闭；转移 VOCs 物料时，应采用密闭容器。

#### 4.5 整治表面涂装工序

对于铸造来说，产品在生产时蘸漆工序是重要的构成环节，所以在整治蘸漆工序期间，不能进行露天作业，并且生产场地必须进行硬化处理，并且周边生产区域内设置专业的挡溢流墙和收集槽，防治铸造所使用的油漆向四周流动。除此之外，在蘸漆操作过程中，油漆废渣以及废弃油漆会传输至指定位置，严格禁止随意倾倒，对此蘸漆工序在实际操作时，要安装集气外罩以及吸附装置，确保集气率达到 90%以上<sup>[5]</sup>。

表面涂装的配料、涂装和清洗作业应在密闭空间内进行，废气应排至废气收集处理系统；无法密闭的，应采取局部气体收集处理措施。

设备与管线组件 VOCs 泄露控制要求，敞开液面 VOCs 无组织排放控制要求等，应符合《挥发性有机物无组织排放控制标准》(GB 37822—2019)。

##### 推荐使用技术：

(1) 静电喷涂技术，该技术使涂料在高压电场的作用下荷电后均匀吸附于铸件表面，尤其是铸件外表面的喷涂，通常与自动喷涂技术联合使用。采用该技术可使液体涂料利用率达到 50%~85%，通过涂料回收利用技术可使粉末涂料利用率达到 98%以上。

(2) 阴极电泳技术，该技术依靠电场力的作用，使槽液中带正电荷的涂料颗粒涂覆在铸件表面，施工状态电泳槽液 VOCs 质量占比一般为 0.5%~2%，涂料附着率一般为 97%~99%，适用于铸件表面涂装工序的底漆施工。

#### 4.6 规范物料转移和输送

粉状、粒状等易散发粉尘的物料厂内转移、输送过程应密闭：

转移、输送、装卸过程中产生点应采取集气除尘措施，或喷淋（雾）等抑尘措施；

除尘灰采取袋装、罐装等密闭措施收集、存放和运输；厂区道路应硬化，并定期清扫、洒水，保持清洁。

#### 4.7 自动监控要求

对物料储存与输送、金属熔炼（化）、造型、制芯、浇注、清理、砂处理、废砂再生、铸件热处理等主要产尘点位和设施应该安装高清视频监控设施。生产设施和治污设施应该安装用电监控设施，生产车间门口和厂区物料运输主干道路口等关键点位应该布设空气质量监测微站，有条件的铸造企业建议安装分布控制系统（DCS）。自动监测、用电监控、空气质量监测微站、DCS 系统等数据应保存五年，高清视频监控数据应保存一年。

#### 4.8 日常保障应对措施

##### 4.8.1 严格履行责任

在日常环境管理过程中，企业还要严格按照岗位履行职责，始终按照谁污染谁管理的基本原则，对此，企业管理部门要定期了解和学习环境保护相关文件，以及各地区大气污染防治规划方案，深刻认识到自然环境整治工作对于铸造企业发展的重要作用，并且在日常管理和经营过程中，自觉履行自然环境的保护责任，严格按照铸造行业整治要求，结合企业经营过程中可能存在的问题和不足，选择科学、合理成熟的生产技术手段，按照标准完成铸造行业环境整治任务，保证铸造污染防治设施能够正常运转，致使污染物质的稳定性能够达到标准要求。

##### 4.8.2 定期监督

生产企业还要积极与当地环保局和相关技术人员建立有效的沟通渠道。在环保局专业人员的指导下不断整改，严格检查企业所出现的违规行为，如果出现自然环境污染行为，当地政府则需立刻作出应对措施。除此之外，各地区生态环境部门还要积极公布举报和监督电话，积极鼓励社会大众以及相关组织监督铸造企业严格杜绝企业违法违规的行为。

#### 4.9 选择清洁生产技术

对于铸造行业的发展来说，选择适合的清洁生产技术是目前企业发展以及环保领域的重点话题，其核心原因则是由于可行的清洁生产技术能够有效减少铸造过程中污染物质的排放总量，以此达到低污染高收益的生产目的。

#### 4.10 选择环保材料

选择环保材料以及环保技术手段，能够有效减少铸造生产过程中的能量损耗以及自然环境污染，所以企业要尽可能选择可再生能源代替传统的不可再生能源，并在铸造和生产过程中积极开展废物回收的相关技术<sup>[6]</sup>。

#### 4.11 宣传环保意识

对于铸造企业来说，想要稳定发展，实现可持续建设目标，企业自身还要具备环保意识。所以在日常工作中要积极宣传环保思维，提高岗位员工的环境保护观念。而在日常工作中，企业还可以通过积极组织知识培训以及节能活动等相关途径。有效提高员工的环保知识水平，创造环保工作氛围。

## 5 结束语

总之,铸造行业是我国生产和制造行业的核心环节,但是随着工业化发展的不断推动环境污染问题日益严峻,想要有效确保环境治理效果,则必须选择适合的应对措施,只有保障自然环境,才能确保铸造行业的稳定发展。

### [参考文献]

- [1] 王晓鹏. 铸造行业绩效分级现状及绩效水平的提升探究[J]. 山西冶金, 2023, 46(6): 95-97.
- [2] 袁永甲, 王凤. 基于智能制造背景下铸造企业降本增效路径探析[J]. 铸造工程, 2024, 48(3): 71-74.
- [3] 曹林锋, 吴仁贵, 乔世杰, 等. 我国铸造工业自行监测的现状与分析[J]. 铸造工程, 2024, 48(3): 79-82.
- [4] 时晓, 鞠欣宝, 张凯, 等. QC 小组活动在铸造企业开展

情况总结及展望 [J]. 中国铸造装备与技术, 2024, 59(2): 72-76.

[5] 曹伟, 付腊梅, 赵林栋, 等. 新型多功能铣浇口机在铸造行业的应用 [J]. 中国铸造装备与技术, 2024, 59(1): 5-8.

[6] 王宏宇, 相辉, 张静, 等. 电力行业铸造产品供应商合同主体资格审查模型研究 [J]. 特种铸造及有色合金, 2023, 43(12): 1731-1732.

作者简介: 任宇 (1989.9—), 女, 毕业院校: 淮阴师范学院, 所学专业: 环境科学, 当前就职单位: 苏州启迪环保有限公司, 职务: 环评工程师; 职称级别: 中级工程师。

王月祥 (1988.9—), 男, 毕业院校: 淮阴师范学院, 所学专业: 环境科学, 当前就职单位: 苏州优乐蜂环保科技有限公司, 职务: 环评工程师; 职称级别: 中级工程师。

## 药厂污水处理系统沉淀池改造研究探讨

张灿敏

杭州中美华东制药有限公司, 浙江 杭州 311200

**[摘要]**随着我国经济社会的快速发展,药品生产行业的地位日益突出,药厂污水处理问题也日益严重。药厂污水中含有大量的有机物、微生物、重金属等污染物,若处理不当,将对环境造成严重污染。沉淀池是药厂污水处理系统中的重要环节,其主要功能是去除污水中的悬浮物和部分溶解物,对药厂污水处理系统进行有效改造显得尤为重要。文章通过对药厂污水处理系统沉淀池的改造研究,探讨提高沉淀池处理效果的方法和途径,为药厂污水处理提供理论指导和实践参考。

**[关键词]**药厂;污水处理系统;沉淀池改造

DOI: 10.33142/sca.v7i10.13649 中图分类号: X787 文献标识码: A

## Discussion on the Renovation of Sedimentation Tank in Pharmaceutical Wastewater Treatment System

ZHANG Canmin

Hangzhou Zhongmei Huadong Pharmaceutical Co., Ltd., Hangzhou, Zhejiang, 311200, China

**Abstract:** With the rapid development of Chinese economy and society, the status of the pharmaceutical production industry is becoming increasingly prominent, and the problem of wastewater treatment in pharmaceutical factories is also becoming increasingly serious. The wastewater from pharmaceutical factories contains a large amount of organic matter, microorganisms, heavy metals and other pollutants. If not treated properly, it will cause serious pollution to the environment. The sedimentation tank is an important part of the wastewater treatment system in pharmaceutical factories. Its main function is to remove suspended solids and some dissolved substances from the wastewater. Effective transformation of the pharmaceutical factory wastewater treatment system is particularly important. The article explores the methods and approaches to improve the treatment efficiency of sedimentation tanks in pharmaceutical wastewater treatment systems through research on their renovation, providing theoretical guidance and practical reference for pharmaceutical wastewater treatment.

**Keywords:** pharmaceutical factory; sewage treatment system; renovation of sedimentation tank

### 引言

制药废水是一种较难处理的工业废水,该成分通常含有高氨、高盐和高 COD,废水量虽小,但对环境的影响却相当大。而药厂污水具有成分复杂、浓度高、毒性强等特点,其处理难度较大,对环境和水体造成严重污染。目前,药厂污水处理技术主要有生物处理、物化处理、膜分离等方法。其中,生物处理技术在处理药厂污水方面具有较好的效果,但其处理过程中产生的剩余污泥处理问题仍然较为突出。沉淀池作为生物处理过程中去除悬浮物和部分溶解物的重要设备,其处理效果直接影响到整个污水处理系统的性能。因此,对药厂污水处理系统沉淀池进行改造研究具有重要意义。

### 1 药厂工程概况

杭州中美华东制药有限公司自 2000 年起建设并投入使用的污水处理系统,至今已有 23 年的持续运行历史。该系统作为公司目前唯一一套污水处理设施,见证了公司的发展与变迁。然而,随着时间的推移,系统内各个构筑物和设备均出现了老化现象。特别是兼氧池、Cass 池、污水收集池以及排放口等混凝土池体,其内外部老化、腐蚀和脱层的问题尤为严重。为了应对这一问题,公司计划

对现有污水处理系统进行改造升级。项目总建筑面积约为 241,505m<sup>2</sup>,其中地上建筑面积约为 194,903m<sup>2</sup>,地下建筑面积约为 46,602m<sup>2</sup>,新增建筑面积约为 121,505m<sup>2</sup>,项目将分阶段实施。然而,新更换的设备控制信号却无法接入原有的 PLC,无法实现自动控制反馈,迫使系统操作人员必须亲自现场开启或关闭设备,这无疑对运行操作产生了不利影响。

原污水系统的处理工艺是基于原料药大规模生产而设计的,通过兼氧工艺和 CASS 工艺处理后,污水可以达到排放标准,但是随着原料药的搬迁,制剂生产和科研废水的污染物浓度已经大幅降低。在这样的背景下,兼氧单元的处理意义已经不大,低浓度的废水可以直接进入 CASS 池进行处理,达到排放标准。因此,我们可以考虑将低浓度进水直接引入 CASS 池进行处理,以简化处理流程,提高处理效率。在技术层面,现有污水处理系统的 PLC 处理器及模块电气元器件已严重老化,这导致了现场风机、水泵等设备的损坏和更换。此次改造不仅是对硬件设施的升级,更是对污水处理工艺的优化。通过对系统的智能化升级,提高自动控制水平,实现高效稳定的污水处理。这将进一步巩固公司在环境保护方面的社会责任,也

有助于提高企业的可持续发展能力。

## 2 污水处理系统沉淀池的重要性

污水处理系统是现代城市基础设施的重要组成部分,其作用是减少污染物对环境的负面影响。在污水处理系统中,沉淀池是一个关键的处理单元,其主要功能是通过重力沉降作用去除水中的悬浮固体和部分溶解固体。沉淀池是污水处理中用于固液分离的设施,它利用悬浮颗粒物与水之间的密度差异,使颗粒物在静止或缓慢流动的水中自然沉降到池底,从而达到去除悬浮固体和部分溶解固体的目的。

沉淀池的设计和运行需要考虑多个因素,如水流的速度和停留时间,合适的水流速度和停留时间能够保证悬浮物有足够的时间沉降,沉淀池的形状和尺寸也会影响水流的分布和沉淀效果。沉淀池的设计通常包括初沉池和二沉池,初沉池主要是去除较大的悬浮物和部分有机物,减轻后续处理单元的负担,较重的颗粒会首先沉淀到底部,形成一层沉淀物;二沉池主要是进一步去除细小的悬浮物和有机物,同时也可以实现活性污泥的浓缩,活性污泥混合液在沉淀池中进行泥水分离,通过絮状体的沉淀作用,能够进一步去除水中的悬浮物和有机物。改造后的沉淀池能够减少动力消耗和化学药剂的使用,能够提高系统对不同水质变化的适应能力,保证处理的稳定性,并且能够减少对污水处理设备的磨损,延长其使用寿命,从而降低药厂的运营成本。

## 3 制药废水处理的技术研究

### 3.1 模拟模型的建立和计算处理

废水处理系统中的沉淀池是一种能耗较少的处理构筑物。由于目前普通沉淀池大多存在处理效率不足(约40%~60%)、占地面积大等缺点,因此通过对现有沉淀池进行技术改造,提高系统处理效率,使其效率最大化,这也是就处理能力和效率而言最经济的方法。在水处理过程中,如果颗粒的密度大于水的密度,颗粒就会因重力而下沉,将悬浮在水中的颗粒与水分离的过程称为沉淀。经过混合和絮凝后,悬浮在水中的颗粒已形成粒径较大的絮凝体,需要在沉降(或澄清)结构中进行分离,通过重力从水中分离悬浮颗粒的结构是沉淀池。各种形式的沉淀池分离悬浮颗粒的原理是相同的,但结构上有一定的差异,目前最常用的沉淀池是平流沉淀池,其性能稳定、排放率高等特点,这是我国开发最早、应用最广泛的泥水分离结构技术,原有的沉淀池逐渐不能满足要求,需要根据新的要求进行改造。

### 3.2 斜板沉淀池

混凝沉淀多在沉淀池中进行,药厂可以采用斜板沉淀池的方式进行改造,且为了提高沉淀池的处理效率,在沉淀池中添加PAC和PAM,并采用机械搅拌来溶解药物。斜板沉淀池利用层流原理在沉淀区内安装许多固体斜板,使悬浮物、废物中的固体物质或投加混凝剂后形成的明矾絮体沉淀在斜板上沉积。水沿斜板向上流动,分离出的污泥在重力作用下沿斜板滑至池底,然后集中排出。沉淀池增设斜板,增加了沉淀池的处理能力,增加了沉淀池的沉淀面积,缩短了沉淀时间,从而提高了处理效率。污水处理

系统沉淀池内化学溶解方式改为空气搅拌后,实际运行中能耗较低,药液搅拌均匀且无死角沉降,并且使用斜板沉淀池后,废水水质变得更好、更稳定,但运行一定时间后,发现沉淀物在斜板上形成一层泥,影响到水质的质量,提高水质和易受损害的程度。同时,改性后的管道具有较强的耐腐蚀性,延长了管道的使用寿命,方便工作人员进行后续的维护工作。由于沉淀池、池体均设有斜板,间隙较小,污泥清理困难,不能完全满足要求,而工作人员分别测试了絮凝剂、铁盐、铝盐和高分子聚合物的添加量,并调节pH值并添加少量氢氧化钠,添加后絮体会明显减少。

### 3.3 桨式搅拌机

桨式搅拌机结构简单,主要由电机、减速机、机架、离合器、主轴、桨叶等组成,通常适用于混合低黏度液体、悬浮液和溶解液体。当电机启动并经减速机减速时,离合器将扭矩传递至搅拌机主轴并带动叶片旋转,从而混合药液液体。当药液进入水体时,工作人员需要采用过滤方式,在运行半小时后发现滤布堵塞严重,出水量急剧下降,而更换较小目数的滤布并不能解决这种情况。工作人员根据现场情况,发现主要原因是滤布表面存在悬浮物质,形成一层相对稳定且难以清除的泥浆,而滤布需要经常更换,废料质量不稳定、不符合要求,这就需要工作人员运用桨式搅拌机,对泥浆、悬浮物质等进行处理。药物在沉淀池中的凝固和沉降起着重要作用,当加药系统正常时,由于混合器故障导致化学物质溶解不完全,药物不能充分发挥作用,导致废物业品下降。因此,要求人员拆除沉淀池内原有的搅拌器,将溶解药物的方式由机械搅拌改为空气搅拌,即在沉淀池底部安装气流搅拌器,气流搅拌器与罗茨鼓风机的出风管连接,保证化学作用的有效输送。

## 4 药厂污水处理系统沉淀池改造措施

### 4.1 进出水水质设计

制药废水通常具有污染物成分复杂、COD浓度高、有毒有害物质多、可生物降解物质少、水质水量波动大、部分废水pH值高、悬浮物含量高且难以克服的特点,不同药厂产生的废水含有不同种类的污染物。废水中含有氰化物、酚类或芳香胺、杂环氮化合物、多环芳烃等难以被微生物分解甚至对微生物有抑制作用的物质,氨氮和无机盐浓度较高且不宜直接使用,有利于微生物的繁殖和生存。

传统的处理工艺除了存在系统运行困难、处理效果差等问题外,还难以达到排放标准,国内外研究人员利用组合技术来提高加工系统的稳定性,提高加工效率。含有多种污染物和复杂有机成分的废水的处理仍然是水处理领域的热点和难点研究问题,并针对高浓度废水(如表1所示)、低浓度废水(如表2所示)进行工程设计更加合理。为了提高沉淀效果,工作人员可改进沉淀池的结构,将沉淀池内沿水流方向设置多个出水口,可以防止水流堵塞,同时降低表面负荷,降低可完全分离的最小颗粒的沉降速度,延长废水沉降时间和停留时间,从而提高药厂废水等处理效率。并采用平流沉淀池或径流沉淀池还可以均匀分配水流,增大沉淀

池容积并提高污泥浓度,加强对沉淀池、斜管等配套设施的沉淀效果,有利于去除悬浮物,进一步降低泥浆浮现率,以此来实现生态效益与经济效益的有机统一。

表 1 高浓度废水(红霉素生产废水)进水水质设计

| 序号 | 项目  | 进水    |
|----|---|-------|
| 1  | COD/(mg·L <sup>-1</sup> )                             | 11000 |
| 2  | BOD <sub>5</sub> /(mg·L <sup>-1</sup> )               | 4700  |
| 3  | NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N/(mg·L <sup>-1</sup> ) | 100   |
| 4  | SS/(mg·L <sup>-1</sup> )                              | 2500  |
| 5  | pH  | 6~9   |

表 2 低浓度废水(红霉素生产废水)进水水质设计

| 序号 | 项目  | 进水   |
|----|---|------|
| 1  | COD/(mg·L <sup>-1</sup> )                             | 1000 |
| 2  | BOD <sub>5</sub> /(mg·L <sup>-1</sup> )               | 300  |
| 3  | NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N/(mg·L <sup>-1</sup> ) | 15   |
| 4  | SS/(mg·L <sup>-1</sup> )                              | 300  |
| 5  | pH  | 6~9  |

#### 4.2 废水的水质以及处理流程

随着城市化进程的加快和环境标准的提高,污水处理系统需要不断地进行改造和优化,以适应新的要求和挑战,改造沉淀池可以帮助污水处理厂达到更严格的排放标准,并有效提高污水处理系统的处理能力,使污水处理过程更加高效和稳定。药品化学合成产生的制药废水 COD 含量高、成分复杂,但 B/C 值低,不可产生生物降解反应。通过对沉淀池进行改造,可以减轻设备的磨损,延长设备的使用寿命,改造后的沉淀池结构合理,运行稳定,有利于设备的正常运行。

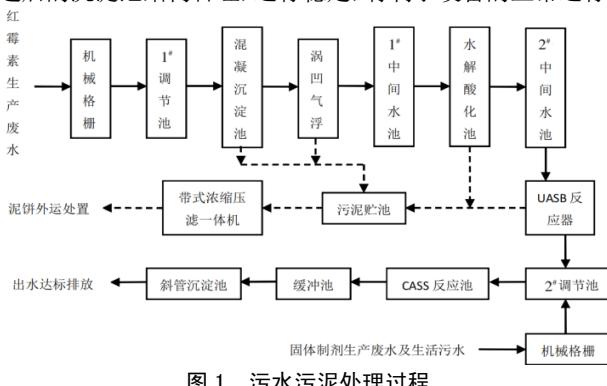


图 1 污水污泥处理过程

在对药厂污水处理过程中,沉淀池能够有效去除污水中的悬浮物和有机物,改善水质,减少对环境的污染以及后续处理工艺的负担,保证污水处理系统的正常运行,从而更好地保护环境和人类健康。同时,为保证制药废水处理的有效性,根据制药废水对微电解工艺的影响,制药废水可分为混凝沉淀池和芬顿氧化池两种处理方法,工作人员需要添加混凝剂,使悬浮物和胶体物质沉淀并实现降解。在实际应用过程中,研究人员应结合药品生产特点,选择合适的处理方法,如混凝沉淀废水处理工艺、生物废水处理工艺等,

在提高水质的同时保证废水处理工艺的稳定运行质量,节省废水处理成本,为企业获得更大的利润(如图 1 所示)。

#### 4.3 改善水流状态

辐流式沉淀池为直径较大的圆形池,废水一般通过进水管进入罐体中间管道,然后通过中间穿孔挡板沿半径方向均匀地径向流向罐体圆周。水箱周围清澈的水通过大坝溢出,即水从中心进入、从边缘流出,主要缺点是池内水流速度由大变小,从而使水流不稳定,影响水中的物质出现下沉的效果。例如,沉淀处置场配水区半径为 2m,池塘半径为 20m,水池中心的水的速度是周围水的速度的 10 倍,其动能是周围水的动能的 100 倍,这很容易造成湍流蔓延到沉淀池末端的出口。

为了克服这些缺点,正在开发的新型径流沉淀采用外围进水、中心出水的形式,即废水从池的外围分布并供应清水,从集管罐环(或一系列同心圆形罐)的中心附近开始汇集出流。辐流式沉淀池是一种沉淀效率高的池型,与中心进水、外围出水的沉淀池相比,设计表面负荷可提高 1 个数量级左右,通过设置各种水流导流墙、整流墙等,可以改善沉淀池内的水流状态。例如,安装与水流平行的垂直导流墙,可以克服沉淀池长宽比较小造成的偏差,并且在设计倾斜导流墙时,水流为层流,接近理想水流条件。水箱底部的出水口顺水流方向布置,倾斜挡土墙可以克服由于水流密度造成的截面损失,增加实际停留时间,并防止沉淀池中颗粒的再悬浮,流动条件的这些变化可以提高沉降效率。

#### 5 结束语

综上所述,药厂污水处理系统沉淀池改造研究对于提高药厂污水处理效果具有重要意义。通过增加沉淀池容积、优化沉淀池设计、采用新型沉淀材料等方法,可以提高沉淀池的处理效果,可以为药厂污水处理提供理论指导和实践参考。在未来,还需要进一步研究药厂污水的特性,开发更加高效、经济的沉淀池改造技术,为我国药厂污水处理事业做出更大贡献。

#### 参考文献

- [1] 曲智.某甾体生物制药厂废水处理工艺研究[J].中文科技期刊数据库(引文版)工程技术,2022(12):4.
  - [2] 王振华.制药企业污水处理厂的节能设计与应用[J].建筑节能,2017(5):25.
  - [3] 刘静晓,牛勇,唐勇.某药厂污水处理系统沉淀池改造研究探讨[J].化工与医药工程,2015(4):3.
  - [4] 杜丽娜,杨帆,穆玉峰,等.某制药废水对发光细菌急性毒性的评价研究[J].环境科学,2014,35(1):6.
  - [5] 郝帅.电催化氧化方法用于制药废水深度处理的实验研究[D].哈尔滨:哈尔滨工业大学,2014.
- 作者简介:张灿敏(1990.9—),男,籍贯:浙江省杭州市,职称:中级工程师,职务:主管,毕业时间:2013年6月,毕业院校:武汉生物工程学院,学历:本科,学位专业:环境工程,研究方向:制药企业 EHS 管理,污水处理等环保专业研究方向。

## “双碳”目标下氨的应用研究进展

王亚飞<sup>1</sup> 徐良晨<sup>2</sup> 姚向昱<sup>1</sup> 闫霆<sup>2</sup> 潘卫国<sup>2</sup>

1. 中国电力工程顾问集团华东电力设计院有限公司, 上海 200063

2. 上海电力大学能源与机械工程学院, 上海 201306

**[摘要]**文中对“绿氨”在工业生产和各行业中的使用情况进行了综述。在我国“碳达峰、碳中和”“双碳”战略的大背景下,氨气作为一种多功能化学品,在我国能源结构转型、降低碳排放等方面发挥着越来越大的作用。“绿氨”是一种新型的有机化学品,也是我国最主要的肥料资源。“绿氨”也可用于燃煤发电,从而达到高效率的发电。还介绍了“绿氨”在内燃机和燃气轮机上的使用情况,并对合成氨燃料电池的发展状况和制冷的应用进行了综述。

**[关键词]**绿氨; 碳减排; 工业应用; 氨燃料

DOI: 10.33142/sca.v7i10.13662

中图分类号: TQ116

文献标识码: A

## Research Progress on the Application of Ammonia under the "Dual Carbon" Goal

WANG Yafei<sup>1</sup>, XU Liangchen<sup>2</sup>, YAO Xiangyu<sup>1</sup>, YAN Ting<sup>2</sup>, PAN Weiguo<sup>2</sup>

1. East China Electric Power Design Institute Co., Ltd. of China Power Engineering Consulting Group, Shanghai, 200063, China

2. College of Energy and Mechanical Engineering, Shanghai University of Electric Power, Shanghai, 201306, China

**Abstract:** This article provides an overview of the use of "green ammonia" in industrial production and various industries. Against the backdrop of Chinese "carbon peak, carbon neutrality" and "dual carbon" strategies, ammonia, as a multifunctional chemical, is playing an increasingly important role in Chinese energy structure transformation and carbon emission reduction. Green ammonia is a new type of organic chemical and also the most important fertilizer resource in China. Green ammonia can also be used for coal-fired power generation to achieve high efficiency. The use of "green ammonia" in internal combustion engines and gas turbines was also introduced, and the development status of synthetic ammonia fuel cells and their applications in refrigeration were summarized.

**Keywords:** green ammonia; carbon reduction; industrial application; ammonia fuel

### 引言

当前,二氧化碳排放量随着化石燃料的不断使用正在急剧上升。如果不加以控制,这种趋势将导致更严重的温室效应,导致全球平均气温上升、海平面上升和气候变化迅速等严重后果<sup>[1]</sup>。在全球应对气候变化的背景下,氨作为一种多功能的化学物质,其在多个工业领域中扮演着至关重要的角色。由于氨具有高能量密度、易于液化存储和运输等特性,使其在不同的应用领域中展现出独特的优势。氨是生产氮肥的基础原料,主要用于制造尿素、硝酸铵和磷酸铵等化肥产品,为了加大氨的利用率,废水中的氨可以用于农业应用。很多研究人员致力于采用吸附、膜或混合方法来回收废水中的氨<sup>[2]</sup>。其次,氨在火力发电领域也有着广泛的应用,特别是在选择性非催化还原和选择性催化还原两项技术中,可以有效降低NOx的生成,提高大气品质。燃煤锅炉掺氨燃烧技术展现出极大的前景,能有效降低燃煤锅炉的排放量,减少环境污染,同时提高燃煤锅炉的热效率,节约能源。此外,氨作为一种潜在的替代燃料,具有零碳排放的潜力,能显著减少温室气体的排放,这对于应对气候变化具有重要意义。并且氨还可以作为氢气的载体,通过分解产生氢气供给燃料电池,从而实现高效的电能转换。除了上述应用以外,氨也是一种优良的制冷剂,具有高效、环保和经济

的特点,广泛应用于工业制冷、冷链物流等领域。

### 1 氨的应用途径

#### 1.1 氨在化肥工业中的应用

氨气是制造氮肥的重要原料,经过化学反应后可制成氨水、尿素、硝酸铵等肥料以提高农作物产量,液氨则无需加工直接应用于农业施肥,可以解决人口快速增长引起的粮食问题,有助于推动农业转型<sup>[3]</sup>。尿素是不可或缺的化工原料及肥料,会直接地波及到农业和经济。Palys等人提出一种基于氨的可持续能源农业(ABSEA)系统。这一强化系统可以使用可再生能源生产氨,既作为肥料,也作为拖拉机和谷物干燥的燃料,以满足当地的电力需求,并向电网提供可预测的、稳定的电力输出。该系统的概念设计利用了氨的生产和能量供应之间的协同作用,以实现经济可行性<sup>[4]</sup>。工业合成尿素由氮气加氢合成氨气以及氨气和二氧化碳转化为尿素两步实现,存在高能耗和高污染等问题。通过电催化碳氮偶联,将二氧化碳和氮源(氮气、硝酸根、亚硝酸根、一氧化氮等)转化为尿素,可直接跳过合成氨反应并在温和的反应条件下同时实现人工固氮和固碳。因此,尿素电合成技术不仅避免了高能耗和高污染,还能够实现惰性气体分子的高效利用<sup>[5]</sup>。众所周知,电催化剂是小分子电合成反应体系的核心组成部分,利用

不同金属活性组分的协同作用,结合活性中间体的表面吸附和转化等路径设计,推动金属单原子、双金属单原子等高活性催化剂的开发,甚至能够在一种催化剂上实现将不同氮源催化合成为尿素<sup>[2]</sup>。

### 1.2 氨在火力发电领域的应用

虽然近年来中国的新能源产业正在快速发展也取得了长足的进步,但时至今日,中国的主要电力供应仍然是火力发电,这些发电站通过燃烧煤炭或燃烧天然气,将化学能转变为热能,使用过热/再热蒸汽推动汽轮机,进而带动发电机发电。虽然技术非常成熟,但产生的大量二氧化碳会导致严重的环境问题,也不利于实现我国的“双碳”目标。此外,氨气的燃烧也可以提高燃煤锅炉的热效率,节约能源,因此近几年受到了很多国家的广泛关注。然而,使用氨作为燃料也存在一些挑战。由于其较低的层流火焰燃烧速率和火焰温度,氨的反应速率较慢,可以通过添加氢气、甲烷或氧气来提升其燃烧速率。此外在燃煤机组掺氨燃烧技术的实际应用中,仍存在许多关键性技术需要克服。高速的氨气射流会穿透火焰的内辐射区(IRZ),这可能会影响到锅炉壁面的热流分布。此外,氮氧化物的生成也受氨气喷入位置影响,将氨气喷入下部燃烧器可降低NO<sub>x</sub>浓度。此外,掺氨燃烧的策略对低品位的煤种来说是有益的。综上所述,为了达到最优的综合效率,应在提高锅炉的燃烧效率和降低CO<sub>2</sub>排放方面做出折中的考虑。

### 1.3 氨在内燃机上的应用

氨作为内燃机燃料的研究工作分两个时期,一是二战时期,为了解决石油危机和后勤问题;当前在第二个时期,目的在于研发出一种能降低温室气体排放量的无碳型燃料。将内燃机按点火类型分类的话可以分为SI发动机(典型为汽油机)和CI发动机(典型为柴油机)。在燃料选择方面,它们的重点部分各不相同。高正平等<sup>[6]</sup>人通过比较氨与标准燃料后得出十六烷值较低,只有在35:1~100:1的极高压缩比下才能够实现压缩点火,而利用马达法测出的氨辛烷值较高,具有很好的抗爆震作用。因此,与点火式内燃机相比,氨在压燃式内燃机中的应用存在一定的挑战性。在稳定条件下,富含碳氢化合物的燃料混合物表现出高发动机扭矩和功率输出,但与氨混合使用后NO<sub>x</sub>排放的增加,更重要的是,NO<sub>x</sub>排放往往是由高燃烧温度引起的,而未燃烧的氨是低燃烧温度的产物。

### 1.4 氨在燃气轮机上的应用

Faehn等人开发了两种类型的氨燃烧系统,并进行了发动机测试。一种系统类似于传统的碳氢化合物罐燃烧器,不同之处在于需要更大的燃烧器体积来增加停留时间并补偿降低的燃料可燃性。而另一个系统包含一个氧化催化剂床,与燃烧器集成在一起,作为提高燃料反应速率和减少燃烧器体积的手段。他们还开发了一种控制系统,通过调节燃烧空气/燃料比来保持恒定的催化剂床层温度。获得的燃烧器效率与等效的碳氢化合物燃烧器相当。将氨和传统化石燃料进行对比后发现,前者对燃气轮机的点火能

量有较高的需求。Hayakawa等人<sup>[7]</sup>进行了氨/空气旋流预混研究。当混合气入口速度为8m/s时,反应器内的火焰的吹扫限制从 $\phi=0.8$ 变为0.6。由于特征长度尺度的减小,涡流数的增加使得稳定火焰区域变窄。Somaratne等人<sup>[8]</sup>也通过非流线体非预混NH<sub>3</sub>/空气旋流火焰的数值研究,观察到类似的排放趋势。随着 $\phi$ 增加到1.4,NO排放减少了近6000ppm。NH<sub>3</sub>燃烧产生的NO排放相较于生物柴油和柴油仍旧偏高。此外,由于空气流动的减少,氨基反应物的排放也增高。NH<sub>x</sub>\*组合(NH<sub>x</sub>\*+NH<sub>x</sub>\*)被认为是富燃NH<sub>3</sub>的重要的反应。首先NH<sub>x</sub>\*结合产生二氨基自由基(NNH<sub>x</sub>\*)<sup>+</sup>,然后与氧原子(O<sup>2-</sup>)进行反应NNH+O<sup>2-</sup>→NH+NO。此外,在高温条件下,NH<sub>x</sub>\*反应促进了N<sub>2</sub>H<sub>x</sub>和硝基(HNO)的生成,进而减少了NO<sub>x</sub>排放的产生。将二次空气注入到燃烧室中是另一个改善NH<sub>3</sub>排放性能的方法。在控制良好的富燃条件和适当的温度下,预计使用NH<sub>3</sub>/H<sub>2</sub>燃烧时可以实现低NO<sub>x</sub>、高N<sub>2</sub>和H<sub>2</sub>O的产生。此外,他们还发现,在NH<sub>3</sub>/空气火焰中,尽管燃烧室壁冷却导致的NO排放量较低,但燃烧室壁冷却导致的炉壁热损失极大地影响了NH<sub>3</sub>的氧化,并导致了大量未燃烧的NH<sub>3</sub>排放<sup>[9]</sup>。这主要是因为由于壁面热量损失,火焰区域中的OH浓度水平较低。

### 1.5 氨在燃料电池中的应用

与传统的电催化制氢过程不同,电化学制氢过程中反应物的供应是通过电化学途径实现的。在这一过程中,电解质的特性尤为关键,因为其决定了质子的电导率,进而影响了质子供应的速度。实验数据显示,固体电解质的电导率随温度升高而被指数级提升,并与电解质的厚度成反比关系。这意味着,通过减薄电解质的厚度,可以在较低温度下达到与较厚电解质在高温下相同的质子传输速率。然而,电解质厚度的减少可能会削弱其机械强度。由于贵金属作为阳极材料的成本较高,研究者们转向了成本更低但同样具有优异催化性能的镍(Ni)基阳极材料。例如,MA等人<sup>[10]</sup>制备了以Ni-YSZ复合材料为阳极、LSM-YSZ为阴极的YSZ电解质。实验得出的结果与相同规格的H<sub>2</sub>-SOFC的性能非常接近,显示出Ni基阳极在降低成本的同时保持了高性能。这一进展表明,通过选择合适的材料和工艺,可以有效提升NH<sub>3</sub>-SOFC的经济可行性和实用性。除此以外,也有其他问题仍待解决。例如,一系列的针对阳极催化金属为镍的NH<sub>3</sub>-SOFC问题,会使得稳定性和耐久性被影响<sup>[11]</sup>。因为镍氮化会导致许多不利现象,如性能下降、电池结构被破坏等。还需注意的是,长期运行时,由于经常性地根据实际情况动态平衡操作温度和燃料流量,进而使得阳极不断地被氮化、还原,从而导致了许多无法挽回的结果,诸如微观结构变形等<sup>[12]</sup>。

### 1.6 氨在制冷技术中的应用

在“双碳”目标下,由于氟利昂制冷剂的破坏性,研究人员开始选择更加环保的制冷剂。张友先等人对食品加工行业中氨制冷技术涉及到的食品加工类氨系统冷库的

类型、冷库建筑规模的确定、冷库布局的确定等进行综合分析,需要考虑具体使用环境、建设规模成本以及经济效益等因素<sup>[13]</sup>。时婷等人<sup>[14]</sup>通过对 NH<sub>3</sub>/CO<sub>2</sub> 复合冷却方式的研究,可有效地减少氨气泄露的发生。虽然前期的投资成本略高,但是其维护费用大幅降低<sup>[15]</sup>。Farayi Musharavati 等人<sup>[16]</sup>将氨制冷循环用于地热发电与制冷系统,在产生电能的同时,也可为建筑物提供冷源,从而提升整个系统的能效。

## 2 结论

氨可以应用于各个领域,如工业材料(合成化工原料)、冶金(提炼金属)、医药(生产氨基酸)、军事(合成硝化甘油等)<sup>[17]</sup>等等。绿氨作为清洁能源,应用场景很多。除了传统的农业和工业用途外,还包括结合 CCS 技术对 CO<sub>2</sub> 进行捕集、储氢、航运燃料等领域<sup>[18]</sup>。以氨水为吸收剂可以捕集烟气中的二氧化碳,作为化学吸收法的一种,其再生能耗低,是当前比较成熟的已进入工业规模实验的技术路线<sup>[19]</sup>。另外,在氨合成尿素的阶段可以与 CCS 技术结合,吸收二氧化碳,最终经过化学反应形成尿素。并且从安全的方向上来说,氨的泄露极易被发现,因其具有特殊气味,很容易被人觉察到<sup>[20]</sup>。发展半导体材料的混合纳米结构的氨气传感器,也可以应用于在各种工况中检测不同水平的氨。值得注意的是,氨燃料还存在如下问题:一是船舶总体设计与运营成本;二是氨燃料的安全存储防护;三是研究开发的成熟度和可持续发展能力;四是对照的要求还不够完善。因此,氨是一种具有广泛应用前景的低廉、易合成的新型清洁能源。

基金项目:国家自然科学基金重点项目(52236004)。

## [参考文献]

- [1] YAN T, XU L-C, ZENG Z-X, et al. Mechanism and anti-corrosion measures of carbon dioxide corrosion in CCUS: A review [J]. *iScience*, 2024, 27(1): 108594.
- [2] 鄭維, 李淵. 基于尿素电合成反应的电催化剂研究进展 [J]. 分子催化, 2023, 37(2): 187-201.
- [3] 刘恒源, 王海辉, 徐建鸿. 电催化氮还原合成氨电化学系统研究进展 [J]. 化工学报, 2022, 73(1): 32-45.
- [4] PALYS M J, KUZNETSOV A, TALLAKSEN J, et al. A novel system for ammonia-based sustainable energy and agriculture: Concept and design optimization [J]. *Chemical Engineering and Processing-Process Intensification*, 2019(140): 11-21.
- [5] 毛大军. 金新化工尿素装置氨碳比控制系统的设计优化 [J]. 中氮肥, 2022(2): 6-65.
- [6] 高正平, 涂安琪, 李天新. 面向零碳电力的氨燃烧技术研究进展 [J]. 洁净煤技术, 2022, 28(3): 173-84.
- [7] HAYAKAWA A, ARAKAWA Y, MIMOTO R, et al. Experimental investigation of stabilization and emission characteristics of ammonia/air premixed flames in a swirl combustor [J]. *International Journal of Hydrogen Energy*, 2017, 42(19): 14010-8.
- [8] SOMARATHNE K D K A, HATAKEYAMA S, HAYAKAWA A, et al. Numerical study of a low emission gas turbine like combustor for turbulent ammonia/air premixed swirl flames with a secondary air injection at high pressure [J]. *International Journal of Hydrogen Energy*, 2017, 42(44): 27388-99.
- [9] SOMARATHNE K D K A, C. OKAFOR E, HAYAKAWA A, et al. Emission characteristics of turbulent non-premixed ammonia/air and methane/air swirl flames through a rich-lean combustor under various wall thermal boundary conditions at high pressure [J]. *Combustion and Flame*, 2019(210): 247-61.
- [10] MA Q, MA J, ZHOU S, et al. A high-performance ammonia-fueled SOFC based on a YSZ thin-film electrolyte [J]. *Journal of Power Sources*, 2007, 164(1): 86-9.
- [11] KISHIMOTO M, MUROYAMA H, SUZUKI S, et al. Development of 1 kW-class Ammonia-fueled Solid Oxide Fuel Cell Stack [J]. *Fuel Cells*, 2020, 20(1): 80-8.
- [12] STOECKL B, SUBOTIĆ V, PREININGER M, et al. Characterization and performance evaluation of ammonia as fuel for solid oxide fuel cells with Ni/YSZ anodes [J]. *Electrochimica Acta*, 2019(298): 874-83.
- [13] 刘顺, 杜明洋. 氨制冷循环系统中过冷器的作用及其应用 [J]. 山东化工, 2017, 46(13): 77-9.
- [14] 陈文亮. 传统氨制冷系统的技术改造探讨 [J]. 冷藏技术, 2020, 43(1): 43-6.
- [15] 李坤, 张蕊, 孙建军. 氨制冷系统节能与安全技术 [J]. 制冷学报, 2022, 43(4): 88-95.
- [16] OZGOREN M, BILGILI M, BABAYIGIT O. Hourly performance prediction of ammonia-water solar absorption refrigeration [J]. *Applied Thermal Engineering*, 2012(40): 80-90.
- [17] 张宇, 高建民, 冯冬冬. 混合吸收剂氨法捕碳新工艺再生过程分析 [J]. 哈尔滨工业大学学报, 2018, 50(1): 96-101.
- [18] 唐忠利, 赵行健, 刘伯潭. 规整填料塔中氨水吸收 CO<sub>2</sub> 的体积总传质系数 [J]. 化工学报, 2012, 63(4): 1102-7.
- [19] 高健, 倪维斗, 李政. 煤基发电系统燃烧前后氨水吸收 CO<sub>2</sub> 的对比 [J]. 热能动力工程, 2009, 24(1): 127-31.
- [20] YU X, YE S. Recent advances in activity and durability enhancement of Pt/C catalytic cathode in PEMFC: Part II: Degradation mechanism and durability enhancement of carbon supported platinum catalyst [J]. *Journal of Power Sources*, 2007, 172(1): 145-54.

作者简介: 王亚飞(1983—),男,硕士,高级工程师,主要从事新能源发电技术研究、火电厂热机设计、烟气污染物治理技术的研究和应用。

## 制药废水中头孢类抗生素残留检测方法探讨

朱培颖

杭州中美华东制药有限公司, 浙江 杭州 310000

**[摘要]**较低检出限与较高灵敏度是 LC-MS/MS 法（液相色谱——两级串联质谱）的主要优势，加之对固相萃取进行前处理的相关工艺愈发成熟，因此现已广泛运用于检测地下水、再生水以及污水处理站中的出水含有的痕量抗生素。从当前相关领域的研究情况来看，制药废水中有关残留头孢类抗生素检测其所含浓度的成果相对有限，故而文本尝试建立并分析使用固相萃取——超高效液相色谱串联两级质谱法，检测制药厂产生的废水中头孢类抗生素的残留浓度。

**[关键词]**头孢类抗生素；制药废水；抗生素残留；检测方法

DOI: 10.33142/sca.v7i10.13650 中图分类号: X703.1 文献标识码: A

## Exploration on Detection Methods for Cephalosporin Antibiotic Residues in Pharmaceutical Wastewater

ZHU Peiying

Hangzhou Zhongmei Huadong Pharmaceutical Co., Ltd., Hangzhou, Zhejiang, 310000, China

**Abstract:** Low detection limit and high sensitivity are the main advantages of LC-MS/MS method (liquid chromatography-two-stage tandem mass spectrometry), coupled with the increasingly mature pre-treatment process for solid-phase extraction. Therefore, it has been widely used to detect trace antibiotics in groundwater, recycled water, and effluent from sewage treatment plants. From the current research situation in related fields, the results of detecting the concentration of residual cephalosporin antibiotics in pharmaceutical wastewater are relatively limited. Therefore, this article attempts to establish and analyze the use of solid-phase extraction ultra-high performance liquid chromatography tandem two-stage mass spectrometry to detect the residual concentration of cephalosporin antibiotics in pharmaceutical wastewater.

**Keywords:** spore antibiotics; pharmaceutical wastewater; antibiotic residues; detection methods

### 引言

杀菌力出色与抗菌谱广的头孢类抗生素，是现阶段国内临床工作以及国际临床工作中的运用范围相对广泛的一种抗感染类药物<sup>[1]</sup>。面对国内外市场需求的不断增加，不仅带动了此类的药物生产量提高，也增加了制药产生的废水量。当前处理制药废水的常见工艺，是主要选择生物处理技术再配合进行物化处理，但传统使用的处理工艺很难将制药废水的抗生素残留彻底消除，因此排放的制药废水逐渐成为近些年自然环境中药物 PPCPs 的一个主要来源。有关 PPCPs，在自然环境中能长期以一定浓度稳定存在，属于污染物中“假持久性”一类，加之痕量 PPCPs 极易发生生物安全问题，所以检测以及治理制药废水中抗生素残留显得格外重要<sup>[2]</sup>。

### 1 材料和方法

#### 1.1 实验试剂和实验仪器

本次实验选择的头孢类抗生素标准品都属于 USP 标准品，主要包含以下 9 类，分别是头孢克洛、头孢曲松、头孢氨苄、头孢噻肟、头孢唑啉、头孢呋辛、头孢西丁和头孢噻吩。其中针对头孢拉定而言，实验使用的标准品来自 Dr. Ehrenstorfer (德国)；实验使用的头孢呋辛，其纯度达到 91%；实验使用的头孢曲松，经过检测浓度为 92%，实验使用的头孢噻肟纯度达到 93%，至于实验中使用到的头孢噻吩的

纯度是 94%，剩余头孢类抗生素标准品保障其纯度高于 98%。

本次实验选择的乙腈以及甲醇均属于色谱纯，其出产商为 J. T. Baker 公司 (美国)；甲酸采购于 DikmaPure 公司 (中国)；至于其他实际试剂均属于 AR (分析纯)；实验期间的用水均是经过纯水设备制备形成的超纯水。正式开展实验前，由实验人员依据每升 50mg 的标准配置头孢类抗生素九种标准品的单标甲醇储备液，按照每升 50mg 的标准制备标准品甲醇储备液，然后将两类储备液储存到棕色玻璃瓶并将其放于-20℃的室内冷藏。实验人员需要将样品通过 Supelco-24 孔固相萃取设备、Oasis HLB 固相萃取进行洗涤，再将其真空干燥以及使用 5mL 的甲醇溶液进行洗脱预处理；通过 Quattro Premier XE 设备 (美国) 检测本次实验涉及的样品，利用 MassLynx V4.1 对九个目标头孢类抗生素的浓度加以检测。

#### 1.2 实验仪器条件

实验使用的检测技术仪器参数具体设置如下：(1) 将毛细管电压设置为 2.5 千伏；(2) 设置源温度为 120℃；(3) 将去溶剂的温度设定成 400℃，脱溶剂设置其气流量为每小时 900L，设置每小时的锥孔反吹气流量是 50L，将每分钟的碰撞气流速度设定为 0.1mL，取样量确定是 10L；(4) 实验选择的检测模式是 ESI+以及 MRM；(5) 实

验选择的脱溶剂气是浓度为 99.99%的氮气; (6) 实验使用的碰撞气是浓度为 99.99%的氩气。

优化质谱条件, 主要通过选择离子源模式、母离子与碰撞能等要素来实现, 其结果最后对检测设备灵敏性、目标物质信号强度造成直接影响<sup>[3]</sup>。实验选择的离子源是 ESI (+), 将乙腈作为其中的流动相, 利用进样针与蠕动泵依据每分钟 20L 的流速, 在质谱样品间中注入选择的九种头孢类抗生素标准液 (单标)。在确认母离子的基础上, 对其信号使用锥孔电压调整到最高水平, 然后将氩气阀开启旨在对母离子轰击, 关于其中的定量子离子, 主要指的是信号水准相对较高的子离子; 对于其中的定性子离子来讲, 则为信号较弱的, 完成上述实验步骤后将碰撞能数值调整到最强信号标准水平, 从而得到目标物特点的定量离子、定性离子对。

实验使用的色谱柱是 ACQUITY UPLC Waters ® BEH C18 1.7  $\mu$ m (2.1×50mm Column); 技术人员需要对柱温进行调整, 本次实验的温度为三十五摄氏度; 关于流动相本次实验选的是浓度为 0.1% 甲酸的乙腈溶液 (水溶液); 与此同时, 流动相流速控制在每分钟 0.4mL 并闸门开梯度洗脱, 而且乙腈溶液和甲酸浓度在任何时刻下的百分比总和是百分百; 本次实验遵循的洗脱步骤如下表所示。

表 1 实验洗脱步骤

| 步骤  | 时间            | 效果   |
|-----|---------------|--|
| 第一步 | 0~1.90 分钟     | 含有 0.1% 甲酸的乙腈溶液从 5.0% 线性变化到 14.5%                    |
| 第二步 | 1.90~4.40 分钟  | 含有 0.1% 甲酸的乙腈溶液从 14.5% 线性增长到 20.0%                   |
| 第三步 | 4.40~4.54 分钟  | 含有 0.1% 甲酸的乙腈溶液从 20% 线性变化到 30.0%                     |
| 第四步 | 5.54~5.541 分钟 | 含有 0.1% 甲酸的乙腈溶液从 30.0% 下降到 5.0%, 且持续 2 分钟后进行下一种样品检测。 |

### 1.3 采样方法

本次实验的废水采样于 X 头孢制药废水处理厂, 该处理厂使用的工艺流程见下图。为了保障测定结果可靠性, 总共设置采样点 1、采样点 2 与采样点 3。选择的采样时间为 2023 年 7 月 1 日、7 月 9 日、7 月 18 日以及 7 月 26, 实验人员进行三次采样且每间隔 8 小时进行一次采样; 在采样点 1 收集样品 100mL, 而采样点 2 与采样点 3 分收集样品 300mL。将从采样点收集到的样品倒入采样瓶 (棕色玻璃瓶) 并在 4°C 的环境下保存, 要求于 48 小时内检测九种头孢类抗生素的残留情况。

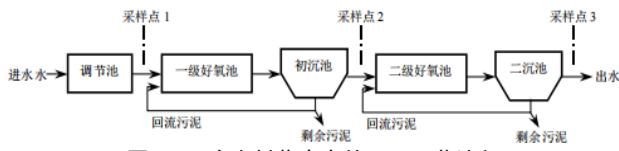


图 1 X 头孢制药废水处理厂工艺流程

需要注意的是: (1) 残留的头孢类抗生素残浓度如果每升水样超过 10  $\mu$ g, 应将其先通过 0.22  $\mu$ m 的水系滤膜进行过滤, 然后上设备检测; (2) 残留的抗生素浓度如果

每升水样低于 10  $\mu$ g, 使用固相萃取技术进行浓缩净化处理, 然后上设备检测。

### 1.4 评价环境风险

通过 RQ (风险商值法) 对最终出单元头孢类抗生素残留浓度带来的环境风险展开有效评估, RQ 值可以选择两种类型的比值, 第一种是预计的环境浓度与预计的无效应浓度, 第二种则为实测的环境浓度与预计的无效应浓度<sup>[4]</sup>。结合具体的 RQ 值划分环境风险为三个等级, 具体如下表所示。

表 2 环境风险等级划分

| RQ 区间    | 环境风险等级 |
|----------|--------|
| >1       | 高环境风险  |
| 0.1~1.0  | 中环境风险  |
| 0.01~0.1 | 低环境风险  |

通过本次实验选择的检测技术, 能测得该处理厂在最终出水单元残留的 MEC 值。技术人员通过文献查询掌握 PNEC 值, 由此进行环境风险等级的判断。

## 2 结果与讨论

### 2.1 选择固相萃取条件及其方法评价

制药废水中如果存在蛋白质, 会对目标物质在萃取柱上的吸附效果带来影响, 随着水样逐渐增大的富集倍数也会在一定程度上导致阻塞萃取小柱, 一方面回收率下降, 另一方面难以保障最终测试结果的可靠性。鉴于此, 进行固相萃取工艺之前, 选择浓度为 20% 的亚铁氰化钾溶液和一定量的锌用于蛋白沉淀剂; 考虑到防止目标物络合沉淀剂中的锌离子、铁离子影响回收, 因此选择 Na2EDTA 用于此次实验的稳定剂, 该步骤回收能回收超过 80% 的目标。水样酸碱度由于会干扰回收固相萃取, 那么 Oasis HLB 固相萃取柱保证适宜的酸碱度, 可以让目标物质以分子形态被吸附, 同时不会吸附以离子状态存在的杂质, 保障高效回收目标物质<sup>[5]</sup>。本次实验选择的缓冲溶剂为磷酸一氢钠——柠檬酸, 通过固相萃取柱并利用 HLB 柱活化、以每分钟 5mL 的流速上样、使用 5mL 高纯水洗涤、进行两小时真空干燥、使用 5mL 甲醇溶液洗脱、进行 37°C 的氮吹与使用 1mL 高纯水复溶, 完成上步骤后考察水样酸碱度在 pH=3、pH=4、pH=5、pH=6、pH=7、pH=8 情况下的目标物质回收率。据实验观察结果表明, 目标物在水样 pH=5 的条件下回收率最高, 区间在 72.8% 到 102.2%, 而且标准偏差都没有超过 9.51%。

本次实验检测方法的定量限计算公式是:  $IQL \times 100 / (R) \% C$ 。公式中的 IQL 代表仪器定量限; 公式中 R 表示的是 SPE 回收率, 即实际测量目标物质浓度值和外加浓度值之间的百分比; 公式中 C 代表的是样品浓缩倍数; C 的值为 100。各物质的仪器定量限至每升 1000mL 范围内, 九种头孢类抗生素目标物质的色谱峰面积以及浓度, 呈现出来的线性相关性明显 ( $R^2 > 0.99$ )。结合这一结果, 检测方法的定量限是每升 27.5~131.8 ng。

### 2.2 选择流动相类型

实验的流动相主体选择使用高纯水与乙腈, 其中加入一定量的甲酸有利于信号响应增强, 还能缓解色谱峰拖尾的同

时提高分离效果<sup>[6]</sup>。鉴于此,实验设计三种流动相组合:(1)高纯水+乙腈、(2)浓度为0.1%甲酸乙腈溶液混合相同浓度的甲酸乙腈溶液、(3)浓度为0.01%的酸乙腈溶液混合相同浓度的甲酸高纯水溶液。选择每升500 μg的混合物质标准液,设定其流速是每分钟0.4mL,其中“克洛”“氨苄”“噻肟”“拉定”以及“唑啉”五种目标物质,伴随增加的甲酸浓度,其色谱峰面积未呈现大幅度变化,而“曲松”“呋辛”“西丁”以及“噻吩”的色谱峰面积有所提升。与此同时,在添加量是0.1%的情况下,九种头孢类抗生素目标物在8分钟内结束色谱峰分离,不仅形状美观而且没有拖尾现(见图2)。由此可见,为了达到同一时间连续测定的效果,分析目标物的分离效果及其信号强度,最终确定的流动相组合是浓度为0.1%甲酸乙腈溶液混合相同浓度的甲酸乙腈溶液。

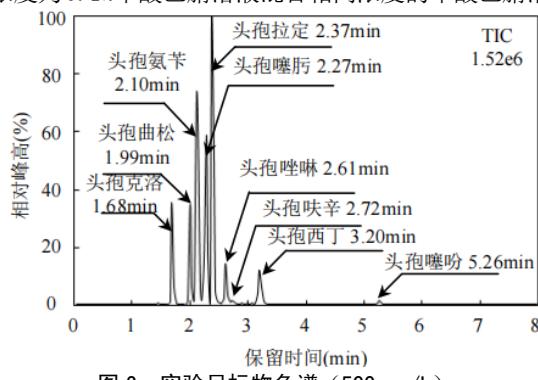


图2 实验目标物色谱 (500 μg/L)

### 2.3 检测头孢类抗生素残留的浓度

通过实验选择的检测方法对X制药废水处理厂的头孢类抗生素残留浓度时空分布进行分析,在进水位置检测出四种头孢类抗生素,分别是“曲松”“唑啉”“噻肟”以及“呋辛”,其中“呋辛”浓度每升达到42.4 μg到119.0微克,残留浓度最高;“唑啉”浓度每升达到10.6 μg到14.5 μg,居于第二位;“曲松”浓度每升达到5.1 μg到10.0 μg,居于第三位;“噻肟”浓度每升达到5.0 μg到6.3 μg,居于第四位。之所以采样时间不同导致头孢类抗生素残留浓度变化较大,主要是因为和制药厂生产情况相关。针对头孢呋辛而言,调节池出水单元的平均残留浓度是每升91.6 μg、一级和二级氧化出水单元平均残留浓度分别是每升37.4 μg、每升24.4 μg;对头孢克抗生素中的头孢唑林来讲,调节池出水单元的平均残留浓度是每升12.9 μg、一级氧化出水单元平均残留浓度是每升5.2 μg、二级氧化出水单元的平均残留浓度达到27 μg;头孢曲松在调节池出水单元的平均残留浓度是每升7.4 μg、一级氧化出水单元平均残留浓度是每升4.2 μg、二级氧化出水单元的平均残留浓度达到2.0 μg;至于头孢噻肟调节池出水单元的平均残留浓度是每升5.6 μg、一级氧化出水单元平均残留浓度是每升2.2 μg、二级氧化出水单元的平均残留浓度达到0.6 μg。通过计算可得,X处理厂的一级氧化处理单元去除头孢呋辛残留能达到59.2%、去除头孢唑林残留达到59.8%、去除头孢曲松残留达到44.8%、

去除头孢噻肟残留达到60%;X处理厂的二级氧化处理单元去除头孢呋辛残留能达到34.8%、去除头孢唑林残留达到47.0%、去除头孢曲松残留达到52.5%、去除头孢噻肟残留达到75.1%;X处理厂的两级氧化处理单元去除头孢呋辛残留能达到73.4%、去除头孢唑林残留达到78.7%、去除头孢曲松残留达到73.8%、去除头孢噻肟残留达到90.0%。综上,利用好氧污水处理工艺虽然能够去除制药废水中含有的头孢类抗生素残留,可却不能彻底去除。

### 2.4 评估制药废水环境风险

通过两级好氧污水工艺去除处理厂进水单元九种头孢类抗生素效果达到73.0%,而处理厂的总出水单元的抗生素残留浓度相对较高,其中头孢呋辛残留浓度达到每升10.6 μg到35.1 μg,居于第一位;头孢唑啉残留浓度达到每升0.8 μg到4.2 μg,居于第二位;头孢曲松残留浓度达到每升1.0 μg到3.8 μg,居于第三位;至于头孢噻肟残留浓度为每升n.d.到1.5 μg。由此说明,残留浓度已经超过生活污水中的标准水平。基于“最大值”的原则就出水单元的头孢类抗生素(四类)残留实施环境风险评估,通过风险商值法完成对RQ值的计算,最终计算结果都超过1,由此说明环境风险等级都属于高环境风险。X处理厂的出水不会在自然环境的水体中排放,而是先送入该城市工业园区的污水处理厂继续处理。针对这一实际情况,需要把检测方法继续优化且调整定量限,分析工业园区的污水处理厂出水单元头孢类抗生素的残留浓度,评估对自然环境水平的环境风险。

## 3 结论

(1)本次实验中的固相萃取——超高效液相色谱串联两级质谱法,同时对X制药污水处理厂中九种头孢类抗生素的残留浓度进行检测。最后的检测结果说明,该方面不仅性能稳定,还能满足浓度的检测分析需求。(2)头孢类抗生素在制药废水中残留浓度偏高,运用两级好氧工艺去除的效果为73%。(3)四类头孢类抗生素在制药废水中检测的残留RQ值都超过1。

### 【参考文献】

- [1] 彭安萍,高虎,张新波.制药废水中抗生素抗性的污染特征、检测手段和控制方法[J].环境科学,2024,45(2):844-853.
  - [2] 雷雨洋,李方方,欧阳洁,等.浙江地区抗生素残留的环境分布特征及来源分析[J].化学进展,2021,33(8):1414-1425.
  - [3] 汤薪瑶,左剑恶,余忻,等.制药废水中头孢类抗生素残留检测方法及环境风险评估[J].中国环境科学,2014,34(9):2273-2278.
  - [4] 张昱,唐妹,田哲,等.制药废水中抗生素的去除技术研究进展[J].环境工程学报,2018,12(1):1-14.
- 作者简介:朱培颖(1992.9—),女,籍贯:安徽芜湖,职称:中级,职务:环保工程师,毕业时间:2017.02,毕业院校:苏州科技大学,学历:研究生,学位专业:建筑与土木工程,研究方向:河道修复、废水处理。

## 基于智能制造新模式的电机在线检测装备研制

杨军明

宁波强生电机有限公司, 浙江 宁波 315400

**[摘要]**随着智能制造技术的不断进步, 电机在线检测装备在工业生产和家用设备中的应用变得愈加重要。电机作为众多机械设备的核心部件, 其稳定运行直接影响到设备的整体性能和使用寿命。本论文致力于研究基于智能制造的电机在线检测装备的设计与应用, 通过深入分析其关键技术和实际效果, 探讨其在提升电机检测效率和设备可靠性方面的潜力。

**[关键词]**智能制造; 电机在线检测; 增压泵; 噪音控制

DOI: 10.33142/sca.v7i10.13659

中图分类号: TM306

文献标识码: A

## Development of Motor Online Detection Equipment Based on Intelligent Manufacturing New Mode

YANG Junming

Ningbo Qiangsheng Motor Co., Ltd., Ningbo, Zhejiang, 315400, China

**Abstract:** With the continuous advancement of intelligent manufacturing technology, the application of motor online detection equipment in industrial production and household equipment has become increasingly important. As the core component of many mechanical equipment, the stable operation of the motor directly affects the overall performance and service life of the equipment. This paper is dedicated to researching the design and application of online motor detection equipment based on intelligent manufacturing. Through in-depth analysis of its key technologies and practical effects, it explores its potential in improving motor detection efficiency and equipment reliability.

**Keywords:** intelligent manufacturing; motor online detection; boosting pump; noise control

### 引言

在现代工业和家庭设备中, 电机作为关键组件, 广泛应用于各种机械设备的驱动系统中。随着工业自动化和智能制造的快速发展, 对电机的性能和可靠性提出了更高的要求。传统的电机检测方法多依赖于定期检查和人工维护, 这种方法不仅耗时且容易导致故障发现滞后, 影响设备的稳定运行和生产效率。智能制造技术的兴起为电机在线检测提供了新的机遇, 通过集成先进的传感器技术、数据采集与处理技术以及智能算法, 电机在线检测装备能够实时监测电机的运行状态, 及时识别潜在的故障并提供预警。

### 1 智能制造新模式概述

智能制造是指通过将现代信息技术与制造技术相结合, 实现生产过程的智能化和自动化。它涵盖了大数据、物联网、人工智能、云计算等前沿技术, 通过实时监测、分析和控制生产过程, 提高生产效率、产品质量和灵活性。智能制造不仅仅是技术的进步, 更是一种全新的生产模式, 它能够自我学习、自我优化和自我修复, 从而实现高效、灵活、绿色的制造体系。许多工业领域已经开始采用智能制造技术来提升生产效率和产品质量。例如, 汽车制造业利用机器人和自动化装配线来提高生产效率和降低成本; 电子制造业通过物联网技术实现设备和系统的互联互通, 优化生产流程; 医疗设备制造业利用大数据和人工智能技术进行精准医疗设备的生产。通过智能制造技术, 可以实

现电机检测的自动化和智能化, 从而提高检测效率和精度。例如, 利用传感器和数据采集系统, 可以实时监测电机的运行状态; 通过大数据分析和人工智能技术, 可以对电机运行数据进行深度分析, 及时发现潜在问题并进行预警; 利用云计算技术, 可以实现电机检测数据的远程传输和集中管理。

### 2 电机在线检测技术综述

人工检查通常需要经验丰富的技术人员, 通过目测、听音、触摸等方法对电机进行检测, 这种方法不仅效率低下, 而且检测结果容易受到主观因素的影响。离线测试则是通过将电机从设备上拆卸下来, 利用专用检测设备进行测试, 这种方法虽然可以提供较为准确的检测结果, 但操作复杂、耗时长, 且需要停机进行检测, 影响生产效率<sup>[1]</sup>。此外, 传统检测方法难以实现对电机运行状态的实时监测和连续监控, 无法及时发现和处理电机运行中的故障。电机在线检测技术能够实时监测电机的运行状态, 及时发现并处理故障, 提高设备的可靠性和使用寿命。在线检测技术可以通过安装在电机上的传感器, 实时采集电机的温度、振动、噪音、电流等运行参数, 利用数据采集和处理系统, 对这些参数进行分析和处理, 及时发现异常情况并进行预警。此外, 在线检测技术还可以通过大数据分析和机器学习技术, 对电机运行数据进行深度分析, 发现潜在故障并进行预测性维护, 从而避免电机故障引起的停机和生产损

失。通过电机在线检测技术，可以实现电机运行状态的全面监控和管理，提高电机的运行效率和可靠性，延长设备的使用寿命，降低维护成本。

### 3 电机在线检测装备的设计

#### 3.1 装备的总体设计思路

电机在线检测装备的总体设计思路是基于智能制造新模式，结合先进的传感器技术、数据采集与处理技术、故障诊断技术和信息传输技术，实现对电机运行状态的实时监测和分析。在电机关键部位安装多种传感器，包括振动传感器、温度传感器、噪声传感器和电流传感器，确保能够全面采集电机的运行数据。采用高性能的数据采集模块，保证数据的实时性和准确性。利用先进的信号处理算法，对采集到的数据进行滤波、去噪、特征提取等处理。通过大数据分析和机器学习技术，对电机运行数据进行分析，识别潜在故障并提供预警，确保电机在出现故障前能够及时得到维护。利用无线通信技术，实现检测数据的远程传输和集中存储，便于管理和分析。设计友好的人机交互界面，提供实时监控、电机状态显示和故障报警等功能，方便用户操作和维护。

#### 3.2 关键部件的设计与选型

电机在线检测装备的关键部件包括传感器、数据采集模块、处理器、通信模块和电源模块。选择高灵敏度、宽频带的加速度计，能够准确捕捉电机运行中的振动信号。选择精度高、响应快的热电偶或热电阻，实时监测电机的温度变化。选择灵敏度高、噪声低的麦克风，检测电机运行中的噪声水平。选择高精度、宽量程的霍尔效应电流传感器，监测电机的电流变化。选用多通道、高速数据采集卡，支持同步采集多种传感器信号，具备高分辨率和高采样率。选择高性能的嵌入式处理器或工业计算机，具备强大的数据处理和分析能力，支持复杂的算法运行。选用支持无线通信（如 Wi-Fi、蓝牙或 ZigBee）的通信模块，实现检测数据的实时传输。选用稳定可靠的电源模块，确保整个系统的持续运行，并具备过压、过流保护功能。

#### 3.3 系统集成与硬件配置

电机在线检测装备的系统集成和硬件配置是确保设备正常运行的关键环节。根据电机的结构特点和检测要求，合理布置传感器的位置，确保能够全面覆盖电机的关键部位。传感器的布线要简洁、可靠，避免干扰和信号衰减。将各传感器的输出信号接入数据采集模块，通过高速数据总线与处理器连接，确保数据的实时传输和处理。根据实际应用环境，选择合适的通信方式和协议，配置通信模块的参数，确保检测数据的稳定传输。根据整个系统的功耗需求，选择合适的电源模块，配置电源保护电路，确保系统的安全运行。设计友好直观的人机交互界面，提供实时监控、电机状态显示和故障报警等功能，方便用户操作和维护。在装备完成集成后，进行全面的系统测试与调试，

验证各部件的功能和系统的整体性能，确保装备能够在实际应用中稳定运行。

## 4 电机在线检测装备的关键技术

### 4.1 数据采集与处理技术

数据采集系统主要由各种传感器、数据采集卡和数据传输模块组成。传感器实时采集电机的振动、温度、噪声和电流等参数，通过数据采集卡将模拟信号转换为数字信号，并传输到数据处理模块。信号处理主要是对采集到的数据进行预处理，如滤波、去噪和特征提取等。常用的滤波方法有低通滤波、高通滤波和带通滤波，旨在去除干扰信号，提取有效信息。数据分析技术则依赖于大数据和人工智能技术，通过建立电机运行的正常状态模型，实时比较当前数据与正常状态数据的差异，识别异常情况<sup>[2]</sup>。数据分析还可以利用机器学习算法进行模式识别和故障预测，如通过训练神经网络模型，实现对电机故障类型的自动识别和预警。

### 4.2 噪音与共振的检测与控制

噪音与共振是电机运行中的常见问题，可能导致设备的损坏和使用寿命的缩短。因此，噪音与共振的检测与控制是电机在线检测装备的关键技术之一。噪音检测主要通过高灵敏度麦克风采集电机运行中的噪声信号，通过频谱分析技术，对噪声信号进行分析，识别噪音源及其频率特性。共振检测则通过安装在电机上的振动传感器，实时监测电机的振动情况，通过频谱分析和时频分析方法，识别电机运行中的共振现象。噪音与共振的控制技术包括结构优化和主动控制两方面。结构优化是通过改进电机的设计和制造工艺，减少噪音源和共振点，如优化电机的支撑结构、减震设计和隔音材料的应用。主动控制则是通过反馈控制系统，实时调整电机运行参数，抑制噪音和共振。例如，通过安装在电机上的主动减振器，利用反馈信号实时调整减振力，达到降低振动和噪音的目的。

### 4.3 故障诊断与预警技术

故障诊断与预警技术是电机在线检测装备的核心功能，旨在通过实时监测和分析电机运行数据，及时发现潜在故障并进行预警。故障诊断技术包括信号分析、模式识别和机器学习等多种方法。信号分析方法如时域分析、频域分析和小波变换等，主要用于提取故障特征信号，识别故障类型和位置。模式识别方法通过建立故障模式库，将当前检测到的信号特征与模式库中的故障特征进行比对，确定故障类型。机器学习技术在故障诊断中的应用越来越广泛，通过训练机器学习模型，可以实现复杂故障的自动识别和分类。例如，利用支持向量机（SVM）、决策树和神经网络等算法，对电机运行数据进行分类和预测，识别出故障类型和严重程度。预警技术则是在故障诊断的基础上，通过设定阈值和预警规则，当检测到的运行参数超出预设范围时，系统自动发出预警信号，提醒操作人员及时采取措施，避免故障进一步恶化。

## 5 电机在线检测装备的实现与应用

### 5.1 设备的制造与装配

电机在线检测设备的制造与装配是实现系统功能的基础。设备的制造包括关键部件的生产、加工和组装。根据设计图纸和技术要求，制造或采购各类传感器（如振动传感器、温度传感器、噪声传感器和电流传感器）、数据采集卡、处理器、通信模块和电源模块。确保各部件符合设计要求和质量标准。部件准备好后，进入装配阶段。装配过程中，需要将各传感器安装在电机的关键部位，确保能够全面覆盖电机的运行状态。传感器的安装位置和固定方式要严格按照设计方案进行，避免传感器松动或信号干扰。数据采集卡、处理器和通信模块等部件要按照系统集成方案进行连接和布线，确保信号传输的稳定性和可靠性。最后，将所有部件安装在设备外壳内，进行整体的检查和测试，确保各部件正常工作和系统运行稳定。

### 5.2 试验与调试

试验与调试是确保设备性能和功能正常的重要步骤，对设备进行基本功能测试，检查各传感器的工作状态，确保数据采集卡、处理器和通信模块正常运行。验证设备的基本功能是否符合设计要求，如数据采集、信号处理、数据传输和故障预警等功能是否正常。将设备安装到电机上，进行系统联调测试。通过模拟电机的运行状态，验证设备对电机各运行参数的实时监测能力。检查设备的数据采集精度、信号处理效果和故障诊断准确性。设备在不同环境条件下的适应性是确保其长期稳定运行的重要因素。进行高温、低温、湿度和振动等环境适应性测试，验证设备在各种恶劣环境下的工作性能。确保设备在不同环境条件下能够正常工作，数据采集和处理功能不受影响。对设备进行长时间的连续运行测试，模拟电机在实际生产中的运行状态。观察设备在长时间运行中的稳定性和可靠性，检查是否存在数据丢失、信号干扰或系统崩溃等问题。通过长时间运行测试，验证设备的耐用性和故障容忍度。将设备安装在实际应用场景中，进行真工况下的测试。通过与传统检测方法的对比，验证设备的检测精度和故障预警效果。收集实际应用中的运行数据，进行详细分析和总结，为设备的进一步优化和改进提供依据。

## 6 电机在线检测装备在净水器增压泵中的应用

### 6.1 增压泵噪音与共振问题的分析

增压泵是家用净水器中的关键组件，其运行过程中常会产生噪音与共振问题。噪音通常来源于电机和水泵的机械振动、流体动力学效应以及电机运行时的电磁噪声。共振问题则主要由增压泵系统中的固有频率与电机或水泵的运行频率相匹配时引起。噪音和共振不仅会影响用户的使用体验，还可能导致设备的损坏和使用寿命的缩短。增压泵在高转速运行时，机械振动会引起组件之间的摩擦和碰撞，产生高频噪音。而水泵在加压过程中，流体的涡流和湍流效应也会产生低频噪音。电机的电磁噪声主要由电

磁力作用下的定子和转子振动引起。共振问题则是由于系统设计不合理，某些组件的固有频率与电机或水泵的工作频率接近，导致共振现象加剧，进一步放大噪音和振动。

### 6.2 在线检测技术在增压泵中的应用效果

电机在线检测技术在增压泵中的应用可以有效解决噪音和共振问题，提高设备的运行稳定性和使用寿命。通过在增压泵系统中安装振动传感器、噪声传感器和电流传感器，实时监测泵的运行状态，采集振动、噪声和电流等参数，利用数据采集与处理系统，对这些数据进行分析和处理，及时发现异常情况并进行预警。通过实时监测振动和噪声数据，识别出噪音和共振的主要来源，并采取相应的控制措施<sup>[3]</sup>。例如，通过调整电机的运行参数，优化水泵的设计，增加减振和隔音措施，降低噪音和共振的影响。通过对运行数据的分析，识别出潜在的故障和异常情况，如电机过热、轴承磨损、叶轮不平衡等。系统可以及时发出预警信号，提醒用户进行维护和检修，避免故障进一步恶化，导致设备损坏。通过在线检测数据的分析，优化增压泵的运行参数，提高泵的运行效率。例如，通过调整电机的转速和电流，优化水泵的流量和压力，实现节能降耗，提高设备的整体运行效率。通过有效的噪音和共振控制、故障诊断和预警，减少增压泵的故障率和维修次数，延长设备的使用寿命，降低维护成本。

## 7 结语

随着智能制造技术的快速发展，电机在线检测装备正在成为提升电机运行效率和可靠性的关键工具。本论文详细探讨了基于智能制造的新模式下电机在线检测装备的设计、关键技术及其在实际应用中的效果。在增压泵的应用案例中，我们验证了在线检测技术在实际运行中的效果，不仅有效解决了噪音与共振问题，还优化了设备的运行效率，减少了维护成本。未来，电机在线检测装备将继续向智能化、多功能化和集成化方向发展。随着物联网、大数据和人工智能技术的不断进步，未来的检测装备将更加智能，能够实时、准确地监测设备状态，提供更加全面的故障诊断和预测服务。

## 【参考文献】

- [1] 孟凡生, 赵艳, 冯耀辉, 等. 人工智能专利网络对企业智能化发展的影响[J]. 科研管理, 2024, 45(7): 118-126.
- [2] 程广斌, 李祎, 赵川. 信息基础设施建设与企业智能制造——基于“宽带中国”试点的证据[J]. 经济体制改革, 2024, 11(2): 193-200.
- [3] 贺正楚, 李玉洁, 任宇新. 从生产力到新质生产力——基于新中国经济发展进程的考察[J]. 湖南科技大学学报(社会科学版), 2024, 27(3): 94-103.

作者简介：杨军明（1976.1—），毕业院校：国家开放大学，所学专业：机械设计制造及其自动化，当前就职单位：宁波强生电机有限公司，职务：技术副总，职称级别：中级工程师。

## 人工智能在工程机械创新中的应用

郭 镶

中铁三局集团桥隧工程有限公司，河北 邯郸 056003

**[摘要]**工程机械行业涵盖了包括挖掘机、推土机和起重机在内的多种机械设备，这些设备在基础设施建设、矿业开采及工程项目中发挥着至关重要的作用。传统上，这些设备的操作和维护高度依赖于人工操作和经验判断，导致了设备效能和安全性上的局限。此外，设备的维护和故障诊断主要依赖于定期检查和人工评估，这种方法在应对复杂的操作环境和突发故障时显得不足。随着工程项目规模的扩大和作业环境的复杂化，传统模式的缺陷愈加显著。人工智能技术的迅猛发展为解决这些问题提供了全新的解决方案。借助数据驱动的方法，人工智能技术能够实现对设备运行状态的实时监控与分析，智能化地优化操作流程，预见性地规划维护需求，并在复杂情境下实现作业自动化。通过深度学习与智能控制机制，人工智能技术不仅提升了工程机械的工作效率，减少了人为操作偏差，降低了维护成本，还显著增强了设备的安全性。这些技术进步不仅推动了工程机械向智能化转型，也加速了整个工程建设领域的现代化进程。

**[关键词]**智能技术；自动化控制；工程机械；应用

DOI: 10.33142/sca.v7i10.13648 中图分类号: TP18 文献标识码: A

## Application of Artificial Intelligence in Innovation of Engineering Machinery

GUO Qiang

Bridge and Tunnel Engineering Co., Ltd. of China Railway No.3 Engineering Group, Handan, Hebei, 056003, China

**Abstract:** The construction machinery industry covers a variety of mechanical equipment, including excavators, bulldozers, and cranes, which play a crucial role in infrastructure construction, mining and engineering projects. Traditionally, the operation and maintenance of these devices have relied heavily on manual labor and empirical judgment, resulting in limitations in device efficiency and safety. In addition, the maintenance and fault diagnosis of equipment mainly rely on regular inspections and manual evaluations, which are insufficient in dealing with complex operating environments and sudden failures. With the expansion of engineering projects and the complexity of operating environments, the shortcomings of traditional models have become increasingly prominent. The rapid development of artificial intelligence technology provides new solutions to address these issues. With the help of data-driven methods, artificial intelligence technology can achieve real-time monitoring and analysis of device operating status, intelligently optimize operational processes, proactively plan maintenance requirements, and achieve job automation in complex scenarios. Through deep learning and intelligent control mechanisms, artificial intelligence technology not only improves the work efficiency of construction machinery, reduces human operation deviations, lowers maintenance costs, but also significantly enhances equipment safety. These technological advancements not only drive the transformation of construction machinery towards intelligence, but also accelerate the modernization process of the entire engineering construction field.

**Keywords:** intelligent technology; automated control; engineering machinery; application

### 引言

在科技进步迅猛发展的背景下，人工智能（AI）技术逐渐在各个行业中深入应用，特别是在工程机械领域，其引发的变革尤为显著。工程机械作为现代基础设施建设与矿山开采的核心设备，其效率、精度及安全性能直接影响到工程项目的质量与进度。传统的操作模式高度依赖人工操作与经验判断，常常伴随效率低下、操作失误频发及高昂的维护成本等问题。人工智能技术的引入，为工程机械行业提供了智能化升级的解决方案，通过前沿科技显著提升了设备的自动化水平与操作精度，极大推动了行业的现代化转型。这一过程不仅优化了工程机械的工作性能，还为行业的发展注入了强劲的动力，预示着工程机械领域即

将迎来全新的技术变革。

### 1 人工智能技术基础

人工智能（AI）领域旨在模拟和增强人类智能的各项功能，其核心技术涵盖了多种前沿领域<sup>[1]</sup>。机器学习作为AI的基石，通过算法引导和数据驱动，使模型能够自适应地从经验中学习和改进。机器学习包括监督学习、无监督学习和强化学习等多种方法，各自针对不同类型的数据和任务进行优化。深度学习作为机器学习的一个重要分支，依赖于多层神经网络来自动提取和学习复杂特征，尤其在图像识别和自然语言处理领域展现出极大的应用潜力。计算机视觉技术赋予机器解析和理解图像及视频的能力，通过图像处理和物体识别技术，在自动驾驶和工业监控等领域

域实现了显著突破。自然语言处理（NLP）技术则使机器能够理解、生成和交互自然语言，利用语音识别和文本生成技术推动了人机交互体验的革新。强化学习则是一种通过与环境持续交互来优化策略的方法，被广泛应用于游戏策略制定和机器人控制等领域。这些技术的综合运用，不仅推动了人工智能技术的广泛应用，还不断驱动其向更高水平发展。

## 2 人工智能在工程机械中的应用优势

### 2.1 提高效率和生产力

人工智能技术在工程机械领域的应用显著提升了效率和生产力。通过即时数据分析和智能调控，AI 能够精确优化机械操作参数，确保设备始终在最佳状态下运行。例如，基于实时监测数据，AI 系统可以自主调整机械的作业速率和负载，优化工作流，提升作业效能。在面对复杂的施工环境时，智能算法能够自主规划最优作业路径和任务排程，减少人工干预和调整的频率，从而有效缩短项目周期。在重复性作业中，AI 驱动的自动化系统能够保持高度的稳定性和一致性，减少因人为差错和操作波动导致的效率损失。在生产和运营过程中，AI 技术通过分析海量数据，预判设备的最佳运行条件，并实施动态操作策略，以避免传统模式中的低效和浪费。进一步地，AI 系统通过深入挖掘设备运行数据，识别出潜在的效率提升机会，优化资源配置，减少能源消耗和物料浪费。

### 2.2 增强精准度和质量

人工智能技术在工程机械领域的引入显著提升了作业的精准度与质量。通过集成高精度传感器和实时数据分析，AI 系统能够持续监控机械的运行状态及其周围环境的变化。借助先进的计算机视觉技术和深度学习算法，AI 系统可以对图像和视频数据进行精细处理，实现对作业中各类细节的精确认识与定位。例如，在挖掘和切割工序中，AI 能够对材料进行精准操控，确保每一个操作环节都严格按照预设规范执行，从而显著提高作业质量。在机械操作方面，AI 技术通过自动优化操作路径和参数设置，确保所有操作与设计规范高度一致。在面对复杂工程挑战时，智能算法能够实时分析多维变量并自动进行必要的调整，从而有效减少人为失误。以建筑工程为例，AI 系统可以精确控制混凝土的浇筑厚度，从而确保结构的强度和耐久性。此外，AI 技术在生产流程的各个环节实施实时监控，及时识别并校正任何偏差或瑕疵，从而进一步提高产品的一致性和合格率。通过深度学习和模式识别，AI 系统能够不断优化操作策略，从历史数据中汲取经验并持续改进，进一步提升作业的精准度。

### 2.3 减少故障和维护成本

人工智能技术在工程机械领域的应用显著降低了故障发生频率，并有效减少了维护成本。通过结合高精度传感器与实时数据分析系统，AI 能够持续监控机械的运行状态，及时捕捉微小的异常信号，从而预判潜在的故障隐

患。AI 通过分析振动、温度、压力等关键运行参数，并应用预测性维护算法发出前瞻性警报，确保在故障影响生产活动之前采取预防性措施，有效规避因突发故障导致的停机损失。此外，基于数据驱动的智能维护系统优化了维护策略，减少了不必要的常规检查，确保维护操作在设备实际需求时实施。这种动态维护周期规划策略有效减少了资源浪费，同时降低了人工巡检的频次，减轻了人力成本负担。AI 技术还能够提供详尽的故障分析报告，帮助维修人员快速准确地定位问题，加快修复进程。

### 2.4 提升安全性

人工智能技术在工程机械领域的应用显著提升了作业的安全性。通过集成高精度传感器和数据解析系统，AI 不仅能够持续监测设备和作业环境，还能够及时识别潜在的安全风险。例如，AI 系统可以检测机械部件的异常振动或温度波动，并迅速触发警报和自动防护措施，以防止设备故障引发的意外事故。此外，AI 技术还能够通过分析现场视频监控，对操作员的安全状况进行实时监控，及时识别和预警潜在的危险操作或环境变化，从而预防事故的发生。在高风险环境中，智能自动化系统能够接管任务执行，大幅减少工作人员在不良条件下的暴露时间，进一步保障了劳动者的生命安全。通过这些智能化技术的应用，工程机械操作的安全性得到了显著提升，成功降低了事故发生率和工伤风险。

## 3 工程机械领域中的人工智能应用

### 3.1 智能驾驶系统

在工程机械领域，智能驾驶技术的应用正引领着一场技术革新。这些系统深度融合了人工智能的前沿成果，特别是在计算机视觉、激光雷达（LiDAR）以及深度学习算法的支持下，使工程机械实现了自动驾驶与作业流程的智能化。智能驾驶系统通过高灵敏度传感器和高清摄像头，能够连续采集周围环境的实时数据，包括障碍物的分布、地形的细微变化，以及工地上动态元素，如其他设备和工作人员的活动情况。借助深度学习机制，系统对收集的信息进行解析，使得 AI 能够准确识别和理解环境特征，包括障碍物的属性、位置远近及其相对运动趋势。基于精确的实时分析，智能驾驶系统能够生成操控指令，引导机械自主导航并执行任务。例如，在土方工程中，智能驾驶系统可以为挖掘机设计最优的挖掘路径，并对铲斗的操作进行精确控制，从而大幅提升作业效率<sup>[2]</sup>。这些系统展现了卓越的环境感知和适应能力，在复杂多变的施工环境中能够自动调整操作模式，避免潜在障碍，减少人工干预，从而增强作业的安全性。此外，智能驾驶系统具有自我学习和进化的特性，随着操作经验的积累和数据的丰富，其算法将不断优化，进一步提升操作的精准度和作业速度。通过数据分析与模型迭代，智能驾驶系统能够灵活适应多样化的作业需求与环境条件，稳步提高自动驾驶的稳定性和可靠性。

### 3.2 预测维护

在工程机械领域，预测性维护作为一种利用人工智能技术增强设备维护与管理效能的关键手段，发挥着至关重要的作用。该技术通过整合传感器网络、数据采集平台和先进的数据分析算法，使预测性维护系统能够持续监控设备状态，解析其运行数据，预测潜在故障并提出前瞻性的维护策略。其核心在于数据驱动的决策过程。通过对设备的振动特性、温度控制指标、压力水平和工作负载等关键参数的连续监测，AI 系统能够识别设备性能的微小变化，而这些变化通常是即将发生故障的早期预兆。借助机器学习模型，AI 算法对历史故障记录和实时运行数据进行深入分析，识别与故障相关的模式和趋势。例如，系统通过回顾历史故障案例，可以揭示特定工况下设备故障频发的规律，从而在类似工况出现之前，提前发出警报。这种预警机制使得维护团队能够在设备实际发生故障之前进行干预，防止突发停机和生产流程中断。此外，预测性维护系统还能够优化维护日程，通过实时数据分析确定最佳维护时机，减少不必要的定期巡检和维护作业，提高维护工作的效率。与此同时，系统提供详实的故障诊断信息，帮助维护人员快速、准确地定位问题根源，减少传统维修中的试探性步骤，从而延长设备的使用寿命，并大幅降低维护成本和生产停工时间。

### 3.3 智能操作与控制

人工智能技术的引入在工程机械领域促成了智能操作与控制系统的实现，这一创新显著提升了设备管理的精细化与自动化水平，从而极大地提高了作业效率与操作精度。该系统依托于先进的感应装置、实时数据分析能力和智能算法，赋予机械设备在复杂作业环境中自主调节操作模式和控制参数的能力。通过传感器和摄像头的密切监控，机械的运行状态及周围环境的变化能够被实时捕捉，并作为数据输入到 AI 系统中进行深度处理与分析。基于这些详细的数据，AI 算法能够自主优化机械的操作策略，例如，根据不同的任务需求和环境变量动态调整动力输出和作业速度，以实现最优操作效果<sup>[3]</sup>。在实际应用中，智能操作与控制系统可以自主执行高精度的作业任务，例如在建筑施工中实现材料的精准搬运与放置，或在采矿作业中确保挖掘与装载的精确性。这些系统通过精密算法控制机械臂的每一个动作，确保所有操作严格遵循预设规程，从而显著提高了作业的准确度与稳定性。此外，智能操作系统具备快速响应突发环境变化或操作异常的能力，能够即时调整操作方案，以规避潜在风险和故障。系统还内置自适应学习机制，使其能够从历史操作记录与实时数据反馈中持续学习并优化，从而不断迭代升级其操作策略的智能化程度。例如，AI 系统通过持续审视设备性能与作业效果，能够识别出最优操作参数和作业路径，逐步提高作业

效率与质量。

### 3.4 工程机械优化设计

人工智能技术的融入使工程机械设计领域在性能提升与设计流程的精细化方面实现了显著突破。AI 技术为设计者提供了强大的工具，在初步设计阶段即可通过仿真与优化算法，对多种设计方案进行全面探索并预测其性能表现。这类 AI 主导的设计工具能够处理复杂的设计变量和海量数据，执行高强度的结构分析与优化任务，如增强机械组件的强度与耐久性、减少材料消耗，同时提升结构的整体稳定性。在设计流程中，人工智能通过仿真分析，模拟工程机械在多种工况下的运行表现，仿真范围广泛，涵盖从承载能力评估到环境适应性测试等各方面，以确保设计方案能够应对实际操作中的多样化挑战。此外，智能化设计系统利用深度学习机制分析以往案例与实际操作经验，自主识别设计环节中的潜在缺陷并提出改进建议，从而大幅提高了设计的可靠性与效率。AI 技术的介入还为个性化设计开辟了新路径，通过对用户特定需求的深入分析，系统能够生成量身定制的解决方案。面对矿场、建筑工地等独特的作业场景，AI 可以根据具体作业要求与环境特征，定制最适宜的机械配置与功能性特征，这种个性化设计不仅提高了设备的工作效率，还优化了资源配置，降低了生产与运营成本。

## 4 结语

人工智能技术在工程机械领域的深度融入，正在根本性地变革该行业的运作模式和发展方向。通过智能驾驶系统、预测性维护、智能操作与控制，以及优化设计等应用，AI 不仅显著提升了机械设备的效率和生产力，还大幅度提高了作业的精准度与安全性。这些前沿技术推动了工程机械向高度自动化与智能化的转型，优化了资源配置，降低了维护成本，减少了安全隐患，为工程项目的执行提供了更高水平的效率和质量保障。随着人工智能技术的不断进步与创新，其在工程机械中的应用领域将不断扩展，驱动行业迈向更高层次的发展阶段。展望未来，人工智能将继续作为工程机械领域的核心推动力，引领行业向更加智能化、精细化与高效化的方向不断前行。

## [参考文献]

- [1] 郭海奎. 人工智能在工程机械创新中的应用 [J]. 集成电路应用, 2024, 41(3): 210-211.
  - [2] 张学强, 尹彬, 孙娜, 等. 人工智能在工程机械无人驾驶领域的应用探讨 [J]. 价值工程, 2022, 41(21): 97-99.
  - [3] 杨宇康. 人工智能在工程行业的应用 [J]. 农村经济与科技, 2019, 30(12): 48-50.
- 作者简介：郭疆（1992.11—），单位名称：中铁三局集团桥隧工程有限公司，毕业学校和专业：山西农业大学 电气工程及其自动化。

## 基于 B/S 体系架构的实验室管理系统设计与运用研究

熊科 鲁艳红 谢伟强 李用清 龙从云

广西中烟工业有限责任公司柳州卷烟厂, 广西 柳州 545000

**[摘要]**文章以柳州卷烟厂为例, 对其内部实验室管理系统进行研究分析。先介绍了该系统基于 B/S 体系架构的总体结果设计, 从工作事务平台、检验业务过程管理、实验室资源管理以及系统配置管理四个方面对系统功能进行介绍, 然后探讨了系统内外部接口的设计应用, 最后对系统安装和测试进行总结。旨在为相关人员的工作提供参考, 增强整个实验室管理系统的属性与功能。

**[关键词]**B/S 体系架构; 实验室; 管理系统; 设计方法; 应用研究

DOI: 10.33142/sca.v7i10.13647 中图分类号: TP39 文献标识码: A

## Research on the Design and Application of Laboratory Management System Based on B/S Architecture

XIONG Ke, LU Yanhong, XIE Weiqiang, LI Yongqing, LONG Congyun

Liuzhou Cigarette Factory of China Tobacco Guangxi Industry Co., Ltd., Liuzhou, Guangxi, 545000, China

**Abstract:** This article takes Liuzhou Cigarette Factory as an example to study and analyze its internal laboratory management system. Firstly, the overall result design of the system based on B/S architecture was introduced. The system functions were introduced from four aspects: work transaction platform, inspection business process management, laboratory resource management, and system configuration management. Then, the design and application of internal and external interfaces of the system were discussed. Finally, the system installation and testing were summarized, so as to provide reference for the work of relevant personnel and enhance the attributes and functions of the entire laboratory management system.

**Keywords:** B/S architecture; laboratory; management system; design methodology; application research

### 引言

质量检测作为产品质量最为直接的监督环节, 对卷烟生产标准、生产工艺、成品、原辅料质量检测、生产过程质量监督管理的要求越来越高。因此为提高柳州卷烟厂在产品质量检测、监督管理的工作效率, 增强产品质量稳定性, 提高质量数据收集、存储和利用效率, 保证检测数据真实性以及检验结果的可靠性, 达到数据互通共享, 有必要建立专业化、规范化的实验室综合管理系统。

### 1 基于 B/S 体系架构的实验室管理系统的总体架构

根据柳州卷烟厂的实际生产与运营需求, 实验室管理系统采用 B/S 体系架构与 J2EE 技术体系, 基于自主知识产权的天禾实验室综合信息管理系统 (TH LIMS) 进行定制开发。整个实验室管理系统具有高度灵活性、运行稳定性和较强的拓展性, 同时支持 SOA 面向服务体系架构, 在严格遵循实验室管理与检测工作标准规范的基础上, 与柳州卷烟厂其他业务系统实现了高效集成与协调运转。

该实验室管理系统在这几方面充分考虑了柳州卷烟厂的复杂业务场景和未来发展需求, 通过先进的技术架构与定制化开发手段, 该系统对不断变化的生产环境和检测要求具有较强的适应能力。比如在数据处理方面, 管理系统能够在强大存储与分析能力的支撑下快速处理大量实

验数据, 为后期决策和检测工作提供精确数据。同时, 高度拓展性使得该系统能够轻松集成新的功能模块以及相应检测技术与设备, 不断满足柳州卷烟厂的实际发展需求<sup>[1]</sup>。

系统整体结构划分为采集层、数据层、应用层和展示层, 同时实现与第三方系统 (MES、ERP 现有系统) 的在线集成。其中, 采集层包含了串口型仪器、工作站、数采客户端三个方面, 主要通过采用先进传感器技术和其他数据采集设备, 来负责采集各种实验数据和设备运行状态信息, 保证数据准确性和实时性; 数据层包含业务数据库和检测数据库两个方面, 采用具有较高可靠性和稳定性的数据库管理技术与手段, 能够对采集到的相关数据信息进行存储与管理, 保障数据信息的完整性和安全性; 应用层则为实验室提供各种管理与检测功能, 包括任务管理、样品管理、报告管理、数据采集、数据统计和数据查询等, 能够有效完成实验室中的检测业务和任务集成; 展示层则以直观方式向用户展示实验数据和分析结果, 方便用户随时随地进行查询和决策。

### 2 功能模块详细设计

#### 2.1 工作事务平台

工作事务平台主要包括待办已办、任务进度监控、快捷功能入口、数据统计分析四个模块。

待办已办模块: 清晰罗列用户当前需要处理和已经完

成的各项事务，方便用户随时查看任务状态并及时更新任务列表，以免遗漏重要工作；

**任务进度监控模块：**实时展示用户各项任务的推进情况，包括已完成的环节和未完成的步骤，帮助用户进行时间安排和资源管理，及时跟进当前任务；

**快捷功能入口模块：**为用户提供快速访问常用功能的途径，减少操作环节和步骤，提高管理与检测工作的效率；

**数据统计分析模块：**对待办事务中的各项数据信息进行汇总处理并进行简要分析，生成图表或报表，为用户检测工作提供数据支撑<sup>[2]</sup>。

## 2.2 检验业务过程管理

检验业务过程管理主要包括抽样管理、现场抽样、任务管理、任务分配、样品检测、仪器数采、结果汇总判定、数据审核、报告编制、报告审批、报告签发、样品管理、检测模板定制、报告模板定制、检验类型配置。

**抽样管理与现场抽样：**根据用户需求制定相应的抽样检测计划，确定本次任务所使用的抽样方法和抽样总量，保证抽样检测结果具有代表性和合理性，同时严格按照管理与检测工作的规范组织推进现场抽样，保证样品完整性；

**任务管理与任务分配：**对检测任务进行分机，并按照实验室不同工作人员的岗位要求、专业技能和工作负荷，合理分配检测任务，保证当前工作的顺利推进；

**样品管理：**对检测样品的接收、存储、流转和处置等环节进行全流程管理与监督，保证样品处理的可追溯性和安全性；

**样品检测：**主要负责完成实验室所有检测工作管理，包括卷烟、烟叶、材料、香精香料、安全指标等各个方面的检测工作；

**仪器数采：**将仪器原始数据自动采集、解析、应用，为样品检测管理提供数据支撑，采集范围涵盖各实验室检测仪器设备，包括串口型仪器、工作站型仪器等。

**报告编制、审批与签发：**对当前检测工作中的数据信息进行审核，在确保数据合规性和准确性的基础上生成检验报告并进行签发，将报告发送给有关部门；

**检测模板定制与报告模板定制：**根据当前检测任务和业务需求，为用户定制具有个性化的检测模板和报告模板；

**检验类型配置：**根据实验室实际运行情况对不同检验类型进行合理配置，以满足多样化检测需求。

## 2.3 实验室资源管理

实验室资源管理可分为设备管理、标准物质管理、人员管理、文件管理以及试剂耗材管理五个模块。

**设备管理：**对实验室各种仪器设备进行使用记录登记、维护、校准和定期巡检管理，保证设备正常运行以及检测结果的准确性；

**标准物质管理：**对实验室所使用的各种标准物质在出库、入库、处置、期间核查等环节进行管理并记录在标准物质档案内；

**人员管理：**负责对实验室人员的信息档案、资质、培训与考核、岗位授权进行管理，并对工作量进行统计；

**文件管理：**对实验室内各种文件进行分类、存储、权限控制管理，并提供版本更新和在线预览服务；

**试剂耗材管理：**对实验室内各类检测试剂进行出入库、使用、报废处置、普通试剂与易制毒易制爆试剂区分管理，同时对实验室环境进行实时监控。

## 2.4 系统配置管理

系统配置管理囊括了部门管理、用户管理、角色管理、权限管理、检验类型管理、报告模板、检测项目、检测标准、样品类型、检测指标、检测流程配置以及数据审计<sup>[3]</sup>。

**部门管理模块：**系统中的各个部门进行设置和管理，明确部门职责和权限；

**用户管理模块：**对实验室管理系统内用户的信息进行登记、维护、删除和查询等管理，确保用户信息的准确性和安全性；

**角色管理模块：**定义不同的用户角色，如管理员、操作员、审核员等，并根据角色定位为相关用户分配相应的权限；

**权限管理模块：**严格控制用户对系统功能的访问权限，防止无权限人员查看保密文件，确保系统的安全性和数据的保密性；

**检验类型管理模块：**对不同的检验类型进行分类和管理，方便用户进行选择和配置；

**检测流程配置模块：**对实验室检验业务的具体推进流程进行灵活调整，以适应不同工作场景与用户需求；

**数据审计模块：**对实验室管理系统中的部分数据进行审计和监控；

**报告模板、检测项目、检测标准、样品类型、检测指标等设置模块：**则可以根据实际需要进行个性化定制，满足实验室在不同阶段内的实际检验业务需求。

## 3 接口设计

### 3.1 内部接口设计

内部接口设计的关键点在于如何实现系统内各个模块之间的有效衔接与交互、如何打通数据流通路径。柳州卷烟厂内的实验室管理系统在内部接口设计上采用了标准化的数据格式和通信协议，并通过独特的数采模板机制使系统和仪器的连接过程由二次开发模式转变到面向用户的配置模式，同时还考虑了系统的可扩展性和维护性，以便在未来的实验室设备升级和改造中能够更方便地进行调整，避免二次开发。

### 3.2 外部接口设计

实验室管理系统与供应链系统的对接与接口设计能够实现以下功能：实验室系统能够向供应链系统发送物资需求清单，供应链系统会在到货后向实验室管理系统实时同步物资到货检验、入库以及库存情况。

实验室管理系统与 MES 系统的对接与接口设计能够实

现以下功能：实验室管理系统能够从 MES 系统中获取卷烟厂在实际运营与生产过程中所用的工艺参数、设备运行状态、成品报检信息，并将检测结果及时反馈给 MES 系统，一边生产部门根据试验检测结果进行生产调整和产品质量改进<sup>[4]</sup>。

实验室管理系统与主数据系统的对接与接口设计能够实现以下功能：主数据系统中包括了卷烟厂的各种核心数据，能够将辅料基本信息、辅料类别、辅料规格、供应商等信息等同步到实验室系统中，并通过接口向系统进行数据验证，用来对二者内的数据进行更新和优化完善。

实验室管理系统与卷包数采系统的对接与接口设计能够实现以下功能：实验室系统可以从卷包数采系统中获取卷烟包装过程中的各类关键数据和卷包数采仪器上的检测数据，并在评估卷烟厂当前生产阶段所生产卷烟质量的基础上，将相关检测数据和评估结果完整提供给检测人员。

#### 4 系统安装操作过程

准备阶段的具体任务包括准备安装包和服务器上传两个方面，整体持续时长预计为两小时。在准备安装包的过程中，需要检查安装包是否含有实验室管理所需要的必要组件和文件，而服务器上传中需要保证信息传输路径畅通，避免业务道路拥挤问题。

部署阶段需要严格按照以下流程进行：一是需要进行 JDK 的安装与配置。JDK 是 Java 开发工具包，在安装过程中要注意版本选择与更新问题，同时还要对环境变量进行数值调整与控制，保证实验室管理系统能够顺利识别和调用 JDK；二是需要进行 TOMCAT 的安装与配置。TOMCAT 是一个具有开源属性的 Web 应用服务器，安装时需要根据实验室管理系统的业务需求合理设置端口号、内存分配等重要参数与关键节点，保证系统托管顺利完成；三是需要进行 Mysql 的安装与配置。Mysql 是一种关系型数据库管理系统，能够为实验室管理系统提供数据存储、管理以及索引功能，在安装过程中需要注意设置好相应数据库模块字符集等参数；四是需要进行 Navicat Premium 的安装，并在安装结束后完成对 Navicat Premium 的测试连接。Navicat Premium 是一种数据库管理工具，能够以单一程式实现与 Mysql 的连接；五是需要进行应用工程的安装和配置<sup>[5]</sup>。

验证阶段的具体任务是要对整个系统进行验证，验证内容应涵盖功能验证、性能验证和安全认证，不仅要保证实验室管理系统的响应时间、吞吐量等指标满足当前业务需求量，还需要保证该系统能够在高负荷状态下实现长期稳定运行。

#### 5 系统测试

##### 5.1 测试范围

基于柳州卷烟厂实验室综合管理系统的测试内容为：对系统的适应性、准确性和操作性进行功能测试；对系统的容错性处理进行集成测试；对系统的易操作性进行性能测试；对系统的安全保密性进行安全测试。

在经过 V 模型分析并走完需求分析-概要设计-详细

设计-软件编码-单元测试-集成测试-系统测试-验收测试这一流程后，可以发现当前实验室管理系统的 Bug 呈现倒金字塔形分布，因此需要还需要在此过程中加强自测试，保证系统基础的功能，降低后面测试活动阶段出现不可控的质量风险。

##### 5.2 测试技术

黑盒测试方法的测试目标为保证测试功能的顺利进行，包括数据输入、浏览、处理以及检索等功能；测试重点为检测业务管理方面；具体步骤为：首先对当前数据信息进行有效与无效筛选；其次利用有效数据和无效数据分别执行该实验室管理系统的各个功能；最后对以下内容进行核实：一是要使用有效数据生成预期结果；二是使用无效数据生成系统错误信息和警告提示信息；三是要检测系统内的各个业务是否能顺利进行并应用。

黑盒测试方法主要有等价类划分、边界之分析、因果图、错误推测、正交试验等，在实际测试中需要根据实际情况对这几种方法进行合理交叉应用。比如，在进行数据输入功能测试时，可以采用等价类划分法，将输入数据划分为有效等价类和无效等价类，分别测试系统对不同类型数据的处理能力；因果图则可以用于分析输入条件之间的组合关系以及对输出结果的影响；正交试验法可以通过合理的组合选择来保证测试的覆盖度。在该实验室管理系统的测试中，可以根据不同的业务模块和功能点，选择合适的因素和水平进行正交试验设计。

#### 6 结束语

综上所述，基于 B/S 体系架构的实验室管理系统具有其他软件或平台所不具备的实用性和高效性。通过科学合理的架构设计与先进功能的有效融合，在满足柳州卷烟厂实际生产经营需求的同时，为实验室找到了一条创新路径。因此相关人员应充分利用现有技术手段与方法，不断从逻辑架构、主要功能、辅助功能等方面对实验室管理系统进行深度优化，为企业赢得更多经济与社会效益。

##### 【参考文献】

- [1] 丁锰,赵东越,严展,等.基于智能物联网技术的高校实验室信息管理系统研究 [J].实验与分析,2024,2(2):79-82.
- [2] 苏婉怡,揣小龙,刘美瑜,等.基于 Java 技术的实验室管理系统设计与实现 [J].无线互联科技,2023,20(23):58-60.
- [3] 吴立峰.基于 Python 的实验室信息管理系统设计与实现 [J].集成电路应用,2024,41(5):360-362.
- [4] 赵惠.基于 B/S 模式的实验室管理系统设计和实现 [J].中国新通信,2023,25(21):72-74.
- [5] 杨叶梅,张碧仙.基于 LoRa 的智慧实验室管理系统的  
设计与实现 [J].网络安全技术与应用,2024(2):117-120.  
作者简介：熊科（1987.11—），男，广西中烟工业有限责任公司柳州卷烟厂，本科。

# C++数据库类型及转换应用

陈哲瀚 陆文莲

江苏省横林高级中学，江苏 常州 213101

**[摘要]**随着计算机的不断发展，C++是在C语言的基础上开发的一种通用编程语言，其具有丰富的功能和灵活性，应用广泛，可以用于开发复杂的数据库应用程序。通过使用C++语言，可以对数据库进行设定、管理和操作，实现办公数据库的自动化转换。但是在不同编译器下，C++数据类型会有所差异。因此，文章进一步探究和分析C++数据库类型及转换应用，以期为其应用提供借鉴和参考。

**[关键词]**C++数据库类型；转换；应用

DOI: 10.33142/sca.v7i10.13644

中图分类号: TP3

文献标识码: A

## C++Database Types and Conversion Application

CHEN Zhehan, LU Wenlian

Jiangsu Henglin Senior High School, Changzhou, Jiangsu, 213101, China

**Abstract:** With the continuous development of computers, C++ is a general-purpose programming language developed on the basis of C language. It has rich functions and flexibility, and is widely used for developing complex database applications. By using the C++ language, it is possible to set up, manage, and operate databases, achieving automated conversion of office databases. However, under different compilers, the data types of C++ may vary. Therefore, the article further explores and analyzes the types and conversion applications of C++ databases, in order to provide reference and guidance for their application.

**Keywords:** C++database type; transformation; application

### 引言

在软件开发过程中，经常需要涉及与数据库的交互，如：存储用户信息、管理产品数据等。C++作为一种功能丰富的编程语言，可以通过多种方式与数据库进行集成，优化数据库操作的性能和效率。不同类型数据库的转换是一种常见的操作，其对于保证程序的正确性和性能至关重要。通过规范的数据转换和数据库操作，以及合适的异常处理机制，能够及时捕获和处理数据库操作中可能出现的异常，保证程序的稳定性和数据的完整性。

因此，结合C++数据库类型和转换平台，分析语言技术的相关应用，可以有效地提升软件开发的效率和质量，实现高效的数据库操作和管理，确保软件系统的稳定性和可靠性<sup>[1]</sup>。

### 1 C++语言特点和数据库类型

#### 1.1 C++语言特点

C语言以其简洁和高效被广泛使用，而C++在此基础上增加了面向对象编程的支持，丰富了编程的表达能力。目前，C++支持多种编程范式，可以为计算机用户提供更多的语言决策，这是传统语言编制不具备的功能。现阶段，C++不仅从计算机语言方面提供处理依据，也能在实际程序操控中完成自动化处理，形成了相对稳定的程序语言环境。例如：C++可面向对象编程、泛型编程和过程化编程，进一步提升了数据处理效率。

#### 1.2 C++数据库类型

随着计算机软硬件技术快速发展，程序语言编写流程有了多方面提升，数据库结构层次设定的方式不一样，可以满足不同类型的数据应用要求。目前，常用C++数据类型有八种（见表1），主要以80×86处理器的Visual C++ 2012，以及gcc 4.8.1的长度。这说明C++数据类型的长度和取值范围，会受到编译器和处理器架构的影响。如果在不同的编译器下进行编译，数据类型的长度和取值范围可能会有所不同。因此，在跨平台开发或者在不同编译器下编写程序时，需要格外留意数据类型的一致性，以确保程序的可移植性和稳定性<sup>[2]</sup>。

表1 常见的C++数据类型

| 类型名            | 长度（字节） | 取值范围                   |
|----------------|--------|------------------------|
| bool           | 1      | False, true            |
| char           | 1      | -128-127               |
| signed char    | 1      | -128-127               |
| unsigned char  | 1      | 0-255                  |
| signed short   | 2      | -32768-32767           |
| unsigned short | 2      | 0-65535                |
| signed int     | 4      | -2147483648-2147483647 |
| unsigned int   | 4      | 0-4294967295           |

### 2 C++数据库转换应用

在计算机操作系统中数据库起到非常重要的作用，是

管理和存储数据的核心组成部分。当数据库资源出现流失或损坏，则会直接影响系统的性能和应用价值。随着技术的发展和业务需求的变化，原有的数据库结构已无法满足新的需求。所以需要对数据库进行结构上的升级和改造，以便更好地支持新的功能和性能需求。通过结合 C++ 的特点和设计合理的控制方案，解决传统数据库系统存在的功能性缺失问题，如：性能瓶颈、扩展性差、灵活性不足等，从而提升数据库的整体功能和性能。在数据库中，数据的转换是指将数据从一种形式或结构转换为另一种形式或结构的过程。因此，转换被视为数据库资源多功能应用的一个新方法，不仅充分展示了 C++ 的应用层次，还可以帮助企业或个人构建一个更加稳定和高效的数据程序平台。类型转换可以分为两种，以下详细介绍。

## 2.1 隐式类型转换

### 2.1.1 定义

C++ 设定了一些标准化的规则，规定了如何在不同类型之间进行转换。当程序中涉及不同数据类型的操作时，C++ 会根据这些规则自动进行数据类型的转换。这种转换在编译时由编译器完成，程序员无须手动干预，因此它是“自动”的，所以称之为“隐式类型转换”<sup>[3]</sup>。例如：在代码中将一个整型变量与一个浮点型变量进行运算，C++ 会自动将整型变量转换为浮点型，以确保运算的准确性，避免数据损失。隐式类型转换有助于简化代码，使程序员不必频繁地进行手动转换，从而降低出错的可能性。同时，也能提高代码的可读性，使逻辑更加清晰。隐式类型转换原则见图 1。

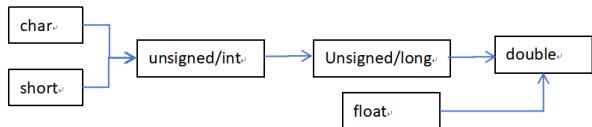


图 1 隐式类型转换原则

### 2.1.2 发生隐式类型转换的常见类型

第一，多种数据类型的算术表达式中。即：

```

1 Int a=2;
2 float b=3.4;
3 double d=2.2;
4 a+b+c;
  
```

第二，将一种数据类型赋值给另外一种数据类型变量。即：

```

1 Int a=2;
2 float b=3.4;
3 long double d=2.2;
4 b=a;
5 d=a;
  
```

第三，函数调用时，若实参表达式与形参的类型不相符。即：

```

1 int Min ( int a, int b ) {
2   return a<b?a:b;
3 }
4 int a=2;
5 float b=3.4;
6 int x= Min ( b, a+3.5 );
  
```

第四，函数返回时，如果返回表达式的值与函数返回类型不同。

```

1 double add ( int a, Int b ) {
2   return a+b;
3 }
  
```

### 2.2 显式类型转换

#### 2.2.1 定义

显示类型转换（或强制类型转换）是指程序员明确地将一种数据类型转换为另一种数据类型的过程。与隐式类型转换不同，显示类型转换需要程序员的手动干预，通常是通过特定的语法来实现的。

在某些情况下，自动的隐式类型转换可能无法满足程序的需求。例如，程序员可能需要将一个较大的数据类型（如浮点型）转换为较小的数据类型（如整型）。在这种情况下，显示类型转换可以帮助程序员明确地控制转换过程，确保数据以期望的方式进行处理<sup>[4]</sup>。C++ 提供了更加严格的类型转换，提供更好地控制转换过程，其使用格式为：目标类型变量=xxxx cast<目标类型>（源类型变量）。

#### 2.2.2 显式类型转换新增转换

第一，静态类型转换（static cast）。其是一种用于进行隐式转换的逆向转换的方式，不仅可以用于基本数据类型之间的转换，也可以将 void\* 转换为其他类型的指针。还可以用于自定义类型之间的转换，这种转换被称为向上造型，允许将派生类对象看作基类对象，以便进行统一的处理。需要注意的是，它不能用于两个高风险的转换，即整型和指针之间的相互转换、不同类型的指针或引用之间的转换，以避免程序错误和数据损失。第二，重解释类型转换（reinterpret cast）。常用于进行指针或引用之间的转换，无论它们之间是否存在继承或类型关系。还可以用于指针和整数类型之间的转换，通常用于处理底层内存操作或者进行指针地址和整数之间的互相转换。第三，常类型转换（const\_cast）。用于移除指针或引用的常属性，主要应用场景是在需要修改本来被标记为常量的数据时使用。例如修改一个指向常量的指针以允许写入操作。第四，动态类型转换（dynamic\_cast）。主要用于处理多态类型的指针或引用的向下转型，在执行转换时会进行运行时的类型检查，避免不安全的转型操作。

### 2.3 自己声明的类型转换

自己声明的类型转换是指在自定义的类中，通过编写特定的代码，使得该类可以与其他类型进行转换。这样的

转换是针对特定类而言的，不同于系统自带的隐式或显式类型转换。在 C++ 中，当使用用户自定义类型进行数据转换时，编译器并不会自动知道如何进行这种转换，所以会导致编译错误或不符合预期的行为。因此，可以定义一个专门的函数，使得编译系统知道怎样将一种类型转换为另一种类型。一种是转换构造函数，在类的构造函数中定义一个接受其他类型作为参数的构造函数，这样编译器就能通过这个构造函数进行类型转换。另一种是类型转换函数，在类中定义一个类型转换操作符，使得对象可以被隐式或显式地转换成其他类型。这种类型转换函数的返回值是目标类型，函数名是 operator 后跟目标类型名，通过定义这个函数，可以实现从类对象到标准类型的转换<sup>[5]</sup>。

### 3 C++数据库转换应用问题和解决方法

#### 3.1 隐式类型转换

在 C++ 中，隐式类型转换主要是依靠编译器进行自动类型转换，但在转换应用中很容易出现数据准确丢失或运行错误等现象。

例如：

```
1 int a=10;
2 double b=3.14;
3
4 double c=a/b; //预期结果为 3.3333, 但实际结果为 3
```

在代码中，a 是 int 类型的变量，b 是 double 类型的变量，而 a/b 的结果被编译器自动转换为 int 类型，进而导致结果的小数部分被截断。针对这种问题，我们可以利用以下两种方式进行解决。

##### (1) 显式转换

为了更好地避免出现隐式类型转换中自动转换造成的结果错误，在 C++ 中可以利用显示类型对数据进行转换。通过 static\_cast 操作符，可以明确指定需要进行的类型转换，使代码更加清晰明了。例如：在本次代码中将 4 double c=a/b 修改为 4 double c=static\_cast<double>(a)/b，这是在明确告知编译器需要将 a 转换为 double 类型，进而得到预期结果。

##### (2) 优化计算顺序

优化计算顺序是提高程序性能和可读性的重要手段。在 C++ 及其他编程语言中，通过合理安排计算顺序，可以减少不必要的运算、提高效率，并使代码更易于理解。例如：在本次代码中将 4 double c=a/b 修改为 4 double c=a/(double)b，这是将 b 转换为 double 类型，使得结果为 3.333。

通过合理地应用显式类型转换和优化计算顺序，可以避免隐式类型转换可能引起的结果错误，确保程序的准确性和可靠性。这种做法有助于提高代码的可读性和性能，避免潜在的数据损失问题。

#### 3.2 字符串和数值类型转换

在 C++ 中，经常需要将字符串转换为数值类型以便进行数值计算，或者将数值类型转换为字符串以便输出或存储。但是在转换中会出现一些问题，影响转换效果。例如：字符串转换为数值类型，

```
1 #include <iostream>
2 #include <string>
3
4 int main() {
5     std::string str = "12345";
6
7     int num = std::stoi(str); // string to int
8     long long_num = std::stol(str); // string to long
9
10    float float_num = std::stof(str); // string to float
11
12    double double_num = std::stod(str); // string to double
13
14    std::cout << num << std::endl; // 输出: 12345
15    std::cout << long_num << std::endl; // 输出:
16    12345
17
18    std::cout << float_num << std::endl; // 输出: 12345.0
19    std::cout << double_num << std::endl; // 输出: 12345.0
20
21    return 0;
22 }
```

在字符串和数值类型转换中，针对字符串转换为数值类型可以利用 stoi、stol、stof、stod；针对数值类型转换为字符串可以利用 to\_string。正确的数据类型转换，可以提高程序的性能和正确性。由于不同的转换函数适用于不同的场景，所以在实际编程中，应该根据具体需求选择合适的转换函数，并结合异常处理机制，创建更健壮的程序，有效地处理字符串和数值类型之间的转换操作，不仅能提高代码的可读性和维护性，还能有效地避免运行时错误，提升用户体验。

### 4 C++转换应用实例

随着经济全球化发展，我国的工业经济逐步走向世界舞台，为此工业信息化生产成为实现这一目标的重要平台。在工业生产过程中，计算机技术和程序语言的应用变得至关重要，不仅可以提高生产效率和质量，还可以实现生产过程的自动化和智能化。

C++ 作为一种高级编程语言，与现有的计算机控制系统无缝对接，可以更精确地设计和规划产品的结构和生产

流程，包括从原型设计到实际加工中的各个环节，确保生产过程的高效性和准确性。还可以依照数据库整体标准对生产数据的管理和优化，不仅涉及数据存储和查询的效率，还包括对生产过程中可能出现的变化和需求的快速响应能力。C++编程能力的强大使得工业生产中的技术成果可以更直接地转化为实际的产品和服务，这种直接性和实用性，提升了工业生产的效率和质量，同时也降低了成本和资源浪费。通过 C++技术在工业生产中的应用，企业可以建立更为先进和智能化的作业平台，有效提高生产的灵活性和响应速度，并为企业带来更大的竞争优势和市场份额。

另外，在时代的不断变化下，经济行业也需要转型升级，以适应新的市场需求和全球化竞争的挑战。这就意味着我国工业生产需要及时更新技术应对策略，以确保生产过程的高效性、质量和安全性。通过优化企业内部的管理体制，提高生产效率、降低成本、增强创新能力。在企业办公自动化系统中 C++起到重要作用，首先，可以处理各种类型的原始数据，包括文本、数字、图像等。通过编写高效的程序，将这些数据从一种格式转换成另一种格式，使得数据能够被不同的系统或应用程序所理解和使用。其次，企业的不同业务和领域可能对数据有不同的需求。C++的灵活性使得它能够根据具体的业务需求进行定制开发，从而能够处理特定行业或领域的数据。

通过转换和处理原始数据，C++提高了数据的可操控性，使得企业可以更方便地分析、管理和决策，从而提高业务运作的效率和准确性，这对于提升企业的竞争力和市场反应速度至关重要。

## 5 结语

综上所述，支持多种编程是 C++应用特点，无论是企

业或个人用户，必须按照 C++标准设定数据库，从而实现了原始数据的自动化转变。针对数据库结构类型存在的不足，计算机编程时要按照 C++数据库类型及其转换方式操作，进而体现出 C++的可操控性特点，实现数据程序语言的优化转变。

在进行跨平台开发时，程序员需要注意不同编译器对数据类型的长度和取值范围的影响，确保程序的可移植性。在数据库操作中，通过合理使用隐式和显式类型转换，程序员可以有效地管理和处理数据，提高应用程序的性能和可靠性。随着对数据库应用需求的不断演进，C++的类型转换技术将继续在软件开发中发挥重要作用，推动软件行业朝着更加智能化和高效化的方向发展。

## 【参考文献】

- [1] 张浩, 朱志强, 陈志强. 基于 CPU 环境的多类型数据库同步方法、装置及设备 [J]. 信息技术与信息化, 2024(2): 84-87.
- [2] 李力, 蓝天飞, 郭越凡, 等. 基于 C++的三维闪电回击数据再处理系统设计 [J]. 湖北大学学报(自然科学版), 2024, 46(2): 289-296.
- [3] 胡平, 吴福祥. 跨语言同词化数据库与词汇类型学研究 [J]. 当代语言学, 2023, 25(4): 562-576.
- [4] 郭静. 基于多类型宏的 Access 数据库用户多角色登录验证系统设计 [J]. 自动化技术与应用, 2020, 39(12): 150-153.
- [5] 李业田. 常用数据库类型介绍与解析 [J]. 电子世界, 2018(20): 101.

作者简介：陈哲瀚（2007.5—），毕业院校：江苏省横林高级中学，所学专业：C++，目前就读学校：江苏省横林高级中学。

## C 语言与 C++语言几点差异的应用

柴可星 李伟成

江苏省奔牛高级中学，江苏 常州 213139

**[摘要]** C 语言是面向过程的编程语言，C++语言是面向对象的编程语言，虽然它们是两种不同的程序设计语言，但是在基础语法的实际应用中既有相似之处，又有细微差别，尤其是在字符串与字符数组的混合使用及互相转换过程中体现得更为明显，这些差异是其底层实现过程不同所致。因此，文中从 C 语言与 C++语言的逻辑计算、字符串、内存管理等方面差异及应用进行深入研究，全面了解两种编程语言结合应用的有效方法，期望为相关工作者和学习者提供参考。

**[关键词]** C 语言；C++语言；差异；应用

DOI: 10.33142/sca.v7i10.13643

中图分类号: TP3

文献标识码: A

## Application of Several Differences between C Language and C++Language

CHAI Kexing, LI Weicheng

Jiangsu Benniu Senior High School, Changzhou, Jiangsu, 213139, China

**Abstract:** C language is a procedural programming language, and C++language is an object-oriented programming language. Although they are two different programming languages, they have both similarities and subtle differences in the practical application of basic syntax, especially in the mixed use and conversion of strings and character sets. These differences are due to their different underlying implementation processes. Therefore, this article conducts in-depth research on the differences and applications of logical computation, strings, memory management, and other aspects between C language and C++language, comprehensively understanding the effective methods of combining the two programming languages, so as to provide reference for workers and learners.

**Keywords:** C language; C++language; differences; application

### 引言

C 语言与 C++语言，作为编程领域的两大基石，各自拥有独特的起源、特点与广泛的应用场景。C 语言因其简洁、高效和出色的可移植性而广受赞誉，它在操作系统、嵌入式系统及硬件驱动程序等底层开发中扮演着至关重要的角色。而 C++则是在 C 语言的基础上优化发展而来，作为一种面向对象的编程语言，它不仅继承了 C 语言的诸多优点，还引入类、继承、多态等面向对象的核心特性，从而显著增强了代码的可维护性和复用性。因此，C++语言在游戏开发、图形界面设计、高性能计算等多个领域都发挥着举足轻重的作用。深入理解和探讨 C 语言与 C++语言之间的差异及应用，不仅有助于推动编程语言理论的进一步发展，也为计算机编程语言的教育和实践提供了坚实有力的支持。

### 1 在逻辑值计算上的差异及应用

#### 1.1 C 语言中的逻辑值计算

在 C 编程语言中，逻辑值的表达非常直观：整数 0 代表假 (false)，而任何非零的整数值则代表真 (true)。这种简洁的表示方式在处理基本逻辑时显得清晰易懂。然而，在面对更为复杂的逻辑判断时，这种表示方式也可能带来理解上的困扰。为了应对这些复杂的逻辑情况，C 语言提供了逻辑与 (&&)、逻辑或 (||) 以及逻辑非 (!) 等

运算符。这些运算符为程序员提供了强大的工具，使得在构建逻辑条件时更加灵活多变。然而，这种高度的灵活性同时也带来了挑战。尤其是在处理包含多重条件的逻辑判断时，程序员需要格外小心，以免不慎引入难以察觉的逻辑错误。

#### 1.2 C++语言中的逻辑值计算

在 C++编程语言中，布尔类型 (bool) 的引入是一项重大进步，它明确区分了真 (true) 和假 (false) 这两个值，极大地提升了逻辑值的类型安全性和代码的可读性。在此之前，C 语言使用整数 0 来表示假，而任何非 0 的整数都表示真。尽管这种方式提供了灵活性，但牺牲了类型安全性，增加了逻辑错误的风险。C++通过规定逻辑运算符 (&&, ||, !) 的操作数必须为布尔类型，有效消除了潜在的混淆，使得代码的行为更加一致和可预测。此外，C++语言相较于 C 语言，提供了一项强大的功能，即逻辑运算符的重载。这项特性允许使用者为自定义数据类型实现特定的逻辑操作，极大地丰富了语言的表达能力，并使使用者能够根据实际需求定义对象间的逻辑关系。通过重载逻辑运算符，自定义类型的对象在逻辑判断中的行为变得更为直观，更符合使用者的预期。在处理包含多重复杂逻辑的场景时，这一功能显得尤为实用，显著增强 C++语言的灵活性和强大功能，从而可以有效应对各种复杂问题<sup>[1]</sup>。

### 1.3 逻辑值计算的实际应用

结合 C 语言与 C++ 语言在逻辑计算方面的情况可以看出, 两者的逻辑、关系运算的本质没有明显差异。结合下面程序案例进行详细说明。

程序示例:

```
#include<iostream>
using namespace std;
int main()
{bool x=-2, y=0;
int a=-1, b=0, c=1;
cout<<(8>=3)+2-(2&&-1)<<endl; (1)
cout<<(2*x)<<endl; (2)
cout<<(x>y)<<endl; (3)
cout<<(a<b<c)<<endl; (4)
cout<<(a&&b||c)<<endl; (5)
return 0;}
```

在 C++ 语言中, 布尔类型变量可以取值为真 (1) 或假 (0), 这使得它们能够参与逻辑、关系和算术运算。例如, 关系运算  $8>=3$  的结果为真, 即逻辑值 1; 逻辑运算  $2&&-1$  的结果也为真, 即值 1。在算术表达式中, 如  $1+2-1$ , 这些逻辑值可以像整数一样进行计算, 得出整数结果 2。值得注意的是, 在 C++ 语言中, 布尔变量非零即真, 但在参与运算时, 其非零值会被视为 1。因此, 即使布尔变量  $x$  被赋值为 -2, 在计算  $2 \times x$  时, 它也会被当作  $2 \times 1$  来处理, 得出结果 2 而非 -4。同样, 在布尔逻辑中, 如果  $x$  为真而  $y$  为假, 那么关系表达式  $x>y$  就相当于  $1>0$ , 判定为真, 即值为 1。

C 语言和 C++ 语言在逻辑运算上展现出高度的相似性和灵活性, 允许整数直接参与逻辑表达式, 其中非零值被视为真, 零被视为假。这种设计使得诸如  $a < b < c$  (实际上被解释为  $(a < b) < c$ , 即先判断  $a$  是否小于  $b$ , 然后将此布尔结果转换为整数与  $c$  进行比较) 和  $a \&& b || c$  的表达式能够得出直观的逻辑结果。然而, Java 对数据类型有着更为严格的区分, 布尔值和整数不能直接互换。因此, 在 Java 中,  $a < b < c$  这样的表达式是错误的, 因为它试图将比较操作产生的布尔值直接用于另一个比较, 这违反了 Java 的语法。同样,  $a \&& b || c$  在 Java 中也是非法的, 因为它要求所有参与逻辑运算的操作数都必须是布尔类型, 这凸显了 Java 对类型安全和数据一致性的重视。正确的 Java 表达方式应该是  $a < b \&& b < c$ , 以确保每个比较都独立进行并产生布尔结果<sup>[2]</sup>。

## 2 C 语言与 C++ 语言在字符串的差异及应用

### 2.1 C 语言中的字符串

在 C 语言中, 字符串主要通过字符数组的形式来表示, 并以空字符 '\0' 作为字符串的终止标志。为了处理这些字符串, C 语言标准库提供了一系列函数, 例如 strcpy 用

于复制字符串, strcat 用于连接两个字符串, strlen 用于计算字符串的长度等。然而, 由于这些函数直接操作内存, 使用时需要特别注意内存管理和边界条件, 否则可能会导致缓冲区溢出等安全问题。

### 2.2 C++ 语言中的字符串

C++ 语言编程语言中引入了 string 类字符串, 能够有效地封装字符数组, 提供一系列功能丰富的成员函数, 使得用户能够轻松进行赋值、字符串连接、内容搜索和替换等操作。相较于 C 语言中的字符串处理功能, string 类字符串使用户更好地操作界面, 且比较便捷。另外, string 类字符串能够自动管理内存, 有效避免了缓冲区溢出等安全风险。同时还支持字符串比较以及输入输出流操作, 进一步提升字符串处理的灵活性和效率。

### 2.3 字符串的实际应用

为了更好地了解 C 语言和 C++ 语言在字符串差异的应用情况, 利用具体程序示例来进一步说明。

程序示例:

```
#include <cstring>           //C 字符串库函数
#include <string>             //C++string 类函数
#include <iostream>
using namespace std;
int main()
{char ps1[10] = "china ";
char ps2[10] = "sichuan";
char ps[20] = "\0";
string s1 = string(ps1); (1) //用 C 字符数组构造 string 对象 s1
string s2 = string(ps2);
s1 += s2; (2)           //C++字符串连接
strcpy(ps, s2.c_str(0)); (3) //C 字符串拷贝到 ps 数组中
strcat(ps, ps1); (4)       //C 字符串连接
if (s1 != s2) (5)           //C++字符串比较
    s1 = s2; (6)           //C++字符串直接赋值
return 0; }
```

在 C++ 语言中, std::string 类通过提供一个接受 const char\* 类型参数的构造函数, 使得 C 语言的字符串 (即字符数组) 能够被转换为 C++ 语言的 std::string 对象。利用此构造函数, C 字符串可以轻松转换为 C++ 语言的字符串对象。C++ 语言的 std::string 类通过重载 “+” 运算符, 提供了简洁的字符串连接方式。这意味着, 字符串对象可以直接加到另一个字符串的尾部, 无需担心目标字符串的内存是否足够, 因为 std::string 对象能自动根

据需要扩充内存。而在 C 语言中，字符串连接需使用 `strcat()` 函数，并且在连接前，必须确保目标字符串数组有足够的空间存放两个字符串合并后的内容，否则可能导致缓冲区溢出，这是一种常见的安全隐患。此外，C++语言的 `std::string` 对象支持直接使用比较运算符（如 “==” 和 “!=”）来比较内容，同时，使用赋值运算符 “=” 可以轻松复制一个 `std::string` 对象的内容到另一个。这些便捷操作在 C 语言的字符数组中无法直接实现，因为 C 语言处理字符串时，需要程序员进行更多的手动内存管理，以及调用相应的字符串处理函数<sup>[3]</sup>。

`c_str()` 是 C++ 语言中 `string` 类的一个核心成员函数，其返回类型是 `const char*`。此函数能够提供对当前 `string` 对象内容起始地址的指针，该指针指向一个以空字符结尾的字符串常量。尤其是指针所指向的数据是 `string` 对象内部的数据，因此不应直接赋给一个可修改的字符指针。然而，若需要将 `string` 对象的内容转换成 C 语言的字符串，可以安全地使用 `c_str()` 函数，并借助 C 语言的字符串拷贝功能，将返回的字符串常量拷贝到长度足够的字符数组中。这样，`string` 对象如 `s2` 的内容就可以通过 `s2.c_str()` 轻松转换为 C 语言的字符串，以便于后续操作或与 C 语言风格的字符串处理函数兼容。

在 C++ 语言编程领域，C 语言字符串与 C++ 语言的 `string` 类虽然可以共存，但二者在设计和功能上有着本质的区别。C 语言字符串以字符数组（如 `char str[10]`）或字符指针（如 `char* str`）为基础，它们的内存空间是预先分配的，且大小固定，无法根据实际需求自动调整。因此，在执行字符串拼接、复制等操作时，程序员必须谨慎处理字符串长度，以免发生内存溢出等安全问题。相比之下，C++ 语言的 `string` 类提供了更为强大和灵活的功能。通过对对象方法调用的方式（即“对象名. 函数名()”），可以轻松地利用 `string` 类丰富的成员函数来处理字符串数据。这种面向对象的设计方式显著提高了字符串处理的便捷性和安全性。当需要在程序中同时使用 C 语言字符串和 `string` 对象时，最佳实践是将它们统一转换为同一种类型。这样做可以有效避免直接混合操作可能导致的错误和风险，确保程序的稳定性和安全性。

在 C++ 语言中，`std::string` 类型并不保证字符串以空字符（'\0'）结尾，这与 C 语言中以空字符作为字符串终止符的约定有所不同。若需将 C++ 语言的 `std::string` 转换为 C 语言的字符串，可以利用几个成员函数来实现。`data()` 函数会提供一个指向字符串内部数据的指针，但需注意，通过这个指针获得的数据可能不以空字符结尾。而 `c_str()` 函数则返回一个指向 C 语言字符串的指针，该字符串以空字符结尾，与 `std::string` 对象的内容完全一致。另外，`copy()` 函数允许用户将 `std::string` 的内容复制到预先分配的字符数组中，并可以指定复制的字符数

量，提供了更大的灵活性。这三个函数为 C++ 和 C 语言字符串之间的转换提供了便利<sup>[4]</sup>。

### 3 C 语言和 C++ 语言的内存管理差异及应用

在 C 和 C++ 中，需要更多的注意内存的使用。当内存不再使用时，它需要及时释放。否则，将影响后续操作。这在大型软件项目中是很难实现的，这将大大增加程序员的工作量，并且常常由于疏忽而导致系统崩溃。

#### 3.1 C 语言的内容管理

在 C 语言编程中，内存管理主要由开发者负责。他们需要利用 `malloc()`、`calloc()`、`realloc()` 等函数来动态分配内存，并在使用完毕后通过 `free()` 函数释放这些内存。这种管理方式虽然赋予了开发者极大的灵活性，但也伴随着显著的风险。由于内存的分配与释放都依赖程序员的主动操作，因此很容易出现诸如内存泄漏之类的问题。若开发者忘记释放已分配的内存，或对同一块内存重复释放，都会导致内存泄漏。此外，野指针问题也需警惕，它常发生在内存已释放，但相关指针仍被误用的情况下。

#### 3.2 C++ 语言的内容管理

相较于 C 语言，C++ 语言在内存管理方面实现了显著的进步，引入了自动内存管理的概念，极大地提升了内存管理的高效性和安全性。通过构造函数和析构函数的机制，C++ 语言以一种更为优雅且自动化的方式管理对象的生命周期。具体而言，当对象被创建时，其构造函数会自动被调用，负责执行资源的初始化工作；而当对象的生命周期结束时，其析构函数则会自动执行，负责释放对象所占用的资源。这一机制显著减轻了程序员的负担，并减少了因手动管理内存而可能引入的错误。此外，C++ 语言还提供了 `new` 和 `delete` 运算符，用于实现类型安全的动态内存分配和释放。相较于 C 语言中的 `malloc()` 和 `free()` 函数，`new` 和 `delete` 运算符不仅能够根据对象的类型自动分配和释放适当大小的内存，还能自动触发对象的构造函数和析构函数。这确保了对象在创建和销毁时能够正确地初始化和清理资源，从而进一步提升了内存管理的效率和安全性。因此，可以说 C++ 语言的内存管理方式相较于 C 语言更为先进和可靠<sup>[5]</sup>。

#### 3.3 实际应用场景

C++ 的自动内存管理机制在要求较高的应用中表现出显著优势，尤其在开发复杂系统、游戏或进行大规模数据处理时。内存管理的正确性和效率在这些场景中至关重要，直接影响软件的稳定性和可靠性。C++ 通过提供自动内存管理机制，减少了内存泄漏、野指针等问题，显著提升了软件的稳定性和可靠性。C++ 还引入了智能指针等高级功能，如 `std::unique_ptr` 和 `std::shared_ptr`，进一步简化了内存管理的复杂性。这些智能指针是 C++11 及更高版本的重要特性，能够自动管理动态分配的内存，避免内存泄漏风险。

`std::unique_ptr` 是一种独占所有权的智能指针，确

保同一时间内只有一个智能指针指向特定内存资源，简化了资源管理，因为开发者无需担心多个指针指向同一资源导致的问题。当 `std::unique_ptr` 被销毁时，其管理的内存也会自动释放。此外，`std::shared_ptr` 还允许共享所有权，允许多个智能指针同时指向同一内存资源，这在需要共享资源时非常有用。它使用引用计数来跟踪共享资源的智能指针数量，当最后一个 `std::shared_ptr` 被销毁时，资源会被自动释放。这些智能指针的应用使得 C++ 在开发需要精细控制内存的大型应用时更高效、更安全。在游戏开发中，它们可以自动管理游戏对象的内存资源，减少内存泄漏风险，提高游戏稳定性和性能。在复杂系统或大规模数据处理场景中，智能指针也显著简化了内存管理任务，使开发者能更专注于业务逻辑的实现。

#### 4 结语

C++语言在一定程度上可以和 C 语言很好地结合，甚至大多数 C 语言程序是在 C++的集成开发环境中完成的，因此，在基础语法中两者有很多相似之处，在实际应用中

又有一些细微的差异，如逻辑值计算、字符串处理以及内存管理等。深入分析这些差异及其具体应用，可以为相关学习者提供有益的指导和帮助。

#### 【参考文献】

- [1] 刘晓晓. 计算机软件编程中的 C 语言设计及应用研究 [J]. 信息与电脑(理论版), 2024, 36 (9) : 152-154.
- [2] 张小丹, 杨严硕, 胡婉靖, 等. SIMD 指令及其在 C++ 编程语言中的应用 [J]. 科技视界, 2024, 14 (8) : 15-17.
- [3] 侯筱贤. 计算机中的 C 语言应用特点探究 [J]. 职业, 2022 (16) : 94-96.
- [4] 王涵. 计算机 C 语言编辑程序技巧及应用 [J]. 科技风, 2021 (11) : 109-110.
- [5] 唐小健. 探究 C 语言程序设计在项目实践中的技巧应用 [J]. 电脑编程技巧与维护, 2020 (11) : 50-52.

作者简介：柴可星（2008. 10—），毕业院校：江苏省奔牛高级中学，所学专业：C++，目前就读学校：江苏省奔牛高级中学。

# 人工智能在网络空间安全领域的应用探究

袁宝龙 刘宇

上海医药集团（本溪）北方药业有限公司，辽宁 沈阳 110000

**[摘要]**随着互联网的广泛应用，网络空间安全问题日益严重。数据泄露、网络攻击和身份盗窃等威胁频繁发生，对个人隐私和企业资产构成严重风险。传统的安全措施依赖于静态规则和签名，难以应对新型攻击和复杂的威胁模式，特别是在处理大规模数据时显得应接不暇。人工智能的快速发展为网络安全带来了革命性的改进，通过机器学习和数据分析，AI能够实时监控、自动检测和智能响应，显著提高了防护效率和准确性。AI系统能识别潜在威胁和异常行为，为安全防护提供智能化解决方案，适应不断变化的网络环境。因此，研究人工智能在网络安全中的应用及效果，对提升网络防护能力和保障数据安全具有重要意义。

**[关键词]**人工智能；网络空间；安全领域

DOI: 10.33142/sca.v7i10.13640 中图分类号: TP3

文献标识码: A

## Application Exploration on Artificial Intelligence in the Field of Cyberspace Security

YUAN Baolong, LIU Yu

Shanghai Pharma (Benxi) Northern Pharmaceutical Co., Ltd., Shenyang, Liaoning, 110000, China

**Abstract:** With the wide application of the Internet, cyberspace security has become increasingly serious. Threats such as data breaches, cyber attacks, and identity theft occur frequently, posing serious risks to personal privacy and corporate assets. Traditional security measures rely on static rules and signatures, making it difficult to cope with new attacks and complex threat patterns, especially when dealing with large-scale data. The rapid development of artificial intelligence has brought revolutionary improvements to network security. Through machine learning and data analysis, AI can monitor, automatically detect, and intelligently respond in real time, significantly improving protection efficiency and accuracy. AI systems can identify potential threats and abnormal behaviors, provide intelligent solutions for security protection, and adapt to the constantly changing network environment. Therefore, studying the application and effectiveness of artificial intelligence in network security is of great significance for enhancing network protection capabilities and ensuring data security.

**Keywords:** artificial intelligence; cyberspace; security field

### 引言

在当今数字化和互联互通的时代，网络空间的安全性成为了共同的关注点。随着互联网技术的快速发展，网络攻击和数据泄露事件也日益频繁，给企业和个人带来了巨大的风险。为了应对这些复杂多变的威胁，传统的安全防护措施显得力不从心，人工智能（AI）的出现为网络安全领域提供了全新的解决方案。通过引入先进的算法和智能技术，AI不仅增强了网络防护的能力，还提升了威胁检测和响应的速度和精度。

### 1 人工智能与网络空间安全的基本概念

#### 1.1 人工智能

人工智能（AI）是计算机科学领域的一个重大突破，使计算机能够模拟和执行那些需要人类智慧来完成的任务，这个概念包含了从简单的数据处理到复杂的决策制定，涉及广泛的技术和方法。AI的核心赋予了计算机“思考”的能力，让它们能够从数据中学习、推理、和作出决策。首先，机器学习是AI的基石，通过从大量数据中提取模式和规律来改进系统的结果，通过训练模型，机器学习可

以帮助系统预测未来的趋势以及识别图像中的物体，甚至生成有用的文本。深度学习是机器学习的一个分支，它使用神经网络来处理复杂的数据特征，经常用于语音识别、图像分类和自然语言处理等领域。自然语言处理（NLP）则让计算机能够理解和生成自然语言，让我们可以与计算机通过语言进行自然、流畅的对话。计算机视觉技术使计算机能够“看”到并分析图像，广泛应用于自动驾驶汽车和监控系统中。人工智能的能力不仅仅限于识别和分类，还可以进行规划和推理，能够从复杂的信息中制定行动计划优化决策过程。AI的这些技术和能力在医疗诊断、金融预测、智能制造等领域提供了显著的帮助。

#### 1.2 网络空间安全

网络空间安全简称网络安全，是保护计算机网络及运行的系统和数据不受各种形式攻击、破坏或未授权访问的领域。随着数字化和网络化的普及，网络空间安全的重要性日益突出，因为越来越多的个人信息、企业机密和关键基础设施都依赖网络系统进行存储和传输。网络空间安全包括信息的机密性、完整性和可用性，机密性确保只有授

权的用户才能够访问特定的数据；完整性保证数据在传输和存储过程中不会被未经授权的篡改；可用性则确保系统和数据在需要时能够可靠地访问，这些目标共同作用以防止数据泄露、系统中断和各种网络攻击。网络安全面临的威胁种类繁多，从恶意软件如病毒、蠕虫和木马到网络钓鱼攻击、拒绝服务攻击（DDoS）以及复杂的高级持续性威胁（APT），不仅导致数据泄露和经济损失还可能影响组织的声誉和客户信任。为了应对网络安全的威胁必须采用多层次的防护措施，包括入侵检测系统（IDS）、防火墙、入侵防御系统（IPS）以及加密技术。防火墙负责监控和控制网络流量，阻止未经授权的访问；入侵检测系统则实时监控网络活动检测异常行为；入侵防御系统则在检测到威胁时自动采取行动阻止攻击<sup>[1]</sup>。此外，加密技术通过对数据进行编码，即使数据被窃取也能保持机密性。随着技术的不断进步网络安全也在不断发展，例如人工智能和机器学习被广泛应用于网络安全中，以提高威胁检测的准确性和响应速度。AI 技术能够通过分析大量数据识别潜在的安全隐患和异常行为，从而增强防护能力。

## 2 人工智能在网络空间安全领域中的应用优势

### 2.1 有助于强化企业网络安全防护与分析安全隐患的能力

人工智能在企业网络安全防护中发挥着至关重要的作用，尤其在强化安全防护和分析安全隐患方面展现出了突出优势，通过集成先进的 AI 技术，企业能够显著提升网络防御能力和应对复杂威胁的速度。AI 系统可以实时处理和分析大量网络数据，比传统手动监控更加高效。研究显示，利用 AI 技术的网络安全系统能够将恶意活动的检测率提高 30% 到 50%，显著降低漏报和误报的几率。例如，某大型金融机构采用 AI 技术后，网络攻击检测的准确率提升了 40% 同时响应时间缩短了 60%。AI 在分析安全隐患方面同样表现出色，传统的安全系统往往依赖规则和签名库，使它们在面对新型攻击和零日漏洞时显得力不从心，而 AI 技术通过机器学习和深度学习算法，可以不断从新的数据中学习并快速适应和识别新的威胁。例如，深度学习模型能够通过分析海量的网络日志和用户行为数据，发现潜在的异常模式和异常行为，从而提前预警和防御潜在的安全隐患。此外，AI 技术还能够进行自动化的安全事件响应，减少了对人工干预的依赖。当 AI 系统检测到异常活动时可以立即采取措施，如隔离受感染的系统或自动调整防火墙规则，这种自动化不仅提高了响应速度还减少了人为错误的风险，使企业在面对复杂和快速变化的网络威胁时保持高效和灵活。

### 2.2 提升信息处理速度与效率

人工智能明显的提升了信息处理的速度与效率，尤其在网络安全领域，这种优势尤为明显。传统的网络安全系统往往需要人工干预来分析和处理大量的安全数据，不仅费时费力还容易产生延误和误判，而人工智能通过自动化

处理和实时分析极大地提升了信息处理的效率。AI 技术能够在毫秒级别内分析海量的网络数据流，比人工分析要快得多。例如，AI 驱动的安全系统能够实时监控网络活动，迅速检测到异常行为或潜在的攻击。传统的方法可能需要几分钟甚至几小时来处理和分析数据，而 AI 系统则能够在几秒钟内完成这些任务，通过使用机器学习算法，AI 可以不断学习并优化分析过程，从而提高数据处理的准确性和速度。此外，AI 的自动化能力使信息处理变得更加高效，通过自动化数据分析和响应，AI 系统能够实时识别和应对安全威胁，减少了人工干预的需求，不仅加快了处理速度也减少了人为错误的可能性。举个例子，某金融机构引入了 AI 驱动的网络安全平台后，安全事件的响应时间从数小时缩短到了几分钟，这种改进不仅提高了企业的安全防护能力也显著提升了整体运营效率。AI 系统在监控和处理安全数据时，可以同时处理成千上万的事件，快速筛选出真正的威胁，从而节省了大量的时间和资源。

### 2.3 有效节省了资源的消耗

人工智能在网络安全领域的应用不仅提高了效率还显著节省了资源的消耗，从人力成本到计算资源的优化，AI 的引入带来了全面的资源管理改进。传统的网络安全防护系统通常需要大量的人工干预和管理，安全团队必须手动监控系统、分析警报、处理安全事件，消耗了大量的人力资源还导致效率低下和错误。引入 AI 技术后，许多这些任务可以自动完成，从而显著降低了对人工的依赖。例如，AI 驱动的安全系统能够自动检测和响应网络威胁，减少了安全团队的工作负担。这种自动化不仅降低了人力成本，也减少了由于人工操作错误带来的风险。AI 技术还能够优化计算资源的使用，传统的安全系统可能需要高性能的硬件来处理大量的数据流和复杂的计算任务，而 AI 算法通过优化数据处理流程，能够在相对较低的计算资源下完成这些任务。例如，AI 可以通过高效的算法分析海量数据，从中筛选出真正的威胁，而不是对每一条数据进行全面扫描，这种优化大大降低了对高性能计算资源的需求，从而节省了企业在硬件和能源上的开支。此外，AI 在数据存储和处理上的资源节省也不容忽视，传统系统可能需要大量的存储空间来保存历史数据和日志文件，而 AI 技术通过智能数据管理和处理，能够有效减少数据存储需求。

## 3 人工智能在网络空间安全领域中的应用

### 3.1 智能防火墙与入侵检测系统

智能防火墙与入侵检测系统（IDS）在网络空间安全领域中发挥着至关重要的作用，尤其是随着网络攻击变得越来越复杂和隐蔽。人工智能技术的引入极大地增强了这些系统的能力，使其在识别和阻止网络威胁方面更加高效和准确。传统的防火墙和入侵检测系统依赖于预定义的规则和签名来检测威胁，这种方法虽然有效，但在面对新型攻击或零日漏洞时往往表现不佳。智能防火墙则利用机器学习和深度学习算法，能够不断学习和适应新的攻击模式，通

过分析海量的网络流量和历史数据, AI 驱动的防火墙可以识别出以往未曾见过的攻击模式。例如,某大型金融机构采用了基于 AI 的智能防火墙系统后,检测到的网络攻击事件增加了约 45%,这表明智能防火墙能够发现更多潜在威胁,提升了总体的防护水平。此外,这种系统的误报率也显著降低,因为 AI 能够更准确地分辨正常流量和异常活动,减少了不必要的警报和人工干预<sup>[2]</sup>。入侵检测系统同样受益于人工智能的应用,传统的 IDS 通常依赖于静态规则集来识别入侵行为,而 AI 技术使 IDS 能够动态调整和优化其检测策略,通过实时分析网络流量和用户行为, AI 驱动的 IDS 可以检测到复杂的攻击模式和隐蔽的入侵活动。例如, AI 系统能够识别出看似正常的流量中的异常行为,如不寻常的数据传输或异常的登录模式从而及时发出警报。根据一项研究,利用 AI 技术的入侵检测系统能够将攻击检测的准确率提高 30% 到 50%,这种改进不仅提高了检测能力,还减少了对网络安全团队的工作负担,使他们能够将精力集中在更高优先级的安全问题上。

### 3.2 垃圾邮件防护与智能异常行为检测

垃圾邮件防护与智能异常行为检测是网络安全领域的重要组成部分,人工智能(AI)的引入显著增强了这两个方面的效能。在垃圾邮件防护中, AI 技术通过先进的算法和模型,能够精准地识别和过滤大量垃圾邮件,从而有效减少垃圾邮件对用户的干扰及潜在安全风险,传统垃圾邮件过滤系统通常依赖于固定规则和关键词容易被攻击者绕过,而 AI 技术通过机器学习和自然语言处理,分析邮件的内容、结构及发送模式,从而识别出更多种类的垃圾邮件。例如, AI 驱动的邮件过滤系统能够检测隐蔽垃圾邮件和精心伪装的钓鱼攻击,这些往往超出传统系统的检测能力。结果显示,采用 AI 技术的邮件过滤系统能将误报率降低至 1% 以下,并将检测率提高约 35%。在智能异常行为检测方面, AI 技术同样表现优异,通过持续学习和实时分析用户行为,自动识别异常活动模式,如不寻常的登录行为、异常的数据访问及异常网络流量等,这种方法不仅提高了检测的准确性,还减少了误报和漏报,从而提升了系统的整体安全性。

### 3.3 数据泄露防护与隐私保护

数据泄露防护与隐私保护是现代网络安全中至关重要的领域,人工智能的引入极大地增强了这些方面的能力。AI 技术通过实时监控和智能分析,能够高效地检测和响应潜在的数据泄露事件,利用机器学习算法, AI 可以识别出异常的数据访问模式或数据传输行为,这些通常是数据泄露的表现。例如, AI 系统能够分析用户的访问历史和行为模式,识别出与正常行为不相符的活动及时发出警报并采取措施,这种技术显著提高了数据泄露的检测率和响应速度,使企业能够在泄露发生前采取预防措施。在隐私保护方面,现代 AI 系统可以通过数据加密、匿名化和访问控制等技术手段,保护用户的个人信息不被滥用。例

如, AI 可以自动将敏感数据进行加密处理,即使数据被窃取也无法被读取和利用。同时, AI 还可以监控数据访问权限,确保只有授权的人员才能访问敏感信息,从而有效防止数据滥用和隐私侵犯。

### 3.4 身份认证与访问控制

身份认证与访问控制是确保网络安全的核心组成部分,人工智能的应用在这两个领域带来了显著的提升。身份认证是验证用户身份的过程,而访问控制则决定了用户能访问哪些资源, AI 技术通过增强这些过程的智能化,使安全管理更加精准和高效。访问控制方面 AI 技术能够实时分析用户的行为和权限,动态调整访问权限提高安全性<sup>[3]</sup>。例如,基于行为分析的访问控制系统可以监控用户的访问模式,并在检测到异常活动时自动调整权限或发出警报,这种智能化的访问控制能够有效防止权限滥用和数据泄露。例如,如果一个用户突然尝试访问与正常工作无关的敏感数据, AI 系统会立即识别这一异常行为并采取相应的保护措施。AI 技术通过引入生物识别技术如面部识别、指纹识别和声纹识别,极大地提高了身份验证的准确性和安全性。传统的密码认证容易受到攻击,而 AI 驱动的生物识别系统能够提供更高的安全性。比如,面部识别技术利用深度学习算法,能够在不同的光照条件和角度下准确识别用户,大大减少了伪造或盗用身份的风险。数据显示,面部识别系统的错误拒绝率(即合法用户被误判为非法用户的概率)通常低于 1%。

## 4 结语

在网络空间安全领域,人工智能的应用无疑已经带来了深远的变革。从智能防火墙到数据泄露防护, AI 技术的引入不仅提升了系统的响应速度和准确性,还大幅度提高了整体的安全防护水平。通过实时监控、自动化处理和智能分析, AI 使企业能够更快地识别并应对各种网络威胁,显著提升了信息处理效率,并有效节省了资源。随着技术的不断进步,未来的网络安全防护将更加依赖于 AI 的智能分析和自动化能力,为企业和个人提供更加安全、可靠的网络环境。

### [参考文献]

- [1] 尚学艳. 人工智能在网络空间安全中的应用策略 [J]. 中国建设信息化, 2023(23): 70-73.
  - [2] 顾杜娟, 杨鑫宜, 王星凯, 等. 浅析人工智能技术在网络空间安全中的应用 [J]. 中国信息安全, 2023(5): 60-64.
  - [3] 于淏璇. 大数据时代人工智能技术在网络空间安全中的应用研究 [J]. 无线互联科技, 2021, 18(24): 110-111.
- 作者简介: 袁宝龙 (1984.5—), 毕业院校: 辽宁科技学院 (全日制) 专科, 所学专业: 计算机应用与维护, 国家开放大学 (开放教育) 本科, 所学专业: 计算机科学与技术, 当前就职单位: 上海医药集团 (本溪) 北方药业有限公司, 职务: IT 高级工程师, 职称级别: 助理工程师。

# 基于 J2EE 技术的实验室管理系统设计与实现策略研究

鲁艳红 熊科 唐芳丽 郑海伟 房华伟

广西中烟工业有限责任公司柳州卷烟厂, 广西 柳州 545000

**[摘要]**随着我国化工行业的不断发展, 实验室管理系统在现代科研以及生产领域发挥着重要作用, 系统不仅可以简化实验室资源的跟踪与管理, 还能增强实现项目的组织与监控, 从而提高研究过程的透明度以及保证数据完整性。为了加强对实验室的管理, 文章基于 J2EE 技术, 以柳州卷烟厂实验室综合管理系统设计为例, 分析了总体架构、接口、功能、性能以及出错处理的设计。

**[关键词]** J2EE 技术; 实验室管理系统; 设计策略

DOI: 10.33142/sca.v7i10.13645

中图分类号: TP31

文献标识码: A

## Research on the Design and Implementation Strategy of Laboratory Management System Based on J2EE Technology

LU Yanhong, XIONG Ke, TANG Fangli, ZHENG Haiwei, FANG Huawei

Liuzhou Cigarette Factory of China Tobacco Guangxi Industry Co., Ltd., Liuzhou, Guangxi, 545000, China

**Abstract:** With the continuous development of Chinese chemical industry, laboratory management systems play an important role in modern scientific research and production fields. The system can not only simplify the tracking and management of laboratory resources, but also enhance the organization and monitoring of projects, thereby improving the transparency of the research process and ensuring data integrity. In order to strengthen the management of the laboratory, this article is based on J2EE technology and takes the design of the comprehensive management system for Liuzhou Cigarette Factory laboratory as an example to analyze the overall architecture, interfaces, functions, performance, and error handling design.

**Keywords:** J2EE technology; laboratory management system; design strategy

### 引言

实验室在各个领域中都发挥着重要作用, 可以为各种实验和研究项目提供必要支持。因此为了更高效地管理实验室资源、优化实验项目, 实验室管理系统必不可少, 通过该系统的应用, 可以进一步提高实验室管理效率, 从而保证科研以及生产活动安全、顺利进行, 同时也可以为相关决策提供有力支持。

### 1 J2EE 技术分析

#### 1.1 技术概述

J2EE (Java 2 Platform, Enterprise Edition) 是一套用于构建企业级应用的规范和标准, 主要基于 Java 平台来提供丰富的服务、API 和协议。J2EE 的核心技术包括 Servlet、JSP、EJB 和 JDBC 等, 这些技术可以帮助开发人员创建高效、可扩展和跨平台的应用。

#### 1.2 关键技术分析

J2EE 的核心技术主要包括 Servlet、JSP、EJB 和 JDBC。其中 Servlet 是 Java 平台上的 CGI 技术, 用于在服务器端动态生成 Web 页面、JSP 可以实现普通静态 HTML 和动态页面的混合输出, 允许开发人员在 HTML 页面中嵌入 Java 代码、EJB 提供了一套框架来开发分布式商务逻辑, 简化了具有可伸缩性和高复杂性的企业级应用的开发、JDBC 则可以为访问不同的数据库提供统一途径, 对数据

库的平台进行无关性访问<sup>[1]</sup>。

### 2 实验室管理系统需求分析

实验室管理系统是专为实验室设计的信息系统, 旨在提高实验室的管理效率、优化资源配置、加强数据安全和质量控制。需求分析是系统开发前期的关键步骤, 涉及到对实验室的工作流程、管理需求、用户角色和权限、数据管理、系统安全性等方面详细的考察。一般情况下实验室管理系统需要具备用户管理、设备管理、实验项目管理、人员管理、安全管理以及数据管理等功能模块。同时还需要注重系统安全性以及数据保护。此外实验室管理系统的用户界面设计应简洁直观, 以提高用户体验和操作效率。系统应支持移动办公, 允许用户通过移动设备访问系统功能, 实现远程监控和管理, 以提高工作灵活性。

### 3 基于 J2EE 技术指导的实验室管理系统设计与实现

#### 3.1 项目概述

柳州卷烟厂的质检业务区域含有 50 多台套检测仪器, 约 10 个左右牌号、单牌号辅材, 设计 130 多项检测指标以及 1500 余项试验损耗品, 成品抽检实验室、辅料入库物理指标检测实验室、化学指标检测实验室各自独立。其实验室综合管理系统需要集成 MES、ERP 等相关系统, 将检测、生产、出厂等环节连接, 实现自动化的采集、计算以及结果判定。

### 3.2 总体设计

#### 3.2.1 总体架构

柳州卷烟厂实验室综合管理系统的整体架构主要由客户端层、Web 层、业务逻辑层、数据库层、中间件层以及应用服务器构成，以此来实现与 MES、ERP 现有系统的在线集成。其中客户端层用于展示用户界面并接收用户输入。客户端通过 HTTP 协议与服务器通信，实现数据的交互。Web 层包含 Servlet 和 JSP 页面，负责处理客户端请求，生成动态 HTML 内容，以及调用业务逻辑层的服务。业务逻辑层由 EJB (Enterprise JavaBeans) 组件构成，封装了系统的核心业务逻辑。EJBs 运行在应用服务器上，提供事务管理、安全控制和资源池化等企业级服务。数据库层用于存储系统的持久化数据<sup>[2]</sup>。中间件层包括各种服务和工具，如消息队列、集成框架和安全服务，它们支持分布式系统的构建和维护。应用服务器是 J2EE 平台的核心，提供执行环境，托管 Web 层和业务逻辑层，同时管理资源，并提供必要的服务。

#### 3.2.2 功能需求

柳州卷烟厂实验室综合管理系统的主要是为了提高产品质量检测、监督管理的工作效率，增强产品质量稳定性，实现对生产过程以及检验过程的流程化、规范化管理。消除各个实验室之间的信息孤岛，及时发现质量问题并控制。在功能设计上，柳州卷烟厂实验室综合管理系统应包含工作事务台、检测业务过程管理、实验室资源管理、移动应用以及系统配置。其中工作事务台功能应包括接收代办、已办事项、任务进度监控、各项快捷功能以及数据统计分析。实验室资源管理应包括设备管理、标准物质管理、人员管理、文件管理以及试剂耗材管理。

#### 3.2.3 检测流程设计

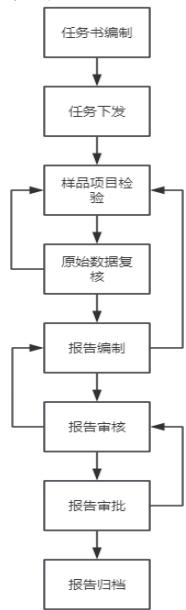


图 1 检测流程图

根据检测业务需求编制任务书，并下达样品项目检验任务，经过原始数据复核，审核通过后进行报告编制，再次经过报告审核后进行审批，最后报告归档。其次在系统数据方面，通过仪器数据采集以及基础信息收集，进行样品检测管理，并由数据库系统进行综合分析，最后上传到企业门户中的 MES 系统和 ERP 系统（图 1）。其中基础信息管理可以为样品检测管理与实验室综合管理提供数据支撑。样品检测管理则负责卷烟、烟叶、材料、香精香料以及安全指标等各个方面的检测工作。

### 3.3 接口设计

#### 3.3.1 内部接口

在内部接口的设计上，首先需要定义系统的服务层接口，这些接口将作为客户端和服务器之间通信的契约。服务层接口应该基于 RESTful 风格或者 SOAP 协议，并使用 JSON 或 XML 作为数据交换格式。接口设计应遵循高内聚低耦合的原则，确保每个接口只负责一组业务逻辑。其次内部接口设计必须包含安全性措施，以防止未授权的访问。可以使用 HTTPS、OAuth 或其他认证/授权机制。同时，在检测业务中，需要保证数据一致性，因此需要在服务层实现适当的事务控制策略<sup>[3]</sup>。为了提高系统稳定性，可以在接口设计中考虑异常处理机制，以便在出现错误时能够返回有用的信息给客户端，并记录详细的日志用于故障排查。

#### 3.3.2 外部接口

首先需要根据实验室管理系统的业务流程和功能需求来定义外部接口的类型和功能。这些接口包括数据查询、数据更新、用户认证、报告生成等。为了保证实验室综合管理系统的灵活性，并使其易于集成，应设计遵循 REST 原则的 API。同时 API 应使用 HTTP 方法 (GET, POST, PUT, DELETE) 来表示 CRUD 操作，返回 JSON 或 XML 格式的数据。其次接口设计应该包含版本控制策略，以便在未来进行更改时不会破坏现有客户端的兼容性，避免实验检测数据丢失或无法正常使用。最后在部署之前，对每个接口进行彻底的测试，包括单元测试、集成测试和性能测试，以确保接口可以按预期工作。

### 3.4 功能模块设计

#### 3.4.1 工作台

工作台的首页应包括检测管理、设备管理、耗材管理、文档管理、标准管理、体系管理以及数据管理几大功能模块，用户可以自由点击导航栏进行跳转。工作台首页右侧设计功能入口以及登录用户信息，工作台首页主体为具体功能模块内容。以检测管理为例（图 2），检测管理功能模块下设检测业务以及进度监控两个副模块。检测业务中包含所有在线委托内容以及具体信息，同时用户可以进行查看全部以及新建委托的操作，同时在模块下方可以查看委托结果，同时获取更多必要信息，例如任务编号、检验类型、样品类型等。在用户登录界面，包括修改与退出两个功能，帮助用户进行修改密码以及退出系统操作。工作台右上方设

置消息提醒模块，下方设计快捷功能入口，根据客户使用习惯，对经常用到的功能进行展示，提高系统便捷性。



图 2 检测管理首页示意图

### 3.4.2 检验业务管理

在检验业务管理功能设计中，需要建立统一标准库，对各种样品类型进行统一规定，部分样品检验项目如表 1 所示。将检测标准分为现行有效标准以及作废标准，并对标准编号、名称以及版本号做出统一标注，同时刷新产品标准状态，如待用标准、在用标准、历史标准以及失效标准。标准库建立的主要依据为国家标准、行业标准以及企业标准，其中企业标准可以在系统中进行新建、修改和删除。

表 1 部分样品检验项目表

| 序号 | 样品类型  | 项目分类    | 检验项目          |
|----|-------|---------|---------------|
| 1  | 卷烟    | 包装与卷制质量 | 重量、含水率等       |
| 2  | 卷烟    | 化学安全性指标 | CO、TPM、总抽吸口数  |
| 3  | 烟丝    | 物理指标    | 水分、重量、结构      |
| 4  | 滤棒    | 化学安全性指标 | 邻苯二甲酸酯含量      |
| 5  | 卷烟纸   | 物理指标    | 外观、定量、透气度     |
| 6  | 烟用接装纸 | 物理指标    | 透气度、孔带宽度、同色色差 |
| 7  | 烟用内衬纸 | 化学安全性指标 | 溶剂残留、甲醛含量     |



图 3 移动端抽样业务列表

在检验业务中，抽样业务十分重要，需要由系统提供抽样任务拟制功能，从而帮助工作人员在线编制抽样任务、填写抽样信息、指定抽样人员等。然后抽样员就可以通过移动端(图 3)来登记抽样信息，并进行相应的抽样工作。系统主要提供移动端抽样信息显示功能，实现样品抽样信息的快速录入，从而提高工作效率。

### 3.4.3 实验室资源管理

实验室资源管理主要包括人员管理、设备管理、物资管理以及试剂耗材管理。在人员管理方面，作为核心组成部分之一。这个模块负责维护实验室工作人员的信息，包括基本资料、权限分配、考勤记录、培训情况等<sup>[4]</sup>。首先要定义数据库表结构，用于存储人员的个人信息、联系方式、职位、部门等数据。同时，还需设计安全措施来保护这些敏感信息。然后根据实验室的实际操作流程，编写相应的 JavaBean 和 Servlet/EJB 组件来处理人员信息的增删改查、权限验证、考勤统计等业务逻辑。同时创建直观易用的用户界面，允许管理员方便地管理人员信息，并让普通用户能够查看自己的相关信息。最后人员管理系统需要与其他实验室管理系统模块(如设备管理、预约系统等)集成，以便实现数据共享和业务协同。

设备管理模块旨在帮助实验室管理员高效地管理实验室内的各类设备。系统需要具备设备信息登记、借用管理、归还管理、维修记录、设备状态监控等功能。通过 J2EE 的强大功能，系统能够处理并发用户请求，保证数据的一致性与安全性，并能够整合数据库管理系统，确保设备数据的持久存储与高效检索。首先在设备信息管理中，需要保证管理员可以添加、修改和删除设备信息，包括设备名称、型号、购买日期、使用状态等，确保设备信息的实时更新。同时系统允许用户在线申请借用设备，管理员可以审核借用申请，记录借用人信息、借用时间、预计归还时间等，避免借用设备的混乱。

### 3.5 性能设计与优化

在实验室管理系统设计中，性能设计与优化是确保系统能够高效、稳定运行的关键。首先数据库是存储实验数据和管理信息的核心部分。为了提高查询效率，应该采用适当的索引策略，合理设计表结构，以及实施分页加载来减少单次处理的数据量。此外，定期对数据库进行维护，如清理碎片和更新统计信息，也有助于保持良好的性能。其次随着用户数量的增加，服务器可能会面临过载的风险。通过实现负载均衡，可以将请求分配到多个服务器上，从而分散压力并提高系统的可用性。负载均衡器可以根据不同的策略(如轮询、最少连接数或响应时间)来分配请求。最后应完善缓存机制，显著减少数据库访问次数，提高系统响应速度。可以使用分布式缓存系统来缓存热点数据或利用 J2EE 自带的缓存 API 来缓存应用程序数据。

### 3.6 出错处理设计

#### 3.6.1 出错信息收集

实验室综合管理系统的出错信息如表 2 所示。出错信息的收集是系统的主要工作环节,可以帮助用户或开发者快速定位和解决问题。在 J2EE 应用程序中,可以通过 try-catch 块捕获运行时错误,并记录详细的异常信息,包括错误类型、错误消息、堆栈跟踪以及发生错误时的上下文数据。或利用成熟的日志框架如 Log4j、SLF4J 等,来统一管理日志输出,允许开发者配置日志级别、输出格式和目的地。通过日志框架,可以将错误信息按照预定义的规则进行分类和存储,便于后续分析。最后在系统前端提供错误报告功能,允许用户在遇到问题时提交错误描述和截图等信息,这些用户反馈可以作为补充信息来帮助开发者更全面地理解问题。

表 2 实验室综合管理系统错误信息

| 错误        | 错误号 | 处理方式    |
|-----------|-----|---------|
| URL 找不到   | 404 | 提示页面未找到 |
| 身份验证失败    | 401 | 提示验证失败  |
| 权限验证失败    | 403 | 提示权限不足  |
| 非法数据提交    | 500 | 提示非法数据  |
| 数据读取、保存失败 | 500 | 提示操作出错  |
| Web 服务器错误 | 500 | 记录日志    |

#### 3.6.2 补救措施设计

在出错补救方面,首先应构建一个统一的异常处理框架,保证该框架能够在系统的各个层面捕捉并处理异常。同时实施详尽的日志记录策略,记录系统的运行状态和错

误信息。还可部署监控工具来实时监控系统性能和异常活动。配置告警规则,在检测到潜在问题时及时通知系统管理员。最后还应完善数据备份与恢复功能,定期备份实验室管理系统的关键数据,并确保有可靠的数据恢复计划。在系统出错时,能够迅速恢复数据,减少数据丢失的风险。此外应定期对系统进行维护和更新,包括应用安全补丁和更新软件版本,以修复已知漏洞并提高系统的安全性。

### 4 结论

随着信息技术的不断进步,实验室管理系统正朝着更加智能化、高效化和安全化的方向发展。当前的实验室管理系统主要集成了资源管理、实验计划管理、实验过程管理、数据共享与分析、安全管理等功能模块,从而实现更加自动化的管理,同时数据处理能力和数据存储能力较强,可以为实验室的科研活动提供更多支持,为生产活动提供安全保障。

### 【参考文献】

- [1] 吴琼,李静. 基于 RFID 技术的实验室资产管理系统设计 [J]. 中国新通信,2024,26(12):41-43.
  - [2] 洪毅英. 探析计算机实验室管理系统设计应用 [J]. 信息记录材料,2024,25(2):187-189.
  - [3] 钮嘉颖,徐蓝青. 实验室耗材管理信息系统的设计与开发 [J]. 办公自动化,2023,28(24):50-52.
  - [4] 李婉芬. 开放实验室管理系统设计方案比较及探究 [J]. 山西青年,2023(18):178-180.
- 作者简介: 鲁艳红 (1991.8—), 女, 广西中烟工业有限责任公司柳州卷烟厂, 硕士研究生。

## C++程序在不同领域的应用

钱 誉 黄佳慧

常州市正行中学，江苏 常州 213017

**[摘要]** C++是一种高级计算机语言，伴随 C++程序的应用丰富和拓展了 C 语言的类型和应用领域，将一种面向对象的应用程序设计语言推向市场。在 C++程序强大的设计程序和应用领域下，其在系统软件、游戏开发、嵌入式系统、图形界面应用程序、科学计算和数值分析、网络编程、编译器和开发工具等领域得到深度应用。伴随科学技术的再度发展，C++程序还会在更多领域发挥智能化语言作用。文中针对 C++程序在移动开发领域、农业研究领域、集料级配设计、嵌入式系统等的应用进行讨论研究，突出 C++程序应用领域的广泛性、技术性和智能性特点。

**[关键词]** C++程序；不同领域；应用

DOI: 10.33142/sca.v7i10.13642

中图分类号: TP3

文献标识码: A

## Application of C++Programs in Different Fields

QIAN Yu, HUANG Jiahui

Changzhou Zhengxing Secondary School, Changzhou, Jiangsu, 213017, China

**Abstract:** C++is a high-level computer language that has enriched and expanded the types and application fields of C language with the application of C++programs, bringing an object-oriented application programming language to the market. In the powerful design and application fields of C++programs, it has been deeply applied in system software, game development, embedded systems, graphical interface applications, scientific computing and numerical analysis, network programming, compilers, and development tools. With the further development of science and technology, C++programs will continue to play an intelligent language role in more fields. The article discusses and studies the application of C++programs in mobile development, agricultural research, aggregate grading design, embedded systems, etc., highlighting the broad, technical, and intelligent characteristics of C++program application fields.

**Keywords:** C++program; different fields; application

### 引言

在大数据、云计算、人工智能等领域的研究和科技突破，C++程序的发展也迎来全面发展。在信息技术和科技的加持下 C++程序可以应用于众多设计研究领域。借助其强大的智能算法、编程能力、数据结构和逻辑力等能轻松应用于多种领域的研究和设计，加速推动编程领域的发展。C++程序的应用完善 C 语言的同时拓展了程序编辑的应用宽度和深度，带动与之有关产业链的发展，为工农业发展提供智能化帮助。

### 1 C++程序在移动开发领域的应用

#### 1.1 在人工智能领域的应用

人工智能是科技发展的趋势，涵盖了机器学习、深度学习、计算机视觉和

自然语言处理等多个子领域。人工智能具有计算密集、高效数据处理、事实应变、多平台部署等特点<sup>[1]</sup>。将 C++程序应用于人工智能领域能发挥 C++程序的高性能执行力，能在大量计算资源中借助软件程序开展精准计算和快速输出；C++程序有精细的内存控制能力，利于资源的优化配置；同时，C++程序有大量数额学和科学计算库，如 Eigen 和 Armadillo；另外，C++程序可以在多个平台上操

作和编辑运行，满足不同程序、软件的计算需求和编辑能力，同时提供实时数据分析，为人工智能的发展提供技术及程序支撑。

游戏是人工智能领域的重要环节，当代的游戏已经从单一的线下游戏转变

为线上、综合、系统性的游戏模式。C++程序在游戏中的应用，能从引擎开发、图形渲染、物理模拟、人工智能到网络和多人游戏等多个方面融合及发展<sup>[2]</sup>。借助 C++程序开展游戏引擎开发，能利用其高效性、稳定性和底层控制性成为游戏开发的首选语言程序。引擎是游戏的核心和关键所在，利用 C++程序能开展高品质的图形渲染、物理模拟、碰撞检测等功能，检测游戏设计中的漏洞，提高游戏智能化水平。利用 OpenGL、DirectX 等图形库，C++程序嫩对图形、图像进行高技术处理，提高游戏显示画面的清晰度和分辨率，搭建高水平高的视频及画质效果，呈现真实感触的视觉体验。在 C++程序中有着丰富的数学计算算法和公式库，能支撑各种数学计算、物理计算，在检测碰撞中实现算法的精准性和快捷性，成为游戏参与体验感提升的关键。另外，借助 C++程序能实现智能化的模仿行为和角色互动，提高游戏中人物间的互动真实感。同时

利用 C++ 程序的编写处理器能设置精美的音频效果，提高游戏声音的趣味性，构建高级感的游戏氛围。最后，利用 C++ 程序可以实现多平台和协议的联动操作，设计出多人互动的游戏体验。这样能精准的控制玩家动作和方向，分解并完成任务，保障游戏的规则，同时引导玩家依据设计思想开展游戏体验。

## 1.2 在机器人控制方面的应用

机器人控制系统是对机器人进行各种动作、语言的指挥，借助软件编程实现直接指挥和控制。因此 C++ 程序的应用在机器人控制方面处于关键地位，利用 C++ 程序可实现高效、灵活、移植、精准的控制程序设计，提高智能机器人的智能性和自动性<sup>[3]</sup>。

在机器人控制方面利用 C++ 程序对机器人的传感器进行数据采集、处理、分析控制，借助 C++ 程序的传感器控制促使机器人能对周围的环境和障碍做出精准的反应，识别出障碍物、目的地和人员，提高机器人的应变及分析能力。同时，C++ 程序能对机器人的运动轨迹进行记录和判断，达成控制目的。在算法和程序编写中，提高对机器人关节、轮子的控制力度，促使机器人按照预设程度或路线移动或运动，强化对机器人的运动控制强度。C++ 程序还能对机器人的视觉进行控制，即严格监控机器人记录的视频及动作图像，通过算法分析和处理得出正确的信息识别及判断，促使机器人能对周围的环境、人和动作做出最精准的判断。最后借助 C++ 程序开展与机器人通信设备的控制，通过设置网络通信或串口通信等方式实现控制中心对机器人的信息控制和发送。并实现不同机器人之间的信息数据传递，进而提高通信质量和信息数据传递效率。这样就能落实 C++ 程序对机器人的高强度控制能力。

以下为 C++ 程序定义一个机器人控制器类并在主程序中使用的环节：

```
#include <iostream>
#include <string>
// 假设的机器人控制器类
class RobotController {
public:
    void moveJoint(int jointId, double position) {
        std::cout << "Moving joint " << jointId << " to "
        position << position << std::endl;
        // 实际的机械臂控制代码会在这里
    }
    void moveTool(const std::string& toolName,
    double x, double y, double z) {
        std::cout << "Moving tool " << toolName << " to "
        position (" << x << ", " << y << ", " << z << ") " <<
        std::endl;
        // 实际的工具控制代码会在这里
    }
}
```

```
}
```

```
};
```

```
int main() {
    RobotController robot;
    // 控制机器人移动关节
    robot.moveJoint(1, 30.0);
    // 控制机器人移动工具
    robot.moveTool("gripper", 10.0, 20.0, 30.0);
    return 0;
}
```

通过 C++ 程序的编程控制提高对机器人的智能化操作，提高人工智能的应用程度。利用 C++ 程序的优势能提高人工智能研究的速率，提高人工智能的普及力度。

## 2 C++ 程序在农业智能化过程中的应用

### 2.1 在农业可持续定量评价研究中的应用

农业可持续定量评价是复杂且多研究角度的问题，设计到农业生产智能化过程的多个领域及方面<sup>[4]</sup>。C++ 程序高效、灵活、系统的编程特点能解决农业可持续定量评价研究中的问题。

利用 C++ 程序能处理分析大量农业发展及应用数据，如土壤质量、作物产量、农业投入品使用情况等的研究，借助程序编写能对大量农业工作数据进行逻辑分析，为开展可持续定量评价提供数据及信息基础。同时借助 C++ 程序能模拟农业生产过程，提前掌握不确定因素，规避问题和影响对农业可持续定量评价的副作用。在 C++ 程序应用中形成可视化报告，如图像、表格等，直接展示农业可持续定量评价过程，并预测农业发展现状及趋势。最后，利用 C++ 程序开展算法和程序编写，施行专业的智能性自动化控制，推动农业的可持续科学发展。

### 2.2 在智能农业系统开发中的应用

中国农业发展效率过缓究其原因时效率低、效益低，不能实现大规模智能化管控，协同性不充足。这种粗放的管理模式限制农业的发展。对此，要借助 C++ 程序联合传感器、控制器和数据分析等开展智能化农业的建构，推动农业的智能化发展<sup>[5]</sup>。中国农业的发展呈现农耕—机械—半自动—智能的过程，具体见图 1。



图 1 中国农业发展历程

借助 C++ 程序能编写出适合智能化农业发展的程序和监控系统，帮助工作人员对农业种植、农作物生长状态及应对过程制定详细的图文分析报告。实现种植的智能化监控、智能化施肥、智能化灌溉、智能化分析等功能。见表 1。

表 1 C++程序编写的智能农业

| 智能化检测系统   | 视频监控与联动系统                                | 共享农机管理平台                         |
|---|--|----------------------------------|
| 1. 智能虫情监测<br>2. 智能孢子监测<br>3. 灾情、苗情监测<br>4. 气象环境检测 | 1. 农田视频系统<br>2. 水肥一体机联动系统<br>3. 大棚卷帘联动系统 | 1. 共享农机的深刻意义<br>2. 共享农机预约与时间管理系统 |
| 智慧农业中心展台  | 智能灌溉系统                                   | 智能专家问答系统                         |
| 1. 监控大屏功能<br>2. 智能分析种植数据                          | 1. 检测空气和土壤中水分<br>2. 智能开展水肥一体化灌溉          | 1. 农业问题分析<br>2. 种植问题合理化建议        |

借助 C++程序的高效率计算和程序编写技术, 能设置贴合智能农业发展的应用程序, 并在落实过程中达成如下智能发展要求:



图 2 智能发展要求

这样利用 C++程序技能设计、编写出结合智能化技术、物联网平台等为一体的智能化农业发展模式, 将农业生产过程、数据记录及调用、农业种植经验收集、智能化技术推广、仓储管理、生产种植等过程开展智能化监控和监督<sup>[6]</sup>。落实智能化种植及生产, 提高农业发展的高科技水平。因此 C++程序在农业智能化发展中占据重要的技术地位, 实现了技术与科技加持的智能化农业发展。

### 3 C++程序在集料级配设计中的应用

集料级配设计在市政道路路基、路面工程施工中占据重要地位, 对交通行业的发展有着举足轻重的作用<sup>[7]</sup>。在当代市政道路施工和交通行业发展中, 无机结合料稳定基层、沥青路面等均有集料级配设计环节, 将不同粒径的集料统一调配, 满足路基施工的不同要求, 进而提高市政道路施工进度、推动交通运输业的发展。借助 C++程序能编写出适合市政道路路基施工的方法, 提高集料级配设计的效率。如下利用 C++程序定义了一个 Leveling 类, 借助 calculate 方法实现集料级配设计的一个简单应用:

```
#include <iostream>
#include <vector>
#include <cmath>
// 集料级配设计类
class Leveling {
public:
    std::vector<int> calculate(int number) {
        std::vector<int> levels;
        for (int i = 1; i <= sqrt(number); ++i) {
            if (number % i == 0) {
                levels.push_back(i);
            }
        }
        return levels;
    }
};
```

```
if (i != number / i) {
    levels.push_back(number / i);
}
}
}
}
return levels;
}
};

int main() {
    Leveling leveling;
    int number = 12; // 示例数字
    std::vector<int> levels = leveling.calculate(number);
    std::cout << "Factors of " << number << ":" ;
    for (int level : levels) {
        std::cout << level << " ";
    }
    std::cout << std::endl;
    return 0;
}
```

在上述 C++程序代码中, 借助 C++程序的语言编辑技术接受一个整数并返回一个包含其所有因子的向量。在 main 函数中, 建立 Leveling 对象, 并计算数字 12 的因子, 展示 C++程序在集料级配设计中的一个简单应用。

在集料级配设计中, 要利用 C++程序设计出满足施工工程需要的集料级配设计比例, 以接近中值为原则, 进而得到最后比例, 避免由于人为因素导致路基集料级配设计出现偏差, 影响路基施工质量。C++程序能利用其快速计算能力、灵活反应力和高效编辑力展示对集料级配设计的高质量设置。需要在市政道路施工、交通运输业发展中得到推广和广泛应用, 这将成为 C++程序在集料级配设计中的重要应用。

### 4 C++程序在嵌入式系统中的应用

#### 4.1 便于编写驱动程度

嵌入式系统需要与多种外部设备开展交互, 如传感器、执行器、显示屏等, 提高嵌入式系统的工作性能和智能化操作能力。借助 C++程序的应用便于对嵌入式程序的编写, 统计高低层操作的精准性和高效性, 进而为上层应用或程序提供高效、精准的接口。

#### 4.2 便于开展智能通信

嵌入式系统需要与多种设备和远程服务端开展通信, 如借助串口、网络等方式开展信息数据传递。因此, 提高通信能力是发展嵌入式系统的关键形式。C++程序中的库函数能为开展通信提供必要的软件及代码支撑, 提高嵌入式系统通信质量和效率。

#### 4.3 实践多任务调度

嵌入式系统在工作中需要开展多个任务的调度, 提高

工作效率,如数据采集、实时监控等,进而开展智能化工模式。利用C++程序中的多线程和多任务调度功能,可以实现多个任务的同时执行,提高嵌入式系统的工作效率。

#### 4.4 图像高效处理

嵌入式系统需要对图像或视频进行高质量处理,如机器视觉、图像识别等,提高其对周围环境和视频或图像的辨识能力。C++程序中的图像处理库能提供多种图像或视频处理算法,提高嵌入式系统对图像的处理效率和质量。

使用C++程序开展嵌入式系统应用要采取如下步骤:

1. 确定适合的嵌入式系统;
2. 确定适合的嵌入式系统处理器;
3. 具备编译器;
4. 使用C++程序开展程序编写;
5. 调试程序,并优化编码;
6. 正式在嵌入式系统中应用。

利用上述C++程序编写嵌入式系统应用程序的方式列举简单的嵌入式系统计算程序:

```
#include <iostream>
int main() {
    int a = 5;
    int b = 10;
    int sum = a + b;
    std::cout << "The sum is: " << sum << std::endl;
    return 0;
}
```

上述C++程序代码展示了两个整数的和的计算过程,借助C++程序能简化嵌入式系统的计算过程和工作流程。同时需要使用轻量级的库或工具来减少资源消耗,提高嵌入式系统的工作效率。

在嵌入式系统使用C++程序编写中要具备如下条件:

- (1) 具备C++程序,可以开展程序编写工作。
- (2) 具备标准库,如C++ STL或者使用轻量级库如libc++。

(3) 计算机运行内存足够强大,支撑C++程序运行。

(4) 能将编写好的C++程序融入嵌入式系统中开展工作。

C++程序是高级计算机语言,能通过C语言程序编写帮助软件执行命令,搭建智能化工作模式。因此,C++程序的应用不仅是技术的革新,同时又是思维逻辑的强化发展。能借助C++程序对人的思考过程和研究过程进行模拟,在编译工具和开发中落实信息技术及科技优势,推动不同领域的发展。

#### 5 结语

C++程序的强大功能能在多个领域开展应用,上述介绍的移动开发领域、农业智能化领域、集料级配设计领域的应用只是C++程序应用的部分介绍。C++程序凭借其智能化算法和程序编辑作用能在多种领域中发挥作用,构建智能化工作模式,推动AI的高品质发展,为中国的科技进步和研发提供必要的技术和软件条件。

#### 【参考文献】

- [1] 朱静雯,谢茂强,张圣林.软件工程专业C/C++程序设计实验教学模式探索[J].计算机教育,2024(8):208-212.
- [2] 王卓.C++程序设计在人工智能领域的应用研究[J].电脑迷,2018(5):131-132.
- [3] 初佃辉.C语言程序设计与应用[M].北京:人民邮电出版社,2017.
- [4] 李丽萍.探讨C++程序设计中&符号的应用[J].科技创新导报,2013(36):41-42.
- [5] 沈美荣,庞晓伟,柏莉萍.C++程序在集料级配设计中的应用[J].山西建筑,2008(33):367-368.
- [6] 刘秋红,高永博,袁同山,等.C++程序在农业可持续定量评价研究中的应用[J].安徽农业科学,2008(21):9332-9334.
- [7] 曾文潇,姚珺.关于C++与--运算符在程序应用中的探讨[J].电脑开发与应用,2001(8):47-48.

作者简介:钱誉(2009.1—),毕业院校:常州市正行中学,所学专业:C++,职务:学生。

# 火力发电厂锅炉气温自动控制系统的优化设计与应用

杨 歌

浙能宁夏枣泉发电有限责任公司, 宁夏 银川 751400

**[摘要]**火力发电厂锅炉系统通过将化石燃料转化为热能, 驱动发电机组运行。气温的精准控制对燃料燃烧、锅炉效率、安全性及环保排放至关重要, 传统控制方法无法满足现代发电厂对精确与实时响应的要求。随着自动化与计算机技术的发展, 模型预测控制 (MPC) 和自适应控制等先进策略逐步应用于锅炉气温控制中, 大幅提升了控制精度和系统稳定性, 硬件技术的进步也为控制系统的实施提供了更高的精度与可靠支持。通过系统设计、集成调试和性能评估, 探索并验证了锅炉气温自动控制系统的优化方案, 以期为火力发电厂的高效稳定运行提供有力支持。

**[关键词]**火力发电厂; 锅炉气温; 自动控制系统

DOI: 10.33142/sca.v7i10.13633

中图分类号: TK223.7

文献标识码: A

## Optimization Design and Application of Boiler Temperature Automatic Control System in Thermal Power Plant

YANG Ge

Zhejiang Energy Ningxia Zaoquan Power Generation Co., Ltd., Yinchuan, Ningxia, 751400, China

**Abstract:** The boiler system of a thermal power plant converts fossil fuels into thermal energy to drive the operation of the generator set. Accurate temperature control is crucial for fuel combustion, boiler efficiency, safety, and environmental emissions. Traditional control methods cannot meet the requirements of modern power plants for precise and real-time response. With the development of automation and computer technology, advanced strategies such as Model Predictive Control (MPC) and adaptive control have gradually been applied to boiler temperature control, greatly improving control accuracy and system stability. The advancement of hardware technology also provides higher accuracy and reliable support for the implementation of control systems. Through system design, integrated debugging, and performance evaluation, the optimization scheme of the boiler temperature automatic control system has been explored and verified, in order to provide strong support for the efficient and stable operation of thermal power plants.

**Keywords:** thermal power plant; boiler temperature; automatic control system

### 引言

锅炉在火力发电厂中扮演着核心角色, 气温控制的精确性和稳定性直接影响发电效率与安全。随着能源需求的增加和环保标准的提高, 提升锅炉气温自动控制系统的性能成为关键任务, 传统控制方法存在响应滞后、精度不足和稳定性差等问题, 不仅降低了锅炉效率还可能造成能源浪费和设备损坏。因此, 优化锅炉气温控制系统的研究至关重要。

### 1 火力发电厂锅炉气温控制的重要性

在火力发电厂中, 锅炉的安全性、经济性及运行效率均直接受到气温稳定性的影响。气温对燃烧过程的效率有着直接的影响, 当气温过低时燃料未能完全燃烧, 导致热能转化效率降低从而导致能耗增加及运营成本上升。另一方面气温过高则可能导致锅炉设备的过度磨损, 缩短设备使用寿命增加维护及修理成本。精准的气温控制不仅能够确保锅炉系统的稳定运行, 还能防止因温度波动引发的设备异常, 锅炉热平衡的干扰会因温度波动而增加安全隐患, 如锅炉爆炸或泄漏的风险, 实施有效的气温控制措施有助于提高锅炉的安全性, 减少突发故障的发生, 进而保障人

员和设备的安全。优良的气温控制能够减少废气排放, 降低对环境的负面影响, 面对日益严格的环保标准, 气温控制的优化能够确保排放要求的达成, 减少污染物的释放从而支持可持续发展的目标。

### 2 火力发电厂锅炉气温自动控制系统应用现状

火力发电厂的锅炉气温自动控制系统在现代电厂中得到了广泛的应用, 以实现能源转换及管理的高效性和稳定性, 但实际应用中仍然面临各种挑战以及发展趋势。传统上基于PID(比例-积分-微分)控制算法的气温控制系统被广泛使用, 这种系统通过简单的反馈机制调节锅炉气温, 虽然表现出较高的稳定性, 但在应对复杂负荷变化时往往难以满足精确控制的要求, 随着计算技术的进步, 越来越多的电厂引入了先进的控制算法, 如模型预测控制(MPC)能更准确地应对锅炉运行中的动态变化。技术的进步推动了气温控制系统向集成化和智能化方向的发展, 现代系统不仅集成了温度传感器、调节阀和控制器, 还利用数据采集与处理技术实现了实时监控和自动调节, 基于实时数据的智能化系统能够自我调整, 从而显著提高了控制精度和响应速度。在系统应用过程中, 可靠性和安全性

的重视程度也在不断提升，现代系统设计中已引入了故障检测与预警功能，以便及时发现并处理可能出现的异常情况，从而减少安全事故的风险<sup>[1]</sup>。尽管如此，现有的锅炉气温自动控制系统在实际应用中仍面临设备老化、控制算法适应性问题以及系统集成复杂性等挑战。因此，未来的发展将重点放在提升控制精度、增强系统智能化水平以及提高整体可靠性上，应对日益增长的运行需求及环境保护要求。

### 3 锅炉气温自动控制系统的优化设计

#### 3.1 系统需求分析

在锅炉气温自动控制系统的优化设计中，系统需求分析为制定设计方案提供了基础，核心目标是明确系统的实际需求及性能标准，确保优化设计能够有效地满足这些要求。锅炉在不同负荷和工况下的气温波动，直接影响运行效率及安全，因此系统必须在各种工况下维持气温的稳定，为此需求分析应对锅炉的工作环境、负荷变化特性及其对气温控制的影响进行详细调查，以确定系统应对不同工况的能力要求。气温的控制精度关系到燃料燃烧效率及锅炉的热能利用率，需求分析需明确气温控制的精度标准，例如允许的气温波动范围，并据此设定系统的控制精度目标，这通常包括锅炉气温传感器的选择、控制算法的优化以及控制策略的制定。实时调节锅炉气温要求系统能够迅速响应负荷变化和外部环境的变动，因此需求分析需要评估现有系统的响应速度及延迟情况，明确提升目标以增强系统的动态响应能力，确保能够及时调整气温以适应变化。锅炉气温控制系统的稳定运行对锅炉安全至关重要，因此在设计中必须考虑到故障检测和预警功能，以便在出现异常时能够及时处理，需求分析应包括系统可靠性指标的定义及如何通过设计提高系统的维护性和故障处理能力。兼容性与扩展性也是需关注的方面，锅炉气温控制系统可能需要与其他系统，如发电厂的能源管理系统或监控系统进行集成，需求分析应考虑系统的兼容性要求，并为未来可能的扩展做好准备，确保系统在不同阶段能够满足不断变化的需求。

#### 3.2 优化设计方案

在设计优化锅炉气温自动控制系统时，提升系统整体性能成为关键，以实现更高效且精确的气温控制。引入模型预测控制（MPC）是一项有效的优化策略，基于锅炉气温动态模型 MPC 能够预测未来气温变化趋势，从而调整控制策略，此前瞻性控制方法在应对负荷波动时表现出色，显著提高了系统对突发情况的响应能力。自适应控制技术同样是设计方案中的重要组成部分，该技术通过实时分析锅炉运行数据，自动调整控制参数确保在各种工况下系统始终保持最佳性能，在负荷频繁变化或操作条件不稳定的情况下，这种技术能够维持优良的控制精度与稳定性。高精度温度传感器与快速响应执行器的应用不可或缺，准确

的数据提供由高精度传感器获取，这减少了测量误差，从而提升了控制系统的决策质量，同时快速响应的执行器能迅速调整锅炉操作状态，确保气温调节的及时性与有效性。先进的数据采集与处理系统能够实时监控锅炉各项运行指标，并进行精准的数据分析，提供可靠的控制决策依据，引入智能化监控系统增强了故障检测与预警能力，使系统能够在异常情况下迅速响应，从而降低潜在风险。

#### 3.3 模型预测控制（MPC）在锅炉气温控制中的应用

模型预测控制（MPC）的引入在锅炉气温控制领域标志着控制系统设计的技术飞跃，MPC 通过锅炉气温的数学模型利用对未来气温变化的预测来优化当前控制策略，不同于传统的 PID 控制方法，MPC 不仅依赖于系统的当前状态还考虑未来一段时间的运行状况，这使系统在面对复杂负荷波动和外部扰动时能够实现更为精确的控制。在实际应用中，MPC 通过构建锅炉气温的动态模型，对未来气温走势进行预测，从而生成优化的控制指令，这一预测能力使得系统能够主动调整控制措施，防止气温超出设定范围并减少锅炉负荷波动的影响，模型的精确性及对系统行为的深刻理解，成为 MPC 成功应用的关键因素。MPC 在处理多变量系统方面展现出显著优势，同时能够考虑控制过程中的各种约束条件<sup>[2]</sup>。例如，在锅炉气温控制中，MPC 能够同时综合燃料输入量和空气流量等多个因素，确保这些变量的变化不会导致气温剧烈波动，MPC 还能设定锅炉气温的最大和最小允许值，确保系统始终在安全范围内运行，有效规避了传统控制方法中的安全隐患。系统能够根据实时数据更新模型参数并调整控制策略，从而在不同操作条件下保持锅炉的高效运行，这种自适应能力使 MPC 特别适合应对锅炉运行过程中可能出现的各种不确定性和动态变化。

#### 3.4 自适应控制技术的应用

自适应控制技术大大提高了锅炉气温控制系统的灵活性和响应能力，与传统固定参数控制不同，自适应控制能够根据锅炉的运行状态实时调整控制参数，适应系统性能变化和外部干扰。在实际应用中，自适应控制系统通过监测气温、燃料输入量和空气流量等数据，自动优化控制器参数确保在负荷变化时气温稳定在设定范围内，避免过热或过冷。自适应控制具有较强的鲁棒性，能够应对设备老化、传感器误差和环境变化等不确定因素，保持系统的稳定性。该系统结合在线学习和优化算法，通过不断分析数据，逐步提升控制性能，要实现这一技术高精度传感器和快速响应的执行器是关键，确保实时数据的准确性和控制动作的及时性。

### 4 优化设计实施

#### 4.1 硬件与软件平台选择

在优化锅炉气温控制系统中，硬件和软件平台的选择非常重要。硬件方面需要具备强大的计算能力，支持复杂

算法和实时数据采集,工业级计算机或嵌入式系统通常是最佳选择,因为它们能在高负荷下保持稳定性,输入输出模块和传感器接口必须与锅炉需求匹配,尤其是温度传感器和调节阀的精度和响应速度至关重要。软件平台方面,操作系统的稳定性和对控制算法的支持是关键,工业实时操作系统(RTOS)或嵌入式系统能提供良好的实时性能,控制软件应支持模型预测控制(MPC)和自适应控制,并结合图形界面和数据可视化工具,提升操作效率和用户体验,选择支持标准通讯协议的硬件和软件,如Modbus、Profibus或Ethernet有助于系统集成。为了满足未来扩展需求,硬件和软件平台应具有可升级性和模块化设计。

#### 4.2 系统集成与调试

系统集成与调试作为优化锅炉气温自动控制系统的关键环节,涉及将各个硬件组件与软件系统有效结合,确保整体系统的协调运作,此过程需要精确的技术操作、详细的规划以及周密的测试确保系统的稳定性与可靠性。进行系统集成时,首要任务为各组件的安装与连接,这包括将温度传感器、执行器、控制器等硬件设备按照设计要求进行布置并接线,必须确保每个组件的安装位置和连接方式符合系统设计规范,这样才能保证数据的准确传输及控制指令的有效执行,在此阶段必要的初步功能检查应予以实施,以确保所有设备能够正常通电并运行。软件系统的集成同样重要,控制软件需与硬件系统进行无缝对接,这包括配置控制算法、设置系统参数、编写操作界面等,在软件安装过程中操作系统、控制算法以及用户界面的配置必须准确无误,并且能够与硬件设备进行有效的通讯,这一阶段通常涉及通过接口协议对接数据采集模块、执行器控制模块及监控模块。调试阶段作为系统集成的最后一步,目的是验证系统的实际运行效果,在调试过程中系统需接受全面的功能测试,包括单元测试与综合测试,单元测试主要用于验证每个控制环节的独立功能,如温度传感器的读数准确性及执行器的响应速度,综合测试则检验系统在实际运行中的整体表现,评估系统对负荷变化的响应、控制精度的稳定性以及对异常情况的处理能力。在调试过程中,对控制策略的优化亦不可忽视,根据测试结果,控制算法应进行调整,以提高系统的响应速度与控制精度,实时数据监控与反馈机制在此过程中发挥着重要作用,它们能够帮助发现并修正系统中的潜在问题,从而确保系统在各种工况下的稳定运行。系统集成与调试完成后,编写详细的操作手册和维护指南为必要步骤,这将为后续的系统操作与维护提供支持。

#### 4.3 性能评估与优化效果验证

性能评估与优化效果验证在锅炉气温自动控制系统的实施阶段具有重要意义,目的在于确保系统按照预期的性能标准运行并验证优化设计的实际效果,此过程不仅涉

及系统功能的检验,还包括对运行效率和稳定性的全面评价。性能评估的关键在于通过标准化测试来验证系统的工作效果,测试内容通常涵盖系统对设定气温的跟踪精度、响应速度以及稳定性。例如,通过模拟不同负荷和工况条件,系统在实际运行中的表现将被观察,以评估其是否能够迅速、准确地调整锅炉气温并保持在设定范围内,对突发事件的响应能力亦需测试,如燃料供应中断或环境温度急剧变化,以确认系统在各种挑战下的稳定运行能力。优化效果验证则专注于评估优化设计的实际影响,通过对比优化前后的系统数据,优化措施的实际效果将被分析。例如,收集锅炉气温控制的历史数据,优化设计实施前后的气温稳定性、能源消耗及运行效率等指标将被比较,有效的优化设计应在降低能耗、提升控制精度和增强系统稳定性方面显示出明显的改进<sup>[3]</sup>。系统投入运行后,定期检查和维护应当进行,确保系统在长期使用中的性能稳定,通过建立完善的监控机制实时获取系统运行数据,有助于及时发现潜在问题并进行调整,持续收集用户反馈和实际运行数据,为进一步优化提供了宝贵的信息,这一过程确保系统能够在不断变化的条件下保持高效、可靠的运行状态。

#### 5 结语

火力发电厂锅炉气温自动控制系统的优化设计通过引入先进的模型预测控制(MPC)和自适应控制技术,系统的精度、稳定性和对工况变化的适应能力得到了显著提升。精确的硬件选择与全面的系统集成调试,为系统的高效运行奠定了坚实的基础。性能评估与优化验证表明,优化设计在实际应用中成功实现了预期目标,锅炉气温控制得到显著改善,能源利用效率提高,系统的稳定性和安全性得到了有效保障,这些成果不仅为火力发电厂提供了可靠的锅炉气温控制方案,也为类似系统的优化设计提供了宝贵的参考。展望未来,随着技术的不断进步和需求的不断变化,锅炉气温控制系统的进一步优化仍然至关重要。持续关注新技术的发展,并结合实际应用中的反馈进行调整,将有助于进一步提升系统性能与可靠性,确保锅炉的高效稳定运行。

#### 【参考文献】

- [1] 刘战胜. 发电厂影响锅炉气温的主要因素与控制策略[J]. 科技展望, 2015, 25(13):93.
- [2] 陈兴昌. 火力发电厂自动控制创新优化研究[J]. 科学技术创新, 2020(5):188-189.
- [3] 邹阳林. 火力发电厂自动控制创新优化研究[J]. 中国设备工程, 2020(20):191-193.

作者简介: 杨歌 (1990.10—), 男, 籍贯: 宁夏银川, 学历: 本科, 毕业院校: 华北电力大学, 所学专业: 测控技术与仪器专业, 研究生毕业于宁夏大学工商管理专业, 目前职称: 助理工程师, 就职于宁夏枣泉发电有限责任公司设备管理部。

## 变电运维智能化远程管理系统的应用策略探究

杨刚

国网河南省电力公司郑州供电公司, 河南 郑州 450000

**[摘要]**变电运维智能化远程管理系统是现代电力系统发展的重要方向, 其应用策略探究对于实现电力系统的高效、安全运行具有重要意义。文中将对变电运维智能化远程管理系统的应用策略进行深入探讨, 以期为我国电力系统的发展提供参考。

**[关键词]**变电运维; 智能化远程管理系统; 应用; 探究

DOI: 10.33142/sca.v7i10.13652

中图分类号: TM73

文献标识码: A

## Exploration on Application Strategy of Intelligent Remote Management System for Substation Operation and Maintenance

YANG Gang

Zhengzhou Power Supply Company of State Grid He'nan Electric Power Company, Zhengzhou, He'nan, 450000, China

**Abstract:** The intelligent remote management system of substation operation and maintenance is an important direction of the development of modern power system, and the exploration of its application strategy is of great significance for realizing the efficient and safe operation of power system. In this paper, the application strategy of intelligent remote management system for substation operation and maintenance will be deeply discussed in order to provide reference for the development of power system in China.

**Keywords:** substation operation and maintenance; intelligent remote management system; application; exploration

### 引言

随着我国经济的快速发展, 电力需求不断增加, 电力系统的运行压力越来越大。传统的变电运维方式已经难以满足现代电力系统的高效、安全运行需求。近年来, 智能化远程管理系统在电力行业的应用逐渐得到广泛关注。通过引入智能化技术, 实现对变电站的远程监控和运维, 可以有效提高电力系统的运行效率和安全性。本文将对变电运维智能化远程管理系统的应用策略进行探究, 分析其优势和挑战, 并提出相应的应对措施。

### 1 变电运维智能化远程管理系统的基本原理及功能

#### 1.1 基本原理

变电运维智能化远程管理系统是基于计算机技术、通信技术和自动控制技术的一种先进的管理系统, 通过在变电站内安装各种传感器、控制器及通信设备, 实时采集变电站的运行数据, 并将数据传输至远程监控中心; 远程监控中心通过对数据的分析处理, 实现对变电站的远程控制和故障诊断<sup>[1]</sup>。

#### 1.2 主要功能

##### 1.2.1 实时监控

通过对变电站内各种设备的运行状态进行实时监控, 可以确保电力系统的稳定运行。例如, 系统可以实时监测变压器的温度、电流、电压等参数, 当发现异常, 系统会立即报警, 运维人员可以及时进行处理, 避免事故的发生, 同时系统还可以实时监测线路的负载情况, 避免过载运行,

确保电力系统的安全。

##### 1.2.2 远程控制

远程监控中心可根据实际情况对变电站内的设备进行远程操作, 提高运维效率。例如, 当某个设备的维修或更换时, 运维人员可以在远程监控中心进行操作, 避免亲自到现场, 降低了运维成本, 同时也提高了运维效率。此外, 当电力系统出现故障时, 远程控制功能可以迅速进行故障隔离, 恢复非故障区域的供电, 减少故障对用户的影响。

##### 1.2.3 故障诊断

通过对运行数据的分析处理, 及时发现变电站内的故障, 为故障处理提供依据。该系统能够实时监测变电站的运行状态, 对各类设备的数据进行实时采集和分析, 以便及时发现异常情况。当检测到故障信号, 系统将立即发出警报, 通知运维人员及时处理, 同时系统还可以根据故障类型和位置, 提供具体的故障处理方案, 指导运维人员进行故障排除, 通过该方式, 故障诊断功能大大提高了故障处理的效率和准确性, 降低故障对电力系统的影响。

①数据分析与优化。对运行数据进行长期积累和分析, 为电力系统的运行优化提供参考。系统能够对变电站的运行数据进行持续的收集和存储, 形成大数据库。通过运用数据挖掘和人工智能技术, 对海量数据进行深入分析, 揭示电力系统的运行规律和潜在问题, 分析结果可以为电力系统的运行优化提供有力的支持, 帮助运维人员制定更加科学合理的运行策略<sup>[2]</sup>。同时, 系统还可以根据分析结果, 对电力系统的运行参数进行实时调整, 以实现系统的最佳

运行状态。通过这种方式，数据分析与优化功能提升了电力系统的运行效率和可靠性，延长了设备的使用寿命。

②变电运维智能化远程管理系统在故障诊断和数据分析与优化方面的功能，为电力系统的安全、稳定运行提供了有力保障。故障诊断功能能够及时发现并处理变电站内的故障，降低故障对电力系统的影响；数据分析与优化功能为电力系统的运行优化提供参考，提升电力系统的运行效率和可靠性。

因此，四大功能的标志着我国电力系统运维管理向智能化、远程化方向迈出重要一步。随着科技的不断发展，变电运维智能化远程管理系统将不断完善和升级，为我国电力事业的发展做出更大的贡献。

## 2 变电运维智能化远程管理系统的挑战

### 2.1 技术难题

智能化远程管理系统涉及多个技术领域，如物联网、大数据、云计算等，需要克服一系列技术难题。首先，物联网技术在变电站的部署和应用中存在一定的困难。由于变电站内设备众多，且分布广泛，如何将这些设备有效地连接起来，实现数据的实时采集和传输，是亟待解决的问题。其次，变电站产生的数据量巨大，包含大量实时信息和历史数据。如何高效地存储、处理和分析这些数据，提取有价值的信息，为运维决策提供支持，是智能化远程管理系统需要克服的难题。最后，由于变电站分布广泛，云计算平台需要具备强大的计算能力和广泛的覆盖范围，以满足不同地点、不同规模的变电站的需求。因此确保数据在传输过程中的安全性，防止数据泄露和恶意攻击，也是关注的问题。

智能化远程管理系统需要将各种设备、技术和服务进行集成，实现互联互通。然而，在实际应用中，不同设备、技术和服务之间的兼容性问题成为挑战。例如，现有的变电站设备可能与智能化远程管理系统不兼容，需要进行设备升级或更换。此外，不同厂商提供的设备和软件存在接口不统一、数据格式不一致等问题，也给系统集成带来了困难。

总之，变电运维智能化远程管理系统在技术、系统集成与兼容性等方面面临诸多挑战。

### 2.2 安全防护

随着技术的发展，网络安全威胁亦日新月异，对系统的安全防护构成挑战。系统的智能化程度越高，其依赖的数据通讯网络就越庞大，增加潜在的安全漏洞。远程管理系统的广泛应用，虽然便利运维工作，但同时也为黑客提供了更多的入侵点。因此，安全防护措施必须与时俱进，不断适应新的威胁形态。

在物理安全方面，传统的电力系统主要关注的是对人为破坏的防范，如防止盗窃或恶意破坏。而智能化远程管理系统需要面对的挑战更为复杂，不仅要防范人为的物理

攻击，还要面对自然灾害如雷击、洪水等可能对变电站造成的损害。因此，远程管理系统必须设计有应对这些极端情况的预案，确保在面临这些挑战时，能够迅速恢复运行。在数据传输过程中，任何一点疏忽都可能导致敏感信息泄露。这就要求系统必须采用强加密技术来保障数据传输的安全性，确保即使数据在传输途中被截获，也无法被解读，同时，应对系统进行定期的安全检查和漏洞扫描，及时修补可能存在的安全漏洞，防止数据被非法访问或篡改<sup>[3]</sup>。智能化远程管理系统通常需要整合多种不同的技术，如自动化控制、远程通讯、大数据分析等技术的集成需要精心设计，以确保各个部分能够无缝协作，同时不影响系统的整体安全。总而言之，变电运维智能化远程管理系统面临的挑战是多方面的，包括物理安全、数据安全、系统集成，只有全方位地加强安全防护，才能确保系统的稳定运行，为电力供应的可靠性提供坚实保障。

### 2.3 人才短缺

#### 2.3.1 具备相关专业知识和技能的运维人员短缺

这些人员需要熟练掌握电力系统的基本原理和运行规律，了解智能化远程管理系统的结构和工作原理，能够熟练进行系统的操作和维护。然而，目前我国的专业人才供应却远远不能满足需求，尤其是在偏远地区和基层单位，人才短缺问题更为严重。

#### 2.3.2 缺少大量的技术支持和售后服务

这一系统在运行过程中可能会出现各种问题，需要有专业的技术人员进行及时的解决。然而，目前我国的技术支持和售后服务团队规模较小，无法满足系统的推广需求。

#### 2.3.3 技术更新和优化缓慢，以适应电力系统的发展和变化

这一过程需要有大量的研发人员和技术创新人才，然而，目前我国的研究和创新能力还不足以支持系统的持续发展。

总的来说，变电运维智能化远程管理系统的推广和应用需要大量专业人才的支持。然而，目前我国的人才供应却无法满足需求，人才短缺问题已经成为制约系统发展的关键因素。

## 3 应用策略探究

### 3.1 技术研发与创新

加大科研投入，推动智能化技术的研发与创新，提高智能化远程管理系统的技术水平。在变电运维智能化远程管理系统的研发与开发过程中，为实现高效、稳定的远程管理，科研人员需要加大科研投入，致力于智能化技术的研发与创新，不仅能提高系统的技术水平，还能为我国变电运维行业带来更多的发展机遇。

首先，关注人工智能技术在变电运维领域的应用。通过深度学习、大数据分析等方法，实现对设备状态的实时监测和预测分析。运维人员可以提前发现潜在的问题，并

采取相应的措施，确保电网的稳定运行。其次，物联网技术的应用。将物联网技术应用于变电运维远程管理系统，可以实现设备之间的互联互通，提高信息传输的实时性和准确性，同时通过传感器采集设备运行数据，为人工智能算法提供丰富的训练素材，进一步优化系统性能<sup>[4]</sup>。最后，云计算技术在远程管理系统的应用。通过搭建云计算平台，可以实现数据的集中存储和计算，提高数据处理速度和系统资源利用率，同时云计算技术还为远程运维提供强大的数据支持，助力运维人员迅速应对各类突发状况。

### 3.2 安全防护措施

随着科技的不断进步，智能化远程管理系统在变电站中的应用越来越广泛，建立健全的网络安全防护体系，以加强安全监测和预警，确保系统的安全稳定运行。

首先，智能化远程管理系统在变电站中的应用可以提高运维效率，降低运维成本。通过远程监控和诊断，运维人员可以及时掌握变电站的运行状态，快速定位故障并进行处理。此外，智能化远程管理系统还可以实现设备的预测性维护，避免因设备故障导致的停电事故。在实际应用中，电力企业可以通过引入先进的运维管理软件，如PMS、D5000等，实现对变电站设备运行数据的实时采集、分析和处理，从而提高运维效率。

其次，建立健全的网络安全防护体系是保障智能化远程管理系统安全稳定运行的关键。随着互联网的普及，网络安全问题日益严峻，电力企业需要重视网络安全防护工作。一方面，要加强对网络设备的监控和管理，确保设备安全可靠；另一方面，要定期对网络进行安全检查和漏洞扫描，及时发现并修复安全隐患。此外，电力企业还需加强对运维人员的网络安全培训，提高他们的安全意识，防止因操作不当导致网络安全事故的发生。在网络安全防护体系中，防火墙、入侵检测系统（IDS）和入侵防御系统

（IPS）等安全设备起到了重要作用<sup>[5]</sup>。防火墙可以有效地隔离内外网，防止恶意攻击和非法访问；IDS和IPS则可以实时监测网络流量，发现并阻止恶意攻击行为。同时，电力企业还需建立健全的网络安全管理制度，明确责任分工，确保网络安全防护措施得到有效执行。

加强安全监测和预警是保障智能化远程管理系统安全稳定运行重要措施。通过实时监控变电站的运行数据，可以发现设备异常和潜在的安全风险。电力企业可以利用人工智能技术和大数据分析方法，对运行数据进行深入挖掘，实现对故障的提前预警。此外，电力企业还需建立健全的安全事件应急预案，提高应对突发事件的能力。

### 3.3 人才培养与引进

①加大对人才培养的投入，建立完善的培训体系。培训内容应涵盖电力系统基础知识、变电运维操作技能、智

能化远程管理系统应用等方面。通过系统的培训，提高员工的业务能力和综合素质。同时，企业还可以与高校合作，开展产学研一体化的人才培养模式，为学生提供实践机会，提高学生的实际操作能力。

②制定具有竞争力的招聘政策，吸引优秀的人才加入电力行业。在招聘过程中，企业要注重候选人的专业背景和实践经验，选拔具备发展潜力的人才。同时，企业还应关注人才的需求，提供良好的工作环境和发展空间，使人才能够在电力行业中充分发挥自己的才能。

③加强内部选拔和晋升机制，激励员工不断提升自身能力。企业可以根据员工的实际情况，制定个性化的职业发展规划，为员工提供晋升机会。同时，企业还应建立健全的激励机制，对表现优秀的员工给予适当的奖励，激发员工的工作积极性和创新精神。

④注重搭建交流平台，促进员工之间的经验分享和合作。企业可以定期举办学术交流会、技能竞赛等活动，激发员工的学习热情，提升整体技术水平。同时，企业还应鼓励员工参加行业内的各类研讨会和培训活动，拓宽视野，了解行业动态。总之，电力企业要加强人才培养与引进，提升整体竞争力，通过加大培训投入、制定竞争力招聘政策、加强内部选拔和晋升、搭建交流平台等措施，吸引和培养高素质人才，为电力行业的持续发展提供人才保障。

## 4 结语

变电运维智能化远程管理系统具有巨大的发展潜力，对于提高电力系统的运行效率和安全性具有重要意义。面对其中的挑战，我们需要加大科研投入、加强安全防护、培养专业人才，并争取政策支持，以推动智能化远程管理系统的广泛应用。相信在不久的将来，智能化远程管理系统将成为电力行业的重要发展方向，为我国电力事业的转型升级贡献力量。

## 【参考文献】

- [1] 张萌. 变电运维智能化远程管理系统的应用 [J]. 集成电路应用, 2023, 40(12): 204-205.
- [2] 张志杰, 林恒先. 变电运维智能化技术在远程管理系统的应用 [J]. 集成电路应用, 2023, 40(10): 368-369.
- [3] 朱子太. 变电运维智能化远程管理系统的应用策略探究 [J]. 现代工业经济和信息化, 2023, 13(8): 163-165.
- [4] 章进鳌, 蔡斯婷. 变电运维智能化远程管理系统的应用 [J]. 电气技术与经济, 2022(5): 173-174.
- [5] 冯明亮. 变电运维智能化远程管理系统的应用 [J]. 光源与照明, 2022(3): 222-224.

作者简介：杨刚（1995.2—），男，河南省郑州市人，汉族，硕士研究生，中级电力工程师，就职于国网河南省郑州供电公司，从事电缆运检中心输电电缆运检工作。

## 编组站现车系统与运输管理信息系统间数据交互研究

李尚甫<sup>1</sup> 李彬<sup>2</sup> 唐均强<sup>2</sup>

1. 北京全路通信信息研究设计院集团有限公司, 北京 100070

2. 广深铁路股份有限公司江村车站, 广东 广州 510000

**[摘要]**文章介绍了铁路编组站综合集成自动化系统 (Computer Integrated Process System, CIPS) 与铁路运输管理信息系统 (Transportation Management Information System, TMIS) 间数据传输方法; 针对 TMIS 子系统特点, 主要有 3 种模式进行系统间数据传输: 即 MQ 消息队列通信、Oracle 数据库作为中间库存放 CIPS 提供的现车数据、FTP 收发文件传输。通过上述 3 种系统间数据互传方法, 将 CIPS 现车信息准确、及时、完整地提供至 TMIS 及各个子系统, 形成联动, 有效提高铁路运输效率。

**[关键词]**CIPS; TMIS; MQ; Oracle; FTP

DOI: 10.33142/sca.v7i10.13641 中图分类号: TP39 文献标识码: A

## Research on Data Interaction between the Current Train System and Transportation Management Information System in Marshalling Yard

LI Shangfu<sup>1</sup>, LI Bin<sup>2</sup>, TANG Junqiang<sup>2</sup>

1. CRSC Research & Design Institute Group Co., Ltd., Beijing, 100070, China

2. Jiangcun Station of Guangshen Railway Co., Ltd., Guangzhou, Guangdong, 510000, China

**Abstract:** This article introduces the data transmission method between the Computer Integrated Process System (CIPS) and the Transportation Management Information System (TMIS) of railway marshalling yards; Based on the characteristics of the TMIS subsystem, there are three main modes for data transmission between systems: MQ message queue communication, Oracle database as an intermediate inventory for storing in stock data provided by CIPS, and FTP file transfer. By using the above three methods of data exchange between systems, the CIPS current train information is accurately, timely, and completely provided to TMIS and various subsystems, forming a linkage and effectively improving railway transportation efficiency.

**Keywords:** CIPS; TMIS; MQ; Oracle; FTP

### 引言

铁路编组站综合集成自动化系统 (以下简称 CIPS) 通过整合现有已经成熟的各种过程控制分系统, 建立共享信息平台, 结合调度计划管理, 集成创新, 实现编组站决策、优化、管理、调度、控制一体化, 达到高度综合自动化的目的, 以其特有的管控一体化先进技术理念广泛应用于各大铁路编组站。铁路运输管理信息系统 (以下简称 TMIS) 主要包括确报、货票、运输计划、日常运输统计等子系统, 其信息源主要来自全路各主要站段应用系统, 实时信息库包括以下主要文件: 车辆文件、机车文件、列车文件、车站文件、货票文件; 而应用在各大编组站的现车系统 CIPS 将上述文件以 MQ、Oracle、FTP 三种传输方式或媒介传递给 TMIS, 相应地 TMIS 也会将全路其他站信息文件以同样方式传递给 CIPS。以下将按照上述 3 种数据传输方法分别展开介绍。

### 1 CIPS 与 TMIS 数据交互方式

#### 1.1 MQ 传输

MQ: 消息队列 (Manage Queue) 是一种应用程序对应

用程序的通信方法。应用程序通过写和检索出入队列的针对应用程序的数据 (消息) 来通信, 而无需专用连接来链接程序。消息传递指的是程序之间通过在消息队列中发送数据进行通信, 而不是通过直接调用彼此来通信, 直接调用通常是用于诸如远程过程调用的技术。排队指的是应用程序通过队列来通信。队列的使用除去了接收和发送应用程序同时执行的要求。CIPS 与 TMIS 系统间通过 MQ 数据流转如 (图 1):

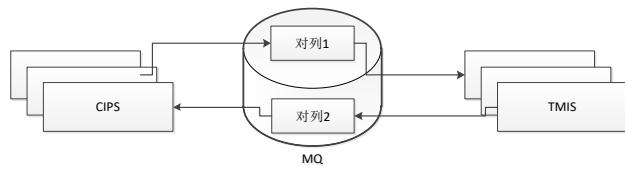


图 1 MQ 数据流转框架图

涉及到 TMIS 确报子系统、运输集成平台、部分编组站的班计划子系统采用 MQ 的方式与 CIPS 进行互相通信。此时会将 MQ 的服务端搭建在 TMIS 系统服务器上, CIPS 作 MQ 客户端, 双方即通过 MQ 队列通道进行数据间传输, 相应

地 CIPS 会延展研发出对应程序包括确报收发接口、运输集成平台接口、班计划接口程序来处理 MQ 上的数据信息。

#### 1.1.1 CIPS 确报收发接口程序

收确报: 即从 MQ 确报队列获取到预报(也称原始报)存储至 CIPS 预报待处理文件目录。

发确报: 即从 CIPS 待发送文件目录定时读取确报文件发送至指定 MQ 队列。

#### 1.1.2 CIPS 运输集成平台接口程序

该接口程序是读取 CIPS 数据库、路局运行线、接收 CIPS 数据广播等数据, 按照协议统一数据格式, 向路局 MQ 发送一系列报告(包括本站列车的到、解、编、发, 车辆的装、卸、运非转换, 站场上现车信息, 机车信息等详细数据)。

#### 1.1.3 CIPS 班计划接口程序

路局下达的日班计划会通过 MQ 传送至 CIPS, 该接口程序即约定文件存放路径, 并将数据存入 CIPS 数据库。

#### 1.1.4 小结

通过 MQ 的方式进行数据交互需要注意的有以下三方面:

(1) 注意运行环境的问题: 客户端与服务端的 MQ 版本应保持一致, 环境变量的配置以及约定好队列管理者、队列通道、队列名称;

(2) 注意字段长度的问题: 对于从 MQ 读取到的数据保存至 CIPS 数据库时, 应考虑数据长度是否符合 CIPS 数据库数据表允许的字段长度;

(3) 注意故障处理的问题: 应及时备份发送和收到的数据文件并具备备份文件自动删除机制, 用来解决未及时传输的故障。

### 1.2 Oracle 传输

该方式是以 Oracle 数据库作为传输媒介, 有一台服务器专用来作为 Oracle 服务器, CIPS 提供 Oracle 数据库连接字符串、用户名、密码, 并将 TMIS 要求的数据存放至 Oracle 数据库, 相应地 TMIS 子系统通过连接 Oracle 数据库获取到 CIPS 提供的运报、现车等信息。涉及到的 CIPS 接口程序有货票电子化现车上传接口程序, 清算运统一运统八上传接口程序等。

#### 1.2.1 CIPS 货票电子化现车上传接口程序

按照《铁总货〔2018〕41号关于印发《铁路货运票

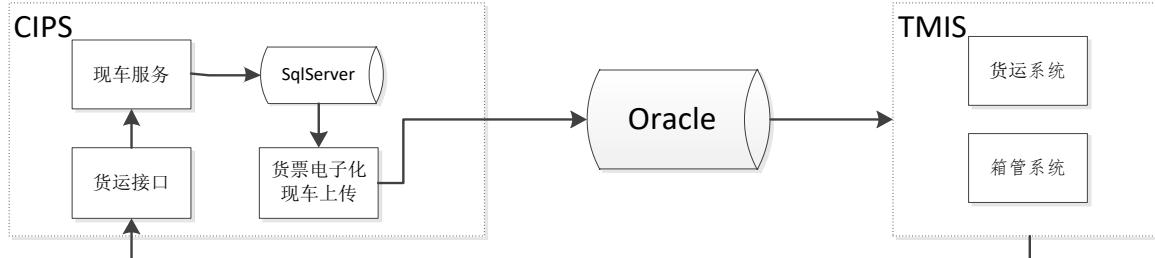


图 2 Oracle 数据流转框架图

据电子化作业办法》的通知》, 根据《20181009 货运票据电子化条件下现车系统需求及技术要求(暂行 0.93)》文档要求, 在指定服务器搭建 Oracle 数据库服务端, Oracle 客户端位于 CIPS 服务器, 在约定的数据库用户下创建相应的表及视图用来存放 CIPS 提供的列车到报、发报, 股道现车等信息以供箱管系统、货运站系统、票据现车上报后台程序读取; 数据运转流程如(图 2): 由图 2 可知, 货票电子化现车上传接口从 SqlServer 数据库获取数据, 为便于当遇到传输通信问题或其他故障时确认是否已将数据写入到 Oracle 数据库, 会将数据以 XML 文件存放至本地, 文件保留时间为 3 天。

#### 1.2.2 CIPS 清算运统一运统八上传接口程序

从 CIPS 出发清算运统一目录、到达清算运统一目录里定时读取清算数据文件, 存储至指定 Oracle 数据库中, 存储的表: 清算运统一: CCH\_DBML、CCH\_DBZW、CCH\_FBML、CCH\_FBZW, 清算运统八: TJ\_YT8; 同样地, 文件备份保留 30 天, Oracle 数据库数据保留 3 天。

对于 Oracle 数据库作为系统间传输媒介有以下优势: Oracle 数据库的表可复用, 也就是说只要获取到 Oracle 数据库连接字符串、用户名、密码, 能连的上 Oracle 数据库服务器, 也就可以获取到该数据库表的所有数据。

#### 1.2.3 小结

通过 Oracle 的方式进行数据交互需要注意的有以下三方面:

一, 注意运行环境的问题: CIPS 接口程序所在服务器要安装 Oracle 客户端, 服务器环境变量要包括 Oracle 数据库的动态链接库, 并确保所在服务器能够正常访问 Oracle 服务端的服务器;

二, 注意字段长度的问题: 对于写入 Oracle 数据库的数据要注意字段长度, 如果超长要记录日志, 但不能由于某个数据的失败而影响其他数据的插入。如果是从 Oracle 读取数据, 则需要考虑数据长度是否超过了 CIPS 允许的长度;

三, 注意故障处理的问题: 数据没写成功, 需要备份起来, 下次再写。应及时备份发送成功的数据文件并具备备份文件自动删除机制, 用来解决未及时传输的故障; Oracle 数据库数据保留时间也应注意。

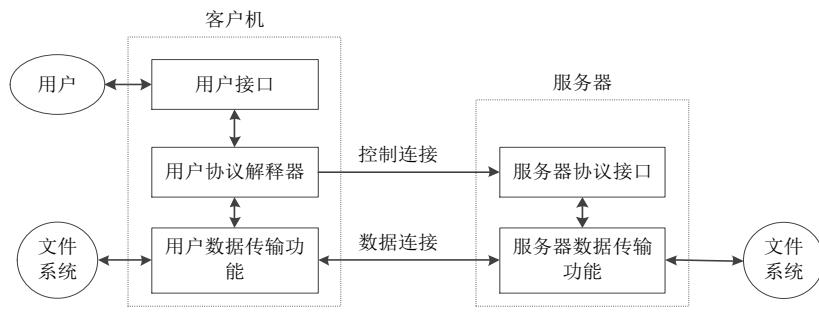


图 3 FTP 数据流转框架图

### 1.3 FTP 传输

File Transfer Protocol, 文件传输协议是用于在网络上进行文件传输的一套标准协议; FTP 允许用户以文件操作的方式(如文件的增、删、改、查、传送等)与另一主机相互通信, FTP 客户端发起 FTP 会话, 与 FTP 服务器建立相应的连接。FTP 会话期间要建立控制信息进程与数据进程两个连接。控制连接不能完成传输数据的任务, 只能用来传送 FTP 执行的内部命令以及命令的响应等控制信息; 数据连接是服务器与客户端之间传输文件的连接, 是全双工的, 允许同时进行双向数据传输。当数据传输完成后, 数据连接会撤消, 再回到 FTP 会话状态, 直到控制连接被撤消, 并退出会话为止。FTP 传输过程如(图 3):

对于 CIPS 与 TMIS 间通过 FTP 进行数据互传有两种方式, 一种方式是 CIPS 收数据, CIPS 作为 FTP 服务端, 如部分车站的班计划接口; 另一种是方式是 TMIS 收数据, 对方作为 FTP 服务端, 如货检接口(信息中心三级联网、齐辉)、AEI 接口、超偏载接口等。

#### 1.3.1 CIPS 货检接口程序

读取 CIPS 数据库, 获取 CIPS 系统内车号核准后的到发确报信息, 上传到约定好地 FTP 目录; 需要注意的是, 对于每一列车, 符合要求的确都会定时发送(循环间隔是 5 分钟), 直到列车不再列满足条件为止。

#### 1.3.2 CIPS 超偏载接口程序

从 CIPS 原始报备份目录, 定时读取预报备份文件发送至指定 FTP 地址, 并备份已发送至 FTP 文件。

#### 1.3.3 小结

通过 FTP 的方式进行数据交互需要注意的有以下两

方面:

(1) 注意字段长度的问题: 对于从 FTP 读取的数据, 需要考虑数据长度是否超过了 CIPS 允许的长度;

(2) 注意故障处理的问题: 数据没写成功, 需要备份起来, 下次再写。应及时备份发送成功的数据文件并具备备份文件自动删除机制, 用来解决未及时传输的故障。

## 2 结语

以上 3 种数据传输方式广泛应用于 CIPS 与 TMIS 间信息交互, 这样可以理解为 CIPS 与 TMIS 形成一个整体, 即车站包括各个站场所有信息均可根据具体情况实时或分阶段、准确、详实、全面地传递给路局, 以点及面, 最终交汇至铁路总公司数据库, 因此在统计、分析、结算等方面, 实现节点式实时追踪管理, 为全路各级运输生产工作人员提供及时、准确、完整的信息和辅助管理决策方案, 以实现均衡运输, 提高运输能力和效率, 提高运输管理水平。

## [参考文献]

- [1] 赵存义, 陈光伟. 编组站现车管理信息系统中的智能控制理论与方法 [J]. 中国铁道科学, 1989, 10(2): 8.
- [2] 赵存义. 编组站通用的现车管理信息系统和系统生成工具 [J]. 铁路计算机应用, 1992, 1(2): 10-13.
- [3] 石秀坤. 编组站现车管理信息系统的信息组织及数据结构规范化的方法 [J]. 中国铁道科学, 1991, 12(1): 8.
- [4] 孟强. 基于 RFID 和 DGPS 技术的编组站调车机车跟踪定位系统的研究 [D]. 兰州: 兰州交通大学, 2024.

作者简介: 李尚甫(1992—), 男, 黑龙江省巴彦县, 汉, 硕士, 工程师, 主要研究方向: 铁路综合控制及信息系统。

## 远程智能漏水实时监控报警系统设计研究

肖辉茹 王少云 马金龙 王治宇 韩建革

中建一局集团安装工程有限公司, 北京 102600

**[摘要]**随着智能技术的进步,物联网和大数据在监控系统中的应用越来越广泛。在漏水监控领域,传统方法依赖人工检查效率低且容易漏检。为解决这些问题,远程智能漏水监控系统结合水浸传感器和GSM模块,能够实时监测漏水并发出报警。系统通过无线通信将警报信息实时传递给用户,用户可通过短信远程控制或手动操作关闭电动调节阀,该系统具备高效、低功耗和良好的性价比,具有显著的实际应用价值,适用于智慧建筑和工业物联网等领域。

**[关键词]**漏水监控;系统设计;报警

DOI: 10.33142/sca.v7i10.13638 中图分类号: TM766 文献标识码: A

## Design and Research on Remote Intelligent Real-time Monitoring and Alarm System for Water Leakage

XIAO Huiru, WANG Shaoyun, MA Jinlong, WANG Zhiyu, HAN Jianping

China Construction First Group Installation Engineering Co., Ltd., Beijing, 102600, China

**Abstract:** With the advancement of intelligent technology, the application of the Internet of Things and big data in monitoring systems is becoming increasingly widespread. In the field of water leakage monitoring, traditional methods rely on manual inspection, which is inefficient and prone to missed detections. In order to solve these problems, a remote intelligent water leakage monitoring system combined with water immersion sensors and GSM modules can monitor water leakage in real time and issue alarms. The system transmits real-time alarm information to users through wireless communication, and users can remotely control or manually operate the electric control valve through SMS. The system has high efficiency, low power consumption, and good cost-effectiveness, and has significant practical application value, suitable for fields such as smart buildings and industrial Internet of Things.

**Keywords:** water leakage monitoring; system design; alarm

### 引言

在现代社会,随着城市化进程的加快和建筑规模的不断扩大,漏水问题已成为建筑物、工业设施以及地下管网等领域面临的主要隐患之一,不仅会造成经济损失还可能引发安全事故和环境污染,如何实现对漏水的实时监控并及时采取应对措施,已成为工程和管理领域亟待解决的重要课题。传统的漏水检测方法往往比较片面,难以满足现代社会对快速、精准响应的需求。为此,基于物联网和通信技术的远程智能漏水实时监控报警系统应运而生,为漏水风险管理提供了全新的解决方案。

### 1 系统总体设计

在远程智能漏水实时监控报警系统的总体设计阶段,首先需对系统的功能需求进行深入分析,确保能够满足实际应用中的各项要求,系统的主要目标是对环境中漏水情况进行实时监测、自动报警以及远程控制功能。系统的总体架构包括硬件和软件两个主要部分,硬件方面中水浸传感器用于实时检测漏水,MCU负责处理传感器数据并控制其他硬件组件,GSM通信模块则负责将数据和报警信息传输至用户设备或远程服务器,电动调节阀在检测到漏水时可自动关闭水源,蜂鸣器用于发出声光报警迅速引起用户注意。软件中数据采集模块从传感器获取实时数据,通过

处理模块进行分析判断是否存在漏水,若漏水情况被确认系统会立即激活报警机制,发出声光信号并通过GSM模块向用户发送报警信息,数据传输模块将漏水数据和报警信息发送至远程服务器,用户则可以通过移动应用程序实时监控系统状态,进行远程设置和管理<sup>[1]</sup>。传感器不断监测环境中的水浸情况,将采集到的数据传输至MCU,MCU对数据进行分析依据预设阈值判断是否发生漏水,如果检测到漏水系统会立即触发报警机制,并通过多种方式通知用户。硬件组件的选择和软件功能的实现都是为了提升系统的响应速度和准确性,确保在实际使用中能够及时、有效地识别漏水情况。

### 2 系统硬件设计

#### 2.1 MCU 控制器选型及外围电路设计

在远程智能漏水实时监控报警系统中,MCU(单片机控制器)的选型和外围电路设计是确保系统性能和可靠性关键环节。首先MCU的选择必须满足系统对处理能力和实时性的要求,由于系统需要处理来自多个水浸传感器的数据,并根据设定的阈值做出响应,MCU应具备足够的计算能力和快速响应能力,常见包括基于ARM Cortex-M系列的MCU,这些处理器提供了较高的处理速度和较大的存储容量,能够有效处理复杂的数据采集和处理任务,适合长时间运行的应用场景。MCU在电源管理方面需要稳定的

电源供电,设计中需要考虑电源滤波电路和稳压电路,确保MCU在各种工作条件下都能稳定运行,电源电路涉及电压稳压器、滤波电容以及可能的电池备份系统,即使在主电源出现故障时系统也能继续工作。在输入输出接口方面,MCU需要与水浸传感器、报警装置和其他外部组件进行连接,设计中应合理配置GPIO(通用输入输出)接口连接传感器信号和控制信号,如果系统需要支持模拟信号的采集,MCU应具备足够的ADC(模拟-数字转换器)通道,用于将传感器输出的模拟信号转换为数字信号进行处理。为了实现数据的远程传输,MCU还需与GSM模块进行接口连接,通常涉及到串行通信接口(如UART),并且在设计时要考虑到电平匹配和通信稳定性。外围电路设计还要包括保护电路的设置,例如过流保护、过压保护和静电放电保护,增加系统的稳定性和耐用性。

## 2.2 水浸传感器选型及电路设计

在远程智能漏水实时监控报警系统中,水浸传感器的选型必须考虑灵敏度、反应时间、可靠性、耐久性以及在不同环境条件下的适应性。优质的水浸传感器应能够在漏水发生的初期立即感应到水的存在,并且在各种环境下保持稳定的性能表现避免误报或漏报。目前常用的水浸传感器有电阻式和电容式两种类型,电阻式传感器通过检测水与传感器电极之间的电阻变化来判断是否存在漏水,而电容式传感器则通过水的介电常数变化来进行检测。电阻式传感器更为简单,成本较低且响应速度快,但对于杂质较敏感;电容式传感器虽然更复杂,成本较高但具有更高的抗干扰能力,可以在较为苛刻的环境中使用,根据应用场景的具体需求可以选择合适类型的水浸传感器。水浸传感器需要与MCU稳定可靠地连接,并提供准确的信号输入,设计中应考虑传感器信号的放大与滤波确保信号的清晰度和准确性。电阻式传感器通常使用电桥电路来测量电阻变化,并通过运算放大器进行信号放大,保证微小的电阻变化也能被MCU准确检测到,电容式传感器需要使用高精度的信号调理电路,将电容变化转换为电压信号供MCU处理。为了提升系统的可靠性,电路设计中还应包括抗干扰措施和保护电路,抗干扰措施可以采用屏蔽电缆和滤波电容,减小外部电磁干扰对信号传输的影响,还应考虑防水处理确保传感器及其电路在长期使用中不受环境湿度的影响,防止电路短路或传感器失效。

## 2.3 GSM模块选型及电路设计

在远程智能漏水实时监控报警系统中,GSM模块是实现系统远程通信的核心部件,负责将监测到的漏水信息通过移动网络发送至用户的手机或服务器。GSM模块的网络兼容性是一个关键考虑因素,由于系统需要在各种网络环境下工作,所选模块应支持广泛的频段并兼容不同运营商的网络,常用的GSM模块如SIM800或SIM900系列支持全球四频GSM网络,适合在多种应用场景下使用,这些模块

不仅支持短信、语音和数据传输还提供了GPRS功能,能够在低功耗模式下实现数据的持续传输。GSM模块应具有足够的传输速率保证报警信息能够及时发送,同时在弱信号区域也能保持稳定的连接,选择具有增强抗干扰能力和稳定连接性能的模块至关重要,模块的功耗也需要仔细评估,因为系统可能在电池供电的条件下长期运行,选择低功耗模式下仍能高效工作的模块,可以有效延长系统的续航时间。在电路设计方面需要确保模块的电源供应稳定,GSM模块在发送数据时通常会出现瞬间高电流需求,设计电源电路时要考虑提供足够的瞬时电流,并且加入适当的滤波和稳压电路,防止电源波动对模块的工作产生干扰,模块与MCU之间的通信接口通常采用串行接口(如UART),在设计时需保证通信电平匹配,同时加入必要的保护电路以防止电压冲击或静电对模块和MCU造成损坏。模块的天线设计直接关系到信号接收的质量,选择高增益的外置天线确保在复杂环境下仍能保持稳定的信号接收,天线的布置应尽量远离其他电子组件减少电磁干扰的影响。

## 3 系统软件设计

### 3.1 系统软件架构

在远程智能漏水实时监控报警系统的设计中,系统软件架构的设计架构需要整合数据采集、数据处理、实时监控、报警机制、远程通信和用户界面等多个模块,确保系统能够高效、稳定地运行并实现预期功能。软件架构的基础是数据采集与处理模块,主要负责从水浸传感器获取实时数据并对这些数据进行预处理,如过滤噪声、信号放大和转换等,数据处理后的结果将作为系统判断是否发生漏水事件的依据,为了保证系统的实时性,数据采集和处理模块采用中断驱动方式,一旦传感器检测到水浸系统会立即响应触发后续操作。接下来是实时监控与报警模块,主要功能是根据数据处理模块的输出实时监控环境状态,并在漏水事件发生时立即启动报警机制<sup>[2]</sup>。报警机制包括本地报警和远程报警两部分,本地报警通过控制蜂鸣器和指示灯发出警示信号,远程报警则通过GSM模块向用户发送警报信息。远程通信模块则是通过GSM网络将系统的监测数据和报警信息发送至远程服务器或用户手机,为确保通信的稳定性和数据的准确性,软件架构中引入了通信协议栈,支持数据加密和错误校验机制,从而防止数据传输中的信息丢失或篡改,远程通信模块还支持双向通信,用户可以通过手机或其他终端设备远程查看系统状态,甚至对系统进行设置和控制。界面设计需简洁明了,确保用户能够方便地查看系统的运行状态和历史数据,同时支持基本的操作设置,如报警阈值的调整、报警方式的选择等,用户界面通常基于移动应用或Web平台开发,通过与远程通信模块的紧密结合实现实时监控和管理功能。

### 3.2 数据采集与处理

在远程智能漏水实时监控报警系统中,数据采集与处

理环节直接关系到系统能否准确、及时地检测到漏水事件并做出有效响应。数据采集部分通过与水浸传感器的接口来获取实时的环境数据，传感器通过探测周围环境的水浸状态将物理信号转化为电信号，这些电信号通常为模拟信号，在进入 MCU 处理之前必须通过 ADC（模数转换器）将其转换为数字信号，为了确保数据的准确性和可靠性，采集过程中会进行多次采样，并对采样数据进行平均处理滤除偶发的噪声干扰。在数据处理阶段，系统首先对采集到的数字信号进行预处理，包括去噪、滤波和信号放大等操作。滤波技术可以有效去除传感器采集过程中产生的高频噪声，保持信号的纯净性，信号放大则是为了确保微弱的漏水信号能够被准确识别和处理。接下来，系统通过设定的阈值对处理后的数据进行分析判断。数据处理模块还负责将处理后的数据存储并传输至远程服务器或用户终端，便于用户实时查看系统状态或进行历史数据分析。

### 3.3 实时监控与报警机制

在远程智能漏水实时监控报警系统中，实时监控与报警机制不仅需要能够在第一时间准确识别漏水事件，还要确保报警信息能够迅速、可靠地传达给用户，从而及时采取相应的应对措施。实时监控模块通过与数据采集和处理模块的无缝对接，持续监测水浸传感器传递的数据流，当传感器检测到环境中的水浸状态并将信号传送至数据处理单元后，实时监控模块会立即接收到处理后的判断结果，一旦系统判断出存在漏水风险，实时监控模块会即时启动报警机制。报警机制的设计考虑到了多种不同的场景和需求，因而采用了多层次、多渠道的报警方式。当漏水事件被确认后，系统首先会触发本地报警，通过蜂鸣器发出警报声以及通过指示灯进行视觉提示引起关注，便于第一时间采取措施<sup>[3]</sup>。与此同时系统还会通过 GSM 模块向预设的用户手机或管理平台发送短信或推送通知实现远程报警，即使无人值守的情况下用户也能及时获知漏水信息并采取措施，为了提高报警的可靠性，系统还可以采用多次发送和信息确认机制，即在发送报警信息后等待用户确认，如果未收到用户确认系统会再次发送报警，直到确认接收到报警信息为止。为了防止误报或漏报，系统的报警机制设计了智能化的判断逻辑和自适应功能。例如，系统可以根据环境条件自动调整报警阈值，减少因外界干扰或传感器误差引起的误报。

### 4 系统仿真测试

系统通过仿真测试，能够在虚拟环境中全面评估系统

的整体性能、功能实现和各个模块之间的协同工作情况，提前发现潜在问题并进行优化。系统仿真测试的初期阶段，重点是模拟系统在各种典型场景下的运行表现，通过仿真平台模拟实际应用中的各种工作条件，如不同水浸状态、信号干扰、温度变化等测试系统在这些条件下的响应速度、准确性以及报警机制的有效性，验证系统设计是否能够满足预期功能需求，并检查系统在不同工作环境下的适应能力。在完成基本功能的仿真后，系统仿真测试还会进一步评估系统的稳定性和可靠性，通过长时间的连续运行测试，观察系统在长时间工作后的性能变化，观察会不会出现因硬件过热、软件内存泄漏或其他问题导致的系统故障。系统仿真测试还关注系统的资源利用效率，包括 CPU 占用率、内存使用情况和功耗等方面，通过优化仿真测试结果能够有效提高系统的整体性能减少资源浪费，并延长系统的使用寿命。系统仿真测试的结果要详细记录，并与设计预期进行比较分析，通过系统仿真测试，远程智能漏水实时监控报警系统可以实现可靠的漏水检测和报警功能，最大限度地减少漏水造成的损失。

### 5 结语

远程智能漏水实时监控报警系统通过系统设计、硬件选型、软件开发与仿真测试的各个环节，成功实现了对漏水事件的高效检测与及时报警，不仅能够在漏水发生的第一时间迅速做出响应，且通过多层次、多渠道的报警机制确保用户能够及时获知漏水信息并采取应对措施。未来，随着技术的进一步发展，该系统有望通过集成更多传感器类型、支持更多通信方式以及引入更智能的算法，进一步提升其在不同应用场景中的适用性和可靠性。在实际应用中该系统将为漏水风险的早期预防与损失控制提供重要支持，有助于提高建筑、工业及其他领域的安全管理水平。

### 【参考文献】

- [1]周秀珍. 水箱漏水智能监测报警系统设计与实现[J]. 电子制作, 2023, 31(11): 34-37.
- [2]李元勇, 刘玉振. 基于 STM32 的太阳能热水器智能漏水报警系统设计[J]. 装备制造技术, 2021(7): 142-144.
- [3]刘丰年, 王爱华. 一种远程智能漏水实时监控报警系统的设计与实现[J]. 三门峡职业技术学院学报, 2017, 16(1): 131-134.

作者简介：肖辉茹（1986.8—），工作单位中建一局集团安装工程有限公司，毕业学校和专业吉林建筑大学给水排水工程。

## 浅析不动产测绘工程质量控制与测绘技术的应用

唐广晖 刘金 刘勇

大连市勘察测绘研究院集团有限公司, 辽宁 大连 116021

**[摘要]**随着科技的飞速发展, 不动产测绘技术经历了从传统地面测量到现代高科技遥感技术的重大变革。传统测绘方法虽然在过去发挥了重要作用, 但在面对大规模测绘任务、复杂地形或高精度要求时, 存在许多局限性。现代技术的引入, 特别是遥感技术、全球定位系统(GPS)、地理信息系统(GIS)和激光扫描技术, 极大地提高了测绘数据的精度和工作效率。这些技术的进步不仅使得数据采集变得更加高效和可靠, 也促进了测绘数据的综合分析和应用。随着测绘技术的进步, 对数据质量的要求也随之提高。数据准确性、技术人员的专业素质, 以及质量控制流程的规范化, 都成为确保测绘结果可靠性的关键因素。基于此, 深入探讨不动产测绘中的质量控制问题, 了解和应用先进测绘技术, 对于推动不动产测绘行业的发展, 提升其服务于城市规划和资源管理的能力具有重要意义。

**[关键词]**不动产; 测绘技术; 质量控制

DOI: 10.33142/sca.v7i10.13661 中图分类号: P2

文献标识码: A

## Brief Analysis of Quality Control in Real Estate Surveying and Mapping Engineering and the Application of Surveying Technology

TANG Guanghui, LIU Jin, LIU Yong

Dalian Geotechnical Engineering and Mapping Institute Group Co., Ltd., Dalian, Liaoning, 116021, China

**Abstract:** With the rapid development of technology, real estate surveying and mapping technology has undergone significant changes from traditional ground measurement to modern high-tech remote sensing technology. Although traditional surveying methods have played an important role in the past, they have many limitations when facing large-scale surveying tasks, complex terrain, or high-precision requirements. The introduction of modern technology, especially remote sensing technology, global positioning system (GPS), geographic information system (GIS), and laser scanning technology, has greatly improved the accuracy and efficiency of surveying and mapping data. The advancement of these technologies not only makes data collection more efficient and reliable, but also promotes the comprehensive analysis and application of surveying data. With the advancement of surveying and mapping technology, the requirements for data quality have also increased. The accuracy of data, the professional quality of technical personnel, and the standardization of quality control processes have all become key factors in ensuring the reliability of surveying and mapping results. Based on this, in-depth exploration of quality control issues in real estate surveying and mapping, understanding and applying advanced surveying and mapping technologies, is of great significance for promoting the development of the real estate surveying and mapping industry and enhancing its ability to serve urban planning and resource management.

**Keywords:** real estate; surveying and mapping technology; quality control

### 引言

在现代城市规划和不动产管理中, 测绘技术的作用越来越重要。随着社会经济的发展和技术的进步, 不动产测绘已经不仅仅是对地理空间进行简单的记录, 更是为土地利用、建筑设计和资源管理提供精准数据和科学依据的关键过程。精准的测绘数据对于制定合理的城市规划、进行有效的土地管理和评估不动产价值至关重要。因此, 确保测绘数据的质量, 优化测绘技术的应用, 成为了当前不动产测绘工作中的核心任务。

### 1 不动产测绘工程质量控制的重要性

不动产测绘工程的质量控制至关重要, 因为直接影响到不动产的准确评估和合法性保障。高质量的测绘数据为土地规划、房地产开发和资产评估提供了可靠依据, 确保

了工程的合法性和安全性。精确的测绘可以避免因数据不准确导致的法律纠纷或经济损失, 同时也能提高项目的施工效率和资源利用率。通过有效的质量控制, 不仅可以提升测绘结果的可靠性, 还能增强公众对测绘成果的信任。因此, 严格的质量控制不仅是保障工程质量的必要措施, 也是推动不动产测绘行业健康发展的关键因素。

### 2 测绘工程质量控制的基本原则

测绘工程质量控制的基本原则是确保测绘结果的准确性和可靠性。首先, 精确性是基本原则, 要求所有测量和数据处理过程必须严格按照标准执行, 以保证结果的高度准确。这包括选择合适的测量仪器和技术, 进行严格的仪器校准和维护确保数据的真实反映<sup>[1]</sup>。其次, 一致性原则要求在整个测绘过程中的操作步骤和数据记录必须保

持统一,不论是数据采集还是处理都应遵循相同的标准和方法,这有助于减少因操作不一致导致的误差。第三,完整性原则强调数据采集的全面性,确保所有相关数据都被充分记录和处理,不遗漏任何关键信息。第四,有效性原则要求所有的测绘结果必须能够在实际应用中有效发挥作用,满足项目的需求和目标。这包括数据的可用性和实用性。最后,透明性原则确保测绘过程和结果的透明,使得所有步骤和决策都可以被审查和追溯,以提高测绘工程的可信度。

### 3 不动产测绘技术

#### 3.1 遥感技术

遥感技术通过从空中或空间平台(如卫星、无人机、飞机)获取地表信息,提供了一种高效且精准的解决方案。它利用搭载在这些平台上的传感器来捕捉地面物体反射或辐射的电磁波并形成影像数据。这些数据涵盖了地形地貌、土地利用、植被分布以及建筑物布局等详细信息,为不动产测绘提供了丰富的数据资源。遥感技术的核心优势在于广泛的覆盖范围和高分辨率,通过遥感技术可以在大面积区域内快速获取详尽的地理信息,这在传统地面测量方法中往往需要大量时间和人力。尤其是在地形复杂、环境危险或难以进入的区域,遥感技术能够安全高效地收集数据,避免了现场工作的风险和挑战。现代遥感技术结合了多种感知方式,如多光谱遥感和超光谱遥感,这些技术通过不同波段的电磁波对地物进行详细分析,从而提高了信息提取的精度。例如,多光谱遥感可以区分不同类型的土地覆盖,如森林、农业用地和城市区域,而超光谱遥感则能提供更为详细的物质成分信息,有助于更精准地土地使用分类和环境监测。此外,遥感数据可以与地理信息系统(GIS)结合,进行空间分析和综合应用。通过这种集成,可以将遥感影像与其他地理数据层叠合,生成高分辨率的三维模型,进一步优化不动产测绘的成果。

#### 3.2 全球定位系统(GPS)技术

全球定位系统(GPS)技术通过接收来自至少四颗卫星的信号,利用三角测量法计算出精确的地理位置和时间信息。GPS系统由24颗卫星组成覆盖全球,并通过地面控制站进行监控和维护。这些卫星在不断发送信号的同时,测绘设备接收并解析这些信号,从而精确定位地面上的目标点。在不动产测绘中, GPS技术发挥了至关重要的作用<sup>[2]</sup>。首先,高精度定位:GPS技术能够提供厘米级甚至毫米级的定位精度,特别是在使用差分GPS(DGPS)或实时动态定位(RTK)技术时。这种高精度定位能力使得在土地划分、建筑物定位和地形图绘制等任务中,能够准确记录每一个细节。其次,实时数据采集:GPS技术支持实时数据更新,使得测绘人员可以在现场即时获取和调整数据。这种实时性极大地提高了数据采集的效率和准确性,尤其是在快速变化的测绘项目中尤为重要。再者,动态追踪:GPS技术可以实现动态追踪,即在移动过程中持续监测目标的位置。这对于需要在现场进行移动测绘或动态监测的

场景,如道路建设、建筑物施工和大规模土地开发,提供了极大的便利。此外, GPS技术的大范围覆盖使其在传统测绘方法难以覆盖的广阔或复杂地形中表现出色。例如,在广袤的农田、山区或水域等难以接近的区域, GPS可以快速提供精确的数据无需繁琐的现场工作。最后, GPS技术能够与地理信息系统(GIS)结合,进一步提升其应用效果。将GPS数据与GIS平台整合,可以实现精确的空间分析、数据可视化和综合应用,如生成详细的地理信息图和进行空间数据分析。这种整合使得不动产测绘不仅在数据采集阶段得到提升,在后续的数据处理和应用中也显著增强了效果。

#### 3.3 地理信息系统(GIS)技术

地理信息系统(GIS)技术通过将地理空间数据与信息系统结合,提供了一种强大的工具用于不动产测绘。GIS可以将各种来源的数据(如卫星影像、地图、地形图等)整合到一个可视化的平台上,实现空间数据的管理、分析和展示。它不仅能够绘制详细的地理信息图,还能进行复杂的数据分析,比如土地使用变化、环境影响评估和规划决策支持。GIS技术的优势在于其强大的数据处理能力和灵活的分析功能,使测绘人员能够直观地理解和呈现地理信息,优化测绘过程中的数据处理和决策支持。通过GIS技术,不动产测绘不仅能提供更加精准的空间数据,还能提升数据的可操作性和决策的科学性。

#### 3.4 激光扫描技术

激光扫描技术利用激光束快速扫描物体表面,捕捉高精度的三维数据点,从而创建详细的三维模型,在不动产测绘中这种技术具有显著优势。激光扫描可以迅速获取建筑物、地形和其他地物的精确几何信息,特别是在复杂和难以接近的区域。扫描仪能够捕捉到每个细节,无论是建筑的立面还是地形的微小起伏,生成的数据点云提供了高分辨率的空间信息。这些数据不仅能用于创建精确的三维模型,还支持后续的分析和设计工作。相比传统测绘方法,激光扫描技术在数据采集的速度和精度上具有明显优势,使不动产测绘更为高效、可靠。

### 4 不动产测绘工程质量控制中的问题

#### 4.1 数据准确性问题

数据准确性问题是不动产测绘工程中一个关键挑战。测绘数据的准确性直接关系到项目的质量和合法性,常见的问题包括测量仪器的精度不足、操作人员的操作错误以及数据处理过程中的误差。仪器设备的老化或不校准会导致数据偏差,而测绘人员的技能水平不一也可能造成数据不一致。此外,在数据处理阶段,错误的数据录入、算法选择不当或数据转换问题都可能影响最终结果的准确性。这些因素共同作用,可能导致测绘数据与实际情况不符,从而影响不动产的评估、规划和决策。

#### 4.2 人为因素导致的问题

人为因素在不动产测绘中常常引发一系列问题,主要体现在操作人员的技能、经验和工作态度上。操作人员的技

技术水平和经验差异可能导致测量操作的不一致,例如在复杂环境下的测量误差或数据记录不准确。此外,工作中的疏忽和不规范操作,如错误设置仪器参数或数据输入错误,也会影响测绘结果。由于工作压力或时间紧迫,操作人员可能在检查和校准过程中疏忽,进一步加剧数据质量问题。

#### 4.3 质量控制流程中的问题

质量控制流程中的问题往往会影响不动产测绘工程的整体质量。一些常见的问题包括缺乏系统化的质量检查环节、控制标准不明确以及质量反馈机制不健全。质量控制流程可能在执行过程中出现漏洞,如缺乏有效的检查点或对数据的审查不够严格。此外,控制标准的不一致或模糊可能导致不同阶段或不同人员之间的测量结果不一致,影响最终的数据准确性。质量反馈机制的不完善也使得发现的问题难以及时修正,进而影响项目的整体质量。

### 5 不动产测绘质量控制的有效途径

#### 5.1 建立健全的质量检查体系

建立健全的质量检查体系是确保不动产测绘质量的关键步骤。首先,制定详细的质量标准和检查流程是基础,这些标准应涵盖从数据采集到处理、分析的各个环节,并根据不同项目的需求进行定制。其次,应建立系统化的质量检查机制,包括定期的内部审核和独立的外部评估,以及时发现和纠正潜在的问题。检查体系中应包括多级审查程序,从初步数据采集到最终报告,每一个环节都需经过严格的审查。此外,引入先进的质量控制工具和软件可以提高检查的效率和精度,如自动化的数据验证和错误检测系统。培训和提升技术人员的专业技能也是体系建设的重要部分,确保他们能够熟练掌握并执行质量控制流程。通过这些措施的实施,可以确保测绘工作的每一个环节都符合质量要求,从而提升整体项目的可靠性和准确性。

#### 5.2 注重测绘数据质量检查

注重测绘数据质量检查是保障不动产测绘成果准确性的核心环节。首先,应在数据采集阶段建立严格的质量控制措施,包括对测量仪器的校准和维护,以确保设备处于最佳状态。其次,在数据录入和处理过程中,应用双重验证机制,避免人为输入错误和数据丢失。使用自动化的数据清洗和验证工具,可以有效识别和纠正数据中的异常值和错误<sup>[3]</sup>。数据质量检查还应包括对数据一致性和完整性的审查,确保不同来源的数据能够无缝整合,并且没有遗漏关键的信息。定期对数据进行抽样检查和分析,能够及时发现潜在的问题,并采取纠正措施。此外,建立数据质量反馈机制,将检查结果及时反馈给相关人员,促使其改进操作流程和技术细节。通过这些综合措施,可以显著提高测绘数据的可靠性和准确性,为不动产测绘提供坚实的数据基础。

#### 5.3 提高技术人员专业素质

提高技术人员的专业素质是确保不动产测绘质量的关键因素。首先,应对技术人员进行系统化的培训,内容涵盖最新的测绘技术、工具使用和质量控制标准。定期举

办专业培训班和技术研讨会,确保他们掌握行业的最新发展和最佳实践。其次,鼓励技术人员获取相关的职业认证和资格证书,这不仅能验证他们的专业能力,还能提升他们的技术水平。培训过程中应注重实操经验的积累,安排模拟项目和实际操作,帮助技术人员在真实环境中提高技能。此外,建立技术人员的绩效评估和反馈机制,根据工作表现和技术水平定期评估,并提供针对性的改进建议。创造一个持续学习和进步的工作环境,鼓励技术人员不断探索和掌握新的测绘技术和方法。通过这些措施,可以显著提升技术人员的综合能力和专业素质,从而保证测绘工程的高质量完成。

#### 5.4 标准化测量程序

标准化测量程序是确保不动产测绘结果一致性和可靠性的基础。首先,需要制定详细的测量操作规范和流程,涵盖从设备准备、数据采集到数据处理和报告生成的每一个步骤,这些规范应包括明确的测量参数、操作方法和数据记录要求,以确保每位测量人员在执行任务时遵循相同的标准。其次,建立标准化的设备校准和维护程序,确保所有测量工具和仪器在使用前经过严格校准并定期维护,以保证其测量精度和稳定性。实施标准化测量程序还需要确保数据采集的一致性,采用统一的数据格式和记录方法,以避免数据处理中的混乱和误差。此外,定期进行内外部审查和评估,以验证测量程序的有效性和符合性,及时调整和优化流程,解决可能出现的问题。通过这一系列措施,能够确保测量过程的规范化和数据质量的高一致性,从而提高测绘工程的整体可靠性和准确性。

### 6 结语

不动产测绘技术在现代测绘工作中扮演着至关重要的角色。遥感技术、全球定位系统(GPS)技术、地理信息系统(GIS)技术和激光扫描技术,各自凭借独特的优势为测绘工作提供了高效、精确的数据支持。通过科学合理地应用这些技术,并结合有效的质量控制措施,可以显著提高测绘数据的准确性和可靠性。在不断发展的技术背景下,持续优化测绘流程和加强技术人员的专业素质,将进一步推动不动产测绘领域的进步。未来,通过科技创新和精细化管理,不动产测绘工作将更加高效、精确,为各类项目的决策和规划提供坚实的基础。

#### 参考文献

- [1] 李斌. 浅析不动产测绘工程质量控制与测绘技术的应用[J]. 城市建设理论研究(电子版), 2024(19): 146-148.
- [2] 黄柄能. 测绘工程技术在不动产测绘中的实践应用[J]. 中华建设, 2024(5): 103-105.
- [3] 王冰. 测绘工程技术在不动产测量中的实践应用[J]. 居业, 2022(9): 79-81.

作者简介: 唐广晖(1996.11—), 毕业院校: 辽宁工程技术大学, 所学专业: 测绘工程, 当前就职单位: 大连市勘察测绘研究院集团有限公司, 职务: 测绘项目负责人, 职称级别: 助理工程师。

## 制丝线主机预热与生产线运行时间的匹配性研究

李云龙<sup>1</sup> 胡林胜<sup>1</sup> 高洁<sup>2\*</sup> 乔力<sup>1</sup> 汤振宇<sup>1</sup>

1. 安徽中烟工业有限责任公司蚌埠卷烟厂制丝车间, 安徽 蚌埠 233000

2. 中烟菲莫合资有限公司, 瑞士 洛桑 1004

**[摘要]**为解决主机设备预热与生产线运行时间的不匹配, 消除因主机与生产线运行时间不匹配带来的设备空转等待和物料水分过多散失的问题, 项目组开展优化其匹配性的研究。统计物料出柜时间与主机设备预热时间之间的关系, 建立主机设备与辅连设备运行的时间模型, 并利用自动控制程序实现辅连设备的启停和主机预热启动时间的计算和提示功能, 达到优化时间匹配的目的, 进而提升设备运行效率、减少能源浪费、保障产品质量稳定。

**[关键词]**节能; 匹配; 时间模型; 质量稳定

DOI: 10.33142/sca.v7i10.13646

中图分类号: TS452

文献标识码: A

## Research on the Matching between Preheating of Main Machine and Running Time of Production Line in Silk Processing

LI Yunlong<sup>1</sup>, HU Linsheng<sup>1</sup>, GAO Jie<sup>2\*</sup>, QIAO Li<sup>1</sup>, TANG Zhenyu<sup>1</sup>

1. Bengbu Cigarette Factory Silk Workshop of China Tobacco Anhui Industrial Co., Ltd., Bengbu, Anhui, 233000, China

2. China Tobacco Philip Morris Joint Venture Co., Ltd., Lausanne, 1004, Switzerland

**Abstract:** In order to solve the mismatch between the preheating time of the host equipment and the running time of the production line, eliminate the problems of equipment idle waiting and excessive moisture loss caused by the mismatch between the host and the running time of the production line, the project team conducted research on optimizing its matching, statistically analyzed the relationship between the material out of the cabinet time and the preheating time of the host equipment, established a time model for the operation of the host equipment and auxiliary connected equipment, and used an automatic control program to realize the calculation and prompt function of the start stop and preheating start time of the auxiliary connected equipment, achieving the goal of optimizing time matching, thereby improving equipment operating efficiency, reducing energy waste, and ensuring product quality stability.

**Keywords:** energy-saving; matching; time model; quality stability

### 引言

在国家大力倡导节能减排、绿色发展的大背景之下, 烟草企业也大力推进高质量发展和智能制造。安徽中烟蚌埠卷烟厂黄山品牌专线的设计方案, 以运行稳定可靠为原则, 采用行业普遍使用的传统控制模式, 但是在运行效率提升、节能减排方面还有一定的提升空间。本研究从精准化控制目的入手, 优化现有制丝线线控方式, 精准设置主机设备与辅连设备的启动时间点, 以减少设备空载运行时间<sup>[1]</sup>, 实现精准控制, 降低能耗和保障产品质量的目的。

### 1 问题现状

以气流烘丝线的新制皖烟生产加工为例, 每天第一批次, 从气流烘丝机预热开始到物料出柜, 再到设备开始过料, 要经过较长时间。操作人员根据经验确定出柜时间, 若出柜时间太晚, 则造成设备预热完成可以过料时, 而物料还没有准备就绪的情况, 造成主机设备和辅连设备空转, 导致加工时间和能源浪费。若出柜时间过早, 则物料到达气流烘丝前时, 气流烘丝机还未预热完成, 切后烟丝在过程中等待时间长, 造成水分散失较多, 影响料头阶段的烘

丝水分。

如图1所示, 以一个批次的生产过程为例, 因物料出柜时间较晚, 气流烘丝机预热完成后已具备过料条件, 但因物料尚未准备就绪, 设备存在较长时间的空转阶段, 同时还有相关辅连设备的空转等待, 造成了一定程度的能源浪费。

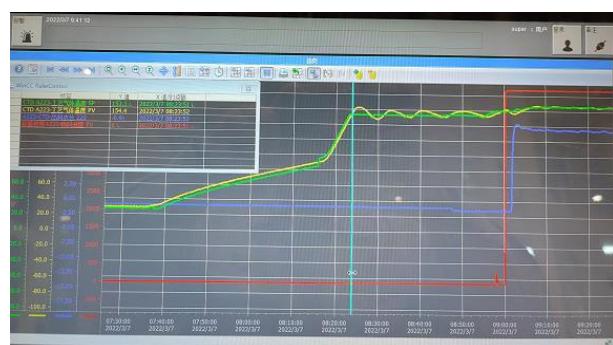


图1 气流烘丝预热及生产数据趋势图

调查气流烘丝线的切丝段和烘丝段, 两个阶段操作记录时间和物料行进的时间, 为生产线前后精准衔接做好基础数据的统计和分析, 如表1所示。

**表 1 气流烘丝线运行时间点统计表**

| 步骤编号 | 1     | 2       | 3     | 4     | 5     | 6     |
|------|-------|---------|-------|-------|-------|-------|
| 运行节点 | 设备检查  | 启动预热、出料 | 物料满仓  | 准备就绪  | 预填充   | 启动过料  |
| 开始时间 | 7: 30 | 7: 34   | 8: 01 | 8: 22 | 8: 24 | 8: 28 |

**表 2 气流烘丝机运行时间模型**

| 步骤编号     | 1     | 2       | 3     | 4     | 5     | 6     |
|----------|-------|---------|-------|-------|-------|-------|
| 运行节点     | 设备检查  | 启动预热、出料 | 物料满仓  | 准备就绪  | 预填充   | 启动过料  |
| 开始时间     | 7: 30 | 7: 34   | 8: 01 | 8: 22 | 8: 24 | 8: 28 |
| 过程时间 min | 1->2  | 2->3    | 2->4  | 4->5  | 5->6  |       |
|          | 4     | 27      | 48    | 2     | 4     |       |

以上数据表明,设备预热完成时,物料已在生产线停留时间较长,这必然带来水分的散失。除此之外,还存在另一种情况,即储柜出料过晚,当烘丝设备预热完成时,物料还未到达烘丝前喂料仓,不满足过料生产条件,造成烘丝设备等待,长时间处于准备就绪阶段,造成水电气汽的浪费。

造成以上问题的主要原因,是主机预热与线控启动时间点不匹配。二者的不匹配,一方面可能会造成预热完成早的设备,蒸汽等能源的浪费和生产时间的耽误;另一方面可能会造成预热未完成时到达的物料水分散失过多,影响烘丝质量。

## 2 问题分析

为便于深入分析,选取气流烘丝段为研究对象,调查统计气流烘丝线生产线和气流烘丝机设备运行时间模型。以上一批次调查的数据为例,设定预热与储柜出料同时启动,记录气流烘丝线各个主要运行阶段的时间点,如表 2 所示。

从以上数据可以看到,物料由储柜出料(7:34)开始,直到物料充满烘丝前喂料仓满仓(8:01),所需时间约为 27 分钟。气流烘丝机从预热开始到准备就绪的时间约为 48 分钟,即该批次的料头阶段的烟丝在烘丝前等待了 21 分钟,造成了物料在过程中等待时间较长,会存在明显水分散失。而当季节、环境温度出现变化时,预热时间也会出现差异,进一步造成水分散失的波动,从而影响烘丝水分的稳定性。而造成主机与线控启动时间点不匹配的原因有两个:不同季节主机设备预热时间不同,生产中未充分考虑此问题;生产时间控制往往根据经验判断,未能将预热时间与储柜出料和生产线启动的时间做好匹配。

## 3 解决方案

### 3.1 主机预热与生产线运行时间的调查

为了实现主机设备预热与生产线运行时间的良好匹配,首先需要充分调查主机设备在不同季节下的预热时间<sup>[2]</sup>,同时调查统计出储柜出料至主机前,满足生产过料的时间。在不同季节(环境温度存在差异),主机设备的预热时间是不同的,通过大量的数据调查,统计出不同季节主机预

热的平均时间<sup>[3]</sup>。根据现场跟踪测算,叶片加料机的预热时间在 30~40 分钟,薄板烘丝机的预热时间在 20~35 分钟,气流烘丝机的预热时间在 41~55 分钟。具体不同季节的预热平均时间如表 3 所示。

**表 3 不同季节预热时间**

| 设备    | 夏季预热平均时间 (min) | 冬季预热平均时间 (min) | 春/秋预热平均时间 (min) |
|-------|----------------|----------------|-----------------|
| 叶片加料  | 30             | 40             | 34              |
| 加料罐加热 | 30             | 40             | 34              |
| 薄板烘丝  | 20             | 35             | 26              |
| 气流烘丝  | 41             | 55             | 48              |

而生产线从物料出柜启动至到达对应主机的平均时间却与主机预热时间存在较大差异,如表 4 所示。

**表 4 物料从出柜到主机前满仓所消耗时间**

| 阶段            | 生产线 | 消耗时间 (min) |
|---------------|-----|------------|
| 预混出柜至加料喂料满仓时间 | 东线  | 16         |
|               | 西线  | 14         |
| 片柜出柜到烘前满仓时间   | 东线  | 40         |
|               | 西线  | 26         |

由以上数据可知,不同季节设备预热时间存在一定的差异,且预热时间与物料达到时间也存在较大差异,所以,为了实现更加精准的操作和设备控制,需要从设备自动控制功能上实现二者的匹配。

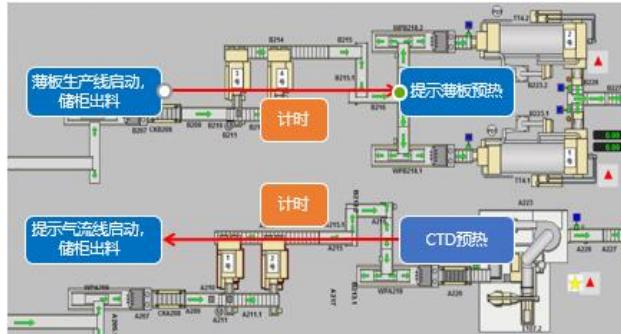
### 3.2 解决方案及实施

同样以气流烘丝线的预热和生产线运行情况来开展研究。前文已统计出不同季节条件下,气流烘丝设备的平均预热时间,也已统计出生产线物料到达的时间。通过编写控制程序,来实现对主机预热与生产线运行时间的匹配性优化,并通过人机界面来及时提示操作人员。

控制程序中,对应的生产线控制系统首先判断所处季节,识别对应主机的预热时间。由于气流烘丝线预热时间大于物料出柜到达时间,所以,当操作人员启动预热后,系统开始自动计时,当剩余的预热时间刚好等于物料到达时间时,系统自动提示启动储柜出料,并在人机界面上发

出信息,提示生产人员启动储柜。当物料到达气流烘丝前喂料仓,并达到出料生产条件时,能够满足基本与预热完成时间同步<sup>[4]</sup>,从而实现主机设备的预热与生产线运行的时间匹配。根据上述统计分析,项目组在人机界面上设置计时显示点,根据设备预热开始时间启动倒计时,到达物料出柜时间后,界面会提示储柜可以出料,从而保证设备预热完成时,物料恰在烘丝前喂料仓满足生产条件。

按照以上的控制方式,对于其他主机设备也设置匹配功能,预热与生产线启动时间匹配方式也存在其各自的特点。以薄板烘丝线为例,其物料到达时间比预热时间长,所以生产线需提前启动储柜出料,同时控制系统开始计时,当计时达到设定值时,提示启动预热。从而实现物料到达与薄板烘丝机预热完成的同步,避免薄板烘丝机准备状态的空转浪费。以上气流烘丝和薄板烘丝工序控制思路的流程,如图2所示。



# 绿色造船技术在环保船舶建造中的应用

李 恒

江南造船（集团）有限责任公司，上海 201913

**[摘要]**航运行业作为全球经济的重要支柱，面临着日益严峻的环境挑战。船舶的能源消耗和污染排放不仅对海洋生态系统造成威胁，也对全球气候变化产生了深远影响。国际海事组织（IMO）和各国政府已制定了一系列法规，要求船舶行业降低排放和提高能源效率。与此同时技术进步和材料创新为实现这些目标提供了新的可能。绿色造船技术的出现，标志着船舶设计与建造理念的重大变革，通过引入先进的节能技术、环保材料和智能化制造工艺，推动行业走向更环保的未来。尽管取得了显著进展，绿色造船技术在实际应用中仍面临诸多挑战和瓶颈，需要行业共同努力来克服。

**[关键词]**绿色造船技术；环保船舶；可持续发展

DOI: 10.33142/sca.v7i10.13653 中图分类号: U6

文献标识码: A

## Application of Green Shipbuilding Technology in Environmental Protection Ship Construction

LI Heng

Jiangnan Shipyard (Group) Co., Ltd., Shanghai, 201913, China

**Abstract:** As an important pillar of the global economy, the shipping industry is facing increasingly severe environmental challenges. The energy consumption and pollution emissions of ships not only threaten the marine ecosystem, but also have a far-reaching impact on global climate change. The International Maritime Organization (IMO) and various governments have formulated a series of laws and regulations, requiring the shipbuilding industry to reduce emissions and improve energy efficiency. At the same time, technological progress and material innovation provide new possibilities for achieving these goals. The emergence of green shipbuilding technology marks a major change in the concept of ship design and construction. By introducing advanced energy-saving technology, environmental protection materials and intelligent manufacturing technology, the industry will be promoted to a more environmentally friendly future. Although remarkable progress has been made, green shipbuilding technology still faces many challenges and bottlenecks in practical application, which need the joint efforts of the industry to overcome.

**Keywords:** green shipbuilding technology; environmental protection ship; sustainable development

### 引言

随着全球环保意识的提升和对可持续发展的关注增加，绿色造船技术已经成为航运行业核心议题。船舶作为全球物流的重要组成部分，对能源的消耗和环境的影响不容忽视。传统船舶建造和运营过程中存在的高能耗、高排放等问题，促使行业迫切寻求更加环保和高效的解决方案。绿色造船技术应运而生，通过节能减排、优化材料和改进工艺，推动船舶行业向更加环保、经济和可持续的方向发展。

### 1 环保船舶的设计原则

环保船舶的设计原则主要是为了减少船舶对环境的负面影响，同时增强其经济效益和安全性。首先，设计应以能源效率为核心，通过优化船体形状和提高动力系统效率，最大限度地减少燃料消耗和排放。其次，采用环保材料，如低挥发性有机化合物的涂料和可回收材料，以减少对海洋生态的潜在危害。此外，设计还需考虑船舶生命周期中的各个阶段，包括建造、运营和拆解，以实现资源的有效利用和废物的最小化。综合这些原则，环保船舶不仅能够降低运营成本，还能有效减缓全球变暖和保护海洋环境，从而推动绿色航运的发展。

### 2 绿色造船技术的分类与特点

#### 2.1 节能技术

节能技术在绿色造船中至关重要，通过优化能源使用以降低燃料消耗和减小排放，提升船舶的经济性和环保性能。现代节能技术包括高效推进系统、先进船体设计和智能能源管理系统。高效推进系统是节能的核心，包括可调螺距螺旋桨和水下翼型装置<sup>[1]</sup>。可调螺距螺旋桨能够根据航速和负载自动调整叶片角度，优化推进效率减少燃料消耗。水下翼型装置则通过改变水流方向和速度，降低水阻力，特别是在高速航行中，显著提高推进效率。船体设计的优化也是节能技术的重要方面，流线型船体设计通过减少与水流的摩擦阻力，提升航行效率。优化的船首和船尾设计减少了水流的乱流和湍流，从而进一步降低阻力和能耗。智能能源管理系统运用先进传感技术和数据分析工具，实时监控船舶的能源使用，动态调整操作参数以优化动力系统运行，提升燃料使用效率。系统还能够预测维护需求，减少故障发生，进一步提高经济性和可靠性。此外，再生能源技术也逐渐被整合，太阳能电池板安装在船舶甲板上，将太阳能转化为电力，支持辅助能源需求，减少对主动力

系统的依赖。风力发电机通过捕捉风能转化为电力，在风力条件良好的环境中，有效减少传统燃料使用。这些技术的综合应用显著提升了船舶的能源效率，并降低了运营成本和环境影响。

## 2.2 环保材料及其应用

环保材料在船舶建造中的应用致力于减少对环境的影响，并提升整体可持续性，这些材料通常具备较低的环境负荷和高效的资源利用特性。例如，低挥发性有机化合物（VOC）的涂料在船体涂装中减少了有害气体的排放，同时提高了涂层的耐久性和保护性能。采用可回收或再生的建筑材料，如再生塑料和生物基复合材料，不仅降低了原材料的需求还减少了废料的产生。船舶内部材料，如低噪音隔音材料和节能照明系统，也有助于提高船舶的舒适性和能源效率。此外，环保材料的选择应考虑到船舶的使用寿命和维修周期，以确保材料在其生命周期内的环境友好性。这些材料的广泛应用有效降低了船舶对海洋生态系统的影响，并推动了船舶建造的绿色转型。

## 2.3 先进制造工艺

先进制造工艺在绿色造船中起着至关重要的作用，通过提升建造精度和效率实现资源的最优化利用。首先，精密数控机床和机器人焊接技术显著提高了结构组件的制造精度，减少了材料浪费和能源消耗。其次，3D 打印技术在船舶零部件生产中的应用，能够实现复杂几何形状的快速制造，降低了生产成本并缩短了交货周期。此外，模块化建造工艺通过将船舶分解为标准化模块进行生产和组装，提高了建造过程的灵活性和效率，同时降低了现场施工的资源需求。再者，虚拟现实（VR）和增强现实（AR）技术的应用使设计和建造过程中的碰撞检测和问题解决变得更加高效，减少了返工和修正的时间。这些先进制造工艺不仅提升了船舶建造的整体质量，还减少了对环境的负担，推动了船舶工业向更高效、可持续的方向发展。

## 3 绿色造船技术在船舶设计与建造中的应用

### 3.1 设计阶段

在船舶设计阶段，绿色造船技术的应用至关重要，它涵盖了从初步概念到详细设计的全过程。在这一阶段，设计师运用计算流体力学（CFD）和有限元分析（FEA）等先进模拟工具，优化船体形状以降低水阻和空气阻力从而提高能效。此外，采用生命周期评估（LCA）方法来评估不同设计选项的环境影响，确保选择的设计方案在其整个使用周期内具有最低的环境足迹。设计阶段还涉及集成智能能源管理系统，这些系统通过实时监控和调整能源使用，优化动力系统的运行模式，最大限度地减少能源浪费。进一步设计师在材料选择上优先考虑环保材料和可回收材料，减少对环境的负面影响。

### 3.2 模拟与优化

在船舶设计过程中，模拟与优化技术发挥着关键作用，

以确保船舶性能和环境效益的最大化。计算流体力学（CFD）模拟用于预测船体在不同航行条件下的流体动力行为，从而优化船体设计以减少水阻和提高推进效率。结构优化技术则通过有限元分析（FEA）评估船体结构在各种负荷下的强度和稳定性，确保结构安全的同时最小化材料使用。能源系统优化利用动态模拟工具分析不同能源管理策略的效果，以实现最佳的燃料效率和排放控制。此外，采用多目标优化方法，可以综合考虑性能、成本和环境影响，找到最佳的设计方案。通过这些先进的模拟与优化技术，设计团队能够在设计阶段预见并解决潜在问题，提高船舶的整体效能，并推动绿色造船技术的应用。

### 3.3 材料选择与应用

在船舶设计与建造过程中，材料选择与应用是实现绿色造船目标的关键环节。环保材料的选用不仅关注其对环境的影响，还需兼顾性能和经济性。优选的材料包括高强度轻质合金和复合材料，这些材料不仅减少了船体重量，提升了燃料效率，还降低了材料消耗和废料生成。应用可再生和可回收材料，如再生塑料和竹纤维复合材料，可以显著降低对原生资源的依赖，并减少船舶的整体环境负荷。此外，采用低挥发性有机化合物（VOC）的涂料和防腐蚀材料，有助于降低有害气体的排放并延长船体的使用寿命。材料的选择和应用不仅需要满足船舶的结构安全和功能需求，还应符合可持续发展的要求，以推动船舶建造的环保进程。

### 3.4 制造工艺

制造工艺在绿色造船中至关重要，它直接影响船舶的环境性能和资源利用效率。现代制造工艺包括精密的数控加工、自动化焊接和先进的组装技术，以确保高质量和低浪费。精密数控机床能够实现高精度的部件加工，减少材料浪费并提高装配精度<sup>[2]</sup>。自动化焊接技术，如机器人焊接不仅提高了焊接质量和效率，还降低了对工人的依赖，减少了操作误差和焊接废料。模块化建造工艺通过将船舶分解为标准化模块进行制造和组装，提升了建造灵活性，减少了现场施工时间和资源消耗。此外，采用数字化制造技术和实时监控系统，可以有效跟踪生产过程中的每一步，及时调整和优化生产参数，确保生产过程的高效和环保。

## 4 绿色造船技术在船舶运营中的应用

### 4.1 动力系统优化

在船舶运营中，动力系统优化是提高能源效率和减少环境影响的核心措施之一。现代动力系统优化技术包括高效的发动机管理系统、先进的推进装置和智能能源控制策略。高效发动机管理系统通过精确调节燃料喷射、空气供给和燃烧过程，提高发动机的燃烧效率和减少排放。推进装置的优化，如采用可调螺距螺旋桨或水下推进器，可以显著提升推进效率减少能量损失。智能能源控制系统则通过实时监控和调整能源使用，优化动力系统的运行状态降

低燃料消耗。这些系统还集成了预见性维护技术，通过分析发动机运行数据，预测和防止潜在故障，从而减少停机时间和维护成本。

#### 4.2 维护与管理

在绿色造船中，维护与管理的优化对于确保船舶长期高效运行至关重要。先进的维护管理策略包括预测性维护、智能监控系统和优化的维护计划。预测性维护利用数据分析和传感技术实时监测船舶各系统的健康状态，提前识别潜在故障，从而减少突发故障的风险和停机时间。智能监控系统通过集成传感器和数据分析工具，实时跟踪船舶的关键运行指标，如发动机性能、燃料消耗和排放水平，以便及时调整和优化操作参数。这些系统还可以生成维护报告和预警信息，帮助船员和管理人员做出及时的维护决策。此外，优化的维护计划根据设备使用情况和性能数据，制定定期和临时的检修方案，确保船舶在最佳状态下运行。通过这些维护与管理措施，船舶不仅能保持高效的运营状态，还能减少能源浪费和环境影响，推动绿色航运的可持续发展。

#### 4.3 节能与环保效果

节能与环保效果的评估是衡量绿色造船技术成功的重要指标。通过实施节能技术和环保措施，船舶在运营过程中可以显著降低能源消耗和排放。节能效果主要体现在燃料效率的提升上，例如，优化的动力系统和高效推进装置可以减少燃料使用量，降低运营成本<sup>[3]</sup>。先进的能源管理系统通过精确控制能源分配，进一步减少不必要的能源消耗。此外，船舶还可通过采用再生能源技术，如风能和太阳能，减少对传统燃料的依赖。环保效果则体现在减少有害排放和废物处理的改进上。例如，低排放发动机和清洁燃料的使用减少了温室气体和空气污染物的排放，同时高效的废水处理系统和固体废物管理措施有效降低了对海洋生态的负担。这些节能与环保措施的综合应用，不仅提升了船舶的整体运行效率，还对保护环境和推动可持续航运作出了积极贡献。

### 5 绿色造船技术的挑战与未来发展

#### 5.1 当前面临的主要挑战

绿色造船技术在推进过程中面临多重挑战。首先，技术成本高昂是一个主要障碍，虽然绿色技术如高效发动机和环保材料能显著降低长期运营成本，但初期投资大，许多船东和造船厂在资金筹集上面临压力。其次，技术成熟度和标准化不足也是一个问题，许多绿色技术仍处于试验阶段，缺乏行业统一的标准和验证，导致技术应用的不一致性和可靠性问题。此外，技术整合复杂，将新技术与传统系统兼容并提高整体系统的效率，需要复杂的工程调整和系统优化。法规和政策的滞后也是一大挑战，尽管国际海事组织和各国政府在推动环保法规，但现行法规往往滞

后于技术进步，缺乏足够的激励机制来鼓励绿色技术的广泛应用。最后，行业接受度和培训不足也影响了技术的推广，船舶操作人员和维护团队对新技术的理解和操作能力有待提升。面对这些挑战，行业需要加强技术研发、标准化建设、政策支持和培训，推动绿色造船技术的全面应用和发展。

#### 5.2 绿色造船技术的创新趋势

绿色造船技术正迎来一系列创新趋势，这些趋势将进一步推动船舶行业的可持续发展。首先，智能化技术的应用日益广泛，船舶通过集成物联网(IoT)和人工智能(AI)技术，实现实时监控和数据分析，从而优化能源管理和运营效率。智能化系统能够分析运行数据，预测维护需求，进一步降低能源消耗和减少故障率。其次，新型环保材料的研发和应用正在加速，生物基复合材料、纳米涂层和再生材料逐步取代传统的高污染材料，这些材料不仅具备优异的性能，还能减少环境负担。例如，耐腐蚀的生物涂层和高强度再生塑料在船舶建造中应用，将显著提高船舶的耐用性和环保性能。第三，新能源技术的整合也成为趋势。船舶逐渐采用风能、太阳能和氢能等清洁能源，减少对传统化石燃料的依赖。混合动力系统和燃料电池的应用正在提高船舶的能源使用效率，降低排放。此外，数字化设计和制造技术正在提升船舶建造的精度和效率。虚拟现实(VR)、增强现实(AR)和3D打印技术的应用，使得设计、测试和生产过程更加高效和准确，减少资源浪费。这些创新趋势不仅提升了船舶的环保性能和经济效益，还推动了整个行业向绿色、智能、可持续方向发展。

### 6 结语

绿色造船技术正引领船舶行业向可持续发展迈进，通过节能、环保材料和先进制造工艺的应用，大幅度降低了能源消耗和环境影响。尽管面临技术成本、标准化不足和行业接受度等挑战，但智能化技术、新型环保材料和新能源技术的不断创新，正为行业带来新的机遇。未来，随着技术的成熟和政策的完善，绿色造船将成为推动航运行业可持续发展的核心驱动力，助力实现更高效、更环保的航运目标。

#### 【参考文献】

- [1] 刘炳达. 绿色造船技术在环保船舶建造中的应用 [J]. 船舶物资与市场, 2024, 32(6): 97-99.
- [2] 秦昌媛, 侯志远. 绿色造船工艺优化新技术价值分析 [J]. 船舶标准化工程师, 2021, 54(1): 49-53.
- [3] 张孟秋. 对推进绿色造船技术的思考 [J]. 科技风, 2020(7): 35-36.

作者简介：李恒（1988.3—），男，学历：硕士研究生，上海海事大学，毕业院校：所学专业：物流工程，目前职称：助理工程师。

## 水利施工中水闸施工管理存在的问题及对策

刘 鑫 周 洁

扬州水利建筑工程有限责任公司, 江苏 扬州 225002

**[摘要]**水闸作为水利工程中重要的控制和调节设施, 对于保障水资源的有效利用、防洪减灾和水生态环境的维护具有不可替代的作用。在现代社会, 随着城市化进程的加快和经济发展的需求增加, 水闸的建设和管理显得愈发重要和复杂。然而, 在实际施工和运营过程中, 水闸施工管理面临诸多挑战和问题, 如前期准备不足、职责划分不明确、管理制度不完善、对施工重视程度不足等, 这些问题直接影响着工程的质量、进度和安全。本篇文章分析和探讨水闸施工管理中存在的问题, 并提出相应的解决对策。

**[关键词]**水利工程; 水闸施工; 施工管理

DOI: 10.33142/sca.v7i10.13666

中图分类号: TV66

文献标识码: A

## Problems and Countermeasures of Sluice Construction Management in Water Conservancy Projects

LIU Xin, ZHOU Jie

Yangzhou Water Conservancy Construction Engineering Co., Ltd., Yangzhou, Jiangsu, 225002, China

**Abstract:** As an important control and regulation facility in water conservancy projects, sluice plays an irreplaceable role in ensuring the effective utilization of water resources, flood control and disaster reduction and the maintenance of water ecological environment. In modern society, with the acceleration of urbanization and the increasing demand of economic development, the construction and management of sluice is becoming more and more important and complicated. However, in the actual construction and operation process, sluice construction management faces many challenges and problems, such as insufficient preliminary preparation, unclear division of responsibilities, imperfect management system and insufficient attention to construction, which directly affect the quality, progress and safety of the project. This paper analyzes and discusses the problems existing in sluice construction management, and puts forward corresponding solutions.

**Keywords:** water conservancy projects; sluice construction; construction supervision

### 引言

随着社会经济的快速发展和城市化进程的加快, 水资源管理和水利工程建设日益成为关注的焦点。水闸作为水利工程中重要的控制和调节设施, 广泛应用于河流、湖泊和水库等水域, 其功能主要包括调节水位、防洪、供水、灌溉以及保护水生态环境等。水闸的良好建设和有效管理对于保障水资源的合理利用和防范自然灾害具有重要意义。

### 1 水闸施工的概述

水闸是水利工程中的重要组成部分, 主要用于控制水流、调节水位、保护防洪安全、灌溉农田及维持航运通畅等。其结构复杂, 功能多样, 是水利工程中不可或缺的关键构筑物。水闸施工是一项综合性很强的工程活动, 涉及到土木工程、材料科学、水利学、机械工程等多个学科的知识和技术, 施工过程包括基础处理、混凝土浇筑、钢结构安装及机电设备调试等多个环节。

在水闸施工中, 基础处理是首要环节, 通常需要进行地基加固和基础开挖, 以确保水闸能够稳定、安全地承受上部结构和水压力。接下来是混凝土浇筑, 这一环节对混凝土的质量、施工工艺和养护措施有严格要求, 以保证水闸的强度和耐久性。钢结构安装则涉及闸门、启闭设备及

其附属设施的组装和安装, 需要高精度的机械加工和现场调试, 以确保启闭系统的灵活可靠。

### 2 水利工程施工对水闸施工管理的作用

水利工程施工对水闸施工管理具有至关重要的作用, 是保障水闸建设质量和效率的关键因素。水利工程涵盖了从水资源利用到防洪排涝、灌溉和发电等多个领域, 水闸作为其中的重要构筑物, 通过水利工程施工, 可以引入先进的勘察设计技术, 科学评估施工环境和条件, 为水闸施工方案的制定提供坚实的技术基础<sup>[1]</sup>。在大规模的水利工程项目中, 水闸只是其中的一个部分, 其施工需要与整个工程的进度、资源配置和技术要求相协调。水利工程施工管理通过统筹安排各个施工环节和流程, 确保水闸施工与其他工程部分有序衔接, 避免资源浪费和工期延误。同时, 水利工程施工管理还负责对各施工单位和部门的职责进行明确分工, 建立有效的沟通和协调机制, 确保各环节的施工质量和效率。严格的质量管理制度和标准, 水利工程施工管理对水闸施工过程中的每一个环节进行监督和检查, 确保施工质量达到设计和规范要求。特别是在材料选择、施工工艺和过程控制方面, 水利工程施工管理制定了详细的质量标准和检查程序, 保障了水闸的施工质量和安

全性。水利工程施工环境复杂，涉及水、土、机、电等多种作业条件，施工过程中存在较多的安全风险。水利工程施工管理通过制定和实施全面的安全管理措施，预防和控制施工过程中的安全隐患，保障施工人员和设备的安全。包括施工现场的安全防护、机械设备的安全操作、应急预案的制定和演练等，都需要通过水利工程施工管理来有效落实。合理的成本控制不仅有助于提高工程的经济效益，也有助于保障工程质量和进度。

### 3 水闸施工管理过程中存在的问题

#### 3.1 前期准备工作不充分

前期准备工作的不足，勘察设计不到位，未能全面、准确地掌握施工现场的地质、水文等基础信息，导致设计方案与实际情况不符，影响施工进度和质量。在施工前未能充分考虑施工过程中所需的各种材料和设备，导致在实际施工中频繁出现材料和设备短缺的情况，造成施工的断断续续，影响工程进度。再者，施工人员的技术培训和施工方案的技术交底工作不到位，施工人员对施工技术和工艺不熟悉，导致施工质量难以保障。

#### 3.2 职责划分不明确

职责划分不明确，施工管理的组织结构不合理，各部门之间职责界限模糊，导致部门之间缺乏有效的协调和配合，影响施工效率。岗位职责不清晰，施工管理人员的职责和权限界定不明确，导致在工作过程中出现责任不明、互相推诿的现象，影响施工质量和进度。此外，管理人员的专业素质和管理能力参差不齐，也影响了施工管理的整体水平。

#### 3.3 施工管理制度不标准

施工管理制度不标准，施工管理制度不完善，缺乏系统性和针对性，导致施工管理过程中的随意性较大，难以形成有效的管理规范。已有的管理制度执行力度不足，施工管理人员在实际工作中往往不能严格按照制度要求进行操作，存在制度执行不到位、监督检查不力的现象，影响了施工质量和安全。最后，缺乏有效的反馈机制，施工过程中出现的问题不能及时反馈和解决，影响施工进度和质量。

#### 3.4 对水闸施工重视程度不足

对水闸施工的重视程度不足，管理层对水闸施工的重要性认识不足，未能投入足够的资源和精力进行施工管理，导致管理水平低下，影响施工质量和进度。施工人员对水闸施工的重要性认识不足，缺乏责任心和主动性，施工过程中存在敷衍了事、偷工减料等现象，严重影响了施工质量。此外，在施工管理中，技术创新不足，未能充分应用先进的施工技术和管理方法，影响了施工效率和质量。

### 4 水闸施工管理的有效应对措施

#### 4.1 做好充足的准备工作

水闸施工涉及到多学科、多工种的协同工作，前期准

备工作越充分，施工过程中遇到的问题就越少，施工效率和质量也越高。应进行全面、详细的地质勘察，了解施工现场的地质、水文条件，以便制定科学合理的设计方案。对于复杂地质条件，还需要进行专项勘察，如软土、膨胀土等特殊土质的处理方案。施工现场的水文条件，如洪水频率、最高水位、最低水位、径流量等，都需要详细了解和分析，以确保水闸的设计能适应各种水文条件。对于洪水频繁的区域，还需制定相应的防洪措施，以保证施工期间的安全。设计方案应充分考虑施工现场的实际条件，确保设计的可行性和经济性<sup>[2]</sup>。根据施工进度计划，提前制定详细的物资采购计划，明确所需材料和设备的种类、规格、数量和到货时间。在采购过程中，应选择信誉良好的供应商，并对材料进行严格的质量检验，确保材料的质量。在材料进场后，还应做好材料的存放和保管，避免材料受潮、变质和丢失。在设备进场后，应对设备进行检查和调试，确保设备的正常运行。同时，应对操作人员进行设备使用培训，确保设备操作的安全和规范。在施工前应对施工人员进行全面的技术培训和施工方案的技术交底。技术交底应详细介绍施工方案的每一个环节和步骤，明确施工的技术要求和注意事项，确保施工人员了解施工的全过程。还应建立健全的施工组织机构，明确各部门和岗位的职责，确保施工的有序进行。

#### 4.2 明确水闸施工管理中的职责

明确的职责分工可以避免工作中的责任不清、互相推诿的现象，确保每一项工作都有明确的责任人，从而提高施工管理的整体水平。施工管理的组织结构应合理设置，明确各部门和岗位的职责和权限，确保各部门之间的协调和配合顺畅。组织结构应包括项目经理、技术负责人、质量检查员、安全员等关键岗位，并明确各岗位的职责和权限。技术负责人负责施工技术的指导和技术问题的解决，确保施工技术的正确实施。质量检查员负责施工质量的检查和监督，确保施工质量符合设计要求和规范标准。安全员负责施工现场的安全管理，预防和控制施工过程中的安全风险，保障施工人员和设备的安全。每一个岗位的职责和权限应明确界定，避免工作中的责任不清、互相推诿的现象。岗位职责应包括具体的工作内容、工作流程、工作标准和工作要求，并明确各岗位的责任和考核指标。项目经理的职责包括制定施工计划、组织施工资源、协调各部门和岗位的工作、解决施工过程中出现的问题、监督施工进度和质量、确保施工的顺利进行。技术负责人的职责包括编制施工方案、进行技术交底、指导施工技术、解决施工技术问题、监督施工技术的实施、确保施工技术的正确性。质量检查员的职责包括制定质量检查计划、进行质量检查、监督施工质量、解决施工质量问题、确保施工质量符合设计要求和规范标准。安全员的职责包括制定安全管理措施、进行安全检查、监督施工安全、解决施工安全问

题、确保施工现场的安全。管理人员的专业素质和管理能力直接影响施工管理的整体水平。因此，应通过培训和考核，提高管理人员的专业素质和管理能力。培训应包括施工技术、管理知识、安全知识等内容，确保管理人员熟悉施工技术和管理知识，提高管理能力。考核应包括工作表现、工作质量、工作效率等内容，确保管理人员的工作质量和效率。

#### 4.3 加强对水闸施工的重视程度

只有在管理层和施工人员都高度重视水闸施工的情况下，才能确保施工的顺利进行和施工质量的提高。管理层应充分认识到水闸施工在整个水利工程中的重要性，了解水闸施工对工程整体功能和安全的重要影响，从而增强对水闸施工的重视程度。合理配置施工人员，确保施工人员的数量和技术水平满足施工要求；充足准备施工材料和设备，确保施工过程中不会因材料和设备短缺而影响施工进度和质量；制定合理的施工预算，确保施工成本控制在预算范围内。建立健全的激励机制，通过奖励和惩罚措施，激励施工人员的积极性和责任心。对于工作表现优异、施工质量和效率高的施工人员，应给予奖励和表彰；对于工作不认真、施工质量和效率低的施工人员，应给予惩罚和教育。通过培训和教育，提高施工人员的专业素质和技术水平，增强施工人员的责任心和主动性，确保施工的顺利进行。技术创新是提高施工质量和效率的关键。通过技术交流和合作，引进国内外先进的施工技术和管理方法，应用于水闸施工中，提高施工质量和效率。建立健全的技术创新激励机制，通过奖励和表彰措施，激励施工人员积极进行技术创新，提出改进施工技术和管理方法的建议和措施。定期进行技术培训和技术交底，使施工人员熟悉最新的施工技术和管理方法，提高施工人员的技术水平和创新能力，确保技术创新的有效实施。

#### 4.4 创新水闸施工管理方式

传统的管理方式往往存在信息不畅、协调不力、监督不到位等问题，无法适应现代水利工程施工的复杂性和高要求。应引入信息化管理手段，通过信息技术手段可以实现施工全过程的数字化、信息化管理。施工现场的情况复杂多变，传统的静态管理方式难以应对。通过引入动态管理方式，如实时监控技术、无人机巡检技术、物联网技术等，可以实现对施工现场的实时监控和管理，及时发现和解决施工过程中出现的问题，确保施工进度和质量。绿色施工是现代施工管理的一个重要方向，通过采取环保措施、节约资源、减少污染，可以实现施工的可持续发展。安全施工是施工管理的重中之重，通过建立健全的安全管理体系、加强安全教育和培训、严格落实安全措施，可以有效预防和控制施工安全风险，保障施工人员和设备的安全。管理人员应树立创新意识，积极探索和尝试新的管理方式和技术手段，提升施工管理的创新能力。

#### 4.5 水闸施工中的有效管理

水闸施工涉及多个环节和工序，每一个环节和工序都需要严格的管理和控制，确保施工按计划进行，施工质量符合设计要求和规范标准。施工计划是施工管理的基础，通过合理的计划安排，可以确保施工进度和资源的有效利用。施工计划应结合实际情况，进行动态调整，确保施工按计划顺利进行。施工质量是施工管理的核心，通过严格的质量控制措施，可以确保施工质量符合设计要求和规范标准。施工安全是施工管理的重中之重，通过严格的安全管理措施，可以有效预防和控制施工安全风险。制定详细的资源配置计划，合理安排施工人员、物资和设备，加强对施工人员的管理，进行技术培训和技术交底，提高施工人员的专业素质和操作能力。施工现场是施工管理的重点，通过严格的现场管理措施，可以确保施工的有序进行。

#### 4.6 完善水闸管理制度

完善的管理制度是施工管理的基础，通过建立健全的管理制度，可以规范施工过程中的各项工作，确保施工的有序进行和施工质量。质量管理制度是确保施工质量的关键，通过严格的质量管理制度，可以规范施工过程中的各项质量控制措施，确保施工质量符合设计要求和规范标准。制定详细的质量管理标准和检验程序，明确每一个环节和工序的质量要求和检验方法，确保施工质量的全面控制。安全管理制度是确保施工安全的关键，通过严格的安全管理制度，可以预防和控制施工过程中的安全风险，保障施工人员和设备的安全。安全管理制度应包括安全教育培训、安全防护措施、安全检查和监督、安全应急预案等内容。进度管理制度是确保施工按计划进行的关键，通过严格进度管理制度，可以规范施工过程中的各项进度控制措施，确保施工按计划顺利进行<sup>[3]</sup>。进度管理制度应包括施工进度计划、进度控制措施、进度检查和调整等内容。资源管理制度是确保施工资源有效利用的关键，通过严格的资源管理制度，可以规范施工过程中的各项资源配置和管理措施，提高资源的利用效率，降低施工成本。资源管理制度应包括人力资源管理、物资资源管理、设备资源管理等内容。现场管理制度是确保施工现场整洁、有序和安全的关键，通过严格的现场管理制度，可以规范施工过程中的各项现场管理措施，确保施工现场的管理水平。现场管理制度应包括现场布置、现场秩序、现场环境、现场安全等内容。

#### 5 结语

水闸施工管理是水利工程中不可或缺的重要环节，直接影响着工程质量、进度和安全。在本文中，我们详细探讨了水闸施工管理中存在的问题及对策，从前期准备不足、职责划分不明确、管理制度不完善到施工重视程度不足等方面进行了分析和讨论。针对这些问题，提出了一系列

有效的解决措施，包括做好充足的工作准备、明确施工管理职责、创新管理方式、加强施工管理效率和完善管理制度等。未来，随着科技的不断进步和管理理念的不断创新，需要继续深化管理制度改革，加强技术创新和人才培养，逐步提升水闸施工管理的现代化水平。

#### 【参考文献】

- [1] 张鑫. 关于水利施工中水闸施工管理对策探究 [J]. 陕西水利, 2018(1): 144-145.

[2] 程艳玲, 徐德亮. 水利工程施工中劳务分包管理存在的问题及对策 [J]. 农业科技与信息, 2020(8): 106-107.

[3] 杨信国. 水利水电施工中水闸施工管理存在的问题及对策 [J]. 中国高新科技, 2021(14): 21-22.

作者简介：刘鑫（1990.6—），男，毕业院校：南京工程学院，所学专业：工程管理（工程造价管理方面），当前就职单位：扬州水利建筑工程有限责任公司，职务：项目副经理，职称级别：工程师。

# 征 稿

《Smart City Application》即《智慧城市应用》由新加坡Viser Technology Ltd主办, ISSN: 2630-5305。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的青睐。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, 中国知网、维普网等权威数据库收录。

期刊以“平面媒体+网络传播”方式互动, 内容聚焦智能城市建设, 解读行业政策, 传播行业技术标准; 组建权威的业内专家团队, 为期刊提供精粹的观点、尖端技术解读; 以科技成果传播为核心, 关注自主创新, 宣传展示各地智能城市建设成就; 剖析各领域典型应用案例, 分享最新技术理论与产品, 全方位深度覆盖诸多物联网与智慧城市应用领域, 为相关信息化管理部门及广大设计院、系统集成商、建筑工程公司、房地产开发商、物业管理公司、产品生产厂商等相关单位提供各类参考资料。

《智慧城市应用》期刊的主要栏目有:

城乡规划、市政园林、路桥与交通、通讯通信技术、施工技术、节能环保、装饰装修、机械机电、计算机应用技术、自动化技术、智慧数据分析、工业制造、综述研究等。

鼓励智能城市建设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](http://www.viserdata.com)



Viser Technology Pte. Ltd.

公司地址

111 North Bridge Rd, #21-01 Peninsula Plaza,  
Singapore 179098

官方网站

[www.viserdata.com](http://www.viserdata.com)

