www.viserdata.com

智能城市应用

月刊

SMART CITY APPLICATION

■ 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 11

第7卷 总第55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.



智能城市应用

Smart City Application

2024年·第7卷·第11期（总第55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： 11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

投稿/查稿邮箱： 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；作者文图责任自负，如有侵犯他人版权或者其他权利的行为，本刊概不负连带责任。

版权所有，未经许可，不得翻译、转载本刊所载文章。

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

目　录

CONTENTS

市政园林

论滨河绿道在城市更新中的作用——以苏州元和高新区活力环为例 ..... 于美慧 1

水利工程与水景观设计的融合与创新研究..... 靖　婧　崔颖欣　陈　鹏 5

路桥与交通

高速公路 SMA 沥青混凝土路面施工技术分析..... 王少华　尹金涛 8

基于高速公路机电设备的维护管理研究..... 朱承东 11

公路桥梁冬季混凝土养护措施的分析与改进..... 闫德胜 14

公路工程路基路面施工技术与质量控制措施..... 杨　雪 17

公路工程施工中填石路基施工技术及应用实践分析.... 蒋仁军 20

施工技术

基于有限差分法对基坑环境影响的应用浅析.. 袁小刚 23

装配式 ALC 条板墙施工工艺研究..... 王亚西 27

建筑工程

绿色经济理念下建筑经济可持续发展研究.... 张建良 30

装配式住宅建筑施工技术的应用及质量管控对策..... 韩　耀 33

医院多联机空调系统在特殊科室应用的施工管理..... 邸烁阳 36

建筑工程造价超预算的原因及控制策略探讨..... 樊存仁 40

浅析 BIM 技术在建筑工程管理中的应用..... 杜奇泽　赵中兰 43

节能环保

分布式综合能源管理系统需求响应调度优化..... 吴尚润　高庆忠 46

民用建筑电气照明设计中节能技术的应用.... 蒋晓松 50
北京火电碳达峰路径分析..... 伊燕龙 53
火电厂集控运行节能降耗技术探析.. 彭永平　产取结 57

机电机械

辊压机传动系统的故障检测与维修方法..... 薛冰军 60
辊压机传动系统的负荷均衡优化策略..... 侯龙涛 63
辊压机工作辊的温度控制对产品质量的影响.....
..... 高超飞 66
辊压机在锂电池极片压实中的压力控制优化分析.....
..... 侯延胜 69
辊压机电气控制系统的故障诊断与维护技术.....
..... 侯亚斌 72

计算机应用技术

基于 STM32 的循迹避障机器人设计..... 周占伟 75
医疗单体建筑土建与智能化系统交叉管理分析.....
..... 魏文贺 79

自动化技术

电气设计和自动化设计的融合探析..... 赵金秋 82
基于电力系统及其自动化技术的安全控制应用.....
..... 张耀巍 85
建筑电气自动化在现代建筑中的运用探究.... 穆　彤 88
解析配电线路自动化系统的应用探析..... 王国宇 91

智慧数据分析

智能化技术在水利闸站机电设备安装中的应用与效益分析 ..... 刘　鑫　周　洁 94
大数据技术在船舶管理中的运用及效果观察.....
..... 马洪兵 98
智能控制工程在机械电子工程中的应用..... 赵永波 101
隧道无极调光系统应用分析..... 刘俊成　黄　资 104

石油化工

石油化工行业的可持续发展策略与实践..... 于　勇 107

勘察测绘

GPS 系统在油田地面工程测绘工作中的应用 . 郭金满 110
大数据在测绘地理信息中的应用分析.....
..... 开力比努尔·卡哈尔 113

工业制造

改善高线加热炉加热质量的技术措施..... 唐小俭 116
能源与动力工程在锅炉领域的实践研究.....
..... 王玉玺　陈文婷　李沁洋 119

综述研究

火电厂热能动力工程中的节能技术分析..... 张景红 123
从事故调查角度探讨应急管理存在的问题及措施.....
..... 郭定平 126

论滨河绿道在城市更新中的作用——以苏州元和高新区活力环为例

于美慧
成都市公园城市建设发展研究院，四川 成都市 610036

[摘要]元和高新区位于中国历史文化名城苏州古城北，是相城中心城区的重要组成部分。然而，随着城市规划理念的不断完善，社会的不断进步，老城区开始无法与城市的整体发展相匹配，片区城市居民的各类需求也日渐得不到满足，城市更新活动势在必行。城市滨水空间是具有天生亲水性的人们最向往的休闲游憩场所，滨河绿道是城市滨水空间的重要组成部分，它处在城市中水体与陆地的交界处，是联系自然河流与城市之间的纽带，有着休闲、防洪、展示等诸多功能。滨河绿道作为城市中重要的公共开放空间，不仅能体现城市地域特色与整体风貌，传承城市文脉，展示城市的都市形象，恢复城市自然生态，还能代表着一座城市的经济发展状况和科学文化水平，是最能直接影响到人们对城市总体印象的区域。作为城市“经络”与“血管”的城市滨河绿道涉及城市经济、社会、环境的各个方面，是城市活力集中体现的场所。以此为切入点，本案将城市更新与城市滨河绿道建设联系起来，尝试通过滨河绿道系统的构建，实现城市全方位的改善，以此激发城市活力。

[关键词]滨河绿道；城市更新；景观设计
DOI：10.33142/sca.v7i11.14209　　中图分类号：TU984.18　　文献标识码：A

The Role of Riverside Greenway in Urban Renewal—A Case Study of the Vitality Ring in Suzhou Yuanhe High tech Zone

YU Meihui
Chengdu Park City Construction and Development Research Institute, Chengdu, Sichuan, 610036, China

Abstract: Yuanhe High tech Zone is located in the north of the ancient city of Suzhou, a historic and cultural city in China, and is an important part of the central urban area of Xiangcheng. However, with the continuous improvement of urban planning concepts and the continuous progress of society, the old urban areas have begun to be unable to match the overall development of the city, and the various needs of urban residents in the area are gradually not being met. Urban renewal activities are imperative. Urban waterfront spaces are the most desirable leisure and recreational places for people with inherent hydrophilicity. Riverside greenways are an important component of urban waterfront spaces, located at the junction of water bodies and land in the city, serving as a link between natural rivers and the city. They have many functions such as leisure, flood prevention, and display. As an important public open space in the city, the riverside greenway not only reflects the regional characteristics and overall style of the city, inherits the urban context, showcases the urban image, restores the natural ecology of the city, but also represents the economic development status and scientific and cultural level of a city. It is the area that can directly affect people's overall impression of the city. As the "meridians" and "blood vessels" of the city, the urban riverside greenway involves various aspects of the city's economy, society, and environment, and is a place where urban vitality is concentrated. Taking this as a starting point, this case links urban renewal with the construction of urban riverside greenways, attempting to achieve comprehensive improvement of the city through the construction of riverside greenway systems, thereby stimulating urban vitality.

Keywords: riverside greenway; urban renewal; landscape design

1 绪论

1.1 研究背景

城市的形成通常与河流、湖泊相伴而生，城市中的河流大多数都可以形成具有代表城市文化风貌的地域性景观。滨河绿道属于城市绿地系统中的滨河带状绿地，以流畅的滨河慢行道（支持慢跑和骑自行车）为中心，将现有的带状公园和未称为公园的带状绿地连接成一个整体，并提供完善的绿道休闲设施，它为市民提供了一个不受机动车干扰的带状的慢行空间，是城市生态系统的重要组成部分，并为城市滨河景观风貌营造了线性连续的视觉体系[1]。本地市民和外地游客都可以通过滨河绿道这种城市特有的带状景观形成对城市的整体认知，这种共享性的公共空间具有非常积极的作用，人流量的增加对两侧的商业及城市的旅游业都有很大的积极推动作用。

1.2 研究目的

城市更新是一种将城市中已经不适应现代化城市社会生活的地区作必要的、有计划的改建活动，其主要目的是激发城市的活力，实现城市各方面可持续发展。城市滨河

Copyright © 2024 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

绿道处在水体与陆地的交界处，是城市的骨架空间，对城市的经济及文化活动分布、生态及环境质量有着重要影响。

本案以苏州元和高新区活力环为例，以城市更新为切入，通过对其滨河绿道的景观设计来探讨滨河绿道在城市更新中的作用，以期望能重新激发苏州元和高新区的城市活力，提高元和高新区品位和档次，进而实现城市经济、社会、环境的可持续发展，最终达到城市更新的目的。

1.3 研究意义

在“城市更新”理念下对城市滨河绿道进行景观设计，是对城市滨水区的深入开发，是人们对城市滨水区公共活动空间的向往与追求。元和高新区活力环的建设将给元和高新区带来具有统一性且符合其特色的整体景观风貌，以生态再生为设计理念，连接各个城市热点，建立一个连续，富有活力的休闲生态目的地。不但会带给人们审美上的快乐，而且会使城市变得富有情调，对构建人文生态城市和绿色城市建设具有非常重要的意义。

2 项目概况

2.1 区位概况

元和高新区，位于中国历史文化名城苏州古城北是相城中心城区的重要组成部分，名副其实的苏州北大门。相城区，是苏州市最年轻、最具发展活力和潜力的城区之一。同时相城区也是文化悠久生态宜居的水乡。这里不仅孕育了吴门画派代表人物沈周、通俗文学之父冯梦龙等，还煅烧出专供皇家建筑的御窑金砖，织造出紫禁城里的龙袍御衣，拥有稻作文化的诸多印记。

本案位于苏州北站通往苏州老城区的必经之路，是连接“一核四城”规划中的重要节点。基地周围公园景区众多，两个火车站之间的区位决定其便捷的交通，但因距离较远，对其整体影响力较差，导致旅游吸引力和人气明显不足，但本案的区位是打造区域旅游枢纽的理想位置。

2.2 区域空间结构

据其上位规划可知，本案所处区域的空间规划结构为“一轴+三带”。一轴：城市空间轴，贯穿相城中心城区，北部至相城中央公园，南部连姑苏古城。三带：两纵一横，分别为元和塘科技文化创意带、文体休闲带、生活服务带。所以，本案活力环承接规划结构，结合生态廊道，具有重要的城市空间位置。

2.3 现状分析

（1）滨河绿道不连续

现状绿道孤立存在于分散的绿地中，相互不连续，相对封闭。大部分区域绿道缺失，整个相城没有形成完整连续的公共绿道体系。

（2）滨河绿道可达性差

城市重要热点不在绿道体系内，与绿道系统不连通，导致交通可达性差。绿道在道路交叉口、河流桥梁等处断开，缺乏无障碍连通方式。

（3）缺乏核心吸引物

场地功能较单一，同时空间内缺乏亲水设施难以形成亲水空间满足人们的亲水性，景观效果不佳，无可参与、互动景观，不能满足各类使用者的不同活动需求，缺乏场地核心吸引物。

（4）绿道缺乏服务体系

整体滨河绿带缺乏必要的配套设施，包括卫生间、导视系统、驿站等。

3 总体规划

3.1 设计定位

在城市更新理念的指导下，通过对基地的现状调研及分析，针对相城元和高新区区域当前存在的一些问题，作出以下设计定位：打造一张具有苏州相城特色的城市名片，建立一个连续、富有活力的休闲生态目的地。

通过滨河绿道的串联，在充分反映苏州相城的当地文化、经济特色的前提下，运用景观的设计手法，加强城市与河流之间的空间联系，为滨河空间集聚人气与活力，为城市的未来发展带来更多的契机。

3.2 设计目标

（1）健康赋能，创建连续的闭合的慢行系统

在整体宏观把控的基础上，通过整合已经建成的部分现状滨河绿道，进一步完善活力环区域的滨河绿道系统。目标是创建一个连续且闭合的慢行系统，将居民有效地引入周边的滨河空间或城市节点，从而提供一个让人们能够更加亲近自然的机会。这样的举措不仅能够增强城市的生态功能，还能提升居民的生活质量，使他们在繁忙的都市生活中找到一片宁静的自然空间。

（2）社区活化，创建满足公众需求的高品质活动空间

活力环滨河绿道以其独特的线性特征和延展性，为人们提供了一个绝佳的场所，让他们能够沿着蜿蜒的河流开展各种户外运动，如慢跑、散步、骑自行车等。这些活动不仅有助于增强体质，还能让人们在运动中享受大自然的美景。活力环的巧妙设计使得它不仅仅是一条简单的绿道，而是一个连接各个重要地点的纽带。通过活力环的连接，公园、居民区、购物中心，以及具有历史意义的场所都被紧密地联系在一起，形成一个有机的整体。这样的设计不仅方便了人们的出行，还提供了一个没有机动车干扰的优美环境，让人们在享受运动的同时，也能更加自由地选择通往更多地方的路径。无论是晨练、休闲还是探索城市的历史文化，活力环滨河绿道为市民提供了一个理想的选择。

（3）城市连接，景观带所串联的城市产业空间

通过滨河绿道系统的建立，优化城市滨河绿道内部的公共开放空间，同时串联周边城市产业，与外部的城市节点间能保持良好的便捷性和可达性，激发城市活力，为居民提供近距离的、位于居住及工作地周边的娱乐场所的功能，使滨河绿道真正与市民的日常生活融为一体。

Copyright © 2024 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

（4）生态再生，带状空间所搭建的动植物生态廊道

滨河环境是城市的重要自然生态区域，应同时满足动物栖息地功能和人类游憩功能，在活力环滨河绿道的建设中，注重对生态环境的保护，遵循可持续发展的理念，以追求创造生态可持续发展的滨水空间为目标，使相城中心城区滨水景观在不断发展过程中具有整体连续性，追求人与自然的和谐相处。

4 设计策略

4.1 总体设计

元和高新区活力环的建设，以改善元和高新区居民的人居环境，以达到居民所要的生活舒适、工作便利、邻里和睦、身心健康、环境美化为目的。活力环通过 7 公里的滨河绿道，给市民提供一个运动健康、科技互动、生态休闲和科普教育的多元活力环，活力环总平面如图 1 所示。



图 1　活力环近期目标

4.2 多元活力功能环

以元和高新区水系为整体基调，汲取苏式园林的六大设计元素，进行元素的抽象设计，从而演绎出活力环的六大景观节点。这些节点包括云之亭、光之环、风之窗、花之丘、竹之影以及镜之桥。通过对活力环的发展历史进行细致的梳理，结合自然与人文的整合和归纳，我们成功地将活力环滨河绿道景观结构规划设计为“四大景观主题带、六大主题景点、四条特色植物景观带”。这不仅丰富了元和高新区的自然景观，也提升了该地区的文化内涵。通过这种设计，我们旨在打造一个既具有传统韵味又充满现代活力的绿色生态空间，让市民在享受自然美景的同时，也能感受到深厚的文化底蕴，如图 2 所示。



图 2　景观主题带

（1）科技互动主题带

活力环的南侧区域被精心设计成一个充满科技互动元素的主题带，旨在通过一系列引人入胜的景点来吸引游客并提升整个场地的活力。这一区域的核心是三大主题景点：镜之桥、光之环和云之亭。镜之桥通过巧妙的镜面设计，让游客在行走过程中体验到视觉上的错觉与惊喜；光之环则利用先进的灯光技术，创造出梦幻般的光影效果，使夜晚的景观更加迷人；云之亭则是一个充满现代感的建筑，通过独特的结构设计，仿佛飘浮在空中，为游客提供了一个休憩与观赏的好去处。同时因现状植物条件优良，植物景观以增加特色点景树为主。

（2）运动健康主题带

活力环西侧为运动健康主题带，旨在为游客提供一个充满活力和自然美的休闲空间。这一主题带的核心景点名为“竹之影”，通过巧妙地运用亚克力板的半透明特性，创造出一种独特的视觉效果。当游客漫步于此，他们不仅能感受到竹影婆娑的美感，还能与之互动，仿佛自己也成了这幅生动画面的一部分。这种设计不仅增添了趣味性，还巧妙地将自然元素与现代材料相结合，创造出一种新颖的互动体验。

在植物景观的营造上，设计师们精心挑选了多种香花树种，如桂花、含笑、玉兰和栀子等，以确保四季皆有花香相伴。特别是在夏秋季节，这些香花树种竞相开放，散发出浓郁的香气，仿佛整个城市都被桂香所弥漫。这样的设计不仅美化了环境，还为游客提供了一个充满芬芳的休闲场所，使他们在享受运动和健康的同时，也能感受到大自然的馈赠。

（3）教育科普主题带

活力环北侧为教育科普主题带，其现状景观条件较好，因此主要的策略是保留现有的景观特色。设置主题景点风之窗，这个景点不仅是一个视觉焦点，还可以作为一个框景，让人们通过它来欣赏远处的“相之门”。为了与这一主题相契合，植物景观的设计也充分考虑了现场的实际情况。原有的景观风貌得到了保留，主要以樱花和桃花为主，营造出一种“樱花飞雨”的浪漫氛围。这种植物配置不仅美化了环境，还为游客提供了一个四季变换的美丽景观，使整个教育科普主题带更加生动和富有吸引力。

（4）生态休闲主题带

活力环东侧为生态休闲主题带，设置主题景点“花之丘”，旨在通过种植各种观赏性极强的草本植物，为游客们带来视觉上的盛宴。这片区域主要以粉黛乱子草、狼尾草、墨西哥羽毛草等观赏草为主，这些植物在秋冬季节展现出独特的色彩和形态，营造出一种浪漫而宁静的氛围。“花之丘”不仅仅是一个简单的植物展示区，它还被打造成一个网红打卡地，吸引着众多游客前来拍照留念。通过这些精心设计的景观，活力环的整体氛围得到了极大的提

Copyright © 2024 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

升，为整个区域注入了源源不断的活力。游客们在这里不仅可以欣赏到美丽的自然景观，还能感受到设计师们对生态和美学的深刻理解，使得这片生态休闲主题带成为活力环中一个不可或缺的亮点。

5 七公里绿道连续联通

活力环绿道总体长度约 7 公里，现状情况复杂，因此在本案滨水空间的规划设计中，怎样保持滨河绿道的各个部分的连通性，是一个需要重点解决的问题。

现状滨河绿道的问题包括绿道整段缺失或被道路交叉口及河流等断开，为解决其联通的问题，本案提出 3 种解决方式。

（1）下穿廊道

此手段主要应用于被桥梁打断的绿道，活力环需要共 7 处下穿廊道。根据桥梁的类型和桥下净空高度的考虑，有两种解决方式。一种是绿道穿越跨河桥梁，在桥下净空高度满足需求时，靠近桥墩修建绿道，连接两岸，共 5 处；另一种是跨路桥梁，在桥下修建完整闭合的慢行路，共 2 处。

（2）架设桥梁

因现状水网密布，在河流上架设景观桥梁，来满足骑行、慢跑无障碍通行，给予两岸更多的沟通互动，共 4 处。

（3）平交

在道路级别较高且桥下空间不足处通过斑马线颜色的统一绘制，来满足骑行、慢跑的通行，共 4 处。

6 生态设计策略

滨水绿道作为城市生态系统的一个子系统。要求人工环境能融入自然环境，使受到保护的地能够在城市的发展中保留下来，为动植物提供必要的栖息地。活力环滨水绿道生态设计目的就是降低人为活动对于滨水区域及水域的影响，修复规划的重点是降低城市水体污染，河道形态及恢复河岸植物等。

（1）整体水体净化

景观效果与雨洪管理并重，通过生态草沟、蓄滞池、人工湿地等生态手段，可以在一定程度上控制城市现有的水污染，净化水体，达到缓解瞬时暴雨、净化地表径流水质、满足动物生态栖息地的需求。

（2）湿地环境营造

将原本硬质驳岸优化为自然驳岸，根据自然驳岸具有可渗透性的特点，保证水的流动和置换；活力岛结合水生直至形成湿地景观，为动植物提供栖息地，同时增加滨水绿化层次感，保证景观观赏性和实用性。

（3）生态廊道架设

人类活动造成的景观破碎化已成为众多环境问题的根源。通过建立生态廊道实现生物多样性保护、河流污染控制等多种生态功能，同时满足人类日益增长的亲近自然的需要，已成为现代景观及城市规划领域的共识[2]。活力岛的生态廊道在生态环境系统中呈线性布局，能够沟通连接空间分布上较为孤立和分散的生态单元的生态系统空间类型。城市道路割裂了自然空间，导致景观碎片化。通过生态廊道的架设，促进两地动植物的运动，保护当地生物的多样性。

7 地面标识系统

在城市更新的理论下，为统一活力环整体风貌，让居民对滨河绿道有更强烈的感知，将慢步道颜色及风格统一设计。步道颜色统一使用科技蓝，并在上面标明导视及互动信息，提高居民的积极性，如图 3 所示。



图 3 地面标识系统

8 结论

本案主要是基于城市更新理念下城市滨河绿道系统的景观设计研究的实践应用。首先对项目概况及元和高新区的上位规划、周边交通、周边环境进行了梳理，然后明确了项目未来发展的定位，提出了项目的设计原则，并结合方案整体规划的四大景观主题带及六大主题景点对元和高新区活力环项目进行了景观生态设计和景观功能修补。景观生态修复设计包括整体水体净化、湿地环境营造和生态廊道架设方面，景观功能修补包括完善活力环空间功能、文化特色的塑造与表达、滨河绿岛系统的连续联通、服务体系注入和整体种植原则等方面，做到了实践与理论结合。

[参考文献]

[1]何志明.城市滨河绿道使用状况评价研究——以杭州主城区为例[D].杭州:浙江大学,2013.

[2]朱强,俞孔坚,李迪华.景观规划中的生态廊道宽度[J].生态学报,2005,25(9):2.

作者简介：于美慧（1993.4—），毕业学校：北京林业大学，所学专业：园林，当前就职单位：成都市公园城市建设发展研究院，职务：专业技术人员；职称：工程师（园林绿化）、工程师（规划）。

Copyright © 2024 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

水利工程与水景观设计的融合与创新研究

靖 婧 崔颖欣 陈 鹏
中水北方勘测设计研究有限责任公司，天津 300222

[摘要]水利工程与水景观设计是两个不同领域的重要学科，分别关注水资源的开发利用和水环境的美化与塑造。然而，在城市化进程中，水利工程和水景观设计往往需要在有限的空间内协调发展，以满足社会经济发展和人们对美好生活环境的需求。将水利工程与水景观设计相融合，实现创新发展，有利于提升城市水环境质量，改善生态环境。文章介绍了水利工程和水景观设计的概念及其联系，提出了多种融合创新路径，以促进水利工程与水景观设计的融合，为创造美好的水环境和景观空间提供支持。

[关键词]水利工程；水景观设计；融合创新；生态工程
DOI：10.33142/sca.v7i11.14191 中图分类号：TV72 文献标识码：A

Research on the Integration and Innovation of Water Conservancy Engineering and Water Landscape Design

JING Jing, CUI Yingxin, CHEN Peng
China Water Resources Beifang Investigation, Design and Research Co. Ltd., Tianjin, 300222, China

Abstract: Water conservancy engineering and water landscape design are two important disciplines in different fields, respectively focusing on the development and utilization of water resources and the beautification and shaping of water environment. However, in the process of urbanization, water conservancy engineering and water landscape design often need to coordinate and develop within limited space to meet the needs of social and economic development as well as people's demand for a better living environment. Integrating water conservancy engineering with water landscape design to achieve innovative development is beneficial for improving the quality of urban water environment and enhancing the ecological environment. The article introduces the concepts and connections between water conservancy engineering and water landscape design, and proposes various innovative paths for integration to promote the integration of water conservancy engineering and water landscape design, providing support for creating a beautiful water environment and landscape space.

Keywords: water conservancy engineering; water landscape design; integrated innovation; ecological engineering

引言

当前城市化进程加速，人们对生活质量要求提高，水利工程已不再仅仅是解决水资源利用和防洪排涝的技术手段，而是与城市建设、生态保护、文化传承等方面紧密相连。水景观设计作为一种景观艺术形式，强调通过水体、植物、地形等元素的组合来打造具有美学价值和人文情怀的场所，满足人们对自然美和休闲娱乐的需求。传统的水利工程往往以功能性为主，缺乏对景观的考量，而水景观设计注重创造美丽的水景环境。通过将两者相结合，可以在保证水利工程功能的基础上，打造具有观赏价值的水景，提升城市的形象和品位[1]。

1 水利工程与水景观设计概述

1.1 水利工程的定义与分类

水利工程是指利用水资源进行开发利用、水利设施建设、水资源管理和保护的一门工程技术科学。它是人类利用水资源、调节水文循环、保障人类生产生活需要的重要手段，涵盖了水文、水资源、水利工程建设、水资源管理等多个领域。水利工程的分类主要包括水资源开发利用工程、水土保持工程、水利工程建设和管理等。

1.2 水资源开发利用工程

这类工程主要是利用各种水资源，包括地下水、地表水、雨水等进行开发利用，以满足农业灌溉、城市供水、工业用水、发电、航运等各个方面的需要。其中包括水库、引水渠、灌溉工程、排灌工程、水电站等。

1.3 水土保持工程

这类工程旨在防止水土流失，保护土壤资源，维护生态平衡。水土保持工程包括森林植被的保护、坡面保护、植树造林、护坡、防沙治沙等措施，以减少水土流失，改善水环境，保护农田和生态环境。

1.4 水利工程建设

这类工程是指建设各种水利设施和水利工程，以提高水资源的利用效率和水文循环的调节能力。水利工程建设包括河道整治、水库建设、堤防修建、水闸建设、渠道开挖等，旨在改善水文条件，保障灌溉、供水、防洪等用水需求。

1.5 水资源管理

水资源管是指对水资源的规划、调度、监测、保护和

Copyright © 2024 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

管理，以实现水资源的合理配置和可持续利用。水资源管理包括水资源调度、水质监测、水环境保护、水权管理等，旨在保障水资源的可持续利用和生态安全。

1.6 水景观设计的概念与特点

水景观设计是指以水为主体，以及通过水体、植物、地形、建筑等元素的组合和配置，创造出具有观赏性、艺术性和文化内涵的景观环境的设计活动。它是一种综合性的景观设计形式，旨在营造出美丽、宜人的水景环境，满足人们对自然美和休闲娱乐的需求，强调人与自然的和谐共生。

水景观设计的特点主要体现在以下几个方面。一是自然性。水景观设计强调模拟自然水景，使人们在城市中也能感受到大自然的美妙。通过水体的自然形态、植物的自然配置、地形的自然塑造等手段，营造出自然、生态的水景环境，给人们带来身临其境的自然体验。二是艺术性。水景观设计注重景观的艺术性和美学价值，追求在自然环境中创造出具有艺术感和美感的景观作品。设计师通过水的流动、植物的组合、景观的布局等手法，打造出具有视觉美、空间美和色彩美的水景环境，增强人们的审美享受。三是情感性。水景观设计能够唤起人们的情感共鸣，引发人们对自然的热爱和向往。水体的流动、声音的悦耳、植物的繁茂等元素都能够触动人们的情感，使人们在水景环境中感受到平静、舒适和愉悦，有助于减轻城市生活带来的压力和疲劳。四是多功能性。水景观设计不仅注重美观性，还具有一定的功能性。设计师可以根据具体场所和需求，将水景设计融入到城市绿化、生态保护、雨水收集利用、休闲娱乐等功能中，实现景观的多样化和多功能化，提升场地的利用效率和人们的生活质量。

1.7 水利工程与水景观设计的联系

水利工程为水景观设计提供了基础设施支持。水利工程包括水库、引水渠、水闸、堤防等设施，为城市提供了稳定的水源和水体，并调节了水文情势。这些水利设施为水景观设计提供了基础条件，为设计师提供了创作的空间和素材，使得水景观设计能够更好地借助水体、植物、地形等元素打造出美丽的景观环境。

水景观设计为水利工程提供了生态环境保护和景观提升。水景观设计注重生态性和美学性，通过植被的绿化、水体的净化、地形的雕塑等手段，改善水利工程周边的生态环境，提升了水利工程的景观价值和生态效益。例如，在水库周边进行水景观设计，可以打造成为休闲度假的风景区，增加水利工程的社会效益。

因此，水利工程与水景观设计之间存在着紧密的联系和相互促进的关系。二者的融合不仅能够提升城市的水环境和景观品质，还能够增强城市的文化内涵和人文情怀，为城市的可持续发展和人们的生活品质作出积极贡献[2]。

2 水利工程与水景观设计融合创新路径

2.1 生态工程设计

在水利工程建设中，通过采用生态护岸、湿地建设、河道生态修复等技术手段，恢复水体的自然生态系统，提升水利工程的生态效益。同时，在水景观设计中，可以借鉴生态工程的理念和方法，打造具有生态功能的景观环境，如设置生态滤池、建造人工湿地等，促进水景的自然净化和生态保护。通过选择适宜的植物种类和生态系统，营造丰富多样的生态景观，为城市增加绿色空间，提升景观的生态美感。水利工程建设中可以种植水生植物、湿地植被等，增加水体的生态价值；水景观设计中可以利用植物的多样性和生态功能，打造具有独特生态特色的景观。

生态工程设计倡导水利工程与景观设计的生态互补。通过合理配置水利工程设施和景观元素，实现生态系统的相互促进和良性循环。例如，在水利工程中设置景观水体、水生植被，增加景观的生态效益；在景观设计中融入水利工程设施，如利用水闸、人工湖泊等作为景观元素，丰富景观的形式和内涵，为打造生态友好型的城市水景环境提供重要思路[3]。

2.2 水体景观设计

水体景观设计不仅关注水体本身的形态和特点，还注重通过合理布局和景观塑造，使水体成为城市或园林中的独特景观元素，增强人们的观赏体验和生活质量。水体景观设计强调水体的形态塑造和空间布局。设计师可以通过调整水体的形状、大小和深度，打造出不同类型的水景，如湖泊、河流、人工水道等。合理布局水体的位置和连通关系，使其与周围的景观元素相互呼应，形成和谐统一的景观空间。在水利工程建设中，水体的边缘往往被视为一种边界或过渡带，容易被忽视。然而，通过合理设计和植被配置，可以将水体边缘打造成为各具特色的景观带，如湿地公园、水生植物园等，增加景观的多样性和丰富度。

此外，水体景观设计还可以结合水域中的艺术装置和景观设施，丰富景观形式和内容。例如，在湖面上设置喷泉、水雾装置等艺术景观，或在水中建造景观岛屿、浮桥等设施，为水体景观增添一份艺术韵味和趣味性，吸引游客和市民前来游览观赏。最后，在水利工程建设中，应考虑采用生态友好型材料和技术，减少对水质和生态环境的影响。加强水域的水质监测和管理，确保水体清澈、无污染，为人们提供一个安全、健康的水上游憩环境。

通过对水体形态、边缘绿化、艺术装置和生态环境等方面的设计，为城市水环境的改善和生态景观的塑造提供丰富多样的路径。

2.3 雨水利用与景观设计结合

在城市化进程中，雨水不仅是一种宝贵的水资源，同时也是城市排水系统的一部分。因此，将雨水利用与景观设计相结合，不仅可以减轻城市排水压力，还可以打造美丽的雨水景观，提升城市景观品质。

雨水利用与景观设计结合可以通过设计雨水花园、雨水湿地等方式，将雨水收集、储存、净化和利用起来。例如，可以在公园、广场等开阔场地设置雨水花园，通过地

Copyright © 2024 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

面排水系统将雨水引导到花园中，利用植物和土壤的吸收和过滤作用，净化雨水并补充地下水资源。在景观设计中合理设置雨水湿地，利用湿地植物对水质进行净化，增强景观的生态效应和观赏性。

雨水利用与景观设计结合可以通过设计雨水景观艺术装置，丰富城市景观形式和内容。例如，可以在城市中心广场设置雨水喷泉、水雾景观等，利用雨水作为动力源，打造出美丽的景观效果，吸引市民和游客前来游览和观赏。在建筑景观设计中，也可以通过设置雨水收集设施和绿化屋顶等方式，将雨水利用与建筑景观融合起来，提升建筑的生态友好性和景观品质。通过开展雨水利用与景观设计的示范项目和宣传活动，可以增强公众对雨水资源的认识和重视，引导市民和社区居民参与到雨水利用和景观设计中来，共同打造美丽的城市雨水景观。

将雨水利用与景观设计结合起来，不仅可以实现雨水资源的有效利用和环境的改善，还可以打造美丽的城市雨水景观，丰富城市景观形态和内容，促进社会参与和教育宣传，为城市可持续发展和生态环境保护作出积极贡献。

2.4 智能化技术应用

智能化技术的应用可以提升水利工程和水景观设计的效率、智能化程度和可持续性，同时也为城市水环境的管理和景观的打造提供了新的思路和手段。

智能化技术应用于水利工程中，可以实现水资源的精准调控和智能管理。例如，利用物联网技术和传感器监测设备，实时监测水体的水质、水量和流速等指标，从而实现对水资源的精准监控和管理。同时，结合人工智能算法，可以对监测数据进行分析和预测，及时预警水环境问题，并采取相应的措施进行调整和治理，保障城市水环境的安全和稳定。利用智能灯光、声音和投影等技术，打造具有交互性和动态性的水景观效果，为游客和市民带来全新的观赏体验，结合虚拟现实和增强现实技术，可以在水景观设计中创造出虚拟的水景环境，使人们可以身临其境地感受水景的美丽和魅力。

智能化技术应用还可以促进水利工程与水景观设计的智能化融合。例如，利用智能水利工程系统和智能景观设计方案，实现水利工程设施与景观元素的智能互联，实现水资源的高效利用和景观的智能化管理。结合大数据和云计算技术，可以对城市水环境数据进行集中管理和分析，为城市水环境的规划和决策提供科学依据。充分利用智能化技术的优势，可以实现水资源的精准管理、景观的智能化打造和水利工程与水景观设计的智能化融合，为城市水环境的改善和景观的提升注入活力。

2.5 社会参与与教育宣传

社会参与是水利工程与水景观设计融合创新的重要环节。通过开展社区咨询会、专家座谈会、公民议事会等形式的社会参与活动，可以让市民和社区居民了解水利工程和水景观设计的重要性，表达自己的意见和建议，参与到城市水环境治理和景观规划中来。还可以组织志愿者服务活动，动员社会各界的力量共同参与水环境的保护和改善，营造良好的社会氛围和共识。

开展水环境知识普及活动、举办水资源保护主题展览、制作宣传教育视频等形式的教育宣传，可以向公众传递水资源保护和景观建设的理念和方法，提升公众的水环境意识和素养。同时，还可以借助新闻媒体、社交媒体等渠道，广泛宣传水利工程与水景观设计的成功案例和创新成果，引导公众关注和支持水环境的改善和景观的提升[4]。

社会参与与教育宣传还可以促进水利工程与水景观设计融合创新的实践推广。通过与社区居民和相关机构建立合作关系，共同开展水环境改善和景观建设项目，实现水利工程和水景观设计的社会化、普惠化和可持续发展。同时，结合教育宣传活动，向社区居民和相关从业人员传授水环境保护和景观设计的知识和技能，培养一支具有专业素养和社会责任感的水环境管理和景观设计人才队伍，为城市水环境的改善和景观的提升作出积极贡献。

3 结束语

在城市发展的进程中，水利工程和水景观设计作为两个不可或缺的领域，扮演着重要角色。通过对水利工程和水景观设计的概念、特点以及联系的分析，本文深入探讨了影响融合的因素，并提出了多种创新路径，包括生态工程设计、水体景观设计、智能化技术应用等，不仅为水利工程和水景观设计的融合提供了新的思路和方法，也为城市水环境治理和景观打造注入了新的活力。然而，在实现水利工程与水景观设计融合的过程中，还存在着一些挑战和障碍。因此，需要进一步加强跨学科合作，汇集各方力量共同解决问题，推动融合创新的实现。

[参考文献]

[1]方草.生态水利工程建设理念在滨水景观设计中的探索——以广元市坪霁坝滨江绿带公园景观设计为例[J].水电站设计,2023,39(1):4-7.
[2]谭彦君.城市近郊滨水景观设计探究[J].美与时代(城市版),2022(10):75-77.
[3]张宁,曾雯.乡村振兴背景下陕西农村水环境景观设计方法研究——评《水利工程景观设计》[J].灌溉排水学报,2022,41(5):157.
[4]李文品.生态理念在水利工程设计过程中的应用分析[J].中国水运(下半月),2022,22(3):79-81.

作者简介：靖婧（1994—），女，女，民族：汉族 籍贯：山东省聊城市，现职称：工程师，2019 年 6 月毕业于深圳大学艺术设计专业，硕士，现主要从事水生态设计水文化景观设计的工作。

Copyright © 2024 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

高速公路 SMA 沥青混凝土路面施工技术分析

王少华 尹金涛
湖北三峡职业技术学院，湖北 宜昌 443000

[摘要]近年来随着交通流量的增加及车辆荷载的加重，传统沥青混凝土材料在耐久性方面逐渐显现出不足，容易出现车辙和裂缝等问题，SMA（Stone Mastic Asphalt）沥青混凝土应运而生。源自欧洲的 SMA 技术已在全球范围内得到广泛应用，核心在于通过改性沥青与优化骨料结构，显著提升了混合料的高温稳定性、抗滑性及抗老化能力。随着交通工程技术的不断发展及施工工艺的进步，SMA 沥青混凝土在提升道路性能、延长使用寿命及降低维护成本方面展现出了显著的优势，这些特性使 SMA 沥青混凝土成为应对现代交通需求及环境挑战的关键解决方案。

[关键词]高速公路；SMA 沥青；混凝土；路面施工技术
DOI：10.33142/sca.v7i11.14211 中图分类号：U416.2 文献标识码：A

Analysis of SMA Asphalt Concrete Pavement Construction Technology for Highways

WANG Shaohua, YIN Jintao
Hubei Three Gorges Polytechnic, Yichang, Hubei, 443000, China

Abstract: In recent years, with the increase of traffic flow and the aggravation of vehicle loads, traditional asphalt concrete materials have gradually shown shortcomings in durability, and are prone to problems such as ruts and cracks. SMA (Stone Mastic Asphalt) asphalt concrete has emerged. The SMA technology from Europe has been widely used worldwide. Its core is to significantly improve the high-temperature stability, skid resistance and aging resistance of the mixture by modifying asphalt and optimizing aggregate structure. With the continuous development of transportation engineering technology and the advancement of construction techniques, SMA asphalt concrete has shown significant advantages in improving road performance, extending service life, and reducing maintenance costs. These characteristics make SMA asphalt concrete a key solution to meet modern transportation needs and environmental challenges.

Keywords: highway; SMA asphalt; concrete; pavement construction technology

引言

随着交通运输需求的不断增加，道路基础设施的性能要求也随之提升。SMA（Stone Mastic Asphalt）沥青混凝土作为一种现代路面材料，对优化骨料级配及应用改性沥青，SMA 混合料显著提高了道路的耐久性、稳定性及安全性，在道路建设中得到广泛应用。其优异的高温稳定性、良好的抗滑性以及抗老化能力，在高速公路和重负荷交通路段中表现尤为突出。

1 SMA 沥青混凝土路面的性能特点

1.1 高温稳定性

SMA（Stone Mastic Asphalt）沥青混凝土路面的高温稳定性在高温环境或交通繁忙的条件下尤为突出。SMA 混合料通过精心设计的骨料级配与高品质改性沥青的结合，有效增强了路面的高温稳定性。在施工过程中控制 SMA 混合料的温度很重要，因为在高温下沥青混合料的流动性和粘附性显著提高，可能导致车辙和表面变形。优化的骨料结构与适量的沥青含量使 SMA 路面在高温条件下保持较低的变形率。改性沥青的应用显著提高了沥青的抗软化能力，减少了交通荷载引起的永久变形，对 SMA 路面厚度和施工工艺的优化进一步增强了在高温下的稳定性，不仅提升了道路的服务性能还延长了路面的使用寿命，为高速公路等高负荷交通路段提供了可靠的解决方案。

1.2 抗滑性能

SMA（Stone Mastic Asphalt）沥青混凝土路面的抗滑性能是保障交通安全的重要指标。SMA 路面设计采用了粗骨料及优化的骨料级配，不仅增加了路面的粗糙度也提高了与车轮的摩擦力，显著提升了抗滑性能。在施工过程中，骨料与沥青粘结剂的相互作用使路面表面形成了具有较高摩擦系数的结构，这种设计在湿滑条件下能够有效降低车轮打滑的风险，尤其在雨天或冰雪天气中更为突出。SMA 路面能够有效减少水膜滑移现象归功于独特的表面粗糙度和骨料排列方式，这些因素减小了水膜对车轮和路面之间摩擦的干扰，通过优化石油剂含量和选择高质量骨料，可以进一步增强路面的抗滑性能提高行车稳定性与安全性。

1.3 抗老化性能

SMA（Stone Mastic Asphalt）沥青混凝土路面的抗老化性能主要源自 SMA 混合料独特的配方以及改性沥青

Copyright © 2024 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

的应用。与传统沥青混凝土相比 SMA 路面采用的改性沥青包含较高比例的抗氧化和抗紫外线成分，这些成分能够有效减缓沥青的氧化及脆化进程。在施工过程中 SMA 混合料中的粗骨料不仅提供了稳固的结构支持还形成了坚固的骨架，减少了沥青表面受环境因素直接影响的机会，这种骨料与沥青的结合方式有效降低了由于老化引发的裂缝和表面损伤的发生，SMA 路面使用的改性添加剂具有优良的高温稳定性，这些添加剂进一步增强了沥青的耐久性和弹性，减缓了老化过程对材料性能的影响。

2 SMA 沥青混凝土路面施工技术

2.1 基层处理

在 SMA（Stone Mastic Asphalt）沥青混凝土路面的施工过程中，基层处理是确保路面长期稳定性的基础环节，能够为 SMA 混合料提供一个稳固而平整的基础，确保良好的粘结性和承载能力。施工前必须对基层进行详细的检查和评估，确认结构强度和承载能力是否符合设计规范，对于不平整的基层需要进行必要的修整，包括填补坑洼、加固薄弱区域，并通过机械设备进行压实确保基层的均匀稳定性。在处理基层的过程中，应彻底去除基层表面的杂物、灰尘以及松散材料，提高 SMA 沥青混合料的粘结性能。对于存在的裂缝或损坏区域，需要采用适当的修补措施，如使用灌缝剂或填料进行处理，避免裂缝在新路面上扩展。根据设计要求，基层表面可能需要进行特殊处理，例如喷洒粘合剂增强基层与 SMA 混合料的粘附力。在完成基层处理后，应对处理效果进行检查，确保符合施工规范及设计标准，精细的基层处可以显著提高 SMA 沥青混凝土路面的整体性能及使用寿命，有效防止基础问题引起的路面早期损坏。

2.2 SMA 混合料拌制

SMA（Stone Mastic Asphalt）混合料的拌制过程涉及骨料、改性沥青及添加剂的精确配比与混合，直接影响最终路面的性能。拌制的第一步是准备原材料，包括骨料、改性沥青和纤维添加剂，骨料通常由粗骨料和细骨料组成，其粒径级配需符合设计要求保证强度和耐磨性，改性沥青一般采用改性聚合物（如 SBS 或 APP）来增强高温稳定性与低温韧性。纤维添加剂，如纤维素或矿物纤维用于提升混合料的抗变形能力和稳定性。在拌制过程中首先需要对骨料进行预热，通常将其加热至 150℃至 180℃，提高与改性沥青的结合效果。预热后的骨料将投入沥青拌合机中，该设备包括加热系统和搅拌系统。加热系统将改性沥青加热至 160℃至 180℃保持流动性，搅拌系统则将加热后的沥青与骨料均匀混合形成一致的混合料，搅拌的时间与速度应根据设备类型和混合料要求进行调节确保混合料的均匀性。严格控制混合料的温度和搅拌时间，过高的温度可能导致改性沥青的挥发降低混合料的粘结性，过低的温度则会增加混合料的粘度影响均匀性及施工性能，搅拌时间的把握也很关键，过长可能导致沥青与骨料过度结合，而过短则可能导致混合料不均匀。拌制完成后，应迅速将混合料转运至摊铺设备，防在运输过程中出现冷却或变质，适当的保温措施可以保持混合料的温度和性能，确保在摊铺和碾压过程中达到预期效果。

2.3 混合料输送

SMA（Stone Mastic Asphalt）混合料的输送直接影响到混合料的质量及最终路面的效果，输送阶段需要严格控制混合料的温度、均匀性与稳定性，确保在摊铺过程中能够发挥最佳性能。混合料从拌合站输送到施工现场时需要使用专用的运输车辆，如沥青混合料运输车，这些运输车辆配备了加热装置以维持混合料在高温状态，防止在运输途中因温度下降而导致性能下降，运输过程中车辆的密封性和绝热性有助于减少热量损失保持混合料的温度。到达施工现场后，混合料需被卸入摊铺机的料斗中，在卸料时必须确保混合料均匀分布在料斗内，避免出现分层或不均的现象。卸料的速度和方式应与施工进度相协调，避免混合料堆积过多或不足的问题。在输送过程中，还需注意防止混合料的污染或交叉污染，避免外部物质对其质量产生不良影响。因此，运输车辆和卸料设备应保持清洁，并进行定期维护和检查。

2.4 混合料摊铺

在 SMA（Stone Mastic Asphalt）混合料路面施工中，摊铺是关键的环节之一，对最终路面的平整度与性能具有直接影响，摊铺过程依赖于混合料的均匀铺设和充分压实，以形成坚固且光滑的路面层。根据施工现场的具体情况，需要选用合适的摊铺机，并精确调整摊铺宽度、厚度以及温度控制，摊铺机的工作温度应维持在混合料最佳施工温度范围内，保证混合料能够顺利摊铺并与基层良好粘结。在摊铺过程中，混合料的供料必须均匀且连续，防止出现料层不均匀或堆积现象。摊铺机应保持平稳前进，速度应与混合料的供料速度相匹配，以实现均匀分布和良好压实。在大面积施工区域，特别需注意控制摊铺机的倾斜度及纵向接缝保整体路面的平整度[1]。摊铺完成后应立即进行碾压作业，提高混合料的密实度。碾压应在混合料保持适宜温度范围内进行，避免过早或过晚碾压影响路面的密实性和稳定性。在摊铺过程中，还应密切关注天气条件，如温度和湿度避免环境因素对混合料施工产生不利影响，遇到恶劣天气时需要采取相应的保护措施，确保摊铺质量。

2.5 混合料碾压

在 SMA（Stone Mastic Asphalt）混合料的施工中，碾压环节直接影响到路面的密实度和长期稳定性，能够提高路面的抗变形能力和耐久性，同时确保其平整度和结构强度。常见的设备有轮式压路机和振动压路机，轮式压路机用于初期压实，其作用能帮助混合料达到初步的密实状态，在使用过程中需要根据混合料的特性和施工环境调整轮胎压力[2]。振动压路机则用于后期的均匀碾压，其振动

Copyright © 2024 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

功能有助于进一步粘结混合料达到最终的密实效果，选择设备时应综合考虑施工区域的规模及混合料的性质确保设备的适宜性。碾压的时机通常应在混合料刚摊铺完成后立即进行，保持混合料在最佳施工温度范围内。SMA 混合料的最佳施工温度为 150℃至 180℃，温度过高会导致沥青挥发过快影响压实效果，而温度过低则使混合料变硬难以压实，为避免温度对碾压质量的负面影响，应在摊铺后立即开始碾压并避免长时间等待。合理安排碾压顺序有助于提高施工质量。通常从路面两侧向中间碾压，有助于逐步实现混合料的均匀压实，避免中间区域出现不平整。在碾压过程中应确保碾压轮均匀接触，避免产生不均匀的碾压痕迹，每次碾压应覆盖上次碾压区域，确保密实度的一致性。对于大面积施工区域建议采用分段碾压，每段之间应有适当重叠确保每个区域达到规定的密实度。控制碾压过程中应避免重复和遗漏区域，碾压速度需与混合料的温度和粘度相匹配，确保均匀压实，定期检查施工效果，使用密实度测量仪器进行检测，以验证混合料是否达到设计要求，如果发现问题应及时调整碾压参数或重新碾压以保证路面质量。

2.6 接缝处理

在 SMA（Stone Mastic Asphalt）沥青混凝土路面施工中，接缝处理是确保路面结构完整性与长期稳定性的关键环节。施工过程中接缝的出现通常是不可避免的，处理这些接缝的第一步是确保接缝区域的清洁与干燥。在施工前应彻底清除接缝处的杂物、灰尘以及松散材料，确保新旧沥青混合料之间的粘结效果，为了实现这一点，常使用专用的清扫设备或气动工具对接缝位置进行处理，确保表面光滑且无残留物。接下来的步骤是应用适当的粘合剂或封闭剂，提高新旧混合料之间的粘附力防止水分渗透，可以使用改性沥青或特殊的接缝处理剂，这些材料能提供优异的密封性能和弹性，适应路面温度变化所带来的应力，粘合剂需均匀涂布并完全覆盖接缝区域，避免出现漏涂或空洞现象。最后，应进行适当的碾压以确保粘合剂完全渗透并与周围混合料紧密结合，碾压作业需要按照接缝处理的要求进行确保碾压压力适中，免造成接缝处的局部压实不足。

3 质量控制与检测

SMA（Stone Mastic Asphalt）沥青混凝土路面的施工质量控制不仅保证了施工过程的规范性，也至关重要于确保路面在长期使用中的稳定性与耐久性。在材料入场阶段，必须进行严格的质量检验，骨料的质量检测包括粒径分布、级配以及清洁度等指标，这些必须符合设计要求及规范标准，改性沥青的检验则集中在粘度与温度等性能指标上，确保其适用于 SMA 混合料，所有材料都需通过实验室测试和现场抽样检查确保性能稳定并满足施工需求[3]。在拌制阶段应严格控制混合料的温度与搅拌时间确保其均匀性及粘结性，必须将混合料保持在适宜的温度范围内，并根据实际情况调整搅拌时间保证混合料在施工过程中达到最佳状态。输送阶段中需保持混合料的温度和均匀性，避免因温度波动影响性能，确保混合料在到达施工现场时仍能保持预期的施工特性。摊铺阶段要求混合料均匀铺设，并需要及时调整摊铺机的设置以适应施工条件，以避免混合料堆积或不足现象，从而保证路面的平整度和均匀性。在碾压阶段需对碾压的顺序、压力与速度进行精确控制，碾压应从路面两侧向中间进行，每次碾压都需覆盖前一轮的区域以确保密实度的均匀性[4]。完工后的路面检测项目包括路面平整度、厚度、密实度以及接缝处理情况，使用如平整度仪、密实度测试仪、核子密度计等专业设备进行测量。检测结果需符合设计规范及质量标准。若发现问题应立即采取修复措施，通过系统的质量控制与检测，能够确保 SMA 沥青混凝土路面的高质量施工，显著提升其长期服务性能与使用寿命。

4 结语

对 SMA（Stone Mastic Asphalt）沥青混凝土路面的深入分析表明，从材料选择、施工技术到质量控制与检测，每一个环节都在确保路面的稳定性、安全性以及长期使用效果中发挥着至关重要的作用。SMA 沥青混凝土凭借其优越的高温稳定性、卓越的抗滑性及持久的抗老化性能，已成为高速公路及重负荷交通路段的理想选择。展望未来，随着技术的不断进步与施工工艺的不断优化，SMA 沥青混凝土有望在道路建设中进一步提升应用效果，为交通基础设施的可持续发展作出更大的贡献。同时随着新技术的出现和材料性能的不断提升，SMA 沥青混凝土将在满足未来交通需求和环境挑战方面发挥更为关键的作用。

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]代文翠.SMA 沥青混凝土路面的配合比设计及摊铺施工技术的分析[J].城市建设理论研究(电子版),2023(32):105-107.
[2]印龙.高速公路工程 SMA 沥青混凝土路面配合比设计与施工技术分析[J].四川建材,2023,49(1):172-173.
[3]苏云飞.公路工程 SMA 改性沥青混凝土施工技术分析探讨[J].科技资讯,2022,20(4):44-46.
[4]王瑞涛.高速公路工程项目 SBS 改性沥青混凝土路面施工技术分析[J].黑龙江交通科技,2021,44(7):73-74.

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。

Copyright © 2024 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

基于高速公路机电设备的维护管理研究

朱承东
广西交通投资集团梧州高速公路运营有限公司，广西 梧州 543000

[摘要]高速公路机电设备，例如监控系统、照明设施、收费系统及交通控制装置，直接影响交通的流畅性与安全性。随着高速公路网络的扩展及设备种类的增加，维护管理所面临的挑战也日益严峻，引发交通拥堵和安全隐患的可能性，随着设备故障的发生显著增加。因此，先进的技术与方法必须被采用，以优化维护管理。信息化技术与智能维护技术的引入，已为提升维护效率提供了创新解决方案，但在实际应用中仍存在诸多困难。通过系统化的研究与优化策略，设备的运行可靠性与管理效果可以显著提升。

[关键词]高速公路；机电设备；维护；管理
DOI：10.33142/sca.v7i11.14208　　中图分类号：U417　　文献标识码：A

Research on Maintenance and Management of Mechanical and Electrical Equipment Based on Highways

ZHU Chengdong
Guangxi Communications Investment Group Wuzhou Expressway Operation Co., Ltd., Wuzhou, Guangxi, 543000, China

Abstract: The mechanical and electrical equipment of highways, such as monitoring systems, lighting facilities, toll systems, and traffic control devices, directly affect the smoothness and safety of traffic. With the expansion of the highway network and the increase in equipment types, the challenges faced by maintenance and management are becoming increasingly severe, and the possibility of traffic congestion and safety hazards is significantly increasing with the occurrence of equipment failures. Therefore, advanced technologies and methods must be adopted to optimize maintenance and management. The introduction of information technology and intelligent maintenance technology has provided innovative solutions to improve maintenance efficiency, but there are still many difficulties in practical applications. Through systematic research and optimization strategies, the operational reliability and management effectiveness of equipment can be significantly improved.

Keywords: highway; mechanical and electrical equipment; maintain; management

引言

在现代交通系统中，高速公路机电设备不仅维护着道路的安全还确保了交通流畅地进行。随着高速公路网络的不断扩展及交通量的显著增加，维护管理的复杂性也随之上升。有效的维护管理措施可以延长设备的使用寿命还能提升运营效率，从而保障交通安全。本文将深入探讨高速公路机电设备维护管理的核心因素，各种维护方法将被分析，技术支持的作用也将被评估，并且针对性的优化措施将被提出，以期为实际应用提供有效的指导。

1 高速公路机电设备维护管理的重要性

1.1 确保交通安全

高速公路机电设备，如交通信号灯、监控摄像头、车速监测仪以及变电站等，在保障高速公路安全运营中扮演着至关重要的角色，实时监控交通流量、迅速处理突发事件，这些设备的任务是维护道路交通的畅通与安全。若设备发生故障，交通流量可能受到阻碍甚至可能引发事故，从而威胁到司机及乘客的安全。例如，车速监测仪在控制车辆速度方面发挥着关键作用。超速行为的有效防止，事故风险的降低均依赖于正常运行。若设备因缺乏维护而出现故障，控制功能将被削弱，频繁的超速行为将导致事故发生率显著上升。交通信号灯在交叉口的交通指挥中同样重要，一旦出现故障交通混乱的可能性增加，碰撞风险也随之升高。为了防止这些潜在的安全隐患，对高速公路机电设备的系统化维护管理是必不可少的。设备故障的及时发现与修复，依靠定期的检查和维护，这些措施能够确保设备始终处于良好的工作状态。预测可能的故障并采取预防措施，得益于对设备运行数据的分析，从而避免事故的发生。设备可靠性的提升，通过有效的维护管理不仅实现，也为交通管理部门提供了准确的实时数据支持，进一步增强了高速公路的整体安全性。

1.2 提高运营效率

高速公路机电设备的有效维护不仅支撑着道路交通基础设施的多个功能，如智能交通系统、车流量监测和信息发布平台，而且直接影响到道路使用效率和服务质量，故障或性能下降的设备常常导致运营效率的降低、资源浪费以及管理成本的增加。例如，智能交通系统中的设备，诸如车流量监测仪和交通信号控制器，负责实时监控和调节交通流量，通过优化车道使用和信号周期，这些设备缓

Copyright © 2024 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

解了交通拥堵，确保这些设备的定期维护能够保证其正常运行，使得数据采集准确并能及时进行调整，在高峰期减轻交通压力的任务尤其重要。若缺乏及时维护，可能会导致数据失真或功能失效，使交通信号设置不合理进而增加了拥堵和行程延误的风险。信息发布系统，如电子显示屏和广播系统，提供实时的交通信息和预警提示，从而帮助司机做出最佳的行驶决策，若这些系统发生故障，可能导致信息传递得不及时或内容错误，这将影响司机的出行决策造成不必要的延误或绕行。确保这些设备正常运作，从而提高信息传递的准确性和及时性，能显著提升道路使用的整体效率[1]。电力设备的定期检查与维护，可以防止因电力中断引发的设备故障，避免因设备停运而导致的服务中断及运营效率下降，通过维护这些关键设施确保了电力供应的稳定性，从而支持高速公路机电设备的正常运行。

1.3 延长设备使用寿命

系统维护对于高速公路机电设备而言，不仅能够提升运行效率和安全性，亦能显著延长其使用寿命，在长期使用中设备不可避免地遭遇磨损、腐蚀及其他老化现象，如果这些问题未能及时处理，设备性能将逐步降低故障频率将增加，最终导致使用寿命的缩短。定期检查和保养能够早期发现潜在问题，如部件磨损、润滑不足或电气连接松动等，忽视这些问题可能会导致设备功能的下降或故障的发生，小故障的及时修复不仅能防止其演变为更严重的问题，还能有效减缓设备的老化过程，从而延长整体使用时间。在维护过程中，设备内部的清洁有助于防止灰尘和污垢的积聚，防止设备过热或运转不顺畅，这些沉积物可能加速设备的磨损，通过定期更换润滑油、调整部件的紧固状态、检查电气系统的稳定性等措施，能够保持设备的正常运转，减少由于操作不当或部件老化引起的故障。更进一步科学的维护管理应根据设备的实际使用情况及环境条件，制定个性化的维护计划，运行于高湿度或高温环境下的设备，可能需要更频繁的检查及特殊的保养措施，通过这种针对性的维护，不仅应对了特定环境带来的挑战还能提升设备在恶劣条件下的耐用性。

2 高速公路机电设备的维护管理方法

2.1 预防性维护

预防性维护是在设备发生故障之前通过定期检查和保养，消除潜在的故障隐患确保设备的正常运行，该维护方法的目标是通过系统化的保养和监测，减少故障发生的频率，进而延长设备的使用寿命，提高运行的可靠性与安全性。关键在于制定科学的维护计划，计划应包括详细的检查和保养时间表，明确每项任务的内容与频次。例如，功能测试、润滑油更换、部件紧固及清洁等操作，使得潜在风险在设备出现显著问题之前被识别从而采取适当措施，避免小问题演变为严重故障。预防性维护不仅涉及设备本身的维护，还包括对其工作环境的监控与分析。环境条件如温度、湿度及电源质量，定期检查，确保这些因素在设备的正常工作范围内，通过有效控制环境条件可以减少由于外部环境变化引发的设备故障，进一步提升设备的稳定性。实时监测设备运行状态通过传感器和数据采集系统得以实现，数据分析则用于预测潜在故障，通过这种数据驱动的方法，维护人员能够作出更精确的维护决策，并在设备出现问题之前获得警示从而优化维护时机。

2.2 预测性维护

预测性维护依赖于设备状态数据及趋势分析，是一种前瞻性的维护策略，基于实时监测数据与先进分析技术，这种方法能够预测设备潜在的故障从而在故障发生之前进行维护。与传统的预防性维护相比针对性与效率更高，因为维护计划的制定依据设备的实际状态，而非固定的时间间隔。实施预测性维护的基础是建立实时监测系统，通过在设备上安装传感器，关键运行数据如温度、振动、压力和电流能够持续被采集，这些数据被传输至分析平台，通过数据分析算法及机器学习模型，设备状态的异常趋势及潜在故障模式得以识别，维护人员可利用这些预测信息提前进行有针对性的检修或调整防故障的发生。另一个关键在于建立故障预测模型，这些模型结合历史数据与当前设备运行数据进行趋势分析预测设备故障。例如，设备振动数据的分析可能揭示振动幅度变化，预示着部件的磨损或失效，针对这些预测维护人员能够检查相关部件，必要时进行维修或更换。不同的工作环境，如温度、湿度及负载，对设备的影响各异，综合分析这些环境因素能够更准确地预测设备潜在的故障。例如，高温环境下运行的设备，可能更易出现过热问题。实时监测温度变化使采取冷却或调整措施成为可能，从而预防设备故障的发生。

3 高速公路机电设备维护管理的技术支持

技术支持在高速公路机电设备维护管理中不仅提高了维护效率，还优化了整个维护过程，科学的数据支持与先进的操作手段由有效的技术支持提供，这包括信息化技术的应用与智能维护技术的实施。信息化技术应用的核心在于提升维护管理水平，通过现代化的维护管理系统（MMS），实时数据的采集与处理显著增强了维护工作的效果，这些系统通常集成设备状态监控、维护任务调度、故障记录及历史数据分析等功能模块，实时监控模块的存在，使维护人员能够随时掌握设备的运行状态，异常情况得以及时发现并采取相应措施。而维护任务调度功能则能够自动生成维护计划，合理分配资源从而减少人工安排带来的误差与延误。智能维护技术推动了维护管理智能化的进程，利用大数据与人工智能技术，维护系统能够分析设备的历史数据与实时数据，预测潜在故障趋势。大量数据的训练下，机器学习算法能够识别故障模式并提供提前预警，不仅提高了故障预测的准确性还优化了维护策略，例如推荐最佳的维护时机与方法，从而提升设备的使用效率。数据

Copyright © 2024 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

分析技术在维护管理中通过对设备运行数据的深入分析，性能变化得以评估，潜在故障点被识别，维护方案也得以优化。详细的设备状态报告由数据分析提供，这帮助维护人员了解设备的运行情况，并及时发现及处理问题。故障诊断的准确性不仅提升了也为设备长期维护提供了决策依据。

4 高速公路机电设备维护管理优化措施

4.1 优化维护管理体系的建议

优化维护管理体系通过系统化的改进与整合，设备维护的高效性与智能化得以实现，从而确保设备的稳定运行与长期可靠性。建立科学的维护管理流程，涵盖设备的采购、安装、运行、维护、修复及报废等全过程，应对此流程进行明确。每个阶段的管理要求和操作规范一旦明确，设备生命周期内的管理效率便可提升。例如，在设备采购阶段，必要的验收标准和测试程序应当制定；而在维护阶段，系统化的维护记录和反馈机制的建立，则有助于跟踪设备的运行状态及维护效果。现代信息技术的引入，如维护管理系统（MMS）、数据分析平台及智能监控系统，使设备的实时监控及数据驱动决策成为可能，通过数据采集与分析，设备的运行状态得以准确评估，潜在故障得以预测维护计划则可优化。数字化管理方式显著提高了维护的精准性与及时性，从而降低了设备停机时间与维护成本。另一个重要方面是注重维护人员的培训与能力提升，定期组织的专业培训与技术交流，有助于提升维护人员对设备的理解及故障诊断能力。掌握最新的维护技术与工具，通过培训人员能够有效应对复杂问题，从而提高整体维护团队的技术水平与应急响应能力[2]。建立高效的沟通与协调机制，也是优化维护管理体系的必要措施，涉及多个部门与人员的维护管理，包括设备运营部门、维护部门及供应商等，良好的沟通渠道与协调机制的建立，确保了各方在设备维护过程中能够及时共享信息并解决问题，这种措施提高了维护工作的协同性与效率。最后，定期评估与审查维护管理体系的效果，持续改进管理措施是保持体系优化的长效手段，通过绩效评估与反馈，管理中的不足得以识别，调整与优化能够及时进行，从而不断提升维护管理体系的效果与效率。

4.2 维护管理效果评估

维护管理效果评估在确保高速公路机电设备维护活动达成预期目标方面扮演着关键角色，通过系统化的评估可以掌握维护管理措施的实际效果，识别改进空间并优化策略。评估指标的明确作为评估维护效果的基础必不可少，这些指标应涵盖设备运行可靠性、故障率、维护成本、停机时间及维护响应时间等方面。定期对这些指标进行监测和分析，能够全面了解设备的维护状况及管理效果。例如，维护措施的有效性通常通过故障率的降低及停机时间的缩短体现出来[3]。必要的定期审核维护效果亦不可忽视，维护记录、故障报告及维护成本等数据的检查，能够揭示实际效果与预期目标之间的差距，维护计划的执行情况、任务完成质量及资源使用效率的审查，有助于全面评估维护工作的实施效果。获取维护效果反馈及开展调查亦为评估的一部分，维护人员、设备操作人员及管理人员的反馈，能够提供对维护工作的评价和建议，第一手评估信息因此获得。维护过程中存在的问题及改进需求，通过调查结果得以揭示，从而为制定精准的优化措施提供支持。现代维护管理系统生成的报告和数据分析结果，在评估中也占据了关键地位，这些系统能够自动生成详尽的维护报告，包括设备运行状态、故障记录、维护历史及成本分析等，通过对这些报告的深入数据分析，能够识别维护活动中的优势与不足为进一步改进提供科学依据。通过将评估结果与行业标准及最佳实践对标，能够评估自身管理的相对水平，类似设施的维护管理效果和操作标准的对比，引入行业标准作为参考，有助于发现自身管理中的不足，并推动维护管理水平的持续提升。

5 结语

本文对高速公路机电设备维护管理进行了深入探讨，涵盖了其重要性、方法、技术支持及优化措施，表明核心在于保障交通安全、提升运营效率及延长设备使用寿命的维护管理，对设备的稳定性和高速公路的整体安全直接产生影响。预防性维护与预测性维护的有效应用已被分析，发现两者的结合显著提高了维护的针对性和效率，减少了故障发生及维护成本。技术支持方面信息化技术与智能维护技术的应用优化了维护策略，通过实时监控和数据分析整体管理水平得到了提升。为提升维护效果，提出的优化措施提供了实践依据，管理体系的改进及效果评估有助于提高设备运行效率、降低故障率，并控制维护成本。未来的研究应继续探索新技术的应用，实现更高水平的设备维护，推动高速公路的安全性及可持续发展。

[参考文献]

[1]姚龙.高速公路机电设备的维护与管理分析[J].运输经理世界,2022(4):154-156.
[2]严军,谢颖俊.高速公路机电设备维护与管理探讨[J].中国交通信息化,2020(11):32-33.
[3]张伟伟,赵剑.高速公路机电设备维护管理系统信息化研究[J].技术与市场,2022,29(9):122-123.

作者简介：朱承东（1994.9—），男，助理工程师，籍贯：广西苍梧。

Copyright © 2024 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

公路桥梁冬季混凝土养护措施的分析与改进

闫德胜
山东省菏泽市定陶区交通运输局，山东 菏泽 274100

[摘要]公路桥梁冬季施工中，混凝土的养护至关重要。低温环境下，混凝土的水化反应减缓，影响强度增长和耐久性。为解决这一问题，采取了合理的保温养护措施，如覆盖保温材料、加热保温或使用抗冻剂等方法，以确保混凝土在冬季施工中的强度和耐久性不受影响。通过改进现有养护措施，进一步提升了混凝土的抗冻性能和施工质量，减少了裂缝和结构早期损伤的风险，确保了公路桥梁的安全性与耐久性。

[关键词]冬季施工；公路桥梁；混凝土养护；抗冻性能；施工质量
DOI：10.33142/sca.v7i11.14192 中图分类号：U416.1 文献标识码：A

Analysis and Improvement of Winter Concrete Maintenance Measures for Highway Bridges

YAN Desheng
Shandong Heze Dingtao Transportation Bureau, Heze, Province, 274100, China

Abstract: In winter construction of highway bridges, the maintenance of concrete is crucial. Under low temperature conditions, the hydration reaction of concrete slows down, affecting strength growth and durability. To solve this problem, reasonable insulation and curing measures have been taken, such as covering insulation materials, heating insulation, or using antifreeze agents, to ensure that the strength and durability of concrete during winter construction are not affected. By improving existing maintenance measures, the frost resistance and construction quality of concrete have been further enhanced, reducing the risk of cracks and early structural damage, ensuring the safety and durability of highway bridges.

Keywords: winter construction; highway bridges; concrete maintenance; frost resistance; construction quality

引言

公路桥梁工程在冬季施工时，常面临混凝土养护的严峻挑战，尤其是低温环境对混凝土强度和耐久性的影响不容忽视。传统的养护方式在寒冷气候下往往难以满足工程要求，导致混凝土早期裂缝、结构损伤等问题的出现。因此，如何有效提高混凝土的抗冻性能，保障施工质量，成为了冬季施工中亟待解决的关键难题。通过优化和改进混凝土养护技术，不仅能保证工程顺利进行，还能大幅提升桥梁的长期使用性能。

1 冬季低温对公路桥梁混凝土性能的影响分析

冬季低温对公路桥梁混凝土性能的影响是冬季施工中必须重点考虑的问题。混凝土的强度增长和耐久性在很大程度上依赖于水化反应的正常进行，而低温环境会显著减缓这一反应，从而影响混凝土的最终性能。水化反应是混凝土凝固和硬化的核心过程，只有当水泥中的主要成分与水发生化学反应时，混凝土才能逐渐硬化，形成坚固的结构。在冬季，由于气温较低，水的反应活性降低，混凝土的硬化速度随之减缓，导致其早期强度发展不足。这种情况特别不利于公路桥梁等对强度要求较高的结构工程[1]。

除了水化反应的减缓，低温环境还可能导致混凝土中的水冻结。当气温低于 0℃时，混凝土中尚未反应的游离水可能会冻结，形成冰晶。由于冰的体积比水大，这种冻结会产生膨胀压力，破坏尚未完全硬化的混凝土内部结构，产生微裂缝，从而影响混凝土的耐久性和整体强度。特别是在反复的冻融循环下，混凝土结构可能受到更严重的破坏，表现在混凝土表层的剥落、裂缝扩展以及结构性能的明显下降。

冬季施工中的另一个问题是混凝土早期强度不足。这种情况不仅延长了施工周期，还可能导致后续工程无法按计划进行，影响整体工期。公路桥梁的施工往往要求混凝土在短时间内达到一定的强度，以承受上部结构或交通荷载，而低温环境可能导致强度增长缓慢，给施工进度和质量控制带来巨大挑战[2]。

低温环境下混凝土的耐久性也会受到显著影响。混凝土的耐久性与其内部孔隙结构密切相关，而低温会增加混凝土孔隙中的水分含量，这些水分在冻融循环中发生体积膨胀，会进一步加剧混凝土结构的破坏。长期的冻融作用不仅影响混凝土的表面质量，还会对其内部结构产生潜在危害，从而缩短公路桥梁的使用寿命。

因此，冬季低温环境对混凝土性能的影响主要体现在以下几个方面：首先，低温减缓了混凝土的水化反应，导致其早期强度不足；其次，混凝土中的游离水在低温下冻结，可能导致结构内部产生微裂缝，影响其耐久性；最后，冻融循环对混凝土结构的长期损害尤为显著，直接影响了

Copyright © 2024 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

公路桥梁的使用寿命和安全性[3]。

2 常见混凝土养护方法及其在冬季的局限性

常见的混凝土养护方法主要包括自然养护、湿养护和蒸汽养护，这些方法在正常温度条件下能有效保障混凝土的强度增长和耐久性。然而，在冬季低温环境下，这些传统的养护方法往往存在明显的局限性，无法完全满足施工质量和安全的要求。

自然养护是指将混凝土暴露在大气环境中，通过空气中的湿度和温度自然硬化。这种方式在气候适宜的条件下可以保证混凝土的正常硬化和强度发展，但在冬季低温条件下，自然养护的效果大打折扣。低温环境下，混凝土的水化反应速度大幅降低，导致其早期强度发展缓慢，不能满足施工进度要求。此外，低温可能引发混凝土中的水分冻结，导致结构产生裂缝，影响其长期耐久性[4]。

湿养护是通过在混凝土表面覆盖湿麻袋、塑料薄膜或喷洒水分的方式，保持混凝土表面湿润，确保水化反应的持续进行。在一般条件下，湿养护可以有效避免混凝土表面失水过快，防止表面干裂。然而，在冬季，湿养护面临两个问题：其一是水在低温环境下易冻结，湿养护中的水无法保持液态，反而可能对混凝土表面产生不利影响；其二，湿养护仅能解决表层水分的问题，对于混凝土内部的水化反应并没有足够的促进作用，特别是在温度较低时，深层混凝土的硬化过程依然受阻。

蒸汽养护是一种通过加热和湿润环境来加速混凝土水化反应的方法，常用于预制混凝土构件或在冬季低温条件下进行的施工。虽然蒸汽养护能够显著加速水化反应，提高混凝土早期强度，但在公路桥梁等大体积混凝土施工中应用时，仍存在局限性。其一，蒸汽养护通常适用于封闭或半封闭的环境，而公路桥梁施工的现场条件较为复杂，难以完全封闭，导致蒸汽养护的效果有限。其二，蒸汽养护需要较高的设备成本和能耗，且加热不均匀可能引发混凝土内部温度应力差，导致结构内部产生裂缝。

总的来说，常见的混凝土养护方法在冬季施工中面临诸多局限性。自然养护和湿养护在低温条件下难以有效进行，可能导致混凝土早期强度不足和表面裂缝问题。蒸汽养护虽然能够加速水化反应，但应用场景受限，且设备和能耗成本较高。因此，冬季施工时必须对传统养护方法进行适当改进或选择其他适应低温环境的养护措施，才能确保混凝土的质量和桥梁的安全性[5]。

3 冬季混凝土养护技术的优化与改进策略

冬季混凝土养护技术的优化与改进是确保公路桥梁在低温条件下施工质量的关键。针对常见养护方法在冬季的局限性，提出了多种优化与改进策略，旨在提升混凝土的早期强度发展速度、抗冻性能和长期耐久性。

保温养护是冬季施工中最常用的策略之一。通过覆盖混凝土表面保温材料，如塑料薄膜、棉毡、泡沫板等，能够有效减少混凝土的热量散失，维持其内部温度在有利于水化反应进行的水平。这种方式能够显著提升混凝土的早期强度，避免因低温导致的水化反应停滞或减缓。此外，覆盖保温材料还能防止混凝土中的水分冻结，减少因冰膨胀引发的结构损伤。

电加热养护是另一种常见的优化策略。在气温极低的情况下，仅靠保温材料可能不足以维持混凝土的理想温度，电加热技术便成为有效的辅助手段。通过在混凝土模板或养护层中布设电加热线缆，可以直接加热混凝土，确保其内部和表面的温度达到所需水平。这种方法特别适用于大体积混凝土结构，能够有效避免温差过大导致的内外裂缝问题。然而，电加热养护的实施成本较高，且需密切监控加热温度，防止局部过热引发问题。

抗冻剂的使用也是冬季混凝土养护的重要改进策略之一。通过在混凝土中掺入抗冻剂，可以降低其凝结时间，并提高混凝土的抗冻性能。抗冻剂通过降低混凝土中水的冰点，减小冻结过程中的体积膨胀，从而有效减少冻融循环对混凝土结构的破坏。此外，抗冻剂还能促进早期强度增长，为后续施工环节提供保障。然而，抗冻剂的使用需严格控制掺量，以避免影响混凝土的长远性能。

除了物理和化学方法的改进，冬季施工的养护技术还可通过优化施工工艺来增强。例如，选择较高水化热的水泥品种，可以在混凝土浇筑后产生更多的热量，从而抵抗外界低温对混凝土硬化过程的负面影响。另一方面，在施工组织上，应尽量缩短混凝土浇筑后暴露在低温环境中的时间，迅速覆盖保温材料或进行加热养护，以确保混凝土内部温度不低于关键临界值。

4 抗冻剂与保温材料在冬季施工中的应用效果

抗冻剂与保温材料在冬季施工中是保障混凝土性能的重要手段，二者在提高混凝土的抗冻性、早期强度以及整体施工质量方面发挥了关键作用。

抗冻剂的应用显著提升了混凝土的抗冻性能。在低温环境下，混凝土中的游离水容易冻结，形成冰晶并导致内部膨胀，进而引发结构裂缝或破坏。而抗冻剂通过降低混凝土中的水分冰点，防止水分在低温下迅速冻结，减少了冻融循环对混凝土的破坏。抗冻剂还能加速水化反应的进行，提高混凝土的早期强度，使其在冬季施工条件下能够更快达到承载能力，从而保障后续施工的顺利进行。此外，抗冻剂的掺入能有效减少混凝土结构内部产生的孔隙，增强混凝土的致密性和耐久性。但抗冻剂的使用必须控制在适当的掺量范围内，以避免其对混凝土的长期强度和耐久性产生负面影响。

保温材料在冬季混凝土施工中的应用同样至关重要。由于低温条件下水化反应减慢，混凝土强度增长迟缓，因此保持混凝土的内部温度成为关键。保温材料的作用在于减少混凝土内部热量的散失，维持其在适宜的温度下继续

Copyright © 2024 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

硬化。常见的保温材料包括塑料薄膜、棉毡、泡沫板等，这些材料具有良好的隔热性能，能够有效防止外部寒冷空气的侵入。通过覆盖保温材料，混凝土表面的温度可以维持在较高水平，避免水分冻结和表层裂缝的产生。同时，保温材料还能保持混凝土的湿润环境，防止表面过早干燥，确保水化反应的充分进行。

在冬季施工中，抗冻剂和保温材料通常是协同使用的。抗冻剂提高了混凝土的抗冻能力，防止因低温冻结导致的结构损伤，而保温材料则确保混凝土在冬季环境下的正常硬化过程。两者的结合不仅提高了混凝土的抗冻性能，还能够显著提升早期强度，缩短施工周期。尤其是在公路桥梁等大体积混凝土结构中，这种结合策略能够有效解决冬季施工中的强度增长缓慢问题，确保施工进度和质量。

需要注意的是，抗冻剂和保温材料的选择应根据具体施工环境和混凝土配比进行合理调整。不同的抗冻剂对水泥的适应性和耐久性有差异，而不同种类的保温材料则在隔热效果和施工方便性上有所不同。因此，施工前应进行充分的试验，选择最适合的材料组合，以达到最佳的应用效果。

5 改进养护措施对公路桥梁施工质量和耐久性的提升

传统养护方式在低温条件下往往效果有限，因此，结合冬季的特殊气候条件，采用更加适应环境的养护方法，能够有效解决施工中面临的诸多问题，并显著提高桥梁的整体质量和使用寿命。

改进后的养护措施能够有效提升混凝土的早期强度。在冬季低温条件下，混凝土的水化反应减缓，导致强度增长不如在常温下迅速。通过使用抗冻剂和保温材料，混凝土内部温度得以维持在适宜的水平，确保水化反应的正常进行。此外，抗冻剂的掺入还能加速水化反应，进一步增强早期强度的增长。这一改进措施尤其适用于需要快速达到设计强度的桥梁结构施工，使得在冬季施工中能够有效避免工期延误，同时确保后续工序的顺利开展。

改进的养护措施能显著减少混凝土表面和内部的裂缝问题。低温环境下，混凝土中的水分容易冻结并导致体积膨胀，产生裂缝。这种裂缝不仅会影响施工质量，还可能在长期使用中导致混凝土结构的耐久性降低。通过使用保温材料保持混凝土表面温度，防止水分冻结，从而大幅度减少裂缝的产生。电加热养护等技术也能有效减少混凝土内部温差所引发的热应力裂缝，保障结构的完整性和稳定性。

改进养护措施对混凝土的耐久性有显著提升。冬季混凝土施工中的冻融循环对结构的长远性能具有极大危害，而通过采取保温和抗冻措施，混凝土能够更好地抵御冻融破坏，维持其长期的结构性能。抗冻剂的使用降低了混凝土中的冰点，减少了冻融循环对内部结构的破坏，延长了混凝土的使用寿命。这对于公路桥梁这样的长期承载结构尤为重要，有助于减少后期维护和修复的成本，提升桥梁的运营安全性和经济性。

改进养护措施还能提高施工过程中的质量控制水平。通过在施工过程中采取保温覆盖、电加热和抗冻剂等措施，施工团队能够更好地监控混凝土的硬化进程，及时调整施工工艺，确保工程质量不受低温环境的影响。特别是在大体积桥梁结构的施工中，这些措施能够均衡温度分布，避免因内部温差过大而引发的结构问题，保障施工的均匀性和稳定性。

6 结语

冬季低温条件下，公路桥梁混凝土施工面临诸多挑战，传统的养护方法难以有效应对。通过采用抗冻剂、保温材料和电加热等改进养护措施，不仅能够提升混凝土的早期强度，减少裂缝问题，还能显著增强其耐久性，保障结构的长期安全和稳定。这些技术的优化和应用为冬季公路桥梁施工提供了有效的解决方案，有助于缩短施工周期，提高工程质量，同时降低后期维护成本，确保桥梁的使用寿命和运营安全。

[参考文献]

[1]赵炎,苏学贵,张赞,等.冬季立井施工中混凝土反供风养护技术应用研究[J].山西煤炭,2017,37(1):17-19.
[2]张兴志.高速铁路墩台冬季施工混凝土浇筑及养护温度控制[J].工程建设与设计,2020(7):206-208.
[3]焦庆宁,丁蓉.桥梁工程混凝土养护施工与精细化管理要点分析[J].交通建设与管理,2014(18):139-141.
[4]石磊,王志伟.戈壁地区混凝土冬季施工养护措施探讨[J].公路交通科技(应用技术版),2014,10(10):173-177.
[5]李春艳,刘学勤.南水北调工程混凝土冬季暖棚养护技术探析[J].山东水利,2014(6):58-59.

作者简介：闫德胜（1975.9—），男，汉族，毕业学校：郑州粮食学院，现工作单位：山东省菏泽市定陶区交通运输局。

Copyright © 2024 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

公路工程路基路面施工技术与质量控制措施

杨 雪
陕西三秦路桥有限责任公司，陕西 西安 710400

[摘要]随着国家经济的不断发展，四通八达的交通运输公路为人们带来了便利，加强了各省间的联系。路基施工质量的好坏直接关系到整个公路，是公路的重要组成部分。本次探讨我们以公路工程路面路基施工展开，分析目前路基施工存在的主要问题，并探讨出公路工程中路面路基施工的质量控制措施，以期为相关工作人员提供建议，促进整个公路工程施工质量的提升。
[关键词]公路工程；路基路面；施工技术；质量控制；控制措施
DOI：10.33142/sca.v7i11.14181 中图分类号：U416.1 文献标识码：A

Construction Technology and Quality Control Measures for Roadbed and Pavement of Highway Engineering

YANG Xue
Shaanxi Sanqin Road and Bridge Co., Ltd., Xi'an, Shaanxi, 710400, China

Abstract: With the continuous development of the national economy, the well connected transportation highways have brought convenience to people and strengthened the connections between provinces. The quality of roadbed construction directly affects the entire highway and is an important component of the highway. In this discussion, we will focus on the construction of road surface and subgrade in highway engineering, analyze the main problems existing in current subgrade construction, and explore quality control measures for road surface and subgrade construction in highway engineering, in order to provide suggestions for relevant personnel and promote the improvement of the overall construction quality of highway engineering.
Keywords: highway engineering; roadbed and pavement; construction technology; quality control; control measures

引言

公路工程作为现代交通网络的重要组成部分，其路基及路面施工技术的质量直接影响交通安全、经济效益与环境保护。随着社会对公路交通需求的持续提升，路基与路面的承载能力、耐久性及舒适性愈发受到重视。路基的稳定性与强度，作为公路结构的基础，对路面的性能及使用寿命具有决定性作用。然而，实际施工过程中，路基与路面施工面临诸多挑战。土壤性质的变化、气候条件的影响及施工技术的不规范，均可能导致路基沉降、裂缝及表面损坏等问题。因此，科学合理的施工技术及严格的质量控制措施显得至关重要。施工单位不仅应掌握先进的施工工艺，还需建立系统化的质量管理体系，以确保施工各环节能够达到设计标准与规范要求。通过深入研究公路工程的路基路面施工，本文旨在提供提升施工质量、延长公路使用寿命及提高交通安全性的理论支持与实践指导，从而推动公路工程的可持续发展。

1 公路路基施工质量控制的重要性

公路路基施工质量控制的重要性不容忽视，其主要体现在对公路整体性能与安全性的直接影响。作为承载公路结构的基础，路基的施工质量直接决定了路面的稳定性与耐久性。若路基的质量未达标，沉降、开裂等问题可能随之出现，进而影响车辆行驶的安全与舒适性。高质量的路基施工不仅能够有效分散交通荷载，还能减少对路面的损害，从而降低后期的维护与修复成本。此外，良好的路基设计与施工，有助于改善排水性能，防止水分对基础的侵蚀，延长公路的使用寿命。综上所述，确保路基施工质量是实现安全高效交通的基础，显得尤为重要。

2 公路工程路基施工的基本要求

公路工程路基施工的基本要求涵盖多个方面，其目标在于确保安全性、稳定性与耐久性。施工前，详尽的地质勘查必须进行，以了解土壤性质及地下水状况，为后续施工提供可靠的数据支持。挖方与填方工作应严格遵循设计标高与坡度，以确保路基平整、密实。此外，压实工序至关重要，适当的机械设备需用于多次分层压实，以增强路基的承载能力与稳定性。对于软基区域，需采取有效的加固措施，例如预压或排水，以防止路基沉降。同时，确保良好的排水系统至关重要，以防止水分积聚造成的基础损害[1]。最后，施工质量应经过严格监控与验收，确保各环节符合设计标准与规范，从而为公路的长期使用奠定坚实的基础。

3 公路工程路基施工的常见问题

3.1 公路沙害及纵向的裂缝

公路工程路基施工中，沙害及纵向裂缝是常见且严重的问题，直接影响着路基的稳定性与安全性。沙害指的是土壤中细沙颗粒的迁移或流失，导致路基内部出现空洞或沉降现象。这种情况通常在雨季或水位剧烈变化时发生。沙害的出现使路基的承载能力降低，进而可能引发路面开裂与

Copyright © 2024 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

变形。纵向裂缝多发生于路基表层，常由温度变化、湿度波动或交通荷载引起。这些裂缝的出现不仅影响道路的平整度，还可能导致雨水渗透至路基内部，进一步加剧沙害及路基的恶化。因此，有效监控与处理这些问题显得尤为重要。

3.2 路基的沉陷和冻胀

在公路工程路基施工中，常见且具挑战性的质量问题包括路基沉陷及冻胀。路基沉陷的发生，通常出现在软土或不均匀填土条件下，其原因可归结为土壤压实不足、地下水位变化及持续的交通荷载。这种沉陷现象导致路面不平，直接影响着行车的安全性与舒适性。冻胀现象则主要发生在寒冷地区，当土壤中的水分在低温条件下结冰时，水分体积膨胀，从而对路基造成破坏。此现象不仅使路基表面隆起，还可能导致其结构性损坏。沉陷与冻胀之间的相互作用，严重威胁着路基的稳定性，进一步引发路面的开裂、变形与破坏，从而影响公路的使用性能与安全性。因此，针对这些问题的监控与处理被认为至关重要。

3.3 路基不均匀沉降、渗水

在公路工程路基施工中，两个常见且严重的问题为不均匀沉降与渗水。不均匀沉降的发生，通常与填土材料质量不一致、土壤压实不足或基础土层不稳定相关。这种沉降导致路面出现裂缝与凹陷，严重时甚至对交通安全构成威胁。随着时间的推移，沉降的不均匀性可能会加剧，从而影响整个公路的结构性能。另一方面，渗水问题常常与排水系统设计不合理或施工过程中土体的松散有关[2]。当水分渗透到路基中时，土壤的承载能力不仅会降低，还可能引起土体的进一步松散与变形，最终导致路基的劣化与损坏。这些问题的存在亟须引起重视。

4 公路工程路基施工技术

4.1 施工测量

在公路工程路基施工技术中，核心地位被施工测量所占据，其准确性与精细程度直接关系到整个工程的质量及后续施工的顺利进行。施工测量的范围并不仅限于简单的高度与距离测量，更需综合考虑地形、土壤性质及地下水位等多种因素。通过科学的方法与技术手段进行详细的数据收集与分析，将能够更好地指导施工。在这一过程中，现代测量设备的使用，如全站仪、GPS 和水准仪，使得高精度的测量得以实现，从而确保施工参数的准确与一致。现场勘查在项目启动前显得尤为必要，此举有助于获取真实的基础数据，并与设计图纸进行对比，以识别潜在的问题与风险。施工测量通过建立精确的控制网，为路基的设计与施工奠定了坚实的基础，确保各项技术指标得以实现。在施工过程中，定期复测与监控也显得至关重要，以及时发现并纠正偏差，防止测量误差引发路基的不均匀沉降或其他质量问题。

4.2 路基挖方

在公路工程路基施工中，路基挖方扮演着重要的角色，其目标在于为路基提供稳定的基础，以确保满足设计要求。在挖方之前，施工现场需进行详尽的地质勘查，以了解土壤类型、层厚及地下水位，从而为后续施工提供必要的数据支持。在实际操作中，设计图纸中的深度与坡度应严格遵循，以确保路基的高度与宽度符合规范。适当的设备选择至关重要，如挖掘机与铲车的使用，能够有效提升挖掘速度与效率，同时，边坡的稳定性也需引起重视，以避免因土体松动而引发的坍塌。在土质较软或湿润的区域，分层挖掘的方法被采用，以有效降低土体的扰动程度。此外，挖方后需及时进行排水，防止雨水或地下水的渗入造成土体软化，这将直接影响后续的填方与压实工作。

4.3 路基填方

在公路工程施工中，路基填方是一个至关重要的技术环节，其主要通过填充适宜的材料以构建稳定的路基结构。在进行填方之前，需根据设计要求及地质勘查结果选择符合标准的填料，如砂土、黏土或碎石，以确保其质量与性能满足要求。填方作业应采用分层进行的方式，每层的厚度必须控制在合理范围，以便有效压实，防止因填充不均匀而引发的沉降与变形。在施工过程中，每层填土必须经过充分压实，通常利用振动压路机或光轮压路机等设备，以确保填料的密实度达到设计标准[3]。此外，施工期间需关注环境因素对填方的影响，及时采取排水措施，防止雨水或地下水渗入填土，从而导致土体软化。填方完成后，定期监测也显得至关重要，以观察路基的沉降与变形情况，确保填方后的路基结构保持稳定。

4.4 路基压实

在公路工程施工中，路基压实扮演着关键角色，其主要目的是通过机械作用将填土或原土进行压实，以提高其密度与承载能力，确保路基的稳定性与耐久性。在压实过程中，适宜的压实设备必须被选择，例如振动压路机、光轮压路机或夯实机，并依据填方材料的特性与厚度制定合理的压实方案。一般来说，压实作业应分层进行，每层的厚度不应超过设计要求，以便均匀施加压力，避免空隙或松散层的出现。此外，压实作业的湿度控制至关重要，填土的含水量应维持在最佳范围内，以确保最佳的压实效果，并防止因水分过多或过少而导致的质量问题。为确保路基的压实质量，施工完成后应进行密实度检测，通常采用核密度计等仪器进行评估，以确认填土的密实度符合规范要求。

5 提高公路工程路基施工质量的措施

5.1 做好软基处理

有效的软基处理是提升公路工程路基施工质量的重要措施，尤其在土质松软或水位较高的区域。承载力不足的软基，易导致路基沉降或变形，因此在施工之前，进行详细的地质勘察，以了解软基的物理与力学特性，显得至关重要。常见的软基处理方法包括预压法、排水法与加固法等。通过在软基表面施加荷载，预压法促进土体的固结与排水，从而增强其承载能力。该方法需结合现场实际情况，合理计算预压荷载及施加时间，以确保土体达到所需

Copyright © 2024 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

的强度与稳定性。排水法则通过设置排水设施，如排水板或排水管，降低土体的孔隙水压力，提升土壤的有效应力，进而减小沉降风险。对于极度软弱的土层，深层搅拌或注浆等加固措施的采用，可以显著改善土体的物理性质，提高其抗剪强度。在整个软基处理过程中，需密切监测处理效果，通过定期检测土体的沉降与强度变化，及时调整施工方案，以确保设计要求得以满足。

5.2 做好排水施工

有效的排水施工在提升公路工程路基施工质量中扮演着重要角色，特别是在水文条件复杂或土壤湿润的地区。排水设计的合理性，直接关系到路基的稳定性及使用寿命。施工前，全面的水文勘察需进行，以了解地下水位变化及雨水排放情况，从而根据地形地貌设计出有效的排水系统。常见的排水措施，包括设置排水沟、排水管和渗水井等，这些设施能够有效引导和排除地表水与地下水，防止水分在路基内部积聚，避免土体软化与承载能力下降。在填方施工中，合理布置的排水孔与透水层，有助于水分的及时排出，降低路基湿度，增强土体稳定性。同时，在施工过程中，必须确保排水设施的畅通，定期进行检查与维护，以防止堵塞或损坏。此外，排水施工应与其他施工环节相结合，综合考虑不同工序对水文条件的影响，以实现协调统一。

5.3 做好防护施工

完善的防护施工在提高公路工程路基施工质量中，是一项重要措施，旨在保护路基免受外界环境与自然因素的侵害，以确保其长期的稳定性与耐久性。为此，全面评估地形、气候及水文条件是必要的，以选择合适的防护措施，例如设置挡土墙、边坡防护及水土保持设施。有效抵御雨水侵蚀、滑坡及泥石流等地质灾害影响的措施，特别是在易发生洪涝与滑坡的区域，显得愈加重要。在施工过程中，优质材料的选用也至关重要，具备抗冻及抗渗透性能的混凝土或生态护坡材料的使用，有助于提升整体结构的强度[4]。此外，防护措施的设计与施工，必须遵循相关规范，以确保不影响路基的排水与通风，避免产生新的隐患。施工完成后，定期巡检与维护是必要的，及时修复因环境变化引起的损坏，从而保持防护设施的有效性。

5.4 确保路基周围水温的稳定性

保持路基周围水温的稳定性，在提升公路工程路基施工质量中，是一项重要举措，尤其是在气候变化及水文条件复杂的地区。对土体的物理特性及化学反应，水温的波动产生显著影响；过高或过低的水温，可能导致土壤膨胀、收缩或软化，从而危及路基的稳定性与承载能力。为确保水温的稳定，合理设计排水系统至关重要，这能够有效控制地下水位及地表水流动，防止水分在路基周围积聚，导致土体水分含量的波动。此外，适宜的土体材料及施工方法的选择，使用透水性良好且具备保温性能的填料，有助于调节周围水温，减少温差对路基的影响。在施工过程中，加强周围环境的监测也是十分必要的，以便及时获取水温变化的数据并采取调整措施。同时，植被覆盖或生态修复等措施的实施，有助于改善土壤的微气候，进一步稳定水温。

5.5 施工人员培训与管理

施工人员的培训与管理，在保障公路工程路基施工质量中，是一个重要因素，直接影响着技术执行与安全控制。系统的培训计划的制定，涵盖施工技术、质量标准、安全规范及环境保护等多个领域，有助于确保每位员工掌握必要的知识与技能。培训内容应包括理论课程与实际操作相结合，采用模拟训练与现场指导，以提升员工的动手能力及解决问题的能力。定期组织培训与考核，能够有效更新施工人员的知识，确保他们熟悉最新的技术与规范，从而提高团队整体素质与应变能力。在管理方面，建立完善的责任制与考核机制至关重要，明确各岗位的职责与任务，使员工能够在各自岗位上发挥最大效能。同时，团队合作与信息共享的鼓励，促进不同工种之间的沟通与配合，从而减少施工过程中的错误与遗漏。

6 结语

在公路工程中，路基与路面施工的质量控制，作为确保工程安全性与持久性的基础，显得尤为重要。通过对施工技术及质量控制措施有效性的系统分析，可以明确，科学的施工方法与严格的质量管理相结合，是实现高标准公路建设的关键。路基承载能力的提升，不仅依赖于有效的施工技术，同时也降低了未来维护成本，为行车安全提供了必要保障。随着新材料与新技术的不断涌现，施工团队需保持对行业前沿动态的关注，以便及时调整与优化施工方案，响应不断变化的交通需求与环境挑战。施工人员的培训与管理，同样不可忽视，提高团队整体素质是确保每个环节在实际操作中精细执行的前提。展望未来，公路工程的可持续发展，将依赖于技术创新与管理模式的不断优化。只有追求卓越，才能为社会提供更加安全、高效与环保的交通基础设施，从而为经济发展与人民生活品质的提升做出更大贡献。

[参考文献]

[1]陈选国.公路工程路面施工技术及质量控制措施探讨[J].交通科技与管理,2023,4(12):90-92.
[2]赖冠斌.市政公路工程路基路面施工技术与质量控制措施[J].工程与建设,2023,37(2):689-691.
[3]彭先彪.市政公路工程路基路面施工技术与质量控制措施[J].居业,2021(11):59-60.
[4]陈云福.公路工程路基施工技术及质量控制措施分析[J].交通世界,2019(2):40-41.

作者简介：杨雪（1982.6—），女，毕业院校：长安大学，学历：本科，所学专业：道路桥梁与渡河工程，当前就职单位：陕西三秦路桥有限责任公司，职务：道路桥梁工程师，所在职务的年限：20 年，职称级别：工程师。

Copyright © 2024 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

公路工程施工中填石路基施工技术及应用实践分析

蒋仁军
新疆北新路桥集团股份有限公司，新疆 乌鲁木齐 830000

[摘要]公路工程作为大型基础设施建设项目，如何降低对环境负面影响，成为各方关注焦点。填石路基技术因其在施工材料以及施工过程中环保特性，逐渐成为绿色公路建设关键组成部分。与传统路基技术相比，填石路基技术依赖于当地丰富石材资源，避免了大量土方开挖以及长距离材料运输，从而有效减少了施工中能源消耗。基于此，本篇文章探究填石路基施工的特点，分析填石路基施工的技术优势，并对公路工程施工中填石路基施工技术的应用实践进行分析，以期为提升公路工程整体质量提供理论支持。

[关键词]公路工程；填石路基；施工
DOI：10.33142/sca.v7i11.14178　　中图分类号：U415.1　　文献标识码：A

Analysis of Construction Technology and Application Practice of Stone Filled Roadbed in Highway Engineering Construction

JIANG Renjun
Xinjiang Beixin Road and Bridge Group Co., Ltd., Urumqi, Xinjiang, 830000, China

Abstract: As a large-scale infrastructure construction project, how to reduce the negative impact on the environment in highway engineering has become a focus of attention from all parties. The technology of filling stone subgrade has gradually become a key component of green highway construction due to its environmental characteristics in construction materials and processes. Compared with traditional roadbed technology, stone filling roadbed technology relies on abundant local stone resources, avoiding a large amount of earthwork excavation and long-distance material transportation, thereby effectively reducing energy consumption during construction. Based on this, this article explores the characteristics of stone filled roadbed construction, analyzes the technical advantages of stone filled roadbed construction, and analyzes the practical application of stone filled roadbed construction technology in highway engineering construction, in order to provide theoretical support for improving the overall quality of highway engineering.
Keywords: highway engineering; stone filled roadbed; construction

引言

随着我国基础设施建设加速推进，公路工程在社会发展中地位日益凸显，尤其是在交通运输网络中枢纽作用备受重视。为了应对日益增加的交通运输需求，公路建设项目技术要求不断提升，传统路基施工技术难以满足现代公路工程高标准要求。在平坦地区，路基施工难度相对较低，然而在地形复杂地带，常规路基施工方式面临诸多挑战。因此，本文以公路工程施工中填石路基施工技术及应用实践为研究方向，具有重要实际意义，为相关领域发展提供有益借鉴。

1 填石路基施工的特点

填石路基施工技术显著特点是其在复杂地质条件下适应性极强，特别适用于软弱地基、山区、丘陵等不稳定地质区域，由于土质松软或地形陡峭，传统砂土路基难以提供足够支撑力，容易出现沉降、滑移等问题。而填石路基使用大颗粒石料作为主要填料，其良好强度使其有效分散来自路面荷载，避免局部应力集中变形或破坏，使得填石路基特别适合高填方路段以及路基承载能力要求较高路段。填石材料铺设过程中，根据地质条件进行合理颗粒分级以及压实工艺，以保障路基整体结构强度[1]。路基排水是影响公路使用寿命重要因素，尤其在降雨量大或地下水位较高区域，路基内部积水会软化、塌陷等严重问题，直接威胁路面结构稳定性。填石路基由于采用透水性强大颗粒石料填筑，路基中渗透水迅速排出，避免了水分在路基内部长时间滞留。相比于传统路基施工方式，填石路基在抗水损方面具有显著优势。施工过程中通常会配合设置完善排水系统，铺设横向、纵向排水沟或排水管道，使地表水与地下水快速排出，从而进一步增强路基抗渗透能力，高效排水性能在减少地基受水侵蚀，还能有效减轻水压对路基结构破坏作用，避免水引发路基软化、变形或塌陷等问题发生。与其他路基施工方式相比，填石路基充分利用当地天然石料资源，尤其是在山地、丘陵等地势较高且石料丰富区域就地取材，减少对外地材料依赖，降低材料运输成本，符合节约资源、减少碳排放绿色施工理念，显著缩短了工程工期，提高了施工效率[2]。石料多样性使得填石路基根据不同施工条件调整填料颗粒级配与施工方式，具有很强灵活性。填石路基施工相对简单，振动压路机、推土机等施工机械设备常规设备即可完成填石、分层碾压、夯实等工序，无需引入特殊施工机械或复杂工艺，便于大

Copyright © 2024 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

规模应用。与此，填石材料优良物理特性减少了因地质条件变化而带来路基沉降或开裂等问题，进一步降低了后期道路养护维修成本。

2 填石路基施工技术的优势

公路施工中，路基需要承受车辆运行过程中产生大量荷载，尤其是在重型车辆频繁经过路段，路基材料抗压能力直接影响道路耐久性。填石路基选用花岗岩或玄武岩等高强度材料，有效抵抗外力作用。相比于传统砂土或其他松散材料，填石路基在压实后具有高密实度，有效分散车辆荷载，避免局部应力过于集中引发沉降、开裂等现象，高强度特性尤其适合在山地、丘陵以及高填方路段等软弱地基或地质条件较差区域应用，在该区域，地基土层较软，传统路基容易发生不均匀沉降或滑移，威胁道路结构稳定性，而填石路基凭借其强大承载能力，保障路基在复杂环境下长期保持平整、坚固，显著提升公路整体使用性能。路基积水是引发公路工程问题主要原因之一，特别是在多雨或地下水位较高地区，水分进入路基后容易土体软化，进而引发沉降、塌陷等结构性损坏问题[3]。填石路基由于采用大颗粒石料作为填充材料，天然具备良好透水性，迅速排除进入路基水分，避免了水分滞留引发破坏。为了进一步增强排水效果，填石路基通常结合科学排水设计，在路基内部设置排水管道或排水沟，基于多层级排水结构迅速把渗透水导出地基，保障路基始终保持干燥。排水性能优化防止地基土层软化，减少地基受到水流冲刷风险，特别是在暴雨或洪水频发地区，降低积水对路基侵害，显著提升道路抗灾害能力。不同于某些特殊材料或工艺需要依赖昂贵外部资源，填石路基主要材料为天然石料，通常就地取材，尤其在山区、丘陵等地势复杂且石料丰富地区，材料供应极为便利，降低了材料采购成本，减少了因远距离运输带来高额费用，符合现代公路工程对节能环保要求[4]。填石路基施工工艺相对简单，压路机、推土机等施工机械常见且易于操作，设备即可完成大部分施工环节。施工过程中，快速碾压填石材料，保障路基密实度，根据不同地质与气候条件灵活调整施工方案，提高了施工灵活性。尤其是在工期紧张项目中，填石路基高效施工方式有效缩短工程时间，减少对交通影响[5]。

3 公路工程施工中填石路基施工技术的应用实践

3.1 材料选择合理，施工标准严格

为保障路基具备足够抗压能力，通常需要选用花岗岩、玄武岩等坚硬且抗风化能力强的天然石材，此类石材抗压强度较高，有效承受公路长期使用中产生重载荷。此类石材在长时间暴露于自然环境中不会因风化、侵蚀而产生强度衰减，从而保证路基结构在严酷环境下仍能保持其物理性能。合理颗粒级配能增强材料密实度，提高路基整体稳定性。施工过程中，通常会把大颗粒石料与小颗粒材料按一定比例混合使用，保障石料在压实过程中填充空隙，形成紧密结合整体结构，因为不合理颗粒级配路基内部空隙过大，降低路基承载力，并增加路基沉降风险。施工中，禁止使用风化、破碎或含有过多杂质石料，此类材料通常强度不足，且在受力或受环境变化影响时容易产生形变或崩解。风化石料抗压性能较差，极易在施工后引发沉降或开裂现象，严重影响路基整体稳定性，施工前必须进行严格石料检测，保障其物理、力学性能符合设计要求。

3.2 分层填筑规范，碾压密实到位

填石路基施工采用分层填筑工艺，每层厚度需严格控制在 30 至 50 厘米之间，厚度范围是基于多次施工经验总结出最佳填筑厚度，保障压实设备充分发挥其作用，保证每一层填料密实度。一旦填筑层厚度过大，碾压设备压实效果会受到限制，路基内部密实度不足，容易产生空隙，增加路基沉降风险，而层厚度过薄，则会施工效率低下，增加施工成本，控制每层厚度在合理范围内，在保障质量前提下，提高施工效率。通常情况下，振动压路机适用于大颗粒石料碾压，振动使颗粒材料充分填充空隙，提升密实度。而在使用细颗粒材料时，则适合采用静态压路机进行碾压，以防止材料在压实时受到过度破坏。机械碾压时需要保障每个部位均匀碾压，避免出现局部压实度不足情况，从而保障路基整体稳定性。压实度检测通常采用核子密度仪或其他压实检测设备，根据测量密实度来判断填石层质量是否达到标准。一旦检测结果显示某一层压实度不达标，则需要及时返工重压，以避免由于密实度不足引发路基沉降或结构不稳。逐层检测是保障施工质量关键步骤，只有严格质量控制，才能保障整个路基稳定性。

3.3 排水系统优化，渗透控制有效

由于路基长期暴露在自然环境中，特别是在降水频繁或地下水位较高地区，合理排水系统有效避免水分滞留在路基内部，从而防止水分引发变形问题。施工前，必须根据项目地形、气候特点进行设置横向、纵向排水沟渠以及渗水管道等精确排水系统设计，科学排水设施能快速排除路基内部水分，保护路基不受侵蚀，延长道路使用寿命。由于填石材料通常为大颗粒石料，透水性较强，迅速把水分从路基中排出，避免水分在路基内部积聚，从而降低水引发软化或膨胀风险。因此，施工过程中需保障填石材料具备良好透水性，以提高路基排水效率。在多雨或水位较高区域，可进一步增强透水材料使用比例，优化路基排水能力，保障路基在湿润环境下稳定性。在路基中设置防渗层或使用防水布等材料，有效阻止地下水渗入路基内部，从而避免水分对路基造成破坏，减少地表水对路基长期侵蚀，保障路基结构在复杂水文条件下依然能保持较高承载力，进而大幅提升道路使用寿命。

3.4 地基处理科学，承载能力增强

填石路基施工中，遇到软弱地基时，必须进行有效加固处理，以提升地基承载能力。常见加固措施采用砂砾或

Copyright © 2024 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

碎石材料进行地基换填，显著提高地基承载力，增强其抗变形能力。还可使用石灰或水泥等材料对软弱土层进行化学改良，以增强地基稳定性。承载力、含水量、压缩性等地基土层物理、力学性质，直接影响着路基处理方案。运用专业土工检测手段，准确评估地基土层承载能力，从而为路基施工方案提供科学依据。土层检测帮助工程师识别潜在地基问题，及时采取相应加固或改良措施，避免因地基条件不良而路基沉降、裂缝等问题。碎石垫层提高路基整体抗压强度，有效分散荷载，减小地基沉降风险。在铺设碎石垫层时，需要保障垫层厚度与颗粒级配符合设计标准，以实现最佳承载效果。碎石垫层还能增强地基排水性能，防止地下水对路基造成不利影响，从而进一步提升道路安全性。

3.5 现场管理严谨，质量检测及时

施工前，所有石料必须经过严格筛选，特别是在质量上要符合设计要求。进场时，管理人员需对石料颗粒级配、坚硬度、耐久性等物理性能进行严格审核，保障每一批材料性能均满足施工标准。材料来源要统一记录，避免因劣质材料混入而影响路基施工质量。现场管理人员应对各个施工环节进行实时监控，保障施工严格按照设计要求规范进行。分层填筑与碾压过程中，管理人员需监督压实机械操作，保障碾压均匀到位，且每层厚度符合设计标准。现场管理人员还需及时纠正施工中任何违规操作，保障施工过程中不会出现质量隐患。管理人员需要根据施工进度，定期对路基密实度、强度、厚度进行检测，特别是对压实度检测，保障每层填筑材料均达到预定密实标准。还应对排水系统、地基加固效果等关键环节进行专项检查，保障路基整体功能符合设计规范。

3.6 施工进度有序，环保措施得当

根据工程规模、施工周期以及地形地貌复杂程度，施工方需制定详尽施工进度计划，保障各阶段工作有序推进。特别是在雨季与冬季等极端天气多发时段，施工计划应适当调整，以避免恶劣天气对施工质量影响。计划中还应留有一定缓冲期，防止不可预见情况工期延误。施工进度安排应根据各项工序难易程度要求合理划分，保障施工过程中每个环节紧密衔接，最终按时按质完成任务。在填石路基施工时，施工方应采取多种环保措施，最大限度减少对周边环境破坏，在开采、运输、使用石料时，应尽量减少对自然生态干扰，防止生态环境遭到破坏。废水、废气、固体废物处理，必须严格遵守环保法律法规，保障施工现场排放符合标准。在施工中应尽量减少噪声以及扬尘，运用洒水降尘、安装消音设备等手段，降低对周围居民与生态环境不良影响，保障施工绿色环保。在施工中应尽量推广资源节约型施工技术，减少材料浪费。合理利用当地石料资源，避免长途运输，降低了施工成本，减少了运输过程中碳排放，符合当前低碳环保施工理念。施工方应科学使用填石材料，避免不必要材料损耗。推广施工废料回收与再利用等可再生资源利用，也在节约资源减少对环境影响，实现工程建设可持续发展。

4 结论

综上所述，填石路基施工技术在应对复杂地质条件、增强路基稳定性以及提高排水性能方面表现出显著技术优势。实际应用中，合理选择材料、严格执行分层填筑与碾压工艺、优化排水系统设计，有效提升路基承载能力。科学现场管理与定期质量检测保障了施工过程严谨性，而环保措施落实则进一步实现了绿色施工目标。填石路基施工技术推广，极大提升了公路工程施工质量与使用寿命，具有广阔应用前景。未来，随着公路建设规模进一步扩大对技术要求不断提高，填石路基施工技术会面临全新挑战与机遇。可持续施工理念的推动下，未来填石路基技术会在材料循环利用、施工能耗降低、智能化监控等方面不断进步。未来应进一步探索填石路基在极端气候条件下表现，以及如何运用先进技术手段进一步提升路基抗变形能力，为公路工程的长远发展提供技术保障。

[参考文献]

[1]冯占昭.公路工程中填石路基施工技术的应用要点[J].运输经理世界,2024(20):28-30.
[2]陈华.公路工程施工中路基施工技术研究[J].散装水泥,2024(2):148-150.
[3]李雪峰.公路工程施工中填石路基施工技术及应用实践分析[J].居业,2024(4):43-45.
[4]安桂萍.公路工程施工中填石路基施工技术及应用实践分析[J].黑龙江交通科技,2023,46(5):183-185.
[5]方金城.公路工程施工中填石路基施工技术应用分析[J].建筑技术开发,2017,44(3):37-38.

作者简介：蒋仁军（1981.12—），男，毕业于长沙理工大学，交通土建专业，就职于新疆北新路桥集团股份有限公司杭州分公司，副总经理，高级工程师。

Copyright © 2024 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

基于有限差分法对基坑环境影响的应用浅析

袁小刚
湖北建艺岩土工程勘察设计有限公司，湖北 荆州 434000

[摘要]深基坑开挖对周边环境的影响成为岩土工程领域的重要分析课题。文中依托荆州市某实际工程项目，基于有限差分法建立三维数值模型，通过对支护结构位移、地表沉降和建筑物变形的模拟与现场监测数据对比，分析了基坑开挖对周边环境的影响。结果表明，开挖到底桩顶水平位移最大 31.16mm，计算与实测桩身水平位移较为吻合；地表沉降曲线呈现典型的凹形，在此文荷载条件下，距基坑 2 倍开挖深度（H）处达到最大沉降值 16.41mm，在距离超过 5H 后，沉降影响逐渐减小至接近于零。研究成果为深基坑开挖对周边环境的影响及类似工程的设计与施工优化提供了参考。

[关键词]基坑工程；周边环境；有限差分法
DOI：10.33142/sca.v7i11.14180　　中图分类号：TU463　　文献标识码：A

Application Analysis of Finite Difference Method on the Impact of Foundation Pit Environment

YUAN Xiaogang
Hubei Jianyi Geotechnical Engineering Survey and Design Co., Ltd., Jingzhou, Hubei, 434000, China

Abstract: The impact of deep excavation on the surrounding environment has become an important analytical topic in the field of geotechnical engineering. Based on an actual engineering project in Jingzhou City, a three-dimensional numerical model was established using the finite difference method. By comparing the simulation of displacement of support structures, surface settlement, and building deformation with on-site monitoring data, the impact of excavation on the surrounding environment was analyzed. The results show that the maximum horizontal displacement at the top of the excavated pile is 31.16mm, which is consistent with the calculated and measured horizontal displacement of the pile body; The surface settlement curve presents a typical concave shape. Under this load condition, the maximum settlement value of 16.41mm is reached at twice the excavation depth (H) from the foundation pit. After a distance of more than 5H, the settlement effect gradually decreases to near zero. The research results provide reference for the impact of deep excavation on the surrounding environment and the design and construction optimization of similar projects.

Keywords: foundation pit engineering; surrounding environment; finite difference method

引言

基坑开挖对周边环境的影响是一个重要的研究课题。基坑开挖会影响周边地层应力场，导致周边地层发生位移，从而对周边环境产生不利影响。为此，众多学者展开了大量研究。刘彦玲[1]、黄伟超[2]通过基坑监测结果分析了支护结构的变形及周边沉降。结果表明，随着基坑开挖深度的增加及距基坑距离的增大，地表沉降呈现先增后减的趋势，水平位移由基坑边缘至基坑中心逐渐增大。在空间维度上，不同监测点的沉降曲线表现出多样化的趋势，并显现叠加效应。宋卓华[3]、陈林[4]、张肖峰等[5]将有限元与工程实例相结合研究了基坑开挖对周边环境的影响。结果表明，随着开挖深度的增加，分区开挖与非分区开挖的地连墙水平位移均呈现增大趋势，并在深度方向呈现“上大下小”的高斯曲线，周边建筑沉降呈现非线性增加。邻近基坑的开挖主要影响隧道的竖向位移，最大竖向位移发生在基坑中部。

本文以荆州市某基坑工程为例，采用有限差分法建立三维数值模型，并结合基坑监测结果研究基坑开挖对周边环境的影响。

2 工程概况

工程建设场地位于长江一级阶地地貌单元，场地地势整体较平坦。基坑四周环境条件为：基坑北侧、西侧、南侧上开口线距离红线约 2.3m～6.4m，红线外为空地，环境条件较为开阔；东侧距红线最近处约 2.60m，红线外 3.40m 处为现状多层建筑（5 至 7 层，采用天然地基浅基础，基础埋深约 1.50m）。

场地地层自上而下分别为：①杂填土，干至稍湿，松散；②粉质黏土，稍湿，可塑；③粉质黏土，稍湿，软塑；④细砂，饱和，稍密。基坑开挖深度为 4.70m，地下水对本基坑无影响，考虑到基坑东侧已有建筑在 2 倍坑深范围内，基坑东侧长度约 114m，环境条件较为复杂，为避免基坑施工对坑外建筑造成不利影响，该侧采用钻孔灌注桩支护，桩径 0.8m，桩距 1.1m，桩长 12m。

3 有限差分数值模型

3.1 数值模型建立

本文采用 FLAC3D 软件进行模拟，软件使用拉格朗日连续介质法进行有限差分计算，用于解决偏微分方程的一种数值方法，每一点的微分都被有限差分近似值所取代，

Copyright © 2024 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

将计算偏微分方程问题转变为计算代数方程问题。以基坑东侧为对象建立数值模型，数值模型尺寸为 60m×60m×30m（长×宽×高），采用实体单元，模型共 128588 个节点，120780 个单元。如图 1 所示。模型底部设为固定边界，四周边界约束法向位移。数值模型中设置多种外部荷载，在距离基坑上开口线 1.5m 处施加了分布宽度为 3.9m、大小为 20kPa 的施工荷载，模拟施工过程中设备及材料堆载对地面的附加应力。在距离基坑上开口线 6.0m 处施加作用深度为 1.5m、分布宽度为 15m 的先期荷载，荷载大小为 105kPa，以此模拟建筑物自重及基础对地基的作用。Φ800mm@1100mm 钻孔灌注桩采用等效抗弯刚度法计算等效为地下连续墙，可得以下公式：

$$\frac{E\pi d^4}{64}=\frac{Ebh^3}{12} \quad (1)$$

式中：d 为钻孔灌注桩桩径，b 为单位长度计算长度取桩间距，h 为墙厚，E 为钻孔灌注桩与地下连续墙的弹性模量；按以上公式计算得出墙厚 h 为 0.603m。地下连续墙的墙顶位于地面以下 1.0m，墙顶以上设置 150mm 厚的钢筋混凝土挡墙与地下连续墙连接，以加强上部结构的稳定性。

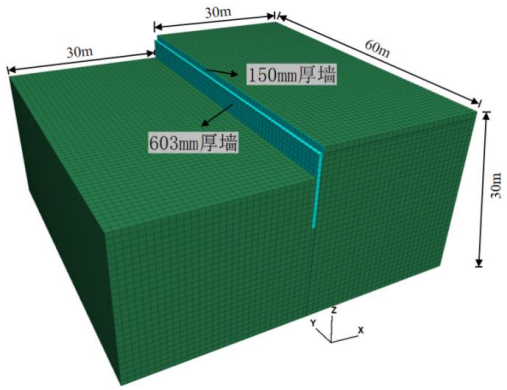


图 1　三维有限差分模型

3.2 计算参数

土体采用摩尔库伦本构模型，地下连续墙采用线弹性模型，材料物理力学参数见表 1 所示。

表 1　材料物理力学参数

编号	名称	层厚/m	重度（kN/m³）	粘聚力/kPa	内摩擦角/°	弹性模量/MPa	泊松比
①	杂填土	1.10	18.0	5.0	20.0	12.0	0.35
②	粉质黏土	1.90	18.7	19.0	11.0	13.5	0.32
③	粉质黏土	5.40	18.3	16.0	8.0	10.8	0.34
④	细砂	/	19.0	0	30.0	45.0	0.30
	地连墙	/	25.0	/	/	30000	0.20

3.3 计算方法

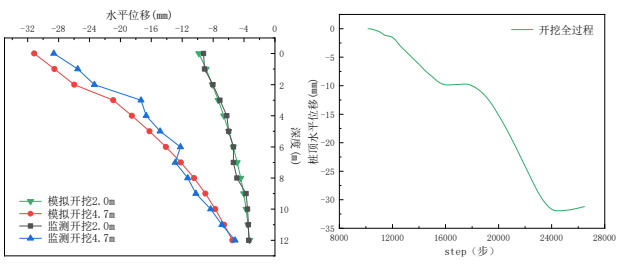
第一步进行初始地应力平衡计算，确保模型内部的应力分布符合原始地层的应力状态；第二步初始模型收敛性通过判断最大不平衡力，若最大不平衡力接近于零，说明模型各网格节点上的力是平衡的，处于收敛状态，计算最大不平衡力为 1e-5N；第三步清除初始地应力平衡阶段可能产生的微小位移，以免影响模拟结果，后施工支护结构，并施加荷载；第四步清除由于施工支护结构阶段产生的位移，随后进行第一步开挖，开挖深度为 2m；第五步开挖至基底 4.7m。这种分步开挖方式能更真实地模拟基坑开挖过程中的应力变化与土体响应，提供更为可靠的沉降和位移数据。

4 结果分析

4.1 支护结构位移分析

图 2（a）为不同开挖深度下桩身水平位移计算值与实测值对比曲线。由图可知，计算与实测值较为吻合，这验证了本有限差分模型的合理性。当开挖深度为 2.0m 时，模拟值曲线斜率较大，支护结构整体水平位移变化趋势不大，顶部位移最大，模拟值为 9.84mm；底部位移最小，值为 3.29mm；深度 0～9.0m 的区域曲线斜率小于深度 9.0～12m 的区域，也就是说在桩身下半部分位移变化不大。当开挖至 4.7m 时，模拟值斜率较小；支护结构位移随深度增加逐渐减小，最大位移出现在桩顶，模拟值为 31.16mm；至支护结构底部的位移最小，模拟值为 5.16mm。从土层分布来看，基底处于第三层粉质黏土层，基底以下约 3.70m 为第四层细砂层，桩身有 3.60m 嵌入细砂层中。在深度 7.00m 以上区域，实际监测的水平位移小于有限差分模拟结果，并在该深度处发生了转变。造成这一差异的原因可能在于数值模拟过程中对地层和桩的简化处理，与实际地层条件存在一定差异。

图 2（b）为基坑开挖过程中桩顶位移随计算步变化曲线。由图可知，计算经历了两个阶段，第一个阶段为开挖 2.0m，约 16000 步时，此时桩顶位移为 9mm 左右，随后至 18000 步趋于平缓；第二阶段为开挖 4.7m，约 24000 步时，此时桩顶位移为 31mm 左右，之后开始趋于平缓。桩顶位移在计算初期变化较小，说明开挖深度较小支护结构足以抵抗这部分土压力。随着基坑开挖深度增加，曲线斜率较大。这表明随着土体被逐步开挖，土压力的释放导致支护桩顶的位移快速增大。达到 24000 步时，位移增长速度逐渐减缓，曲线趋于平缓，最后趋于 31.16mm。



（a）　（b）

图 2　水平位移变化曲线

图 3（a）为基坑开挖 2.0m 时水平位移云图。由图可

Copyright © 2024 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

知，基坑开挖对坑外土层的影响范围约为 18m（约为 4H，H 为开挖深度），基坑边缘处最大，沿坑外方向逐渐减小，最大值为 9.84mm。在竖直方向的影响范围约 22m。

图 3（b）为基坑开挖到底（4.7m）时水平位移云图，由图可知，水平位移云图呈现出上下大中间小的形状。基坑开挖在水平方向的影响范围约为距基坑上开口线 25m（约 5H），呈现从基坑边缘最大值 31.2mm 至 25m 处值为 2.5mm 逐渐减小的趋势，说明 25m 之后的区域不在开挖深度影响范围之内，进入相对稳定区域。在竖直方向的影响范围约为 27m，呈现从桩顶最大值 31.2mm 至深度 27m 处值为 2.5mm 逐渐减小的趋势，说明 27m 之后的区域不在开挖深度影响范围之内。在基坑开挖过程中，随着土体的应力释放，坑外的土压力逐渐超过了坑内的土压力，从而导致桩身向坑内产生水平位移。这表明基坑开挖不仅对支护结构产生显著影响，也对其周边一定范围内的地层造成了扰动。

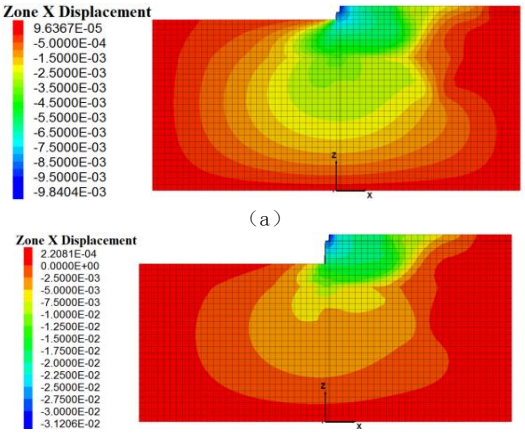


图 3　水平位移云图

4.2 周边沉降分析

图 4 为不同开挖深度下坑外地表沉降计算值与实测值对比曲线。由图可知，数值模拟结果与实际监测结果较为吻合。总体上，坑外地表沉降随着开挖深度的增加而增大。开挖 2.0m 时，地表沉降曲线呈现出凹形，距基坑上开口线 9m 范围内，地表沉降较小，趋于平缓；距基坑上开口线 9～11m 范围内，沉降量增大，曲线呈现出斜率大，在 11m 处达到最大沉降量 4.58mm；之后沉降量缓慢减小，至 25m 处趋于 0。开挖至基底（4.7m）时，地表沉降曲线呈现‘V’字形，在距基坑上开口线 2m 范围内，曲线斜率较大；在距基坑上开口线 2～8m（约 2H）范围内，沉降量变化较小，曲线斜率小；在距基坑上开口线 8～11m 范围内，沉降量急速增大，达到了最大沉降量 16.41mm，曲线斜率大，近似于 90°；在距基坑上开口线 11～15m（约 3H）范围内，沉降量缓慢减小；在距基坑上开口线 15～21m 范围内，曲线斜率增大，沉降量快速减小；在距基坑上开口线 21～24m（约 4H）范围内，沉降量缓慢增加，增加了 0.32mm；在距基坑上开口线 24～26m 范围内（超过 5H），沉降量快速减小，曲线斜率增大；之后缓慢趋于 0。由此可知，可能会导致建筑地基出现不均匀沉降。

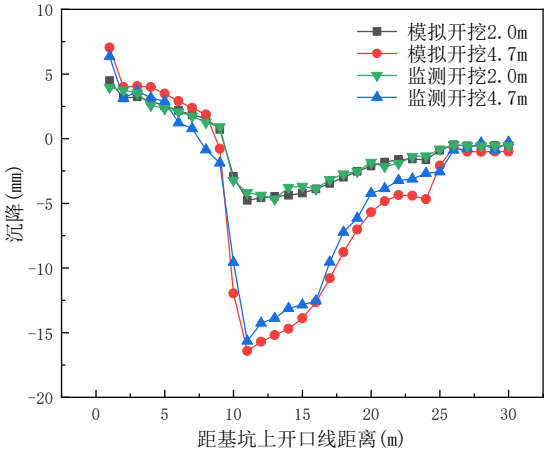


图 4　沉降变化曲线

图 5（a）为基坑开挖 2.0m 时沉降云图，由图可知，坑边沉降较小，基坑开挖水平方向影响范围为距基坑上开口线约 10～19m（约 2～4H）范围内，地表出现了一定程度的沉降，最大沉降量约为 4.86mm；基坑开挖竖直方向影响范围为距基坑上开口线 13m 地面以下约 5m（约 1H）范围内。

图 5（b）为基坑开挖到底（4.7m）时沉降云图，由图可知，沉降主要集中在距离基坑上开口线约 10～20m（约 2～4H）的区域，沉降量为 16.61mm；在竖直方向上的影响深度约为 7m（约 1.5H）。由于基坑开挖过程中土体应力的重分布，靠近基坑的建筑物出现了不均匀沉降，可能对建筑物的整体稳定性产生影响，甚至引发建筑物的倾斜或局部开裂等结构性损伤。

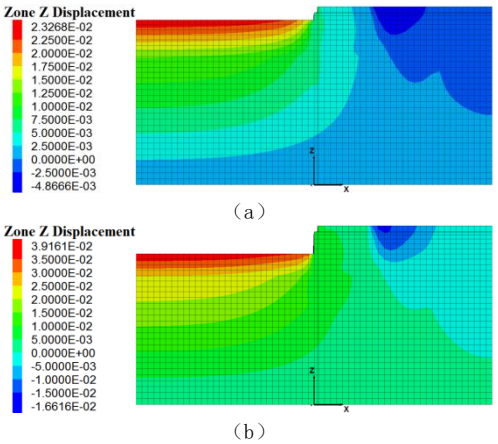


图 5　沉降云图

5 结论

（1）桩身水平位移随深度增加逐渐减小，最大位移出现在桩顶。数值模拟结果显示，基坑开挖过程中桩身上半段水平位移较大；开挖第一阶段（开挖 2.0m）时，位

Copyright © 2024 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

移变化较小，开挖第二阶段时，桩顶位移变化速率增加，反映出挖土卸荷对支护结构的影响逐渐加大，开挖至基底时，桩顶位移迅速增大，达到31.16mm。

（2）基坑开挖改变了周围土体的应力状态，导致坑外土体沉降，并且该沉降表现为不均匀性，这可能导致建筑物出现不均匀沉降，严重时可引起建筑物倾斜或墙体局部开裂，从而形成安全隐患。监测和计算结果表明，地表沉降范围主要集中在基坑外 2～4H（10～20m）之间，最大沉降量达到16.41mm。

（3）若基坑周边环境条件较为复杂，基坑工程设计时需严格控制支护结构变形，从而减小对周边环境的影响。本案例中，考虑到基坑上开口线距已有建筑较近，采用了刚度较大的灌注桩作为支护结构，在施工过程中，该侧周边荷载严格按照设计要求执行。虽然地表最大沉降达16.41mm，但未达到基坑监测报警值，也未对建筑造成明显不利影响。

[参考文献]

[1]刘彦玲.复杂环境深大基坑施工对周边环境影响研究[J].价值工程,2024,43(26):109-111.
[2]黄伟超.相邻多基坑开挖对周边环境的沉降影响研究[J].江西建材,2024,12(1):95-97.
[3]宋卓华,任宝双,郁志伟,等.软土深基坑分区开挖对周边环境影响研究[J].建筑结构,2023,53(12):2488-2493.
[4]陈林.复杂条件下深基坑施工变形控制与周边环境监测研究[J].砖瓦,2024,12(6):140-142.
[5]张肖峰,许饶,辛侨.广东地区地下变电站深基坑工程对周边环境影响数值分析[J].武汉大学学报(工学版),2022,55(11):22-27.

作者简介：袁小刚（1987.6—），毕业院校：中国地质大学（武汉），所学专业：工程管理，当前就职单位：湖北建艺岩土工程勘察设计有限公司,职务:岩土技术部经理,职称级别：中级工程师。

Copyright © 2024 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

装配式 ALC 条板墙施工工艺研究

王亚西
中国市政工程中南设计研究总院有限公司，湖北 武汉 430014

[摘要]针对预制 ALC 条板使用过程中出现开裂等质量问题，文中以某办公楼为应用实例，通过介绍 ALC 条板墙图纸深化、施工工艺流程及安装控制要点，重点分析 ALC 条板墙裂缝成因，以及针对不同部位的裂缝控制措施，为后续工程实例提供参考。
[关键词]预制 ALC 条板；图纸深化；施工工艺流程；裂缝成因；裂缝控制措施
DOI：10.33142/sca.v7i11.14210　　中图分类号：TU745　　文献标识码：A

Research on Construction Technology of Prefabricated ALC Strip Wall

WANG Yaxi
Central & Southern China Municipal Engineering Design and Research Institute Co., Ltd., Wuhan, Hubei, 430014, China

Abstract: In response to quality issues such as cracking during the use of prefabricated ALC panel, this article takes an office building as an application example. By introducing the deepening of ALC panel wall drawings, construction process flow, and installation control points, the article focuses on analyzing the causes of cracks in ALC panel walls and crack control measures for different parts, providing reference for subsequent engineering examples.
Keywords: prefabricated ALC slabs; deepening of drawings; construction process flow; cause of crack formation; crack control measures

随着人们对环保、节能和工程质量的关注度不断提高，预制 ALC 条板作为一种新型、环保、高效的建筑材料，其在建筑领域的应用较多。目前，关于 ALC 条板的应用已经有诸多研究，尤其是在建筑节能中的应用与前景，重点涉及了 ALC 条板的性能特点、施工工艺、质量控制等方面[1-5]。通过研究这些论文，可以更好地了解 ALC 条板在建筑节能领域的应用和发展趋势，为现场 ALC 条板施工应用提供了参考。然而，预制 ALC 条板在后期正常使用过程中容易出现如开裂等质量问题，裂缝的存在不仅影响了建筑美观，也会导致墙体防水、保温、防火等功能退化，限制了预制 ALC 条板的推广和使用，为解决预制 ALC 条板开裂等质量问题，本文以某办公楼项目为工程实例，项目应用预制 ALC 条板墙进行外墙和内墙安装的同时研究墙体的连接及易产生裂缝部位裂缝控制质量研究，从图纸深化、施工过程等方面去控制安装质量，进而避免后期产生裂缝等各种质量问题。

1 工程概况

位于茂名市化州市保税物流中心的 1#办公楼，为高层建筑，建筑高度 29.6m，地下 1 层地上 8 层，ALC 外墙板应用面积为 6058.64m^2，ALC 内隔墙应用面积为 5379.68m^2，ALC 条板厚度为 200mm，长度为 300mm 模数且根据图纸尺寸定尺加工。

2 图纸深化

预制 ALC 条板安装前需要进行图纸深化，图纸深化的质量对后期 ALC 条板是否产生裂缝有很大影响，图纸深化设计的目的是确保构造墙体、预留压槽、门洞下挂板、现浇反坎、预留洞口留设的位置及尺寸准确，减少裂缝以及指导 ALC 条板生产安装，因此必须确保图纸深化设计质量，不少学者总结出现裂缝最多的部位[6-8]，分别为：（1）预制 ALC 条板拼缝处；（2）预制 ALC 条板与框架柱、梁连接处；（3）预制 ALC 条板预埋管线处，要针对不同部位的安装节点详图进行防开裂措施的深化。

排版图绘制：根据建筑设计图纸，绘制 ALC 条板的平面和立面排版图，明确每块墙板的编号、规格、尺寸和安装位置，排版图中应详细标注门窗洞口的位置和尺寸，以及预留的管线、配电箱、开关插座等准确位置。

节点详图设计：设计 ALC 条板与梁、柱、楼板等结构构件的连接节点详图，确保连接牢固可靠，针对特殊部位，如转角、丁字墙、十字墙等，设计相应的加固措施和连接构造。

材料清单编制：根据排版图，编制 ALC 条板及其他辅助材料的采购清单，确保材料供应充足且符合设计要求。

流程管控：图纸接收审查—从建设单位或设计单位接收全套施工图纸，包括建筑、结构、水电等图纸，对施工图纸进行审查，确保图纸完整、准确、无误；深化设计—墙板厂家根据施工图纸和深化设计任务书，结合现场实际情况，进行 ALC 条板的深化设计，深化设计过程中，需与建设单位、总包单位、监理单位等保持密切沟通，确保深化设计满足各方要求；图纸会审与确认—深化设计完成后，建设单位组织深化单位、总包单位、监理单位等相关人员进行图纸会审，对会审中提出的问题进行修改和完善，最终确认深化图纸；图纸交付与施工—将确认后的深化图纸交

Copyright © 2024 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

付给施工单位，作为现场施工的技术依据，施工单位根据深化图纸进行施工准备和施工操作，确保施工质量和进度。

综上，ALC 条板图纸深化是 ALC 条板墙施工过程中的重要环节，它要求设计人员具备丰富的专业知识和实践经验，能够准确、完整地反映设计意图和施工要求，为现场施工提供详细的技术指导。

3 施工工艺流程

3.1 工艺流程

清理工作面→放线→预制 ALC 条板进场→材料验收→ALC 条板运到各楼层→ALC 条板上端和下端安装管卡→ALC 条板企口抹专用砂浆→ALC 条板就位安装调整→用木楔楔紧→墙面水平垂直检查并固定管卡（用射钉）→ALC 条板勾缝修补→验收→退木楔（板材安装好 7 天后）→内墙面砂浆抹平→完工清理。

3.2 安装质量控制要点

（1）材料进场控制：从源头上控制，考察 ALC 条板生产厂家的质量管控能力，选择有良好信誉和稳定质量的厂家，ALC 条板进场时，进行严格的质量检查，包括外观质量、尺寸精度、物理力学性能等指标，检查 ALC 条板的产品合格证和性能检测报告，确保材料符合设计要求，并控制墙板的含水率在合理范围内，避免湿涨干缩导致裂缝。

（2）吊装和堆放：在现场吊装 ALC 条板时，需要考虑到 ALC 条板的吊装和堆放问题，由于 ALC 条板比较轻，容易受到运输和搬运过程中的损坏，因此在起吊时需要使用尼龙吊带在板材两端 600mm 处进行捆绑牢靠，落地之前在板材两端 600mm 处放好枕木，同时 ALC 条板堆放层数不得超过两层，现场堆放场地比较宽敞时应进行单层堆放，在储存过程中，应选择干燥、通风、无污染的场所，避免受潮和变形，不同批次的 ALC 条板应分开堆放，避免混用，以确保材料在使用过程中的准确性。

（3）安装固定件：在施工前，对 ALC 条板进行预检查，剔除有裂缝、破损等缺陷的板材，准备好必要的施工工具和配套材料，如粘结剂、砂浆等，并确保其质量合格。根据施工图纸在地面、梁、板底弹好墙体安装位置线以及门窗洞口位置线，将板材用运板小平车运输到安装位置，在每块 ALC 条板上下距板边 80mm 处、ALC 条板中间位置分别安装连接卡件，连接卡件深入 ALC 条板内不小于 80mm，且两块 ALC 条板拼缝中间应设置卡件固定牢固，一般连接卡件主要包括：U 型卡、直角钢件、管卡等，所有固定 ALC 条板的连接卡件应均应为 Q235B 镀锌材质，最小厚度不低于 2mm，以免后期生锈影响结构正常使用及安全。

（4）板缝及底部处理：两块 ALC 条板之间应靠紧以免缝隙过大，ALC 条板安装时宜从门洞边向两侧依次进行，洞口边、墙的阳角处应安装未经切割的完好整齐的板材，而没有洞口的内隔墙应从墙的一端向另一端依次安装。在施工过程中，切割过的 ALC 条板宜安装在墙体阴角部位或者在靠近阴角的整块板材之间，ALC 条板拼板宽度一般不宜小于 200mm，需要严格使用增强型黏结胶及砂浆将基层及 ALC 墙板侧边涂刷均匀，且要确保专用砂浆的配合比符合图纸及规范要求。待完成墙板安装后，应在 14 天内采取补缝措施，并在 ALC 板间拼缝表面粘贴抗裂自黏玻纤网格布，实现有效防裂效果；板材安装完成后，应当天使用细石混凝土填充底部缝隙，待混凝土初凝后将木楔子取出，并补好缺口。



图 1 ALC 条板缝及底部处理

（5）钻孔开槽处理：预制 ALC 条板安装验收合格且达到技术间歇时间要求（一般为 14 天后）且根据设计图纸将机电管线位置和走向在 ALC 条板上进行弹线定位后，才能在 ALC 条板上进行开槽，施工过程中应按使用专用开槽开洞工具进行开槽和钻孔，严禁在 ALC 条板上随意进行开槽钻孔。ALC 条板开槽宜沿墙板长度方向，开槽深度一般不得大于 1/3 条板厚度，开槽宽度不得大于 50mm，配电箱部位应制作异形板并预埋在异形板内，外墙面不允许进行开槽，隔墙板上的竖向机电管线宜设在竖板间拼缝位置。开槽完成埋入线管后需用专用粘接剂回填，在装修前贴玻纤网格带加强，详见图 2。

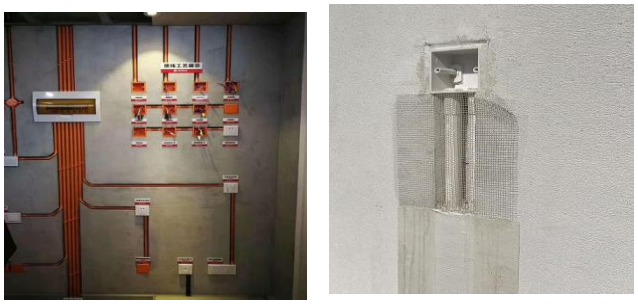


图 2 ALC 条板开槽预埋以及粘贴玻纤网

4 裂缝成因及防裂措施

4.1 预制 ALC 条板拼缝处

预制 ALC 条板拼缝处出现竖向裂缝主要有两个原因，第一是当内隔墙较长且连续安装时，易出现累计收缩变形，因此在安装时应根据规范规定墙体每隔 5m 设置构造柱或每隔 5m 预留一块 ALC 条板暂不安装，等收缩应力完全释放后再安装预留的 ALC 条板；第二是拼缝处填充的粘结砂浆不饱满密实或预制条板拼缝过宽，因此在安装 ALC 条板时，应在条板拼缝内部抹满专用砂浆，确保砂浆饱满度达

Copyright © 2024 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

标，同时注意立板时及时补浆，并且确保拼缝处砂浆宽度控制在 5～7mm 之间，避免因拼缝宽度过大而产生开裂。

4.2 预制 ALC 条板与框架柱、梁连接处

预制 ALC 条板与框架柱、框架梁端部出现裂缝主要原因有两个，第一是预制 ALC 条板顶部与框架梁板缝隙过大或预制 ALC 条板底部与厨卫反坎之间缝隙过大，因此在安装条板要注意复核现场标高，确定好预制 ALC 条板下料尺寸，条板下端要用楔子塞紧，底部和顶部塞缝时要注意采用细石混凝土封堵密实；第二是预制 ALC 条板与框架柱连接处粘结力差，粘结砂浆不饱满或砂浆强度不足，因此在施工时，应对光滑的框架柱墙面进行凿毛、涂刷界面剂进行处理，才能进行预制 ALC 条板的安装，并且要仔细检查专用砂浆的饱满度和专用砂浆强度，确保符合图纸和规范要求。

4.3 预制 ALC 条板预埋管线处

预制 ALC 条板安装时，若采用管线后开槽的方式会由于管线未安装牢固，封堵的砂浆或细石混凝土未封堵密实，ALC 条板被过度开槽、封堵时未挂网等原因产生裂缝，预制 ALC 条板预埋管线处避免产生裂缝最好的方式是管线提前预埋、免开槽施工，通过对图纸的深化设计，确定好管线的位置、线盒的位置，实现预制 ALC 条板墙机电线管、线盒提前预埋、一体化施工。

5 结语

本文通过对预制 ALC 条板实际应用，如何规范预制 ALC 条板施工，控制裂缝产生，得出以下结论：（1）在图纸深化阶段要做好易产生裂缝部位及机电管线深化工作，进行详细 ALC 条板排版计算，为后期安装 ALC 条板创造良好条件；（2）在施工阶段做好预制 ALC 条板的验收工作，控制好工序的施工质量，特别是安装过程中的质量控制要点，落实好质量管理制度；(3)针对预制 ALC 条板拼缝处、预制 ALC 条板与框架柱、梁连接处、预制 ALC 条板预埋管线处这些后期易产生裂缝部位，本文从裂缝成因及防范措施角度为后续工程实现对 ALC 条板裂缝的防治与控制提供了参考。

[参考文献]

[1]徐其功,陶茹,王颖璇,等.ALC 墙板的性能研究及创新应用[J].四川建筑科学研究,2022,48(6):69-74.
[2]周冲,刘若南,王羽,等.蒸压加气混凝土板技术研究与应用[J].施工技术,2022,49(8):27-30.
[3]张正伟,郑斌,乔蓉艳.浅议装配式建筑轻质墙板的应用现状[J].建材发展导向,2020,18(16):105-107.
[4]苗启松,卢清刚,刘华,等.蒸压加气混凝土外墙板系统关键技术研究[J].建筑结构,2019,49(1):645-649.
[5]张先政,汪俊,黄朝俊.装配式免抹灰 ALC 板新工法的工程应用[J].混凝土世界,2023(6):58-61.
[6]陈东平,吴文杰,韩舜.装配式隔墙板裂缝控制关键技术分析[J].施工技术,2017,46(2):1380-1383.
[7]高恒.轻质条板隔墙开裂原因分析及对策研究[D].深圳:深圳大学,2019.
[8]张家豪.预制条板隔墙抗裂性能研究[D].江苏:中国矿业大学,2022.

作者简介：王亚西（1991—），男，毕业院校：武汉理工大学，学历：硕士研究生毕业，所学专业：结构工程专业，目前职称：工程师，目前就职单位：中国市政工程中南设计研究总院有限公司。

Copyright © 2024 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

绿色经济理念下建筑经济可持续发展研究

张建良
海天建设集团有限公司，浙江 东阳 322103

[摘要]建筑行业长期以来资源消耗和环境影响较大，绿色经济理念的提出为其转型提供了新方向。各国开始实施绿色建筑标准和政策，推动行业向绿色、可持续发展。技术创新、政策支持和市场机制的有效配合仍是关键，通过深入分析这些因素，提出切实可行的改进策略。

[关键词]绿色经济理念；建筑经济；可持续发展
DOI：10.33142/sca.v7i11.14213　　中图分类号：F426.9　　文献标识码：A

Research on Sustainable Development of Building Economy under the Concept of Green Economy

ZHANG Jianliang
Haitian Construction Group Co., Ltd., Dongyang, Zhejiang, 322103, China

Abstract: The resource consumption and environmental impact of the construction industry have been great for a long time, and the concept of green economy has provided a new direction for its transformation. Countries began to implement green building standards and policies to promote the green and sustainable development of the industry. The effective cooperation of technological innovation, policy support and market mechanism is still the key. Through in-depth analysis of these factors, practical improvement strategies are put forward.

Keywords: concept of green economy; construction economy; sustainable development

引言

全球环境问题日益严重，推动建筑经济的可持续发展成为当务之急。绿色经济理念强调在经济增长的同时减少资源消耗和环境影响，建筑行业作为资源密集型领域，绿色转型尤为重要。本文将探讨在绿色经济背景下，建筑经济的现状与可持续发展策略，分析面临的挑战，并提出优化路径。

1 绿色经济理念概述

绿色经济是一种致力于推动经济增长和社会发展，同时减少环境风险和修复生态不足的经济模式。它强调在推动经济发展的同时，最大限度地减少对自然资源的消耗和对环境的负面影响。绿色经济的核心理念包括低碳、资源高效、环境友好，以及经济和社会的可持续性。通过创新的技术和管理方式，绿色经济致力于实现经济增长与环境保护的双赢[1]。绿色经济的特征体现为：首先是减少碳排放，通过采用清洁能源和节能技术来应对气候变化；其次是资源高效利用，推动循环经济减少资源浪费；再者是注重生态环境保护，减少对生态系统的破坏和污染；最后，绿色经济注重社会公平，通过改善人们的生活质量和创造绿色就业机会来促进社会的和谐发展。随着全球对可持续发展的关注加深，绿色经济已成为推动全球经济转型和实现可持续发展的重要路径。

2 建筑经济与可持续性的关系

建筑经济涉及项目建设的经济活动，包括项目的立项、投资、施工、运营和维护等方面。目标是通过高效的资源管理和成本控制，实现经济效益最大化。可持续性在建筑经济中扮演着重要角色，它不仅关注经济效益，还强调环境保护和社会责任。可持续建筑实践致力于减少建筑对环境的负面影响，提高资源利用效率并改善居住和工作环境的质量。在建筑经济中，推动可持续性意味着采用节能环保的建筑材料，实施绿色设计和施工技术，优化运营维护管理。这不仅能降低建筑的生命周期成本，还能提升建筑的市场竞争力和使用价值。因此，建筑经济的可持续发展不仅是经济效益的延续，更是对环境和社会的长远承诺。

3 当前绿色经济理念下建筑经济发展现状

3.1 市场体系的完善程度

在当前绿色经济理念的推动下，建筑经济市场体系正在逐步完善。绿色建筑市场的规模不断扩大，相关政策法规和标准体系日益成熟。政府出台了一系列激励措施，如税收减免和财政补贴，鼓励绿色建筑的投资和开发。同时，市场上出现了更多绿色认证和评估体系，如美国 LEED 绿色建筑评价体系和英国 BREEAM 绿色建筑评价体系，为建筑项目提供了明确的绿色标准和评价依据。尽管市场体系已经取得了一定进展，但仍面临一些挑战。绿色建筑的成本相对较高，市场对绿色建筑价值的认知和接受度还需进一步提高。此外，绿色建筑技术和材料的供应链尚未完全成熟，需要进一步加强。

3.2 绿色经济理念的行业融合

在绿色经济理念的推动下，建筑行业正经历深度的行业融合过程。这一过程不仅涉及建筑设计、施工和材料的

Copyright © 2024 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

绿色转型，还包括与能源、环境和信息技术等领域的跨界合作。建筑行业逐渐融入先进的能源管理技术，如智能建筑系统和可再生能源集成，实现节能降耗和减少碳足迹。同时，通过建筑行业与环保技术的结合，使得废物管理、污染控制和资源回收等方面得到有效改善。此外，信息技术的引入，通过大数据分析、建筑信息模型（BIM）等技术的应用，提升了建筑项目的设计精度和施工效率，并优化了运营和维护管理。这种融合不仅提高了建筑行业的环境绩效，也推动了相关行业的技术创新和市场发展。绿色理念的深入融合促使建筑行业与其他行业形成协同效应，共同推动可持续发展目标的实现。

3.3 技术研发与政策支持

在绿色经济理念的推动下，建筑经济的技术研发与政策支持正显著增强。技术研发方面，建筑行业正加速创新，重点集中于节能技术、绿色建材和智能系统的开发。例如，先进的建筑能源管理系统和高效的节能建筑材料正在不断涌现，提升了建筑的能源使用效率和环境友好性。同时，绿色建筑技术的研究也涵盖了从建筑设计到施工过程中的各个环节，推动了建筑行业的整体绿色转型。政策支持方面，政府部门出台了诸多激励措施和法规，旨在推动绿色建筑的发展。这些政策包括绿色建筑标准的制定、财政补贴、税收优惠以及绿色认证制度的实施。这些政策不仅为企业提供了经济上的激励，也建立了明确的绿色建筑准则，推动行业的规范化和标准化发展。

3.4 评价机制与标准的科学性

在绿色经济理念的背景下，建筑经济领域的评价机制和标准的科学性正在不断提升。科学化的评价机制为绿色建筑的设计、施工和运营提供了客观、系统的评估依据。现代绿色建筑评价体系，如美国 LEED 评价体系、英国 BREEAM 评价体系和我国的绿色建筑评价标准，均采用了综合性的指标体系，包括能源效率、资源利用、环境影响以及室内环境质量等多个方面[2]。这些标准经过大量实证研究和数据分析，能够准确反映建筑的环境性能和可持续性。此外，评价标准的制定过程强调了多学科交叉和技术创新的融入。例如，数据驱动的评估方法利用大数据和建筑信息模型（BIM）技术，使得评价更加精准和动态。这些标准不仅关注建筑的环保性，还注重其生命周期内的经济效益和社会价值，从而实现全面的可持续评估。

4 绿色经济理念下建筑经济可持续发展策略

4.1 构建绿色建筑产业生态链

构建绿色建筑产业生态链是实现建筑经济可持续发展的关键策略之一。绿色建筑产业生态链涵盖了从原材料供应、设计和施工到运营维护的全过程，通过各环节的协同合作实现建筑的环境友好性和经济效益的双重提升。首先，绿色建筑生态链应从原材料采购开始，选择可再生、低碳和环保的建筑材料，如再生混凝土、低 VOC 涂料和节能玻璃。这不仅减少了对自然资源的消耗，还降低了建筑过程中的碳排放。其次，在设计阶段，采用绿色设计理念和技术，如被动式设计、节能建筑系统和智能控制系统，以优化建筑的能源使用效率和内部环境质量。施工阶段则应关注绿色施工技术的应用减少建筑废料产生，并采用环保施工方法降低施工对环境的影响。运营维护环节同样重要，绿色建筑的运营管理应包括能源监测和管理系统，实时监控和优化建筑的能源使用，减少运行成本和环境负荷。此外，鼓励各利益相关方，如建筑师、施工方、材料供应商和运营管理者，建立有效的沟通和合作机制，共同推动绿色建筑标准的落实和技术的创新。

4.2 增强绿色建筑技术支持

增强绿色建筑技术支持是推动建筑行业可持续发展的核心策略之一。随着绿色经济理念的深化，建筑技术的创新和应用成为提高建筑环境性能和资源利用效率的关键。首先，必须加大对绿色建筑技术的研发投入，推动新型节能和环保技术的突破。例如，集成太阳能光伏系统、地源热泵和智能建筑控制系统等技术，可以显著降低建筑的能源消耗，并提升能源使用效率。其次，推广先进的建筑材料和施工技术也至关重要，使用高性能隔热材料和低能耗窗户，能够有效减少建筑的热量损失从而降低空调和采暖的能源需求。此外，采用模块化建筑和预制构件技术，可以缩短施工周期，减少施工现场的资源浪费和环境影响。加强技术支持还需注重绿色建筑标准和认证体系的推广，确保技术应用的科学性和有效性。通过实施严格的绿色建筑评价标准，如美国 LEED 评价体系和英国 BREEAM 评价体系，促进技术的标准化和规范化，从而提升建筑项目的环境和经济绩效。最后，技术支持不仅限于技术研发和新型建材应用，还包括对建筑从业人员的培训和技术支持。提供专业的培训和技术指导，帮助建筑设计师、施工人员和运营管理人员掌握最新的绿色建筑技术，确保技术的有效实施和管理。

4.3 优化建筑项目施工过程

优化建筑项目施工过程是实现绿色建筑目标和提升项目整体效益的关键环节。有效的施工过程优化不仅能减少资源浪费和对环境的影响，还能提升工程质量和成本效益。首先，应实施科学的施工规划和管理，通过详细的施工计划和合理的进度安排，确保各施工环节的协调和资源的最优配置。采用建筑信息模型（BIM）技术可以在施工前进行全面的虚拟建造，识别潜在问题优化施工方案，从而减少现场调整和返工的需求。其次，绿色施工技术的应用是优化施工过程的重要手段，使用环保材料和低影响施工技术，如低噪音设备和无尘施工方法，能够减少对周边环境的影响[3]。此外，实施废料管理和资源回收策略，对施工废料进行分类和处理，最大程度地减少废弃物的产生和处置成本。施工现场的管理也至关重要，实施现场环境

Copyright © 2024 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

管理措施，如控制扬尘和噪音，合理安排施工用水和用电降低施工过程对环境的影响。同时，加强对施工人员的培训和管理，提高其对绿色施工技术和环保措施的认识和执行力。

4.4 提升施工废料循环利用

提升施工废料循环利用是实现建筑项目可持续发展的重要措施。施工过程中产生的大量废料不仅占用资源还对环境造成负担，因此有效的废料管理和循环利用至关重要。首先，应在施工前制定全面的废料管理计划，对各类废料的产生、分类、回收和处理进行详细规划。通过采用建筑信息模型（BIM）等技术，优化材料使用和减少废料生成，能够从源头控制废料的产生。其次，施工现场应实施严格的废料分类和回收制度，设置专门的废料分类点，将废料分为可回收、可再利用和不可回收三类，确保废料的高效处理和资源的最大化利用。对于可回收的废料，如混凝土、木材和金属材料，应通过物理或化学方法进行再处理，转化为再生建材或其他有用资源。不可回收废料则需按照环保要求进行妥善处理，减少对环境的影响。此外，推广绿色采购和材料再利用也是提升废料循环利用的重要手段，选用可再生材料和环保产品减少对原材料的需求，并鼓励建筑项目中使用二手材料或从拆除项目中回收的建材，这不仅能降低材料成本，还能减少新资源的消耗。

4.5 改进建筑经济可持续性评价标准

改进建筑经济可持续性评价标准是提升建筑项目环境和经济绩效的重要步骤。当前的评价标准虽然已为绿色建筑提供了基本的衡量框架，但为了适应不断变化的环境和技术需求，仍需进行优化和完善。首先，评价标准应融入更全面的可持续发展指标，包括建筑的能源使用效率、资源循环利用、环境影响及社会效益等方面。这些指标不仅需要覆盖建筑的全生命周期各个阶段，还应考虑到建筑对周边环境和社区的长期影响。其次，评价标准应引入更精确的测量方法和数据支持。通过结合建筑信息模型（BIM）和大数据分析技术，可以提供更加准确的能耗预测、环境影响评估和经济效益分析。这种数据驱动的方法有助于识别潜在的优化空间，并提供更为科学的评价依据。另外，评价标准的更新需要兼顾技术进步和市场需求。例如，将新兴技术如智能建筑系统和高效材料纳入评价体系，以反映最新的绿色建筑技术发展。同时，考虑到不同地区和市场的具体情况，评价标准应具备一定的灵活性，以适应区域性和项目类型的差异。最后，建立透明和参与性的评价机制也是关键，通过引入行业专家、学术机构和公众参与评价标准的制定和修订过程，能够确保标准的科学性、合理性和广泛认可。

4.6 市场引导与政策支持

市场引导与政策支持是推动建筑经济可持续发展的关键因素。有效的市场引导能够促进绿色建筑技术的普及和应用，而政策支持则为行业提供了必要的制度保障和激励措施。首先，市场引导通过创建绿色建筑的需求和市场机会，激励企业投资和实施环保技术。例如，政府可以通过设立绿色建筑奖励机制、提供财政补贴和税收优惠，鼓励企业采用节能环保的建筑材料和技术。此外，市场宣传和推广活动也能提高公众对绿色建筑的认识，增强市场对绿色产品的接受度。其次，政策支持则包括制定和实施相关法规和标准，为绿色建筑项目提供明确的操作指南和规范。政府应加强绿色建筑标准的制定和执行，确保建筑行业遵循环境保护和资源节约的原则。同时，政策还应支持技术研发和创新，推动绿色建筑领域的技术进步和应用。此外，政策支持还应涵盖培训和教育，提升从业人员对绿色建筑技术和标准的理解与应用能力。通过建立专业培训体系和知识共享平台，帮助行业内人员掌握最新的绿色建筑知识和技能。

5 结语

在绿色经济理念的引领下，建筑经济的可持续发展面临新的机遇与挑战。通过构建绿色建筑产业生态链、增强技术支持、优化施工过程、提升废料循环利用以及改进评价标准等措施，我们能够有效推动建筑行业向环保、高效和经济的方向转型。同时，市场引导和政策支持为绿色建筑的推广应用提供了坚实的基础。展望未来，只有不断创新与完善，才能实现建筑经济的全面可持续发展，为社会创造更大的价值。

[参考文献]

[1]张妮.绿色经济理念下建筑经济可持续发展研究[J].中华建设,2023(12):109-111.
[2]阮翔云.绿色经济理念下建筑经济可持续发展探讨[J].技术与市场,2021,28(6):185-186.
[3]苏大义.绿色经济理念下建筑经济可持续发展研究[J].科技风,2020(30):87-88.

作者简介：张建良（1967.3—），男，毕业院校：北京邮电大学，所学专业：工程管理，当前就职单位：海天建设集团有限公司，职务：项目经理，职称级别：中级职称。

Copyright © 2024 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

装配式住宅建筑施工技术的应用及质量管控对策

韩 耀
山东陶建建设发展集团有限公司，山东 菏泽 274100

[摘要]装配式住宅建筑施工技术近年来得到广泛应用，其高效性和节能性逐渐受到重视。施工过程中，通过优化设计、严格的材料选择和先进的施工工艺，能够显著提高建筑的施工效率和质量。然而，装配式建筑在施工中也面临着诸如组件精度、连接质量及现场管理等挑战。因此，建立健全的质量管控对策显得尤为重要。通过实施全过程质量管理、加强现场技术指导及提高工人技能培训等措施，能够有效提升装配式住宅建筑的整体质量，确保施工过程顺利进行。
[关键词]装配式建筑；施工技术；质量管控；效率；节能
DOI：10.33142/sca.v7i11.14194 中图分类号：TU756 文献标识码：A

Application of Construction Technology and Quality Control Measures for Prefabricated Residential Buildings

HAN Yao
Shandong Taojian Construction and Development Group Co., Ltd., Heze, Shandong, 274100, China

Abstract: The construction technology of prefabricated residential buildings has been widely applied in recent years, and its efficiency and energy efficiency have gradually been valued. During the construction process, optimizing design, strict material selection, and advanced construction techniques can significantly improve the construction efficiency and quality of the building. However, prefabricated buildings also face challenges during construction, such as component accuracy, connection quality, and on-site management. Therefore, establishing sound quality control measures is particularly important. By implementing measures such as whole process quality management, strengthening on-site technical guidance, and improving worker skills training, the overall quality of prefabricated residential buildings can be effectively improved, ensuring smooth construction processes.
Keywords: prefabricated building; construction technology; quality control; efficiency; energy-saving

引言

随着城市化进程的加快和人口增长的加剧，传统建筑方式已难以满足日益增长的住房需求。装配式住宅建筑以其高效、环保的特性应运而生，成为现代建筑发展的重要方向。通过在工厂预制构件并在施工现场快速组装，这一技术不仅缩短了施工周期，还减少了建筑垃圾和资源浪费。然而，装配式建筑的成功实施依赖于严格的质量管控，确保各个组件的精度和连接质量。深入探讨装配式住宅建筑施工技术的应用及其质量控制对策，将有助于推动行业的可持续发展，提升建筑质量，为未来的城市建设提供更好的解决方案。

1 装配式住宅建筑施工技术概述

装配式住宅建筑施工技术作为现代建筑行业的一项创新性方法，近年来得到了广泛应用。与传统建筑方式相比，装配式建筑强调在工厂进行构件的预制，然后在施工现场进行快速组装。这种模式不仅能够显著缩短建筑周期，还能够有效减少施工过程中的资源浪费和环境污染。随着技术的进步，装配式住宅的构件种类也日益丰富，涵盖了墙体、楼板、屋顶等多个方面，能够满足不同建筑设计的需求。其在工程实施中，采用先进的施工设备和精密的生产工艺，使得各个组件的生产精度得以提升，从而在安装过程中实现更高的配合度[1]。

然而，尽管装配式建筑在提高效率和环保方面具有显著优势，但在施工过程中也面临着一些质量控制的挑战。首先，构件的精度是影响整体建筑质量的关键因素。任何微小的误差都可能导致安装不当，进而影响建筑的安全性和使用功能。此外，连接部位的质量同样重要，不良的连接可能导致结构不稳，影响建筑的耐久性。因此，在施工过程中，需要对预制构件的生产、运输和安装进行全方位的监控与管理，以确保各个环节的质量可控。同时，施工现场的管理与协调也至关重要，工人技能的不足和现场设备的缺陷都可能成为影响施工质量的隐患。

针对这些挑战，实施有效的质量管控对策显得尤为重要。首先，应建立完善的质量管理体系，从设计、生产到施工的每个环节都进行严格的质量控制。通过制定明确的标准和规范，确保每一个环节都能符合质量要求。此外，加强对施工人员的培训，提高其专业技能和质量意识，能够有效减少人为错误的发生。同时，运用现代信息技术手段，如BIM（建筑信息模型）技术，可以实现对施工过程的全程监控，及时发现并解决潜在问题。通过这些综合措施，不仅能够提高装配式住宅建筑的整体质量，还能够推动整个行业的可持续发展，为未来的城市建设提供更为可

Copyright © 2024 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

靠和高效的解决方案[2]。

2 装配式建筑的主要优势与应用现状

装配式建筑作为一种新兴的建筑模式，近年来因其独特的优势而逐渐受到建筑行业的青睐。首先，装配式建筑在施工效率方面具有显著优势。传统建筑施工通常需要较长的时间，从基础到完工可能需要数月甚至数年。而装配式建筑通过在工厂预制构件，能够在施工现场快速组装，大大缩短了施工周期。例如，许多装配式住宅项目能够在几周内完成主体结构的搭建。这种高效的施工方式不仅满足了市场对快速交付的需求，也使得建筑开发商能够更快地实现投资回报。此外，装配式建筑的施工过程相对封闭，在一定程度上减少了对环境的影响，能够降低建筑垃圾的产生，符合当前可持续发展的理念。

装配式建筑在资源利用和环境保护方面的优势也日益凸显。在传统建筑中，施工现场常常会产生大量的建筑废料，这不仅浪费了资源，还对环境造成了负担。而装配式建筑则通过在工厂进行集中生产，能够实现更高效的资源利用率，减少材料的浪费。同时，由于其施工方式的标准化，装配式建筑可以实现模块化生产，使得不同项目之间的组件能够相互兼容，从而提高了资源的重复利用率。此外，装配式建筑的设计通常注重节能和环保，许多项目在材料选择上采用了绿色建筑材料，有助于降低建筑的能耗和碳排放。这一系列优势，使得装配式建筑在当前建筑行业中显得尤为重要[3]。

目前，装配式建筑的应用现状日益广泛，涉及住宅、商业、公共建筑等多个领域。在住宅领域，许多国家和地区开始推广装配式住宅项目，以满足日益增长的住房需求。例如，在北欧国家，装配式住宅已成为一种主流的住房解决方案，受到政府的积极支持。在商业建筑方面，许多企业也开始采用装配式建筑，以实现更快速的建设和运营。此外，随着科技的发展，装配式建筑的技术水平不断提高，BIM（建筑信息模型）、物联网等技术的应用使得装配式建筑的设计和施工更加智能化和高效化。这不仅提升了建筑的整体质量，也促进了装配式建筑在各个领域的进一步发展。然而，尽管装配式建筑具备诸多优势，但在推广过程中仍然面临一些挑战，如行业标准化不足、市场认知度低以及技术人员的培训等。

3 施工过程中面临的主要质量挑战

在装配式建筑施工过程中，尽管其高效性和环保性备受推崇，但也面临着多种质量挑战。预制构件的生产精度是确保整体建筑质量的关键因素。在工厂生产过程中，任何微小的误差都可能在现场组装时导致不匹配，从而影响建筑的安全性和功能。这种精度要求在装配式建筑中尤为严格，因为一旦构件被运输到施工现场，重新加工的难度和成本都将大幅增加。此外，预制构件在运输过程中也可能因震动、碰撞等外部因素而造成损伤，进而影响安装后的质量。因此，确保生产环节的精度和运输环节的安全，是实现高质量装配式建筑的首要任务[4]。

连接部位的质量同样是影响装配式建筑整体性能的重要因素。连接部分是各个构件相互作用的关键区域，任何缺陷都可能导致结构不稳，甚至引发安全事故。在传统建筑中，许多连接部分采用混凝土浇筑或焊接等方法，而在装配式建筑中，则往往采用机械连接、胶合或其它预制方法。虽然这些方法在施工中提供了便利，但如果没有进行严格的质量控制，连接部位的强度和稳定性可能无法满足设计要求。此外，随着使用时间的增加，连接部分也可能因为环境变化、荷载变化等因素而发生劣化。因此，施工过程中需要特别关注连接部位的施工质量，确保其在长期使用中的安全性和可靠性。

施工现场的管理与协调也是影响装配式建筑质量的重要因素。装配式建筑的施工通常涉及多个环节，包括构件的生产、运输、安装及后期的调试等。各个环节之间的配合和协调至关重要，但由于参与方众多，信息传递的及时性和准确性往往成为问题。施工人员的专业技能和现场管理能力也直接影响着施工质量。如果施工人员对装配式建筑的施工流程、技术要求等缺乏足够的了解，容易导致施工过程中的错误和遗漏。此外，施工现场的环境条件（如天气、地形等）也可能对装配式建筑的施工质量造成影响。因此，在整个施工过程中，建立有效的现场管理机制、提升施工人员的专业素养，以及利用现代信息技术进行施工过程的监控和管理，将有助于提升装配式建筑的整体质量，确保施工的顺利进行。通过这些措施，能够有效应对装配式建筑施工过程中面临的质量挑战，为建筑行业的可持续发展奠定坚实基础。

4 质量管控对策的实施与效果

在装配式建筑施工过程中，实施有效的质量管控对策是确保建筑质量的关键。首先建立完善的质量管理体系是重中之重。该体系应涵盖设计、生产、运输和施工的每一个环节，以确保各个阶段都能符合既定的质量标准。在设计阶段，需明确各个构件的技术参数和质量要求，确保设计的可行性和合理性。在生产阶段，通过标准化的生产流程和严格的质量检测，确保每个预制构件的精度和质量。在运输环节，合理的包装和运输方案能够有效减少构件在运输过程中的损伤。同时，施工现场应配备专门的质量监控人员，进行实时的质量检查和记录，确保每个环节都能符合设计要求和质量标准。这种全过程的质量管理模式，不仅提高了装配式建筑的整体质量，也为后续的使用提供了可靠保障。

加强施工人员的培训与素质提升是实施质量管控对策的重要组成部分。装配式建筑施工涉及的专业知识和技术相对复杂，因此，提升施工人员的专业技能和质量意识至关重要。通过定期组织培训，施工人员可以深入了解装

Copyright © 2024 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

配式建筑的施工流程、质量标准以及常见的质量问题和应对措施。此外，施工现场的安全管理也应与质量管控紧密结合，确保施工人员在安全的环境下进行高效作业。同时，项目管理团队应在施工过程中充分发挥协作作用，鼓励施工人员相互学习与交流，形成良好的团队合作氛围。这种综合性的培训措施，有助于提升施工人员的技能水平和质量意识，从而进一步提升装配式建筑的施工质量。

现代信息技术的应用为装配式建筑的质量管控提供了新的解决方案。随着 BIM（建筑信息模型）、物联网和大数据等技术的快速发展，装配式建筑的施工管理逐渐走向数字化和智能化。通过 BIM 技术，可以实现对整个施工过程的可视化管理，帮助施工团队提前发现设计缺陷和潜在风险，优化施工方案。此外，物联网技术可以对施工现场的各种设备进行实时监控，提高施工的精准度和安全性。在施工过程中，施工团队能够通过移动终端实时记录质量数据，分析施工过程中的各种因素，从而及时调整施工策略。这种数据驱动的管理模式，不仅提高了施工效率，也为质量管控提供了科学依据。通过综合运用这些先进技术，装配式建筑的质量管控效果将得到显著提升，为行业的可持续发展奠定了坚实的基础。

5 装配式住宅建筑的未来发展趋势与展望

装配式住宅建筑在当今建筑行业中正逐渐展现出广阔的发展前景。随着城市化进程的加快和人口密度的增加，住房需求日益增长，传统建筑方式已难以满足现代社会的要求。装配式住宅建筑凭借其高效、环保和经济的特点，正成为未来住房解决方案的重要选择。许多国家和地区的政府也开始意识到装配式建筑在推动可持续发展、降低碳排放方面的潜力，因此积极出台政策支持装配式建筑的发展。这为行业提供了良好的政策环境，促进了技术创新和产业升级，使装配式住宅建筑在未来的发展中具备了更为坚实的基础[5]。

展望未来，装配式住宅建筑将朝着更智能化和数字化的方向发展。随着科技的进步，尤其是在信息技术和自动化技术的不断提升，装配式建筑的设计和施工过程将变得更加高效和精确。BIM（建筑信息模型）、虚拟现实（VR）和增强现实（AR）等技术将被广泛应用于设计阶段，帮助建筑师和工程师进行更为直观和准确的设计。同时，物联网技术将使得建筑的监测和管理变得更加智能化，实现对建筑全生命周期的实时监控。这些技术的应用不仅提高了建筑质量，还能够降低后期维护成本，提升住户的居住体验，进一步推动装配式住宅建筑的发展。

随着市场对绿色建筑和可持续发展的关注度提高，装配式住宅建筑也将逐步融入更多环保理念。未来的装配式住宅不仅会在施工过程中注重资源的有效利用和环境的保护，还将更多地采用可再生和可回收材料。这将有助于实现建筑的能源自给自足，通过太阳能、风能等可再生能源技术的应用，降低建筑的碳足迹。此外，装配式住宅的设计也将更加人性化，考虑到住户的生活方式和社区的需求，注重空间的灵活性和舒适性。通过不断创新和完善，装配式住宅建筑将在未来的城市建设中发挥越来越重要的作用，推动整个行业朝着更加绿色和可持续的方向发展。

6 结语

装配式住宅建筑凭借其高效、环保和经济的优势，正逐渐成为现代建筑行业的重要发展方向。在全球城市化加速和住房需求增长的背景下，装配式建筑不仅能满足快速建设的需求，还能有效降低资源浪费和环境污染。未来，随着信息技术的进步和智能化管理的应用，装配式住宅的设计和施工将变得更加高效和精准。同时，融入绿色建筑理念的装配式住宅将推动可持续发展的实现。综上所述，装配式住宅建筑在未来的城市建设中将发挥越来越重要的作用，为满足人们对高质量生活空间的需求提供可靠的解决方案。

[参考文献]

[1]楼铁权.建筑施工新技术的应用及质量管控分析[J].城市建设理论研究(电子版),2018(5):117.
[2]杨文琦.装配式住宅建筑施工要点及质量管控措施[J].四川水泥,2023(7):59-61.
[3]霍贤才.装配式住宅建筑施工技术与质量控制方法探讨[J].居舍,2024(21):68-71.
[4]逄彩凤,董垲.装配式建筑施工安装技术要点研究[J].新城建科技,2024,33(8):134-136.
[5]李强.装配式住宅建筑施工技术的应用及质量管控对策[J].居舍,2024(26):73-76.

作者简介：韩耀（1995.10—），男，汉族，毕业学校：山东城市建设职业学院，现工作单位：山东陶建建设发展集团有限公司。

Copyright © 2024 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

医院多联机空调系统在特殊科室应用的施工管理

邸烁阳
河北医科大学第二医院，河北 石家庄 050000

[摘要]随着现代医疗技术的快速发展，医院的环境要求越来越高，尤其在特殊科室如手术室、重症监护室（ICU）和基因扩增实验室等关键区域，空气质量、温度和湿度的控制变得至关重要。多联机空调系统（VRF）因其灵活的调节能力、独立的温湿度控制以及高效的能耗管理，逐渐成为医院空调系统的首选。文中探讨医院特殊科室应用多联机空调系统的施工管理问题，重点分析了特殊科室对空调系统的特殊要求、施工中的常见问题及应对策略，以期为医院空调系统的规划与施工提供参考。
[关键词]医院多联机空调系统；特殊科室；施工管理；土建要求；施工问题；对策
DOI：10.33142/sca.v7i11.14202　　中图分类号：R187　　文献标识码：A

Construction Management of Hospital Multi Split Air Conditioning System Applied in Special Departments

DI Shuoyang
The Second Hospital of Hebei Medical University, Shijiazhuang, Hebei, 050000, China

Abstract: With the rapid development of modern medical technology, the environmental requirements of hospitals are becoming increasingly high, especially in key areas such as operating rooms, intensive care units (ICU), and gene amplification laboratories. The control of air quality, temperature, and humidity has become crucial. Multi split air conditioning systems (VRF) have gradually become the preferred choice for hospital air conditioning systems due to their flexible adjustment capabilities, independent temperature and humidity control, and efficient energy management. The article explores the construction management issues of multi split air conditioning systems applied in special departments of hospitals, with a focus on analyzing the special requirements of special departments for air conditioning systems, common problems during construction, and response strategies, in order to provide reference for the planning and construction of hospital air conditioning systems.
Keywords: hospital multi split air conditioning system; special departments; construction management; civil engineering requirements; construction issues; countermeasures

引言

多联机空调系统是一种通过变频技术调节制冷剂流量，核心原理基于可变制冷剂流量（VRF）技术，使得每个室内机能够根据房间的需求独立调节温度和湿度，很大程度上提高了病区舒适。医院特殊科室如手术室、ICU 等场所，对温湿度、空气洁净度、气流组织等有严格要求，空调系统必须能够提供精确的环境控制，以确保患者安全和设备的正常运行。

1 医院多联机空调系统概述

1.1 多联机空调系统的基本原理

多联机空调系统（Variable Refrigerant Flow，VRF）是以制冷剂为介质的集中空调系统，它通过一个或多个室外机与多个室内机进行连接，通过调节制冷剂的流量来满足不同负荷条件下的空调需求，实现对多个房间或区域的独立调温，核心原理是可变制冷剂流量技术。多联机系统的制冷剂循环包括压缩和膨胀。制冷剂在室外机中被压缩机压缩后，成为高温高压气体；然后，气体通过冷凝器散热，转变为液态制冷剂[1]。液态制冷剂通过毛细管或膨胀阀进入室内机，在室内机中蒸发吸热，最终恢复为气体并返回室外机。循环的基本公式是：$Q = m \cdot \Delta h$，其中 Q 代表制冷量、m 表示制冷剂的流量、Δh 则为制冷剂的焓差。通过对制冷剂流量的调节，可以精确控制各室内机的温湿度，以满足不同负荷条件下的需求。

1.2 多联机空调系统的组成与功能

多联机空调系统由以下几个主要部分组成：①室外机，其中包含压缩机、冷凝器及其他组件。压缩机负责将低压气体压缩成高压气体，而冷凝器则将气体冷却成液体。变频压缩机的应用，现今的多联机系统中尤为常见，显著提高了系统的能效比与运行稳定性。②室内机，其职责在于将制冷剂的热量吸收或释放至室内环境。室内机的类型多样，如吊顶式、壁挂式、风管式等，用户可根据具体需求选择适合的类型。每台室内机都配备有独立的温控系统，以便独立调节室内温度与湿度。③制冷剂管道：这部分用于连接室外机与室内机，制冷剂在管道内循环流动，从而实现热量的传递。管道系统的设计必须经过精确计算，以保证制冷剂流量的稳定与系统的高效运行。④控制系统：

Copyright © 2024 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

包括中央控制器与各室内机的控制器。中央控制器负责整个系统的综合调节与管理，各室内机的控制器则负责各自机组的温度调节及运行状态监控[2]。

多联机空调系统的主要功能包括：①独立调节：每个室内机可以独立调节，满足不同房间或区域的需求，特别适用于医院等需要对不同区域进行精确温控的场所。②节能环保：由于采用了变频技术，多联机系统在部分负荷下能够更高效地运行，节省能源消耗。③舒适性：多联机系统能够实现快速制冷或制热，精确的温控和湿度调节，提升室内空气质量。

1.3 特殊科室对空调系统的特殊要求

医院中的特殊科室，如手术室、重症监护室（ICU）及基因扩增实验室（PCR 实验室），对空调系统的要求极高。特定范围内的温度与湿度需保持，以确保医疗设备正常运行并保证患者舒适。例如，手术室的温度通常应保持在 20～22° C 之间，相对湿度则需控制在约 50%。HEPA 过滤器及高效空气过滤器的使用，对于手术室及 PCR 实验室是必不可少的，以保障空气质量符合标准。负压控制装置的配备，对于多联机系统来说尤为关键。负压病房及隔离病房必须维持负压状态，以防止污染物向其他区域扩散。手术室及 ICU 的配置中，双系统或备用系统的设置被要求，以确保在主系统出现故障时，环境条件仍能得到有效维持。多联机系统具备快速响应能力，能够迅速调节温度、湿度和空气流量，实现对医院特殊科室环境的快速调整和精确控制。总之，多联机空调系统以灵活的调节能力、高效的能耗管理和高度的舒适性，成为医院空调系统的首选[3]。

2 特殊科室空调系统施工管理的土建要求

2.1 土建设计要求

土建是医院空调系统设计的基础，尤其是在特殊科室中。特科室对空调和通风系统的设计要求较高，系统及管路复杂、机房和通风竖井设置复杂、压差控制复杂、空气净化复杂。作为暖通设计人应从土建设计方案阶段尽早参与到医院的设计中，提出与本专业相关的土建要求，减少后期施工图阶段由于空调机房、通风竖井等设置不合理造成建筑方案大规模调整。一般来说，手术室的层高不应低于 4.5m，而 ICU 和实验室的层高也不宜低于 4.2m，这不仅是为了容纳复杂的管道系统，也为了维护系统的维修和操作空间。新风机房的位置设计是另一个关键要素。新风机房位置要求。新风机房不应设置于污染区与潜在污染区，宜设置于清洁区。方便维修人员检修的同时避免污染空气对新风造成污染。如果清洁区面积有限无法设置新风机房，可将新风机房设置于屋面。但新风取风口应远离屋面污染区、潜在污染区排风出口。对于此种情况很多设计师注意到了屋面新风口与排风口水平方向的距离应不小于 20m 的规定，往往忽视了卫生间出屋面的排水通气管对新风的影响。如果将新风机房设置于屋面应与给排水专业设计人员协调，将污染区与潜在污染区的通气管适当汇集，使汇集后的通气管与新风口的水平距离也应不小于 20m[3]。排风系统应设置在室外，设计时应在建筑内部预留足够的空间用于排风竖井，并远离新风机房，避免排风对新风的污染。门的开启方向设计也必须考虑到气流的组织和压力差的维持，门应开向压力较高的一侧，从而优化房间的空气流动和压差控制[4]。

2.2 施工前准备工作

在施工前，设计团队应仔细审查建筑设计图纸，以确保所有土建工作符合空调系统的要求。特别是在特殊科室的层高、新风机房位置、排风竖井设置以及门开启方向等方面，设计图纸与实际施工条件必须一致，以避免施工阶段的问题。对施工现场的详细勘查必须进行，建筑结构是否符合设计要求需要重点检查。实际位置、管道安装空间以及新风机房的设置条件应在勘查中得到重点关注。若发现设计与实际情况不符，调整应及时进行，并与建筑师及结构工程师协调，以确保施工方案的可行性。通风管道、空调设备及过滤器等关键部件在施工前应经过检验，所有相关施工材料及设备应提前订购并检查，妥善储存与处理也需按照要求，以防材料问题对施工进度及质量产生影响[5]。

2.3 施工过程中的土建配合

在施工过程中，暖通工程师与土建施工队的紧密配合是至关重要的，以确保空调系统相关的土建结构，如通风竖井、管道孔洞及机房等，按设计要求施工。例如，排风竖井的施工中，足够的空间必须根据设计图纸预留，以确保排风管道能够顺利安装，并避免与其他系统的冲突。特殊科室空调系统的施工过程中，合理安排施工进度被要求，以确保土建与暖通系统施工按计划进行，从而避免施工进度问题对系统正常运行产生影响。完成管道安装后，管道的密封性与支撑情况需进行检查。若施工中出现问题，如空间不足或管道安装不规范，应及时调整与修正，以确保最终施工质量符合要求。

3 特殊科室空调系统施工管理中存在的问题

3.1 施工现场环境复杂性

特殊科室的施工环境通常较为复杂，如手术部、ICU、PCR 实验室等，对空气质量和气流组织有严格要求，施工现场需要处理大量的空气处理设备和复杂的管路布局。例如，手术部的全空气系统和 PCR 实验室的高效过滤系统要求精密的管道布置和严格的密封措施，这不仅增加了施工的技术难度，还对施工人员的技能水平提出了更高要求[6]。

3.2 工程协调难度

面对特殊科室的工程协调，难度显著增加。这些科室的空调系统设计跨越多个专业领域，施工过程中沟通断层

Copyright © 2024 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

的存在，使得设计方案难以顺利实施。例如，通风竖井的设置位置可能与给排水管道发生冲突，详尽的协调与调整必在施工前进行。此外，设计变更的影响在特殊科室施工中常常显现，例如，设计图纸与实际现场条件不符时，设计方案的重新修改必不可少，进而增加了协调的复杂性。

3.3 施工质量控制问题

特殊科室对空气质量及设备性能的要求极为严格，施工质量问题一旦出现，后果可能极其严重。例如，PCR 实验室对空气净化及负压控制有着严格的要求，若管道接口的密封性不足，将导致空气泄漏，实验结果将受到影响。此外，若施工人员未按设计要求进行操作，系统性能达不到标准的可能性将显著增加。

3.4 施工安全与环保问题

在施工环境中，使用的大量机械设备与化学品显著增加了特殊科室施工的安全风险。例如，在安装空气处理设备及高效过滤器时，使用大型机械设备的过程中，机械伤害的风险必须引起足够重视。同时，建筑废料与化学品的处理需妥善进行，以避免对环境造成污染。此外，施工过程中产生的噪声与粉尘可能对施工现场的工作环境及周围居民的生活质量产生负面影响。

4 特殊科室空调系统施工管理的对策

4.1 针对施工环境的应对措施

在特殊科室的空调系统施工管理中，采取有效措施以确保施工顺利进行是必不可少的。详细的施工现场环境调查，应在项目初期由施工单位进行，尤其是对空间受限的问题应给予特别关注。通过采用模块化施工方法，主要组件的预制将在工厂完成，现场仅需进行组装。这种方法不仅能够缩短施工时间，还有效减少了对医院正常运营的干扰。此外，设计阶段应当充分考虑空间布局的合理性，施工设备及材料的存放位置也需精心安排，以最大限度地降低对其他科室的影响。空气质量要求的严格性，对于特殊科室如手术室和 ICU 而言尤为重要。专门的隔离区域应设置，并配备高效的空气过滤装置，以防止施工过程中产生的粉尘与污染物对环境的影响。空气净化器应当在施工现场配置，并对空气质量进行施工前与施工中的定期检测。严格的卫生规范必须由施工人员遵循，适当的防护装备也应佩戴，以确保施工环境的洁净。选择低噪声的施工设备，并合理安排施工时间，尽量避开医院的高峰时段，以减少对医院正常运作的影响。此外，振动的监测也应进行，以保证施工不会对医院建筑结构或其他设施造成任何负面影响。

4.2 提高工程协调与沟通效率的策略

施工中的问题可通过有效的沟通与协调得到减少，从而确保各方需求的及时响应与解决。定期召开项目进展会议是项目管理团队的必要措施，各方可通过此会议及时了解项目状态，并讨论解决出现的问题。每次会议的讨论内容及决定必须详细记录，并迅速分发给所有相关人员，以确保信息的准确传达。项目管理软件、协作平台及实时通讯工具等应被使用，以实时更新项目状态，使所有相关人员能够快速获取最新信息，从而提高决策效率。一个集中的项目信息共享平台的建立，可以方便地管理项目文档、设计图纸及施工记录，确保所有相关人员能够便捷地获取所需信息。针对跨部门的协调问题，设立专门的协调人员负责处理设计与施工之间的对接是必要的。这些协调人员需具备良好的沟通能力与问题解决能力，以迅速处理设计图纸与实际施工情况之间的差异，并协调解决各方提出的问题。通过建立有效的协调流程，并明确各部门在施工过程中的职责与任务，可以减少因沟通不畅导致的施工延误及问题。

4.3 质量控制与检查方法

施工质量的有效控制不仅能确保施工成果，还能有效预防及解决施工过程中可能出现的问题。质量控制措施及验收标准的制定，需严格依据设计要求与相关规范进行。在施工过程中，现场检查由质量控制人员进行，确保每一项施工工作都符合设计标准与质量要求。以下几种质量检查方法应被采用：①现场抽检：随机抽检应定期进行，以审查施工材料、工艺及设备的质量。②阶段性验收：施工过程被划分为若干阶段，每完成一个阶段后，需进行验收，以确认各阶段施工质量达到标准。③系统测试：施工完成后，对空调系统进行全面测试，包括系统运行性能、温湿度控制精度及空气流量等，以验证系统效果是否符合设计要求。④记录与报告：每次检查及验收必须详细记录，并形成书面报告，为后续整改与质量评估提供依据。在质量控制过程中，施工人员的专业培训不可忽视。技术水平及质量意识的提高是确保施工质量稳定与可靠的关键。

4.4 环保对策

施工现场应设置专门的废弃物处理区域，对施工废弃物进行分类和处理，避免废弃物对环境造成污染。废弃物应定期清理，集中收集并运送至指定的废弃物处理设施进行处理。施工过程中应采用低噪声和低污染的施工设备，以减少对周围环境的影响[6]。施工期间，考虑到可能的化学品和危险物质的使用，施工单位应制定化学品管理和危险物质处理方案，确保化学品和危险物质的安全存储和处理，避免对环境造成污染。

5 结语

医院特殊科室对空调系统有着非常高的要求，而多联机空调系统因其灵活性和高效性成为了满足这些需求的理想选择。然而，在实际施工管理中，还是会存在很多关键的问题，比如土建设计是不是符合空调的设计要求、施工环境和工程协调以及施工质量和环保的控制等。加强工

Copyright © 2024 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

程协调、制定严格质量控制与检查程序，规划好环保对策等，都是提升医院舒适度提高患者医疗体验的必要条件。未来，随着技术的进步和施工管理水平的提升，多联机空调系统在医院特殊科室的应用将更加广泛和成熟，为医院的建设和发展提供有力支持。

[参考文献]

[1]李新兵,陆鹏,李世博.预测控制在既有大型医院中央空调系统中的应用[J].现代信息科技,2023,7(22):127-132.
[2]朱洪宇,郭超月.浙江省某综合医院暖通空调系统设计分析[J].暖通空调,2023,53(2):93-95.
[3]王玮.某肿瘤医院NGS、PCR实验室空调系统设计浅析[J].上海节能,2024(1):170-173.
[4]赵丽娜,盛志国,董明.医院洁净空调系统节能措施分析[J].设备管理与维修,2024(12):178-181.
[5]朱景晶,张玉彬,王伟航,等.既有医院建筑暖通空调系统能耗水平分析与运行效果评价研究[J].建筑节能(中英文),2024,52(7):109-114.
[6]沈斌,魏晓阳,史文利.某综合医院空调系统问题分析及对策[J].中国医学工程,2024,32(8):16-21.

作者简介：邸烁阳（1994.6—），男，汉族，毕业学校：唐山学院，现工作单位：河北医科大学第二医院。

Copyright © 2024 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

建筑工程造价超预算的原因及控制策略探讨

樊存仁
河北省交通规划设计研究院有限公司交建分公司，河北 石家庄 050000

[摘要]建筑工程造价超预算是行业面临的普遍问题，主要由于设计变更、材料价格波动、施工管理不当以及预算控制机制缺失。为有效控制超预算，需加强前期可行性研究，实施精细化预算管理，并强化项目全过程监控。此外，引入信息化手段提升透明度，促进多方协同与风险管理，可以显著降低成本超支。这种综合策略有助于提升项目的经济效益和管理水平，从而实现更高的资源利用效率，确保项目按预算顺利进行。通过这些措施，建筑行业能更好地应对成本压力，优化整体运营。
[关键词]建筑工程；造价控制；预算管理；风险管理；设计变更
DOI：10.33142/sca.v7i11.14196 中图分类号：TU723.3 文献标识码：A

Discussion on the Reasons and Control Strategies for Construction Project Cost Exceeding the Budget

FAN Cunren
Communications Construction Branch of Hebei Provincial Communications Planning, Design and Research Institute Co., Ltd., Shijiazhuang, Hebei, 050000, China

Abstract: Overbudget construction costs are a common problem faced by the industry, mainly due to design changes, material price fluctuations, improper construction management, and lack of budget control mechanisms. To effectively control budget overruns, it is necessary to strengthen preliminary feasibility studies, implement refined budget management, and enhance monitoring of the entire project process. In addition, introducing information technology to enhance transparency, promote multi-party collaboration and risk management, can significantly reduce cost overruns. This comprehensive strategy helps to improve the economic benefits and management level of the project, thereby achieving higher resource utilization efficiency and ensuring that the project proceeds smoothly according to the budget. Through these measures, the construction industry can better cope with cost pressures and optimize overall operations.
Keywords: construction project; cost control; budget management; risk management; design changes

引言

建筑行业中，工程造价控制一直是项目成功的关键。然而，超预算现象屡见不鲜，给项目的可持续发展带来了巨大挑战。根据统计数据，建筑项目的造价超支率普遍高达 20%至 30%，这不仅影响了企业利润，也对社会资源的有效利用产生了负面影响。深入分析超预算的原因，探索行之有效的控制策略，将为提升项目管理水平、保障工程质量提供重要依据。随着信息技术的迅猛发展，现代化的管理手段为预算控制提供了新的可能，未来的建筑工程将面临更多机遇与挑战。

1 建筑工程造价超预算的现状与影响

1.1 当前建筑工程造价超预算的普遍现象

在建筑行业中，工程造价超预算的现象已成为常态。根据行业统计，约有 20%至 30%的建筑项目在完成后，其实际成本超出原定预算。这种超支不仅直接影响项目的经济效益，还导致资金链的紧张，进而影响企业的整体运营。许多企业在项目实施过程中面临资金不足的压力，迫使其在后续施工中削减质量或延误进度，形成恶性循环。例如，施工质量下降可能导致后续的维护和修复成本增加，进一步加大财务负担。此外，超预算现象也影响了企业在市场上的竞争力，降低了客户的信任度。因此，业界必须对造价管理进行深入反思与改进，通过引入有效的预算控制机制和管理策略，确保项目的顺利实施与可持续发展[1]。

1.2 造成造价超预算的主要因素

造价超预算的原因多种多样，主要包括设计变更、材料价格波动和施工管理不善。设计变更往往是导致超支的主要因素，项目实施过程中由于需求变化或设计不完善，常常需要进行修改，这不仅增加了直接成本，还可能延误工期，产生额外费用。此外，建筑材料的市场价格波动也给预算控制带来了挑战，尤其在经济环境不稳定的情况下，材料价格频繁波动，导致原定预算难以落实。最后，施工管理不善，如工期延误、资源浪费等，直接导致了成本增加，影响了项目的整体效率。因此，深入分析这些因素，识别潜在风险，能够为制定有效的解决方案奠定基础，从而实现更好的预算控制与资源配置，提升项目的经济效益。

1.3 超预算的影响与应对策略

工程造价超预算不仅影响项目的经济效益，还可能损害企业的信誉和客户的信任。在竞争激烈的市场环境中，

Copyright © 2024 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

良好的预算控制能力已成为企业获取项目的核心竞争力。为应对这一挑战，企业应加强前期可行性研究，以确保项目预算的合理性和可行性。同时，实施精细化管理，建立预算动态监控机制，可以及时发现并纠正偏差。此外，利用信息化手段提升透明度与实时性，确保各方及时获取信息并作出调整，有助于提高决策效率。通过这些综合策略的应用，企业不仅能有效降低造价超预算的风险，还能提升项目管理水平，最终实现更高的经济效益和客户满意度，从而在市场中占据有利位置[2]。

2 造成造价超预算的主要因素分析

2.1 设计变更的影响

设计变更是导致建筑工程造价超预算的主要因素之一。在项目实施过程中，需求的变化或设计缺陷往往需要对原有设计进行调整。这种变更不仅影响了工程的整体进度，还直接导致了额外的成本支出。设计变更可能来源于多方面，如业主的需求变化、施工过程中发现的问题或监管部门的要求。每次变更都可能涉及重新审核图纸、增加材料采购、延长工期等，进而增加了项目的直接成本和间接费用。如果未能有效管理这些变更，将导致项目预算失控。因此，建立一套完善的设计变更管理机制显得尤为重要，以确保及时评估变更的影响并控制成本。

2.2 材料价格波动的挑战

建筑材料的价格波动是造价超预算的另一个重要因素。市场经济的波动、供需关系的变化以及国际市场的影响都可能导致材料价格的剧烈波动。在某些情况下，项目启动时的材料预算可能在短时间内就因价格上涨而失去准确性，导致企业面临预算压力。尤其是在大规模项目中，材料成本通常占据总预算的较大比例，任何小幅度的价格上涨都可能引发显著的成本增加。此外，企业在材料采购中缺乏有效的风险管理措施，也使得材料价格波动的影响更加显著。为了应对这种挑战，企业应考虑与供应商建立长期合作关系，锁定材料价格，并进行合理的市场预测和采购策略调整[3]。

2.3 施工管理不善的后果

施工管理不善是导致造价超预算的另一重要因素。在建筑工程实施过程中，管理不当可能导致工期延误、资源浪费和安全事故等问题，进而增加额外成本。例如，施工人员的配备不足、机械设备的使用效率低下或项目协调不力，都可能导致施工进度的延误，迫使企业在工期紧张的情况下进行加班，增加人力成本。此外，项目现场的管理不严谨，也容易导致材料的损耗和浪费，从而进一步加大成本压力。因此，强化施工过程的管理至关重要，包括制定合理的施工计划、优化资源配置、提升施工人员的专业素养和责任意识，确保项目能够按照预算高效实施。通过对施工管理的全面提升，能够有效减少因管理不善而导致的成本超支现象。

3 设计变更对工程预算的影响

3.1 设计变更的性质与类型

设计变更在建筑工程中是不可避免的，通常包括技术性变更、功能性变更和法规性变更等。这些变更可能源于业主的需求调整、施工现场的实际情况或法律法规的更新。例如，业主在施工过程中可能会根据个人喜好或市场趋势要求调整设计，这种需求的变化通常会涉及大量的重新规划和设计工作。此外，施工过程中发现的技术问题或材料不足也可能促使设计进行调整，以确保工程的可行性和安全性。设计变更的性质和类型多样化，使得其对预算的影响具有复杂性和不可预测性。

3.2 设计变更对成本的直接影响

设计变更对工程预算的直接影响主要体现在成本的增加上。每次变更都会导致重新设计和修改图纸，这不仅需要支付设计师的额外费用，还可能导致施工阶段的延误。例如，若在工程实施中增加新的功能，除了原材料的成本增加，还可能涉及到额外的施工劳动力、设备租赁及材料运输等费用。这些直接成本的增加会显著影响整体预算，甚至造成严重的超支。此外，设计变更还可能引发一系列的间接成本，如管理成本增加、项目延误带来的损失等，从而进一步加重预算负担。

3.3 管理与控制设计变更的策略

为了有效应对设计变更对预算的影响，建立一套完善的管理和控制机制至关重要。首先，在项目初期，应加强前期调研，充分了解业主需求和市场状况，尽量减少后期变更的可能性。其次，应建立清晰的设计变更流程，确保所有变更都经过严格的审核和批准，及时评估其对成本的影响。引入信息化管理手段，利用建筑信息模型（BIM）等技术，可以提高设计变更的可视化和透明度，使各方对成本的变化有更清晰的认识。通过合理的变更管理，能够有效控制设计变更对工程预算的负面影响，确保项目在预算范围内顺利实施。

4 实施有效预算控制的策略与方法

4.1 加强前期可行性研究

实施有效预算控制的首要步骤是加强前期可行性研究。通过对项目的市场环境、技术方案、材料需求和资金投入等多方面进行全面评估，可以为制定合理的预算提供坚实基础。前期研究不仅有助于识别潜在风险，还能为设计决策提供数据支持，减少后期的设计变更。利用 SWOT 分析（优势、劣势、机会与威胁分析）等工具，可以深入理解项目的内外部环境，从而制定出符合实际情况的预算。此外，明确项目目标和标准，使预算的制定过程更加透明，有助于各方理解预算的合理性与可行性，从而减少后续的争议和变更。

4.2 实施动态预算管理

动态预算管理是应对不确定性和变化的重要策略。在

Copyright © 2024 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

建筑项目的实施过程中，市场状况、材料价格及设计需求等因素可能随时变化，因此，采用动态预算管理能够及时调整预算以应对这些变化。项目团队应定期审核和更新预算，通过建立关键绩效指标（KPI）来监控预算执行情况。使用信息化工具，如预算管理软件，可以实现实时数据更新和成本监控，使各方及时掌握预算的动态变化。此外，定期召开预算评审会议，汇集项目管理人员、财务人员和相关利益方的意见，确保各方对预算的合理性达成共识，从而增强团队对预算控制的重视程度[4]。

4.3 加强全过程监控与信息透明

全过程监控与信息透明是有效预算控制的重要保障。项目实施过程中，建立透明的信息沟通机制可以提高各方的参与感和责任感。通过制定详细的项目管理计划，明确各阶段的预算分配和成本控制目标，各方能更好地协作，避免因信息不对称导致的预算失控。同时，利用先进的信息技术，如建筑信息模型（BIM）和项目管理软件，可以实现对项目全过程的实时监控。通过数据分析，可以快速识别成本超支的潜在原因，及时调整策略。此外，进行定期的财务审计和风险评估，可以确保项目始终在预算范围内进行，有效降低超预算的风险。通过这些方法，可以在项目实施过程中，提升预算控制的有效性，实现更高的经济效益。

5 信息化手段在造价管理中的应用与前景

5.1 信息化手段的应用现状

在建筑行业，信息化手段已经逐渐成为造价管理的重要工具。当前，许多企业通过引入项目管理软件、建筑信息模型（BIM）和云计算平台等信息技术，实现对项目造价的有效监控与管理。这些工具不仅可以帮助工程师快速进行预算编制、成本估算和资源调配，还能提高数据处理的效率和准确性。例如，BIM 技术通过三维建模，可以在项目初期就对设计方案进行可视化分析，提前识别潜在的成本问题，减少后期变更的风险。此外，项目管理软件能够实时记录和跟踪项目进展，便于团队成员及时共享信息，从而提升协作效率，确保项目在预算范围内顺利推进。

5.2 信息化手段的优势与挑战

信息化手段在造价管理中的应用带来了诸多优势。首先，数据的实时更新和共享，使得项目各方能够快速响应变化，做出相应调整。这种灵活性不仅提高了决策的科学性，还能有效降低因信息滞后导致的成本超支。其次，通过数据分析和智能算法，企业可以更好地进行风险预测与控制，从而提高预算的准确性。然而，信息化的推广也面临一些挑战。技术的快速更新迭代使得许多企业难以跟上，导致系统使用效率不高。此外，部分人员对新技术的抵触情绪，可能影响信息化手段的全面实施。因此，企业需要加强员工的培训与适应性教育，确保信息化手段能够充分发挥其优势。

5.3 信息化手段的未来发展前景

随着信息技术的不断发展，未来的造价管理将更加依赖信息化手段。人工智能、大数据分析和物联网等新兴技术的应用，将进一步提升造价管理的智能化水平。通过人工智能算法，企业可以进行深度数据挖掘，分析历史项目的成本数据，形成更为精准的预算模型。此外，物联网技术将使得施工现场的各类设备和材料实时联网，实时监控成本和资源使用情况，从而为决策提供更加可靠的数据支持。未来，造价管理将向更高的数字化和智能化方向发展，实现全面的预算控制与风险管理。企业需在技术投入和人员培训上做好准备，以迎接这一趋势，确保在激烈的市场竞争中占据优势。通过信息化手段的有效应用，建筑行业的造价管理将更具科学性和前瞻性，为工程项目的成功实施提供坚实保障。

6 结语

在当前建筑行业中，信息化手段的应用为造价管理带来了深刻的变革。通过引入项目管理软件、建筑信息模型（BIM）和云计算等技术，企业能够实现对项目预算的实时监控和精细化管理，从而有效降低成本超支的风险。然而，信息化的推广也面临挑战，包括技术更新的速度和员工适应能力的差异。因此，企业需要重视人员培训和技术投资，以确保信息化手段的顺利实施。展望未来，随着人工智能和物联网等新兴技术的不断发展，造价管理将迈向更高的智能化水平。这不仅将提升预算的准确性，还将为建筑项目的成功实施提供更为坚实的保障。通过不断完善信息化管理体系，建筑行业将在激烈的市场竞争中保持可持续发展，实现更高的经济效益。

[参考文献]

[1]代简.建筑工程造价超预算的原因与控制策略的探讨[J].粮食与食品工业,2022,29(4):14-15.
[2]王晓锋.影响建筑工程造价超预算的因素以及控制策略探讨[J].城市建设理论研究(电子版),2023(5):20-22.
[3]周杨.关于建筑工程造价超预算的原因与控制策略探究[J].中国住宅设施,2023(7):109-111.
[4]李国徽.建筑工程造价超预算的原因及控制策略[J].中国建筑装饰装修,2023(19):104-106.

作者简介：樊存仁（1991.6—），男，汉族，毕业学校：石家庄铁道大学四方学院，现工作单位：河北省交通规划设计研究院有限公司交建分公司。

Copyright © 2024 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

浅析 BIM 技术在建筑工程管理中的应用

杜奇泽 赵中兰
山东陶建建设发展集团有限公司，山东 菏泽 274100

[摘要]BIM（建筑信息模型）技术在建筑工程管理领域展现出其显著的应用价值。该技术通过构建数字化模型，显著提升了工程项目的可视化水平，便利了设计、施工及运营阶段的跨部门协同。此技术的应用不仅优化了资源配置，增强了施工效率，还可在项目初期有效识别潜在风险，进而降低不必要的成本。BIM 还在信息共享与沟通方面提供了极大的帮助，增强了团队间的协作效率，并为工程管理决策提供了科学依据，有效推动了建筑行业的数字化转型。通过这些功能，BIM 技术为建筑工程管理提供了全面的技术支持和改进方向。

[关键词]BIM 技术；建筑工程管理；可视化；资源优化；风险管理
DOI：10.33142/sca.v7i11.14195 中图分类号：TU711 文献标识码：A

Brief Analysis of Application of BIM Technology in Construction Project Management

DU Qize, ZHAO Zhonglan
Shandong Taojian Construction and Development Group Co., Ltd., Heze, Shandong, 274100, China

Abstract: BIM (Building Information Modeling) technology has demonstrated significant application value in the field of construction project management. This technology significantly improves the visualization level of engineering projects by constructing digital models, facilitating cross departmental collaboration in the design, construction, and operation phases. The application of this technology not only optimizes resource allocation and enhances construction efficiency, but also effectively identifies potential risks in the early stages of the project, thereby reducing unnecessary costs. BIM also provides great assistance in information sharing and communication, enhances collaboration efficiency between teams, and provides scientific basis for engineering management decisions, effectively promoting the digital transformation of the construction industry. Through these functions, BIM technology provides comprehensive technical support and improvement directions for construction project management.

Keywords: BIM technology; construction project management; visualization; resource optimization; risk management

引言

随着建筑行业的快速发展，传统的工程管理模式面临着越来越多的挑战，如信息孤岛、沟通不畅和资源浪费等。为应对这些问题，BIM（建筑信息模型）技术应运而生，成为推动建筑行业变革的重要工具。BIM 通过创建数字化的三维模型，实现了对建筑全生命周期的有效管理，促进了设计、施工和运营各环节的协同。在这一背景下，探索 BIM 技术在建筑工程管理中的应用显得尤为重要。其不仅为项目管理提供了全新的视角，还为提高工程效率和降低成本提供了切实可行的解决方案，吸引着越来越多的业界人士关注与参与。

1 BIM 技术概述及其在建筑行业的背景

BIM（建筑信息模型）技术是一种基于数字化模型的建筑设计和管理工具，它通过创建建筑物的三维虚拟模型，整合了建筑的物理和功能特性。BIM 不仅仅是一个设计工具，更是一个信息管理平台，能够在建筑项目的各个阶段中提供实时数据和分析，从而帮助各参与方做出更为精准的决策。随着建筑行业的不断发展，项目的复杂性日益增加，传统的二维设计和施工管理方法已无法满足现代建筑工程的需求。因此，BIM 技术的应用在建筑行业内得到了广泛关注和迅速推广[1]。

在过去的几十年里，建筑行业面临着许多挑战，如信息孤岛、沟通不畅、资源浪费以及工期延误等。这些问题不仅增加了项目的成本，也影响了工程的质量和安全性。为了提升项目管理的效率，许多建筑企业开始寻求数字化转型的途径。BIM 技术的出现为这一转型提供了新的解决方案。通过将设计、施工、运营等环节的信息进行集中管理，BIM 使各参与方能够在同一平台上共享数据，实现协同工作。这种信息的透明化和实时更新，极大地减少了因信息传递不畅而造成的误解和错误，提高了项目的整体效率。

BIM 技术在建筑行业的广泛应用，标志着建筑管理进入了一个新的时代。它不仅提高了项目的可视化程度，还能在早期阶段识别潜在的设计和施工风险，从而为项目管理提供科学依据。随着技术的不断进步，BIM 的应用场景也在不断扩展，从早期的建筑设计逐步延伸到施工、运营和维护等多个领域。特别是在当前全球倡导可持续发展的背景下，BIM 技术也为绿色建筑的设计和实施提供了有效

Copyright © 2024 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

的支持，使得建筑行业能够在资源利用和环境保护方面取得更好的平衡。未来，随着BIM技术的进一步发展和成熟，建筑行业将迎来更加高效、智能的管理模式[2]。

2 BIM在建筑设计阶段的应用与优势

在建筑设计阶段，BIM（建筑信息模型）技术的应用极大地改变了传统的设计流程。通过构建三维数字模型，设计团队能够直观地展现建筑的外观、结构以及内部功能。这种可视化的表达方式使得设计人员能够更有效地进行方案评估和修改，降低了设计错误的发生率。此外，BIM技术允许在设计阶段进行多种方案的模拟和比较，从而帮助设计团队找到最佳解决方案。设计人员可以通过模型快速评估不同材料、构造方式及空间布局的影响，使得设计过程更加灵活和高效。

BIM在建筑设计阶段的一个显著优势是促进了多专业协同设计的能力。在传统设计流程中，建筑师、结构工程师和机电工程师常常在各自的专业领域内进行设计，导致信息的孤岛现象。这种孤立的工作方式不仅容易造成设计冲突，还可能导致后续施工时的修改和返工。BIM技术通过提供一个共享的平台，使各专业团队能够在同一模型上进行协作，及时发现和解决潜在的设计冲突。例如，当建筑师调整了设计方案时，结构工程师和机电工程师能够即时获取最新信息，并迅速做出相应的调整。这种实时的协作模式显著提高了设计的效率，降低了因沟通不畅造成的错误风险[3]。

BIM技术在设计阶段还具有数据管理和分析的优势。通过将设计信息数字化，BIM能够有效地管理项目中的各类数据，包括材料清单、成本估算和施工进度等。这使得设计团队在评估项目可行性时，可以根据实时数据进行科学决策。例如，在进行材料选型时，设计师可以通过BIM模型快速获取不同材料的性能、成本和环保指标，从而做出更具经济性和可持续性的选择。此外，BIM技术还能为后续的施工和运营阶段提供重要的参考信息，确保建筑在设计初期就考虑到后续的维护和使用需求。这种数据驱动的设计思维，不仅提升了设计的质量，也为项目的成功实施奠定了坚实基础。

总体来看，BIM技术在建筑设计阶段的应用，不仅提高了设计的效率和质量，还促进了多专业协作和数据管理的有效性。随着建筑行业对数字化转型的需求日益增强，BIM技术将继续发挥其在设计过程中的独特优势，为建筑行业的可持续发展做出重要贡献。通过不断优化设计流程和加强协作能力，BIM将推动建筑项目在质量、成本和工期上的综合提升，进而实现更高效、智能的建筑管理模式[4]。

3 BIM在施工管理中的实施策略与效果

在施工管理阶段，BIM（建筑信息模型）技术的实施策略不仅提升了施工效率，还改善了项目的整体质量。通过在施工前建立详尽的三维模型，项目团队能够在开工之前预见潜在问题。这种预先规划的能力使得施工人员可以更好地理解设计意图，从而减少施工过程中的误解和错误。同时，BIM模型提供了丰富的信息，涵盖材料清单、施工步骤和工艺要求等，确保施工团队在执行过程中有据可依。这种信息的透明化和可视化的特征，使得各方在施工前就能够充分交流，建立起更为紧密的协作关系，极大地降低了因信息不对称导致的错误。

BIM在施工管理中的另一项重要策略是实时监控与进度管理。通过将BIM与施工管理软件相结合，项目团队可以实时更新施工进度和资源消耗情况。利用BIM技术，施工管理者能够动态跟踪项目的每个环节，识别出进度延误的原因，并及时采取纠正措施。比如，当某个工序的进度落后于计划时，管理者可以通过BIM模型快速分析原因，并与相关团队沟通协调，调整后续工作安排。这种实时监控能力，不仅帮助管理者保持项目进度的可控性，还能降低项目成本，提高施工效率。

BIM技术在施工阶段的实施效果还体现在安全管理和风险控制方面。通过在三维模型中整合安全信息，施工团队能够在施工前识别潜在的安全风险，并制定相应的预防措施。例如，施工过程中可能涉及到的高空作业、重物吊装和电气安装等环节，均可以通过BIM模型进行分析和模拟，从而制定详细的安全施工方案。这种提前识别和控制风险的能力，显著降低了施工现场的意外事故发生率，保障了工人的人身安全。此外，BIM还可以为安全培训提供支持，通过虚拟仿真和模拟，使施工人员在实际操作前熟悉安全规程和操作流程，从而提升其安全意识和应对突发情况的能力。

综上所述，BIM技术在施工管理中的实施策略和效果，显著提升了施工项目的效率和安全性。通过精确的模型建构、实时的数据监控以及有效的安全管理，BIM为施工管理提供了全面的支持和保障。随着建筑行业的数字化转型加速，BIM技术的不断发展和应用，将进一步推动施工管理向更加高效、安全和智能化的方向迈进，为建筑项目的成功实施创造更加有利的条件。

4 BIM技术在运营与维护阶段的价值

BIM（建筑信息模型）技术在建筑物的运营与维护阶段同样展现出巨大的价值。传统上，建筑物的运营与维护常常面临信息孤岛的问题，相关数据往往分散在不同的系统中，导致维护人员在处理问题时无法迅速获取所需的信息。BIM技术通过将建筑物的所有信息集成到一个可视化的三维模型中，使得运营和维护人员能够轻松访问建筑的设计、结构、材料和设备等信息。这种信息的集中管理不仅提升了维护工作的效率，还减少了因信息缺失或不准确导致的误操作，确保了建筑的安全和功能。

在运营阶段，BIM技术的价值还体现在其对设施管理的支持。通过与建筑管理系统的集成，BIM能够实时监控

Copyright © 2024 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

建筑的运行状态，例如能源消耗、设备运行状况和空间利用率等。这些实时数据为管理者提供了科学的决策依据，帮助其优化资源配置和运营策略。举例来说，BIM 技术可以分析建筑中各类设备的使用频率和能耗，识别出不必要的开支或过度使用的设备，进而建议维护或更换措施。此外，BIM 还可以帮助运营团队进行定期维护的计划安排，基于设备的使用数据和维修历史，制定出更为合理的维护时间表，以延长设备的使用寿命和提高整体运行效率[5]。

BIM 在建筑物的生命周期管理中具有重要的作用。在建筑物的整个生命周期中，BIM 不仅为设计和施工提供支持，还为运营和维护提供持续的数据和信息积累。通过在运营阶段持续更新 BIM 模型，管理团队能够记录建筑物在使用过程中的各种变化，如设备更换、空间重新规划等。这些数据不仅为未来的维护和升级提供了有价值的参考，也为后续的项目提供了实际运营数据的支持，帮助设计团队在未来的项目中进行更为精准的设计。此外，BIM 技术还为建筑的可持续发展提供了数据支持，使得运营团队能够在资源利用和环境保护方面进行有效管理，推动建筑行业的绿色发展。

总体而言，BIM 技术在运营与维护阶段的应用为建筑行业带来了显著的价值。通过信息的集中管理和实时监控，BIM 不仅提升了维护工作的效率和安全性，还为设施管理和生命周期管理提供了有力支持。在未来，随着 BIM 技术的不断发展和应用，建筑行业将在运营与维护领域迎来更加智能、高效和可持续的发展模式。

5 BIM 推动建筑工程管理数字化转型的前景与挑战

BIM（建筑信息模型）技术作为建筑工程管理中的重要工具，正推动行业向数字化转型迈进。这种转型为建筑行业带来了前所未有的机遇，尤其是在提高工作效率、降低成本和提升项目质量方面。随着数字化技术的不断进步，BIM 能够集成更多信息，并为各阶段的决策提供支持，使得建筑项目从设计、施工到运营的全过程都能在一个平台上进行管理。通过可视化的三维模型，各参与方能够更好地理解设计意图和施工要求，从而减少错误和返工。这种协同效应在项目管理中显得尤为重要，推动了建筑行业的整体效率提升。

然而，尽管 BIM 技术在推动数字化转型方面展现了良好的前景，但行业内仍面临着诸多挑战。首先，技术的推广和应用需要相应的专业人才支持。目前，许多建筑企业在 BIM 技术方面的人才储备不足，缺乏能够有效使用和管理 BIM 工具的专业人员。这不仅限制了 BIM 技术的普及，也影响了项目的实施效果。其次，行业内部对 BIM 技术的认知和接受度参差不齐。一些传统观念根深蒂固的企业可能对数字化转型持保留态度，抵制新的工作流程和管理方式，这无疑会延缓 BIM 技术的应用和推广。

BIM 技术的应用为建筑行业带来了显著的效率和质量提升，但其实施过程中的数据标准化和信息安全问题依然是主要的挑战。在实际操作中，不同的企业和项目往往使用不同的软件和数据格式，导致信息难以无缝集成和共享。为解决这一问题，行业内亟须制定统一的 BIM 数据标准和信息交换规范，以促进信息的兼容性和互操作性。同时，信息安全问题也不容忽视。随着建筑项目的数字化深入，项目所涉及的数据量和类型都在持续增长，其中包括一些商业秘密和个人隐私信息。这就要求必须加强数据保护措施，实施严格的安全协议和技术，以防数据泄露或未经授权的访问。此外，行业合作至关重要，通过多方共同努力，推动 BIM 技术标准化和安全策略，促进建筑行业的数字化转型和未来发展。

6 结语

BIM（建筑信息模型）技术在建筑工程管理中的应用正在推动行业向数字化转型迈进，展现出极大的前景与潜力。通过提升工作效率、降低成本和改善项目质量，BIM 技术为设计、施工与运营提供了全方位的支持。然而，行业在人才短缺、信息标准化和数据安全等方面仍面临诸多挑战。只有通过加强专业人才的培养、建立统一的数据标准和保障信息安全，才能充分发挥 BIM 技术的优势，推动建筑行业的持续发展和创新。展望未来，BIM 将成为建筑工程管理的核心驱动力，助力行业实现更高效、智能和可持续的发展目标。

[参考文献]

[1]陈作荣.BIM 技术在建筑工程施工管理中的应用研究[J].城市建设理论研究(电子版),2024(20):73-75.
[2]温清尧.BIM 技术在建筑工程管理中的应用研究与探析[J].中国金属通报,2024(7):176-178.
[3]宋颖.BIM 技术在建筑工程精细化管理中的应用研究[J].建筑科技,2024,8(7):137-139.
[4]倪素珊,王真真.BIM 技术在建筑工程管理中的应用研究[J].中国招标,2024(8):105-107.
[5]吴泓.BIM 技术在住宅建筑工程管理中的应用[J].居舍,2024(28):56-59.

作者简介：杜奇泽（1992.4—），男，汉族，毕业学校：山东工业职业学院，现工作单位：山东陶建建设发展集团有限公司；赵中兰（1980.6—），女，汉族，毕业学校：鲁东大学，现工作单位：山东陶建建设发展集团有限公司。

Copyright © 2024 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

分布式综合能源管理系统需求响应调度优化

吴尚润[1] 高庆忠[2]
1. 华能新能源辽宁分公司，辽宁 沈阳 110000
2. 沈阳工程学院，辽宁 沈阳 110136

[摘要]文中研究了多生命力互补分布式综合能源管理系统的负荷特性、负荷需求弹性以及分时电价对负荷特性的影响。通过对配电网分时电价优化的建模和仿真分析，结合电力需求的分时电价弹性，建立配电网分时段电价优化模型，并采用粒子群优化算法求解优化模型。最后，得出了分时电价对多能源互补分布式综合能源管理系统负荷特性的影响。结果表明，文中提出的需求响应方法可以改变负荷特性，减小峰谷差，提高电力生产效率，提高电网运行的可靠性，减少温室气体排放。
[关键词]分布式；能源管理；优化
DOI：10.33142/sca.v7i11.14212 中图分类号：TM721 文献标识码：A

Optimization of Demand Response Scheduling for Distributed Integrated Energy Management System

WU Shangrun [1], GAO Qingzhong [2]
1. Huaneng New Energy Liaoning Branch, Shenyang, Liaoning, 110000, China
2. Shenyang Institute of Engineering, Shenyang, Liaoning, 110136, China

Abstract: This article studies the load characteristics, load demand elasticity, and the impact of time of use electricity prices on the load characteristics of a multi vitality complementary distributed integrated energy management system. By modeling and simulating the optimization of time of use electricity prices in the distribution network, combined with the elasticity of time of use electricity prices in electricity demand, a time of use electricity price optimization model for the distribution network is established, and the particle swarm optimization algorithm is used to solve the optimization model. Finally, the impact of time of use electricity prices on the load characteristics of a multi energy complementary distributed integrated energy management system was determined. The results indicate that the demand response method proposed in the article can change load characteristics, reduce peak valley differences, improve power production efficiency, enhance the reliability of power grid operation, and reduce greenhouse gas emissions.
Keywords: distributed; energy management; optimization

引言

能源绿色低碳转型是当今世界共同面临的重大课题，能源互联网是支撑以新能源为主体的新型能源系统的重要手段，也是实现我国能源转型和碳达峰碳中和目标的重要途径。综合能源系统是能源互联网的基本物理载体。在传统能源系统中，电网、热网、天然气网、交通网等分属不同公司管理和运营，不同能源系统相对独立，存在能源竖井，能源使用效率总体不高。综合能源系统通过电、热、冷、气等多种能源的互联互通，通过科学化管理实现多能互补及源网荷储协同，打破传统不同能源系统之间相互割裂的情形，在安全供能前提下最大化不同类型的效益，从而提升综合能源效率，促进可再生能源消纳，降低用能成本、提高用能可靠性，减少或延缓投资和建设等。

当前国内开展了许多综合能源系统的示范和应用，但由于综合能源系统横跨多个学科、多个系统和设备厂家、多个管理运营主体，许多项目存在“综合有余、智慧不足”的特点，其运行控制仍然以“被动式数字监控”为主，没有给予运行人员足够的分析决策帮助，没有实现“主动式智能调控”，未能够充分发挥多能互补的效益。主要原因在于缺乏一个智慧能源大脑——综合能量管理系统（Integrated Energy Management System, IEMS）对实时运行中的电、热、冷、气进行智慧化的分析和决策。

城市在能源转型发展过程中面临着能源科技创新相对割裂、缺乏实证，能源产业数字化、智慧化滞后，能源行业壁垒众多，可再生能源送出和消纳困难等诸多挑战。由于城市范围大，尤其是海量分布式资源接入，需要进行协调优化调度的对象的种类繁多、数量庞大、控制方式多样。因此如何在保证系统安全运行的基础上协同多能流，适应多参与主体的需求，需要跳出电力行业边界，挖掘热、气、氢、煤与电能之间的互补性，激活多能间的灵活性，面对灵活性资源呈现出巨量、分布和异质的新特征，迫切需要突破能源互联网技术，实现横向的多能互补和纵向的源网荷储协同。在能源互联网的顶层方案设计中，涉及到各种能流（电、煤、气、热、交通等）的综合分析、溯源计算、综合减排和协同优化问题等，各种能流间相互耦合，其中专业性、综合性较强的多能流、溯源、优化、管理等

Copyright © 2024 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

工作，都需要能够支撑城市级大规模综合能源系统分析和优化的多能流能量管理技术支持。

1 区域综合能源管理系统建设方案

区域综合能源管理系统平台应结合工程实际 的实际需求，采用一体化调控体系，建设区域综合能源管理平台，提高电网调控能力和大范围优化配置资源能力。区域综合能源管理系统应用系统分别部署在安全区Ⅰ(实时区)、安全区Ⅱ（非实时区）、安全区Ⅲ（管理信息大区），并按中华人民共和国国家发展和改革委员会令第 14 号《电力监控系统安全防护规定》要求设置安全防护设备。安全区Ⅰ系统主要由采集通信服务器、SCA DA 服务器、数据库服务器、能源管理服务器、MMI 子系统以及系统网络组成。安全区ⅠⅠ 系统主要由采集通信服务器、数据库服务器、功率预测服务器、能效管理服务器、能源交易服务器、MMI子系统以及系统网络组成。主要功能包括实时监控与分析类应用、调度计划、能源调度管理、能源交易和能效监测等。主要实现对电源、储能站的调度和升压站的集中监控，实施集中统一操作、维护、检修管理，达到减员增效降低电网运行成本、提高经济效益的目标。各厂站计算机监控系统通过电力专网将信息送至能源运行监测交易中心，实现能源运行监测交易中心的远程监控。视频信息通过数据通信网送至能源运行监测交易中心，便于运行人员远程监控各站点。用户侧数据可通过公网或专线方式将信息送至能源运行监测交易中心。同时，区域综合能源管理系统具备与当地电网调度端通信接口。

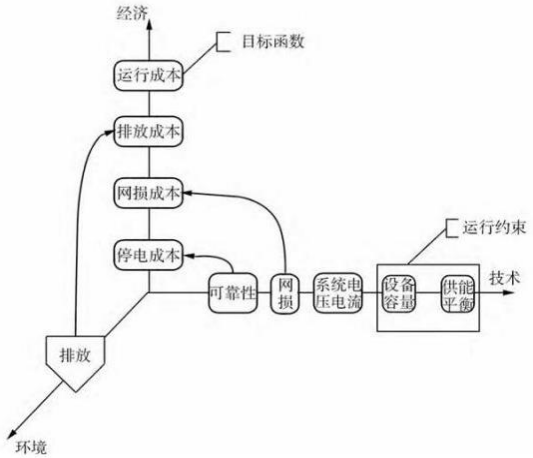


图 1 能量管理的技术、经济和环境因素分析

2 综合能源管理系统设计

IES（Integrated Energy System，综合能源系统）的优化调度是一个复杂的技术问题，它涉及到多种能源的协同运行和优化管理，以实现能源效率的最大化和成本的最小化。IES 优化调度需要综合考虑风力、光伏、燃气轮机、燃气内燃机、燃气锅炉、余热回收系统、吸收式制冷机、电制冷机、蓄电池等多种能源设备。

主要目标是最小化 IES 的运行成本，包括燃气成本、碳排放惩罚成本和失电负荷惩罚成本等。本文系统采用粒子群算法等智能优化算法来求解 IES 的优化调度问题，这些算法能够处理多个设备和能源类型的复杂性。通过多能互补，IES 能够实现不同能源形式之间的优势互补，提高能源利用效率并降低成本。多能互补集成优化的关键技术包括多能流混合建模、多能源流综合评估、多能流交易、商业运营模式、多能融合信息系统等。随着大数据和机器学习技术的发展，数据驱动的方法在 IES 的建模、评估以及动态调度中发挥着越来越重要的作用。

综合能源管理系统中组件的选择对系统建设非常重要。一个好的系统有利于提高能源的经济效益，发挥节能作用。因此，在对综合能源管理系统进行总体设计之前，应做好准备。例如，应详细分析综合能源管理系统中各应用设备的运行效率和策略，加强综合能源管理体系中能源分配的平衡，以提高能源的经济效益，最大限度地发展能源。此外，综合能源管理系统的总体设计应基于设备的选择。实施了与综合能源管理系统相匹配的运营策略，综合能源管理体系的结构如图 2 所示。



图 2 典型供能架构

3 用电需求的时间价值弹性

多能源互补分布式集成能源管理系统的不同负载组成赋予了负载可调度特性。需求响应作为此类系统中的关键方法，对用户功耗模式和负载特性有重大影响。用户可以根据其负载特性和供电价格调整用电量。当电价高企时，他们可以减少电力需求，有效降低负荷。在高价时段减少的负荷可以转移到低价时段，从而降低电力成本和与电力购买相关的风险[8]。需求的价格弹性是需求变化与促使需求转移的价格变化之比。

用户对电价的反应主要有两种方式：单期反应和多期反应。单周期响应涉及用户仅根据特定时间的价格调整其用电量。相比之下，多时段响应需要用户将电力消耗从高价时段转移到低价时段。这种方法不仅考虑了当前价格，还考虑了其他时期的价格。为此，我们采用自弹性系数和交叉弹性系数的概念，其定义如下：

$$\varepsilon = \frac{\Delta P / P}{\Delta \lambda / \lambda} \tag{1}$$

ΔP，$\Delta\lambda$ 分别是用户侧负荷和电价的增量， P，λ 分别

Copyright © 2024 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

是用户侧电价变化前的负荷电价和电价。

用户对电价的反应主要有两种方式：单期反应和多期反应。单周期响应涉及用户仅根据特定时间的价格调整其用电量。相比之下，多时段响应需要用户将电力消耗从高价时段转移到低价时段。这种方法不仅考虑了当前价格，还考虑了其他时期的价格。为此，我们采用了自弹性系数的概念 ε_{ii} &交叉弹性系数 ε_{ij} 其定义如下：

$$\varepsilon_{ii}=\frac{\Delta P_i/P_i}{\Delta\lambda_i/\lambda_i},\varepsilon_{ij}=\frac{\Delta P_i/P_i}{\Delta\lambda_j/\lambda_j}\ (i\neq j) \tag{2}$$

在一定时期内，由于电价的上涨（下跌），用户将减少（增加）这一时期的用电量，自弹性系数应为负；由于某一时期电价的上涨（下跌），用户在其他时期也会增加（减少）用电量。此时，交叉弹性系数应为正，即：

$$\begin{cases}\varepsilon_{ij}<0, i=j\\ \varepsilon_{ij}>0, i\neq j\end{cases} \tag{3}$$

本文将分时电价视为三阶电价，得到以下公式：

$$\begin{bmatrix}P_f\\P_p\\P_g\end{bmatrix}=\begin{bmatrix}P_f^0\\P_p^0\\P_g^0\end{bmatrix}+\frac{1}{3}\begin{bmatrix}\varepsilon_{11}&\varepsilon_{12}&\varepsilon_{13}\\\varepsilon_{21}&\varepsilon_{22}&\varepsilon_{23}\\\varepsilon_{31}&\varepsilon_{32}&\varepsilon_{33}\end{bmatrix}\begin{bmatrix}\lambda_f/\lambda-1\\\lambda_p/\lambda-1\\\lambda_g/\lambda-2\end{bmatrix}\begin{bmatrix}P_f^0\\P_p^0\\P_g^0\end{bmatrix} \tag{4}$$

公式：$E=\begin{bmatrix}\varepsilon_{11}&\varepsilon_{12}&\varepsilon_{13}\\\varepsilon_{21}&\varepsilon_{22}&\varepsilon_{23}\\\varepsilon_{31}&\varepsilon_{32}&\varepsilon_{33}\end{bmatrix}$ 是电力需求的分时电价弹性矩阵，f,p,g 分别为高峰期、正常期和低谷期。$\lambda_f,\lambda_p,\lambda_g$ 分别是峰值价格、固定价格和使用时间后的谷值价格。λ 是使用前的统一电价。P_f，P_p，P_g 分别是分时电价实施后的高峰负荷、平峰负荷和低谷负荷. P_f^0，P_p^0，P_g^0 分别是实施前的峰值负荷、平稳负荷和谷值负荷。

本文通过电力需求价格弹性矩阵最大化用户响应，在确保平均用户成本不上升的同时，维护供电公司的利益至关重要。鉴于模型的复杂性和众多变量，需要重复迭代求解，电力需求价格弹性矩阵是一种工具，用来衡量不同用户或用户群体对电价变化的敏感度。通过这种矩阵，供电公司设计需求响应（Demand Response，DR）策略，激励用户在电价高时减少用电，而在电价低时增加用电，以此达到电网负荷平衡、提高能源效率和降低成本。在确保平均用户成本不上升的同时，维护供电公司的利益，基于粒子群优化（Particle Swarm Optimization，PSO）的方法进行迭代求解。首先定义优化目标，目标是最大化用户响应，同时确保平均用户成本不上升，并考虑供电公司的利益。建立电力需求模型，利用电力需求价格弹性矩阵来表示不同用户对电价变化的响应。确定不同时间段的电价、用户的用电策略等优化变量。随机生成一组解作为粒子群的初始位置和速度。计算每个粒子所代表的解的适应度值，即满足优化目标和约束条件的程度。如果当前粒子的解比粒子历史上任何解都好，更新粒子的“个人最佳位置”。如果当前粒子的解比群体历史上任何解都好，更新群体的“全局最佳位置”。根据个体经验和群体经验更新粒子的位置和速度。迭代求解重复更新步骤，直到满足停止条件，如达到最大迭代次数或解的改进小于某个阈值。最后输出最优的电价策略和用户响应策略，这些策略在满足所有约束的同时，最大化了用户响应。本文在实际电网中实施优化策略，收集反馈数据以评估效果和进行进一步的调整。粒子群优化是一种模拟鸟群觅食行为的优化算法，它通过群体内个体的协作和信息共享来寻找全局最优解。在电力需求响应优化问题中，PSO 有效地处理多变量和多约束的问题，为供电公司和用户提供双赢的解决方案。

粒子群改进的基本思路中主要在粒子群算法的本身参数上进行优化改进，能改进其算法的性能，但也局限于算法的性能，性能提升度有限，在应用多目标优化问题时其鲁棒性能可能较差。为使算法在微电网优化调度中能表现更好算法性能，本文在改进粒子群参数的基础上改进粒子群算法的粒子速度变换。具体的为改进粒子群算法优化过程中粒子速度变化的过程的改进。

4 示例分析结果

图3显示某地区500辆电动汽车的未优化负荷功率曲线与居民原始电力负荷功率的叠加结果。从图 3 可以看出，在 20:00 左右的用电高峰期，负荷功率峰值过高，负荷波动率过大，影响了电网的稳定性。同时，这一时期的电价也处于峰值，用户的充电成本过高。

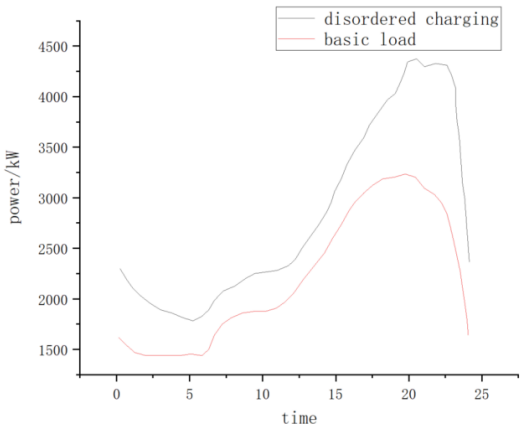


图 3　无序充电下的负载曲线

低谷电价设定为 0.36 元/kWh，时间段为夜间 10 点到次日早晨 6 点，此时工业生产和商业活动较少，居民用电也处于较低水平。正常电价为 0.86 元/kWh，时间段为早晨 6 点到上午 9 点，下午 5 点到晚上 10 点，此时是日常活动较为频繁的时期，但不是用电最高峰。高峰电价为 1.38 元/kWh。时间段为上午 9 点到下午 5 点和晚上 10 点到午夜，此时时段包括了工作时间和晚高峰，用电需求较大。

图 4 对所提出的方法、传统粒子群优化算法和遗传算法进行了比较，并求解了所提出的目标函数。结果表明，在无序充电条件下，负载的峰谷差分别为 2588.02kW、

Copyright © 2024 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

2277.21kW、2270.64kW 和 1707.11kW，负载波动率分别为 56.38%、54.68%、54.37%和 52.06%。收费费用分别为 8746.25 元、8574.98 元、8490.69 元、8211.07 元。从仿真结果可以看出，使用本文方法的优化结果是最优的，这验证了本文方法的有效性。

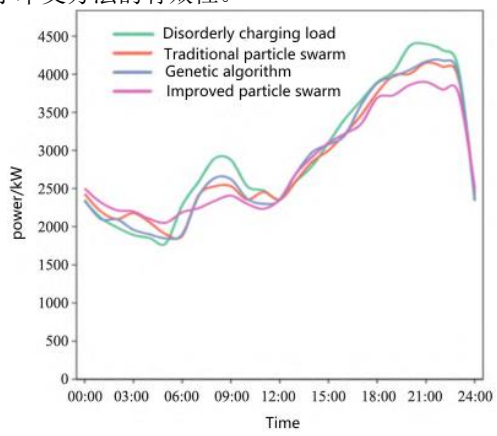


图 4　不同优化方法下的载荷曲线

5 结论

本文研究了多能源互补分布式综合能源管理系统的负荷特性、需求弹性和分时电价的影响。通过对配电网分时电价的优化建模和仿真，考虑电力需求的弹性，建立分时电价优化模型，并使用粒子群优化算法求解。然后分析了这种定价对系统负载特性的影响。优化分时电价可以减少峰谷差。不同的定价周期和电价制定可以改变用户的消费习惯，改善整体负荷特性。在配电网调度过程中，这些负载特性可以帮助缓解传统网络调度压力。在高需求时期提高峰值负荷价格会鼓励用户转移一些负荷，从而减轻网络的运营压力并提高可靠性。

在需求侧管理中实施可中断负荷项目可以降低峰值负荷，调整电网负荷分布，减少配电网建设投资。未来的研究可以将实时负载变化整合到电价设定中，以进一步完善电动汽车充电策略。

多能互补分布式能源系统能将多种具有互补性的分布式能源集中于同一网络中，从而提高整个区域能源系统的能源利用率、经济性与稳定性。文中基于实际工程情况，提出把各分布式能源、各 能源负荷以及区域内的能源服务作为整体考虑，按照独特的运行模式进行一体化能量管理调控。基于所提出的区域多能互补分布式能源循环经济体系的构想，建立能源综合管控中心，搭建综合能源管理系统平台，在保证区域内电力系统稳定、安全、可靠的前提下，对各类分布式能源系统进行多能互补、优化调度，以便实现整个系统能源利用效率的最大化以及经济效益的最大化。

基金项目：沈阳市科技计划项目（22-322-3-29）。

[参考文献]

[1]胡志毅.多能互补分布式能源系统架构及综合能源管理系统研究[J].能源与节能,2019,10(169):57-58.
[2]蔡世超.智慧能源多能互补综合能源管理系统研究[J].应用能源技术,2017,10(228):1-4.
[3]侯嘉麒.基于能源管理的新能源系统运行数据综合处理分析[J].电气应用,2023,42(10):35-42.
[4]陈锦宏.综合智慧能源管理系统的设计和实现研究[J].中国新通信,2023,25(24):3-4.
[5]赵志强,李寿祥.综合智慧能源管理系统的设计和实现[J].自动化应用,2022(12):172-174.

作者简介：吴尚润（1995.12—），毕业于沈阳工程学院，自动化专业，就职于华能新能源辽宁分公司，运维员，助理工程师。

Copyright © 2024 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

民用建筑电气照明设计中节能技术的应用

蒋晓松
荣盛建筑设计有限公司石家庄分公司，河北 石家庄 050000

[摘要]传统电气照明系统普遍面临能耗高、效率低及维护成本高等问题。研究表明，建筑照明系统的能耗约占建筑总能耗的30%～40%。在资源紧张与环境污染加剧的背景下，亟需解决的课题便是有效减少这一能耗，因此，引入节能技术显得尤为关键。近年来，因其低能耗及长寿命的优势，LED 技术已成为替代传统灯具的理想选择，智能控制系统的应用使照明管理变得更加灵活高效，而光线调节与自然采光技术则通过合理布局，进一步提升了光照质量及环境舒适度。这些新兴技术不仅为建筑设计带来了深刻变革，更为实现绿色建筑目标提供了有力支持。基于此，深入探讨节能技术在电气照明设计中的应用，有助于提升建筑能效，并推动整个行业向可持续发展迈进。将通过对当前技术现状、设计原则及应用效果的分析，为未来建筑照明设计提供有益的参考与借鉴。

[关键词]民用建筑；电气照明；节能技术；照明设计
DOI：10.33142/sca.v7i11.14193　　中图分类号：TU85　　文献标识码：A

Application of Energy-saving Technology in Electrical Lighting Design of Civil Buildings

JIANG Xiaosong
Shijiazhuang Branch of Risesun Architectural Design Co., Ltd., Shijiazhuang, Hebei, 050000, China

Abstract: Traditional electrical lighting systems generally face problems such as high energy consumption, low efficiency, and high maintenance costs. Research shows that the energy consumption of building lighting systems accounts for about 30% to 40% of the total energy consumption of buildings. In the context of resource scarcity and intensified environmental pollution, the urgent issue to be addressed is to effectively reduce this energy consumption. Therefore, introducing energy-saving technologies is particularly crucial. In recent years, due to its advantages of low energy consumption and long lifespan, LED technology has become an ideal choice to replace traditional lighting fixtures. The application of intelligent control systems has made lighting management more flexible and efficient, while light adjustment and natural lighting technology have further improved lighting quality and environmental comfort through reasonable layout. These emerging technologies not only bring profound changes to architectural design, but also provide strong support for achieving green building goals. Based on this, in-depth exploration of the application of energy-saving technologies in electrical lighting design can help improve building energy efficiency and promote the entire industry towards sustainable development. By analyzing the current technological status, design principles, and application effects, useful references and inspirations will be provided for future architectural lighting design.

Keywords: civil buildings; electrical lighting; energy-saving technology; lighting design

引言

在全球对可持续发展愈发重视的情况下，建筑行业的重要趋势已成为节能技术的广泛应用。作为建筑能耗的主要组成部分，电气照明系统的优化设计不仅显著降低能耗，还提升了空间的舒适度与美观性。随着科技不断进步，LED照明、智能控制系统以及自然采光等新技术的出现，为民用建筑的电气照明设计提供了创新的解决方案。深入探讨节能技术在电气照明设计中的应用效果，并分析其对建筑能效与环境质量的深远影响。

1 民用建筑电气照明设计的现状分析

随着城市化进程的加快及人们生活品质要求的提升，民用建筑电气照明设计逐渐成为建筑设计的重要组成部分，目前许多建筑在照明设计方面仍存在不足，这影响了能效与用户体验。主导地位依然被传统照明技术占据，白炽灯与荧光灯的广泛使用导致能耗高、寿命短，给长期运营带来了不必要的经济压力。在许多项目的设计阶段，光照强度、分布及使用场景的多样性未能得到充分考虑，从而在实际使用中产生了光照不足或过强的问题，影响了用户的舒适度与健康。智能照明系统的普及程度亦显不足，尽管智能控制技术能够显著提升照明的灵活性与能效，但在民用建筑中智能化水平普遍较低。传统开关控制仍被许多建筑所依赖，未能充分利用自动调节与远程控制等先进技术导致能源的浪费，未能满足现代生活对便利性的需求。在可持续发展理念逐渐被认可的情况下，绿色照明理念的推广显得尤为重要。但在实际操作中，许多建筑项目未能有效整合自然采光与人工照明，致使白天仍需大量开启灯具，从而增加了能耗，这些问题亟待解决以推动电气照明设计向更高效、可持续的方向发展。

Copyright © 2024 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

2 民用建筑电气照明设计的原则

2.1 绿色照明原则

绿色照明原则强调在设计照明系统时，应综合考虑环境保护、资源节约与人类健康，不仅关注照明效果的优质与舒适性，还强调可持续发展策略的采用，以确保技术选择与设计方案的合理性。在绿色照明的实践中，优先选择高效能、低能耗的光源成为首要任务。例如，LED 灯具因其长寿命与低能耗的特性，能够有效减少建筑的整体能耗及维护成本。同时，在设计时重视自然光的利用也显得尤为重要，合理布局窗户与采光井，使自然光的引入最大化，从而降低对人工照明的依赖达成节能目标。避免光污染同样是照明设计的重要考量，通过合理控制光照的强度与分布，确保光源投射的方向与范围符合实际使用需求，能有效提升能效，并保护周围的环境与生态，合理配置照明控制系统，如光感应器与定时器，可以根据实际使用情况自动调节亮度进一步增强能效。对人类健康的影响亦需在照明设计中受到关注，选择光谱均匀的灯具避免频闪与眩光，有助于提升视觉舒适度，满足不同活动场景的需求。

2.2 经济实用原则

经济实用原则在民用建筑电气照明设计中扮演着重要角色，核心在于通过合理投入与使用，达到最佳照明效果与成本效益。该原则强调设计方案的经济性与实用性，确保在预算限制内实现预期功能与性能。在设备采购阶段，光源的初始投资、能耗及维护成本应进行综合评估，优先选用性价比高的产品，从而确保使用寿命内带来的节省显著高于初期投入。例如，尽管 LED 灯具的初始成本可能高于传统灯具，但更低的能耗与更长的使用寿命最终会显著降低整体费用。照明布局的合理规划同样不可忽视，避免不必要的光源设置成为关键，科学设计可以确保每个空间的光照强度满足实际使用需求，不仅提高了使用效率还减少了资源浪费。公共区域可采用均匀的整体照明，而办公区域则应结合任务照明与环境照明，以实现功能与美观的有效统一。照明控制系统的引入也极为关键，通过运用智能控制技术，如定时开关与感应器，照明强度能够根据实际使用情况自动调整，不仅提升了用户体验也显著降低了能源消耗。

2.3 安全性与舒适性原则

在民用建筑电气照明设计中，安全性与舒适性原则至关重要，为用户创造一个安全而舒适的环境。照明设计不仅需满足基本功能，还需关注人们的心理感受与生理健康。安全性构成了照明设计的基础，适当的光照强度与均匀的光分布能够有效降低意外事故的发生风险。在公共区域，尤其是走廊、楼梯及出口必须确保光线充足，避免产生阴影与眩光，使用户在行走时能清晰辨识周围环境，紧急照明与疏散指示灯的设置不可忽视，在停电或其他紧急情况下应提供足够的照明，确保人员安全撤离。舒适性对用户体验的影响同样显著，照明的色温、显色指数及光的分布应根据不同空间与功能进行调整。例如，工作区应采用冷色调与较高亮度，提升注意力与工作效率，而休息区则适合使用柔和的暖色调光线以营造放松的氛围。频闪与眩光的避免也成为提升舒适度的重要因素，这有助于减少眼睛疲劳，增强空间的宜人感。

3 节能技术在电气照明设计中的应用

3.1 LED 照明技术

近年来 LED 照明技术迅速普及，逐渐成为电气照明设计的首选，这一技术因其卓越的能效与低能耗而备受关注，且在环境友好与应用灵活性方面具有显著优势，因而有效替代了传统照明方式。LED 灯具的能效极高，与传统白炽灯及荧光灯相比能耗减少超过 80%。虽然初始投资较高但使用寿命可达到 25,000 到 50,000 小时，大幅降低了更换频率及维护成本，这样的高能量转化效率使得 LED 成为商业与民用建筑中节能的优选方案。灵活性是 LED 技术的一大优势，能够适应多种应用场景，在办公室、商场及家庭等不同环境中，LED 灯具提供多样的色温与亮度调节选项。根据空间的具体功能，设计师可以灵活调整灯具配置，从而实现最佳照明效果。例如，冷色调的 LED 灯在工作环境中可提高注意力，而暖色调的灯光则适合在休息区域营造舒适氛围。在光污染控制方面 LED 灯具表现优异，与传统灯具相比，LED 光源的方向控制更加精准，减少了光的散射与眩光现象，不仅提升了用户的视觉舒适度，还有效保护了周围环境，尤其是在夜间照明中。随着智能照明技术的不断发展，LED 灯具能够与多种控制系统无缝连接，实现自动调节与远程控制，用户可以根据实际需求灵活调整照明亮度与时间，提升使用的便利性，同时进一步优化了能效。

3.2 智能控制系统

智能控制系统在电气照明设计中正逐渐取代传统方式，为用户提供更为灵活与高效的照明管理方案，借助先进的传感器技术、自动化控制及网络连接，该系统能够实现对照明的实时监控与调节。此系统能根据环境变化自动调整照明亮度，例如光线传感器会实时监测室内外光照强度，当自然光充足时系统自动降低人工照明的亮度从而达到节能效果，这种动态调节方式不仅提升了能效，还延长了灯具的使用寿命[1]。智能控制系统支持定时控制与远程管理，用户可通过手机应用或电脑界面轻松设定照明时间表，按需开关灯具，这种灵活性尤其适合办公环境与公共场所，有效减少不必要的能耗。该系统还能够与其他建筑管理系统集成，提供更全面的能源管理方案。安全性同样是智能控制系统的重要优势，通过安装运动传感器，系统在有人进入某个区域时会自动开启照明确保安全；而在无人时，灯具则会自动关闭从而降低能耗，这一功能在公共空间与楼梯间尤为关键，有助于减少意外事故的发生。由

Copyright © 2024 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

于具备可扩展性，智能控制系统适用于各类建筑，无论是小型住宅还是大型商业中心，都能根据具体需求灵活配置以提升用户体验。

3.3 光线调节与传感器技术

光线调节与传感器技术在现代电气照明设计中的重要性日益凸显，显著提升了能源利用效率与用户的舒适感，这些技术通过实时监测环境光线变化，智能调节照明，确保空间内光照始终维持在理想状态。光线调节技术能够自动根据实际需求调整照明亮度，当自然光照入室内时光传感器会检测到光照强度的变化，并相应地降低人工照明的亮度，这种动态响应机制不仅有助于节省能源，还营造了更加舒适的环境，有效避免了因光照不足或过强所带来的视觉疲劳。在精准控制方面，传感器技术的应用使照明系统变得更加智能，运动传感器能够检测房间内的活动情况，确保在有人时照明正常，而在无人时则自动关闭灯具，不仅减少了能源浪费还增强了用户在走廊、楼梯及公共区域的安全感[2]。调光技术的进步使灯具的亮度与色温能够灵活调整，满足用户的不同需求。一些高端系统甚至能够根据时间段或特定场景提供从冷光到暖光的多种照明效果，提升空间的功能性与美观性，无论是在工作、休闲还是社交场合，用户都能体验到最合适的照明条件。光线调节与传感器技术的结合，为建筑智能化奠定了坚实基础，通过与建筑管理系统的集成，这些技术能够与温控、安防等其他系统协同作用，实现全面的能源管理与环境优化。

3.4 自然采光的利用

在电气照明设计中，自然采光的充分利用显得尤为重要，不仅能减少对人工照明的依赖，还能提升空间的舒适度与美观性。通过合理设计，自然光的有效引入可以促进节能并改善室内环境质量。设计师应在建筑初期关注窗户的位置、大小及形状，以便最大化自然光的引入，南向窗户能够接收到更多阳光，因此在居住或工作区域增大窗户面积，可显著提高室内光照，透明或半透明材料的使用，如玻璃幕墙能够增强自然光的透入，同时保持现代建筑的外观。室内布局同样对自然光的利用至关重要，开放式空间设计助力光线均匀分布，避免阴影区域的出现。将采光空间与活动区域有效结合，使人们能够在自然光下进行各种活动，这不仅提升了舒适感，还对身心健康大有裨益。天窗与光导管的应用提供了创新的自然采光解决方案，天窗能直接引入上方光线，适合大型建筑的大厅或走廊，而光导管则将外部光线引导至建筑深处，确保核心区域同样能享受自然光照明。自然光对人的生理与心理健康产生积极影响，研究显示充足的自然光可提升工作效率、改善情绪，甚至帮助调整生物钟提升睡眠质量。重视自然采光的利用不仅符合节能需求，更体现了人性化设计的重要性。

4 节能技术应用效果评估

节能技术的效果评估，作为确保建筑照明系统高效与可持续运行的重要环节，必须进行全面分析各类节能措施的实施效果，这一过程能够为未来设计决策提供科学依据，确保资源的合理利用。评估过程应涵盖定量与定性两个方面。定量分析主要集中于能耗数据的比较，例如在应用节能灯具前后电力消耗的变化，以及节能控制系统所带来的费用节省，这些数据明确反映出节能技术的实际效益。例如，LED 照明系统的采用通常能将能耗降低 60%至 80%，为建筑业主提供显著的成本回报[3]。另一方面定性评估则强调用户体验与环境舒适度，节能技术的应用不仅需关注能耗减少还需兼顾照明质量与空间氛围。通过用户反馈调查，设计师能够了解用户对照明效果、舒适度及安全感的看法，从而调整照明方案，确保在实现节能的同时提升使用体验。随着时间的推移，节能措施的效果可能发生变化，因此需要建立长效监测机制，以定期评估照明系统的运行状况，这种做法确保节能技术始终处于最佳工作状态，避免因设备老化或使用不当而导致能耗上升。在评估节能技术时，建筑整体环境目标也应结合考虑。在全球对可持续发展日益重视的背景下，节能不仅是经济问题更是环境责任。通过合理评估节能技术的应用效果，能够促进建筑行业的可持续发展，并为实现更广泛的环保目标作出贡献。

5 结语

通过对民用建筑电气照明设计中节能技术应用的深入分析可以看出，节能不仅是应对资源匮乏与环境挑战的有效策略，更是提升建筑功能性与舒适度的重要手段。LED 照明技术、智能控制系统、光线调节以及合理利用自然采光，均为实现高效能耗管理提供了可靠的解决方案，这些有效的节能措施不仅降低了能耗与运行成本，还增强了用户体验，为可持续发展目标作出了积极贡献。展望未来，随着科技的不断进步与环保意识的提升，节能技术在建筑照明设计中的应用将愈加广泛且深入。通过持续的创新与实践，有望实现更高效、更智能及更环保的照明解决方案，为创造更宜居与舒适的工作环境奠定坚实基础。

[参考文献]

[1]祁勇.民用建筑照明设计中节能技术应用思考[J].中国设备工程,2022,11(1):86-87.
[2]梁志毅.民用建筑电气设计中照明节能技术的应用研究[J].居舍,2019,12(17):99.
[3]白莉莉.民用建筑电气照明设计中节能技术的应用[J].光源与照明,2022,13(10):25-27.

作者简介：蒋晓松（1993.4—），毕业院校：河北建筑工程学院,所学专业:电气工程及其自动化,当前就职单位:荣盛建筑设计有限公司石家庄分公司，职务：电气专业负责人，职称级别：中级职称。

Copyright © 2024 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

北京火电碳达峰路径分析

伊燕龙
北京市海淀区清华东路，北京 100083

[摘要]我国郑重承诺“双碳”目标，实现“碳达峰”目标有多种途径。本论文总结“碳达峰”途径，结合北京实际情况，分析北京各种途径的利弊。北京电力需求减弱、高比例调入电力、天然气改造成功是北京节能减排的成功经验。
[关键词]火电碳达峰；路径；碳排放
DOI：10.33142/sca.v7i11.14190　　中图分类号：X322　　文献标识码：A

Analysis of Carbon Peak Path for Beijing Thermal Power Plant

YI Yanlong
Qinghua East Road, Haidian District, Beijing, 100083, China

Abstract: China solemnly promises the "dual carbon" goal, and there are multiple ways to achieve the "carbon peak" goal. This paper summarizes the "carbon peak" pathways and analyzes the advantages and disadvantages of various approaches in Beijing based on its actual situation. The weakening of Beijing's electricity demand, the high proportion of imported electricity, and the successful transformation of natural gas are the successful experiences of energy conservation and emission reduction in Beijing.
Keywords: peak carbon emissions from thermal power plants; route; carbon emission

引言

中国作为人口大国和最大的发展中国家，为了担负国际责任，2020 年向全世界承诺：“二氧化碳排放力争 2030 年前达到峰值，努力争取 2060 年前实现碳中和”。我国的电力行业既是我国消费化石燃料最高的，也是碳排放重高的，而且还是新能源应用较广的。北京作为首都，应当率先实现火电碳达峰，以作为表率。同时北京火电碳达峰有很多有利条件。

1 碳达峰途径

结合国内外的经验教训，本文总结火电碳达峰主要的途径：一、用电量需求减弱，二、可再生能源增长，三、进口和调入电力增长，四、天然气代替煤炭发电，五、提高煤电发电效率。

北京的实际情况是：发电量近年来增速缓慢，可再生能源发电量较少，天然气改造很成功，输入电力充足。北京本地发电碳排放效率高，比较容易控制火电碳排放量。在上文所述的碳达峰途径中，北京适合的途径有三项。

北京的碳达峰目标很高，《北京市国民经济和社会发展第十四个五年规划和二〇三五年远景目标纲要》提出：“‘十四五’时期实现二氧化碳排放总量率先达峰后稳中有降，为实现碳中和打好基础”。从规划目标看，北京计划 2025 年前后实现碳排放稳定，从碳排放的数据来看，比较乐观。

由于北京火电占比极高，火电碳排放效率已经非常高。北京的可再生电力难以支撑北京电力增长。但是北京发电量很可能在 2030 年实现火电发电量零增长，总发电量增速接近零。北京天然气改造非常成功，火力发电高比例使用天然气。北京大量调入电力，调入电力占消费比例全国最高。

2 电力需求减弱

从发电量看，北京已经是总发电量低增长地区。2016～2023 年复合增长率不足 1%，其中四年为负增长，增速趋缓甚至下降。

电力发展如果达到峰值，需要横向和纵向对比都符合逻辑。横向看，北京经济社会发展形势能够印证北京的社会经济关系，主要看人口、经济、城镇化和工业化程度。纵向看，符合本地电力发展情况，包括发电效率、天然气消费、调入电力情况。

从北京人口实际情况看，北京的“大城市病”比较明显，北京在控制城市人口规模。北京人口从国家统计局公布的数据来看，近两年人口徘徊不前。人口增长乏力会削弱北京用电需求。《北京市国民经济和社会发展第十四个五年规划和二〇三五年远景目标纲要》提出：“严守全市人口总量规模上限”。

从经济发展看，北京 GDP 增速比较稳定，处于稳定发展阶段。北京经济以第三产业为主，北京 GDP 主要靠第三产业拉动。第三产业耗电量较小，对发电量的需求有限。北京致力于先进制造业，高耗能产业很少。

城市化率处于高位增长阶段，北京作为直辖市，城市化率本身已经很高。根据边际递减原理，北京城市化率增幅较低。直辖市的城市化率会比较高，在高位再增长的幅度会小。

Copyright © 2024 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

表 1 北京发电量及经济社会趋势

年份	发电量增速（%）	人口增速（‰）	国民生产总值增速（%）	城镇化率(%)
2011	-2.2	4.02	8.1	86.20
2012	10.7	4.74	7.7	86.29
2013	15.1	4.41	7.7	86.39
2014	0.8	4.83	7.4	86.50
2015	13.8	3.01	6.9	86.71
2016	3.2	4.12	6.9	86.76
2017	-11.0	3.76	6.8	86.93
2018	11.9	2.66	6.7	87.09
2019	-1.7	2.63	6.1	87.35
2020	-2.4		1.1	87.55
2021	3.0	0.96	8.8	87.50
2022	-2.0	-0.05	0.7	87.57
2023	1.0		5.2	

如表 1 所示，数据来自国家统计局官网及历年《中国统计年鉴》，北京人口增长乏力、经济稳定增长、城市化率增幅小，北京发电量增长缓慢得以支持。

同时北京电力消费的结构有特点，如图 1 所示，数据出自国家统计局《中国能源统计年鉴 2023》，将华北电力消费进行对比。北京 2022 年工业消费电力占终端消费电力的 18.9%，全国占比最少。不仅在华北地区占比非常低，在全国范围看，距离全国第二的海南 33.7%和第三的上海 44.8%都低很多。电力消费最高的是工业生产，而北京数年前开始把重工业迁出，首钢搬迁是典型案例。所以北京相对而言，电力需求不旺盛。

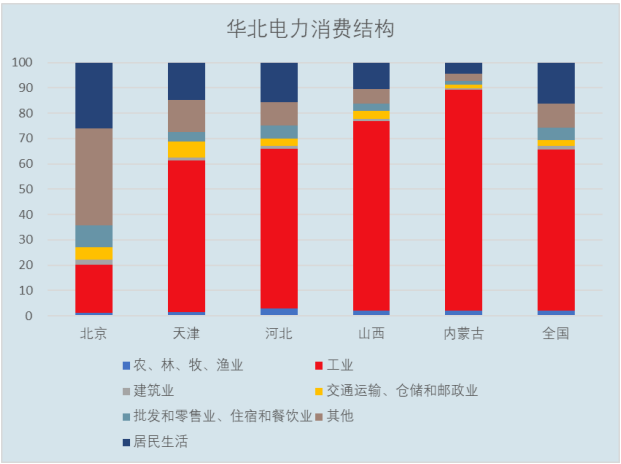


图 1 华北电力消费结构

《北京市国民经济和社会发展第十四个五年规划和二〇三五年远景目标纲要》指出：“建设京津冀国家技术创新中心，聚焦先进制造、电子信息、生物医药等领域，建立有效项目筛选机制，加快落地和布局国家重大战略任务”。反映北京并未将高耗能产业作为发展重点，有利于节能减排。

北京可再生能源发展限度有限。北京非火电发电量占比很低，按照国家统计官网数据，2016～2023 年火电占发电量的份额一直在 96%～98%之间，2023 年北京火电占总发电量的 97.6%。北京可再生能源难以支撑总发电量增长。

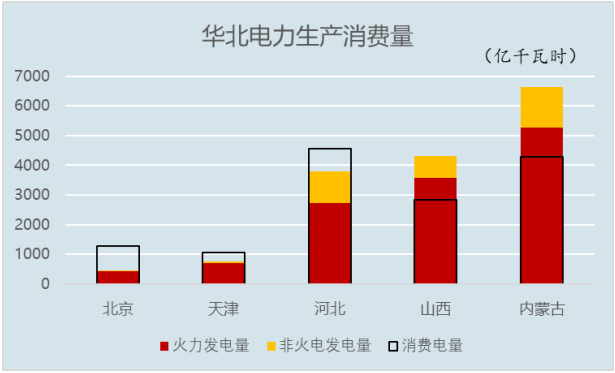


图 2 华北电力生产及消费量

如图 2 所示，北京火电占比高，和华北其他地区相比，发电量小，非火电发电量也小。

3 高比例调入电力

北京电力需求不旺，可再生能源较少，调入北京的电力多。如图 3 所示，由历年《中国能源统计年鉴》计算得来，近年来北京主要依靠调入电力。调入电力占终端消费的比例很高，2022 年北京调入电量占终端消费量的 66.1%，比例全国最高。

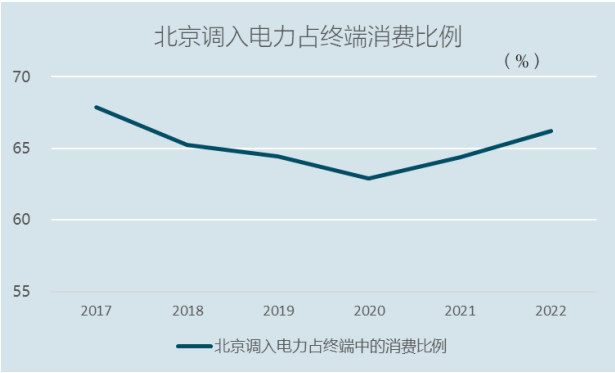


图 3 北京调入电力占终端中的消费比例

从政府规划看，《北京市国民经济和社会发展第十四个五年规划和二〇三五年远景目标纲要》指出：“加大绿色电力调入力度，加快构建适应高比例、大规模可再生能源发展的新一代电力系统。到 2025 年，全市可再生能源消费比重达到 14%左右”。北京消费可再生能源，不一定意味着北京大量生产可再生能源。上文所述，北京可再生能源禀赋不适合大量生产可再生电力，但北京可以大量购买其他地区的可再生能源。既有助于北京能源转型，也有助于绿电实现市场价值。

4 天然气改造的成效

北京经历过蓝天保卫战，火力发电经历过天然气改造，

Copyright © 2024 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

实现了高比例天然气发电。如图 4 所示，北京消费天然气量在华北是最高的。相比天津、山西都高出很多。

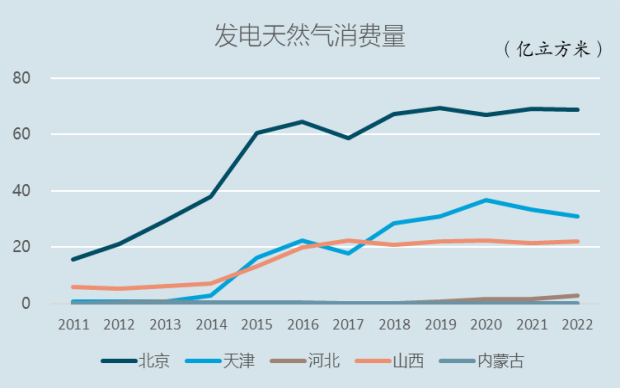


图 4 华北发电天然气消费量

相对于煤炭，天然气具有热值高、碳排放小、污染物小的优点。所以有将天然气视作清洁能源的说法。污染小也是相对于煤炭而言，天然气也存在碳排放，也有污染物排放。天然气替代煤炭，短期内能够迅速降低碳排放量。国际上采用天然气替代很多值得借鉴的经验，但中国天然气供需关系偏紧也是难以短时间克服的问题。

虽然天然气代替煤炭发电能够提高效率，减少排放量。但是我国由于自然资源禀赋，天然气供应缺口巨大，天然气消费比例难以到达美日等国的水平。

根据《Bp stats review 2022 all data》报告中的一次能源消费量计算，2021 年美国一次能源消费中天然气占 32.0%，煤炭仅占 11.4%。日本天然气消费占 21.0%，德国天然气占 25.8%，中国天然气占总消费量的 8.6%。

根据《中国统计年鉴 2023》，我国天然气消费占比从 1990 年的 2.1%到 2022 年的 8.4%，增长显著。我国天然气生产量和进口量都取得巨大进展，我国已经是天然气第四生产大国和天然气进口第一大国。提高天然气消费占比对于我国节能减排具有重要作用，但是供应缺口还是非常明显。

不仅天然气生产国美国、俄罗斯使用天然气发电，天然气进口国日本也大量用天然气发电。2021 年日本天然气消费比例约为 20%，我国为 8.8%。如果中国一次能源的天然气消费比例也提升到 20%，即使不考虑我国能源消费增速，我国天然气消费量也要提高到当前的 2.3 倍。根据国家统计局《中国能源统计年鉴 2023》天然气平衡表，2022 年我国天然气消费量合计 2844 亿立方米。以 2022 年消费量为基期，消费量再增加 1.3 倍为 3697 亿立方米。也就是说，我国如果天然气消费比例达到日本的水平，还有近 4000 亿立方米天然气供应缺口。

根据《Bp stats review 2022 all data》， 2021 年美国天然气生产量 9342 亿立方米，占全世界总产量 23.1%；俄罗斯天然气产量 7017 亿立方米，占世界总产量 17.4%。中国已经是全世界第四天然气生产大国，但是由于我国能源消费体量大，依然需要大量进口。但 4000 亿立方米的供应缺口很难用进口填补。从能源转换角度讲，发电会造成能源损失，直接燃烧效率更高。我国天然气发电已经取得很多成绩，但大规模天然气发电在经济上和可行性上还有实际问题。

表 2 原煤、天然气消费量及比例

地区	原煤（万吨）	天然气（亿立方米）	原煤/天然气（折标比）
广东	14821	127	62:1
江苏	16916	81	112:1
北京	30	69	1:4.2
浙江	10179	46	118:1
天津	2258	33	37:1
上海	3326	26	67:1
山西	12663	21	317:1
河北	9176	2	-
内蒙古	27931	0.01	-

如表 2 所示，数据取自《中国能源统计年鉴 2023》各地区能源平衡表，2022 年火力发电天然气消费量较高的地区里，按照发热折标系数，将原煤、天然气消费量做对比。北京是少有的以天然气为主的地区。其他地区还是将天然气作为辅助。

华北经历过蓝天保卫战，北京独特的火电消费结构和蓝天保卫战有直接关系。华北曾经雾霾天气严重，而造成雾霾的重要原因之一是煤炭的污染，特别是散煤的污染非常严重。为了改善空气质量，减少污染，华北多地联合开展了能源改造工程。经过了数年努力，环保效果显著，雾霾天气逐渐减少，PM2.5 大幅下降，空气质量明显改善。

蓝天保卫战中，北京一个重要工作是用天然气替代煤炭发电，北京采用天然气作为主要电源后，减排效果明显，碳排放效率提升显著。但是北京成功经验难以全国推广，因为火力发电实现“煤改气”有很多困难 。

天然气发电难以推广的原因一是价格高，二是供应有缺口，两者相互联系。一方面我国天然气价格受国际天然气价格影响；另一方面天然气不仅作为能源，还用作化工原料。华北冬季，天然气要优先为居民供暖。

我国天然气对外依存度大约四成左右，天然气价格受到国际天然气价格影响明显。我国天然气发电的成本高于煤炭发电，大规模“煤改气”经济压力很大。天然气投入工业通常直接燃烧供热，转换成电力反而容易造成能量损失。

我国冬季天然气供应缺口更加显著。华北实现居民供暖“煤改气”后，冬季天然气需求量巨大，需要优先保障居民生活用气，天然气供给缺口更加明显。例如河北冬季

Copyright © 2024 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

为了服务广大人民群众，天然气优先保障群众供暖。尤其突发极寒天气时，天然气更容易出现供应缺口。而且天然气储存有一定难度，建立大型储存设施风险高、投资大、周期长，目前天然气存储能力有限。

国内只有北京实现发电需要以天然气为主。一是相对来说，北京发电需求较小，天然气保供难度小。二是北京经济发展较好，能够承受天然气发电价格。三是北京环保压力大，急需改善空气质量，可以承受更高成本。

综上，北京低电力需求、高比例天然气发电、高占比调入电力，这三项决定了北京火电碳达峰比较容易。北京的火电碳达峰会在北京总发电量达峰时自然发生，北京火电碳排放效率预计与当前相近。

[参考文献]

[1]张亚博.基于 STIRPAT-LEAP 模型的京津冀区域碳排放峰值预测[D].北京:中国石油大学(北京),2023.
[2]叶爱山,李晓华,邓洋阳,等.“双碳”目标下中国碳达峰预测和减排路径研究[J].科技和产业,2023,23(23):34-43.

作者简介：伊燕龙，对外经济贸易大学本科毕业，能源管理专业，北京静胜服务中心，职员。

Copyright © 2024 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

火电厂集控运行节能降耗技术探析

彭永平 产取结
国能黄金埠发电有限公司，江西 上饶 335101

[摘要]在当今社会，随着全球电力需求的不断增长和环境保护问题的日益凸显，如何实现火力发电的高效、环保和安全运行已成为能源领域亟待解决的重要挑战。在这样的背景下，各火力发电企业越来越关注和实践火力发电集控中心的建设与应用。通过建设和应用集控中心，企业可以更好地监控和管理火力发电过程中的参数和运行状态，从而提高发电效率、降低排放并确保运行安全，为实现清洁高效能源生产贡献力量。

[关键词]火电厂集控运行；节能降耗技术；探析策略
DOI：10.33142/sca.v7i11.14183 中图分类号：X773 文献标识码：A

Exploration on Energy-saving and Consumption Reducing Technologies for Centralized Control Operation of Thermal Power Plants

PENG Yongping, CHAN Qujie
Guoneng Huangjinbu Power Generation Co., Ltd., Shangrao, Jiangxi, 335101, China

Abstract: In today's society, with the continuous growth of global electricity demand and the increasingly prominent environmental protection issues, how to achieve efficient, environmentally friendly, and safe operation of thermal power generation has become an important challenge that urgently needs to be solved in the energy field. In this context, various thermal power generation enterprises are increasingly paying attention to and practicing the construction and application of centralized control centers for thermal power generation. By constructing and applying centralized control centers, enterprises can better monitor and manage the parameters and operating status of thermal power generation processes, thereby improving power generation efficiency, reducing emissions, and ensuring operational safety, contributing to the realization of clean and efficient energy production.

Keywords: centralized control operation of thermal power plants; energy-saving and consumption reducing technologies; strategies exploration

引言

随着全球能源需求的不断增长和环保意识的日益加强，火电厂作为主要的能源供应者，其运行效率和节能减排技术的重要性愈发凸显。火电厂集控运行是确保电力生产安全、稳定、高效的关键环节，而节能降耗技术的运用则能有效提升火电厂的经济效益和环境效益。本文旨在探讨火电厂集控运行的节能降耗技术，以期为未来火电厂的可持续发展提供参考。

1 火电厂集控运行概述

集控运行是火电厂现代化管理的重要组成部分，通过集中控制、调度和管理，确保火电厂安全、稳定、高效运行。集控运行涉及多个方面，包括燃料燃烧控制、蒸汽发生控制、电力负荷控制等，是火电厂实现节能减排的关键环节。

2 节能降耗技术的必要性

随着社会能源市场的持续变化和环保要求的不断提高，火电厂所面临的挑战也越来越多。在这一背景下，节能降耗技术的运用成为解决火电厂经营问题的关键之一。通过采用先进的节能降耗技术，能够有效提高火电厂的整体运行效率，进而降低生产成本，实现资源利用的最优化。同时，更重要的是，这些技术的应用还可以显著减少火电厂对环境的影响，减少污染物排放，改善周边环境质量。对于火电厂管理者和研究人员来说，对火电厂集控运行的节能降耗技术进行深入研究具有重要意义。通过深入研究，可以发现更多潜在的优化空间，并设计出更加精密的节能技术解决方案。实现火电厂的经济效益最大化的同时，应对环境保护的要求，这将成为未来的发展趋势。尤其是在当前全球环境问题日益突出的形势下，火电厂不仅需要满足能源需求，还要承担起环境保护的责任。因此，深入研究火电厂集控运行的节能降耗技术，将有助于推动整个行业的可持续发展[1]。

3 火电厂集控运行的节能降耗技术

3.1 优化燃烧技术

在工业领域，尤其是火力发电行业中，提升锅炉的工作效率以及实现环保的目标一直是行业的核心关注。通过一个实际的应用案例来说明这些先进的节能技术是如何相互配合，并实现显著成效。在国能黄金埠发电厂中，为了提高锅炉运行效率、优化节能减排效果，在龙源电力及南京电科院公司协助下开展了优化燃烧技术的调整试验。他们对现有的燃烧系统进行了详细的性能分析，包括热效率分析、燃料燃烧特性及排放特性等，从而确定最佳燃烧

Copyright © 2024 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

状态点，使得锅炉的效率达到了一个新的高峰，煤耗下降2.3g/Kw.h。在调整试验成功后，为了进一步提高节能减排成效并符合最新的环保规定，黄金埠电厂引入了一套高效低氮燃烧技术，并将其应用于锅炉改造之中。此技术通过改变燃料与氧气的比例来有效控制燃烧过程中的反应程度，大大减少了燃料完全氧化过程中产生大量氮氧化物的概率。根据后续的数据表明，这种改造使烟气中的氮氧化物含量平均下降约45%左右。这对于改善周围环境质量和保护人类健康来说无疑是一个巨大贡献[2]。

为了提高整体能源利用率并且继续探索减少污染物排放的有效途径，发电厂还安装了先进的烟气循环系统。这套技术不仅可以通过循环部分未经冷却处理的新鲜烟气进入燃烧室来降低炉内的氧含量，从而有效地控制温度峰值和抑制氮氧化物生成速度，而且可以吸收更多的潜热而增加烟气焓值。据观察到的数据来看，这种措施可以使锅炉的整体能效提升大约 7%-8%。经过一系列改进措施，黄金埠电厂显著增强了其竞争力，在节能减排方面走在行业最前端。该工厂的实践经验证明，在现代工业生产过程中，通过引入科学的技术手段进行合理规划和精心操作不仅能够在保持生产效率的基础上有效减少环境污染，并且为实现可持续发展做出了贡献。这些成功经验也为其他类似项目提供了宝贵启示和范本。

3.2 蒸汽系统优化

在工业生产过程中，能量损失是不可避免的一部分，但是有效地管理和优化则可以在很大程度上减轻这种损失。以黄金埠火力发电厂扩容改造为例，该厂为了提高整个系统的运行效率和环保指标，实施了一系列创新的措施。特别是通过优化蒸汽系统、使用先进阀门和优化阀门组开度控制，以及采用能源回收设备等方式来提升整体运营效果，取得了令人瞩目的成绩。在这个过程中，黄金埠火力发电厂首先进行了详细全面的能量损失调查工作，发现蒸汽在管道运输中大量泄漏是造成热能浪费的主要原因之一。针对这一情况，工程师团队重新设计了部分蒸汽传输管道并增加了自动阀门控制系统来确保系统的正常运行。同时，为了尽可能减少热量传递到环境中去，所有关键的输送线路都被改用新型保温材料所包裹。据统计数据显示，在采取了以上改进措施以后，该厂内蒸汽传输环节的能效提升了至少25%[3]。

另外，对于如何更有效地回收和再利用废气和废热等问题，该厂还投资引进了先进的炉水循环泵运行。这种泵组不仅可以通过驱动锅炉热水来获取额外的热能收益，而且还能够显著增强低负荷下的脱销系统的有效性。在安装完新装置之后，该厂起机及低负荷热回收率达到了60%以上，这直接推动整体能效提高了 10%～15%。与此同时，这也帮助减少了对常规能源供应的需求量，在降低了企业的经营成本基础上也响应了环境保护倡议。除此之外，该厂也非常重视日常维护保养，制定了严格的操作规范以及定期检修计划以保障各项设备能够长期保持良好状态运行。通过这些努力，该厂不仅显著提高了生产安全性与稳定性，并大幅缩短产品上市周期，从而提升了企业形象和社会认可度。

3.3 电气设备优化

在现代化企业的绿色转型道路上，节能技术和智慧管理的应用成为越来越普遍的选择。让我们以华东某钢铁厂X作为实际案例，探究其通过采用高效电气设备、运用智能控制技术以及实施无功补偿策略，从而实现显著节能效果的过程。在高效电气设备的选择上，钢铁厂X决定淘汰陈旧且低效的传统电力设备。他们投资采购了一批新型高能效变压器及变频电动机设备，并将之逐步应用于厂区内不同车间生产线中。这批新设备相比以往，拥有更低的工作温度、更高的绝缘标准和更强的电流处理能力，大大提高了整体系统的能效水平和可靠性。根据统计结果，更新换代后，厂区内的平均电能转换效率较以前高出约 35%，这不仅大幅节约了电力成本支出，也为环境可持续贡献出了力所能及的力量。

在智能控制技术的应用上，钢铁厂X引入了一系列基于物联网、云计算和数据分析等先进技术的综合管理系统。这套系统可以实现设备运转的实时监控与精准调控，确保各流程之间有序衔接并避免能源浪费。通过分析大量实时数据点，管理人员可以根据季节变换或工况调整需求快速准确地设置负载阈值与运行参数，让每一处能源供应都恰如其分，既满足生产任务又避免过剩供应所造成的浪费。此外，这种智能化运维模式还能显著减少因传统巡检导致的停机时间，进一步增强了生产连续性与稳定性。在智能化管理模式的作用下，X厂在过去的五年里电能消耗降低了近四成，并荣获了多项国家节能荣誉证书和行业绿色工厂称号，成为其他企业争相借鉴的学习典范[4]。最后，则是通过无功补偿的方式提升功率因素，以最大限度发挥电能使用效益，降低电网中的功率因数过低现象导致的能量损失，这也是钢铁厂X所采用的一项有效手段。厂方增设了专门配置的小容量静止无功发生器和动态调节装置等设备，用以迅速抵消电网中过剩的容性无功负荷并补充所需感性无功，使整个电力系统的功率因数接近于理想状态。经过测算发现，仅这一项措施就使得线路的电流有效成分明显下降了近一成，并为该企业每年节省数百万的电费支出，成为其节能工作中又一亮点所在。通过持续的技术升级和工艺改良，钢铁厂X已成功塑造了一种高效、灵活且生态友好的现代工业运营模式，在业界树立起一面引领绿色发展的旗帜。

3.4 废水处理与再利用

在环境保护愈发被重视的今天，工业废水治理技术的发展与应用为众多工业企业提供了可持续发展的方向。例

Copyright © 2024 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

如，华南一家纺织企业 A，通过采用创新的废水治理技术和水资源回收策略，显著减少了环境污染与成本开支，成为国内行业可持续运营的杰出代表。纺织行业的生产过程往往会产生大量的污水。面对这样的难题，纺织企业 A 选择引进一系列先进的废水处理技术来解决问题，比如高效生物处理和膜分离过滤相结合的办法，将生产过程中产生的废水进行分级处理与循环再用。特别是对于含有大量染料和化学纤维物质的污水，纺织企业 A 引入了一体化 MBR 处理设备和多级深度净化单元，以有效去除有害污染物并提高水资源循环利用率。根据统计数据，企业处理后的排放水中各类污染物浓度大幅度低于地方规定标准值[5]。

在节水领域，纺织企业 A 采用的闭式循环冷却系统是一个非常值得学习的典型案例。传统的开环式冷却方式会消耗大量的淡水资源，并对当地的地下水系统造成影响，相比之下，企业内部则部署了一套完全封闭式运作的冷却水系统。系统运行时，生产用水经过循环泵不断回送，同时采用换热装置来进行冷却，并加入适量的化学药剂以防锈、防腐蚀，确保整个系统的稳定性和可靠性。这样不仅大大减少了冷却塔和蒸发散热导致的耗水量损失，还有效提升了用水经济效益，为企业节约了大量的水资源。经测算表明，此套设备投入使用后，在确保生产安全的前提下，单位产品耗水量下降了一半左右。此外，余热回收也是纺织企业 A 提升能源利用效率的一个重要方向。考虑到生产活动不可避免地会释放大量热源，该企业在设计阶段特别注重将这些能量回收系统集成进来。通过在污水处理环节嵌入热水余热提取组件，不仅有效回收处理废水中携带的部分废热量，同时也能为厂内其他供热需求提供部分补充。据统计表明，此举至少使得年均能源成本节约率高达 30%，并且有助于提升全厂能源的整体利用率与生产效益的平衡发展[6]。

4 案例分析

为了深入研究并验证节能降耗技术的应用实际效果，本文选择黄金埠发电厂火力发电厂进行了详细的案例分析。此案例展示了通过多种技术创新和管理改进措施，显著提高了能源使用效率并大幅度减少了生产能耗。该电厂引入了多项创新技术，包括优化燃烧工艺、改良蒸汽系统、升级和优化电气设备，以及实施有效的废水处理和再利用系统。该电厂引进了先进的燃烧控制技术和设备，通过对燃料供给和燃烧条件的精细化调整与监测，使得煤的利用率大大提高。同时，也通过调整燃烧室温度和烟气成分控制，大幅度减少有害气体排放量，比如二氧化硫、氮氧化物等，大大降低了空气污染。此外，在这一过程中燃烧热值也被充分提高，进而使锅炉效率得到显著提升，实现了能源使用的最大化。

具体来说，就是利用高效的换热器、疏水器和其他配套技术改造传统的蒸汽系统结构和运行方式，提高了热能转化为机械功的比例，并且减少了由于冷端温差增大所引起的热量损失，进一步提高了电厂整体热效率。紧接着，在电力消耗方面则通过选用节能高效的发电机及辅机，采用先进的电机保护技术和变频调速等现代电力控制手段来达到降低电耗的目标。例如，将旧式低效电动机替换为新型节能高效电动机，并在系统设计阶段便加入智能负载分配控制算法，可以有效地减少不必要的能耗损耗。而针对废水管理问题上，电厂引入先进的物理和化学废水处理技术，实现了从源头到终端全方位的水处理过程，包括预处理（沉降、混凝）→生化处理→膜滤浓缩回收水分等多个环节，将产生的大量废污水经净化处理后回用到工业冷却塔中作为补水量或其他清洁工作需求。这种闭路循环不仅大幅度节约了水资源，更避免了未经处理的废水对外环境造成破坏[7]。

5 结语

火电厂集控运行节能降耗技术的运用对于提升火电厂的经济效益和环境效益具有重要意义。通过优化燃烧技术、蒸汽系统优化、电气设备优化和废水处理与再利用等技术手段，可以有效提高火电厂的运行效率，降低生产成本，减少污染物排放。未来，火电厂应继续加大节能降耗技术的研发和应用力度，推动火电厂的可持续发展。

[参考文献]

[1]徐亮亮.火电厂集控运行节能降耗技术探讨[J].节能与环保,2023(9):53-55.
[2]郭子良.火电厂集控运行节能降耗技术研究[J].电气技术与经济,2023(7):53-55.
[3]季鹏,徐国烽,董佳林.火电厂集控运行节能降耗技术[J].中国科技信息,2023(17):84-86.
[4]魏子航.火电厂集控运行节能降耗技术研究[J].石河子科技,2023(4):35-36.
[5]谈正强.火电厂集控运行节能降耗技术措施分析[J].城市建设理论研究(电子版),2023(21):1-3.
[6]杨刚.火电厂集控运行节能降耗技术研究[J].仪器仪表用户,2023,30(4):90-92.
[7]耿涛.火电厂集控运行节能降耗技术探讨[J].设备管理与维修,2022(14):159-160.

作者简介：彭永平（1989.5—），学历：本科，专业：建筑电气与智能化。

Copyright © 2024 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

辊压机传动系统的故障检测与维修方法

薛冰军
邢台纳科诺尔精轧科技股份有限公司，河北 邢台 055150

[摘要]随着工业自动化和智能制造的快速发展，市场对高效且稳定的生产设施的需求急剧上升。在粉料、陶瓷和矿石等行业中，辊压机因其卓越的材料加工效率而受到广泛关注。其能够显著提升生产线的整体效率，使得企业在激烈的竞争中脱颖而出。同时，辊压机的高效性能深受传动系统的影响，只有配备可靠和耐用的传动装置，才能确保设备在长期运行中的稳定性与效率。因此，优化辊压机传动系统的设计与维护，成为提高生产效能的关键。
[关键词]辊压机；传动系统；故障检测；维修方法
DOI：10.33142/sca.v7i11.14203 中图分类号：TQ172 文献标识码：A

Fault Detection and Maintenance Methods for the Transmission System of the Roller Press Machine

XUE Bingjun
Xingtai Naknor Technology Co., Ltd., Xingtai, Hebei, 055150, China

Abstract: With the rapid development of industrial automation and intelligent manufacturing, the demand for efficient and stable production facilities in the market has sharply increased. In industries such as powder, ceramics, and minerals, roller presses have received widespread attention due to their excellent material processing efficiency. It can significantly improve the overall efficiency of the production line, enabling enterprises to stand out in fierce competition. At the same time, the high efficiency of the roller press is greatly influenced by the transmission system. Only by equipping reliable and durable transmission devices can the stability and efficiency of the equipment be ensured during long-term operation. Therefore, optimizing the design and maintenance of the roller press transmission system has become the key to improving production efficiency.
Keywords: roller press machine; transmission system; fault detection; maintenance methods

引言

辊压机作为一种重要的工业设备，其传动系统的正常运行对生产线的稳定至关重要。本文旨在探讨辊压机传动系统的常见故障及其检测与维修方法，结合实际操作数据和案例，为读者提供实用的指导。

1 辊压机传动系统概述

辊压机传动系统主要由电机、减速器、联轴器、轴承和辊轮等组成。其主要功能是将电机的动力通过减速器传递至辊轮，使辊轮产生压力，从而实现物料的粉碎或压制。

2 常见故障类型及原因

2.1 电机故障

电机在运行过程中，过热和不稳定是常见的问题，这些现象不仅影响了设备的正常运转，还可能导致生产延误和设备损坏。过热通常是由于负载过重、散热不良或润滑不足等因素引起的，长时间的高温环境会缩短电机的使用寿命，并增加故障发生的风险。同时，电机的运行不稳定可能源于电源波动、机械部件磨损或控制系统失灵，这些问题都可能导致设备无法达到预期的效率，严重时甚至会造成安全隐患。因此，及时监测和维护电机，其重要性不言而喻[1]。

2.2 减速器故障

齿轮磨损和润滑油不足是机械设备运行中常见的故障。这些问题通常会显著影响设备的性能和寿命。齿轮在长期运转过程中，由于摩擦力和承载压力，表面会逐渐磨损，导致啮合不良，从而产生噪音、振动加剧及传动效率降低。此外，润滑油不足会使得齿轮之间缺乏必要的润滑，增加摩擦和热量积聚，加快磨损速度。为保障设备的正常运作和延长使用寿命，定期检查润滑油的状态和及时补充至关重要。同时，对齿轮进行定期维护和更换，也是确保机械稳定运行的方法之一。

2.3 联轴器故障

连接松动和磨损常常是机械设备出现故障的主要原因之一。这些问题可能会导致设备的性能下降，甚至在极端情况下造成设备损坏，对生产和工作效率产生不利影响。连接松动会导致零部件之间的错位和摩擦增加，进而引发振动和噪音，并可能导致设备运行不稳定，甚至停机。而磨损则会减少零部件的使用寿命和性能，需要及时采取适当的维护和更换措施，以确保设备能够安全、高效地运行。因此，定期对设备进行全面的检查和维护工作是至关重要的[2]。

2.4 轴承故障

磨损和润滑不良是机械设备中常见且严重的问题。磨损指的是在长期运转过程中，机械部件因摩擦、压力等因素导致的表面材料逐渐减少，进而影响性能和精度。而润

Copyright © 2024 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

滑不良则会加剧摩擦，导致部件过热，加速磨损，使设备的使用寿命大大缩短。因此，在机器的日常维护中，合理选择润滑剂并定期检查润滑系统至关重要。这样可以有效减少磨损，提高设备的运行效率和可靠性，从而保障生产的顺利进行。

表 1　常见故障类型及原因列表

故障类型	原因分析	常见表现
电机故障	电机过载、电源不稳定等	电机温度过高，运行不稳定
减速器故障	齿轮磨损、润滑油不足等	运行噪音增大，传动效率下降
联轴器故障	连接松动、磨损等	传动系统振动增大，效率降低
轴承故障	磨损、润滑不良等	轴承运行不平稳，产生异响

3 故障检测方法及步骤

3.1 电机检测

在工业设备的维护与监控中，电机的温度和振动状态是判断其运行状况的重要指标。为确保电机的高效运行并延长其使用寿命，定期进行检测显得尤为重要。在实际操作中，可以选择接触式和非接触式温度计。接触式温度计通过直接接触电机表面来获取实时温度，而非接触式温度计则利用红外技术在不干扰设备运行的情况下快速测量温度。这种方法尤其适用于那些工作环境非常复杂或电机难以接触的场合。监测电机温度的作用不仅能及时发现过热现象，也可以帮助识别潜在的故障，从而避免更严重的损坏发生[3]。此外，电机的振动情况也是一个关键的监测参数。振动分析仪在这一方面发挥着不可或缺的作用。这些仪器能够捕捉到电机运行过程中产生的微细振动，并将其转换为可供分析的数据。通过对振动信号的频谱分析，专业人员能够识别出引起异常振动的原因。例如，不平衡、错位或磨损等问题都可能导致电机产生过高振动，进而影响其正常运转。

3.2 减速器检测

在机械设备的维护管理中，润滑油的状况、运行噪音的检测以及齿轮磨损情况的检查息息相关，对于确保设备的正常运转至关重要。润滑油是机器内部摩擦部件之间的重要介质，能够有效减少磨损、降低温度以及防止腐蚀。因此，检查润滑油的状况显得非常关键。定期检测润滑油的颜色、粘度和杂质含量，可以判断其是否处于最佳状态。通过分析油液中是否存在金属颗粒或其他污染物，技术人员能够识别出潜在的问题。例如，如果发现油液出现过多的金属屑，可能预示着机器内部已经开始出现磨损，从而需要及时采取措施进行检修或更换润滑油。

听诊器可以帮助维修人员捕捉到微小的声音变化，这些声音变化往往与设备的健康状况密切相关。通过仔细倾听设备在不同工况下的噪音，专家可以辨析出是否存在异常情况，比如松动的部件、故障的轴承或不均匀的负载等。当设备运行发出异常噪音时，及时进行排查可以有效避免进一步损坏的发生。齿轮作为传递动力和运动的重要元件，任何磨损或变形都会直接影响到设备的效率和性能。专业人员可以通过目视检查或使用测量工具来评估齿轮的磨损程度。定期的磨损检查不仅能防止突然故障，还可以为设备的维护与更换提供有力的数据支持。

3.3 联轴器检测

在进行机械设备的维护和保养时，检查连接部件是否松动以及使用振动分析仪检测设备振动情况都是至关重要的步骤。对于机械设备来说，各个连接部件的紧固状况直接关系到设备的安全运行。因此，定期检查连接部件如螺栓、螺母等是否松动就显得尤为重要。松动的连接部件可能导致设备在运行中产生震动，甚至引发更严重的故障。因此，通过定期巡检和维护，可以及时发现并解决这些问题，确保设备稳定运行。振动分析仪能够帮助技术人员获取设备在运行时的振动数据，进而判断设备是否存在异常振动[4]。通过对振动信号的分析，可以发现诸如不平衡、轴承故障、齿轮啮合不良等潜在问题。同时，振动分析还可以帮助确定振动的频率、幅值和方向，为后续的故障诊断和维修提供非常重要的数据支持。在进行振动分析的过程中，技术人员还需要考虑设备的工作环境和负荷条件，因为这些因素都会对振动特征产生影响。通过对振动信号进行全面的分析，可以帮助判断设备是否处于正常工作状态，从而有效预防和排除潜在的故障隐患。

3.4 轴承检测

在进行机械设备的维护和保养时，检查轴承的润滑情况和使用听诊器检测轴承的运行声音是非常重要的步骤。轴承作为机械设备中至关重要的部件之一，它的润滑情况直接关系到设备的正常运转和使用寿命。因此，定期检查轴承的润滑情况对于预防轴承由于磨损而导致的故障具有重要意义。润滑油的添加、更换以及润滑脂的状态都需要被仔细检查和维护，以确保轴承能够得到有效的润滑和保护，延长其使用寿命。通过听诊器可以清晰地听到轴承在运行时产生的声音，并通过这些声音判断轴承是否存在异常。例如，如果听到了金属碰撞或者摩擦的声音，很可能是轴承出现了问题，需要及时进行检修和更换。因此，使用听诊器可以帮助技术人员及时发现轴承的故障迹象，从而采取相应的维修措施，避免轴承故障对设备运行的不利影响。在使用听诊器检测轴承运行声音的过程中，技术人员需要根据经验和专业知识来判断不同声音所代表的含义，例如金属间的磨损声、轴承过热时产生的声音等等，这都需要丰富的实践经验和专业知识的支持[5]。

4 维修方法及实例

4.1 电机维修

在进行电机维护和保养时，清理电机内部的灰尘和及时更换损坏的零部件是必不可少的工作。首先，电机内部积累的灰尘会导致散热不畅，影响电机的正常运行，因此

Copyright © 2024 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

定期清理灰尘并确保电机内部清洁是维护电机的重要步骤。通过清理灰尘，可以有效降低电机运行温度，延长电机的使用寿命，并且减少了因灰尘引起的电机故障。同时，检查电源的稳定性也是非常关键的，电源波动可能导致电机运行异常，长期的不稳定电源更有可能造成电机的故障。因此，确保电源的稳定供应对于维护电机的正常运行具有至关重要的意义。定期对电源的电压、频率等参数进行监测和检查，可以及时发现电源波动的情况，从而采取相应的措施，例如安装稳压器或者进行电源调整，以确保电机在稳定的电源供应下正常运行。近期，某企业因电源波动导致电机故障的案例时有发生，通过调整电源并更换损坏的电机部件后恢复了电机的正常运行。这也再次证明了对电机的维护和保养工作的重要性。只有通过定期的维护和保养工作，才能减少电机由于外部环境因素导致的故障，降低维修成本，提高设备的可靠性和稳定性，保障生产线的连续运行和生产效率[6]。

4.2 减速器维修

在进行设备维护和保养时，更换磨损的齿轮和及时补充润滑油是确保设备正常运行的重要步骤。首先，齿轮作为机械传动装置的重要部件之一，一旦发生磨损会直接影响设备的传动效率和稳定性，甚至导致设备的故障停机。因此，定期检查齿轮的磨损程度并及时更换磨损严重的齿轮是非常关键的，这有助于提高设备的可靠性和稳定性。另外，润滑油对于设备的正常运行同样至关重要。充足的润滑油可以有效减少设备在运转过程中的摩擦和磨损，降低设备的能耗和热量，延长设备的使用寿命。而润滑油不足则可能导致设备零部件摩擦增加，温升过高，从而引发设备的故障。因此，补充润滑油是维护设备正常运行不可或缺的环节，只有充足的润滑油才能有效保障设备的正常运行。通过补充润滑油并更换部分齿轮后，设备的运行恢复了正常。这一案例再次证明了定期检查润滑油的充足性和齿轮的磨损情况对于设备的可靠运行具有重要意义。只有在定期的维护和保养工作中，及时更换磨损的齿轮、补充润滑油，才能有效地降低设备故障的风险，提高设备的可靠性，并确保设备持续稳定运行[7]。

4.3 轴承维修

更换磨损的轴承并改善润滑条件对于保障设备正常运行和延长设备使用寿命具有重要意义。首先，轴承作为设备中承载和支撑转动部件的重要组成部分，其正常的工作状态和良好的润滑条件直接关系到设备的稳定运行和使用寿命。一旦轴承出现磨损或者润滑条件不良，会导致设备轴承温升过高、噪音增加，甚至可能造成设备故障。因此，定期检查并更换磨损的轴承，并改善润滑条件是保障设备正常运行的重要保障措施。此外，设备故障往往与轴承的润滑条件密切相关。如果轴承润滑不良，容易导致摩擦增大，温升升高，加剧了轴承的磨损，甚至可能导致轴承局部失效，进而引发设备故障。因此，改善轴承的润滑条件是确保设备长时间稳定运行的重要手段。通过更换了磨损的轴承并改善了润滑条件，设备成功恢复了正常运行状态。这一案例再次彰显了对轴承润滑条件的重视和改善的必要性，只有通过定期检查更换磨损的轴承，并改善设备的润滑条件，才能确保设备长时间稳定运行，降低故障风险。因此，加强轴承的定期检查与维护工作，并根据需要更换磨损的轴承以及改善设备的润滑条件，是确保设备稳定运行和延长设备使用寿命的必要措施。只有在加强设备维护管理工作中，确保轴承的正常工作状态和改善设备的润滑条件，才能有效地降低设备故障风险，提高设备的可靠性，确保设备持续稳定运行[8]。

5 结语

辊压机传动系统在生产线的顺利运作中起着关键作用，其故障检测与维修显得尤为重要。常见故障类型包括电机过热、齿轮磨损以及联轴器松动等，这些问题通常源于操作不当或维护不足。为了确保设备的高效、安全运行，建议采用定期巡检与实时监测相结合的方法，对设备的运行状态进行全面评估。此外，每次维修后也应详细记录新的维修实例和经验教训，以便日后参考。通过这些措施，可以有效降低故障发生率，提高生产效率。

[参考文献]

[1]李国昌.液压传动系统常见故障诊断与维修策略探析[J].中国机械,2024(20):109-112.
[2]刘清,刘文彬,张宇飞.搅拌传动系统故障率及可靠性试验研究[J].机械研究与应用,2024,37(2):30-32.
[3]刘青苑.工程机械液压传动系统故障分析与维护方案研究[J].南方农机,2023,54(24):155-157.
[4]彭诚.工程机械液压传动系统故障诊断及维修策略[J].设备管理与维修,2020(14):67-68.
[5]许亚丽.液压传动系统故障诊断与维修措施[J].技术与市场,2020,27(6):108-110.
[6]卢巍.液压传动系统故障诊断与维修[J].中国设备工程,2019(1):48-49.
[7]王晓波.工程机械液压传动系统故障诊断与维修[J].设备管理与维修,2018(17):67-68.
[8]孙双印.工程机械液压传动系统故障诊断与维修[J].设备管理与维修,2018(14):54-56.

作者简介：薛冰军（1981.9—），男，汉族，河北省邢台市宁晋县人，中级工程师，2012 年 6 月毕业于河北工程大学机械设计及理论专业，硕士研究生，主要从事辊压机设计研究及辊压机的跨行业应用研究。

Copyright © 2024 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

辊压机传动系统的负荷均衡优化策略

侯龙涛
邢台纳科诺尔精轧科技股份有限公司，河北 邢台 054000

[摘要]随着工业生产效率的不断提升，高产能和高质量成为现代生产线的关键目标之一。在此背景下，对于大型机械设备而言，尤其是像辊压机这样的重型设备来说，优化其传动系统的性能变得尤为关键。辊压机制作粉体和块状材料的过程复杂且涉及面广，任何机械结构中的能量损失或性能不均衡都会严重影响整体生产效率。因此，针对辊压机传动系统负荷均衡的研究和优化，已成为现代工厂管理的重要议题。

[关键词]辊压机传动系统；负荷均衡；优化策略
DOI：10.33142/sca.v7i11.14201　　中图分类号：TQ172.632　　文献标识码：A

Optimization Strategy for Load Balancing of Roller Press Transmission System

HOU Longtao
Xingtai Naknor Technology Co., Ltd., Xingtai, Hebei, 054000, China

Abstract: With the continuous improvement of industrial production efficiency, high production capacity and high quality have become one of the key goals of modern production lines. In this context, optimizing the performance of the transmission system becomes particularly crucial for large mechanical equipment, especially heavy equipment such as roller presses. The process of producing powder and block materials using a roller press is complex and involves a wide range of aspects. Energy loss or uneven performance in any mechanical structure can seriously affect overall production efficiency. Therefore, the research and optimization of load balancing in the transmission system of roller presses has become an important issue in modern factory management.

Keywords: roller press transmission system; load balancing; optimization strategy

引言

辊压机作为一种重要的工业设备，广泛应用于冶金、化工、建材等领域。其传动系统的负荷均衡对于提高设备效率、降低能耗以及延长使用寿命具有重要意义。本文将探讨辊压机传动系统的负荷均衡优化策略，通过数据和表格分析，提出有效的解决方案。

1 辊压机传动系统概述

辊压机传动系统是实现物料粉碎或压制的核心组件，主要由电机、减速器、联轴器和辊子等部分所组成。电机作为动力源，其输出扭矩经过减速器转化为适合辊子的工作扭矩，从而有效地驱动辊子运转。减速器不仅起到降低转速的作用，还能优化扭矩输出，使得辊子在处理物料时具备更高的稳定性和效率。在辊压机的运行过程中，各组成部分必须达到负荷均衡，以确保整个系统的稳定性和耐用性。如果某一部分的负荷过大，可能导致设备的过早磨损或故障，甚至引发安全隐患。因此，了解不同部件的受力状态，并采取相应的优化措施，是确保辊压机高效运作的重要手段。负荷均衡的策略包括合理选择电机功率和减速比，以匹配辊子的实际工作需求。此外，应定期检查联轴器的工作状态，确保其能够有效传递动力，而不会因为磨损而影响整个系统的性能。通过监测传动系统的各项参数，比如温度、振动和扭矩，可以及时发现潜在问题，避免设备停机带来的经济损失[1]。

综上所述，辊压机传动系统的负荷均衡优化策略不仅关乎设备的使用寿命，更影响到生产效率和产品质量。因此，在设计与运营过程中，应对各个环节进行充分地考量与调整，以实现最佳的工作状态。

2 负荷均衡问题分析

辊压机作为一种常见的工业设备，在运行过程中经常会面临物料不均匀分布、设备磨损等诸多因素带来的挑战。其中，传动系统的负荷均衡问题尤为突出。负荷不均衡往往会导致辊压机运行时的不稳定性，同时也会带来能源消耗增加的问题。更为严重的是，长期存在的负载不均衡甚至可能引发设备故障，对生产线的正常运转造成严重影响。因此，对于辊压机传动系统的负荷均衡进行深入的优化研究显得尤为迫切和重要。通过优化传动系统设计，采用先进的负荷均衡调节技术，可以有效减轻负载不均衡带来的负面影响，从而提高整个辊压机系统的稳定性和可靠性。在实际生产中，还可以结合智能监测与控制系统，通过实时监测传动系统各部件的工作状态，及时调整传动参数，以实现负荷均衡优化，最大限度地提高辊压机的运行效率。除此之外，负荷均衡优化研究也需要综合考虑不同物料特性、操作条件、设备结构等因素，充分借鉴先进的传动技术和理论，结合辊压机传动系统的实际工作情况，以确保各项优化措施能够真正落地并取得预期效果。通过针对性地解决传动系统负荷均衡问题，可以为工业生产提供更为稳定、高效的技术保障，推动辊压机在各个应用领域的持续发展和创新[2]。

Copyright © 2024 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

3 负荷均衡优化策略

3.1 数据采集与分析

在现代生产实践中，辊压机作为一种高效、节能、环保的物料加工设备，在诸多行业的物料研磨与混合环节中发挥着至关重要的作用。辊压机传动系统则是其核心执行单元，其稳定性和效率极大地影响着整个生产线的性能和产出质量。为了保证设备长期高效运转并预防可能出现的问题，对其进行详细的运行数据采集与深度分析显得尤为重要。采用先进的物联网技术以及各种高精度传感器，如电机电流检测模块、速度测量传感器、辊子压力感应器、温度监测探头等，实施实时数据采集。这一环节涵盖了从电机的运行电流强度到不同位置的压力分布，以及工作过程中可能产生的振动和噪声等多个层面的信息。例如，通过安装在每组传动单元上的电流监控设备，可以实时获取电机在不同负载条件下的运行情况，一旦发现峰值超出正常值区间，可能预示电机或轴承存在发热或其他异常问题。同样，辊子之间的精确压力信息有助于控制研磨物料的质量与均匀性，并避免因压力过载导致机械损坏或物料过度研磨现象。

对实时采集的数据进行深入地解析是故障预防的关键步骤。数据分析不仅要关注单一参数的数值波动，更要分析各参数之间的相互关系及随时间的趋势变化，以此发现异常模式[3]。比如，可以通过构建时间序列分析模型或者利用人工智能算法（如机器学习、深度学习方法）对数据序列进行趋势预测和分类，以识别即将发生的潜在故障或异常工况。进一步地，通过对数据的综合处理和模型训练，建立一个预测预警系统，这不仅可以实现早发现、早诊断、早预防，还可以指导维护人员进行有预见性的预检修计划安排，从而最大程度上减少生产中断和维修成本，提升整体生产的连续性和可靠性。以一家大型矿石加工企业为例，该企业利用数据采集技术在数百万条生产线的数据池中，捕捉到了特定时间点内，一台关键辊压机的某个电机的负载频率发生异常升高以及压力传感器显示的特定区域内频繁出现峰值。这些看似孤立的现象实际上构成了一个预警信号，提示设备可能正在经历不常发生的高应力状态或者有零件磨损的风险。通过后续的人工智能数据分析工具进行进一步深度剖析后，发现了在该电机与对应传动齿轮之间可能存在啮合度下降的问题，这是设备在高负荷状态下容易产生的一种机械现象。针对此发现，技术人员立即制定了精细的检查和修复计划，通过替换磨损零件、调整润滑剂、重新设置传动机构张力等多种手段，不仅恢复了辊压机的正常运行状态，还延长了其使用寿命，大大节省了生产停工期与设备更换成本。

3.2 参数优化

为了深入探索并提升传动系统的性能与效率，对辊压机的传动参数进行优化显得尤为重要。优化过程不仅要聚焦于单一的参数调整（如电机的转速和功率，减速器的传动比及联轴器的性能），还需考虑整个传动链中各个元素如何相互影响，以及如何通过整体优化实现资源最优配置。电机是驱动系统的核心，其转速、功率直接影响了系统性能的整体水平。在实际的数据分析和模型建立基础上，我们可以通过对电机输入的电流－电压、转速等参数与系统负载的动态关系进行详细建模。利用高级算法，我们可以找出最佳的电机参数设置点，在保持高效率的同时，确保电机能够在稳定条件下运行，从而减轻机械负载，延长寿命，并减少因过载引发的安全隐患。比如，在对某型号电机的实际操作数据进行深入分析后，我们可以确定一个较为高效的运行区域，位于峰值功率以下，且能够确保输出转矩满足所需负载的要求。同时，优化控制策略，引入智能算法预测电机工作条件下的能量需求，动态调整输出以匹配实际生产状况，从而显著降低能量浪费。

对于减变速比的设计和选用，需要充分理解它的结构特性，以及它在整个传动系统中的作用。减速器的主要目标是降速增扭，但过度的齿轮磨损或不均匀应力分布都会对其生命周期造成不利影响。利用有限元法和仿真技术对不同齿轮比设计进行评估，选择最佳比值可以有效地均衡各个元件的应力分布，减少振动和噪声，并保证高传动精度。举例来说，在对特定减速器的模拟实验中，通过微调不同齿面接触角度和材料厚度参数，能够显著提升其耐久性和可靠性。联轴器在传动链的衔接处扮演了不可或缺的角色。它们不仅负责连接传动元件，还能够吸收由各种原因（如不平衡、振动、温度波动）产生的不对称应力和扭矩变化。针对现有产品性能评估与用户反馈数据，可以通过改进材质选择（如增加合金含量以提高热稳定性）和采用精密制造工艺来提升其性能指标。同时，设计智能化监测系统，实时收集联轴器状态数据（如应力应变、运行噪音等），实现早期故障预警与健康管理，极大地减少了意外停机的可能性，从而提升整体系统的稳定性和高效性[4]。

综上所述，对辊压机传动系统的优化是一项跨领域、综合性的工程挑战，它需要细致分析系统特性、充分运用现代工程理论与技术、不断探索和迭代优化策略。每一小步的改善最终都旨在达成更大的目标，那就是提高生产效能，确保系统长期可靠地运作，以及提升经济效益和社会影响力。这一过程中积累的经验和技术知识也将成为推动未来更多设备优化和创新的基础，为行业提供更加智能、高效、可持续的技术支持。

3.3 设备维护与管理

在加强设备维护与管理的过程中，定期执行全面而精细的设备检测变得尤为关键。以辊压机为例，这种设备在其日常运营和生产能力的保障中扮演了不可替代的角色，其高效稳定地运行依赖于严格的维护体系与预防性保养措施。通过制定标准化的例行检查计划，可以有效识别潜在的运行隐患与性能退化信号。在辊压机的应用场景中，检查项目通常涵盖动力供应系统的运行情况，冷却系统效能、传动链条和齿轮啮合情况、轴承磨损程度、液压系统的稳定性和压力波动等。使用传感器和仪器可以实时获取数据反馈，包括设备运转噪音、电流电压波动、温升变化趋势等，以便

Copyright © 2024 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

精确评估设备的当前状态。负荷不均衡不仅会导致生产效率下降，更严重的是会增加机械故障的风险，并可能缩短相关组件的使用寿命。通过对运行参数的定期记录与数据分析，可有效发现某些阶段或特定运行环境下的负荷峰值，这为预先进行预防性调整提供了依据。例如，优化电机负载分配、调整工艺参数、进行定期负载试验和模拟，都是有效的方法，旨在均衡整个工作流程，确保设备始终处于最优运行状态[5]。

对于磨损严重的部件，科学合理地设定更换周期至关重要。以刀片与滚筒等高速接触零件为例，它们的磨损不仅影响了加工质量和产品的品质，而且增加了能量消耗。基于磨损量监测设备（例如金属轮廓扫描仪）和表面粗糙度测试，定期评估部件状态，设定具体的磨损能量损耗指标，作为决策的量化依据。实施替换时间管理，根据生产批次的数量与质量反馈，调整预期更换周期，并确保有备件供应。此外，引入智能监控技术，例如安装无线传感器与云端数据库对接，实现部件状况的远程监控，可以即时接收警告信号，避免在紧急时刻才发现严重的磨损问题，有效提高维护效率和安全性。

综合来看，加强设备维护与管理不仅是延长设备寿命，减少非预期停机时间的关键步骤，更是保证生产线高效、持续产出高品质产品的核心支撑。在实际操作中，通过集成传感器网络、大数据分析和预测维护策略，企业能够构建起一套全面、动态的辊压机管理体系。这种主动式的维护理念不仅优化了成本效益，更为企业的稳定运营提供了坚实的基石。在未来发展中，持续探索和采纳先进的科技工具，将成为推动工业自动化进程和提高制造业竞争力的重要驱动力[6]。

4 实例分析

以某冶金企业的辊压机为例，通过对传动系统的负荷均衡进行优化，取得了显著的效果。优化前，该辊压机的运行数据如表 1 所示：

表 1 优化前辊压机运行数据

参数	数值
电机电流（A）	200
转速（r/min）	300
辊子压力（N）	500000
设备能耗（kW·h）	80

优化后，通过调整电机转速、功率等参数，加强设备维护与管理，取得了以下成果，见表 2。

表 2 优化后辊压机运行数据

参数	数值	变化率
电机电流（A）	180	-10%
转速（r/min）	320	+6.7%
辊子压力（N）	480000	-4%
设备能耗（kW·h）	75	-6.3%

在表格中添加一栏“变化率”，展示优化前后数据的变化情况。从表中可以看出，优化后辊压机的电机电流、辊子压力和能耗均有所下降，说明负荷均衡优化策略取得了显著的效果。此外，转速的增加也有利于提高生产效率和产品质量。图 1 为辊压机制作方法。

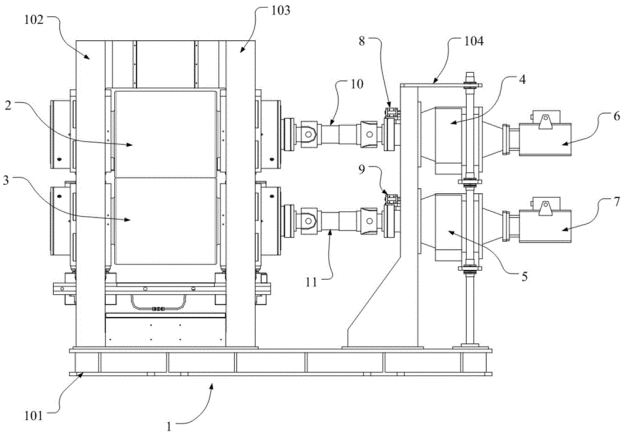


图 1 辊压机制作方法

5 结语

辊压机传动系统的优化并非孤立工程，它涉及复杂的机械原理和现代控制科技的深度融合。未来发展方向，更注重于人工智能辅助决策系统，能够实现自我学习、自我调整以更好地应对工况变化，从而实现真正意义上的自动化优化管理。针对辊压机传动系统的负荷均衡优化工作不仅具有现实的技术挑战，同时蕴含着极大的潜力，期待在不久的将来能够进一步探索和发展更多创新性的策略和应用，以期推动生产制造领域朝着更加高效和环保的方向迈进。

[参考文献]

[1]魏伟，米振涛，王思宇.辊压机行星减速器优化设计研究[J].水泥，2021(10)：53-59.
[2]马建军，李昌友，张昌煜，黄先立.辊压机行星齿轮减速机的损坏原因及维护[J].水泥，2020(12)：31-33.
[3]何筠.基于国产传动系统的冷矫直机负荷平衡控制[J].冶金自动化，2022，46(1)：92-94.
[4]张瑞成，赵铭.模糊PID轧机单辊传动系统负荷平衡控制的研究[J].机械设计与制造，2022(1)：37-41.
[5]金磊，唐维贤，杨勇.辊压机循环重载胶带提升机的研发与应用[J].水泥工程，2018(6)：37-40.
[6]蒋德洪，刘晓晔，周建中.磁力耦合器在辊压机传动系统的应用[J].水泥，2015(7)：38-40.

作者简介：侯龙涛（1995.5—）男，籍贯：河北省邢台市，职称：无，2018 年 6 月毕业于河北工程大学，专业：机械设计制造及自动化，最高学历：本科，现在主要从事辊压机设备设计制造工作。

Copyright © 2024 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

辊压机工作辊的温度控制对产品质量的影响

高超飞
邢台纳科诺尔精轧科技股份有限公司，河北 邢台 054000

[摘要]辊压机工作辊的温度控制对产品质量具有显著影响。通过对辊压机运行过程中的温度监测与调节，能够有效控制辊子表面的温度，避免因温度过高或过低导致的材料性能下降。实施精确的温度控制策略，不仅提高了产品的一致性和稳定性，还能延长辊压机的使用寿命，减少故障率。结合实际案例分析，优化温控系统的设计和实施方法，使辊压机在不同工况下都能保持最佳的工作温度。研究结果表明，合理的温度控制显著提升了成品的强度和韧性，为生产过程提供了更高的效率和经济性。

[关键词]辊压机；温度控制；产品质量；效率；经济性
DOI：10.33142/sca.v7i11.14200　　中图分类号：TG332　　文献标识码：A

The Influence of Temperature Control of Working Rolls in Roller Press on Product Quality

GAO Chaofei
Xingtai Naknor Technology Co., Ltd., Xingtai, Hebei, 054000, China

Abstract: The temperature control of the working roll of the roller press has a significant impact on product quality. By monitoring and adjusting the temperature during the operation of the roller press, the surface temperature of the rollers can be effectively controlled to avoid material performance degradation caused by excessive or insufficient temperature. Implementing precise temperature control strategies not only improves product consistency and stability, but also extends the service life of the roller press and reduces failure rates. Based on practical case analysis, optimize the design and implementation methods of the temperature control system to ensure that the roller press can maintain the optimal working temperature under different working conditions. The research results indicate that reasonable temperature control significantly improves the strength and toughness of the finished product, providing higher efficiency and economy for the production process.

Keywords: roller press machine; temperature control; product quality; efficiency; economic viability

引言

在现代制造业中，辊压机的应用广泛，温度控制是确保产品质量的关键因素之一。温度过高或过低不仅会影响材料的物理性能，还可能导致设备的故障与停机，给生产带来巨大的损失。因此，精准的温控策略显得尤为重要。通过有效的温度管理，能够在保证产品质量的同时，提升生产效率并降低成本。深入探讨辊压机工作辊的温度控制方法，不仅有助于理解其对最终产品的影响，也为相关工业应用提供了重要的实践指导。

1 辊压机工作辊温度对材料性能的影响

辊压机工作辊的温度对材料性能的影响是一个重要且复杂的课题。在辊压过程中，材料经过两个辊子之间的高压作用，发生塑性变形，形成所需的产品。然而，辊子的温度变化直接关系到材料的力学性能和最终产品的质量。

首先，辊子表面温度过高会导致材料的热变形，降低其强度和韧性。在高温环境下，材料内部可能出现不均匀的微观结构，导致强度下降和脆性增加。例如，某些金属材料在高温下的晶粒会粗化，降低材料的整体强度和延展性，从而使得最终产品容易发生裂纹或断裂。此外，过高的温度还可能引发氧化反应，影响产品的表面质量，增加后续加工的难度。

相对而言，辊子的温度过低同样会对材料性能产生不利影响。在低温下，材料的塑性减弱，增加了加工过程中出现裂纹的风险。这是因为低温使得材料的应变硬化效应增强，降低了其可塑性。这样的情况下，辊压机可能需要施加更大的压力，以克服材料的抵抗力，这不仅增加了设备的磨损，还可能导致生产效率的降低。

为了解决这些问题，温度监测与控制技术显得尤为重要。通过实时监测辊子的温度，可以及时调整辊压机的运行参数，以确保辊子的工作温度保持在最佳范围内。现代辊压机配备了先进的温度传感器和控制系统，可以实现高精度的温度调节。这种技术的应用，不仅提高了产品的一致性和稳定性，还能有效防止温度异常导致的质量问题。

此外，研究还表明，辊子材料的选择也会影响温度对材料性能的影响。例如，采用高导热性材料的辊子能够更快地驱散产生的热量，从而保持相对稳定的温度。这种设计不仅改善了辊子的温控效果，也提高了整个辊压过程的效率。

综上所述，辊压机工作辊的温度对材料性能具有深远的影响。温度控制不仅涉及到产品的强度和韧性，还关系

Copyright © 2024 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

到生产的经济性和设备的安全性。通过采用先进的温度监测技术和优化辊子材料，能够有效提升辊压过程的稳定性和产品的质量，为制造业的持续发展提供了坚实的基础。

2 温度监测技术在辊压机中的应用

温度监测技术在辊压机中的应用，对于确保生产过程的稳定性和产品质量至关重要。现代辊压机通常配备多种传感器和监测设备，能够实时获取辊子的工作温度信息。这些传感器一般包括红外温度传感器、热电偶和热敏电阻等，能够精确测量辊子表面的温度。通过对温度数据的实时监测，操作者可以及时了解辊子的工作状态，快速调整生产参数，确保辊子温度处于最佳范围，从而避免因温度异常引起的质量问题。如图 1 所示。

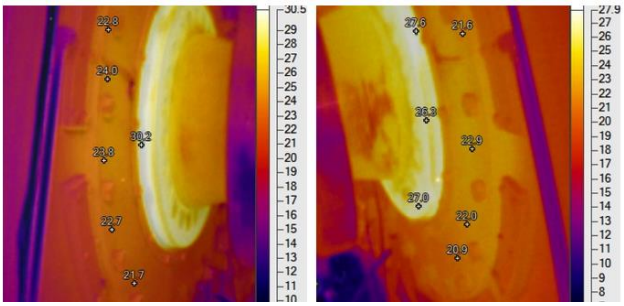


图 1　温度监测技术

温度监测系统的集成化设计是提升辊压机效率的一个重要方面。许多现代辊压机配备了数字化控制系统，这些系统可以将温度数据与其他生产参数相结合，实现全面的监测和控制。例如，温度监测系统可以与压力控制系统联动，当检测到温度超过设定范围时，系统可以自动调整辊子的压力，以避免过热。同时，监测系统也能够记录温度变化趋势，为后续的工艺优化提供重要数据支持。这种集成化的方式不仅提高了操作的便利性，还降低了人为操作失误的风险。

除了实时监测，数据分析在温度管理中同样扮演着关键角色。温度监测系统可以收集大量的运行数据，通过数据分析，能够识别出潜在的温度异常模式或趋势。例如，在不同的生产批次中，温度变化对产品质量的影响可以被详细分析，从而为后续的生产提供更有针对性的改进方案。此外，基于机器学习和人工智能的分析工具也开始逐渐应用于辊压机的温度监测中，能够实现更为精确的预测和优化。这些先进的技术使得温度管理不仅仅依赖于经验，更加科学和系统。

最后，温度监测技术的有效应用还可以延长辊压机的使用寿命。高温和温度波动不仅会影响材料的性能，还可能导致辊子的表面磨损加剧，甚至损坏设备。通过实施有效的温度监控，能够降低辊子过热或过冷的风险，从而减少设备故障的发生率。这不仅提高了生产的可靠性，也降低了维护和维修的成本，为企业带来了更高的经济效益。综合来看，温度监测技术在辊压机中的应用，不仅提升了产品质量和生产效率，还为设备的长期运行提供了保障。

3 辊压机温度控制策略与方法

辊压机温度控制策略与方法的制定，旨在优化生产过程、提高产品质量并延长设备使用寿命。首先，制定合理的温度控制策略是确保辊压机高效运作的基础。应根据不同材料的特性和生产工艺要求，设定适宜的工作温度范围。在实际操作中，操作人员需根据原材料的不同成分、厚度及所需产品的最终性质，调整辊子的温度设置，以实现最佳的加工效果。此外，定期评估温度控制策略的有效性，并根据生产经验和数据反馈进行调整，可以不断提高生产效率和产品质量。

其次，温度控制方法的选择直接影响到辊压机的运行效率和产品的一致性。常用的温度控制方法包括冷却和加热系统的应用。冷却系统通常采用水冷却或风冷技术，通过对辊子表面的快速降温，保持温度在适宜的范围内。对于某些对温度敏感的材料，水冷却系统尤为重要，因为它能够迅速有效地降低温度，防止材料在高温下产生不良反应。同时，加热系统在某些情况下也必不可少，特别是在低温环境下生产时，适当的加热可以确保材料的可塑性和延展性。因此，冷却与加热的协同使用，是实现高效温控的关键。

进一步地，自动化温控系统的引入，极大地提升了温度管理的精确度与便捷性。现代辊压机配备的智能温控系统，能够实时监测辊子的工作温度，并通过自动调节冷却或加热装置，确保辊子始终处于最佳工作状态。这种系统还能够与生产线的其他设备联动，实现整体工艺的协同优化。例如，当温度升高时，系统能够自动启动冷却装置，并同时调整生产速度，以避免过热造成的材料损害。这种高度集成化的温控方法，显著提升了生产的稳定性和安全性。

最后，定期的维护与检查也是确保温度控制效果的关键环节。辊压机的冷却和加热系统需要定期检查，以防止故障对温度控制的影响。检查项目包括冷却水的流量、加热元件的工作状态以及传感器的准确性等。此外，操作人员应接受定期培训，以提升其对温度控制系统的理解和操作能力，从而在出现异常情况时能够及时采取措施。通过这些维护与检查，确保温度控制系统始终处于良好工作状态，从而支持辊压机的高效运行和产品的优质生产。

4 实际案例分析：温控对产品质量的提升

实际案例分析中，温控对产品质量的提升体现得尤为明显。某金属材料生产企业在引入温度监测与控制系统后，实施了一系列温控策略，以解决生产中出现的材料强度不均和产品缺陷问题。具体来说，该企业在辊压机中应用了实时温度监测系统，通过数据分析和温度调节，显著改善了成品的力学性能和表面质量。

在案例中，该企业首先对辊压机的工作辊温度进行了系统的评估。根据原材料的不同，设定了最佳的温度范围。

Copyright © 2024 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

数据显示，当辊子温度保持在 200℃～250℃之间时，生产出的金属材料的抗拉强度和延展性达到了最佳水平。实施温控策略后，材料的整体性能显著提升，具体改善数据如表 1 所示。

表 1 具体改善数据

温度范围（℃）	抗拉强度（MPa）	延展性（%）	产品缺陷率（%）
150～200	350	12	8
200～250	450	15	2
250～300	400	10	10

从表格中可以看出，温度控制的优化直接导致了产品质量的提升。在 200℃至 250℃的最佳温度范围内，抗拉强度达到了 450MPa，延展性提升至 15%，而产品缺陷率则显著降低到 2%。这一结果不仅提升了材料的性能，还增强了客户的满意度，促进了销售增长。

此外，实施温控策略后，企业的生产效率也有了明显改善。通过实时监测与自动调节，生产线的停机时间减少了 20%。原本由于温度异常导致的生产停顿和材料浪费显著降低，企业因此节约了大量的生产成本。同时，持续的温度监控也为辊压机的维护提供了重要数据，帮助技术人员更好地掌握设备运行状态，从而制定相应的维护计划。

这一案例表明，温度控制在辊压机生产过程中的重要性。通过有效的温控系统，不仅能够提升产品质量，还能降低生产成本和提高效率。未来，随着技术的不断发展，温度监测与控制系统将会更加智能化，为更多行业提供稳定的生产保障。

5 未来辊压机温度管理的发展趋势

未来辊压机温度管理的发展趋势将受到智能化、自动化和数据驱动技术的深刻影响。随着工业 4.0 的推进，辊压机的温度管理系统将越来越多地整合物联网（IoT）技术，实现实时数据采集与远程监控。这意味着操作人员可以通过智能设备随时随地监测辊子温度及其他关键参数，及时作出调整。这种高效的监控方式，不仅提高了生产的灵活性，也为预防性维护提供了更科学的依据，进一步降低了设备故障率。

随着机器学习和人工智能的不断进步，温控系统将逐渐具备自学习能力。这些系统能够分析历史数据和实时数据，识别出温度变化的潜在模式，并根据不同的生产条件自动优化温控策略。例如，AI 算法可以根据材料的特性、环境条件和生产负荷，动态调整辊子的温度设定，实现最优的加工效果。这一过程不仅节省了人工干预的时间，还能确保生产过程的高效与稳定，降低了人为错误的可能性。

在材料科技不断发展的背景下，辊压机的温控技术也将趋向多样化与个性化。未来的辊压机可能会根据不同材料的特性，配备专用的温控模块。例如，对某些热敏感材料，辊压机将采用高效的水冷却系统，而对于高导热性材料，则可能使用先进的气体冷却技术。这样的个性化设计将使温控系统更加高效，提高材料加工的一致性和可靠性。

此外，温度管理的可视化将成为未来发展的一个重要趋势。通过将温控数据与生产过程中的其他数据可视化，操作人员能够更直观地理解温度变化对产品质量的影响。这种可视化工具不仅有助于实时监测，还能在发生异常时快速定位问题源头，从而加速问题解决的过程。通过数据仪表板、移动应用或虚拟现实（VR）技术，操作人员可以更深入地了解温控状态，优化生产决策。

最后，随着可持续发展理念的深入人心，未来辊压机的温度管理也将更加注重节能环保。高效的温控技术将有助于降低能耗，减少生产过程中的废热排放，从而实现更环保的生产方式。例如，利用余热回收技术，企业可以将辊压过程中产生的废热转化为其他生产环节所需的能量，进一步提高能源利用效率。这种绿色生产方式不仅符合现代工业的发展方向，也为企业带来了更好的社会责任形象。综上所述，未来辊压机温度管理的发展趋势将集中在智能化、自学习、个性化、可视化和可持续性方面。这些技术的结合，将推动辊压机的温控系统向更高效、更精准和更环保的方向发展，为制造业的转型升级提供重要支持。

6 结语

辊压机的温度管理在提升产品质量、生产效率和设备可靠性方面发挥了关键作用。通过实施先进的温度监测与控制技术，企业能够实现对辊子温度的实时管理，从而有效避免因温度异常导致的材料性能下降和产品缺陷。案例分析表明，合理的温控策略不仅显著改善了产品的力学性能，还降低了生产成本。展望未来，随着智能化、自动化和可持续发展理念的不断深入，辊压机的温度管理将朝着更加精准和高效的方向发展。智能系统的引入将增强温控的自适应能力，而个性化的温控设计和数据可视化技术则将提升操作人员的决策效率。

[参考文献]

[1] 冯帆.冷轧过程温度对板形的影响及调控研究[D].辽宁:东北大学,2019.
[2] 李夕楠.锂电池极片辊压机电磁感应加热轧辊结构优化与性能研究[D].秦皇岛:燕山大学,2023.
[3] 杨红.温轧在线加热工艺设备及控制系统的研究与开发[D].辽宁:东北大学,2018.

作者简介：高超飞（1991—），男，民族：汉，籍贯：河北省邢台市隆尧县，现职称：机械工程师，学历：2022年1月，毕业于北华航天工业学院（函授），本科，专业：机械设计制造及其自动化。现主要从事工作：新能源辊压类设备的设计工作。

Copyright © 2024 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

辊压机在锂电池极片压实中的压力控制优化分析

侯延胜
邢台纳科诺尔精轧科技有限公司，河北 邢台 054000

[摘要]针对锂电池极片压实过程中辊压机压力控制的重要性，采用实验与仿真相结合的方法，对辊压机的压力优化进行了深入分析。通过调整辊距、压实速度及材料特性，优化了压力分布，提升了极片的密度和均匀性。同时，借助先进的传感技术，实现了实时压力监测与反馈控制，确保压实过程中的稳定性与可重复性。研究结果表明，优化后的压力控制不仅提高了电池的能量密度与循环寿命，还降低了生产成本，具有显著的应用前景和经济效益。
[关键词]辊压机；压力控制；锂电池；压实优化；实时监测
DOI：10.33142/sca.v7i11.14198　　中图分类号：TM91　　文献标识码：A

Optimization Analysis of Pressure Control of Roller Press Machine in Lithium Battery Electrode Compaction

HOU Yansheng
Xingtai Naknor Technology Co., Ltd., Xingtai, Hebei, 054000, China

Abstract: In response to the importance of pressure control in the compaction process of lithium battery electrode sheets, a combination of experimental and simulation methods was used to conduct in-depth analysis of the pressure optimization of the roller press. By adjusting the roller spacing, compaction speed, and material properties, the pressure distribution was optimized, and the density and uniformity of the polarizer were improved. Meanwhile, with the help of advanced sensing technology, real-time pressure monitoring and feedback control have been achieved to ensure stability and repeatability during the compaction process. The research results indicate that the optimized pressure control not only improves the energy density and cycle life of the battery, but also reduces production costs, with significant application prospects and economic benefits.
Keywords: roller press machine; pressure control; lithium batteries; compaction optimization; real time monitoring

引言

随着电动汽车和可再生能源储存需求的激增，锂电池的性能提升成为关键议题。极片的压实过程直接影响电池的能量密度和使用寿命，因此，优化辊压机的压力控制显得尤为重要。通过对辊压机工作原理和压力影响因素的深入剖析，揭示了实现高效压实的潜在路径。有效的压力控制不仅能够提升极片的结构均匀性，还能降低生产成本，推动锂电池产业的可持续发展。探索这一领域的创新策略，将为未来电池技术的发展提供重要参考。

1 辊压机工作原理及其在锂电池制造中的应用

辊压机是一种广泛应用于锂电池制造过程中的重要设备，其工作原理主要依赖于两个平行辊筒的旋转和相对运动。通过控制辊距和辊速，可以实现对材料的均匀压实。在锂电池的极片制备中，辊压机不仅能提高极片的密度，还能增强其结构稳定性，进而提升电池的整体性能。

在锂电池生产中，极片的质量直接关系到电池的能量密度、循环寿命及安全性。辊压机通过对涂布后的极片施加适当的压力，使得活性材料与导电添加剂、粘结剂充分结合，从而形成均匀的电极结构。压力过低会导致极片密度不足，影响电池容量和放电性能；而压力过高则可能导致材料损伤，增加内阻，降低电池效率。因此，优化辊压机的压力控制至关重要。

辊压机的设计与操作也在不断演进。现代辊压机通常配备先进的控制系统，能够实现对压力、速度及温度等多个参数的精确调节。这种智能化的控制手段不仅提高了生产效率，还保证了极片压实过程中的一致性与稳定性。实时监测技术的引入使得生产过程中的每一个环节都能被精准把控，减少了人为因素对产品质量的影响。如图 1 所示。

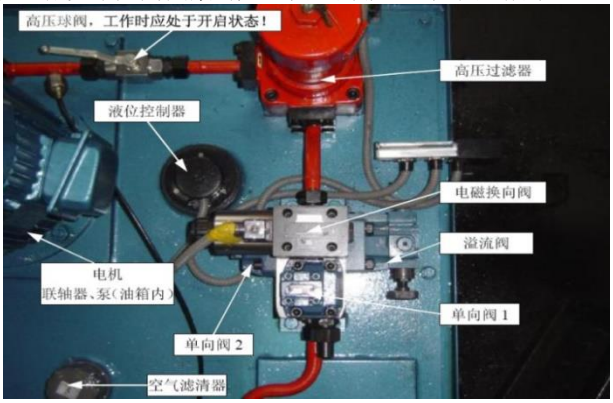


图 1　现代辊压机

此外，辊压机的操作还需要考虑材料的特性，例如，活性材料的黏度、颗粒大小及配比等。这些因素都会影响辊压

Copyright © 2024 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

过程中的压力分布和压实效果。因此，针对不同材料，辊压机的参数设置需要进行相应调整，以达到最佳的压实效果。

随着电动汽车和可再生能源产业的迅猛发展，对锂电池的性能要求越来越高。辊压机作为关键设备，其技术革新与应用将直接推动锂电池制造工艺的进步。未来，结合机器学习和大数据分析等新技术，辊压机的自动化和智能化水平有望进一步提升，为锂电池的高效生产提供强有力的支持。

总的来说，辊压机在锂电池制造中发挥着不可或缺的作用。通过优化其工作原理与应用，不仅能够提升电池的性能和安全性，还能为整个锂电池行业的可持续发展奠定基础。

2 压力控制对极片性能的影响分析

压力控制在锂电池极片生产中扮演着至关重要的角色，其直接影响着极片的物理和化学性能。首先，适当的压实压力有助于提高极片的密度。极片密度的提升意味着活性材料的排列更加紧密，从而增强了电池的能量密度和电导率。研究表明，极片密度的提高与锂离子的传导效率呈正相关，进而直接影响电池的充放电性能。

另一方面，压实过程中施加的压力对极片的微观结构也有显著影响。适中的压力可以促进活性材料的充分接触与结合，形成稳定的固体电解质界面（SEI）。这种界面的稳定性是锂电池性能的重要指标，影响着电池的循环寿命和安全性。如果压力过低，极片中的空隙会增加，导致锂离子在充放电过程中难以有效迁移，从而降低电池的整体性能；而过高的压力则可能导致材料破碎或结构变形，增加电池内阻，导致效率下降。

另外，压力控制还与极片的厚度和均匀性密切相关。极片厚度的均匀性不仅影响电池的能量密度，还会影响放电平台的稳定性。通过优化压实压力，可以有效控制极片的厚度分布，确保每个单元电池的性能一致。实验数据显示，均匀的极片在长时间循环过程中表现出更好的循环稳定性。

同时，压力的变化对极片的粘结性能也起到关键作用。粘结剂在极片中起到连接不同材料的作用，其性能直接影响到电池的机械强度和化学稳定性。适当的压力可以优化粘结剂的分布，确保其与活性材料的充分结合，减少因界面不良导致的电化学反应效率下降。

在生产过程中，实时监测和调节压力也是保证极片性能的一项重要技术手段。通过传感器收集的数据，可以对压力进行动态调整，确保在生产过程中始终保持最佳的压实状态。这种智能化的控制方式不仅提高了生产效率，还进一步确保了极片性能的一致性。综上所述，压力控制在锂电池极片的生产中具有深远的影响。优化压力不仅能提高极片的密度、均匀性和粘结性能，还能延长电池的使用寿命和安全性。对于锂电池制造企业而言，掌握这一关键参数的控制，将显著提升产品竞争力，推动行业的持续发展。

3 实验设计与压力优化方法

实验设计与压力优化方法在锂电池极片生产中至关重要，旨在通过系统的实验步骤和科学的参数调控，达到最佳的压实效果，提高电池的整体性能。首先，实验设计应包括多个因素的综合考虑，如辊压机的辊距、辊速、材料特性及其配比等。

实验初期，选择合适的活性材料及其配比是基础。常用的锂电池活性材料包括镍钴锰氧化物（NCM）和磷酸铁锂（LFP），它们的物理化学性质各异，需根据预期电池性能进行选择。在材料配比上，合理的导电剂和粘结剂的比例能够优化极片的机械强度与电化学性能。

接下来，辊压机的辊距调整至关重要。通过设定不同的辊距，可以观察到极片在不同压力条件下的变化。实验可从大辊距逐渐减小，以逐步观察其对极片密度、厚度和均匀性的影响。此过程中，采用标准的厚度和密度测量仪器，确保数据的准确性和可重复性。

辊速的选择同样影响极片的压实效果。较快的辊速可以减少极片在辊间的滞留时间，但可能导致压实不均匀；而较慢的辊速则能增强材料的压实效果，但生产效率可能降低。因此，需通过一系列实验，找出合适的辊速与辊距的组合，以实现最佳的压实效果。

在压力优化方法上，可以运用响应面法（RSM）等统计学工具，通过多因素实验分析，探索不同操作条件对极片性能的综合影响。通过设计合适的实验矩阵，收集数据并建立回归模型，可以在多维度中寻找到压力与极片性能之间的最佳关系。该方法能够有效降低实验次数，提高效率。

实时监测技术的引入，使得压力优化变得更加科学化和精准化。在辊压机上安装压力传感器，可以实时反馈当前的压力状态，并与计算机控制系统联动，实现自动调节。这种方法确保在生产过程中，压力始终维持在预设的最佳范围内，从而有效提升极片的均匀性和整体性能。此外，数据分析与结果验证也是实验设计中的重要环节。通过系统评估在不同压力条件下生产的极片，进行电化学性能测试和物理特性分析，可以验证优化结果的有效性。这种全面的实验设计，不仅包括压力的精确控制，还结合了对生产过程中的各种数据进行分析，从而实现了科学的反馈与调整。

综上所述，借助实时监测技术与严谨的数据分析方法，锂电池极片的生产质量和性能得到了显著提升，同时也为锂电池生产工艺的持续改进奠定了基础。这一系列优化措施，将为未来的电池研发和应用提供更为坚实的支持。

4 实时监测技术在压力控制中的应用

实时监测技术在锂电池极片压实过程中的压力控制中具有重要的应用价值。通过集成先进的传感器和自动化控制系统，实时监测能够显著提高生产过程的稳定性与一致性，确保极片的性能达到预期标准。具体来说，实时监测技术能够实时获取辊压机的压力、温度和速度等关键参数，并对这些参数进行数据分析与反馈。

首先，压力传感器的应用使得实时监测成为可能。通

Copyright © 2024 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

过安装在辊压机上的高精度压力传感器，能够实时采集工作状态下的压力数据。这些数据通过数据采集系统上传至中央控制系统，实时显示在操作界面上，便于操作人员及时了解设备的运行状态。在压力波动的情况下，系统可迅速发出警报，并自动调整辊距或辊速，以保持压力在预设范围内。

其次，实时监测技术还可以与机器学习和数据分析相结合，进一步优化压实过程。通过历史数据的积累与分析，建立模型，能够预测在不同材料和生产条件下的最佳压力范围。这种预测性维护不仅提高了生产效率，还降低了材料损耗，从而实现经济效益的提升。如表 1 所示。

表 1　不同压力条件下极片的性能指标，包括密度、循环寿命和内阻

压力（MPa）	极片密度（g/cm³）	循环寿命（次）	内阻（mΩ）
5	1.48	300	8.0
7	1.52	400	6.5
9	1.55	450	5.8
11	1.50	380	7.0
13	1.45	350	8.5

从表中可以看出，适当的压力（如 9MPa）下，极片的密度、循环寿命和内阻均达到最佳状态。过高或过低的压力都会对极片性能产生负面影响，说明实时监测技术在控制压力范围内的作用至关重要。

此外，温度的实时监测同样重要。极片在压实过程中会因摩擦和材料特性产生一定的热量，温度的升高可能影响材料的性能及其粘结强度。通过安装温度传感器，可以实时监控设备工作时的温度变化，并结合冷却系统进行自动调节，确保材料在安全温度范围内加工。

实时监测技术的引入，不仅提高了锂电池极片生产的自动化水平，还增强了对生产过程的管控能力。这种技术为保证产品质量、提升生产效率和降低生产成本提供了有效手段，推动了锂电池制造行业的现代化与智能化进程。通过不断优化监测系统，将进一步提升极片的性能，为电池产业的可持续发展贡献力量。

5 优化压力控制的经济效益与可持续发展潜力

优化压力控制在锂电池极片生产中不仅提升了产品性能，还带来了显著的经济效益与可持续发展潜力。首先，通过科学的压力控制，极片的密度和均匀性得到改善，这直接关系到电池的能量密度和循环寿命。随着电池性能的提升，制造商能够在市场上提供更具竞争力的产品，吸引更多消费者，从而增加销售额和市场份额。

从经济角度看，优化压力控制的过程中，能够有效降低材料的浪费和生产成本。通过实时监测技术，生产线能够及时调整压力和其他关键参数，减少因不当压实造成的次品率和材料损耗。根据研究，优化后的生产流程可将材料浪费降低 20%以上，显著提高了资源利用效率。长期来看，这种减少材料损耗的措施不仅能降低生产成本，还能提高企业的盈利能力。

在可持续发展方面，优化压力控制有助于推动锂电池制造过程的绿色转型。随着全球对环境保护的关注增加，制造行业面临着更严格的环保法规。通过改进生产工艺，降低能源消耗和资源浪费，企业能够减少碳排放，降低环境影响。例如，优化后的生产线在能耗方面可以减少 10%～15%，有效降低了生产过程中的碳足迹。

此外，提升极片的循环寿命和能量密度意味着电池的使用寿命延长，减少了电池的更换频率，从而减少了电子废弃物的产生。更高效的电池不仅提升了电动车及可再生能源储存系统的整体性能，还推动了整个行业向低碳经济转型。

在全球市场竞争日益激烈的背景下，持续改进压力控制技术将为锂电池制造商提供新的增长点。通过投资于先进的监测与控制系统，企业能够在降低生产成本的同时，提升产品质量和市场竞争力。此外，研发新型环保材料与优化生产流程的结合，将为行业的可持续发展提供更广阔的空间。

综上所述，优化压力控制不仅能够直接提升锂电池的性能和生产效率，还为企业带来了显著的经济效益与可持续发展潜力。随着技术的不断进步，未来锂电池制造将迎来更多创新与机遇，推动行业走向更高效、绿色和可持续的发展道路。企业在追求经济利益的同时，也应当关注环境保护，实现经济与生态的双赢。

6 结语

优化压力控制在锂电池极片生产中发挥了重要作用，不仅提升了极片的性能，还带来了显著的经济效益与可持续发展潜力。通过实时监测技术的应用，生产过程中的压力、温度和速度等关键参数得以精确调控，从而提高了极片的密度和均匀性，延长了电池的循环寿命。此外，降低材料浪费和能耗的同时，促进了资源的高效利用，助力企业在环境保护方面的承诺。随着技术的不断进步，未来锂电池制造行业将面临更多创新与机遇，实现经济效益与生态保护的双赢。因此，优化压力控制不仅是提升产品质量和竞争力的关键，更是推动整个行业向绿色可持续发展转型的重要举措。

[参考文献]

[1]裴敬龙.锂离子电池正极片辊涂存在的问题及解决措施[J].新疆有色金属,2012,35(2):112-113.
[2]曹稚英,江正贤.锂电池辊压工艺品质控制手段综述[J].装备维修技术,2021(6):33-36.
[3]李夕楠.锂电池极片辊压机电磁感应加热轧辊结构优化与性能研究[D].秦皇岛:燕山大学,2023.
[4]肖述文.热辊压机轧辊加热过程热应力分析和试验研究[D].湖北:武汉科技大学,2015.

作者简介：侯延胜（1990—），男，河北省邢台市信都区，中级工程师，2014 年 6 月毕业于河北科技大学理工学院机械设计制造及自动化专，现主要从事机械设计和液压设计，现主要从事锂电辊压机机械设计和液压设计。

Copyright © 2024 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

辊压机电气控制系统的故障诊断与维护技术

侯亚斌
邢台纳科诺尔精轧科技股份有限公司，河北 邢台 054000

[摘要]辊压是锂电池极片制造过程中的关键工艺，其精度直接影响到锂电池的性能。辊压机作为实现这一工艺的主要设备，其电气控制系统的稳定性和可靠性至关重要。然而，辊压机的高效运行离不开其电气控制系统的支持。作为复杂的机电一体化设备，电气控制系统负责监测和调节辊压机的各种工作参数，确保设备在最佳状态下运作。此外，该系统还可以通过实时数据反馈，及时调整操作策略，以应对不同的生产需求，从而提高整体生产效率，降低能耗。因此，完善和升级电气控制系统对于辊压机的性能提升至关重要。

[关键词]辊压机；电气控制系统；故障诊断；维护技术
DOI：10.33142/sca.v7i11.14187　　中图分类号：TQ172.6　　文献标识码：A

Fault Diagnosis and Maintenance Technology for the Electrical Control System of the Roller Press Machine

HOU Yabin
Xingtai Nakonor Finishing Mill Technology Co., Ltd., Xingtai, Hebei, 054000, China

Abstract: Roll pressing is a key process in the manufacturing of lithium battery electrodes, and its accuracy directly affects the performance of lithium batteries. As the main equipment for implementing this process, the stability and reliability of the electrical control system of the roller press are crucial. However, the efficient operation of the roller press relies on the support of its electrical control system. As a complex electromechanical integrated equipment, the electrical control system is responsible for monitoring and adjusting various working parameters of the roller press to ensure that the equipment operates in the best state. In addition, the system can adjust operational strategies in a timely manner through real-time data feedback to meet different production needs, thereby improving overall production efficiency and reducing energy consumption. Therefore, improving and upgrading the electrical control system is crucial for enhancing the performance of the roller press.

Keywords: roller press machine; electrical control system; fault diagnosis; maintenance technology

辊压机作为一种重要的工业设备，其电气控制系统的正常运行对于生产过程的稳定至关重要。本文将介绍辊压机电气控制系统的故障诊断与维护技术，结合实际数据和表格，为相关技术人员提供有益的参考。

1 辊压机电气控制系统概述

辊压机的电气控制系统是其运作的核心部分，主要包括变频器、PLC 控制器、传感器和执行器等关键组成模块。这些组件协同工作，确保辊压机能够高效、稳定地运行，同时满足各种生产要求。变频器作为调速装置，其主要功能在于调节电机的转速，从而实现对辊压机工作速度的精准控制。通过调整输入电压和频率，变频器可以灵活应对不同的生产工艺需求，使得辊压机在负载变化时依然保持良好的性能[1]。

PLC 控制器是整个电气系统的大脑，它负责接收来自传感器的信息，并对执行器发出指令。PLC 的编程可以根据生产流程进行灵活调整，这使得辊压机的操作可高度自动化，降低人工干预的需求。此外，PLC 还能实时监测设备状态，确保在出现故障或异常情况时及时报警，并采取相应的安全保护措施，保障设备和人员的安全。传感器在这一系统中扮演着眼睛的角色，通过检测压力、温度、运动状态等参数，将实时数据反馈给 PLC 控制器。这些信息不仅用于实时控制，还能为后续的数据分析和优化提供基础。最后，执行器则是将控制信号转化为物理动作的装置，它们负责调节辊压机的各项操作，如开关阀门、调整压力等。通过精确的控制，确保辊压机在高效率和高安全性的条件下进行生产。因此，辊压机的电气控制系统不仅提升了生产效率，还大幅提高了运营的安全性和可靠性。

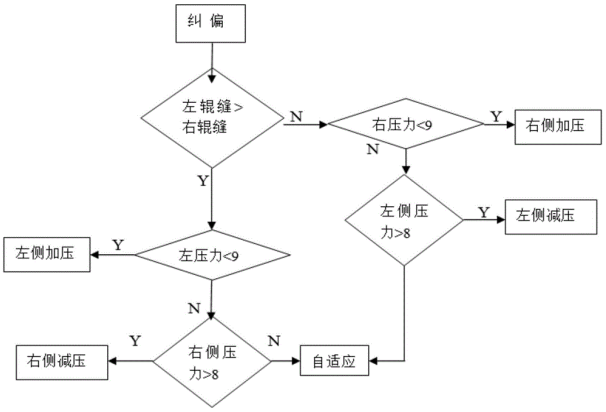


图 1　控制流程

Copyright © 2024 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

2 故障诊断

2.1 故障诊断方法

2.1.1 直观检查法

在工业自动化与智能生产中，传感器系统作为“数字化世界的眼睛和耳朵”，对于工厂运营的安全性和效率至关重要。通过综合使用视觉、听觉、触觉以及压力、温度、湿度、振动等各种类型的数据采集和感知设备，技术人员能够实现对设备和环境的状态监控，并进行高效的故障预判和诊断。现代工业设备往往集成有高清摄像镜头或先进的光学成像系统。通过实时图像识别和机器视觉技术，这些设备能够在第一时间捕捉到工作环境或设备表面的任何异常变化，例如磨损、裂纹、变色或者其他可能导致功能降低的特征。举例来说，在一个精密的机械制造工区，安装于特定位置的高分辨相机可以每秒数百次地获取机器部件的高清图像。这些图像被即时传输至分析算法处理。一旦识别到表面损伤超过预设阈值或者检测到异常模式的形成，则系统立即发出预警，并标记具体的损伤区域，从而快速锁定潜在故障源头[2]。

在许多工业流程中，声音不仅是沟通的媒介，还揭示了设备内部动态和健康状态的关键信息。微弱的噪音波动、异常频率、不和谐的声音节拍都可以被专业的振动分析设备所记录，这有助于判断机器的运行质量是否下降。比如，在电力行业，变压器等大型用电设施运行的平稳性直接关联着系统安全。使用高频麦克风阵列监测变压器周围区域的噪声谱。通过对比不同运行时间段下的声音信号，工程师能及时发现可能的气隙放电、局部过热等风险情况。这种早期警告系统大大提高了预防性维护的有效性，防止了突发事故的发生。触觉与物理交互设备通常用于精密制造领域，如电子组装线或机器人装配站，通过接触式探测器感知组件之间的摩擦、弹性或硬度的细微变化，以此检测零部件的质量、装配过程中的应力应变情况，乃至材料的化学特性。一种示例为装配过程中的扭矩感应器，其通过测量螺丝旋入过程的精确阻力变化来确认螺钉插入角度是否正确、力是否达到规范。这种非接触的扭矩感应技术不仅提升了精度和自动化水平，还避免了物理损伤对产品质量的影响。

2.1.2 仪器检测法

检测电气元件性能与查找故障点，对于维护电子设备、提高系统运行稳定性的过程至关重要。在这个复杂的过程中，不同类型的测量仪器各显神通，协同作用于问题的全面解析与精准定位。假设我们的目标对象是一个工厂生产线上的小型电机控制器。首先启动的是万用表，这是一台基础且必不可少的工具。我们将重点关注电机控制板的关键参数：电压、电流以及电阻值。比如在设定状态下，电机正常工作时应有恒定的直流输入电压约在 24 伏特左右（假设为 V），并伴随稳定的峰值电流不超过 3 安培（A）。同时，电路板上的各种分立组件或芯片，比如场效应晶体管（MOSFET）等的关键接触电阻应在规定值以下，以确保电气通路的完整性无损[3]。

通过连接到电机控制器的重要端子，并开启高分辨率模式下捕捉波形信号，观察到正常的运行时应呈现出平滑、稳定的波峰和谷底，这意味着电机控制器能有效处理信号和电流，无明显的抖动或者噪声干扰存在。异常波形则往往预示着电路故障或者外界电磁干扰的侵扰，比如突然间的脉冲噪声或是非预期的震荡情况，都需要进一步的排查和处理。红外测温仪则是寻找温度不一致之处的利器。我们在设备工作期间对各个发热元件、线路连接点、散热片等进行快速扫描和温度记录。假设有部分关键电子元件（如 MOSFET）在运转后，显示了比其他部分高出 2 到 3 摄氏度的现象，则很可能是由于其散热效果较差或是负载过重引起的。这样的信息有助于精确判断故障起始区域以及可能原因，从而进行针对性改进或更换元器件以改善整个设备的工作效率和寿命。

2.1.3 软件诊断法

利用专业级的自动化控制系统软件（如 PLC、SCADA 或 DCS 系统等）来执行实时监测任务，能够有效增强操作流程的安全性和稳定性，并能通过精确的数据分析来早期预判可能发生的设备故障和系统异常。这种集成解决方案不仅可以即时响应数据，还通过预测性的维护策略大大节省了维护成本，避免了紧急状况下因设备失效导致的巨大生产损失。例如，在化工生产中，通过实时监测各生产单元的操作参数（比如压力、温度、流量及成分百分比等）及其随时间变化的趋势，系统软件可以自动捕捉到超出预设值的变化情况，并迅速生成报警。在数据的深度分析下，即使是在微小数值波动背后隐藏着潜在的故障征兆，软件也具有高精度捕捉能力。此外，通过对历史数据的聚类分析，软件能够识别出不同生产条件下的常见趋势与不寻常趋势，并以此建立一个风险预警模型。这不仅可以针对当前运行环境及时做出调整，还可以预测即将面临的可能影响效率与安全的隐患[4]。

以 SCADA（Supervisory Control And Data Acquisition，监督控制系统与数据采集系统）为例，该系统通过在多个分散的地点采集数据并集中处理、分析这些信息，实现了全方位监控。其关键在于，通过与各种硬件设备相连实现连续性实时监测（如温度传感器、湿度感应器和阀门开关状态等），然后运用高级算法对这些信息进行实时处理与可视化展示。SCADA 系统能够根据特定的规则或模型来识别出设备可能出现的问题或故障模式，比如突然的压力降低或温度超限，并立即向运营人员发出警示信号。通过集成人工智能技术如机器学习和深度学习模块于 SCADA 或相关的控制系统软件中，不仅可以增强故障预判的精准度，更能够提供动态优化的决策依据。例如，使用时间序列预测模型来预报未来某个时间段的能源消

Copyright © 2024 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

耗或者生产产出，这不仅有利于进行生产计划的有效安排，也可以指导节能减排策略的实施，提升工厂资源使用效率。

2.2 实际故障案例分析

实际故障类型、故障原因、诊断方法以及处理措施见表 1 所示。

表 1 辊压机电气控制系统故障案例

故障类型	故障原因	诊断方法	处理措施
变频器故障	变频器内部元件损坏	软件诊断法结合仪器检测法	更换损坏元件
传感器故障	传感器接线不良或损坏	直观检查法结合仪器检测法	调整或更换传感器
PLC 控制器故障	PLC 程序错误或硬件损坏	软件诊断法结合直观检查法	修改程序或更换硬件
执行器故障	执行器电机损坏或驱动电路故障	仪器检测法结合直观检查法	更换电机或修复驱动电路

3 维护技术

3.1 日常维护

定期对辊压机电气控制系统进行全面的运行状态评估是提高生产线效率与确保生产安全的必要步骤。具体实施过程涉及对各个核心组件的深度监测、清洁维护和性能检查，以此保持系统的最佳运行效率。对变频器而言，其核心功能是对电流与电压的调节实现电机高效、平稳的运转，而定期检查以确保护压机能以理想功率与速度运作至关重要。通过记录每次运行的电流和电压参数、电机转速与负载变化数据，可以识别系统运行中的异常趋势。例如，在某一特定生产周期内，如果检测到电机的平均负载率增加了 5%，那么这意味着可能是生产流程有轻微调整或设备运行条件发生变化，需要进行详细的技术分析以确定并解决潜在问题。同时，根据这些实际测量结果定期校准与微调变频器参数是提升设备效能的有效策略[5]。

针对位于生产核心的 PLC 控制器，对其编程逻辑进行常规审查是保证系统高效协调的关键所在。例如，通过对历史生产数据的分析统计（比如每个班次的生产良率、故障频率等指标），可揭示特定控制策略的优势和劣势。如果某控制模块在其操作频率最高的时间内表现出较高故障率，则应针对性地修改该部分逻辑代码，比如引入自检和容错机制、细化操作阈值、或是通过并行计算提高反应速度。此类基于实际运行结果的策略调整，能够直接提升生产流程的流畅性和可靠性，减少意外中断带来的经济损失。灰尘、污渍及油脂沉积物均会损害传感器敏感度与执行动作准确性。定期清洗和维护有助于提升这些部件的灵敏度和响应速度，如利用无腐蚀性的溶剂清洗电磁兼容组件、擦拭振动监测装置以除去油斑，或者检查压力表接头是否存在磨损。同时，检查执行器运动范围是否在设计规格之内，调整松旷或卡滞的部分可以极大避免因机械失效引发生产中断。数据记录这部分保养措施的实施频率与效果评估对于持续优化生产过程同样重要。电气连接不良可能会引发多种隐患，从简单的系统不稳定到更为严重的电路短路风险皆是如此。定期对所有连接端子进行目测和力矩测试，是预防因接点氧化、腐蚀、磨损导致故障的重要措施。比如，在生产高峰期前后进行一次全面紧固检测，并在记录中详细标明需要加固或更换连接处的位置与状态。使用专业紧固工具与导热油脂，以提升电气线路的安全可靠性，并确保在高压和高电流环境下系统依然保持稳定的信号传输。

3.2 定期维护

为了确保变频器和 PLC 控制器的运行效率，定期的软件升级至关重要。以某家工厂为例，在 2023 年的升级过程中，变频器软件版本从 V1.2 改为 V2.0，这一更新使得控制系统的响应速度提高了 20%，并且能耗降低了 15%。这样的提升不仅减少了电费支出，还延长了设备的使用寿命。在保养电气控制系统的过程中，针对易损件的更换显得尤为重要。例如，经过一年的运转，其中一台变频器的风扇受到了磨损，需及时替换，以保证散热效率。在此期间，通过每季度清洁散热片，温度保持在 60℃以下，有效避免了过热导致的系统故障，此措施帮助工厂实现了 98%的正常运行率。全面检测是保障系统稳定的重要环节。在 2024 年的一次评估中，技术团队发现某 PLC 控制器的输入端口信号弱，及时进行了信号放大器的更换。经过检测，这一措施消除了潜在的通信不良可能，提升了数据传输的稳定性。同时，系统的检测报告显示，各项指标均在安全范围内，确保生产过程顺畅。这些结合实际的数据不仅展示了软件升级和系统维护的重要性，也为今后的操作提供了有效的参考依据。通过科学管理与定期检修，可以最大程度地发挥设备性能，实现高效生产[6]。

4 结语

辊压机电气控制系统的故障诊断与维护对于保障设备正常运行具有重要意义。本文介绍了辊压机电气控制系统的故障诊断方法与维护技术，并结合实际数据和表格分析了故障案例。相关技术人员应掌握这些方法和技术，以确保辊压机电气控制系统的稳定运行。

[参考文献]

[1]王希娟,张栓记,冯京晓,等.辊压机常见故障保护跳停分析及处理[J].矿山机械,2011(7):1.
[2]游银涛,周健,韦新鹏,等.一种基于 PLC 和远程控制的辊压机轴承润滑智能系统[J].价值工程,2022,41(33):82-84.
[3]王昕悦,赵伟刚,刘丽丽,等.分布式 I/O 在辊压机控制系统的应用[J].矿山机械,2022,50(11):37-41.
作者简介：侯亚斌（1992—），男，汉，籍贯：邢台市内丘县内丘镇凤凰村 181 号，2015 年 6 月，唐山学院测控技术与仪器，本科，专业：电气自动化。

Copyright © 2024 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

基于 STM32 的循迹避障机器人设计

周占伟
成都九上科技有限公司，四川 成都 610041

[摘要]为设计一款能够在按照既定路线行进，且运行中遇到障碍物时及时自动绕行的循迹避障机器人。本篇文章根据拟达到的目标，对系统结构进行了布局，确定了以 STM32F103ZET6 为主控制器、超声波传感器模块、电机驱动模块等相融合的设计方案。并完成了系统的硬件设计、软件设计以及实物模型的制作。通过对该机器人进行了三次性能测试可知，从绕障时间、与障碍物的距离以及返回位置的偏离度三个指标显示，其运行时间稳定、避障精度也达到了预设目标，即实现了合理化的方案设计。该设计对于实现机器人的智能化、自动化的场景应用具有良好的工程价值。

[关键词]STM32；循迹避障机器人；性能测试；避障精度
DOI：10.33142/sca.v7i11.14188　　中图分类号：TP2442　　文献标识码：A

Design of Obstacle Avoidance Robot Based on STM32

ZHOU Zhanwei
Chengdu Jiushang Technology Co., Ltd., Chengdu, Sichuan, 610041, China

Abstract: In order to design a tracking and obstacle avoidance robot that can automatically navigate around obstacles in a timely manner while following a predetermined route. This article laid out the system structure based on the intended goals, determined a design scheme that integrates STM32F103ZET6 as the main controller, ultrasonic sensor module, motor drive module, etc., and completed the hardware design, software design, and physical model production of the system. Through three performance tests on the robot, it was found that the running time was stable and the obstacle avoidance accuracy met the preset goals, as indicated by the three indicators of obstacle avoidance time, distance from obstacles, and deviation from the return position, achieving a rational design scheme. This design has good engineering value for the application of intelligent and automated robot scenarios.

Keywords: STM32; tracking and obstacle avoidance robot; performance testing; obstacle avoidance accuracy

随着智能机器人在各种场景中的应用越来越广泛。其行走的适应性要求也在不断提升。其中，遇见障碍物时的自动绕行功能则是最基础且关键的技术。因此，对移动机器人进行自动绕行功能研究，具有良好的应用价值。

近年来，国内许多高校和企业都对自动绕障行走机器人做了大量的研究。例如：2022 年，沈阳工业大学李世超在设计物料配送机器人时，采用了 AGV 动态路径规划方法，建立了系统的数学模型，并筛选出了优化的实时路径设计方案[1]；同年，河南科技大学谢赛宝、刘春阳等人采用 PRM-D*路径规划法，使避障机器人的动态障碍物识别准确率达到了 80%，并提升了系统的鲁棒性[2]；2023 年，国网上海市电力公司信息通信公司朱玺对于地形比较复杂的巡检机器人避障方案设计中，以历史数据为基础，构建其运动模型，并将安全距离、惩罚因子函数等要素考虑在内，实现了机器人在不同障碍物条件下运行的良好控制效果[3]；2024 年，安阳工学院吴静松及耿振铎采用改进 BP-PID 控制的方式提升了不同环境下机器人移动的避障效果[4]。上述研究表明，自动绕障机器人的运行效果与主控制器、传感器以及算法等因素关联较大。因此，本文以循迹避障机器人为设计对象，以预设的避障效果为目标，从系统硬件设计和软件设计两个方面进行研究，拟达到预期的避障精度。

1 系统方案

1.1 系统结构

在机器人的系统结构布局中，根据其避障绕行的功能。拟确定的结构包括：主控制器、超声波测距模块、电源模块、电机驱动模块以及三路灰度模块等。其中，机器人的行走机构设定为轮式[5]。在结构布局时，机器人的正面和左、右视面分别布置超声波传感器模块进行障碍物识别。并通过软件编程，设定障碍物距离阈值。同时，主控制器还与电机模块配合，通过传送指令，适时驱动电机运行，从而带动行走机构动作。为了让机器人能够在起始点精确停靠，系统还设置三路灰度模块，通过检测颜色来确定起始点，并由主控制器控制其启停。系统的布局如图 1 所示。

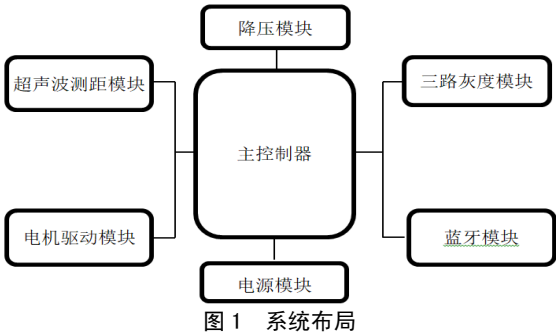


图 1　系统布局

Copyright © 2024 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

1.2 方案选择

1.2.1 主控制器方案选择

在主控制器方案的选择中，需要从 3 个方面进行考虑：（1）机器人按预设路径行驶的精度；（2）控制系统的响应速度；（3）机器人运行中障碍识别的精度以及启停控制的及时性。综上所述，本文主控制器类型确定为 STM32F103ZET6[6]。原因在于：（1）该类型的单片机外设资源种类较多，对各种场景的应用需求都能满足；（2）运算速度快，能够满足高性能的使用需求；（3）存储空间较大。其 Flash 最大为 512K，最大 64K 字节的 SRAM（静态随机存取存储器）。

1.2.2 测距模块方案

超声波测距离传感器的类型确定为 HC-SR04[7]。原因在于：该传感器是基于超声波回波测距原理来检测机器人和障碍物之间的距离。该特点使得这类型的传感器具有较快的响应速度、较高的测量精度。

1.2.3 定点停位方案

对于机器人的定点停位方案而言，主要采用灰度传感器来实现。该传感器的工作原理是根据各检测面的颜色不同导致对光反射程度的差异性，使得光敏电阻检测不同返回光时，其阻值也呈现差异性，从而输出高低电平。该方案设计的特点是机器人对于定点停位的地面颜色的可控性较高，能够比较精确地让机器人停在指定位置。

2 系统硬件与软件设计

2.1 系统硬件设计

2.1.1 主控模块

本文选择了 STM32F103ZET6 单片机作为主控。其控制电路如图 2 所示。

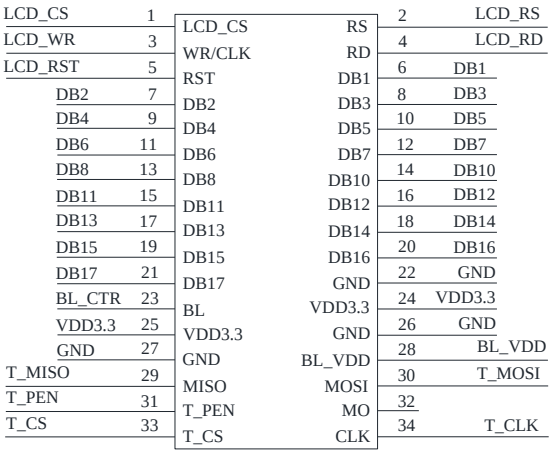


图 2 主控芯片电路图

2.1.2 超声波传感模块

HC-SR04 超声波传感器具有良好的环境适应性。机器人在不同场景下的运行中，该传感器对各场景的光线情况没有特殊的要求。该传感模块在工作时，先通过发射器发射出超声波，再利用接收器接收反射波，根据系统的计算，最终得到障碍物的距离值。超声波传感器模块如图 3 所示。

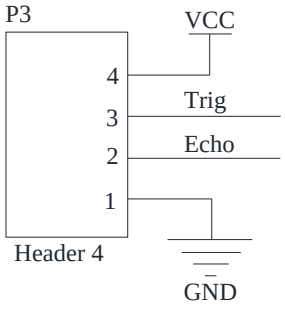


图 3 HC-SR04 超声波传感器模块

2.1.3 电机驱动模块

在电机驱动模块的设计中，采用的是 L298N 模块[8]。在机器人运行中，该模块驱动四台直流电机的运行，从而带动机器人轮式结构的行进。在该模块的设计中，采用 PWM 来控制引脚 A 和 B。与此同时，通过将 IN1、IN2 以及 IN3、IN4 这两对引脚分别连接到高电平和低电平。如此一来，主控制器中的两个端口输出的 PWM 信号便能够有效控制端口 A 和 B，从而实现机器人的直线行走、转弯以及速度控制等功能。该电机驱动模块的原理如图 4 所示。

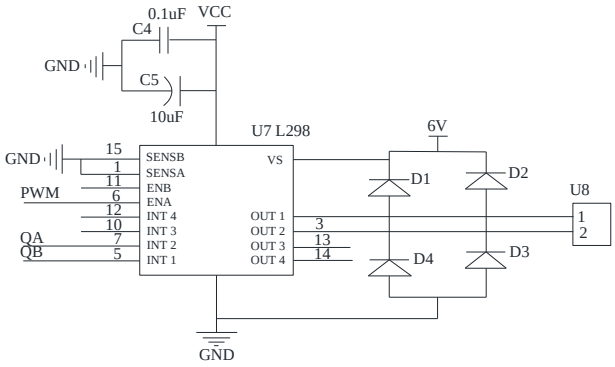


图 4 电机模块

2.1.4 电源模块

为达到机器人运行时整个系统的电能使用要求，本文选择 DC-DC 电压转换模块作为电源模块，型号 AMS1117[9]。电源模块的电路原理如图 5 所示。

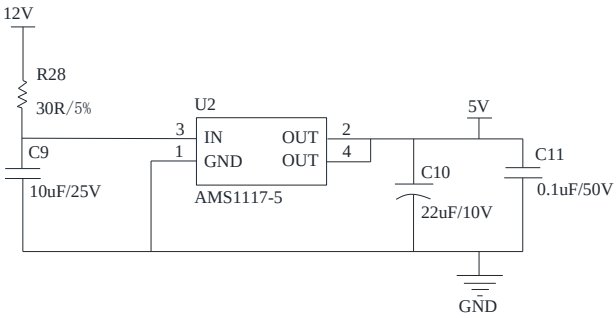


图 5 电源模块

2.1.5 三路灰度传感器模块

三路灰度传感器模块电路原理[10]如图 6 所示。

Copyright © 2024 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

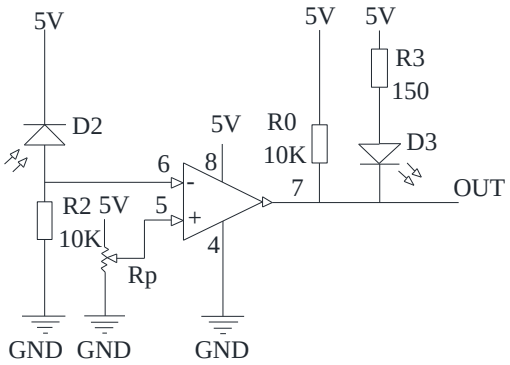


图 6　三路灰度传感器模块

2.2 软件设计

在系统的软件设计中，可以设计为双模式的形式，并设置按键进行不同的模式选择。主要包括：（1）绕障个数为两个；（2）绕障个数为三个及以上。当系统开始运行时，超声波传感器随机动作，开始对障碍物进行距离检测，并将检测信号反馈至主控制器。在该环节中，通过编写程序让主控系统对电机驱动模块发送动作指令，驱动机器人行进，然后，在既定的位置标记黑色记号，并通过机器人上的灰度传感器识别，当检测到黑色标记时，机器人就会随即停车。

软件设计的整体流程如图 7 所示。

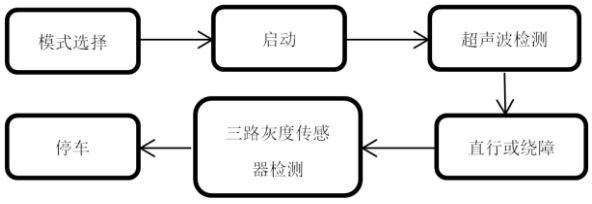


图 7　程序设计流程图

3 系统性能测试

完成系统的硬件和软件设计后，该设计方案是否合理，需要进行性能验证。因此，本项目按照设计方案制作了机器人模型，并进行性能测试。测试的内容包括机器人运行时的避障效果和停车时的位置准确性。

3.1 系统测试步骤

对于机器人系统的性能测试而言，主要的步骤为：

（1）确定机器人的行车段数。机器人的行车段数较少，则测试结果可能存在偶然性。因此，需要取样足够的行车段数，使得测试结果更加准确。

（2）数据测试与记录。对机器人行进轨迹中的一些位置进行标记。同时，布置一些障碍物。当机器人动作时，对相应的数据进行记录。例如：机器人检测到前方有障碍物时，其停车、绕行动作时，测量与障碍物两侧之间的距离，机器人停车时与停车标记之间的偏差等。

（3）时间记录。测试时，记录整个机器人直行、绕障、返回的完整时间。

（4）统计、分析以及计算数据，判断机器人的性能。

3.2 测试结果分析

本次小测的测试次数合计 3 次，要求绕障时，距离障碍物的左右距离为 15cm，机器人来回到停车点的位置偏差不超过 4cm。部分测试数据如表 1-3 所示。

表 1　测试时间数据

绕障段数	时间（s）			平均时间（s）
	第 1 次	第 2 次	第 3 次	
3	7.61	7.13	7.88	7.54
5	13.84	14.16	13.72	13.91
7	22.67	22.12	22.35	22.38

从表 1 所示的测试时间数据来看，绕障段数相同时，每次测试所花的时间略有偏差，但从偏差的具体数值来看，属于一个比较小的范围，几乎可以忽略，由此可以认为，该机器人在运行轨迹和绕障段数相同时，所需时间比较稳定，即机器人的驱动效果性能良好，行走机构的运行比较稳定。

通过对机器人绕行障碍物进行机器人位置与障碍物偏离位置进行距离测试，限于篇幅，本文仅取前 3 个障碍物的测试数据进行说明，具体结果如表 2 所示。

表 2　机器人绕行时与障碍物距离

障碍物序号	第 1 次测试		第 2 次测试		第 3 次测试	
	左（cm）	右（cm）	左（cm）	右（cm）	左（cm）	右（cm）
1	14.78	15.36	15.02	15.11	15.49	15.85
2	15.31	15.48	15.95	15.52	14.89	15.87
3	15.05	15.73	14.92	15.04	15.33	15.61

从表 2 所示的距离测试可以看出，虽然机器人的 3 次绕障行驶中，和障碍物左右两侧的距离均有不同，但从具体的数值偏差来看，处于一个比较小的范围。预设的理论距离值为 15cm，而每次的实测结果均与 15cm 的理论值偏差较小。因此，可以说明机器人与障碍物的距离满足预期要求。

机器人出发时，标记出发点，当返回停车位置后对偏离度进行测试，取绕障数为 3，4，5 时，结果如表 3 所示。

表 3　位置偏离度

绕障数	偏离度		
	第 1 次测试（cm）	第 2 次测试（cm）	第 3 次测试（cm）
3	3.57	3.12	3.38
4	2.98	2.83	2.86
5	3.21	3.36	3.04

由表 3 所示的位置偏离度来看，机器人从起始位置按照既定路线行驶，再返回后，确实存在一定的偏离度，且绕障数量的不同，偏离度也不一样。但从偏离的数据来看，同样的绕障数，每次测试时，位置的偏离度比较稳定。且从三种不同的绕障数条件下的测试结果来看，偏差的位置均不超过 4cm，满足预期的要求。综上所述，该机器人的

Copyright © 2024 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

设计方案比较合理，各项测试数据达到了设定的目标。

4 结论

在对循迹避障机器人设计时，对根据其具体的功能，对基本的结构进行了布局，并完成了系统硬件和软件的设计，最后制作了实物模型并进行测试。良好的结果显示该系统的设计比较合理，达到了预期目标。下一阶段的工作，将继续完善该系统的各模块设计与调试，达到持续优化性能的目的。

[参考文献]

[1]李世超.基于实时避障的 AGV 动态路径规划研究[D].沈阳:沈阳工业大学,2022.
[2]谢赛宝,刘春阳,陈帆,等.基于视觉的自主机器人障碍识别与路径规划[J].电子测量与仪器学报,2022,36(12):185-192.
[3]朱玺.考虑行进避障的巡检机器人编队队形自动控制方法[J].电子设计工程,2023,31(24):118-121.
[4]吴静松,耿振铎.采用改进 BP-PID 控制的机器人避障仿真研究[J].中国机械工程学报,2024,22(4):437-441.
[5]常微,于福龙,卢元利,等.一种无人值守巡检机器人行走机构的设计研究[J].中国设备工程,2023(20):34-36.
[6]尹成娟,张晓荣,郭栋梁,等.基于 STM32 的多功能控制面板设计[J].电子制作,2023,31(19):59-62.
[7]王永彬.基于 HC-SR04 模块的高精度超声测距系统[J].科技与创新,2023(17):57-59.
[8]李鹏.基于 L298N 的直流电机调速系统[J].电子测试,2022,36(21):37-40.
[9]陈桃.基于改进模糊 PI 控制的双有源桥 DC-DC 变换器[J].计算机技术与自动化,2023,42(4):1-8.
[10]徐贤,高小慧,李羽晴,等.基于 STM32 单片机的智能送药小车设计[J].电子制作,2024,32(6):37-40.

作者简介：周占伟（1991.4—），男，工程师，本科，主要从事嵌入式方面的研究。

Copyright © 2024 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

医疗单体建筑土建与智能化系统交叉管理分析

魏文贺
北京时代凌宇科技股份有限公司，北京 100012

[摘要]医疗单体建筑土建与智能化系统交叉管理工作的开展，是保障运行效率，规避不良风险的关键保障。文中立足智能化系统的应用目的，阐述了土建及智能化系统主要管理内容，以此总结交叉管理要点，通过落实完善项目组织机构、有效把控建设进度、明确系统建设需求、强化安全环保管理等举措，创造有利的建设条件，指引管理方从中获得可靠信息，充分展现智能化系统的实践作用。

[关键词]医疗单体建筑；土建工程；智能化系统；交叉管理；建设进度
DOI：10.33142/sca.v7i11.14199　　中图分类号：TU201　　文献标识码：A

Analysis of Cross Management between Civil Engineering and Intelligent Systems in Medical Single Building Construction

WEI Wenhe
Beijing Timesloit Technology Co., Ltd., Beijing, 100012, China

Abstract: The cross management of civil engineering and intelligent systems in medical single buildings is a key guarantee for ensuring operational efficiency and avoiding adverse risks. Based on the application purpose of intelligent systems, this article elaborates on the main management contents of civil engineering and intelligent systems, summarizes the key points of cross management, and creates favorable construction conditions by implementing measures such as improving project organizational structure, effectively controlling construction progress, clarifying system construction requirements, and strengthening safety and environmental protection management. It guides management to obtain reliable information from it, fully demonstrating the practical role of intelligent systems.

Keywords: medical single building; civil engineering; intelligent system; cross management; construction progress

引言

早在2007年卫生部就公布了20家数字化试点示范医院名单，自此加强医疗建筑信息化项目建设已成为主流趋势。为进一步改善建筑内部智能化系统运行质量，理应结合土建管理标准完善交叉管理计划，保证在管理者指导下，智能化系统得以全方位应用，以此满足医疗行业智能化发展改革需求。

1 医疗单体建筑中智能化系统的应用目的

1.1 促进节能降耗

医疗单体建筑中安装并应用智能化系统，是医院信息化项目建设环节的重要事项。究其根本智能化系统具备促进医疗机构达成节能降耗目标的辅助作用。所谓智能化系统多指的是排队叫号系统、医护对讲系统、心脏监护系统、手术示教直播系统、信息发布系统、智慧消防系统、楼宇自控系统、能源管理系统、等，在其运行中能充分提高医疗资源利用率，并打造绿色安全的服务环境。尤其是楼宇自控系统，还能促进电能、水资源、照明资源的合理配置，以集中管理的方式，结合内部空间实际需求，以调节照明开关、空调设备、供水装置等，就此减少能耗，也能在自动化控制场景内增加环境舒适度。另外，医疗单体建筑中应用的智慧消防系统，还可预判安全隐患，智能化开展消防安全保障工作，由此减少内部火灾事故发生率。故智能化系统应用后确有节能降耗效果。

1.2 实现高效诊疗

医疗单体建筑中所用智能化系统所属种类较为多样，其中机器人辅助手术系统及手术示教直播系统等，都能助力医护人员实现精准化诊疗，并掌握丰富经验与实操技巧，继而在控制手术风险之上，达成高效诊疗目的。而且诸如此类系统，还可充当医护人员的诊疗助手，使其无论在术前诊断还是术中治疗部分，均可增加诊疗准确度，进而获得可靠的临床诊疗成果[1]。

1.3 优化服务质量

医疗单体建筑建成后主要以患者为服务对象，而智能化系统的应用能够为患者提供智能化服务，使之在挂号候诊、诊断报告查询等多项场景内，均能享受到便捷化服务。另外，该系统还能创造远程会诊条件，保证疑难病患就诊时能得到国内外专家学者的综合诊断，就此提升医疗服务质量。

源于医疗单体建筑建设工程具有医疗服务性质，因此值得加强智能化系统的高质量建设，以达到高效优质服务效果，并兼顾土建管理内容强化管理职责。

2 医疗单体建筑土建与智能化系统主要管理内容

医疗单体建筑建设环节，土建与智能化系统为重要建

Copyright © 2024 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

设内容，要想提升交叉管理有效性，必然要先行了解各项建设管理主要内容，随即经过整合后确认交叉管理重点，保证项目竣工后医疗单体建筑既有质量合格的土建基础，又有智能化系统持稳运行环境。

2.1 土建管理

关于土建管理事项，常见的有混凝土建设管理、桩基管理等。只有保障医疗单体建筑土建质量，才能为智能化系统打造优良的运行环境，否则可能影响系统使用功能。土建管理侧重于混凝土质量管理部分，要求管理者监督相关人员在建设混凝土结构时，其开挖深度、沟槽回填厚度、浇筑厚度等都要合乎项目建设方案，以此增强混凝土结构性能。尤其在浇筑环节管理者宜指导相关人员在混凝土泵送过程，按照泵送高度控制好骨料最大粒径和泵送管道管径比值，否则将降低混凝土泵送质量，即未至 50m 泵送高度，其混凝土骨料碎石和卵石对应比值应为 1∶3；1∶2.5；50m 到 100m 之间对应比值分别为 1∶4；1∶3；超过 100m 则不可高于 1∶4.5。经过该标准能实现混凝土材料的高效泵送。例如在首都医科大学附属北京友谊医院顺义院区智能化项目建设期间，专为无线网络覆盖系统搭建混凝土墙及混凝土楼板时，管理者需告知有关人员结合系统机房自由空间路径损耗水平，控制好混凝土结构建设厚度，以此为系统顺利传输通讯信号创造有利条件。

即：

$$Lbs = 32.45 + 20lgd \quad (1)$$

式（1）中 Lbs 表示自由空间路径传播损耗值；lg 为对数函数；f 表示信号传播频率（此系统为 400MHz）；d 表示传播距离。当 d 为 1m 时得出 Lbs 为 24.5dB，5m 时为 34.5dB，50m 时将达到 58.5dB。

此时在建设混凝土墙和混凝土楼板时，要想使前者损耗保持在 10dB 到 15dB 以内，后者在 15dB 到 20dB 之间。管理者需告知相关人员选用 125mm 管道泵送混凝土材料时，其浇筑厚度应在 9mm 左右，这样才能保证混凝土结构不会对系统信号传播带来高损耗影响。

2.2 智能化系统管理

在医疗单体建筑智能化系统管理中，管理者往往强调系统功能的有效维护。以综合性医院常用的排队叫号系统为例，其中施工人员（安装员）均有序完成分诊对讲软件安装、打印机组装、系统网络接线等任务。同时要求在候诊区配备主显示屏、音箱、语音箱，在诊室区域配置叫号对讲机、液晶显示屏及 IP 网络地址盒等[2]。管理者在该环节需严控软硬件设施安装质量，尤其是网络接线规范性，保证系统试运行时能具备可靠的局域网连接保障。其它智能化系统同样以系统安装质量为主要管理内容。

因土建与智能化系统建设事项多需要同步进行，故此应充分开展交叉管理工作，促使轴线相近、同一作业区域、不同分包单位均能实现同时管理，最终通过落实交叉管理事项，保证土建与智能化系统均能在工期内实现全方位建设。

3 医疗单体建筑土建与智能化系统交叉管理实践措施

3.1 完善项目组织机构

医疗单体建筑土建与智能化系统交叉管理工作的首要前提是，构建完善的项目组织机构，以便在组织成员指导下做好建设准备事项，无论是土建材料（混凝土；钢筋等）、智能化系统设备材料的准备，还是系统运行管理人员准备，都需要避免因准备不充足影响建设效率及最终运营质量。

正如上述提到的友谊医院顺义院区智能化项目，此项目为新建医疗建筑，属于一类高层建筑，总建筑面积约 241740m^2。包含门急诊、医技、住院部、后勤用房、科研办公、院内生活、汽车库、医疗单列项等用房；设计总床位数 1000 床，日门诊量 3000 人。

本项目自 2021 年 4 月份开始，到 2023 年 12 月份竣工。此项目初期施工时预计为泌尿生殖科、心血管内科等多科室提供智能化服务保障，同时还专门在该项目中提出运用 5G 通信技术、物联网技术、人工智能技术打造全流程业务闭环环境，并为医院构建全光网架构，促使在远程探视系统、示教系统、会议系统、语音电话系统、智能多媒体系统、婴儿防盗系统、无线报警求助系统辅助下，进一步提升该医院的安全舒适服务水准，同时也能增强诊疗技能。故此在交叉管理工作开展前期，编制了细致的项目组织清单，围绕智能化系统运行需求及土建管理标准界定管理职责。即配备 10 名后勤保障人员，主要以消防安全管理、基建管理、暖通系统保障管理为主，还设有科教部，承担诊疗学术教育等活动中智能化系统的运用维护管理职责。此外，由于智能化系统除了有排队叫号等便捷化诊疗服务相关系统外，还有医疗器械辅助管理系统，所以建立项目交叉管理组织时，需纳入设备安全管理人员，使之配合设备安装员及其他人员落实设备维修、运行监督、流程管理等事项。此项目共计选入 34 名项目组成员建成全范围交叉管理组织，确保完工后多种智能化系统均能拥有良好环境和突出性保障力量。

3.2 有效把控建设进度

进度管理也是交叉管理的关键内容。此次研究以上文所述项目为例，在长达 33 个月的工期计划中，为避免在土建与智能化系统建设中出现工期延误问题，专门准备 3 个月时间用于完成审查报建、图纸设计等准备性任务。而在安装排队叫号系统、示教系统等智能化系统，并为系统建立诊室土方空间时，其建设时间为 7 个月。之后对土建与智能化系统同步建设后的系统功能进行试运行与改进，以此利用 22 个月完善系统功能，使该院医疗单体建筑中搭建的智能化服务架构体系，能达成信息化建设转型要求。最终在 1 个月时间内实施竣工验收，保证系统运行后显示出智能化运行特征[3]。

Copyright © 2024 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

例如在该项目婴儿防盗系统与土建交叉管理过程中，要求相关人员在管理者指导下快速完成无线识别阅读器配置、后台综合管理平台搭建及通讯网络接线操作等任务。而且管理者还要引导有关人员在为儿科修建婴儿室时，需为系统所需运行范围建立完善的网络服务条件，保证在对应区域内遇到婴儿离开实时监测视线后能快速响应报警功能，提醒医护人员立即紧急处理婴儿盗取事件。因该系统管理中要求管理者对定位数据库、双频人员电子标签、读写器等系统结构实施有效管理，所以土建人员需在搭建科室等环节预留好系统运行设施所需空间，包括在科室出入口 0.6m 到 2m 范围内，确保建成的墙体、门窗等结构具备信号稳定传输功能，随即对该区域内的婴儿进行定位，超出监测范围后向控制中心实时发送预警信息。一般而言，在进度管理中需尽可能降低交叉建设可能性，由此方能合理提高效率。

3.3 明确系统建设需求

医疗单体建筑土建与智能化系统交叉管理，除了要完善土建条件，使系统具备安全充足的运行空间和信号传输环境外，还需使建成后的智能化系统满足既定使用需求，故此管理者需就土建管理和系统管理中重复性管理事项提出明确规定，始终以系统高效稳定运行为基础履行管理职责[4]。一般在医疗单体建筑中专门建有主机房，针对智能化系统进行集中管理与监督。此时管理者要对主机房空调容量进行科学估算，保证在多系统同时运行时降低高温风险。其中管理者具体可以根据下列公式计算出空调制冷量，随后出具空调配置管理方案，并优化机柜布置结构。

空调制冷量＝密闭模块设备总功率 × 1.2　　（2）

于该项目中主要出具两种方案：第一种为主机房内配置 25kW 制冷量的空调装置，代入公式（2）后得出系统微模块 1 中需配置 3 台空调，搭配 1 台冗余空调，且 83 个机柜对应 22 台空调。第二种为制冷量 46kW，此时系统微模块 1 需配备将近 3.6 台空调，外加 1 台冗余数量，需配备 5 台。微模块 2 与 3 则分别为 5 台、4 台，共计为主机房内的 96 个机柜设置 14 台空调。通过对空调的有效管理，能使后续系统具有更长时间的使用年限，也能避免对土建结构进行破除。

在交叉管理中因智能化系统需要网络支撑条件，因此需加强无线网络覆盖系统的优化管理。此系统要求在 AP（自动处理单元）负荷达到连接极限值后需启动拒绝连接指令，最佳连接数量为 8 个客户端，还要围绕电磁波在土建结构中穿透衰减情况，加强信号强化管理。通常处于 15cm 到 25cm 厚度的水泥墙中，系统释放的电磁波（2.4G）会产生 10dB 到 12dB 的穿透损耗值。厚度为 5cm 到 10cm 的木板墙内，最少有 5dB 的损耗。至于厚度在 3cm 至 5cm 的玻璃窗材质内，最低损耗为 6dB。客户端连接位于水泥墙土建结构的网络系统时，网络可传送有效范围少于 5m，木板墙与玻璃窗结构均为 15m。管理者可借助下列公式计算网络收发天线高度（h），以此在交叉管理者注重智能化系统在土建结构中的信号传输稳定性，始终结合系统建设需求确定交叉管理重点内容。

$$h = \frac{D^2}{8r} \qquad (3)$$

式（3）中 D 表示收发天线距离；r 表示地球等效半径（8r 多取值 50km）。

3.4 强化安全环保管理

土建管理与智能化系统管理都设有明确的安全环保目标，因而在开展交叉管理工作时，也要优化安全环保交叉管理成效。一方面，管理者要保证医疗单体建筑内部运行的智能化系统，其配备的软硬件设施具备低噪、低污染运行条件。即主机房内需集中安装交换机、网络服务器等设备，此时要选用隔音材料建设土建结构，以免对主机房外部医疗服务空间产生噪声污染，比如上述提到的工程中以双层玻璃结构为主。由于此项目中运行的智能化系统少见辐射刺激，故此管理者并未提出防辐射专项管理建议[5]。同时，对土建与智能化系统建设期间产生的包装废料等，均实施无公害回收处理，由此提高环保水平。另一方面，为提升系统运行安全及机房内人员人身安全，管理者需强调将主机房空调新风量控制在 30m³/h/人到 40m³/h/人以内，而且还要对土建及其他已完系统给予有效保护，装设保护层，以维护运行安全。另外，其主机房地板也要选择防静电材料，防止系统运行管理中因静电问题加剧安全隐患。

4 结论

综上所述，医疗单体建筑中智能化系统的应用，实则以节能降耗、高效诊疗、优质服务为主要目的，对此需结合土建与智能化系统管理内容归纳交叉管理要点，从项目组织机构、建设进度、系统需求及安全环保管理等方面着手，致使医疗单体建筑物建成后，具备良好的土建保障与智能化系统运行条件，助力医疗机构得以智能化转型，为今后推行新诊疗模式奠定有力基础。

[参考文献]

[1]张开振.土建装修工程中的施工交叉管理措施[J].散装水泥,2024(4):156-158.
[2]侯建勇.土建工程管理创新及绿色施工管理方法研究[J].城市建设理论研究(电子版),2024(20):67-69.
[3]王娇.建筑工程中水电安装与土建施工的配合研究[J].房地产世界,2023(19):124-126.
[4]张嘉民.益都中心医院新院区二期病房楼土建项目施工要点分析[J].居业,2023(3):46-48.
[5]王刚.交通土建工程施工技术分析——评《交通土建工程概论》[J].建筑结构,2021,51(21):145.

作者简介：魏文贺（1982.9—），毕业院校：中央广播电视大学，所学专业：计算机科学与技术，当前就职单位：北京时代凌宇科技股份有限公司，职务：高级工程师，职称级别：中级工程师。

Copyright © 2024 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

电气设计和自动化设计的融合探析

赵金秋
唐山晶玉科技股份有限公司，河北 唐山 064100

[摘要]在现代工业生产和智能生活领域，电气设计与自动化设计的融合趋势愈加明显。这种整合不仅推动了技术的快速进步，还为企业带来了更高的效率、显著的能耗减少以及流程的优化。通过将电气设计与自动化系统紧密结合，企业能够实现更智能的生产方式，提升整体产值和资源利用率。智能传感器与自动控制系统的结合，让实时数据监控与反馈成为可能，从而实现精细化管理和调度。文章将深入探讨这一融合的理念、具体实施方法以及成功的应用实例，以期为企业决策者提供切实可行的参考与指导。

[关键词]电气设计；自动化设计；融合探析
DOI：10.33142/sca.v7i11.14207　　中图分类号：U495　　文献标识码：A

Exploration on the Integration of Electrical Design and Automation Design

ZHAO Jinqiu
Tangshan Jingyu Technology Co., Ltd., Tangshan, Hebei, 064100, China

Abstract: In the fields of modern industrial production and intelligent life, the trend of integration between electrical design and automation design is becoming increasingly evident. This integration not only drives rapid technological progress, but also brings higher efficiency, significant energy consumption reduction, and process optimization to enterprises. By closely integrating electrical design with automation systems, enterprises can achieve smarter production methods, improve overall output value and resource utilization. The combination of intelligent sensors and automatic control systems enables real-time data monitoring and feedback, thereby achieving refined management and scheduling. The article will delve into the concept of this integration, specific implementation methods, and successful application examples, in order to provide practical reference and guidance for business decision-makers.

Keywords: electrical design; automated design; integration analysis

引言

随着科技的飞速发展，电气设计和自动化设计在现代工程技术领域中的融合趋势愈发明显。二者的结合不仅提高了设备的运行效率，同时也为工业自动化提供了强有力的技术支持。本文将探讨电气设计与自动化设计的融合，并通过数据案例进行分析。

1 电气设计与自动化设计概述

1.1 电气设计

电气设计是一项复杂而专业的领域，涵盖了电力系统各个方面的设计与实施。其核心任务是围绕发电、输电、配电、照明以及电机控制等环节进行深入规划，确保整个电气系统在运行过程中的安全性、可靠性和高效性。发电环节涉及选择适当的发电方式，例如火力、水力、风力或太阳能等，以满足特定区域的需求。电气设计师需要评估这些能源的可行性和环境影响，制定出最佳的发电方案。在发电后，电力被传输到用户端，这一过程被称为输电[1]。在这一步，设计师必须考虑输电线路的布局、材料的选用以及电压等级，以降低能量损耗，确保电力能够在较远距离内高效传输。接下来是配电阶段，此时电力被分配到各个终端用户，包括工业、商业和住宅等不同类型的用电需求。电气设计师需要合理规划配电网的结构，选取合适的变压器和开关设备，保证电力供应的稳定性。此外，照明设计也是电气设计的重要组成部分，它不仅涉及功能性的照明，还要考虑美观和节能。例如，现代建筑中经常采用智能照明系统，可以根据时间和环境自动调节亮度，以实现更加人性化和高效的使用。最后，电机控制系统是电气设计的又一个关键点，涉及到电机的选择、保护及控制策略，以确保机械设备的顺利运行。总体而言，电气设计融合了工程技术、经济分析和环境考量，旨在创建一个科学合理且富有前瞻性的电力系统，为社会的可持续发展贡献力量。

1.2 自动化设计

自动化设计是一个涵盖设备、系统和流程自动控制的重要领域，其核心目的是通过高效的技术手段，实现各种设备和系统的自动化运行。随着科技的不断进步，自动化设计在各行各业的应用日益广泛，从制造业到物流、从农田到智能建筑，都体现了自动化的巨大价值。在设备层面，自动化设计要求对不同类型的机械和电气设备进行集成与智能化改造。使用传感器、执行器和控制器等组件，设计师可以精确地监控和调节设备的运行状态。这种集成化

Copyright © 2024 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

的解决方案不仅提高了设备的反应速度，还确保了在复杂操作中的准确性。例如，在生产线中，通过实时数据监测，可以迅速识别并纠正可能出现的故障，大大降低了人为失误的可能性[2]。

从系统的角度来看，自动化设计需要对整个生产流程进行优化与协调。这涉及到将各个子系统有效连接，提高信息流动和资源利用的效率。先进的控制算法，如反馈控制、模糊控制和智能控制，能够使系统达到最佳的工作状态，确保生产过程稳定且高效。此外，利用数据分析和机器学习技术，可以深入挖掘生产过程中潜在的问题，驱动持续改进。自动化设计还有助于提升产品质量。在自动化流水线上，精密的控制和标准化的操作流程使每一个产品都能达到预定的质量标准，满足客户的需求。这种一致性不仅减少了缺陷产品的产生，还增强了品牌的信誉度。通过以上各个方面的综合作用，自动化设计成功减少了人工干预，提升了生产效率，使企业在激烈的市场竞争中获得了更大的优势。技术的进步最终推动了行业的全面发展，为实现智能制造奠定了坚实的基础。

2 电气设计与自动化设计的融合

随着现代工业的发展，电气设计与自动化设计的融合已成为一种趋势。二者的融合主要体现在以下几个方面：

2.1 智能化设备

在现代工业生产过程中，电气设计与自动化设计的深度融合成为驱动技术创新的核心驱动力。这一融合不仅提升了系统的整体性能，还赋予了设备智能化的新能力。随着智能变频器、智能马达等一系列自动化产品在各个行业应用，我们已经看到了智能自动化系统给企业带来的革命性变革。智能变频器通过集成传感器技术和数字处理单元，在设备启动、停止和运行过程中实时监测和控制转速，大幅提高能源利用率和设备性能的稳定性。它能够精准地响应负载需求的变化，动态调整输出频率以实现高效能运作，这对于节能减耗和降低运营成本有着显著效果。相比传统的恒转速供电方式，智能变频器使电机在各种负荷状态下都能运行在最优的工作点，有效减少了能量损耗，延长了设备寿命，提升了生产的连续性和效率[3]。

智能马达作为电机的一种高精度、高效率解决方案，融入了精确度控制算法、故障预测技术以及自诊断功能。这意味着它能够自主监控电机的运行状态，及时发现并预报潜在的故障，提前采取措施防止故障发生。此外，智能马达还能适应不同的载荷变化，确保在不同操作工况下都能维持高性能输出，提高了整体设备的可靠性与生产效率。它不仅优化了生产工艺流程，同时也促进了生产线的智能转型，为实现绿色、节能、智能的现代化生产提供了强有力的技术支持。这些自动化设备的应用，不仅是对单一功能设备的一次升级换代，更是向“无人化”生产线迈进的实质性一步。通过数据的实时收集与分析，智能化的设备能够进行自动故障诊断、优化能耗、调整参数等功能，显著提升生产系统的灵活性与智能程度，极大地降低了人为错误和维护成本。因此，通过电气设计与自动化设计的深度融合，企业不仅增强了生产过程的智能性和可持续性，还极大地促进了生产力的发展和创新力的激发。未来的工业生产将会更多依赖这些先进的智能设备，通过不断的技术迭代与应用优化，逐步构建起更为完善和高效的智能制造体系，为社会进步贡献力量。

2.2 控制系统集成

集成化的控制系统是当前工程技术领域中的一大突破，它通过将电气与自动化设计巧妙地融合起来，形成了一体化、高效而灵活的新型解决方案。这一融合不仅仅是硬件设备与控制软件的简单堆叠，而是在深入理解并满足工艺过程的特殊要求基础上形成的，为复杂的生产环境提供了更加精细化和个性化的控制服务。集成化控制系统使得设备间的通信和协调变得更加顺畅，从而实现无缝连接，形成一个协作网络。传统的生产设备往往受限于硬件和技术条件，独立运行，设备之间信息交流困难，影响了生产的全局优化。而在集成化系统下，各种设备可以通过统一标准的通信协议进行交互，比如 Ethernet 或 Profinet 等，从而实现信息共享和联动，避免了孤岛效应。这极大地提高了生产线的整体协同性与效率，让每台设备都在最优的状态下工作，相互补强，形成强大的生产效能集群[4]。

通过自动化的设计理念和电气技术的有效对接，控制系统得以高度自适应、自学习。系统可以根据不同生产阶段的需求动态调整控制策略，实现对生产流程的最优化调整。这种基于大数据分析的自我学习功能，使控制系统具有了智慧特性，能够对环境变化和生产情况做出预判并迅速做出反应，有效地应对了市场波动和技术进步带来的挑战。在实际操作中，这意味着生产质量的持续提升、资源的最优利用、生产周期的缩减，以及对于突发事件的快速响应，进一步增强了整个企业的竞争力和市场应变力。从安全性的角度考量，集成化控制系统通过标准化的组件与接口实现了系统层面的安全冗余，有效提升了整个系统运行的安全性。当某一部分出现问题时，系统会迅速切换到备份组件上，保障生产的连续进行，并通过故障隔离措施防止问题进一步蔓延。这既保护了硬件设施，又保证了人员与生产环境的安全，为企业的持续稳定运营提供了坚实的基础[5]。

总体来看，集成化控制系统是电气设计与自动化设计理念融合的集中体现，通过其高度集成、智能调控、可靠安全和协同运作等优点，有效推动了制造业的数字化、智能化转型进程。未来的发展中，我们可以预见，通过更先进的技术，如物联网、云计算等，集成化控制系统的功能将会被进一步扩展，为工业自动化和智能化的进一步飞跃提供强有力的支撑。这种集成化、自动化的解决方案正逐

Copyright © 2024 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

渐成为未来制造业不可或缺的一部分，为企业提升生产效率、增强竞争优势提供无限可能。

2.3 数据采集与分析

电气设计和自动化设计两者的有机融合，为现代制造业注入了崭新的动力。它构建了一个全面的数据采集系统与先进的数据分析框架，极大地简化了设备监控的复杂性，提高了效率。这种创新结合使得企业的管理决策基于实时、准确的数据驱动，从而引领了一条高效、精准、智能的发展之路。在设备运行过程中，电气设计负责制定精确且可靠的控制策略与电气架构基础，而自动化设计，则围绕过程控制逻辑进行详细规划。数据收集模块在此融合设计之下扮演着极为关键的角色，能够实时读取各类传感器、仪表与执行机构输出的关键信息。无论这些数据涉及到电机负载、温度状态还是生产速率，它们都是设备正常运行与效能最大化所必需的情报来源[6]。

一旦这些数据被有效地收集，随之而来的是对这些情报进行深入、高效的分析过程。借助于云计算、大数据分析和人工智能算法的支持，系统能够在海量数据流中迅速筛选出具有实际应用价值的信息片段。例如，预测分析模型可以从历史运行数据中挖掘出规律，预测即将发生的性能下降或维护需求。而故障检测功能则能通过对数据模式的细微变化敏感识别异常，甚至提前检测到可能导致系统故障的行为征兆。进一步而言，这些实时、实时反馈系统不仅支持管理者作出更快的决策以改善生产过程，而且还可以对员工培训提供具体、实时反馈的指南。通过监测关键生产环节的参数，教育部门能够精准评估员工操作技巧，针对性地提供定制化培训，优化技能提升过程，从而确保每个环节都能达到最佳状态。

综上所述，电气设计与自动化设计之间的紧密融合不仅仅是对单一任务的优化提升，更是对企业全生产周期的一次全方位重塑。它推动了数据驱动决策文化的发展，并在持续学习与优化的道路上引领产业进步。这样的设计融合不仅提升了企业的整体竞争力，也为解决复杂、多样化的问题创造了解决策略和解决方案，是现代工业智能化进程中的关键步骤，代表着工业 4.0 时代的核心竞争力之一。在未来的技术发展趋势里，这一设计模式的潜力有望得到进一步开发与实现更深度的整合和智能化升级，以满足更高层次的数据处理与应用需求[7]。

3 数据案例分析

以某汽车制造厂的自动化生产线为例，该生产线不仅融合了电气设计与自动化设计，还通过创新科技实现了显著的运营效益。引入智能化设备使得各个生产环节得以高效联动，配合集成化的控制系统，整个生产流程得到优化，从而提升了生产效率。例如，借助先进的机器人系统和传感器，生产线的自动化程度大幅提升，最终实现了生产效率提高的目标，具体数据为 33%。通过深入的数据采集与分析，生产线能够实时监控产品质量。系统对每一道工序进行数据记录，迅速识别潜在的质量问题。这种即时反馈机制不仅提升了产品的合格率，减少了废品率，同时也确保了生产过程的可追溯性，极大提升了企业的竞争力，合格率提高了 28%。最后，在电气设计方面的不断优化也是不可忽视的因素。通过采用高效能的电力驱动系统和先进的节能技术，生产线的能源利用率得到了显著改善。这一方面减少了生产过程中的能源浪费，使得企业的运营成本得以降低，另一方面也积极响应了绿色制造的发展理念，实现能源有效节约的目标，具体提升幅度为 30%。

4 结语

电气设计与自动化设计的融合是现代工业发展的必然趋势。二者的融合不仅可以提高设备的运行效率和生产效益，还可以实现设备的智能化和自动化。通过数据案例分析，我们可以看到电气设计与自动化设计融合带来的显著成果。未来，随着技术的不断进步，电气设计与自动化设计的融合将在更多领域得到应用，为工业发展提供更强大的技术支持。

[参考文献]

[1]姜永浩.电气工程及其自动化的智能化技术分析[J].电气技术与经济,2023(8):346-348.
[2]曹德瑾.电气工程与自动化设计的融合对策[J].集成电路应用,2022,39(7):168-169.
[3]章卫强.电气工程中电气和自动化的融合应用分析[J].中国校外教育,2016(33):107.
[4]张姝.电气设计和自动化设计的融合探析[J].内燃机与配件,2021(23):241-242.
[5]黄莲钦.浅析电气自动化技术在电气工程中的应用[J].科学技术创新,2020(17):188-189.
[6]代武义.电气工程自动化在建筑设计领域的应用研究[J].建筑技术开发,2018,45(3):84-85.
[7]梁建春.探讨电气的自动化在电气工程中的融合运用[J].民营科技,2017(2):10.

作者简介：赵金秋（1994.9—）男，民族：汉族，籍贯：河北省唐山市玉田县，现职称（职务），2018 年 6 月毕业于河北科技师范学院电气工程及其自动化专业，最高学历：本科，现主要从事的工作或研究的方向：电气设计，程序维护等。

Copyright © 2024 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

基于电力系统及其自动化技术的安全控制应用

张耀巍
克拉玛依市三达有限责任公司，新疆 克拉玛依 834000

[摘要]随着我国经济和科技的不断发展，电力行业也取得了不朽的成绩。电力系统和自动化技术的运行质量在不断提高，给经济发展和人们的日常生活都提供了巨大的方便，与此同时我国的电力市场也不断地形成系统化和规模化的局势，但是由于需求增加以及在不断发展变化促使电力系统及其自动化技术越来越复杂，进而导致有关电力系统和自动化技术的安全问题显露，文章根据电力系统及其自动化技术在当今电力市场的发展中所暴露出的问题进行深入研究，进而制定确实可行的改善对策帮助电力企业走出发展困境，进而促进电力企业及电力市场的发展。

[关键词]电力系统；自动化技术；安全控制；技术应用
DOI：10.33142/sca.v7i11.14206　　中图分类号：TU714　　文献标识码：A

Application of Safety Control Based on Power System and Its Automation Technology

ZHANG Yaowei
Xinjiang Karamay Sanda Co., Ltd., Karamay, Xinjiang, 834000, China

Abstract: With the continuous development of Chinese economy and technology, the power industry has also achieved immortal results. The operational quality of the power system and automation technology is constantly improving, providing great convenience for economic development and people's daily lives. At the same time, Chinese power market is also forming a systematic and large-scale situation. However, due to the increasing demand and continuous development and changes, the power system and its automation technology are becoming increasingly complex, which leads to safety issues related to the power system and automation technology. This article conducts in-depth research on the problems exposed by the power system and its automation technology in the current development of the power market, and formulates feasible improvement measures to help power enterprises overcome development difficulties, thereby promoting the development of power enterprises and the power market.

Keywords: power system; automation technology; safety control; technical application

引言

在现代社会，电力系统不仅是经济持续发展的支撑，更是日常生活的基础。随着全球能源需求的不断增长，电力系统的复杂性与规模迅速扩展。引入自动化技术后，电力系统的运行效率与智能化水平显著提升。然而，伴随而来的是安全风险的加剧，网络攻击、设备故障及自然灾害等因素，均可能威胁到电力系统的稳定性与安全性。因此，保障电力供应可靠性及系统韧性的关键在于有效的安全控制措施。借助先进的监测技术、智能算法与数据分析，潜在安全隐患能够被实时识别，必要的应对措施也能随之采取。此外，建立多层次的安全防护机制与应急响应体系，提升系统抗风险能力并增强对突发事件的快速响应能力，至关重要。本文将深入探讨电力系统及其自动化技术中的安全控制应用，分析其在当前技术环境中的必要性、面临的挑战及未来的发展方向，旨在为实现电力系统的安全、高效与可持续发展提供理论依据与实践指导。

1 电力系统及其自动化技术应用的重要性

在现代社会，电力系统及其自动化技术发挥着至关重要的作用。可靠的电力供应不仅得到确保，同时也支撑着经济的持续发展与人民生活的稳定。随着智能电网的兴起，电力系统的运行因自动化技术的整合而变得更加高效与智能。实时监测与数据分析的应用，能够迅速应对负荷变化，进而提升系统的动态平衡能力。此外，在故障检测与恢复中的自动化技术应用，显著增强了系统的安全性，停电时间得以减少，用户的用电体验也得到改善。面对可再生能源接入所带来的挑战，优化资源配置的自动化技术同样显得至关重要，推动了能源的绿色转型。

2 电力系统自动化技术在安全控制中的应用

2.1 负载动态平衡技术

负载动态平衡技术在电力系统自动化安全控制中显得至关重要。其目标在于实时监测电力负荷变化，确保电网在各种工况下维持平衡，避免因负荷不均而导致的设备损坏或系统故障。当电网负荷波动时，利用先进的传感器及自动化控制系统，负载动态平衡技术迅速调整发电机的输出功率，或通过储能系统及需求响应策略来实现供需平衡[1]。这不仅有效避免了系统超负荷运行，电力资源的利用效率也得以提高。此外，负荷预测模型的优化同样得到该技术的支持，使得电力运营商能够提前采取措施应对突发负荷变化，从而增强电力系统的安全性与稳定性。

Copyright © 2024 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

2.2 电力系统稳定控制技术

电力系统稳定控制技术作为保障电网安全与可靠运行的核心手段，通过实时监测系统状态、分析动态行为以及实施相应控制措施，维持电网的稳定性。该技术能够迅速应对电力系统中的各种扰动，包括负荷突变、设备故障及外部干扰，及时调整发电机输出、调节无功功率，优化电网的运行方式，防止系统失稳或崩溃。通过先进的自动化设备与智能算法，电网状态的预测与分析得以实现，从而优化控制策略，降低频率波动与电压不稳定的风险。此外，在可再生能源比例高的接入背景下，有效协调传统发电与新能源之间互动的能力得到了显著提升，增强了系统的整体韧性与适应性。

2.3 自动化设备管理技术

自动化设备管理技术在电力系统安全控制中扮演着关键角色，通过高效的监控与管理手段，确保电力设备的稳定运行与故障预防。先进的传感器、监测设备及数据分析系统被利用，以实时采集并分析电力设备的运行状态与健康信息。智能化的设备管理平台得以建立，实现对设备全面的生命周期管理，包括安装、调试、维护及检修等环节。通过实时监测，设备异常及潜在故障能够被及时发现，同时，通过数据分析实施的预测性维护，降低了意外停机的风险，延长了设备的使用寿命。此外，故障自诊断与自动报警的支持，使得操作人员能够迅速作出反应，采取必要措施，从而提升电力系统的安全性与可靠性。

2.4 紧急事故管理技术

紧急事故管理技术在电力系统安全控制中具有重要意义，其目的是迅速响应并有效处理各种突发事件，以确保系统的安全与可靠性。结合先进的信息采集与处理系统，该技术能够实时监测电网状态，迅速识别潜在的安全隐患。事故发生后，应急预案会自动触发，紧急事故管理技术通过数据分析及决策支持系统，快速评估事故的影响并制定相应的处理措施。这些措施包括调整受影响区域的电力供应、迅速调动备用电源，以及优化电力分配，以最大程度减少停电时间及用户影响。此外，信息的及时传递与共享同样受到重视，确保各级管理人员及操作人员能够迅速获取所需信息，从而协调行动，提高响应效率。

3 电力系统及其自动化技术的安全控制问题

3.1 电源安全控制问题

电源安全控制问题被视为电力系统面临的重要挑战，主要体现在电源供应的可靠性与稳定性上。随着电力需求的持续增长及可再生能源逐步接入，波动性与不确定性显著增强，给系统在应对负荷变化时带来更大压力。电源失效或不稳定的后果，可能导致大范围停电，甚至引发连锁反应，威胁整个电力网络的安全性。此外，设备的老化、故障或维护不当，亦加剧了安全隐患，增加了事故发生的风险。

3.2 设备安全控制问题

设备安全控制问题被认为是电力系统安全管理中的关键方面，其直接关系到系统的稳定性与可靠性。随着电力设备数量的增加以及技术的不断进步，故障的类型与发生频率逐渐多样化。设备性能的下降，可能因老化、环境因素以及人为操作失误等原因而导致，从而影响电力系统的整体运行[2]。此外，复杂的设备网络与信息系统的相互依赖性增加了故障传播的风险，个别设备的失效有可能引发更大范围的系统崩溃。

3.3 网络安全控制问题

网络安全控制问题在电力系统自动化技术中愈发重要，随着信息技术与电力系统的深度融合，网络攻击的风险显著增加。复杂的通信网络不仅被电力系统用于数据传输与实时监控，还涉及大量智能设备与自动化系统，这使其成为黑客攻击的潜在目标。网络安全漏洞的存在，可能导致敏感数据的泄露、系统操控的失效，甚至引发大规模停电等严重后果。此外，系统完整性可能因外部恶意攻击与内部操作失误而受到破坏，这将影响设备的正常运行，进而危及电力供应的可靠性与安全性。随着电力市场的持续发展，网络安全控制问题的影响不仅局限于单一电力企业，还可能对整个电力行业的稳定性与公共安全产生深远影响。

4 电力系统及其自动化技术的安全控制策略

4.1 加快完善安全控制体系建设

在电力系统及其自动化技术的安全控制策略中，保障系统稳定运行的重要前提是完善安全控制体系建设。必须构建一个全面的安全管理体系，相关的法律法规、标准规范及操作规程应明确，以确保各项安全措施具备系统性与有效性。此外，安全控制体系的涵盖范围应包括技术、管理与人员等多个维度，形成一个综合性的防控网络。在技术层面，先进的监测与防护技术应被引入，通过实时数据采集与智能化预警系统，电力系统的运行状态持续监控，以便潜在风险及时被发现并采取相应措施。在管理方面，安全文化的培育需被强调，通过定期培训与演练，全体员工的安全意识与应急处置能力得以提升，确保在实际工作中每位员工履行安全责任。同时，健全的安全责任体系应建立，各级管理者在安全工作中的职责与义务明确，安全考核机制强化，以激励主动落实安全管理措施。进一步推动跨部门、跨行业的合作与信息共享，形成合力应对安全风险的局面，从而提升整体防护能力。

4.2 借助相关技术提升维护效率

在电力系统及其自动化技术的安全控制策略中，提升维护效率显得尤为重要，通过相关技术的利用。先进的信息技术与智能化工具的引入，使设备的监测与维护流程得以显著优化。物联网技术的采用，实现了电力设备的实时监控，从而能够及时获取设备的运行状态与性能数据，早

Copyright © 2024 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

期识别潜在故障。这种实时数据分析不仅提升了故障诊断的准确性，还为维护决策提供了科学依据，以确保在最佳时机进行维护，避免因延误引发的设备损坏或停机[3]。结合大数据分析技术，维护人员得以从历史数据中提取规律，识别设备的劣化趋势，制定更为合理的预防性维护计划。这种基于数据的维护策略，不仅提高了效率，还降低了维护成本，优化了资源配置。此外，无人机与机器人等自动化设备的利用，在巡检与维护中降低了人工作业的风险，提高了工作效率。这些技术手段的结合，使维护工作不仅更高效、精准，同时也提升了安全性，减少了人为失误的可能性。

4.3 提高二次防护水平

在电力系统及其自动化技术的安全控制策略中，确保系统安全与稳定运行的关键举措，便是提升二次防护水平。二次防护的监测、保护与控制对电力设备至关重要，相关技术的应用与管理必须得到强化。先进的保护继电器与自动化监测设备的引入，实现了电力系统的实时监控与快速响应。这些设备在故障发生时，能够迅速识别问题并自动切除故障部分，从而保障主电网的安全运行。此外，保护装置的合理配置与参数设置，根据不同类型的设备与运行条件，制定相应的保护策略，以提升二次防护的精准性与可靠性。完善的防护系统运行维护机制同样不可或缺。定期检测、校验与维护保护设备，确保其在实际运行中的有效性，同时，通过模拟演练提升操作人员的应急处置能力。结合数据分析与人工智能技术，历史故障数据的深入分析，使得防护策略的及时调整与优化成为可能，以适应系统的动态变化。

4.4 做好设备巡检备份

在电力系统及其自动化技术的安全控制策略中，保障系统的可靠性与安全性的关键在于设备巡检备份的实施。建立完善的巡检制度是必要的，明确巡检的频率、内容与责任人，确保所有关键设备按计划定期接受检查。在巡检过程中，设备的运行状态、绝缘性能及温度变化等关键参数应受到重点关注，以便及时识别潜在问题，并记录巡检结果，以供后续分析与跟踪。数字化技术与智能化工具的利用，如移动巡检终端与数据采集系统，显著提升了巡检效率与准确性，减少了人为失误。为增强设备巡检的有效性，实施巡检备份措施显得尤为重要。详细的巡检备份计划应当制定，以确保在设备运行的任何时间段都有备份系统或应急方案可供调用，从而降低设备故障对系统的影响。同时，历史巡检数据的分析借助大数据与云计算技术，可以识别设备的劣化趋势与常见故障，从而优化巡检策略。

4.5 加强开展电源测试

在电力系统及其自动化技术的安全控制策略中，确保系统安全与可靠性的关键措施为强化电源测试。电源测试不仅直接影响系统的整体稳定性，还评估设备性能。定期进行全面的性能测试，包括电压、电流、频率及谐波等参数监测，能够有效地评估电源设备的运行状态。高精度测试仪器的利用，使得异常情况能及时被发现，以便迅速采取应对措施[4]。负载测试与短路测试同样不可或缺，这些测试能模拟实际工作条件，帮助识别潜在故障模式与瓶颈，从而优化电源系统的设计与配置。标准化的电源测试流程与规范的建立，确保测试的可重复性与可靠性，有助于数据的积累与分析。结合先进的数据分析技术，历史测试数据得以深入挖掘，从而提取有价值的规律，以指导未来的维护与改进措施。

5 结语

在当前复杂多变的能源环境中，基于电力系统及其自动化技术的安全控制应用显得尤为重要。随着电力需求的持续增长及技术的迅猛发展，构建一个全面、智能、高效的安全控制体系，已成为确保电力系统稳定运行的必然选择。通过整合先进的监测技术、数据分析与智能决策，潜在的安全风险可以被及时识别并应对。同时，完善的安全管理机制与应急响应体系，为提升系统韧性提供了坚实基础。展望未来，人工智能与区块链等新技术的不断涌现，将进一步增强电力系统的安全性与灵活性。电力行业必须持续创新与升级其安全控制策略，以应对日益复杂的挑战，确保能源供应的同时，实现可持续发展。唯有通过持续的技术进步与管理优化，才能在全球能源转型的背景下，确保电力系统的安全与稳定。

[参考文献]

[1]龚辰乾.基于电力系统及其自动化技术的安全控制应用[J].大众标准化,2024(15):91-93.
[2]张钧皓,祝少卿,张沥新,等.电气工程及其自动化技术在电力系统保护与控制中的应用[J].现代工业经济和信息化,2024,14(3):159-161.
[1]乌日娜.电力系统及其自动化技术的安全控制问题和对策[Z]//中国电力设备管理协会.中国电力设备管理协会第二届第一次会员代表大会论文集.东乌珠穆沁供电分公司;2022:7.
[1]龙科.电力系统及其自动化技术的安全控制问题及对策分析[J].科技创新导报,2019,16(28):26-28.
作者简介：张耀巍（1984.10—），毕业院校：华南理工，所学专业：电力系统及其自动化，当前就职单位名称：克拉玛依市三达有限责任公司，就职单位职务：副总经理，职称级别：中级职称。

Copyright © 2024 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

建筑电气自动化在现代建筑中的运用探究

穆 彤
河北省交通规划设计研究院有限公司交建分公司，河北 石家庄 050000

[摘要]随着建筑能耗占比不断上升，节能减排成为建筑行业的紧迫任务。传统电气系统因技术限制，难以满足现代建筑对高效、安全和舒适的综合需求。建筑电气自动化技术通过智能控制、物联网和大数据分析，实现了系统的全面升级。智能化的电力供应、照明控制、安防监控和空调通风系统，不仅提高了运行可靠性和效率，还为用户提供了个性化的体验。可编程逻辑控制器（PLC）、智能传感器、人工智能（AI）和大数据技术的广泛应用，使建筑电气系统能够精细化管理和优化控制。探讨建筑电气自动化的技术应用及其运用策略，为未来建筑电气系统的发展提供参考和指导。

[关键词]现代建筑；建筑电气自动化；应用
DOI：10.33142/sca.v7i11.14204 中图分类号：TU976 文献标识码：A

Exploration on the Application of Building Electrical Automation in Modern Architecture

MU Tong
Communications Construction Branch of Hebei Provincial Communications Planning, Design and Research Institute Co., Ltd., Shijiazhuang, Hebei, 050000, China

Abstract: With the increasing proportion of building energy consumption, energy conservation and emission reduction have become urgent tasks in the construction industry. Due to technological limitations, traditional electrical systems are unable to meet the comprehensive needs of modern buildings for efficiency, safety, and comfort. Building electrical automation technology has achieved a comprehensive upgrade of the system through intelligent control, the Internet of Things, and big data analysis. Intelligent power supply, lighting control, security monitoring, and air conditioning and ventilation systems not only improve operational reliability and efficiency, but also provide users with personalized experiences. The widespread application of programmable logic controllers (PLC), intelligent sensors, artificial intelligence (AI), and big data technology enables refined management and optimized control of building electrical systems. This paper explores the technical applications and application strategies of building electrical automation, providing reference and guidance for the future development of building electrical systems.

Keywords: modern architecture; building electrical automation; application

引言

现代建筑不仅追求美观和结构完善，更注重智能化和高效管理。建筑电气自动化通过集成先进的控制技术，实现了高效、安全、舒适的环境。本文探讨建筑电气自动化在现代建筑中的应用，分析在提高能源效率、增强安全性和提升居住舒适度等方面的优势和策略。

1 建筑电气自动化在现代建筑中应用的优势

1.1 提高能源效率

建筑电气自动化系统通过智能控制和优化调节，大幅提升了建筑的能源使用效率。首先，通过实时监测和调节建筑内的能源消耗，自动化系统可以精准控制照明、空调和其他电气设备的运行，从而避免不必要的能源浪费。例如，智能照明系统可以根据自然光的强度和房间的使用情况自动调节灯光亮度，减少能源的消耗。其次，自动化系统能够根据房间的实际温度和人员活动情况自动调节空调和供暖系统，确保仅在需要时提供适宜的温度。这种按需调节减少了能源浪费，同时提升了居住者的舒适度。此外，建筑电气自动化系统可以整合能源管理平台，实时分析建筑的能源使用数据，识别和优化能耗高的设备和模式，从而实现持续的能源节约和成本降低。

1.2 增强建筑安全性

建筑电气自动化系统显著提升了建筑的安全性。通过集成先进的安防监控和报警系统，自动化技术能够实时监测建筑内的各类安全状况。例如，智能摄像头和传感器可以 24 小时无死角地监控建筑区域，一旦检测到异常活动或入侵，系统会立即发出警报并通知安保人员。智能门禁系统可实现身份验证，确保只有授权人员能够进入特定区域，从而防止未经许可的访问。此外，建筑电气自动化还包括火灾报警系统和气体泄漏检测系统，这些系统能在灾害发生时迅速做出反应，自动启动灭火装置或切断相关设备的电源，降低潜在的安全风险。

1.3 提升居住舒适度

建筑电气自动化系统显著提升了居住舒适度。通过智能控制技术，系统能够根据个人需求和环境变化自动调节室内的温度、湿度和照明。例如，智能空调和供暖系统可以根据实时传感器数据精确调节室内气候，确保每个房间

Copyright © 2024 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

始终保持舒适的温度[1]。同时，智能照明系统可以根据自然光变化和房间使用情况自动调整灯光亮度和色温，创造出最佳的视觉环境。此外，自动化系统还能通过智能窗帘和窗户控制系统，自动调节室内光线和空气流通，进一步提升居住的舒适感。这些智能化的调节功能不仅增加了生活的便利性，也提升了居住环境的整体舒适度，使每个使用者都能享受更加舒适和个性化的居住体验。

2 建筑电气自动化系统组成

2.1 电力供应与分配系统

电力供应与分配系统是建筑电气自动化的核心组成部分，负责确保建筑内电力的稳定和高效分配。该系统通过智能化的电力管理平台，实现对电力的实时监测和动态调节。系统从电力变电站接收电力，通过高压配电设备将电力转化为适合建筑使用的低压电。智能配电箱和电力分配装置根据建筑负荷需求，合理分配电力避免过载和浪费。与此同时，电力供应与分配系统还包括故障检测和自动切换装置，一旦出现电力故障或异常，系统能够迅速切换至备用电源，确保建筑用电的连续性和稳定性。此外，系统还能与建筑管理平台集成，提供详尽的电力使用数据和分析报告，帮助优化能效和降低运行成本。通过这些智能化手段，电力供应与分配系统不仅提升了电力供应的可靠性，还增强了建筑电力管理的智能化水平。

2.2 照明控制系统

照明控制系统是建筑电气自动化的重要组成部分，致力于提升照明的智能化和高效性。该系统通过智能传感器和控制器实时调节室内外的光照强度，优化能源使用。例如，光线传感器可以监测自然光的强度，根据光照水平自动调节室内灯光的亮度，确保在不同的时间和条件下维持舒适的照明环境。同时，运动传感器能够检测房间内的活动情况自动开关灯光，减少不必要的能源消耗。此外，用户还可以通过智能手机或面板进行个性化设置和定时控制，实现预设场景或根据实际需求调整照明模式。

2.3 安防监控系统

安防监控系统是建筑电气自动化的关键部分，负责保护建筑的安全和完整。该系统通过网络摄像头、传感器和报警装置实时监控建筑的各个区域，确保对潜在威胁的迅速响应。高清摄像头可以提供清晰的实时视频图像并配备夜视功能，应对不同光照条件下的监控需求。运动传感器能够检测到异常活动，并触发警报或通知安保人员。智能分析技术进一步提升了监控系统的效率，通过人脸识别、行为分析等功能，自动识别和记录可疑活动。此外，系统可以集成门禁控制，确保只有授权人员能够进入敏感区域。

2.4 空调与通风控制系统

空调与通风控制系统是建筑电气自动化中不可或缺的一部分，负责维持室内环境的舒适度和空气质量。该系统通过智能化的调节手段，实现对室内温度、湿度和空气流通的精确控制。智能温控器根据实时传感器数据自动调节空调和供暖系统的运行，确保室内环境始终保持在设定的舒适范围内。通风系统则通过自动调节风机和空气处理单元保持室内空气的新鲜度，并根据房间的实际使用情况调节换气频率。这种智能化的控制不仅提升了居住的舒适性，还能有效节约能源，减少过度运行。同时，系统能够根据预设的时间表和环境变化自动进行调整，提高了操作的便利性和效率。

3 建筑电气自动化的技术应用

3.1 可编程逻辑控制器（PLC）的应用

可编程逻辑控制器（PLC）在建筑电气自动化中发挥核心作用，高可靠性和灵活性使其广泛应用于控制系统。PLC 接收传感器和输入设备的信号执行逻辑操作和控制指令，管理建筑内的电力分配、照明、空调和安防系统。通过编程，PLC 实现了时间控制、事件触发和条件判断，提升了系统的智能化水平。PLC 系统提高了建筑系统的运行效率，并增强了可维护性和扩展性。标准化编程语言和模块化设计使 PLC 易于与其他自动化设备集成，支持复杂控制需求。故障诊断功能能够实时监测系统状态提供故障信息快速定位和修复问题，确保建筑设施的稳定运行。

3.2 智能传感器技术的应用

智能传感器技术在建筑电气自动化中的应用极大地提升了系统的智能化水平和运行效率。这些传感器通过实时收集和分析环境数据，能够动态调节建筑的各类电气系统，适应不断变化的使用需求。例如，温度传感器和湿度传感器可以精准监测室内环境条件，并将数据传输到空调与通风控制系统，使其能够根据实际情况自动调节温度和湿度，确保室内环境的舒适性[2]。此外，光线传感器可以根据自然光的强度自动调节室内照明优化能源使用。运动传感器则用于检测房间的占用情况，实现照明和空调的智能控制避免能源浪费。气体传感器和烟雾传感器则在安防监控系统中发挥重要作用，能够实时监测空气质量和火灾隐患，并在检测到异常时迅速发出警报保障建筑安全。智能传感器技术还促进了建筑电气系统的互联互通，通过物联网（IoT）平台实现多种设备的联动和协同工作。例如，门窗传感器可以与空调系统联动，当检测到门窗开启时自动关闭空调防止能源浪费。

3.3 人工智能与大数据技术的应用

人工智能（AI）与大数据技术在建筑电气自动化中的应用，为系统的智能化管理和优化提供了强大的技术支持。通过 AI 算法和大数据分析，建筑电气系统能够实现更高效、更智能的控制和管理。首先，AI 技术可以通过机器学习算法分析大量历史数据，预测和优化建筑内各类系统的运行模式。例如，通过分析过去的能源使用数据，AI 系统可以优化电力分配和照明控制方案降低能源消耗。同时，AI 还可以根据建筑的使用模式和环境条件，动态调整空调和通风系统的运行参数，提升能源效率和居住舒适度。大数据技术则通过对建筑运行过程中产生的大量数据

Copyright © 2024 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

进行收集、存储和分析，为系统优化提供了可靠的数据支撑。通过实时监控和分析电力、照明、安防等系统的数据，管理人员能够及时发现并解决潜在问题，提高系统的可靠性和安全性。此外，大数据分析还能帮助识别能源使用中的不合理之处，提供节能优化建议，从而实现建筑运行成本的降低。

4 建筑电气自动化在现代建筑中的运用策略

4.1 优化控制与保护机制

优化控制与保护机制是建筑电气自动化在现代建筑中应用的关键策略之一，提高系统的效率、可靠性和安全性。通过先进的控制算法和智能保护技术，建筑电气自动化系统能够实现精确的能量管理和故障预防。首先，优化控制机制通过智能算法对电气系统进行动态调节，实现对照明、空调、供暖等设备的高效控制。例如，采用预测控制算法，系统可以根据历史数据和实时环境变化，提前调整设备运行参数，确保在不同使用场景下都能维持最佳运行状态。这种前瞻性的控制方式不仅提升了能源利用效率，还提高了设备的使用寿命。在保护机制方面，智能保护装置能够实时监测电气系统的运行状态，快速识别并应对异常情况。例如，过载保护和短路保护装置能够在检测到异常电流时迅速切断电源，防止设备损坏和火灾风险。漏电保护装置则在检测到漏电时立即动作，保障人员安全。此外，通过大数据分析和 AI 技术，系统能够预测设备的故障趋势，提前进行维护和检修，减少意外停机和维修成本。优化控制与保护机制的有效结合，使建筑电气自动化系统能够在复杂多变的环境中稳定、高效地运行。这不仅提升了建筑的能源管理水平和安全性能，还为用户提供了更加舒适和可靠的居住体验。同时，这些智能化策略的实施，推动了建筑行业向更智能、更可持续的方向发展，具有广泛的应用前景和深远的社会价值。

4.2 提升监控与测量控制性能

提升监控与测量控制性能是实现建筑电气自动化系统高效运行的关键策略之一。通过引入先进的监控技术和精确的测量工具，系统能够实时获取和分析各类数据，从而实现更加精细化的管理和控制[3]。首先，高性能监控系统通过集成多种传感器和高清摄像头，实时监测建筑内的各类环境参数和设备状态。这些数据包括温度、湿度、光照强度、电流电压等，能够全面反映建筑的运行情况。结合智能分析算法，监控系统能够及时发现异常情况并发出警报，确保问题在初期阶段得到解决，避免潜在风险的扩大。在测量控制方面，精准的测量工具和智能控制器能够实现对电气设备的精确调节。例如，智能电表和电力监测设备能够详细记录电力使用情况，分析能耗模式并提供节能建议。智能温控器和照明控制器则根据实时数据，自动调节空调和照明设备的运行参数，确保在不同使用场景下都能达到最佳的能源利用效率。此外，提升监控与测量控制性能还包括建立一套完善的数据管理和分析系统。通过大数据技术和云计算平台，系统能够对监控和测量数据进行深度分析，挖掘出潜在的优化空间和改进点。例如，通过对历史数据的趋势分析，系统可以预测未来的能耗变化，提前调整控制策略，实现预防性维护和节能优化。

4.3 实施电气接地与防雷方案

实施电气接地与防雷方案是保障建筑电气系统安全可靠运行的关键策略。接地系统和防雷措施能够有效防止电气故障和雷电灾害，保护建筑物及其内部设备免受损坏，并确保人员的安全。电气接地系统通过将电气设备的金属部分与大地直接连接，提供一个低阻抗路径，安全地导出故障电流和静电荷防止电击和火灾风险。接地系统包括工作接地、保护接地和防雷接地等多个方面。工作接地主要用于稳定电压，保护接地用于防止触电事故，而防雷接地则用于将雷电流安全地引入大地，避免雷击对建筑和设备的破坏。防雷方案的实施主要包括外部防雷装置和内部防雷措施，外部防雷装置，如避雷针、避雷带和接闪器等，通过捕捉雷电放电将其引导至接地装置，防止雷电直接击中建筑物。内部防雷措施则包括安装浪涌保护器（SPD），在电力和通信线路上防止雷电电磁脉冲（LEMP）对内部设备造成的损害。浪涌保护器能够在检测到瞬间高压时，迅速将其引导至接地系统，从而保护设备免受过电压的冲击。此外，电气接地与防雷方案的设计和实施需要结合建筑的实际情况，综合考虑地质条件、电气负荷和建筑结构等因素。定期检查和维护接地和防雷系统，确保其长期稳定和有效运行，也是保障建筑安全的重要环节。

5 结语

建筑电气自动化在现代建筑中的应用，极大地提升了建筑的能效、安全性和居住舒适度。通过优化控制与保护机制、提升监控与测量控制性能以及实施电气接地与防雷方案，建筑电气系统实现了智能化、精细化的管理和控制。这不仅促进了建筑行业的技术进步，也推动了绿色建筑和智慧城市的发展。未来，随着人工智能和大数据技术的不断发展，建筑电气自动化将进一步拓展应用范围，为建筑行业带来更多创新和变革。

[参考文献]

[1]胡冬莲.建筑电气自动化在现代建筑中的实践探究[J].中国设备工程,2019(11):205-206.
[2]宋艳艳.现代建筑中建筑电气自动化的应用探究[J].建材与装饰,2020(15):188-189.
[3]王威,郑全新.建筑电气自动化在现代建筑中的应用分析[J].花炮科技与市场,2020(2):269-271.

作者简介：穆彤（1997.10—），男，汉族，毕业学校：天津城建大学，现工作单位：河北省交通规划设计研究院有限公司交建分公司。

Copyright © 2024 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

解析配电线路自动化系统的应用探析

王国宇
国网同心县供电公司，宁夏 吴忠 751300

[摘要]智能电力传输网络的运用在增强电力系统的稳固性与可利用性、运作效能及确保稳定性范畴起到了关键作用。本文探讨了电力传输系统自动控制系统的应用情况发展趋势，依据对自动控制系统关键技术创新、实际应用案例和面临的难题实施分析。文章首先介绍了电力输送自动调节体系的基本思想以及组成部分，包括自动调控装置、通信网络和控制机制。接着，分析了自动调控系统在配电系统范畴的实际运用，如故障识别与定位、负载控制和设备监控等方面的效果评估，应用一些实例呈现了自动调控手段在增强电力系统的稳定性、缩短降低故障处理时长和提升运行维护效能在这些领域明显效果。最后，探讨了现阶段在运用时遭遇的技术难题和将来的发展动向，如智能化的进步、信息安全和整合等相应难题。据此提出了解决方案切实可行的应对策略，该文目的是为电力体系提升改造升级制定理论基础和实施准则。

[关键词]配电线路；自动化；电力系统
DOI：10.33142/sca.v7i11.14197　　中图分类号：TM76　　文献标识码：A

Analysis of the Application of Distribution Line Automation System

WANG Guoyu
State Grid Tongxin County Power Supply Company, Wuzhong, Ningxia, 751300, China

Abstract: The application of intelligent power transmission networks plays a key role in enhancing the stability and availability, operational efficiency, and ensuring stability of the power system. This article explores the development trend of the application of automatic control systems in power transmission systems, and analyzes the key technological innovations, practical application cases, and challenges faced by automatic control systems. The article first introduces the basic ideas and components of the automatic regulation system for power transmission, including automatic regulation devices, communication networks, and control mechanisms. Subsequently, the practical application of automatic control systems in the field of distribution systems was analyzed, including fault identification and location, load control, and equipment monitoring. Several examples were used to demonstrate the significant effects of automatic control methods in enhancing the stability of power systems, shortening and reducing fault handling time, and improving operation and maintenance efficiency in these areas. Finally, the current technical challenges encountered in application and future development trends, such as advances in intelligence, information security, and integration, were discussed. Based on this, practical and feasible response strategies have been proposed, and the purpose of this article is to develop theoretical foundations and implementation guidelines for the upgrading and transformation of the power system.

Keywords: distribution lines; automation; power system

在现代电力系统中，配电线路自动化系统作为提高电网运行效率和可靠性的关键技术之一，正受到越来越多的关注。电力传输自动化控制系统借助融合高端感知技术、信息管理与调控技术，完成了对电力网络系统的实时监管、故障识别与定位、电力负载管控的多种功能，显著提高了电力系统智能化层次服务品质。随着电力消耗量持续上升和电网规模的不断扩展，传统人工运维手段已无法满足现代电网运行的高标准要求需求[1]。所以，推进电力配网线路网智能调控系统的运用和进步，变为提高电力系统运作效率、确保电力供给安全至关重要的工作。文章将全面分析电力传输与网络自动化体系的应用情况、关键技术及发展潜力，给出对电力行业自动化改进的借鉴价值。

1 配电线路自动化系统概述

配电线路自动化系统作为当代电网关键要素，旨在借助尖端自动化的手段从而提高配送电网的运行效能与稳定性。这个系统包含自动化设备、配网线路和控制设备等多个基本组件，自动化设备涵盖了多种感应器、开关设备、自动复位机等。这些设备能够及时监控电力网络状况并自主实施调节指令，数据传输网络主要任务是确保设备搜集的数据能及时传送至数据处理中心，以保障信息的迅速传递与加工。管理平台采用高效计算能力和指令集合，处理的数据进行处理，迅速作出反馈，并实施相匹配的管理指令。智能技术广泛运用让电力公司拥有了技术能力完成对电力传输网络的即时监管和故障检测，这显著提升了电网响应速度和问题解决速度。在实施过程中，控制设备利用智能感应技术和远程操控能力，拥有即时监控电力体系内部异常情况，比如超负荷运行或电路短路等情况，立即采取相应措施，比如自动切断故障电路或者执行合闸操作，

Copyright © 2024 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

恢复电力供应。在同一时间，电力传输自动化系统还具备负载调控能力，借助及时监管负载情况和调整，改善电网负载分配，降低设备过载运作的几率，这种全面处理的方式同时提高了电力可靠性，也降低维护费用和故障处理时长，为现代电力网络的顺畅运作提供了坚实支撑。伴随科技的持续提升，电力传输系统智能化平台在智能化程度、数据处理效能和系统整合范围都不断优化，加速推进了电力产业的现代化进程和智能化改造[2]。

2 自动化系统在配电网络中的应用

2.1 故障检测与定位

故障诊断与定位是电力系统自动化平台的基础功能之一，它不仅保障电网稳定运行的关键因素，也影响着电力供应的稳定性和用户用电的质量感受。传统的疑点判定手段多依靠手工检查和经验推测，这类方法经常效能不高且易于受制于个人见解的干扰，引起漏报或误判情况频繁屡见不鲜。对比而言老旧手段，现代自动化电力网络体系通过融合尖端传感器技术、数据通讯网络和智能分析程序，显著地提高了故障诊断的精准度和响应速度，因而大幅提高了电力系统故障处理的效能。在现代配电线路自动化系统中，关键监测装置发挥着极其关键的作用，这些装置具备实时检测电流强度、电压、频率等相关参数，然后将数据发送到中央调控系统。对照先前人工检查方法，智能型计量设备拥有更高精度的测量能力和更宽广的监测范围，能够做到持续不间断地监控电网运行情况。当监测察觉电压数值出现异常波动时，故障判定系统会立即将相关信息发送至控制中心。采用数据分析软件对数值进行及时剖析，这些算法能够快速识别故障类型，例如短路、开路或设备过载等，并根据异常信号的特征和位置，初步判断故障的可能位置。

为了进一步提高故障定位的精度，现阶段自动化设备采用了精密定位技术，涵盖定位感应器和故障显示器。当系统检测到故障时，定位传感器能够准确确定故障区域的具体位置，而故障指示装置则在电网中显著标出故障区段，运用相应方法并非只是缩小问题规模，并为后续的修补工作指明了清晰的方向，所以缩短了恢复所需时间。这种精确的定位能力显著减少了传统方法中可能出现的模糊区域，保障了配网线路抢修任务的高效率和精确度，配电线路自动化系统的故障诊断模块并具备自动实施的能力自动执行隔离故障点的操作方法。这项措施可以显著地缩小停电区域和影响程度，减轻用电客户电力供应中断风险对日常生活影响，此外为运维人员划定了详尽的维修范围，提高了故障处理速度[3]。

当下配电线路自动化系统的优点还表现在其具备即时监管和远程控制的辅助功能。专业人员有能力操作集中控制系统远程监控、实时操纵电力系统运行情况，及时取得系统异常情况信息和运行情况数据，快速解决线路运行问题异常，远程监视配网供电线路效能，从而使得电力监控管理更为高效，并减少了对现场故障查找。配电线路自动化系统具备即时监管电网运行情况，迅速辨识和精确查找问题，自动执行隔离措施，因此降低人工介入的必要性，减少停电期间经济损失、缩小停电范围及停电成本。利用多种方法手段，配电线路自动化系统显著提升了运维人员的故障处理速度，改进了恢复流程，确保了电力持续供应能力与稳定性，联合方法实施同步提高了电力系统管理效率，并且让用户体验到更为稳定的电力服务。

2.2 负荷管理

负荷管理是配电线路自动化系统中的关键功能之一，目标旨在完成对电力需求的即时动态调控，以保障电网稳定运行与高效性运行。电力需求调控的目标在于优化电力资源的分配方式，维持电网负荷的稳定，降低供电稳定性方面的波动和损耗。现在配电线路自动化系统系统借助实时监测电力负荷数据，采用高效算法和预测分析模型，可以预测电力负荷和进行线路负荷调整。在系统运作过程中，配电线路自动化系统借助遍布各关键节点的传感器及智能化测量装置，及时采集电网运行负载数据，数据将传递至中央调控平台，借助数据处理，及时评估负载状况动态变化和可能危险。

按照能耗需求计算和实时数据，该系统具有自动调节电网部件发电设备、变电设备和电容器集群相关设备运行状态，增强能源分配效率。例如，当系统监测预计某个时段的负荷预计上升时，它能够提前安排更多分布式发电的上网能力，或是进行配网线路的运行方式自动调整，来调节电力需求。电力需求的调控也关乎用电调整策略的执行，如需求响应，采取鼓励措施促使用户在高峰时段降低用电量，或者电力充裕时期提升用电量，进而实现电网负载的均衡分配。配电线路自动化系统的自动调整线路运行方法不仅提高了电网稳态，同时能够显著减少能源消耗量和运维成本，提高电力网络整体效能。在具体实践中，配电线路自动化系统分布网络的负载监控机制能够显著缓解电力供需压力，提高能源应用效率，为给予用户更稳定和经济实惠的供电服务[4]。

2.3 设备监控与管理

设备监控与管理是配电线路自动化系统关键部分，主要职责是执行对电网设备实时监控、状态评价和维修保养，进而保证电网运行的稳定性与安全性。如今电力系统采用尖端自适应控制技术数据处理方法，将设施维护管理与运行操作升级至新水平，设备管理涉及对多种关键电力设备实时收集重要数据并进行监控。自动控制系统集成了多个感应器和智能监控设施在设备监控方面，自动化系统通过设置预警阈值，能够在设备参数超出正常范围时发出警报，确保操作人员能迅速响应，防止事故发生。此外，基于历史数据分析，系统还可以进行趋势预测，帮助运维人员提

Copyright © 2024 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

前识别设备老化或潜在故障，从而制定有效的预防性维护策略，降低维护成本与停机时间。对于电力设备，如变压器、开关柜等，自动化系统不仅能实时监测其运行状态，还能进行远程控制，提升了设备的管理灵活性。

在管理层面，自动化系统提供了集成化的管理平台，整合了设备信息、故障记录、维护历史和运营数据，使得设备管理变得更加科学和系统化。通过这一平台，管理人员可以方便地获取设备的整体运行情况，制定合理的运营计划和维护策略。同时，自动化系统的应用还提升了数据透明度和决策支持能力，管理人员可以根据实时数据做出更加精准的决策，优化资源配置，提升配电网络的整体运行效率。自动化系统在配电网络中的设备监控与管理，不仅提高了实时性和准确性，降低了人工操作的风险，也为设备的智能化运维奠定了基础。随着技术的不断进步，自动化系统将继续推动配电网络向更高效、更安全的方向发展，为电力供应的稳定性和可靠性提供强有力的保障。

3 技术挑战与发展趋势

配电线路自动化系统利于提升电网运行维护效率和稳定水平方面体现显著优势。尽管如此，实际应用过程中同样面临诸多技术挑战，并且该体系的进步方向不断演进，设备监管和调控技术是保障电力传输体系顺畅运作核心要素。然而在实践过程中面临技术难题和数据处理挑战，配电线路自动化系统中存在众多装置，涵盖比如配电自动化开关、变压器、电缆、传感器等，每个设备的监控需求与数据类型各具差异。这需要平台必须具备优秀的兼容性和整合性。目前管理体制经常无法做到对各类设施集中管理，使得系统融合繁琐、维修经费居高不下。伴随智能设备的广泛应用及传感器数量的增长，数据量迅猛增加，数据处理和分析的难度变得更加严峻，高效的数据管理和即时数据处理成为配电线路自动化系统进一步升级的一项议题[6]。

在设备监控与管理方面，智能传感器的应用和数据分析技术的进步是应对挑战的重要方向。智能传感器能够实时收集设备运行状态数据，并通过无线通信技术将数据传输到中央控制系统。数据分析技术则可以通过对大数据的挖掘，识别设备的潜在问题并进行预警，从而提高系统的可靠性。人工智能（AI）和机器学习（ML）技术的引入，使得设备监控系统能够自动学习设备的运行模式，预测故障发生的概率，并提出优化维护方案。虽然这些技术在提高设备监控和管理效率方面取得了初步进展，但它们也面临着算法准确性和计算资源需求等挑战。配电线路自动化系统的广泛应用使得电力系统越来越依赖于信息技术，这也使得系统更容易受到网络攻击[7]。黑客可能通过攻击控制系统，干扰设备的正常运行，甚至导致电力供应中断。为了保障系统的安全性，需要采取综合的网络安全措施，包括数据加密、身份认证、防火墙和入侵检测系统等。此外，系统的安全性还需要通过定期的安全评估和漏洞扫描来确保。

伴着科技水平不断提高，配电线路自动化系统的发展前景涵盖更为智控化、一体化和环保。在智能化层面，平台将要应用智能算法和学习算法，完成更为精确的故障预示、资源管理和配网线路运行方式的调整。融合领域，将来平台架构将更加重视跟各类智能电网的系统联动状态，涵盖了和发电过程、输电过程以及用户过程协同提升，构建统一电力管理架构。

4 结语

总之，配电线路自动化系统被视为中枢神经，借助提高故障识别、电力监控功能和设备管理的能力，明显提升了调度效率和稳定性的保障，减轻了一线运维人员的运维压力。然而，系统运用仍遭遇技术难题和网络安全威胁等挑战。系统未来的进步将聚焦于智能科技、一体化，以迎合日益扩大的供电需求增长和绿色标准，促进能源组成向更智能化、高效率和可持续路径上发展。

[参考文献]

[1]彭东升.配电线路自动化技术的应用研究[J].通讯世界,2024,31(8):103-105.
[2]揭晓,林振宇.基于配网自动化技术的配电线路故障处理研究[J].智能物联技术,2024,56(2):126-129.
[3]陈球武.配电线路自动化系统配置及运行方式[J].电气技术与经济,2023(10):313-315.
[4]史晓宇.自动化设备在10kV配电线路故障抢修中的运用分析[J].中国设备工程,2023(23):158-160.
[5]刘耀远.浅析10kV配电线路中配电自动化及其对故障的处理[J].电子元器件与信息技术,2023,7(7):105-108.
[6]石立光,高杨.配电线路自动化改造配置方案及应用效果[J].农村电气化,2020(3):17-20.
[7]王遥.配电自动化技术应用与配电网安全运行管理[J].南方农机,2020,51(1):250.

作者简介：王国宇（1996.12—），毕业院校：南昌工学院，所学专业：电气工程及其自动化，当前就职单位：国网同心县供电公司，职称级别：初级。

Copyright © 2024 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

智能化技术在水利闸站机电设备安装中的应用与效益分析

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]传统的水利闸站机电设备安装及管理常常依赖于人工操作和定期巡检，存在着运行效率低下、安全隐患较大、资源利用不足等问题。随着智能化技术的发展，特别是物联网、大数据分析、人工智能等技术的广泛应用，水利闸站的管理方式正在发生深刻的变革。远程监控与管理系统、自动化控制系统、传感器与数据采集技术等智能化技术的引入，使得设备运行状态可以实时监测、远程控制，大大提升了设备的运行效率和管理水平。智能化技术在应用过程中仍面临诸多挑战，如技术成熟度、安全性保障、成本效益等问题亟待解决。因此，深入探讨智能化技术在水利闸站机电设备安装中的应用与效益，对于推动工程技术进步、提升管理水平具有重要意义。

[关键词]智能化技术；水利闸站；机电设备安装；应用；效益
DOI：10.33142/sca.v7i11.14215 中图分类号：TV66 文献标识码：A

Application and Benefit Analysis of Intelligent Technology in the Installation of Mechanical and Electrical Equipment in Water Conservancy Sluice Stations

LIU Xin, ZHOU Jie
Yangzhou Water Conservancy Construction Engineering Co., Ltd., Yangzhou, Jiangsu, 225002, China

Abstract: Traditional installation and management of mechanical and electrical equipment in water conservancy sluice stations often rely on manual operation and regular inspections, which have problems such as low operating efficiency, significant safety hazards, and insufficient resource utilization. With the development of intelligent technology, especially the widespread application of technologies such as the Internet of Things, big data analysis, and artificial intelligence, the management of water conservancy stations is undergoing profound changes. The introduction of intelligent technologies such as remote monitoring and management systems, automation control systems, sensors, and data acquisition technology enables real-time monitoring and remote control of equipment operating status, greatly improving equipment operating efficiency and management level. Intelligent technology still faces many challenges in the application process, such as technological maturity, security guarantees, cost-effectiveness, and other issues that urgently need to be addressed. Therefore, in-depth exploration on the application and benefits of intelligent technology in the installation of electromechanical equipment in water conservancy sluice stations is of great significance for promoting engineering technology progress and improving management level.

Keywords: intelligent technology; water conservancy sluice stations; installation of mechanical and electrical equipment; application; benefit

引言

随着科技的不断进步和应用需求的不断提升，智能化技术在各行各业的应用日益广泛，尤其是在水利工程领域。智能化技术不仅为水利闸站机电设备的安装和运行管理提供了新的技术手段，同时也为提升设备的运行效率、降低能耗、改善安全管理提供了重要的支持。本文深入探讨智能化技术在水利闸站机电设备安装中的应用与效益分析，详细讨论其在实际工程中的应用情况和技术特点，并分析其对工程管理和资源利用的潜在影响。

1 智能化技术概述

智能化技术在近年来迅速发展，成为现代工程领域的重要创新方向。它利用先进的计算机技术、传感器技术和数据通信技术，实现设备和系统的智能化控制与管理。通过智能化技术，设备能够自动感知环境变化、实时调整运行状态，并通过互联网实现远程监控与管理。这种技术不仅提升了设备的效率和可靠性，还改善了工作环境安全性，为工程项目的可持续发展提供了重要支持。

2 智能化技术在水利闸站机电设备安装中存在的问题

2.1 技术复杂性

智能化技术在水利闸站机电设备安装中面临的首要问题之一是技术复杂性。首先，智能化系统涉及的软硬件集成需要高度专业化的技术知识和技能，包括传感器网络、自动化控制算法以及数据处理和存储系统[1]。其次，不同设备和技术组件的互联互通需要精确地协调和配置，以确保整个系统的稳定运行。此外，由于技术的快速发展和更新换代，工程团队还需要持续学习和适应新技术，以应对不断变化的技术挑战和需求。

Copyright © 2024 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

2.2 初期投资成本高

智能化技术在水利闸站机电设备安装中的一个显著问题是初期投资成本高。这种高成本主要体现在先进技术设备的购买和安装费用，以及复杂系统的设计与集成所需的专业服务和人力成本。由于智能化系统的需求不仅限于设备本身，还包括软硬件的定制和整合，因此项目的启动阶段需要大量资金投入。这些投资可能超出传统安装和维护的预算范围，对于预算有限或是财务规划较为保守的项目，初期资本的高需求可能成为项目推进的重要障碍。

3 智能化技术在水利闸站机电设备安装中的应用

3.1 远程监控与管理系统

远程监控与管理系统在智能化技术应用于水利闸站机电设备安装中具有重要作用。该系统利用先进的传感器网络和实时数据传输技术，实现了设备运行状态和性能的远程实时监测与管理[2]。通过部署在设备关键位置的传感器，系统能够即时采集多种关键数据，包括温度、压力、电流等重要参数。这些数据通过互联网或专用网络传输至中心控制室或管理平台，使工程人员可以在不同地点实时查看设备的运行情况。通过预设的报警机制，系统能够自动发出警报通知相关人员，及时响应设备可能出现的故障或异常情况，从而最大限度地减少设备故障对运行的影响。远程监控系统不仅实现了对设备状态的即时监控，还支持历史数据的存档和分析。工程团队可以利用这些数据进行深入分析，评估设备的性能和运行状况。通过分析数据趋势和异常模式，可以及时发现设备运行中的潜在问题，并制定相应的维护策略和优化措施。此外，远程监控与管理系统的应用还能够提高工作效率和资源利用率。工程人员可以远程调整设备的操作参数，优化设备运行模式，从而降低能源消耗和运营成本。这种系统不仅为水利闸站的安全稳定运行提供了强大支持，也为长期的设备维护和性能优化提供了重要的数据支持和决策依据。

3.2 自动化控制系统

自动化控制系统在水利闸站机电设备安装中是智能化技术的关键应用之一，其核心在于集成先进的控制算法和传感器技术，以实现对设备运行的精确监控和自动调节。首先，自动化控制系统能够根据预设的参数和逻辑规则，自动调节设备的操作模式和工作参数，这包括设备的启停控制、运行速度和功率的调节，甚至更复杂的工艺流程控制。通过实时监测设备运行状态和环境条件，系统能够即时响应并通过反馈控制机制调整运行参数，以应对不同的工作需求和外部环境变化。其次，自动化控制系统提升了设备运行的精度和一致性，显著降低了人为操作误差的风险。这不仅提高了设备的整体效率和可靠性，还减少了运行过程中的生产中断和设备损坏的可能性。此外，自动化控制系统通过减少人力资源的投入，使得工作人员能够更专注于高级别的管理和决策任务。这种系统释放了操作人员的操作负担，让他们能够更有效地进行设备监控和故障排除，从而提高了水利闸站的运行效率和管理水平。

3.3 传感器与数据采集技术

在智能化技术应用于水利闸站机电设备安装中，传感器与数据采集技术起着至关重要的作用。传感器作为系统的感知器官，能够实时获取设备运行过程中的各种关键数据，如温度、压力、流量、振动等多维度参数。这些传感器通过安装在设备的关键部位或周围环境中，将采集到的数据传输至中心控制系统或云端平台，实现对设备运行状态的全面监测和分析。数据采集技术则负责将传感器获取的原始数据进行整合、处理和存储，通过先进的数据处理算法和技术，可以对大量的实时和历史数据进行有效管理和分析，从而揭示设备运行的潜在问题、趋势变化和性能优化的可能性。这些数据不仅帮助工程团队实现对设备的精确控制，还能支持决策者进行基于数据的预测性维护和优化管理。传感器与数据采集技术的结合不仅提升了设备运行的智能化水平，还为水利闸站的安全性、效率和可靠性提供了强有力的技术支持。通过不断优化和更新数据采集系统，可以进一步提高数据的精确性和实用性，从而为未来智能化技术的发展打下坚实的基础。

4 智能化技术应用的效益分析

4.1 经济效益

智能化技术在水利闸站机电设备安装中带来显著的经济效益。首先，通过提升设备的运行效率和稳定性，智能化技术能够减少因设备故障或人为操作失误而导致的停工和维修成本。减少停工时间不仅可以降低生产损失，还能够提高设备的利用率从而增加生产能力和产出。其次，智能化技术通过优化能耗管理和资源利用效率，降低了能源和物料的消耗成本，通过精确的数据分析和实时监控，系统可以调整设备的运行模式和工作参数，使得能耗在不影响生产效率的前提下得到最小化。此外，智能化技术还能够减少人力资源的投入和运营管理成本，自动化的控制系统和远程监控技术使得需要人工干预的环节大幅减少，工作人员可以集中精力在高附加值的管理和决策任务上，提升工作效率和管理水平。

4.2 社会效益

智能化技术在水利闸站机电设备安装中带来的社会效益是多方面的。首先，通过提升设备的安全性和稳定性，智能化技术减少了工作人员面对潜在危险的需求，降低了工作场所的安全风险。自动化控制和远程监控系统可以迅速检测到设备异常并采取预防措施，有效减少了事故发生的可能性，保障了工作人员的身体健康和生命安全。其次，智能化技术提高了设备运行的稳定性和可靠性，有效保障

Copyright © 2024 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

了水利闸站的正常运行和供水安全，这不仅有利于保障民生用水需求，还能够稳定农业灌溉和工业用水供应，促进当地经济和社会的可持续发展。另外，智能化技术的推广应用促进了相关行业的技术进步和创新，提升了工程施工和管理的整体水平，通过技术的应用和推广能够吸引更多高技能人才参与到水利工程的建设和管理中，推动产业结构升级和经济发展。

4.3 环境效益

智能化技术在水利闸站机电设备安装中的环境效益显著，主要体现在几个方面。首先，通过优化设备的运行模式和能源利用效率，智能化技术有效降低了能源消耗和排放量。精确的控制系统和实时监测技术可以调整设备的运行参数，最大限度地减少能源浪费，从而减少对环境的负面影响。其次，智能化技术通过减少人为操作误差和设备故障带来的排放，降低了环境污染物的释放量。自动化控制系统和远程监控技术能够及时发现和解决设备运行中的异常情况，有效预防了由此引发的环境污染事件，保护了周围生态环境的稳定性和健康性。此外，智能化技术的推广还促进了清洁生产和可持续发展理念的实施。通过技术创新和应用，推动了设备制造和运行过程中环境友好型材料和方法的应用，为全面减少资源浪费和环境影响提供了有效途径。

5 智能化技术在水利闸站机电设备安装中的应对策略

5.1 加强技术研发与创新

在应对智能化技术在水利闸站机电设备安装中的挑战时，加强技术研发与创新是一项关键策略。通过持续的技术研究与创新，可以不断推动智能化技术的前沿进展，提升设备的智能化水平和性能稳定性。首先，加强技术研发能够促进新技术的开发与应用[3]。例如，利用先进的传感器技术和数据处理算法，开发能够实现高精度监测和远程控制的智能化系统，以应对复杂的工程环境和需求。其次，技术创新能够解决现有技术的局限性和不足，通过不断优化和改进现有系统的设计和功能，提高系统的稳定性、安全性和适应性，使其能够更好地应对多变的工程需求和环境条件。此外，加强技术研发也包括开展跨学科的合作与交流，引入新颖的技术思维和解决方案。例如，与信息技术、材料科学等领域的专家和研究人员合作，探索新材料的应用和先进制造技术，以提升设备的性能和可靠性。

5.2 降低成本与提高效益

在智能化技术在水利闸站机电设备安装中，降低成本与提高效益是至关重要的策略。首先，通过技术创新和供应链优化，可以有效降低设备和系统的采购成本。例如，采用成本更低但性能更优的新型传感器和控制器，以及优化的生产制造流程，能够显著降低设备的初期投资。其次，通过规模化生产和标准化设计，可以降低设备的制造成本和安装成本。标准化的设计能够简化工程施工过程，减少人力资源和时间成本，同时降低后续的维护和运营成本。此外，选择可持续发展的材料和技术，不仅有助于降低环境成本，还能够提升设备的整体使用寿命和效能。另外，通过优化设备运行管理和维护流程，可以进一步提高设备的效益。引入智能化的预测性维护系统和远程监控技术，能够及时发现和解决潜在问题，降低维修成本和生产中断风险，从而提升设备的整体经济效益。

5.3 强化数据安全与管理

在智能化技术应用于水利闸站机电设备安装中，强化数据安全与管理是至关重要的一环。随着设备联网和数据采集技术的发展，大量的关键运行数据被实时采集和传输至中心控制系统或云端平台，为设备的远程监控和管理提供支持。然而，这也带来了数据安全性和隐私保护的挑战。首先，强化数据安全需要建立健全的数据保护体系，包括采用先进的加密技术保护数据的传输和存储安全，确保数据在传输和存储过程中不被未经授权的访问和篡改。同时，建立严格的访问控制和身份认证机制，确保只有授权人员可以访问和操作敏感数据。其次，有效的数据管理是保障数据安全的关键，包括建立完善的数据备份和恢复机制，保证在数据丢失或损坏时能够及时恢复重要信息。定期进行数据审计和监控，及时发现和处理异常活动和安全威胁，从而降低数据泄露和被攻击的风险。此外，加强员工的安全意识和培训也是保障数据安全的重要环节。通过培训员工识别和应对网络攻击和数据泄露的风险，提高其在数据安全管理中的主动性和防范意识，有效防止人为因素引发的安全问题。

6 结语

智能化技术在水利闸站机电设备安装中的广泛应用，为提升设备运行效率、优化管理手段、保障工程安全提供了新的可能性和解决方案。远程监控与管理系统的引入使得设备状态实时可控，自动化控制系统的应用提升了运行的精度和一致性，传感器与数据采集技术的使用增强了对设备性能和环境影响的监测能力。这些技术的综合应用不仅提高了水利闸站的生产效率和经济效益，同时也为环境保护和资源管理提供了可持续发展的路径。同时智能化技术在应用过程中也面临诸多挑战，如技术复杂性、初期投资成本高以及数据安全管理等问题需要持续关注和解决。加强技术研发与创新、降低成本与提高效益、强化数据安全与管理成为推动智能化技术进步的关键策略和方向。随着科技进步和应用经验的积累，智能化技术将在水利闸站领域展现更广阔的前景。通过不断创新和应用，我们可以进一步提升设备运行的智能化水平，实现资源的有效利用和环境的可持续保护，为未来水利工程的发展和改进提供

Copyright © 2024 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

更有力的支持和保障。

[参考文献]

[1]樊尊荣,霍利兵,李坤.水利施工中的智能化技术应用研究[J].水上安全,2024(6):73-75.
[2]王良泽南.水利工程数字化与智能化发展趋势研究[J].长江工程职业技术学院学报,2023,40(3):75-78.
[3]肖恩尚.重大水利水电工程智能化地基处理关键技术研究与应用[D].天津市:中国水电基础局有限公司,2021.

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。

Copyright © 2024 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

大数据技术在船舶管理中的运用及效果观察

马洪兵
长江南京航道工程局，江苏 南京 210011

[摘要]随着全球化的加速和经济的不断发展，航运业成为了世界经济发展的重要支柱。然而，船舶管理作为航运业的重要组成部分，面临着复杂而繁重的任务。文中通过研究大数据技术在船舶管理中的运用，探讨了大数据技术对船舶管理的影响和效果，以期为船舶管理提供新的思路和方法。
[关键词]大数据技术；船舶管理；运用；效果观察
DOI：10.33142/sca.v7i11.14214 中图分类号：U671.99 文献标识码：A

Application and Effect Observation of Big Data Technology in Ship Management

MA Hongbing
Changjiang Nanjing Waterway Engineering Bureau, Nanjing, Jiangsu, 210011, China

Abstract: With the acceleration of globalization and continuous economic development, the shipping industry has become an important pillar of world economic development. However, as an important component of the shipping industry, ship management faces complex and arduous tasks. By studying the application of big data technology in ship management, this article explores the impact and effectiveness of big data technology on ship management, in order to provide new ideas and methods for ship management.
Keywords: big data technology; ship management; application; effect observation

引言

船舶管理作为航运业的重要组成部分，涉及到船舶的安全、效率和环保等方面。然而，传统的船舶管理方式往往存在着信息不对称、决策缓慢和资源浪费等问题。随着大数据技术的快速发展，将大数据技术应用于船舶管理中，可以提高船舶管理的效率和水平，降低运营成本，提升船舶安全性和环保性。本文将对大数据技术在船舶管理中的运用及其效果进行详细探讨。

1 大数据技术运用特点

大数据技术的运用特点主要体现在数据采集、存储、处理和分析等方面。

首先，大数据技术具有海量的数据采集能力。在互联网时代，各种设备、平台和应用产生了大量的数据，大数据技术通过各种手段对这些数据进行采集，包括网络爬虫、传感器、物联网等获取到更加丰富和全面的数据资源，为后续的数据分析和应用提供基础。

其次，大数据技术具备强大的数据存储能力。传统的数据库系统在面对海量数据时往往难以胜任，而大数据技术可以通过分布式存储、压缩存储等技术手段，有效地解决海量数据的存储问题。例如，Hadoop 的分布式文件系统（HDFS）就是专为海量数据设计的一种存储方案，可以实现数据的高效存储和访问。此外，大数据技术具有高效的数据处理能力。大数据的处理涉及到数据的清洗、转换、合并等操作，这些操作需要在大数据技术平台上高效完成。例如，Apache Spark 是一款强大的分布式数据处理引擎，可以在短时间内完成海量数据的处理任务，大大提高数据处理的效率。

最后，大数据技术具备出色的数据分析能力。通过对海量数据的挖掘和分析，可以发现数据中隐藏的价值信息，为决策提供支持。大数据技术可以通过机器学习、深度学习等算法，对数据进行建模和分析，从而实现对数据的深入理解和挖掘。例如，Google 的 PageRank 算法就是一种基于大数据分析的算法，它通过对网页链接的分析，实现对网页重要性的评估。

2 大数据技术在船舶管理中的运用

2.1 船舶运行数据的实时采集和分析

在大数据技术的推动下，船舶运行数据的实时采集和分析，作为船舶管理的核心环节，越来越重要。借助安装在船舶上的各类传感器和监测设备，工作人员可以实时采集到船舶的运行数据，数据涵盖船舶的速度、航向、油耗、机舱温度等多个方面，通过对数据进行实时分析，实时监测船舶的运行状态，及时发现和处理问题，从而提高船舶的运行效率和安全性。

在船舶管理中，通过大数据分析，对船舶的运行数据进行深入挖掘，发现潜在的问题和隐患。例如，通过对油耗数据的分析，发现船舶的燃油效率是否存在下降的趋势，进而采取措施优化船舶的航行路线和速度，降低燃油消耗；通过对机舱温度的监测和分析，工作人员可提前发现船舶的机械设备是否存在过热的情况，从而避免潜在的设备故障[1]。此外，大数据技术在船舶管理中的应用还可以帮助

Copyright © 2024 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

船舶管理者做出更加科学的决策。通过对历史数据的分析和挖掘，可预测船舶的运行状态和故障风险，为船舶管理者提供有力的支持。例如，在船舶的维护和检修方面，通过对历史维护数据的分析，可预测船舶的维护需求，合理安排维护计划，避免因延迟维护而导致的设备故障。

总的来说，大数据技术在船舶管理中的运用，不仅可以提高船舶的运行效率和安全性，还可以帮助船舶管理者做出更加科学的决策。随着大数据技术的不断发展，我们有理由相信，未来的船舶管理将更加智能化、高效化，为人类的航海事业带来更大的便利和保障。

2.2 船舶维护和修理的智能化

在当前的船舶维护和修理领域，智能化、自动化的趋势愈发明显，借助先进的大数据技术，可以实现对船舶维护和修理工作的智能化管理，从而大大提升船舶的运行效率和安全性。船舶维护和修理的智能化，主要通过长期积累和分析船舶运行数据来实现，数据包括船舶的航行记录、设备运行状态、故障维修历史等，通过专业软件进行处理和分析，以得出船舶的维护和修理计划，计划将根据船舶的实际情况，制定出最合理的维护和修理方案，以预测船舶可能出现的问题，并提前进行维护和修理，避免船舶在航行中出现故障。智能化的维护和修理方式，不仅可以提高船舶的可靠性和安全性，还可以节省大量的维护成本。

传统的船舶维护和修理方式，往往需要依靠经验丰富的技术人员进行判断和决策，既耗时又耗力，而且容易因为人为因素而出现疏漏，而通过智能化管理，可以大大减少这些问题的发生，提高维护和修理的效率和质量。此外，大数据技术还可以为船舶维护和修理提供更加精准的数据支持。通过对船舶运行数据的实时监测和分析，可以实时了解船舶的运行状态，及时发现并处理可能出现的问题，确保船舶的安全运行。同时，还可以根据数据分析结果，对船舶的维护和修理工作进行优化和改进，提高船舶的运行效率和可靠性。

2.3 船舶航行的优化和导航

在现代航运业中，大数据技术的应用已经成为提高船舶航行效率和保障航行安全的关键手段，通过对历史航行数据的深入挖掘，可以发现最佳的航线选择和航行时间，从而避开航行过程中的恶劣天气和复杂海域情况，降低航行风险，提高船舶的航行效率。

2.3.1 选择最佳的航线

通过对历史航行数据的分析，找出哪些航线在特定时间段内的航行条件最为理想，从而为船舶提供更为科学的航线选择依据。此外，大数据技术还可以预测未来一段时间内的天气变化和海域状况，帮助船舶避开可能的自然灾害和复杂海域，确保航行的安全与高效。

2.3.2 优化船舶的航行速度

通过对船舶航行数据的实时分析，可以精确掌握船舶在各个航段的速度状况，根据实际情况对航速进行调整，既保证航行安全，又提高航行效率。同时，大数据技术还可以实时监控船舶的运行状态，提前发现可能出现的故障，为船舶提供及时的维修建议，确保船舶在最佳状态下进行航行。

2.3.3 风险管理

通过对历史航行事故数据的分析，可以找出事故发生的规律和原因，为船舶提供针对性的安全防护措施。同时，大数据技术还可以协助船舶进行货物装载和配载的优化，提高船舶的载货能力，降低运输成本。

综上所述，大数据技术在船舶航行优化和导航中的应用具有重要意义，不仅可以提高船舶的航行效率，降低运营成本，还可以有效保障航行安全，为我国航运业的可持续发展提供有力支持。在未来的航运业发展中，大数据技术的应用将更加广泛，为船舶航行带来更多便捷与安全。

2.4 识别系统的运用

船舶管理中的自动识别系统（AIS）在运行中起着至关重要的作用，通过收集和分析船舶与岸边以及运行经纬度变化等数据，能够实时地分析当前船舶的运行状态，包括对船舶航向、速度、位置以及船舶类型等信息的综合评估[2]。然而，由于水路网的整体复杂性较高，尤其是在内陆河道中，由于水体面积有限，船舶在运行过程中容易受到多种因素的影响，这些因素可能包括水流速度、河道狭窄、能见度低等，都可能导致船舶运输故障。因此，为了确保船舶运行的安全性，我们有必要借助大数据技术来构建自动识别系统，以提高船舶管理水平。在构建自动识别系统时，我们需要在大数据技术的基础上，构建新的计算框架，以应对大规模数据的计算需求。以 Spark 为例，它是一个强大的计算框架，能够在短时间内处理大量的数据。在 Spark 的运行过程中，我们需要构建计算框架，以便能够快速地处理和分析船舶运行的数据。

总的来说，船舶管理中的自动识别系统（AIS）在保障船舶安全运行方面起着至关重要的作用，通过收集和分析船舶运行数据，能够实时地分析船舶的运行状态，并自动识别潜在的风险因素和非法操作。然而，由于水路网的复杂性，工作人员还需要借助大数据技术和先进的计算框架，如 Spark，来提高自动识别系统的计算能力。同时，利用机器学习和人工智能技术，可以进一步提高系统的准确性，通过云计算技术，可以将自动识别系统部署在云端，使其能够实时地获取和处理船舶运行的数据，提高船舶管理的效率。

3 大数据技术在船舶管理中的效果观察

3.1 提高船舶管理的效率和水平

在当今全球化的贸易中，随着航海技术的不断进步和航海业的快速发展，如何提高船舶管理的效率和水平，确保航行安全，成为行业亟待解决的问题，而大数据技术的应用，为船舶管理提供新的视角和方法，其在船舶管理中的效果日益凸显。

3.1.1 帮助船舶管理者实时监控船舶的运行状态

通过收集船舶的各类数据，如船速、航向、船舶负载

Copyright © 2024 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

等，利用大数据分析技术，可以实时发现并预警潜在的安全隐患，确保船舶在最佳状态下运行。同时，通过对历史数据的深度挖掘，可以发现船舶运行中的规律和趋势，为船舶的航线规划、加油策略等提供科学依据，从而降低运营成本，提高船舶管理的效率。

3.1.2 船舶安全管理

通过大数据分析，可以对船舶事故进行深入剖析，找出事故发生的规律和原因，为制定预防措施提供科学依据，此外大数据技术还可以用于船舶的违章行为的监控和分析，通过对违章行为的深入挖掘，找出违章行为的规律和特点，为船舶安全管理提供有力支持[3]。

3.1.3 船舶维护和保养

通过收集和分析船舶的维护和保养数据，可以实时掌握船舶各部件的运行状态，预测和发现潜在的故障，从而实现对船舶的精准维护和保养，提高船舶的可靠性和安全性。同时，通过对船舶维护和保养数据的深度挖掘，可以优化维护和保养流程，提高维护和保养效率，降低维护和保养成本。

3.1.4 船舶管理中的运用，提高船舶的环境友好性

通过收集和分析船舶的排放数据，可以实时监控船舶的污染排放情况，为船舶的环保管理提供科学依据。同时，通过对排放数据的深度挖掘，可以找出排放污染物的规律和特点，为船舶的环保改进提供有力支持。

3.2 降低运营成本

船舶管理是航运业的核心环节，其效率和安全性对整个行业的可持续发展具有重要影响。随着大数据技术的飞速发展，将其应用于船舶管理领域已成为提升运营效率、降低运营成本、增强船舶安全性的有效途径。

大数据技术在船舶管理中的运用，首先表现在对船舶运行数据的实时监测和分析。通过安装在船舶上的各种传感器和监测设备，可以实时收集船舶的运行数据、环境数据和船员工作状态等。利用大数据技术，对这些数据进行实时分析和处理，可以实时掌握船舶的运行状态，及时发现和解决船舶运行中可能出现的问题，从而降低船舶的维修成本和停航时间。其次，大数据技术在船舶管理中的应用还体现在对船舶运营数据的深度挖掘和分析。通过对船舶的航行数据、货物数据、燃油数据等进行深入分析，可以发现船舶运营中的瓶颈和问题，为船舶的运营决策提供科学依据。例如，通过分析船舶的航行数据，可以优化船舶的航线选择和航行计划，减少航程时间和燃油消耗，从而降低运营成本。最后，大数据技术在船舶管理中的应用还可以提高船舶的安全性。通过对船舶的运行数据和环境数据进行实时监测和分析，可以及时发现船舶的安全隐患，采取措施避免事故的发生。同时，通过对船舶事故数据的深度挖掘和分析，总结事故的原因和规律，为船舶的安全管理提供科学依据。

总之，大数据技术在船舶管理中的应用可以有效降低船舶的运营成本，提高船舶的运营效率和安全性。随着大数据技术的不断发展和完善，相信在未来的船舶管理中，大数据技术将发挥越来越重要的作用。

3.3 提升船舶安全性和环保性

随着大数据技术的不断发展，通过大数据技术的应用，可以在提升船舶安全性和环保性的同时，提高船舶管理的效率和准确性。

3.3.1 帮助船舶管理提升安全性

在船舶管理中，通过大数据技术的分析，可以对船舶的运行状态进行实时监测，及时发现并预测潜在的安全隐患。同时，通过对大量历史数据的分析，可以对船舶的故障进行预测和诊断，提前采取维修措施，避免事故的发生。此外，大数据技术还可以帮助船舶管理人员对船舶的航线进行优化，避免船舶在航行过程中遭遇恶劣天气和海况，确保船舶航行的安全。

3.3.2 提升船舶的环保性

在船舶管理中，通过对船舶的排放数据进行实时监测和分析，可以及时发现并处理船舶的排放问题，减少污染物的排放。同时，通过对船舶的能源消耗数据进行分析，可以找出能源消耗的瓶颈，采取措施提高能源的使用效率，减少能源的浪费。此外，大数据技术还可以帮助船舶管理人员对船舶的废物处理进行管理，确保废物的合规处理，减少对环境的影响。

3.3.3 提升船舶管理的安全性和环保性

通过实时监测和分析船舶的运行数据，可以及时发现并处理潜在的安全隐患，避免事故的发生，保障船舶和船员的安全。同时，通过对船舶的排放数据和能源消耗数据进行分析，可以减少污染物的排放，提高能源的使用效率，减少对环境的影响[4]。因此，大数据技术在船舶管理中的应用具有重要的意义。

4 结束语

大数据技术在船舶管理中的运用，可以大大提高船舶管理的效率和水平，降低运营成本，提升船舶安全性和环保性。然而，大数据技术的应用也面临着数据安全、隐私保护和人才培养等问题，需要进一步的研究和解决。未来，随着大数据技术的不断发展和成熟，相信大数据技术将在船舶管理中发挥更大的作用。

[参考文献]

[1]王维成.大数据技术在船舶管理中的运用及效果观察[J].珠江水运,2023(19):81-83.
[2]吴佐政.大数据技术在船舶管理中的运用[J].船舶物资与市场,2023,31(4):101-103.
[3]艾小波.大数据技术在船舶管理中的应用[J].中小企业管理与科技(中旬刊),2021(8):187-188.
[4]徐鹏辉.大数据技术在船舶管理中的应用[J].船舶物资与市场,2021(2):71-72.

作者简介：马洪兵（1976.12—），男，江苏泰兴人，汉，本科学历，沿海一等轮机长，就职于长江南京航道工程局，从事船舶管理和航道疏浚施工工作。

Copyright © 2024 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

智能控制工程在机械电子工程中的应用

赵永波
察右前旗融媒体中心，内蒙古 乌兰察布 012200

[摘要]机械电子工程融合了机械和电子技术，随着智能制造的发展，传统系统正向智能化转型。智能控制技术通过提升数据采集、处理和控制能力，优化生产流程，增强系统灵活性和效率。这一转型不仅推动了生产力的提升，还为未来的技术创新提供了坚实基础。

[关键词]智能控制系统；机械电子；应用
DOI：10.33142/sca.v7i11.14205 中图分类号：TP27 文献标识码：A

Application of Intelligent Control Engineering in Mechanical and Electronic Engineering

ZHAO Yongbo
Chahar Right Front Banner Integrated Media Center, Ulanqab, Inner Mongolia, 012200, China

Abstract: Mechanical and electronic engineering integrates mechanical and electronic technologies, and with the development of intelligent manufacturing, traditional systems are transforming towards intelligence. Intelligent control technology improves data collection, processing, and control capabilities, optimizes production processes, and enhances system flexibility and efficiency. This transformation not only promotes the improvement of productivity, but also provides a solid foundation for future technological innovation.

Keywords: intelligent control system; mechanical electronics; application

引言

智能控制工程在机械电子系统中的应用正引领工业自动化的新时代。通过结合先进的控制算法、传感器和执行器，智能控制技术不仅提升了操作精度，还增强了系统的自适应和优化能力。本文将探讨智能控制工程在机械手臂控制、自动化生产线、智能传感器与执行器、机器人导航与路径规划等方面的应用，分析其带来的优势和变革。

1 智能控制工程和机械电子工程

1.1 智能控制工程

智能控制工程是现代控制理论与智能技术的结合体，通过自适应、学习和优化的算法提升系统的自动化和智能化水平。这一领域的核心在于运用计算智能、模糊逻辑、神经网络和机器学习等技术，设计出能够在复杂和动态环境下自主决策和调整的控制系统。智能控制系统具备良好的自适应性和鲁棒性，能够处理非线性、不确定性和动态变化的输入，优化系统的性能与稳定性。与传统控制系统相比，智能控制工程不仅提升了系统的自动化程度，还使得系统能够在面对复杂任务时展现出更高的智能水平和灵活性。这一领域的应用涵盖了机器人控制、智能制造、自动驾驶等多个高科技领域，推动了现代工业和科技的进步。

1.2 机械电子工程

机械电子工程融合了机械工程与电子技术的先进成果，致力于设计和实现高度集成的机械系统。这一学科不仅关注机械部件的设计与制造，还涵盖电子控制系统的集成和优化。机械电子工程的核心在于将机械系统的物理特性与电子系统的控制能力相结合，通过智能化的电子控制实现对机械系统的精确操控和优化运行。这包括了传感器的应用、信号处理、驱动技术及嵌入式系统的开发，提升机械系统的功能性和效率[1]。应用领域广泛，如自动化生产线、智能机器人、精密仪器等，都依赖于机械电子工程的技术来实现高效、精确的操作。该领域推动了传统机械工程的智能化进程，为现代工业和科技创新提供了强大的支持。

2 智能控制工程在机械电子工程中的优势

2.1 流程优化与简化

智能控制工程在机械电子工程中显著提升了流程优化与简化的能力。通过应用先进的智能算法和自动化控制技术，智能控制系统能够实时监测和调整机械过程，自动识别并消除流程中的瓶颈和冗余环节。这种优化不仅减少了人为干预的需求，还提高了系统的整体效率和精确度。智能控制系统能够动态调整操作参数优化资源配置，并在异常情况下自动进行纠正，大幅度简化了操作流程和维护工作。通过数据分析和反馈机制，这些系统可以实现持续改进，逐步精简复杂操作降低了生产成本，同时提升了生产线的灵活性和响应速度。

2.2 减少人为错误

智能控制工程在机械电子工程中显著减少了人为错误，通过自动化和智能化的手段提高了系统的可靠性和精确性。智能控制系统能够精准执行预设的控制策略，避免了因人工操作不当而导致的错误。这些系统利用实时数据

Copyright © 2024 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

监测和自动调整功能，确保机械过程的稳定性和一致性，减少了因人为疏忽或疲劳导致的操作失误。此外，智能控制技术能够提供实时的反馈和警报，及时提示操作人员潜在的错误和异常情况，从而进一步防止错误的发生。通过减少对人工干预的依赖，智能控制系统不仅提升了操作的准确性，还增强了整体系统的安全性和可靠性，为机械电子工程中的各种应用提供了坚实的保障。

2.3 保障数据准确性

智能控制工程在机械电子工程中通过集成先进的数据采集与处理技术，有效保障了数据的准确性。智能控制系统配备高精度传感器和实时数据处理模块，能够准确捕捉和分析各种运行参数，从而保证数据的真实与可靠。系统通过自动校准和误差修正机制动态调整测量精度，降低数据噪声和误差的影响。此外，智能控制技术能够对数据进行深度分析和趋势预测，确保数据的完整性和一致性。这种数据准确性的保障不仅提升了系统的性能和稳定性，还为决策提供了科学依据，有助于优化操作流程和提高生产效率。智能控制系统通过这些手段，使得机械电子工程中的数据处理更为精确，为高效管理和控制奠定了坚实的基础。

2.4 控制性能提升

智能控制工程在机械电子工程中显著提升了控制性能，通过引入先进的算法和技术优化系统的响应速度和控制精度。智能控制系统利用自适应控制、模糊逻辑和预测算法等技术，能够在复杂和动态环境下实时调整控制策略，增强系统对各种操作条件的适应能力。系统能够有效地减少控制误差提升稳定性，并优化动态响应，使机械设备在不同负载和操作条件下保持高效运行。通过集成智能优化和反馈机制，控制系统不仅提高了操作的准确性和灵活性，还降低了能耗和维护成本。智能控制工程的应用使得机械电子系统在实现高性能控制的同时，也具备了更强的鲁棒性和可靠性，为现代工业应用提供了卓越的控制解决方案。

3 机械电子系统中的智能控制应用

3.1 机械手臂控制

在机械电子系统中，智能控制技术的应用极大地推动了机械手臂控制的进步。智能控制系统通过集成高精度传感器、先进的算法和实时数据处理，显著提升了机械手臂的操作灵活性和精确度。首先，机械手臂配备了多种传感器，如位置传感器、力传感器和视觉传感器，这些传感器实时监测手臂的位置、力矩和环境信息，为控制系统提供准确的数据输入。基于这些数据，智能控制系统利用自适应控制和机器学习算法，实现了对机械手臂运动轨迹的精确控制和优化。智能控制系统不仅能够进行高效的路径规划，还可以实时调整运动策略，补偿由于负载变化或环境因素引起的偏差。这种智能调节能力显著提高了机械手臂在执行复杂任务时的稳定性和可靠性。此外，系统通过数据反馈机制不断优化操作参数，增强了手臂的自学习能力，使其能够适应不同的操作环境和任务需求。智能控制技术的应用，使得机械手臂能够在工业生产、装配、搬运等领域中发挥更大的作用，实现了高效、精确的自动化操作。

3.2 自动化生产线中的智能控制

在自动化生产线中，智能控制技术的应用极大地提升了生产效率和系统的灵活性。智能控制系统通过集成先进的传感器、执行器和数据处理单元，实现了对生产线各个环节的实时监控和精确调控。首先，生产线上的传感器网络能够实时采集生产过程中的关键数据，包括温度、湿度、速度和位置等。这些数据被传输至中央控制系统，由系统利用机器学习和优化算法进行分析和处理。智能控制系统通过算法优化，能够实时调整生产线的各个参数，确保每个环节的操作都在最佳状态。例如，在物料输送过程中，系统可以根据实时监测的数据自动调整输送带的速度，适应不同的生产需求。对于装配和加工环节，智能控制技术可以通过图像识别和深度学习算法，精确检测产品的缺陷和不一致性，并即时调整生产操作以提高产品质量[2]。此外，智能控制系统还具备预测维护功能，通过对历史数据和实时数据的分析，系统能够预测设备的潜在故障，并在故障发生前进行预防性维护。这种前瞻性的维护策略显著减少了生产线的停机时间和维护成本，提升了整体生产效率。智能控制技术的应用使得自动化生产线不仅具备了高度的自适应性和灵活性，还能够根据生产需求进行动态调整和优化，为制造业带来了显著的效益提升。这些技术的结合不仅提高了生产过程的精确度和效率，也为现代工业生产提供了智能化的解决方案。

3.3 智能传感器与执行器

智能传感器与执行器在现代机械电子系统中扮演了至关重要的角色，通过提升数据采集与控制的精度，为系统提供了高效的自动化解决方案。智能传感器具备高级的数据处理能力，不仅能够实时采集环境和操作参数，还能够对数据进行初步分析和处理。这些传感器通常集成了信号处理电路、数据转换模块和通信接口，使其能够将采集到的原始数据转化为有用的信息，并通过标准化协议与控制系统进行通信。例如，智能温度传感器不仅能测量温度变化，还能通过内置算法预测温度趋势，实时调整控制策略以保持系统在最佳运行状态。执行器则是将智能控制系统指令转化为物理动作的关键组件。现代智能执行器通常集成了自我诊断功能和反馈机制，能够根据传感器提供的数据实时调整其输出。这些执行器可分为电动执行器、气动执行器和液压执行器等，具体选择取决于应用需求。智能电动执行器可以精确控制位置、速度和加速度，而气动和液压执行器则用于需要高力量和速度的场合。智能传感器与执行器的协同作用使得系统能够实现精准控制和动态调节。在工业自动化中，智能传感器不断监测生产环境和设备状态，将实时数据反馈至控制系统，控制系统通过

Copyright © 2024 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

智能算法分析数据并发出指令，执行器则根据这些指令调整机械运动或操作状态。这种闭环控制机制不仅提升了系统的响应速度和精度，还增强了系统的稳定性和可靠性。

3.4 机器人导航与路径规划

机器人导航与路径规划是智能控制技术在机器人领域中的核心应用，涉及到机器人在复杂环境中的自主移动与定位。机器人导航的目标是使机器人能够在未知或动态变化的环境中有效地确定其当前位置，并规划出一条最优路径以达到目标点。路径规划则着重于计算机器人从起点到终点的最优行进路线，确保安全、高效地避开障碍物和其他限制。现代机器人导航技术通常依赖于多种传感器数据的融合，如激光雷达（LiDAR）、相机和超声波传感器。这些传感器提供了关于环境的详细信息，包括障碍物的位置、距离和形状。利用这些数据，导航系统通过先进的算法如 SLAM（同步定位与地图构建）来实时构建环境地图，并不断更新机器人位置[3]。SLAM 算法允许机器人在未知环境中创建地图，同时追踪自身的位置，无需依赖外部定位系统。路径规划算法则处理如何从当前位置规划到目标位置的最优路径。常用的路径规划算法包括 A 算法、Dijkstra 算法和动态窗口方法。这些算法通过计算最短路径、避免碰撞以及优化移动策略，为机器人提供了一条高效且安全的行进路线。例如，A 算法结合了启发式搜索和图搜索的优点，能够在复杂环境中快速找到最短路径，而动态窗口方法则针对动态障碍物进行实时路径调整，确保机器人在变化环境中的稳定性和灵活性。此外，机器人导航与路径规划还涉及到动态避障技术。当机器人在运动过程中遇到移动障碍物时，系统能够实时重新计算路径，并动态调整行进方向，确保机器人能够安全通过。智能控制技术的应用提升了导航系统的响应速度和路径规划的精确度，使得机器人在执行复杂任务时能够表现出更高的智能水平和操作效率。

4 智能控制工程的发展趋势

智能控制工程正经历快速的发展和变革，未来的趋势将集中在以下几个关键领域：首先，人工智能（AI）和机器学习的应用将继续深化，通过融合深度学习、强化学习等先进算法，智能控制系统将能够在更复杂和动态的环境中实现自我优化和自主决策。这种能力使得系统能够从大量数据中提取模式，自适应地调整控制策略，从而显著提升系统的智能水平和操作效率。其次，物联网（IoT）的发展将推动智能控制系统的广泛应用，物联网技术使得设备能够通过网络互联，实时交换信息和协同工作。这将使得智能控制系统能够更好地整合各种设备和传感器数据，实现更高层次的自动化和智能化。通过物联网智能控制系统能够在全球范围内进行数据共享和实时监控，提升系统的可管理性和响应能力。第三，边缘计算的崛起将增强智能控制系统的实时处理能力，传统的智能控制系统往往依赖于云计算，但随着边缘计算技术的发展，数据处理和决策将更加接近数据源。这种方式降低了数据传输延迟，提高了系统的实时性和可靠性，特别适用于需要高速响应的工业控制和自动驾驶等应用场景。此外，智能控制系统的安全性和隐私保护将成为重要关注点，随着系统变得越来越智能和互联，网络攻击和数据泄露的风险也随之增加。因此，未来的发展将强调增强系统的安全防护措施，包括加密技术、身份验证和入侵检测，以确保系统的安全性和数据的保密性。最后，智能控制技术的普及将推动更多跨学科的融合创新。机械工程、电子工程、计算机科学等领域的紧密结合，将催生出更加智能和高效的控制解决方案。这样的融合不仅推动了技术的进步，还扩展了智能控制工程的应用范围，带来了更多的商业机会和技术突破。

5 结语

智能控制工程在机械电子系统中的应用展示了对现代工业和技术进步的深远影响。从提升系统的自动化水平和操作精度，到优化生产流程和减少人为错误，智能控制技术正在不断推动各个领域的创新与发展。随着人工智能、物联网、边缘计算等前沿技术的不断进步，智能控制系统的能力将不断增强，为工业自动化、机器人技术和智能制造等领域提供更为强大的支持。展望未来，智能控制工程将在提升系统性能、保障数据安全、实现更高效操作等方面发挥更加重要的作用，引领技术变革，为智能化社会的发展贡献力量。

[参考文献]

[1]赵玉斌.智能控制工程在机械电子工程中的应用[J].电子元器件与信息技术,2021,5(8):87-88.
[2]饶伟.智能控制工程在机械电子工程中的应用研究[J].农机使用与维修,2020(9):32-33.
[3]陈元生.基于智能控制工程在机械电子工程中的应用分析[J].中国多媒体与网络教学学报(上旬刊),2020(4):133-134.

作者简介：赵永波（1981.11—），男，汉族，毕业学校：集宁师范学院，现工作单位：察右前旗融媒体中心。

Copyright © 2024 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

隧道无极调光系统应用分析

刘俊成 黄 资
广西交通投资集团梧州高速公路运营有限公司平南分公司，广西 贵港 537227

[摘要]随着交通建设的不断发展，隧道的数量和长度持续增加。在我国山区公路建设中，有大量路段为隧道，隧道建成投入使用后消耗相当大的电量，使用成本增加。尤其是在偏远山区，经济不发达，车流量较少，高速公路隧道的灯光照明费用成为管理部门的沉重负担。广西交通投资集团2024年工作报告中指出：强化“一切成本皆可控”理念，持续推进节能降耗、增收节支工作。因此，为做好隧道照明系统管理，科学合理节约电能，提高效益，根据规范要求结合实际需求和可用的灯具控制手段动态对隧道照明系统进行控制管理，以达到在满足隧道实际运营需求的情况下，尽最大的限度节约电能的目的。此文旨在深入分析隧道无极调光系统，探讨其工作原理、调光控制方式以及在隧道照明中的应用优势。通过对该系统的研究，为隧道照明的优化提供参考，以实现提高照明质量、降低能源消耗、减少运营成本的目标。同时，希望为隧道照明技术的发展提供有益的思路和方法，推动隧道照明行业的进步。

[关键词]系统原理；评价体系；分析；概念与方法
DOI：10.33142/sca.v7i11.14179 中图分类号：U45 文献标识码：A

Application Analysis of Tunnel Infinite Dimming System

LIU Juncheng, HUANG Zi
Pingnan Branch of Guangxi Communications Investment Group Wuzhou Expressway Operation Co., Ltd., Guigang, Guangxi, 537227, China

Abstract: With the continuous development of transportation construction, the number and length of tunnels continue to increase. In the construction of highways in mountainous areas of our country, a large number of sections are tunnels. After the tunnels are built and put into use, they consume a considerable amount of electricity and increase the cost of use. Especially in remote mountainous areas with underdeveloped economy and low traffic flow, the cost of lighting in highway tunnels has become a heavy burden for management departments. In the 2024 work report of Guangxi Communications Investment Group, it is pointed out that the concept of "all costs are controllable" should be strengthened, and efforts should be made to continuously promote energy conservation, reduce consumption, increase revenue and save expenses. Therefore, in order to manage the tunnel lighting system well, scientifically and reasonably save electricity, and improve efficiency, the tunnel lighting system is dynamically controlled and managed according to regulatory requirements, combined with actual needs and available lighting control methods, in order to achieve the goal of maximizing energy savings while meeting the actual operational needs of the tunnel. This article aims to deeply analyze the infinite dimming system in tunnels, explore its working principle, dimming control methods, and application advantages in tunnel lighting. By studying the system, reference can be provided for optimizing tunnel lighting to achieve the goals of improving lighting quality, reducing energy consumption, and decreasing operating costs. At the same time, we hope to provide useful ideas and methods for the development of tunnel lighting technology, and promote the progress of the tunnel lighting industry.

Keywords: system principle; evaluation system; analysis; concepts and methods

1 理论基础

1.1 无极调光系统原理

1.1.1 电压控制电流源原理

在部分公路隧道的应用中，电压控制电流源的工作方式主要是通过模拟电平信号改变 LED 驱动器稳流控制环的参考，从而控制输出直流电流的大小，进而有效控制LED灯的亮度。这种方式具有明显的优势，它控制实现简单，不需要改变原有恒流驱动器的主电路结构，因此驱动器成本低、效率高。例如，在一些隧道照明中，当车流量较小时，可以降低电压以减小电流输出，从而降低 LED 灯的亮度，实现节能的目的。当车流量增大时，又可以提高电压，增加灯光亮度，确保行车安全。

1.1.2 PWM 调光原理

PWM 调光即脉冲宽度调制，是将电源方波数位化，并控制方波的占空比，从而达到控制电流的目的。在控制LED亮度方面，它以通常为几百 Hz 到 1kHz 的斩波频率控制恒流 DC/DC 变换器或 PWM 斩波开关在单位周期内的工作时间，得到不同占空比的方波输出电流，调节输出电流的平均值，进而改变 LED 灯的亮度。其优点是光源的光色不随电流大小变化，人眼在斩波频率在几百 Hz 以上时感

Copyright © 2024 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

觉不到闪烁或抖动。然而，这种方式也存在一些缺点，它在原有的恒压源基础上增加了一级 DC/DC 变换器或 PWM 斩波开关，增加了电路的成本和主电路的损耗。在相同的平均电流下，LED 光源在 PWM 方波电流下的发光效率比在直流电流下的发光效率低，因此节能效果相对模拟调光要差。

1.2 无级调光概念与实现方法

1.2.1 实现方法解析

无级调光的实现方法主要有控制电阻电压、信号（1～10V 的变压信号）、CPWM 芯片等。控制电阻电压是通过改变电阻的大小来调节电压，从而控制电流大小以实现调光。这种方法适用于一些对调光精度要求不高的场合。信号（1～10V 的变压信号）则是通过改变输入的变压信号来控制调光，常用于一些需要精确控制亮度的场合。CPWM 芯片则是利用芯片的功能来实现精确的脉冲宽度调制，从而控制电流实现调光。在不同的应用场景中，可以根据实际需求选择合适的实现方法。而信号（1～10V 的变压信号）和 CPWM 芯片的方法则更适合对调光精度要求较高的区域，如隧道入口和出口等关键位置。

1.2.2 与传统调光方式对比

与传统的分档调光方式相比，无级调光具有明显的优势。传统调光只能实现几个固定亮度档位的调节，而无级调光可以实现任意亮度的调节，更好地满足不同照明环境下的需求。传统调光灯在进行调节时，容易出现明显的闪烁或跳变现象，对人眼有一定的刺激。而无级调光灯通过精细的电压调控或其他实现方法，可以实现更加平滑的调光效果，对人眼更加友好。此外，传统调光灯在调光过程中会产生比较大的热量，容易损坏灯泡和电路，而无级调光灯通过电子器件进行调光，不会产生大量热量，因此寿命更长，可靠性更高。

1.3 无极调光的触发形式

常见的触发无极调光的形式有利用图像识别、靠光强传感器、线圈传感来触发调光条件。利用图像识别技术，可以通过摄像头采集隧道内的图像信息，分析车流量、车速等情况，从而自动调节灯光亮度。例如，当车流量较大时，提高灯光亮度以确保行车安全；当车流量较小时，降低灯光亮度以节约能源。光强传感器则可以实时监测隧道内的光照强度，根据光照强度的变化自动调节灯光亮度。线圈传感可以通过感应车辆的通过，触发灯光亮度的调节。例如，当车辆进入隧道时，线圈传感器感应到车辆，自动提高灯光亮度；当车辆离开隧道时，线圈传感器感应到车辆离开，自动降低灯光亮度。这些触发形式能够根据隧道内的实际情况自动调节灯光亮度，提高了调光的智能化水平和节能效果。

2 隧道无极调光系统的应用案例

本项目基于某集团下属子公司所管辖路段的隧道进行分析，从中选取三个数据较为完整的案例来说明，以下公司用甲、乙、丙指代。

2.1 应用案例一

甲公司主要采用了某公司科技研发的调光品牌产品。在实际运营过程中，出现了灯具失控以及回路不匹配的问题。经过细致的排查与分析，可以确认这些问题主要是由于调光控制器故障，信号传输错误所导致的。灯具寿命较短，有效寿命仅有 1 万小时。

2.2 应用案例二

乙公司所采用的是某品牌的调光技术，该技术具备多样化的触发方式，主要包括视频识别、线圈检测以及光强检测等手段，以实现无极调光功能。该技术在多种车况下均能展现出良好的适应性，且其稳定性表现卓越，系统故障发生率相对较低。此外，该调光技术的平均有效寿命长达 5 万小时，确保了长期的可靠运行。

2.3 应用案例三

丙公司所采用的调光设备多为大品牌，其在功能多样性上与案例一中所提供的设备相媲美，均支持多元化的触发机制，包括但不限于线圈结合光强检测、时控模式调光以及微波车检器触发调光等先进技术。就灯具的使用寿命而言，该设备亦展现出良好的耐用性，其平均寿命可达约 5 万小时。

然而，值得注意的是，在实际应用过程中，该调光设备亦暴露出一定的故障问题，主要集中在车检器故障、调光控制器失效、控制线路故障以及洞外亮度检测器故障等方面。此外，针对上述故障问题的售后服务，其质量评价趋于一般，尚有待提升与优化。

3 隧道无极调光系统的评价体系

因为无极调光系统的复杂多样性，在选取方案时，会遇到难以抉择的情况，在此我们结合运营中比较重要的指标制定一个隧道无极调光系统的评价体系，对某个无极调光系统，将其代入，可得到相应的分数，从而进行比较。

3.1 调光触发形式

隧道无极调光系统的调光触发形式多样，不同的触发方式在实际应用中各有优劣。图像识别触发调光，虽然可以根据车辆数量、大小等情况自动调节灯光亮度，但可能会受到图像清晰度、识别算法准确性等因素的影响，存在一定的设备故障和识别错误风险。光强传感触发调光依赖于光强传感器的精度和稳定性，在复杂的环境条件下可能会出现误差。线圈车检器信号输入触发调光同样可能受到线圈的安装位置、车辆磁场干扰等因素影响，可控性相对较弱。因此，这三种触发方式都分别给予单项 20%的分数。

手动无极调光可控性较强，操作人员可以根据实际情况直接调整灯光亮度，具有较高的灵活性和可靠性，给予单项 40%分数。若系统存在多种控制方式，如手动无极调光与图像识别、光强传感等组合使用，能够充分发挥不同触发方式的优势，提高系统的可靠性和适应性，包含两种及以上触发方式的系统可给予单项满分 5 分。

Copyright © 2024 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

3.2 运营成本方面

不同牌子的灯具光效不同，对运营成本有着重要影响。当亮度功率比小于等于 0.1 时，说明灯具的能效较低，在同等的功率下亮度较低，只能得单项 20%的分数。亮度功率比大于 0.1 小于等于 0.7 时，灯具的能效处于中等水平，得单项 50%的分数。当功率亮度比大于 0.7 时，灯具的能效较高，只需要较低的功率就能提供所需的亮度，则可得到单项满分 15 分。

在亮度满足运营要求时，电流大小也是衡量运营成本的重要指标。电流小于 10A 时，说明此调光系统的能耗较低，得单项满分 15 分。电流小于 20A 时，得单项 80%的分数；小于 30A 时，得单项 60%的分数；小于 40A 时，得单项 40%的分数；大于 40A 时，能耗较大只能得单项 20%的分数。

3.3 建设维护费用

建设维护费用是评价隧道无极调光系统的重要指标之一。当前在用的调光控制器故障次数直接影响着系统的维护成本，因故障次数不可确定，我们取五年的平均年故障次数做参考，如果调光控制器平均年故障为 0，说明系统的可靠性非常高，得满分 20 分。故障次数大于 1 次得 16 分，大于 2 次得 10 分，大于 4 次得 4 分。

灯珠寿命也是影响建设维护费用的重要因素。如果灯珠寿命大于 6 万小时，说明灯具的使用寿命长，维护成本低，得满分 20 分。灯珠寿命大于 3 万小时，寿命一般，可得 10 分；小于 3 万小时，寿命较短只能得 6 分。

建设成本与设备更换成本也是需要考虑的因素。建设成本小于 5 万元时，得满分 10 分；大于 5 万元时得 5 分，大于 10 万元时成本较高只能计 2 分。控制器更换成本小于 2 千元，得满分 15 分；大于 2 千元计 7.5 分，大于 5 千元更换代价较高只可得 3 分。

4 结论与展望

4.1 研究结论总结

隧道无极调光系统作为一种先进的照明技术，在隧道照明中展现出了诸多优势。其原理基于先进的电子技术，能够实现灯光亮度的无级调节，满足不同场景下的照明需求。在应用方面，通过与各种传感器和控制技术的结合，实现了智能调光，提高了能源利用效率，降低了运营成本，同时也提升了行车安全性。

该系统的优势主要体现在以下几个方面：首先，能够根据实际情况自动调整灯光亮度，避免了过度照明，节约能源。据统计，采用无极调光系统后，隧道照明能耗可降低 30% 左右。其次，多种触发形式和控制方式提高了系统的灵活性和可控性，为隧道照明提供了更加精准的控制。再者，控制与供电分离的设计以及冗余方案的设置，提高了系统的安全性和可靠性。最后，自适应调整控制和与其他子系统联动的功能，提高了隧道管理的整体效率。

然而，本研究提出的无极调光评价体系也存在一定的局限性与不足。例如，在评价指标的选取上可能不够全面，未能涵盖所有影响隧道无极调光系统性能的因素。同时，评价体系中的权重分配可能不够合理，需要进一步优化。此外，由于实际应用中的隧道情况复杂多样，评价体系在不同场景下的适用性还有待进一步验证。

本研究基于当前现状为后续隧道照明系统建设改造提供了重要的参考。在未来的隧道照明系统建设中，可以充分考虑无极调光系统的优势，结合实际情况进行合理的设计和应用。

4.2 未来研究方向展望

为了进一步优化隧道无极调光系统，未来的研究可以从以下几个方面展开：

首先，进一步优化评价体系。可以通过收集更多的实际应用数据，对评价指标进行更加深入的分析和筛选，确保评价体系能够全面、准确地反映隧道无极调光系统的性能。同时，合理调整评价指标的权重分配，使其更加符合实际应用的需求。例如，可以增加对系统稳定性、可靠性等方面的评价指标，提高评价体系的科学性和实用性。

其次，探索新的技术和方法来改进无极调光系统。例如，可以研究更加先进的传感器技术，提高系统对隧道内各种参数的检测精度和响应速度。同时，探索新的调光控制算法，实现更加智能、高效的灯光调节。此外，还可以研究新型的照明灯具和材料，提高灯光的质量和效率，降低系统的建设和维护成本。

最后，加强与其他领域的合作与交流。隧道无极调光系统的优化涉及到电子技术、光学、交通工程等多个领域，需要各领域的专家共同合作，共同攻克技术难题。同时，可以借鉴其他领域的先进经验和技术，为隧道无极调光系统的发展提供新的思路和方法。

总之，隧道无极调光系统作为一种具有广阔应用前景的照明技术，在未来的发展中还有很大的潜力可挖。通过不断地优化和改进，相信该系统将为隧道照明带来更加高效、智能、安全的解决方案。

[参考文献]

[1]黄艳国，倪艳明，许伦辉.公路隧道照明无级调光模糊控制方法[J].广西师范大学学报：自然科学版，2011，29(1)：5.

[2]李振江.大功率 LED 道路照明光源调光方案的研究[J].硅谷，2014，7(24)：12.

[3]马海力.高速公路隧道项目 LED 照明智能控制系统及应用探讨[J].交通科技与管理，2023，4(14)：16.

作者简介：刘俊成（2000.3—），男，职称：助理工程师，籍贯：广西蒙山。黄资，男，1989.9.27，助理工程师，广西贺州。

Copyright © 2024 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

石油化工行业的可持续发展策略与实践

于 勇
胜利油田应急救援中心港区专业应急救援站，山东 东营 257000

[摘要]石油化工企业在我国国民经济中占有重要地位，是我国的支柱产业。但石油化工企业的发展，也带来了严重的环境污染问题。随着环境污染问题的日益加剧，石油能源的短缺，可持续发展理念日渐深入人心，石油化工的可持续展也成为人们日益关注的焦点。基于此，文章从传统石油化工生产特点入手，分析绿色化工对石油化工企业可持续发展的重要性，并针对石油化工企业提出了一些可持续发展措施，旨在更好地促进石油化工企业的发展。
[关键词]石油化工；可持续发展策略；可持续发展实践
DOI：10.33142/sca.v7i11.14186 中图分类号：F426.7 文献标识码：A

Sustainable Development Strategies and Practices in the Petrochemical Industry

YU Yong
Shengli Oilfield Emergency Rescue Center Port Area Professional Emergency Rescue Station, Dongying, Shandong, 257000, China

Abstract: Petrochemical enterprises play an important role in Chinese national economy and are a pillar industry. The development of petrochemical enterprises has also brought serious environmental pollution problems. With the increasing severity of environmental pollution and the shortage of petroleum energy, the concept of sustainable development has become deeply rooted in people's hearts, and the sustainable development of petrochemical industry has become a growing focus of attention. Based on this, the article starts with the characteristics of traditional petrochemical production, analyzes the importance of green chemistry for the sustainable development of petrochemical enterprises, and proposes some sustainable development measures for petrochemical enterprises, aiming to better promote their development.
Keywords: petrochemical industry; sustainable development strategy; sustainable development practice

引言

在全球经济转型与环保意识日益增强的背景下，前所未有的挑战与机遇正迫使石油化工行业重新思考其发展路径。作为现代经济的重要基础产业，石油化工在满足日常生活与工业需求方面发挥着关键作用，但其在能源消耗和环境影响上的表现引发了广泛关注。气候变化、资源枯竭以及污染问题的加剧，使得推动可持续发展成为行业生存与发展的必然要求。可持续发展的内涵不仅包括优化资源利用与降低碳排放，更涵盖研发绿色化工产品、提升技术创新能力及建立全面的环境管理体系。本文旨在深入探讨石油化工行业可持续发展的策略与实践，分析当前行业面临的主要挑战及应对措施，同时展望未来发展趋势。通过系统研究，期望为行业的绿色转型提供切实可行的理论支持与实践路径，从而助力构建更清洁、高效、负责任的产业体系。

1 传统石油化工生产特点

传统石油化工生产的特点主要体现在高能耗、高排放以及集中化生产等方面。该行业对化石燃料的高度依赖，导致了显著的能源消耗，这不仅提高了生产成本，也对环境造成了巨大压力。在提炼、裂解和转化的过程中，产生的大量温室气体与有害污染物严重影响了空气和水体的质量。此外，传统石油化工厂一般集中于特定区域，规模化生产为导向的产业布局在短期内虽能带来成本效益，但在环境保护与资源利用方面显然存在局限性。与此同时，传统产品多以石油为主要原料，种类相对单一，缺乏灵活性，这使其难以满足市场对高性能和环保材料日益增长的需求。

2 可持续发展在石油化工行业中的重要性

可持续发展在石油化工行业中具有重要意义，关乎行业的生存与发展，同时涉及全球经济、环境保护及社会责任等多个维度。作为能源供应及基础化工产品的主要来源，石油化工行业的生产与消费活动对环境产生了深远的影响，包括温室气体的排放、资源的枯竭及生态的破坏等问题。推动可持续发展，能够有效缓解这些负面影响，减轻生态环境的压力。随着全球对可再生能源及绿色化学品需求的不断上升，转型升级的挑战已摆在石油化工行业面前。实施可持续发展战略不仅能提升企业的市场竞争力，还使其适应政策及市场环境的变化，增强抵御风险的能力。此外，消费者对环保产品的偏好愈发明显，通过发展绿色化工产品与清洁生产工艺，企业能够提升品牌形象，满足市场需求，从而赢得消费者的信任与支持[1]。在此背景下，石油化工行业的可持续发展不仅是对环境与社会的责任，也是实现长期经济利益与社会价值的重要途径。因此，围绕可持续发展的目标，行业应在技术创新、管理模式及政

Copyright © 2024 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

策导向等方面进行全面转型，以实现经济增长与环境保护的双赢局面。

3 石油化工行业的现状与挑战

石油化工行业正经历快速发展，但诸多严峻挑战也随之而来。全球对石油及其衍生品的需求依然强劲，尤其是在交通运输、化工制造和日常消费品领域。然而，随着资源逐渐枯竭，开采成本的不断上升，使得行业的利润空间受到挤压。同时，环境问题愈发严重，气候变化导致的极端天气事件频频出现，各国政府因而加强了环保法规的实施，对石油化工行业的排放标准提出了更高要求。这使得企业在生产过程中不得不投入更多资源于合规管理及技术改造。此外，行业面临激烈的国际竞争，特别是新兴市场国家在化工产品领域的崛起，对传统石油化工企业构成了明显压力。市场对可再生能源和绿色产品的需求日益增加，推动了能源结构的转型，迫使石油化工企业不断调整战略以应对市场变化。投资者与消费者对企业社会责任及环境影响的关注度提高，使得行业在盈利与可持续发展之间寻求平衡的压力加大。最后，技术创新的速度加快，持续加大研发投入成为行业必须面对的任务，以在新材料、新工艺及数字化转型等方面保持竞争优势。

4 石油化工行业的可持续发展策略

4.1 促进能源转型

促进能源转型在石油化工行业的可持续发展战略中占据核心地位，体现了对未来能源需求与环境责任的深刻认识。当前，全球面临气候变化与资源枯竭的双重挑战，传统化石燃料的使用不仅加剧了温室气体排放，还对生态环境造成了严重损害。因此，积极参与这一转型进程成为石油化工行业的必然选择，采用多元化的能源组合，以实现低碳化与可持续发展。在此过程中，企业需增加对可再生能源的投资，充分利用先进技术，推动风能、太阳能及生物质能等清洁能源的综合应用，从而减少对化石燃料的依赖。与此同时，氢能作为高效环保的能源载体，展现出巨大的发展潜力，石油化工企业应当积极研发氢气的生产、储存与运输技术，推动其在工业及交通领域的应用。为实现能源的高效利用，企业还需通过智能化改造及数字技术的应用，提高能源管理水平，优化生产流程，减少资源浪费。此外，建立健全相关政策与激励机制，促进技术研发与创新合作，将成为确保能源转型顺利进行的重要保障。

4.2 降低环境影响

降低环境影响是实现石油化工行业可持续发展的关键策略，充分体现了行业对生态责任的深刻认识与承诺。在传统石油化工生产过程中，常伴随大量废弃物及有害排放，这不仅严重威胁环境，还影响企业的社会形象与市场竞争力。为应对这一挑战，从源头入手成为石油化工企业的首要任务，采用清洁生产技术与环境管理体系，优化工艺流程，从而减少废物及污染物的产生。例如，通过引入先进的催化剂与反应器技术，化学反应的选择性与效率得以提升，从而降低原料消耗及废气排放[2]。同时，实施全面的环境监测与管理，使企业能够实时掌握生产过程中各类排放的动态情况，并及时采取纠正措施，确保符合环境法规要求。推广碳捕集与储存（CCS）技术也是降低环境影响的重要手段，该技术能够有效捕获生产过程中的二氧化碳排放并进行储存，减少其对大气的贡献。此外，企业应加大对环保型材料的研发与应用，推动产品生命周期管理，鼓励回收与再利用，从而进一步减轻生产与消费对环境的压力。

4.3 推动循环经济

推动循环经济成为石油化工行业实现可持续发展的重要策略，旨在通过高效利用与再生资源，尽可能减少废弃物及环境影响。传统的线性经济模式，通常表现为“大规模生产、大量消费、最终废弃”，不仅浪费了大量资源，还给环境带来了沉重负担。为应对这一挑战，石油化工企业应积极转型为循环经济，通过改进产品设计、优化生产流程及加强供应链管理，实现资源的闭环利用。从产品生命周期的角度出发，企业需设计更易于回收与再利用的材料，以降低对新资源的需求。同时，推动废弃物的分类与再加工，确保在生产过程中产生的副产品与废物能够转化为新原料，进而实现资源的再生利用。在此过程中，与上下游合作至关重要，通过建立协同的产业链，资源共享与循环利用得以促进，形成良性互动。例如，某企业的废弃物可以被作为另一企业的原料，这不仅减少了资源浪费，还提升了整体经济效益。此外，绿色化工产品的研发应得到推动，鼓励使用可再生材料与无害化工艺，这些都是实现循环经济的重要手段。

5 石油化工行业的可持续发展实践

5.1 绿色化工产品的研发与推广

5.1.1 绿色化工产品的研发

在石油化工行业，绿色化工产品的研发被视为实现可持续发展的核心环节。环保理念必须融入整个研发过程，从原材料的选择到生产工艺的优化，对环境的影响应优先考虑。可再生及生物基原料的采用，能够有效减少对传统石化资源的依赖，进而降低产品的碳足迹。新型清洁生产技术的开发，应由研发团队专注进行，例如高效催化剂的运用及反应条件的改善，以降低能耗与废物生成。此外，确保绿色化工产品在功能及使用效果上与传统产品相当，甚至更具优势，这一策略成为提升市场竞争力的重要途径。

5.1.2 绿色化工产品的推广

在石油化工行业中，绿色化工产品的推广至关重要，其不仅关系到市场的接受程度，更直接影响整个行业的可持续发展。全面的市场推广策略应由企业制定，利用多种渠道宣传绿色产品的环保优势与经济效益，以提升消费者的认知与接受度。通过举办行业展览、参与环保活动以及在社交媒体和专业平台上进行宣传，目标得以实现。此外，

Copyright © 2024 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

确保绿色产品在市场上的可获得性，与零售商及分销商的密切合作显得尤为重要。为了增强消费者的信心，推行绿色认证与标签制度，将有助于明确标示产品的环保特性，使消费者在购买时能够做出更明智的选择。

5.2 环境管理与监测

5.2.1 环境管理体系的建立

在石油化工行业中，环境管理体系的建立被视为实现可持续发展目标的基础。企业应依照国际标准，如 ISO 14001，构建系统化的环境管理框架，以确保在日常运营中对环境影响进行有效管理。明确的环境政策需涵盖资源利用、废物管理及污染防控，为全体员工指明方向。设定可量化的环境目标与指标，能够有助于跟踪和评估环境绩效。此外，定期进行环境审计使企业能够识别潜在的环境风险，并及时采取纠正措施[3]。通过培训员工以增强其环境意识，并鼓励参与环境保护活动，有助于营造全员参与的良好氛围。同时，建立信息反馈机制，以确保各层级管理人员与员工能及时获取环境管理相关信息，从而便于策略的调整与措施的改进。

5.2.2 监测技术与数据分析

在石油化工行业中，监测技术与数据分析的应用被认为至关重要，有助于确保环境合规性并促进可持续发展。应引入先进的在线监测设备，以实现对生产过程中产生的废气、废水及固体废物的实时监控。这种实时数据采集能够及时识别潜在的环境问题，防止违规排放与事故的发生，为环境管理提供科学依据。数据分析工具的利用，使企业能够深入分析环境指标的变化趋势，并识别影响环境绩效的关键因素，从而优化生产流程及管理策略。此外，通过建立数据共享平台，环境监测信息得以与相关部门及利益相关者共享，增强透明度与公众信任。

5.3 技术创新与转型升级

5.3.1 先进生产工艺的引入

在石油化工行业的可持续发展实践中，先进生产工艺的采纳被视为实现转型升级的关键策略。新技术的积极采用，如催化裂化、气相聚合及清洁化学合成，不仅提升了资源利用效率，还显著降低了能耗与废物排放。例如，企业通过运用高效催化剂并优化反应条件，能够在保障产品质量的前提下，减少原材料的消耗及环境污染。数字化技术的引入，如智能制造与物联网技术，使得生产流程的自动化与智能化得以实现，从而提高了生产的灵活性与响应速度。通过持续进行工艺创新，市场竞争力的增强不仅得以实现，企业还能满足日益严格的环保法规，推动整个行业朝着更加环保与可持续的方向发展。

5.3.2 新材料研发与应用

在石油化工行业的可持续发展实践中，新材料的研发与应用被视为至关重要。面对日益严格的环保法规与市场对绿色产品需求的上升，必须加大对环保材料及功能性材料的研发投入。这些新材料的开发不仅能够替代传统的高污染、高能耗产品，还能在性能上提供更优的解决方案。例如，生物基塑料与可降解材料的研究，使得企业能够有效减少塑料污染，同时满足消费者对环保产品的期望。此外，纳米材料与复合材料的应用也为产品性能的提升开辟了新的可能性。这些材料在轻量化、高强度及耐腐蚀性方面表现卓越，适用于汽车、建筑及电子等多个领域。通过与高校及研究机构的合作，新材料的研发及市场化进程得以加速，形成了产学研结合的创新生态体系。

6 石油化工的发展趋势

石油化工行业的发展趋势正在朝着更加可持续、智能与多元化的方向转变。在全球气候变化及环境保护意识逐渐增强的背景下，行业的必然选择已成为可持续发展。未来，对清洁能源的研发投资将显著增加，推动传统石油化工向生物化工与绿色化工的转型，利用可再生资源替代化石燃料，以降低碳排放与环境影响。

与此同时，智能制造与数字化技术的广泛应用将显著提升生产效率与灵活性[4]。通过数据分析与物联网技术，实时监控与优化管理得以实现，从而降低运营成本。此外，行业产品结构趋于多元化，围绕高性能与高附加值的绿色产品展开，以满足市场对环保与功能性材料日益增长的需求。

7 结语

在当前全球经济转型及环境保护日益受到重视的背景下，石油化工行业的可持续发展策略与实践显得尤为关键。通过推动绿色化工产品的研发、实施清洁生产技术，以及强化环境管理，能够有效减少对环境的影响，同时提升资源利用效率与经济效益。展望未来，随着技术的不断创新与政策的持续支持，更为广阔的发展空间将面临石油化工行业。全面的转型与升级将帮助企业在激烈的市场竞争中保持竞争力，进而为实现经济与生态的协调发展贡献力量。可持续发展不仅是行业的责任，更是对社会、经济与环境未来的承诺，指引着我们走向更美好的明天。

[参考文献]

[1]朱圣红.石油化工行业的可持续发展策略与实践[J].中国石油和化工标准与质量,2023,43(22):85-87.
[2]孙延寿.石油化工安全和环保问题研究[J].化工设计通讯,2021,47(11):17-18.
[3]李继生,李国璞,常茂清.节能理念的石油化工能源展望[J].低碳世界,2019,9(10):16-17.
[4]王智慧,李凌飞,李红艳.新环保技术在石油化工中的应用[J].山东工业技术,2018(2):67.

作者简介：于勇（1977.9—），单位名称：胜利油田应急救援中心港区专业应急救援站，毕业学校和专业：中国地质大学　工商管理。

Copyright © 2024 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

GPS 系统在油田地面工程测绘工作中的应用

郭金满
大庆油田设计院有限公司，黑龙江 大庆 163000

[摘要]随着全球对石油及天然气资源需求的持续增长，油田地面工程测绘的重要性愈加凸显。精准测绘不仅是油田开发的基石，全球定位系统（GPS）作为一种高效、准确的测绘技术，逐渐被确立为油田工程测绘的主要工具。通过提供实时定位功能，GPS 系统为测绘工作提供了高质量的数据支持，显著提升了工程效率与安全性。文中探讨 GPS 系统在油田地面工程测绘中的实际应用及相关优化路径，期望为该领域的研究与实践提供有益的借鉴。

[关键词]GPS；油田；地面测量；工程测绘；工程定位
DOI：10.33142/sca.v7i11.14184　　中图分类号：TE4-39　　文献标识码：A

Application of GPS System in Oilfield Surface Engineering Surveying and Mapping Work

GUO Jinman
Daqing Oilfield Design Institute Co., Ltd., Daqing, Heilongjiang, 163000, China

Abstract: With the continuous growth of global demand for oil and gas resources, the importance of oilfield surface engineering surveying has become increasingly prominent. Accurate surveying is not only the cornerstone of oilfield development, but the Global Positioning System (GPS), as an efficient and accurate surveying technology, has gradually been established as the main tool for oilfield engineering surveying. By providing real-time positioning function, GPS system provides high-quality data support for surveying and mapping work, significantly improving engineering efficiency and safety. The article explores the practical application and related optimization path of GPS system in oilfield ground engineering surveying, hoping to provide useful reference for research and practice in this field.

Keywords: GPS; oilfield; ground measurement; engineering surveying and mapping; engineering positioning

引言

油田地面工程测绘在油气勘探与开发中发挥着不可或缺的作用，涉及地形、地质及管线布局等多方面的信息采集与分析。传统的测绘方法通常依赖于人工操作，面临着测量误差较大、效率偏低的问题。随着科技的发展，GPS 系统凭借其高精度与高效率的特点，广泛应用于油田测绘领域。该系统能够在全球范围内实时提供位置信息，从而显著减少因人工测量引发的误差，同时优化了资源的利用。通过引入实时监控与数据更新功能，现场进展的及时掌握成为可能，工程管理者能够迅速应对突发情况。有效的系统集成与信息共享，使得油田测绘各环节能够实现协同，整体工作效率随之提升。然而，在 GPS 技术的实际应用过程中，如何优化数据处理、实现信息共享及调整施工方案等关键问题仍需关注。因此，深入研究 GPS 系统在油田地面工程测绘中的应用，必将提高测绘效率，并为后续工程的实施提供重要支持。

1 GPS 系统在油田地面工程测绘工作的重要性

在现代油田工程中，随着科技的不断进步，GPS（全球定位系统）在这一领域中展现出其不可或缺的价值。该系统通过卫星信号提供高精度的位置信息，显著提高了工作效率与资源的合理利用，成为油田开发与管理的核心技术支持。

1.1 精准定位，减少误差

GPS 依靠全球卫星网络，能够实时提供位置信息，极大地降低了因人工测量所带来的误差。在油田测绘过程中，数据的准确性直接影响到后续施工的安全性和有效性。在面对复杂地形时，传统的测量方法往往会引发较大的误差，而 GPS 的使用则有效降低了这种潜在风险。特别是在极端气候条件或复杂地形下，GPS 系统所具备的稳定性能确保了测量结果的精确性。实时数据传输功能使得测量结果能够迅速反馈给施工团队，从而进一步减少了因数据延迟或传递错误可能造成的误差。

1.2 节约资源，减少人力

传统的测量方法通常需要投入大量人力，通过引入 GPS 技术，测绘工作的高效性得以显著提升，团队对人力的依赖程度显著降低。利用这一先进设备，工作人员可以在较短时间内完成多个测量任务，从而有效降低施工成本，提高资源的利用效率。在油田地面工程中，测量作业的复杂性往往要求多个技术人员同时在现场作业。然而，采用 GPS 后，团队能够更好地集中精力于更具挑战性的任务上，整体工程的技术水平得以提升。人力资源的优化不仅提升了工作效率，还确保了项目的顺利实施。

1.3 提高测绘效率，缩短工期

得益于 GPS 系统的引入，油田工程的测绘工作效率显著提升。与传统测量方法相比，GPS 显著缩短了测绘所需的时间。精确的定位与快速的数据采集，使得工程团队能

Copyright © 2024 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

够在更短时间内完成测绘任务，进而缩短整体施工周期。测绘效率的提升不仅加快了项目的推进速度，还减少了由于延误而引发的额外成本。在竞争激烈的油田开发市场中，迅速完成测绘及施工的团队能够更具优势，有效掌握资源配置与市场响应的主动权。

1.4 支持实时监控与数据更新

GPS 系统的实时数据传输功能使得施工现场的测绘数据能够即时更新，确保工程管理者能够实时掌握项目的进展情况。在面对不断变化的现场条件时，施工策略得以灵活调整，从而有效应对潜在的问题。在进行管道测量或井位定位的过程中，GPS 所提供的持续位置信息确保施工团队能够在正确的位置开展作业。实时监控能力的增强显著提升了项目管理的灵活性，使得施工团队能够迅速应对各种突发情况，从而降低工程实施中的风险。

2 GPS 系统在油田地面工程测绘工作的准备工作

在油田地面工程测绘的过程中，为确保项目的顺利推进，准备工作不仅提升了测量的准确性，还为后续施工打下了坚实的基础。在测绘实施之前，必须全面整理与现场相关的各种资料，以便更好地应对后续工作。

2.1 熟悉资料，了解施工工程

在测绘工作启动之前，相关的资料必须被工作人员全面掌握。这些资料包括地形特征、地质状况、现有基础设施及可能影响测量结果的外部条件。通过有效了解这些信息，测量方案的合理规划得以实现，从而减少实际操作中的误差。尤其在复杂地形下，深入理解现场状况能够帮助选择适合的测量方法与设备，进而提高测量的效率与精度[1]。土壤类型、气候条件及其稳定性同样需被纳入考虑。对历史数据的分析，有助于工作人员预测施工过程中可能遇到的挑战，并提前制定应对策略。经过这种前期准备，测量团队在现场工作时将显得更加从容，降低因环境变化或信息不足带来的风险。

2.2 实地勘探，了解施工现场

在掌握相关资料之后，工作人员需亲自前往施工现场进行实地勘探。此过程不仅是对已有资料的验证，也是对实际情况的深入了解。第一手数据的收集包括土壤的物理性质、地面状况及其稳定性，这些信息对后续测绘工作极为重要。通过现场勘探，能够识别潜在的安全隐患，例如地下管线、地质断层或其他障碍物，这些因素在测绘与施工时需特别关注。现场勘探的结果将帮助团队及时调整测量方案，以适应实际情况，增强工作的灵活性与适应性[2]。经过这种现场验证，工作人员能够更准确地掌握施工环境，为测绘工作奠定坚实基础。

2.3 绘制草图，掌握施工进度

在完成资料整理与现场勘探后，依据 GPS 定位与现场勘探的结果，施工草图不仅提供清晰的视觉指导，还能实时跟踪施工进度。通过草图，团队能够直观分析每个施工阶段的进展情况，并及时进行必要的调整。关键控制点与测量数据必须在草图中明确标注，这些信息对后续测绘及施工操作至关重要。随着施工进程的推进，草图应不断更新，以反映现场最新变化。借助这种动态的草图管理，施工的顺利推进得以确保，同时也能有效应对突发情况，减少因信息滞后造成的风险。充分的准备工作为油田地面工程测绘提供了准确的基础数据，也为施工的顺利进行创造了良好的条件。

3 GPS 系统在油田地面工程测绘工作中的实际应用

在油田地面工程测绘领域，凭借其卓越的定位能力以及实时数据更新的特点，GPS 技术成为这一行业中不可或缺的重要工具。

3.1 在埋地管道测量工程中的具体应用

在埋地管道测量工程中，GPS 系统以其高度精准的定位功能，成为管道设计与施工的重要辅助工具。为了确保管道安全及其功能性，施工前获取准确的深度、位置及走向数据至关重要。通过应用 GPS 技术，施工团队能够对管道预定的线路进行全面勘测，收集关于地面及地下结构的详细信息。在施工阶段，GPS 系统的实时定位能力极大地提高了环境变化下的方案调整效率。当遇到地下障碍物或不利的地质条件时，施工人员能够迅速根据 GPS 数据进行修改，灵活调整管道走向，从而避免因信息延迟或误差导致的安全隐患[3]。此外，GPS 技术在埋地管道的检测与维护环节同样发挥着重要作用，定期的定位与监测能够及时发现管道的位移或损坏，确保系统的安全与可靠运行。

3.2 在架空管线测量工程中的具体应用

在架空管线测量工作中，架空管线的建设涉及电缆、输水管道等设施的高度、距离及相互关系，这些数据的准确测量对于避免布局不当导致的损失至关重要。施工人员借助 GPS 技术，能够迅速获得架空管线的确切位置，从而有效提高测量工作的效率。在施工过程中，GPS 系统的实时定位功能使得人员能够根据现场的具体情况快速调整管线的高度与位置。面对建筑物或其他结构的干扰时，最佳替代方案的识别能够通过 GPS 系统迅速完成，确保管线的安全与高效运行。后续的管线维护与管理也因 GPS 技术的引入而变得更加便捷，定期进行定位与监测能使工作人员实时掌握管线状态，及时处理潜在问题，降低事故发生的风险。

3.3 在井位定位和跟踪中的具体应用

井位的准确定位与跟踪在油田开采过程中显得尤为重要。工程师利用 GPS 系统，能够在广袤的油田区域内精确地确定每一口井的位置，从而确保与周围设施的合理布局。井位测量不仅涵盖井口位置的确定，还包括井深及井眼轨迹的监测。在实际操作中，GPS 技术的高精度定位为井位的设计与施工提供了坚实的科学基础。在钻井的过程中，井位变化的实时监测则依赖于 GPS 系统的支持。尤其是在复杂地质条件下的深井或斜井施工中，传统方法难以实现精确定位，而 GPS 系统能够在钻探过程中提供实时反馈，帮助施工团队及时调整钻进方向，确保井眼的准确性。此外，井位的后续监测同样需要依赖 GPS 技术，定期检查能够迅速发现并解决地质变化引发的井位偏移问题，保障油田的持续开采与安全。

Copyright © 2024 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

3.4 在土地利用和规划中的具体应用

在土地利用与规划领域，通过精确定位与数据采集，GPS 技术为土地资源的合理配置提供了科学依据。在油田开发的初期，了解土地的使用现状及其潜在价值，对于制定有效的规划方案至关重要。工作人员借助 GPS 系统，能够迅速收集大量土地信息，包括土壤特性、植被覆盖以及地形变化，为后续的土地利用方案提供支持。在具体的土地规划过程中，各项数据的可视化呈现使决策者能够方便地进行分析与比较[4]。空间数据的整合帮助规划团队制定出更加合理的土地使用方案，从而确保资源的最优配置。通过对土地使用情况的动态监测，相关部门能够及时发现并纠正不当使用现象，促进土地资源的可持续发展。

4 GPS 系统在油田地面工程测绘工作中优化路径

在油田地面工程测绘过程中，GPS 系统的应用不仅显著提升了工作效率与测绘精度，同时也为进一步的工作优化创造了有利条件。

4.1 数据处理与分析优化

在油田测绘过程中，随着 GPS 技术的不断进步，测量数据的数量也在不断增加，这对数据处理提出了更高的要求。为了有效应对这一挑战，建立高效的数据管理系统显得尤为重要，旨在迅速整理与存储大量的测量数据。通过利用先进的数据分析软件，能够对原始数据进行快速清理、分类与整理，从而提升数据的实用性。在分析阶段，将统计分析方法与机器学习技术结合，帮助深入挖掘测量数据，揭示潜在的模式与规律。例如，采用回归分析技术，可以有效识别不同地质条件对测绘精度的影响，为后续测量活动提供理论支持。实时数据分析功能的引入，促使施工现场能够即时获取测量结果，在必要时迅速调整工作策略。这种反馈机制降低了因数据处理延迟而可能带来的施工风险，增强了工程的整体安全性与有效性。

4.2 系统集成与信息共享

油田地面工程测绘的优化不仅依赖于单一技术的应用，还需要实现各系统之间的集成与协同作用。将 GPS 技术与地理信息系统（GIS）及遥感技术相结合，整合多种数据源，该平台为决策者提供全面的地理信息支持，有助于制定科学合理的施工方案。在系统集成的过程中，信息共享扮演着关键角色。建立统一的信息平台，能够使各相关部门实时共享测绘数据，从而减少因信息不对称造成的工作延误。施工团队可以直接访问地质勘探数据，这有助于更好地评估施工风险，优化施工方案。同时，管理人员能够实时监控项目进度，及时发现并解决潜在问题，从而确保工程按计划推进[5]。信息共享机制的实施不仅提高了工作效率，还促进了各部门之间的协作，形成高效透明的工作环境。

4.3 方案调整与灵活应对

在实际测绘过程中，环境变化与突发状况往往难以预见，灵活调整方案因此显得尤为重要。借助 GPS 系统的实时定位与监测功能，最新的现场数据能够被迅速获取，为工程团队在面对意外地形变化或其他外部因素时，快速调整方案提供保障。在施工阶段，当发现现场条件与原计划存在显著差异时，能够依据 GPS 数据迅速进行方案优化。例如，当遇到不利的地质条件时，能够迅速评估最佳的调整方向，从而避免因施工延误而产生额外成本。通过事先制定多种应急预案，并结合 GPS 系统的实时反馈，能够对各种突发情况迅速应对，从而确保施工进度的稳定与安全。

5 结语

在本文中，GPS 系统在油田地面工程测绘中的关键作用是提升测绘精度与效率。面对日益增长的油气资源需求，传统测绘方法已无法满足现代工程复杂性的要求，而凭借其卓越的高精度定位与实时数据处理能力，GPS 技术逐渐成为这一领域的核心工具。引入 GPS 系统后，测量误差得以显著降低，工程团队能够在较短时间内完成复杂的测绘任务。实时监控功能的存在，使得项目管理者能够动态掌握现场情况，迅速调整施工策略，以确保项目的顺利进行。数据的即时更新与共享不仅为各部门的协调提供了强有力的支持，也进一步提升了工作效率。尽管在油田测绘中，GPS 系统展现出众多优势，但在实际应用过程中，仍面临着挑战。数据处理的复杂性、系统集成的难度，以及信息共享的不足，均需高度重视。未来，随着科技的进步与测绘技术的不断演变，GPS 系统的应用前景将更加广阔。新技术的引入与发展，势必将为油田地面工程的测绘带来深刻的变革与机遇。面对不断变化的行业需求，持续关注技术创新与实务改进，将成为推动油田工程可持续发展的关键。

[参考文献]

[1]杨少龙,黄金,李伟超,等.基于北斗压缩编码传输的海气界面监测系统[J].中国航海,2023,46(01):66-72.
[2]任长林.基于北斗短报文的油田井场压裂返排液系统设计与实现[J].电脑编程技巧与维护,2023,12(01):11-13.
[3]袁郁斌.GPS 技术在石油地震勘探中的应用[J].化工设计通讯,2021,47(10):28-29.
[4]李振,罗继先.辽河油田 CGCS2000 数据转换方法研究[C].北京:中国石油学会石油工程专业委员会地面工程工作部石油天然气勘察技术中心站.石油天然气勘察技术中心站第二十八次技术交流研讨会论文集.中油辽河工程有限公司,2020.
[5]刘超.油田地面工程系统信息化管理及应用探究[J].中国管理信息化,2020,23(16):90-91.

作者简介：郭金满（1989.2—），毕业院校：中国石油大学（华东），所学专业：测绘工程，当前就职单位：大庆油田设计院有限公司，职务：三级工程师，职称级别：工程师。

Copyright © 2024 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

大数据在测绘地理信息中的应用分析

开力比努尔·卡哈尔
新疆维吾尔自治区吐鲁番地区鄯善县土地勘测规划队，新疆 吐鲁番 838200

[摘要]随着科技的飞速发展，大数据技术已经渗透到了各个领域。测绘地理信息作为国家基础地理信息的重要组成部分，对于国民经济发展和国家安全具有重要意义。大数据技术在测绘地理信息中的应用，为测绘地理信息的采集、处理、分析和应用提供了新的方法和手段，极大地推动了测绘地理信息事业的发展。文章通过对大数据在测绘地理信息领域的应用进行深入分析，探讨了大数据技术在测绘地理信息数据采集、处理、分析和应用等方面的重要作用，为测绘地理信息的未来发展提供了一定的理论参考。

[关键词]大数据；测绘地理信息；应用分析
DOI：10.33142/sca.v7i11.14216　　中图分类号：P208　　文献标识码：A

Application Analysis of Big Data in Surveying and Mapping Geographic Information

KAILIBINUER Kahaer
Xinjiang Turpan Shanshan Land Survey and Planning Team, Turpan, Xinjiang, 838200, China

Abstract: With the rapid development of science and technology, big data technology has penetrated into various fields. Surveying and mapping geographic information, as an important part of national basic geographic information, is of great significance to national economic development and national security. The application of big data technology in surveying and mapping geographic information provides new methods and means for the collection, processing, analysis and application of surveying and mapping geographic information, which greatly promotes the development of surveying and mapping geographic information. Through in-depth analysis of the application of big data in the field of surveying and mapping geographic information, this paper discusses the important role of big data technology in the data collection, processing, analysis and application of surveying and mapping geographic information, and provides some theoretical reference for the future development of surveying and mapping geographic information.

Keywords: big data; surveying and mapping geographic information; application analysis

引言

测绘地理信息是国家安全、经济发展、社会进步的重要基础。随着我国经济的持续发展和科技进步，测绘地理信息的需求不断增加，对测绘地理信息的精度、效率和实时性也提出了更高的要求。大数据技术的出现为测绘地理信息行业提供了新的发展机遇。通过运用大数据技术，可以提高测绘地理信息的精度、效率和实时性，为我国经济社会的发展提供有力支撑。

1 测绘地理信息大数据的特征

1.1 海量的数据规模

随着科技的进步和测绘技术的不断发展，地理信息数据已经从简单的地图走向了高精度、多维度、动态更新的方向。这些数据既包括传统的地形、地貌、土地利用等静态数据，也包括交通流量、气象变化、环境监测等动态数据，其规模和复杂程度远远超出了传统数据的范畴。

1.2 高增长的数据更新频率

在互联网、物联网、遥感技术等现代通讯技术的推动下，地理信息数据正以前所未有的速度更新和增长。例如，卫星遥感图像可以实时监测地表变化，为地理信息的更新提供了可能；而互联网地图服务则通过用户的实时位置信息和出行需求，为地理信息的实时更新提供了动力。

1.3 多样化的数据类型

从传统的纸质地图到数字地图，从简单的点、线、面到复杂的三维模型，从静态的图片到动态的视频，测绘地理信息数据类型正在变得越来越丰富，多样化的数据类型不仅为地理信息的获取、处理和分析提供了更多的手段和方法，也为地理信息的应用和价值发挥提供了更广阔的空间[1]。

1.4 测绘地理信息大数据的价值密度相对较低

由于地理信息数据的海量性和多样性，使得这些数据中包含了大量的冗余和无用信息。因此，如何在海量数据中挖掘出有价值的信息，提高数据的价值密度，是测绘地理信息大数据面临的重要挑战，同时也是测绘地理信息大数据与其他类型大数据的一个重要区别。

2 大数据对测绘地理信息工作的影响

2.1 提高工作效率和精度

随着数据规模的急剧增长，传统的数据处理方法已经难以满足现代测绘地理信息工作的需求。在 21 世纪的科技革命中，大数据技术正以前所未有的方式改变着各个行业，测绘地理信息工作涉及对地球表面各种空间数据的采集、处理、分析。

Copyright © 2024 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

传统的地理信息系统（GIS）在处理大规模、多源、异构的地理信息数据时，往往存在处理速度慢、效率低下的问题，而大数据技术通过分布式计算、数据挖掘和智能分析等手段，可迅速处理和分析海量数据，大幅提高测绘地理信息的工作效率。在过去，由于技术限制，测绘工作往往受制于数据采集的精度。如今，借助大数据技术，可以整合多源数据，如卫星遥感数据、航空摄影数据、地面测量数据等，进行综合分析，从而提高数据的精确度，如城市规划、灾害评估、资源管理等方面具有重要意义。此外，传统地理信息的更新周期往往较长，使得地理信息数据的实时性大打折扣，而借助大数据技术，可以实时收集和处理各种地理信息数据，使得地理信息系统能够提供更及时、更准确的信息，满足用户在决策支持、应急响应等方面的需求。

2.2 促进跨行业融合与发展

在大数据时代的背景下，特别是在测绘地理信息行业，大数据技术的应用不仅提升行业内部的工作效率，更成为推动与其他行业融合与发展的桥梁。

测绘地理信息行业拥有丰富的数据资源，通过运用大数据技术，将数据资源与城市规划、资源管理、环境保护等领域相结合，形成新的发展点。例如，在城市规划方面，大数据技术可以对城市人口、交通、用地等信息进行实时采集和分析，为城市规划提供科学依据；在资源管理方面，大数据技术可以对资源分布、开发利用状况等进行实时监测，为资源合理利用提供支持；在环境保护方面，大数据技术可以对污染源、生态状况等信息进行实时跟踪，为环境保护提供决策依据[2]。此外，大数据技术还可以推动测绘地理信息行业与其他行业的技术创新。例如，在航空航天、地质勘查等领域，大数据技术可以提高数据处理速度和精度，为行业提供技术支撑。同时，大数据技术的应用还可以带来新的商业模式，如基于地理位置的服务、智能交通系统等，为行业创造新的经济增长点。

3 大数据在测绘地理信息中的应用

3.1 在测绘地理信息档案管理中的应用

档案管理是测绘地理信息工作的重要组成部分，其质量直接关系到测绘地理信息的可靠性和准确性。大数据技术的应用，使得测绘地理信息档案管理更加高效、准确和安全。

首先，大数据技术可以帮助测绘地理信息档案进行高效的管理。通过大数据技术，可以对大量的测绘地理信息档案进行快速、准确地分类、整理和存储，使得测绘地理信息档案的管理更加有序和高效。同时，大数据技术还可以对测绘地理信息档案进行智能化管理，通过对测绘地理信息档案的实时监控和分析，及时发现和解决问题，保证测绘地理信息档案的安全和可靠。

其次，大数据技术可以提高测绘地理信息档案的准确性。大数据技术可以通过对大量的测绘地理信息数据进行分析和处理，发现数据中的规律和异常，从而提高测绘地理信息档案的准确性。同时，大数据技术还可以通过对测绘地理信息档案的实时更新和维护，保证测绘地理信息档案的实时性和准确性。

最后，大数据技术可以提高测绘地理信息档案的安全性。大数据技术可以通过对测绘地理信息档案的加密和身份认证，保证测绘地理信息档案的安全性。同时，大数据技术还可以通过对测绘地理信息档案的实时监控和审计，及时发现和处理安全问题，保证测绘地理信息档案的安全和可靠。

3.2 在智慧城市建设中的应用

在当今快速城市化的进程中，我国积极倡导智慧城市建设，旨在通过信息化手段，推动城市管理和社会服务的现代化，为民众带来更加便捷、舒适的生活体验。随着大数据时代的到来，运用大数据技术进行智慧城市建设已成为推动城市发展的重要途径。

数字化地图在城市智慧化建设中，通过高精度的地理信息系统（GIS）和遥感技术，数字化地图能够实时捕捉和反映城市建设的各项数据，如土地利用、交通流量、人口分布等，为城市规划者提供了准确的建设情况和决策依据[3]。在此基础上，通过数据分析和模拟，可以预测城市发展的趋势，优化城市规划，提升城市空间的合理利用。

数据资源在智慧城市建设中的应用，通过对大量城市数据的收集、整合和分析，可以实现对城市运行状态的全面监控和管理。例如，智慧交通系统能够通过数据分析预测交通流量，指导交通管制；智能照明系统根据环境光线自动调节亮度，节约能源；智能水务系统实时监控水质，保障供水安全，不仅提高城市运行效率，也极大地提升了居民的生活品质。此外，例如，通过建立城市大数据中心，整合各类城市数据资源，形成统一的数据共享平台，方便各部门之间的信息交流和协作。在此平台上，可以进行深度的数据挖掘和分析，发现城市发展的规律和问题，为城市决策者提供科学依据。同时，通过建立城市信息模型（CIM），以实现对城市基础设施的数字仿真，为城市建设提供虚拟实验空间，降低实际建设过程中的风险和成本。

3.3 遥感影像分析

遥感影像分析在大数据技术的推动下，借助深度学习和人工智能等大数据技术，遥感影像的分析能力得到了极大的提升，为我国的地质调查、资源勘探、农业监测等领域提供强有力的技术支撑。

传统的遥感影像分析方法往往依赖于人工解译，不仅耗时耗力，而且容易受到主观因素的影响，导致分析结果的准确性不高，而借助深度学习和人工智能技术，遥感影像的自动识别和分类，通过对大量已标记遥感影像的学习，人工智能算法能够准确识别出影像中的地物特征，从而大大提高识别的准确性和速度。

Copyright © 2024 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

在影像分析的深度和广度方面，传统的遥感影像分析往往只能关注于地表的物理和化学特性，而无法深入到地表以下的地质结构和地下资源分布，而借助大数据技术，通过对大量遥感影像的深度学习，以实现对地表以下结构的准确探测和分析，为我国的地质调查和资源勘探提供了重要的技术手段。此外，通过对农田遥感影像的实时分析和分类，以准确获取农田的作物类型、生长状况、病虫害情况等信息，为农业生产的精准管理提供可能。

4 大数据在测绘地理信息中的应用要点

4.1 地理信息数据的存储和管理

地理信息数据的多样性不仅体现在其来源和格式上，还体现在其应用领域和处理需求上。为提高地理信息数据的分类处理水平，采用 HDFS（Hadoop 分布式文件系统）来创建数据管理集群，通过利用集群中的大量节点，以有效地推进信息数据的存储与管理工作，不仅提高数据的处理速度，也提高数据的处理效率。

在处理地理信息数据时，不仅要处理结构化的数据，还要处理非结构化的数据。为进一步提高这两种类型数据的处理水平，可以创建 Hive 数据仓库和 Hbase 数据仓库，因此在同一个平台上，对结构化数据和非结构化数据进行有效的管理和处理。在存储完地理信息数据后，还需要做好数据的计算处理工作，应用 Mapreduce、Hadoop 集群等计算数据技术，快速、准确地处理大量的地理信息数据，从而提高数据的处理效率和准确性[4]。

总的来说，地理信息数据的多样性要求我们在处理数据时，要考虑到数据的多样性，也要考虑到数据处理方法的多样性，通过采用 HDFS 创建数据管理集群，利用集群中的大量节点协同推进信息数据的存储与管理工作，能有效地提高数据的处理速度和效率。同时，通过创建 Hive 数据仓库和 Hbase 数据仓库，对结构化数据和非结构化数据进行有效的管理和处理。

4.2 测绘地理信息时空数据运算、处理

大数据技术不仅可以完成测绘地理信息的搜集、整理工作，还可以进行测绘地理信息的分析、研究工作，从而更容易发挥测绘地理信息的价值。

全球夜光遥感影像资料，需要应用大数据技术全面地分析全球夜光遥感影像资料，从中寻找具有价值的数据信息。通过应用大数据技术，从全球夜光遥感影像资料中挖掘出许多有价值的信息。例如，可以通过分析夜光遥感影像资料，了解到全球各个城市的经济发展情况，从而为城市规划提供依据。此外，还可以通过分析夜光遥感影像资料，了解到全球各个地区的能源消耗情况，从而为能源规划提供依据。

将全球夜光遥感影像资料与地理规划工作进行结合，可以提升地理规划水平。例如，在城市规划中，可以利用夜光遥感影像资料，了解城市的经济发展情况，从而制定出更加合理的城市规划方案。在能源规划中，可以利用夜光遥感影像资料，了解各个地区的能源消耗情况，从而制定出更加合理的能源规划方案[5]。除了在城市规划和能源规划中应用大数据技术，还可以在其他领域中应用大数据技术，如环境监测、灾害预警等，通过应用大数据技术，更加准确地获取地理信息数据，从而提高地理信息数据处理效果。

4.3 建立测绘市场商业模式

在测绘行业中，大数据的应用正悄然改变着传统的发展模式，通过运用大数据进行地理信息测绘，有助于提高企业竞争力。

在大数据背景下，测绘人员不仅要掌握传统的测绘技能，还要具备数据处理和分析能力，为大数据地理信息应用提供了重要的技术保障，使测绘结果更加精确、高效。同时，测绘企业也需要与相关企业签订长期合作协议，共同开发和利用大数据资源，以实现互利共赢。此外，大数据的应用还能促进测绘企业经济效益的提高。通过对海量数据的挖掘和分析，企业可以更好地了解市场需求，制定合理的经营策略。同时，大数据还能为企业提供决策支持，降低运营风险。在测绘行业门槛降低和大数据技术快速发展的背景下，测绘领域相关企业正面临越来越多的发展机遇。面对机遇，测绘企业急需转变经营模式，引入先进技术，并培养专业化的测绘人才队伍。通过不断创新和提高，企业可以在这场大数据浪潮中脱颖而出，进一步推动测绘市场的发展。

5 结语

大数据技术在测绘地理信息中的应用具有广泛的前景和重要的现实意义。通过运用大数据技术，可以提高测绘地理信息的精度、效率和实时性，为我国经济社会的发展提供有力支撑。因此，我国政府和企业应加大对大数据技术的研发投入，推动测绘地理信息行业的发展。

[参考文献]

[1]张浩进.大数据技术在测绘地理信息中的应用[J].冶金管理,2023(17):12-14.
[2]王国鹏.大数据在测绘地理信息中的应用分析[J].新疆有色金属,2023,46(5):21-22.
[3]盛龙.大数据在测绘地理信息中的应用策略[J].智能城市,2023,9(7):36-38.
[4]张怀亮,谢桂娟,张伟.大数据技术在测绘地理信息服务中的应用[J].数字通信世界,2023(6):122-124.
[5]徐国勇,于洪雨,陈方圆.大数据在测绘地理信息中的应用分析[J].测绘与空间地理信息,2022,45(1):22-24.

作者简介：开力比努尔·卡哈尔（1997.4—），毕业院校：新疆工程学院，所学专业：安全科学与工程，当前就职单位名称：新疆维吾尔自治区吐鲁番地区鄯善县土地勘测规划队，就职单位职务：内业室科员，职称级别：专业技术12级助理工程师。

Copyright © 2024 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

改善高线加热炉加热质量的技术措施

唐小俭
江阴兴澄特种钢铁有限公司，江苏 江阴 214400

[摘要]高线加热炉在热轧和精轧过程中发挥着关键作用，确保钢材在加工前达到所需温度。随着市场对高品质钢材需求的不断增长，传统加热方式在炉温控制、加热时间以及气氛调节等方面逐渐显现出局限，这些不足不仅影响钢材的表面质量，还可能导致材料性能下降，从而削弱最终产品的市场竞争力。近年来，伴随工业 4.0 及智能制造的兴起，钢铁行业内智能控制技术的应用逐渐增多，为高线加热炉的改进带来了新思路，通过引入先进的监控系统与数据分析手段，能够实现更为精确的加热控制，显著提升加热质量及能源利用效率。深入探讨影响高线加热炉加热质量的因素及其改进措施，具有重要的理论与实践意义。

[关键词]高线加热炉；加热质量；温度控制
DOI：10.33142/sca.v7i11.14185 中图分类号：TG155.12 文献标识码：A

Technical Measures to Improve the Heating Quality of High Wire Heating Furnaces

TANG Xiaojian
Jiangyin Xingcheng Special Steel Works Co., Ltd., Jiangyin, Jiangsu, 214400, China

Abstract: High wire heating furnaces play a crucial role in hot rolling and precision rolling processes, ensuring that steel reaches the required temperature before processing. With the continuous growth of market demand for high-quality steel, traditional heating methods have gradually shown limitations in furnace temperature control, heating time, and atmosphere regulation. These shortcomings not only affect the surface quality of steel, but may also lead to a decrease in material properties, thereby weakening the market competitiveness of the final product. In recent years, with the rise of Industry 4.0 and intelligent manufacturing, the application of intelligent control technology in the steel industry has gradually increased, bringing new ideas for the improvement of high wire heating furnaces. By introducing advanced monitoring systems and data analysis methods, more accurate heating control can be achieved, significantly improving heating quality and energy utilization efficiency. Exploring in depth the factors that affect the heating quality of high wire heating furnaces and their improvement measures has important theoretical and practical significance.

Keywords: high wire heating furnace; heating quality; temperature control

引言

在现代钢铁生产中，高线加热炉作为一种关键加热设备，承担着将原材料加热至适合后续加工温度的任务。加热质量直接关系到产品的品质、生产效率以及能源利用的有效性。因此，优化高线加热炉的加热过程，成为提高生产效益及降低生产成本的核心环节。

1 高线加热炉的结构与工作原理

高线加热炉的主要构成由炉体、加热系统、温度控制系统、燃烧设备及排烟系统等部分组成。炉体通常由耐高温的特殊材料制成，确保在高温条件下的稳定性与耐久性。在加热系统中，通过对不同区域的温度进行分段控制，通常设置有上部和侧部的加热装置，以实现钢材在加热过程中的均匀受热。结合了传感器与自动调节装置的温度控制系统，能够实时监测炉内温度变化并进行及时调整。先进的燃烧技术，例如全平焰烧嘴被燃烧设备采用，通过调节空燃比来提升燃烧效率，从而降低燃料消耗。优化设计的排烟系统有效地减少了能源损失，确保废气排放符合环保标准。

2 高线加热炉加热质量的影响因素

2.1 炉温控制不均

炉温控制不均是影响高线加热炉加热质量的关键因素之一。在加热过程中，若炉内不同区域的温度出现显著差异，钢材表面与内部的加热速率将表现出不一致，从而导致温度分布的不均匀性。随之而来的局部过热或加热不足现象，会对钢材的晶粒结构与力学性能产生负面影响。此外，温度波动可能加剧加热过程中的应力集中，从而增加产品质量缺陷的风险。炉温控制不均的原因有多种，包括加热炉的设计、燃烧器的布局、炉内气流的分布以及传感器的检测精度，这些因素的综合作用不仅降低了加热效率，还直接影响了最终产品的均匀性及性能表现。

2.2 加热时间与温度匹配问题

加热时间与温度的匹配问题对高线加热炉的加热质量具有重要影响。在钢材加热过程中，所需的加热时间与设定温度之间的关系极为关键。若加热时间不足，预期温度可能无法达到，结果会导致钢材内部结构未能有效转变，进而影响后续加工性能与成品质量。若加热时间过长，过

Copyright © 2024 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

热现象可能随之而来，表面氧化及晶粒粗大的问题将导致材料的力学性能受到损害。不同类型及规格的钢材对加热时间与温度的要求存在差异，忽视这一匹配关系会增加加热不均匀的风险，导致生产过程中的变异性。因此，合理配置加热时间与温度，对于确保钢材质量与提升生产效率至关重要。

2.3 炉内气氛控制

炉内气氛的控制是影响高线加热炉加热质量的重要因素。气氛的组成与状态直接关系到燃烧效率、热传递效果及钢材的加热均匀性。若炉内氧气含量过高，钢材表面可能出现氧化现象，从而影响后续加工性能及表面质量，如果氧气含量不足，燃烧不完全的情况将导致产生的热量无法有效传递至钢材，降低加热效率。此外，炉内气氛中氮气、二氧化碳等气体浓度的变化同样会影响热传递特性，进而导致温度的均匀性受到影响。不当的气氛控制会造成炉内环境的变化，影响加热效果及钢材的物理化学性质。因此，确保炉内气氛的稳定性与合理性，是提高加热质量的关键。

2.4 空燃比控制

空燃比的控制是高线加热炉加热质量的重要因素之一。空燃比定义为空气与燃料的比例，直接影响燃烧过程的效率与稳定性。当空燃比过高时，过量的空气可能导致燃料未能充分燃烧，从而产生低效热量，进而影响炉内温度的均匀性。相对而言，若空燃比过低，燃料的燃烧可能出现不完全，产生有害气体并导致热量不足，这种不均衡的燃烧状态将影响炉内气氛，导致温度分布不均，从而直接影响钢材的加热质量。此外，空燃比控制不当还可能导致炉内火焰的不稳定，增加操作风险形成安全隐患。因此，确保空燃比的精准控制，对于实现高线加热炉的高效加热至关重要。

3 改善高线加热炉加热质量的技术措施

3.1 加热制度的制定与优化

加热制度的制定与优化，是提升高线加热炉加热质量的关键环节。合理的加热制度应基于不同钢材类型的特性，结合生产需求与工艺要求进行细致设计。适宜的加热温度范围及时间的确定，确保钢材在加热过程中能够达到最佳的物理与化学状态。例如，对于不同直径与厚度的钢材，需制定差异化的加热曲线，以避免局部过热或加热不足的情况。同时炉内温度变化的监测，确保加热制度能够实时调整，以适应炉内气氛、燃料类型及其他外部条件的变化。在优化加热制度时，还需考虑炉体热传递效率，合理安排加热段的长度及温度分布，以保持炉内温度的均匀性，这一过程要求定期对加热制度进行评估与更新，应用数据分析技术收集生产中的温度、时间与能耗等数据，从而形成反馈机制指导制度的不断完善。

3.2 精细化分段加热的应用

3.2.1 炉温的分区优化

炉温的分区优化，在精细化分段加热中占据重要地位，直接关系到高线加热炉的加热效率与产品质量，通过将炉内温度划分为多个区域，各区域可根据具体加热目标进行精确控制，从而实现更为均匀的热传递。关键在于合理设定每个分区的温度值，以满足不同钢材在加热过程中的需求。炉温分区优化通常将炉体划分为上、中、下多个加热段，各段的温度及加热时间应根据钢材特性与工艺要求进行调整。上部区域的温度可设定得相对较高，以满足钢材表面快速升温的需求，而中部与下部则需采用较低温度，以确保整体加热的均匀性及钢材内部结构的稳定性。温度梯度设计在各分区间亦需合理，以避免因温差过大而导致热应力集中。结合温度传感器的实时监测与数据反馈，炉温的分区优化能够实现动态调整，确保在不同生产条件下炉内温度的稳定。

3.2.2 加热时间的精确控制

加热时间的精确控制，作为确保高线加热炉加热质量的重要因素，直接影响钢材的加热均匀性及其最终物理性能，通过科学合理地设定加热时间，可以有效避免钢材局部过热或加热不足，进而提高生产效率。在控制加热时间时，需综合考虑多种因素，包括钢材的类型、尺寸、炉温分布及加热段设置等。在实际操作中，相应的加热时间标准需根据不同钢材的加热需求制定。例如，较厚的钢材通常需要较长的加热时间，以保证其内部温度均匀上升，较薄的钢材则需较短一些的加热时间。同时，实时监测炉内温度变化，使操作人员能够灵活调整加热时间，以应对不同生产条件及环境变化。采用先进的控制系统，可以实现对加热时间的精确调节及自动化管理，这种方式减少了人为操作可能带来的误差，提高了加热过程的稳定性与安全性。

3.2.3 炉内气氛优化与控制

炉内气氛的优化与控制，在高线加热炉的加热质量中扮演着重要角色，直接影响钢材的加热效果、表面质量及机械性能。在加热过程中，炉内气氛的成分，包括氧气、氮气及其他气体的浓度，需根据具体生产要求进行精确调节。优化炉内气氛的目的是创造适宜的环境，以促进燃料的充分燃烧，避免有害气体的生成及钢材表面的氧化。控制炉内氧气含量是关键环节之一，通过适度降低氧气浓度，可以有效防止钢材表面氧化，保持其纯净度与强度。因此，许多高线加热炉采用还原性气氛，引入氢气或氮气以稀释炉内氧气的浓度，这种控制方式不仅改善了表面质量，还降低了后续工序中清理氧化物的成本。气氛的温度与流速同样重要，通过优化炉气流动路径，确保气体在各个加热段均匀分布，能够避免某些区域因气氛不均而导致的加热效果不佳。同时，实时监测炉内气氛变化，并结合数据反馈进行动态调整，使得能够及时应对不同生产条件的变化，从而实现更高的加热稳定性。

3.2.4 空燃比的精细调节

在高线加热炉的燃烧过程中，空燃比的精细调节至关

Copyright © 2024 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

重要。空燃比是空气与燃料之间的比例，准确控制这一参数能够直接影响燃烧效率、温度的稳定性及排放的环保性，通过精确调整空燃比，能够实现燃料的充分燃烧降低能耗，减少有害气体的排放，从而提高整体热效率。在实际操作中，合理的空燃比应根据炉内温度、燃料类型及工艺要求进行动态调整。若空燃比过低，燃料未能完全燃烧，热能的浪费及炉内温度不足的情况将会发生；而若空燃比过高，过量的氧气会被引入，不仅增加燃料消耗还有可能导致钢材表面的氧化。因此，科学的空燃比调节需关注燃料特性与炉体工作状态，通过实时监测与反馈机制进行精准调整。现代化的自动控制系统，能够实时分析炉内气体成分与温度数据，迅速反应并调整空燃比，此系统提高了操作的灵活性与稳定性，显著提升了生产效率，确保在不同生产条件下获得最佳的加热效果。

3.3 上部供热采用全平焰烧嘴

在高线加热炉中，采用全平焰烧嘴作为上部供热方案，被认为是一项重要的技术创新，目的是提升加热效率与产品质量，通过独特设计在炉内形成均匀而稳定的燃烧火焰，使得广泛的火焰覆盖范围与均匀的温度分布促进了钢材的整体加热效果。全平焰烧嘴通过提供适宜的空气与燃料混合比例，确保了燃烧过程的充分性[1]。与传统烧嘴相比，此装置有效降低了氮氧化物（NOx）等有害气体的排放，同时提升了热效率，这种改善不仅满足了环保要求，还帮助企业降低了运营成本。设计的另一优点在于能够实现更为精准的炉内温度控制，火焰的均匀分布避免了热点与冷点的形成，从而确保每段钢材在加热过程中获得相对一致的温度。显著提高了产品质量的这种均匀加热效果，尤其在钢材表面处理及后续加工过程中，能够减少因加热不均而产生的缺陷与损耗。在维护与操作上，全平焰烧嘴也较为简便，缩短了设备的停机时间，提升了生产的连续性，通过采用这一技术，不仅优化了高线加热炉的加热质量，还在环保与经济效益上实现了显著提升。

3.4 燃烧系统与热效率的提升

在高线加热炉的运行中，燃烧系统与热效率的提升，被认为极为关键，直接影响能源利用率及生产成本。一个高效的燃烧系统不仅确保燃料的充分燃烧，还最大限度地将热能转化为有效的加热效果，从而提升整体热效率。优化燃烧系统的设计成为提升热效率的基础，现代燃烧系统通常配备先进的控制技术，能够自动调节空气与燃料的比例，确保在不同生产条件下维持最佳燃烧状态，通过精确控制空气流量，未燃烧燃料的排放能够有效减少，热损失也随之降低，从而提升系统的整体效率。选择高效燃烧器同样至关重要，燃烧器的设计能够确保燃料与空气充分混合形成稳定火焰，进而实现炉内热量的均匀分布，这种设计不仅加快了加热速度还降低了局部过热现象，有助于延长设备的使用寿命[2]。采用热回收系统是提高热效率的重要手段，通过回收炉内排放的废气热量，系统的能源利用率得以进一步提高，从而减少外部能源的消耗，这种循环利用模式不仅降低了运营成本，还符合现代工业的可持续发展理念。

3.5 智能控制系统的应用

在高线加热炉中，智能控制系统的应用，被认为为提升加热质量及运行效率提供了创新的解决方案，通过集成先进的传感器技术、数据分析与人工智能算法，该系统实现了对炉内各项参数的实时监控与自动调节。该系统能够实时收集关键数据，包括炉温、气氛成分及燃料流量等，这些数据不仅帮助操作人员了解炉内运行状态，还能够及时识别潜在问题，从而避免因温度不均或气氛异常而导致的产品质量问题[3]。通过数据分析与处理，燃烧条件的自动调整得以实现，确保了燃烧过程的稳定与高效。加热过程的优化同样得益于智能化管理，基于实时数据分析，该系统为不同批次的钢材制定个性化的加热方案，以适应其特定的材料特性与加工需求，这种灵活的调整能力显著提高了加热的均匀性，同时减少了能源浪费，从而降低了生产成本。自我学习功能的具备，使得智能控制系统能够通过对历史数据的分析，不断优化控制策略，以适应多变的生产环境与市场需求，这种自我调整的能力，不仅增强了生产的可靠性还提升了企业的竞争优势。

4 结语

高线加热炉的加热质量，对钢材生产效率及产品性能具有至关重要的影响。通过优化炉温控制、加热时间、气氛调节及空气与燃料比等关键因素，结合精细化的分段加热、全平焰烧嘴技术与智能控制系统的应用，显著提升热效率与降低能源消耗，企业得以实现显著成效。展望未来，随着智能化及自动化技术的不断进步，数据的收集与分析应被企业重视，以灵活应对市场变化。持续实施改进措施，经济效益的增强不仅能够实现，同时也有助于促进环境保护与可持续发展。

[参考文献]

[1]邓子波.轧钢厂高线加热炉智能化燃烧技术研发[J].河北省,金鼎重工有限公司,2023(2):24.
[2]朱善合,宋中华,罗巍,等.高线加热炉热平衡测试与节能技术改进[J].武钢有限技术中心,2019(10):4.
[3]卜振华.高线加热炉步进梁控制原理及其相关知识[J].科技风,2019(9):180.

作者简介：唐小俭（1976.7—），男，毕业院校：南京农业机械化学校，学历：中专，所学专业：机械设计与制造，当前就职单位：江阴兴澄特种钢铁有限公司，职务：生产调度，所在职务的年限5年，职称级别：高级技师。

Copyright © 2024 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

能源与动力工程在锅炉领域的实践研究

王玉玺 陈文婷 李沁洋
陕西飞机工业有限责任公司，陕西 汉中 723213

[摘要]在当今时代，作为工业生产的重要组成部分，锅炉的效率与环保性能直接关系到能源消耗及环境保护的效果。被视为提升锅炉效率及降低环境影响的关键因素，技术创新与管理优化发挥着重要作用。深入研究锅炉生产中的能源管理策略及关键技术，除了是提高生产效率的必要途径，也为实现可持续发展提供了可靠的支撑。文中探讨能源与动力工程在锅炉领域的应用现状、关键技术及未来发展方向，力求为相关领域的研究与实践贡献参考。

[关键词]热能；能源与动力工程；锅炉；实践研究
DOI：10.33142/sca.v7i11.14177 中图分类号：TM62 文献标识码：A

Practical Research on Energy and Power Engineering in the Boiler Field

WANG Yuxi, CHEN Wenting, LI Qinyang
Shaanxi Aircraft Industry Co., Ltd., Hanzhong, Shaanxi, 723213, China

Abstract: In today's era, as an important component of industrial production, the efficiency and environmental performance of boilers are directly related to energy consumption and the effectiveness of environmental protection. Regarded as a key factor in improving boiler efficiency and reducing environmental impact, technological innovation and management optimization play an important role. In depth research on energy management strategies and key technologies in boiler production is not only a necessary way to improve production efficiency, but also provides reliable support for achieving sustainable development. The article explores the current application status, key technologies, and future development directions of energy and power engineering in the field of boilers, aiming to provide reference for research and practice in related fields.

Keywords: thermal energy; energy and power engineering; boiler; practical research

引言

随着全球经济的迅速增长，持续攀升的能源需求与日益突出的传统能源资源稀缺及环境污染问题，愈发引起关注。作为能源转化与利用的重要设备，锅炉的技术水平对能源的高效利用及环境可持续性具有重要意义。各国政府与行业正在推动锅炉技术的创新与发展。新型锅炉技术的问世，如高效热能转化技术、智能控制系统以及多种能源综合利用方案，为提升锅炉的运行效率与降低污染物排放提供了新的机遇。在国际社会对环保重视的背景下，企业在生产过程中寻求更加绿色、可持续的解决方案的努力愈发显著。对此，研究锅炉领域的能源管理策略与关键技术显得尤为必要。

1 能源与动力工程在锅炉领域的应用现状

1.1 锅炉风机与燃烧效率

在锅炉系统中，电能通过风机转化为动能，空气在炉内的流动得以有效促进，从而提供燃烧所需的氧气，确保燃料得以充分燃烧。若风机性能不足，气体流动的均匀性及稳定性将受到影响，最终导致能源的浪费。风机的故障通常会引起系统的不稳定，进而显著降低生产效率及经济效益。为保障锅炉系统的正常运作，持续监测风机性能与确保其高效稳定地运行成为不可或缺的措施。

1.2 能源损耗与环境压力

在全球能源日益紧张的背景下，多种因素，如燃料特性、燃烧技术及运行条件，均对燃烧效率产生影响。热量的流失在燃烧过程中是不可避免的，且这不仅妨碍了能源的有效利用，还可能加重环境污染。随着工业化的迅速发展，能源需求的激增使锅炉行业面临巨大的压力。能源的过度消耗提高了生产成本，同时对生态环境造成不利影响，促使企业更加关注资源节约与环保。面对日益严格的环保法规，积极应对能源损耗，降低对环境的压力，成为行业亟待解决的关键课题。

1.3 锅炉设备的自动化控制发展

科技的不断进步，实时监测功能的引入，使得自动化控制系统能够调节燃料与空气的供给，确保设备在最佳运行状态下工作。智能化的操作不仅减少了人为操作带来的风险与误差，也优化了生产流程。数据采集与分析为锅炉运行提供了科学依据，确保了稳定性与安全性。面对负荷变化时，系统能迅速调整运行参数，以维持设备的高效运作。技术要求的提高，对操作与维护人员而言，确保系统有效运作已成为一项重要任务。尽管自动化控制技术在锅炉行业中取得了显著进展，探索更高效的控制策略与技术仍是当务之急。

Copyright © 2024 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

2 能源与动力工程的关键技术

2.1 热能与动能转化

热能向动能的转化过程，对减少能量损耗与优化转换过程的探讨，有助于显著提高锅炉的整体效能。在燃烧过程中释放的热量，必须充分转化为动能，以推动蒸汽生成或发电设备运行。尽管实际操作中难以避免能量的损失，但通过改进燃烧技术，如采用高效燃烧器与优化炉膛设计，可以有效降低能源浪费。空气预热器技术的引入，提升了燃烧温度，确保了燃料的充分燃烧，且减少了未燃物质的排放。此外，通过实施废热回收系统，能够回收锅炉排烟中的热量，重新用于加热进气或水，从而进一步提高整体热效率。

2.2 空燃比例控制技术

在现代锅炉运行中，通过实时监测锅炉内部的燃烧状态，确保燃料与氧气之间的最佳配比。借助于传感器对氧气浓度、温度及压力等参数的监测，控制系统能够迅速对变化做出反应，自动调整燃料与空气的供给比例。适当的空燃比不仅提高了燃烧效率，同时有效减少了能源的浪费，帮助降低有害气体的排放，符合严格的环保法规。此技术的引入，降低了对人工操作的依赖，减少了人为失误的风险，确保了锅炉的运行稳定性与安全性。结合先进的数据分析与人工智能技术，未来的空燃比控制系统将朝着更智能化的方向发展，具备自学习与自优化的能力，以适应不断变化的负荷需求，从而提升整体能效。

2.3 双交叉限幅控制系统在锅炉中的应用

双交叉限幅控制系统在锅炉温度控制中的应用，通过采用两个控制回路，能够实时监测与调节锅炉内的温度，确保温度维持在设定范围之内。监控系统对温度的实时监测，使其在接近设定上下限时，能迅速调整燃料与空气的供给，避免因过热或温度过低而导致的故障。此外，该系统具备在出现意外故障时迅速采取紧急响应措施的能力，以确保锅炉的安全运行。例如，当监测到温度超出安全范围时，系统将立即减少燃料的供给或增加冷却水的流量，以防止设备损坏。通过精细化的温度控制，显著提高了锅炉的安全系数，同时保障了生产效率。结合人工智能与大数据技术，未来的双交叉限幅控制系统将更为智能化，更好地适应复杂多变的生产环境，持续提升锅炉的安全性与稳定性。

2.4 锅炉风机温度控制技术

在提供燃烧所需空气的过程中，锅炉风机面临着过高温度导致损坏的风险。为此，先进的温度控制技术得以广泛应用，以确保风机在安全温度范围内正常运行。该技术依赖于温度传感器与监控系统的协同作用，实时收集风机的运行数据，包括温度、振动及流量等参数。这些数据被传送至控制系统，经过分析与处理后，能够精确判断风机的工作状态。当风机温度接近安全阈值时，系统会迅速调整风机的转速或直接停止运行，以避免过热现象的发生。基于历史数据的分析，预测模型能够预判风机在不同工作条件下的温度变化趋势，从而制定有效的预防措施。这种温度控制技术不仅延长了风机的使用寿命，还提升了锅炉的整体运行效率，确保了生产的安全性。随着材料科学的进步，未来风机的设计将更加注重散热性能，结合先进的热管理技术，有望在降低能耗的同时提升性能。

2.5 节能与减排技术的融合

在全球对可持续发展愈加重视的背景下，新型锅炉在设计时，开始关注如何通过高效热交换器、改良燃烧系统以及先进的废气处理设备来实现节能与减排。例如，选择性催化还原（SCR）技术的应用，能够有效去除废气中的氮氧化物，从而显著降低大气污染[1]。同时，锅炉还可以通过采用生物质燃料等可再生能源，减少对化石燃料的依赖，从源头上降低碳排放。整合这些技术，锅炉行业的未来将更加绿色与高效，推动社会向低碳经济转型。

3 锅炉生产中的能源管理策略

3.1 能源消耗控制与资源利用率提升

在资源紧缺的背景下，必须严格监控能耗，这一过程被认为是关键步骤。高效的能源管理体系的建立，使得企业能够实时监测与分析能源使用，从而识别能耗较高的环节。智能化管理工具的采用，如能源监测系统，将锅炉运行数据获取，能够有效评估各个环节的能耗。对于设备运行参数的优化，例如风机转速与燃料供给量的调整，显著提升了资源的利用效率。此外，节能改造措施的实施，如高效锅炉与热交换设备的升级，可以有效减少无效损耗。通过废气余热回收装置的应用，将锅炉排放的废气热量重新利用，从而提升整体能效。因此，通过控制能源消耗与提高资源利用率，不仅为可持续发展奠定了基础，也推动了整体效益的提升。

3.2 锅炉燃烧控制与温度管理

在锅炉生产过程中，良好的燃烧状态直接影响能源的利用效率及其环境影响。通过引入先进的燃烧控制技术，燃料与氧气的最佳配比得以实时监测与确保，这一技术的实施使锅炉能够在不同工况下保持高效燃烧，最大限度地减少未燃烧燃料的排放。同时，炉内温度的精准管理同样至关重要，过高或过低的温度均可能导致能效下降或设备损坏[2]。借助自动化控制系统，炉内温度被实时监测，经过反馈机制进行调节，以避免潜在问题的发生。定期维护与检修的重要性不容忽视，这将有助于及时发现潜在问题，确保设备始终运行在最佳状态。通过这些管理策略，能效得以提升，环境排放显著降低，企业向绿色发展转型得以推动。

3.3 资源浪费的现状与对策

在锅炉生产中，资源浪费现象的普遍存在，严重影响着整体生产效率。许多企业在燃料采购、存储与运输环节

Copyright © 2024 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

中，常常面临不合理的资源配置与使用问题。如果燃料存储环境不佳，发热量的下降将可能导致单位能耗的增加。同时，操作人员在调节燃烧参数时，常因缺乏足够的实时数据支持，导致燃料供给不均，部分燃料未能得到充分燃烧。针对这些问题，许多有效的解决方案可以供企业参考。燃料存储条件的改善，有助于减少因存储不当引起的资源浪费。通过建立科学的燃料管理系统，优化燃料使用，能够降低采购成本。定期对操作人员进行培训，提升其判断锅炉运行状态的能力，使其能够更好地调整参数。通过上述对策的实施，企业不仅能提升锅炉生产的效率，还能实现资源的合理利用与节约，为可持续发展提供保障。

4 锅炉生产质量保证的工程措施

4.1 锅炉故障检测与预防措施

在锅炉的运行过程中，通过系统性的故障排查，潜在问题得以尽早识别，从而避免严重故障可能导致的经济损失与安全隐患。因此，现代监测设备被广泛应用于实时收集关键参数，如温度、压力及振动，不仅有助于分析运行趋势，还可用于监测异常情况，并在设定的警报系统下迅速采取必要措施。详尽的预防性维护计划，涵盖了各个组件的定期检修与更换，能够显著降低故障发生的风险[3]。例如，阀门、泵及其他辅助设备的定期检查，确保了其正常运作。通过这些措施，不仅提升了锅炉的可靠性，还保障了生产过程的连续性与安全性。

4.2 均匀吸热与燃烧控制技术

在提升锅炉热能利用效率方面，均匀吸热技术优化燃烧过程，实现锅炉内部热量的均匀分布，从而避免局部过热现象，提升整体热能利用率。在此过程中，燃料的粒度、分布及空气供应量等参数需严格控制。利用先进的燃烧控制技术，锅炉能够在不同工况下维持最佳燃烧状态，最大限度地减少未燃烧燃料的排放。此外，通过高效热交换器，热能传递效率得以显著提升。实时监测锅炉内部温度变化，并利用反馈机制进行自动调节，确保锅炉在最佳工作状态下运行。这些措施的实施，显著降低了能耗，提升了生产的经济效益。

4.3 再热器与二次风门的维护

再热器与二次风门在锅炉系统中所发挥的重要性不可忽视，其正常运行对整体性能影响深远。为了确保这些设备的正常运作，实施有效的维护措施尤为重要。定期检查再热器的热交换效率，监测出口温度与流量，可以及时发现堵塞或老化的问题。此外，二次风门的调节需要精准控制，以确保充足的氧气供应，促进燃料的完全燃烧。通过智能化管理系统的应用，二次风门开度能够实时调节，依据锅炉的运行状态动态优化燃烧过程。通过这些维护措施，保障再热器与二次风门的正常运行，提升了锅炉的热效率与排放控制水平。

4.4 自动化控制系统的运行保障

随着科技的不断进步，锅炉生产的智能化水平显著提高，自动化控制系统的稳定运行成为提升生产效率的重要保障。集成了先进的自动化控制技术，实现了各项参数的实时监测与调整，这不仅提高了生产的智能化程度，也减少了人工操作带来的误差风险。为确保自动化系统的稳定性，定期进行系统检修与软件更新显得尤为重要。监测系统的可靠性对生产安全极为关键，任何故障都可能导致锅炉运行不稳定，从而影响整体生产过程。因此，完善的运行保障机制得以建立，通过数据分析与故障预测，系统的响应能力得到提升。将系统优化与故障预警相结合，确保在出现异常情况时能够迅速采取应对措施，从而保障锅炉的安全高效运行。

5 能源与动力工程的创新与未来发展

5.1 热能工程创新带来的环境效益

热能工程的持续创新，不仅显著提高了锅炉的运行效率，也为环境保护作出了重要贡献。通过新材料的采用及先进设计理念的实施，锅炉的热能转化效率得到了显著提升，对化石燃料的依赖程度明显降低。烟气脱硫、脱氮与除尘等技术的实施，确保了排放物符合更为严格的环境标准。智能控制系统的引入，使锅炉在不同负荷条件下能够保持最优运行状态，从而进一步减轻了对环境的污染。

5.2 新能源技术在锅炉领域的应用前景

新能源技术的快速发展，基于太阳能、风能及生物质能等可再生能源的新型锅炉系统，逐渐成为行业研究的重点。将太阳能热水器与传统锅炉相结合，显著降低了传统能源的消耗，整体热能效率也得以提升。此外，生物质锅炉的推广与应用正在逐渐普及，利用农业及林业废弃物等生物质资源，不仅实现了资源的循环利用，还减少了对化石燃料的依赖。新能源技术的引入，为锅炉行业提供了多样化的能源选择，降低了生产成本与环境负担[4]。随着政策支持与技术进步的不断推进，新能源锅炉的市场份额有望进一步扩大，从而促进清洁能源的广泛使用，助力实现碳中和目标。

5.3 改善锅炉生产效率的未来展望

随着物联网与人工智能等技术的逐步成熟，锅炉的智能化管理将成为行业发展的重要方向。通过实时数据的采集与分析，锅炉系统的运行状态能够被精确监控，运行参数可根据需要自动调整，以确保在不同工况下实现最佳性能。同时，虚拟仿真技术的应用使得锅炉的设计与优化过程更加高效，缩短了产品研发周期。结合清洁能源与传统能源的高效利用，新思路将为锅炉生产提供有力支持，通过综合运用多种能源形式，降低了对单一能源的依赖，实现资源的最优配置。可以预见，随着技术的不断进步与创新，锅炉的生产效率将得到持续提升，为各行业的发展提供稳定的动力，推动能源与动力工程向更高的目标迈进。

6 结语

能源与动力工程在锅炉领域快速得技术创新与管理优化，使锅炉的运行效率得到有效提高，同时也控制了环

Copyright © 2024 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

境影响。新能源技术的广泛应用为锅炉行业的可持续发展带来了新的动力，而智能化与自动化的趋势进一步推动了行业的转型升级。展望未来，随着科技的持续进步，锅炉行业将在提升能源利用率与减轻环境负担方面取得更为明显的成果。对此，研究者与工程师应持续关注新技术的应用，以探索更为有效的管理策略，应对日益严峻的能源与环境挑战，实现经济与生态的双重效益。

[参考文献]

[1]武书弘,邹瀚森,姚尔人,等.压缩空气储能储气装置充气过的动态热力特性研究[J].西安交通大学学报,2024(1):1-10.
[2]何永龄.热能与动力工程在锅炉应用中的问题分析[J].冶金管理,2021(15):66-67.
[3]鲁维奇.热能与动力工程在锅炉领域的运用研究[J].化工设计通讯,2021,47(8):151-152.
[4]胡春廷.热能与动力工程中的节能技术应用[J].集成电路应用,2023,40(5):324-325.

作者简介：王玉玺（1997.3—），毕业院校：武汉理工大学，所学专业：能源与动力工程，当前就职单位：陕西飞机工业有限责任公司，职称级别：助理工程师。

Copyright © 2024 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

火电厂热能动力工程中的节能技术分析

张景红
华电轻型燃机服务有限公司，上海 201108

[摘要]火电厂在全球能源结构中扮演着关键角色，特别是在众多国家和地区，其发电量依然占据主导地位。传统火电厂在运营中存在能效低下及污染排放高等问题，不仅增加了能源成本也对生态环境造成了显著影响。面对资源短缺与气候变化的双重挑战，火电行业的转型升级显得尤为迫切，寻找新的节能与环保解决方案成为当务之急。近年来，各国与地区对节能减排的政策愈发严格，火电厂必须积极应对这些新挑战。同时，科技的迅猛发展为引入先进的节能技术创造了条件，例如智能控制系统、清洁燃料的应用及高效热回收技术。这些技术的推广应用不仅能够提升发电效率，还能显著减少环境污染，实现经济与生态的双重收益。因此，火电厂热能动力工程中的节能技术研究，既具重要的理论价值，又满足迫切的实际应用需求。
[关键词]火电厂；热能动力；工程；节能技术
DOI：10.33142/sca.v7i11.14189　　中图分类号：TM621　　文献标识码：A

Analysis of Energy-saving Technology in Thermal Power Engineering of Thermal Power Plants

ZHANG Jinghong
Huadian Light Gas Turbine Service Co., Ltd., Shanghai, 201108, China

Abstract: Thermal power plants play a key role in the global energy structure, especially in many countries and regions where their power generation still dominates. Traditional thermal power plants suffer from low energy efficiency and high pollution emissions during operation, which not only increases energy costs but also has a significant impact on the ecological environment. Faced with the dual challenges of resource scarcity and climate change, the transformation and upgrading of the thermal power industry is particularly urgent, and finding new energy-saving and environmental protection solutions has become an urgent task. In recent years, policies for energy conservation and emission reduction have become increasingly strict in various countries and regions, and thermal power plants must actively respond to these new challenges. At the same time, the rapid development of technology has created conditions for the introduction of advanced energy-saving technologies, such as intelligent control systems, the application of clean fuels, and efficient heat recovery technologies. The promotion and application of these technologies can not only improve power generation efficiency, but also significantly reduce environmental pollution, achieving dual benefits of economy and ecology. Therefore, the research on energy-saving technologies in thermal power engineering of thermal power plants has important theoretical value and meets urgent practical application needs.
Keywords: thermal power plants; thermal power; engineering; energy-saving technology

引言

随着全球能源需求的持续增长，火电作为主要能源供应方式之一，正面临着严峻的环境压力与经济挑战。火电厂的高效运营不仅关系到能源的有效利用，更对环境保护与可持续发展产生深远影响。基于此，节能技术的应用与创新已成为提升火电厂经济效益与环保水平的关键所在。探讨火电厂热能动力工程中的节能技术，分析其必要性及相关影响因素，并深入研究当前应用的节能技术，期望为火电行业的持续发展提供参考与借鉴。

1 火电厂热能动力工程概述

火电厂热能动力工程是化石燃料燃烧所产生热能转化为机械能的重要环节，涉及锅炉、汽轮机及发电机等多个关键组件。在锅炉内燃料的燃烧释放出大量热量，使水被加热至高温高压状态进而形成蒸汽，随后这些蒸汽推动汽轮机转动，进而驱动发电机进行电力生成。有效的热能转化不仅依赖于精细的控制系统，各个环节的运行效率也需优化。随着环保要求的日益严格，火电厂在设计与运营中愈加重视节能减排技术的应用，以降低对环境的影响。综合考虑这些因素，不仅提升了电厂的经济效益，也增强了其可持续发展的能力。

2 火电厂节能技术的必要性

火电厂节能技术的必要性在多个方面得以体现。由于全球能源需求的不断上升与传统能源资源的逐渐枯竭，提升能效已成为火电厂确保电力持续供应的迫切要求。同时，随着环境保护法规的日益严格，各国政府将减少温室气体及其他污染物的排放视为重要目标。通过引入节能技术，不仅有助于火电厂满足这些法规要求，还能显著改善其社会形象。此外，运营成本的显著降低与经济效益的提升，均源于节能技术的有效应用。在竞争激烈的市场环境中，降低能耗不仅体现了技术进步，也成为企业可持续发展的

Copyright © 2024 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

关键所在。故而，推行节能技术被视为火电厂在现代能源格局中保持竞争力的重要选择。

3 火电厂热能动力工程中节能降耗的影响因素

3.1 湿气损失过高

湿气损失过高作为火电厂热能动力工程中的一个关键影响因素，直接关系到系统的能效与经济性。在蒸汽传输过程中，若管道的保温措施不当，热量的流失将导致蒸汽在到达汽轮机之前温度和压力显著降低，这种热量的损失不仅未能有效转化为机械能，还在系统中产生了大量水蒸气。高湿气损失使蒸汽的温度与压力难以维持在理想状态，进而影响汽轮机的工作效率[1]。低温低压的蒸汽进入涡轮后，工作能力无法得到充分发挥，结果是发电效率的降低。系统中积聚的过量水蒸气可能在涡轮及其他设备中造成水击现象，进而对设备的稳定运行形成潜在威胁。高湿气损失直接导致燃料消耗的增加，为弥补蒸汽热量的损失，火电厂被迫提高燃料投入，这无疑提升了生产成本。长期的湿气损失甚至可能引发设备腐蚀，缩短其使用寿命，从而增加维护成本与停机时间，进一步影响火电厂的经济效益。因此，控制湿气损失显得至关重要。通过优化管道的保温材料与结构，定期检查设备密封性，以及采用先进的蒸汽调度技术，湿气损失的有效降低是可能的。

3.2 吹灰技术的不足

在火电厂热能动力工程中，吹灰技术的不足显得尤为突出，直接影响着锅炉的热效率与运行稳定性。燃料燃烧过程中，热交换面的灰分与积灰沉积会显著阻碍热量传递效率。随着积灰的覆盖，锅炉为维持相同的发电能力，消耗的燃料增加，进而提升了燃料成本降低了经济效益。随着积灰逐渐增多，锅炉的燃烧条件愈发不稳定，沉积物的存在引发热负荷波动，影响整个发电系统的稳定性，这种波动可能导致蒸汽压力剧烈变化，从而影响汽轮机的正常运行，甚至引发停机事故。同时，积灰可能在锅炉内部某些区域造成局部过热，增加设备损坏风险，缩短使用寿命，最终导致更高的维护成本。传统吹灰技术多依赖于定期人工操作，难以实现实时监测与自动化控制，往往导致吹灰不及时或不均匀，进一步加剧了积灰问题。因此，改进吹灰技术显得尤为必要，包括采用更高效的设备，如超声波吹灰器与气动吹灰器，以及智能化的吹灰控制系统，以实现对锅炉状态的实时监测与动态调整。

3.3 锅炉设计的局限

锅炉设计的局限性，作为火电厂热能动力工程中的关键影响因素，直接关系到整体能效与运行效果。许多传统锅炉在设计过程中未能充分考虑燃料的多样性及燃烧条件的变化，导致在不同负荷与燃料类型下适应性较差，这一设计缺陷往往导致热交换效率低下，使燃烧过程中释放的热能未能得到充分利用，从而造成能源的浪费。不合理的设计在热膨胀、材料强度及耐久性等方面，可能为设备的安全运行埋下隐患，锅炉设计的局限不仅削弱了火电厂的经济效益，还可能对环境产生负面影响，亟需通过技术创新来提升锅炉设计的科学性与实用性。因此，关注锅炉设计的优化，能够显著改善火电厂的整体运行效率，促进可持续发展的目标实现。

3.4 燃烧控制技术的滞后

燃烧控制技术的滞后，作为火电厂热能动力工程中的显著影响因素，直接关系到燃烧过程的效率与稳定性。在众多火电厂中，传统的燃烧控制系统往往未能及时适应燃料特性及负荷的变化，导致不完全燃烧或过量燃烧的现象频繁发生，不仅使燃料的利用效率降低还增加了有害气体的排放，从而加剧了环境污染。此外，燃烧控制技术的滞后可能导致锅炉温度分布不均，进而增加设备磨损及故障的风险。提升燃烧控制技术的有效性，对于增强火电厂的能效及减少环境影响显得尤为重要，采用先进的燃烧控制系统，能够实时监测燃烧状态，并进行动态调整，必将显著改善燃烧效率与环境友好性。

4 火电厂节能技术的应用分析

4.1 环保型燃料的使用

环保型燃料的应用在火电厂的节能技术中愈发重要。相比传统化石燃料，生物质燃料、废弃物燃料及合成燃料等环保型燃料排放的二氧化碳及其他有害物质显著更低，进而减轻了对环境的负担，这些替代燃料通常具备较高的热值，能够在燃烧过程中释放更多能量，从而提升锅炉的整体效率。采用环保型燃料还减少了对有限资源的依赖，推动可再生能源的发展。尽管在实际应用中可能面临一些技术挑战，如燃料的燃烧特性及供应链管理问题，但随着相关技术的不断进步，这些挑战有望得到有效解决。推动环保型燃料的使用，将为实现火电厂的可持续发展目标提供支持，进而在经济效益与环境保护之间实现良好平衡。

4.2 电气设备运行制度的优化

在火电厂节能技术的应用中，电气设备运行制度的优化至关重要，通过合理安排电气设备的运行时间及负荷，能有效降低能耗与运营成本。例如，智能控制系统能够根据实时负荷需求自动调整设备状态，从而避免不必要的能量浪费。定期对电气设备进行维护与检测，确保始终处于最佳工作状态，这不仅显著提升了设备的工作效率，还延长了其使用寿命。此外，负荷分配的优化同样不可忽视，它有助于缓解高峰时段的压力，从而保证系统的稳定性与安全性。

4.3 调频技术的选择与应用

在火电厂的运行中，调频技术的选择与应用尤为关键，对电力系统的稳定性与效率直接影响。通过优化调频技术能够快速响应负荷变化，维持电网频率的稳定。常见的调频方式包括传统的机械调节以及现代的数字化控制系统，数字化调频系统实时监测电力需求与发电情况，自动调整发电机组的输出，以适应瞬时负荷波动。这种灵活的调节方式显著提升了系统的响应速度，同时有效降低了燃料消耗与排放。调频技术的改善还能够增强发电设备的运行效

Copyright © 2024 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

率，减少非计划停机现象，从而降低维护成本并提升经济效益。选择与应用合适的调频技术，对于提高火电厂的整体运行效率与可持续发展能力具有重要意义。

4.4 产业结构的优化

在火电厂实现节能降耗的过程中，产业结构的优化占据着重要地位。通过对生产流程、设备配置及资源配置的调整与优化，整体运行效率显著提升。合理整合燃料采购、发电以及废物处理环节，有助于减少资源浪费并降低运营成本。鼓励高效技术与设备的使用，同时逐步淘汰落后产能，能够有效提高能源利用效率。优化产业结构还涉及辅助设施与服务的整合，例如机组的负荷匹配度的提升，以实现更高的能效与更低的排放。随着清洁能源与可再生能源受到越来越多的关注，火电厂的产业结构应向多元化方向发展，以适应市场变化与政策引导，从而实现经济效益与环境保护的双重目标。

4.5 锅炉回收处理技术的完善

在提高火电厂能效及降低环境影响方面，锅炉回收处理技术的完善起着至关重要的作用。现代锅炉设计愈加关注余热回收，借助高效的热交换器与烟气回收系统，有效再利用锅炉排放的废气热量，从而提升整体热效率。例如，预热进水的余热能够降低燃料消耗，进一步减少运营成本[2]。同时，水处理系统的优化能够有效防止水垢与腐蚀，保持锅炉的热交换效率，并延长设备的使用寿命。先进的控制技术与自动化监测系统的采用，使得实时监控锅炉运行状态成为可能，及时调整操作参数，确保锅炉始终处于最佳工况。

4.6 吹灰技术的调整与创新

在提升火电厂运行效率及设备维护中，吹灰技术的调整与创新扮演了关键角色。随着燃料质量和燃烧条件的变化，锅炉对清洁度的严格要求往往使得传统的吹灰方法难以满足。因此，引入现代化的吹灰设备与技术显得尤为重要。智能化吹灰系统被设计为能够根据锅炉的实时状态自动判断吹灰时机，优化清灰的频率与强度，从而有效避免因过度吹灰而导致的能量浪费。新型装置，如超声波吹灰器与蒸汽吹灰设备，展现出更高效的积灰去除能力，确保热交换面保持清洁，提升热效率。通过不断创新吹灰技术，火电厂不仅提升了锅炉的运行效率，还降低了维护成本，延长了设备的使用寿命，实现了更高的经济效益与更低的环境影响。

4.7 燃烧控制技术的创新与应用

在火电厂实现高效运行方面，燃烧控制技术的创新与应用显得尤为重要。传统燃烧控制系统往往依赖手动调节，难以迅速响应负荷变化或燃料特性的波动。如今借助先进的自动化与信息技术，智能燃烧控制系统得以应运而生，这类系统能够实时监测锅炉内的温度、压力及气体成分，并通过数据分析与算法优化，自动调整燃料供应与空气量，确保燃烧过程始终处于最佳状态。通过采用模型预测控制（MPC）技术，构建数学模型以提前预测燃烧条件的变化，使得调节策略得以优化从而降低不必要的燃料消耗。同时，燃料混合与喷射技术的改进，使其能够更好地适应多种燃料的燃烧，提升热效率并减少排放。这些技术的应用不仅实现了更高的燃烧效率，还有效减少了污染物的排放，提升了火电厂的经济效益，推动其向可持续发展的方向迈进。燃烧控制技术的创新与应用，毫无疑问将继续成为火电行业的重要发展趋势。

5 火电厂节能技术的未来发展趋势

火电厂节能技术的未来发展趋势，将朝向智能化、环保化及多元化迈进。随着数字化技术的快速演进，智能控制系统将成为火电厂运营的核心，这些系统能够实时监测与分析设备运行数据，借助人工智能与机器学习算法优化燃烧过程，从而提升热效率减少资源浪费[3]。结合物联网技术，实现设备之间的互联互通，将使火电厂构建高效的能源管理平台，增强整体运行的灵活性与响应速度。在环保领域，未来火电厂将更加关注减排与资源循环利用。新型清洁燃料的应用以及二氧化碳捕集与存储技术（CCS）的推广，将有效降低温室气体的排放。同时，余热回收技术的进一步发展，将为提高整体能效提供更多机会，助力火电厂实现可持续发展。伴随可再生能源的迅猛发展，火电厂的能源结构也将逐步多元化，可能与风能、太阳能等可再生能源结合，形成混合能源系统，以应对市场变化与环境要求。

6 结语

在火电厂热能动力工程中，节能技术的应用与创新显得至关重要。通过对湿气损失、吹灰技术、锅炉设计及燃烧控制等影响因素的深入分析，我们了解到提高能效不仅能够降低生产成本，还能促进环境保护与资源的可持续利用。随着科技的不断进步，未来的火电厂将依赖更加智能化与环保的技术解决方案，致力于实现高效、清洁的能源生产。有效的节能措施不仅提升了火电厂的经济效益，也增强了其在全球能源转型中的竞争力。只有通过持续探索与应用新型节能技术，火电厂才能在日益严格的环保标准与市场需求中，保持可持续发展的能力。因此，推动节能技术的研究与应用，必将成为实现火电行业现代化与可持续发展的必由之路。

[参考文献]

[1]胡祥兴.火电厂热能动力工程中的节能技术分析[J].中国设备工程,2023(19):242-244.
[2]史圯.火电厂热能动力工程中的节能技术分析[J].电子技术,2023,52(3):214-215.
[3]郭红刚.火电厂热能与动力工程中的节能技术探讨[J].现代工业经济和信息化,2022,12(10):46-48.

作者简介：张景红（1968.12—），男，毕业院校原始学历（北京高等电力专科学校），专科，后续（四川大学）研究生，所学专业：热动专业；当前就职单位，华电轻型燃机服务有限公司，职务：总工程师，职称级别：工程师。

Copyright © 2024 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

从事故调查角度探讨应急管理存在的问题及措施

郭定平
西安高新区应急管理局，陕西 西安 710119

[摘要]伴随着社会的进步和工业化速度的加快，突发性事件频繁出现，因此在应急管理中，事故的调查分析变得格外关键。文章从事故调查的角度探讨了当前应急管理中存在的问题，包括调查体系不健全、信息共享不足、人员培训缺乏以及法律法规滞后等。针对存在的问题，提出了包括优化事故调查机制、促进跨机构数据互通、开展周期性教育以及丰富法律规范体系在内的多项改善策略，旨在提高应急管理效率，确保公众安全与社会稳定。

[关键词]应急管理；事故调查；问题；措施
DOI：10.33142/sca.v7i11.14182 中图分类号：F275 文献标识码：A

Exploration on the Problems and Measures of Emergency Management from the Perspective of Accident Investigation

GUO Dingping
Xi'an High tech Zone Bureau of Emergency Management, Xi'an, Shaanxi, 710119, China

Abstract: With the progress of society and the acceleration of industrialization, sudden events occur frequently. Therefore, in emergency management, the investigation and analysis of accidents have become particularly crucial. The article explores the problems in current emergency management from the perspective of accident investigation, including an incomplete investigation system, insufficient information sharing, lack of personnel training, and lagging laws and regulations. In response to the existing problems, multiple improvement strategies have been proposed, including optimizing accident investigation mechanisms, promoting cross institutional data exchange, conducting periodic education, and enriching the legal regulatory system, aiming to improve emergency management efficiency and ensure public safety and social stability.

Keywords: emergency management; accident investigation; problems; measures

引言

在应对突发事件的流程中，对事故的深入探究不仅是事后的必要分析，而且对于提高应对紧急情况的能力和降低事故发生的可能性具有决定性作用。深入调查事故过程，旨在揭示隐藏的危险因素，归纳历史上的经验与教训，从而为管理层制定策略提供坚实的数据支撑。在我国的应急管理活动中，事故的深入调查是关键环节，它对于提高应对突发事件的效率和维护社会稳定具有决定性作用，从事故调查的视角出发，对应急管理的问题进行深入解析，并提出具体的改善建议。

1 应急管理中事故调查的现状

在应对突发事件的流程中，对事故的深入分析对于保障安全及预防类似事件的发生起着关键作用。在我国，针对事故的调查机制正在逐步完善之中，然而，依然有一些关键问题需要迫切需要解决，调查机构的配置及其功能尚未达到完善之境，缺少通行标准和规范的指导，从而在不同区域与行业领域中引发了事故调查实践的多样化。这不仅影响了调查结论的公正性，也削弱了其权威性，在事故调查过程中，部门间沟通与配合的缺乏，使得信息交换机制不完善，进而引起了信息孤岛问题，这极大地限制了对事故原因的深入与全面分析[1]。

在调查领域，部分专业人才未能接受完整系统的训练，实操技能有待增强，这影响了调查结果的科学性与精确度。法律法规的更新滞后对事故调查构成了重要制约，现行法律体系并未能为调查过程提供有效支持，缺少必要的法律保障导致调查在执行时权责界定模糊。为了提高应对突发事件的能力，我国需要强化事故调查的制度化建设、信息交流、专业人才培养以及相关法规的优化，从而有效提升事故调查工作的效率，进一步推进应急管理的专业化水平。

2 应急管理存在的问题

应对突发事件的现有管理机制面临众多悬而未决的挑战，这些挑战对应对措施的效能产生了严重影响。一个显著的问题是，事故调查体系存在严重缺陷，诸多区域与专业领域，未能建立健全统一的事故调研规范，进而使得调研流程及结论呈现出不一致性与可信度缺失的问题。由于信息共享机制存在缺陷，各部门之间未能实现有效沟通，结果是关键信息传递受阻，使用迟缓，这不仅对事故调查的进度产生了不利影响，也对应急响应的后续工作带来了负面影响。

大部分调查工作人员的专业能力有待提高，诸多个体

Copyright © 2024 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

并未接受完整且系统的训练，并缺乏必要的实践操作，这使得所得调查数据的科学性和精确性遭受不利影响。法律的更新滞后于发展，对深入调查事故的流程和责任分配界定不够明晰，导致在执行调查任务时遭遇难题，事故调查的透明度不足，源于公众的参与和社会的监督不够，这导致了公众对调查结果的不信任，并质疑了处理事故的公正性。为提高应急管理的效率及社会信赖度，必须全方位解决现存问题，这包括但不限于完善体系结构、促进信息对等交流、提高专业人员能力、更新法规条文，以及激励社会各界的广泛参与[2]。

3 从事故调查角度探讨应急管理的改进措施

3.1 完善事故调查制度

改进事故的调查机制，是提高应对突发情况时应急管理效能与方法科学性的重要手段，统一制定事故的调查规范和步骤，保障各区域及行业在开展事故调查工作时能够一致地遵循既定准则。实施标准化过程，可增强调查成果之间的相互比较性及信任度，从而为制定后续决策提供可靠的数据支持。为了高效地开展工作，必须确立各级调查机构的责任和权限边界，构建有序的组织架构，这样，各个部门之间可以顺畅地协作，避免由于职能重叠或不清晰而引起的调查进展延迟和资源的不必要消耗。

在事故调查制度中，应着重强调构建跨部门的信息共享机制，保障调查过程中所需各类信息能够实现高效流通，提升调查的全面性和精确度，能够在类似事故发生时快速地检索过往信息，防止犯同样的错误。为了提高对事故调查的公开性和可靠性，需在调查制度中嵌入社会公众的监督机制，并通过激励措施促进公众的积极参与和意见反馈。调查的客观性通过公众的介入得到提升，这有助于提高民众对调查结论的认可度。科技进步要求现代信息技术与事故调查紧密结合，借助大数据分析及人工智能技术，旨在提升原因分析的效率与精确度，并建立以数据为支撑的科学决策框架。实施以上方法，能显著增进事故调查体系的科学性和公正性，从而为应急管理的全面提升打下坚实的根基[3]。

3.2 加强跨部门信息共享

为提高应急管理的效率及其有效性，关键在于部门间加强信息资源的互联互通。信息交流平台的构建，是构筑现代化基础的必备条件，为实现信息的高速流通与保障安全性，政府各相关部门需构建一个专用的信息交换平台，应急管理中各部门的职责界限分明，然而普遍存在的信息孤岛问题使得关键数据与资源无法被充分利用。现代信息技术，例如云计算与大数据分析，能够实现信息的即时交互与融合，从而在突发事件的应对中，使得各部门能够迅速地获得必要信息，进而提升它们的反应速度。为防止数据不兼容所引起的信息孤岛现象，需制定统一的数据标准和格式，以促进跨部门间的信息交互。实施标准化过程，能够促进不同部门间在数据共享方面的流畅性，有效降低在数据转换环节中可能出现的错误，以及减少信息丢失的风险。

为了确保信息在共享过程中能够顺利进行，相关法律与规章提供了必要的支持与维护。在各部门之间进行信息的交互过程中，必须明确各自的权利与责任，以保障所共享信息的合法性与安全性，同时对个人隐私与商业机密给予严格保护。定期举办跨部门的资讯交流活动，能显著提升工作人员在信息处理方面的能力以及团队协作意识，同时加深他们对资讯共享所持价值的理解，进一步促成员间全方位的参与和文化的共建。信息共享的重要方面包括公众与社会组织的参与，建立反馈机制，以使社会各界能洞察信息共享之内容及成果，并激励其积极投入应急管理工作，进而促成立体化政府与公众协作的新局面。强化不同部门间的信息互通，能显著提高应对突发事件的协调效率和反应速度，这为建立一个更加科学和高效的应急管理体系提供了坚实的支撑。

3.3 实施定期培训

定期举行培训课程，是提高应急管理能力及效率的关键举措。在应对突发事件的领域中，专业能力的水平对处理成果及反应的迅速性产生直接作用，定期培训是提高应急管理人员的专业技能所必需的，同时，它是保证应急体系有效运行的关键所在。培训的设计内容应全面涵盖应急管理领域的各个方面，如应急预案的制定与执行、事故调查的基本程序，以及信息共享的技术方法等。经过有组织的训练过程，工作人员能够深入掌握应急管理的相关理论与实操技巧，从而显著提升其面对各类紧急情况时的综合素质与响应能力。实操训练环节应重点强调，通过案例研究和模拟训练，参与者在具体场景中提升应对突发情况的技术，实战演练对于工作人员而言，不仅提升了其信心，更在高压情境下促进冷静判断与快速响应的能力，进而培养了高效的应急处理习惯。为了迎合各式各样的学习者需求，培训应当采取多种多样的模式和方法，通过集中训练、网络教学、主题讨论等多种方式，拓宽并提升培训的弹性和范围[4]。与此同时，积极促进与学者、学术机构的联动，特邀领域内的权威人士提供演讲及辅导，以期拓宽员工的见识与知识范畴。定期举行以应急管理为主题的论坛及经验分享会，增进跨部门、跨岗位间的互动学习，共同汇总处理突发事件的经验教训。在培训过程中，构建反馈机制同样是一个关键环节，定期征询参与培训人员的相关意见与建议，据此对培训课程的实质与表现形式进行必要的修订和提炼，以保证培训项目能够不断适应现实需求并保持其相关性。

对于按计划进行的培训活动，更应强调集体合作的技能培养，应对突发事件，需构建一个跨部门、跨领域的复杂系统，通过高效的部门协同，形成应对合力，在培训过

Copyright © 2024 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

程中，应当突出强调各部门之间进行协同工作的必要性，通过开展团队建设练习和协同操作演练，旨在提升各部门间的信任程度及相互配合的熟练度，这种方式能够显著提高个人专业技能，同时也加强了团队在面临危机时的协作与应急处理能力。定期培训的成效评价，是整个培训流程中必不可少的一步，为了对培训成果实施精确度量，应构建一个基于科学的评估架构[5]。该体系融合了包括考试、实际操作的评定以及模拟训练在内的多样评价手段，以此来全面而具体地评价培训成效。依据评估所得反馈，适时更新培训方案与手段，以实现培训过程的持续优化及其成效的最大化。定期且长期的培训活动能显著提高应对突发事件的应急管理人员的专业素质与应对技能，从而加强应急管理体系在面对不确定事件时的弹性与调整能力，这种增强为有效应对突发事件提供了坚实的后盾，定期开展培训活动，是加强应急管理工作、建立科学管理体系的必要手段，应当在实践中得到充分的关注与执行。

3.4 完善法律法规体系

构建完善的法律法规体系，是提高应急管理效率的根本前提，法律法规的有效性是应急管理明确框架和执行依据的保障，合法性及效力均得以确保。在我国，应对突发事件的法制建设尚存缺陷，体现为法规的不完备、政策间协调性欠缺以及执法执行力的弱化。在一定程度上，这些疑问对紧急情况的管理效率及其成果产生了影响。为了适应社会需求和处理新兴事件，必须对法律规范的框架进行彻底的审查与优化[6]。

现有应急管理的法规和条例应受到全方位的评价审核，以便觉察并填补实际操作中的法律缺口和法律适用上的阻碍。面对诸如自然灾害、公共卫生事件以及安全生产事故等不同类型的突发情况，有必要构建一套更加细致的法律法规体系，以便更好地应对这些事件带来的挑战。必须强化现行法律规范的实施强度，保障相关机构在应对突发事件的流程中严格依法行事，防止执法宽松而引发的法律责任与社会风险。在制定应急管理法时，需兼顾各地特色，赋予地方政府一定的灵活性，并激励其根据本地实况细化规则与执行计划，以此增强应对突发事件的针对性与功效。为了优化应对突发事件的法规体系，关键在于打造一个涉及多个部门的法律合作框架，应对突发情况的管理涉及众多部门的职能与责任分配，在执行紧急应对措施时，常常面临法律适用及执行过程中的互相矛盾与分歧，为了应对这一挑战，有必要组建一个跨学科的法律调整团队，该团队将定期探讨在应急管理活动中出现的各种法律难题，并确保在法律应用方面各部门能够协作一致，防止责任逃避情况的发生。为了提升法律实施的高效性与一致性，需促进不同部门之间的信息交流与合作，并推动统一的法律解释与执行准则的建立[7]。

公众的参与度和社会的监管力度，对于法律规范体系的健全具有不可或缺的作用。应急管理任务，不仅由政府承担，亦需公众参与及社会监督，这三者共同构成了一个不可分割的整体，应急管理的相关法律法规制定，应借助立法程序，积极吸收公众的意见与建议，从而提升法规的透明度及公众的认可度。为了促进法律法规的有效执行，有必要构建一个完整的社会监督体系，该体系涵盖了对应急管理活动合法性与效率的监督，并激励社会团体、新闻媒体以及公众的参与。对法律法规进行传播与教育，是提升公众法律意识的重要组成部分。法律法规在应急管理中的效用，不仅取决于其文本的周全性，还依赖于从业人员的认知与落实。

4 结语

综上所述，从事故调研的视角来看，针对在应急管理领域所存在的缺陷，通过优化制度、促进信息互通、加强培训以及完善法律法规等途径，将能显著提升应急管理能力，在应对突发事件的处置中实现更迅速、更高效的响应，进而维护社会的安宁与稳固。

[参考文献]

[1]刘鹏,张崙楠.构建高效能的产品质量安全事故应急管理体系[J].中国应急管理科学,2022(11):52-63.
[2]黄羡君.化工园区安全生产突发事件应急管理研究[D].广东:华南理工大学,2022.
[3]杨虹.安全生产事故中的地方政府应急管理对策研究[D].江苏:南京工业大学,2022.
[4]王利群,曾明荣,毕雅静.完善事故调查处理法规制度——《生产安全事故报告和调查处理条例》修改建议[J].中国应急管理,2022(3):16-19.
[5]张海波,牛一凡.事故调查如何促进风险防范?——基于167份事故调查报告的实证分析[J].行政论坛,2022,29(2):62-73.
[6]辛瑞瑞.水上交通事故应急响应流程分析及标准体系研究分析[J].运输经理世界,2021(29):164-166.
[7]李晨,赵琦,王晓杰.事故调查规范化在城市安全精细化管理中的意义[J].现代职业安全,2021(6):94-97.

作者简介：郭定平（1994.3—），女，本科，汉族，安全工程专业。

Copyright © 2024 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

征 稿

Call for Papers

《Smart City Application》即《智能城市应用》由新加坡Viser Technology Ptd 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能城市应用领域，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。

《智能城市应用》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



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

ISSN 2717-5391