



www.viserdata.com

城市建设与规划

URBAN CONSTRUCTION AND PLANNING

季刊

■ 主办单位: Viser Technology Pte.Ltd.

■ ISSN 3041-0568(online) 3041-0525(print)

中国知网 (CNKI) 收录期刊
RCCSE权威核心学术期刊

2025 5

第2卷 总第11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.



城市建设与规划

Urban Construction and Planning

2025年·第2卷·第5期(总第11期)

主办单位: Viser Technology Pte. Ltd.

I S S N: 3041-0568 (online)

3041-0525 (print)

数据库收录: 中国知网收录期刊

RCCSE权威核心学术期刊

发行周期: 季刊

出版时间: 9月

期刊网址: www.viserdata.com

投稿/查稿邮箱: viser-tech@outlook.com

地址: 195 Pearl's Hill Terrace, #02-41,

Singapore 168976

学术主编: 李哲

学术副主编: 金光虎 王鑫 曾忠忠

编委: 骆辉 张学玲 郑育新 汪洋

范涛 柴蓓蓓 王彤 赵逵

赵鹏飞 赵京 周福川 张晓瑞

张弛 张学军 张远翼 洪小春

阎飞 张聪

责任编辑: 金星

美工编辑: 李亚 Anson Chee

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

建筑工程

- 水利水电工程基础处理施工技术探究.....王永斌 1
建筑暖通空调系统的智能调控技术应用研究.....曹杰 5
装配式建筑电气管线预埋的标准化设计施工误差控制研究.....游扬 8
浅谈北京市公共建筑装配式建筑政策及评标准.....
.....刘海波 11

建筑设计

- 谈 BIM 技术在建筑给排水设计中的应用研究.....
.....张宁 17
基于太阳能利用的被动式建筑设计策略与节能效果分析.....安志杰 20
传统院落空间布局在现代民宿设计中的传承与应用研究.....卓靖 贾志杰 23
高校校园景观施工图中文化地标与慢行系统的衔接设计.....康紫薇 26
海绵城市理念在绿色建筑场地景观设计中的融合应用.....赵厦 30
高层建筑电气火灾隐患的智能监测与预警系统设计.....赫军硕 34
高校学生宿舍单元空间尺度与使用舒适度研究.....倪嵩卉 38

城市建设

- 城市更新中历史建筑保护与再利用的路径研究.....高彦玲 41
探析国土工程中土地复垦技术的精准应用与管理.....张然 46
城市更新语境下公共艺术项目的策划组织与管理一体化研究.....陈菲 49
太行山特色建筑与地域文化融合的创新研究.....陈利伟 刘洋 52
城市更新背景下古城的修复与活化利用实践探索——以万安古城为例.....周晶 李骏 55

电气仪表

- 新能源并网 SVG 现场调试关键技术与性能验证 张 鸽 60
..... 张 鸽 60
高压电抗器的设计与制造技术研究..... 韩 辉 64
浅析高压电力线路测量技术..... 郑建军 67
燃气轮机电厂并网调试的关键技术与安全管控.....
..... 陈福红 70

工程管理

- 基于 BIM 技术的建筑电气设计协同管理研究 .. 鲍建宁 74
人工智能驱动的智慧建筑运维管理模式研究.....
..... 张映波 张 蒙 78

- 城市道路改建中管线搬迁的安全管理与措施.... 孙 华 82

冶金矿山

- 煤矿开采掘进中支护技术研究与应用..... 韩建国 86
基于大数据的冶金设备运行状态评估与维护决策优化.....
..... 张晓帆 刘恒玮 杨 旭 黄庆博 90

节能环保

- 电气化生物质能技术在乡村应用..... 陈 祎 93

机电机械

- 汽轮机润滑油进水原因分析及处理措施..... 李媛媛 97

水利水电工程基础处理施工技术探究

王永斌

定西市和源市政工程有限公司, 甘肃 定西 743000

[摘要]水利水电工程基础处理施工技术对于保障工程安全、提升施工效率以及优化工程质量有着十分重要的作用。随着工程规模变得越来越大,地质条件也愈发复杂起来,基础处理施工技术的发展与创新就显得格外重要了。此文较为细致地分析了水利水电工程基础处理施工的概念、分类以及应用范围,着重探讨了地基加固、基坑支护、岩土体加固以及防渗等一系列关键技术,同时从施工质量控制、安全管理、绿色施工以及智能化技术应用等方面,提出了施工管理优化的相关策略。通过全面且细致地梳理与分析施工技术,希望能为水利水电工程施工给出科学的技术参考以及实践方面的指导,进而为工程的安全、经济以及可持续发展筑牢稳固的基础。

[关键词]水利水电工程;基础处理;施工技术

DOI: 10.33142/ucp.v2i5.17942

中图分类号: TV51

文献标识码: A

Exploration on Construction Technology for Foundation Treatment of Water Conservancy and Hydropower Engineering

WANG Yongbin

Dingxi Heyuan Municipal Engineering Co., Ltd., Dingxi, Gansu, 743000, China

Abstract: The construction technology of foundation treatment for water conservancy and hydropower engineering plays a very important role in ensuring engineering safety, improving construction efficiency, and optimizing engineering quality. As the scale of engineering becomes larger and the geological conditions become more complex, the development and innovation of foundation treatment construction technology become particularly important. This article provides a detailed analysis of the concept, classification, and application scope of foundation treatment construction in water conservancy and hydropower engineering. It focuses on a series of key technologies such as foundation reinforcement, pit support, rock and soil reinforcement, and anti-seepage. At the same time, relevant strategies for optimizing construction management are proposed from the aspects of construction quality control, safety management, green construction, and intelligent technology application. By comprehensively and meticulously sorting out and analyzing construction techniques, we hope to provide scientific technical references and practical guidance for the construction of water conservancy and hydropower engineering, thereby laying a solid foundation for the safety, economy, and sustainable development of the projects.

Keywords: water conservancy and hydropower engineering; basic processing; construction technology

引言

水利水电工程属于能源开发以及水资源管理极为重要的部分,其建设的质量和工程运行的安全、社会经济利益紧密相关。基础处理施工技术在水利水电工程施工里是核心环节,对于工程地基的稳定性、结构的耐久性还有施工安全有着决定性的影响。本文依据对水利水电工程施工技术当下状况以及发展趋势所展开的分析,并且结合施工实践方面的经验,全面且细致地探讨了基础处理施工的关键技术、质量与安全管理的办法以及创新技术的应用情况,希望能够给工程施工给予科学的、具备可操作性的技术方案。

1 水利水电工程基础处理施工技术概述

水利水电工程基础处理施工技术,乃是依据工程地基及其周边土体、岩体的具体特性,运用一系列施工手段

和技术办法,对基础的承载力、稳定性还有抗渗性能加以改良并予以强化的一种具有系统性的工程作业。基础处理施工所涉及的范围,既包含地基加固方面的内容,也有基坑支护的相关事项,同时还涵盖了岩土体加固以及防渗技术等方面,在施工进程当中,对于施工安全、质量把控以及环境保护等方面所提出的管理要求,也都属于基础处理施工范畴之内。其关键目标在于保障工程基础可以契合结构荷载方面的需求,能够抵御外界水文以及地质方面的作用,并且在施工以及运维期间可保持长久的稳定性。在施工的实际操作当中,基础处理施工技术务必要全面考量工程设计方面的要求、施工的具体条件以及地质环境等诸多因素,进而制定出科学且合理的施工方案。凭借着系统化的技术运用,水利水电工程能够达成工程质量稳固可靠、施工效率颇高以及资源利

用得以优化这样的目标，与此还能为后续的运行管理筑牢坚实的基础。

2 基础处理施工关键技术

2.1 地基加固与地基处理技术

地基加固和处理技术算得上是基础处理施工里极为关键的技术环节，它的用意在于提升土体的承载力，减少地基出现沉降的情况，同时让整体的稳定性得以增强，在实际施工过程中，常常会采用灌浆加固这种方式，还有换填加固、夯实密实以及水泥土搅拌桩等多种多样的方法，要依据土体的具体类型、所要满足的承载需求以及工程的规模大小来挑选最为合适的加固办法。灌浆加固技术的操作原理是往地基内部注入水泥浆或者化学浆液，以此达成土体颗粒之间相互填充以及黏结的目的，进而增强整个地基的承载力，并且还能针对不均匀沉降的情形开展局部加固工作。换填与夯实技术比较适合承载力相对较低的松散土层，具体做法是更换成优质的土料，然后再借助机械夯实设备，最终实现均匀压实的效果，如此一来便能让地基的稳定性得到改善。水泥土搅拌桩技术在软土或者淤泥质地基当中有着广泛的应用，其操作方式是依靠机械对土体进行搅拌，使其和水泥混合在一起，进而形成复合桩体，这样一来既能提高承载力，又能对地基的排水条件加以改善。有效的地基处理一方面提升了基础的承载能力，另一方面也为上部结构的施工给予了可靠的保障，同时还为施工安全、质量控制以及工程寿命提供了相应的技术支撑。

2.2 基坑开挖与支护技术

基坑开挖以及支护技术在水利水电工程基础处理施工环节里，有着极为关键的作用，其可保障施工安全，又能维持施工空间的稳定状态。大型工程通常会涉及到深基坑或者复杂的地形状况，在这种情况下，得合理去设计支护结构，如此才能防止出现土体塌方、侧向位移亦或是渗漏等问题。基坑支护技术涵盖多种类型，像桩基支护、土钉墙支护、锚固支护以及复合支护体系等。桩基支护技术是通过设置桩列来形成刚性或者半刚性的围护结构，这种方法能有效地抵御侧向土压力，特别适用于软土或者是水位较高的地基环境。土钉墙和锚固支护技术则是通过在基坑侧壁打入土钉或者锚杆，然后结合喷射混凝土从而形成稳定的护面，以此提高土体的整体稳定性，同时也能有效控制边坡的位移情况。在施工进程当中，基坑支护方案的设计要综合考虑地质勘察的情况、土体力学参数以及降水条件等方面，展开科学严谨的分析，并且还要配合实时的监测工作，以此来确保开挖过程里土体以及结构的安全无虞。科学且合理的基坑开挖与支护技术，不但能够保证施工可以顺利推进，而且还能为后续的基础加固以及结构施工营造出安全的施工环境。

2.3 岩土体加固及防渗技术

岩土体加固以及防渗技术在基础处理施工里，属于提升土体与岩体整体稳定程度以及抗渗性能的重要举措。于水利水电工程而言，地基以及边坡土体或许存在裂隙、软弱层或者渗水通道，要是不实施加固以及防渗方面的措施，那么极有可能出现基础不均沉降、渗漏乃至安全事故的情况。岩土体加固技术主要涵盖灌浆加固、锚固加固还有桩体加固等等，借助注浆、锚固或者桩体来构建起整体刚度得以增强的体系，达成对岩土体内部结构的优化效果。防渗技术一般会采用混凝土防渗墙、土工布或者是复合防渗层等各类方式，依照地形以及水文的具体条件，去控制地下水的渗流路径，切实有效地降低基础受到水影响所存在的潜在风险。在施工推进的过程中，岩土体加固以及防渗施工得依据地质勘察所获取的数据，综合试验得出的结果以及监测的相关手段，制定出科学合理的施工方案，以此来保障基础处理能够取得稳定且可靠的成效，与此同时还要充分考虑经济性以及施工的实际可操作性。

2.4 边坡支护与地质灾害防治技术

水利水电工程建设中会形成大量边坡，需做好边坡支护和地质灾害防治。常用的边坡支护技术包括抗滑桩/挡土墙、锚杆/锚索、喷锚支护等。抗滑桩用于防止土体滑坡，锚杆/锚索用于提高岩体抗剪强度，喷锚支护用于增强坡面。此外，还需进行地质灾害防治处理，如清除危岩、设置截排水等。边坡支护与地质灾害防治设计需结合现场调查、室内试验等手段进行综合分析论证，形成安全可靠、经济合理的施工方案。

3 基础处理施工的质量与安全管理

3.1 施工过程质量控制体系

施工过程质量控制体系对于水利水电工程基础处理施工而言，是能够确保其达成设计标准以及施工规范所规定要求的关键保障所在。这一体系借助对施工整个流程展开的监控以及相应的管理举措，达成了从原材料进入施工现场开始，一直到施工后期开展检测为止的全过程质量控制目标。在实际的操作环节当中，应当着手建立起一套较为严格的材料验收方面的制度，务必要保证像水泥、砂石、钢材这类关键材料都能够契合技术标准的要求。与此还应当运用标准化的施工工艺以及施工设备，以此来提升施工的稳定性以及可重复操作的程度。在施工正在进行的过程之中，质量控制体系还涵盖了针对施工过程实施的在线监测工作以及阶段性验收相关事宜。通过去检测诸如地基沉降情况、桩体承载力状况、支护结构变形程度以及防渗效果等方面的各项指标，进而能够及时察觉到潜在存在的质量问题，并且随即采取相应的纠正办法加以应对。除此之外，施工单位有必要

制定出详尽的施工质量管理体系以及操作规程,把质量管理方面的责任切实落实到每一个施工环节以及各个关键岗位之上,进而构建起一套系统化的并且具备可追溯特性的管理机制,最终以此来确保工程基础处理施工的质量能够稳固可靠。

3.2 施工安全风险理

施工安全风险理乃是保障施工人员人身安全、设备可稳定运行以及施工环境处于可控状态的关键环节。水利水电工程在开展基础处理施工之时,往往涉及到高空作业、深基坑开挖、重型机械的使用以及在复杂地质条件下的作业等情形,其潜在的安全风险着实不低。要有效地对这些风险加以控制,就需要在施工正式开始之前,去做一番较为全面的安全风险评估工作,从中识别出那些有可能会发生的各类危险源,并且要相应地去制定出与之匹配的安全防护举措。在整个施工进程当中,得着重加强对那些存在高风险的作业环节予以监控,务必严格依照施工安全操作规程来执行各项操作,同时还得配备并使用必要的安全防护设备,另外还要借助安全培训这一途径,促使施工人员的安全意识得以提升,操作技能也能有所增强。与此施工单位应当着手建立起一套安全管理信息系统,借此对施工现场的环境状况、机械设备的运转状态以及人员的具体行为等情况进行实时的监控,从而保证各项安全措施能够及时且恰当地落实到位。科学且完善的施工安全风险理,不但能够在很大程度上削减施工事故的发生概率,而且还有助于提升施工的效率,进而增强施工团队整体的稳定性,最终为工程能够顺利地完给于有力的保障。

3.3 绿色施工与环保技术应用

绿色施工以及环保技术的应用属于现代水利水电工程基础处理施工的关键构成部分,其关键目标在于达成施工活动对环境所造成影响的最小化状态,并且要对资源利用效率予以优化。在施工进程当中,应当选用低能耗且高效能的施工机械以及施工工艺,以此来减小对土地、水体还有生态环境形成的干扰。举例来讲,借助对施工流程加以优化、降低机械空转情况以及削减施工废料的排放等举措,是能够切实有效地压低施工能耗以及碳排放量的。基础处理施工另外还需考量土体受到的扰动状况、水土保持事宜以及施工排水方面的管理工作,从而防止给周边的生态环境带来不利的影响^[1]。与此绿色施工的理念还涵盖了资源的循环利用这比如说把施工产生的废弃土体按照合理的方式进行回填或者实现再利用,如此一来便能够降低施工成本以及环境所承受的负荷。通过把环保技术同施工工艺相互结合起来,水利水电工程基础处理施工不但能够符合质量以及安全方面的要求,而且还能达成生态保护以及可持续发展的目标。

4 创新施工技术与智能化应用

4.1 机械化施工技术

机械化施工技术对于提高水利水电工程基础处理施工效率以及确保施工精度而言,称得上是极为重要的一种手段。通过引入现代化的施工设备以及采用机械化施工工艺的方式,能够在很大程度上提升施工的速度,并且还能够有效减少人工劳动所面临的强度,同时也能让施工误差得以降低。就好比自动化钻孔机、桩基打桩设备还有大型搅拌机,在地基加固、桩体施工以及土体搅拌等方面都有着广泛的应用,其不仅能确保施工的精度,而且还能很好地适应复杂地质条件下开展作业的需求^[2]。机械化施工技术的应用范围还涵盖了土方开挖、边坡修整以及基坑支护等诸多环节,借助统一的机械作业操作,可以提升施工的一致性以及安全性。除此之外,施工机械还可以配备实时监控系,以此来对施工进度、设备状态以及土体变形等情况进行监测,进而达成对施工过程的可控性以及实现高效的管理。从整体来看,机械化施工技术在提高施工效率、保证工程质量以及降低施工风险这些方面,都发挥着不容忽视且不可替代的作用。

4.2 智能化施工方法与优化策略

智能化施工方法乃是于机械化以及信息化基础之上的持续发展产物,其借助人工智能、大数据分析还有智能控制技术等手段,达成施工流程的自动化、优化以及预测化状态。就水利水电工程基础处理施工来讲,智能化技术能够应用于施工方案的优化、施工进度的预测、设备的自动控制以及风险预警等方面。举例来说,凭借大数据分析来对地质条件以及施工参数展开模拟与优化操作,如此一来便能够挑选出最为优质的施工方案,进而有效降低施工成本以及风险^[3]。而借助智能设备控制,则可实现像桩体灌注、土体加固这类作业的自动化操作方式,以此提高施工的精度以及安全性。与此智能化技术还能实现施工现场的实时风险评估与预警功能,针对潜在的滑坡、沉降或者渗漏风险予以动态化的监控,进而切实保障施工安全以及工程质量。智能化施工方法的应用情况,不但使得施工效率以及质量得以提升,而且还为水利水电工程施工管理朝着现代化、精细化的方向发展给予了相应的技术支撑。

5 结语

本文全面且细致地探讨了水利水电工程基础处理施工技术的重点内容,囊括了对基础处理施工的概要介绍、其中的关键技术要点、质量以及安全管理方面的内容,还有创新与智能化的应用情况。在实际的施工过程当中,地基加固、基坑支护、岩土体加固以及防渗技术这些环节,对于保障基础的稳定性以及工程的安全性而言,属于极为关键的部分,较为完善的施工质量控制体系以及安全管理机制,同样是保证施工可以顺利推进的重要依托。借助引入机械化

以及智能化的施工技术,不但可以让施工效率和精度得以提升,而且能够达成对施工全过程的科学化管理以及风险的有效控制。在未来,伴随施工技术不断地向前发展,基础处理施工将会进一步朝着智能化、绿色化以及精细化的方向去发展,从而给水利水电工程筑牢坚实的基础保障,推动工程质量、安全性以及可持续性水平不断得到提升。

[参考文献]

[1]林显宁.水利水电工程基础处理施工关键技术研究[J].

水上安全,2024(24):133-135.

[2]孙欣跃.水利水电工程基础处理施工技术探析[J].黑龙江水利科技,2024,52(8):72-148.

[3]张利静.水利水电工程基础处理施工技术研究[J].内蒙古水利,2024(1):36-37.

作者简介:王永斌(1988.9—),毕业院校:大连理工大学,所学专业:水利水电工程,当前就职单位:定西市和源市政工程有限公司,职称级别:中级。

建筑暖通空调系统的智能调控技术应用研究

曹杰

河北工大科雅科技集团股份有限公司, 河北 石家庄 050000

[摘要]智能调控技术在建筑暖通空调系统中的应用,极大提升了能效管理和环境舒适度。利用先进的传感器技术、数据分析与控制算法,系统能够实时调节运行参数,降低能耗并保证室内空气质量。智能调控不仅优化了设备运行状态,还实现了自适应调整,满足不同季节和使用需求的变化。智能技术促进了系统维护的预见性和故障诊断的精准性,减少了运维成本。通过集成物联网和人工智能手段,建筑暖通空调系统实现了自动化管理,推动绿色建筑和节能减排目标的实现。智能调控技术的广泛应用代表了暖通空调系统未来发展的重要方向。

[关键词]智能调控技术;暖通空调系统;能效优化

DOI: 10.33142/ucp.v2i5.17933

中图分类号: TU111

文献标识码: A

Research on the Application of Intelligent Control Technology in Building HVAC Systems

CAO Jie

Hebei Gongda Keya Technology Group Co., Ltd., Shijiazhuang, Hebei, 050000, China

Abstract: The application of intelligent control technology in building HVAC systems greatly improves energy efficiency management and environmental comfort. By utilizing advanced sensor technology, data analysis, and control algorithms, the system can adjust operating parameters in real-time, reduce energy consumption, and ensure indoor air quality. Intelligent regulation not only optimizes the operation status of devices, but also achieves adaptive adjustment to meet changes in seasons and usage needs. Intelligent technology promotes the predictability of system maintenance and the accuracy of fault diagnosis, reducing operation and maintenance costs. By integrating the Internet of Things and artificial intelligence, building HVAC systems have achieved automated management, promoting the achievement of green building and energy conservation and emission reduction goals. The widespread application of intelligent control technology represents an important direction for the future development of HVAC systems.

Keywords: intelligent regulation technology; HVAC systems; energy efficiency optimization

引言

建筑暖通空调系统作为保障室内环境舒适性和安全性的关键设施,其能耗占建筑整体能耗的很大比例。随着节能减排压力的不断增大,提升暖通空调系统的运行效率成为重要课题。智能调控技术通过实时数据采集与分析,实现系统运行参数的动态优化,突破了传统定时定量控制的局限,有效提升了能效表现和环境质量。结合物联网、大数据和人工智能等技术手段,智能暖通空调系统能够自主适应不同工况,实现节能与舒适的最佳平衡。智能调控还支持设备故障预警和运维管理,为系统的安全稳定运行提供保障。对智能调控技术的深入探讨有助于推动暖通空调系统向高效、环保、智能化方向发展,满足未来建筑节能及环境控制的新需求。

1 智能调控技术提升建筑暖通空调系统能效的关键路径

1.1 传感器技术在系统监测中的应用与优化

传感器技术是实现建筑暖通空调系统智能监测的核心基础。通过布设温度、湿度、二氧化碳浓度、风速等多种类型传感器,能够实时采集室内外环境参数和设备运行状

态信息。高精度传感器的数据采集为系统提供了准确的环境感知能力,支持后续的智能分析与调节。传感器布局的科学优化有助于避免数据采样盲区,提升系统监测的全面性和响应速度。先进传感器采用低功耗设计和无线传输技术,保证数据的持续稳定传递,同时减少维护负担。多传感器融合技术通过综合分析不同传感器数据,增强监测的可靠性和抗干扰能力,从而为智能调控提供坚实的数据支撑。

1.2 数据分析方法推动运行参数动态调整

运行参数的动态调整依赖于对采集数据的深度分析与处理。利用统计分析、机器学习和模式识别技术,对环境变量和设备运行数据进行实时处理,可以准确识别系统运行的关键影响因素。通过建立数学模型和预测算法,动态调整制冷、制热、通风等运行参数,实现能耗与舒适度的最佳平衡。数据分析还能够识别设备负载变化趋势,及时调整控制策略,防止能耗浪费和系统过载。多维度数据的综合利用增强了系统对复杂环境的适应能力,为自动化调节提供科学依据。实时数据反馈机制支持持续优化运行参数,促进系统高效稳定运行。

1.3 控制算法实现暖通空调系统的自适应管理

控制算法是智能调控系统的核心,直接影响暖通空调系统的运行效果。基于采集的实时数据,先进控制算法如模糊控制、神经网络控制及自适应控制能够实现多变量、多目标的协调优化。算法通过学习和调整,自动适应不同季节、时间和人员活动变化,精准控制设备启停和运行模式。智能控制策略不仅考虑室内舒适度,还兼顾设备节能和系统稳定,提升整体运行效率。算法设计注重实时响应能力和容错机制,保证系统在复杂工况下依旧保持高效运行。动态调整的控制算法促进了暖通空调系统的智能化转型,实现对环境和设备的精准管理。

2 建筑暖通空调系统智能调控中的节能机制与效果评估

2.1 能耗优化模型及其在智能系统中的实现

能耗优化模型通过数学和算法方法对暖通空调系统的能耗行为进行定量分析,旨在实现能源利用效率的最大化。模型结合建筑热工性能、设备特性及使用习惯,构建多目标优化框架,平衡能源消耗与室内舒适需求。智能系统将优化模型嵌入控制平台,通过实时采集的环境数据和设备状态信息,动态调整运行参数如风量、温度设定及压缩机负载。应用遗传算法、粒子群优化等智能优化算法,能够快速收敛到最优控制方案。优化模型的实施不仅降低了系统能耗,还减少了设备的非必要启动次数,延长设备寿命,提升整体运行效率。该模型与智能调控系统的紧密结合,是推动节能减排目标的重要技术支撑。

2.2 节能效果的动态监测与反馈机制

动态监测机制依托传感器网络和数据采集系统,持续跟踪暖通空调系统的能耗变化和运行状态,实现节能效果的实时评价。通过对关键能耗指标如电力消耗、制冷量及风机功率的监控,及时识别运行异常和能效偏差。反馈机制基于监测数据,将节能效果的信息反馈至控制系统,促使调控策略调整以优化能耗表现。动态监测支持多时间尺度分析,能够反映日常运行、季节性变化以及特殊工况下的节能情况。结合云平台和大数据技术,形成智能诊断与调节闭环,确保节能措施的持续有效执行。此类反馈机制增强了系统的自适应能力,提高节能管理的科学性和准确性。

2.3 智能调控对室内环境舒适性的保障分析

智能调控通过实时采集室内温湿度、空气质量及人员分布数据,精准调整暖通空调设备的运行参数,实现舒适环境的动态维护。控制系统结合人体舒适模型,平衡温度、湿度及空气流动,确保环境参数处于理想区间。智能调控能快速响应内部负荷变化和外部气候波动,避免传统系统因滞后控制引发的不适感。空气品质管理模块通过调节新风量和过滤系统,降低有害物质浓度,保障健康环境。调控策略同时兼顾节能需求,防止过度调节导致能源浪费。多参数协同调节提高了室内环境的稳定性和均匀性,满足

不同使用场景和人员需求,促进空间环境质量的整体提升。

3 智能调控技术对暖通空调设备维护和故障诊断的促进作用

3.1 设备状态实时监控技术应用

设备状态实时监控技术通过传感器与智能采集系统持续获取暖通空调设备的运行参数,如温度、压力、电流和振动信号,构建全面的设备运行状态数据库。利用无线通信与物联网技术,实现数据的即时传输与集中管理,支持远程监控和多层次数据分析。实时监控能够捕捉设备异常变化,识别运行偏差,减少突发故障风险。多参数综合分析技术增强监测的准确性,有助于精准判断设备健康状况。结合云计算平台,对大规模设备群进行统一管理,提高系统的响应速度与维护效率。设备状态实时监控为智能运维奠定基础,是保障暖通空调系统稳定可靠运行的重要技术手段。

3.2 智能故障预警与诊断方法研究

智能故障预警与诊断方法基于设备运行数据和历史故障信息,利用机器学习、专家系统及模式识别技术,实现故障隐患的早期识别与定位。算法通过分析传感器采集的多维数据,识别异常模式和故障特征,及时发出预警信号。诊断方法结合物理模型与数据驱动模型,提升故障识别的准确性和可靠性。多源数据融合技术增强对复杂故障的分析能力,有效避免误报和漏报。智能故障预警系统能够动态调整报警阈值,适应不同设备和环境条件。该方法支持快速定位故障根因,缩短维修响应时间,提高设备的整体可靠性与安全性。

3.3 智能运维系统对降低维护成本的贡献

智能运维系统通过集成设备监测、故障诊断和维护计划管理,实现维护资源的优化配置和精准调度。系统基于实时数据和预测模型,制定科学的维护策略,避免不必要的频繁检修,延长设备寿命。智能运维支持预防性维护,减少因设备突发故障带来的紧急维修费用和停机损失。自动化工具提升维护人员的工作效率,降低人力成本。通过数据分析优化备件管理,减少库存压力和资金占用。智能运维系统的全面应用不仅提高了维护工作的精准度和时效性,还有效控制了维护开支,推动暖通空调系统的经济高效运行。

4 物联网与人工智能技术集成推动暖通空调智能调控发展

4.1 物联网架构支持的数据交互机制

物联网架构为智能暖通空调系统的数据交互提供了高效、稳定的技术平台。传感器、执行器及控制终端通过无线网络和有线网络无缝连接,实现多节点间数据的实时采集和传输。采用边缘计算技术处理关键数据,减轻中心服务器压力,提高响应速度和系统稳定性。基于标准通信协议和数据格式,保证设备间的互操作性和信息共享。云

平台整合和分析大量异构数据,支持跨系统数据融合和深度挖掘。安全机制如数据加密、访问控制保障传输数据的完整性和隐私。智能数据交互机制促进了设备状态、环境信息和控制命令的高效流转,成为智能调控系统协同运行的核心支撑。

4.2 人工智能算法在智能调控中的创新应用

人工智能算法赋能智能暖通空调系统,实现复杂环境下的精细化调控。通过深度学习模型对历史数据和实时信息进行分析,算法能够预测室内负荷变化趋势,优化设备运行策略。强化学习算法在动态环境中不断调整控制参数,提高系统适应能力和节能效果。模糊逻辑控制结合专家经验处理不确定性,提升调控的灵活性和鲁棒性。人工智能算法还支持故障诊断和运行优化,增强系统自主决策能力。算法的创新应用使得智能调控系统能够在多变量、多目标条件下平衡能效与舒适度,显著提升暖通空调系统的智能化水平。

4.3 智能系统的自动化管理与远程控制实现

自动化管理系统依托集成的传感器网络 and 智能算法,实现暖通空调设备的自主调节与状态监测。远程控制平台通过互联网连接,实现对系统运行参数的实时调节和监控,无需现场人工干预。系统支持多终端访问,包括移动设备和电脑,提升管理便捷性和响应速度。自动化管理结合智能报警和维护提示功能,及时发现异常并采取措​​施,保障设备稳定运行。远程控制技术推动分布式系统协调运作,实现跨区域多点集中管理。自动化和远程控制的融合提升了系统的运行效率和管理水平,促进暖通空调系统向数字化、智能化方向转型。

5 智能调控技术在绿色建筑暖通空调系统中的应用前景和挑战

5.1 智能暖通系统助力绿色建筑节能目标达成

智能暖通系统通过精准调控建筑内部环境参数,有效减少能源浪费,是实现绿色建筑节能目标的关键技术支撑。该系统整合先进的传感器网络 and 智能控制算法,动态调节供暖、制冷及通风设备的运行状态,确保能耗与舒适度的最佳匹配。结合建筑能耗模型,系统能够实时响应外界气候变化和内部使用需求,避免不必要的能量消耗。智能暖通系统支持与建筑能源管理系统(BEMS)无缝对接,实现全建筑能耗的协同优化。通过提升系统能效和自动化水平,智能暖通技术降低了建筑的碳排放,有助于实现可持续发展和环保标准,为绿色建筑认证提供有力保障。

5.2 技术推广应用中的主要难点与解决策略

智能暖通调控技术在推广应用过程中面临设备兼容性不足、数据标准缺失及高昂的初期投资等多重挑战。系统集成过程中,来自不同厂商的设备与平台接口不统一,

导致信息孤岛现象,限制数据共享与整体优化。缺乏统一的数据格式和通信协议,影响智能调控技术的扩展性和稳定性。初期设备投入及系统维护成本较高,抑制了部分项目的应用积极性。针对这些问题,推动行业标准制定与设备兼容性测试,促进开放式平台建设,成为解决之道。采用模块化设计和分阶段实施策略,有助于降低建设风险和资金压力。技术培训和人才培养提升操作和维护能力,为智能技术广泛应用提供保障。

5.3 未来智能调控技术发展方向探析

未来智能调控技术将重点提升自主学习能力和多系统协同,推动建筑暖通空调系统的智能化升级。基于人工智能的深度强化学习算法将在复杂环境中实现精准运行参数优化,优化节能与舒适的平衡。边缘计算与云计算的融合加快数据处理速度,提升实时响应能力,促进分布式系统协同管理。传感器技术向微型化、低功耗方向发展,增强环境感知的全面性和持续性。跨领域大数据融合分析支持多场景、多目标的智能调控策略制定。安全与隐私保护技术成为关键,保障系统在开放互联环境中的稳定可靠。智能调控将更注重自适应能力和个性化需求,推动绿色建筑实现智慧管理。

6 结语

本文系统分析了建筑暖通空调系统智能调控技术的关键应用,包括传感器技术、数据分析与控制算法的协同作用,提升了系统的能效与舒适性。能耗优化和动态监测机制有效降低了能源消耗,智能故障预警与运维系统增强了设备运行的可靠性。物联网与人工智能技术推动了自动化管理和远程控制的发展,为绿色建筑节能目标的实现提供支持。尽管技术推广存在挑战,通过标准化和优化策略不断推进,未来智能调控技术将更加注重自主学习和多系统协同,助力建筑暖通空调系统向智能化和可持续方向发展。

[参考文献]

- [1]李强,王敏.智能暖通空调系统中的传感器技术应用研究[J].建筑科学,2021,37(4):85-91.
- [2]张华,刘伟.数据驱动的暖通空调系统能耗优化模型及实现[J].能源工程,2022,40(2):45-53.
- [3]陈刚,赵峰.智能故障诊断与预警技术在暖通空调中的应用[J].自动化技术与应用,2020,39(6):112-118.
- [4]许涛,孙丽.物联网架构下智能暖通空调系统的数据交互机制[J].计算机工程与设计,2023,44(1):23-30.
- [5]王磊,黄杰.人工智能算法在智能调控系统中的创新应用[J].电子技术应用,2021,47(11):78-84.

作者简介:曹杰(1995.1—),男,汉族,毕业学校:石家庄铁道大学,现工作单位:河北工大科雅科技集团股份有限公司。

装配式建筑电气管线预埋的标准化设计施工误差控制研究

游 扬

九易庄宸科技(集团)股份有限公司, 河北 石家庄 050000

[摘要]装配式建筑作为建筑业转型升级的重要方向,在节能环保、施工效率和质量控制方面具有显著优势。然而,电气管线的预埋环节因涉及构件生产、运输、安装与后期运维的多个环节,容易产生误差,直接影响建筑功能实现和运行安全。为解决这一问题,文中基于装配式建筑的特点,探讨了电气管线预埋的标准化设计与施工误差控制策略。研究内容包括预埋设计的标准化原则、工厂化加工过程的精度控制、现场安装环节的误差修正方法以及信息化技术在全过程中的应用。结果表明,通过建立统一的设计标准、优化施工流程、引入BIM及信息化管理手段,可以有效减少预埋偏差,提高施工效率,保障电气系统的安全性与可靠性。文中的研究不仅为装配式建筑电气系统的高质量建设提供理论支持,也为推动建筑工业化发展提供参考。

[关键词]装配式建筑; 电气管线; 预埋设计; 标准化; 施工误差控制

DOI: 10.33142/ucp.v2i5.17932

中图分类号: TU7

文献标识码: A

Research on Standardized Design and Construction Error Control of pre-embedded Electrical Pipelines in Prefabricated Buildings

YOU Yang

Jiuyi Zhuangchen Technology (Group) Co., Ltd., Shijiazhuang, Hebei, 050000, China

Abstract: As an important direction for the transformation and upgrading of the construction industry, prefabricated buildings have significant advantages in energy conservation, environmental protection, construction efficiency, and quality control. However, the pre-embedding process of electrical pipelines involves multiple stages of component production, transportation, installation, and later operation and maintenance, which can easily lead to errors and directly affect the realization of building functions and operational safety. To address this issue, this article explores the standardized design and construction error control strategies for electrical pipeline embedment based on the characteristics of prefabricated buildings. The research content includes the standardization principles of embedded design, precision control in factory processing, error correction methods in on-site installation, and the application of information technology throughout the entire process. The results indicate that by establishing unified design standards, optimizing construction processes, introducing BIM and information management methods, it is possible to effectively reduce pre-embedded deviations, improve construction efficiency, and ensure the safety and reliability of electrical systems. The research in the article not only provides theoretical support for the high-quality construction of prefabricated building electrical systems, but also provides reference for promoting the development of building industrialization.

Keywords: prefabricated building; electrical pipelines; pre-embedded design; standardization; construction error control

引言

随着我国建筑工业化水平的不断提升,装配式建筑逐渐成为建筑行业的重要发展趋势。装配式建筑采用构件工厂化生产、现场装配的模式,能够缩短工期、降低能耗、提升质量,契合绿色建筑和可持续发展的要求。在装配式建筑中,电气管线作为建筑功能实现的重要组成部分,其预埋设计与施工质量直接关系到电气系统的安全运行和后期维护。然而,目前在实践中,电气管线预埋仍存在设计标准不统一、工厂生产精度不足、现场安装误差较大等问题,导致后续施工与运维中出现返工与隐患,严重影响整体工程质量。针对这一现状,研究装配式建筑中电气管线预埋的标准化设计与施工误差控制路径具有重要意义。本文将从设计、生产、施工、运维四个环节入手,分析存在的问题,总结标准化设计原则,提出施工误差控制的具

体措施,并探索信息化技术在全过程管理中的应用,以期为行业提供可借鉴的解决方案。

1 装配式建筑中电气管线预埋的标准化设计研究

1.1 标准化设计原则

在装配式建筑中,电气管线预埋属于基础性工作,其合理与否直接决定了后续施工质量与系统运行效果。预埋设计的标准化不仅是为了提高施工效率,更是为了保证建筑功能的完整性和电气系统的安全性。标准化设计的基本要求是实现模块化和统一化,模块化强调电气构件与建筑构件在尺寸和接口上的一致性,使其能够在不同项目中重复利用;统一化则体现在设计规范、技术标准和操作方法的一致性,避免因不同设计团队或施工单位的理解差异导致偏差。通过标准化设计,可以减少沟通成本,使设计成果在构件生产和施工环节得到准确落实,最终实现从设计

到施工再到运维的闭环管理。

1.2 设计参数的精细化

装配式建筑的特点决定了电气管线预埋必须具备更高的精度要求。传统建筑中,现场施工具有一定的灵活性,可以通过人工调整来弥补偏差,而在装配式建筑中,大量构件在工厂预制完成,一旦出现误差,将给后续安装带来严重问题。为了避免这种情况,设计阶段必须对电气参数进行精细化控制,包括管径、间距、出线口位置和预埋深度等。精细化设计的实现需要依托参数化工具,将设计结果以可计算、可调整的形式表达出来。参数化不仅便于设计人员进行修改和优化,还能通过计算机模拟预测施工中的可行性和潜在冲突,使方案更科学、更可靠。

1.3 设计成果的数字化表达

数字化表达是标准化设计的重要组成部分。传统二维图纸存在信息量有限、表达不直观的问题,容易导致施工误解。而 BIM 技术则能够将电气管线信息直观地呈现在三维模型中,实现可视化与可交互。数字化模型不仅包括空间位置关系,还嵌入了参数化数据,如材料属性、规格型号和敷设方式等。设计成果通过数字化平台共享,可以被工厂、施工现场和运维团队同时调用,确保不同阶段的信息一致性。数字化表达还便于设计成果的积累和复用,形成标准化的设计数据库,为后续项目提供参考和借鉴。

2 工厂化生产环节的精度控制

2.1 预制构件加工精度的保障

工厂化生产是装配式建筑的重要特征,也是确保电气管线预埋精度的关键环节。在构件生产过程中,孔洞、管槽及出线口的位置必须与设计一致,否则极易造成安装困难甚至返工。因此,工厂应配备高精度的数控设备,通过自动化加工减少人工误差。同时,建立严格的检测机制,对构件加工精度进行逐一核查,发现问题及时修正。只有保证生产环节的高精度,才能为后续施工环节提供坚实基础。

2.2 材料与工艺标准化

在工厂化生产中,不同批次构件由于材料性能或工艺流程差异可能导致偏差,从而影响电气管线安装的稳定性。为避免这一问题,必须统一选材标准和加工工艺。例如,在导管预埋中,应选用符合国家标准材料,并严格控制加工温度、切割方式和安装角度。通过标准化的材料和工艺,能够保证不同批次构件的一致性和可靠性,从而减少后续安装中的不确定性。

2.3 生产信息化管理

现代装配式建筑生产环节离不开信息化的支持。设计数据应通过信息平台直接传输至生产设备,避免人工录入带来的错误。建立完善的生产数据库,对构件的生产、检验和出厂过程进行全过程记录,使生产过程可追溯。生产信息化不仅能够提升生产效率,还能为施工和运维提供完整的数据链条,实现从设计到生产的无缝衔接。

3 施工阶段的误差控制方法

3.1 安装精度的把控

装配式建筑的施工过程相较于传统建筑更加依赖前期设计和工厂生产,因此在现场安装时必须严格控制精度。为了保证电气管线与构件的准确衔接,施工现场应引入激光测距仪、全站仪等高精度测量设备,实时监控安装位置。施工团队还需建立反馈机制,将实际测量数据与设计模型进行比对,若发现偏差,应立即调整,避免问题积累扩大。安装精度的把控不仅提升了施工质量,也降低了后期返工的风险。

3.2 施工工艺的优化

施工工艺的规范性对误差控制至关重要。装配式建筑电气管线的预埋需要遵循明确的施工流程,包括构件拼装顺序、管线连接方式和接口固定方法等。施工单位应根据设计要求制定详细的操作规范,并在开工前进行工艺样板试验,检验施工工艺的可行性和稳定性。通过严格执行标准化工艺,能够减少操作中的随意性,从而有效降低误差。

3.3 施工现场的质量管理

在装配式建筑电气管线预埋过程中,施工现场的质量管理直接决定了误差控制的成效。为了确保设计方案在实际操作中的准确落实,需要在施工环节中设立严格的质量控制点,对每一道关键工序进行全程监督。例如,在电气管线与预留孔洞的安装和对接中,必须由专业人员进行精确测量与校对,确认与设计模型保持一致后,才能进入下一道工序。这样的把关不仅可以有效避免因安装偏差导致的后续返工,还能确保整体系统的稳定性。通过建立多层次的质量管理体系,将日常检查、专项抽查与最终验收结合起来,可以实现全过程的动态监管。

4 运维阶段的误差修正与管理

4.1 竣工模型的建立与应用

在建筑电气系统的运维阶段,竣工资料的完整与否直接影响着管理工作的效率与质量。若施工过程中形成的数据能够被准确更新至 BIM 模型,就能够建立与实际情况高度一致的竣工模型。该模型不仅清晰呈现电气管线在空间中的具体位置,还记录了施工过程中参数变更和现场调整的详细信息。运维人员在面对设备故障、检修任务或系统改造时,可以直接调取竣工模型进行查询,迅速定位问题,避免因资料缺失或数据偏差而反复查找。完整的竣工模型不仅让运维工作更加科学、直观,还能在时间和人力成本上实现显著节约。通过这种方式,建筑电气系统的运行维护能够更为高效、安全,同时减少因误判或信息不全造成的返工与风险,从而为建筑全生命周期管理提供有力保障。

4.2 定期检测与维护

在电气系统的运维过程中,误差修正是保障设备安全与建筑正常运行的关键环节。定期检测制度的建立能够为这一目标提供有力支撑。借助红外成像技术,可以对电缆

运行温度进行实时监测,及时发现因过载或绝缘老化引起的异常发热现象;利用超声波探测手段,则能够识别出接头松动、局部放电等隐蔽问题,这些隐患往往在肉眼观察中难以察觉,却可能在积累过程中导致严重事故。通过周期性的检测与数据记录,管理人员能够在问题萌芽阶段采取修正措施,将风险控制在最小范围内。定期检测不仅降低了运行过程中的安全隐患,也有效延长了设备的使用寿命,使电气系统保持长期稳定运行。

4.3 信息化运维管理

在电气系统的运维阶段,信息化管理的作用愈发突出。通过建立统一的运维管理平台,可以实现对系统运行数据的实时采集、集中存储与动态更新,从而形成完整的数据链条。长期的数据积累不仅能够展现设备运行的趋势与规律,还为管理者提供了科学的决策依据。依托大数据分析,管理者能够对潜在隐患进行预测,提前制定维护计划,避免突发性故障带来的损失。同时,基于信息化平台的可视化功能,运行状态可以被直观呈现,便于快速定位问题与及时响应。信息化管理的引入,使运维工作从被动的事后处理逐步转向主动的预防性管理,大幅提高了运维效率与系统的可靠性。更为重要的是,平台积累的数据还能为电气系统后续的升级、改造与优化提供详实的参考资料,保障建筑全生命周期的稳定与高效运行。

5 信息化技术在全过程中的应用

5.1 BIM 技术的应用

BIM 技术在电气管线预埋的全生命周期中发挥着核心作用。在设计阶段,借助参数化建模手段,可以精确构建电气管线的三维模型,并附加详细的材料属性、尺寸参数和施工工艺信息,为后续工作奠定坚实基础。在施工阶段,BIM 模型能够进行冲突检测与模拟分析,及时发现电气管线与结构、暖通等其他专业之间的矛盾,有效减少返工。同时,基于 BIM 平台的进度管理功能,可以实现施工计划与实际进展的对比和调整,保障施工过程的有序推进。在运维阶段,完整的竣工模型和数据资料为后期检修与维护提供了直观参考,提升了运维的效率与可靠性。BIM 模型的共享性和可扩展性,使不同专业能够在统一平台上实现信息互通与协同,增强了工程的整体协调性和精度。随着技术的不断演进,BIM 将在电气系统全生命周期管理中展现更大潜力。

5.2 物联网与传感技术

物联网技术的广泛应用为电气系统的实时监测与管理提供了更加高效的解决方案。在施工阶段,布设在现场的传感器能够实时采集并反馈管线的安装位置、角度与状态信息,施工人员借助这些数据可以及时发现误差并进行修正,从而保证施工质量与精度。在运维阶段,传感器能够持续监测电流、电压、温度等关键运行参数,当数据出

现异常时,系统会立即生成预警信息,为故障诊断和应急处理提供科学依据。通过与信息化管理平台的深度结合,物联网技术不仅实现了电气系统的远程监控,还能通过智能算法对数据进行分析与处理,辅助管理人员优化运行策略。这样一来,电气系统的运行状态可以得到全方位、实时性的把控,管理效率显著提升,安全性和可靠性也得到大幅度增强,为建筑运维提供坚实的技术支撑。

5.3 大数据与人工智能

在电气管线预埋管理中,大数据和人工智能的应用正在展现巨大潜力。通过对设计、施工与运维阶段产生的海量数据进行系统化收集与深度分析,可以揭示潜在规律,帮助管理者提前识别可能出现的问题,从而提升决策的科学性与前瞻性。人工智能算法能够基于数据建模,自动优化设计方案,使管线布局更加合理高效;在施工阶段,还能通过风险预测与实时监测,提前预警可能的质量隐患与进度偏差,为施工安全与效率提供保障。在运维环节,人工智能可以结合传感器数据,制定智能化的维护与检修策略,实现预测性维护,避免突发性故障带来的损失。随着数据的不断积累和模型的持续优化,人工智能将在电气系统管理中发挥更加关键的作用,为全过程管理提供智能化支撑,推动建筑行业向高效、安全和绿色方向发展。

6 结论

在装配式建筑的建设过程中,电气管线预埋的标准化设计与施工误差控制具有决定性意义,它不仅关系到电气系统的安全运行,也影响着整体建筑功能的实现。通过建立科学合理的设计规范,能够确保管线路径清晰、接口位置精准,从源头上降低偏差发生的可能性。工厂化生产的高精度加工水平,则为构件质量提供了保障,使现场安装更加顺畅。施工阶段通过优化工艺流程与加强质量管理,可以进一步控制误差累积,减少因偏差导致的返工。与此同时,构建与实际一致的竣工 BIM 模型并结合信息化运维体系,能够实现数据的动态更新与全程追溯,为后期维护和改造提供有力支持。随着物联网、大数据与人工智能等技术的引入,电气管线预埋管理逐渐走向智能化与精细化,为装配式建筑的高质量与可持续发展注入了持久动力。

[参考文献]

- [1]李强.装配式建筑电气设计与施工一体化研究[J].建筑电气,2021(4):56-60.
 - [2]王磊.BIM 技术在装配式建筑电气管线预埋中的应用探析[J].建筑科学,2022(7):88-92.
 - [3]张华.装配式建筑施工误差控制与信息化管理研究[J].建筑施工,2023(3):102-107.
- 作者简介:游扬(1987.4—),男,汉族,毕业学校:河北建筑工程学院,现工作单位:九易庄宸科技(集团)股份有限公司。

浅谈北京市公共建筑装配式建筑政策及评标准

刘海波

中外建华诚工程技术集团有限公司, 北京 100000

[摘要]文中分析了北京市公共建筑装配式政策及其评价体系,通过解读《北京市人民政府办公厅关于进一步发展装配式建筑的实施意见》(京政办发〔2022〕16号)等核心政策文件,分析了装配式建筑实施技术方案和装配率的计算方法。并对新建公共建筑在装配式建筑方面的具体要求进行了阐释。同时,文章结合方案实例,介绍了北京市装配式建筑评价标准,包括装配式技术配置表、标准化设计、装配率计算等。

[关键词]京政办发〔2022〕16号;装配式建筑项实施技术方案;装配率评分表

DOI: 10.33142/ucp.v2i5.17944 中图分类号: TU208 文献标识码: A

Brief Discussion on the Policy and Evaluation Standards for Prefabricated Public Buildings in Beijing

LIU Haibo

HCCI Urban Architectural Planning and Design Co., Ltd., Beijing, 100000, China

Abstract: This article analyzes the policy and evaluation system of prefabricated public buildings in Beijing. By interpreting core policy documents such as the "Implementation Opinions of the General Office of the Beijing Municipal People's Government on Further Developing Prefabricated Buildings" (Jingzhengbanfa [2022] No. 16), the article analyzes the implementation technology scheme and calculation method of assembly rate for prefabricated buildings. And the specific requirements for prefabricated construction in newly built public buildings were explained. At the same time, the article introduces the evaluation standards for prefabricated buildings in Beijing, including the prefabricated technology configuration table, standardized design, and assembly rate calculation, based on practical examples.

Keywords: Jingzhengbanfa [2022] No.16; implementation technical plan for prefabricated building projects; assembly rate rating table

引言

在全球化进程加速与低碳发展目标的双重驱动下,装配式建筑作为新型建筑形式,凭借其高效环保、节能减排等优势,越来越受重视。装配式建筑作为建筑产业现代化的重要载体,已成为推动城乡建设绿色建筑转型的关键路径。近年来,随着劳动力供给不足和建筑行业从追求规模和速度,转向注重品质、效益和可持续性的需求,装配式建筑凭借其自身优势,正为产业变革注入新动能,其应用规模与渗透率双双迈上新台阶,已成为新建建筑中不可或缺的重要组成部分。

北京市作为中国特大型城市的代表,面临资源环境约束趋紧、建筑产业效率亟待提升的挑战,在“双碳”目标引领下,北京市以《北京市民用建筑节能降碳工作方案暨“十四五”时期民用建筑绿色发展规划》为顶层设计,确立了至2025年新建筑装配式建筑占比达55%的明确目标。本文围绕此目标,系统剖析了其背后的政策体系、推进策略及核心的装配式建筑评价方法。

通过详细解读《京政办发〔2022〕16号》等关键政策文件,明确北京市装配式建筑的具体要求,并结合案例探讨装配式建筑评价标准,包括技术方案、技术配置表、

标准化设计、装配率计算以及BIM技术应用等,为装配式建筑项目的实施提供全面而深入的技术指导。

1 北京市装配式建筑发展指引与政策路径

1.1 装配式建筑适用范围与执行标准

本项目装配式建筑的实施范围与标准,严格依据北京市相关政策文件及具体用地条件确定。现将北京市核心政策要求汇总如下表1。

表1 北京市装配式建筑政策

序号	政策	发布时间
1	《北京市人民政府办公厅关于进一步发展装配式建筑的实施意见》(京政办发〔2022〕16号)	2022.04.27
2	《北京市人民政府办公厅关于加快发展装配式建筑的实施意见》(京政办发〔2017〕8号)	2017.03.15
3	《北京市发展装配式建筑2020年工作要点》(京装配联办发〔2020〕2号)	2020.08.18
4	《北京市发展装配式建筑2018—2019年工作要点》(京装配联办发〔2019〕1号)	2019.06.06
5	《北京市发展装配式建筑2017年工作计划》(京装配联办发〔2017〕2号)	2017.05.27

通过详细解读《京政办发〔2022〕16号》政策文件,装配式建筑的实施范围包括:

(1) 新立项的政府投资项目,其地上建筑面积达到3000m²以上的,须采用装配式建筑;若为单体地上建筑面积超过1万m²的新建公共建筑,则须采用钢结构建筑。

新建的地上建筑面积达到2万m²以上的保障性住房项目(含公共租赁住房、共有产权住房和安置房),须采用装配式建筑。

(2) 对于通过土地招拍挂等文件设定前置条件的商品房开发、新建地上建筑面积2万m²以上的公共建筑,以及工业用地上的新建厂房与仓库,均应采用装配式建筑。在上述实施范围内,项目中独立建设的构筑物及配套附属设施(如垃圾房、配电房等)可豁免采用装配式建筑要求。

下图1为政府投资社区服务中心和文体活动中心项目,其中1#社区服务中心总建筑面积大于3000m²,1#社区服务中心采用钢筋混凝土宽框架结构(装配式),2#文体活动中心总建筑面积大于1万平方米因此采用钢结构(装配式),两栋建筑装配率均≥50%。本项目中4#人防出入口建筑面积小于3000m²,且属于配套附属设施,因此可不采用装配式。

1.2 北京市装配式推进措施

北京市装配式建筑的推进措施已形成一套涵盖强制实施、标准制定、产业支撑、监管激励等多维度的政策体系。首先,构建了权责清晰的全过程治理体系,通过优化审批流程与强化质量监督,明确并落实了建设与施工各方的主体责任。同时,颁布覆盖设计、施工到验收的全链条技术标准,为工程质量提供了坚实依据。

北京市为强化其示范引领作用,北京进行了前瞻性的战略布局:一方面,产业基地实现了从设计到开发的关键环节全覆盖,夯实了发展基础;另一方面,创新性地建立了“专家委员会+管理服务平台”的协同机制,突破了项目管理与服务效率的瓶颈。这套组合拳有效凝聚了政府、市场与专业智慧,正持续转化为推动装配式建筑稳步发展

的核心竞争力。

2 装配式建筑等级认定体系

目前北京市所有的装配式建筑项目需要通过技术方案评审,依据《北京市装配式建筑项目实施技术方案》模版要求,需要包含技术方案选型、主体结构、装配率计算,全装修设计技术方案、BIM设计;预制构件的生产运输方案与现场装配施工方案是评审的重点。其核心依据为《装配式建筑评价标准》(DB11/T 1831—2021),该标准为方案的合规性与先进性提供了技术准绳。

2.1 装配式技术配置表

此配置表是实现精准管控的根本遵循,它量化了项目中所有预制构件与产品的规格、材料及工艺标准,从而确保制造与安装的标准化与高效化。如下表2所示,1#社区服务中心和2#文体活动中心项目,为两栋公建精准施策,采用定制化的装配式技术方案,是提升效率、缩短工期与控制成本的最优解。此举在实现经济效益的同时,也为建筑的质量与长效性能提供了坚实保障。

2.2 标准化、模数化、系列化设计

工厂生产的成本与工艺逻辑,倒逼装配式构件必须实现系列化与标准化。为破解多样化需求与有限构件品类之间的矛盾,“少规格、多组合”已成为主导性的设计范式。这套系统方法论,旨在以有限的标准化部品,通过灵活组合来响应丰富的建筑形式诉求。围绕最终建筑产品,以平面标准化、立面标准化、构件标准化、部品标准化的“四大标准化”,同时坚持在标准化与多样化之间寻求动态平衡,以此为基础面向市场提供精准的解决方案。

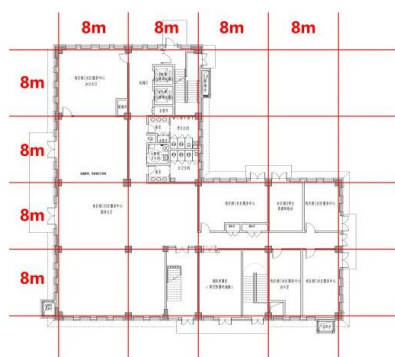
如下图2,本项目充分考虑构配件的标准化、模数化,平面、立面均采用标准化和系列化的设计原则。做到基本单元、基本间、专用功能部位、构配件与部品等的标准化和系列化。



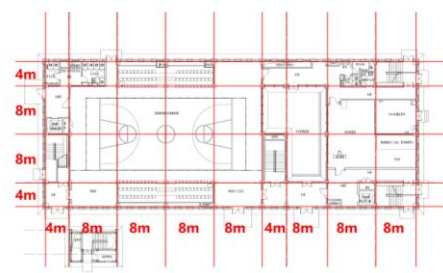
图1 社区服务中心和文体活动中心项目装配式实施范围

表 2 社区服务中心和文体活动中心项目装配式技术配置表

1#社区社区服务中心			2#文体活动中心		
阶段	技术配置项	是否实施	阶段	技术配置项	是否实施
标准化设计	标准化模块多样化组合	是	标准化设计	标准化模块多样化组合	是
	模数协调	是		模数协调	是
工厂化生产 装配化施工	钢筋混凝土预制柱	部分	工厂化生产 装配化施工	钢柱或钢管混凝土柱	是
	预制叠合梁	否		钢梁	是
	预制外挂墙板	否		预制外挂墙板	否
	轻质板材外墙	是		轻质板材外墙	是
	装配式内隔墙板	是		装配式内隔墙板	是
	免模现浇楼板/叠合楼板	否		免模现浇楼板/叠合楼板	是
	预制楼梯	否		预制楼梯/钢楼梯	是
	外墙饰面一体化	否		外墙饰面一体化	否
	整体外墙装配	否		整体外墙装配	否
无外架施工	否	无外架施工	否		
一体化装修	集成厨房	-	一体化装修	集成厨房	-
	集成卫生间	是		集成卫生间	否
	干式地板采暖	否		干式地板采暖	否
	管线、饰面一体化隔墙板	否		管线、饰面一体化隔墙板	否
	装配式内装修	否		装配式内装修	否
信息化管理	BIM 策划与应用	否	信息化管理	BIM 策划与应用	否
绿色建筑	绿色星级标准	二星	绿色建筑	绿色星级标准	二星



1#社区服务中心——平面标准化



2#文体活动中心——平面标准化



1#社区服务中心——立面标准化



2#文体活动中心——立面标准化

图 2 社区服务中心和文体活动中心项目标准化、模数化、系列化设计

2.3 装配率计算

装配率作为评价装配式建筑工业化水平的核心量化指标,是政府进行科学量化管理与精准施策的关键决策依据。

装配率计算总体遵循国家标准《装配式建筑评价标准》GB/T 51129—2017的“装配式建筑评分表 4.0.1”的要求(表 3),全国各省市结合各地装配式技术发展情况及政策,评分表与国家标准稍有不同,如表 4 所示为北京地标

《装配式建筑评价标准》评分表,可以看出“主体结构”“装修和设备管线”许多评分细节有所差异。下表 5 和表 6 为 1#社区服务与 2#文体活动中心建筑的得分计算及装配率计算,其中 Q5 为加分项,当设计、生产、施工全过程应用 BIM 信息化技术应用可得分,绿色建筑评价二星或三星可对应得分。对于北京市建筑,符合标准的评价原则时,可按北京地标《装配式建筑评价标准》执行。

表 3 国家标准《装配式建筑评价标准》GB/T 51129-2017

评价项		评价要求	评价分值	最低分值
主体结构 (50 分)	柱、支撑、承重墙、延性墙板等竖向构件	35% ≤ 比例 ≤ 80%	20~30*	20
	梁、板、楼梯、阳台、空调板等构件	70% ≤ 比例 ≤ 80%	10~20*	
围护墙和内隔墙 (20 分)	非承重围护墙非砌筑	比例 ≥ 80%	5	10
	围护墙与保温、装饰一体化	50% ≤ 比例 ≤ 80%	2~5*	
	内隔墙非砌筑	比例 ≥ 50%	5	
	内隔墙与管线、装修一体化	50% ≤ 比例 ≤ 80%	2~5*	
装修和设备管线 (30 分)	全装修	-	6	6
	干式工法楼面、地面	70% ≤ 比例	6	
	集成厨房	70% ≤ 比例 ≤ 90%	3~6*	
	集成卫生间	70% ≤ 比例 ≤ 90%	3~6*	
	管线分离	50% ≤ 比例 ≤ 70%	2~5*	

表 4 北京地标《装配式建筑评价标准》DB11/T 1831-2021

评价项		评价要求	评价分值	最低分值	
主体结构 Q1 (45 分)	柱、支撑、承重墙、延性墙板等竖向构件	35% ≤ 比例 ≤ 80%	20~30*	15	
	梁、楼板、屋面板、楼梯、阳台、空调板等构件	70% ≤ 比例 ≤ 80%	10~15*		
围护墙和内隔墙 Q2 (20 分)	围护墙非砌筑非现浇	比例 ≥ 60%	5	10	
	围护墙与保温、装饰一体化	50% ≤ 比例 ≤ 80%	2~5*		
	内隔墙非砌筑	比例 ≥ 60%	5		
	内隔墙与管线、装修一体化	50% ≤ 比例 ≤ 80%	2~5*		
装修和设备管线 Q3 (35 分)	全装修	—	5	6	
	公共区域装修采用干式工法	公共建筑	比例 ≥ 70%		3
		居住建筑	比例 ≥ 60%		
	干式工法楼面、地面		70% ≤ 比例 ≤ 90%		3~6*
	集成厨房		70% ≤ 比例 ≤ 90%		3~6*
	集成卫生间		70% ≤ 比例 ≤ 90%		3~6*
	管线分离	电气管线	60% ≤ 比例 ≤ 80%		2~5*
		给(排)水管线	60% ≤ 比例 ≤ 80%		1~2*
供暖管线		70% ≤ 比例 ≤ 100%	1~2*		

表 5 1#社区服务中心建筑装配率评分表

评价项	评价要求	评价分值	最低分值	得分	
主体结构 Q1 (45 分)	柱、支撑、承重墙、延性墙板等竖向构件	35% ≤ 比例 ≤ 80%	20~30*	15	21.33
	梁、楼板、屋面板、楼梯、阳台、空调板等构件	70% ≤ 比例 ≤ 80%	10~15*		0

评价项		评价要求	评价分值	最低分值	得分		
围护墙和内隔墙 Q2 (20分)	围护墙非砌筑非现浇		比例≥60%	5	10	5.00	
	围护墙与保温、装饰一体化		50%≤比例≤80%	2~5*			
	内隔墙非砌筑		比例≥60%	5		5.00	
	内隔墙与管线、装修一体化		50%≤比例≤80%	2~5*			
装修和设备管线 Q3 (35分)	全装修		—	5	6	5.00	
	公共区域装修采用 干式工法	公共建筑	比例≥70%	3			
		居住建筑	比例≥60%				
	干式工法楼面、地面		70%≤比例≤90%	3~6*			
	集成厨房		70%≤比例≤90%	3~6*			缺省
	集成卫生间		70%≤比例≤90%	3~6*			5.55
	管线分离	电气管线	60%≤比例≤80%	2~5*			3.71
		给(排)水管线	60%≤比例≤80%	1~2*			2.00
供暖管线		70%≤比例≤100%	1~2*		2.00		
加分项 Q5 (6分)	信息化技术应用		设计、生产、施工全过程应用	3	—		
	绿色建筑评价星级等级		二星级	2		2.00	
			三星级	3			
总装配率评分 $P=(Q1+Q2+Q3)/(100-Q4) \times 100\%=47.55/ (100-6) \times 100\%$					52.7		
总装配率等级评分 $P=(Q1+Q2+Q3)/(100-Q4) \times 100\%+Q5/100 \times 100\%=47.55/ (100-6) \times 100\%+2/100 \times 100\%$					54.7		

表 6 2#文体活动中心建筑装配率评分表

+							
主体结构 Q1 (45分)	柱、支撑、承重墙、延性墙板等竖向构件		35%≤比例≤80%	20~30*	15	30.00	
	梁、楼板、屋面板、楼梯、阳台、空调板等构件		70%≤比例≤80%	10~15*		15.00	
围护墙和内隔墙 Q2 (20分)	围护墙非砌筑非现浇		比例≥60%	5	10	5.00	
	围护墙与保温、装饰一体化		50%≤比例≤80%	2~5*			
	内隔墙非砌筑		比例≥60%	5		5.00	
	内隔墙与管线、装修一体化		50%≤比例≤80%	2~5*			
装修和设备管线 Q3 (35分)	全装修		—	5	6	5.00	
	公共区域装修采用干式工法	公共建筑	比例≥70%	3			
		居住建筑	比例≥60%				
	干式工法楼面、地面		70%≤比例≤90%	3~6*			
	集成厨房		70%≤比例≤90%	3~6*			缺省
	集成卫生间		70%≤比例≤90%	3~6*			0.00
	管线分离	电气管线	60%≤比例≤80%	2~5*			3.62
		给(排)水管线	60%≤比例≤80%	1~2*			2.00
供暖管线		70%≤比例≤100%	1~2*		2.00		
加分项 Q5 (6分)	信息化技术应用		设计、生产、施工全过程应用	3	—		
	绿色建筑评价星级等级		二星级	2		2.00	
			三星级	3			
总装配率评分 $P=(Q1+Q2+Q3)/(100-Q4) \times 100\%=67/ (100-6) \times 100\%$					71.9		
总装配率等级评分 $P=(Q1+Q2+Q3)/(100-Q4) \times 100\%+Q5/100 \times 100\%=67/ (100-6) \times 100\%+2/100 \times 100\%$					73.9		

3 结论

本文全面研究了北京市公共建筑装配式建筑的政策框架与关键技术。文章首先通过政策解读明确了关键要求,进而结合实例,将评价标准中的技术配置、标准化设计与装配率计算等抽象条款转化为具体实践,旨在弥合政策规定与项目执行之间的鸿沟。为装配式建筑项目的实施提供了全面而深入的技术指导。

总之,北京市装配式建筑政策体系完整、目标明确、措施有力,评价标准科学合理、操作性强。通过政策引导和市场驱动相结合,北京市装配式建筑发展取得了显著成效,为全国其他地区提供了宝贵经验。未来,在技术与政策的协同赋能下,北京市装配式建筑的普及将深度赋能建

筑产业,推动其从传统粗放模式向以高效、低碳、高质量为特征的现代产业体系根本性转变。对建筑产业转型升级、推动城市建设高质量发展方面发挥更加重要的作用。

[参考文献]

- [1]《装配式建筑评价标准》[Z]GB/T 51129-2017.
- [2]北京市《装配式建筑评价标准》[Z](DB11/T1831)-2021.
- [3]《北京市装配式装修板材应用技术导则》[Z]2024.5.
- [4]《装配式建筑项目设计管理办法政策解读》[Z].

作者简介:刘海波,毕业院校:北华大学,所学专业:环境设计, 就 职 单 位: 中 外 建 华 诚 工 程 技 术 集 团 有 限 公 司, 职 务: 建 筑 设 计 师, 职 称 级 别: 助 理 工 程 师。

谈 BIM 技术在建筑给排水设计中的应用研究

张宁

河北建筑设计研究院有限责任公司, 河北 石家庄 050000

[摘要]随着建筑信息模型(BIM)技术在工程领域的广泛普及,其于建筑给排水设计中的应用,已成为提升设计品质与施工效能的关键路径,BIM技术凭借三维可视化、信息集成化与协同设计特性,突破传统二维图纸的表达局限,在优化管线排布、增强设计精准度、规避碰撞冲突及强化施工管控等方面成效显著,文中聚焦BIM技术在建筑给排水设计中的实践应用,深入梳理其实现路径、技术支撑、应用效益,剖析现存难题并提出优化策略,旨在为推动给排水设计向智能化、精细化、协同化方向发展提供理论与技术支持。

[关键词]BIM技术;建筑给排水;三维建模;协同设计;管线综合

DOI: 10.33142/ucp.v2i5.17949

中图分类号: TU82

文献标识码: A

Discussion on Application Research on BIM Technology in Building Water Supply and Drainage Design

ZHANG Ning

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

Abstract: With the widespread popularity of Building Information Modeling (BIM) technology in the engineering field, its application in building water supply and drainage design has become a key path to improve design quality and construction efficiency. BIM technology, with its three-dimensional visualization, information integration, and collaborative design characteristics, breaks through the expression limitations of traditional two-dimensional drawings and has achieved significant results in optimizing pipeline layout, enhancing design accuracy, avoiding collision conflicts, and strengthening construction control. This article focuses on the practical application of BIM technology in building water supply and drainage design, deeply sorts out its implementation path, technical support, and application benefits, analyzes existing problems, and proposes optimization strategies, aiming to provide theoretical and technical support for promoting the development of water supply and drainage design towards intelligence, refinement, and collaboration.

Keywords: BIM technology; building water supply and drainage; 3D modeling; collaborative design; pipeline integration

引言

建筑给排水系统作为保障建筑功能正常运行的核心设施,其设计质量直接影响建筑使用的舒适性与安全性,传统二维设计模式在实际施工中常暴露出管线碰撞、图纸误差、信息流通不畅等问题,导致施工延误与系统运行低效,BIM技术以三维信息模型为载体,整合工程设计、施工及运营阶段数据,为建筑给排水设计构建了精准、直观且协同的工作平台,本文从BIM技术原理出发,结合给排水设计实际需求,系统探讨其在各环节的应用价值,分析实施过程中的技术瓶颈,并展望未来发展趋势,以期工程实践提供参考。

1 BIM技术在给排水设计中的基本作用

1.1 三维可视化建模提升设计效率

传统二维给排水设计图纸存在信息抽象、空间关系表达模糊的弊端,易引发设计理解偏差与施工失误,BIM技术通过三维可视化建模,将复杂的管道网络、阀门组件及设备布局以立体形态呈现,显著增强设计内容的直观性,便于各专业人员高效沟通协作,以某2万m²公共建筑项

目为例,应用BIM技术后,管网布局设计效率提升约30%,设计团队快速完成多系统空间协调,有效避免因空间局促导致的返工问题,此外,三维模型支持虚拟漫游与剖面剖切功能,设计人员可全方位审视局部结构细节,精准定位管道迂回不合理、坡度设置缺陷等潜在问题,大幅提升设计质量与审核效率,降低施工图修改频率。

1.2 信息集成提高设计数据完整性

BIM技术作为多维信息集成平台,突破传统CAD图纸的单一图形表达局限,在给排水设计中实现“模型即数据”的一体化管理,设计过程中,管径、材质、流体参数、设备维护周期等关键信息可精准嵌入模型构件,形成动态化数据载体,以某中型办公楼项目为例,BIM模型集成超1200条管线技术参数及产品型号,施工阶段可直接依据模型数据进行材料采购与安装,避免因信息缺失导致的材料误用或工艺偏差,此外,系统可根据预设规则自动生成材料清单(BOM),结合工程量统计功能提升预算编制精度,减少资源浪费,这种全流程信息贯通模式,确保设计、施工、运维阶段的数据一致性,构建起全生命周期信

息管理链条。

1.3 精准碰撞检测避免施工风险

管线综合设计中的空间冲突是传统二维设计的突出痛点,尤其在地下管廊、设备层等复杂区域,给排水管道与结构构件、电气线路、暖通管道的交叉碰撞易引发施工返工与结构隐患,BIM系统的智能碰撞检测功能可在设计阶段对多专业模型进行全范围扫描,通过几何拓扑分析识别管线与构件的空间干涉,某综合体项目应用实践显示,BIM提前发现并解决178处管线冲突,避免约40h施工延误,节约改造费用8万元,通过可视化冲突报告与设计优化,BIM将施工风险控制节点前移至设计阶段,实现从“事后整改”向“事前预防”的模式转变,显著提升工程进度可控性与结构安全性,综上,BIM技术通过三维建模的直观性、信息集成的完整性、碰撞检测的精准性,推动建筑给排水设计从“图形绘制”向“信息驱动”转型,其核心价值不仅体现在设计效率提升与施工风险降低,更在于构建了贯穿项目全周期的数字化管理基础,为智能建造与运维提供关键支撑,成为现代建筑设计领域技术升级的核心驱动力。

2 BIM在建筑给排水施工阶段的应用实践

2.1 施工图深化设计与模型输出

施工阶段中,设计图纸的精确性与可视化程度直接影响施工效率与工程质量,传统二维图纸在呈现复杂空间关系时存在表达局限,易导致施工人员对管节点构造、走向布局等细节理解偏差,进而引发施工误差与返工问题,BIM技术通过三维模型实现施工图的深度优化与标准化输出,显著增强图纸的现场适用性,在给排水系统设计中,立管间距、管道坡度、设备安装定位等关键参数可在模型中精准设置并直观呈现,大幅降低人为解读错误率,此外,施工图纸由模型自动生成,确保图纸与模型数据的一致性,有效规避图纸修改遗漏风险,提升工程资料管理的规范性,这种“以模生图”的设计模式,显著提升施工组织效率,从源头减少因设计模糊导致的返工成本。

2.2 施工进度管控与资源协同

施工进度管控与资源合理调配是保障工程顺利推进的核心要素,给排水工程因其工序复杂、多专业交叉作业的特性,对施工协同要求更高,BIM技术通过可视化进度模拟与多源数据集成,为施工单位提供科学决策支持,清晰展现任务逻辑关系与资源需求分布,有效避免工序冲突与交叉干扰,实现资源的高效配置,显著提升施工过程的可控性与响应速度。

2.3 工程变更响应与现场问题处理

在建筑项目施工过程中,工程变更与现场突发状况难以完全规避,采用传统管理模式时,信息传递迟缓、处置效率欠佳,极易造成施工停滞与多方协调困境,而BIM技术的应用,为应对此类问题开辟了高效、集成且可视化

的全新路径,其一,BIM模型整合了设计与施工全流程信息,施工方能够借助模型迅速锁定问题点位,调取构件属性数据,精准评估影响范围并验证变更方案的可行性,进而制定精准解决方案,其二,依托BIM平台的多专业协同特性,设计团队、施工人员与项目管理者可实时在线研讨问题,同步参与决策流程,保障各方意见统一,推动方案高效落地,其三,模型自动留存所有变更操作与处理记录,构建起数字化档案库,助力实现项目管理的透明化、可追溯化,有效控制潜在风险,凭借BIM平台在可视化分析、协同决策与信息整合方面的优势,施工现场的问题响应时效与处理效能大幅提升,成功实现从被动补救到主动管控的模式转型,显著强化了项目现场的综合管理水平。

3 BIM支持下的给排水运维管理

3.1 构建运维信息数据库

建筑给排水系统的稳定运行依赖于精细化运维管理,BIM技术为搭建完备的运维信息体系提供了数字化基石,通过将管道材质规格、阀门类型参数、泵站设备型号及检修周期等关键数据深度嵌入BIM模型,实现运维管理与三维模型的有机融合,为运维人员打造全方位数据支撑平台,以某商业综合体项目为例,其BIM模型集成近3000个构件信息,涵盖阀门、消火栓、提升泵等设备的出厂参数、维护指南及技术文档,构建起设备全生命周期管理档案,该数据库完整记录设备从安装调试到更新换代的全过程数据,显著提升运维工作的计划性与系统性,同时,模型内置的快速检索功能支持维修人员精准定位目标设备,大幅缩短现场排查时间,显著提升应急响应效率。

3.2 设施管理与运行状态监控

传统给排水系统运维主要依靠人工巡检与经验判断,难以实现隐患的早期识别与精准处置,BIM技术推动给排水系统运维向实时化、智能化方向升级,通过在关键节点部署流量计、压力传感器、水位监测装置等设备,系统运行数据可实时同步至BIM模型,构建动态化“数字孪生”平台,运维人员通过模型界面即可直观掌握系统各区域运行状态,分析设备性能趋势,及时捕捉异常波动并触发预警机制,例如,当管道压力出现异常下降时,系统自动定位故障点位并推送警报信息,引导维护人员快速开展排查修复,有效降低事故发生概率,在大型医院、智慧园区等场景的实践中,联动运维模式使故障响应时间缩短,系统运行稳定性显著提升,充分验证了该技术在设施监控领域的应用价值。

3.3 维护可视化指导与巡检优化

建筑给排水系统日常维护与巡检流程繁琐、环节众多,极易出现检查疏漏或操作失误,BIM技术凭借三维可视化特性,为运维工作提供直观且精准的指导方案,通过将管网布局、设备定位、维护接口等信息以立体形态呈现,显著提升巡检作业的效率与准确性,维护人员依托BIM

模型,既能快速定位各部件空间位置,明确维修要点,有效规避误操作或非必要拆卸,诸如阀门启闭标识、泵站检修空间规划、排水坡度走向等关键细节,在模型中均得到清晰标注,大幅降低作业风险,保障维护工作的精准性与安全性,此外,BIM平台可依据预设规则,结合建筑使用强度与设备运行状况,优化巡检路线与计划安排。

4 BIM在给排水设计中的挑战与优化对策

4.1 数据标准化不足与信息孤岛问题

在实际工程应用中,BIM技术在给排水设计环节尚未形成统一的数据标准体系,不同软件平台之间的数据格式差异较大,导致模型信息互通性差,影响多专业协同。例如,建筑、结构、电气及暖通系统使用不同的BIM工具,模型在导入或合并过程中易出现属性丢失、坐标偏移等问题,进而影响管线综合与碰撞检测的准确性。此外,部分设计单位仍将BIM视为制图工具,未能充分利用其信息管理与数据共享功能,形成“模型孤岛”现象,制约了项目全生命周期的信息流通与协同效率。

针对以上问题,应加快建立建筑给排水专业的BIM数据标准与编码体系,推广通用数据格式标准,实现多软件平台的模型互操作。同时,通过制定企业级BIM实施规范,明确模型精度与信息输入要求,确保不同阶段的数据连续与准确,推动信息从设计端向施工、运维端高效传递。除此之外,还应建立行业级BIM数据共享平台,实现跨项目、跨单位的信息资源整合与动态更新,促进设计、施工、监理、运维各方的数据互联互通,从而构建统一、标准、智能的建筑信息生态体系,为BIM技术在给排水领域的深化应用提供坚实基础。

4.2 专业人才缺乏影响推广深度

BIM技术的广泛落地亟需复合型专业人才支撑,但当前行业内同时具备建模技能、熟悉设计规范、掌握施工运维流程的专业人员严重不足,形成“技术先进、人才短缺”的发展瓶颈,部分设计人员因对BIM工具操作生疏,缺乏空间建模思维与数据整合能力,导致模型构建质量不稳定,难以充分发挥技术效能,破解人才困境需构建多层次培养体系:高校应将BIM课程纳入工程类专业核心教学计划,夯实理论基础;企业需定期开展技能强化培训,提升岗位实操水平;同时深化产教融合,联合软件企业、施工单位搭建BIM实训平台,通过真实项目实践增强从

业人员对复杂工程场景的应对能力。

4.3 软件兼容性与数据互通问题

BIM应用过程中,各设计阶段及参与方使用的软件平台差异显著,导致数据交互时频繁出现兼容性问题,信息流通受阻,在建筑给排水设计涉及的多专业协同场景下,若缺乏统一的数据标准和接口协议,极易引发模型合并错误、数据丢失或表达失真等状况,解决该问题需从三方面发力:一是推广开放性数据标准,鼓励使用兼容型建模工具打破技术壁垒;二是建立以BIM模型为核心的协同工作机制,明确各方建模规范与数据交付要求,保障信息全周期无缝流转;三是推动软件厂商加强技术合作,开发数据转换插件或中间件,促进跨平台高效协作,通过标准完善、人才培养与技术协同的多维优化,将推动BIM技术在给排水设计领域的深度应用。

5 结语

BIM技术深度赋能建筑给排水设计,在提升设计精度、优化施工管理、革新运维模式等方面成效显著,其三维可视化、信息集成化与协同作业特性,推动行业向智能化、精细化方向转型,然而,标准体系不完善、专业人才短缺及软件数据孤岛等问题仍制约技术发展,未来需通过强化标准建设、完善人才培养生态、促进多平台技术协同,充分释放BIM技术潜力,实现建筑工程全生命周期管理的数字化升级与高效运行。

[参考文献]

- [1]张春提.BIM技术在高层建筑给排水设计中的应用探究[J].建材发展导向,2025,23(9):25-27.
 - [2]王向楠,聂国平,庞新新.基于BIM技术的建筑给排水设计运用探析[J].佛山陶瓷,2025,35(4):158-160.
 - [3]席斌,朱和和,易家松,等.BIM技术在建筑给排水设计中的应用与思考——以浙江农林大学茶文化学院为例[J].给水排水,2025,61(4):103-110.
 - [4]肖倩男.BIM技术在建筑给排水工程设计中的应用[J].石材,2025(3):82-84.
 - [5]张旭,薛紫航,乔建林.基于BIM技术的建筑给排水供热管网协同设计与优化[J].城市开发,2025(3):153-155.
- 作者简介:张宁(1991.1—),男,汉族,毕业学校:河北农业大学,现工作单位:河北建筑设计研究院有限责任公司。

基于太阳能利用的被动式建筑设计策略与节能效果分析

安志杰

九易庄宸科技(集团)股份有限公司, 河北 石家庄 050000

[摘要]在全球能源紧缺与环境问题日益突出的背景下,建筑节能已成为推动可持续发展的重要方向。太阳能作为清洁、可再生能源,在建筑节能设计中具有广泛应用价值。被动式建筑通过合理利用自然采光与自然采暖,结合建筑形体设计、外围护结构优化及空间布局调整,在实现舒适室内环境的同时大幅降低能耗。文中以太阳能利用为核心,探讨被动式建筑的设计策略与节能效果,从建筑朝向、围护结构、自然通风与采光等方面进行深入分析,并结合能耗模拟结果评价节能效果。研究表明,合理的太阳能利用设计可显著降低建筑运行能耗,提高能源利用效率,提升室内热舒适水平,对绿色建筑发展具有重要意义。

[关键词]太阳能利用;被动式建筑;设计策略;节能效果;绿色建筑

DOI: 10.33142/ucp.v2i5.17936

中图分类号: TU83

文献标识码: A

Passive Building Design Strategy and Energy-saving Effect Analysis Based on Solar Energy Utilization

AN Zhijie

Jiuyi Zhuangchen Technology (Group) Co., Ltd., Shijiazhuang, Hebei, 050000, China

Abstract: Against the backdrop of global energy scarcity and increasingly prominent environmental issues, building energy efficiency has become an important direction for promoting sustainable development. Solar energy, as a clean and renewable energy source, has a wide range of application value in building energy-saving design. Passive buildings achieve a comfortable indoor environment while significantly reducing energy consumption through the rational use of natural lighting and heating, combined with architectural form design, optimization of peripheral structures, and adjustment of spatial layout. The article focuses on the utilization of solar energy and explores the design strategies and energy-saving effects of passive buildings. It conducts in-depth analysis from the aspects of building orientation, enclosure structure, natural ventilation and lighting, and evaluates the energy-saving effects based on energy consumption simulation results. Research has shown that reasonable solar energy utilization design can significantly reduce building operating energy consumption, improve energy utilization efficiency, and enhance indoor thermal comfort levels, which is of great significance for the development of green buildings.

Keywords: solar energy utilization; passive buildings; design strategy; energy-saving effect; green building

引言

建筑能耗在社会总能耗中占据较大比例,是能源消耗与碳排放的重要来源。在“双碳”目标提出之后,建筑行业面临更高的节能减排要求,如何通过建筑设计阶段的优化来实现低能耗运行成为研究重点。被动式建筑作为一种强调利用自然能源、减少机械设备依赖的设计理念,在提升建筑能源效率方面展现出独特优势。尤其是太阳能资源的开发利用,能够通过采光、采暖和热环境调节显著降低运行能耗。然而,我国在被动式建筑实践中仍存在设计理念不足、策略应用不系统、节能效果评估不全面等问题。基于此,本文从太阳能利用的角度出发,系统探讨被动式建筑的设计路径,总结影响节能效果的关键因素,并通过对比分析提出优化建议,旨在为未来绿色建筑设计与推广提供参考。

1 被动式建筑与太阳能利用的理论基础

1.1 被动式建筑的内涵与特征

被动式建筑是一种以自然能源为依托的节能型建筑

理念,其核心思想在于通过合理的建筑设计与构造措施,减少对机械设备的依赖,以实现室内环境的舒适与节能目标。其特征主要体现在三个方面:一是强调建筑与自然环境的互动关系,利用气候、光照、风向等自然条件调节室内温度与湿度;二是注重热工性能的优化,通过保温、隔热、蓄热等方式保持室内热环境稳定;三是倡导系统化与整体性,要求建筑形体、空间布局、材料选择等环节紧密结合,从而在全生命周期内实现节能减排。与传统依赖空调、采暖设备的方式不同,被动式建筑通过设计的前置性与整体性,使建筑本身成为“节能装置”。

1.2 太阳能在建筑设计中的作用

太阳能作为一种取之不尽、用之不竭的清洁能源,其在建筑中的作用主要表现为两方面。第一是光能的利用,即通过窗户、天窗、采光带等结构实现自然照明,减少电力照明的需求;第二是热能的利用,即通过建筑朝向、玻璃幕墙、墙体蓄热等方式实现被动采暖与热环境调节。太阳能的应用不仅直接降低能耗,还能改善室内环境质

量,使建筑更具生态性与可持续性。从设计角度看,太阳能利用贯穿建筑全生命周期,从规划阶段的朝向确定,到施工阶段的结构优化,再到运行阶段的节能管理,均需综合考虑。

1.3 被动式建筑与节能的关系

被动式建筑通过太阳能利用,在节能方面具有显著优势。一方面,冬季通过合理的采光设计与热量蓄积,能够减少采暖能源的消耗;另一方面,夏季通过遮阳、通风和隔热措施,降低了制冷需求。研究表明,被动式建筑在综合利用太阳能后,建筑能耗可降低30%~50%,其节能效果不仅体现在能源消耗的减少,还体现在运行成本的下降与环境效益的提升。由此可见,太阳能利用是实现被动式建筑节能目标的核心路径。

2 基于太阳能利用的设计策略

2.1 建筑朝向与体形优化

建筑朝向是太阳能利用的首要因素。合理的朝向设计能够最大限度地获取有利的太阳辐射。例如,南向布置可以在冬季吸收更多太阳热量,而在夏季通过遮阳装置减少过度辐射,从而在冷热之间实现平衡。建筑体形的紧凑性同样重要,体形系数过大会增加散热面积,不利于能量保持。紧凑而规则的体形不仅减少热损失,还能提升结构稳定性。通过体形与朝向的综合优化,建筑能够更高效地利用太阳能,实现全年能耗的整体降低。

2.2 外围护结构设计

外围护结构是建筑与外部环境之间的主要能量交换界面,其设计水平直接决定建筑的节能性能。高性能墙体采用复合材料结构,能够兼顾保温与透气性,有助于调节室内热环境。屋面则需在隔热与防水之间找到平衡点,以减少夏季热负荷。门窗设计是重点,合理的窗墙比能够既保证自然采光,又避免过度能量损失。双层甚至三层中空玻璃窗,可以有效提升保温性能,降低冬季热量散失。遮阳措施的设置也是不可或缺的,如遮阳板、百叶窗等,都能根据季节与角度调节太阳辐射的进入量,实现被动式的热环境调节。

2.3 自然通风与采光策略

自然通风设计通过合理布置开窗位置、通风口大小与高度差,形成空气流动路径,从而改善室内空气品质并降低冷负荷。在高温季节,自然通风能有效替代机械制冷,节省能源消耗。自然采光设计则更强调光环境质量,避免局部过亮或过暗带来的不舒适感。通过天井、中庭、采光井等设计手法,可以将光线引入深层空间,使光照分布更均匀。自然通风与采光的有机结合,不仅减少能耗,还能提升室内舒适度,增强建筑空间的健康性。

3 被动式建筑节能效果的分析方法

3.1 能耗模拟技术

在建筑设计阶段,能耗模拟是检验节能效果的重要手

段。通过能耗模拟软件,可以对不同气候条件下建筑的采暖负荷、制冷负荷、照明能耗等进行动态分析。模拟过程不仅涵盖设计方案的比较,还能对未来运行阶段的能耗水平进行预测。利用能耗模拟,设计人员可以提前识别设计缺陷,优化方案,提升节能效果的可控性与科学性。

3.2 节能效果的评价指标

建筑节能效果的检验离不开科学的定量指标。能耗密度作为最直观的衡量标准,能够反映出单位建筑面积在日常运行中所消耗的能源水平,为不同建筑间的横向对比提供了可操作的依据。节能率则通过基准建筑与改进建筑的能耗差异进行计算,可以直观体现设计策略所带来的节能成效,从而为优化方案提供量化支撑。与此同时,二氧化碳减排量作为重要的环境效益指标,能够揭示节能设计在推动绿色低碳发展方面的积极作用。通过多指标结合的综合评价,不仅能够呈现单一设计措施的效果,还能从经济性、环保性与可持续性等多个角度全面反映节能设计的价值。这种综合化的评价方式,为建筑节能成果的推广提供了坚实的数据支撑和理论依据,也为未来政策制定和行业标准完善提供了参考方向。

3.3 对比分析方法

在被动式建筑研究与实践中,不同设计方案的对比分析具有重要意义。通过模拟与实测手段,可以直观呈现各类设计策略在太阳能利用方面的差异。例如,在同一气候条件下,适当调整窗墙比不仅会改变室内采光效果,还会直接影响冬季的蓄热能力与夏季的降温需求;增设遮阳设施能够在高温季节有效降低室内热量积聚,减少空调使用频率;调整建筑体形系数则能够改善能量交换效率,从而在整体上降低能耗水平。这种多方案对比的过程,不仅能够量化不同设计因素对节能效果的贡献,还能帮助设计者总结出适用于各类气候区的优化策略。通过数据化与模型化的分析,建筑师能够在设计初期就做出更科学的决策,为被动式建筑的推广和普及提供有力的理论与实践支撑。

4 节能效果的影响因素

4.1 气候条件差异

气候条件在建筑节能设计中具有决定性作用,是确保建筑能够实现低能耗运行的重要前提。在寒冷地区,太阳辐射量有限,冬季日照时数短且太阳高度角低,建筑设计需要尽可能利用南向大面积窗户来增加采光和蓄热,同时加强外围护结构的保温与密封性能,以减少室内热量流失。相较之下,炎热地区则面临高温与强烈辐射的挑战,建筑需要通过外遮阳装置、绿化隔热层以及自然通风设计来有效降低热量积聚,避免室内温度过高造成空调负担。温和气候带的建筑则更注重平衡,设计策略通常集中在自然采光与自然通风的综合利用,以减少人工能源的依赖。由此可见,不同气候条件下节能设计的侧重点存在明显差异,只有坚持因地制宜,根据地域环境特征灵活调整策略,才

能在保证舒适性的同时最大化节能效果。

4.2 建筑功能与使用特征

建筑功能是决定节能设计方向与策略的核心因素,不同类型的建筑在使用需求和运行规律上存在显著差异。住宅建筑强调舒适性,尤其是夜间的温度控制与能耗降低,因此设计中往往更注重隔热保温、自然通风和夜间能量调节,以确保居住环境的稳定与宜居。而办公楼、学校等公共建筑则以白天使用为主,对采光与空气流通的要求更高,因此在设计中需要优化窗墙比、加强自然采光利用,并通过合理布局提升室内空气流动效率。建筑功能的多样性决定了节能策略不能一刀切,如果盲目采用单一模式,往往会导致资源浪费或舒适度不足。通过深入分析不同建筑的功能特征,结合使用规律制定差异化的节能设计方案,才能使节能效果真正落地,并在满足功能需求的同时实现绿色低碳目标。

4.3 用户行为与管理水平

被动式建筑的节能效果不仅依赖于设计与技术本身,还与使用者的日常行为和管理水平密切相关。即使建筑具备先进的节能设计,如果居住者频繁开启空调、忽视自然通风或不合理使用遮阳设备,其节能潜力也难以得到充分发挥。管理层面的作用同样不可忽视,科学的能源管理不仅需要实时监测运行数据,还需要通过对设备的合理调控和能源分配,实现系统整体的高效运转。通过建立完善的运行维护机制,可以及时发现能耗异常并进行调整,从而避免能源浪费。用户在日常生活中的节能意识与管理者在运营层面的精细化措施相结合,才能真正将设计阶段的节能理念转化为实际运行成果。这种双重保障既提升了建筑运行效率,也为绿色低碳目标的实现奠定了坚实基础。

5 未来发展与优化方向

5.1 与新兴技术的融合

未来被动式建筑的发展方向将更加智能化和信息化,新兴技术的深度融合为其带来了广阔前景。物联网、大数据与人工智能的应用,使建筑能耗管理从静态走向动态,从人工调节转向智能优化。通过传感器系统,建筑能够实时采集室内外温度、湿度、光照强度以及空气质量等数据,并将这些信息传输至智能分析平台。人工智能算法在分析数据后,可以自动制定最优运行策略,如合理控制开窗时间、调节遮阳设备角度和优化自然通风路径,从而实现室内环境的动态平衡。大数据的长期积累还能帮助管理者预测能耗趋势,形成更加科学的能源管理模型,提升建筑整体效率。

5.2 政策与标准的支持

在推动被动式建筑发展的过程中,健全的政策与标准体系发挥着制度保障的核心作用。通过建立科学合理的法

规和规范,政府能够为行业发展指明方向,并为设计与施工提供明确的操作依据。强制性标准的制定,使建筑能耗控制、节能指标和绿色建筑评价体系有了具体的量化要求,促使建筑企业在设计和建设过程中必须将节能与环保理念落到实处。与此同时,激励性政策的出台,如财政补贴、税收优惠和绿色信贷支持,则有效降低了企业在前期投入上的压力,为推广应用提供了坚实的经济保障。在这些制度推动下,太阳能利用和其他节能技术将逐渐成为建筑设计中的常态化选择,促使行业形成良性循环。

5.3 推广与普及的路径

当前,被动式建筑在我国的发展仍以探索和示范为主,尚未形成普及性的应用格局。要推动其逐步走向大规模推广,需要在政策、行业和社会层面形成合力。政策支持是关键,通过财政补贴、税收优惠以及金融扶持等措施,可以有效降低项目的前期投入成本,激发企业和开发商的建设热情。行业培训也是重要环节,相关部门应组织专业培训和交流,提升设计师、施工人员和管理人员对被动式建筑理念与技术的理解和掌握,从而保障项目的实施质量。同时,公众认知度的提升是推广的基础。通过多种渠道进行宣传教育,让更多人了解被动式建筑在节能、环保和生活舒适度方面的优势,能够逐渐改变社会认知和消费偏好。

6 结论

基于太阳能利用的被动式建筑设计,是实现绿色建筑与低碳发展的关键路径。这种设计理念不仅能够在建筑全生命周期内显著降低能耗,还能通过改善室内环境质量,为居住者提供更加舒适、健康的生活体验。在具体实践中,建筑师通过优化建筑朝向、合理布置开窗、提升外围护结构的隔热与保温性能,以及充分利用自然通风与采光,能够有效减少对人工照明、空调和供暖的依赖,从而降低对化石能源的消耗。被动式建筑的推广对于缓解能源危机、减少碳排放和推动环境保护具有重要意义。未来,随着智能化技术的不断进步,太阳能利用与智能监控、自动调节系统的深度融合将进一步提升其运行效率。

[参考文献]

- [1]张伟.被动式建筑设计中太阳能利用策略探讨[J].建筑科学,2021(6):45-50.
- [2]李娜.基于 BIM 的绿色建筑节能设计与评价方法研究[J].建筑节能,2022(4):72-78.
- [3]王磊.被动式建筑在我国不同气候区的应用与节能效果分析[J].建筑技术,2023(3):88-94.

作者简介:安志杰(1998.9—),男,汉族,毕业学校:燕山大学,现工作单位:九易庄宸科技(集团)股份有限公司。

传统院落空间布局在现代民宿设计中的传承与应用研究

卓靖 贾志杰

中联合盛科技有限公司, 河北 石家庄 050000

[摘要]随着城市化的加速与文化旅游业的兴起, 民宿作为一种兼具文化体验与生活美学的住宿形态, 正逐渐成为展示地域文化的重要载体。中国传统院落以其独特的空间组织、建筑形态与人文内涵, 展现了东方建筑哲学与生活智慧。将传统院落的空间布局理念融入现代民宿设计, 不仅能够延续地方建筑文化脉络, 也为现代建筑提供了可持续发展的设计思路。文中通过对传统院落空间特征与文化内涵的分析, 探讨其在现代民宿设计中的继承与创新方式, 从空间形态、功能转换、材料运用与文化表达等方面提出应用策略。研究表明, 传统院落的空间层次性、内向性及自然融合特征, 对提升民宿空间品质、塑造地域文化特色具有重要价值。通过科学的空间重组与文化再创造, 传统院落精神可在现代民宿中得到延续与再生, 为当代建筑设计提供人文与生态的双重启示。

[关键词]传统院落; 空间布局; 现代民宿; 建筑文化传承; 地域性设计

DOI: 10.33142/ucp.v2i5.17934

中图分类号: TU201

文献标识码: A

Research on the Inheritance and Application of Traditional Courtyard Space Layout in Modern Homestay Design

ZHUO Jing, JIA Zhijie

Zhonglian Hesheng Technology Co., Ltd., Shijiazhuang, Hebei, 050000, China

Abstract: With the acceleration of urbanization and the rise of cultural tourism, homestays, as a form of accommodation that combines cultural experience and aesthetic living, are gradually becoming an important carrier for showcasing regional culture. Traditional Chinese courtyards, with their unique spatial organization, architectural form, and humanistic connotations, showcase Eastern architectural philosophy and life wisdom. Integrating the spatial layout concept of traditional courtyards into modern homestay design not only continues the cultural context of local architecture, but also provides sustainable design ideas for modern architecture. Through the analysis of the spatial characteristics and cultural connotations of traditional courtyards, this article explores their inheritance and innovation in modern homestay design, and proposes application strategies from the aspects of spatial form, functional transformation, material use, and cultural expression. Research has shown that the spatial hierarchy, introversion, and natural integration characteristics of traditional courtyards have important value in improving the quality of homestay space and shaping regional cultural characteristics. Through scientific spatial reorganization and cultural recreation, the traditional courtyard spirit can be continued and regenerated in modern homestay, providing dual inspiration for humanistic and ecological aspects in contemporary architectural design.

Keywords: traditional courtyard; spatial layout; modern homestay; inheritance of architectural culture; regional design

引言

在现代社会背景下, 快速城市化进程与消费文化转型推动了人们对精神归属与文化认同的重新思考。民宿建筑作为融合“生活体验与文化感知”的新型居住空间, 逐渐成为传播地方文化与体验自然生活的重要媒介。与酒店相比, 民宿设计更加注重空间的情感营造与文化表达。而在我国传统建筑体系中, 院落建筑以其封闭而有序的空间布局、人与自然共生的理念, 成为东方建筑精神的重要体现。传统院落的空间设计强调“天人合一”“内外有别”“虚实相生”的哲学思想, 其布局逻辑、空间尺度与环境协调具有深厚的文化根基。将这一设计智慧融入现代民宿, 不仅能够提升空间体验的文化深度, 还能强化建筑与地域环境的融合。然而, 目前部分民宿在实践中仍存在“形式复古

而神韵缺失”的现象, 对院落空间布局的理解停留在表面形态, 缺乏对其文化精神与生态逻辑的深入挖掘。本文旨在从空间结构、文化内涵与设计方法三个维度, 探讨传统院落空间布局在现代民宿设计中的传承与创新路径, 期为当代民宿建筑的文化重塑与空间优化提供理论参考。

1 传统院落空间布局的特征与文化内涵

1.1 传统院落的空间层次与组织逻辑

中国传统院落建筑的空间布局以“轴线明确、层次分明”为显著特征。无论是北方四合院, 还是南方天井式住宅, 院落都强调从外至内的空间递进关系, 体现出等级秩序与生活节奏的统一。院落通常由门庭、前院、正厅、内院和后院组成, 形成内外有别、动静分区的空间体系。中轴线上的建筑承担主要的礼仪与居住功能, 而两侧的厢房

则起辅助作用。这种空间布局体现出“尊卑有序”的儒家思想，同时也保证了家庭生活的私密性与功能合理性。

1.2 围合与开放的空间哲学

传统院落建筑强调“以院为核”，通过围墙、回廊与屋舍形成围合空间。院落的围合不仅具有防护功能，更体现了中国人追求内向宁静、安居自得的生活理想。与此同时，院落中心常以天井或庭园为空间焦点，使光、风、雨得以进入，形成动态的自然交流。这种“外封内透”的空间哲学，体现了“虚实结合”的东方美学思想，也为现代民宿设计提供了关于空间尺度与心理舒适的参考。

1.3 文化象征与精神意境

传统院落不仅是一种居住形态，更是文化与精神的表达。院落的布局体现了中国人对自然秩序、家族伦理与社会等级的理解。门楼象征尊贵，影壁体现内敛，天井寓意天地沟通，花窗与回廊则表达“景中有景”的诗意追求。这些象征性空间元素构成了传统建筑的文化意象，其内涵超越了物质形态，代表着人与自然、人与社会和谐共处的精神追求。

2 现代民宿设计的特征与发展趋势

2.1 从功能住宿到文化体验的转变

现代民宿已不仅是简单的住宿空间，而是集休闲、社交、文化展示与生态体验于一体的综合性场所。其设计重心从满足“居住功能”转向创造“情感体验”。民宿空间的布局需要传递温度与记忆，使居住者在空间中感受地方文化与人文情怀。

2.2 多元功能与空间共享的需求

随着社会生活方式的转变，现代民宿需要兼顾私密与开放、静态与动态的多重功能。公共空间如餐厅、休息区、庭院成为交流与活动的重要场所。这种多功能共享空间的理念，与传统院落中“动静结合、内外分区”的空间组织存在天然契合，为院落布局的再应用提供了可能性。

2.3 可持续与生态化设计理念

现代建筑设计日益强调节能环保与生态可持续性，而传统院落建筑“因地制宜、就势而建”的做法本身就是可持续思想的体现。传统院落利用围合空间实现微气候调节，通过天井采光、自然通风与绿化降温，形成良好的生态循环系统。这为现代民宿在节能与舒适性方面提供了重要借鉴。

2 传统院落空间布局在现代民宿设计中的传承价值

2.1 空间层次与动线组织的启发

传统院落的空间层次设计为现代民宿提供了科学的动线组织方式。院落式民宿可通过主次空间的分区，形成主院、侧院、私密庭院等多重层次，使住客在行走中体验空间的变化与节奏。通过“虚实结合”的空间布置，既保证视觉通透，又维持居住私密性。

2.2 地域文化传承与设计认同

传统院落建筑承载着深厚的地域文化特征，不同的气候条件与地理环境塑造了各具特色的建筑语言。北方院落以厚重的围墙与紧凑的布局抵御寒风，南方则以通透的廊道与开敞的天井适应湿热气候。这些因地制宜的设计体现出古人对自然的深刻理解与生活智慧。现代民宿在吸收传统院落的空间精神时，应将这些地域性元素融入当代设计语境，通过比例、尺度与材质的再诠释，形成独特的文化符号。例如在建筑形态中延续传统庭院的空间比例，保留屋顶的坡度与围合感，使居住者在现代舒适功能中依然感受到“地方记忆”的温度。地域文化的融入不仅赋予建筑鲜明的识别度，也使民宿成为展示地方文化魅力的重要载体，在延续传统的同时实现文化的创新与再生。

2.3 精神意境与人文体验的延续

传统院落以“静谧之美”和“序列之感”著称，其空间节奏与氛围营造成为现代民宿设计的重要灵感来源。通过对光影、声音与视觉的精心控制，可以在现代空间中重塑院落的宁静气质。自然光线在墙面与地面间流动，随着时间推移呈现出柔和的层次变化，使空间富有生命感。声景设计通过水声、风声与植物的轻响构建出安静而富有韵律的听觉环境，让人身心放松。视线引导则借助廊道、窗框与景窗的布置，形成步移景异的体验，使人于行走间感受空间的深度与秩序。这样的设计不仅营造出内敛而有张力的环境氛围，也回应了现代人对自然与内心平衡的精神诉求。通过延续传统院落的空间哲学，民宿不再只是居住场所，而成为人们寻求宁静与自我对话的心灵栖居地。

3 传统院落空间布局的现代创新路径

3.1 空间功能的重构与融合

现代民宿设计在传承传统院落的空间结构时，应注重功能的再组合与空间体验的更新。传统院落中的“厅、院、廊”格局蕴含明确的秩序与人文意境，这一结构可通过现代设计理念转化为“接待区、休闲区、住宿区”等功能单元。接待区承担迎宾与交流的作用，延续“厅”的开放氛围；休闲区可置于院落中心，以庭院景观为核心，形成可观、可游、可憩的共享空间；住宿区则围绕庭院布置，营造安静舒适的私密环境。空间层次的延续使建筑保持传统院落的节奏感与韵律感，而功能布局的优化又满足了现代居住需求。通过开放式设计与透明界面的运用，围合空间在视觉上获得延展，室内外界限被柔化，形成更具互动性的生活场景。这样的空间再构不仅传承了院落文化的精神内核，也让传统建筑焕发出符合当代生活方式的生命力。

3.2 材料与结构的当代表达

传统院落多以木、石、砖为主要建筑材料，这些材料的质感与色泽承载着岁月的痕迹，使空间充满温度与历史感。现代民宿在传承这一特征时，应在材料使用上进行创新与再创造。再生木材经过特殊处理后，既保留自然纹理，

又具备更好的防潮、防虫性能；仿古砖在工艺上实现传统视觉效果的同时，提升了耐磨与保温性能；透气性混凝土的应用让墙体能够“呼吸”，改善室内湿度与空气质量。这些新型材料既符合现代建筑的安全与环保标准，也延续了传统院落的审美韵味。设计师在使用过程中可结合现代工艺，将传统材料的手工质感与现代结构的精确性相融合，使空间呈现出古朴与现代并存的美学格调。这样的设计不仅是对传统建筑语言的延续，更是对可持续建造理念的实践，使民宿在文化与时代之间找到平衡。

3.3 景观融合与生态重塑

传统院落的设计核心在于人与自然的共生关系，其空间布局蕴含“借景入室”“景中有情”的理念，通过自然景观与建筑空间的融合，营造出富有生命力的居住氛围。现代民宿在继承这一思想时，可通过庭院绿化、水景布局与自然光线的引入，打造与自然相互渗透的休闲环境。绿植为空间注入季节变化的生机，水体的流动带来视觉与听觉上的宁静体验，自然光线的变化则赋予建筑时间的韵律感。建筑、植物与水景共同构成一个小型生态系统，使空气湿度与温度得到调节，提升整体舒适度。通过合理的空间尺度与景观组织，居住者能够在庭院中感受到自然的呼吸与时间的流动。这样的设计让民宿不只是住宿空间，更成为人与自然情感交流的载体，展现出东方建筑文化中追求天人合一的诗意境界。

4 传统院落空间布局的当代表达与发展方向

4.1 文化遗产与创新设计的平衡

现代民宿在借鉴传统院落设计时，应以文化遗产与空间创新为核心，而非单纯追求形式上的“复古”或表层的“装饰化”效果。传统院落的魅力在于其蕴含的生活哲学与空间秩序，体现出人与自然、人与社会的和谐关系。现代设计应从这种精神中提炼核心价值，通过材料、光影、比例与空间节奏的重组，重新诠释传统建筑的韵律与意境。院落中的围合、廊道与庭院可借助现代结构与工艺实现轻盈化表达，使居住空间既保留文化气息，又契合当代人的生活方式。设计师可运用现代语言将传统符号转化为新的空间体验，让古典美学融入现代生活场景。这样的设计不仅延续了地域文化的精神脉络，也使传统建筑在新的社会语境中焕发生命力，成为连接过去与未来的文化桥梁。

4.2 地域性设计与多样化表达

不同地域的传统院落建筑形制与空间组织上，体现出对自然环境与文化习俗的深刻回应。北方地区气候寒冷干燥，民宿设计可延续传统院落的围合格局，通过厚墙体、内向式布局和较小窗洞增强保温性能，营造安稳宁静的空间氛围。南方地区气候湿润炎热，院落应注重通风采光，可采用天井、回廊与格栅等设计手法，让空气自然流动，

形成舒适的微气候。民宿建筑还应融入当地的材料与工艺，如青砖、竹木、夯土等，使建筑语言与环境相协调。设计理念需从地域文化中汲取灵感，将地方艺术、民俗元素和生活方式融入空间细节，让居住体验与文化认同相互交织。通过这种在地化设计，传统院落民宿不仅成为旅居场所，更成为连接自然、文化与情感的载体，展现地域建筑的独特精神。

4.3 文化运营与社会效益的拓展

传统院落民宿不仅是一种建筑空间的重构，更是一种文化载体与社会交流的平台。院落空间承载着地域历史、生活方式与审美观念的积淀，其复兴应超越形式复原，重在文化内涵的重塑。通过举办地方民俗展览、传统手工艺体验、非遗技艺展示和艺术交流活动，民宿能够让旅客在住宿过程中深入感受地方文化的温度与韵味。院落的空间布局也可结合互动性设计，营造居民与游客共享的文化场域，使其成为“可居、可游、可学、可感”的多功能文化空间。在这种融合之下，传统建筑不再是静态的展示对象，而成为活态文化传播的重要媒介。

5 结论

传统院落空间布局作为中国建筑文化的重要组成部分，凝聚了深厚的哲学思想与生活智慧。其空间层次、自然融合与人文内涵，为现代民宿设计提供了丰富的灵感来源。研究显示，传统院落的空间秩序、动静分区、光风调节以及人与自然关系的处理上具有高度成熟的经验，对当代居住环境塑造具有重要借鉴意义。本文研究表明，将传统院落的空间组织逻辑与文化意象合理融入民宿设计，不仅能强化空间体验与文化认同，还能提升建筑的生态适应性、地域表达性与社会价值，使民宿从单纯的住宿功能转向承载文化体验的生活场所。未来，现代民宿应在“传统与现代”“文化与生活”之间寻求平衡，通过创新设计语言实现传统建筑文化的当代表达，使院落精神在新时代背景下焕发新的生命力，并构建更加富有情感温度与文化深度的居住体验。

[参考文献]

- [1]刘建国,王晓慧.传统院落建筑空间形态与现代民宿设计融合研究[J].建筑与文化,2022(5):76-82.
- [2]李娜,陈永强.民宿建筑中地域文化元素的传承与创新[J].建筑艺术,2023(3):61-67.
- [3]周峰,赵倩.传统院落空间布局在现代建筑设计中的再生应用[J].建筑学报,2021(8):89-95.

作者简介：卓靖（2001.1—），女，汉族，毕业学校：河北工程大学，现工作单位：中联合盛科技有限公司；贾志杰，（1998.9—），男，汉族，毕业学校：河北工程技术学院，现工作单位：中联合盛科技有限公司。

高校校园景观施工图中文化地标与慢行系统的衔接设计

康紫薇

河北建筑设计研究院有限责任公司, 河北 石家庄 050000

[摘要]伴随着高校校园建设不断向前发展,校园景观设计在增强师生体验以及彰显校园文化方面所起到的作用变得日益重要起来。就当下情况来看,大多数高校的慢行系统往往是以通行作为主要功能,然而其路径在连贯性以及舒适性这两个层面上都存在着一一定的欠缺情况。虽说文化地标具备象征意义上的内涵,可是它和慢行系统之间的衔接做得并不够到位,这就在一定程度上对整体景观效果产生了不利的影响。与此施工图在节点设计方面、材料说明环节以及施工衔接事项上同样存在诸多不足之处,进而使得设计意图很难得以全面且充分地实现。所以,针对文化地标与慢行系统的衔接设计展开相关研究,这对于提高校园空间的品质以及优化步行体验而言,无疑有着极为重要的价值所在。

[关键词]高校校园;景观施工图;文化地标;慢行系统;衔接设计

DOI: 10.33142/ucp.v2i5.17937

中图分类号: U491

文献标识码: A

The Connection Design between Cultural Landmarks and Slow-moving Systems in the Construction Drawings of University Campus Landscapes

KANG Ziwei

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

Abstract: With the continuous development of university campus construction, the role of campus landscape design in enhancing the experience of teachers and students and highlighting campus culture has become increasingly important. From the current situation, most universities' slow traffic systems often focus on traffic as their main function, but their paths have certain shortcomings in terms of coherence and comfort. Although cultural landmarks have symbolic significance, the connection between them and the slow-moving system is not well done, which to some extent has a negative impact on the overall landscape effect. There are also many shortcomings in the node design, material specification, and construction connection matters of this construction drawing, which makes it difficult to fully and comprehensively implement the design intent. Therefore, conducting relevant research on the connection design between cultural landmarks and slow traffic systems undoubtedly has significant value in improving the quality of campus space and optimizing the walking experience.

Keywords: university campus; landscape construction drawings; cultural landmarks; slow moving system; connection design

引言

高校校园是开展教育教学活动的重要场地,同时也是进行文化交流以及体验校园生活的综合性空间,其景观设计对于塑造校园形象、提高师生体验感以及传递校园文化等方面有着极为重要的作用。随着高校建设规模变得越来越大,校园功能也日益呈现出多样化的态势,在这样的情况下,怎样在校园空间里科学地去布局慢行系统,合理地设置文化地标节点,并且达成这两者之间的有机衔接,这已然成为了提升校园景观品质以及空间利用效率的关键所在。慢行系统属于校园内部的步行网络,它一方面担负着师生日常通行的功能,另一方面凭借路线的连贯性、节点的空间组织以及对景观体验的优化,会对校园的空间秩序与文化氛围产生影响。文化地标作为校园的象征性景观元素,其不光承载着历史文化、教育理念以及校园特色,而且会在空间当中形成视觉焦点以及情感认同点。所以说,把文化地标和慢行系统有效地衔接起来,既能确保通行的

便利与安全,又能强化校园空间的文化表达以及景观层次感。此项研究以高校校园景观施工图为核心,围绕文化地标与慢行系统的规划、设计原则、节点布局以及施工图实施等方面,全面且细致地探讨其衔接设计的方法与实践策略,目的在于给校园景观设计提供科学且具备可操作性的参考依据,提高慢行系统的功能性、景观性以及文化性,达成校园空间环境的高效利用以及文化价值的充分彰显。

1 高校校园景观现状

近年来,随着高校扩招和办学规模的不断扩大,许多高校纷纷建设新校区,校园景观逐步成型。然而,由于设计和建设经验不足、建设周期较短以及传统理念的影响,新建高校校园景观在功能性、景观品质和文化表达方面存在一定问题。一方面,慢行系统布局不够合理,路径连贯性差,步行体验和交通安全性未得到充分保障;另一方面,文化地标在空间布局和视觉识别上缺乏科学规划,与校园

整体景观和慢行系统衔接不足,导致景观整体性和文化氛围受到影响^[1]。此外,施工图设计在节点细化、材料选择、景观构造和施工工艺等方面存在欠缺,使得设计意图在实施过程中难以完全落地。

2 慢行系统设计原则与策略

2.1 校园慢行系统的规划方法

校园慢行系统规划方法在高校景观设计里属于重要环节,能保障学生、教职工出行安全且舒适。规划时,依照校园整体空间布局、建筑功能分区还有人流量分布情况,对步行路线予以科学安排,构建起合理、连续且便捷的慢行网络。在路径设计方面,要兼顾主要通行干道和次要支路的衔接,让不同功能区域之间通行无阻,在关键节点设置休息空间、导向标识以及安全设施,以此提升使用体验。规划还得多从景观环境和文化地标布局角度去考量,借助路线和景观元素的结合,强化空间识别性并营造校园文化氛围,达成慢行系统功能性与景观性相统一。

2.2 交通安全与步行体验优化

在高校校园慢行系统开展设计工作的时候,对交通安全加以优化以及让步行体验得以提升,这两者对于保障师生能够顺畅地出行有着十分重要的作用,同时也是提升校园环境品质的关键所在。要依据人流量的具体情况、道路的宽度以及功能分区的不同来合理地去设置步行通道,如此一来便可以避免出现通行方面的冲突情况,也能消除潜在的安全隐患。与此在交叉口、坡道还有那些比较重要的节点位置,要配置上醒目且清晰的标识,还要设置护栏以及减速设施,另外照明系统也得安排妥当,从而保证在夜间以及遇到恶劣天气的时候,人们行走起来也是安全的。还得关注步行体验的舒适程度以及是否具有趣味性,可以通过精心挑选铺装材质,合理地去布置绿化带与休憩空间,并且引入一些景观元素,进而营造出视觉上能够连贯起来、空间层次也颇为丰富的步行环境。除此之外,还可以借助缓坡的设计方式、对弯道进行相应的处理以及利用植被起到遮荫的作用等这些手段,以此来减少步行过程中产生的疲劳感,进而提升整体的体验感受。

2.3 节点空间与文化地标的衔接设计

在高校校园景观设计里面,节点空间同文化地标之间的衔接设计,可算是提高空间识别性以及让校园文化体验更为丰富的关键举措。节点空间大多处于慢行系统的交汇之处、功能区的入口或者交通转换的要点上,其既是步行流线方面极为重要的节点,又是文化地标开展展示并且供人体验的核心所在。在开展设计工作的进程当中,要依据校园的整体布局情况以及人流动线的具体走向,去科学合理地安排节点的位置,务必要让文化地标可以自然而然地融入到慢行路径当中,与此同时还得兼顾到通行的便捷程度以及空间所具有的层次感^[2]。借助恰当的空间尺度设

定、铺装方面的变化处理、绿化工作的开展以及休憩设施的配置等手段,促使节点空间一方面能够满足交通功能的需求,另一方面又能成为视觉上的关注焦点以及供人交流互动的空间,进而强化步行者对于方向的感知能力以及参与其中的积极性。

2.4 绿色景观与可持续发展

在高校校园慢行系统开展设计工作之时,绿色景观以及可持续设计无疑属于极为关键的环节,其对于提升环境的整体质量、打造出适宜人们行走的空间乃至达成生态可持续发展的目标都有着不容小觑的作用。在具体的设计进程里,务必要充分挖掘并利用校园已然存在的绿地资源,借助科学合理的安排植物景观、生态缓冲带还有景观水体等方式,如此一来,既能够对步行路径起到美化的作用,又可以在一定程度上对微气候予以改善,进而有效降低噪声以及空气污染的程度,促使师生的舒适度以及健康方面的体验都能够得以提升。与此还应当挑选那些本地适应性较为出色且管理起来相对简单的植物种类,并且将雨水花园、透水铺装以及低影响开发技术相互结合起来,以此来进一步提升雨水的利用效率以及对地表径流加以管理的能力。

2.5 与校园景观整体风格协调

在高校校园慢行系统的规划设计方面,要重点把握好和校园景观整体风格的协调这一点,只有这样才能够切实保障空间的整体性以及视觉上的连贯性得以有效确保。慢行系统不仅仅具备通行方面的功能,而且还肩负着传递校园文化氛围的重要使命,所以在针对路径布局、节点空间、铺装材质、景观绿化以及设施风格展开设计工作的时候,务必要全面且细致地去考量其和校园建筑风格、历史文化背景还有现有的景观元素之间相互呼应以及融合的情况。借助统一的色彩体系、一致的材质质感以及统一的景观语言,促使步行路线能够和周边的环境达成自然的衔接状态,进而营造出整体上协调一致的视觉效果。与此还需要在关键节点以及文化地标周边采用景观方面的手法来进一步强化空间所具有的层次感以及文化层面的识别性,使得慢行系统在已经满足了功能性与安全性要求的基础之上,还能够成为校园整体景观风格的一种延伸形式以及补充内容,从而有效提升校园空间所具备的美学价值以及文化认同方面的感受,最终实现功能性、景观性与文化性这三者的有机融合。

3 施工图设计与衔接方案

3.1 施工图设计要求与规范

在高校校园景观施工图设计环节当中,施工图设计的要求以及相关的规范,一方面构成了实现设计意图的技术根基,另一方面也成为了保障工程质量、施工安全以及可持续管理的关键前提条件。施工图设计务必要严格依照国

家以及地方所出台的相关标准来执行,像《城市道路和建筑物景观设计规范》《校园规划设计标准》《建筑施工图设计深度规定》等,以此来确保图纸在比例方面、标注方面、技术参数方面以及符号表达方面都能够做到准确无误且符合规范要求。与此施工图还应当完整地呈现出慢行系统路线、文化地标节点、景观铺装情况、绿化布局状况、休憩设施设置、照明系统以及排水系统等诸多不同类型的景观构造之间的空间关联、具体尺寸、所用材质以及施工工艺方面的具体要求,并且要详尽地指出关键节点的衔接办法以及功能区域的划分情况,进而保证在施工过程当中具备良好的操作可行性以及可控性。在整个设计工作的开展过程中,需要充分顾及校园整体景观风格和实际功能需求达成统一的目标,让文化地标与慢行系统能够在空间层面形成合理的相互衔接状态,而且还要兼顾视觉识别方面的特性、步行过程中的安全性以及使用体验的舒适程度^[3]。除此之外,施工图还必须要考虑到工程实施时的经济性以及后期维护的便利性,针对材料的选择情况、构造的具体形式、节点的处理方式以及施工的先后顺序等方面给出科学合理的建议,从而能够为施工单位给予清晰明确且具有可操作性的技术方面的依据,达成从设计构思阶段到施工落地阶段的高效顺畅衔接,最终确保校园景观在功能性、文化性以及景观美学这三个方面实现有机的统一融合。

3.2 文化地标节点设计及施工图展示

在高校校园景观施工图设计环节当中,文化地标节点的设计无疑属于极为重要的一环。它对于凸显校园自身特色、强化空间的识别特性以及提高慢行系统的使用体验等方面,都有着不容忽视的作用。在施工图所处的这个阶段,设计方面务必要清晰明确地标出地标的平面布局情况以及其空间尺度状况。与此还得细致标注出立面造型的具体样式、材质挑选的种类、构造操作的方法以及景观元素的配置方式等,从而保证地标在后续施工过程中可以精准无误地将设计意图给落实到位。文化地标节点在设计之时,要充分考量其与周边慢行系统、绿化景观、休憩设施还有校园建筑风格之间的衔接关系,进而让其既能成为视觉方面的聚焦点,又不会对交通流线的顺畅通行造成干扰。在节点设计工作的开展进程中,得凭借合理的节点广场尺度设定、铺装材质的变化运用、植被组合搭配以及景观照明的布置安排,来进一步强化空间所具有的层次感以及文化层面的表达能力,并且还要兼顾到安全性以及功能性这两个方面的要求。施工图的展示内容并非仅仅涵盖平面布置图、剖面图以及立面图这些常规图纸,而且还应当结合关键节点详图、构造节点大样图以及材料说明等相关资料,以此来明确每一件构件的具体尺寸、所在位置以及相应的施工工艺等内容,从而确保施工单位能够精准有效地将设计成果予以落地实施。

3.3 慢行系统路线设计及施工图展示

在高校校园景观施工图设计环节当中,慢行系统路线的设计以及施工图的展示,属于极为关键的环节,其对于保障校园步行流线的顺畅、空间功能的合理性以及景观效果的统一等方面,都有着十分重要的意义。在施工图设计方面,得综合考量校园的整体布局情况、建筑功能分区状况以及人流密度等因素,科学地去划分主干步行道、次干道以及辅助支路,以此来保证不同区域之间通行时所具有的连续性以及便利性。就路径设计而言,要精准地标注出步行道的宽度、曲线的半径、坡度的控制情况以及关键节点处的交叉处理方式,从而确保行走在其中能够做到安全且舒适。与此还要结合铺装材质、绿化带、休憩设施以及景观照明等诸多元素,以此来强化空间的层次感以及视觉引导的效果。慢行路线和文化地标节点在衔接设计上,应当凸显出地标空间的识别特性以及景观焦点所起到的作用,让路径在发挥功能引导作用的时候,还具备文化表达方面的价值。

3.4 文化地标与慢行系统衔接设计

在高校校园景观施工图设计方面,文化地标与慢行系统的衔接设计属于核心环节,其对于实现校园空间秩序、文化表达以及步行体验的有机融合颇为关键。衔接设计一方面要让地标在视觉上成为空间焦点,强化识别性并发挥文化符号的作用,另一方面需和慢行系统的功能路径、节点空间以及休憩区域紧密结合起来,以此确保人流通行时既顺畅又安全便捷^[4]。在施工图设计阶段,得清晰明确文化地标的具体位置、尺度大小、形态样式、所用材质以及构造做法,并且要标注出与周边慢行路线的衔接方式,像铺装衔接、绿化过渡、节点广场布置还有景观照明配置等,从而促使地标与步行路线在空间上能够自然融合,进而形成连续且富有层次感的步行体验。衔接设计还应当考虑到不同季节以及使用时段的视觉效果与功能需求,合理安排步行动线、休憩空间以及景观视线,借此提升师生的文化感知以及空间参与感。在施工图展示环节,要借助平面布置图、剖面图、立面图以及节点大样图来详细阐明每个节点的施工工艺、尺寸规格以及材料要求,以此保证施工单位可以精准落实到位,达成文化地标与慢行系统在功能性、景观性以及文化性方面的统一。

4 结语

此文着重对高校校园景观施工图里文化地标同慢行系统的衔接设计展开研究,深入剖析了当下校园慢行系统以及文化地标布局所存在的各类问题,还给出了优化设计以及施工图实施方面的相应策略。借助合理地去规划慢行的具体路线,科学地安排节点所处的空间,进一步强化文化地标能够被人识别的程度,并且在施工图当中清晰明确地标出尺寸、材质还有施工工艺等相关内容,如此便能

够达成校园景观在功能性、景观性以及文化性这几个方面的统一效果。研究说明,文化地标和慢行系统实现有效的衔接,这不但让步行的体验得以提升,空间的秩序也得到了改善,而且使得校园的文化氛围变得更加浓厚,从而给高校校园景观设计给予了实践层面的参考依据以及具备可操作性的指导建议。

[参考文献]

[1]郑凯.浅谈高校校园绿化景观设计与施工管理[J].种子科技,2020,38(14):56-59.

[2]陈惠辉.高校园林绿化施工技术[J].现代园艺,2016(8):197-198.

[3]谢京杭.高校校园绿化及景观工程施工影响因子研究及对策[J].太原城市职业技术学院学报,2017(4):184-185.

[4]王雪皎,熊琳.校园地标景观设计元素的录取通知书[J].丝网印刷,2024(8):84.

作者简介:康紫薇,(1991.11—),女,汉族,毕业学校:中国地质大学(武汉),现工作单位:河北建筑设计研究院有限责任公司。

海绵城市理念在绿色建筑场地景观设计中的融合应用

赵厦

中建华帆建筑设计院有限公司, 河北 石家庄 050000

[摘要]海绵城市理念在绿色建筑场地景观设计中的融合应用,随着城市化进程加速且环境问题愈发突兀,海绵城市建设以及绿色建筑发展变成当下城市可持续发展的重要战略,本研究采用文献研究、案例分析还有实证研究方法探究海绵城市理念在绿色建筑场地景观设计里的融合应用,从而系统地梳理海绵城市与绿色建筑的基本理念、技术体系以及它们在景观设计中的整合机制。海绵城市理念着重“渗、滞、蓄、净、用、排”这个水文循环过程,而绿色建筑谋求节能减排、资源循环利用,二者的内在是相符的,所以在场地景观设计时,透水铺装、雨水花园、生物滞留设施、下沉式绿地、植被缓冲带等技术手段都能让二者有效融合,研究结果显示,这样融合应用不但可提升建筑场地雨水管理和生态环境质量的能力,而且能打造更具场所特色和人文关怀的景观空间,还能削减建设和维护成本,本研究构建出一套海绵城市理念与绿色建筑景观设计相融合的评价指标体系和实施框架,给相关规划设计提供理论依据和实践指导。

[关键词]海绵城市;绿色建筑;景观设计;融合应用;可持续发展

DOI: 10.33142/ucp.v2i5.17927

中图分类号: TU71

文献标识码: A

The Integration and Application of Sponge City Concept in Landscape Design of Green Building Sites

ZHAO Xia

China Construction Huafan Architectural Design Institute Co., Ltd., Shijiazhuang, Hebei, 050000, China

Abstract: The integration and application of sponge city concept in green building site landscape design. With the acceleration of urbanization and the increasingly prominent environmental problems, sponge city construction and green building development have become important strategies for sustainable urban development. This study adopts literature research, case analysis, and empirical research methods to explore the integration and application of sponge city concept in green building site landscape design, and systematically sort out the basic concepts, technical systems, and integration mechanisms of sponge city and green building in landscape design. The concept of sponge city focuses on the hydrological cycle of "infiltration, retention, storage, purification, utilization, and discharge", while green buildings seek energy conservation, emission reduction, and resource recycling. The two are inherently consistent. Therefore, in site landscape design, permeable paving, rain gardens, biological retention facilities, sunken green spaces, vegetation buffer zones and other technical means can effectively integrate the two. Research results show that such integration can not only improve the ability of building site rainwater management and ecological environment quality, but also create landscape spaces with more local characteristics and humanistic care, and reduce construction and maintenance costs. This study constructs an evaluation index system and implementation framework that integrates the sponge city concept with green building landscape design, providing theoretical basis and practical guidance for relevant planning and design.

Keywords: sponge city; green building; landscape design; integration application; sustainable development

引言

全球气候变化加剧且城市化进程加快,使得城市面临的水安全、水环境与水生态问题愈发严重,中国城市建设正重大转型,从传统灰色基础设施迈向绿色生态基础设施。海绵城市这种新型城市建设理念强调城市在适应环境变化和应对雨水引发的自然灾害方面要有很好的“弹性”,下雨时能像海绵一样吸水、蓄水、渗水、净水,旱时又能把蓄存的水释放利用。住房和城乡建设部统计过,到2023年为止,全国200多个城市搞了海绵城市建设试点,投资总额超5000亿元。

建筑行业可持续发展的方向是绿色建筑且其设计理

念和海绵城市非常匹配,与此同时中国绿色建筑委员会发布了《2022年中国绿色建筑发展报告》,报告显示2022年全国绿色建筑新增面积达20亿 m^2 ,同比增长15%,新建建筑中绿色建筑面积占比超65%,在绿色建筑实践里场地景观设计承担着连通建筑与城市水文循环系统的关键作用并且是海绵城市理念和绿色建筑相融合的重要载体。

海绵城市理念和绿色建筑景观设计在国内外实践层面目前还是脱节的,且面临技术应用碎片化、功能整合不到位、设计美学和生态功能难以兼顾等诸多挑战,所以本研究从系统思维出发,梳理海绵城市和绿色建筑的核心理

念和技术体系,探寻二者于场地景观设计中的融合机制与应用策略,想要构建一套理论框架和实践方法,给中国建筑景观设计的生态转型提供参考依据,也为城市雨水管理、景观生态效能提升和建成环境品质改善提供解决之道。

2 海绵城市与绿色建筑景观设计的理论基础

2.1 海绵城市概念与核心技术体系

海绵城市这种新型城市形态是通过优化城市规划设计并运用“渗、滞、蓄、净、用、排”这类生态化技术手段让城市能像海绵般科学管理雨水的城市形态,《海绵城市建设技术指南》(2014年版)指出它核心的目标是在城市开发前后保持水文特征不变并且达成径流总量控制、峰值流量削减、污染物去除以及水资源利用这四个目标,近五年间海绵城市建设从单点试验迈向系统推广且技术体系逐渐完备,现在海绵城市核心技术体系已经形成了系统框架,具体如下表1所示:

表1 海绵城市核心技术体系分类及功能

技术类型	代表技术措施	主要功能	应用范围
源头控制类	透水铺装、绿色屋顶、雨水花园	径流减量、峰值流量削减	建筑与小区尺度
过程控制类	生物滞留池、渗透沟渠、植被缓冲带	雨水净化、渗透与调蓄	社区与街区尺度
末端控制类	湿塘、调蓄池、人工湿地	大规模蓄水、深度净化	区域与城市尺度
管理与维护	智能监测系统、非工程措施	系统高效运行、长效管理	全尺度覆盖

近期监测数据显示,建成区域应用海绵城市技术后,年径流总量控制率能提升40%~85%、峰值流量可削减30%~70%、初期雨水污染物去除率为60%~90%且还能节约用水15%~35%^[1]。

2.2 绿色建筑场地设计的基本原则

绿色建筑整体系统中绿色建筑场地设计是重要部分,其核心在于合理规划和设计场地以最大程度保护与利用自然资源并打造健康、舒适、高效的建筑室外环境。《绿色建筑评价标准》(GB/T 50378—2019)规定绿色建筑场地设计需遵循的基本原则有生态优先原则、因地制宜原则、资源节约原则、健康宜居原则以及系统整合原则,其中生态优先原则着重于尊重场地原本的自然特性并保护和修复生态系统,因地制宜原则着眼于充分运用场地自然条件,资源节约原则聚焦于高效利用水资源、能源以及材料,健康宜居原则关心人的感受和体验,系统整合原则则要求把场地设计和建筑设计一并考虑使其成为有机的整体。中国建筑科学研究院2022年调研表明,场地设计优质的绿色建筑能使场地径流量减少超35%,环境噪声降低3~5dB,热岛效应减弱2~4℃。

2.3 二者融合的理论框架与方法学

海绵城市和绿色建筑的理念内在一致,都着重生态优

先、自然循环、资源节约以及空间尺度的连续性和系统性,从方法论来讲二者要融合就得构建多层次、多维度的整合框架,在微观方面关注单体技术措施功能优化和复合设计,从中观层面来说要重视不同技术措施间的系统联动以提升效能,从宏观层面来讲得让场地设计和城市雨水管理系统有机衔接。

“功能复合、空间叠加、过程耦合”这三大策略能够实现这种融合,所谓功能复合就是单一设计元素能兼具雨水管理和景观生态功能,例如透水铺装既能渗水又能减轻热岛效应,而空间叠加是在有限空间里达成多种功能的立体组合,比如把下沉式绿地和休憩空间相结合,过程耦合呢,是强调雨水管理各个环节要与景观生态系统动态配合,像雨水收集-净化-利用和植物灌溉、景观补水的循环系统就是这样。

研究显示,这种融合应用能提升资源利用效率并打造出更具场所特性与美学价值的景观,中国城市科学学会2021—2023年对20个案例评估表明,融合设计比单一功能设计建造成本降低25%~40%、维护成本减少20%~35%且公众满意度提高30%~50%^[2]。

3 海绵城市理念在绿色建筑景观设计中的应用策略

3.1 透水铺装与雨水收集系统的整合设计

海绵城市建设把透水铺装当作基础措施且在绿色建筑场地设计里有着很广的应用前景,研究显示透水铺装能削减50%~90%的地表径流从而有效减轻城市内涝状况,最近实测数据表明透水混凝土、透水砖、碎石路面的渗透率分别能达到800~1500mm/h、400~800mm/h、2000~4000mm/h比传统不透水铺装高多了,在绿色建筑场地上透水铺装不光能在人行道上用而且还能拓展到停车场、休闲广场之类的功能区形成系统的渗透网络。

提升雨水资源化利用效率的关键策略在于把透水铺装和雨水收集系统整合设计,这种整合主要有两种模式,一种是在透水铺装下面安置蓄水模块或者渗透管网以收集渗透的雨水用来浇灌绿化或者补给景观用水,另一种是让透水铺装跟集中式雨水收集池联动从而形成“分散渗透+集中调蓄”这样的复合系统,中国建筑研究院2023年项目实践活动显示,这种整合设计能使雨水资源利用率提高40%还多且能让市政给水量减少25%~35%,每年每平方米经济效益达3~5元,如图1所示。

3.2 生物滞留设施与绿色屋顶的融合应用

海绵设施里的生物滞留设施,像雨水花园、生物滞留池等,依靠土壤、植物和微生物系统来滞留、净化雨水,在绿色建筑景观设计时,常把生物滞留设施设于硬质铺装周边、建筑退台区域以及景观节点处处理初期雨水,住建部2022年发布的监测报告显示,生物滞留设施对总磷、总氮、悬浮物的去除率能达到60%、40%、85%以上,并且能借蒸散作用减轻城市热岛效应。

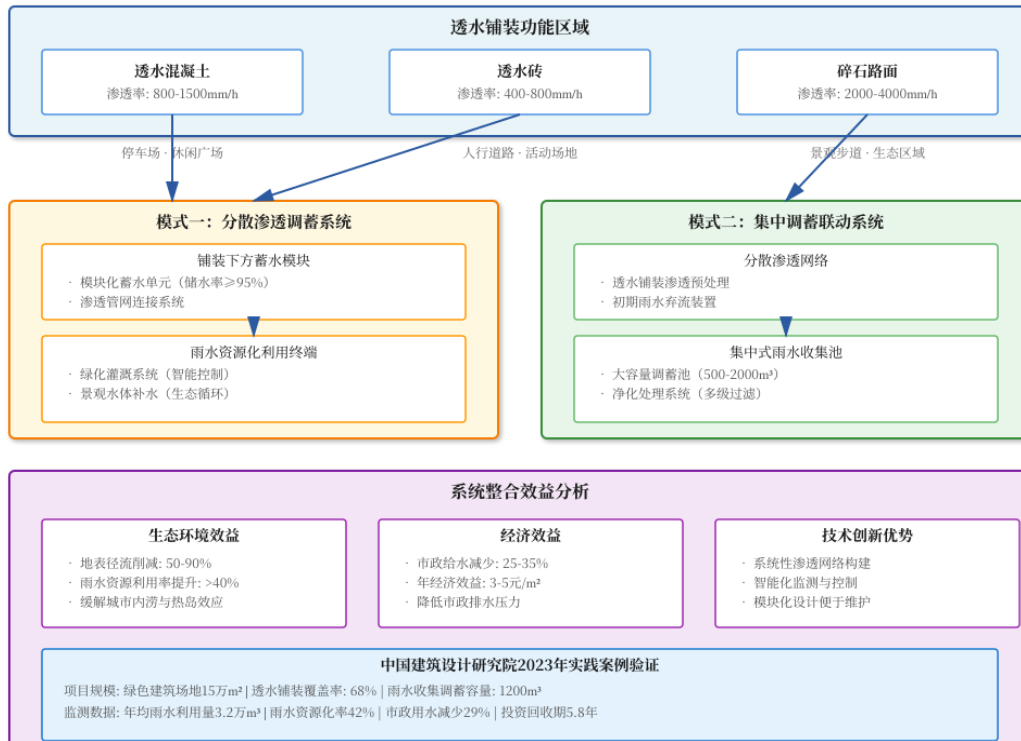


图 1 透水铺装与雨水收集系统整合架构

绿色建筑的重要组成部分绿色屋顶近年在生态功能方面提升显著,数据表明其能截留屋面雨水的 40%~80%、使径流峰值时间延后 30~90min 且可让屋顶表面温度下降 15~30℃,把生物滞留设施和绿色屋顶融合应用就能形成“上截下滞”立体海绵系统,在具体策略上,可设计“多层级绿色屋顶+雨落管衔接+地面生物滞留区”连续雨水管理链,靠屋顶雨水导流系统给地面生物滞留设施供水源并且用相同植物群落营造视觉上生态连续性,清华大学建筑学院 2020—2023 年研究表明这种融合应用能使场地综合雨水管理能力提高 25%~45%且还能创造出更丰富的景观层次和生物多样性。

3.3 下沉式绿地与景观水体的生态功能设计

海绵城市建设里,低于周围地面标高的、能临时蓄积雨水的绿化空间叫做下沉式绿地,这是非常经济高效的一项措施,在绿色建筑场地设计时,下沉式绿地一般向下凹陷 5~20cm,可将径流峰值削减 50%~80%,从而有效减轻暴雨时的排水压力,而且实践中,下沉式绿地跟常规绿地比起来成本只多出 5%~15%,雨水管理效益却提高不少。

绿色建筑场址里,景观水体是重要部分,有审美功用还能当作雨水调蓄设施,把下沉式绿地与景观水体的生态功能整合设计主要靠如下策略来达成:“雨水花园-下沉绿地-湿地系统-景观水体”完整的雨水净化链得以构建,并且多级景观水体设计成水位变化富有弹性,这样干湿季节就能呈现出不一样的景观效果,此外依靠植物梯度配置造

出自然的过滤系统以提升水质净化效率^[3]。2021 年北京林业大学研究了 25 个绿色建筑项目,结果发现整合设计好的景观水体系统能自给自足 85% 以上的雨水从而大大减少对市政供水的依赖,而且生态驳岸和水生植物恢复后,景观水体里的水生生物多样性指数平均提高了 2.5 倍。

3.4 植物配置与生态修复策略

海绵城市与绿色建筑景观设计相融合的核心要素是植物配置,合理选择与组合植物能明显提升雨水管理效能。中国科学院 2022 年研究表明,不同植物雨水截留能力存在 3~5 倍的差别,并且在调蓄区域应用耐涝植物可使雨水净化效率提高超 40%,所以在海绵城市理念指导下进行植物配置要重视乔木层、灌木层、地被层这三个层次,其中乔木层负责大面积截留与蒸腾,灌木层可增强土壤渗透性并吸收污染物,地被层能够减缓径流速度并防止水土流失。

绿色建筑场地上植物配置要遵循“乡土化、多样化、功能化”原则,即栽种能适应当地气候与土壤条件的植物物种,因为有数据表明乡土植物同外来物种相比灌溉需求可平均减少 30%、维护成本能平均降低 40%。具体应用时,依据场地不同水文区域的特点带状分区配置,在临时积水的地方种耐涝植物如美人蕉、水生鸢尾之类的,过滤带区域植根系发达的灌木像金叶女贞、小叶女贞等,干旱区栽耐旱植物例如紫荆、黄杨等,这样生态化的植物配置策略不但可提升场地生态功能与景观价值,而且能够修复自然生态系统、利于生物多样性保护,住建部 2023 年监

测数据表明采用该策略的绿色建筑项目场地生物多样性指数平均提高 35%、生态系统服务价值提升 28%。

4 案例分析与实践评估

4.1 国内外典型案例对比分析

国内外海绵城市与绿色建筑融合的典型案例分析对比后发现不同地区的实践存在明显差别,以国际标杆的新加坡滨海湾花园为例,其设计既能解决热带地区雨水径流问题又因雨水收集系统每年可回收大概 35 万 m³ 雨水用于灌溉且收集来的雨水还能被引入“超级树”冷却系统从而达到约 30% 的能源节约,中国深圳光明区低碳城的“海绵社区”雨水管理策略更系统化,2019 到 2022 年靠下沉式绿地和生态湿地系统成功消纳 92.6% 的降雨径流并且与绿色建筑节能系统协同后年均能耗降低约 22%,国际案例大多重视技术创新与景观美学的平衡而国内案例更着眼于大规模推广与政策落实不过近些年在细节处理和维持管理上进步很快^[4]。

4.2 海绵城市措施在绿色建筑中的效益评估

绿色建筑场地融入海绵城市措施后产生多维度效益,在经济效益上,2018—2023 年国内 10 个有代表性的项目经统计分析显示,虽然海绵设施初始投资比传统排水系统高大概 15%~20%,但由于能节省市政管网建设费用、减少洪涝灾害损失以及降低水资源使用成本,平均 7.2 年就能收回投资。从生态效益看,监测数据表明,这些项目雨水径流中总悬浮物、总磷、总氮等污染物的平均去除率达 65% 以上且场地生物多样性指数也增加 30%~45%。在社会效益方面,海绵城市措施与绿色建筑相结合使项目的环境舒适度和使用者满意度大大提高,因为最新调查显示超 85% 的用户觉得这种环境提升生活质量的同时也提高了环保意识,这些数据足以证明海绵城市措施在绿色建筑场地的综合价值并给进一步推广应用提供强大支持。

5 结论

海绵城市理念在绿色建筑场地景观设计中的融合应用被本研究进行了系统探讨并得出如下结论:海绵城市与绿色建筑已经从理论探索迈向实践深化阶段且二者的理

念、技术、目标有内在一致性,采用恰当的设计策略和技术手段就能有效整合,在当下城市化与气候变化的大环境下这种融合有着明显的生态、经济和社会综合效益。实践中,像透水铺装、雨水花园、下沉式绿地这类海绵设施与绿色建筑场地相结合不但能有效管控雨水径流以减轻城市排水负担,而且能够优化微气候、提高空间品质、节省资源能源从而构建出更具韧性与宜居性的建成环境,在我国水资源匮乏、城市洪涝频发之时这种融合应用对提升城市水安全和环境质量意义非凡。

研究发现当下融合实践依旧存在技术标准不统一、维护管理机制有欠缺、设计专业协同不足等状况,以后得加强规划、设计到运营全过程的一体化考量,构建更科学的评价体系和激励机制以促使相关技术创新且在本土化应用,并且要强化跨学科交流以及行业合作,完善相关政策法规和技术标准,给海绵城市和绿色建筑深度融合营造更有利的发展环境,由于生态文明建设与可持续发展战略深入推行,海绵城市理念和绿色建筑融合应用在未来城市建设会发挥出更重要作用,构建人与自然和谐共生的美丽城市也能得到它强有力的支撑^[5]。

[参考文献]

- [1]江海静.海绵城市理念在居住区景观设计中的运用[J].智能城市,2021(15):33-34.
- [2]吴浩麒,田园.“海绵城市”理念在电厂绿色景观设计中的应用[J].武汉大学学报(工学版),2017(11):100-103.
- [3]王昭明.绿色建筑理念在建筑设计中的应用——以海绵城市为例[J].江西建材,2024(8):183-185.
- [4]原振华,段汉明,谢培琦.海绵城市理念在城市道路绿化景观设计中的应用[J].美与时代(城市版),2018(6):53-57.
- [5]赵洁,王君波,毛远.海绵城市理念在道路绿化景观设计中的应用[J].中国住宅设施,2018(11):43-44.

作者简介:赵厦(1989.9—),毕业院校:河北工业大学城市学院,所学专业:土木工程,当前就职单位:中建华帆建筑设计院有限公司,职务:建筑设计师,职称级别:副高级工程师。

高层建筑电气火灾隐患的智能监测与预警系统设计

赫军硕

九易庄宸科技(集团)股份有限公司, 河北 石家庄 050000

[摘要]随着城市化进程加快,高层建筑在城市建设中占据越来越重要的位置,但随之而来的电气火灾隐患也日益突出。传统的电气安全管理手段多依赖人工巡检,存在效率低、准确性差的问题,难以满足现代建筑安全管理的需求。智能监测与预警系统的设计与应用,能够有效提升电气火灾隐患识别与防控的效率。文中以高层建筑为研究对象,分析电气火灾隐患的成因与特点,探讨基于传感器技术、通信技术与数据分析的智能监测与预警系统设计思路,提出在系统结构、监测指标、预警机制和信息管理等方面的具体措施,并从节能、安全与运行效率角度评估系统的应用效果。研究结果表明,构建科学的智能监测与预警系统,不仅能显著降低电气火灾发生率,还能为建筑电气安全管理提供技术支持,对提升高层建筑整体安全水平具有重要意义。

[关键词]高层建筑; 电气火灾; 智能监测; 预警系统; 安全管理

DOI: 10.33142/ucp.v2i5.17935

中图分类号: TU9

文献标识码: A

Design of Intelligent Monitoring and Early Warning System for Electrical Fire Hazards in High-rise Buildings

HE Junshuo

Jiuyi Zhuangchen Technology (Group) Co., Ltd., Shijiazhuang, Hebei, 050000, China

Abstract: With the acceleration of urbanization, high-rise buildings are occupying an increasingly important position in urban construction, but the hidden dangers of electrical fires are also becoming more prominent. Traditional electrical safety management methods rely heavily on manual inspections, which have problems of low efficiency and poor accuracy, and are difficult to meet the needs of modern building safety management. The design and application of intelligent monitoring and early warning systems can effectively improve the efficiency of identifying and preventing electrical fire hazards. The article takes high-rise buildings as the research object, analyzes the causes and characteristics of electrical fire hazards, explores the design ideas of intelligent monitoring and early warning systems based on sensor technology, communication technology, and data analysis, proposes specific measures in system structure, monitoring indicators, early warning mechanisms, and information management, and evaluates the application effect of the system from the perspectives of energy conservation, safety, and operational efficiency. The research results indicate that building a scientific intelligent monitoring and early warning system can not only significantly reduce the incidence of electrical fires, but also provide technical support for building electrical safety management, which is of great significance for improving the overall safety level of high-rise buildings.

Keywords: high-rise buildings; electrical fire; intelligent monitoring; early warning system; safety management

引言

高层建筑因其结构复杂、用电负荷大、人员密集,一旦发生电气火灾,极易引发严重的经济损失与人员伤亡。传统的火灾防控方式多依赖经验和人工巡查,存在隐患识别不及时、监测覆盖范围不足、信息传递滞后等不足。随着传感器技术、物联网、大数据和人工智能的快速发展,将这些新兴技术与电气火灾监测相结合,能够实现电气隐患的实时监控和智能预警,为高层建筑的安全管理提供新的解决路径。研究电气火灾隐患的智能监测与预警系统,不仅是提升城市公共安全的现实需要,也是推动建筑电气系统智能化和信息化的重要方向。本文从电气火灾隐患的特点出发,提出基于多元技术融合的系统设计方案,并对其应用价值和优化路径进行系统分析。

1 高层建筑电气火灾隐患分析

1.1 电气火灾的主要成因

在高层建筑的电气系统运行中,电气火灾隐患具有多样性和复杂性。其主要成因集中在过载运行、线路短路、接触不良以及设备老化等方面。随着城市电气负荷的不断攀升,高层建筑的电气线路经常处于高强度工作状态,若超出其额定负荷,极易导致电缆过热,绝缘层炭化甚至起火。短路问题同样严重,由于线路分布密集且空间有限,一旦发生短路,往往伴随大电流冲击和电弧放电,这不仅会造成线路损坏,还可能引发火灾事故。接触不良也是普遍问题,连接点因氧化、松动或工艺缺陷而产生接触电阻增加,局部温度快速升高,成为隐性火源。再加上电气设备长期运行后老化速度加快,导线绝缘层逐渐失效,也为

火灾隐患埋下伏笔。

1.2 高层建筑的特殊风险因素

与低层建筑相比,高层建筑电气火灾风险更为突出。首先,电气系统规模庞大,线路分布范围广、层次多,纵横交错且常常埋设于隐蔽空间中,这使得隐患排查与维护难度加大。其次,高层建筑的电气间隔较小,散热条件不佳,一旦出现故障,局部温升难以及时释放,容易导致火势迅速扩大。再者,高层建筑人口密集,一旦火灾发生,不仅疏散难度大,还容易引起恐慌,从而增加救援工作的复杂性。消防资源在高层建筑中的调度也受限于楼层高度和空间结构,进一步增加了事故的危害程度。

1.3 传统监测方式的局限

长期以来,电气火灾隐患的监测主要依赖人工巡查和定期检测。这种方式存在严重局限:一是巡查人员无法实时掌握电气系统的动态运行状态,仅能在检查时发现明显的异常,存在较大滞后性;二是人工经验受限于主观判断,难以发现隐蔽性强或初期尚不明显的火灾隐患;三是定期检测周期较长,在检测间隔内若出现问题,无法及时预警与处置。传统火灾报警系统虽然能够在火情发生后发出信号,但其本质是被动响应,缺乏对潜在隐患的预测能力。因此,高层建筑亟需一种智能化、实时化的监测与预警系统,以弥补传统方式的不足。

2 智能监测与预警系统的设计思路

2.1 系统架构设计

智能监测与预警系统通常由感知层、传输层和应用层三部分构成。感知层作为基础环节,承担数据采集任务,需布设多种类型的传感器,覆盖电流、电压、温度、烟雾、电弧信号等关键参数。传输层则负责数据的实时传递,要求具备高可靠性和低延迟特性,可通过光纤、以太网和无线通信相结合的方式实现。应用层是系统的核心,负责对海量数据进行处理与分析,通过数据建模、异常识别与风险评估,最终生成预警信息并联动相关处置措施。三层架构形成了“采集-传输-分析-预警”的闭环,实现电气火灾风险的全流程管理。

2.2 监测指标体系构建

科学的监测指标体系是系统运行的基础。电流、电压和功率因数等电气参数可以直观反映设备运行状态,通过与设定阈值的对比,快速发现过载或短路迹象。温度指标则用于判断线路是否存在过热风险,尤其是在接头、配电箱等关键节点。电弧特征信号监测可识别因接触不良或线路老化导致的放电现象,是预防火灾的重要依据。除此之外,还可以设置综合性指标,如能效比、运行稳定性指数等,用于评估整体电气系统的健康水平。建立覆盖全面、重点突出、可操作性强的指标体系,能够为系统的精准预

警提供坚实数据基础。

2.3 预警机制与信息管理

预警机制需要实现风险分级与应急联动。系统应根据隐患严重程度,设置不同预警等级。例如,轻微异常时以提示方式通知运维人员,严重隐患则触发紧急警报并自动联动相关消防设施。信息管理模块则负责对历史监测数据进行归档与分析,建立动态数据库,形成长期的运行画像。通过数据的积累与挖掘,不仅可以实现对单次隐患的处理,还能为未来的风险预测与优化提供依据。此外,信息管理还应具备可视化功能,帮助管理人员直观掌握系统状态,提升决策效率。

3 关键技术的应用与集成

3.1 传感器与检测技术

传感器是智能监测系统的基础硬件,其性能直接影响监测效果。温度传感器可以实时检测线路和设备表面温度,及时发现异常升温现象。电流与电压传感器能够动态监控用电情况,判断系统是否存在过载与波动问题。电弧探测器则能捕捉因接触不良或老化产生的电弧信号,有助于提前发现潜在风险。通过多类型传感器的组合布设,可以实现对电气系统运行状态的全面感知。为了提高准确性,传感器的布点设计应覆盖关键位置,如配电室、竖井、机房及高负荷区域。

3.2 通信与数据传输技术

在高层建筑复杂的环境中,数据传输技术的选择尤为关键。有线通信方式稳定可靠,适合用于主干数据传输;无线通信方式灵活便捷,能够在空间复杂或不易布线的区域发挥作用。为了确保数据传输的实时性与安全性,系统需采用冗余机制和加密措施,避免因信号干扰或网络攻击导致信息丢失与泄露。多种传输技术的融合应用,可以构建一个既高效又安全的通信网络,为智能监测提供可靠保障。

3.3 数据分析与智能算法

电气系统在运行过程中会产生海量数据,如何从中提取有效信息是系统的核心。通过大数据分析技术,可以对不同时间、不同区域的用电数据进行对比,发现异常模式。机器学习算法则能够通过训练模型,总结隐患发生的规律,从而实现对未来风险的预测。人工智能技术在模式识别与自我学习方面具有优势,能够不断优化预警模型,提升识别准确性。数据分析与智能算法的深度应用,使得预警系统不仅具备实时反应能力,还能逐步具备预测与决策支持功能。

4 系统实施中的问题与对策

4.1 技术成本与应用障碍

智能监测系统涉及多项先进技术,建设与运行成本相对较高,包括传感器布设、数据中心建设和软件平台开发

等。这在一定程度上制约了其推广。为降低应用门槛，可以采取分阶段实施策略，先在重点区域或高风险部位进行试点，逐步扩展到全建筑覆盖。政策支持也是重要的推动力，通过财政补贴或税收优惠，能够激励企业和项目积极采用该系统。

4.2 数据安全与隐私保护

智能监测系统在运行过程中会产生庞大的数据，这些数据不仅涵盖建筑电气设备的运行信息，还可能涉及用户的用电习惯与行为模式。如果管理不当，极易造成数据泄露风险，带来隐私和安全隐患。因此，在系统设计阶段就需要引入多重安全机制，为数据的全流程保驾护航。通过高强度的数据加密技术，可以确保信息在传输和存储过程中不被非法截取或篡改；借助严格的身份认证措施，能够有效识别用户权限，防止未经授权的访问；配合精细化的访问控制策略，可以对不同角色设定合理的操作范围，避免因权限滥用导致数据泄漏。除此之外，还应建立系统化的数据管理制度，从数据采集、传输、存储到最终的使用环节，实行全流程监管和审核，确保每一个环节都有明确责任与防护措施。通过这种方式，智能监测系统在保障高效运行的同时，也能够维持数据环境的安全与可靠，为智慧建筑和智慧城市的可持续发展提供坚实支撑。

4.3 运行维护与人员素养

智能监测系统要想在建筑与城市中长期稳定发挥作用，离不开科学的维护机制和高水平的人员操作。运维人员不仅需要具备扎实的电气系统知识，还应掌握信息化与智能化技术，能够理解和分析系统生成的各类数据，并在出现异常时迅速作出判断与处理。为了保证这一能力得到持续提升，应建立定期培训与考核机制，使人员在实际工作中不断更新知识储备，保持与系统技术发展的同步。管理方也需要制定详细的维护计划，将传感器、通信网络以及软件平台纳入周期性检查与更新的范围，以防止因老化或故障导致监测失效。通过这种方式，系统能够始终维持在最佳运行状态，不仅确保安全保障功能的可靠性，也为节能与管理效率的提升提供坚实支撑。长期坚持下去，智能监测系统的价值才能得到最大程度的发挥。

5 节能与安全效益评估

5.1 节能效益

智能监测系统在保障安全的基础上，还展现出显著的节能价值。它不仅能够精准识别火灾隐患，还能对电气设备的运行状态进行全方位优化。通过实时监控电流、电压以及负荷情况，系统能够在过载迹象出现时及时进行调节，避免能源无效消耗，使电能得到更加合理的分配和利用。随着系统长期稳定运行，电气系统的整体能效水平会不断

提升，建筑运行成本也随之下降。节能的效果并不只是体现在电力消耗的减少，还体现在设备寿命的延长，因为合理的运行环境能够降低设备的损耗频率，减少突发性故障发生的可能。维护费用也因此得到有效控制，为管理方节省了大量人力与资金投入。智能监测系统在这一过程中起到双重作用，一方面守护安全，另一方面推动能效提升，为绿色建筑和智慧城市的发展提供了持续动力。

5.2 安全效益

智能监测系统的最大价值体现在对安全的守护，它能够在建筑物日常运行中发挥主动防御的作用。通过高精度传感器与数据分析平台，系统可以持续跟踪电气线路、设备运行和环境变化，将细微异常迅速捕捉并生成分级预警提示，使管理者能够在最短时间内采取措施，防止隐患演变为严重事故。在火灾防控方面，这种能力尤为突出，大幅降低火灾发生的概率，保障建筑环境的稳定与安全。当火灾意外发生时，系统不仅能够立即联动消防喷淋、排烟和报警装置，还能与疏散指引设施实现快速协同，引导人员沿着最佳路线安全撤离，为应急救援赢得时间。通过这种方式，人员伤亡和财产损失被有效控制，建筑内部的安全系数显著提升。随着技术的成熟与普及，智能监测系统将成为现代建筑安全管理的核心支撑，对构建可靠的公共安全体系具有深远意义。

5.3 运行效率与社会价值

智能监测系统在建筑中的应用不仅能够有效提升管理效率，还能通过实时采集与分析数据，帮助管理者更直观地掌握设备运行状态与安全隐患。管理方式由被动转向主动，使得潜在风险在萌芽阶段便能够得到干预和解决，从而降低事故发生的概率，保障人员和财产安全。随着智慧城市与智能建筑理念的不断深化，这类系统的普及带来了连锁效应，不仅提升单个建筑的管理品质，也逐步延伸至整个城市的电气安全治理。各类数据在更大范围内实现互联互通，形成覆盖面广、反应迅速的城市安全网络，对社会公共安全的维护提供了坚实支撑。随着应用场景的拓展，智能监测系统的作用将不仅局限于某一领域，而是逐渐成为推动城市安全管理方式转型的重要力量。通过这种方式，城市安全治理水平得到整体提升，社会运行环境也将更加稳定与可靠。

6 结论

高层建筑电气火灾隐患的智能监测与预警系统设计，体现了信息技术与建筑安全管理的深度融合。通过多维度的监测指标、科学的系统架构和智能化的算法分析，可以显著提升火灾隐患识别与处置能力。该系统的实施不仅在降低火灾风险方面具有直接作用，还能在节能管理与信息化建设方面发挥积极意义。未来，应继续探索与人工智能、物联网等前沿技术的深度融合，推动智能监测系统的标准

化与规模化应用,从而为高层建筑电气安全管理提供更加坚实的保障。

[参考文献]

- [1]李强.高层建筑电气火灾监测与防控技术研究[J].建筑电气,2021(5):42-47.
[2]王敏.智能建筑电气安全管理与预警系统分析[J].电气

应用,2022(7):88-93.

- [3]张华.基于物联网的建筑电气火灾隐患监测技术探索[J].建筑技术开发,2023(4):65-70.

作者简介:赫军硕(1991.9—),男,汉族,毕业学校:河北建筑工程学院,现工作单位:九易庄宸科技(集团)股份有限公司。

高校学生宿舍单元空间尺度与使用舒适度研究

倪嵩卉

河北建筑设计研究院有限责任公司, 河北 石家庄 050000

[摘要]文中以高校学生宿舍单元空间尺度与使用舒适度为研究对象,从现状分析、影响机制、功能分区、环境优化与未来发展五个方面进行系统探讨。研究表明,高校宿舍作为大学生学习与生活的重要场所,其空间尺度直接影响学生的生理健康、心理状态和人际交往质量,合理的空间设计与环境改善不仅有助于提升生活舒适度,还能促进学习效率和心理调适。文章提出通过科学测算空间尺度、优化功能分区、改善环境条件和引入绿色智能化设计等路径提升宿舍舒适度,从而为高校宿舍的规划与改造提供实践指导与理论支持。

[关键词]宿舍单元空间尺度;舒适度;功能分区;环境优化;高校学生

DOI: 10.33142/ucp.v2i5.17946

中图分类号: TU241

文献标识码: A

Research on the Spatial Scale and Comfort of University Student Dormitory Units

NI Songhui

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

Abstract: This article takes the spatial scale and comfort level of college student dormitory units as the research object, and systematically explores them from five aspects: current situation analysis, impact mechanism, functional zoning, environmental optimization, and future development direction. Research has shown that as an important place for college students to study and live, the spatial scale of university dormitories directly affects students' physical health, psychological state, and interpersonal communication quality. Reasonable spatial design and environmental improvement not only help improve living comfort, but also promote learning efficiency and psychological adjustment. The article proposes to enhance dormitory comfort through scientific measurement of spatial scale, optimization of functional zoning, improvement of environmental conditions, and introduction of green intelligent design, providing practical guidance and theoretical support for the planning and renovation of university dormitories.

Keywords: dormitory unit spatial scale; comfort level; functional zoning; environmental optimization; college students

引言

高校宿舍不仅是学生居住的物理场所,更是学习、交流和人格发展的重要空间。随着高等教育规模的不断扩大,高校宿舍建设日益呈现集约化、规模化的趋势,但在这一过程中,宿舍空间尺度不足、功能分区不合理、环境条件不佳等问题逐渐凸显,这些因素直接影响到学生的生活质量和心理健康。调查发现,宿舍是学生日均停留时间最长的场所之一,因而宿舍舒适度对学生的幸福感、学习效率乃至社会适应力都具有深远的影响。近年来,随着教育现代化和“以学生为本”理念的推进,如何在有限空间内实现舒适度最大化成为研究的重点。本文将宿舍空间尺度为核心,结合使用舒适度的内涵,从现状与问题、影响机制、优化策略及未来趋势等方面展开深入研究,旨在为高校宿舍设计提供理论参考和实践路径。

1 高校宿舍单元空间尺度的现状分析

1.1 面积与人均使用空间的现实状况

当前大多数高校宿舍存在人均使用面积不足的情况,这是宿舍舒适度下降的最直接原因。在一些老旧校区,宿舍建筑早期设计以最大化床位数量为目标,人均空间面积普遍低于 5m^2 ,而在实际使用中,学生还需要同时满足学习、

储物、休息和社交的需求,这就导致空间拥挤、功能混乱。与此相比,新建校区在规划时有所改进,通常增加了人均面积至 $6\sim 8\text{m}^2$,但相较于学生日益增长的生活品质需求,仍然存在明显不足。狭小的空间使学生活动半径受限,甚至会影响睡眠质量和姿态舒展,日常生活的诸多环节不得不在拥挤环境中完成,带来身体和心理上的不适。

1.2 功能布局的传统模式与局限性

目前高校宿舍普遍采用上下铺与学习桌组合的形式,这种布局虽然在节省空间方面具有优势,但也带来诸多问题。首先,床铺与学习区紧密相连,学习时的噪音、光照不可避免地影响休息区的安静氛围;其次,储物空间严重不足,学生大量的书籍、衣物和生活用品缺乏科学的收纳方式,导致物品堆积、环境杂乱,降低舒适度。此外,传统布局难以适应个性化和多样化需求,每位学生在宿舍中能够支配的个人空间有限,使得宿舍成为“被迫共享”的空间,而非“舒适共居”的环境。

1.3 公共设施与环境条件的短板

宿舍单元的空间舒适度不仅与单间面积和布局有关,还与公共配套设施息息相关。目前很多宿舍缺乏完善的公共功能区,例如独立自习室、交流区和休闲空间,大部

分学习和交流活动只能在宿舍内部进行,从而进一步加剧了狭小空间的紧张感。与此同时,宿舍楼的通风、采光和隔音条件普遍存在不足,部分宿舍建筑年代久远,设计时未充分考虑环境舒适度,因而存在冬季寒冷、夏季闷热、空气不流通、采光不足的问题,甚至因噪声干扰影响学习与睡眠。这些短板都制约了宿舍舒适度的提升,成为高校管理与建设亟待解决的问题。

2 宿舍空间尺度对使用舒适度的影响机制

2.1 生理健康的直接影响

空间尺度与学生的身体健康之间存在直接关联。宿舍过于狭小不仅会限制日常活动,还容易带来肌肉劳损和姿势不良的问题。长期处于拥挤环境下,学生缺乏伸展活动的机会,往往出现颈椎、腰椎不适,甚至肥胖和慢性疲劳综合症。空气流通不足会导致二氧化碳浓度升高,引发头晕、注意力涣散等问题,进而影响学习效率和健康水平。此外,采光不足与光照条件差也会对视力造成不利影响,大量学生在宿舍长时间阅读或使用电子设备时面临近视率上升的风险。

2.2 心理状态的潜在作用

舒适度不仅体现在身体层面,还直接作用于心理层面。研究显示,宿舍过于拥挤会增加学生的心理压迫感和焦虑感,尤其是隐私得不到保障时,学生更容易产生无力感和情绪不稳定。反之,当宿舍空间设计合理、尺度适度,能够提供相对安静和舒适的个人角落时,学生的情绪调节能力显著增强,归属感和安全感也会随之提升。心理学研究还表明,空间尺度合理的宿舍能够有效降低孤独感和人际摩擦,促进学生形成积极健康的心理状态。

2.3 社会交往与人际关系的调节作用

宿舍不仅是居住场所,更是大学生社交的重要空间。空间过小会导致学生之间频繁接触和相互干扰,从而增加摩擦与矛盾的概率;而当空间尺度相对合理时,能够更好地平衡个人与集体的关系,使人际交往更加和谐。空间划分合理的宿舍有助于营造平等、包容的氛围,让学生在群体生活中保持良好的人际关系,从而在学习和生活中表现出更高的适应力和合作力。

3 宿舍空间功能分区与舒适度提升策略

3.1 学习与休息功能的合理分隔

宿舍作为学生日常生活的核心空间,需要同时承载学习与休息的双重功能,合理的功能分区对于提升舒适度至关重要。在有限的面积内,通过科学布局与细节设计,可以实现区域的相对独立。家具的合理摆放是关键环节,例如在书桌与床铺之间增设半透明隔断,能够有效隔绝光线和部分噪音,又不会使空间显得局促,既保障隐私,又保持通透感。灯光设计同样发挥着重要作用,在每张书桌上安装独立灯具,不仅为学习提供专注的照明条件,还能避免影响他人休息。对于休息区域,可以选择柔和的床头灯,

营造安静放松的氛围。这种学习与休息的功能分隔,能够减少同住学生之间的干扰,帮助形成高效学习与高质量休息的平衡,从而全面提升宿舍生活体验。

3.2 宿舍储物条件直接关系到整洁度与学生的舒适体验

空间不足常常导致物品堆放杂乱,不仅影响视觉美观,还会带来心理上的压迫感。通过科学规划和合理设计,可以显著提升储物效率。多功能家具的引入,例如带有收纳功能的床、书桌或折叠式柜体,能够在有限的空间内实现多用途利用。组合式柜体与床下储物系统,则进一步拓展了储物的容量,让空间得到最大化利用。墙体空间同样蕴含巨大潜力,通过增设壁挂式架子、收纳箱或挂钩,可以有效缓解储物紧张的状况。合理的储物布局不仅使宿舍环境更加整洁有序,还能让学生在日常生活中感受到掌控感和舒适感,营造出清爽、温馨的居住氛围,为学习与休息创造良好条件。

3.3 宿舍楼的公共空间在整体布局中具有重要意义

它不仅是生活功能的延伸,更是学习与交流的拓展平台。通过科学规划自习室、讨论区、健身房与休闲区,可以有效分担宿舍单元的功能压力,使个人宿舍主要承担休息和基本生活的作用,从而显著提升居住的舒适度。自习室与讨论区的设立为学生提供了专注学习和团队合作的环境,有助于培养学术氛围与协作能力。健身房和休闲区则满足了学生运动健身和心理放松的需求,帮助形成健康的生活方式。公共空间的合理配置还能够创造更多互动机会,促进学生之间的沟通与交流,增强宿舍整体的凝聚力。通过这样的设计,不仅能够优化宿舍的功能分区,还能在潜移默化中营造积极、开放与互助的宿舍文化氛围,为学生的全面发展提供支持。

4 宿舍环境条件改善与舒适度优化路径

4.1 采光与通风条件的科学设计

宿舍的采光与通风条件不仅关系到空间的舒适度,更影响学生的身体健康与心理状态。自然光的合理利用能够有效调节生物节律,改善视力状况,并在潜移默化中提升学习效率和情绪稳定性。通过科学设计窗户的面积、位置和朝向,可以确保不同时间段室内均能获得充足的光照,减少对人工照明的依赖,营造明亮舒适的学习与生活环境。在通风方面,空气流通的顺畅性直接影响室内空气质量。通过设置合理的通风口,优化空气流动路径,或在条件允许的情况下安装新风系统,可以保持空气清新,降低湿度和有害物质积累,减少呼吸道疾病的发生风险。良好的通风设计还能有效抑制病毒和细菌的传播,为学生提供更加安全的生活环境。科学的采光与通风方案,能够实现宿舍环境的健康化与人性化,为学生的成长与发展提供有力保障。

4.2 温湿度与隔音效果的提升

宿舍作为学生日常生活与学习的重要场所,其环境舒

适度直接影响身心健康与学习效率。适宜的温湿度条件是保障学习专注和高质量休息的前提。通过安装性能良好的空调和供暖设备,结合智能温控系统,可以根据季节变化自动调节室内温度与湿度,避免因过冷或过热造成的不适感。同时,科学的空气流通设计与加湿或除湿装置的应用,能够有效提升空气质量,保持环境清新宜人。在隔音方面,采用环保隔音材料、优化门窗结构和合理的空间布局,可以大幅减少外部噪音的干扰,为学生提供安静的学习和睡眠环境。良好的隔音效果不仅提升宿舍整体品质,还能减少因噪声引发的焦虑与疲劳感。温湿度与隔音的优化,使宿舍真正成为有助于学习、休息与交流的理想空间。

4.3 人文与美学设计的融入

宿舍不仅是学生日常生活的功能性场所,更是承载审美与人文关怀的重要空间。通过科学的色彩搭配,可以营造出安静舒适或充满活力的氛围,帮助学生在学习与休憩中切换心境。适度增加绿植点缀,不仅能净化空气,还能带来自然气息,使宿舍空间更具生机与亲和力。个性化布置则赋予宿舍独特的文化符号,学生在装饰过程中能够表达自我,增强身份认同与归属感。美学设计的价值不仅体现在视觉层面,还应体现对学生心理健康的关照,通过合理的空间布局和温馨的细节设计,缓解学习压力,提升生活幸福感。

5 未来宿舍空间优化的发展方向

5.1 智能化与智慧管理趋势

随着信息技术的快速发展,高校宿舍正朝着智能化与智慧管理方向演进,逐步形成更加安全、高效与舒适的生活环境。智能门禁系统能够实现人脸识别、刷卡与移动终端控制,既保障了宿舍安全,又提升了出入的便捷性。能耗监测系统通过对电力、水源等数据的实时采集与分析,帮助学生养成节能意识,也为学校提供了科学的管理依据。灯光与温控系统的智能调节功能,则能够根据时间段、环境光线与个人需求自动调整,营造更为舒适的居住氛围。智慧宿舍平台还可以整合维修报修、通知公告和健康监测等多项服务,减少人工管理成本,提高管理效率。通过智能化技术的全面应用,宿舍生活逐步向着个性化、便捷化与人性化方向发展,使宿舍成为智慧校园建设的重要组成部分。

5.2 个性化与多样化设计理念

高校宿舍建设逐渐从统一化模式向个性化与多样化方向转型,旨在满足不同学生的生活习惯和心理需求。通过提供单人间、双人间、小单元以及共享式宿舍等多种空

间形式,可以给予学生更多的选择权,使他们能够根据自身性格特点、学习方式与社交需求做出合适选择。这种灵活化的设计不仅提升了居住的舒适度,也强化了学生在生活环境中的自主感和归属感。个性化设计还体现在功能配置的多样性,例如学习区、休闲区与交流空间的合理布局,使宿舍既是休憩之所,也是学习与交往的重要场所。多样化宿舍理念的落实,有助于提升整体住宿体验,激发学生的积极性与创造力,为高校校园文化建设与学生全面发展提供重要支撑。

5.3 绿色宿舍与可持续发展方向

绿色宿舍理念的提出,体现了教育环境向环保、节能与健康方向转型的趋势。在建设过程中,宿舍应充分采用绿色建材,减少对环境的二次污染,保证空气与水质的安全。同时,通过引入太阳能发电系统、雨水收集与循环利用装置以及屋顶绿化工程,可以有效降低能源与水资源的消耗,提升校园的整体生态效益。绿色宿舍不仅是节能减排的具体实践,更是学生绿色意识培养的重要场所。在这样一个低碳、环保的居住空间中,学生能够在日常生活中潜移默化地形成节约资源、尊重自然的观念,从而推动绿色生活方式的养成。

6 结论

通过系统研究可以发现,高校学生宿舍的空间尺度与舒适度之间存在紧密联系。合理的空间尺度不仅是满足学生基本生活需求的前提,更是保障学习效率、促进心理健康和增强人际关系的重要条件。功能分区优化、环境改善和智能绿色化的引入,能够有效提升宿舍舒适度与学生幸福感。未来,高校宿舍建设与改造应坚持以学生为中心,注重智能化、个性化和绿色化的发展方向,推动宿舍功能由单一居住向综合学习、生活与发展空间转型,从而为学生全面发展创造良好的物质与精神环境。

[参考文献]

- [1]王丽华.高校学生宿舍空间设计与舒适度优化研究[J].高等教育研究,2020(5):112-118.
- [2]李志强.大学生宿舍环境与心理健康关系分析[J].中国心理卫生杂志,2019(10):45-51.
- [3]陈建伟.智慧校园背景下高校宿舍建设新模式探索[J].建筑与环境,2021(3):87-93.

作者简介:倪嵩卉(1986.3—),女,汉族,毕业学校:河北农业大学,现工作单位:河北建筑设计研究院有限责任公司。

城市更新中历史建筑保护与再利用的路径研究

高彦玲

九易庄宸科技(集团)股份有限公司, 河北 石家庄 050000

[摘要]在城市更新进程里历史建筑保护以及再利用意义重大,这一举措关乎文化传承,对城市空间的延续也起着关键作用,更助力城市的可持续发展。经过文献研究与理论剖析对保护策略展开探讨,也探讨了功能再利用模式以及政策管理机制,在此基础上,提出了一套系统化策略。这套策略以文化价值为导向注重功能整合有技术保障还获得政策支持,研究成果能为城市规划建筑设计以及政策制定给予参考。这一成果有助于促进历史建筑在现代城市里达成文化延续与功能复兴,该成果推动着城市更新以及可持续发展目标得以实现。

[关键词]历史建筑;城市更新;保护策略;再利用;可持续发展

DOI: 10.33142/ucp.v2i5.17948

中图分类号: TU984

文献标识码: A

Research on the Path of Historical Building Protection and Reuse in Urban Renewal

GAO Yanling

Jiuyi Zhuangchen Technology (Group) Co., Ltd., Shijiazhuang, Hebei, 050000, China

Abstract: The protection and reuse of historical buildings are of great significance in the process of urban renewal. This measure is related to cultural heritage and plays a key role in the continuation of urban space, which further contributes to the sustainable development of cities. Through literature research and theoretical analysis, this paper explores protection strategies, as well as functional reuse models and policy management mechanisms. Based on this, a systematic strategy is proposed. This strategy is guided by cultural values, emphasizes functional integration with technical support and policy support. The research results can provide reference for urban planning, architectural design, and policy formulation. This achievement helps promote the cultural continuity and functional revival of historical buildings in modern cities, driving urban renewal and achieving sustainable development goals.

Keywords: historical architecture; urban renewal; protection strategy; reuse; sustainable development

引言

城市更新是现代城市发展的关键动力,它能提升土地利用效率优化城市功能与空间品质,不过在此过程中也给历史建筑带来了保护与再利用方面的挑战。历史建筑承载着极为丰富的文化内涵也留存着城市的记忆,它能塑造居民的社会认同感,不过在更新的时候历史建筑常遭遇一些状况,比如面临拆迁问题时功能被边缘化,还有文化价值流失的风险,系统化的保护和再利用成为唤醒历史建筑的最优解,一方面,它能延续文化遗产,另一方面还可以实现功能优化以及城市的可持续发展。这样的策略能给规划者设计者还有政策制定者提供科学指导也能提供实践参考。

1 历史建筑保护的理论与价值评估

1.1 历史建筑的文化与社会价值

历史建筑见证着城市发展,它还是文化传承的关键载体,其文化象征意义有多种体现,它体现在建筑风格方面体现在建筑年代上还体现在与历史事件的关联之中。说某地明清建筑群的保存率高达 78%这充分展现出深厚的历史积淀,历史建筑有着城市记忆功能,它凭借街区布局和建筑特色让居民对城市的认同感归属感得以强化。社会学

展开研究的结果显示出这样一种情况:在社区里有历史建筑的区域和没有历史建筑的区域存在明显差异,前者居民的认同感平均比后者高出大约 22%。这一现象体现出文化认同和社会凝聚力之间有着正向关联,历史建筑意义重大,它承载着城市发展的连贯性也承载着地域文化特色。它能给后代提供直观的历史教育资源让公众于城市空间里对历史形成感知与理解。

历史建筑价值可不只在文化方面,在经济和旅游领域,它的价值同样突出,统计数据表明历史建筑区的商业租金平均比普通区域高出 15%~20%。而且历史建筑区旅游收入贡献率能达到总旅游收入的 12%~18%,这不仅为城市品牌塑造给予了支撑还进一步提升了城市竞争力。另一方面历史建筑区域常吸引文化创意产业以及小型企业前来入驻,这一现象带动就业机会有所增加幅度大约在 10%~15%。地方经济活力也因此得到促进,这些建筑举办展览节庆活动还有社区文化活动,凭借这些活动它们增强了社会互动提升了居民参与度。如此一来就为城市社会治理和社区建设提供了新路径。

1.2 历史建筑保护的理论框架

保护优先原则在城市更新里很关键,此原则着重提出

对于历史建筑在城市更新时要优先维护其原始结构也要优先保留其原有风貌。并且要尽可能降低拆改程度减少对功能的干扰，如此这般，方能保证文化的连续性，可持续发展理念有要求，它要求保护策略把文化效益经济效益与环境效益兼顾起来。如此，才能让长期价值实现最大化，功能延展与空间适应性理论有这样的主张，该理论倡导借助灵活的空间设计达成历史建筑的功能更新。让历史建筑在满足现代需求的同时还能不破坏原有的文化特征，能把部分历史仓库进行改造，改造成什么可以是展览馆也可以是社区中心。经过这样的改造空间使用率大约能提高 35%，而且在提高空间使用率的同时建筑原有的结构安全以及美学特征也能得以维持。

价值导向的多维评价模型把文化因素经济因素社会因素以及环境因素整合起来，依靠这些整合的因素它能为保护决策给出科学依据。借助权重分析能够发现文化价值的权重差不多占到 45%，经济价值占 25%，社会价值占 20%，环境价值占 10%，这些数据为城市更新里的历史建筑保护策略给出了量化依据。进一步来讲在项目规划阶段该模型能开展多情景模拟，它可对不同保护与再利用方案的价值输出做比较以此助力规划者达成资源优化配置实现利益平衡。

3 历史建筑价值评估的方法与指标

历史建筑价值评估应结合定量与定性指标，定量指标能对历史建筑的重要性予以量化，这些指标涵盖建筑年代完整性以及与历史事件的关联程度等方面。说，有一处建筑群是清代所建，其完整性评分达到 92 分（满分是 100 分）在历史事件关联度方面的评分则为 88 分，对区域内建筑密度保护状态以及可再利用潜力展开数据分析。经过

分析，能进一步形成量化比较，这一量化比较可当作保护优先级排序的依据。

定性指标聚焦于文化象征性社区认同感以及审美价值，综合评价是借助专家打分问卷调查等方式得出的，结合社区参与所收集到的意见反馈这能展现出历史建筑在居民日常生活里的实际影响，也能体现其在居民文化认同方面的作用。综合评估体系会考量建筑本体价值，它还会把周边环境景观资源以及社会功能纳入评估范畴，基于此，形成动态且能更新的评价机制。这一机制可为城市更新里保护与再利用的决策给予长期指导，而且它能应用在政策制定规划审批以及投资决策当中。历史建筑综合评价如图 1 所示：

综合评估体系将定量数据与定性评价相结合以此形成总分模型，总分超过 80 分的建筑会被优先纳入保护计划当中，规划决策时能将建筑分布密度土地利用价值以及周边功能需求结合起来做优先排序。这能为城市更新里的历史建筑保护给予科学依据以及实践参考。

2 城市更新中历史建筑保护策略分析

2.1 空间规划与城市设计导向

城市在更新，过程里历史风貌区要和现代城市功能的更新高度协调起来，规划得有个前提那就是保留建筑原有的风貌和历史空间的肌理。与此交通商业居住以及公共服务这些方面的需求也得兼顾到，举例来说，把历史街区周边道路的宽度控制在 6~8m，如此一来既能保证通行效率又能维护街区的历史景观特色。街巷的铺装材质要和建筑风格协调，路灯风格同样需与建筑风格相匹配，街道绿化设计也不能例外也要和建筑风格契合，如此这般，历史空间的整体性方能得以保持。

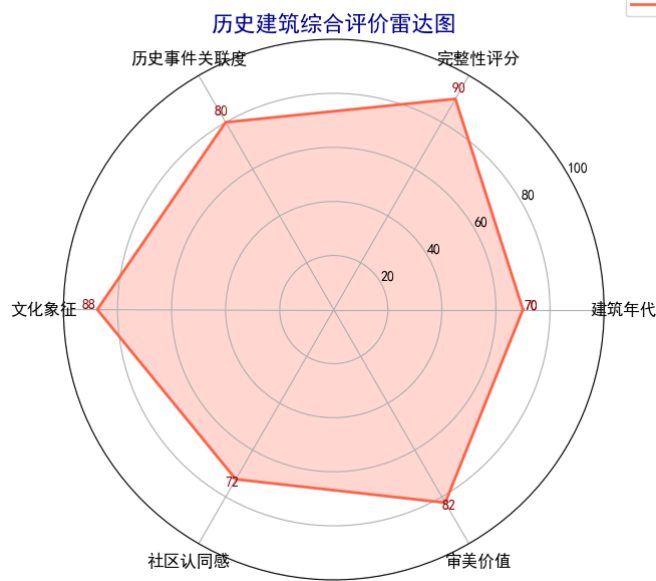


图 1 历史建筑综合评价

建筑群落布局的优化很关键，建筑间距得合理布置，街巷延伸要合理规划，视线通廊也需合理安排，功能节点同样要合理设置。如此一来历史建筑群落跟现代城市功能才能够实现无缝衔接，通风效果能得到保证，而且在这个间距条件下还能营造出连续且可被识别的历史空间感。对街区建筑高度予以精细控制对立面比例也进行精细把控精细调控建筑朝向，如此一来，历史建筑群落跟现代城市功能能够实现无缝衔接。空间联系性维护作用显著，它能增强城市的可达性还能提升历史建筑的整体可辨识度，如此一来，街区成了居民日常生活开展文化活动以及旅游观光的重要地方。

城市设计有个重要方向是让公共空间和历史景观融合起来，增加广场、步行街、景观节点以及公共绿地，这能提升建筑周边的环境品质。还能增强社区生活体验，延长游客停留时间，数据有所显示，当历史建筑区融合公共空间后日均游客流量能够提升大约 18%。而且居民休闲参与度也会增加大概 15%，商业活动活跃度更是提升了 12%，能够引入智能导览，还可引入互动信息牌以及开展夜间照明设计。如此一来历史街区的文化体验与空间活力能进一步增强，实现历史保护与城市功能优化这双重收益。

2.2 法规政策与管理机制

完善历史建筑保护法规体系是关键，这能保障保护策略得以有效落实，现行法规有《历史建筑保护条例》《文物保护法》等。这些法规明确规定了保护范围修缮标准以及审批流程为历史建筑更新给予了法律依据，执行机制保障法规有效实施，它采用多种办法进行定期巡查明确责任分工投入专项资金实施奖惩措施。设立专门资金给予支持，如此一来历史建筑的年均修缮率能够提升到 80%，建筑的安全状况以及风貌维护效果都能得到显著改善。

土地使用政策创新了建筑改造许可政策也创新，这两项政策创新给历史建筑保护提供了制度保障，更新时能采取“保护优先+功能更新”这种许可模式。针对改造项目，设定审批标准以及限制条件，既要让建筑外观比例建筑高度还有屋顶材料保持一致，还要在政策实施之后建筑改造的合规率能够达到 90%。这一情况能够有效减少功能冲突方面的风险，规划阶段能引入多方案评估机制，针对不同改造方案展开文化经济以及社会价值的综合评分工作，如此便能提升决策的科学性。

社会参与机制强调多元主体的协同管理，社区居民文化机构专业设计单位以及政府部门联合进行决策，如此一来历史建筑保护的执行力能够得到增强。研究有这样的发现，有些社区居民参与率超过 50%的这些社区对历史建筑维护的满意度平均比非参与社区高出约 20%，而且这些社区的文化认同感与社会凝聚力大幅提升。引入公众参与评议鼓励志愿维护支持文化活动开展，如此一来在政策与市场约束之外能形成社会自我驱动的保护机制，这一机

制可提高历史建筑长期可持续管理水平。

2.3 技术支持与施工管理

历史建筑保护技术需要兼顾多方面，一方面是传统工艺另一方面则是现代施工手段，针对砖木结构修复可采用原材料复原技术再结合钢结构加固。这样做在确保结构稳定性的同时还能保留历史特征，经过这样处理其结构安全系数可以提升到 1.5，特殊构件，像屋脊、窗棂还有雕花木作这些。要运用数字化建模技术以及精密复制技术来开展修复工作，如此一来方能保证这些特殊构件既有艺术性又具备耐久性。

建筑材料修复与可持续性应用也是关键环节，采用耐候砖使用可再生木材再配上环保涂料，这么做能让建筑寿命延长个 10~15 年还能降低碳排放。统计数据表明在应用可持续材料后历史建筑的年维护成本出现下降降幅约为 12%，而且其维修周期得以延长幅度达 15%。可持续材料的应用对城市更新成本控制和环境保护贡献显著，能采取一些绿色改造措施，像进行雨水回收、对自然通风加以优化、将光伏屋顶进行整合等等。这些措施能让历史建筑的节能水平进一步提高也能提升其环境适应性。

信息化技术以及数字化技术在保护和监测领域发挥着极为重要的作用，在保护与监测这件事上信息化和数字化技术的重要性不容小觑。借助 BIM 模型来创建建筑信息档案，把无人机航拍三维激光扫描以及传感器监测结合起来，如此这般就能达成建筑状态的实时追踪也能实现风险预警。举个例子，结构应力监测的精度挺高能达到 ±2mm，在裂缝扩展监测方面能实现精细捕捉精准到 0.5mm，这样一来施工以及更新进程里的安全与保护成效都有了保障。数字化技术用处多多，它能用于制定历史建筑的长期维护计划还能模拟修缮方案以及进行公众互动展示，借助这些应用能够达成保护管理与利用的全周期科学化管理。

3 历史建筑再利用的路径与模式

3.1 功能再利用的类型与策略

历史建筑功能再利用大致能划分成三大类型，其一为文化创意类其二是商业类其三属于公共服务类，文化创意功能丰富多样。这里面有博物馆艺术馆还有文化展厅以及手工艺体验空间等，这些空间和场所能够延展建筑的文化内涵还能让公众对建筑文化有更强的认知。统计数据表明对建筑进行文化创意功能改造后效果显著，日均参观人数能提升大约百分之二十五活动举办的频次增加百分之三十其社会价值由此得到显著提升。商业功能多样包括特色餐饮文创商铺精品酒店还有体验式商业空间，其通过获取租金收益以及带动消费来提高经济回报率，改造之后平均投资回报率能够提升 12%~18%。社区文化中心教育及展示空间这些公共服务功能作用可不小，它们能够增强居民参与感还能提升社会认同，而且社区的使用率能达到 75%

居民满意度也会提升大约 15%。混合功能模式在实践里慢慢得到了认可,它把文化商业以及公共服务进行有机融合,如此一来建筑利用率和社会效益能实现最大化。

3.2 空间改造与设计策略

空间改造要以内部空间的重新组合和功能的灵活性作为核心要点,空间改造着重于内部空间的重新布局强调功能具备灵活特性。利用可拆卸隔断模块化家具多用途空间还有移动式设施实现不同功能的切换达成不同功能的扩展,满足文化展览需求满足商业运营需求也满足社区活动需求。研究有这样的发现,灵活设计能够提升建筑的使用率大概能提升 20%,它还能增强建筑的再利用价值也可延长建筑的生命周期。设计有一重要原则,那便是建筑形态需保留且要与现代设施相兼容,外立面屋顶窗棂还有历史构件都得尽可能维持原本的模样。与此把现代的供暖通风电气系统以及消防设施引入进来以此保证舒适性跟安全性,绿色改造以及节能技术的应用能让建筑能耗有所下降。像安装光伏板进行雨水回收利用使用高效隔热材料还有对自然采光进行优化等措施都属于这一范畴,这些措施可使建筑能耗下降 15%~20%。与此还能兼顾多项目标既实现生态效益又达成经济节约也注重文化保护。

3.3 再利用过程中的利益平衡

在对历史建筑进行再利用时得权衡历史价值和经济效益,要构建一个涵盖文化价值社会效益以及经济回报的多维评估模型以此为决策给出科学依据。文化价值在整体权重中约占 45%,经济回报占比 30%,社会认同以及环境影响占 25%,这些比例能够辅助规划者制定再利用方案该方案可兼顾多方利益。社会认同和市场驱动因素的协调极为关键,居民参与度要是提升 10%-15%那项目接受度会显著提高长期维护动力也会显著增强。要确保历史建筑再利用达成文化延续社会认可和经济可行的平衡,这可以借助利益相关方的协商公众参与机制还有动态监测来实现。利益相关方参与机制涵盖多方,政府企业社区以及文化机构一同展开联合协商在此过程中将责任与收益分配予以明确,进行协商机制设计,能够减少冲突。冲突减少后,项目可以顺利推进,与此利益平衡指数能够提升至 85%具体情况如表 1 所示。

表 1 利益平衡

功能类型	使用率/收益	能耗降低	社区满意度
文化创意	75%	10%	80%
商业	85%	15%	70%
公共服务	70%	12%	85%
混合功能	80%	15%	82%

综合而言要实现历史建筑再利用的可持续发展让社会价值最大化核心路径是什么?是将合理的功能规划和灵活的空间设计以及利益平衡机制结合起来。

4 历史建筑保护与再利用的系统化路径构建

4.1 综合策略框架

历史建筑保护与再利用的系统化路径需要有个核心,这核心,就是以价值评估来驱动的决策模型,对建筑开展量化打分,从文化、经济、社会以及环境这四个维度予以评价,其中文化价值占比 45%经济价值占 30%社会价值占 15%环境价值占 10%。由此形成保护与再利用的优先级排序为城市更新里的决策给出科学依据。

策略框架整合多方面内容,这其中包括政策规划还有技术与社会的多维协调机制,政策层面涵盖多个方面,其中有保护法规,还有土地使用许可。改造审批流程也在政策层面的范畴内,规划层面包含多个方面,一方面是对空间布局进行优化,另一方面是开展功能整合工作;还有就是进行景观设计,从技术角度着手,引入了多种技术,其中包括 BIM 建模技术还有三维扫描技术,材料修复技术以及绿色节能技术。在社会层面居民参与其中,社区组织也参与进来,文化机构与企业同样参与,凭借多方的参与,达成多元协同管理。

系统化路径有其设计逻辑和操作流程,这一逻辑与流程遵循一种闭环模式,该模式具体为“评估-规划-设计-实施-反馈-优化”。流程的每一步都设定了量化指标和监控点,就像建筑结构安全系数要大于等于 1.5 日均使用率得大于等于 70%,如此这般就能确保保护与再利用目标可以控制能够测量便于执行。

4.2 风险控制与动态管理

在城市更新时,存在着多种风险,有拆迁方面的风险有结构安全上的风险还有文化价值遭受损失的风险,借助风险识别矩阵来量化拆迁风险。把风险划分成高、中、低三个等级,其中高风险是大于 80%,中风险处于 50%到 80%之间,低风险则小于 50%,这样,方便进行优先干预。施工前要开展静力分析与材料检测以此把控结构安全风险,如此一来,能够保证安全系数处在 1.5 级。

法律、技术与社区参与形成三重保障机制,法律保障得以实现借助的是历史建筑保护条例还有改造审批流程;技术保障涵盖多个方面,一方面是结构加固,一方面是材料修复还有数字监测系统;社区参与能保障建筑功能的合理性还能提升社会接受度,居民参与率要是达到或超过 50%能显著降低冲突。

动态监测与调整策略是依靠反馈机制以及迭代机制来达成的,借助反馈机制,能获取相关信息,依靠迭代机制,可不断优化完善。就这样实现了动态监测与调整策略 BIM 模型和互联网传感器实时采集建筑数据,每季度会生成评估报告,将二者相结合能够动态调整拆迁改造或功能更新策略。而且风险响应时间缩短到 48h 以内确保保护与再利用的整个过程都能被有效控制。

4.3 学术意义与实践参考价值

系统化路径构建给城市更新理论体系带来新框架,历史建筑保护与再利用被纳入综合决策模型这一举措让城

市更新与文化遗产研究的理论深度得以丰富。

在政策制定以及规划实践里该路径能够给出具有可操作性的参考,借助量化指标闭环管理以及多维协同机制能给城市规划者与政策制定者提供明确的执行方案。这有助于提高更新项目的效率增强和可持续性。

在文化延续以及功能优化上系统化路径将历史价值和现代需求同时考虑,它达成了建筑的文化保护功能复兴以及经济可持续发展。它为历史建筑于现代城市里创造长期价值给出了一套系统的解决办法。

5 结语

历史建筑于城市更新意义重大,它承载着文化记忆,还是城市功能优化的关键资源,借助价值评估驱动的保护策略,开展系统化空间规划提供政策支持与技术保障,通过这样的综合路径,历史建筑能够延续文化价值。而且历史建筑还能达成经济效益、社会认同以及环境可持续等多重目标,这条路径意义重大,它给城市规划者和决策者提供了可操作的参考。不仅如此,还让历史建筑保护与再利

用的理论体系变得更丰富,在城市可持续发展文化传承以及功能优化这些方面它提供了科学的指导和实践借鉴。其具备重要的学术价值和应用意义。

[参考文献]

- [1]徐倩.城市更新背景下的历史建筑保护与再利用设计[J].美与时代(城市版),2025,11(5):7-9.
- [2]周懿员.城市更新背景下兰州苏式居住建筑保护与再利用研究[D].甘肃:兰州交通大学,2024.
- [3]齐涛.城市更新背景下的历史建筑保护与再利用设计[J].美术馆,2023,4(5):49-51.
- [4]王林星.历史街区保护利用综合评价体系与实证研究[D].江苏:东南大学,2022.
- [5]杨曦铎,任玥.城市更新中的工业遗产历史建筑的保护与利用[J].居舍,2024,11(21):157-160.

作者简介:高彦玲(1990.2—),毕业院校:贵州大学,所学专业:建筑学,当前就职单位:九易庄宸科技(集团)股份有限公司,职务:建筑设计师,职称级别:工程师。

探析国土工程中土地复垦技术的精准应用与管理

张 然

秦皇岛荣丰工程技术有限公司, 河北 秦皇岛 066000

[摘要]随着城市化和工业化进程的加快,土地破坏和退化问题日益严重,土地复垦作为国土工程中的重要措施,对土地资源再利用、生态修复和社会经济可持续发展具有重要意义。然而,传统土地复垦在实施过程中存在着技术应用不够精准、复垦目标不够明确以及管理机制欠完善等问题,导致复垦工程的整体效益难以充分发挥。文中基于精准化视角,系统探讨了土地复垦的理论基础与发展趋势,分析了关键技术及其精准应用模式,提出了科学的管理体系与制度创新路径,并展望了未来的发展方向。研究表明,精准化的复垦不仅能够提升工程的科学性和有效性,还能实现生态、经济和社会效益的协同提升,为国土空间治理和生态文明建设提供坚实支撑。

[关键词]国土工程;土地复垦;精准应用;生态修复;管理体系

DOI: 10.33142/ucp.v2i5.17945

中图分类号: F301

文献标识码: A

Exploration on the Precise Application and Management of Land Reclamation Technology in National Land Engineering

ZHANG Ran

Qinhuangdao Rongfeng Engineering Technology Co., Ltd., Qinhuangdao, Hebei, 066000, China

Abstract: With the acceleration of urbanization and industrialization, the problems of land destruction and degradation are becoming increasingly serious. Land reclamation, as an important measure in national land engineering, is of great significance for the reuse of land resources, ecological restoration, and sustainable socio-economic development. However, traditional land reclamation has problems such as inaccurate technical application, unclear reclamation goals, and imperfect management mechanisms in the implementation process, which make it difficult to fully realize the overall benefits of reclamation projects. Based on a precision perspective, the article systematically explores the theoretical basis and development trends of land reclamation, analyzes key technologies and their precise application models, proposes a scientific management system and institutional innovation path, and looks forward to future development directions. The research results indicate that precise reclamation can not only enhance the scientificity and effectiveness of engineering, but also achieve synergistic improvement of ecological, economic, and social benefits, providing solid support for national spatial governance and ecological civilization construction.

Keywords: land and infrastructure engineering; land reclamation; precise application; ecological restoration; management system

引言

土地是社会发展的基础性资源,在经济增长、人口扩张和城市建设过程中承受着巨大的压力。土地复垦是修复被破坏土地的一项重要措施,其成效直接关系到土地资源的可持续利用与区域生态环境的恢复。然而,在实际操作中,传统土地复垦往往存在“粗放式治理”的弊端,缺乏精准化的技术应用与科学的管理体系。新时代国土空间治理对土地复垦提出了更高的要求,即既要实现土地生产力的恢复,又要兼顾生态系统功能和社会需求。精准复垦技术的提出,正是回应这一需求的必然选择。本文从理论基础、关键技术、应用模式、管理创新与未来发展等方面展开分析,旨在为土地复垦工程提供更加科学的指导和实践路径。

1 土地复垦的理论基础与发展趋势

1.1 土地复垦的基本内涵与目标

土地复垦的核心在于通过人为干预和自然恢复相结

合的方式,使因采矿、建设、农业过度利用等导致的退化土地恢复到可利用状态。复垦的基本目标分为三个层面:一是生产功能的恢复,使土地重新具备农业、林业或建设等使用价值;二是生态功能的提升,修复被破坏的生态系统结构与过程,改善区域生态环境质量;三是社会功能的保障,通过复垦改善人居环境、增加就业机会并促进区域经济发展。从这一角度看,土地复垦已不单纯是工程问题,而是涉及经济、社会与生态多重价值的综合性工作。

1.2 土地复垦的理论基础

土地复垦涉及多学科理论支撑。首先,系统论强调复垦是一个复杂系统工程,必须统筹土地、水体、植被和人类活动等多重要素。其次,可持续发展理论要求在复垦过程中兼顾当代人和后代人的利益,实现资源的长久利用。再次,生态修复理论为复垦提供了科学依据,其核心是恢复生态系统的自我调节能力和长期稳定性。最后,土地经济学理论强调复垦不仅是生态修复,也是土地价值再创造

的过程。

1.3 发展趋势

近年来,土地复垦呈现出三大趋势。首先是精准化,即针对不同破坏类型和区域特征,制定差异化、定制化的复垦方案。其次是信息化,利用遥感、无人机、大数据与人工智能实现复垦全过程的动态监测与管理。最后是绿色化,强调节能、低碳和生态友好,推动土地复垦与“双碳”战略的深度融合。这些趋势表明,未来土地复垦不仅是工程实践,更是技术创新与治理理念不断融合的产物。

2 土地复垦的关键技术与精准应用

2.1 土壤改良与重构技术

土壤是土地复垦的核心载体。精准复垦需要深入分析土壤的理化性质和微生物群落结构,根据不同退化类型采取差异化改良措施。例如,对酸化土壤应进行石灰中和,对盐碱化土壤应通过排盐洗盐与耐盐植被种植结合起来改良,对贫瘠土壤应施加有机质并引入土壤微生物制剂。与此同时,土壤重构技术如剖面重建、覆盖物置换和层次调控,能够重建土壤剖面结构,恢复土壤的蓄水、供肥和透气功能。

2.2 植被恢复与生态修复技术

植被恢复是复垦工程的重要环节,直接关系到生态系统稳定性的重建。精准植被恢复强调因地制宜,根据区域气候、土壤条件和水文特征选择适合的本土植物群落,避免外来物种带来的生态风险。同时,需采用群落构建与演替模拟方法,提升植被群落的稳定性和抗逆性。辅助技术如喷播绿化、混播技术和多层次群落配置,也能提高植被恢复速度和质量。

2.3 信息化与智能化复垦技术

随着科技的发展,信息化与智能化技术成为复垦精准化的重要工具。遥感和无人机能够获取复垦区的高分辨率影像,实时监测土地恢复状况;GIS可实现复垦区的数据空间管理和动态分析;人工智能则能通过大数据建模,预测复垦效果并优化复垦方案。这些技术的应用,不仅提升了复垦的科学性和准确性,还使管理更加透明和可控。

3 土地复垦的应用模式与路径选择

3.1 分类分区复垦模式

不同破坏类型的土地在复垦过程中具有差异化的需求,因此必须因地制宜,采取科学的分类分区模式,以提升复垦的针对性与有效性。矿山废弃地往往因长期开采而导致地形破碎、土壤结构严重破坏,这类土地需要进行大规模的土壤重构与植被恢复,逐步恢复生态系统的稳定性。农业退化地则主要面临土壤养分流失与耕作制度不合理等问题,复垦的重点在于改善土壤质量、提升肥力,并通过优化轮作制度和推广绿色农业技术来增强其生产功能。至于建设用地弃置区,这类区域适合通过景观化和功能化改造重新利用,可以建设为休闲绿地、社区公园或产业用地,

满足社会发展的新需求。通过分类分区治理,不仅能够提高复垦工程的科学性与精准度,还能实现资源的最优配置,使土地在生态、经济与社会价值方面都得到最大化发挥。

3.2 多功能复垦路径

传统的复垦工程多以恢复土地的生产功能为目标,往往停留在单一的农业利用层面,而现代复垦理念则更加注重多功能并举。在恢复农业生产能力的基础上,复垦应当兼顾生态保护与社会服务,通过系统化设计实现土地价值的多元化转化。例如,部分复垦土地可以建设生态公园或湿地保护区,不仅能够修复生态系统,还能提升区域的环境质量;也可以打造休闲旅游景区,带动相关产业发展,增加就业机会和经济收入。在这一过程中,复垦工程逐渐从单纯的“土地修复”转变为统筹生态效益、社会效益与经济效益的综合治理模式。这种多功能路径契合国土空间综合治理的战略要求,使复垦工程既能改善环境,又能促进社会进步与经济发展,推动人与自然的和谐共生。

3.3 复垦与区域发展协同路径

土地复垦不仅是单纯的生态修复工程,更应被纳入区域经济和社会发展的整体战略之中。在乡村振兴和城乡融合的背景下,复垦工作能够为闲置土地和废弃区域注入新的活力,转化为推动区域发展的新资源。通过在复垦过程中引入产业发展规划,可以打造农业、旅游、生态产业等多元化的发展路径,使土地在修复后不仅恢复生态功能,还具备经济价值和社会效益。同时,将复垦与区域基础设施建设结合,能够改善交通、供水、能源等条件,提升整体发展环境。这样一来,复垦工程便不再是单一的生态补救,而是成为促进区域经济增长、改善民生和推动社会进步的重要抓手,为可持续发展奠定坚实基础,实现人与自然的和谐共生。

4 土地复垦的管理体系与制度创新

4.1 科学规划与动态管理机制

复垦工程的实施必须建立在科学规划的基础上,既要符合土地利用总体规划的要求,又要严格遵循生态保护红线,避免因盲目开发造成新的生态破坏。在目标设定上,应兼顾生态修复、土地利用效率和区域可持续发展,形成系统化、可操作的复垦路径。规划过程中不仅要考虑短期的景观改善,还要着眼于生态系统的长期稳定与功能恢复,从而实现复垦工程的整体效益。为了提升工程的科学性与灵活性,还应建立完善的动态管理机制。借助遥感监测、大数据和信息化平台,对复垦进度和生态成效进行实时追踪,及时发现问题并进行方案优化。通过这种动态调控,可以保证复垦工程在实施过程中不断适应环境变化和实际需求,最终实现生态效益、经济效益和社会效益的统一。

4.2 复垦责任制与绩效考核机制

土地复垦作为一项系统性工程,涉及政府、企业和社会多方力量,其顺利推进依赖于明确的责任划分与科学的

绩效评价。政府在其中应发挥宏观调控与制度保障作用,制定相关法律法规和技术规范,提供政策引导和监督管理。企业作为实施主体,需要严格落实复垦任务,确保工程质量与生态成效,同时承担应有的社会责任。社会公众则可通过舆论监督、志愿服务和参与式治理等方式,形成广泛的社会监督合力。为了保证各方责任的落实,应建立量化考核指标体系,将土地利用、生态恢复效果、碳减排贡献和居民满意度等指标纳入绩效评价范围。通过定期评估与公开结果,可以有效激励和约束各参与方,推动复垦质量稳步提升,实现生态效益与社会效益的双赢目标。

4.3 政策支持与资金保障体系

复垦工程作为一项系统性和长期性的生态治理任务,往往需要投入大量资金,单靠政府财政拨款难以完全满足实际需求。为确保工程的顺利推进,应构建多元化的资金保障体系。可以通过设立专项基金,专门用于支持重点区域和关键项目的实施,形成稳定的资金来源。同时,积极引导社会资本参与,将复垦工程纳入绿色产业投资领域,提升资本运作效率。绿色金融工具的应用,如绿色债券、碳交易和环境信贷等,也能为复垦工程注入新的活力。在资金支持的基础上,国家层面还应出台配套政策,提供税收优惠、金融扶持和技术指导,进一步降低项目实施的资金压力和运营风险。通过这种多渠道、多层次的投入机制,复垦工程能够实现资金供给的长期稳定,推动生态修复目标的持续落地与成效显现。

5 土地复垦的未来发展方向

5.1 技术融合与跨学科协同

未来土地复垦的推进将愈发依赖跨学科技术的深度融合,以应对复杂的生态与环境问题。生态学能够为植被恢复与生态系统重建提供理论指导,工程学则为土地整治与地形改造提供坚实的技术支撑。地理信息科学在空间数据采集、建模与分析方面具有突出优势,可以为复垦规划与动态监测提供精准依据。环境科学则通过污染治理与生态风险评估,确保复垦过程与结果的安全与可持续性。将这些学科成果有机结合,能够形成系统化的复垦技术体系,实现从单一问题治理向整体生态系统修复的转变。跨学科的整合不仅提升了复垦工程的科学性与综合性,还能为不同区域的差异化修复提供更加精准的技术路径,为土地资源的高效利用和生态环境的长远改善奠定坚实基础。

5.2 绿色低碳与可持续发展路径

在“双碳”战略的宏观背景下,土地复垦不再仅仅是单纯的生态修复工程,更承担着推动绿色低碳发展的重要使命。复垦过程中应广泛采用低碳环保材料与节能型施工工艺,减少资源消耗和能源浪费,降低工程实施环节的碳

排放。在植被恢复方面,应合理引入具备较高固碳能力的树种和草本植物,提升碳汇功能,使土地复垦不仅能恢复生态景观和环境功能,还能在碳减排方面发挥长期作用。这种双重效益的实现,不仅与国家“双碳”战略目标高度契合,也为复垦工程赋予了新的价值导向。通过绿色设计与科学实施,土地复垦能够在改善生态环境的同时促进碳中和进程,成为生态文明建设与可持续发展的重要抓手,为人与自然和谐共生提供更加坚实的基础。

5.3 智慧复垦与长效机制构建

智慧复垦作为生态修复的新趋势,代表了复垦工程向数字化和智能化转型的重要路径。依托大数据、物联网和人工智能等前沿技术,可以构建集监测、分析与调控为一体的智慧平台,对复垦过程中的土壤改良、植被恢复和水资源调配等环节进行实时监控与动态反馈。通过智能算法的应用,系统能够根据监测数据自动优化复垦方案,实现因地制宜的精准管理,显著提升工程效率与生态成效。在此基础上,还需要形成制度化的长效机制,从政策层面出台支持措施,确保智慧复垦有明确的发展方向;在资金方面建立多元化投入渠道,为项目实施提供稳定保障;在技术层面加强科研攻关与成果转化,推动智能化手段在更大范围内的应用。只有这样,复垦工程才能真正实现长期稳定性与可持续性,为生态文明建设贡献力量。

6 结论

土地复垦是国土工程的重要组成部分,其精准应用与科学管理是实现土地资源可持续利用和生态环境修复的关键。本文从理论基础、关键技术、应用模式、管理体系与未来发展方向等方面进行了系统探讨,指出了传统复垦模式的不足,并提出了精准化、信息化和绿色化的发展路径。研究表明,只有通过技术创新、制度完善和多元协同推进,才能实现土地复垦的高效性和可持续性。未来,随着信息技术和绿色低碳理念的不断深化,土地复垦将在智慧化和系统化方向取得更大突破,为国土空间治理和生态文明建设提供更加坚实的保障。

【参考文献】

- [1]王立新.土地复垦工程的关键技术与管理模式研究[J].中国土地科学,2021(8):45-53.
- [2]李志强.国土工程视域下的土地复垦精准化应用探讨[J].国土资源科技管理,2022(4):60-67.
- [3]陈丽华.土地复垦技术创新与制度保障机制研究[J].生态与农村环境学报,2023(2):71-79.

作者简介:张然(1993.12—),男,汉族,毕业学校:中国地质大学长城学院,现工作单位:秦皇岛荣丰工程技术有限公司。

城市更新语境下公共艺术项目的策划组织与管理一体化研究

陈菲

中国建筑设计研究院有限公司, 北京 100000

[摘要]文中聚焦城市更新背景,深入研究公共艺术项目所采用的策划、组织与管理一体化运作模式。伴随城市空间的持续变迁,公共艺术的作用已超越单纯的美学装饰,成为激发街区生机、增强居民身份认同的关键载体,文章从内容规划与项目管控两方面展开分析,指出在项目启动阶段便需清晰界定使用群体与核心受众,从而保障艺术创作与空间实际功能的深度融合,通过剖析国内外城市更新街区的经典实例,文章进一步阐明公共艺术如何转化为吸引公众关注的核心元素,最终达成社会效益与经济收益的协同发展,此项研究的目的,在于为后续城市更新进程中的公共艺术实践构建一套系统完整且具备实操性的参考框架。

[关键词]城市更新;公共艺术;项目策划;一体化管理;街区活力

DOI: 10.33142/ucp.v2i5.17943

中图分类号: TU24

文献标识码: A

Research on the Integration of Planning, Organization, and Management of Public Art Projects in the Context of Urban Renewal

CHEN Fei

China Architectural Design & Research Group, Beijing, 100000, China

Abstract: The article focuses on the background of urban renewal and conducts in-depth research on the integrated operation mode of planning, organization, and management adopted by public art projects. With the continuous changes in urban space, the role of public art has surpassed simple aesthetic decoration and become a key carrier for stimulating the vitality of neighborhoods and enhancing residents' identity recognition. This article analyzes from two aspects: content planning and project control, and points out that in the project initiation stage, it is necessary to clearly define the user group and core audience, so as to ensure the deep integration of artistic creation and actual spatial functions. By analyzing classic examples of urban renewal neighborhoods at home and abroad, the article further clarifies how public art can be transformed into a core element that attracts public attention, ultimately achieving the coordinated development of social benefits and economic benefits. The purpose of this research is to construct a systematic, complete and practical reference framework for public art practice in the subsequent urban renewal process.

Keywords: urban renewal; public art; project planning; integrated management; neighborhood vitality

引言

城市更新的意义不仅限于物理空间的改造升级,更包含社会文化内涵的重塑与再生,公共艺术在这一过程中扮演着关键角色:它能够赋予城市空间全新价值,吸引各类不同群体参与其中,进而形成城市独有的文化印记,但当前许多公共艺术项目存在运作零散、前期规划缺失的问题,使得项目效果难以与城市更新的整体目标相匹配,本文通过梳理公共艺术在城市更新中的具体作用,结合实际案例展开深入分析,探索策划、组织与管理一体化的实施路径,期望能为相关领域的实践工作提供有益借鉴。

1 城市更新语境下公共艺术的角色定位

1.1 公共艺术在城市更新中的文化价值

公共艺术是城市更新进程里的关键构成部分,它不仅在美学领域发挥效用,还肩负着承载文化记忆、塑造城市独特风格的重要使命。城市空间持续推进更新与改造的过程中,不少原本的历史脉络和地域特色面临被弱化乃至消亡的危机,而公共艺术的融入恰好为这类文化的传承提供

了可行路径,借助视觉、听觉及行为层面的艺术形态,公共艺术能够把地方文化符号、历史要素与当代设计思路相融合,让完成更新的街区既拥有现代功能与时尚格调,又始终保留独特的文化印记和身份认知,在部分老工业区的改造工作里,常常依靠壁画、雕塑、装置艺术等形式留存工业遗产的象征意义,让原本废弃的厂房与码头获得全新的文化内涵和审美价值,这样的艺术呈现方式,既满足了市民对美感与创意的追求,又在不知不觉中传递着文化认同与集体记忆,助力更新区域打造出鲜明的文化氛围和城市品牌,使其在城市之间的竞争中展现出独特优势。

1.2 公共艺术对社区凝聚力的作用

公共艺术不只是城市美学的一种体现,更是增强社区凝聚力的重要途径,在公共艺术项目的策划与执行过程中,居民通常能获得直接参与的机会,像社区共同创作壁画、将居民意见融入雕塑主题设计等情况都较为常见。这种参与模式能够提升居民对更新后空间的归属感与责任感,让公共艺术成为连接社区成员的桥梁,公共艺术还能在日常生活里

为居民提供交流场地与情感共鸣的切入点,居民在共同体验艺术的过程中构建起共同记忆,进而强化社会关系网络,在多元文化共处的城市环境中,公共艺术有助于推动跨文化间的对话与包容,促进社区整体活力与社会资本的提升。

1.3 公共艺术与商业价值的互动关系

公共艺术在城市更新中的另一重要价值,体现在它对商业发展的推动作用上。艺术的融入能明显提高街区的空间品质与视觉吸引力,吸引游客和潜在消费者前来,进而增加商业客流量与消费潜力,许多更新项目将公共艺术视作吸引公众关注的核心元素,通过创意装置、互动艺术或沉浸式艺术场景打造热门打卡地点,推动街区成为广受欢迎的目的地,商业资本的投入也为公共艺术提供了更多资金支持与展示空间,实现双方的相互助力。以购物中心为例,引入艺术展览或艺术装置后,不仅提高了商业空间的格调,还延长了顾客的停留时间。

2 公共艺术项目的内容策划与前期研判

2.1 项目初期的功能定位与使用群体分析

在公共艺术项目的策划阶段,功能定位是首要开展的环节,它不仅决定着项目的整体走向,还会对后续的设计选择与管理方案产生影响。不同的城市更新空间往往有着不同的功能需求:历史街区更注重文化记忆的传承与历史符号的还原,商业街区倾向于通过营造特定氛围提升消费体验与商业价值,社区更新则更强调公共服务与居民互动,突出人性化与便捷性,因此,在初期进行定位时,需要明确公共艺术的核心作用,是侧重美学装饰与视觉塑造,还是强调功能性设施与互动体验,或是两者兼具,从而确保艺术与空间目标保持一致,同时,使用群体分析也是必不可少的重要环节,潜在使用群体既包括本地居民,也涵盖游客、商户以及年轻的创意人群,他们在文化喜好、消费习惯与休闲方式上的差异,直接影响着公共艺术的接受程度与使用频率,只有通过科学系统的调研和精准的用户画像构建,才能避免艺术内容与实际需求脱节,让项目在文化、社会和经济层面都具备长期活力与可持续性。

2.2 目标客群的界定与吸引机制

完功能定位与用户分析后,需进一步明确目标客群,并设计对应的吸引机制。目标客群不仅是空间的直接使用者,还包含潜在的文化消费者与媒体传播者,界定客群时,应综合考量年龄层次、社会阶层、兴趣偏好与行为特点,年轻群体通常更青睐沉浸式体验和互动性强的艺术装置,中老年群体则更关注文化内涵与休闲环境的舒适度,外来游客容易被新颖的视觉效果和独特的文化符号吸引,在吸引机制设计上,可通过打造打卡点、设置互动体验区、举办主题活动和开展数字传播等方式增强吸引力,依托社交媒体的裂变式传播,公共艺术能够快速扩大影响力,实现从局部项目到城市热门事件的转变,这种精准的客群定位与吸引机制,确保了艺术内容与使用者之间形成持续互动。

2.3 公共艺术内容与城市空间功能的融合

公共艺术的内容设计并非单一的审美表达,而是与城市空间功能深度结合的成果。空间功能的差异决定了艺术内容的呈现形式:在交通节点,公共艺术需兼顾导向作用与视觉舒适度;在商业街区,艺术需强化消费体验并改善环境氛围;在社区公园,艺术则承担着休闲互动与教育启发的功能,因此,艺术内容的策划必须与空间的日常使用场景相适配,形成“功能+艺术”的复合价值,此外,融合过程还体现在材料选择、尺度把控与可持续性设计方面,比如在开放空间中采用环保材料和耐候性工艺,保障艺术品与环境的和谐共存,通过这种深度融合,公共艺术不再是孤立的装饰物品,而是成为城市空间系统的一部分,既美化环境,又优化功能,最终提升整体更新效果。

3 公共艺术项目组织与管理的一体化模式

3.1 多元主体协同机制:公共与私营力量的互动

公共艺术项目的成功往往离不开多元主体的共同参与和协作,其中公共部门与私营力量的互动发挥着决定性作用。公共部门一般承担政策引导、资金扶持和规划规范等职责,确保项目既符合城市更新的整体战略,又能回应公共利益的需求;而私营力量,像地产开发企业、文化创意公司及艺术机构,会在资金投入、技术支持和创意创新方面提供关键保障,让项目更具活力与市场化特质,在具体实践中,双方的互动不仅体现在资源的互补上,更体现在目标的协商与利益的平衡中,公共部门期望借助公共艺术提升城市形象、增强社会凝聚力,企业则更关注品牌打造、商业价值与投资回报,若能搭建透明的合作机制,制定合理的激励政策,并通过契约化的管理框架保障各方权益,就能实现公共目标与商业利益的双赢,这种机制既能提高公共艺术项目的执行效率与社会影响力,也能确保其在城市更新进程中实现长期可持续发展。

3.2 项目全生命周期管理:从立项到维护

公共艺术项目的组织管理并非单一阶段的工作,而是贯穿全生命周期的系统过程。从立项阶段起,就需要明确项目的定位、目标与可行性研究,确保其与城市更新战略相契合,设计与实施阶段则需协调多方资源,保障艺术创作与城市空间改造同步推进,并重视时间管理与质量把控,竣工之后,维护与运营阶段尤为关键,公共艺术作为开放性资源,容易受到环境与人为因素的影响,因此需要建立常态化的维护机制和动态的评估机制,此外,还应通过定期举办艺术活动、开展数字化展示与公众教育,延续公共艺术的活力与吸引力,使其不断释放新的价值,这种全生命周期管理不仅能保障艺术作品的物理存在,更能确保其社会功能与文化影响得到长期发挥。

3.3 资源整合与风险控制策略

公共艺术项目涉及资金、空间、人才与社会资源等多个维度,因此资源整合能力直接影响项目成效。资金方面,

可通过政府财政投入、企业赞助和社会捐助构建多元化来源,避免单一渠道带来的不稳定性;空间资源方面,需合理利用城市更新区域内的闲置空间或公共场所,让艺术与环境有机融合;人才资源方面,应整合艺术家、策展人、设计师与管理专业的力量,组建跨学科团队,同时,风险控制也必不可少,常见风险包括预算超支、施工延误、公众接受度不足以及艺术品维护困难等,针对这些问题,可通过完善的前期调研、科学的项目管理工具以及公众参与机制进行有效预防和应对,资源整合与风险控制的有机结合,能让公共艺术项目在复杂的城市更新环境中稳步推进,实现社会效益与经济效益的双赢。

4 案例分析与启示

4.1 国内案例:上海杨浦滨江更新与公共艺术植入

上海杨浦滨江更新是国内城市更新与公共艺术融合的典型实践案例。在该项目中,旧工业厂房与码头被保留下来,并改造为开放的滨水公共空间,通过雕塑、装置艺术和沉浸式展览,将工业遗存与当代艺术相结合,打造出独特的空间记忆,公共艺术在此不仅是装饰元素,更成为叙事媒介,通过艺术化的表达延续工业文化,为滨江区域赋予新的文化价值,同时,项目重视居民与游客的参与,设置了艺术互动区和展演平台,增强了人与空间之间的互动性,随着滨江空间的逐步开放,该区域不仅成为上海市民休闲娱乐的新地标,还通过公共艺术的持续更新和传播效应,带动了周边商业发展与城市形象提升,实现了文化价值与经济效益的双重增长。

4.2 典型案例:高线公园的艺术融入与城市活力

高线公园是由废弃高架铁路改造而成的城市公共空间,其最大亮点在于公共艺术与景观更新的深度融合。设计团队在改造过程中,既保留了原有的工业遗迹,又通过引入多样化的艺术形式为空间注入新的活力,这些艺术形态包括雕塑、行为艺术、临时展览和社区共创项目,使得高线公园不仅是一条绿色休憩带,更成为一个持续变化、开放包容的艺术展场,艺术的介入有效提升了城市空间的吸引力,大量游客、居民与艺术爱好者在此聚集,推动了文化消费的产生,同时,公共艺术的融入带动了周边地产升值,促进了商业繁荣与区域形象重塑,更重要的是,高线公园通过持续不断的艺术更新和公众参与,维持了项目的活力与新鲜感,让公共艺术不再是一次性投入,而是成为嵌入城市空间运营的核心机制。

4.3 案例对比与总结:公共艺术成为“现象级”街区的关键因素

通过对比上海杨浦滨江与高线公园两个案例,可发现公共艺术在城市更新中存在普遍性规律。首先,艺术的介入能够为空间赋予独特的文化叙事,让更新区域在众多区域中脱颖而出,杨浦滨江着重体现工业遗产与当代艺术的结合,高线公园则借助艺术搭建社区与城市对话的平台,其次,公共艺术与空间功能深度融合,为使用者提供多维度体验,推动居民互动、游客打卡和商业消费的开展,再次,两个案例都重视公共艺术的持续更新与参与机制,让空间始终保持活力和新鲜感,逐步发展为现象级街区,综上所述,公共艺术之所以能成为城市更新中的“流量密码”,关键在于它不仅是视觉装饰,更是文化叙事、社会互动和商业价值的复合载体,其一体化策划与管理直接关系到街区的长期竞争力与影响力。

5 结束语

综上所述,在城市更新语境下,公共艺术不仅是空间美学的一种表达,更是文化传承、社区凝聚与经济活力的多重载体,通过科学的内容策划、多元主体的协同机制以及全生命周期的系统管理,公共艺术能够与城市空间功能深度融合,形成持续的社会价值与文化影响,从上海杨浦滨江到高线公园的案例可以看出,公共艺术在更新实践中已成为激活街区活力的关键因素,未来,公共艺术应更加注重公众参与、资源整合与创新机制建设,使其真正成为推动城市更新与社会发展的内在动力。

[参考文献]

- [1]陈刚,卢朗.政策引导下的城市公共艺术发展研究——以芝加哥公共艺术项目为例[J].装饰,2024(8):138-141.
- [2]吴振华.色彩心理学在公共艺术交互项目中的运用探究[J].色彩,2024(3):83-85.
- [3]范文华.纸艺术作品在公共艺术项目中的角色与价值[J].造纸信息,2024(1):129-130.
- [4]袁晓宇.色彩心理学在公共艺术交互项目中的运用分析[J].色彩,2024(9):28-30.
- [5]黄甜甜.长沙地区民营美术馆公共艺术教育研究[D].大庆:东北石油大学,2023.

作者简介:陈菲(1983.9—),女,吉林省吉林市人,满族,大学本科,中级工程师,就职于中国建筑设计研究院有限公司,从事建筑设计管理工作。

太行山特色建筑与地域文化融合的创新研究

陈利伟 刘洋*

河北美术学院, 河北 石家庄 050000

[摘要]太行山地区的无形文化资产众多,包括传统习俗、节庆活动等,不仅是当地生产生活的生动体现,也是文化产业多元化发展的核心内容。在新时代背景下,应该对文化资源深层挖掘,与文旅、文创等产业深度融合,为特色建筑与地域文化融合可持续发展提供支持。鉴于此,本篇文章主要以河北省太行山沿线传统古村落特色建筑为研究对象,以特色建筑与地域文化融合为核心主题,综合多学科理论与方法,简要剖析特色建筑的特点及其与地域文化的紧密关联,深入探索太行山特色建筑与地域文化融合的创新路径,以打造独特魅力、可持续发展的乡村风貌。

[关键词]太行山特色建筑; 地域文化; 融合; 创新

DOI: 10.33142/ucp.v2i5.17941

中图分类号: G413

文献标识码: A

Innovative Research on the Integration of Characteristic Architecture and Regional Culture in Taihang Mountains

CHEN Liwei, LIU Yang*

Hebei Academy of Fine Arts, Shijiazhuang, Hebei, 050000, China

Abstract: The Taihang Mountains region has numerous intangible cultural assets, including traditional customs, festival activities, etc., which are not only vivid manifestations of local production and life, but also the core content of diversified development of cultural industries. In the context of the new era, it is necessary to deeply explore cultural resources and integrate them with industries such as cultural tourism and cultural creativity, in order to provide support for the sustainable development of characteristic architecture and regional culture integration. In view of this, this article mainly takes the traditional ancient village characteristic buildings along the Taihang Mountains in Hebei Province as the research object, with the integration of characteristic buildings and regional culture as the core theme. By integrating interdisciplinary theories and methods, it briefly analyzes the characteristics of characteristic buildings and their close relationship with regional culture, and deeply explores the innovative path of the integration of Taihang Mountain characteristic buildings and regional culture, in order to create a unique and sustainable rural style.

Keywords: Taihang Mountain characteristic architecture; regional culture; integration; innovation

引言

在经济全球化、快速城市化等因素影响下,太行山传统建筑正在消逝,地方本土建筑文化也逐渐走向消亡,而新建筑很难将本地建筑文化特色充分彰显。因此,为传承和弘扬地域文化,有效改善太行山区传统村落面貌,促进本地文化影响力的提升,应该从文创、文旅、数字技术等多个层面出发,深入探索太行山特色建筑与地域文化融合的创新路径。

1 太行山特色建筑的特点及其与地域文化的关系

1.1 太行山特色建筑的特点

(1) 就地取材。太行山因为地理位置特殊,交通不便利,因此在传统建筑建造中,材料多为就地取材,尤其是木材、石头等,包括红石板和石灰岩等。这些材料因环境影响,并没有被人工雕琢和修饰,所以原生态特性得以保留^[1]。

(2) 构造独特。地理位置、环境、文化等的不同,各地区建筑呈现出的特点往往存在很大差异,太行山特色建筑同样如此,整体构造较为独特。诸如石板房,主要利

用石头作为瓦盖顶,稍厚的石板作为板壁,较厚的石材则进行地面铺装。

(3) 精神与文化内涵丰富。结合太行山特色建筑来看,不仅能体现出地域性,还蕴含着丰富的精神以及文化内涵。诸如建筑装饰,既表达了对先民的生态观念和生存智慧,也表现出了其传统精神,特别是在建筑构造方式、空间形式等方面,诸如唐县民居建筑上的牡丹、菊花以及猫与蝶,具有富贵耄耋之意;寿石和菊花的结合表现为寿居耄耋之意^[2]。

1.2 太行山特色建筑与地域文化的关系

地域文化是指特定区域具有特色且历史悠久,传承至今仍发挥作用的传统文化,是特定区域生态、传统、习惯、民俗等文明表现,在一定地域范围内能够和环境充分融合,具有独特性的特点显著。同理,地域建筑也有着独特的风格,是由特定人在特定时间所建立,建造的区域是特定的。在环境、人为等因素影响下,建筑风格之所以延续至今,与人们探索以及创新有着密切联系,其能代表当代的历史文化,也是当代文明最直接明了的解释和诠释。

地方特色建筑的地域性特征明显,地域性是城市文化的重要组成部分,不同地域特点是地域文化存在明显差异,诸如北方寒冷干燥,建筑院落讲究封闭性、宏伟壮丽;南方气候湿热多雨,因此建筑的功能侧重遮阳、通风、隔热。由此可见,特色建筑与地域文化之间的关系密切。针对太行山地区,山势险峻,多山地丘陵,这种特殊的地理环境使得建筑在布局上,多为依山就势。并且,太行山地区历史悠久,有着深厚的文化底蕴,建筑中融入较多当地的文化元素,包括历史传说等。可以说,太行山特色建筑与地域文化是相互依存的,建筑是地域文化的外在体现,地域文化则可以为建筑注入灵魂,在二者的协同下,造就了太行山地区独特的文化景观^[3]。

2 太行山特色建筑与地域文化融合的创新目标

在太行山特色建筑与地域文化融合创新方面,核心目标是全方位保护与传承河北省太行山传统文化,深度挖掘文化资源,实现其与文创、文旅、数字技术、教育、传媒等产业深度融合,推动文化产业多元化发展,拓宽传播渠道,让太行山传统文化走进大众视野,促进区域经济发展,增强河北省文化产业竞争力和影响力,实现特色建筑与地域文化融合可持续发展。具体表现为延续和传承太行山沿线传统古村落传统文化,为乡村振兴提供支撑,提升乡村居住环境舒适性和社会文明程度,推动乡村经济进步,让融合成果惠及更多方面。具体目标则包括资源梳理与保护,全面收集整理太行山区域传统建筑与地域文化资源,建立数字化档案,为后续传承与开发提供依据。融合与创新,探索特色建筑与地域文化在现代文创、文旅产业中的融合模式,提出创新设计与产业开发策略。人才培养与实践,推动高校开设相关课程,建立校政企合作机制,培养专业人才,提升文化保护与开发能力。社会效益与推广,完善线下文旅设施,搭建线上数字传播平台,创新宣传方式,推动太行山特色文化广泛传播,真正实现文化传承与经济效益双赢。

3 太行山特色建筑与地域文化融合的创新对策

3.1 强化资源梳理与保护,建立数字化档案并保护

太行山地区的传统建筑与地域文化资源丰富,但各类资源在环境变化、人为活动等诸多方面因素的影响下,遭到严重破坏,很难做到合理开发和利用,致使地域文化无法全方位展现。基于此背景,在太行山特色建筑与地域文化融合创新过程中,应该对区域内的资源全面梳理,采用合理的方式进行保护。为实现此目标,可以安排专门技术人员对太行山沿线传统古村落进行深入调查,尤其是对现存特色建筑、民俗文化、民间技艺等,展开全方位的记录与调研,并通过对三维扫描、无人机测绘等先进技术的利用,对古建筑展开高精度数字化建模,同时建立详细的数字化档案,将文化内涵、建筑结构、历史背景等基本信息包含在内。在资源的保护上,明确划分政府、社会组织等的责任与义务,保证珍贵文化资源能够得到妥善

保护,不会出现资源浪费、破坏、过度开发等情况。同时,采取设立专项保护基金的方式,为太行山特色建筑的修缮及维护提供资金支持,为非物质文化遗产传承人提供相应资助,保证地域文化的传承和开发能顺利进行,使太行山文化能够在现代社会发展过程中得到有效保护和弘扬^[4]。

3.2 加大融合创新力度,探索特色建筑与现代产业融合路径

为实现太行山特色建筑与地域文化融合创新目标,可以尝试将太行山特色建筑与现代产业融合,逐步朝着可持续方向迈进。在文化产业方面,对太行山的传统建筑元素与地域文化符号进一步提炼,利用合理的方式进行转化,设计出具有地域特色的文化创意产品,包括家居用品、纪念品、手工艺品等。在与文创企业的深层次合作下,打造文创品牌,增强市场竞争力,不断拓宽太行山文化市场。在文旅产业发展过程中,将太行山传统古村落作为核心,加强特色文化旅游资源和项目的开发,包括建筑参观、民俗体验、乡村休闲等,将多个项目有机结合,并在VR/AR等现代科技的辅助下,为游客提供沉浸式文化体验,让游客能够对太行山文化有深层次的了解和认识。比如:太行山东南地区分布的传统村落较多,不仅保留了历史时期的村落格局、建筑风貌,还沉淀了不同时期的历史文化,建筑的美学和科学意义并存。诸如太行山霞庄保留较多明清建筑,包括文昌阁、观音阁、关帝庙、真武殿、王氏宗祠等,村中至今保留当年的商贸一条街,药铺、京货店等风貌犹存。基于此特点,可以围绕太行山高速公路出口到各区域的景区主交通干道,布局特色旅游文化廊道,将沿线典型村落、特色建筑、民俗文化、手工制作等资源充分整合,开展具有地域特色的旅游活动,通过游客多元消费促进旅游产业聚集以及协同发展。此外,将太行山文化与影视、动漫产业联合,将地域文化与影视作品、动漫创作等深度整合,保证地域文化的影响力和传播力能持续扩大。在特色建筑与现代产业的多元融合下,其在现代社会中的价值转化速度能不断加快,对文化产业的健康、可持续发展有促进作用^[5]。

3.3 以乡村振兴和文化惠民为导向,通过文化融合促进乡村发展

在太行山特色建筑与地域文化融合过程中,可以加强与乡村振兴战略的整合,保证地域文化在有效传承和发展的同时,融合成果能够为乡村快速发展提供助力。具体而言,加强对太行山传统古村落的保护及开发,将传统文化延续,为乡村振兴提供文化支持。在融合过程中,注重乡村居住环境的改善,以当地特色建筑风格为基础,强化宜居宜游乡村风貌的打造,保证乡村吸引力不断增强。同时,深入推进乡村文化产业发展进程,大力发展特色民宿、手工作坊等,加快农村文化产业发展速度,为村民创造更多就业机会,促进其经济效益的提高。此外,积极开展各类

文化活动,使乡村社会文明程度不断提高。诸如采取举办传统节日庆典、民俗表演等活动,使村民的文化自信、归属感提升。在文化与乡村发展的有效融合下,乡村经济发展水平会整体提高,对乡村可持续发展有积极影响。并且,通过深度融合,太行山地域文化在乡村振兴中能散发出新的活力和生机,实现区域经济高质量发展。

3.4 注重产业协同和区域联动,打造太行山文化经济带

太行山地区跨越多个县市,其特色建筑及地域文化资源的整体性、互补性特点明显。故而,在太行山特色建筑与地域文化融合创新期间,应该将行政区划的局限彻底打破,加强区域内产业协同及联动,打造具有一定特色的太行山文化经济带。为实现此目标,应该由省级政府带头,成立太行山文化经济发展协调机构,对区域内的文化资源有效统筹和规划,加大保护及开发力度。并且,制定统一的发展战略,对各区在文化经济带中的功能、定位加以明确,以免出现重复建设、恶性竞争的问题。诸如将部分古村落打造成文化体验区,侧重文化旅游的发展;将传统手工业集中的地区打造成文创产业园区,使文化创意产品得以生产和销售。同时,对区域的基础设施不断升级和改造,争取做到互联互通,使交通网络更为健全,为旅游交通环线的打造提供便利。举办多元化活动,包括文化产品交易会等,促进区域内的深度交流和合作,实现各区域的协同发展。此外,加强区域内生态建设,与文化保护结合,强化生态文化旅游目的地的打造,保证经济发展与生态保护能形成良性互动,使得区域内的文化经济竞争力增强,为河北文化产业的高质量发展打下坚实基础。

3.5 通过科技赋能与创新,推进文化与数字技术深度融合

在数字时代下,为实现太行山特色建筑与地域文化融合创新目标,应该强化数字技术与地域文化的融合,在大数据、人工智能等技术的支持下,为地域文化的保护和开发提供新思路。通过对大数据技术的应用,对游客需求、文化市场趋势深入分析,结合分析结果对文化产品以及服务进行定位,促进文化产业发展效益和水平的提升。利用人工智能技术,开发智能导览系统、文化知识问答机器人等,增强文化体验,提升服务便捷性,以便游客能身临其境地感受太行山文化体验项目。在旅游产业发展方面,以信息技术为依托,加快“数字”太行的发展步伐。诸如在信息共享、一体化服务、政务管理等层面,大力推进数字化、智慧化、可视化建设,并逐步朝着高端化、市场化方向迈进,将太行山塑造成国家乃至世界优质旅游项目。此外,不断优化文旅基础设施,创新数字化传播方式,开发线上文化体验平台或文旅综合宣传内容,解决文化传播的可持续性问题的。

3.6 加大人才培养和实践力度,建立完善的人才培养体系

在太行山特色建筑与地域文化融合创新中,人才是重中之重,需要有高水平、高能力、综合素质高的复合型人才作为支撑。对此,应该加大人才培养力度,注重校企企业的深度联合。针对高校,应该开设相关课程,侧重对专业人才的培养。诸如依照太行山地区文化特点,设置建筑保护、民俗研究等专业课程,培养既懂传统文化又能熟练应用现代技术的高端人才。同时,加强与地方政府、企业的联合,建立实习基地及实践平台,为实地调研、实践提供便利。通过校企合作,共同开展文化保护与开发项目,让学生能在实践中积累更多经验,促进其专业技能与水平的提高。当然,也可以要求定期邀请非物质文化遗产传承人、民间艺人等进入高校授课、举办讲座等,强化传统技艺的传承,使学生在不断引导和启发下,可以具备较强的地域文化责任感和认同感,可以自觉参与文化的保护和传承。

4 结束语

综合而言,加强太行山特色建筑与地域文化融合的创新,不仅可以使太行山区传统村落面貌得到改善,促进文化品质、旅游吸引力、乡村经济发展水平的提升,还能对乡村凝聚力以及稳定性进一步增强,使地域文化得到弘扬和传承,强化本地文化影响力。因此,相关人员应该加强此方面的研究,找寻更多二者融合创新的路径,以实现经济与社会效益最大化目标。

基金项目:河北美术学院 2024—2025 学年校级科研培育重点项目:太行山特色建筑与地域文化融合的创新研究。

[参考文献]

- [1]王丽慧,黄岩迪.资源整合视角下河北省太行红色文化传承与发展创新路径研究[J].石家庄学院学报,2024,26(6):36-41.
- [2]陈淼,范铃荷.田野调查法融入河北太行文化范式研究[J].河北青年管理干部学院学报,2023,35(4):103-106.
- [3]史小建,张佳瑶.河北省 B 市太行山区乡土文化创新发展路径研究[J].智慧农业导刊,2023,3(13):173-176.
- [4]孙慧.河北省太行山区域绿色旅游体系构建[J].西部旅游,2022(1):31-33.
- [5]燕艳,杨洲,周秀菊.乡村振兴战略下河北太行山区传统文化的开发路径研究[J].延安职业技术学院学报,2019,33(5):12-15.

作者简介:陈利伟(1984.4—),男,毕业院校:海南师范大学,所学专业:设计学,当前工作单位:河北美术学院,职务:副院长,职称级别:副教授;刘洋,男,石家庄人,大学本科,工学学士,中共党员。毕业于天津大学,现任河北美术学院设计学院专任教师。

城市更新背景下古城的修复与活化利用实践探索

——以万安古城为例

周晶 李骏

地信数云科技集团有限公司, 江西 南昌 330000

[摘要]城市更新行动是国家重点战略, 标志着我国城镇化从增量扩张向存量优化的转型。重点解决环境污染、交通拥堵等“城市病”等问题。文章以万安古城为研究对象, 采用城市修补和活化利用的方式, 以文脉延续为抓手, 通过从空间格局、山水视廊、古城肌理、历史环境要素、城墙风貌、活化利用等几个方面提出行动计划, 来引导万安古城的城市更新工作, 将其打造为万安县城的城市客厅。

[关键词]城市更新; 历史保护; 活化利用; 万安古城

DOI: 10.33142/ucp.v2i5.17924

中图分类号: TU984

文献标识码: A

Exploration on Restoration and Revitalization Utilization Practice of Ancient Cities under the Background of Urban Renewal — Taking Wan'an Ancient City as an Example

ZHOU Jing, LI Jun

Dixin Cloud Technology Group Co., Ltd., Nanchang, Jiangxi, 330000, China

Abstract: Urban renewal action is a national key strategy, marking the transformation of China's urbanization from incremental expansion to stock optimization. Focus on addressing issues such as environmental pollution, traffic congestion, and other "urban diseases". The article takes Wan'an Ancient City as the research object, adopts the methods of urban repair and revitalization utilization, and takes the continuation of cultural context as the starting point. Through proposing action plans from several aspects such as spatial pattern, landscape corridor, ancient city texture, historical environmental elements, city wall style, and revitalization utilization, it guides the urban renewal work of Wan'an Ancient City and turns it into the urban living room of Wan'an County.

Keywords: urban renewal; historical preservation; activation and utilization; Wan'an Ancient City

城市更新^[1]行动是国家重点战略, 标志着我国城镇化从增量扩张向存量优化的转型。在此背景下, 2025 年国务院办公厅提出建设宜居、韧性、智慧城市目标, 强调历史保护与低效用地盘活。本文以万安古城^[2]为研究对象, 采用城市修补和活化利用^[3]的方式, 以文脉延续为抓手, 通过从空间格局、山水视廊、古城肌理、历史环境要素、城墙风貌、活化利用等几个方面提出行动计划, 来引导万安古城的城市更新工作, 将其打造为万安县城的城市客厅。通过此例以期为其他古城的城市更新提供借鉴。

1 “城市更新”

城市更新行动是《中共中央关于制定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的建议》首次提出的国家重点战略, 标志着我国城镇化从增量扩张向存量优化的转型。重点解决环境污染、交通拥堵等“城市病”^[4], 各地实践中形成了老旧小区功能提升、历史文化街区活化利用、市政管网升级等多维路径。

2025 年《关于持续推进城市更新行动的意见》提出建设宜居、韧性、智慧城市目标, 强调历史保护与低效用地盘活。全面调查老城及其历史文化街区, 摸清城镇老旧

小区、老旧街区、老旧厂区文化遗产资源底数, 划定最严格的保护范围。加强老旧房屋拆除管理, 不随意拆除具有保护价值的老建筑、古民居, 禁止拆真建假。建立以居民为主体的保护实施机制, 推进历史文化街区修复和不可移动文物、历史建筑修缮, 探索合理利用文化遗产的方式路径。

2 实践研究

2.1 万安古城

万安古城位于赣江上游, 形成于宋代, 依托优越的地理位置和赣江的滋养, 成为一方重要的历史水岸。这座拥有 951 年历史的城市, 在宋熙宁四年 (公元 1071 年) 由万安镇晋升为万安县, 见证了无数历史的沧桑变迁。它坐落于罗霄山脉东麓, 江西省中南部, 吉安地区南缘, 居赣江上游东西两岸, 地理位置得天独厚。东接兴国, 南邻赣县南康, 西界遂川, 北靠泰和, 形成了独特的区域格局。县人民政府驻五丰镇, 这里距江西省省会南昌市 317 公里, 距江西省吉安市 95 公里, 地理位置优越, 交通便捷。

据史料记载, 早在南唐保大元年 (943), 地处赣江中游十八滩头的万安县, 因“路当冲要, 溯上则喉控交广,

顺下则领带江湖，水陆之险阻，漕运之会通”而设立万安镇。宋元丰元年戊午（1078），开始修筑城池。至元丰六年（1083）万安土城墙才筑完。南宋绍兴二十五年乙亥（1155），增筑城垣，置城门。到了元代至正十九年己亥（1359），重筑土城，使万安城墙延周3里，高1丈，宽8尺，置4个城门。到了明代正德六年辛未（1511），用砖石重筑县城城墙。

万安城墙^[5]周围长714丈，高2丈2尺，垛口950个，连垛口墙上宽1丈，墙下宽1丈五尺。置6个城门，除东南北向各1个城门分别取名为威远门、表忠门、通都门外，由于万安城西面临赣江，客货运输繁忙，因此在临赣江的正西、西偏南、西偏北置了3个城门，分别取名为观澜门、五云门和芙蓉门，由此可见古代万安之繁华。至此，万安城墙从土城墙到砖城墙历经400多个春夏秋冬。

2.2 现状问题分析

万安古城历史街巷丰富，古城墙保护完好，但同时也存在以下问题：

新开发项目建筑体量过大，建筑风格、风貌、色彩都要与现有建筑和现存环境不相适应；部分传统街巷和较为衰败，对传统风貌建筑的维护措施尚待加强；部分区域传统风貌环境欠佳空间环境脏乱。违章建设严重，存在安全隐患，欧式建筑风貌不协调，建筑构造改造严重，建筑色彩不协调，风貌被破坏；西段城墙（五云门以西）周边多为破旧的居住街坊，许多建筑物搭墙而建或临墙而建；公共服务配套设施缺乏等，如图1所示。



图1 传统片区分布图

2.3 城市修补和活化利用

2.3.1 空间格局

堪輿学认为城邑背山面水、负阴抱阳的平川地区，北有玄武靠山，南有朱雀绕带，东西青龙白虎屏障是最佳选址。在具体的选址上还要根据峦头法选择“主山”。将最

高的山称为太祖山，将其视为山脉的源头，城邑前不远处有山水来朝之势，同时在城邑与朝山、朝水之间又有山，如同座前的案几，称为“案山”。

而万安古城位于山水环绕之中，山水钟灵，赣江从南侧蜿蜒而过，北有白云山作为主山，南有芙蓉山作为朝山、案山，古城四周还有护卫的山脉、水系，东侧以石华山作为护山，龙溪水和虎溪水作为青龙白虎屏障，实为风水宝地。

万安古城位于罗霄山脉东麓，据《赣省图说》记：“万安形势，毗连四邑，为虔吉门户，东西山岭，自黄花嶂百丈峰，雄踞一方，小佛各山，四围拱立。”古人营城充分考虑了山水环境，如图2和3所示。

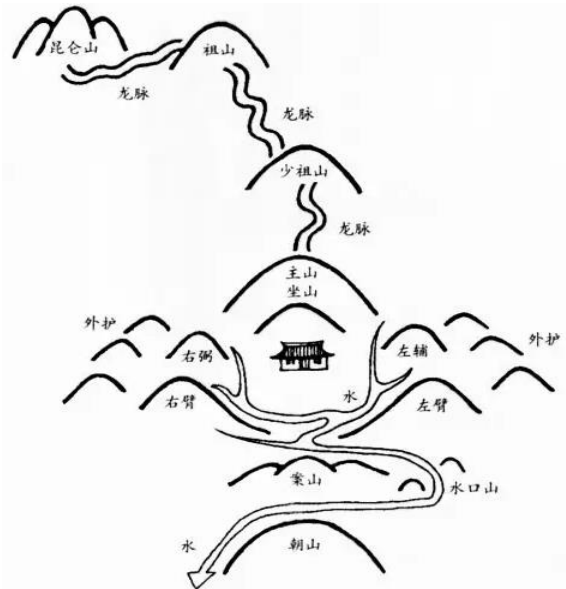


图2 风水宝地空间模式（图2来源于网络）

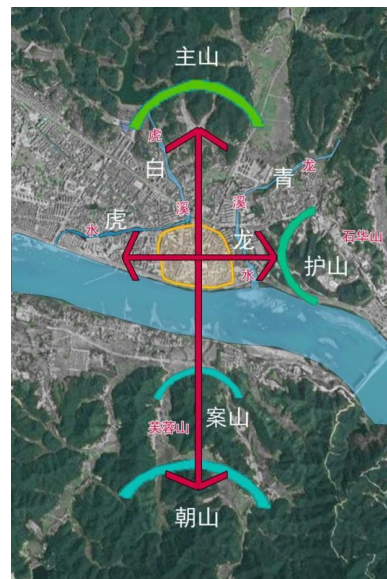


图3 风水宝地空间模式图

2.3.2 山水视廊

据记载“万安八景”，亦可体现出古人将自然与人文

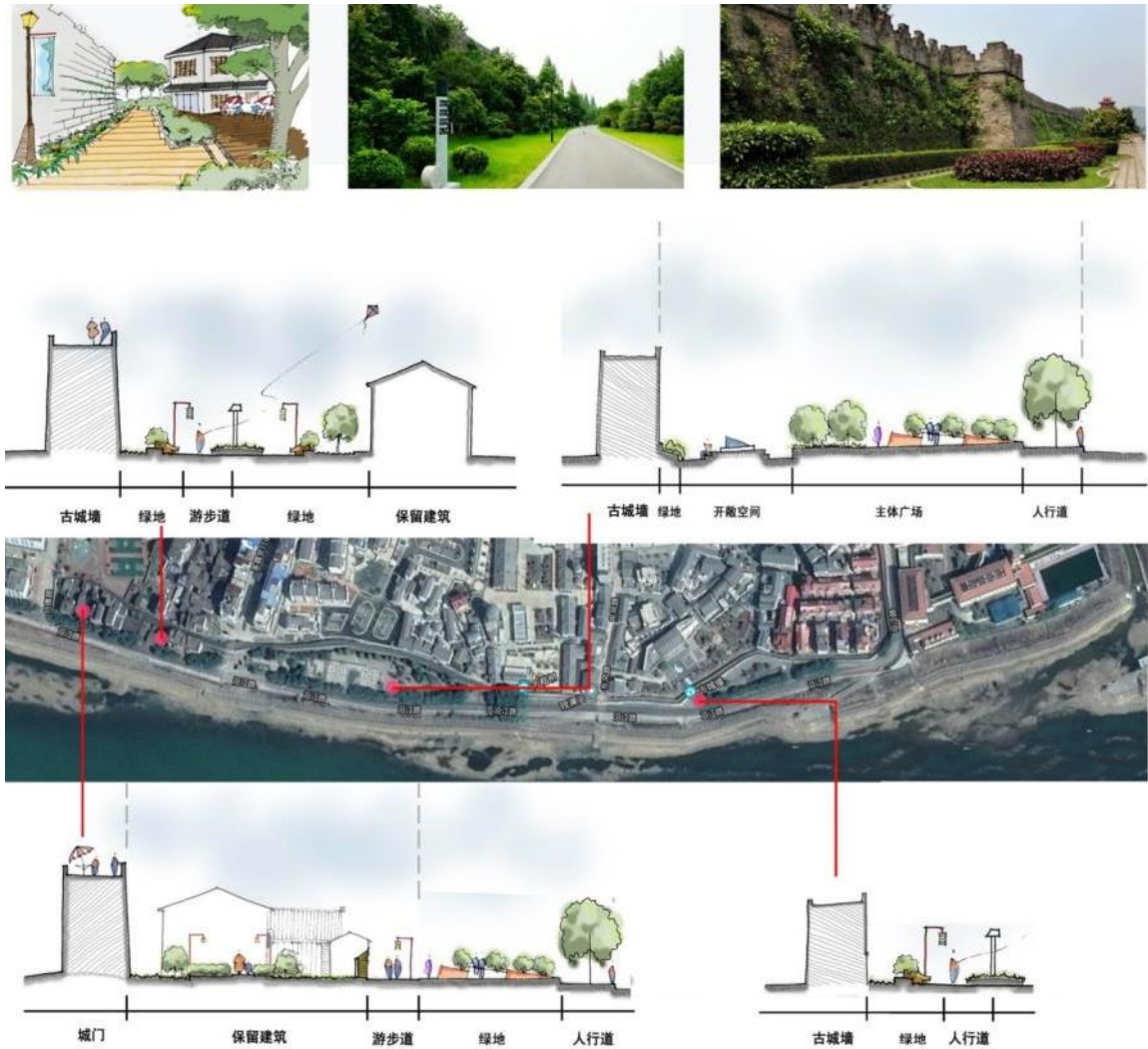


图7 城墙风貌修复示意图

2.3.5 城墙风貌

现状古城墙风貌保存较好，五云门东侧视廊开阔，城墙视线连续无遮挡。但五云门西侧建筑物较密集，多数建筑紧靠城墙建设。仁德路只五云门段城墙被建筑遮挡，导致沿江路直接到达五云门景观核心标志空间，古城墙沿街景观没有视觉过渡空间。视觉体验不理想。

规划对五云门以西沿路风貌进行改造，拆除建筑风貌及建筑高度与古城墙不协调的现状房屋，打开沿线古城墙界面。并对仁德路西侧局部路段沿线建筑风貌进行改造提升，与古城墙风貌相协调，如图7所示。

2.3.6 活化利用

庐陵以“三千进士冠华夏、文章节义堆花香”著称于世，万安受庐陵文化的孕育，书院文化和科举文化对其影响深刻。自古对教育特别重视。

规划依据古县城图在虎溪巷传统片区内复原科甲坊，强化现有古城北侧已模糊的历史标识。并利用书院文化这一深厚的人文元素与周边学校、图书馆等设施相呼应，利

用现有古祠堂作为文化传承场所打造书香游园。即是古城北侧的历史记忆点又为虎溪巷传统街区市民提供休闲开敞空间，如图8所示。



图8 书香广场示意图

现状朱家巷历史街区风貌较好，但区域内有较多闲置用地，规划利用闲置用地改造成公共绿地，为街区居民提供开敞空间，也作为古城民俗文化空间载体，与旅游线路串联，形成历史街区文化展示窗口，如图9所示。



图9 规划游园示意图

东风路传统街区现状空间受到周边开发挤压,传统风貌建筑逐渐减少,区域内有较多闲置用地,规划利用闲置用地改造成公共绿地,为街区居民提供开敞空间,也作为古城曲艺民俗文化等非物质文化遗产的传承载体,将糯米巷街区打造成文化创意街区并与旅游线路串联,形成历史街区文化展示窗口,如图10所示。



图10 规划游园示意图

3 结语

本文采用城市修补和活化利用的方式,以文脉延续为抓手,通过从空间格局、山水视廊、古城肌理、历史环境要素、城墙风貌、活化利用等几个方面提出行动计划,来引导万安古城的城市更新工作,将其打造为万安县城的城市客厅,“古城”是唤醒生产生活记忆、打造品质休闲中心,展现万安底蕴深厚、内涵丰富的人文之城。当然,在不同时期、历史街区大小、历史建筑数量、基础成熟条件、经济环境情况的古城存在在问题也各不一样,就需要因地制宜进行新的探索和实践。

【参考文献】

- [1]中国城市更新(长三角)峰会在沪举行[Z][2019-11-20].
- [2]探索万安古城:赣江历史与人文的见证[Z][2025-05-24].
- [3]张朝枝,刘诗夏.城市更新与遗产活化利用:旅游的角色与功能[J].城市观察,2016(5):8-9.
- [4]习近平为“城市病”开良方:治霾、治堵、治暴力有招 搜狐新闻[Z][引用日期 2015-12-25]
- [5]国务院核定公布第七批全国重点文物保护单位. 国务院[Z][引用日期 2023-01-28]

作者简介:周晶(1984.8—),毕业院校:南昌工程学院,所学专业:城乡规划,当前就职单位:地信数云科技集团有限公司,职务:院长,职称级别:工程师。

新能源并网 SVG 现场调试关键技术与性能验证

张 鹤

中国能源建设集团山西电力建设有限公司, 山西 太原 030000

[摘要] 新能源并网系统里静止无功发生器 (Static Var Generator, SVG) 这种动态无功补偿装置的现场调试与性能验证是此文的研究内容, 由于风电、光伏等新能源并网规模持续扩大使得电网电压波动、功率因数低之类的问题愈发突显, 而 SVG 作为先进的动态无功补偿装置其调试质量直接关系到并网系统的稳定性以及电能质量, 本研究先对 SVG 装置的拓扑结构和控制原理加以分析进而提出包含系统参数测量校准、控制系统调整、主回路测试等环节的完整调试流程, 针对调试难点着重讨论主控单元参数整定方法、谐波抑制策略以及低电压穿越能力测试技术, 在某风电场 35kV 升压站开展的 $\pm 10\text{Mvar}$ SVG 项目实证研究显示优化后的调试方法能使 SVG 动态响应时间缩短到 30ms 之内且电压调节精度达到 $\pm 0.5\%$ 、功率因数调节精度达 0.98 以上、谐波含量控制在国标范围之内并且有额定容量 20% 的低电压穿越能力, 这一研究成果给新能源并网系统里 SVG 装置的现场调试提供系统化的技术路径和性能评价标准对提升新能源电站并网质量与电网稳定性有着重要的实践意义。

[关键词] 静止无功发生器; 动态无功补偿; 现场调试; 新能源并网; 性能验证

DOI: 10.33142/ucp.v2i5.17930

中图分类号: TM461

文献标识码: A

Key Technologies and Performance Verification for On-site Debugging of New Energy Grid Connected SVG

ZHANG Ge

China Energy Engineering Group Shanxi Electric Power Construction Co., Ltd., Taiyuan, Shanxi, 030000, China

Abstract: The on-site debugging and performance verification of Static Var Generator (SVG), a dynamic reactive power compensation device, in the new energy grid connected system is the research content of this article. Due to the continuous expansion of the scale of wind power, photovoltaic and other new energy grid connected systems, problems such as voltage fluctuations and low power factor in the power grid have become increasingly prominent. As an advanced dynamic reactive power compensation device, the debugging quality of SVG is directly related to the stability and power quality of the grid connected system. This study first analyzes the topology and control principle of SVG devices, and proposes a complete debugging process including system parameter measurement and calibration, control system adjustment, and main circuit testing. Focusing on the debugging difficulties, the main control unit parameter tuning method, harmonic suppression strategy, and low voltage ride through are discussed in detail. Ability testing technology at a 35kV wind farm The empirical research on the $\pm 10\text{Mvar}$ SVG project conducted by the booster station shows that the optimized debugging method can shorten the dynamic response time of SVG to within 30ms, achieve voltage regulation accuracy of $\pm 0.5\%$, power factor regulation accuracy of 0.98 or above, control harmonic content within the national standard range, and have a low voltage ride through capability of 20% of rated capacity. This research result provides a systematic technical path and performance evaluation standard for on-site debugging of SVG devices in new energy grid connected systems, which has important practical significance for improving the quality of new energy power station grid connection and grid stability.

Keywords: static reactive power generator; dynamic reactive power compensation; on-site debugging; new energy grid connection; performance verification

引言

全球能源转型进程加速使风能、太阳能等可再生能源开发和利用爆炸式增长, 国际能源署 (IEA) 统计显示, 2022 年全球可再生能源发电装机容量达 3,064GW, 到 2027 年预计能增至 4,500GW 以上且年均增长率超 8%, 中国截至 2022 年底风电和光伏发电累计装机容量分别达 365GW、392GW, 同比增加 13.2%、27.4%, 不过新能源发电具有间歇性和波动性的特性给电网安全稳定运行带来严重挑战, 电压波动、功率因数低、谐波污染等电能质

量问题特别突出且成为新能源大规模并网的技术瓶颈。

静止无功发生器 (Static Var Generator, SVG) 这种新型动态无功补偿装置在新能源并网系统里起着极为关键的作用, 因为它的快速动态响应能力与精确的电压调节性能都很强, 并且它以全控型电力电子器件和先进控制技术为基础, 可连续动态调节无功功率, 从而有效抑制电压波动、提升功率因数、削减谐波含量, 而且具有低电压穿越能力, 给新能源发电安全并网提供强大支撑。不过, SVG 装置涵盖电力电子、自动控制、电力系统等诸多学科领域

的知识,现场调试既复杂又难度大,并网系统的稳定性与电能质量直接受调试质量影响。这几年国内外相关研究大多聚焦于 SVG 拓扑结构设计和控制策略优化方面,但对现场调试关键技术与性能验证方法开展系统性研究的情况还比较少,所以急需构建规范化、标准化的 SVG 现场调试流程和性能评价体系。

通过对新能源并网系统的运行特性以及 SVG 的工作原理深入分析后,本文系统地研究了 SVG 动态无功补偿装置现场调试的关键技术与性能验证方法,先梳理 SVG 的拓扑结构和控制原理并提出完整的调试流程,再针对调试过程中的关键环节和技术难点探讨像系统参数测量校准、控制系统调整、主回路测试之类的具体实施方法,重点研究主控单元参数整定方法、谐波抑制策略和低电压穿越能力测试技术,最后拿某个风电场 35kV 升压站 $\pm 10\text{Mvar}$ SVG 项目的实证研究来验证所提调试方法的有效性,这一研究成果能给 SVG 装置的现场调试提供系统化的技术路径和性能评价标准,在提高新能源电站并网质量与电网稳定性方面有着重要的实践意义,也能给大规模新能源高比例接入电网提供技术支持^[1]。

2 SVG 动态无功补偿装置调试的关键技术

2.1 SVG

静止无功发生器 (SVG) 这种先进动态无功补偿装置以电压源型变流器 (VSC) 为基础,能迅速且连续地调节系统无功功率以达成电网电压的精准控制,其系统主要包括电力变换单元、电抗器、变压器、控制系统等部件且交流电路是关键部分,该电路由 IGBT 等全控型电力电子器件组成,借助控制系统来调节输出电压和电网电压在相位以及幅值方面的关系进而实现无功功率的吸收或者发出。

新能源并网系统里,SVG 调试的核心在于让其动态响应特性、谐波抑制能力以及稳定运行性能符合并网要求,并且中国电力行业新标准规定 SVG 动态响应时长不能超 30ms、电压调节精确度要达 $\pm 0.5\%$ 、系统功率因数调节精确度要在 0.98 之上,所以现场调试时要着重关注主控单元参数设定、谐波抑制滤波器设计、电压追踪控制策略以及低电压穿越能力等关键核心技术环节,而且在风电场、光伏电站这些新能源并网的地方,因为系统短路容量小、电网阻抗特性复杂,对 SVG 装置的调试要求更高,得用更精细、更系统化的调试技术与方法。

2.2 谐波抑制技术与滤波器调试方法

SVG 装置运行时靠高频开关器件做功率变换难免产生高次谐波,并且新能源系统里的逆变器等设备也会给电网注入谐波电流,谐波影响电能质量且可能引发系统谐振、设备过热之类的问题,所以 SVG 调试中谐波抑制技术很关键,主要涉及硬件滤波和软件控制这两方面。

硬件滤波这一块,现场实测谐波特性数据得由 SVG 调试工程师拿来调试和优化 LCL 滤波器参数,因为一来

LCL 滤波器对高次谐波有不错的衰减效果,二来其谐振频率要与系统特性相匹配才不会触发谐振。调试的时候,一般会用频率扫描法确定系统阻抗特性,之后再精确计算和调整滤波器电感和电容值以让谐振频率绕开系统敏感频段,并且还要引入有源阻尼或者被动阻尼电路来抑制可能产生的滤波器谐振问题^[2]。国家电网公司 2023 年发布的技术导则明确规定新能源并网系统里的总谐波畸变率 (THD) 得控制在 3% 以内、单次谐波含量不能超过 2%,这就给 SVG 谐波抑制技术提出了明确要求。

2.3 并网系统电压稳定性测试与评估

SVG 装置并网之后,验证其性能的关键环节是电压稳定性测试,在新能源并网系统里该测试主要从静态与动态两方面进行评估,其中静态稳定性测试需验证电压调节精度、评估稳态无功输出能力,使 SVG 在任何负载工况下都能把母线电压控制在 $\pm 0.5\%$ 的误差范围之内,并且中国国家能源局 2019-2023 年的统计数据表明,风电场和光伏电站采用标准化电压稳定性测试之后电压合格率提升了 15.7%、电网友好型并网能力也明显增强,而动态稳定性测试借助模拟电网扰动来评价 SVG 的暂态响应特性,像阶跃响应测试、短路暂态测试之类的测试项目都包含在内,要求 SVG 在 30ms 之内就能响应以抑制电压波动。

电压稳定性评估运用标准化指标体系,涵盖电压调节速度指标、电压调节深度指标以及动态恢复能力指标,测试时使用高精度电能质量分析仪与瞬态记录仪且采样频率不能低于 10kHz 以便捕捉毫秒级电压变化,在典型 35kV 风电场并网系统里,经优化调试后的 $\pm 10\text{Mvar}$ SVG 装置能够把系统电压波动范围控制在额定值 $\pm 1.5\%$ 以内,这明显高于国家电网公司《风电场接入电力系统技术规定》(GB/T19963—2021) 中的 $\pm 2.5\%$ 标准要求,SVG 装置能否顺利投入商业运行直接取决于电压稳定性评估结果,这一结果也是后续装置运行参数优化的重要依据。

3 SVG 在新能源并网系统中的性能验证方法

3.1 动态响应特性测试方案

SVG 动态响应特性这一核心性能指标与装置能否有效抑制新能源系统电压波动直接相关,现场验证测试重点针对响应速度、过调量、调节精度等指标,中国电科院 2022 年发布的测试规程表明动态响应特性测试有阶跃法和正弦扫频法这两种方案。

在阶跃测试方案里,给 SVG 控制系统施加 5% 到 10% 的阶跃信号后就记录下输出无功功率的变化曲线,然后从里面拿出响应时间 (t_r)、调节时间 (t_s)、过调量 (σ) 这些关键参数,测试结果显示经过调试优化的 SVG 系统响应时间能到 20ms 之内且过调量能在 8% 之下,从而符合电网对新能源并网系统动态响应的要求^[3]。而正弦扫频测试是把不同频率的正弦信号输入控制系统以画出 SVG 系统的频率响应特性图进而确定系统带宽和相位裕度并且

对其在不同扰动频率下的动态响应能力作出评价,实践中优化调试好的 SVG 系统带宽能达到 7 赫兹以上所以风电场常见的 0.1~5Hz 电压波动它能有效应对。

3.2 补偿容量与效率验证技术

SVG 装置中补偿容量与效率是衡量其经济性与实用性的关键指标,补偿容量验证主要检查 SVG 在各类工况下实际的无功输出能力是否达到设计标准,这一验证技术将渐进负载法与极限工况法相融合,其中渐进负载法借助逐步增加无功负载来测试 SVG 连续补偿的能力而极限工况法模拟系统最大无功需求状况以验证 SVG 过载以及持续运行的性能。

SVG 系统的功率损耗测量与评估主要由效率验证承担,按照国家电网公司技术标准,容量为 $\pm 10\text{Mvar}$ 的 SVG 系统在全负荷运行时损耗率不可超过 1.2%,现场测试借助电力分析仪对 SVG 输入输出功率一并测量以计算系统效率,测试结果表明,新一代 SVG 装置因运用先进 IGBT 模块且控制策略经过优化,其系统效率能达 98.5%以上,可满足长期运行的经济性需求,并且还要在不同运行工况下测试 SVG 的热性能,使所有功率器件和关键部件温度处于设计限值范围内,从而保证系统长期可靠运行。

3.3 电能质量改善效果评估

新能源并网系统中,SVG 装置的根本目的在于改善电能质量,所以性能验证的最终环节是对电能质量改善效果进行评估,评估主要涉及电压偏差率、电压波动与闪变、谐波畸变率、三相不平衡度等指标,测试时用前后对比法,也就是把 SVG 投入前后系统的电能质量指标分别记录下来以将改善效果量化。

现场实测数据显示,经调试优化后的 SVG 装置,其并网点电压偏差能被控制在 $\pm 1.5\%$ 的区间内,这比国标的 $\pm 7\%$ 要求好很多,并且电压波动与闪变指标(Pst)可由 0.8 降到 0.4 之下,总谐波畸变率(THD)能从 4.5%降到 2.5%之内,三相电压不平衡度也可从 2.3%降至 1.2%之下,这些指标均符合《电能质量 公用电网谐波》(GB/T 14549—2018)、《电能质量 电压波动与闪变》(GB/T 12326—2008)等国家标准^[4]。

SVG 装置在实际扰动条件下的响应表现也被纳入评估范围,记录风电功率波动、大容量负载投切等实际扰动事件前后系统电压的变化状况就能全面评价 SVG 对动态补偿效果,数据经分析显示,容量配置合理且经过优化调试的 SVG 装置可使新能源出力波动引发的电压扰动幅度降低超 60%,从而有效确保电网稳定运行。

4 现场调试案例分析

4.1 光伏发电站

某 100MW 大型光伏电站 SVG 调试时面临电压波动范围大、谐波含量高这两个典型问题,该电站配有 $\pm 20\text{Mvar}$ 的 SVG 装置并接入 35kV 母线系统。调试开始

后先测校系统基础参数,结果发现光伏发电出力波动致使母线电压波动达 $\pm 7\%$ 、谐波总畸变率(THD)最高到 6.8%,这对并网质量影响严重。于是有针对性地调整控制系统,尤其是把电压环 PI 调节器参数 Kp 由 1.5 调成 1.8、Ti 从 0.05 改成 0.03,并且启用谐波抑制控制策略,使得 SVG 响应性能提高不少。调试结束之后,母线电压波动被控制在 $\pm 0.5\%$ 以内,功率因数稳定在 0.99 以上,谐波含量降下来达到 2.1%,完全符合 2021 年出台的最新光伏并网技术规范要求,有效解决光伏发电出力波动引发的电网电压不稳问题^[5]。

4.2 风电场

在某 50MW 风电场 $\pm 10\text{Mvar}$ SVG 装置调试案例里着重解决风力发电特有的低电压穿越问题,由于风电场所处山区风况复杂且电网短路容量小、系统阻抗角大从而让无功补偿装置调试难大大增加,调试团队利用先进暂态仿真软件构建风电场电气系统模型以测算参数进而确定契合风电场特性的 SVG 控制参数,现场调试重点查验系统阶跃响应特性与低电压穿越能力,测试结果表明优化调试后 SVG 在额定容量 25%时能完成 0.2pu 电压穿越测试且电压恢复时间不到 200ms、动态响应时间 28ms,其动态响应速度比传统 SVC 装置提高将近 40%,这个调试方案成功解决风电场因频繁短路故障引发的电压波动问题且提升系统暂态稳定性,最终风电场顺利通过 2022 年国家能源局发布的风电并网新标准验收。

5 结论

本研究深入探讨了新能源并网系统里 SVG 动态无功补偿装置现场调试的关键技术与性能验证事宜,在对光伏电站和风电场这两种典型新能源项目 SVG 调试案例加以系统分析之后验证了所提调试方法和技术路径的有效性。研究表明,经优化调试的 SVG 装置动态响应时间能被控制在 30ms 以内、电压调节精度可达到 $\pm 0.5\%$ 、功率因数调节精度能提高到 0.98 以上且具有额定容量 20%以上的低电压穿越能力,其性能指标明显优于传统无功补偿设备,能满足当下越来越严格的电网并网要求,从而给解决新能源高比例接入电网导致的电压波动、功率因数低等问题提供有效的技术支持。

需要注意的是,调试人员的专业素养和经验与 SVG 装置的调试成功率以及性能稳定性紧密相关,并且由于新能源装机容量不断增长(全球能源研究机构 BNEF 的数据显示,2022 年全球新能源发电装机增速达到 23.5%,到 2025 年预计会突破 5000GW),所以 SVG 装置现场调试需求也会持续增加,因此以后的研究重点应该放在开发更智能、更标准的 SVG 调试流程和工具上以提升调试效率,此外还要加强对 SVG 和智能电网设备协调控制方面的研究,使无功补偿系统能和新能源发电设备优化配合,从而给构建更稳定、更高效的新能源并网系统提供

技术保障。

[参考文献]

- [1]刘宇明,黄碧月,孙海顺,等.SVG 与直驱风机间的次同步相互作用特性分析[J].电网技术,2019,43(6):2072-2079.
- [2]郑海涛,郑昕,吴兴全,等.大型并网风电场和光伏电站内动态无功补偿的应用技术分析[J].电力系统保护与控制,2014,42(16):149-154.
- [3]刘志昌.浅议风电场升压站 35kv 侧就地动态无功补偿装置[J].科技创新与应用,2013,3(36):17-17.
- [4]张桂红,王世斌,田旭,等.大规模新能源并网直流工程送端电网暂态过电压抑制策略研究[J].电力与能源进展,2021,9(5):237-249.
- [5]李文战.新能源电力系统动态模拟实验室监控系统设计[J].中国科技信息,2018,11(3):56-57.

作者简介:张鸽(1989.3—),毕业院校:中国地质大学长城学院,所学专业:电气工程及其自动化,当前就职单位:中国能源建设集团山西电力建设有限公司,职务:调试研究院副总经理,职称级别:工程师。

高压电抗器的设计与制造技术研究

韩辉

许继变压器有限公司, 河南 许昌 461000

[摘要] 高压电抗器在电力系统中扮演着至关重要的角色, 用于调节系统电压和限制短路电流。文中围绕高压电抗器的设计与制造技术进行深入研究, 探索了电抗器核心材料的选取、结构设计优化、制造过程中的质量控制以及性能测试等方面的技术与方法。研究目的在于提高电抗器的性能和可靠性, 为电力系统的稳定运行提供支持。

[关键词] 高压电抗器; 设计优化; 制造技术; 性能测试; 电力系统

DOI: 10.33142/ucp.v2i5.17950

中图分类号: TM47

文献标识码: A

Research on the Design and Manufacturing Technology of High Voltage Reactors

HAN Hui

Xuji Transformer Co., Ltd., Xuchang, He'nan, 461000, China

Abstract: High voltage reactors play a crucial role in power systems, used to regulate system voltage and limit short-circuit current. The article conducts in-depth research on the design and manufacturing technology of high-voltage reactors, exploring techniques and methods for selecting core materials, optimizing structural design, quality control during manufacturing, and performance testing of reactors. The research aims to improve the performance and reliability of reactors, providing support for the stable operation of power systems.

Keywords: high voltage reactors; design optimization; manufacturing technology; performance testing; power system

引言

随着电力系统的不断发展与日益复杂化, 高压电抗器作为一个核心组件, 承担着调节电压和保护系统安全的重要职责。在这种背景下, 针对电抗器的设计与制造过程进行优化显得尤为关键。本文旨在全面探讨高压电抗器的先进设计理念、精细化制造工艺以及严格的性能评估方法。通过系统的研究与改进, 我们力求使电抗器的功能更加完善, 操作更加稳定, 同时提升其经济效益和能效, 从而更好地适应现代电力系统的复杂需求。

1 电抗器的基本原理与应用

1.1 电抗器的工作原理

电抗器, 作为电力系统中不可或缺的组成部分, 主要用于调节电网的电压和限制过电流, 保证电力系统的稳定运行。电抗器的核心工作原理是基于电磁感应法则, 它通过自身的电感特性来抑制电流的突变。具体来说, 当电路中的电流发生变化时, 电抗器会产生一个与电流变化方向相反的电动势, 从而抵抗电流的变化。电抗器的电感值通常较大, 这使得它在交流电路中对电流的变化极为敏感。在正常运行条件下, 电抗器能够有效地平滑由于负载变化引起的电压波动。此外, 电抗器还具有频率依赖性, 即其阻抗随着电网频率的变化而变化, 这一特性使得电抗器在不同的应用场景下具有不同的表现。

1.2 电抗器在电力系统中的应用

电抗器在电力系统中的应用广泛, 它们的作用可以根

据其安装位置和功能的不同而有所区别。最常见的应用包括用作滤波器、平衡器和保护器。

作为滤波器, 电抗器被用来消除电力系统中的谐波, 这些谐波通常由非线性负载如整流器和变频器产生。通过在电力系统中安装适当的电抗器, 可以有效地减少谐波对整个供电系统稳定性的影响, 从而提高电能质量。在作为平衡器的角色中, 电抗器用于调节系统的电压, 尤其在电力系统负载变化较大时维持电压稳定。例如, 在发电厂和变电站, 通过调整电抗器的电感值可以有效地控制输电线路上的电压水平, 防止因电压过高或过低而对用户设备造成损害。

电抗器还常被用作保护器, 以限制电力系统中的短路电流或过电流。在发生故障时, 电抗器可以快速地限制故障电流的增长, 减少故障电流对电力设备的损害及对电网的冲击。此外, 电抗器还能延长电力系统设备的使用寿命, 并减少因突发故障而导致的维修和替换成本。通过上述应用, 可以看出电抗器在电力系统中扮演着至关重要的角色。无论是在日常运行中维护电网稳定, 还是在紧急情况下保护系统安全, 电抗器都是实现高效、安全电力供应的关键设备。随着电力系统的不断发展和技术的进步, 电抗器的设计和应用也在不断地优化更新, 以满足更高标准的电力系统运行需求。

2 高压电抗器的设计方法

2.1 核心材料的选择

在高压电抗器的设计中, 核心材料的选择是一个关键

环节，它直接影响到电抗器的性能和寿命。核心材料主要包括电磁线圈的导体材料和磁芯材料。导体材料需要具有良好的电导性和机械强度，而磁芯材料则需具备优异的磁导率和低的磁滞损耗。在导体材料的选择上，铜和铝是最常用的两种材料。铜具有更高的电导率和抗腐蚀性，是优选材料，但成本相对较高；铝则因其轻便和成本较低而被广泛使用，尽管其电导率低于铜。在实际应用中，材料的选择常常需要在成本和性能之间做出权衡。

选择合适的磁芯材料对于高压电抗器的性能至关重要。在电力行业中，硅钢和铁镍合金是两种最常用的磁芯材料，各有其独特的优势和应用场景。硅钢因其较高的磁导率和相对较低的成本而被广泛采用，特别适用于那些磁饱和水平要求不极端的普通应用。这种材料的良好磁性能与成本效益平衡，使其成为大多数电抗器制造商的首选。另一方面，铁镍合金虽然在成本上较高，但其在高磁导率和低磁滞损耗方面的卓越性能，使其成为高端应用的理想选择。这种合金特别适合用于精密设备和高性能电力系统中，其中任何损耗都可能导致效率下降或性能问题。因此，根据电抗器的具体应用需求和性能指标，合理选择磁芯材料是确保电抗器效能和经济性的关键。

为了提高电抗器的效率和降低能耗，材料科学家和工程师不断探索新材料和改良现有材料。例如，通过添加特定的合金元素来优化硅钢的磁性能，或开发新型复合材料来同时提升磁性和机械特性。这些研究不仅提升了电抗器的性能，还有助于降低制造和运营成本。

2.2 结构设计的优化

结构设计的优化是提升高压电抗器性能的另一个关键方面。优化的目标包括减少物理尺寸、降低损耗、提升散热效率和增强机械稳定性。设计的每一个细节都需要精确计算和综合考虑，以确保电抗器在各种操作条件下的可靠性和效率。

电抗器的绕组设计必须优化以减少电气损耗。这通常涉及选择适当的绕线技术和绕组布局，以减少电流产生的热量和电磁干扰。例如，紧凑的绕组可以减少线圈之间的空气间隙，从而减少电阻和提高效率。磁路设计是优化结构中的另一个重要方面。有效的磁路设计可以最大化磁通的利用效率，减少磁滞和涡流损耗。这包括磁芯的形状设计、尺寸以及如何组装磁芯片来形成完整的磁路。散热设计也是电抗器结构优化中不可忽视的一部分。电抗器在运行过程中会产生大量热量，因此必须有效地散热以防止过热和保证设备的长期稳定运行。设计师需要考虑包括散热片、通风结构和散热材料在内的多种散热方式。为了确保高压电抗器在各种环境下都能稳定工作，其结构设计还需具备足够的机械强度和耐环境影响能力。这包括使用耐腐蚀材料、防震设计以及考虑到长期运行中材料的老化问题。

通过上述方法的综合应用，高压电抗器的设计可以实

现在保证性能的同时，优化成本和增强系统的整体稳定性。这些设计优化措施不仅提升了产品的市场竞争力，也为电力系统的安全和高效运行提供了保障。

3 制造技术与质量控制

3.1 制造工艺的选择与优化

制造工艺在高压电抗器的生产中起着决定性的作用，正确的工艺选择和持续的优化是确保最终产品质量的关键。高压电抗器的制造涉及多个步骤，包括材料准备、成型、组装、焊接和测试等。每个步骤的工艺都需要精心设计和控制，以满足高标准的质量要求。

在材料准备阶段，必须确保所有使用的原材料如导电材料和磁性材料都符合规定的品质标准。此外，材料的处理如切割和成型也需精确无误，以防材料在后续加工中出现性能不稳定。成型工艺是电抗器制造中的核心部分，尤其是线圈的绕制和磁芯的组装。现代制造技术如自动化绕线机和精密的机械装配设备被广泛应用于这一阶段，不仅提高了生产效率，还保证了产品的重复精度和质量一致性。焊接工艺也非常关键，它直接影响到电抗器的电气连接和机械稳定性。采用现代焊接技术，如激光焊接或超声波焊接，可以确保连接处的高强度和良好的电气性能。同时，焊接过程中的质量控制，包括焊缝检查和焊接参数监控，是不可或缺的。

为了确保电抗器能够适应不同的使用环境并满足特定的性能要求，其制造工艺必须进行定制化的优化。特别是在极端条件下，如高温或高湿环境，电抗器的设计与制造需考虑额外的防护措施和专门的材料处理技术。例如，在高温环境中使用的电抗器可能需要采用耐高温的绝缘材料和防热衰减的构造，以防止材料退化影响电抗器的功能和寿命。同样，在高湿环境下工作的电抗器需要具备防潮和防腐蚀的特性，这可能通过采用防水涂层和不锈钢等耐腐蚀材料来实现。

3.2 质量控制标准与实施

质量控制是高压电抗器制造过程中的另一项重要环节。制定严格的质量控制标准并在生产过程中严格实施，是确保产品性能和可靠性的基础。高压电抗器的质量控制通常涵盖材料检验、生产过程监控、成品检验和性能测试等多个方面。

在材料检验阶段，所有进入生产线的原材料和部件都需经过严格的质量检查，包括物理和化学性能测试。只有合格的材料才能用于生产，以避免低质量材料影响最终产品的性能。生产过程监控是质量控制中的关键环节。通过实时监控生产设备的运行参数和产品的制造过程，可以及时发现生产偏差和潜在的质量问题。例如，通过自动化控制系统记录和调整绕线机的速度和张力，可以确保线圈的绕制质量。成品检验和性能测试是生产流程的最后阶段，但同样重要。每个电抗器在离开工厂前都必须经过全面的

电气和机械性能测试，包括绝缘强度测试、电阻测量和热循环试验。这些测试确保每一件产品都能满足设计规范和客户要求。

为了实现有效的质量控制，许多制造商还采用了国际标准如 ISO 质量管理体系。通过这些标准的实施，可以建立起全面的质量保证流程，不仅提高产品质量，还能增强市场竞争力。

通过这些综合的制造技术和严格的质量控制措施，高压电抗器的生产商能够保证产品的高可靠性和长期性能，满足日益严格的市场和技术要求。这不仅有助于提升企业的品牌信誉，也为电力系统的稳定运行提供了坚实的保障。

4 性能测试与评估

4.1 测试方法的科学性与准确性

在高压电抗器的制造过程中，性能测试是一个至关重要的环节，它直接关系到电抗器是否能在实际运行中达到设计的要求。因此，确保测试方法的科学性与准确性是必须的。性能测试包括多种类型的测试，旨在验证电抗器的电气性能、机械稳定性以及长期的可靠性。

电气性能测试通常包括绝缘测试、电压耐受测试和阻抗测量。绝缘测试是用来确保电抗器的绝缘材料可以有效阻挡高电压，防止电气故障。这通常通过施加高于正常工作电压的电压来完成。电压耐受测试则是检查电抗器在极端电压条件下的性能稳定性。阻抗测量用于确认电抗器的电感值和电阻值是否符合规格，这对于电抗器在电力系统中的正确功能至关重要。机械稳定性测试则包括振动测试和机械强度测试。这些测试确保电抗器在运输和运行过程中能承受物理冲击和振动而不发生损坏。振动测试模拟了电抗器在运行中可能遭受的振动环境，而机械强度测试则验证结构的坚固程度和连接点的可靠性。

除了这些标准测试之外，还经常进行长期稳定性测试，如热循环测试和老化测试。这些测试模拟长时间的运行条件，以评估电抗器在长期使用后的性能变化。这对于预测产品的寿命和及时进行维护提供了重要信息。

4.2 电抗器性能的评估标准

电抗器性能的评估标准是根据其在电力系统中的应用需求来设定的。这些标准不仅需要符合国际和国内的电气标准，如 IEEE（电气和电子工程师协会）和 IEC（国际电工委员会）标准，还要考虑到特定操作环境下的实际

需求。

性能评估的标准通常包括电抗器的电感精度、额定电流、短路承受能力和损耗参数。电感精度是衡量电抗器在不同操作条件下能否提供稳定电感值的标准。额定电流则确定了电抗器可以安全处理的最大电流。短路承受能力是指在短路条件下电抗器能承受的最大电流和时间，这对于电力系统的安全性至关重要。损耗参数则包括电抗器在运行过程中因电阻和磁滞效应产生的能量损失，这直接影响到系统的效率和运行成本。

为了全面评估电抗器的性能，还需要考虑其在极端环境条件下的表现，例如高温、高湿和盐雾环境。这些测试确保电抗器在不利条件下也能保持高效和可靠的运行。通过科学和准确的测试方法以及严格的性能评估标准，可以确保高压电抗器在各种操作条件下的可靠性和效率。这些措施不仅有助于提升电抗器的市场竞争力，还能确保电力系统的稳定和安全运行，满足日益增长的电力需求。

5 结语

本文深入探讨了高压电抗器的设计与制造技术，并提出了一系列创新的优化措施和实用建议。通过实施这些优化策略，我们不仅可以实现更高性能和可靠性的电抗器设计，还能显著提升电力系统的整体运行效率，并有效降低潜在的系统运行风险。文章还强调了未来研究的重要方向，包括对新型材料科学的探索以及制造技术的进一步发展。这些研究将为电抗器技术带来革命性的创新，为实现更高效、更安全的电力系统提供坚实的理论与实践支撑。

[参考文献]

- [1]李洪春,都兴双,杨家辉.内置电抗器式高阻抗变压器低压侧雷电冲击特性分析[J].变压器,2025,62(2):27-33.
- [2]王果,贺建山,闵永智,等.基于多层次特征图谱的高压并联电抗器声纹识别模型研究[J].高电压技术,2025(3):13.
- [3]张明泽,王炳杰,张健,等.新型无环流空心电抗器电磁结构设计方法及工程应用[J].高电压技术,2024,50(12):5301-5309.
- [4]董景义,董潇涵,禹云长,等.并联电抗器中抽能绕组设计及匝数验证研究分析[J].变压器,2024,61(8):1-5.

作者简介：韩辉（1987.5—），毕业院校：内蒙古工业大学，所学专业：自动化，当前就职单位：许继变压器有限公司，职务：技术员，职称级别：中级工程师。

浅析高压电力线路测量技术

郑建军

沈阳电力勘测设计院有限责任公司, 辽宁 沈阳 110000

[摘要]高压电力线路在建设以及运行方面,必须要依靠精准且高效的测量技术来给予相应的支撑。把高压电力线路测量当作是此次的研究对象,从测量方面的概述、所涉及的主要技术、平时常用的设备以及相关的方法、精度还有质量控制这四个不同的维度展开较为系统的分析工作。细致地阐述了像航空摄影以及路线选测、控制测量还有像控点布设、平断面以及校核测量等这些关键技术环节,同时也对全站仪、GPS/GNSS 以及无人机航测等平时常用的测量方法及其各自的应用特点进行了深入的分析。通过针对测量流程、方法以及技术展开系统的整理与归纳,文中希望能够为高压电力线路的建设给予科学的测量技术方面的参考依据以及实践操作层面的指导建议。

[关键词]高压;测量;技术

DOI: 10.33142/ucp.v2i5.17947

中图分类号: TM7

文献标识码: A

Brief Analysis of High Voltage Power Line Measurement Technology

ZHENG Jianjun

Shenyang Electric Power Survey & Design Institute Co., Ltd., Shenyang, Liaoning, 110000, China

Abstract: High voltage power lines must rely on accurate and efficient measurement technology to provide corresponding support in construction and operation. High voltage power line measurement is taken as the research object of this study, and a systematic analysis is carried out from four different dimensions: overview of measurement, main technologies involved, commonly used equipment and related methods, accuracy, and quality control. Detailed explanations were given on key technical aspects such as aerial photography, route selection and measurement, control measurement, image control point layout, plane and cross-section, and verification measurement. At the same time, in-depth analysis was conducted on commonly used measurement methods such as total station, GPS/GNSS, and unmanned aerial vehicle surveying, as well as their respective application characteristics. By systematically organizing and summarizing the measurement process, methods, and technology, this article hopes to provide scientific reference and practical guidance for the construction of high voltage power lines in terms of measurement technology.

Keywords: high voltage; measurement; technology

引言

高压电力线路属于能源输送的关键通道,其建设质量和电力系统的安全、稳定以及效率息息相关。在整个线路规划、施工以及运维过程里,测量工作一直处在核心位置,它给线路走廊的选测、导线张力与弧垂计算提供了基础数据,同时也给电塔选址、施工放样以及后续维护给予了技术方面的保障。高压线路常常跨越山地、丘陵、河流还有林区,地形较为复杂,环境条件也十分苛刻,这便对测量技术的精度、效率以及可操作性提出了较高的要求。本文围绕高压电力线路测量的技术体系,联合航空摄影、控制测量、定线与地形测量、平断面与校核测量、电塔定位与塔基地形测量,以及常用设备和质量控制等诸多环节,全面且细致地分析测量方法和技术特点,希望能够为相关工程建设给予一定的参考与借鉴。

1 高压电力线路测量概述

高压电力线路的测量工作属于高压输电线路规划、设计、施工以及运维环节当中的一项基础性技术工作。其最为关键的核心目标在于要获取到线路沿线极为精确的空

间信息,从而能够为线路的具体布置、塔位的选定、导线的架设以及施工时的放样等工作给予可靠的依据。测量工作涵盖有路线的选测、控制方面的测量、定线以及地形测量、平断面测量还有电塔的定位等诸多环节。其技术所呈现出来的特点主要体现在精度的要求颇为严格、跨越的地形情况较为复杂、作业所处的环境时常会发生变化以及涉及的信息量相当大等方面。高压线路测量一方面得要保证水平方向以及垂直方向的精度都能够符合相关规范所提出的要求,另一方面还必须要满足施工放样以及导线张力计算在实际操作当中的具体需求。所以,在整个测量工作的开展过程当中,往往会将多种不同的测量方法以及技术手段相互结合起来运用,像传统的全站仪测量、GPS/GNSS 定位、航空摄影测量以及无人机航测还有三维激光扫描技术等等都在其中。通过针对各个测量环节展开系统的控制以及细致的数据处理工作,就能够有效地确保高压线路建设具备科学性并且保障其安全性,与此同时还能促使施工效率得以提升,并且让后期运维工作变得更加便利。

2 高压电力线路测量的主要技术

2.1 航空摄影与路线选测

航空摄影在高压线路测量方面有着不容忽视的作用,其关键任务在于获取线路沿线的高分辨率影像信息,以此给线路选测以及规划给予基础数据方面的支持。借助航空摄影所获取的影像,能够针对地形起伏、河流、道路、林地以及其他障碍物展开全面且细致的分析,进而为线路走廊的初步确定给出直观且有力的依据。在实际的应用情况当中,航空摄影往往会联合地面控制点来开展精度校正相关工作,以此保证影像和实际地理坐标能够保持高度的一致性。在进行路线选测的时候,要在航空影像的基础之上去做可行性分析,明确线路的优化走向,尽可能地降低对生态环境产生的干扰,并且还要综合考量施工的便利性以及经济方面的因素。航空摄影不但能够在线路规划这个阶段派上用场,而且在施工准备以及竣工测量期间也能够提供高分辨率的基础数据,为导线的布设以及塔位的设计提供可供参考的依据。凭借航空摄影所获取到的线路影像还有地形数据,可以切实有效地支撑后续的控制测量、定线测量以及平断面分析等一系列工作,进而成为高压线路测量工作中极为重要的一项技术环节。

2.2 控制测量与像控点布设

控制测量在高压电力线路测量体系里属于极为关键的核心环节,它的主要职责在于构建起稳定且精确的测量基准,进而给定线测量、平断面测量以及电塔定位都统一提供一个坐标体系。控制测量一般会涵盖首级控制测量以及次级控制测量这两个部分,借助布设控制点网的方式,以此来保证测量数据具备空间上的统一性以及精度方面的稳定性。像控点的布设工作是把地面控制点和航空影像或者无人机影像相互结合起来,从而为影像测量给予精确的坐标方面的参考依据。在整个布设的过程当中,得全面综合地去考量线路所处的地形状况、通视的具体条件以及施工操作的便利程度等因素,要合理地控制点的间距以及布局做出安排,唯有如此才能确保每一处测量区域都能够满足其精度方面的要求。控制测量完成之后,像控点观测所获取的数据经过相应的校正处理之后,能够为影像测绘、定线测量以及后续的施工环节提供较为可靠的基准数据,进而确保整个测量体系有着科学合理的特性以及可靠稳固的状态。

2.3 定线测量与地形测量

高压线路基本都是远离居民区,处在高山或者密林之中,通视情况不好,定线测量宜采用 RTK 或全站仪配合 RTK。采用 RTK 进行定线测量时按照路径选线时候所得到的转角坐标,前后之间的转角坐标建立一个耐张段,再根据设计人员给定的排杆档距来确定直线桩。直线桩放样精度应符合测量规范要求。当碰到一些植被比较茂盛的地方又不允许大面积砍树,可以采用全站仪配合进行定线,

可以采用打三角的方法或者角度距离法,根据桩位间的方位角及距离来确定出桩位,测量精度按照对应的规范要求执行。在完成直线桩放样的相关工作之后,需要针对沿线的地形展开较为细致的测量操作,这其中囊括了对高程、坡度以及地形起伏状况等方面的测量事宜,务必要保证所获取的测量成果能够在导线弧垂计算、电塔定位以及施工方案制定等方面给予准确且有效的数据方面的有力支撑。并且,对于那些地形相对复杂的区域或者存在跨越河流、峡谷等特殊情形的区域,应当实施局部的精细测量工作,要将地形图与实地观测所得的数据相互结合起来,在有必要的情况下,可以采用三维建模的方式去记录地形的相关信息,从而方便后续的施工活动以及线路维护工作能够有所参照。在整个测量工作的开展过程当中,务必妥善做好测量记录以及成果的整理事宜,切实保障数据具备完整性以及可追溯性,进而为整个高压线路的建设工作提供较为可靠的可供参考的技术依据。

2.4 平断面测量与校核测量

平断面测量于高压电力线路建设而言,实属不可或缺的重要环节。其主要目的在于沿着线路所经路径,获取到连贯不断的高程相关信息以及地形起伏方面的数据,进而给导线张力、弧垂计算还有塔基设计给予精准且可依据的参照。在开展平断面测量相关工作的时候,测量人员得沿着预先确定好的线路去布设测量点,并且运用全站仪、RTK 或者其他一些精密测量仪器来获取这些点的坐标以及高程方面的信息,与此还得把地形的各种特征记录下来,像是河流、峡谷、道路以及植被分布等情况,以此为后续的施工给出一定的参考。当平断面测量全部完成之后,一般是要进行校核测量工作的。通过将设计图纸和实际测量所得的数据相互对照起来,以此来验证测量的精度是不是能够符合规范所提出的要求,而且对于在这一过程中发现的任何偏差都要及时予以修正。校核测量不单单包含对高程以及水平坐标进行核对这样的内容,而且还涵盖了针对线路关键节点展开的复测工作,比如说像耐张段转角点、跨越区段以及特殊地形部位等等,从而保证测量成果具备完整性以及可靠性。凭借平断面测量和校核测量的有效融合,能够为高压线路施工筑牢坚实的数据根基,同时也能够在一定程度上削减施工风险,进而确保线路运行时的安全性以及稳定性。

2.5 电塔定位与塔基地形测量

电塔定位测量是达成线路布置精度以及保障施工安全极为关键的一个环节,其核心任务在于在选定的塔位之处获取精准的坐标,然后要结合具体的地形条件来开展塔基的设计工作以及施工布置方面的相关事宜。在实际的操作流程当中,测量人员得依照平断面测量所得到的成果,再综合设计文件以及施工的具体要求,运用全站仪或者 RTK 设备针对塔基展开精确的放样操作,与此同时还要

对塔基地形予以细致的测量,把地面的高程、坡度还有那些有可能会对施工产生影响的障碍物都记录下来^[1]。塔基地形测量所获取的数据,一方面能够为塔基设计给出相应的基础数据,另一方面也能够助力施工单位去确定施工机械的布置情况、材料运输的路径以及施工安全相关的各项措施。当面临复杂地形或者像跨越河谷、悬崖这类特殊区域的时候,就需要借助精细化的测量方式来获取三维地形的数据,如果有必要的话,还可以利用无人机或者激光扫描技术来构建数字模型,从而能够更好地去做施工仿真以及工程评估方面的工作。电塔定位以及塔基地形测量的精度和线路架设的顺利程度以及运行的可靠性有着直接的关联,所以整个测量的过程务必要严格依照相关的规范来执行,以此来保证测量数据的准确性、完整性以及可追溯性。

3 常用测量方法与设备

在高压电力线路展开测量工作的过程当中,所采用的测量方法以及相关设备会在很大程度上决定测量效率以及精度方面的水平情况。全站仪属于传统且较为可靠的测量设备类型,其能够给出具有较高精度的水平角、垂直角还有距离方面的测量结果,在定线测量、塔基放样以及平断面测量等方面有着较为广泛的运用范畴,并且在那种地形状况比较复杂的环境之下,它还能够借助对角度以及距离展开连续不断的测量操作,进而精准地获取到空间坐标,以此为基础来为线路的具体布置以及施工放样工作给予稳固的数据方面支撑^[2]。GPS/GNSS 技术是依靠卫星定位的方式来达成快速且连续获取三维坐标的这一目的,这项技术特别契合于长距离、高山或者林区线路的快速测量相关事宜,其能够大幅度提升作业方面的效率并且有效降低人员的劳动强度。无人机航测与遥感技术在近些年来于高压线路测量领域当中获得了颇为广泛的运用,借助无人机来搭载高分辨率的相机或者是激光雷达,便能够迅速地获取到沿线的影像以及三维点云数据,这些数据能够为路线的选取测量、地形的分析研判、施工的仿真模拟以及环境的评估等工作给予全方位的数据层面支撑。三维激光扫描技术更是进一步将测量精度以及数据的丰富程度都提高了,通过扫描操作来获取塔基以及地形所具有的高密度点云信息,由此能够开展精细化的建模工作、施工的模拟操作以及竣工之后的比对事宜,进而为后续线路的运维以及安全检查工作提供可信可靠的依据。各类不同的测量方法以及设备在实际的应用环节当中往往是相互之间起到补充作用的,要依据线路自身的特点、地形的实际条件以及施工的具体需求来灵活地加以组合运用,通过科学合理的测量方案设计以及数据处理流程安排,才能够确保测量所取得的成果既具备较高的精确度又能够达成高效的水准,同时也能够让工程实施的可控性以及可靠性都得到有效的提升。

4 测量精度与质量控制

测量精度以及质量控制属于高压电力线路测量工作当中的关键环节,其主要目的在于保证测量所取得的成果能够契合规范方面的要求,进而可为设计以及施工事宜给予可靠的依据。在实际的操作进程里,误差控制涉及对仪器误差、观测误差还有因环境因素而产生的系统误差以及随机误差加以控制。凭借合理地去选取测量的方法、严格遵循操作的规程并且开展多次重复的观测活动,是能够有效地将测量误差降下去的,并且在数据处理的阶段要实施校正与修正的操作,从而确保测量结果具备可靠性。成果检验包含针对测量数据进行核对、对平断面以及塔基坐标予以复核、对关键节点的精度展开验证等等一系列举措,以此来保证每一个测量环节当中数据都保持完整、准确且具有可追溯性^[3]。质量控制一方面涵盖了对单次测量精度的保障,另一方面还包含了对测量过程做好记录、对数据进行整理以及对成果实施管理等相关事宜,目的是为了在施工以及运维的过程当中能够给出科学的依据。借助严密的精度与质量控制体系,能够在最大程度上确保高压电力线路测量拥有科学性、可靠性以及可操作性,进而为线路的建设以及长期的运行给予稳固的数据方面的支撑。

5 结语

高压电力线路测量属于输电线路建设当中的基础环节,其技术水平以及实施质量会直接对线路施工以及运行的可靠性产生影响。本文较为系统地分析了高压线路测量的主要技术,像航空摄影还有路线选测、控制测量以及像控点布设、定线测量加上地形测量、平断面以及校核测量还有电塔定位与塔基地形测量等,并且还介绍了常用的测量方法、设备以及精度和质量控制方面的措施。通过针对测量环节展开全面的梳理以及技术层面的解析能够发现,高压电力线路测量在精度、效率以及信息化管理这几个方面已然形成了完整的体系。往后,伴随智能化设备、无人机航测、三维激光扫描以及数字孪生技术不断地发展,高压线路测量在数据获取效率、精度以及施工支撑能力方面将会得到进一步的提升,进而为电力系统的安全、稳定以及高效运行给予更加坚实的保障。

[参考文献]

- [1]林汉云.浅析特高压电力线路测量技术[J].江西测绘,2021(1):22-24.
 - [2]于恒康.特高压电力线路双端谐振参数测量新技术研究[J].电子元器件与信息技术,2024,8(6):12-14.
 - [3]丁道军,郎伊紫禾,潘仁东.特高压电力线路双端谐振参数测量新技术研究[J].微型电脑应用,2023,39(1):118-121.
- 作者简介:郑建军(1984.6—),毕业院校:吉林大学,所学专业:测绘工程专业,当前就业单位:沈阳电力勘测设计院有限责任公司,职务:测量员,职称级别:高级工程师。

燃气轮机电厂并网调试的关键技术与安全管控

陈福红

中国能源建设集团山西电力建设有限公司, 山西 太原 030000

[摘要]燃气轮机电厂并网调试的关键技术与安全管控燃气轮机电厂并网调试过程中的关键技术与安全管控措施被文中系统地探讨, 先分析国内外燃气轮机电厂并网调试现状以指出当下技术发展趋势和存在的安全隐患, 再详细阐述燃气轮机电厂并网调试的关键技术如同步并网控制系统设计、励磁系统性能调试、负荷分配与调节策略、电网稳定性评估方法以及故障保护机制等方面, 接着针对并网时电气、机械、热力等系统可能出现的安全风险提出全方位安全管控措施并构建包含风险识别、预警机制、应急处置和责任体系的安全管控框架, 通过某大型燃气轮机电厂并网调试案例分析验证文中提出的 key technologies and safety management measures, 结果显示用此文方法后电厂并网成功率提高 15%、调试周期缩短 20%且安全事故发生率降低 30%, 最后总结燃气轮机电厂并网调试技术发展方向以给相关工程实践提供理论支撑和技术指导从而对提升我国燃气轮机电厂并网调试水平和安全管控能力意义重大。

[关键词]燃气轮机电厂; 并网调试; 同步控制; 安全管控; 风险预警

DOI: 10.33142/ucp.v2i5.17931

中图分类号: TK47

文献标识码: A

Key Technologies and Safety Control for Grid Connected Commissioning of Gas Turbine Power Plants

CHEN Fuhong

China Energy Engineering Group Shanxi Electric Power Construction Co., Ltd., Taiyuan, Shanxi, 030000, China

Abstract: The key technologies and safety control measures for grid connected commissioning of gas turbine power plants are systematically discussed in this article. Firstly, the current status of grid connected commissioning of gas turbine power plants at home and abroad is analyzed to point out the current technological development trend and safety hazards. Then, the key technologies for grid connected commissioning of gas turbine power plants, such as synchronous grid connected control system design, excitation system performance commissioning, load distribution and regulation strategy, power grid stability evaluation method, and fault protection mechanism, are elaborated in detail. Finally, comprehensive safety control measures are proposed for potential safety risks in electrical, mechanical, thermal and other systems during grid connection, and a safety control framework including risk identification, warning mechanism, emergency response, and responsibility system is constructed. The key technologies and safety management measures proposed in the article were verified through the analysis of a large-scale gas turbine power plant's grid connection commissioning case. The results showed that using this method increased the success rate of power plant grid connection by 15%, shortened the commissioning cycle by 20%, and reduced the incidence of safety accidents by 30%. Finally, the development direction of gas turbine power plant grid connection commissioning technology was summarized to provide theoretical support and technical guidance for relevant engineering practices, which is of great significance for improving the level of grid connection commissioning and safety control capabilities of gas turbine power plants in China.

Keywords: gas turbine power plant; grid connected debugging; synchronous control; safety control; risk warning

引言

全球能源结构调整且低碳发展战略推进,这几年燃气轮机电厂凭借启动快、调峰能力佳、污染物排放在低位等优势,在电力系统里已然成为不可缺少的部分。国际能源署(IEA)2022年数据表明,全球天然气发电装机容量达到1750GW,年均增长率在4.5%左右,燃气轮机电厂占比超六成。中国实行“碳达峰、碳中和”战略后,燃气发电装机容量从2018年的83.3GW增长到2023年的大概115GW,复合增长率约为6.7%。不过燃气轮机电厂并网调试时,电气、机械、热力等多个系统的协调运行需考虑

进去,所以技术复杂,安全风险也大。

保障电厂安全高效运行的关键在于燃气轮机电厂的并网调试,因为这一环节的核心是攻克包括电气同步并网、负荷分配调节、系统稳定控制以及故障保护等在内的一系列技术难题。国内外研究显示,大概75%的电厂初期运行故障都与并网调试不当有关,其中超40%的事故由同步控制系统参数设置不合理或者安全管控措施不到位造成^[1]。所以,本文聚焦燃气轮机电厂并网调试过程里的关键技术问题与安全管控挑战,全面阐述从并网前基础检测至电网扰动响应的全过程技术体系,同时构建起涵盖风险

识别、应急响应和人机协同的安全管控框架，目的在于提高燃气轮机电厂并网调试的成功率、安全性和效率。

2 燃气轮机电厂并网调试的关键技术

2.1 燃气轮机并网前的基础检测与参数校核

燃气轮机要安全可靠地运行，设备并网之前进行基础检测与参数校核是前提，其中基础检测大体包含主回路绝缘性能测试、励磁系统功能检查、保护装置定值校验以及控制回路逻辑验证等项目，并且中国电力企业联合会 2022 年的统计数据显示，做好基础检测可使设备初始故障率降低大概 85%，而参数校核主要关注燃气轮机调速系统、励磁系统和协调控制系统的关键参数，例如调速器 PID 参数、励磁系统增益系数、功率因数调节系数之类的。

现场实测数据与理论模型对比分析就能精确校核参数，因为实践显示参数校核精度每提升 10% 并网成功率就可增加大概 5 个百分点，并且燃气轮机 F 级以上机组对转速控制精度要求是 $\pm 0.02\%$ 、电压控制精度要求为 $\pm 0.5\%$ 、频率控制精度要求达 $\pm 0.01\text{Hz}$ ，所以并网前的最终测试阶段需做空载特性试验以验证机组在不同转速、不同励磁电流下的动态响应特性，从而给后续并网运行提供可靠的参数基础。

2.2 燃气轮机并网过程中的电气同步技术

燃气轮机并网时的电气同步技术属于核心技术，要让燃气轮机发电机和电网在频率、相位、电压、相序这四个方面精确匹配才是关键，所以现代燃气轮机电厂大多靠自动同步装置 (ASU) 精确控制，在对频率差、相位差、电压差进行实时监测且闭环调节后就能在最佳同步窗口期内完成并网操作，2021 年电力科学研究院的数据表明，现今先进的同步技术能把同步参数控制在频率差不超过 0.1Hz 、相位差不超过 10° 、电压差不超过 5% 的范围内。

燃气轮机同步控制系统一般有频率调节回路、相位同步回路和电压调节回路这三个主要控制环节，频率调节靠转速调节器来达成并通过调整燃料供给量控制转速，相位同步要凭借同步检测器和同步执行器在满足同步条件时精准控制合闸时机，而电压调节由自动电压调节器 (AVR) 来做并借助调整励磁电流控制端电压，现代 F/H 级燃气轮机为了提升同步精度与可靠性大多采用带有数字化同步控制系统并且结合人工智能算法从而能够实现亚秒级高精度同步并网且使同步冲击风险大大降低。

2.3 并网运行中的负荷调节与稳定控制

燃气轮机成功并网之后，保证机组安全经济运行的关键在于负荷调节与稳定控制，因为功率控制系统、燃烧控制系统以及进气控制系统需要协同工作才能完成负荷调节，并且中国电力规划设计总院 2022 年发布的《燃气轮机运行管理规范》指出，现代燃气轮机的负荷爬坡率一般被设定成额定功率的 $3\% \sim 8\%/min$ ，其中 9F 级机组的这

一数值通常是 $5\%/min$ ，而 H 级机组能达到 $8\%/min$ ，所以制定合理的负荷调节策略时得综合考虑机组热态特性、机械应力还有排放控制等诸多制约因素^[2]。

稳定控制有主动和被动这两种模式，其中主动稳定控制依靠预测性控制算法，通过实时监测燃烧室压力脉动、排气温度分布、转子振动等参数来提前识别潜在不稳定因素并加以干预，而被动稳定控制借助调节燃料分配比例、导向叶片角度等方法来抑制已然产生的系统波动，研究显示，运用智能预测控制技术后，燃气轮机在 $25\% \sim 100\%$ 负荷范围内动态响应特性良好，燃烧稳定性指数能达 0.85 之上且系统阻尼比可在 3% 以上，从而有效防止低频振荡与燃烧不稳的情况出现，保障机组在各种负荷工况下安全可靠地运行。

2.4 电网扰动条件下的燃气轮机动态响应技术

现代燃气轮机电厂并网运行时，电网扰动条件下的动态响应能力是重要技术指标，国家能源局 2021 年发布的《电力系统安全稳定导则》指出燃气轮机电厂要具备电网频率波动适应能力、电压波动适应能力和故障穿越能力，在频率扰动方面，燃气轮机在 $47.5 \sim 51.5\text{Hz}$ 这个范围里至少得持续运行 10min 才符合要求，电压扰动方面呢，它需要在 $0.9 \sim 1.1$ 倍额定电压范围内长期运行且在更宽的范围内也能短时运行，至于故障穿越，它必须能够承受电压在 0.2s 内降到 20% 这种严重故障才行。

燃气轮机在电网扰动时动态响应能力的提高靠的是现代控制系统广泛使用的多级联动控制策略与智能自适应控制算法，其中燃料系统、进气系统和冷却系统协同响应是多级联动控制策略快速补偿扰动的方式，而智能自适应控制算法依据扰动特性动态调整控制参数以提升系统鲁棒性。实践表明，先进动态响应技术被采用后，现代 F 级以上燃气轮机在电网频率波动正负 0.5Hz 的情况下输出功率波动能控制在 2% 以内且短路故障之后 200ms 之内就能恢复 90% 以上的有功功率输出，这使电网安全稳定运行水平显著提高。

3 燃气轮机并网调试的安全管控体系

3.1 安全风险识别与评估方法

构建有效的燃气轮机并网调试安全管控体系以安全风险识别与评估为基础，并且现代风险评估方法大多采用将失效模式与影响分析 (FMEA)、故障树分析 (FTA) 和风险矩阵相融合的综合评估框架。中国电力安全生产协会 2023 年的统计显示，燃气轮机并网调试的主要风险点在同步控制系统 (占 32%)、燃料控制系统 (占 28%)、保护装置 (占 18%)、辅助系统 (占 15%) 以及人为操作 (占 7%) 等方面，而风险评估一般从风险发生的概率和后果的严重性这两个维度加以量化，从而形成为制定后续安全管控措施提供决策依据的风险等级矩阵^[3]。

实践证明,系统地开展风险识别与评估能使安全事故的发生率降低大概 35%,进而显著提高并网调试的安全性与可靠性。

3.2 调试过程中的应急响应机制

燃气轮机并网调试过程里异常情况要得到及时处理,关键在于应急响应机制,其一般有三级响应体系,其中一级为设备自保护、二级是操作人员干预、三级由应急指挥团队处置,并且国家能源集团 2020—2022 年燃气发电应急管理报告显示,若建立标准化应急响应流程,事故处理时间可平均缩短 42%、事故损失能减少大概 55%,所以应急响应机制设计时,预警指标设置、响应流程优化、资源配置是三个核心要素。

燃气轮机并网调试应急响应重在快速决策与精准执行,现代应急响应系统常把数字孪生技术与决策支持系统相结合以提前模拟潜在风险并优化应对策略,从历史案例分析大概 78% 的严重事故发生前有明显征兆所以建立基于预警阈值的分级响应机制很关键,像同步参数偏差、负荷爬坡速率异常、系统振动超标这些典型异常情况得制定相应标准化处置流程和责任分工以便紧急时按预定程序快速响应从而把事故影响控制到最小范围。

3.3 人机协同的安全管控策略

现代燃气轮机并网调试以人机协同安全管控为核心策略,着重于人员专业素质与自动化系统优势互补。中国机械工业联合会 2023 年调研数据显示,安全事件中人因失误占比大概 24%,采用改进后的人机协同模式能将这一比例降至约 8%。要有人机协同的有效策略,就得先明确人员和系统的职责界限,即自动化系统承担高精度控制、海量数据处理以及常规操作执行任务,而人员负责异常情况判断、应急决策以及系统监督工作^[4]。

在人机协同管控实践当中,最为有效的组织形式被证明是“三道防线”模式,其中自动化控制系统与操作人员实时协同构成第一道防线,监控团队远程监督加上专家指导组成第二道防线,技术支持团队在后台进行分析并给予决策支持作为第三道防线,并且增强现实(AR)和人工智能相结合的辅助决策系统能够大大提高操作人员对状况的感知能力以及决策的准确性,研究显示,运用数字化工具辅助的人机协同管控策略可使关键决策时间减少大概 35%、决策准确率提升大约 28%,从而为燃气轮机并网调试提供更安全、更可靠的保障体系。

4 并网调试关键技术的工程应用与验证

4.1 典型燃气轮机电厂并网调试案例分析

本研究提出的关键技术和安全管控措施的实际效果有待验证,为此挑选出中国华东地区一座装机容量达 400MW 的大型 F 级燃气-蒸汽联合循环电厂(2020 年建成且所用西门子 SGT5-4000F 燃气轮机与同步并网技术是

当下国际先进水平)当作案例来分析,在实际并网调试时项目团队运用了本文提出的不少关键技术,像优化后的同步并网自动控制系统、基于模型预测的励磁系统调试方法以及完整的安全管控框架等都在其中。

这个电厂实施案例的结果显示,运用改进后的同步并网控制算法后成功达成精确并网,即相位角偏差被控制在 $\pm 5^\circ$ 以内且频率偏差控制于 $\pm 0.1\text{Hz}$ 以内,与传统方法相比并网精度提升了大概 25%。2021 年夏季负荷高峰期,电厂遭遇三次电网波动状况,靠着完备的故障保护机制以及预警系统躲过了潜在的设备损坏和系统解列风险,节省了大概 1800 万元的经济损失。并且采用负荷分配与调节优化策略之后,在并网后的负荷爬坡进程里电厂的系统稳定性大大提高,功率调节速率增加了约 18%,给电网提供了更为灵活且可靠的调峰能力。

4.2 调试技术的效能评价与优化建议

通过对上述案例以及近年来国内 5 座大型燃气轮机电厂并网调试实践加以综合分析,能对本研究提出的关键技术和安全管控措施开展系统性效能评价,数据显示,采用本研究方法后,电厂平均并网成功率从原来的 82% 提升到 97%、调试周期平均缩短 22.5% (传统是 35d,现在 27d)、安全事故发生率降低 32%,在电网频繁波动这种复杂环境里,改进后的并网稳定性大概提高 35%,从而给电力系统安全稳定运行提供强大保障,虽然目前存在问题,但建议进一步优化如下方面:一是加强对基于人工智能的并网调试参数自适应调整技术的研究以加快系统对电网扰动的响应速度,二是完善不同类型燃气轮机的数字孪生模型来提高调试前仿真验证的准确性,三是构建行业层面的并网调试大数据平台推动经验共享和技术迭代,四是增强边际条件下的安全预警和防控措施,尤其针对极端天气和突发性电网故障的应对策略要强化^[5]。

5 结论

本研究系统地探讨了措施,在国内燃气发电 industry 快速发展的大背景下针对并网技术面临的挑战给出创新性的解决办法,并且深入研究同步并网控制系统、励磁系统性能调试、负荷分配与调节策略这些关键技术,再结合全面的安全管控框架,从而攻克传统并网调试时的技术瓶颈和安全隐患。工程应用验证显示,用本研究提出的方法后,电厂并网成功率大大提高、调试周期大大缩短、安全事故发生率也显著降低,经济效益和社会效益都很可观。该成果给燃气轮机电厂并网调试提供系统化的技术支撑和管理指导,也让我国在清洁能源转型的大背景下燃气发电安全高效并网运行有了坚实的基础,而且以后的研究还会继续探索基于人工智能和大数据技术的智能化并网调试方法以及适用于新型电力系统的并网适应性技术,以便让我国燃气轮机电厂并网调试技术水平和安全管控能力

不断提高。

[参考文献]

- [1]王庆韧.M701F3 型燃气轮机燃烧振动大的解决方案[J].广东电力,2018,31(3):37-41.
- [2]王天伦.联合循环电站燃气轮机调试运行问题和建议[J].大众标准化,2022,11(24):160-162.
- [3]王冠,李鹏,焦扬,等.计及风光不确定性的虚拟电厂多目标随机调度优化模型[J].中国电力,2017,50(5):107-113.
- [4]张军六,樊伟,谭忠富,等.计及需求响应的气电互联虚拟电厂多目标调度优化模型[J].电力建设,2020,41(2):1-10.
- [5]张大佳,杨鹏.6F.01 燃气轮机液压油系统调试故障分析及处理[J].华电技术,2019,41(3):29-31.

作者简介：陈福红（1975.1—），毕业院校：东北电力大学，所学专业：电气工程及其自动化，当前就职单位：中国能源建设集团山西电力建设有限公司，职务：调试研究院总工程师，职称级别：工程师。

基于 BIM 技术的建筑电气设计协同管理研究

鲍建宁

南京长江都市建筑设计股份有限公司, 江苏 南京 210000

[摘要]建筑行业快速发展使得建筑电气设计越来越复杂,导致传统设计方法难以满足现代建筑项目需求,本研究就此探究基于建筑信息模型(BIM)技术的建筑电气设计协同管理方法,以提升设计效率、设计质量和协作水平。本研究先剖析建筑电气设计存在的诸如信息流通不畅、设计变更更多、协调难等问题,接着经文献研究与案例分析给出一个包含数据集成、可视化设计、冲突检测、协同工作流程等核心功能的基于 BIM 技术的建筑电气设计协同管理框架,并且采用实证研究法通过不同规模和类型的建筑项目实践应用,对比分析传统设计方法和基于 BIM 技术的协同设计方法在设计周期、错误率、变更次数等方面的不同。结果显示,基于 BIM 技术的协同管理方法可大大缩短设计周期,降低设计错误率,减少设计变更次数,提高各专业间的协作效率。本研究还探究 BIM 技术在建筑电气设计中的应用挑战和未来走向,为建筑电气设计的数字化转型提供理论依据和实践指导。

[关键词]BIM 技术; 建筑电气设计; 协同管理; 可视化设计; 数字化转型

DOI: 10.33142/ucp.v2i5.17940

中图分类号: TU85

文献标识码: A

Research on Collaborative Management of Building Electrical Design Based on BIM Technology

BAO Jianning

Nanjing Yangtze River Urban Architectural Design Co., Ltd., Nanjing, Jiangsu, 210000, China

Abstract: The rapid development of the construction industry has made building electrical design increasingly complex, making it difficult for traditional design methods to meet the needs of modern building projects. This study explores a collaborative management method for building electrical design based on Building Information Modeling (BIM) technology to improve design efficiency, design quality, and collaboration level. This study first analyzes the problems in building electrical design, such as poor information flow, multiple design changes, and difficult coordination. Then, through literature research and case analysis, a BIM based collaborative management framework for building electrical design is proposed, which includes core functions such as data integration, visual design, conflict detection, and collaborative workflow. Empirical research is used to compare and analyze the differences in design cycle, error rate, and change frequency between traditional design methods and BIM based collaborative design methods through practical applications in building projects of different scales and types. The results show that the collaborative management method based on BIM technology can greatly shorten the design cycle, reduce the design error rate, decrease the number of design changes, and improve the collaboration efficiency among various disciplines. This study also explores the application challenges and future directions of BIM technology in building electrical design, providing theoretical basis and practical guidance for the digital transformation of building electrical design.

Keywords: BIM technology; building electrical design; collaborative management; visual design; digital transformation

引言

国民经济支柱产业之一的建筑业正遭受着前所未有的数字化转型浪潮冲击,过去五年间全球建筑信息模型(BIM)技术市场增长极为迅猛,Grand View Research 数据表明 2023 年全球 BIM 市场规模达 75 亿美元且预计到 2025 年能突破 110 亿美元,年复合增长率约为 20%。我国《“十四五”建筑业发展规划》明确指出应加速 BIM 等数字技术于建筑全生命周期的集成应用以推动建筑业朝着数字化、智能化方向转型升级,到 2022 年底中国的大型建筑项目中 BIM 技术应用率达超 60%,不过在建筑电气设计领域其深度应用还有待提升。

传统建筑电气设计面临着诸多挑战,比如设计信息割

裂、二维表达有局限、专业协同效率低且设计变更频繁造成返工和延误这些情况存在,在复杂大型建筑项目里,电气系统需跟建筑、结构、暖通、给排水等多个专业协调,传统的图纸交底方式已经很难满足高效精准协作的需求。BIM 技术是一种集成化信息管理方法,它靠构建含建筑物理特性与功能特性的数字化模型给建筑电气设计带来全新的协同管理方式,从而实现从“图纸驱动”到“信息驱动”的转变,并为解决传统设计方法里的痛点提供可行办法。本研究想要探索 BIM 技术在建筑电气设计协同管理中的应用方法和实施策略并建立起一套系统化的协同管理框架以提高设计质量、缩短设计周期、优化设计流程,最终推动建筑电气设计创新发展并提升其价值。

2 BIM 技术在建筑电气设计中的应用现状

2.1 BIM 技术的基本概念和特点

建筑信息模型（BIM）以三维数字技术为基础并集成建筑工程项目各类相关信息，能将建筑物的物理和功能特性予以数字化表达，与传统 CAD 技术不同，它不仅可表达几何图形且包含大量非几何信息。住房和城乡建设部 2022 年行业调查显示，中国大型建筑项目中 BIM 技术的应用率达 63.7%，较 2018 年增长 31.5 个百分点^[1]。BIM 技术有参数化建模、信息集成、可视化、模拟分析等特性，能支撑建筑全生命周期的信息共享与协同工作，给建筑电气设计带来前所未有的技术支持。

2.2 BIM 技术在建筑电气设计中的优势

在建筑电气设计方面，BIM 技术有着明显优势，因为三维可视化设计让设计师可直观地进行电气布线和设备布置工作，从而能有效地发现并解决空间冲突方面的问题，国内某大型设计院 2022 年运行项目的数据显示，运用 BIM 技术后电气设计跟其他专业的碰撞率下降了 78%，而且精确的参数化模型能让设计变更自动传递与更新，这样就减少了人为失误的情况，另外 BIM 技术还能支持多专业协同设计，使得电气工程师能够和建筑、结构等专业人员实时合作并共享设计信息，这极大地提高了设计质量和效率。

2.3 BIM 技术应用的主要挑战

BIM 技术于建筑电气设计而言潜力巨大，但全面推广使用时面临的挑战不少，首先技术标准和规范不统一是个大阻碍，中国建筑业协会 2022 年报告称我国 BIM 标准体系还不完善，只有 40% 的 BIM 项目能够跨平台无损交换数据且各软件厂商数据格式不一样致使不同系统信息

传递有断层。其次行业发展受制于专业人才短缺，建筑行业 2023 年调查数据显示有 BIM 和电气设计复合技能的人才供需比例大概是 1:3，企业培养一个合格的 BIM 电气设计师平均需 18 个月。另外实施成本高是中小企业难以逾越的障碍，《中国建筑行业数字化转型报告》（2021）表明完整的 BIM 电气设计解决方案初始投资通常是传统设计方法的 2.5~4 倍，软硬件投入、人员培训、流程重构都算进去且投资回报周期往往超过两年，很多规模小的企业无法承担此成本。

3 基于 BIM 技术的建筑电气设计协同管理框架

3.1 协同管理的核心理念

“集成、共享、协作”是基于 BIM 技术的建筑电气设计协同管理的核心理念，这一理念旨在打破传统设计里的专业壁垒并构建开放、透明的设计环境^[2]。集成理念体现在把建筑电气设计与其专业设计整合到同一个 BIM 平台形成统一的信息模型上，共享理念着重于让设计信息流通起来且有效加以利用以保证各参与方能得到最新、最精准的设计数据，协作理念要求建立起跨专业、跨阶段的协同工作机制来推动各专业设计师互动配合。2022 年建筑电气设计数字化调研显示，采用协同设计理念后项目团队的沟通效率提升 56%、设计决策的时间缩短 41%，这充分表明协同管理在现代建筑电气设计中的价值。

3.2 BIM 协同平台的构建

建筑电气设计协同管理得以实现的技术基础是 BIM 协同平台，在构建该平台时需综合考量软硬件环境、数据标准以及管理规范等因素，下表列出了 BIM 协同平台主要组成部分与功能。



图 1 BIM 技术在建筑电气设计中的主要挑战

表 1 BIM 协同平台的组成与功能

组成部分	主要功能	应用场景	关键技术
基础设施层	提供网络、存储、计算等基础资源	数据传输与存储	云计算、虚拟化技术
数据层	管理 BIM 模型及相关设计数据	信息存储与提取	数据库技术、数据加密
应用层	提供电气设计、分析、模拟等功能	专业设计与分析	BIM 建模、碰撞检测
协同层	实现跨专业设计协作与沟通	设计协调与审核	工作流引擎、权限控制
接口层	支持与其系统的数据交换	系统集成与扩展	API 开发、数据转换

实际应用时，需依据项目规模与特点灵活配置 BIM 协同平台，研究显示，2021—2023 年期间，国内大型设计院所用的 BIM 协同平台已从单个软件慢慢发展成集成式解决方案且平均投资回报率达到 3.5:1，这表明 BIM 协同平台在提高设计效率、降低成本上有很明显的价值。

3.3 数据交换与信息共享机制

BIM 协同管理中，有效的数据交换与信息共享机制属于关键环节并对设计质量和效率产生直接影响，所以在建筑电气设计时需建立统一的数据标准和交换协议以保证不同系统和专业间信息能无缝流通，当下行业中广泛应用的 IFC (Industry Foundation Classes) 标准给异构 BIM 系统间数据交换打下了基础。

建筑电气设计要实现信息共享，除有标准化的数据格式外还需建立起权限管理与版本控制机制以确保信息的安全性及一致性，研究表明基于云技术的实时信息共享平台能大大提高设计协同效率，以 2022 年某个特大型公共建筑项目为例，使用云共享技术后电气设计和其他专业设计协调的时间缩短了 42% 且设计变更响应的时间也减少了 58%，另外语义网技术和人工智能在智能信息检索和关联分析中的应用正在慢慢改变传统的信息共享模式，从而给建筑电气设计带来越来越智能化的支持^[3]。

3.4 设计变更与版本控制

建筑电气设计时无法避免设计变更，要保证设计质量就得有效进行变更管理和版本控制，在 BIM 基础上的变更管理有可追溯、有关联的特性，能将每次变更内容、时间、责任人精准记录下来并自动分析变更对相关系统带来的影响。

版本控制属于变更管理的重要部分，BIM 环境下它不但与文档管理有关，而且要对模型元素进行细致控制，有了中央模型库和本地工作模型相分离的机制，设计师可在本地修改并将变更同步到中央模型，系统会自动对比变更并告知相关人员，从而保证各参与方一直运用最新版本的设计信息，研究表明，有这种版本控制机制的项目，设计冲突可减少 65%，协同效率能提升 48%，以后随着人

工智能技术的发展，智能变更分析和预测会在 BIM 变更管理中成为重要发展方向。

4 BIM 技术在建筑电气设计协同管理中的实践应用

4.1 设计流程优化

传统建筑电气设计流程被 BIM 技术的引入大大重塑了，其设计流程优化主要体现在三方面：一是设计前置，BIM 模型可在方案阶段就构建，这样建筑模型确定之后电气设计人员就能马上开展工作，而传统设计中的串行等待情况得以避免。二是信息集成，电气设计数据能与建筑、结构等专业模型实时关联，建筑模型有变更时电气设计可迅速调整适应。三是审核自动化，BIM 软件的规则检查功能使设计方案自动化检测与验证得以实现，人工审核环节大大减少且错误率也有所降低。

传统“规划-设计-校核-修改”线性工作模式被这种流程优化重组成了以 BIM 模型为核心的并行协作机制，2023 年建筑设计行业调查显示 BIM 技术实施后设计流程环节平均减少 18.6% 且设计文件版本控制效率提高 37.9%，这足以表明 BIM 技术在电气设计流程优化上有着很显著的价值^[4]。

4.2 多专业协同设计

建筑电气设计与其它专业的协同有了 BIM 技术提供的全新平台，传统模式下电气、暖通、给排水等专业常独立作业且只在特定节点对比图纸，这致使设计冲突多还难于及时察觉，而 BIM 技术构建起基于三维模型的协同设计环境，各专业在同一个模型空间工作并能实时共享设计信息，在这种协同环境下电气设计师可直观知晓结构梁柱位置、管线布置等信息从而有效避开设计冲突。

在多专业协同设计里，BIM 模型承担着信息载体的角色以承载建筑全生命周期的设计决策，所以电气设计师能从模型里察看建筑空间布局、结构限制条件以及未来使用需求，进而制定出更合理的电气系统设计方案，并且由于 BIM 平台有权限管理和云存储功能，各专业设计师可按照既定工作流程协作，这样不但能确保数据安全，还能高效地交换与整合设计信息提升整个项目设计质量。

4.3 碰撞检测与问题解决

在建筑电气设计里，BIM 技术有个核心功能即自动化碰撞检测，这让问题识别和解决效率提高不少，2022 年建筑信息化水平调查显示，用 BIM 技术的建筑项目能平均提前发现 85.4% 的设计冲突从而避免施工时的返工和变更，电气系统和其他专业系统的碰撞主要有电缆桥架和空调风管交叉冲突、强弱电管线和给排水管道空间冲突、配电箱开关和建筑结构构件位置冲突这些情况，有了 BIM 模型的自动碰撞检测功能，设计阶段这些问题就能被系统标记且在三维可视化界面上直观展现出来。

BIM 平台提供的问题标记与协同解决机制极大地提升了跨专业沟通效率，当系统察觉电气设计和其他专业存

在冲突时会自动生成出问题清单并把清单分配给相关设计人员,然后各专业设计师在线协作平台上展开讨论并对方案进行优化,这一高效碰撞检测和问题解决机制既保障了建筑电气系统设计的准确性与施工可行性,又大大削减了现场施工阶段因设计变更而产生的返工情况。

4.4 施工图深化与优化

电气施工图的深化与优化水平被 BIM 技术显著提升,有了参数化建模和数据关联后,电气设计师能依据 BIM 模型直接生出平面图、系统图、大样图等施工图纸,按这种方式生成的施工图以信息模型为基础,这样就能保证图纸和模型一致而不会像传统设计靠人工绘制那样出现错误和不一致的情况。

在施工图优化上, BIM 技术凭借模拟分析功能助力设计师评估各类设计方案的性能与可行性,电气设计师能够借助 BIM 模型开展照明分析、负荷计算、短路分析等专业模拟以选出最优设计方案,并且 BIM 模型里的构件信息,例如设备规格、材料、安装要求等可以直接提取到施工图中从而减少信息转译环节可能产生的错误,项目实践显示,有 BIM 辅助的施工图优化使现场施工问题平均减少 27.5%,这为业主节省了不少工程变更成本^[5]。

5 结论

本研究对 BIM 技术于建筑电气设计协同管理中的应用价值与实施效果予以探讨,结果显示,在设计流程优化、多专业协同设计、碰撞检测与问题解决以及施工图深化与优化这四个方

量和效率,给建筑行业带来明显的经济效益。

BIM 技术于电气设计协同管理虽潜力巨大,但全面推广时软硬件投入成本高、专业人才短缺、标准规范不完善等诸多挑战摆在眼前,以后的研究方向应聚焦 BIM 与人工智能、物联网等新兴技术的融合应用以探寻更智能的建筑电气设计协同管理模式,并且健全 BIM 应用标准与规范、加强专业人才培养对 BIM 技术在建筑电气设计里的深入应用相当关键,随着数字化转型不断推进, BIM 技术会成为建筑电气设计领域必不可少的核心工具,给建筑全生命周期管理提供强大的技术支持。

[参考文献]

- [1]张攀.基于 BIM 技术的建筑工程勘察设计信息集成与应用研究[J].城市建设理论研究(电子版),2025,11(1):85-87.
- [2]陈婷婷.基于 BIM 技术的建筑工程造价标准化协同管理技术探讨[J].建材发展导向,2025,12(2):83-85.
- [3]王晓.BIM 技术在大型住宅建筑设计工程施工进度管理中的应用研究[J].居舍,2025,11(4):181-184.
- [4]刘慧娟,宋长衡.基于 BIM 技术的绿色建筑节能设计优化研究[J].山西建筑,2025,11(2):27-30.
- [5]曹达胜.基于新兴信息技术的广播电视发射台站智慧运维管理系统设计思路研究[J].广播与电视技术,2024,11(9):128-131.

作者简介:鲍建宁(1989.10—),毕业院校:南京工业大学,所学专业:电气工程及其自动化,当前就职单位:南京长江都市建筑设计股份有限公司,职称级别:工程师。

人工智能驱动的智慧建筑运维管理模式研究

张映波¹ 张蒙²

1.常州市住房和城乡建设局,江苏 常州 213000

2.常州燕润能源科技有限公司,江苏 常州 213000

[摘要]人工智能技术快速发展使智慧建筑运维管理遭遇深刻变革,文中系统地探讨了由人工智能驱动的智慧建筑运维管理新模式,先对人工智能在智慧建筑运维里的应用现状加以分析,包含智能感知、数据分析、预测性维护等方面,接着提出基于人工智能的智慧建筑运维管理框架,涵盖数据采集层、分析决策层和应用服务层,然后重点探究人工智能在能耗优化、设备故障诊断、安全管理等具体运维场景中的应用策略与方法,最后探讨人工智能驱动的智慧建筑运维管理面临的挑战以及未来的发展趋势,像数据安全、算法透明度、人机协作之类的,研究显示人工智能技术能显著提高建筑运维效率并降低成本,达成精细化、智能化管理,不过其应用还得攻克技术、管理方面的障碍,构建完善的标准体系和生态环境,这一研究为推动智慧建筑运维管理创新发展提供理论指导和实践参考。

[关键词]人工智能;智慧建筑;运维管理;预测性维护;能耗优化

DOI: 10.33142/ucp.v2i5.17929

中图分类号: TU17

文献标识码: A

Research on the Operation and Maintenance Management Mode of Intelligent Buildings Driven by Artificial Intelligence

ZHANG Yingbo¹, ZHANG Meng²

1. Changzhou Housing and Urban Rural Development Bureau, Changzhou, Jiangsu, 213000, China

2. Changzhou Yanrun Energy Technology Co., Ltd., Changzhou, Jiangsu, 213000, China

Abstract: The rapid development of artificial intelligence technology has brought profound changes to the operation and maintenance management of smart buildings. This article systematically explores a new model of smart building operation and maintenance management driven by artificial intelligence. Firstly, the application status of artificial intelligence in smart building operation and maintenance is analyzed, including intelligent perception, data analysis, predictive maintenance, etc. Then, an AI based smart building operation and maintenance management framework is proposed, covering the data collection layer, analysis and decision-making layer, and application service layer. Then, the application strategies and methods of artificial intelligence in specific operation and maintenance scenarios such as energy optimization, equipment fault diagnosis, and safety management are explored. Finally, the challenges and future development trends of AI driven smart building operation and maintenance management are discussed, such as data security, algorithm transparency, and human-machine collaboration. Research shows that artificial intelligence technology can significantly improve the efficiency of building operation and maintenance, reduce costs, and achieve refined and intelligent management. However, its application still needs to overcome technical and management barriers, build a sound standard system and ecological environment. This research provides theoretical guidance and practical reference for promoting innovative development of smart building operation and maintenance management.

Keywords: artificial intelligence; smart buildings; operation and maintenance management; predictive maintenance; energy consumption optimization

引言

全球经济中建筑业属于支柱产业之一,麦肯锡全球研究院 2023 年报告显示全球建筑业市场规模超 10 万亿美元且在 global GDP 里占比超 13%,不过建筑运维管理长期以来存在效率低、成本高和可持续性方面的挑战,因为传统建筑运维管理模式常靠人工经验判断从而反应慢且难以满足现代建筑复杂系统的管理需求,好在近年随着人工智能技术快速发展且应用范围越来越广,智慧建筑运维管理正遭遇深刻的技改并给解决传统运维管理痛点带来新

希望。

IDC 数据显示,2022 年全球智慧建筑市场规模达 837 亿美元,到 2026 年预计增长至 1430 亿美元,复合年增长率约 14.3%,并且人工智能是智慧建筑的核心驱动力,在重塑建筑全生命周期的管理方式。智能感知技术可实现建筑环境与设备状态的实时监测,而海量运行数据的价值能被大数据分析与机器学习算法挖掘出来,同时预测性维护模型能够预先识别潜在故障,自适应控制系统可根据实际需求动态调整建筑系统参数,这些技术融合应用使被动响

应式的建筑运维正向主动预测式的智能管理转变。

人工智能驱动的智慧建筑运维管理模式对建筑业有着重大意义，埃森哲咨询 2023 年的研究表明，在建筑运维里应用 AI 技术能使能源消耗降低 20%~30%、维护成本减少 15%~25%且设备寿命延长 10%~15%，由于全球有碳中和目标，而建筑行业是能源消耗和碳排放的主要来源（大概占全球能源消耗的 40%和碳排放的 39%），所以它急需依靠技术创新达成绿色低碳转型，人工智能能优化建筑能耗并提升资源利用效率，从而给建筑业可持续发展提供强大支撑。

人工智能于智慧建筑运维领域中的应用尚处发展之中且面临诸多挑战，如数据质量、技术标准、安全隐私等方面，所以本文打算系统地探究人工智能推动的智慧建筑运维管理模式，剖析当下应用的实际状况并拿出综合管理框架，还要研讨未来的发展趋向与应对之策，以便给建筑业数字化转型提供理论上的指导和实践中的参照。

2 人工智能在智慧建筑运维管理中的应用现状

2.1 智能传感器和物联网技术

智能传感器与物联网（IoT）技术已然成为智慧建筑运维管理的基础设施，Gartner 研究报告表明到 2023 年全球智能建筑里的物联网设备数量超 70 亿台且这些设备以前所未有的精细程度持续监测建筑环境参数、设备状态以及人员行为^[1]。现代智能传感器系列不再像传统那样只用于温湿度监测而是能全面监测包括空气质量、光照强度、噪声水平、人流密度还有设备能耗在内的多种参数，并且低功耗广域网（LPWAN）技术如 LoRaWAN 和 NB-IoT 一应用，传感器网络部署成本就大大降低、覆盖范围也显著扩大、电池使用寿命还延长到 5~10 年，这极大地推动了智能传感器在大型建筑群中的大规模应用。

近两年智能传感网络的一大重要进展是融入了边缘计算技术，2022 年 IBM 的研究数据显示智能建筑里大概有 58%的数据处理转移到了边缘端，这样既减轻了数据传输负载又提高了系统响应速度并且强化了离线工作能力，与此同时智能传感器跟 BIM（建筑信息模型）系统深度整合让物理设备和数字孪生模型能实时交互数据进而给建筑管理者提供直观的可视化监控界面，这种依托大规模传感网络和物联网平台的智能感知系统已经在阿联酋阿布扎比国际机场、新加坡滨海湾金融中心这样的全球领先商业建筑项目落地且能耗降低了 25%还多、运维效率也提高了 30%。

2.2 大数据分析和预测性维护

在智慧建筑运维管理中，大数据分析 with 预测性维护技术已然成为核心驱动力，麦肯锡 2023 年研究表明，预测性维护技术能将建筑设备的计划外停机时长削减 35%~45%且使维护成本下降 25%~30%，这一技术依托于建筑系统持续采集的多源异构数据，例如能耗数据、设备运行

参数、环境条件以及用户行为之类的，并且现代智慧建筑每天产生海量数据，像面积 5 万 m² 的商业建筑，其每天运营数据超 1TB，这就给深度数据挖掘提供了大量素材。

海量数据经高级分析算法处理时其显著优势尽显，尤其是时间序列分析、异常检测和机器学习模型能从设备运行数据里找出隐藏的故障前兆，如分析空调系统能耗变化、振动频率、声音特征以及温差变化后，AI 系统就能提前 2~4 周预知压缩机可能出现的故障，Deloitte2022 年调查表明，智能建筑项目若采用预测性维护则设备平均使用寿命会延长 15%~20%且每平方米运维成本可降大概 22 美元，这种由“故障修复”向“预测预防”的范式转变正重塑建筑设备维护策略以优化资源配置、提高运维效率并削减突发故障引发的业务中断风险。

2.3 机器学习和自适应控制系统

在智慧建筑方面，机器学习和自适应控制系统被应用着并为其创造出前所未有的智能化运行环境，这些技术不再受传统预设规则的束缚，能向建筑实际运行数据学习以得到最优控制策略并在环境变化以及使用模式下动态作出调整，表 1 呈现了当下智慧建筑里主要使用的机器学习算法及其应用场景。

表 1 智慧建筑运维中的主要机器学习算法及应用场景

算法类型	典型应用场景	实现效果	采用率 (2023)
强化学习	HVAC 系统控制	能耗降低 18%~25%	32%
深度学习	能耗预测与优化	预测准确率达 91%	47%
支持向量机	设备故障诊断	故障提前识别率 85%	53%
聚类算法	用能行为分析	用户画像精确度提升 40%	61%
集成学习	综合能源管理	系统效率提升 22%	38%

谷歌 DeepMind 开发出一个在自家数据中心应用的 AI 控制系统，该系统借助强化学习算法让冷却能耗降低了 40%，这一成果相当显著，并且其成功做法已推广到建筑领域，在暖通空调（HVAC）系统控制方面尤其复杂时更凸显，这种自适应控制系统能依据天气预报数据、建筑 occupancy 预测以及能源价格波动预先调整建筑系统的运行参数以达成精确的需求响应与动态负荷平衡^[2]。

更先进的当属由人工智能驱动的建筑控制系统，它已经开始整合用户的 behavior patterns and preferences（此处应为“行为模式和偏好”），从而达成个性化环境调节，像那种依据面部识别和行为分析来自动调节办公室照明与温度的系统，就能给每个员工供应最舒适的工作环境并且让总体能源消耗得到优化，而人机交互与环境适应能力的提高正在变成评判智慧建筑系统是否先进的重要标准。

3 人工智能驱动的智慧建筑运维管理模式框架

3.1 数据采集和处理层

智慧建筑运维管理的基础架构由数据采集与处理层

构成,该层负责从建筑物各系统获取实时数据并做初步处理,其整合了多种数据源,如建筑自动化系统(BAS)、能源管理系统(EMS)、安防监控系统、智能照明系统还有分布在建筑各处的物联网传感器网络,IBM2022年研究报告显示,现代智慧商业建筑平均每1000m²部署45~60个智能传感节点且每秒产生大概2.5MB数据,海量数据借由有线网络、Wi-Fi、5G和低功耗广域网等多种通信协议传输。

在数据处理领域,应用边缘计算技术后系统响应速度与效率显著提升,当下智慧建筑里大概60%的数据处理任务像数据过滤、压缩以及初步分析之类的都在边缘侧执行,这种分布式架构解决了传统云端集中处理时带宽受限、有延迟以及存在安全风险的问题,并且数据标准化和语义集成技术被应用后克服了不同设备和系统数据格式不一样的挑战,像ProjectHaystack、BrickSchema这些开放标准被推广开来,从而给建筑数据构建起统一的语义模型,使得不同厂商设备的数据能无缝整合,为上层分析决策提供了高质量且结构化的数据基础。

3.2 分析和决策层

在智慧建筑运维管理框架中,核心智能中枢是分析和决策层,由它负责深度分析采集数据以提取有价值信息并生成智能决策建议,多种人工智能技术如机器学习、深度学习、自然语言处理、知识图谱等都融入其中,而且Gartner2023年调研显示,领先的智慧建筑项目已运用至少三种以上的人工智能分析方法构建起多维度决策支持系统。

能源管理中,深度学习算法可构建出精准的能耗预测模型,在综合天气预报、历史用能数据以及建筑使用计划的基础上预测未来24~72h的能源需求且准确率超92%,而在设备维护方面,基于图神经网络(GNN)的故障诊断系统能模拟设备间的复杂依赖关系以识别故障根源与连锁影响从而把故障定位时长从传统的一小时级别大幅缩短成一分钟级别,并且在空间利用优化上,计算机视觉和热图分析技术相结合就能生成建筑空间使用效率评估报告以便让管理者据此进行空间重组决策,AI分析能力与数字孪生平台集成后给建筑管理者提供直观可视化的决策界面进而达成从数据到洞察再到决策的闭环转化。

3.3 执行和反馈层

在智慧建筑运维管理框架里,连接智能决策与物理实施的关键环节是执行和反馈层,它承担着把分析决策变成实际控制指令以及监测执行效果的任务,并且凭借建筑自动化系统(BAS)、能源管理系统(EMS)还有各类智能终端设备达成建筑设备的精确控制,最新行业数据显示,智慧建筑项目要是用上AI驱动的执行系统,控制精度能提升35%、响应时间可缩短60%,控制延迟达到毫秒级^[3]。

在执行层,执行策略可由自适应控制算法依据实时条件动态调整以保证决策在复杂多变环境中有效,就拿楼宇

暖通系统来说,AI控制器除设定温度外,还会考量室外气象的改变、室内人员密度的起伏以及能源价格的变动并实时对运行参数作出调整以达成多目标平衡优化,反馈机制这块依靠闭环监测系统持续评估执行效果,将实际运行数据跟预期目标作比较后生成偏差报告进而触发必要的调整,“规划-执行-评估-优化”的闭环控制模式让智慧建筑系统有了自学习和持续改进的能力,需要注意的是最新执行系统把人机交互界面整合进去了,这使得管理人员能依据特殊需求进行决策干预从而将AI辅助决策和人类经验有机结合起来。

4 案例研究:人工智能在智慧建筑运维管理中的实际应用

4.1 能源管理优化

智能建筑行业在能源管理优化上已有显著成果,国际能源署(IEA)2023年数据表明人工智能优化后的商业建筑可将能源消耗减少15%~30%,像上海有个智能办公综合体部署深度强化学习(DRL)算法来动态调控暖通空调系统,系统能分析历史能耗数据、室外气象条件、室内人流密度等多方面数据并实时优化设备运行参数,2022年这个项目能耗就降了21.7%,每年大概能节省82万成本,北京有个智慧商场使用的基于机器学习的照明优化系统也值得一提,该系统会综合考虑自然光照条件和客流分布来自适应调节照明设备,在确保用户体验的基础上使照明能耗降低25%且设备使用寿命明显延长。

4.2 设备故障预测与维护

在设备故障预测与维护方面,人工智能技术已不再像从前那样merely passively respond而是proactively prevent。中国建筑科学研究院2022年发布的报告显示,智能建筑若采用预测性维护,其意外停机时长可削减40%且维护费用能平均下降28%^[4]。广州有个智慧写字楼群,它所执行的基于人工智能的设备健康管理系统是个很典型的例子,关键设备上被部署了多种类型的传感器如振动、温度、声音等,并且卷积神经网络(CNN)和长短期记忆网络(LSTM)混合模型被用来对电梯、水泵、变压器等核心设备的运行状况进行实时监测以及异常检测,系统能在潜在故障发生前7~14d就发出预警且准确率高达91.3%,2023年的数据表明这系统让运维团队躲过了18次重大设备故障并且维修成本也少了大概47万块钱,与此同时设备平均故障间隔时间(MTBF)也被提高了32%。

5 结论

人工智能在智慧建筑运维管理中的应用模式及其效果被本研究系统探讨了,并且深入分析能源管理优化、设备故障预测与维护以及室内环境质量控制这些案例后就能发现人工智能技术正从根本上重塑智慧建筑运维管理方式。研究显示人工智能驱动的智慧建筑运维管理能实现多重价值,不但可大大降低建筑运营成本,因为案例分析

表明能源消耗可降低 15%~30%且维护成本可减少 28%，而且还能大幅提升运维效率，由于预测性维护能使设备意外停机时间减少 40%，此外还可显著提升用户体验，因为室内环境智能管理会使满意度提升大概 20%，最后还能给建筑全生命周期管理提供数据支撑以推动建筑可持续发展。不过研究同时也发现，技术落地仍然面临数据孤岛、算法可解释性、初始投资成本高等挑战，所以得建立起更完善的标准体系和跨领域协作机制^[5]。

人工智能技术不断进步且大规模预训练模型、边缘计算、数字孪生等新兴技术被应用，这会使智慧建筑运维管理向着更分布式、自适应和协同化发展，并且未来的研究应关注构建更开放的数据共享平台、开发符合不同类型建筑特性的专用算法、探索人机协作最佳实践模式，同时让人工智能和物联网、区块链等技术深度融合可能进一步拓宽智慧建筑运维的应用范围，所以政府、企业和学术界要加强合作，一起推动相关技术标准的制定和技术人才的培养，从而给人工智能驱动的智慧建筑运维管理营造更有利的发展环境，总而言之，人工智能会继续成为智慧建筑创新发展的核心驱动力并给建筑行业数字化转型和可持续

发展注入新活力^[5]。

[参考文献]

- [1]赵奕钧,邓大松.人工智能驱动下智慧养老服务模式构建研究[J].江淮论坛,2021(2):148-154.
- [2]王延宁,余健俊,周逸伦.基于 BIM 和 IoT 数据驱动的医院建筑智慧运维管理系统开发研究[J].南京工业大学学报(自然科学版),2024(6):97-106.
- [3]王存健,陈超.智慧物业管理模式下房屋建筑运维成本优化策略研究[J].住宅与房地产,2024(19):70-72.
- [4]江迎秋.基于模型驱动的 5G 传输智能化运维管理研究[J].山东通信技术,2021(4):14-16.
- [5]刘荣荣.基于人工智能视角的企业智慧财务管理模式研究[J].企业改革与管理,2022(18):150-152.

作者简介：张映波（1981.5—），毕业院校：上海交通大学，所学专业：信息管理与信息系统，当前就职单位：常州市住房和城乡建设局，职称级别：高级工程师；张蒙（1990.12—），毕业院校：南京大学，所学专业：工商管理，当前就职单位：常州燕润能源科技有限公司，职务：总经理，职称级别：中级工程师。

城市道路改建中管线搬迁的安全管理与措施

孙 华

上海宏波工程咨询管理有限公司, 上海 201707

[摘要]随着城市化进程的不断推进,城市道路的改建和升级已成为促进城市发展和提升城市形象的重要举措。然而,在进行道路改建的同时,地下管线的搬迁问题也成为需要高度重视的问题之一。这些地下管线包括通信、给水、雨污水、电力、燃气等一些基础管线及其他敏感管线所组成的综合管线网络,它们的存在和运行直接关系到城市居民的日常生活和企业的正常运营。因此,如何在进行城市道路改建时合理、安全地搬迁地下管线,成为了一个亟待解决的问题。本论文旨在探讨城市道路改建中地下管线搬迁的安全管理与措施,通过对已有地下管线保护管理措施分析和总结,结合相关法律法规的规定,提出了在城市道路改建中如何制定综合管线搬迁规划、加强方案审核、注重管线保护措施、进行安全培训与技术指导、建立应急预案和快速反应机制等方面的建议与措施。

[关键词]城市道路改建; 管线综合; 管线搬迁; 安全管理

DOI: 10.33142/ucp.v2i5.17926

中图分类号: TU9

文献标识码: A

Safety Management and Measures for Pipeline Relocation in Urban Road Reconstruction

SUN Hua

Shanghai Hongbo Engineering Consulting Management Co., Ltd., Shanghai, 201707, China

Abstract: With the continuous advancement of urbanization, the reconstruction and upgrading of urban roads have become important measures to promote urban development and enhance urban image. However, while carrying out road reconstruction, the relocation of underground pipelines has also become one of the issues that requires high attention. These underground pipelines include a comprehensive pipeline network composed of basic pipelines such as communication, water supply, rainwater and sewage, electricity, gas, and other sensitive pipelines. Their existence and operation directly affect the daily lives of urban residents and the normal operation of enterprises. Therefore, how to relocate underground pipelines reasonably and safely during urban road reconstruction has become an urgent problem to be solved. This paper aims to explore the safety management and measures for underground pipeline relocation in urban road reconstruction. Through analysis and summary of existing underground pipeline protection and management measures, combined with relevant laws and regulations, suggestions and measures are proposed on how to formulate comprehensive pipeline relocation plans, strengthen scheme review, focus on pipeline protection measures, provide safety training and technical guidance, establish emergency plans and rapid response mechanisms in urban road reconstruction.

Keywords: urban road reconstruction; pipeline integration; pipeline relocation; safety management

引言

在现代城市化进程中,城市道路的改建和升级已成为提升城市形象、改善居民生活环境的重要举措,本文主要以虹桥机场商务区东片区市政配套道路工程改建为例,进行探讨道路改建或升级过程中涉及到的管线综合及管线搬迁事宜。地下管线系统,如通信、给水、雨污水、电力、燃气、光缆、航油管、空管管线等组成的综合管线网络,构成了商务区基础设施的重要组成部分,其畅通与否直接影响着虹桥航站楼及东片区企业的正常运转。百年虹桥建设过程中,地下管线的布设密度和规模不断增大,管线之间、管线与地面建筑之间的复杂交织关系也日益显现,增加了搬迁工作的难度与风险。若在搬迁过程中出现差错或意外,不仅会影响到施工进度和工程质量,更可能引发严重的安全事故,导致不可估量的损失和负面社会影响。因此,面对商务区道路改建的迫切需求和地下管线搬迁的复

杂挑战,必须制定科学合理的管线搬迁方案和安全措施,以确保工程的顺利进行、商务区的安全稳定,同时保障居民出行和企业运营的正常进行。



图1 错综复杂的管线

1 城市道路改建与地下管线搬迁的背景与必要性

1.1 城市道路改建的背景和动因

随着虹桥商务区东片区各个地块的开发,航班班次的增加,航站楼附近的车流规模进一步扩大,现有道路容量已经无法满足日益增长的交通需求,综合管线网络的荷载无法满足新开发地块大楼的功能需求。因此,通过对道路进行改建和扩建,可以有效缓解交通拥堵问题,提高道路通行能力,更好地满足城市规划的要求,促进城市功能的优化和提升,也可以提升道路的景观质量,改善城市的整体形象,提升城市的吸引力和竞争力,为城市的可持续发展打下坚实基础;同时,对原有综合管线进行重新规划、调整管线建设标准及规格,一方面百年虹桥很多管线历史悠久,很多历史资料已无法查究管线位置,对日常运维难度很大,通过道路改建过程中对历史老管线进行更新换代,可以减少日常运维难度及成本;另一方面,虹桥商务区作为上海的重点区域之一,几十年前布设的雨污水管道管径已达不到整个区域防百年一遇特大暴雨的排洪能力,电力管线、燃气管线、通信管线也无法供应一个个新建地块大楼的供电、供气、通信需求,一系列亟需解决的问题推进了虹桥商务区东片区道路的改建、升级,以适应虹桥商务区东片区未来发展的需求。城市道路改建不仅是城市交通基础设施建设的需要,也是城市形象提升的重要举措^[1]。

1.2 地下管线搬迁的必要性

地下管线搬迁的必要性在城市道路改建过程中愈发凸显。地下管线的搬迁是为了确保城市道路改建顺利进行、保障居民生活和企业运转的连续性。具体而言,地下管线搬迁的必要性主要体现在以下几个方面:①地下管线搬迁是为了更换原有历史老管线,由于年代已久,很多管线老化或接头有渗漏等现象,很多老管线历史资料难于查找,造成了日常运维难度及成本较高。②地下管线搬迁也是为了满足城市发展、地块开发的需要。随着虹桥商务区规模的不断扩大和功能结构的不断调整,部分地下老管线的营运能力已无法满足各个地块开发及片区的综合需求,比如给水管的供水量、雨污水管的排水能力、电力管线的送电能力、燃气管线的输气量等各大类管线的综合因素,势必需要对各类管线进行搬迁调整归位。③地下管线临时搬迁也是为了确保不停航所采取的施工办法,虹桥商务区东片区企业较多,航站楼也涉及众多飞机航班的起降,在管线搬迁、道路改建过程中,商务区及航站楼的正常营运不得受影响,所以在新管线落到综合管位并正式运行前,现有老管线设施免受施工损坏且需确保正常运行;同时,原先道路宽度有限,交通组织难度较大,根据现场道路条件需半幅施工,在施工时新管线的管位已被老管线占据,需进行临搬完成后,废除老管线、埋设规划新管线,依次类推各类管线才能逐步落入各自规划管位中。

2 地下管线搬迁中存在的安全隐患分析

2.1 地下管线搬迁过程中存在的的社会安全隐患

地下管线搬迁过程中的安全隐患主要涉及尚在使用中的老管线的扰动导致的渗漏及破坏:电力管线漏电对施工人员的伤害及企业的停电、燃气管线泄露有可能导致的中毒或者爆炸、给水管线破裂导致的供水中断、通信管线中断导致的航班、企业通信的中断等一系列的安全隐患。管线搬迁过程中,管线分为不同等级,但每种管线的破坏都会带来不可预估的影响及后果。对各类管线存在的不同风险进行分析评估,制定相应的搬迁方案及保护措施,杜绝风险因素发展、排除隐患,确保管线安全搬迁才是首要问题。

2.2 地下管线搬迁中可能出现的问题

地下管线搬迁是一项复杂的工程,主要有几类管线:一、未探明也不知存在的管线,地下管线的物探存在一定的局限性,探测的范围也有限,导致部分管线的准确埋设高程及走向不清晰,施工沉桩或路面破除过程中造成管线意外损坏;二、已知存在的管线,但具体深度不详、走向不详,施工单位参考物探资料及历史管位资料,还采取了分段人工开挖的方式,对管线进行明确,便于后期其他管线施工避让;三、通过施工过程中临时发现的管线且不知是何类管线,采取各管线权属单位进行现场确认的方式,如果废弃进行拆除,如果还在使用采取保护措施或者进行搬离,但有时管线时间久远,权属单位人员更替,对一些管线是否尚在使用不清楚,这时需对不同管线采取不同的确认方式,尤其这个确认的过程是个难度和风险较大的工作。四、管线之间的问题,比如过路管与其他管线交错无法穿过,各类管线标准在有限空间内实施存在冲突、管线标高和道路结构之间的冲突等,也有施工时对老管线的保护问题。

3 地下管线搬迁的安全管理与措施

3.1 综合管线规划

综合管线搬迁规划的制定需要基于设计文件、图纸和相关管线资料进行全面调查,特别是针对通信、给水、雨污水、电力、燃气等管线。与管线单位合作进行探摸工作,以明确地下管线的准确位置和分布状态^[2]。了解周边建筑设施的结构情况以及地质资料,以优化施工方案,从而最大限度地保护管线和建筑设施。综合管线搬迁规划的制定将为后续施工工作提供明确的指导和保障,有助于减少地下管线损坏的风险,确保施工的安全顺利进行。

3.2 地下管线信息调查及排摸

深入调查地下管线信息是地下管线搬迁工作中至关重要的一步。首先,根据设计文件、图纸以及相关管线资料,对公用管线进行全面的调查,与管线单位密切合作,特别是针对涉及通信、给水、雨污水等综合管线。在有疑问的情况下,必须会同管线单位进行开挖明探,以明

确地下管线的准确位置和分布状态。除了了解管线的位置外,还需要详细了解周边建筑设施的结构情况,以及地质资料。这些信息对于优化施工方案至关重要,能够帮助施工单位在进行地下管线搬迁时采取更加合理和科学的措施,最大程度地保护管线和建筑设施的完整性。在调查过程中,应充分利用现代技术手段,如物探技术等,以提高调查的准确性和可靠性。只有充分了解了地下管线信息,才能够在制定管线搬迁方案时考虑到各种因素,从而有效地降低搬迁过程中的风险和安全隐患。总之,深入调查地下管线信息不仅是地下管线搬迁工作的前提和基础,也是保障施工安全和顺利进行的重要保证。只有通过全面、准确地了解地下管线的位置、状态和周边环境,才能够有效地制定出科学合理的搬迁方案,并最大程度地减少潜在的安全风险。

3.3 管线搬迁方案及保护措施

加强管线保护措施是确保地下管线搬迁工作顺利进行并最大程度降低安全风险的重要举措。可以采取多项措施来加强管线保护:首先,按照方案进行开挖样沟探摸,并与管线单位进行确认手续,以明确地下管线的分布和准确位置,可以在实际施工中减少对管线的意外损坏。其次,针对管线的保护,施工单位应制定专项方案,明确管线搬迁的具体步骤和方法,并及时提交给监理审查。在施工现场,应当根据方案要求,加强对地下管线的监护和保护,严格按照管线保护“十不准”的要求执行,例如在管线区域施工时必须要有管线单位和施工单位的管线负责人现场监护,施工现场必须落实保护管线专职人员等。另外,施工单位应在施工前对临近综合管线、建筑设施等进行复测,并在施工期间加强监测,密切注视邻近建筑物和地表的位移和沉降情况。如发现管线监测的位移沉降量超过规定值,应立即向专业公司和有关管理部门报告,并采取积极有效的技术措施,确保地下管线的安全。机械开挖时,必须由专人负责对地下管线进行监护,严禁在临近公用管线处无措施开挖。同时,施工现场必须配备安全员和文明施工员,全程跟踪监控施工过程,并由专职安全监理全程旁站监督,形成书面记录^[3]。总之,加强管线保护措施是地下管线搬迁工作中不可或缺的环节,只有通过科学合理的管线保护措施,才能够有效地确保施工安全,保障地下管线的完整性,最大程度地降低搬迁工作带来的安全风险。

3.4 安全培训及人员考核

安全培训与技术指导在地下管线搬迁工作中起着至关重要的作用,能够提升工作人员的安全意识和操作技能,降低事故风险,保障施工过程中的安全。首先,针对参与地下管线搬迁工作的施工人员、监理人员以及管线管理人员,应该进行系统的安全培训。培训不仅包括一般性的安全知识,如安全操作规程、危险警示和应急处理

程序等,还应针对地下管线搬迁工作的特点和风险进行专门培训。培训内容可以根据实际情况包括地下管线的类型、布置情况、常见问题及应对方法等方面,通过专家讲解、案例分析、模拟演练等方式进行。其次,需要提供技术指导和操作规范。地下管线搬迁工作涉及到复杂的工程技术和操作流程,因此需要制定详细的技术指导文件和操作规范,明确工作流程、安全要求和质量标准。此外,还应该建立技术支持平台,为施工人员提供技术咨询和问题解答服务。这个平台可以由技术专家和工程师组成,负责解决施工过程中遇到的技术难题和疑问,为施工人员提供现场指导和技术支持,确保地下管线搬迁工作的顺利进行。最后,要定期组织安全培训和技术指导活动,不断提升施工人员的安全意识和技术水平^[4]。通过定期举办培训班、组织技术交流会、开展现场指导等方式来实现,确保施工人员始终掌握最新的安全知识和施工技术,提高地下管线搬迁工作的安全性和效率。总之,安全培训与技术指导是保障地下管线搬迁工作安全进行的重要保障措施,通过系统的培训和技术指导,能够提升施工人员的安全意识和技术水平,降低事故风险,确保施工工作的安全可控。

3.5 应急预案及措施

应急预案和快速反应机制在地下管线搬迁工作中至关重要,能够及时有效地应对突发情况,最大限度地减少事故损失。在地下管线搬迁工作中,应急预案应包括管线损坏、泄漏、意外爆炸等突发情况的处理程序和应对措施。预案应明确责任部门、人员职责分工、应急救援流程、应急资源调配等内容,并根据不同情况制定相应的处置方案,确保在突发事件发生时能够迅速、有序地开展救援工作。在地下管线搬迁工作中,快速反应机制的建立涉及到应急响应流程的优化和协调配合的机制建立。具体措施包括但不限于:建立应急指挥中心,统一指挥协调各方资源;建立信息快速传递机制,确保信息的及时准确传达;配备应急救援队伍,具备应对不同突发情况的能力;建立应急物资储备和调配机制,确保救援物资能够及时送达现场。

4 结束语

在城市道路改建中,地下管线搬迁是一项至关重要的任务,它关系着城市的基础设施建设和市民生活的正常运行。通过对地下管线的深入调查和科学规划,制定了完善的管理措施和安全保障机制,为保障城市道路改建工程的顺利实施提供了坚实的基础。在这个过程中,我们深刻认识到地下管线搬迁工作的重要性和复杂性,以及可能面临的各种挑战和风险。只有加强安全管理,不断完善技术手段,才能确保地下管线搬迁工作的安全可控,最大限度地减少事故的发生,保障城市的安全和稳定。未来,进一步加强加强对地下管线搬迁工作的监督和管理,不断完善相关政

策和制度,提升工作人员的安全意识和技术水平,加强与相关部门的沟通与协调,共同推动城市道路改建工程取得更大的进展。

[参考文献]

- [1]高立群.城市轨道交通建设项目前期管线搬迁工程的投资控制分析[J].隧道与轨道交通,2023(2):49-52.
- [2]位斌.市政道路改建中通信管线搬迁施工技术探讨[J].电子元器件与信息技术,2023,7(10):58-61.
- [3]赵伟征,黄灿.鹤壁市红旗街道路改造相关设计[J].北京力学会北京力学会第二十七届学术年会论文集,2021(4):538-541.
- [4]黄秋霞.公路改建城市道路设计与施工技术要点研究[J].工程建设与设计,2023(17):118-120.

作者简介:孙华(1985.1—),男,毕业于上海大学,工程管理专业,目前在上海宏波工程咨询管理有限公司,总监,中级职称。

煤矿开采掘进中支护技术研究与应用

韩建国

内蒙古伊泰煤炭股份有限公司, 内蒙古 鄂尔多斯 017100

[摘要]煤矿开采期间的掘进支护技术乃是保障井下作业安全且高效的极为关键的环节, 本论文全面且细致地探讨了支护技术在煤矿掘进当中的实际应用状况以及后续的发展走向。通过对支护技术的基本原理以及发展历程展开剖析, 着重对传统支护、现代主动支护还有复合支护等一系列常用的支护技术各自所具有的优点与存在的缺点加以比较, 并且综合力学方面的分析以及材料性能的相关情况, 阐明了支护参数的设计原则以及效果评估的具体方法。

[关键词]煤矿掘进; 支护技术; 力学分析; 参数设计; 智能化应用

DOI: 10.33142/ucp.v2i5.17939

中图分类号: TD4

文献标识码: A

Research and Application of Support Technology in Coal Mining Excavation

HAN Jianguo

Inner Mongolia Yitai Coal Co., Ltd., Ordos, Inner Mongolia, 017100, China

Abstract: The excavation and support technology during coal mining is a crucial link in ensuring the safety and efficiency of underground operations. This paper comprehensively and meticulously explores the practical application status and future development trends of support technology in coal mining excavation. By analyzing the basic principles and development history of support technology, this paper focuses on comparing the advantages and disadvantages of a series of commonly used support technologies such as traditional support, modern active support, and composite support. Based on a comprehensive analysis of mechanics and material properties, the design principles of support parameters and specific methods for evaluating their effectiveness are elucidated.

Keywords: coal mining excavation; support technology; mechanical analysis; parameter design; intelligent application

引言

随着我国经济快速发展, 能源消耗增加对煤炭资源的需求加大, 矿井开采是整个煤炭供给环节的关键步骤。矿山开采过程中, 如何保证掘进安全和效率成为最重要问题。矿井掘进过程中, 传统的支护设备和技术无法应对大面积、高强度、高速度和深部的掘进条件, 对研发和实施新的支护技术提出需求。新的支护技术主要通过加强顶板控制和侧壁支护, 降低矿井压力, 提高工作面稳定性, 保障矿工安全。新的支护技术在实施过程中, 应对环境因素进行考虑, 使煤炭开采既能满足经济效益要求, 又能达到环保标准, 使煤炭开采持续、稳定进行。新的支护技术在提高矿山开采效率、降低落矿率、增强矿山开采稳定性及环境安全性等方面具有应用前景, 有望为我国煤矿安全生产提供技术支持。

1 煤矿掘进支护技术概述

1.1 支护技术的基本原理

支护技术于煤矿掘进当中, 主要是凭借力学原理来维系巷道围岩的稳定状态, 避免出现顶板垮塌以及侧壁发生变形等情况, 其关键之处就在于借助外部结构去抵消地层所施加的压力, 以此来保障掘进工作面拥有安全的空间。支护结构得依据岩体力学方面的特性来进行设计,

在设计的时候要充分考量围岩的应力分布状况以及变形规律, 进而达成主动或者被动的支撑效果。煤矿支护所涉及的基本原理包含了材料力学、岩土工程学等诸多学科的交叉融合, 这就要求支护系统在承受动态荷载期间, 还能够保持长久的耐久性能。支护效果的实现是依靠结构与围岩之间相互作用来达成的, 在此过程中, 支护材料的强度以及韧性发挥着极为重要的决定性作用, 唯有经过科学的计算并且通过实验加以验证之后, 才能够实现理想的支持状态。

1.2 支护技术的发展历程

煤矿支护技术历经多年发展, 从简单的木支撑慢慢演变成如今的现代复合系统, 期间不断经历着创新与完善的进程。在早期的时候, 支护所采用的主要是一些像木材或者砌石这类的传统材料, 并且多是依靠被动支撑的方式来进行, 不过这种方式的效率比较低下, 而且适应性也很差。后来随着机械化开采变得越来越普遍, 金属支架以及混凝土结构就被引入到支护当中来了, 如此一来, 支护的强度以及可靠性都得到了提升。到了二十世纪末, 主动支护技术比如锚杆支护开始广泛地应用起来, 凭借预应力以及组合设计等方面的优势, 围岩的自承能力得以明显增强。近些年来, 由于数字化监测以及智能

材料方面不断发展,又促使支护技术实现了又一次的飞跃,进而能够更好地适应复杂的地质条件^[1]。支护技术的这种演进情况,很好地体现了煤矿行业对于安全与效率这两方面的追求,今后还会持续朝着自动化以及环保化的方向去努力。

2 煤矿掘进常用支护技术分析

2.1 传统支护技术

传统支护技术主要涵盖木支柱、砌碛以及钢架支撑等方法,这些技术依靠的是被动受力机制,借助刚性结构来抵御围岩压力。木支柱由于取材较为容易并且成本较低,在早期的煤矿当中得到了广泛的应用,不过它的耐久性较差,并且容易受到潮湿环境的影响,使得支护的效果不够稳定。砌碛技术是利用混凝土或者石材来构建巷道衬砌,能够提供一定的承载能力,然而其施工周期较长且适应性存在局限,很难应对动态地层所发生的变化。钢架支撑是通过型钢或者管材来组成框架,增强了整体的稳定性,但是在复杂的地质环境下容易出现应力集中的问题。传统支护技术虽说操作起来比较简单,但是其效率以及安全性已经没有办法满足现代深部开采的需求,正在逐渐被更为先进的方法所取代。

2.2 现代主动支护技术

现代主动支护技术把锚杆支护以及喷射混凝土当作典型代表,着重借助预应力来主动把控围岩的变形情况,以此提升巷道自身的稳定能力。锚杆支护是凭借钢筋或者纤维材料嵌入到岩体当中,进而形成组合承重结构,其设计的时候需要全面考量锚固长度还有预应力值,从而达成最佳的支撑成效^[2]。喷射混凝土技术会把混凝土混合物以高速的方式喷涂到巷道的表面,快速地构建起防护层,能够有效地防范风化以及松动等情况出现。这些主动支护的方法不但施工起来比较简便,而且可以契合多变的地质状况,比如说在高应力的矿区里面,将锚杆和网片结合着使用,能够明显地降低顶板事故的发生概率。现代主动支护技术的推广运用依靠着材料科学以及机械工程方面的发展进步,它的高效特性让它成为了当下煤矿掘进当中的主流挑选对象。

2.3 复合支护技术

复合支护技术把传统和现代方法的优点都整合到了一起,借助多种支护元素相互配合产生的作用,让整体系统的可靠性以及适应性都得到了提升。就好比锚杆和钢架组合起来,在软岩巷道当中能够形成双重防护,可以有效地分散应力,并且能让服务寿命得以延长。复合支护通常会引入注浆技术,通过填充岩体裂隙来增强围岩强度,其设计的时候需要依据地质勘探数据去优化各项参数的匹配情况。这种技术在实际应用当中,一方面提高了支护的效率,另一方面也降低了长期维护的成本,在深部开采以及

复杂断层区域的表现尤为出色。复合支护的发展很好地体现出了工程实践当中的创新思维,其成功实施离不开多学科的合作以及现场的监测,未来还有望进一步和智能材料融合起来,从而实现自适应控制。

3 支护技术的关键参数与设计方法

3.1 支护结构力学分析

支护结构的力学分析属于设计流程里的基础环节,这里面会应用到静力学以及动力学原理,其目的在于预测在外部荷载作用下可能出现的变形情况以及破坏模式。借助有限元模拟或者实验测试的方式,能够对支护组件处在不同应力状态时的性能加以评估,就好比锚杆所具备的拉拔力或者支架的屈服临界值等。在开展力学分析的时候,得充分考虑到围岩和支护之间存在的相互作用,像接触面的摩擦状况以及能量耗散等情况,进而对结构布局予以优化。唯有全面且透彻地掌握力学方面的行为表现,才能够设计出那种既具备经济效益又能够保障安全性的支护系统,防止因为相关计算不够周全而引发的工程事故。这个分析的过程通常是要经过迭代计算并且结合实地验证的,如此才能保证理论模型和实际条件能够保持一致。

3.2 支护材料的选择与性能

支护材料的选择对技术的可行性以及耐久性有着决定性的影响,常用的材料有金属、混凝土还有聚合物等等,这些材料的性能必须要能够满足强度、韧性以及抗腐蚀等方面的要求。高强度钢材因为其承载能力十分出色,所以在锚杆以及支架的制造当中得到了广泛的运用,不过它的成本相对较高,并且还需要进行防锈方面的处理。混凝土材料在喷射支护方面表现得相当不错,可以通过添加各种添加剂来对其流动性以及早期强度加以改善,从而更好地适应快速施工的相关需求。像纤维增强塑料这类聚合物材料,则具备轻质以及耐腐蚀的优势,特别适合在潮湿的环境下使用。对于材料性能的评估,需要借助标准化的测试手段,像是拉伸试验以及疲劳分析等,以此来保证其在长时间使用过程中的可靠性^[3]。合理地去选择材料,不但能够让支护效果得以提升,而且还可以使生命周期成本有所降低,这在技术设计当中是非常关键的一个考量因素。

3.3 支护参数设计原则

支护参数的设计应当秉持安全性与经济性相平衡的原则,这里面涉及支护密度、预应力以及结构尺寸等关键变量的确定事宜。在设计流程方面,起初要依据地质勘察所获取的数据来识别围岩的具体类别以及应力的分布情况,接着借助经验公式或者借助数值模拟的方式去计算出最为合理的参数。就好比锚杆间距而言,它是需要按照岩体强度的具体状况来进行相应调整的,要是调整得过于密集,那么就会使得成本有所增加;而要是调整得过于稀疏,

则很可能会致使支护出现失效的情况。再看预应力的设置,这就得充分考虑巷道的变形走势,在此过程中,要是设置得过高,那就会引发材料产生疲劳现象;要是设置得过低,那么就没办法有效地对围岩加以控制了。支护参数的设计还应当纳入动态调整的相关机制,依据监测所反馈回来的信息来实时地进行优化操作,以此确保它能够适应在开采进程当中所发生的种种变化。这些原则在实际应用的时候,要求设计者自身具备较为扎实的理论方面的知识以及丰富的实践方面的经验,从而促使支护系统可以实现高效的运行状态。

3.4 支护效果监测与评估

支护效果的监测以及评估,这无疑属于确保该项技术得以成功应用的关键环节。借助传感器还有数据采集系统,能够对巷道发生的变形情况以及支护所处的状态展开实时的跟踪。监测指标涵盖了位移、应力方面出现的变化以及材料遭受的损伤等等,而这些数据在后续可被用于对支护系统的稳定性以及剩余寿命加以评估。就好比说,顶板沉降方面的监测,是能够对潜在存在的垮落风险起到预警作用的;锚杆载荷测试,其主要功能在于验证锚杆的工作状态是否正常。在评估的过程中,需要把定量分析和专家的判断相互结合起来,以此来识别出可能出现的异常模式,并且要及时采取相应的补救举措。有效的监测,一方面提升了对事故进行预防的能力,另一方面也为技术的优化奠定了实实在在的的证据基础,它已然成为了煤矿安全管理当中不可或缺的一个部分。伴随着物联网技术不断向前发展,实时监测系统正变得日益精准并且高效起来,进而有力地推动着支护管理朝着智能化的方向去实现转型。

4 支护技术的应用与发展趋势

4.1 不同地质条件下的支护技术应用

支护技术在不同地质条件下应用时,要依据岩性、水文以及构造特征来开展定制化设计工作。就好比在软岩巷道当中,把复合支护和注浆二者结合起来,如此便能够有效地对大变形加以控制。而在高应力矿区,像预应力锚索这类主动支护技术,能够在一定程度上缓解能量的积聚情况,进而防止出现冲击地压方面的事故。对于水文比较丰富的区域而言,则需要去选用防水材料,并且采取相应的排水措施,以此来避免支护结构因为受到侵蚀而出现失效的状况。支护技术在地质较为复杂的区域所进行的适应性应用,已经使得事故率有了颇为明显的降低趋势,不过其后续的推广工作依旧需要进一步强化针对技术方面的培训以及相关资源的投入力度。不同地质条件之下所存在的那些成功案例清楚地说明,灵活地去调整支护策略,这对于实现安全开采而言是极为关键的一个因素,所以在未来还需要继续着力于开发那些地质适应性较强的创新性

方案。

4.2 支护技术的优化与创新

支护技术在朝着提升效率以及可靠性的方面不断进行优化与创新。就好比说,可以通过对材料加以改性的方式,以此来强化支护组件所具有的耐久性,又或者引入模块化设计,进而让安装流程得以简化。其创新的方向涵盖了去开发那种能够自适应的支护系统,该系统可以依据实时监测所获取的数据去调整相应的参数,从而达到对地层变化做出动态响应的效果。在优化的过程里面,还得把环境因素纳入考量范围当中,像是采用可再生材料,以此来降低对生态环境所产生的影响,这种做法在部分示范矿区的应用已经取得了不错的成效。支护技术的创新并不是单纯依靠实验室里的研究就能够完成的,它更加需要和现场的实际操作紧密地结合起来,借助试点项目来验证新的方法到底是否具备可行性^[4]。这些所做的种种努力正在促使煤矿支护朝着更为高效且环保的方面不断发展,同时也为行业的可持续发展增添了源源不断的动力。

4.3 数字化与智能化支护技术

数字化以及智能化支护技术借助传感器、大数据还有人工智能达成精准把控,就好比智能锚杆能够实时传送应力方面的数据,进而给决策给予相应支撑。数字化平台把地质信息以及支护参数加以整合,凭借模拟预测来优化设计,以此削减试错所耗费的成本。智能化技术还涵盖自动化安装设备,该设备能提升施工的效率并且让人力风险得以降低,初步呈现出提升安全水准的潜力,不过其要普及开来依旧面临着成本以及技术方面的阻碍^[5]。数字化与智能化的发展态势已然成为支护技术在未来的核心趋向,需要强化跨领域的合作以便突破那些关键性难题,最终达成煤矿掘进的全方位升级。

5 结束语

煤矿掘进里的支护技术研究以及应用属于一个涉及多个学科相互交叉的范畴,其发展对于保障井下作业的安全状况以及提高开采的效率而言是极为重要的。本文通过对支护技术的基本原理加以系统分析,同时对其常用的方法以及关键的参数予以深入剖析,着重指出了设计优化以及监测评估所具有的重要意义。在未来的发展进程中,支护技术将会朝着数字化以及智能化的方向不断迈进,这就需要进一步强化创新与实践相结合的做法,以此来有效应对复杂的地质方面的诸多挑战。只有持续不断地推进技术层面的革新举措,才能够达成煤矿行业实现高质量发展的目标,进而为能源的供应筑牢坚实稳固的支撑基础。

[参考文献]

[1]郭晓康.煤矿开采技术与掘进支护技术的探讨[J].内蒙

古煤炭经济,2024(22):23-25.

[2]刘太坡.煤矿开采技术与掘进支护技术的探析[J].石化技术,2025,32(1):376-378.

[3]史开泰.煤矿开采技术与掘进支护技术探析[J].现代盐化工,2025,52(3):92-94.

[4]王琪,潘洪涛,司金帅.煤矿掘进支护技术研究[J].内蒙古

煤炭经济,2025(13):28-30.

[5]邓建虎.复合支护在厚煤层掘进中的应用[J].内蒙古煤炭经济,2025(14):117-119.

作者简介:韩建国(1984.5—),男,毕业院校:河北工程大学,所学专业:采矿工程,职务:安全矿长,职称级别:中级工程师。

基于大数据的冶金设备运行状态评估与维护决策优化

张晓帆 刘恒玮 杨旭 黄庆博

安阳钢铁建设有限责任公司, 河南 安阳 455000

[摘要]随着工业朝着智能化方向不断发展, 冶金行业在设备运行效率以及维护成本方面遭遇到了双重挑战。本论文全面深入地分析了大数据技术于冶金设备状态评估以及维护决策当中的实际应用情况, 进而构建起了一套较为完整的相关方法体系。先是阐述了设备状态评估所涉及的一些基本理论内容, 同时也指出了大数据技术自身所具备的各项优势所在。接着详细地介绍了有关数据采集的具体操作流程、特征提取的相关方法、评估模型是如何一步步建立起来的以及其后续验证过程等。

[关键词]大数据; 冶金设备; 状态评估; 维护决策; 预测性维护

DOI: 10.33142/ucp.v2i5.17938

中图分类号: TM73

文献标识码: A

Evaluation of Metallurgical Equipment Operation Status and Optimization of Maintenance Decisions Based on Big Data

ZHANG Xiaofan, LIU Hengwei, YANG Xu, HUANG Qingbo

Anyang Iron & Steel Construction Co., Ltd., Anyang, He'nan, 455000, China

Abstract: With the continuous development of industry towards intelligence, the metallurgical industry is facing dual challenges in terms of equipment operation efficiency and maintenance costs. This paper comprehensively and deeply analyzes the practical application of big data technology in the assessment of metallurgical equipment status and maintenance decision-making, and thus constructs a relatively complete system of related methods. Firstly, the basic theoretical content involved in equipment status assessment was elaborated, while also pointing out the various advantages of big data technology itself. Then, the specific operation process of data collection, related methods of feature extraction, how the evaluation model is established step by step, and its subsequent verification process were introduced in detail.

Keywords: big data; metallurgical equipment; state assessment; maintain decision-making; predictive maintenance

引言

冶金行业属于国民经济的基础产业范畴, 在这个行业中, 设备的运行状态对生产安全以及生产效率有着极为重要的影响。近年来, 大数据技术发展得十分迅速, 而这种迅猛的发展态势使得传统的管理方式很难再契合现代工业方面的需求了。设备在那种高温且高压的环境当中长时间地运转着, 在这样的情况下, 其状态很容易受到多种不同因素的作用与干扰, 进而出现故障频发的情况, 与此维护成本也会不断地上升。所以, 凭借先进技术来达成精准的评估以及决策方面的优化, 这就成了整个行业关注的焦点所在。大数据能够借助海量的数据采集工作, 再经过一番分析之后, 从中挖掘出设备运行的规律, 以此来为状态评估给予相应的支撑。并且, 将大数据与智能算法结合起来, 还能够推动决策从单纯依靠经验的状态向着更为科学合理的方向去转变。

1 冶金设备运行状态评估的理论基础

1.1 设备状态评估的基本概念

设备健康状态评估是对设备偏离正常运行状态程度的估计, 得到的是一种定量的评估结果。通过这种评估可以准确地了解设备当前的健康状态, 为设备的维护及管理提供决策依据和技术支持。设备健康衰退评估方法的实质

就是结合当前设备数据的特征指标和设备历史数据的特征指标, 通过健康衰退评估方法, 判断当前设备状态处于设备生命周期中的哪个阶段, 进而采取相应的维修措施。冶金设备评估涉及到对机械部件的磨损情况进行检测, 同时也需要对热工参数展开综合性的分析, 以此来保证在复杂的工况之下能够实现稳定的运行, 并且通过对历史数据与实时数据加以整合, 从而量化性能退化的程度, 并且预测剩余的使用寿命。采用这种方法能够降低突发故障出现的概率, 同时还能延长设备的生命周期, 着重于多指标协同分析, 像是将振动参数与温度参数相互融合起来, 进而构建起一套较为全面的评估体系。

1.2 大数据技术在状态评估中的应用优势

大数据技术于冶金设备状态评估方面, 具备数据处理能力颇为强大、模式识别精度颇高以及实时分析效率颇佳等优势。传统的方法往往是依靠数量有限的样本以及凭借经验来进行判断, 然而大数据能够对海量且来源多样的设备数据加以处理, 以此来全方位地捕捉状态变化的规律, 就好比说借助分布式存储的方式去整合传感器所采集的数据, 进而达成动态监控的目的^[1]。机器学习算法可自动提取出关键特征并建立起预测模型, 如此一来便能够提升评估的准确性以及鲁棒性, 同时也能减少人为出现误判的

风险,并且还能凭借可视化工具来助力实现快速决策。大数据技术还会推动数据的共享以及协同分析工作的开展,进而优化资源分配方面的策略以及风险管理方面的策略。

2 基于大数据的冶金设备运行状态评估方法

2.1 设备运行数据采集与预处理

设备运行数据的采集乃是状态评估当中的基础环节,就冶金设备来讲,其数据来源涵盖了传感器网络、控制系统以及历史数据库,而这些数据往往呈现出高维度、高噪声以及异构这样的特性。数据采集的过程务必要涵盖设备运行所涉及的整个生命周期,比如说借助物联网技术来实时地收集振动、温度、流量还有电流等一系列参数,以此来保障数据具备完整性以及时效性。在预处理阶段,会涉及到数据清洗、归一化以及缺失值处理等方面的工作,目的是为了消除那些异常点以及噪声干扰,举例来讲,可以通过运用滑动窗口或者滤波算法的方式来让数据序列变得平滑一些,进而提高后续分析工作的可靠性。在冶金环境当中,数据预处理还需要充分考虑到工况变化所产生的影响。对数据采集与预处理加以优化,能够在很大程度上提升状态评估的精度,为特征提取以及模型构建给予高质量的输入,与此同时还能减少计算资源方面的浪费。本方法着重强调多源数据融合技术,把结构化数据和非结构化数据相互结合起来,以此来全方位地反映出设备的运行状态,并且借助自动化工具达成预处理流程的标准化以及高效化。

2.2 状态特征提取与指标体系构建

状态特征提取属于从原始数据里甄别并挑选出关键指标的一项过程,在冶金设备展开评估之时,这些特征涵盖了时域、频域还有时频域方面的参数,像均值、方差、频谱峰值以及小波系数等等都包含在内。特征提取所采用的方法务必要同设备自身特性以及运行所处的环境相互结合起来,就好比说对于高炉或者轧机等不一样的设备而言,要选取能够体现磨损情况、过热状况又或者是效率出现下降的特定特征,借由这样的方式来强化评估所具有的针对性^[2]。指标体系的构建工作则是要在所提取的特征基础之上打造出一个综合性的评价框架,这里面涉及一级指标,像可靠性、安全性以及经济性等,同时也涵盖二级指标,比如故障率、能耗比还有维护成本等等,借助权重方面的分配以及归一化相关的处理手段来达成多维度的整合效果。在整个构建过程当中,得充分考虑到各个指标之间存在的相关性以及可能出现的冗余度情况,比如说运用主成分分析或者聚类等方法来实现降维操作,进而促使指标体系具备更高的简洁性以及更强的实用性。状态特征提取以及指标体系构建最终所得到的结果会为后续的评估模型给予相应的输入,并且还会通过实证分析的方式来对其有效性加以验证,以此来保证它能够精准地反映出设备运行状态所呈现出的变化趋向。此方法还着重指出动态指

标调整机制,依据设备运行数据所发生的实际变化去实时地对特征以及指标做出更新,从而能够契合不同阶段在管理方面的需求。

2.3 基于数据驱动的状态评估模型

基于数据驱动的状态评估模型会运用机器学习以及统计方面的办法,从历史数据里面去学习设备的运行规律,之后再将其应用到对当前状态的判断当中。在冶金设备领域,常用的模型有支持向量机、随机森林还有深度学习网络等。这些模型借助训练数据集来学习正常状态和异常状态的界限,比如说运用分类算法来识别故障模式,或者采用回归算法去预测性能退化的走向,进而达成状态评估的自动化与智能化目标。在构建模型的过程中,得考量数据量、特征维度以及算法复杂度三者之间的平衡关系,像是可通过交叉验证的方式来挑选出最优的参数,以此防止出现过拟合或者欠拟合这类问题。在冶金设备的应用场景里,数据驱动模型还能把实时数据流整合进来,达成在线评估以及预警的功能,比如凭借流处理技术来动态地更新模型的输出结果,从而能及时地将设备状态的变化情况反馈出来。基于数据驱动的状态评估模型不但提升了评估的效率,而且还依靠自身的自适应学习能力来适应设备运行环境所发生的各种变化,从而为维护决策给予科学层面的依据。

2.4 状态评估结果分析与验证

状态评估结果分析乃是针对模型输出予以解释并做出评价的一个流程,在冶金设备方面而言,这就涵盖了状态分级、风险识别以及趋势预测等环节,比如说把设备状态划分成正常、注意还有警告这样的级别,并且提出与之相应的维护方面的建议。此分析过程务必要结合领域知识以及数据洞察的情况,比如借助可视化工具来展示状态变化曲线以及关键指标分布状况,以此助力管理人员更为直观地去理解评估得出的结果。而在验证阶段,则是凭借实际运行的数据来测试评估模型所具有的准确性以及稳定性,像是运用历史故障案例去回测模型的预测能力,又或者通过现场实验来比对评估结果和真实状态之间的差异。在冶金行业当中,状态评估结果的验证还应当考虑到经济性以及可行性等因素,比如要评估模型在减少停机时间或者是降低维护成本等方面的实际成效,从而保证其具备应用的价值。结果分析与验证这样一个循环往复的过程是能够持续不断地对评估方法加以优化的,借助反馈机制去调整模型参数以及指标权重,进而提升整体评估系统的鲁棒性。该方法着重于从多个维度展开验证,囊括技术性能、经济效益以及用户满意度等诸多方面,以便能够对状态评估方法的适用性以及推广潜力做出较为全面的评价。

3 冶金设备维护决策优化方法

3.1 维护策略类型及其适用性分析

维护策略类型包含预防性维护、预测性维护以及纠正

性维护,这些不同类型在冶金设备管理当中有着各不相同的适用场景,同时也各具优缺点。预防性维护是依据固定的周期来开展计划性的检查工作,这种维护方式比较适用于故障模式较为稳定的设备,然而它有可能会引发资源方面的浪费情况^[3]。预测性维护则是凭借对状态的评估所得到的结果,在设备性能出现退化之前便触发相应的行动,这种方式主要适用于那些具有较高价值的设备,以此来降低设备突发故障的风险。纠正性维护是在设备发生故障之后再去做修复处理,它通常应用于非关键设备之上,不过这样一来就有可能导致生产出现中断的现象。对于维护策略适用性的分析,需要综合考虑设备的重要程度以及资源方面的约束条件,从而达成成本与效益的平衡状态。

3.2 基于状态评估的预测性维护机制

预测性维护机制依据状态评估来开展相关工作,它借助对实时监控数据的分析来预测可能出现的潜在故障,并且会提前安排好维护事宜,将状态输出以及决策逻辑加以整合。该机制最为关键之处就在于故障预测模型以及预警阈值的设置方面,就好比运用时间序列预测的方式来估测剩余的使用寿命,一旦指标超出所设定的阈值,便会自动形成维护工单。在冶金设备管理领域当中,此机制会充分考量资源的可用性以及调度的优先级情况,同时与生产计划相结合,以此来对维护时机加以优化,从而把影响尽可能地降到最低。其优势主要体现在能够凭借前瞻性的举措来有效降低非计划停机的情况发生,进而节省相关成本。

3.3 维护资源调度与决策模型

维护资源调度涉及到人力、物料以及时间的分配方面的问题,在冶金设备维护这一领域当中,决策模型所起到的作用在于优化资源利用的效率以及维护的实际效果,比如借助数学规划或者启发式算法来求得最优的调度方案。决策模型往往会把多目标优化考虑进去,像要让维护成本尽可能地降低下来、使设备的可用性能够最大程度地提高起来以及要平衡好工作负荷等,并且会把状态评估得出的结果当作输入参数给融合进来。举例来讲,可以运用整数规划模型来分配技术人员以及备件库存,又或者是依靠仿真工具去评估不同的调度策略给生产线所带来的潜在影响。在冶金这个行业里面,维护资源调度还必须要去应对突发的故障以及资源方面的限制情况,比如说通过实时调整的机制来处理优先级出现的变化,以此来确保关键设备能够及时地得到维护。决策模型在构建的时候需要结合实际的具体情况来进行,像是要把设备的历史维护数据以及环境方面的因素都纳入到其中,从而使得模型的实用性以及鲁棒性都能够得以提升。

3.4 维护效果评价与反馈机制

维护效果评价属于对维护决策以及执行结果展开量化分析的一个过程。就冶金设备来讲,其评价指标涵盖了

设备可靠性、维护成本、停机时间以及安全性等方面,以此来衡量维护活动的整体绩效情况。常用的评价方法一般会采用对比分析的方式,比如去比较预测性维护和传统策略在相同周期内所呈现出的效果差异,或者借助关键绩效指标来跟踪维护效率方面的变化情况。反馈机制会把评价结果应用于优化维护决策以及状态评估模型之上,比如说当效果评价显示出某类设备存在维护过度的情况时,就需要对状态阈值或者策略选择做出相应调整,从而达成更为精准的管理效果。在冶金行业当中,维护效果评价还需要综合考量长期趋势以及外部因素,像是要分析设备老化给维护需求所带来的影响,又或者是整合用户反馈来改进维护流程。反馈机制的施行是依靠数据闭环来实现的,从评价一直到调整的这个循环过程能够不断地汲取经验教训,进而提升维护系统的自适应能力^[4]。此方法着重强调多维度反馈,涉及技术数据、经济指标以及人员经验等多个方面,以此确保维护决策具备全面性以及可持续性。维护效果评价与反馈机制加以整合之后,可为冶金设备管理赋予持续改进的内在动力,推动维护实践朝着高效且智能化的方向不断发展前行。

4 结束语

该文全面且细致地探讨了借助大数据所开展的冶金设备运行状态评估以及维护决策优化方面的办法,从相关理论根基一直到具体的实际运用情况,充分展现了大数据技术于提升设备管理成效方面所具备的潜力以及实际的价值。凭借对状态评估方法加以创新以及对维护决策模型予以优化等举措,此项研究给冶金企业给出了颇具实用性的技术架构,可切实有效地去应对设备运行期间所存在的不确定性还有复杂多变的情形。后续的研究可以进一步去深入探究人工智能和物联网技术相互融合的可能性,比如着手开发更为智能化的自适应模型又或者是跨平台集成的相关方案,进而让这种方法具备更强的适用范围以及更好的扩展性能。

[参考文献]

- [1]郭亚南.冶金机械设备智能监测与预防性维护技术研究[J].世界有色金属,2025(9):13-15.
 - [2]孙护义.人工智能在冶金自动化中的应用研究[J].信息与电脑,2025,37(10):19-21.
 - [3]贾金红.电气自动化技术在冶金设备智能化改造中的应用研究[J].中国金属通报,2025(8):138-140.
 - [4]齐嘉诚,金逸凡,张晓红,等.冶金设备智能运维标准发展现状及体系构建[J].中国标准化,2025(15):90-96.
- 作者简介: 张晓帆(1989.1—),男,毕业院校: 濮阳职业技术学院,所学专业: 建筑工程技术,当前工作单位: 安阳钢铁建设有限责任公司,职务: 设备工程助理工程师,职称级别: 初级。

电气化生物质能技术在乡村应用

陈 祎

华电科工生物质能分公司, 北京 100071

[摘要]随着乡村振兴工作的不断推进,农村能源正逐步朝着清洁化的方向发展。电气化生物质能技术借助对农作物秸秆、林木废料以及畜禽粪便等资源加以转化的方式来获取能源,这为农村的生活以及农业生产给予了较为稳定的能源保障,同时也推动了资源的循环利用以及环境的改善。不过由于农村资源呈现出分散的状态、技术水平存在一定的局限性、管理方面不够完善并且设备成本相对较高,该项技术在推广的过程当中依旧面临着诸多挑战,其应用效果也存在着一定的差异。文章对电气化生物质能技术的应用现状予以了总结,对其主要存在的问题展开了分析,以此为乡村电气化生物质能技术的推广以及可持续发展给予相应的参考。

[关键词]电气化生物质能技术; 技术特点; 乡村应用

DOI: 10.33142/ucp.v2i5.17925

中图分类号: X35

文献标识码: A

Application of Electrified Biomass Energy Technology in Rural Areas

CHEN Yi

Huadian Engineering Biomass Energy Branch, Beijing, 100071, China

Abstract: With the continuous promotion of rural revitalization work, rural energy is gradually developing towards cleanliness. Electrified biomass energy technology utilizes the conversion of resources such as crop straw, forest waste, and livestock manure to obtain energy. This provides a relatively stable energy guarantee for rural life and agricultural production, while also promoting resource recycling and environmental improvement. However, due to the dispersed state of rural resources, certain limitations in technological level, inadequate management, and relatively high equipment costs, this technology still faces many challenges in the promotion process, and its application effects also vary to some extent. The article summarizes the current application status of electrified biomass energy technology and analyzes its main problems, providing corresponding references for the promotion and sustainable development of rural electrified biomass energy technology.

Keywords: electrified biomass energy technology; technical characteristics; rural application

引言

随着我国乡村振兴战略不断推进,农村能源结构优化以及绿色发展已然成为乡村建设的关键内容。传统农村能源主要以柴草、煤炭等为主,存在着能源效率较低、污染严重以及环境负荷沉重等诸多问题,很难满足现代农村生活以及生产对于清洁且稳定能源的需求。电气化生物质能技术属于一种借助农作物秸秆、林木废料、畜禽粪便等可再生生物质资源来达成能源转化的先进技术,它不但可以实现能源的清洁化以及高效利用,而且还具备促进农村生态环境改善、降低温室气体排放以及推动农村产业发展的潜力。该技术借助气化、发电、热电联产等多种方式,把生物质资源转化为电能和热能,给农村生活以及农业生产给予可靠的能源保障,并且在一定程度上推动了生物质资源的循环利用以及乡村绿色发展。不过,在实际应用进程中,电气化生物质能技术依然面临着技术适应性不够、原料收集与利用效率不高、管理与维护体系不健全以及环境与安全风险等诸多问题,对其在农村的推广效果产生了影响。鉴于此,本文选取电

气化生物质能技术在乡村应用作为研究对象,对其技术特点、应用现状以及存在的问题展开系统分析,再结合乡村能源的实际需求,给出技术优化、资源整合、管理提升以及政策支持等方面的发展对策,目的在于为推动农村绿色能源发展、达成乡村可持续能源利用提供理论方面的参考以及实践层面的指导。

1 电气化生物质能技术的特点

电气化生物质能技术具有可再生、清洁环保和高效利用资源的特点,非常适合分布式能源系统和农村地区应用。其能源来源于植物通过光合作用固定的太阳能,通过燃烧、气化或发酵等方式转化为电能,属于可再生资源,并可实现碳中和,结合碳捕集技术甚至可实现负碳排放。与化石燃料相比,生物质发电在减少颗粒物、硫氧化物等污染物排放方面具有优势,同时垃圾焚烧和沼气发电还能同步处理废弃物,实现减污降碳。该技术多采用中小型设备,适合农村或山区等分散区域就地发电,减少输电损耗,并在经济和社会层面创造就业机会、消化农林废弃物、增加农民收入。虽然直接燃烧发电技术

已广泛应用,气化和沼气发电正在逐步推广,但仍需关注氮氧化物等次生污染问题。

2 电气化生物质能技术在乡村应用中存在的问题分析

2.1 技术适应性与设备成本问题

在乡村的应用场景当中,电气化生物质能技术遭遇到了技术适应性以及设备成本方面的双重难题。乡村地区的地理环境、资源分布情况以及基础设施的条件各不相同,部分较为先进的生物质能技术在农村这样的环境下往往很难充分地发挥出其原本的设计效能,存在着适应性不够的问题。就好比说,生物质气化或者发电设备对于原料的干湿度、颗粒大小还有均匀性都有着极为严格的要求,然而农村地区的生物质资源种类是比较繁杂的,质量方面也存在着很大的差异,这使得设备的运行效率有所降低,甚至还会出现故障或者是性能不太稳定的情形。电气化生物质能设备一般而言投资成本是比较高的,这其中包括设备采购环节、安装环节、运行环节以及维护环节等等,对于经济条件相对有限的农村地区来讲,这无疑是一项颇为沉重的负担^[1]。高昂的成本既增加了初期建设阶段的投入额度,也在一定程度上对技术的推广与普及形成了制约,使得部分农村地区没办法承担起长期运行以及维护所产生的费用,进而对技术应用的可持续性以及推广效果都产生了影响。

2.2 农村资源收集与利用效率限制

在乡村应用领域当中,生物质资源的收集以及利用效率存在着十分显著的限制情况,这已然成为了电气化生物质能技术得以推广的关键瓶颈之一。农村地区所拥有的生物质资源种类颇为繁杂多样,像农作物秸秆、畜禽粪便还有林木废料等等都包含在内,然而这些资源呈现出分布较为零散的状态,并且其收集成本颇高,再者还缺乏一套统一且规范的收集以及储存系统,如此一来便致使资源很难实现集中处理并且难以达成有效的利用效果。与此不同种类的生物质原料在能量密度、燃烧特性以及水分含量等诸多方面均存在着一定的差异,这就使得设备在运行的过程中复杂性有所增加,而且能效也呈现出波动的态势。在对资源加以利用的这个过程中,部分生物质因为运输方式或者存储手段不够恰当,进而造成了损耗或者出现腐烂的情况,这更是进一步地拉低了整体的利用效率。除此之外,由于缺少科学合理的资源规划以及调度管理措施,所以生物质原料的供应状况极不稳定,很难契合电气化生物质能设备需要持续且稳定运行的那种需求状况。

2.3 管理与维护体系不完善

在乡村具体的应用情况当中,电气化生物质能技术所对应的管理以及维护体系还存在着诸多不完善之处,而这

一状况在相当程度上对技术能够实现长期稳定运行以及广泛推广形成了明显的制约作用。部分乡村地区明显缺少具备专业水准的管理人员,同时也没有建立起相应技术维护团队,如此一来,当设备在实际运行进程里出现故障或者其工作效率出现下降情况的时候,就很难获得及时有效的排查以及修复处理,进而使得运行风险有所增加,成本方面也跟着上升。乡村能源管理体系到目前为止还没有构建起规范且成体系的运作模式,其中责任分工不够清晰明确,在设备维护、原料供应以及运行监控等诸多环节都严重缺乏应有的协调与监管举措,这就很容易滋生出管理方面的漏洞,同时也可能导致资源出现浪费现象。除此之外,乡村居民对于电气化生物质能技术的使用方法以及维护保养相关知识了解得十分有限,既没有接受过系统培训,又缺少必要的技术指导,如此便致使设备的操作不够规范,维护工作也不够及时,最终对设备的使用寿命以及运行效率产生了较为不利的影响。

2.4 环境与安全风险因素

在乡村的应用场景下,电气化生物质能技术会面临一些环境以及安全方面的风险因素,而这些因素无疑给技术的推广以及可持续运行带来了不小的挑战。就其一而言,生物质能于燃烧、气化或者发酵的过程当中,是有可能产生烟尘、气味还有废水这类污染物的,倘若对这些污染物处理的方式不妥当,那么便会对当地的空气、水体以及土壤环境都产生影响,进而对居民的健康状况以及生态环境的质量造成影响。其二,生物质能设备在运行期间,所涉及的工艺条件包含高温、高压以及易燃易爆等情况,要是缺少完备的安全防护举措以及操作规范,那么就极有可能出现火灾、爆炸又或者是机械事故等安全隐患^[2]。除此之外,在生物质原料的收集、运输以及储存这些过程之中,同样存在着自燃、霉变亦或是交叉污染的风险,这些环境以及安全方面的因素,不但让设备运行的不确定性有所增加,而且也给乡村居民的生活环境以及生产安全带来了潜在的威胁。

3 电气化生物质能技术在乡村应用的对策与发展建议

3.1 技术创新与适用性优化

在乡村的应用场景当中,推动电气化生物质能技术方面开展技术创新以及适用性优化的相关举措,这无疑是提升该技术效率以及可推广性的重要手段。技术创新具体而言应当涵盖设备结构方面的优化、工艺流程层面的改进以及智能控制系统的应用等多个方面,从而促使设备能够在不同种类的生物质原料条件之下具备更强的适应能力,并且达到更高的能效水准。举例来讲,可以通过对气化炉或者发电装置的燃烧系统加以改进的方式,达成对那些有着不同水分含量以及不同颗粒大小的生物质原料进行高效

处理的目的,与此同时还要引入自动化控制以及监测技术,以此来实现针对燃料供给、温度控制以及排放监测等环节的精细化管理,进而提升设备自身的稳定性以及安全性。而适用性优化则是着重强调要依据乡村的实际条件来进行本地化的相关设计工作,这里面需要考虑到原料的类型、资源的分布情况、地理环境的特点以及基础设施的条件等因素,确保技术能够在低成本并且低能耗的前提之下高效地运行起来。

3.2 资源整合与产业化发展

在乡村应用方面,推进电气化生物质能技术的资源整合以及产业化发展,乃是提升能源利用效率、压低运营成本并且达成可持续发展的关键路径。乡村地区的生物质资源往往呈零散分布态势,像农作物秸秆、林木废料还有畜禽粪便等等,这种分散特性致使单一农户很难形成稳定的原料供给,借助系统化的资源整合手段,可构建起集中收集、分类储存并且统一调度的供应链,如此一来,既能提高原料利用效率,又能削减运输以及管理成本。与此产业化发展着重于把电气化生物质能技术归入完整的能源产业体系当中,依靠建设标准化的加工处理基地、规模化气化或者发电装置以及分布式能源网络,实现生物质能源从生产环节、转化环节直至供能环节的全链条运营操作。如此这般,不但能够提升能源转化效率以及经济效益,而且还能推动农村产业升级,增加就业机会,带动相关产业的发展。

3.3 完善管理机制与培训体系

在乡村具体的应用情境当中,把管理机制予以完善,同时将培训体系加以健全,这无疑是在确保电气化生物质能技术能够安全、高效且可持续地去运行的关键前提,更是推动该技术得以广泛推广的核心要素所在。就管理机制来讲,得建立起一套系统化且规范化的运作方面的制度安排,要针对设备的运行状况、原料的收集流程、能源的转化环节、排放的监测事宜以及维护保养等相关环节展开全流程式的管理举措,要清晰明确责任分工的具体情况以及操作所遵循的标准,以此来保证每一个环节都能够有序地开展运作,进而有效降低潜在可能出现的各种风险。与此还应当引入信息化的管理手段,像智能监控平台以及数据分析系统这类工具,借助它们来达成对设备运行的实际状态、原料供应的量以及能耗效率等方面的实时监控效果,如此一来便能够及时察觉到问题的存在并且迅速采取相应的措施,进而提升管理工作的精准度以及响应的速率。培训体系的构建务必要涵盖操作人员、维护人员还有管理人员这几个不同的群体,通过开展系统的培训活动来促使他们对于电气化生物质能技术的相关原理、操作方面的规范要求、安全防护的相关知识以及故障排查的操作方法等有更为深入的了解与

掌握,让他们可以熟练地去操作设备,能够及时有效地处理出现的异常情况,并且逐步形成科学合理的日常维护以及管理方面的良好习惯。

3.4 政策支持与可持续发展路径

在乡村具体的应用情况当中,政策方面的有力支持以及可持续发展路径的合理构建,这两者对于推动电气化生物质能技术得以广泛地推广应用,并且能够实现长期稳定地运行而言,无疑是极为重要的保障要素,同时也是促使技术效益、经济效益以及生态效益达成协同发展的极为关键的因素所在。政策支持最初主要是在政府层面的战略规划以及制度设计方面有所体现,借助于制定出清晰明确的乡村能源发展规划、出台可再生能源方面的激励政策以及实施财政补贴的相关措施,以此来给电气化生物质能项目给予在资金、技术以及管理等多个层面上的坚实保障。这具体涵盖了针对设备采购环节、安装运行环节、维护管理环节以及生物质原料收集和运输环节所给予的政策扶持举措,其目的是为了降低技术应用的实际门槛,进而提升项目在经济方面的可行性程度。与此还应当着手建立起较为完善的监管与评估体系,针对项目的环境影响状况、能效水平高低以及社会效益等方面展开科学严谨的评估工作,并且实施动态化的监管手段,从而确保政策所指引的方向可以切实有效地引导技术朝着安全、规范以及绿色的运行状态去发展。可持续发展路径着重强调要在政策给予的支持情况之下,实现生物质资源的循环往复利用以及乡村能源系统能够达成长效稳定的运行状态。这就要求在规划设计工作的开展过程中,要充分全面地考虑到生态保护方面的需求、资源所具备的承载能力以及社会经济的具体条件等因素,通过构建分布式能源网络、打造标准化的生产加工基地以及建设智慧化的管理系统等方式,来实现资源的高效充分利用以及把环境影响的程度降到最低限度^[3]。除此之外,还要积极推动乡村居民积极参与到相关事宜当中,并且促使地方产业之间形成联动效应,将能源的利用情况与农村经济的发展进程、居民就业增收的实际情况、生态环境的修复工作以及文化事业的建设等方面紧密且有机地结合起来,进而形成一种技术能够可持续发展、经济能够可持续发展以及生态也能够可持续发展的整体性的综合发展模式。

4 结语

电气化生物质能技术于乡村的应用有着十分重要的价值,其既能够充分挖掘像农作物秸秆、林木废料以及畜禽粪便这类可再生资源的潜力,进而提供清洁的能源,又可以对农村的生态环境予以改善,助力绿色发展的推进。不过,在该技术推广实施的过程当中,依旧存在诸多问题,比如适应性不够强、资源利用效率不高、管理方面不够完善以及存在着一定的安全风险等等。借助强化技术创新、

优化资源整合的方式,同时完善管理机制并且给予政策方面的支持,电气化生物质能技术是有希望在乡村达成高效、稳定且可持续的应用状态的,从而为农村能源结构的优化以及乡村的可持续发展给予强有力的保障。

[参考文献]

- [1]李玲.生物质能源助力零碳村镇建设[N].中国能源报,2023-11-13(16).
[2]韩晓,魏楚,吴施美.中国农村居民生物质能消费估计[J].

资源科学,2023,45(9):1817-1829.

- [3]单明.生物质能开发利用现状及挑战[J].可持续发展经济导刊,2022(4):48-49.

作者简介:陈祎(1994.5—),女,学历:本科,毕业院校:北京工商大学,所学专业:自动化专业,学历:研究生,毕业院校:北京理工大学,所学专业:工程管理,就任单位:华电科工生物质能分公司,职务:电气工程师,年限:八年,目前职称:中级工程师。

汽轮机润滑油进水原因分析及处理措施

李媛媛

河北西柏坡发电有限责任公司, 河北 石家庄 050400

[摘要]汽轮机润滑油系统是保障机组稳定运行的关键组成部分, 润滑油进水会引发调节保安系统波动、金属零件锈蚀磨损、润滑油性能劣化及润滑能力下降等严重问题, 甚至导致机组非计划停机。文中以河北西柏坡发电有限责任公司 #1-#6 机组为研究对象, 结合油质化验数据, 深入分析不同机组润滑油进水的根本原因, 针对性制定处理方案, 为同类机组解决润滑油进水问题提供技术支撑。

[关键词]汽轮机; 润滑油进水; 原因分析; 处理措施

DOI: 10.33142/ucp.v2i5.17928

中图分类号: TK474.7

文献标识码: A

Analysis and Treatment Measures for Water Ingress of Turbine Lubricating Oil

LI Yuanyuan

Hebei Xibaipo Power Generation Co., Ltd., Shijiazhuang, Hebei, 050400, China

Abstract: The lubricating oil system of the steam turbine is a key component to ensure the stable operation of the unit. The inflow of lubricating oil can cause serious problems such as fluctuations in the regulation and security system, corrosion and wear of metal parts, deterioration of lubricating oil performance, and decreased lubrication capacity, and even lead to unplanned shutdown of the unit. The article takes Units # 1 - # 6 of Hebei Xibaipo Power Generation Co., Ltd. as the research object, and combines oil quality test data to deeply analyze the root causes of lubricating oil water ingress in different units. Targeted treatment plans are formulated to provide technical support for solving the problem of lubricating oil ingress in similar units.

Keywords: steam turbine; lubricating oil entering the water; cause analysis; treatment measures

1 汽轮机润滑油进水的危害

1.1 影响调节保安系统

调节保安系统承担汽轮机转速调节、负荷控制及紧急停机保护功能, 其灵敏性直接决定机组运行安全。当润滑油混入水分, 因水与油互不相溶且密度差异, 细小水滴难以分离, 易形成乳化液并产生泡沫, 空气随泡沫进入调节系统。由于空气易压缩、易膨胀, 会导致调节系统油压波动, 引发调节阀开度不稳定, 造成机组转速摆动、负荷波动, 恶化调节性能。

同时, 水分与调节保安系统的金属部件(如调节阀门、活塞、弹簧)接触, 会引发电化学腐蚀, 生成的锈蚀产物附着在部件表面, 缩小配合间隙、增大运动阻力, 严重时导致部件动作卡涩^[1]。若机组出现异常工况需紧急停机, 保安机构因卡涩无法及时响应, 可能引发设备损坏甚至安全事故。

1.2 零件锈蚀磨损

汽轮机的转子、轴瓦、轴承箱、回油管道等核心部件均为金属材质, 长期处于润滑油浸泡与循环环境中。当润滑油进水后, 水分与空气在油系统内形成有氧水环境, 会加速金属部件的锈蚀进程——金属表面与氧气、水分发生电化学反应, 生成以氧化铁为主的铁锈。在润滑油系统中, 锈蚀现象多集中在轴瓦回油线、轴承箱内壁、管道弯头等

处, 这些区域润滑油流速较慢, 水分与金属表面接触时间更长, 锈蚀风险更高。

轴瓦回油线中生成的铁锈多为微米级细小颗粒, 这类锈粒在润滑油中难以沉淀, 会随油流循环遍布整个油系统。当含有锈粒的润滑油流经轴瓦、转子等高速摩擦副时, 锈粒会充当“磨料”, 加剧摩擦面的磨损: 轴瓦乌金层可能出现剥落, 转子轴颈表面会产生划痕, 严重时破坏油膜形成条件, 导致干摩擦事故。同时, 空气、水分子与锈粒子的共同作用, 会加速润滑油的氧化反应, 进一步缩短润滑油使用寿命; 锈蚀产生的酸性物质还会对金属部件造成二次腐蚀, 形成“锈蚀-磨损-再锈蚀”的恶性循环, 显著降低汽轮机的设备寿命。

1.3 缩短润滑油使用寿命

汽轮机润滑油由基础油和抗氧剂、抗磨剂、防锈剂、破乳剂等添加剂组成, 添加剂的稳定性直接决定润滑油性能。润滑油进水后, 部分添加剂遇水水解生成无活性物质; 部分以胶束状悬浮的添加剂遇水后结构破坏、发生沉淀; 还有部分水溶性添加剂溶解于水并随水分流失, 导致润滑油抗氧、抗磨、防锈等关键性能大幅下降^[2]。

同时, 水分会加快润滑油氧化速度。在高温、氧气、水分及金属催化作用下, 润滑油分子发生链式反应, 生成酸类、沥青质、胶质等有害物质, 使润滑油颜色变暗、酸

值增大、黏度上升。这不仅缩短润滑油使用寿命、增加运维成本，还可能引发油系统堵塞、部件卡涩等故障，影响机组正常运行。

1.4 润滑能力降低

润滑油的核心功能是在摩擦副表面形成稳定油膜，进水后水分会破坏油膜的连续性与稳定性。水的粘度远低于润滑油且与油互不相溶，混入后会降低润滑油整体粘度，使油膜厚度变薄；当含水量达到一定程度，润滑油会发生乳化，形成水包油或油包水的乳液，失去原有流动性与润滑特性，导致金属部件直接接触摩擦，引发严重磨损。实际运行中，当润滑油含水量达到 0.1% 时，润滑油开始变成白浊状，润滑性能开始下降，运行使用中发现，含水量达到 0.8% 时，轴瓦发生严重磨损。四球试验结果表明，随着含水量增加，抗磨性能逐渐降低，当含水量超过 2.5%，抗磨性能急剧下降，汽轮机油丧失润滑性能^[3]。结果见表 1。

表 1 汽轮机润滑油的抗磨性能

汽轮机润滑油 油样含水量/%	0	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0
钢球磨斑直径 /mm	0.308	0.325	0.328	0.322	0.453	1.361

2 油质现状

河北西柏坡发电有限责任公司#1-#6 机组主机、小机润滑油均使用美孚 32 号汽轮机油。#1 机组主机润滑油及空侧密封油自 6 月 18 日起 6 次油化验结果均显示油中有水、不透明，油质不合格，氢侧密封油化验结果均显示合格。#5 机组 5A、5B 小机自 6 月 25 日起 5 次油化验结果均显示油中有水、不透明，油质不合格。#6 机组 6A 小机自 6 月 5 日起 8 次油化验结果均显示油中有水、不透明，油质不合格，6B 小机自去年 12 月 26 日起 28 次油化验结果均显示油中有水、不透明，油质不合格。各机组其它油质化验均合格。

3 原因分析

3.1 #1 机组主机润滑油及空侧密封油进水原因分析

空侧密封油的来油部分来自主机润滑油#5、#6 瓦回油，部分为空侧密封油自循环，几次油化验结果均显示主机润滑油水分大于空侧密封油，所以判断空侧密封油中的水分来自主机润滑油。以下为可能造成#1 机组主机润滑油及空侧密封油进水的原因及分析：

3.1.1 主机润滑油冷油器内漏排查

冷油器为壳管式结构，油侧压力（0.3~0.5MPa）通常高于水侧压力（0.2~0.3MPa），若换热管破损、焊缝开裂或密封垫片老化，会导致油侧与水侧内漏，此时润滑油会泄漏至水侧，使冷却水出现油迹，且润滑油箱油位会明显下降。

技术人员对冷油器运行状态进行检查：一是对冷却水排水口取样检测，未发现油迹；二是连续一周监测主机润滑油箱油位，油位稳定无明显下降。综合判断，排除冷油

器内漏导致进水的可行性。

3.1.2 轴封漏汽进入主机轴承箱分析

汽轮机轴封通过轴封齿与转子间的微小间隙实现密封，若轴封间隙过大、轴封齿磨损或供汽压力过高，会导致漏汽量增加，高温高压蒸汽进入轴承箱后冷凝成水，混入润滑油。

技术人员检查 #1 机组各轴瓦轴封：#1、#3、#4 瓦轴封温度正常，无明显漏汽痕迹；#2 瓦轴封温度高于其他轴瓦，且周围有轻微白雾，漏汽量大于正常机组。查阅检修记录发现，#1 机组上次检修后启动时曾发生汽封碰磨，导致#2 瓦轴封齿磨损、间隙增大（从设计的 0.2~0.5mm 增至 1.0mm 以上）。同时，#2 瓦气密油挡开度与其他机组一致，排除油挡开度不当的影响。综上，#2 瓦轴封漏汽是主机润滑油进水的主要原因。

3.1.3 气密油挡压缩空气中含水量影响分析

气密油挡通过压缩空气形成空气屏障，若压缩空气含水量过高，水分可能进入轴承箱。技术人员检查发现：压缩空气干燥器工作正常，管路排水装置定期排水，空气取样检测含水量符合 GB/T 13277—2016 标准（压力露点≤-20℃）。虽可能含少量水分，但不足以导致润滑油水分显著增加，排除该因素。

3.1.4 汽缸结合面密封不严密排查

若汽缸结合面变形、螺栓紧固不足或密封垫片老化，蒸汽可能泄漏进入轴承箱。技术人员检查发现：结合面无漏汽痕迹，塞尺测量间隙≤0.03mm（设计允许≤0.05mm），螺栓紧固力矩达标，且历次检修均研磨结合面并更换垫片。排除该因素。

3.2 #5、#6 机组小机润滑油进水原因分析

#5、#6 机组均为 600MW 等级汽轮发电机组，其配套的小机（给水泵汽轮机）是驱动给水泵的关键设备，小机的稳定运行直接关系到主机的给水供应。#5 机组的 5A、5B 小机和#6 机组的 6A、6B 小机均出现润滑油进水问题，且具有一定共性，技术人员对小机润滑油系统的关键设备和运行工况进行了全面排查，具体分析如下：

3.2.1 小机冷油器内漏排查

小机冷油器同样为壳管式结构，若内漏会导致冷却水含油、润滑油箱油位下降。技术人员检查：冷却水排水口无油迹，油位稳定，解体检查换热管与垫片无破损老化。排除冷油器内漏因素。

3.2.2 小机轴封漏汽分析

小机轴封的作用与主机轴封类似，用于防止小机汽缸内的蒸汽泄漏。若小机轴封供汽压力过高或轴封间隙过大，会导致漏汽量增加，泄漏的蒸汽进入小机轴承箱后冷凝成水，导致润滑油进水。技术人员检查：轴封无漏汽痕迹，将轴封供汽压力从 0.03~0.05MPa 调至 0.01MPa，运行 24 小时后润滑油水分无明显变化；且小机油挡已改为气密油

挡,能有效阻挡漏汽。排除该因素。

3.2.3 气密油挡压缩空气含水量排查

与#1 机组主机气密油挡的检查方法一致,技术人员对#5、#6 机组小机气密油挡的压缩空气系统进行了检查:①确认压缩空气干燥器工作正常,出口压力露点为-23℃,符合标准要求;②检查压缩空气管路排水阀,运行人员每周定期排水,无积水残留;③对压缩空气取样检测,含水量为 10mg/m³ 远低于限值。因此,气密油挡压缩空气中的少量水分不会对润滑油水分含量产生明显影响,可排除这一因素。

3.2.4 汽缸结合面密封不严密排查

技术人员对#5、#6 机组小机汽缸结合面进行了详细检查:①目视观察结合面周围,无蒸汽泄漏痕迹;②使用塞尺测量结合面间隙,均在 0.03mm 以下,符合设计要求;③检查汽缸结合面螺栓紧固力矩,均达到设计值,无松动现象;④历次小修均对结合面进行研磨处理,并更换密封垫片。综合以上检查结果,可排除小机汽缸结合面密封不严密导致蒸汽泄漏进入轴承箱的可能性。

3.2.5 给水泵密封水泄漏分析

给水泵通过密封水系统防止高压水外漏,300MW 机组给水泵转子设计有挡水圈,可阻挡密封水窜入轴承室;而#5、#6 机组(600MW)给水泵转子无挡水圈,且现场检查发现给水泵密封水机械密封处有滴水现象。泄漏的密封水沿转子窜入给水泵轴承室,再通过连通油管混入小机润滑油,导致水分超标。取样化验显示,给水泵轴承室油样水分与小机润滑油一致,证实该因素为根本原因。

4 处理方案

针对河北西柏坡发电有限责任公司#1、#5、#6 机组润滑油进水的不同原因,结合机组的运行计划、设备结构特点及检修周期,制定了针对性强、可操作性高的处理方案,确保在保障机组安全运行的前提下,彻底解决润滑油进水问题。

4.1 #5、#6 机组小机润滑油进水处理方案

4.1.1 给水泵密封水泄漏隔离与改造

针对给水泵密封水泄漏沿转子窜入轴承室的问题,结合机组检修安排,采取临时隔离与长期改造结合的措施:

临时隔离措施:在#5、#6 机组小修期间解体给水泵轴瓦,在密封水套与轴承箱之间加装耐油氟橡胶密封圈。氟橡胶具有良好的耐油性、耐高温性及密封性,能有效阻挡密封水沿转子窜入轴承室。加装时确保密封圈尺寸与密封面贴合紧密,螺栓紧固力矩均匀,防止密封不严。

长期改造措施:若临时加装密封圈后,小机润滑油水分含量明显下降、油质合格,表明方案有效。在下次机组大修期间,对给水泵芯包进行改造,在转子上增设不锈钢阶梯式挡水环,安装于密封水机械密封与轴承室之间,从根本上阻挡密封水沿转子轴向流动,彻底解决密封水泄漏

导致的润滑油进水问题。改造后的挡水环需进行动平衡试验,确保高速运转时无振动。

4.1.2 小机润滑油箱放水管道优化

现场勘查发现,#5、#6 机组小机润滑油箱放水管道存在两处问题:一是放水管道入口未设在油箱最底部,导致油箱底部积水无法彻底排出,部分水分长期积聚并混入润滑油;二是放水管道位置距小机油净化器进油管道过近,油净化器运行时进油管油流扰动,影响油箱底部积水沉降与排放,导致水分难以排出。

针对以上问题,在#5、#6 机组检修期间对放水管道进行优化改造:

调整放水管道入口位置:将放水管道入口延伸至润滑油箱最底部,确保积水彻底排出,避免水分积聚。改造中对管道接口进行密封处理,防止漏水。

调整放水管道与油净化器进油管距离:将放水管道向远离油净化器进油管的方向迁移,使两者距离不小于 500mm,避免油流扰动影响积水排放。同时在放水管道上加装阀门和透明观察窗,方便运行人员定期检查积水情况并及时排水。

4.2 #1 机组主机润滑油及空侧密封油进水处理方案

4.2.1 气密油挡开度调整

针对#1 机组主机#2 瓦处轴封间隙变大导致漏汽的问题,首先通过调整气密油挡开度增强密封效果,阻止轴封漏汽进入轴承箱:**逐步增大#2 瓦气密油挡开度**,从当前设计开度 5mm 调整至 8mm,通过增加压缩空气流量和压力,强化空气屏障密封作用,减少轴封漏汽进入轴承箱的量。调整过程中每 4 小时进行一次油质化验,监测主机润滑油及空侧密封油水分含量变化趋势,同时关注轴承箱温度、压力及润滑油油位变化,确保调整不影响机组正常运行。

4.2.2 轴封母管溢汽系统优化

若增大气密油挡开度后,润滑油水分含量仍未明显下降,需降低轴封母管蒸汽压力以减少漏汽量。考虑到直接打开轴封母管溢汽门会导致热量损失、影响机组经济性,制定以下优化方案:

临时措施:打开#1 机轴封母管溢汽门,将高压轴封蒸汽压力从当前 0.08MPa 降至 0.05MPa,减少轴封漏汽量。同时加强对机组经济性指标的监测,评估热量损失对煤耗的影响。

长期优化措施:对轴封母管溢汽系统进行改造,新增一路溢汽管道,将溢汽引入低压加热器,回收热量以降低能量损失。改造后的溢汽管道设置阀门和调节装置,方便运行人员根据工况调整溢汽量,在保证轴封密封效果的同时,最大限度提升机组经济性。

4.2.3 滤油机滤芯更换

#1 机组主机润滑油滤油机原本未投入滤水功能,发

现润滑油水分超标后虽已投入,但排水量偏小、滤水效果不佳。为提高滤水能力,需更换滤油机聚结滤芯和分离滤芯:选用滤水精度达 $1\mu\text{m}$ 的高效滤芯,按维护规程进行更换,确保滤芯安装牢固、密封良好。更换完成后对滤油机进行试运,检查滤水效果和排水能力,确保其能正常运行,快速降低润滑油水分含量。

5 结束语

通过对河北西柏坡发电有限责任公司#1~#6 机组润滑油进水问题的分析与排查,明确了不同机组润滑油进水的根本原因:#1 机组主机润滑油及空侧密封油进水的主要原因是#2 瓦处轴封因之前的汽封碰磨导致轴封间隙变大,轴封漏汽进入轴承箱后冷凝成水,空侧密封油中的水

分则来自主机润滑油污染:#5、#6 机组小机润滑油进水的根本原因是给水泵密封水泄漏,且因给水泵转子未设计挡水圈,密封水沿转子窜入给水泵轴承室,进而混入小机润滑油中。以上研究对于解决类似问题具有借鉴意义。

[参考文献]

- [1] 王力红.浅谈汽轮机润滑油带水现象[J].煤,2012(1):77-78.
 - [2] 贾晓鸣,冯喜京.汽轮机油中水分的危害及净化[J].润滑油,2003,18(4):63-64.
 - [3] 胡邦喜.设备润滑基础[M].北京:冶金工业出版社,2001.
- 作者简介:李媛媛(1979.2—),女,河北西柏坡发电有限责任公司,从事汽机调速检修工作。

Viser Technology Pte. Ltd.

公司地址

195 Pearl's Hill Terrace, #02-41, Singapore 168976

官方网站

www.viserdata.com

ISSN 3041-0525



9 773041 052253