



www.viserdata.com

智慧城市应用

月

刊

SMART CITY APPLICATION

■ 主办单位: Viser Technology Pte.Ltd.

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

中国知网 (CNKI) 收录期刊
RCCSE权威核心学术期刊

2025 11

第8卷 总第67期

COMPANY INTRODUCTION

公司简介

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

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



智能城市应用

Smart City Application

2025年·第8卷·第11期(总第67期)

主办单位: Viser Technology Pte. Ltd.

I S S N: 2630-5305 (online)

2717-5391 (print)

发行周期: 月刊

出版时间: 11月

数据库收录: 中国知网收录期刊

RCCSE权威核心学术期刊

期刊网址: www.viserdata.com

投稿/查稿邮箱: viser-tech@outlook.com

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

学术主编: 王高捍

责任编辑: 刘艳利

学术编委: 陈慧珉 李荣才
尹晓水 陈惠芳
蔡成涛 贾鹏飞
于大泳

美工编辑: 李 亚 Anson Chee

印 制: 北京建宏印刷有限公司

定 价: SGD 20.00

本刊声明

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

版权所有, 未经许可, 不得翻译、转载本刊所载文章。

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

目 录

CONTENTS

城乡规划

从空间塑造到系统治理: 景观在城市存量更新中的再定位 夏 源 1

市政园林

园林绿化植物种植与养护技术管理探究 黄俊毅 6
园林绿化养护技术要点与养护管理措施分析 余 强 10

路桥与交通

公路局桥梁养护管理信息系统构建与应用 刘 鸿 14
路桥工程过渡段施工技术要点及管理措施 韩贞辉 18
人工智能在铁路运输管理当中的应用 丁东晓 22
路桥工程施工中节能环保技术的应用 舒 同 25
铁路营业线邻近施工现场盯控管理实践研究 叶梦婷 28

通讯通信技术

AI 技术驱动的视频彩铃业务应用现状及未来发展路径探究 程 军 31
基于客户生命周期的电信运营商客户关系管理优化研究 高景松 35

施工技术

浅谈如何处理软土地基 李勃 彤 康学太 39
智能化施工技术在土建施工中的应用与挑战 张广军 43
绿色理念下水利水电施工技术和管理措施探究 周鲁鹏 聂 晶 46

工程管理

公路建设工程施工期水土保持方案优化研究 吕 垠 50
房地产开发的项目管理和成本控制策略 陶 虎 53
智能化工程管理技术在建筑工程管理中的应用策略 黄 兵 56
探索城乡规划中建筑工程管理模式创新策略研究 马 涛 59

节能环保

环境影响评价体系中的土壤环境影响评价探讨 王先琴 63

建筑门窗幕墙设计中绿色节能技术的运用	宣昊松	67
工业恶臭废气治理技术与管理探讨	姚继妍	71
中小型工厂电气照明节能改造的实用技术	李冬生	74
工业循环水系统水质稳定控制技术研究	从 明	78

计算机应用技术

计算机科学与技术的应用与展望		
.....	吕鹏翔 陶冯炜 冯 凯 李文昕 管子懿	81

自动化技术

节能技术在自动化系统中的应用	张 杰	85
变电站二次系统的自动化监控设计与实现	艾茂叶	88
智能技术在电子工程自动化控制中的应用分析		
.....	王 巍	91
工业给排水泵站自动化控制改造方案设计	吕占涛	95
无线充电技术的原理及其在智能家居中的应用前景		
.....	田义娜	98

智慧数据分析

智能化射击训练系统设计与应用研究	屈国忠	101
------------------------	-----	-----

石油化工

绿色化工理念下溶剂回收工艺设计探讨	魏华兵	104
化工工艺中溶剂回收与循环利用技术研究	牛天芳	108
化工储罐区安全防护措施的设计与改进	王海城	111
化工过程强化技术在精馏分离工艺中的应用与节能本质分析	刘新从	115

勘察测绘

工程建设中勘查技术与工程质量控制研究	郭丽蕊	119
水文地质与工程地质勘查技术相关问题	李泽峰	123
工程地质勘察在工程施工中运用研究	高峤峰	126

从空间塑造到系统治理：景观在城市存量更新中的再定位

夏 源

中交投资咨询（北京）有限公司，北京 010000

[摘要]在“碳中和、数字化和高质量发展”三大新时代背景下，中国城市发展正由增量扩张转向以存量更新为主导的新阶段。相较于以建筑或地产为核心的传统更新路径，景观在应对复杂存量空间、生态修复与公共价值重塑方面展现出更强的系统整合能力。本文围绕“景观如何在新时代背景下成为推动存量更新的关键力量”这一核心问题，构建了“时代背景-理论演进-国际经验-数字化赋能-碳中和路径-中国启示”的研究框架。文章首先回顾上一次时代变革——从工业时代向后工业时代转型过程中，后工业景观在大型存量更新中的角色演进，指出景观由单一的空间美化工具逐步发展为整合生态、社会与产业系统的重要媒介；其次以英国为代表，总结景观主导存量更新的多类型实践经验；进一步探讨数字化如何通过降低不确定性、提升决策效率，重塑存量更新的实施逻辑；最后结合中国城市更新实践与“双碳”目标，提出景观在策划规划、设计施工与运营维护三个层面的系统性减碳路径。研究认为，新时代背景下景观被赋予了更为重要的使命，应重新定位其专业的战略价值，使其成为统筹城市户外空间与全生命周期价值的重要抓手，为实现城市可持续发展与全球绿色转型提供有力支撑。

[关键词]景观；城市更新；存量更新；碳中和；数字化；高质量发展；彼得·拉兹；英国

DOI: 10.33142/sca.v8i11.18699 中图分类号: TU984 文献标识码: A

From Spatial Shaping to Systematic Governance: Repositioning of Landscape in Urban Stock Renewal

XIA Yuan

CCCC Investment Consulting (Beijing) Co., Ltd., Beijing, 010000, China

Abstract: Against the backdrop of carbon neutrality, digitalization, and high-quality development, urban development in China is transitioning from an expansion-driven model to a new stage dominated by urban renewal based on existing built-up areas. Compared with traditional renewal approaches centered on architecture or real estate development, landscape architecture demonstrates a stronger capacity for system integration in addressing complex brownfield conditions, ecological restoration, and the reshaping of public value. Focusing on the central question of how landscape architecture can become a key driving force for urban renewal in the new epoch, this paper establishes an analytical framework consisting of contextual background, theoretical evolution, international experience, digital empowerment, carbon-neutral pathways, and implications for China. The paper first reviews the role evolution of post-industrial landscape architecture in large-scale urban renewal during the transition from the industrial era to the post-industrial era, highlighting its shift from a tool for spatial beautification to an important medium integrating ecological, social, and industrial systems. It then takes the United Kingdom as a representative case to summarize multiple types of landscape-led urban renewal practices. Furthermore, the study explores how digital technologies reshape the implementation logic of urban renewal by reducing uncertainty and improving decision-making efficiency. Finally, in the context of China's urban renewal practices and dual-carbon goals, the paper proposes systematic low-carbon pathways for landscape architecture across the stages of planning, design and construction, and operation and maintenance. The study argues that, under the conditions of the new epoch, landscape architecture has been entrusted with a more significant mission, and its strategic professional value should be redefined as a critical instrument for coordinating urban outdoor spaces and maximizing lifecycle value, thereby providing strong support for sustainable urban development and the global green transition.

Keywords: Landscape Architecture; Urban renewal; Brownfield renewal; carbon neutrality; digitization; high-quality development; Richard Haag Peter Latz; United Kingdom

引言

“存量更新”泛指存量用地的更新，通常指对已开发但低效、闲置或退化用地的再利用。笔者将“存量用地”简称为“存地”，对应于英语的 Previously Developed Land^[1]，泛指曾经利用过后闲置的、未充分利用或者遗弃

的土地。在汉语中，这个概念也对应广义上“存量土地”的概念。

随着中国城镇化进入存量主导阶段，城市更新已成为提升城市品质、优化空间结构和实现可持续发展的重要手段^[2]。不同于以往以土地扩张和快速建设为特征的发展模

式,存量更新往往面临用地条件复杂、历史遗留问题多、社会诉求多元等挑战。在这一背景下,单一专业主导的更新模式难以应对系统性问题,亟需一种能够整合生态、社会与空间价值的综合路径。

景观作为连接自然系统与建成环境的重要媒介,在后工业更新、生态修复与公共空间塑造中积累了丰富经验。然而,现有研究多聚焦个别项目或设计成果,对景观在存量更新中的系统角色与时代意义论述不足。本文试图在碳中和与数字化双重背景下,重新审视景观在存量更新中的定位与方法,为中国城市更新实践提供参考。

2 后工业时代景观的理论启示

上一次时代变化发生在 20 世纪后期,即从工业时代向后工业时代的转变过程中,诞生了一种新的后现代主义景观-后工业景观。这种景观以理查德·哈格设计的西雅图煤气厂公园为起点^[3],在彼得·拉兹设计的北杜伊斯堡风景公园中得到了定型^[4]。

上世纪 70 年代,理查德·哈格设计的西雅图煤气厂公园,是世界上第一个保留工业场地历史特征的公园,向公众传达了工业建筑的美学价值。90 年代彼得·拉兹设计的北杜伊斯堡风景公园,开创性的将德国“人民公园”模式融入工业废墟,用独具创新的景观空间链接了人、城、产;用新旧结合的设计手法,赋予了老旧工业设施新的价值,为城市居民提供运动场所和充满活力的娱乐场地,开创了以景观为主导改造大型旧工业区的先河^[5]。

3 英国经验: 景观主导的存量更新路径

作为最早完成工业化的国家,英国在过去半个世纪中经历了大量存量更新实践^[6,7]。景观在大尺度的存量更新项目中起到了主导的作用,通过对相关案例的归纳,可将景观主导的存量更新路径概括为三种类型。

第一类为生态修复导向型更新。典型案例如罗迪亚化工厂 (Rhodia Site, Whitehaven), 将废弃化工厂改造为海岸生态公园,通过保留工业痕迹与自然演替相结合,实现生态修复与历史记忆的共存。该化工厂主要生产洗涤剂原料,对当地二战后的社会和工业历史产生了深远影响。2005 年停产后,厂房陆续被拆除。景观主导的总体规划中将 58 公顷的前化工厂改造为海岸生态公园,利用以前的道路、硬质铺装和一些存量建筑,形成新的海岸生态公园的主干,让自然逐渐恢复。旧工业元素被保留下来,作为对前人辛勤工作的致敬^[8]。

第二类为功能转型导向型更新,如垃圾填埋场或煤矿向郊野公园和旅游目的地转变,重点在于生境重塑与公共可达性的提升。怀海垃圾填埋场 (Whitehead Landfill),原来被曼彻斯特地区垃圾倾倒管理局用于策略性的剩余垃圾倾倒场地。由于垃圾山经常失火,场地随后被封存,并被要求提高资源循环再生并减少垃圾倾倒。景观主导的规划建议涵盖了整个 75 公顷垃圾填埋场的长期恢复,并

在未来转化为娱乐和自然保护的场所,通过与附近的煤矿博物馆、草地休闲区等旅游目的地联动发展来实现价值最大化。因此,在设计的过程中,填埋场的设计范围得到了延伸,为场地修复奠定了基础。设计注重生境的重塑,不仅改造提升了原有的生境,更创造了新的生境类型,包括湿地、水仙、沼泽地、沙石地、林地以及各类草地,增强了游客的可达性和可玩性,更增加了对野生动物的生态价值。位于利物浦南部的克朗顿煤矿 (Cronton Country Park),在 1913 年被开采之前就是一个备受欢迎的骑行和野餐风景胜地。80 年代停止煤矿开采后,2010 年所有权转让给了土地信托。设计的要求是“建立一个 43 公顷的郊野公园,为人们提供散步、慢跑、骑行和骑马的场所,并且该场地需要具有丰富的生物多样性,吸引游客来观光和娱乐”。景观主导的策略主要包含两个方面:(1)重新规划场地的通行性和交通网络,优化步行和骑行路线,并与废弃铁路沿线的两个小镇相连接。(2)基于场地的考察,采用“绿色堆肥”技术来改善被采矿破坏的地表,形成永久的野花草地,并避免有害植物的生长。这种技术有三个优点:①显著节省开支,避免外地运入表土;②促进当地材料的循环利用;③鼓励本地的植物群落,减少养护费用。比如,引进外来表土 150mm 深度,每平米(约 22.5 元);采用本地生产的 30mm PAS100 绿肥与 120mm 表层废土混合,每平米(约 2.8 元),绿色堆肥可节省 88% 的预算。

第三类为城市综合更新型,以伦敦奥林匹克公园

(London Olympic Park 2012) 为代表,景观在城市、片区与场地多个尺度上统筹生态廊道、公共空间与绿色建造全过程。这个伦敦东部老工业区为了实现“世上最绿色的奥运会”,同时也作为欧洲最大的城市更新项目,做出了令人瞩目的成绩。在城市层面,用景观的手法建立了多个生态廊道,与城市绿地系统相连;在片区层面,赛后公园成为这个新城区的中央公园,为周边的居民提供了高品质的公共空间。在整个建造过程中,也实现了全过程的绿色建造:建造前的场地精准清理、建造中注重保留修复、建造后的低碳维护运营,实现了全过程的绿色低碳更新,为来自世界的游客贡献一个真正“绿色”的奥运公园。具体的措施有:(1)建造前的场地精准清理:在奥运会前,这里是伦敦最不发达的地区之一,场地已经被重工业使用了 150 年,导致场地污染严重,河道驳岸硬化并充斥入侵性植物。此外,还需要拆除 200 多座建筑,清理铁路边线和挖出的垃圾填埋场。所以场地修复的第一步包括勘测土壤中的工业有毒物质,清理场地历史文物,以及拆除现有构筑物。通过考古挖掘调查,确保值得保存的东西得到保存。对场地钻取近 3500 个探测洞,发现地下土层 15m 深度内都有人工痕迹。还发现了多个时期的文物,包括 4000 多年前的火石斧和新石器时代的陶器等。在拆除建筑材料时,98% 的建筑垃圾都得到了循环利用。同时为了为后续施工

留足时间，将 500 个地块细分为 600 个地块同步推进，提前 10 个月完成拆除，为奥运场馆的建设节省了宝贵的时间。(2) 建造中注重保留和修复：传统的方法是将污染土壤填埋。但是由于场地建设对于土壤需求量巨大，需要土壤净化再利用率比常规比率更高。景观主导的多专业团队全程监督了土壤净化工作，保证了土壤再利用率从传统净化方式的 50% 提高到创新净化的 80%，土壤修复后最大限度地实现本地回填，保证了场地工程所需的土壤供给量。在技术层面提出了“土壤医院”的概念，包含 4 个“诊室”：①人工移除杂物，如金属、塑料和破布等；②使用现场洗土机，每周每台能就地处理 1 万立方土壤；③生物修复，在公园南部设置生物堆床，使用细菌、真菌和其他微生物来清洁土壤；④化学稳定封印。通过与水泥和其他添加剂结合来锁定污染物。总计共回用土壤 170 万 m³，相当于 7816 辆伦敦双层巴士的体积；开发了 19 个不同的化学和岩土技术配方，实现了“现场处理，现场测试实验室，现场回用”的绿色修复。地下水污染修复也运用了“环井”的地下水创新净化方法。在大规模栖息地构建之前，沿河岸建造实验性质的湿地和鸟类栖息地，并在场地附近创造约 1 公顷的临时栖息地，其中包括草地和圆木墙，以营造舒适的无脊椎动物的临时家园。经过统计一共保护了 4,000 只光滑蝾螈、100 只蟾蜍和 330 只普通的蜥蜴，在公园完工后它们被安全地送回原地。公园内建造了 575 个多种鸟巢和 100 个蝙蝠盒，提升了生物多样性。在照明策略方面，考虑了对蝙蝠飞行路径的影响。植物配置方面选择英国当地种子和从现场及当地收集的植物，共提供了超过 380,000 株植物。水生植物在现场通过棕垫种植，并监测超过 12 个月，筛选出能够在本地茁壮成长的品种，以在奥运会期间有最好的表现。通过 20 种不同的驳岸墙改造，生态河岸与芦苇床、池塘、物种丰富的草地和林地一起成为了珍稀野生动物的栖息地。新增加的 45 公顷的湿地降低了周边 4000 户家庭的洪水风险，改善了河流的水质，植物捕获碳，为减缓气候变化作出贡献。(3) 建造后的奥运遗产维护：自比赛结束至 2018 年，景观专业主导编制了《奥林匹克公园遗产设计指南》^[9]，对公园的特征进行了分类，为未来的设计变更提供了参考。同时，该指南为第三方设计师、开发商和土地所有者提供了预期的标准，以确保在区域内的公园、地产及其他开放空间中延续这套标准的基础设计。

这些实践表明，景观在存量更新中的核心价值并不局限于单一空间塑造，而在于对长期生态、社会与经济效益的系统整合能力。

4 数字化赋能存量更新的关键作用

相较于增量用地，存量用地往往存在污染状况不明、成本不可控等问题，增加了更新决策的不确定性。近年来，英国通过引入共享数据和数字化评估手段，显著降低了存

量更新的风险与门槛。

数字化赋能率先在城市建成区的小尺度存量用地中开展试点应用，并同步构建了“前期评估数字化、解决方案一体化、社会效益最大化”的方法论。

(1) 前期评估数字化：选择城市建成区的存量用地进行试点，是因为这些“存地”具有非常大的开发潜力，具体体现在以下几个方面：①“存地”经常与现有社会配套基础设施紧密相连，可以减少其对新的基础设施的需求，并减少相关成本。②改变“存地”的使用性质和开发，将支持地区更新，消除颓势，减少反社会行为，积极影响当地社区。③在城镇和城市内开发“存地”将减少对净地开发的需求，改善连通性，以及减少对与空气污染和拥堵相关的汽车的依赖，对环境产生积极影响。与净地相比，存地的前端开发成本更高，因为存地涉及相关的复杂性和独特的场地。这些复杂性可能包括昂贵的修复、拆除现有结构，以及在某些地方的净化。最大挑战之一，尤其是对于价值较低的较小场地，由于场地污染情况未知，可能存在与人类健康、水体、生态和财产相关的未知风险。对于许多传统开发商来说，在考虑经济利益和潜在回报时，这带来了相当大的障碍。而对于地方政府来说，这也抑制了他们吸引开发商的机会。这一问题在市中心高密度地区尤为严重，那里唯一真正潜在的新住房开发用地都是“存地”。但这些挑战，在不久的将来，可通过“共享数据”迎刃而解：利用数据来帮助我们更好地了解“存地”，研究当前已收集的“存地”相关的开放数据及信息，特别是关于土地污染的信息。由此进一步判断哪些方面为信息空白，以及哪些空白可以通过其他封闭数据集填补，用数据来帮助相关人员更好地了解存地，从而有助于推动存地的再开发。目前英国正在探索一套基于共享数据的三部工作法，可以迅速的评估存地污染的风险，了解“存地”，推动存地的开发。第一阶段：尽可能收集实际信息。准确编目数据，了解存地是否受到污染的影响。第二阶段：利用收集到的数据进行详细的案例研究，演示以前“存地”的开放和封闭数据如何减少地面条件的不确定性。第三阶段：利用前一阶段的结果建立一个框架，鼓励整个“存地”开发业务的数据共享。

(2) 解决方案一体化：目前，社会和经济适用房危机是当今英国面临的最大社会挑战之一。AtkinsR éalis 设计研究主管 Caroline Paradise 博士表示：“目前英国有超过 110 万家庭在社会住房等候名单上等待。根据我们最近的研究结果，英国有足够的‘存地’可待再开发用于建造，能为约 100 万户家庭提供住房。推进这些存地的开发势在必行，但如果缺乏数据，就无法实现这一点”。为了应对这一挑战，AtkinsR éalis 成立了一家全资住房开发业务公司——“爱的螺丝”(EDAROTH，英文全称是 Everybody Deserves A Roof Over Their Head “人人应有家可居”)，专注于英国经济适用房的全过程开发。这包括完善片区存地

的共享数据、选择合适的地块设计和建设,以及后续的运营管理。设计开始时就考虑了全装配化施工,以最大限度降低碳排放。这种施工方法有许多优点:工厂制造的建筑配件对周围社区的破坏较小,施工速度更快,效率更高。准时交货意味着大型部件不需要现场储存空间,减少了施工作业区的占地面积,并且减少了恶劣天气条件、破坏或盗窃的风险。与传统施工技术相比,现场的整体健康和安全得到了改善,同时降低了施工时间和成本。

因此,在数字化加速的新时代,通过对既有开放与封闭数据的整合分析,可在项目前期快速识别潜在风险,提升决策透明度;通过推动共享数据评估降低存地的开发门槛^[11];通过数据匹配的一体化设计和装配式建筑实现外科手术式的精准快速施工,能够迅速推动存量用地的低碳开发,达到社会效益的最大化。数字化由此成为连接政策目标、专业决策与实施路径的重要工具,而非附加技术手段。

5 碳中和目标下的景观系统路径

在“双碳”目标约束下,存量更新不仅是空间问题,更是全生命周期的减碳问题^[12,13]。景观既能从策划规划层面统筹规划碳中和路径,更能通过在设计、施工和运营维护层面采取各种措施来实现全生命周期全产业链的碳中和目标。主要可从三个层面发挥系统作用^[14]。

(1) 在策划规划层面,通过集约化用地、绿色交通与生态网络构建,统筹城市整体碳减排路径。景观可以通过城市用地的高度集约化规划和存地的复兴策划规划,实现城市的总体减排负碳。例如,城市用地的高度集约化规划,可以有效地管理城市空间的利用,提高城市用地的效率和使用率,减少城市的温室气体排放,增加城市的绿色空间,改善森林的覆盖率,从而提高城市的生态环境和吸碳能力。此外,景观还可以参与规划更人性化的交通基础设施,鼓励公共交通和自行车的低碳出行。例如,通过提供更多的公共交通选择,优化交通路线,提高公共交通的舒适性和便利性等方式来鼓励公交出行。建设更多更舒适的自行车道、停车位和便利服务,鼓励自行车出行并改善城市环境和人的健康。同时结合智能设施提高公共交通和自行车出行的智能化程度。也可以规划与绿色能源结合的景观,以推动城市的可持续发展,将绿电基础设施与景观更好的融合,例如在需治理的沙漠中布置光伏治沙电站,在风力发电区域考虑与当地文化景观的融合等。最后,在低碳社区规划中充分考虑景观和建筑之间的关系,共同实现绿色建筑场地的碳中和。例如在景观中使用本地植物,实施智能灌溉系统、可再生能源和减少废弃物,建立社区花园,为居民提供新鲜农产品等。

(2) 在设计施工层面,通过低碳材料、本地植物、生境营造与施工过程管控,降低建造阶段的碳排放。在设计阶段,景观的碳中和与建筑及交通的减碳息息相关。景观可以主动提出建议,优化建筑朝向和布局、尽可能采用

装配式工艺,建造屋顶花园和垂直花园,以及合理规划交通路线等。在景观设计中,可以通过植树造林、建造雨水花园、设置太阳能板和风力发电装置等方式来减少二氧化碳排放和能源消耗,还可以充分利用自然资源,例如根据土壤类型和地形高差设置适宜的植被,从而提高生态系统的恢复能力;在城市水资源管理方面,可以采用雨水收集系统和植物过滤系统,将雨水转化为可重复利用的水资源。在景观施工中,需要对材料的生产、运输和施工过程中使用的能源等所有环节的碳排放量进行计算,并有针对性地采取措施减少碳排放。施工前应尽量采用碳排放更低的材料,如低碳水泥、绿色涂料等。施工中可采用可再生能源代替传统能源,并采用节能、节水等技术,优化工艺流程,使用新型施工设备和工具,减少能源消耗和废弃物排放。此外,景观施工企业还可以加强与供应商和合作伙伴的合作,优化供应链和物流管理,进一步降低碳排放。

(3) 在运营维护层面,借助数字化监测、智能养护与资源循环利用,实现长期低碳运行。在运营和维护阶段,可以采用节能技术和设备,通过数字化技术的加持来优化设备运行方式,以减少碳排放。将落叶等有机物堆肥再次使用,减少垃圾。采用有机肥料提高土壤质量并减少化学肥料的生产和运输的碳排放。采用智能节水灌溉系统,并尽可能选择本地抗旱植物等方法,以减少水资源的浪费。种植本地植物对生态环境的破坏较小,而且能够促进当地生物多样性。此外,我们还可以通过实施碳交易、购买绿色能源等活动来弥补无法避免的碳排放,从而实现全生命周期全产业链的碳中和。由此,景观成为连接规划愿景与长期运营的重要枢纽。

6 数字化平台与方法实践

当前,数字化技术已成为推动碳中和目标实现的重要手段之一。通过对能源使用与碳排放的持续监测、分析与反馈,数字化技术能够有效支撑能源管理、碳排放跟踪与节能减排决策,为制定更加科学、精细的碳管理策略提供基础,从而在城市更新与建筑环境中实现碳足迹的持续降低。进一步来看,随着城市系统复杂性的不断提升,数字化不仅是一种技术工具,而是正在通过数据整合、模型仿真与决策支持,降低存量更新过程中的不确定性,显著提升决策效率,进而重塑城市更新的实施逻辑。基于对城市复杂系统的整体认知,数字化平台能够支撑多方案推演与情景分析,为存量更新中多主体协同决策提供更加理性和可操作的依据^[14]。

AtkinsR éalis于2022年推出了数字化碳中和解决方案——Decarbonomics™经济性减碳^[15]。该解决方案以“经济可行的脱碳”为核目标,整合工程设计、建筑服务、资产管理、项目管理、成本咨询以及数据分析与可视化等多专业能力,形成覆盖资产全生命周期的端到端数字化碳管理服务体系。其核心特征在于将“碳因子”系统性地纳

入投资组合与资产管理层面,从而支撑更加理性和高效的脱碳决策。

Decarbonomics™以“对标-路径-交付”的三步法构建其方法框架,实现对建筑环境脱碳过程的系统管理^[16]。首先,在“对标(Benchmarking)”阶段,通过捕获、构建和管理投资组合层面的碳数据,建立碳排放基准,对现有资产绩效进行评估,为后续决策提供统一的数据基础。其次,在“路径(Pathway)”阶段,结合数字孪生技术以及人工智能和机器学习增强的场景模拟,对碳排放、成本与工程方案进行综合分析,形成定制化的脱碳路线图,以识别最具成本效益和可实施性的减碳路径。最后,在“交付(Delivery)”阶段,依托成熟的项目管理与资产管理工具,将脱碳措施落实到具体实施过程中,并在资产全生命周期内对减碳绩效进行持续跟踪和评估。

在具体功能层面,Decarbonomics™通过整合代理碳成本数据、资产数据以及多源基准数据库,有效弥补了建筑材料和运营阶段中常见的数据缺口,使脱碳决策能够在信息不完全的条件下依然稳步推进。同时,该平台基于系统思维,对不同减碳干预措施的组合与配置进行评估,形成覆盖房地产优化、电网脱碳、楼宇管理系统、装配式建造、照明与暖通系统优化、供热与制冷脱碳、可再生能源应用以及新兴技术等多个领域的综合解决方案。

总体而言,以碳管理为核心的数字化平台,为存量更新的低碳转型提供了可操作的方法支撑。通过对标、路径设计与实施管理相结合的系统流程,碳排放得以在资产全生命周期内实现量化评估与动态优化。这类平台将工程实践、管理决策与数据分析有机融合,为城市存量更新项目提供了更加科学、透明且可执行的决策支持体系。

7 结论与启示

在碳中和与数字化深度叠加的时代背景下,景观被赋予了超越传统空间塑造的时代使命。研究表明,景观应充分发挥其跨尺度、跨专业的综合优势,从以往以项目为导向的参与角色,转变为面向存量更新的系统整合者,通过统筹规划、设计、建设与运营全过程,推动城市室外空间实现全产业链、全生命周期的低碳转型。

结合国际经验与中国城市更新实践,可以形成以下几点启示。首先,在高质量发展背景下,景观应在策划规划、设计施工与运营维护三个层面,主动发挥统筹与协同作用,既可在关键环节中发挥主导作用,也可通过与建筑、市政、交通等专业的深度协作,共同推动存量更新质量的整体提升。其次,在数字化快速发展的条件下,景观专业需要积极学习和运用数字化工具,将碳管理、绩效评估与决策支持纳入专业工作体系之中,以数字化手段降低更新过程中的不确定性,加速碳中和目标的实现。再次,在制度与实

践层面,应结合中国城市更新的政策环境与实施特点,探索可复制、可推广的景观参与模式,使其在提升空间品质的同时,实现生态、社会与经济价值的协同增值。

从更长远的视角看,以全生命周期理念统筹碳中和目标,不仅有助于推动中国城市更新从“空间改善”走向“系统治理”,实现高质量发展,也有望在借鉴欧美经验的基础上形成具有中国特色的存量更新路径,为全球可持续城市建设提供新的实践样本。

[参考文献]

- [1] UK Ministry of Housing. National Planning Policy Framework[R]. London: UK Government, 2021.
- [2] 国务院.关于实施城市更新行动的意见[EB/OL].北京:国务院,2021.
- [3] Haag R. Gas Works Park: A Case Study[J]. Landscape Architecture, 1975.
- [4] Latz P. Landschaftspark Duisburg-Nord[J]. Topos, 1991.
- [5] Latz P, Latz Partner. Industrial Landscapes[M]. Basel: Birkhäuser, 2001.
- [6] Roberts P, Sykes H. Urban Regeneration[M]. London: Sage Publications, 2000.
- [7] UK Department for Levelling Up. Brownfield Land Registers[R]. London: UK Government, 2018.
- [8] AtkinsRéalis. London Olympic Park Legacy Design Guide[R]. London: AtkinsRéalis, 2012.
- [9] AtkinsRéalis. Post-industrial Landscape Regeneration Projects[R]. London: AtkinsRéalis, 2018.
- [10] UK Ordnance Survey. Open Brownfield Data[EB/OL]. London: Ordnance Survey, 2020.
- [11] IPCC. AR6 Climate Change Mitigation[R]. Geneva: Intergovernmental Panel on Climate Change, 2022.
- [12] ISO. ISO 14040 Life Cycle Assessment[S]. Geneva: International Organization for Standardization, 2011.
- [13] OECD. Cities and Climate Change[R]. Paris: OECD Publishing, 2020.
- [14] Batty M. Inventing Future Cities[M]. Cambridge, MA: MIT Press, 2018.
- [15] AtkinsRéalis. Decarbonomics™ White Paper[R]. London: AtkinsRéalis, 2022.
- [16] UK Housing Statistics. Social Housing Waiting Lists[R]. London: UK Government, 2021.

作者简介:夏源(1980.10—),男,毕业院校:德国慕尼黑工业大学,学历:硕士研究生,所学专业:景观建筑学,当前就职单位:中交投资咨询(北京)有限公司,职务:公司总监,职称级别:工程师。

园林绿化植物种植与养护技术管理探究

黄俊毅

杭州盛萧环境建设有限公司，浙江 杭州 311200

[摘要]伴随着城镇化速度加快和生态文明战略持续推进，园林绿化植物对于城市环境优化、城市景观美化以及提高市民幸福指数有着不可或缺的地位，但传统的园林绿化植物种植与养护方式越来越不能适应当前城市建设中对于生态效益、景观效益以及可持续发展等方面的多元要求。文章基于园林绿化植物种植与养护工作的现状与问题的剖析之上，从栽种技术和养护技术以及智能化管理模式等方面进行详细的研究并辅之土壤处理、种植工艺、病虫害防治、季节性养护等相关技术对策阐述了园林绿化植物栽培养护的技术管理途径。文章认为想要提高和完善园林绿化植物的种植与养护必须要依靠技术先进和管理现代化，同时也离不开相关人才和技术培训机制的构建。可为城市绿化管理工作提供一定的参考借鉴意义。

[关键词]园林绿化；植物种植；养护技术

DOI: 10.33142/sca.v8i11.18678

中图分类号: S688

文献标识码: A

Exploration into the Management of Planting and Maintenance Techniques for Landscape Plants

HUANG Junyi

Hangzhou Shengxiao Environmental Construction Co., Ltd., Hangzhou, Zhejiang, 311200, China

Abstract: With the acceleration of urbanization and the continuous promotion of ecological civilization strategy, landscape plants play an indispensable role in optimizing urban environment, beautifying urban landscape, and improving citizens' happiness index. However, traditional planting and maintenance methods of landscape plants are increasingly unable to meet the diverse requirements for ecological benefits, landscape benefits, and sustainable development in current urban construction. Based on the analysis of the current situation and problems in the planting and maintenance of landscaping plants, this article conducts detailed research on planting techniques, maintenance techniques, and intelligent management models, and elaborates on the technical management approaches for the cultivation and maintenance of landscaping plants, supplemented by relevant technical countermeasures such as soil treatment, planting processes, pest control, and seasonal maintenance. The article believes that in order to improve and perfect the planting and maintenance of landscaping plants, it is necessary to rely on advanced technology and modern management, as well as the construction of relevant talent and technical training mechanisms, which can provide certain reference and inspiration for urban greening management work.

Keywords: landscape greening; plant planting; maintenance technology

引言

城市园林绿化植物是城市环境中的重要组成元素，在环境中有调节空气、优化小环境气候条件以及涵养水源、保持水土的作用，同时，多种多样、色彩斑斓的形态也增添了城市的景致美。随着城市的规模越来越大，城市当中园林绿化植物栽培与养护的任务也越来越艰巨，工作内容涉及到很多技术性的问题，如土壤处理、品种选择、合理化的种植以及后期的养护等，还有植物生病时需要进行的病虫害防治等。以往对城市园林绿化植物栽培与养护的传统方式往往是依靠经验做法、常规手段来进行，缺少必要的科学方案与技术支持。这就很容易造成园林植物长势较差甚至死亡的情况发生和园林绿化景观质量下降的现象，与此同时还会使后期的养护投入增加。由此可见，对于城市园林绿化植物来说，探究一种新的更加合理有效的栽培与养护技术以及管理办法是非常有必要的。这种新式的栽培、养护管理模式可以使得园林植物更好的生长，进一步

优化城市绿化状态并提升其美化效果与生态效益，进而推动建设一个绿化更好更美的绿色可持续发展的城市。本论文就是基于栽培及养护园林绿化植物而展开的技术管理探究，试图在栽培和管理上制定出一套规范化的方法，以供城市园林植物绿化管理者们提高自身管理技术水平时加以借鉴。

1 园林绿化植物栽植与养护特点

1.1 技术要求高，操作技能复杂

新时期的园林绿化的植物种植养护工作不同于以往的植物的种植与管护工作，更加需要种植者养护者的专业素质要有比较好的功底之外，还需要种植者以一个更高的角度去看待这个园林植物种植养护的工作，才能更好的使用一些更为合理的种植以及养护手段；同时，这项工作也要求工作人员必须熟悉有关植物的生长习惯，土壤改造，浇水施肥，修剪造型以及植物病虫害防治等一系列的技术并且能针对不同植物品种，时令节气，周围环境等因素及

时调整管理措施,确保植物正常生长发育和景观效果持续良好;另外,智能化管理模式的应用也增加了对相关人员掌握物联网检测技术,数据分析处理以及智能灌溉控制系统应用的要求,以便及时掌握植物生长状况并合理化控制,达到高效管理和绿色发展的目的。由此可知,新时期园林绿地植物的种植及养护管理工作不仅需要较强的动手能力,还需要具备较高的知识储备,丰富的经验和创新能力。

1.2 因地制宜、因时养护的必要性

绿化树木花草培植养护也不是机器生产,它的成败受地域、土壤、天气等因素以及季节的影响,所以要遵循适地适树适时的原则。每个地方的土质、肥力水分、光热条件都不尽相同,一刀切式的养护会使树木花草发育不良或者存活率低的情况发生,在具体实践中我们要依据植物不同的生态习性,配合土壤处理、控制浇水、调节光线、人工小环境等措施合理的安排种植规划;季节也是不容忽视的因素:春天要加强追肥、防病治虫,夏天控水遮阴,秋天、冬天要做好越冬防寒保湿和整形修剪工作。只有做到适地适树适时才能使树木花草最大限度的生长良好,减少死亡率并且可以节约人力物力等成本投入,达到造景美化的生态效应,同时用科学技术结合自然规律让树木花草长久健康的生长使美景长留。

2 园林绿化植物栽植技术研究

2.1 土壤改良与环境准备

土壤改良与环境准备是园林绿化植物种植技术的基本步骤,科学与否直接影响植物存活数量以及日后生长的质量,而大多数园林土壤都存在较为疏松或者紧实,缺乏养分,偏酸或偏碱,排水透气性能差异大的问题,如果不加以科学改良就导致植物的根系无法扎牢,吸取不够营养,进而使整个植株长势不佳。所以在植物种植之前应该对土壤进行全面的测试检查,例如进行一次土壤理化指标试验,测量土壤中有机物以及养分等的含量,并依照测试的结果有针对性地采取一系列的土壤改良手段如施加有机肥、腐叶土、沙壤土和各种微量元素调节土壤pH值,增强土壤排水通气功能与保水能力。

2.2 栽植方法与工艺

园林绿化植物种植的方法与技艺是植物健康生长的前提条件,科学与否关系着植物生长的速度快慢、长势好坏以及最终形成的景观效果。对园林植物进行种植时首先要根据不同类型的植物以及植物根部的不同采取不同的栽种方式,如:对于乔木来说要为其挖掘合适的种植深度并设置树穴,然后对其根部进行修剪并且加以固定,使其能够保持直立的姿态同时保证其根部能够伸展开来;而灌木及地被类植物则需要精耕细作土地,确保一定间距的株距与一定的行距,以保障每株植物都具有充足的光照、空气流通以及养分供给;花卉的种植也要注意花坛中的泥土要足够松软且排水顺畅,同时考虑植物开花季节与颜色搭

配,合理安排布局。与此同时,种植的技术还包括基肥的添加、填土之后的压实以及设立支撑杆对其进行加固,覆盖薄膜等一系列工序。通过对这些操作步骤和工艺技术的严格把控可以使这些植物尽量少受伤害并能提升其存活的概率,同时可以获得一个比较好的早期景观面貌。当前现代化园林中的种植方法也注重科学技术的应用,即利用信息技术记录栽种数据,使用植物栽种管理系统可及时追踪了解每一株植物所在的位置、栽种的数量以及植物长势情况,在后期的养护方面提供了科学依据。合理的栽种方式和技术不仅有利于植物成功生根抽芽,并为日后景观的美观,生态系统作用的发挥创造了有利条件,从而使园林绿化植物在其一生当中始终处于一种稳定可靠又健康的高品质生长状况之中。

2.3 初期管理与成活率保障

早期管理是对园林绿化苗木能否成功生根抽芽、尽快适地的重要步骤,其合理性关乎着植物存活率及日后生长品质的好坏。种植之后要合理浇水,使土质潮湿而不积水,在此基础上根据不同植物种类以及不同土质而适当增减浇灌量与次数。植物茎叶很容易遭受风摇日灼或者摩擦损害等,在必要情况下使用立柱与绑扎或是支架进行稳固保护,以降低周边环境的影响程度。此外,还要做到及时观察有无病虫出现,一旦有迹象立即进行生物防治或物理防治,以免扩散。最后就是对土壤中的营养元素也要注意,根据长势给予相应的底肥追肥,有助于根须下扎并吸收养分。由此可见合理的早期管理可以大大提高存活概率、缩短适应时间,有利于日后的管理和观赏效果的展现,从而确保园林绿化苗木能够健康成长和长久美观。

3 园林绿化植物养护技术研究

3.1 日常养护管理

城市园林绿地植物的常规养护管理是对植物进行正常生长发育、保持良好景观状态必不可少的一个过程,主要包括浇水、施肥、整形修剪和环境卫生等方面管理。其中浇水又是常规养护当中的主要任务之一,在对园林植物进行灌溉时要结合所种植植物的习性和品种特性以及土壤情况、季节因素、天气状况对灌水时间与方式进行合理规划。既要保证植物不会因为在生长期缺水而发生萎蔫现象,更要防止过度浇水产生涝害而导致植物根部生病腐烂等。除了合理的浇灌以外常规养护还包含合理地施肥,要观察了解植物当前时期生长对营养元素的需求量大小及其土壤中微量元素含量并据此给植物补充一些必需的大量元素如钾、磷、氮等以及一些微量元素。

3.2 病虫害监测与防治技术

病虫害的危害直接影响着城市园林绿化植物的健康成长,它不仅仅会使植物的观赏性大打折扣,严重的时候还会导致一片植株死亡,这极大程度上影响着园林绿化的整体面貌。所以有效的病虫害检测及防治手段对保护植物

健康有着重要意义。第一点，病虫害检测需要有规律的对植物进行巡视并做好相应的监控记录，按时检查植物叶片、枝干、根部是否有患病的症状以及受害虫侵蚀的现象，并且综合考虑天气状况、时间节点还有植物品种等条件进行灵活监测以求可以更加精准地判定出病虫害的发生概率大小及其危险系数。第二是关于病虫害的防治手段应该采用复合式的治理模式并且要注重预防为主、治疗为辅。一方面我们要从培育环境上入手加强对植物日常养护水平从而使其具有较强的抵御病虫害的能力进而减少病虫害的发生，比如适当调整植物密度使其通风采光良好、改善土壤质量以及科学浇水施肥等。另一方面就是在出现病虫危害后针对不同类型采取合理的解决方式例如可选择物理防治法或是化学防治法甚至是使用生物防治法来达到既治好病虫害又尽量保护环境的目的。

3.3 季节性与应急养护管理

园林绿化植物的生长状况及其长势受季节性的影响很大，在不同的季节针对园林植物的养护有着不一样的管理需求，故而季节性的紧急养护也是植物一年四季健康生长不可缺少的一个步骤。春天万物复苏的时候正是植物的生长旺季，此时要注重浇水施肥、整枝修剪与防治病虫害等养护管理工作，使植物能够良好地发根抽芽、枝繁叶茂。夏季炎热干燥之时段，要做好浇灌补水、遮阴降温、松土保墒等措施以避免强日照下植物体失水枯黄萎蔫，并要及时对病虫害的发生情况进行观察并做好应对，从而保证植物的长势与观赏效果。秋天要对树木的枝叶进行整理，追施肥料、清除病枝，使其顺利储备过冬的能量并且适当对其整形以及控制植物间的距离使得冬天时通风透光条件良好。冬季寒冷之际要做好保温保湿工作以及覆盖物的设置甚至辅之加热手段来减少植物所受的冻害程度，保证其安全度过寒冬。

4 园林绿化植物管理技术与智能化应用

4.1 管理制度建设与规范化

城市园林绿化植物管理制度化与标准化是对园林植物种植与养护管理工作有条不紊开展的有效前提，对园林植物生长的质量以及园林景观的观赏性有着重要影响，同时也关系着对园林绿化的管理水平。园林绿化中的园林植物管理制度和标准化不仅仅是对工作的步骤和任务划分以及养护的操作规范要求，还包括对于园林植物养护管理方案，养护检查监督体系以及绩效考核制度的建立。通过园林植物养护管理的相关制度化建设可以将日常的绿化养护作业、病虫害防护措施、绿地植物修剪造型、灌溉与施肥等日常工作都制定成标准，使园林绿化的各个养护步骤都有统一的操作标准、有序安排、责任归属分明，防止由于经验主义式的管理模式导致的养护管理人员自由裁量式的随意行为而对园林植物造损伤或者造成水资源污染等情况的发生。同时园林植物养护管理的标准和相关的规章制度还需要以科学技术为基础，通过制定一系列的操

作规范、工作人员手册以及相关记录台账来让园林绿化养护管理的过程具有可追踪、可监督和可考评性，以此来进一步增强园林植物养护管理的公开性和科学合理性^[1]。制度化的管理和养护标准也要体现出灵活性的一面，在规定好各项园林植物养护的标准的同时也应当能够随着植物生长状况的变化以及季节变换、气候变化和在具体养护过程中的实践情况做出适时调整，使制定好的养护标准除了具有一成不变的标准性的制约作用之外也能与随时变动的园林植物生长环境相契合。健全的制度建设和标准化管理为园林城市中各类园林植物的良好发育提供了制度支持，也是园林绿化信息化管理手段应用和管理水平提升的基础。

4.2 智能化技术应用

伴随信息化、智能化时代的到来，园林绿化植物的管理朝着智慧化、数字化转变，大大提升了管理水平以及科学化程度。其中智能化技术的应用主要包括物联网监控、智能滴灌系统、大数据分析、植物生长情况预报等几个部分，通过在公园内安装传感器可以随时了解到土壤的湿度、温度情况以及光合作用程度，营养元素多少，还有就是植物本身的发育情况等，从而给予管理者养护上准确的数据支撑^[2]。而智能喷灌系统根据探头传输回来的信息自行控制浇灌时间长短、用水量的多少，使植物得到合理的供水，避免了人工上的失误与不必要的水耗损。最后就是大数据分析管理系统通过对感应器收集到的数据加以处理同天气情况结合植物的生长历史对植物的成长态势、患病概率还有日常护理方面做出评估与计算供管理者参考。

4.3 成本控制与资源优化

园林绿化植物的维护管理工作需要耗费大量的人力、物力以及资金，所以对成本把控与节约资源是做好园林绿化管理工作，促使其可以长期稳定发展的关键。而成本管控首要在于工作人员与技术人员的分配，在保证植物品种、数量及其生长时间的前提下合理规划养护及技术人员的数量，防止出现人浮于事的情况或是缺岗的情况发生；与此同时还要借助科技化设备对于物质的管控，例如水分与营养液供应、病虫害化学防治药物、修枝剪叶所用器械与支撑架等都需要通过统一购入、定额使用并加以储存的方式来降低成本^[3]。在节约资源上可以通过智能检测系统和平台的数据统计来调节供水、施肥、病虫害防治等所需资源的数量使投资回报率最大化。与此同时要注重生态环境中的自然资源利用，例如雨水的搜集再利用、枯枝败叶的回收处理、土壤中有机质再生等都是为了达到环境效益与经济效益的双赢。合理利用成本节约资源可以使园林绿化的管护工作减少支出的同时使得植物得到精心照料并且健康生长从而保证园林绿化长期持续的有序开展。

5 结语

对于园林绿化植物合理种植与精心养护就是城市生态环境及景观环境管理的灵魂。通过本文研究可以看出，

适地适种，适时维护，合理进行土壤处理以及正确采用其栽种方式以及幼小时段对其进行的管理还有在平时的养护及其病虫害防治等都是关乎着植物的健康成长和景观优美度的重要因素；同时在其中引入完善的管理制度，标准化的工作流程和科技化的管理模式能使绿化养护达到精准化和科技化从而使得工作效率提高到最大化，与此同时，对其中的成本节约以及人力物力的合理分配也会使管理事半功倍，最终达到理想中的经济效益和社会效益的统一，总而言之就是在养护当中引入科学技术，规章制度和智能化手段相互配合才能使园林绿化的质量得到保障进而保证城市的绿色发展得以顺利开展并长期进行下去。相信随着时间推移人们对智能工具的应用和生态学意识的

增强，园林绿化管理一定会越来越智能化且高效化从而使城市的绿色地带得到良性发展。

[参考文献]

- [1] 王德华.园林绿化植物种植与养护技术管理解析[J].青海农林科技,2024(1):55-57.
- [2] 诸强.园林绿化植物种植及养护技术管理研究[J].农业装备技术,2023,49(4):52-53.
- [3] 王德华.园林绿化植物种植与养护技术管理[J].中国林业产业,2024(6):113-115.

作者简介：黄俊毅（1990.5—），毕业院校：浙江工业大学，所学专业：工程管理，当前就职单位：杭州盛萧环境建设有限公司，职务：项目主管，职称级别：中级工程师。

园林绿化养护技术要点与养护管理措施分析

余 强

杭州盛萧环境建设有限公司, 浙江 杭州 311200

[摘要]伴随着城市化进程, 园林绿化起到了美化城市、优化生态环境、提升风景品质的作用。但是当前的养护还存在着一些问题包括管理上的随意性、落后的养护方式方法、存活率不高以及浪费现象严重等。因此我们有必要合理的了解一些苗木移植与施肥、整形修剪及防治病虫害以及补植恢复等一系列的养护措施和技术, 同时还应当建立一系列管理制度、推进智慧化养护进程、强化人员培训以及进行相关的科学的研究等。这样才能更好的促进植物的健康成长, 提升景观观赏水平, 节约养护成本, 保证园林绿化事业的良性循环。

[关键词]园林绿化; 养护技术; 技术要点; 养护管理措施

DOI: 10.33142/sca.v8i11.18677 中图分类号: S688

文献标识码: A

Analysis of Key Points and Maintenance Management Measures for Landscape Greening Maintenance Technology

YU Qiang

Hangzhou Shengxiao Environmental Construction Co., Ltd., Hangzhou, Zhejiang, 311200, China

Abstract: With the process of urbanization, landscaping has played a role in beautifying cities, optimizing the ecological environment, and enhancing the quality of scenery. However, there are still some problems with current maintenance, including arbitrariness in management, outdated maintenance methods, low survival rates, and serious waste. Therefore, it is necessary for us to have a reasonable understanding of a series of maintenance measures and technologies such as seedling transplantation and fertilization, shaping and pruning, pest control, and replanting and restoration. At the same time, we should establish a series of management systems, promote the process of intelligent maintenance, strengthen personnel training, and conduct relevant scientific research. Only in this way can we better promote the healthy growth of plants, improve the level of landscape appreciation, save maintenance costs, and ensure a virtuous cycle of landscaping and greening.

Keywords: landscape greening; maintenance technology; technical key points; maintenance management measures

引言

伴随城市建设速度日益加快、人民生活质量不断提升, 城市园林绿化已经成为了城市景观建设以及生态文明建设的重要组成部分。它不仅是城市中的绿色基础设施, 具有美化环境、调节城市小气候、净化环境空气、维护生态平衡的作用, 而且还直接关系到市民的生活质量以及精神健康状态。与此同时, 随着城市绿量不断扩大、城市中植物品种增多也给城市园林绿化的养护工作带来了不小的挑战, 仅靠传统的养护方式越来越难以适应现代城市对于绿化品质、生态效益以及观赏景观等方面的要求了, 例如浇灌施肥不到位、植物病虫害防治滞后、植物死棵后的再植补救不到位、养护管理制度不够完善等都会引起植物长势变差甚至死亡, 观赏效果变差, 造成资源浪费等诸多问题。对此就需要对城市园林绿化的养护从技术层面以及管理层面进行系统化、科学化、智慧化的调整。其中在技术层面上就需要以苗木的移植、施肥、病虫害防治、修剪、植物死后再植补救为核心环节进行科学化处理保障植物正常健康生长以及景观长期存在; 而管理层面则应该建立

完善的养护制度体系并引入智慧化管理系统并且做好人员培训、科研支持等工作保障养护过程中的每一个细节都能够被量化以及追根溯源。只有当园林绿化养护工作中的技术和管理有机融合的时候才能够使得绿化养护事半功倍, 节约了水资源、减少了碳排放, 降低了能耗成本、减轻了人工负担、提升了植物寿命, 同时也使城市园林更长久地为城市的生态保护以及人民生活质量服务保驾护航提供了强有力保障。由此可见进一步探究城市园林绿化养护工作中关于技术以及管理方面的相关重点内容, 对于更好地指导现代城市的园林绿化科学管养、提高城市生态环境质量以及美化环境等方面有着积极的意义。

1 园林绿化养护的重要意义

城市园林绿化养护, 在当前城市发展进程中有着重要意义。它不仅是关乎着城市的形象面貌、宜人居住的问题, 更是影响着城市生态系统平衡与和谐持续发展的问题。合理的、标准化的护理可以保证园林植物健康地存活下去, 维持较高的绿地率与植物群体的完整程度, 进而可以发挥出城市环境中植物的最大生态效益, 例如它对于调节区域

小气候变化，空气净化，降噪，涵养水源防止土壤流失，丰富城市生物多样化等都有着重要的作用。同时适宜的养护还意味着植物与各种园林绿化设施能够使用的时间更长久，避免了病虫害侵害威胁以及炎热干旱天气、恶劣天气情况及人为因素等造成的损失，节省了物力支出，减少了修复投入。而且城市绿地日常的维护管理工作还同人们社会生活的质量息息相关，因为它不仅仅是为了美化我们城市的环境，让人们在平时的生活之余可以接触绿色空间，欣赏美丽的景色这么简单，它同样关系着市民们的精神状态，关系到大家对于每天日常生活的幸福指数。伴随着城镇化速度的加快与生态文明的发展建设，城市园林绿化的维护管理工作的重要性不再局限于对城市美景与自然环境的维护方面，更多的是在于其背后支撑的城市可持续发展的战略目标。合理化、精确化与系统化的养护制度不仅可以保证一个城市绿化成效的恒久性与持久性，更是为我们城市生态环境的提升、人民生活水平质量的提高起到了有力的支持作用，彰显出了其在当下城市发展所处的地位与社会价值。

2 园林绿化养护技术要点探讨

2.1 苗木移栽

树木移植属于园林绿化养护管理里面的一项最简单最基本的技术措施，正确做好这项工作直接影响树木的存活与今后生长发育情况。在对树木进行移植之前要根据树种及品种特性、生态学特征以及当地的环境条件等选好合适的移植时间，尽量避免炎热干燥或多雨寒冷天气以免植物遭受较大的移植伤害；还要结合实际情况综合考虑选择最合适的植树位置以便满足树木正常生长所需的水分、光照、通风等外在因素，提前将移植穴施足基肥并深翻保证土质的疏松透气肥沃。移植时要做好对树苗根部的保护尽量降低损害程度，控制合理的种植密度与深度使其有足够空间良好发育。移植后要及时浇灌并且视天气状况和树势可以搭建荫棚、设置围栏防止强光直射风吹晃动以及覆盖地膜保湿。对于存活率不高或者受伤比较严重的树木要制定相应的观测维修补种计划，发现不良情况要及时加以补救措施^[1]。

2.2 施肥技术

施肥技术是园林养护管理中保证植物健康成长、景观优美的一个不可或缺的步骤，科学的施肥方法对于植物的整个生长过程中的给养供给以及抗性、长势都有着至关重要的作用，在进行施肥时要充分考虑植物不同的生长期、不同的品种，以及土壤本身所具有的肥沃条件来对肥料的种类、多少进行合理的安排，从而满足植物所需的各种元素：氮、磷、钾和一些微量元素等；给植物施肥的方式可以根据不同的植物采取灌根、根外追肥或者灌根与根外追肥同时使用的方式，尽量使得植物养分吸收效率最大化、

所造成的环境污染最小化；针对施肥的时机问题一定要注意避免在极端气候条件下，过热天气或者暴雨情况下对植物进行施肥处理以免肥料成分大量流失或者灼伤植物等，在给植物施肥的同时应当伴随浇水以便使所施肥料充分溶解释放到土壤中供植物吸收利用；施肥时也要注重土壤质地的提升、有机物含量的补充，可以适当使用经过沤制的有机肥料或者复合肥料来增强土壤的物理化学性质、提高地力水平，从而让植物有一个好的生存发展环境。施肥台账管理也是一个必不可少的程序，通过对每一株植物的每一次施肥的时间节点、数量和手段科学记录下来可为日后再次对其他植物施肥提供借鉴意义，确保施肥操作有据可依并具有延续性和准确性。

3 园林绿化养护的管理措施

3.1 创新园林绿化养护技术

应用科技创新园林绿化管养模式是现代化园林管理朝着规范化、精确化以及持续进步的方向发展的重中之重，其实质就是运用科技方式、智能化机器以及数字化管理模式的应用提高园林植物的管养效率、美化程度、节省耗费的资源。在具体过程中应当充分发挥各类传感装置的应用、互联网技术和智能监控设施的作用，针对公园内各个区域内的土壤含水量、养分、温湿度、光照条件以及空气质量等展开即时检测，以此获得对于园区植物生长条件的第一手资料，依据检测数据制定合理的灌水、施肥与修剪养护方案以防止以往凭经验估计而带来的过剩投入或者疏忽遗漏等情况的发生，而且能够及时了解到病虫害发展趋势从而提前作出防治举措以减少园林植物受害概率。无人机飞行检查与高清摄像头拍摄结合图像辨析程序使得大范围内的园林植物长势、有害生物以及绿地覆盖率等情况得以迅速全面地了解，为管理者作出正确决策提供了科学参考。与此同时科技革新也包含着推行绿色环保养护措施，例如运用有机肥/缓效肥或者施用有益菌群肥料来改良土壤微环境、采取物理方式或者使用绿色环保农药开展病虫害防控等，在确保园林植物健康成长的前提下减少了环境污染程度，提高了园林整体生态环境效益。再者构建数字信息化平台可以完成日常养护工作编排、工作任务下达、巡查监督过程记录以及工作人员考评等一系列活动的在线处理令其变得更加规范有序，可以被追踪查询并基于此总结出更为优秀的植物养护方法。

3.2 完善园林绿化养护管理制度

建立健全园林绿化养护管理制度是为了使整个园林的养护管理工作可以有序化、合理化并且可持续地开展下去，主要是以制度化的形式来明晰权责分工、优化工作程序、提高工作效率和保证养护质量。在具体实践中应该建立起包括日常养护常规制度、季节性养护常规制度、抢险抢修紧急制度、机械设备保养维修制度和质量管理监督制

度等方面的一系列完整的养护规章制度体系,规定各个岗位工作人员的责任、工作要求、操作步骤以及考核指标等具体内容,做到每一项园林养护任务都有据可依、事事有人负责。要有一个科学规范的养护工作安排和实施标准,包含灌水、施肥、整形修剪、病虫防治、除草、补植等内容,针对不同类型的苗木花草以及不同季节的不同环境条件来进行灵活安排调整。而且还要有一个制度化的信息管理和记录方式,通过设立园林养护日志簿、巡查工作记录本或日常养护信息数据库的方式来记录日常养护细节、植物生长状况及其相关资源消耗数据,方便跟踪查询管理成效并以此为依据作出相应判断^[2]。也要有一套检查考核办法,定期考核制度落实程度并将其纳入绩效考核范围之中,以此促使相关人员履行其责任并不断加以改善。

3.3 做好人员技术培训工作

首先,针对在园林绿化管理工作方面,若要不断更新并优化工作人员所具备的相关知识,进而提升其养护水平,则需要公园制定合理的培训方案。其中培训的课程应当包括一些同园林绿化养护管理相关的知识,例如一些关于园艺方面的常识、如何做好绿化植物养护以及病虫害如何防治等,旨在通过一系列学习来提升工作人员的操作水准,达到园林绿化养护对其从业人员素质要求的目的。其次为了方便工作人员可随时学习到一些专业技术知识,则可采取线上学习加远程教育的方式对其进行教育培训,在线上的学习方式也可以适当增加其学习的自主性;开展一些网络研讨会,以此提升工作人员彼此间的联系。再者便可以鼓励工作人员参加一些行业的研讨会,与其他工作人员相互就自身工作情况进行讨论,这样一来不仅可以让工作人员了解到最新的行业消息,还可以实现在专业技术层次上取长补短的效果。最后为求进一步稳固工作人员对于培训过程中学习到的相关知识及技术的理解,则可以构建相应信息反馈体制用以对培训的内容与方式做出相应改进,真正保障工作人员水平有所提升。

3.4 建立智能化的养护模式

打造智慧型城市园林绿化管护方式是当前园林建设向精良化、合理化以及持续性的现代化管理迈进的关键举措,核心在于充分融合信息技术、智能硬件与数据库处理系统,将其运用到传统的养护工作中去,以便更好地监管植物生长状况及周围环境以及养护活动本身,针对发现的问题及时调整改进。具体应用方面,在各个片区采用土壤水分传感器、肥力传感器、温湿度传感器以及光感应器等相关仪器对园区内各区块全天候监控的方式能够准确了解植物所需水分和各种营养元素含量,进而有针对性的供水供肥,避免了不必要的水资源和其他资源的消耗,减轻了环境污染程度;与此同时利用无人驾驶飞机巡视、智能摄像装置以及人工智能图像辨析功能相结合的办法可迅

速检测出植物生长发育状况、遭受病虫侵害的程度以及绿色植被覆盖率大小,并据此做出养护方面的合理安排^[3]。同时在养护工作当中,有关养护安排及计划、工作任务派遣、人员巡逻检查信息、养护日记以及工作人员绩效评估等均以电子化的形态记录下来便于查询检索,并对所有养护过程标准化以便于日后查阅核验,对各项信息加以整理归纳后利用数据分析软件及预测模拟算法还能够提前预估出植物的季节性的生长规律、病虫害发生概率以及天气气候的变化趋势等问题以预先采取相应措施。

3.5 重视植物的再植修复工作

对植物的重新栽种修复是园林绿地养护中维持园林景观和生态持续性的主要环节,它是通过合理的补种、恢复及更新来达到园林植物群体完整性与美观的目的。在日常养护中需针对植物长势以及病虫害的危害程度以及自然灾害或者人为因素的破坏情况及时对受伤死亡植物进行补种和合理更换适合本地环境气候、土壤条件及符合景观方案设计要求的优质树苗以确保新栽种的植物可以良好生长及存活并且融入到现有的绿地景观之中。同时在重新栽种恢复时还应当配合一系列的如土壤处理、施肥灌溉与支架固定等栽植养护技术手段以确保补种植物的良好成活及品质。而对于较大的重要景观地块则应该有完善的重新栽种恢复方案,包括确定恢复的时间节点和数量以及相关技术实施标准,并建立长效监管制度定期观察补种植物的生长状态,生存情况及其管护需求。

3.6 开展园林科研工作

推进园林科学的研究是改善园林绿化管护质量、促进行业长远发展的重要手段,主要指从科学研究、技术攻关以及数据分析等方面入手,为园林植物的养护管理及病虫害处理、景观及生态环境建设等工作提供理论指导和支持。具体而言,在日常工作之中,需围绕着园林养护实践积极展开植物引种试验及其适应性分析,进行土壤施肥试验与施肥灌溉试验,从而探究各种植物种类在城市园林中的习性特点及其养护要点,优化品种搭配和景观配置;积极进行病虫害防治技术和植物更换及再植实验,寻求绿色无污染的有害生物综合防治方案和快速有效的补种恢复方案,确保植物群体健康稳定,打造绿色和谐生态环境^[4]。与此同时,利用信息技术和大数据,科研工作还应对园林植物长势检测、管护作业实施成效以及外界因素等加以深入研究分析,助力智能化管护体系构建。最后,要将研究成果应用至养护标准和作业手册的编制中,并组织人员学习培训使其成为工作准则并严格执行。

4 结语

园林绿化养护是维持城市生态环境质量与景观效益的关键步骤,关系到植物的生命活力,绿地的功能及城市的整体形象,正确的了解与学习苗木移植、施肥、修

剪、病虫害防治再到补种的技术方法，配合相应的管理体系与智能化的养护机制、人员培训、园林科学技术支撑，可以最大限度地保证了植物的存活率、生长状况以及美观程度，减少不必要的消耗与投入成本。而科学化、制度化的养护技术和手段是园林绿化良性循环发展的有力保障，也是城市生态环境建设及人们生活品质提升的根本保证，更是现代城市园林绿化高效管理运转与生态效益实现的前提。

[参考文献]

[1]陈青.城市园林绿化养护技术要点与养护管理措施[J].

大众标准化,2025(4):46-48.

[2]王赫.园林绿化养护技术要点及管理措施[J].城市建设,2025(9):59-61.

[3]丁艳萍.园林绿化养护技术要点及管理措施[J].新农业,2022(1):32.

[4]党源.园林绿化养护技术要点与养护管理措施分析[J].居舍,2024(14):138-141.

作者简介：余强（1976.7—），毕业院校：温州大学，所学专业：土木工程，当前就职单位：杭州盛萧环境建设有限公司，职务：项目经理。

公路局桥梁养护管理信息系统构建与应用

刘 鸿

商水县公路管理局, 河南 周口 466100

[摘要]随着我国交通基础设施不断发展,桥梁数量的持续增加对桥梁养护管理提出了更高要求。传统的桥梁养护管理方式存在信息分散、效率低下以及缺乏规范化的问题,难以满足现代公路运输的安全与服务需求。为提升桥梁管理科学化、信息化水平,文中结合实际业务需求,构建了公路局桥梁养护管理信息系统。系统设计以统一数据平台为基础,实现桥梁基础信息、定期检测、日常养护、维修记录等多维度信息的集中整合与高效管理。通过信息分类归档、标准化流程设置及智能提醒功能,有效增强了桥梁养护的及时性和准确性。系统应用结果表明,桥梁养护管理效率显著提升,养护工作的规范性与可追溯性得到加强,养护资源得到合理配置,有效避免了信息孤岛与管理漏洞。该系统的构建与应用不仅为公路桥梁安全运行提供了坚实保障,也为基层公路部门信息化管理能力的提升带来了积极推动,为公路交通行业现代化发展提供了参考和借鉴。

[关键词]桥梁养护管理; 信息系统; 数据平台; 规范化流程; 公路交通安全

DOI: 10.33142/sca.v8i11.18710 中图分类号: 文献标识码: A

Construction and Application of Bridge Maintenance Management Information System for Highway Bureau

LIU Hong

Shangshui County Highway Management Bureau, Zhoukou, He'nan, 466100, China

Abstract: With the continuous development of Chinese transportation infrastructure, the increasing number of bridges has put forward higher requirements for bridge maintenance and management. The traditional bridge maintenance and management methods suffer from scattered information, low efficiency, and lack of standardization, making it difficult to meet the safety and service needs of modern highway transportation. In order to enhance the scientific and information-based level of bridge management, the article combines actual business needs and constructs a bridge maintenance management information system for the highway bureau. The system design is based on a unified data platform to achieve centralized integration and efficient management of multi-dimensional information such as bridge basic information, regular inspections, daily maintenance, and repair records. Through information classification and archiving, standardized process settings, and intelligent reminder functions, the timeliness and accuracy of bridge maintenance have been effectively enhanced. The system application results show that the efficiency of bridge maintenance management has been significantly improved, the standardization and traceability of maintenance work have been strengthened, maintenance resources have been reasonably allocated, and information silos and management loopholes have been effectively avoided. The construction and application of this system not only provide a solid guarantee for the safe operation of highway bridges, but also actively promote the improvement of information management capabilities of grassroots highway departments, and provide reference and inspiration for the modernization development of the highway transportation industry.

Keywords: bridge maintenance management; information system; data platform; standardized process; highway traffic safety

引言

伴随我国国民经济的平稳增加与交通运输行业的迅猛进步,公路桥梁身为重要的交通基础设施,其数量和规模表现出连续扩大趋势。根据交通运输部数据表明,至2023年底,全国公路桥梁总数已经超过百余万座,桥梁密度和复杂性都出现明显提高。在这种形势下,高效果、合理的桥梁养护管理变成保证公路网络可靠运作和提高服务能力的中心环节。常规的桥梁养护管理手段多数依靠手工记录同分散管理,具有信息资源散乱、养护流程无标准、管理效率低效及缺少完整追溯等明显问题,很难满足现今桥梁结构多样化与管理数字化的需求,限制了行业全

部管理水平的提高。国内外学者和行业主管部门逐渐进行了依托信息技术的桥梁养护管理研究与实践。美国Federal Highway Administration FHWA采用桥梁健康监测系统,我国部分省市的公路管理部门也试行信息化平台,达到了桥梁基础数据的实时跟踪和维护。当前多数系统在数据整合、功能协同及业务规范化等方面尚有不足,未曾达成多维数据集中管理和智能化决策支持。本文依据公路局现实业务需求,意在探索并建立一套功能完备的桥梁养护管理信息系统,完成桥梁基础信息、检测、养护和维修等全过程的数据整合与规范管理,以提高桥梁养护管理的信息化、标准化和智能化水平,促进公路部门管理能力现

代水平。

1 公路桥梁养护管理的发展现状

1.1 桥梁养护管理面临的主要问题

交通基础设施建设一直在不断推进,桥梁已经成为公路交通网络中非常重要的一部分,缺了不行。桥梁的养护和管理工作遇到了不少困难和挑战,问题很多。信息散乱,数据不够完整,这成了桥梁管理最大的拦路虎。不同管理部门和区域之间没有一个统一的信息平台来共享数据,桥梁的相关信息总是被重复收集,更新也跟不上,数据还老是互相矛盾,这些问题让管理决策很难站得住脚。桥梁养护管理的效率很低,这是一个必须马上解决的麻烦事。传统的养护工作全靠人工来完成,没有规范和统一的指导方式,工作常常被拖延,资源也被白白浪费掉,最终让桥梁的养护效果大打折扣,带来很多负面影响。缺乏规范化的管理流程引发养护工作的可追溯性和透明度减少,引发问题确定和责任追查困难,增加了管理漏洞的风险。专业技术人员的缺乏和技术水平高低不一,亦然在一定程度上限制了桥梁养护工作的质量和安全保证。应对不断增加的桥梁养护需求,传统管理模式同现代化公路运输发展的不适应早已变成阻碍行业发展的瓶颈,迫切需要革新管理模式,提高信息化水平。

1.2 信息化管理趋势及需求

伴随当代信息技术的迅猛发展,信息化管理在桥梁养护体系中的重要性逐渐显现。传统桥梁养护方式由于信息割裂、流程不一致等问题,很难契合先进化管理需求。信息化管理能借助数据整合化、信息共用和智慧化解决,达成桥梁养护工作的高能运行。桥梁信息系统的运用可以供应完整、即时的桥梁状态数据,显著提高决策的合理性与精确性。标准化的数据平台辅助多级别的信息融合和多方面的数据解析,推动管理模式自经验依赖型朝数据驱动型转换。以应对桥梁数量增加引发的管理挑战,信息化系统需求愈发明显,涵盖针对移动终端操作、云存储、远程监控等技术的普遍运用。各种需求带动桥梁养护管理实现持续健康发展,促进管理人员进行桥梁维护工作以及风险评估工作时候依靠准确数据支持加上即时风险预判,改善资源分配情况,提高桥梁安全程度以及通行利用效率。

2 桥梁养护管理信息系统总体架构

2.1 系统目标与功能框架

桥梁养护管理信息系统目的利用信息技术提高桥梁养护管理效率准确性可追溯性从而保证公路桥梁安全运行管理规范。功能框架设计里面系统需要具备完整信息整合能力包括桥梁基本信息定期检查数据日常保养记录维修信息统一集合形成完善数据管理结构。系统重要功能之一建立统一数据平台为桥梁管理提供全面可靠数据支持。利用这个平台实现数据集中保存共享解决信息孤立状况并且支持多角度信息交叉查询分析。系统应当规划规范化

的流程设置,包括从桥梁检测、养护计划拟定到养护施工管理的全过程,以保证各项工作依据规范顺畅执行,因此提高养护工作的合理性与流程的统一性。智能提示机制是为另一个不可或缺的功能,借助迅速提示相关操作人员开展按期检测与养护,防患于未然地降低因疏忽造成的隐患。借助以上多方面的功能整合,桥梁养护管理系统可以达成高效率的信息管理与管理能力,辅助桥梁管理模式从常规向先进化方向的转变。

2.2 统一数据平台建设

统一数据平台是桥梁养护管理信息系统的核心部分,目标是处理传统管理方式下信息散乱且不容易共享的问题。这个系统的整体结构可以把不同来源的桥梁信息整合到一起,涵盖了桥梁的基础资料、之前的检测记录以及平时的养护维修情况。借助数据标准化的方法,来保证录入信息的准确和统一。数据平台运用了先进的数据库管理技术,顺利完成了大量数据的存储和快速查询的功能。系统还设置了完善的数据安全保护手段,严格控制访问权限,并使用高端的数据加密技术,确保敏感信息不会被泄露,维持安全稳定的状态。目标帮助系统可以顺畅扩充容量,平台规划适配众多业务模块,给今后增添新功能预留充足扩充位置。依赖统一数据平台达成信息高效整合,能够给管理决策提供精确数据支持,并且提升决策恰当程度和响应速度。这个整体方案保证桥梁养护管理工作高能配合和执行,促进桥梁管理向数字化方向迅速进步。

3 主要功能模块及业务流程优化

3.1 桥梁基础信息与检测数据集成

桥梁基础资料跟检测数据结合成为桥梁养护管理系统关键部分。建立统一数据平台以后,系统完成桥梁基础资料跟检测数据多方面结合,提升信息完整程度跟实际使用价值。这个模块里面,桥梁基本属性资料,例如桥梁编号、地理位置、设计参数这些内容得到全面管理,确保信息准确程度跟一致程度。定期检测数据结合支持桥梁健康情况实时监控,有助于快速发现潜在问题并且开展预防性养护工作。依靠自动数据处理跟分类功能,系统有效缩短数据录入跟处理所需时间,提高管理人员掌握桥梁运行状况能力。这种结合不但提升信息处理速度,而且为桥梁养护决策提供资料支持,确保桥梁设施安全程度跟稳定程度。

3.2 日常养护与维修记录管理

日常养护加上维修记录管理属于桥梁养护管理信息系统里面非常关键部分。这个模块利用信息系统把日常养护和维修工作记录进行细致并且规范管理,从而提升管理效率以及准确程度。养护人员完成日常养护作业时候,需要快速把现场检查、清扫、保养这些具体工作内容录入系统。系统自动整理并且保存这些记录,形成完整电子档案,方便以后查找以及回顾。利用维修记录精确管理,能够合理安排维修计划,确保桥梁存在问题得到快速处理,降低

安全风险。信息系统使用既支持操作流程实现标准化，同时促进养护资源达到最佳分配状态。

3.3 智能提醒与流程规范

智能提醒和流程规范模块目的提高桥梁养护管理及时性以及精确性。系统利用结合多种传感器还有信息技术，能够实时监测桥梁健康状况，并且出现需要维护或者检测情况时候自动推送提醒通知。流程标准化利用统一操作流程，保证全部养护活动按照规定步骤执行，有效防止因为人为原因造成管理漏洞。这个模块加强各级养护人员协作能力，确保桥梁养护工作井然有序快速进行。利用智能提醒加上标准化流程，桥梁养护工作透明程度和可预测程度得到显著提高。

4 系统应用成效与典型应用场景

4.1 信息集中整合的实际效果

公路局桥梁养护管理信息系统把信息集中整合起来，大幅提升桥梁养护管理信息化水平。系统完全处理传统管理当中信息零散问题，把桥梁基本资料、定期检查结果、日常养护记录还有维修资料全部汇聚到一个数据平台当中。这种汇聚方式精简信息搜索和获取步骤，增强桥梁信息全方位研究能力，给予管理决策充分数据支撑。使用规范信息输入和保存方式，改进数据精确性和统一性，减少主观错误或许造成的干扰。智能提醒功能结合信息汇聚，保证重要养护任务准时达成，增强养护工作主动性。系统现实运用表明，信息融合给公路桥梁安全运行提供可信保证，保持管理工作高能状态和前进状态。

4.2 管理效率提升表现

桥梁养护管理使用系统效果明显表现在管理效率提高上面。整合桥梁基础信息检测数据养护记录，能够快速查找处理信息，使得信息获取方便。标准化流程设置让业务操作顺畅，降低人为失误可能性，改善资源安排任务分配方式。加入智能提醒功能，保证养护工作按照计划执行，提高工作及时性反应速度。使用结果表明，系统减少养护周期长度，降低人为干预带来费用，提高整体管理效率水平。

4.3 桥梁养护工作的可追溯性实现

桥梁养护管理信息系统大大提升桥梁养护工作可追溯程度。系统依靠标准流程加上全面数据记录，所有养护活动过程以及结果全都得到详细记载。系统支持桥梁检测数据跟养护数据实时更新加上历史数据查找，给管理人员提供具体而且精确数据帮助。这样做有效避免传统方式里面信息丢失跟记录错误风险，同时推动问题分析跟决策走向规范。严格追溯功能让责任划分变得清楚明白，提升管理效率以及桥梁安全程度。

5 信息系统对行业发展的作用与启示

5.1 公路交通安全的保障

信息系统公路交通安全保障里面起到重要作用，主要表现在桥梁养护管理变得更加精确而且实时性得到提高。

系统利用统一数据平台，把桥梁基本信息跟过去养护记录全部整合起来，确保桥梁管理人员可以快速拿到全面桥梁当前状况资料。这些数据集中并且互相连通，支持桥梁健康状况持续跟踪以及完整检查，帮助提前找到可能存在危险情况并且采取预防办法。智慧提醒功能投入使用，让定期检查跟必须维修工作按时完成，因此降低桥梁出现病害造成安全危险程度。系统流程实现规范统一并且信息能够查清责任，强化养护任务落实力度，大幅降低因为人为原因出现安全事故。依靠信息化方法，桥梁养护工作变得更加透明并且效率很高，给公路交通安全稳定运行提供可靠支持。

5.2 基层公路部门管理能力的提升

信息系统的使用让基层公路部门的管理能力得到了很大提升。通过整合桥梁的基本信息和检测数据，桥梁管理的公开程度和精确度都得到了改善，为科学决策提供了可靠的支撑。建立标准化的操作流程和智能提醒功能，让日常养护和维修工作的效率大大提高，同时减少了因为人为失误导致的问题，使得工作质量有了更好的保障。信息系统的应用还帮助合理分配资源，确保有限的养护资源能够被用到最需要的地方。这样的改进措施让基层公路部门的管理效果变得更好，也推动了管理方式向科学化和现代化的目标迈进，让管理方式更加适应当前时代的需求，同时对整个行业的管理能力提升有着非常重要的作用。

5.3 对信息化桥梁管理的未来方向启发

信息化桥梁管理未来方向启发促进技术管理深度融合。人工智能大数据分析物联网技术持续成熟，桥梁养护管理达到更高水平智能。实时监测预测性维护技术应用提高桥梁结构健康监测准确性时效性，不断改善养护决策质量。跨部门跨区域信息协同平台得到建立，推动资源共享风险评估科学化。开放数据接口标准化信息交互协议给行业整体发展带来更大空间，推动公路交通现代化智能化进程。

6 结束语

本文面向当前桥梁养护管理过程中信息分散、效率低下与缺乏规范化等突出问题，建议并达成以统一数据平台为核心的公路局桥梁养护管理信息系统。通过将桥梁的基础信息、检测数据、养护过程还有维修记录等各种数据进行融合，搭建起一套标准化的管理流程，同时把信息分门别类整理好存档，这样大大提高了桥梁养护工作的规范程度、智能化水平以及后期查找的方便性。实际使用的情况显示，这种方式明显增强了养护管理的效率，改善了资源的合理分配，减少了因为信息不互通而导致的管理隐患，真正提升了桥梁运行的安全保障能力。目前来看，数据连接的深度、外部平台的对接情况，还有智能决策的辅助功能都存在不少问题和不足。面对桥梁运行环境复杂多变、突发事件的紧急应对需求，以及养护技术不断更新的各种挑战，相关功能的改进和提升还需要进一步深入推进，确保效果更好。接下来的研究能够核心重视怎样构建

和健全跨行政区域的桥梁信息共享机制,彻底开发依托养护数据的智慧解析和预判核心技术,促进与物联网、BIM建模这些先进技术的深入整合和现实实施。与此同时需强化用户定制化量身打造功能的研制以及移动端程序的规划工作,提高系统的契合能力和服务质量。系统的研制和普及为公路桥梁养护管理的信息化和规范化发展奠定了稳固可信的基础,对提高整个行业的管理能力具备关键的借鉴意义,未来将在更广泛的桥梁养护管理现实工作中持续改进完善和普及使用。

[参考文献]

[1]朱吉.公路养护管理信息系统在公路养护管理中的应用

- [J].上海公路,2021(1):5-10.
 - [2]曹勇.公路交通安全设施养护与维修管理措施[J].中文科技期刊数据库(文摘版)工程技术,2022(9):78.
 - [3]姜智文,王涛,孙宝来.基于 BIM-GIS 技术构建公路养护管理信息系统探究[J].通信电源技术,2023,40(6):229-231.
 - [4]赵慧.管理信息系统课程中酒店管理信息系统教学项目构建[J].中国管理信息化,2022,25(5):213-216.
 - [5]张仕龙.公路交通安全设施养护与维修管理措施探析[J].价值工程,2021,40(23):119-121.
- 作者简介: 刘鸿 (1980.6—), 性别: 男, 民族: 汉, 籍贯: 河南省周口市商水县, 学历: 大专, 研究方向: 交通。

路桥工程过渡段施工技术要点及管理措施

韩贞辉

新疆小海子水利建筑工程有限公司, 新疆 图木舒克 843900

[摘要]在路桥工程施工方面,过渡段施工占据着极为重要的位置,其施工质量会直接对整体工程的施工成效以及使用性能产生影响。为了打造出符合国家规范要求并且可延长工程使用寿命的路桥工程,在施工进程中既要运用科学合理的各类技术手段,又要强化施工管理,务必要让各个环节都能够严格按照设计以及规范的要求来执行。凭借技术与管理相互融合的方式,是能够切实提高工程质量的,可以保障道路运行的安全性以及行车的舒适性,进而给人们带来安全且高效的交通环境,有力推动我国公路建设事业不断地向前发展。鉴于此,这篇文章针对路桥工程过渡段的施工技术要点以及管理措施展开系统分析,希望能够为相关的工程给予参考以及借鉴。

[关键词]路桥工程过渡段; 施工技术; 技术要点; 管理措施

DOI: 10.33142/sca.v8i11.18709 中图分类号: TU472 文献标识码: A

Key Construction Techniques and Management Measures for Transition Sections of Road and Bridge Engineering

HAN Zhenhui

Xinjiang Xiaohaizi Water Conservancy Construction and Installation Engineering Co., Ltd., Tumushuke, Xinjiang, 843900, China

Abstract: In the construction of road and bridge engineering, the construction of transition sections occupies an extremely important position, and its construction quality will directly affect the overall construction effectiveness and performance of the project. In order to create road and bridge projects that meet national regulatory requirements and can extend the service life of the project, it is necessary to use various scientific and reasonable technical means during the construction process, and strengthen construction management. It is essential to ensure that all aspects are strictly executed in accordance with the design and regulatory requirements. By integrating technology and management, it is possible to effectively improve the quality of engineering, ensure the safety of road operation and the comfort of driving, and bring a safe and efficient traffic environment to people, effectively promoting the continuous development of Chinese highway construction industry. In view of this, this article conducts a systematic analysis of the construction technology points and management measures for the transition section of road and bridge engineering, so as to provide reference and inspiration for related projects.

Keywords: transition section of road and bridge engineering; construction technology; technical key points; management measures

引言

现代公路以及桥梁工程建设里,路桥过渡段是桥梁结构和路基结构之间极为关键的连接区域,其施工质量对道路的平顺性、安全性还有结构的长期耐久性有着直接影响。过渡段有协调桥梁刚性结构和路基柔性结构差异沉降以及应力分布的作用,并且还要应对车辆荷载集中、地基条件复杂以及环境因素多变所带来的诸多挑战。特别在高海拔或者高寒山区,地质条件复杂、土层承载力差、冻融作用频繁、昼夜温差大等自然环境因素,让过渡段的设计与施工面临着更高的技术要求以及管理难度。所以,科学合理的施工技术以及完善的管理措施对于保证过渡段的结构稳定性、延长道路使用寿命、提高行车舒适性而言,有着非常重要的意义。本文在综合分析过渡段结构特征以及施工难点的基础之上,着重探讨搭板施工、台背排水、地基处理、路基填筑以及冻融沉降防控等技术要点,同时结合施工质量控制、填料管理、施工组织与技术管理水平提

升以及工程验收与后期维护管理机制等方面,提出系统的施工管理对策,目的是为类似地区路桥工程过渡段施工给出操作性强的技术参考与管理经验。

1 路桥工程中过渡段的重要作用

在路桥工程里面,过渡段于刚性桥梁结构和柔性路基结构相连接之处,起到极为关键的缓冲以及过渡作用,它的主要作用在于调和这两种结构形式在刚度、沉降还有受力特性方面存在的差异,避免因为刚度出现突变而引发的不均匀沉降、跳车以及裂缝等一系列病害情况,过渡段设置得是否合理以及施工质量的好坏,直接和行车的平顺性以及结构的长期稳定性相关联。特别是在高原山区地区,由于地质条件较为复杂、地基承载力较差、气候又寒冷干燥且昼夜温差比较大等自然环境因素的作用下,过渡段所承受的温度应力以及冻胀应力会更为明显,所以对于其设计以及施工质量的要求也就更高了。科学合理的过渡段不但能有效地分散桥台后方的荷载压力,还能改善路桥连接

处的应力分布情况，并且能够延长桥梁以及路基的使用寿命，降低后期的养护成本，进而能够在整体工程质量以及运营安全当中起到十分重要的作用。

2 路桥工程过渡段施工技术应用要点分析

2.1 搭板技术应用要点

在路桥工程过渡段开展施工活动的时候，搭板技术算得上是极为关键的一项举措。它能够切实有效地保障桥台和路基达成平顺无碍的衔接状态，进而对车辆行驶过程中产生的冲击起到一定的削减作用，也能在很大程度上抑制差异沉降情况的发生。搭板一般会被安置在桥台以及路基相互连接的部位，如此一来便能够同时发挥出承载以及过渡这两方面的功能。而搭板的设计情况以及施工所达成的质量状况，将会直接对路桥衔接处的整体稳定性以及使用寿命产生不容小觑的影响。在实际施工推进的过程中，务必要依据桥梁的具体结构样式、地基的实际条件状况以及荷载所呈现出的特性等方面因素，来科学合理地去确定搭板应有的长度、厚度以及配筋等相关事宜，从而确保搭板自身的刚度能够与桥梁、路基之间的过渡实现一种较为理想的平衡状态。在施工操作环节当中，需要对混凝土的配合比例予以严格的把控，同时也要对浇筑工艺给予细致的关注，务必保证振捣工序能够做到足够密实的程度，还要让混凝土表面保持平整的状态，还需采取一系列完备的养护举措，以此来防范早期裂缝的出现^[1]。对于那些处于高寒地带或者高海拔区域的情况而言，应当充分考虑到温度发生变动时所可能带来的应力方面的影响，选用那种抗冻性能表现优异的混凝土材料，并且在接缝的位置设置伸缩缝或者柔性垫层，通过这样的方式来尽力减少因温度应力而引发的结构破坏情况。与此搭板的下方还应当构建起具有良好效能的排水层以及支撑层，如此才能够有效防止雨水渗入进去而导致出现软化或者是冻胀等不良状况，进而避免对整个结构的稳定性产生不利影响。

2.2 台背排水要点

台背排水在路桥工程过渡段施工里属于极为关键的一个环节，它的主要作用在于防范雨水或者地下水于桥台后方出现聚集的情况，要是出现这样的状况，那么就会致使填土发生软化现象，同时结构也容易产生变形，还会出现不均匀的沉降情况，如此一来，便会对路桥衔接部位的稳定性以及行车时的平顺性都带来不小的影响。在实际施工的时候，得依据地形地貌的具体状况以及降雨的相关特征来科学地去设计排水系统，一般而言，会在台背处设置反滤层、盲沟又或者是竖向排水管，而且要和路基排水系统实现有效的衔接，以此来保证排水能够顺畅地进行。反滤层需要采用那种透水性能较为良好且粒径较为合理的级配碎石或者砂砾这类材料，并且还要铺设土工布，通过这样的方式来防止细粒土渗入进去而堵塞了排水通道；盲沟内部应当填充的是洁净的碎石或者砾石，并且要用透

水性土工布将其包裹起来，从而保证能够长期保持良好的排水效果。在整个施工过程之中，对于排水坡度以及沟槽深度务必要严格加以控制，要防止出现局部出现倒坡的情况或者是排水不顺畅的问题；倘若是在寒冷的地区开展施工，那还得要预防排水系统因为冻胀的原因而出现堵塞的情况，可以考虑在那些容易结冰的区域采用保温方面的相关措施，又或者是使用防冻排水管。台背回填的操作必须和排水系统的施工同步展开，绝对不可以等到施工完成之后再去挖槽进行补排，不然的话，就极有可能会破坏到结构的稳定状态。

2.3 地基处理要点

地基处理在路桥工程过渡段施工里属于极为关键的一环，它对于保障结构的稳固状态以及延长使用寿命都有着不容忽视的作用。其主要意图在于提升地基所具备的承载能力，尽力削减可能出现的不均匀沉降情况，同时还要给上部结构给予稳固且均匀的有力支撑。鉴于路桥相交之处常常会面临荷载变化较为频繁的状况，而且地质方面的情况也颇为复杂，在施工的时候务必要依据地基土质的具体类型、地下水所处的位置以及气候环境等诸多因素来挑选出既科学又合理的处理办法^[2]。就常见的地基处理方式来讲，像换填法、夯实法、预压法、强夯法、灰土挤密桩、砂石桩、CFG 桩等都包含在内，需要结合现场的实际条件来进行相应的选用操作。在那些地基较为软弱的区域，可以考虑采用分层换填的方式或者去设置加筋层，以此来促使整体的稳定性得以提升；而对于承载力存在不足的地基而言，则可以借助强夯或者是桩基加固的方式来对地基的密实程度以及承载性能加以改善。在整个施工进程当中，必须要严格把控地基处理的深度、压实的程度以及所用材料的质量，从而切实保证地基结构能够具备均匀以及连续的特点；并且对于处于高寒或者高海拔地区的地基，还应当充分考量冻融循环会给地基稳定带来的影响，在设计环节可以适当地增加保温层，或者采取防冻方面的处理举措，借此来避免出现冻胀导致的破坏情况。

2.4 路基后台填筑要点

在进行路基后台填筑环节，应注重以下细节问题的把控：其一，在压实工作开展期间，必须选择适合的压实机械，通常以小型压实机为主，要有效控制好压实力度，避免压力过大的同时，还要起到理想的压实效果。为此，相关人员应充分意识到，如果压实质量未达到设计要求，后续则可能会导致此处路基沉降问题发生，这将会使路面行驶车辆发生跳车问题，严重影响到车辆的正常交通通行。因此必须有效控制好台背回填压实工作的关键细节，从而使台背回填质量切实达到相关标准；其二，在台背回填过程中，还应进行分层，具体的分层厚度应根据会调料性质确定，如果会调料本身密实度较好，则可相应提高厚度，相反倘若回填料相对松散，那么应尽量降低每层的填筑厚

度。因此，在选择回填料时，应尽可能选择容易被压实的材料，以更好地提高施工效率与施工质量。例如，常用的灰碎石、砂砾等，都是较好的回填材料；其三，在具体压实环节中，当顶面与路基十分接近时，就需要对压实工作进行严格控制，既要保证能够达到理想的压实深度，还要避免对周围结构产生损害，以充分提高路桥工程过渡段施工的整体质量控制效果。

2.5 冻融与沉降防控措施

在高寒或者高海拔地区开展路桥工程施工期间，过渡段施工环节当中，冻融以及沉降等问题属于影响结构稳定性以及使用寿命的重要因素之一，所以务必要采取科学且行之有效的防控举措。一开始得从设计阶段便着手准备，要全面且细致地考量当地气候状况以及地温方面的变化情况，依据实际情况合理地去确定路基还有过渡段的防冻深度，选用那些抗冻性能较为出色并且透水性也较好的材料当作填料，切忌使用含水量偏高又或者是容易出现冻胀情况的土体。在施工进程当中，需要严格把控填料的含水率以及压实程度，务必保证填层能够达到密实且分布均匀的状态，防止出现空洞或者松散区域等不良情形；与此在过渡段要设置完备的排水系统，像是盲沟、渗沟以及纵横向的排水层等，借助这些设施来削减地表水以及地下水的滞留时间，从根源处降低冻胀的风险^[3]。就沉降控制这一方面而言，可以通过地基加固、分层回填还有分段压实等多种方式来减少不均匀沉降情况的出现；在桥台和路基相互连接的那个部位，可以设置柔性过渡结构或者搭建搭板来缓冲应力差，以此来分散沉降变形所带来的一系列影响。冬季进行施工的时候，应当强化对温度的监测工作以及做好保温养护事宜，防止因早期冻胀而致使结构出现开裂或者发生变形等情况。

3 路桥工程过渡段施工管理的有效对策研究

3.1 加大填料质量控制力度

在路桥工程过渡段施工期间，强化填料质量控制的力度属于确保结构稳定以及平顺的关键环节。过渡段处在桥台和路基相互衔接的部位，其受力情况较为复杂，而且长时间会受到车辆荷载以及环境变化这两种因素的共同作用。填料质量的好坏会直接对沉降控制以及整体耐久性产生影响。所以在施工开始之前，需要依据设计方面的要求以及地质的具体条件，去严格挑选那些颗粒级配较为合理、透水性良好并且压实性能优秀的材料，严禁使用含有有机质、高含水量或者具有冻胀性特点的土料。在施工进程当中，要针对填料展开分层填筑以及压实的操作，严格把控每层的厚度以及含水率，保证压实度能够达成设计所规定的标准。在必要的情形下，应当借助试验段施工来验证填料性能以及施工参数是否合理。与此还需强化原材料进场时的检验工作以及施工过程中的抽检环节，针对填料的颗粒组成、压实曲线、含水率还有冻融性能等方面展开检测，

以此确保其能够满足规范所提出的要求。当在高寒或者高海拔地区开展施工的时候，还得充分考虑到气候所带来的影响，合理地安排施工的时间顺序，防止因为低温或者冻融的作用致使填料结构出现松散的情况。

3.2 提高施工技术管理水平

在路桥工程施工期间，提高施工技术管理水平是保证工程质量以及运行安全的关键举措。过渡段属于连接桥梁与路基的重要结构部分，其施工质量一方面关乎路桥的平顺性以及舒适性，另一方面还直接对整体结构的稳定性与耐久性产生影响。所以应当从施工组织、技术指导以及过程控制等方面全面提高管理水平。施工单位需要依据现场的地质、水文以及气候条件，科学合理地编制施工组织设计和技术方案，清楚界定施工工艺流程、关键控制节点以及质量标准，以此来确保各个环节都有章可循。同时还要强化施工人员的技术培训以及安全教育，尤其针对高原、寒冷地区的施工特点，提升操作人员对于地基处理、排水防冻、搭板施工等关键技术的掌握水平^[4]。可以引入信息化以及智能化管理手段，例如 BIM 技术、施工监测系统等，对施工过程当中的沉降、温度、压实度等关键指标展开实时监控以及数据分析，从而能够及时发现相关问题并采取纠正措施。

3.3 工程验收与后期维护管理机制

在路桥工程过渡段施工完成之后，建立起科学合理的工程验收以及后期维护管理机制，这无疑属于保障该工程能够长期稳定运行极为关键的一个环节。在验收阶段的时候，务必要严格依照设计规范以及施工标准，针对过渡段的结构平整程度、压实程度、材料的质量状况、排水系统的功能情况以及搭板还有接缝施工的质量等方面展开细致全面的检查。并且要综合沉降观测所获得的结果以及力学性能测试得出的数据，来判定整个工程是否已经达到了设计方面的要求。对于在检查过程中发现的各种问题，应当及时去制定相应的整改方案并重新进行验收，以此确保所有的隐患都能够彻底地得以消除掉。在后期维护工作开展方面，需要建立起定期巡查以及监测方面的制度，对过渡段出现的沉降情况、裂缝状况、排水是否通畅以及冻融损害等情况实施动态化的监控。在有必要的情况下，可以采取加固处理、填补操作或者排水维护等相关措施，从而防止一些小问题逐步演变成结构性的破坏情况。与此还应当形成信息化的档案资料，把施工所使用的材料、采用的施工工艺、监测所获取的数据以及维修所留下的记录等都纳入到归档管理当中，进而为后续的养护以及改造工作提供较为可靠的依据。

4 结语

路桥工程过渡段乃是桥梁同路基相互衔接的关键区域所在，其施工质量以及管理水平的好坏，直接会对路桥的稳定性、耐久性还有行车安全产生影响。借助科学且合

理的施工技术举措,像搭板施工、台背排水、地基处理以及冻融沉降防控等方面的技术措施,并且配合上严格的施工管理、填料质量把控、技术人员培训以及工程验收与后期维护机制的完善工作,如此便能够有效地降低结构病害出现的风险,进而保障过渡段有着良好的长期性能以及道路使用的舒适度。在未来,随着施工技术以及管理方法不断地得到优化,过渡段施工质量也会进一步得以提升,从而给高标准、高质量的路桥建设给予坚实的保障,推动交通基础设施朝着安全、稳定并且可持续发展的方向前进。

[参考文献]

[1]方宏彬.路桥工程过渡段施工技术要点及管理措施[J].

城市建设理论研究(电子版),2025(28):138-140.

[2]郝新宝.路桥工程过渡段施工技术要点及管理措施研究[J].山西建筑,2018,44(10):253-254.

[3]甘亦伟.浅谈路桥过渡段的施工技术要点[J].科技与企业,2015(12):148.

[4]胡照星.路桥工程过渡段施工技术要点分析[J].中国高新技术企业,2016(14):111-112.

作者简介: 韩贞辉 (1988.7—), 毕业院校: 兰州大学, 所学专业: 土木工程, 当前就职单位名称: 新疆小海子水利建筑安装工程有限公司, 就职单位职务: 项目负责人, 职称级别: 工程师。

人工智能在铁路运输管理当中的应用

丁东晓

浙江金温铁道开发有限公司, 浙江 温州 325000

[摘要]人工智能技术快速发展, 在铁路运输管理领域的应用越来越广泛且深入, 文章系统分析了人工智能技术在铁路运输管理中的应用现状、关键技术和发展趋势, 研究显示人工智能在铁路调度优化、安全监控、客流预测、故障诊断以及维护预警等方面作用重大, 并且深度学习、计算机视觉、自然语言处理等技术已在列车运行图智能编制、客流密度实时监测、设备故障预测性维护等场景中成功运用, 使铁路运输的智能化和精细化管理水平大幅提升, 不过文章也分析了当下人工智能应用所面临的像数据安全、算法可解释性、系统集成等方面的挑战, 还给出了加强算法鲁棒性、推动跨领域知识融合、构建铁路智能化标准体系等未来的方向, 研究结果显示人工智能和铁路运输深度融合能持续推动铁路运输朝着更安全、高效、绿色、智能的方向发展, 给构建新一代智慧铁路提供强大支撑。

[关键词]人工智能; 铁路运输; 智能调度; 安全监控; 预测性维护

DOI: 10.33142/sca.v8i11.18703

中图分类号: U29

文献标识码: A

The Application of Artificial Intelligence in Railway Transportation Management

DING Dongxiao

Zhejiang Jinwen Railway Development Co., Ltd., Wenzhou, Zhejiang, 325000, China

Abstract: With the rapid development of artificial intelligence technology, its application in railway transportation management is becoming increasingly widespread and in-depth. This article systematically analyzes the current application status, key technologies, and development trends of artificial intelligence technology in railway transportation management. The research shows that artificial intelligence plays a significant role in railway scheduling optimization, safety monitoring, passenger flow prediction, fault diagnosis, and maintenance warning. Deep learning, computer vision, natural language processing and other technologies have been successfully applied in intelligent train operation diagram preparation, real-time monitoring of passenger flow density, and predictive maintenance of equipment faults, greatly improving the level of intelligent and refined management of railway transportation. However, the article also analyzes the challenges faced by current artificial intelligence applications in areas such as data security, algorithm interpretability, and system integration, future directions such as strengthening algorithm robustness, promoting cross domain knowledge fusion, and building an intelligent railway standard system were also proposed. The research results show that the deep integration of artificial intelligence and railway transportation can continue to promote the development of railway transportation towards safer, more efficient, green, and intelligent directions, providing strong support for building a new generation of smart railways.

Keywords: artificial intelligence; railway transportation; intelligent scheduling; safety monitoring; predictive maintenance

引言

在铁路运输管理中, 首先, 人工智能系统在面对网络攻击或硬件故障时容易出现漏洞, 可能对铁路运输的正常运行造成威胁。其次, 传统铁路运输设施难以适配快速迭代的人工智能技术, 从而延迟整体系统的优化进程。与此同时, 人才短缺的现象制约了人工智能的全面推广。高度复杂的系统需要专业人员开发、维护和优化, 但相关领域的高端人才供不应求, 使得铁路运输管理部门难以充分发挥人工智能的潜能。现代综合交通运输体系中铁路运输是重要部分且承担着在全球范围内高效流动大量人员与货物的任务, 国际铁路联盟 (UIC) 的数据显示近五年全球铁路货运量年均增长率达 2.3% 而客运量稳定增长且增速为 1.8%, 由于运输需求快速增长且运营环境越来越复杂, 传统铁路管理模式有了调度效率低、安全风险高、设备维

护落后这样的挑战, 在这种情况下人工智能技术凭借强大数据处理能力、自动化决策能力、智能化预测能力给铁路运输管理带来新活力, 近些年深度学习、计算机视觉和自然语言处理等关键技术在铁路领域广泛应用, 从列车运行图智能编制、客流密度实时监测到设备故障预测性维护, 人工智能正在一步步改变铁路运输的传统运作模式。

人工智能于铁路运输管理里的应用不但提高了系统的智能化程度, 还给行业带来了明显的经济效益与社会价值, 像基于人工智能的智能调度系统能优化列车运行路线、降低延误率且提升线路利用率, 安全监控系统借助计算机视觉技术可精准识别异常行为和潜在风险, 预测性维护技术让设备故障率大大降低并且使关键设施使用寿命延长, 但人工智能技术在铁路领域应用时仍存在不少挑战, 如数据安全和隐私保护、算法缺乏可解释性以及跨系统集成困

难等问题，所以行业得进一步强化算法鲁棒性研究、促进多学科知识深度融合并尽快构建统一的智能化标准体系，以后随着人工智能技术不断发展且与铁路运输管理深度融合，铁路行业会朝着更安全、高效、绿色和智能发展从而为智慧铁路全面建设打下坚实根基^[1]。

1 人工智能技术在铁路运输调度优化中的应用

1.1 基于深度学习的列车运行计划自适应优化

近年来，铁路运输需求快速增长使传统人工调度方式难以应对复杂多变的运营环境，基于深度学习的列车运行计划自适应优化技术逐渐成为解决这一问题的关键手段，它借助大规模神经网络模型，凭借历史运行数据和实时监测信息对列车运行图进行动态调整与优化，像在繁忙的高速铁路线路，深度学习算法会综合线路容量、列车优先级、天气状况等因素生成最优运行方案，近五年数据显示，中国高铁每日开行列车超 8000 列，采用深度学习优化后的运行图编制效率提升 30% 以上且减少了调度不当造成的延误，深度学习模型泛化能力强，新线路开通或者突发客流高峰时能快速适应变化以保障列车运行安全准时，不过模型训练所需数据质量以及算法鲁棒性依旧是急需解决的问题，尤其是在极端天气或者设备故障等特殊情况下，怎样确保优化结果可靠还需进一步探究。

深度学习模型通过持续学习新的运行数据，能够不断自我完善和优化，这种自适应能力使得列车运行计划可以更加贴近实际运营需求，减少人为干预，提高整体运输效率。同时，深度学习技术还可以与强化学习相结合，通过模拟不同场景下的调度决策过程，进一步提升模型的决策能力和应对复杂情况的能力。然而，要实现深度学习在列车运行计划自适应优化中的广泛应用，还需要解决数据标注、模型训练效率、实时性要求等方面挑战，以确保模型能够在各种运营环境下稳定、可靠地运行。

1.2 智能调度决策支持系统的关键技术与实现

在铁路运输管理里，智能调度决策支持系统是一项靠整合人工智能算法、大数据分析和云计算平台给调度人员提供科学决策依据的核心技术，并且其实现离不开强化学习、知识图谱、分布式计算等多种关键技术，比如强化学习，系统可在模拟环境里不断试错优化策略进而制定高效调度方案，就像某个大型铁路枢纽站实际应用时，智能调度系统把列车进站和出站的时间间隔缩短了 15% 从而让线路利用率大大提高，并且知识图谱技术一应用，系统就能迅速识别复杂调度规则和约束条件防止因人疏忽而产生错误决策，还得注意，近些年铁路行业数字化转型加快且全球铁路运营数据量每年平均增长超 40% 这就给智能调度系统开发提供了好多数据资源，不过在系统集成的时候还是有不少挑战，像不同厂商设备之间是否兼容、跨区域数据共享有没有安全隐患之类的，以后得进一步推动标准化建设才能让系统协同和资源共享更

高效些^[2]。

1.3 突发情况下的实时调度重组算法研究

铁路运输免不了遭遇像自然灾害、设备故障或者重大事故之类的突发情况，这使得调度系统应急响应能力被提出很高要求，于是针对此问题，实时调度重组算法研究成了当下热点。该算法把遗传算法和粒子群优化技术相结合，能在超短时间内重新规划列车运行路径从而最大程度降低突发事件对整体运营的影响，例如有一次暴雨致使线路中断，实时调度重组算法不到 10min 就让受影响列车改道，有效减轻了旅客滞留状况^[3]。统计显示，过去五年全球铁路因突发事件延误的次数平均每年下降 8%，智能化调度算法贡献超 60%，不过现有的算法在处理大规模并发事件时仍有局限，尤其多条线路一起受阻时如何平衡各线路资源分配还是个难题，并且算法缺乏可解释性限制了它在实际中的推广，因为调度人员常常不明白复杂算法输出结果的逻辑，所以以后研究要重点提高算法的透明度和适应性才能更好应对铁路运营环境的复杂多变。

为了提升实时调度重组算法的透明度和适应性，研究人员正致力于开发具备可解释性的人工智能模型。这些模型通过引入决策树、逻辑规则或案例推理等方法，使算法的决策过程更加直观易懂，便于调度人员理解和信任。同时，针对大规模并发事件的处理，研究者们正在探索分布式计算框架和并行优化算法，以实现多线路资源的协同优化和高效分配。此外，通过模拟不同场景下的突发事件，对算法进行压力测试和性能评估，也是提升其实用性和鲁棒性的重要途径。未来，随着技术的不断进步，实时调度重组算法将在铁路运输管理中发挥更加关键的作用，为应对复杂多变的运营环境提供有力支持。

2 人工智能赋能铁路安全与维护管理

2.1 基于计算机视觉的铁路基础设施智能检测

国民经济的重要支柱之一铁路运输行业近年来基础设施安全性与运输效率、公共安全直接相关，统计显示 2022 年中国铁路营业里程超 15 万公里且高铁运营里程破 4 万公里居世界首位，但铁路线路长、设备种类多、环境复杂导致传统人工巡检难满足高效和精准需求，而人工智能技术基于计算机视觉给铁路基础设施智能检测带来新方案，部署高清摄像头和无人机采集数据并结合深度学习算法就能实时识别和分类轨道裂纹、扣件松动、接触网异常等问题从而大幅提升检测效率和准确性，某铁路局实际应用时计算机视觉系统在轨道表面缺陷检测准确率达 95% 以上，比传统方法提高近 30 个百分点，并且复杂天气像雨雪、雾霾下该技术检测任务还能保持高水准，不过计算机视觉技术实际应用时仍受光照变化、图像噪声干扰等挑战需优化算法增强鲁棒性，以后边缘计算和 5G 通信技术普及了，基于计算机视觉的智能检测会更高效可靠保障铁路基础设施安全运行^[4]。

2.2 预测性维护模型在轨道和车辆管理中的应用

人工智能在铁路运输管理里的核心应用之一是预测性维护，它逐渐替代传统定期维护模式给轨道和车辆管理带来巨大变革。国际铁路联盟（UIC）数据表明，铁路设备故障延误每年造成数十亿美元经济损失，在这样的大环境下，基于机器学习的预测性维护模型分析历史和实时监测数据就能提前找出潜在故障并制定科学维护计划，像用时间序列分析和深度神经网络模型对列车轴承温度、振动频率这些关键参数做长期趋势预测就能很好防止突发性故障出现，并且该模型还可结合轨道几何状态监测数据评估轨道磨损程度以优化维修周期，在减少维护成本的同时延长设备使用寿命^[5]。某欧洲铁路公司在实际案例中引进预测性维护系统后设备故障率降低了40%且维护成本也减少了25%，不过预测性维护模型构建和实施面临不少挑战，例如数据质量不好、算法难以解释等情况，以后通过加强跨领域知识融合以及算法优化，预测性维护在铁路运输行业会起更大作用，推动达成更高效、更节省的设备管理目标。

具体而言，预测性维护模型在轨道管理中的应用，主要体现在对轨道几何状态的实时监测与评估上。借助高精度传感器和先进的机器学习算法，模型能够持续跟踪轨道的几何参数变化，如轨距、水平、高低等，及时发现轨道的微小变形和潜在损伤。这种实时监测不仅提高了轨道维护的及时性，还使得维护计划更加精准，避免了过度维护或维护不足的问题。同时，通过深度分析轨道磨损的历史数据，模型还能预测轨道的剩余使用寿命，为铁路管理部门提供科学的决策依据，优化维修资源的配置。

在车辆管理方面，预测性维护模型同样发挥着重要作用。它通过对列车关键部件的实时监测，如轴承、齿轮箱、牵引电机等，利用时间序列分析、异常检测等算法，提前发现部件的劣化趋势和潜在故障。这种前瞻性的维护方式，使得维修人员能够在故障发生前进行干预，避免了因突发故障导致的列车停运和延误，提高了列车的运行可靠性和安全性。此外，预测性维护模型还能根据列车的运行历史和实时状态，为每列车量身定制维护计划，实现个性化的维护管理，进一步提升了车辆管理的效率和效果。

2.3 智能安全预警系统的构建与评估

铁路行业发展的关键在于铁路运输的安全性这一重要基石，构建智能安全预警系统是提升铁路安全保障能力的关键手段，近年来人工智能技术快速发展给铁路安全预警注入新活力，智能安全预警系统整合传感器网络、大数据分析和自然语言处理技术后能实时监测列车运行状态、

轨道环境和外部风险因素并在事故发生前发出精准预警，像基于深度学习的异常行为识别技术可快速抓住驾驶员疲劳驾驶或者违规操作这些潜在风险，而且该系统结合气象数据和地理信息系统还能预测自然灾害对铁路运行的影响以支持应急决策，中国国家铁路集团统计过，2020年全国推广智能安全预警系统后重大安全事故发生率降低了60%以上，不过构建智能安全预警系统还得解决数据孤岛、系统集成难度大等问题，尤其在多源异构数据融合时保证数据一致性和实时性是急需攻克的技术难题，以后随着人工智能算法不断优化、标准化体系建立，智能安全预警系统会更完善从而保障铁路运输行业可持续发展。

3 结论

人工智能技术已在铁路运输管理的调度、安全、服务、运维等核心领域实现“点状突破”，通过优化运力配置、强化安全防护、提升服务质量、降低运维成本，为铁路行业注入了强大发展动能，成为培育新质生产力的核心引擎。但当前仍面临数据孤岛、算力瓶颈、标准缺失、人才断层等多重挑战，需要通过技术创新、体系完善与生态构建协同破解铁路运输管理中人工智能技术的应用成为推动行业变革的关键驱动力，在深度学习、计算机视觉等关键技术之下，铁路调度优化、安全监控和设备维护等领域有了明显提高，有数据表明近五年全球铁路智能化市场规模每年平均增长超15%且到2028年有望达300亿美元，不过数据安全、算法可解释性等问题还得解决，以后强化算法的鲁棒性、促进跨领域的协同创新并建立统一的标准体系会给铁路运输智能化发展增添新动力，从而有助于达成更安全、更高效、更绿色的智慧铁路生态。

【参考文献】

- [1] 杨凌睿.人工智能在铁路运营服务管理中的应用前景[J].企业改革与管理,2023(18):51-53.
- [2] 张晓利,曹宁,任杰.基于图像处理的列车车号识别系统研究[J].电子世界,2020(11):61-62.
- [3] 朱海燕,李墨宇,缪弼东.人工智能在高速铁路运维中的应用管理[J].电气化铁道,2023(1):41-43.
- [4] 张莹,李春红,郭祥,等.人工智能在铁路工程档案管理中的应用[J].铁路技术创新,2023(4):88-91.
- [5] 辛伟伟.大数据与人工智能在水路运输经济管理中的应用[J].中国航务周刊,2024(43):18-20.

作者简介：丁东晓（1985.11—），单位名称：浙江金温铁道开发有限公司，毕业学校和专业：西南交通大学、交通运输（高速铁路方向）。

路桥工程施工中节能环保技术的应用

舒 同

湖北兴达路桥有限公司, 湖北 咸宁 437000

[摘要]随着生态环境持续恶化和可再生资源的日益消耗, 生产和生活活动正面临越来越大的压力。在此背景下, 节能环保理念逐渐深入人心, 低碳经济和绿色发展的重要性愈发突出。在道路和桥梁建设过程中, 传统施工方法往往存在资源浪费、能源消耗过大以及环境污染等问题, 严重影响生态系统的平衡, 甚至可能对周边环境造成长期损害。因此, 将节能环保理念全面融入项目建设全过程, 成为实现可持续发展的必然选择。在现代道路桥梁施工中, 推广节能环保技术不仅顺应绿色交通体系建设的要求, 也是实现工程绿色化、节能化和高效化的关键措施。

[关键词]路桥工程施工; 节能环保; 技术应用

DOI: 10.33142/sca.v8i11.18697 中图分类号: TU74 文献标识码: A

Application of Energy-saving and Environmental Protection Technologies in Road and Bridge Construction

SHU Tong

湖北兴达路桥有限公司, 湖北 咸宁 437000, China

Abstract: With the continuous deterioration of the ecological environment and the increasing consumption of renewable resources, production and living activities are facing increasing pressure. In this context, the concept of energy conservation and environmental protection is gradually gaining popularity, and the importance of low-carbon economy and green development is becoming increasingly prominent. In the process of road and bridge construction, traditional construction methods often suffer from problems such as resource waste, excessive energy consumption, and environmental pollution, which seriously affect the balance of the ecosystem and may even cause long-term damage to the surrounding environment. Therefore, fully integrating the concept of energy conservation and environmental protection into the entire process of project construction has become an inevitable choice for achieving sustainable development. In modern road and bridge construction, promoting energy-saving and environmental protection technologies is not only in line with the requirements of green transportation system construction, but also a key measure to achieve green, energy-saving and efficient engineering.

Keywords: road and bridge engineering construction; energy conservation and environmental protection; technology application

引言

在现代基础设施建设进程里, 路桥工程属于交通运输网络的关键构成部分, 其对于区域经济的发展以及社会生活有着重要的支撑效用。不过, 伴随施工规模持续拓展以及施工强度逐步提升, 传统路桥施工模式在能源耗费、材料运用、施工废弃物排放以及环境污染等诸多方面都存在着颇为显著的问题。施工期间所产生的扬尘、噪声、废水、光污染还有建筑废弃物, 不但给施工人员的身体健康以及周边居民的生活带来了一定的影响, 而且也给生态环境以及自然资源形成了相应的压力。在可持续发展以及生态文明建设这样的大背景之下, 怎样在确保施工质量与效率的基础之上, 达成节能、减排以及环境保护的目的, 这已然成为了路桥工程管理领域极为重要的一个课题。所以说, 在路桥工程施工环节当中, 节能环保技术的应用就显得格外重要。

1 创建节能环保路桥必要性

在当下社会可持续发展以及生态文明建设这样的大背景之下, 创建节能环保类型的路桥工程, 有着十分重要

的实际意义, 同时也具备相当长的潜在价值。随着城市化进程不断向前推进, 交通基础设施建设规模也在持续扩大, 在传统路桥施工的过程当中, 会消耗掉大量的能源、材料以及水资源, 并且还伴随着扬尘、噪声、废水排放以及施工废弃物等一系列环境污染方面的问题, 这些问题给周边的生态环境以及社会生活带来了较为显著的影响。节能环保路桥建设一方面可以有效地将施工过程中的能源消耗降下来, 把资源浪费减少, 让材料利用的效率得以提高, 使得碳排放以及环境负荷都降低, 另一方面还可以使施工现场以及其周边环境的质量得到改善, 保障施工的安全性以及公共健康状况。与此实施节能环保技术对于推动施工企业的技术创新是有帮助的, 也有助于优化管理模式, 进而提升施工的质量与效率, 增强企业在市场当中的竞争力以及在社会上的信誉度。除此之外, 随着国家针对绿色建筑、低碳城市以及基础设施可持续发展所提出的政策要求不断地得到强化, 节能环保路桥的建设已然成为符合政策导向以及社会发展需求的一种必然选择, 它对于推动交通

基础设施朝着绿色方向转型,实现经济效益与环境效益的协调发展,有着极为重要的意义。

2 路桥工程施工中节能环保技术

2.1 扬尘抑制技术

在路桥工程施工期间,扬尘抑制技术乃是确保施工现场环境质量以及周边空气清洁的重要举措。施工进程当中,土方开挖环节、混凝土搅拌环节、材料运输环节以及堆放环节均会滋生大量粉尘,要是不对这些粉尘加以管控,那么既会对施工人员的身体健康产生影响,同时还有可能给周边居民的生活以及生态环境带来负面影响。对于这一情况,施工单位往往会运用多种多样的抑尘技术以及管理举措,比如说针对裸露的土方以及施工道路展开定期的洒水操作或者喷雾处理,借助雾炮机来对施工现场实施覆盖式的喷雾抑尘操作,以此降低粉尘的扬散程度;在运输环节里,要将砂石料车厢予以覆盖,并且设置临时的防尘围挡以及绿色屏障,从而阻拦粉尘的扩散;还要对施工机械以及设备展开清洗以及维护工作,进而从源头上削减扬尘产生的可能性。除此之外,施工现场还能够设置实时的空气质量监测系统,对PM2.5、PM10等的相关指标进行全程监控,倘若出现超标的情况,便要及时采取相应的补救办法。

2.2 材料和资源节省技术

使用资源节约型材料和技术是路桥装备建设的必要和有效手段。在避免大规模消耗资源的同时,也保证了建筑企业的经济利益的提高。同时,道路和桥梁建设中最常用的材料是钢筋和混凝土材料,这两种材料的性能和质量直接关系到整个工程的质量和安全。因此,公路桥梁正式施工前,相关人员必须先到施工区域了解工程的实际情况,说明设计原则和工程建设的具体要求,确保材料性能要求,保证建筑材料的合理选用。此外,应提高采购过程中对材料的筛选和评估质量。只有符合土木工程师的要求,才能保证道路和桥梁设计的整体质量和安全性。更重要的是,如果在项目结束时能够降低维护成本,则可以减少返工问题,大大提高资源和能源的使用效率。

2.3 噪声污染控制技术

在路桥工程施工期间,噪声污染控制技术属于极为重要的一项举措,其能够为施工现场以及周边环境的舒适性给予有力保障,同时也可维护施工人员的身体健康。在整个施工进程当中,机械设备在运转的时候、混凝土正在搅拌之际、挖掘作业开展之时以及运输车辆频繁作业的时刻,均会释放出强度颇高的噪声。要是不对这些噪声加以有效控制,那么一方面会对周边居民的日常生活造成影响,另一方面还有可能给施工人员的听力健康带来长期的损害。对于这一问题,施工单位往往会采用多种多样的控制办法,像是选用那些噪声较低或者具备消声功能的设备,针对挖掘机、摊铺机、打桩机这类关键机械去安装消声器以及减振装置,以此来使它们在运行时所产生的噪声得以降低。

还会合理安排施工的具体时间,尽量避免在夜间或者人们的休息时段开展会产生高噪声的作业活动,与此依据施工的实际进度以及噪声敏感区域的不同情况来对施工区做出相应划分,进而减少对周边环境所造成的影响^[1]。在施工现场搭建起临时的隔音屏障或者是围挡,以此对主要的噪声源实施封闭处理或者进行阻隔操作,并且在施工道路以及运输路线上采取减震铺装以及限速的相关措施,从而进一步让噪声的传播得到抑制。除此之外,还要定期针对施工现场的噪声水平展开监测工作,一旦发现有超标的情况出现,就要及时地采取相应的调整办法。

2.4 水和光污染管控技术

在路桥工程展开施工之际,水污染以及光污染的管控技术称得上是维护施工环境质量并且保证生态安全的关键环节所在。在施工行进的过程中,像混凝土搅拌环节、材料冲洗环节、土方开挖环节还有雨水径流环节等,都有可能冒出含有泥沙、悬浮物、化学添加剂亦或是施工废水这类的排放情况。要是不对这些排放加以控制的话,那么它们就会给河流、湖泊以及地下水环境带来污染方面的危害。与此施工照明方面、夜间机械作业期间以及道路施工灯光等情况,也是有可能会产生光污染的,进而对周边居民的生活状况以及生态环境都产生影响。就水污染的问题而言,施工单位往往会采取沉淀池以及截污沟的方式来收集施工废水,之后再经过沉淀处理、过滤处理或者沉砂处理等一系列操作,然后再去回用或者是排放掉。并且还会合理地去规划雨水的排放路径,以此来防止泥沙流入到自然水体当中。对于施工材料以及油漆等存在潜在污染风险的物品,会将其分类存放起来,避免出现意外泄漏的状况。至于光污染的控制工作,那就要通过优化照明的布局安排,选用低亮度且能够调节角度的施工灯具,以此来减少光照向外溢出的情况发生。并且在夜间施工的区域还要设置遮挡的相关设施,从而降低其对周边居民以及生态环境所造成的干扰影响。除此之外,定期对施工现场以及周边的水质状况和光照强度进行监测,及时察觉并处理那些超标的情况,这无疑是一种能够确保施工过程当中的水污染以及光污染都能够得到切实有效管控的重要举措。

2.5 废弃物处理技术

在路桥工程施工期间,废弃物处理技术属于达成绿色施工以及环境保护的关键环节。施工进程中所产生的废弃物涵盖土方剩余物、混凝土残料、废钢筋、模板、包装材料还有生活垃圾等,要是处理不妥当,那么既会占用施工现场的空间,又会对施工秩序产生影响,甚至有可能引发土壤、水体污染以及安全隐患等问题。针对这一情况,施工单位一般会采用将分类收集、资源化利用以及安全处置相互结合的方式来进行应对。其中,土方剩余物以及可再利用的建筑材料能够在经过场内堆放、加工之后,用于填埋或者实现二次利用;混凝土残料可以经过破碎回收,进

而用于路基回填或者再生混凝土的生产工作；废钢筋、模板以及金属材料则可以通过回收、再加工或者销售的方式来达成资源的再利用；而对于那些不可回收的生活垃圾以及危险废弃物，则应当实施集中收集以及规范化处理，务必严格按照环保部门所提出的要求来开展运输以及处置相关事宜。

3 路桥工程节能环保施工技术实施的有效方法

3.1 增强施工单位所有人员节能环保施工意识，实行动态管理模式

在路桥工程的节能环保施工环节当中，强化施工单位所有人员的节能环保方面的意识，并且施行动态管理模式，这无疑属于能够切实保障施工技术得以有效施行的关键举措。施工人员在各类节能环保措施方面充当着直接去执行的角色，他们所具备的环保意识以及肩负的责任感，会实实在在地对施工现场的管理水平还有技术实际效果产生影响。所以，企业有必要借助定期开展培训、进行宣传教育以及现场予以指导等多种方式，促使全体施工人员能够全面且深入地理解节能环保的重要意义以及具体的相关要求，进而掌握像扬尘抑制、噪声控制、水光污染防治以及废弃物处理等一系列技术操作规范^[2]。与此要着手建立起动态管理模式，通过明确制定各个岗位的职责、实施日常的检查与监督工作、设立绩效考核以及奖惩方面的机制，从而把节能环保的要求贯穿于施工的整个过程之中，达成责任能够落实到具体个人身上、各项措施可以切实执行到位的良好局面。动态管理模式还涵盖着依据施工的实际进度、所处的环境状况以及技术实施的具体效果来及时对管理措施做出调整等内容，比如说在特定施工阶段出现扬尘或者噪声超标的情况时，就要立即采取额外的抑制或者隔离方面的措施；而在处于雨季或者存在特殊施工条件的情形下，则需对排水、废水回收以及施工方案等相关事项作出相应的调整，以此来保证环保措施可以持续不断地发挥出其应有的有效性。

3.2 加强施工监督和管理体系和制度的完善

在路桥工程开展节能环保施工期间，强化施工监督并且完善管理体系以及相关制度，这对于各类节能环保技术能够有效施行而言，属于极为重要的保障举措。施工单位需要构建起完善的管理制度，这个制度要包含技术标准、操作流程、检查评估还有奖惩机制等方面内容，要清晰界定各级管理人员以及施工人员在节能环保工作当中的职责划分，以此来保证制度具备实际的操作性以及一定的约束作用^[3]。与此应当通过设置专门负责监督的机构或者岗位，针对施工现场的扬尘、噪声、水光污染、废弃物处理等诸多环节展开全程的监控活动，定期去检查并记录环保措施的实际执行状况，一旦发现问题就要及时采取纠正方面的措施。管理体系应当着重体现出制度化、规范化以及动态调整的特点，依据施工的具体进度、所处的环境条件以及

技术的应用效果不断地对规章流程加以优化，并且建立起考核与反馈的相关机制，把监督得出的结果和施工人员的绩效关联起来，以此提升全体人员的责任意识以及执行力。

3.3 定期开展与环保施工技术相关的培训会

在路桥工程节能环保施工方面，定期举办有关环保施工技术的培训会，这无疑是提升施工人员专业能力以及保障施工质量的关键举措。借助培训这一途径，施工人员便能够较为系统地掌握扬尘抑制、噪声控制、水光污染防治以及废弃物处理等诸多节能环保技术的操作规范、需注意的事项以及最新的标准要求，进而让自身的环保意识得以增强，责任感也有所提升，并且还能了解到施工过程中常见问题的预防办法以及应对之策。培训所涉及的内容必须要与实际施工案例相互结合起来，并且要安排现场演示环节，如此一来，员工才能够把理论知识和实际操作有效地融合起来，促使技能应用的准确性以及效率都得以提高。企业还需构建起培训计划以及考核机制，以此来保证培训能够涵盖到各个不同的岗位以及新进人员，要定期开展复训并及时更新知识，以便施工人员能够跟上施工技术、管理制度以及环保政策方面的变化^[4]。除此之外，培训会还应当鼓励员工彼此间交流经验并且提出改进建议，进而形成一种持续学习以及不断优化施工方法的良好机制，由此推动施工现场节能环保措施得以切实有效落实，提升施工单位的整体管理水平以及施工质量，从而为路桥工程实现绿色、可持续发展给予强有力的支撑。

4 结语

在路桥工程施工期间，节能环保技术的应用可降低施工过程中能源消耗与资源浪费，还可控制扬尘、噪声、水光污染及废弃物排放，保障施工现场及周边环境安全健康。借助技术手段与管理措施结合，如扬尘抑制、噪声控制、水光污染管控、废弃物处理以及施工人员培训和动态管理，施工单位可实现施工质量、效率和环境保护的统一。节能环保施工推广为企业提升管理水平、遵循绿色建设政策、履行社会责任提供支撑。未来，随着绿色施工理念深入和技术手段完善，节能环保技术将在路桥工程中发挥重要作用，为建设高效、低碳、可持续的交通基础设施提供保障。

[参考文献]

- [1]冯占冬.路桥工程施工中节能环保技术的应用[J].城市建设理论研究(电子版),2023(2):86-88.
 - [2]黄静.绿色节能环保技术在市政工程施工中的应用研究[J].绿色中国,2025(6):160-162.
 - [3]李明哲.路桥工程施工中节能环保技术的应用[J].清洗世界,2022,38(3):81-83.
 - [4]侯习昆.绿色节能环保技术在市政工程施工中的应用研究[J].城市建设理论研究(电子版),2022(27):135-137.
- 作者简介：舒同（1993.7—），汉族，籍贯：湖北黄石，工程师，本科，路桥工程，湖北兴达路桥有限公司。

铁路营业线邻近施工现场盯控管理实践研究

叶梦婷

浙江铁道发展集团有限公司金华分公司,浙江 金华 321000

[摘要]文章对铁路营业线邻近施工现场盯控管理的实际应用进行了系统的探究。作为施工过程中保证铁路运输安全的重要措施,盯控管理水平的好坏也直接影响着行车的安全以及施工的效率。通过对盯控管理制度中涉及的相关机构及岗位的权责分析,整理了施工现场从开工前的准备工作直至最后完工销记各阶段的主要管控节点,并结合当前盯控过程存在的典型管理漏洞,从机制,人员和技术三个方面提出了具体可行的完善建议。

[关键词]铁路营业线;邻近施工;盯控管理;现场管理

DOI: 10.33142/sca.v8i11.18679

中图分类号: U215.1

文献标识码: A

Research on the Practice of Monitoring and Controlling Construction Sites Adjacent to Railway Business Lines

YE Mengting

Jinhua Branch of Zhejiang Railway Development Group Co., Ltd., Jinhua, Zhejiang, 321000, China

Abstract: This article systematically explores the practical application of monitoring and management of construction sites near railway operating lines. As an important measure to ensure railway transportation safety during the construction process, the level of monitoring and management directly affects the safety of train operation and the efficiency of construction. Through the analysis of the rights and responsibilities of relevant institutions and positions involved in the monitoring and control management system, the main control nodes of the construction site from the preparation work before the start of construction to the final completion and accounting have been sorted out. Combined with typical management loopholes in the current monitoring and control process, specific and feasible improvement suggestions have been proposed from three aspects: mechanism, personnel, and technology.

Keywords: railway operating lines; adjacent construction; monitoring and control management; on-site management

邻近营业线施工安全管理不仅关系着铁路营业线设备设施及行车安全问题还影响着整个铁路项目的建设水平等都有着十分重要的作用。当前针对邻近营业线施工安全管理的研究学者们已经做了大量的工作然而成熟的案例依旧不多见。而现场盯控作为最直接、积极的一种管控手段,以派员的方式全程、全面地介入和管控,是防范安全风险、确保营业线绝对安全的最后一道屏障。所以有必要对现有的盯控管理措施进行梳理与完善。

1 邻近营业线施工盯控管理概述

邻近营业线施工是指在营业线两侧一定范围内、营业线设备安全限界外影响或可能影响铁路营业线设备稳定、使用和行车安全的作业。而所谓盯控,则主要是指为了保障临建工程施工安全,由建设单位或者设备管理单位安排专人(专职或者兼职)对施工现场进行全程性的旁站式的巡视检查督促协调等一系列的管控行为。它的主要目的就是为了防范并化解这些工程施工对于铁路营业线带来的各种安全风险隐患。盯控的理念以及做法伴随着中国铁路安全管理制度的发展而发展演变,安全管理工作的着力点也已经从过去的事故应急处理转移到现在的防范在先和过程控制上^[1]。可以说盯控是邻近营业线安全管控的“最

后一公里”,但在具体实施过程中经常会陷入“形到而神不到”的尴尬当中,巡视的力度和效果得不到充分体现。出现这种情况大多数是因为管理制度本身存在着矛盾冲突和效力递减的问题。所以我们有必要重新审视乃至重新塑造这个看似平常但却十分紧要的安全举措,筑牢铁路安全生产防线。

2 盯控管理的组织与职责体系

2.1 盯控组织架构

有效的组织体系是盯控管理顺利运转的骨骼支撑。一般来讲一套完整的盯控管理系统包括施工单位、建设单位、设备管理单位(工务、电务、供电等)、车务等部门。现场盯控小分队属于最基层的一线队伍,直接归属于施工单位项目部或者是设备管理单位派出。在其之上层面项目指挥部负责整个项目的资源整合和总的安全方案部署,铁路运输部门负责提供行车组织情况和施工天窗安排。理想的体系应当确立统一指挥、分级负责、专业配合的原则使令行禁止,信息上传下达及时通达。然而在一些大型的复杂施工环境下却经常存在着多层次叠加的情况,既有施工单位盯控又有监理单位巡查,还有设备单位监护等多条监督线,如果各自为政就会造成令出多门或者监管漏洞。因此

对现有的组织结构进行平面化的优化调整势在必行,精简不必要的中间层次确立以施工现场为核心的一元化指挥模式。同时务必设立固定化例会制度来固化协调联系的工作机制。《铁路技术管理规程》虽然明确了关于施工安全管理的责任归属但是针对盯控的具体组织如何设置并未作出详细的规定这就有待我们在具体施工过程中结合现场实际情况加以细化创新让整个组织体系既满足规章的要求又灵活高效的适用于施工现场的安全管理需要。

2.2 岗位职责与人员配置

明确的岗位责任是组织能力提升的基础。盯控岗位架构一般由现场指挥、专职盯控员、安全员、联络协调员等构成。现场指挥是盯控工作的第一责任人;专职盯控员的主要职责是对施工现场的过程进行全程监督,确保施工严格按照审批方案实施并及时制止违章行为;安全员主要负责监督各类安全防范措施的布置落实情况及其有效状况;联络协调员主要负责同车站、调度以及各相关单位之间的信息即时传达反馈。人员的配备绝非随意的数量堆积,而是必须要根据施工项目的危险性大小、技术水平含量高低、作业时间长短等条件对所需盯控人数进行动态计算和合理编配^[2],比如对于上跨营业线的大吨位桥体吊装这类高风险操作就必须加派有资历的技术骨干实施重点盯控。目前比较普遍的一个问题是盯控人员过于频繁地更换,相关的岗前教育也较为粗放草率,从而造成经验断层流失,人员整体水平也就无从稳步提高。所以一定要建立起盯控岗位从业人员的资质认可和凭证上岗机制,并辅之以定期的再培训再审核。与此同时还应当下大力气打造一支精干稳定的、有一定阅历基础的老盯控员队伍,并辅之以合理的薪资待遇和发展晋升空间以强化岗位的吸引力。唯有将“谁来做、做什么、做到何种程度”这几件事都厘清说透,同时还为之匹配了真正有能力有水平的人手,盯控管理模式下的岗位责任制才有可能摆脱停留于纸面的命运真正落到实处。

3 现场盯控关键环节与控制措施

3.1 施工前准备与条件确认

施工前置准备是安全监控的第一道防线,它的全面性和严密性关系着下一步施工过程的安全基础,这个环节至少要做到以下几点: 经过多方审核并完善的施工方案; 详尽的技术及安全交底必须落实到每个参建人员; 施工现场勘察及危险源辨识等。条件确认是开工前最后一环的安全把关流程,它要求对施工机具设备情况、安全防护用品配备情况、作业人员上岗条件、应急处置措施有效与否、行车条件具备与否等逐一核实,并履行签字确认手续。现实中经常因为抢时间而省略或者仅走形式,如在交底方面粗枝大叶、代替签字,检查草草了事等。

3.2 施工过程实时监控

施工现场是安全风险动态演化的高发期,现场监控就

是盯控工作的主要职责。需要盯控人员瞪大眼睛一刻也不能放松,对工程机械作业区域、人员操作行为、安全防护设施状态及列车通过时下道躲避等情况实施全程盯控。监控手段应当是“人防+技防”。在盯控人员的人眼巡查之外,还要最大限度地发挥视频监控探头、感应式报警器等科技手段的延伸作用。监控的目的就是要及时发现那些脱离了安全预案的“异动”,并当即叫停纠正。一项普遍存在的难题就是长时间、高强度的盯控工作很容易使人产生疲倦感,精神懈怠导致失察漏看或者反应滞后。这就必须要科学做好盯控人员的轮岗与休息制度设计,同时也要用监控录像设备来对重点部位进行24小时不间断摄录回放。监控的另一项重要产品应当是详细的施工日志,要如实记载现场作业人员、机械设备使用情况、施工进展、安全状况及发现问题、处置结果等,这是事后追溯的证据,也是完善管理的素材。

3.3 异常情况应急处置

即便再充分准备,在建设工地也难免会遇到一些突发性的异常状况: 施工机械突然失灵、天气突然变恶劣、地下突然发现未知管线、突然出现危及行车安全险情等。这时候有效的应急反应能力就是避免事态恶化的最后一道屏障。盯控体系必须要提前编制有针对性的应急预案并让现场人员掌握预案内容。应急管控的核心就是一个“快”字和一个“准”。一旦出现异常,盯控人员就要第一时间启动预案,按程序快速上报,同时果敢地实施应急抢险,该拦车就拦车、该下道就立即组织人机料下道。经常进行贴近实战的应急演练是最有效的方法,以此来验证预案是否可行、锻炼各方面的配合默契。但很多项目上的应急演练却存在着脚本化、演戏化的弊病,缺乏真实突发性和混乱场景的模拟,以致演练的效果很差。

3.4 施工后检查与销记

施工完成绝不是安全管理的句号,施工后的检查及销记是对施工现场恢复正常无安全隐患的重要步骤,其中检查项目主要有: 所有施工机械、路料是否已经撤出线路界限以外; 临时防护设施是否撤除; 线路几何尺寸、信号设备状况是否恢复到可以放行列车条件; 现场是否打扫干净等。而销记就是在彻底检查无误具备安全条件的前提下按流程规定在《行车设备施工登记簿》上办理施工结束手续,消除施工封闭或限速措施。如果这个环节麻痹大意,则会造成“工完料尽场地清”的目标落空,从而给后面留下一个事故隐患的尾巴。驻站联络员一定要杜绝施工完了就万事大吉的想法,要认真负责的做好最后一步的检查,并督促施工单位做好施工收尾工作。实施施工后检查确认单和拍照留存方式,能够形成安全管理闭环,把安全责任落实到最后。

4 盯控管理中的问题与优化对策

4.1 常见管理问题分析

目前铁路营业线临近工程施工监护管理模式应用过

程中也显现了一些普遍存在的问题。最主要的问题是责任分工不清，在施工单位，监理单位和设备管理单位之间的监护责任划分不够明确，在有些地方出现了重叠管理的现象，在另一些地方则成了无人监管的状态^[3]。其次就是信息互通滞后，各方之间信息传递速度慢、失真甚至断档，不利于联合决策及紧急情况处理。再次就是技术支持不到位，很多地方仍旧采用人盯眼看法进行监护，缺少智能监控设备的应用，不能够对危险性大的施工作业做到有效的监测预警。最后就是人员力量配备不够科学合理，有一部分监护人员缺少正规系统的业务学习和实践锻炼，面对一些复杂的工程施工时不能很好的识别其中存在的安全风险，在遇到突发状况的时候也不能很好的作出应对措施。这些问题的发生一方面是因为管理制度还不够细化完善，另一方面也是因为资金力量薄弱、路径依赖等原因造成的。这些问题相互缠绕，影响着整个盯控管理水平的有效提升。

4.2 制度与流程优化

为了解决这些问题，制度及流程的完善是最根本的办法，在管理制度上要进一步具体化制定更加可实施性的邻近营业线施工盯控管理办法细则，对不同施工条件下各方具体的盯控任务、执行标准及交接手续等内容进行清晰界定，不留死角盲区；在业务流程上要对上报施工计划、批准施工方案、签订安全管理协议、现场条件具备、施工盯控、销记开通等全过程进行优化整合，通过信息化措施减少重复环节，缩短非必要等待时长，同时对重要节点增加强制性的检验核对步骤，如尝试搭建基于互联网的施工安全管理平台，推动计划、方案、监控、销记等业务在线办理和闭环运行。改进工作一定要实事求是，广泛征求基层工作人员意见，使新制定出来的管理制度及流程既能严丝合缝，又能简捷方便，具有较强的实操性。

4.3 人员能力提升途径

最完美的制度也要有合适的人去落实。提高盯控人员队伍素质是项综合性的工作。首先要建立健全标准化培训制度，培训课程应当包括规章制度、技术知识、安全风险意识、应急处理以及职业道德等各个方面，尤其要突出对典型案例的学习教育警示作用……其次要严格把关资格认证并且分级授权，对于不同层次能力水平的人授予不同的级别权限并安排相应难度的复杂度盯控作业任务，同时配套相应的差异化薪酬待遇……再是要推行师傅带徒弟的实际锻炼模式，由老盯控员指导新成员，在实际工作中迅速积累经验……经常举行技能大比拼、模拟场景演练等，也是一种促进学业务练本领的好方法、检验锤炼真功夫真

本事的好手段^[4]。人的素质建设是个长期性的问题，需要领导者的高度重视和大力支持，努力建设一支本领高强、纪律严明、认真负责的盯控精兵。

4.4 信息化技术应用强化

物联网、大数据、人工智能、视频智能分析等信息技术的发展，技术应用的加强可以从以下几方面来体现：施工现场全面布置高清智能摄像头，通过人工智能自动捕捉人员违规闯入危险区域，工程机械超限界，防护不到位等违章现象并实时告警；为大型机械设备加装定位、限位监测仪器，避免机械侵入营业线安全限界；运用BIM技术和三维模拟，在正式施工前对施工方案实施撞线测试、安全演示；建立统一的安全管控信息平台，集成施工方案、参建队伍及工器具档案、现场视频监控、隐患风险提示、应急响应调度等多项功能于一体，集中展现安全管理信息，辅助智能安全决策。

5 结束语

铁路营业线临近施工的现场盯控管理是涉及生命财产安全、关系运输秩序稳定的一项严肃而又精细的管理工作。本文通过对于盯控管理实践的经验总结，呈现了包括组织机构搭建、实际操作运行以及经验教训反思改进在内的盯控管理的全过程。有效的盯控管理绝不仅仅是简单的“派人到场”，而是必须有严密组织架构作为保障，明确的责任分工作为指导，全流程重要节点管理控制作为依托，同时还需要在不断的制度革新，能力培养和技术升级中加以巩固完善的动态化的管理活动。面对未来铁路工程建设及运营维修持续发展的新形势，盯控管理也需顺势而为，在向标准化、专业化、智能化的目标不断迈进的过程中推陈出新。

【参考文献】

- [1] 魏金涛.邻近铁路营业线施工安全管理[J].四川建材,2025,51(12):180-182.
 - [2] 侯明坤,朱波.邻近铁路营业线施工安全监测预警体系研究[J].高速铁路技术,2025,16(4):94-99.
 - [3] 刘斌.邻近既有铁路连续刚构桥施工关键技术研究[J].交通科技与管理,2025,6(1):61-63.
 - [4] 孙宏伟.建筑基坑施工对邻近城际铁路联络线路基变形的影响[J].铁道建筑,2024,64(8):142-146.
- 作者简介：叶梦婷（1998.3—），女，毕业院校：温州理工学院，本科：学历，所学专业：土木工程，当前就职单位：浙江铁道发展集团有限公司金华分公司，职务：业务员，职称级别：助理工程师。

AI 技术驱动的视频彩铃业务应用现状及未来发展路径探究

程 军

中国电信股份有限公司伊犁哈萨克自治州分公司，新疆 伊宁 835000

[摘要]随着人工智能技术的不断发展，视频彩铃作为通信增值业务的一种重要形式，其应用模式以及发展方向都在发生着变化。AI 技术在内容生成与编辑、智能推荐、用户画像构建以及内容管理等众多方面都有着广泛的应用，这使得视频彩铃业务的智能化程度以及用户的使用体验都得到了提升。文章围绕着由 AI 技术所驱动的视频彩铃业务展开分析，对其主要应用现状加以梳理，同时在此基础之上深入探讨未来在智能化、个性化、内容生态以及融合发展等多个方面的发展路径，期望能够为视频彩铃业务的持续发展给予一定的参考。

[关键词]AI 技术；视频彩铃业务；应用现状；未来发展；发展路径

DOI: 10.33142/sca.v8i11.18696 中图分类号: F24 文献标识码: A

Exploration into the Current Status and Future Development Path of Video Ringback Tone Business Driven by AI Technology

CHENG Jun

Ili Kazakh Autonomous Prefecture Branch of China Telecom Corporation, Yining, Xinjiang, 835000, China

Abstract: With the continuous development of artificial intelligence technology, video ringback tones, as an important form of communication value-added services, are undergoing changes in their application modes and development directions. AI technology has a wide range of applications in content generation and editing, intelligent recommendation, user profiling, and content management, which has improved the intelligence level of video ringback tone services and user experience. The article analyzes the video ringback tone business driven by AI technology, summarizes its main application status, and explores in depth the future development path in multiple aspects such as intelligence, personalization, content ecology, and integrated development. It is expected to provide some reference for the sustainable development of video ringback tone business.

Keywords: AI technology; video ringback tone service; application status; future development; development path

引言

在数字通信以及人工智能技术快速向前发展的大背景之下，视频彩铃作为通信增值业务的一种颇为重要的存在形式，正在经历着从功能型服务朝着价值型服务所发生的极为深刻的转变过程。相较于传统的语音彩铃而言，视频彩铃把视频、音频还有图文等内容融入到来电的具体场景当中，使得原本单调乏味的通话等待环节一下子拥有了更为强大的表达方面的属性以及能够更好地承载情感的能力，而且其内在的本质也已经逐渐地从单纯的通信“附属功能”一步步演进成为了可供用户用来开展个人展示活动以及实现情感连接的全新媒介。而这样一种演进之所以会变成一种必然的发展趋势，其根本原因就在于 5G 网络开始广泛地得以普及开来、终端设备的性能也在不断地得到提升，与此同时用户对于个性化以及情绪化内容的需求始终处于持续增长的状态之中，传统的那种以单一内容呈现方式为主导的彩铃形态早已是难以充分满足用户体验实现升级以及业务价值达成扩展这两方面极为重要的要求了。在整个这个过程当中，人工智能技术已然成为了视频彩铃能够实现规模化发展以及精细化发展的重要支撑

力量。AI 在大数据分析、内容生成以及智能推荐等众多方面展开的应用，一方面十分有效地提升了内容生产以及分发的效率，另一方面更是有力地推动了视频彩铃从原先的“统一展示”模式向着“精准匹配”模式转变，进而使得内容可以更加紧密地贴合用户的实际身份情况、具体的使用场景以及内心的情感诉求，最终极大地增强了用户的黏性以及业务自身的活力。再往深层次去分析，视频彩铃朝着跨平台内容生态的方向去延伸无疑是一条极为关键的发展路径，之所以说它是必要的，是因为单一的通信场景是很难持续且有效地对内容供给以及商业价值放大起到支撑作用的，然而要实现这样一条路径，前提条件在于通信网络和互联网平台在数据使用、内容控制以及利益分配等方面存在的那些深层的差异必须要能够得到切实有效的协调处理。鉴于此，本文选取在 AI 技术驱动之下的视频彩铃业务当作研究的对象，较为全面且细致地对其当下的应用现状展开分析，着重就内容智能生成、推荐机制、用户画像以及合规管理等相关实践特征加以探讨，并且在此基础之上针对未来在智能化、个性化以及产业协同等不同方向上可能的发展路径展开相应的研究。

1 AI 技术与视频彩铃业务融合的意义

AI 技术与视频彩铃业务的融合正在全面重塑传统通信服务,其意义主要体现在降低创作门槛、丰富用户体验、推动运营商战略转型和拓展应用场景等多个方面。通过文生视频、图生视频及“一语成片”等 AI 能力,用户无需专业技能即可通过简单输入快速生成个性化视频彩铃,实现“一键创作”,激发大众的想象力与表达欲望。同时,视频彩铃从静态展示升级为动态、多样化和互动性强的多媒体内容,支持多种风格切换和场景化模板,使通话体验更加趣味化和个性化,并提升社交分享价值。对于运营商而言, AI 彩铃不仅推动技术升级,也助力从“流量经营”向“体验经营”转型,通过接入大模型和生成式 AI 能力,将通信连接与智能内容服务结合,利用用户基础为内容创作提供流量入口并探索商业模式创新。与此同时, AI 彩铃技术正延伸至文旅、赛事和企业宣传等多个领域,实现跨界应用与产业融合,不仅丰富数字消费场景,也为智慧城市建设与数字化营销提供支撑,推动通信服务与社会经济的深度结合。

2 AI 技术在视频彩铃业务中的应用现状

2.1 基于 AI 的内容智能生成与编辑应用

在视频彩铃这项业务当中,凭借 AI 所开展的内容智能生成以及编辑工作,已然变成提升内容生产方面效率并且让表现形式变得更加丰富的关键途径。当把图像识别技术、语音识别技术、自然语言处理技术还有生成式的人工智能等相关技术引入进来之后,平台便能够针对视频、音频、文本等多种不同模态的素材展开自动化的分析以及处理操作,进而达成诸如视频片段的智能剪辑、画面的自动匹配、字幕的生成以及特效的合成等一系列功能。在实际的应用情况之下, AI 系统会根据来电的具体场景、用户的个人偏好还有内容的相关标签,对原始的素材加以结构化的重组处理,从而能够在短时间内生成契合传播方面需求的视频彩铃内容,切实有效地将人工制作所需的成本给降下来^[1]。与此 AI 辅助编辑技术在画面保持稳定、色彩进行优化、音画实现同步以及风格达成统一等诸多方面都呈现出相当高的自动化程度,使得视频彩铃能够在有限的时长范围之内展现出更为强大的视觉吸引力以及信息传达的能力。

2.2 智能推荐算法在视频彩铃中的应用

在视频彩铃业务当中,智能推荐算法已然成为连接内容和用户的关键技术途径,它最为关键的作用就在于提高内容匹配的程度以及用户触达的效率。凭借机器学习以及大数据分析方面的技术,平台能够针对用户的通话具体行为、使用的频次、浏览的相关记录还有历史订购的具体情况等各类数据展开综合性的分析,进而构建起用户兴趣特征的模型,并且在此基础之上达成视频彩铃内容的自动筛选以及排序操作。在实际的应用过程里,推荐算法可以依

据不同用户群体各自的行为特点以及所处的使用场景,动态地去调整内容推送的策略,使得视频彩铃在来电的那一瞬间能够呈现出更加契合用户个人偏好内容的形式。与此该算法还能够结合时间节点、热点发生的事件以及当下的流行趋势等情况,对内容实施实时的更新与精准的匹配,以此来强化视频彩铃所具有的时效性以及自身的吸引力。

2.3 用户画像构建与精准投放机制

在视频彩铃这项业务当中,用户画像的构建以及精准投放的机制,这无疑体现出 AI 技术在达成精细化运营方面有着十分重要的意义。凭借大数据分析这一手段以及机器学习相关技术,平台可针对用户所涉及的基础属性、通信方面的行为、对于内容的偏好还有消费时的习惯等诸多维度的信息展开整合性的分析,进而形成相对完整的用户特征画像。在实际的应用环节里,这些画像所包含的信息会被拿来区分不同用户群体各自的兴趣取向以及使用方面的特征,如此一来便能让视频彩铃的内容于恰当的时间并且处在合适的场景之下呈现给与之对应的用户,进而提升内容和用户之间相互匹配的程度。与此 AI 系统还能够依据用户行为呈现出的动态变化情况,对画像的特征予以持续不断的更新,以此使得投放所得到的结果能够更为贴近用户当下实际的需求状况。

2.4 智能版权识别与内容合规管理

在视频彩铃业务当中,智能版权识别以及内容合规管理属于 AI 技术应用极为重要的部分,同时也是保证业务能够规范运行的关键所在。凭借图像识别、音频指纹比对还有深度学习等一系列技术手段,平台可针对视频彩铃内容里的画面、音乐以及文字信息展开自动化的识别与分析操作,达成对版权素材进行快速比对以及来源判别的目的。在实际的应用情况之下, AI 系统能够对上传的内容实施实时的检测工作,对于那些可能存在版权风险或者不符合内容规范的相关素材予以标识并加以分类处理,进而使得内容审核的效率以及准确性都得以提升。与此通过与对行业政策以及平台规则所开展的智能解析相互结合的方式, AI 技术在某种程度上强化了视频彩铃内容管理的系统性以及一致性。

2.5 AI 技术应用面临的关键挑战

在视频彩铃业务里, AI 技术的应用虽说提高了效率、带来了内容创新,可也呈现出不少关键难题。技术方面讲, AIGC 生成的视频彩铃,在大规模应用时内容质量稳定差,不同模型、算法生成效果差异大,持续产出兼具审美性和传播性的高质量内容难,生成结果风格控制有限,易出现内容同质化或与用户需求不符的情况。而且 AI 生成内容在素材来源、二次创作以及商业使用过程中涉及的版权归属、侵权风险没清晰界定。从用户体验来讲,靠算法驱动的高度个性化推荐机制,虽提升了匹配效率,但可能不断强化用户原有偏好,缩小内容选择范围,形成潜在的‘信息茧房’。在

通信场景下,过于频繁或精准的智能推荐与内容触达,容易被用户当作干扰,降低视频彩铃作为轻量化服务的接受度。在商业与监管层面, AI 视频彩铃还在探索阶段,现有盈利模式与 AI 内容生产成本、价值评估匹配度不高。

3 AI 技术驱动的视频彩铃业务未来发展趋势

3.1 智能化与个性化深度发展方向

在 AI 技术不断赋予能量的情形下,视频彩铃业务于智能化以及个性化方面的发展会体现出从基础应用朝着深度融合一步步推进的阶段性特点。在短期内,发展的重心大多聚焦于 AIGC 技术的工程化落地工作,借助模板化且标准化的内容生成办法,提升视频彩铃的生产效率,同时让内容质量的稳定性得以提高,并且联合用户基础行为数据,持续对算法模型加以优化,增强内容推荐的准确性以及相关性,促使个性化服务能在现有的通信场景里获得有效的推广。进入中期阶段,随着算法能力成熟和用户数据积累,视频彩铃将逐步从单一业务形态向平台化服务转型,通过构建开放式技术与内容平台,整合通信网络、终端应用及第三方内容渠道的数据资源,推动用户在不同场景下的行为数据联通,从而支持更加细分化、情境化的个性化内容供给,增强用户参与度和业务黏性^[2]。长期来看,在技术体系、内容生态和治理机制相对完善的基础上,视频彩铃业务将形成较为成熟的产业生态,不仅能够实现多主体协同参与和价值共创,还将在个人表达、情感沟通、品牌传播等方面释放更广泛的社会价值。

3.2 AIGC 推动视频彩铃内容生态升级

在 AIGC 技术不断发展的情况下,视频彩铃内容生态的升级会体现出从效率驱动朝着价值共创一步步变得更为深入的发展走向。在短期内, AIGC 的应用主要聚焦于内容生产这一端,借助模板化以及批量化的视频生成途径,迅速增加视频彩铃内容库的容量,减少创作成本并且降低创作门槛,与此同时结合基础推荐算法,达成内容的快速匹配以及有效分发,以此为内容生态构筑起规模化方面的基础。处于中期阶段的时候,随着技术逐渐成熟并且业务协同能力得到强化,视频彩铃会逐步搭建起面向创作者以及合作方的开放内容平台,引入多元化的主体以及创作工具,推动 AIGC 和人工创作一同发展,并且依靠数据与接口的开放,实现不同应用场景之间内容以及用户数据的连通,进而提高内容供给的丰富程度以及生态的活跃程度。从长期的角度来讲,在内容生产机制、版权管理体系以及分发规则一步步完善的情况下,视频彩铃会形成较为成熟的内容生态体系,包含创作者、平台、运营商以及品牌方等多个主体,凭借持续的内容创新以及价值共建,让视频彩铃在文化表达、品牌传播以及社会价值塑造等方面起到更为稳固且长远的作用。

3.3 跨平台、跨场景融合发展路径

在 AI 技术不断给予助力的情形下,视频彩铃于跨平

台以及跨场景层面的融合发展会体现出一种阶段性特点,即从局部协同开始慢慢朝着深度融合去推进。在短期内,融合发展的关键之处大多聚焦在通信场景内部以及与相邻平台展开初步的联动方面。借助标准化的接口以及统一的内容规范,达成视频彩铃和运营商自身应用、终端系统还有部分互联网内容平台之间的基础性对接,进而让内容可以在不同的入口之间达成复用以及协同分发的效果。到了中期阶段,随着数据治理能力以及平台协作机制一步步变得完善起来,视频彩铃还会朝着开放化的方向继续发展。通过构建起统一的数据与服务平台,推动通信网络场景和社会交往、娱乐活动、生活服务等诸多类型的互联网场景相互之间实现数据的联通以及能力的共享,使得视频彩铃不再仅仅局限于单一的来电场景,而是延伸拓展到多触点、多情境所构成的内容服务体系当中^[3]。从长期的角度来讲,在技术标准、利益分配机制以及合规框架都逐步走向成熟的前提之下,视频彩铃跨平台、跨场景的融合将会形成一个较为稳定的协同生态,从而促使运营商、内容平台、技术提供方以及品牌主体能够实现较为深入的协作,让视频彩铃在通信服务以外的领域,进一步融入到数字内容以及数字生活体系里面,进而释放出更具持续性的商业价值以及社会价值。

3.4 视频彩铃业务的产业协同与生态构建

在 AI 技术的驱动作用之下,视频彩铃业务的产业协同以及生态构建会呈现出一种从单点合作朝着系统化协作逐步演进的发展态势。在短期内,产业协同的关键要点主要表现在业务层面的初步联动上,借助强化运营商、内容提供方以及 AI 技术服务商彼此间的关系,促使在内容生产、技术支持还有运营推广等诸多环节能形成相对稳固的分工模式,把 AIGC 模板化的生产以及基础数据的共享当作切入点,以此来提高整体的运行效率。到了中期阶段,伴随业务规模逐渐扩大以及协作经验不断积累,视频彩铃会慢慢构建起一个开放式的产业平台,凭借统一的技术接口、内容规范以及运营规则,吸引更多的内容创作者、品牌方以及第三方服务主体参与到其中,达成资源整合以及跨主体协同的目的,推动产业链上下游之间产生更为深刻的联动效果。从长期的角度来讲,在技术体系、利益分配机制以及治理规则都趋于成熟的情况下,视频彩铃业务将会形成多方共同建设、价值相互分享的产业生态,其不光拥有稳定且可持续的商业模式,而且还能在数字内容创新、文化传播以及社会情感连接等多个方面发挥出更为长远的综合价值。

3.5 可持续发展与社会价值实现路径

在 AI 技术不断赋予能量的情势之下,视频彩铃业务实现可持续发展以及达成社会价值,会显现出从商业导向朝着综合价值导向一步步深入的阶段性途径。在短期内,发展的重心大多聚焦于业务合规以及用户体验基础建设

方面，借助规范 AIGC 内容生成与使用的界限，强化对版权的管理以及对数据安全的把控，在确保服务能够稳定运行之时，提高视频彩铃内容的健康程度与可接受水平，以此为长期发展筑牢信任根基^[4]。在中期阶段，伴随业务模式以及治理体系逐步趋于完善，视频彩铃会凭借平台化的能力，引导多元主体参与到内容共建当中，在满足个性化需求之际，拓宽其在公共服务宣传、品牌社会责任传播以及正向价值表达等层面的应用场景，让业务价值从单一的商业收益向着社会效益拓展延伸。从长远角度来看，在技术较为成熟、生态相对稳定并且规范体系比较健全的前提条件之下，视频彩铃业务将会形成既顾及经济效益又兼顾社会价值的可持续发展模式，通过持续不断地输出带有文化内涵且富有情感温度的内容，强化数字通信服务所具有的人文属性，在社会沟通、文化传播以及数字文明建设等方面发挥出更为积极且更为持久的作用。

3.6 AI 视频彩铃提升体验，拓展文化与品牌传播

自 2025 年 10 月中国电信推出视频彩铃升级智能体“天翼智铃”以后，视频彩铃业务便进入了 AI 智能化发展的全新阶段。天翼智铃依靠人工智能技术，达成了内容个性化推荐、语音识别互动以及智能创作生成等一系列功能，这不但极大地改善了用户的使用体验，而且还为运营商开拓出了全新的服务价值以及商业模式。AI 技术在视频彩铃当中的运用，让原本处于静态状态的彩铃内容可以达成功能化、智能化以及场景化的呈现效果，进而强化了用户的黏性并提升了传播成效。在宣传以及文化推广这个层面上，视频彩铃所具有的价值同样是十分突出的。就好比新华 5G 视频彩铃凭借 5G 网络所具备的高速传输特性以及多媒体技术方面的优势，采用创新的方式参与到城市品牌的塑造工作当中以及文化活动的推广事宜里^[4]。在针

对国家级非遗项目重庆梁平木版年画展开的推广活动期间，借助视频彩铃的投放手段，这一传统艺术形式成功突破了地域以及年龄方面的限制，吸引了数量更多的公众给予关注并且收获了他们的喜爱，最终实现了非遗文化在现代社会环境下的广泛传播以及有效活化。

4 结语

AI 技术于视频彩铃业务的应用，在内容生成、智能推荐、用户画像构建以及版权管理等诸多环节已然呈现出颇为显著的效果。其一方面提升了内容生产以及运营方面的效率，另一方面也使得用户体验得以改善。在未来的发展进程当中，智能化以及个性化将会进一步得到深化，从而让视频彩铃可以依据不同用户以及使用场景达成功能化内容的精准匹配。AIGC 技术会推动内容生态朝着多样化的方向发展，并且促使内容生态更具创新性。跨平台以及跨场景的融合也会拓展业务的应用范围。与此产业协同以及生态建设能够强化各方资源的整合工作，进而提升内容供给以及运营协作的水平，逐步实现视频彩铃业务在可持续发展以及社会价值层面的长期且稳健的运行状态。

【参考文献】

- [1]潘雅洁,钟翠明.5G 音视频彩铃融合技术与研究[J].江西通信科技,2025(2):10-13.
- [2]潘璐.基于生成式 AI 的彩铃智能增强系统及关键技术研究[J].电信工程技术与标准化,2024,37(5):36-42.
- [3]钱立富.视频彩铃进入 AI 智能体时代 [N].IT 时报,2025-10-31(10).
- [4]赵妍.5G 新通话的“AI 革命”[N].通信产业报,2025-05-26(12).

作者简介：程军（1978—），毕业于南开大学，工商管理专业。

基于客户生命周期的电信运营商客户关系管理优化研究

高景松

中国电信股份有限公司唐山分公司，河北 唐山 063000

[摘要]电信市场在 5G 与“互联网+”时代背景的竞争异常激烈，形成了以“以客户为中心”的深度服务竞争格局。运营商构建核心竞争力中客户关系管理（CRM）是核心所在，但是传统的 CRM 模式存在客户识别不力、服务同质化等诸多问题，不利于构建良好的客户关系。因此本篇文章在客户生命周期理论基础上，构建出全生命周期的客户关系管理优化体系，对客户价值进行精准识别，了解客户的个性化需求，前瞻性干预客户离网风险，提升客户的满意度，助力电信运营商获取更高的经济效益。

[关键词]客户生命周期；电信运营商；客户关系；理优化

DOI: 10.33142/sca.v8i11.18682

中图分类号: F626

文献标识码: A

Research on Customer Relationship Management Optimization of Telecommunications Operators Based on Customer Lifecycle

GAO Jingsong

Tangshan Branch of China Telecom Corporation, Tangshan, Hebei, 063000, China

Abstract: The competition in the telecom market in the 5G and "Internet +" era is extremely fierce, forming a "customer-centric" in-depth service competition pattern. Customer relationship management (CRM) is the core of building core competitiveness for operators, but the traditional CRM model has many problems such as poor customer identification and service homogenization, which are not conducive to building good customer relationships. Therefore, based on the theory of customer lifecycle, this article constructs a customer relationship management optimization system for the entire lifecycle, accurately identifies customer value, understands customer personalized needs, proactively intervenes in customer off grid risks, improves customer satisfaction, and helps telecommunications operators obtain higher economic benefits.

Keywords: customer lifecycle; telecommunications operators; customer relationship; rational optimization

中国电信行业经历了长期发展，进入到全新的发展局面，开启了“存量竞争”阶段。工业和信息化部指出到2024年全国移动电话用户普及率已超过120%，释放出的信息是中国市场出现了饱和。同时，电信运营商在发展过程中，受到政策、技术等各方面的影响，电信运营商出现了每用户平均收入（ARPU）增长乏力、存量用户流失风险等各种挑战。在这一背景下，电信运营商要深刻认识到客户关系的重要性，要改变传统电信客户关系管理中管理粗放化、反应滞后化与系统孤岛化的问题，通过基于客户生命周期的 CRM 战略优化，在解决当前困境的同时，也能实现客户关系管理的精细化、智能化、前瞻性，并能逐渐为电信运营商的经营管理提供“决策引擎”的作用。

1 典型运营商客户关系管理的困境

1.1 管理粗放，服务同质化

财务指标是传统 CRM 进行客户分级的单一指标，这种分类属于静态、事后方法，这种单一指标无法对客户关系动态演进的本质进行关注。财务指标难以对高 ARPU 客户属于提升期，还是衰退期难以区分，因此会造成典型运营商的资源错配，无法为其提供可靠的体验。传统粗放

分级的营销活动响应率较低，无法实现电信运营商的精准营销，难以以为客户提供个性化体验。

1.2 反应滞后，挽留成本高昂

目前信运营商在流失管理中，由超过 70% 的单位将“离网干预”环节作为重点，在这种被动式的管理模式下，会影响客户满意度，当客户决定离开时才决定采取行动进行挽留，这种模式的成功率较低，而且会增加挽留成本，要采取高额话费折扣、免费手机等。缺乏对流失的前瞻性预测是问题的核心所在，电信运营商在对客户的风险提示中，采取的方法为合约到期、账户余额不足等，无法从海量数据中识别客户的不满。

1.3 系统割裂，数据价值未释放

典型运营商有着庞大的数据资产，这些资产呈现出碎片化的特征。在多个独立系统中分布着客户数据，无法实现数据的融合与治理，造成内部存在较为严重的数据孤岛现象。电信运营商内部“数据孤岛”现状及其影响如表 1 所示。

电信运营商各系统之间存在较为严重的割裂现象，数据在转化过程中会出现损耗。大多数数据依然处于底层，

难以实现数据驱动，无法发挥数据的作用^[1]。

表 1 典型电信运营商内部“数据孤岛”现状及其影响

数据系统	主要数据内容	管理部门	数据孤岛导致的 CRM 盲点
计费系统	套餐、消费额、账单、欠费信息	市场/财务部	无法理解客户真实需求
客服系统	通话记录、投诉工单、解决满意度	客户服务部	无法关联客户消费与网络行为
网络系统	流量使用、通话质量、位置信息	网络运维部	拥有最细颗粒度的行为数据，但通常与客户身份和商业属性脱钩
线上渠道	浏览点击流、业务办理记录、在线咨询	数字渠道部	了解线上偏好，但数据独立，无法与线下服务历史打通

2 电信运营商客户生命周期各阶段核心挑战

2.1 获取期的主要挑战

电信运营商在客户获取期，其核心目标是要能对高质量的新客户进行获取，建立良好的第一印象。在这个阶段客户对品牌属于初步认识时期，品牌的营销信息、首次服务体验等会对其决策产生影响。在获取期，电信运营商的获客成本高，在市场竞争中与竞争对手争夺客户过程中成本相对较高^[2]。电信运营商获取新客户的成本是维修老客户成本的 5~8 倍。目标客户较为模糊，在对目标客户分类时采用的方法比较传统，在粗分下无法对有真实转换潜力的“热潜客”进行有效识别，会浪费营销资源。电信运营商在入网体验中出现断层情况，存在繁琐的流程，导致在转化过程中流失客户。

2.2 提升期的主要挑战

在提升期电信运营商的主要目标是可以提升客户活跃度、消费水平等，并能快速推进高价值成熟客户的转化^[3]。客户在过了适应期之后，会向更多的服务探索，这也成为需求被激发和习惯养成的关键窗口。电信运营商的需求洞察滞后，在获取客户需求变化过程中，在客户主动查询与投诉时，才会被主动展开了解，这样会让其错过营销的最佳时机。在推荐产品过程中，采取的方式为需求洞察滞后，在这种简单的推荐方式与无关内容下，会让客户产生反感的情绪。交叉销售薄弱也是一大挑战，电信运营商的固话、宽带等各部门之间相对对立，无法实现各部门之间的数据互通与协同，难以为客户推荐更适合的套餐，对客户的价值挖掘不够精准与有效。

2.3 成熟期的主要挑战

在电信运营商的成熟期阶段，其主要目标是最大化客户终身价值，要求能与客户构建起良好的情感连接，并能为其提供稳定的利润来源。成熟期的主要挑战表现为服务同质化，生日祝福、积分兑换等是对高价值客户提供的服务，服务同质化现象较为严重，缺乏个性化与温度。活跃度隐形下滑，客户受到惯性影响会保持之前的套餐，造成及活跃度下降，不愿意接触新业务^[4]。所采取的防御手段

比较单一，通过捆绑销售来放置合约到期后，出现客户的流失。

2.4 衰退/离网期的主要挑战

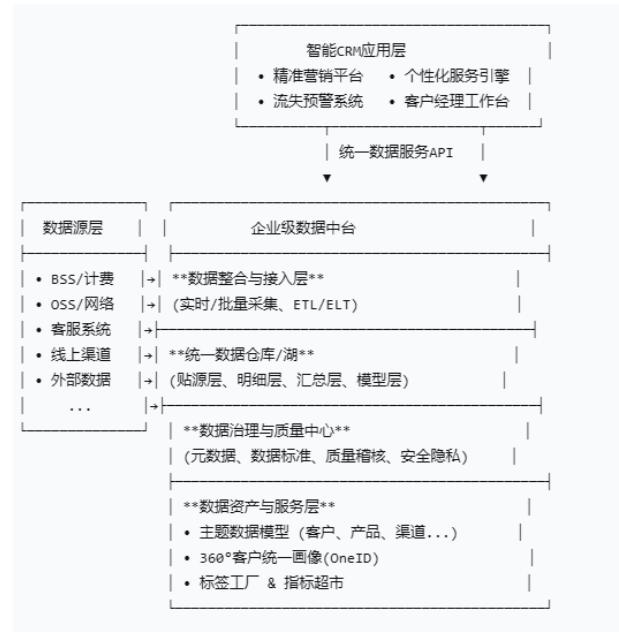
衰退/离网期，的电信运营商核心目标是通过精准预警、有效干预的方法，要对有价值的客户进行挽回。但是在发展过程中也面临着诸多挑战，预警信号缺失，电信运营商受到合约到期、等信号的传统方法影响，对隐蔽的流失征兆无法更早发现，常见的征兆有社交圈迁徙、消费降级等。在对客户挽留时挽留策略粗放，电信运营商所采取的方法比较单一，话费折扣或赠送流量是其主要手段，未能从流失的根本原因出发，对客户进行干预，到最后对客户的挽留成功率相对较低。成本效益失衡，在挽留客户过程中，对无意愿留存的客户投入过多的资源，造成成本消耗过高。

3 基于客户生命周期的电信运营商客户关系管理优化策略

电信运营商从客户生命周期的视角出发，对客户关系管理进行优化，在顶层设计上形成闭环运营体系。通过数据驱动、算法智能、流程自动、持续进化，全面优化电信运营商客户关系管理。

3.1 统一数据中台与 360 度客户画像

电信运营商的数据分布在超过 10 个以上的独立系统中，存在数据口径不统一的情况，造成数据烟囱的情况出现。数据寻找、清洗与整合上，电信运营商会消耗 60%~80% 的数据，难以挖掘数据价值，为自身创造更多效益。电信运营商要通过企业级数据中心的构建，统一数据，实现数据的有效流通。基于数据中台的统一客户数据平台架构如图 1 所示。



动态客户标签体系是关键产出,通过可被业务理解的“标签”,可以对数据中台的业务价值进行体现。成熟的客户标签包括的子标签多大上千个,需对其进行动态更新^[5]。人口属性、消费特征、产品使用等是其核心维度。基于数据中台的客户动态标签体系如表 2 所示。

表 2 基于数据中台的客户动态标签体系

标签大类	标签示例	数据来源	更新频率
人口属性	年龄分段、职业推断等	BSS 实名信息、位置信令	低频/手动更新
消费特征	ARPU 等级、费用敏感度等	BSS 详单、充值记录	日/月
产品使用	5G 终端用户、视频重度用户等	OSS/DPI 数据、业务订购关系	实时/日
行为时序	月消费环比趋势、近 7d 活跃度等	多源数据计算	周/月
服务互动	投诉倾向、偏好渠道等	客服系统、线上日志	实时/日
社交关系	亲情网主号、高频联系人圈等	通话详单、关系链计算	周

其中人口属性的应用场景为基础客户分层;消费特征的应用场景为价值评估与信用管理;产品使用的应用场景为个性化推荐与需求预测;行为时序的应用场景为生命周期阶段判断与流失预警;服务互动的应用场景为服务策略优化与主动关怀;社交关系的应用场景为社交营销与流失扩散防控。

3.2 模块化 AI 平台与模型工厂

模块化 AI 平台与模型工厂,可以通过智能引擎,降低 AI 应用门槛,并能在模型应用下,可以让业务部门对 AI 能敏捷地调用。在分层解耦基础上进行企业 AI 平台的设计,具体如图 2 所示,无缝衔接从底层的算力资源到顶层的业务场景^[6]。

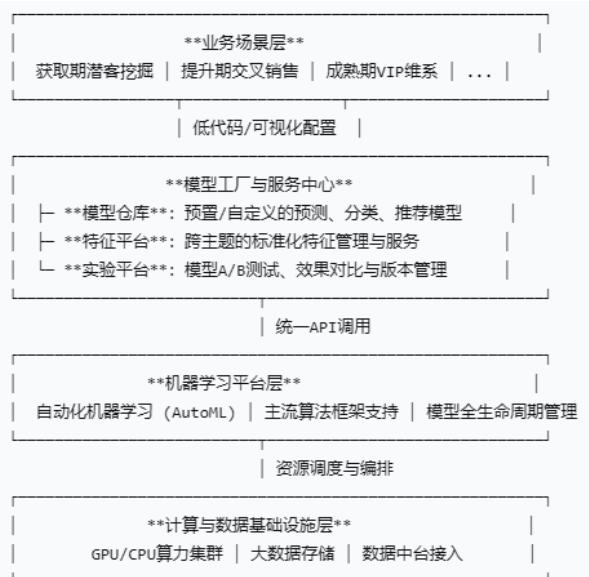


图 2 企业级 AI 平台分层架构

在高价值通用模型的应用下,平台可以对业务进行量化处理。流失预警模型的核心输入特征为消费波动、投诉互动、合约状态等,输出为未来 30d 离网概率,能对挽留资源进行分级与调度。业务价值量化,得到预警准确率>85%,而且高价值客户流失率可以减少 20%左右。

客户终身价值预测的核心输入特征为历史 ARPU、产品持有数、增长趋势等,输出为未来 12~36 个月的利润现值,可以分配营销预算,做好客户分层,业务价值量化中, CLV 前 20% 客户可以倾斜更多资源,留存率可以提升 10%。

下一代最佳产品推荐的核心输入特征为现有产品组合、使用行为缺口等,输出为推荐 1~3 个最可能被接受的下一步产品或套餐,业务价值量化,交叉销售成功率与营销活动响应率分别提升 3~5 倍、8%~12%。

潜客响应模型的核心输入特征为核心输入特征等,输出为客户并产生高价值的可能性评分,能保证广告投放的精准,业务价值量化,获客成本降低与转化率提升分别为 20%~30%、2~4 个百分点^[7]。

3.3 从洞察到行动的自动化工作流

为构建运营闭环,要在智能技术的应用下,构建起能自动运转的“感知-决策-执行-优化”闭环,在高价值客户流失干预过程中,要通过一定的流程进行开展。流程为:数据与模型层→洞察(识别、归因分析)→决策(规则引擎匹配策略)→执行(任务自动派发、网络测试、套餐优化)→评估(关键指标追踪、计算本次干预的 ROI)。为了衡量此闭环系统的健康度,需监控以下核心指标:

洞察效能,具体指标为模型预测准确率,要求目标值在 85% 以上;决策效能,具体指标自动化策略触发率,目标值在 70% 以上;执行效能的具体指标有营销活动效应率、任务按时完成率,目标值需分别>10%、95%;商业成果,具体指标为客户流失率、客户生命周期总价值、营销投资回报率,目标值需分别同比下降 15%、年增长 5%、>2.0。

3.4 组织与治理保障

组织的“软实力”技术的成功集成高度的关键所在, AI 项目在企业的设施中,多数会受到组织、文化等问题无法达到理想效果。所以电信运营商,要结合自身实际情况,建立协同型团队,促进组织变革,在数据治理委员会中,牵头者为 C-level 高管,对数据战略、标准等进行制定。客户体验运营中心的构建,为客户提供中枢指引,运营中心由数据分析师、营销运营等组成,可以开展日常监控、策略配置等工作。业务与 IT 融合团队,在具体的场景下通过跨职能虚拟团队的组建,实现快速的迭代^[8]。

需加强人才培训,提升全员数据素养。通过数据化培训计划的实施,针对不同层次采取不同的培训方法与内容,数据驱动决策思维与 AI 伦理等是管理层培训的内容;数据平台与模型工厂的操作方法与要点是业务人员的培训

内容；智能工作台的熟练使用，对雄背后的逻辑进行理解，以及保持服务的温度性是客户经理的培训内容。

同时，为与客户建立起信任基础，需高度重视数据治理与伦理，在现有法律框架下制定严格的治理体系，在现有法律框架下，制定严格的治理体系。实施数据分类分级、加密脱敏等，保障数据安全；对模型公平性进行定期评估，避免对特殊人群产生歧视是算法审计；隐私政策要利于理解，而且要具备一键退订功能，是透明与可控。

4 结束语

以客户生命周期理论为基础，在人工智能与大数据等先进技术的结合下，指出电信运营商在存量竞争时代客户关系管理的优化路径。客户生命周期管理是电信运营商实现精细化运营的根本框架，数智化技术是赋能全生命周期管理的关键引擎，构建“数据-智能-流程-组织”四位一体的闭环系统是实现转型成功的保障。未来，电信运营商客户关系管理中，要向“客户体验”全面演进，生成式 AI 的深度融入，提升自动化与个性化水平，重视隐私计算下的数据价值交换，与合作伙伴安全地协同挖掘价值，开拓新的商业模式。

[参考文献]

[1]周赞,张笑燕,杨树杰,等.面向联邦算力网络的隐私计算

自适激励机制[J].计算机学报,2023,46(12):2705-2725.

[2]王倩,徐丽超,汪莹,等.基于流程全生命周期的大型企业数据治理体系研究与实践[J].电信科学,2025,41(1):102.

[3]王东初,伏玉笋,于亚.基于区块链的工业数据资产可信确权与价值流转方案及其轻量化研究 [J]. 电信科学,2025,41(6).

[4]樊启明.《生成式人工智能服务管理暂行办法》要点解析及发展建议[J].企业管理,2023(9):19-21.

[5]周映.基于 RPA 技术的网络安全运营自动化实践应用研究[J].电信科学,2024,40(7):164-174.

[6]于卓,门进宝,王军,等.低碳目标下计及电动汽车 V2G 的虚拟电厂优化调度方法[J].电信科学,2024,40(7):175-184.

[7]张旭.新发展理念下全渠道融通推动实体商业数字化转型的路径研究[J].现代商业,2023(24):28-31.

[8]张旭.新发展理念下全渠道融通推动实体商业数字化转型——以中国电信“天翼云图”平台为例[J].中国电信,2022(12):18-21.

作者简介：高景松（1975.11—），男，研究生毕业于河北大学，MBA 工商管理专业，现就职于中国电信股份有限公司唐山分公司，通信工程师。

浅谈如何处理软土地基

李勃彦 康学太

中铁二十二局集团第五工程有限公司, 重庆 400711

[摘要]近年来, 随着我国经济建设的高速发展, 在各个城市经济圈的规划下, 软土区域作为基础的情况越来越普遍, 在平凡的施工生产中, 既能保证成本又能保障安全质量的技术方法必将成为现今施工技术的浪潮, 处理地基的方式多种多样, 针对地质条件复杂、高回填、天然软土压缩性大区域如何对地基处理, 新工艺并日趋完善并不断涌现, 处理软土地基即将成为基础工程行业中的一个强有力的新工艺。处理地基主要是针对在施工现场不同的地址条件情况下构筑物可能出现的一些问题, 通过采用不同的施工工艺方法达到改善基础土体的工程特性, 保证质量安全并且能够满足建筑物主体结构对基础变形和稳定的特殊需求, 其方法主要包含有增大构筑物的基础地基承载力、改善基层土体压缩特性、提高基层土体的抗剪强度、防止减轻土压力和剪切破坏; 改善基层土体的动力特性防止液化, 减轻振动; 改善期渗透性, 减少不均匀沉降或沉降, 提高固结沉降速度; 减少和消除不良土体的特性。

[关键词]软弱基础; 不良地质; 处理方法; 河堤支护; 挡墙

DOI: 10.33142/sca.v8i11.18706 中图分类号: TU9

文献标识码: A

Brief Discussion on How to Deal with Soft Soil Foundation

LI Bowen, KANG Xuetai

Fifth Engineering Co., Ltd. of China Railway 22nd Bureau Group Corporation Limited, Chongqing, 400711, China

Abstract: In recent years, with the rapid development of Chinese economic construction, the use of soft soil areas as a foundation has become increasingly common under the planning of various urban economic circles. In ordinary construction production, technical methods that can ensure both cost and safety quality will become the wave of current construction technology. There are various ways to treat foundations. For areas with complex geological conditions, high backfill, and large natural soft soil compressibility, new technologies are becoming increasingly perfect and constantly emerging. Treating soft soil foundations will soon become a powerful new technology in the foundation engineering industry. The treatment of foundation is mainly aimed at addressing some problems that may occur in structures under different site conditions. By adopting different construction techniques, the engineering characteristics of the foundation soil can be improved, ensuring quality and safety, and meeting the special requirements of the building's main structure for foundation deformation and stability. The methods mainly include increasing the foundation bearing capacity of the structure, improving the compression characteristics of the base soil, increasing the shear strength of the base soil, preventing the reduction of soil pressure and shear failure; Improve the dynamic characteristics of grassroots soil to prevent liquefaction and reduce vibration; Improve permeability during the period, reduce uneven settlement or subsidence, and increase consolidation settlement rate; Reduce and eliminate the characteristics of poor soil.

Keywords: weak foundation; adverse geology; processing methods; river embankment support; retaining wall

1 研究背景

近年来, 随着我国经济建设的高速发展, 在各个城市经济圈的规划下^[1,2], 软土区域作为基础的情况越来越普遍, 在平凡的施工生产中, 既能保证成本又能保障安全质量的技术方法必将成为现今施工技术的浪潮, 处理地基的方式多种多样, 针对地质条件复杂、高回填、天然软土压缩性大区域如何对地基处理, 新工艺并日趋完善并不断涌现, 处理软土地基即将成为基础工程行业中的一个强有力的新工艺。处理地基主要是针对软土基础上建造建筑物可能出现的问题, 采取各种工艺工法改善基层土体的工程特性, 达到满足主体结构对基础变形和稳定的需求, 其方法主要包有增大基础承载力、改善基层土体压缩特性、提高基层土体的

抗剪强度、防止减轻土压力和剪切破坏^[3-5]; 改善基层土体的动力特性防止液化, 减轻振动; 改善期渗透性, 减少不均匀沉降或沉降, 提高固结沉降速度; 减少和消除不良土体的特性。以巴中市张家河生态修复(一期)工程建设项目建设项目软土基础施工为例, 分析项目特点, 参考先进施工案例, 列举相关措施, 优化施工工艺, 通过总结和探讨软土地基处理方法, 使理论与实践紧密结合, 为同类工程提供指导意义。

2 软土地基的分类及工程特性

2.1 软土地基

2.1.1 软土的含义

软土主要是指强度低、压缩性高的软弱土层, 多数含有一定的有机物质。它主要由天然含水量大、压缩性高、

承载能力低的淤泥沉积物及少量腐殖质所组成,包括淤泥、淤泥质黏性土、淤泥质粉土、泥炭、泥炭质土等。软土具有天然含水量高、天然孔隙比大、压缩性高、抗剪强度低、固结系数小、固结时间长、灵敏度高、扰动性大、透水性差等特点,并具有高灵敏度的结构性。承载能力很低,一般不超过 50kN/m^2 。软土的分布与成因类型密切相关,主要分布在沿海地区、平原地带、内陆湖盆、洼地及河流两岸地带等。根据我们国家的《岩土工程勘测规范》(GB 50021—2001)里面规定天然孔隙比不得小于 1.0,且天然含水量大于液限的细粒土应判定为软土,主要包括泥炭或者泥炭质土、淤泥或淤泥质土等。

2.1.2 软土地基的一些工程特性分析及处理方法

(1) 相对含水量比较高,孔隙比大。一般含水量为 3580 孔隙比为 122 抗剪强度很低。根据土工试验的结果,我国软土的天然不排水抗剪强度一般小于 20kPa 。土壤中含有大量的微生物和腐植质,压缩性高,不容易达到稳定状态。在其它同等击实试验下,软弱土的压缩性愈高,塑限值亦愈大。

(2) 抗剪强度比较差:由此特性施工现场遇到软弱土的抗剪强度建议采用原位试验。

(3) 透水性差:软弱土的透水性能表现非常低的,在垂直层面基本是不透水的一种状态,延长了建筑物沉降的时间。而且在加荷载前期,常常会出现较高的孔隙水压力,一定程度上影响了地基的承载强度。

(4) 触变性:软弱土的结构性沉积物一般呈现絮凝状,当原地貌未遭受到破坏时还具有一些结构强度,一但扰动,使结构破坏,强度急速降低很快就会变成稀释状态。软弱土的这一独特性质称为触变性。既而软弱地基受荷载振动后,极易产生沉降、侧向滑动和在两侧挤出地面的现象。

(5) 流变性:是指在外力荷载持续作用下,软弱土体的变形会随时间而增长的特性。使其远期强度远小于瞬时强度。

(6) 不均匀性:在施工生产中建筑物地基产生的不均匀沉降是因为软弱土层中夹带有一些粉细砂物质,在垂直和水平两个方向上都表现出来了明显的差异特征。

2.1.3 软弱不良地基的危害

软土地基在在各个城市、区域广泛存在,有的区域地质中软土分布有较厚,软土地基具有渗透性弱、压缩性大、含水量高等特点,处理不当,会引起建构筑物变形过大或稳定性丧失。软弱不良地基的性质因区域位置而异,不可预见性较大。在施工生产过程中,稍有疏忽便会出现不可逆质量事故,通常事故有:

(1) 地质勘察不详细或不准确,导致设计对应该作软弱土地基处理的地段没有设计软弱土地基处理,造成了非常多的工程质量事故。

(2) 如果在地质勘察报告中已探明是软土地基,但

是对软土地基的处理并未做到位,而造成危及线外建筑和建构筑物失稳。

(3) 建筑施工现场土方材料堆放不合理,未能严格按照相关规范要求分层填筑碾压,土石方回填速度过快,夯实碾压不规范,从而导致出现失稳情况发生。

(4) 土石方填筑施工不规范扰动原状土,造成了一定的破坏,导致构筑物出现失稳状况。

2.2 软土地基处理方法

随着软土地基处理技术的不断更新和越来越多的不同地区的工程施工现场进入新时期后都采取了新方法新技术,对建筑物和各类构筑物基础工程的设计施工起到最直观重要的参考作用。目前行业内外软弱基础处理的方法多种多样,在施工项目实施过程中根据软弱地基的使用要求和表现特性,选择经济、合理的工艺方法显得特别重要。

根据处理对软弱地基的时间、要求和地基未来的使用情况,以及地基所处的性质的差异,可对其方法进行分类,主要的工艺方法有:预压、灰土挤密桩、强夯、土桩挤密和垫层换土、碎石振冲桩、高压注浆喷射、水泥搅拌桩、水泥碎石粉煤灰桩、单液硅化、托换、重锤冲扩桩、石灰桩法、钢筋混凝土桩和碱液等。

2.2.1 垫层换土法

我们国家多年来在铁路、公路、建筑、市政和水利水电等不同的工程行业中,换土法运用的及其广泛。软弱土层表现在较薄的地段时,采用透水性较好的碎石土换填的方法进行处理,从而提高地基的承载能力。该方法把浅层软土挖除,置换为水稳定性较好的填料,如片石、砂砾石、鹅卵石等渗水性材料或换填强度高的黏性土。在河沟、鱼塘地段常用本工艺方法处理,不但提高了一定的承载力而且减小了沉降量,显著的优点为:缩短建设项目施工工期、加速饱和排水、降低投资、缩短固结变形的时间、施工方便等优点。在采用本工艺方法施工时,要注重石料抛填、碎石碾压密实度和顺序等关键工序。

2.2.3 排水固结法

2.2.3.1 沉沙法

沉沙法是指将符合规范要求的沙装入具有透水性的编织袋中,采用自沉或利用机械设备将沙袋沉入地基内的工艺方法。此法规避了缩径现象。因装入沙的孔径较小、消耗少、费用低使得施工速度显著提高,是施工软弱地基不二选择。

在现实施工生产中此工艺方法最适用于遇到软弱层厚度大于 5m 且填筑土体自重远超过自然地基承载力水平的软弱基础。

2.2.3.2 灌沙法

灌沙法是指在软弱地基上利用外部手段将基础土体钻孔成眼,再将沙料灌入孔中利用沙料的荷载作用加速土体排水。此工艺方法不适用固结比例较大的高塑性土体和

黏性土体。

2.2.3.3 沙垫层法

沙垫层法是指在软弱土体顶面增铺沙料增加排水面,使软弱地基在荷载作用下加速排水,来提高软弱土体强度和稳定性。沙料排水层对基底沉降量的大小和应力的分布无影响,但可加速沉降,缩短固结过程。

在现实施工生产中遇到沙垫层上填筑基础时,应合理安排填筑速度,使加荷的地基承载力与速率相适应,以保证施工过程中基础不发生破坏。通常利用埋设地面沉降板和位移桩进行施工观测,在路堤填筑过程中随时掌控地基的变形情况和趋势,来判定基础是否稳定。

2.3 软土加固新技术与应用

2.3.1 喷射搅拌法

喷射搅拌法 (JACS-MAN) 是近年来,日本在深层搅拌法和高压喷射注浆法是两种使用比较普遍传统方法的基础上,将两种不同的施工工艺方法结合起来,衍生出的一种“内搅外喷”的新工艺、新技术。

和使用比较普遍传统方法相比较,有许多突出优点,既克服了深层搅拌法在桩径 500mm~700mm 和掺入比 15% 情况下因软弱土中桩体无侧限抗压强度,形成的桩身强度承载力的不合理模式,又避免了在高压喷射注浆施工时切割能耗的问题。

2.3.2 含水软土地基加固的冻结技术

我国煤科院在人工地层冻结技术研究成果基础上,研究总结开发出全封闭水平冻结技术,将其成功地应用在现实软土加固施工中。有关单位的好评和一致认可。该技术强度较高、帷幕发展均匀,比构筑物实际需要的效果还要优越。沉降最大终值,满足规范的要求。

3 建设工程项目软土地基处理案例分析

3.1 巴中市张家河生态修复(一期)工程建设项目概况

该道路位于巴中市巴州区张家河右侧,是城市道路支

路,拟建桩板式挡墙右侧存在已有小区住宅,且地基基础形式不明确。该区域河床水位标高以上土层为原有小区素回填土,河床水位标高以下依次为粉质黏土和漂石层,下伏基岩为泥岩、砂岩,根据河堤堡坎特点及主要岩土层力学性质以及项目的重要性,河堤桩板式挡墙的持力层选取中等风化泥岩、砂岩,基础埋深考虑冲刷系数影响。

3.2 工程特点及总体思路

本工程位于现有张家河河道内,河床水位标高以下有淤泥等不良地质,水位标高以上又有原小区施工倒置废弃渣土,考虑到此工程施工难道较大的特点,需考虑桩基开挖保证措施,且不能影响既有房屋结构的稳定性。应在施工前对河床水位标高以下淤泥清理干净,并设置围堰阻挡河道水流入施工区域范围内。

另外孔口周围边坡为回填素土,回填土方高度约 7.5m,回填年限较久,且不曾压实。故在孔口开挖前须将原有坡体进行修整。孔口周围两米范围内坡体修整,按照 1:0.5 坡率放坡并对坡面进行轻夯。

施工桩基挡墙时需对边坡进行修整,防止坡面松散土掉落。根据地勘报告提前制作好钢护筒,每节钢护筒 1.5m,旋挖一次钻进深度为 1.1m,每开挖一节,焊工焊接一节,防止一次性开挖超深,钢护筒安放不及时导致塌孔、滑坡等现象发生,从而影响既有房屋结构稳定性,直至钢护筒穿过中风化岩层。

3.3 施工工艺及操作要点

3.3.1 技术参数

表 1 抗滑桩技术参数表

部位(里程)	桩径/m	数量	桩间净距/m	嵌岩深度/m
河道西侧 HK4+128-HK4+460	2	58	1	≥7

3.3.2 抗滑桩施工工艺流程

抗滑桩施工工艺流程图见图 1。

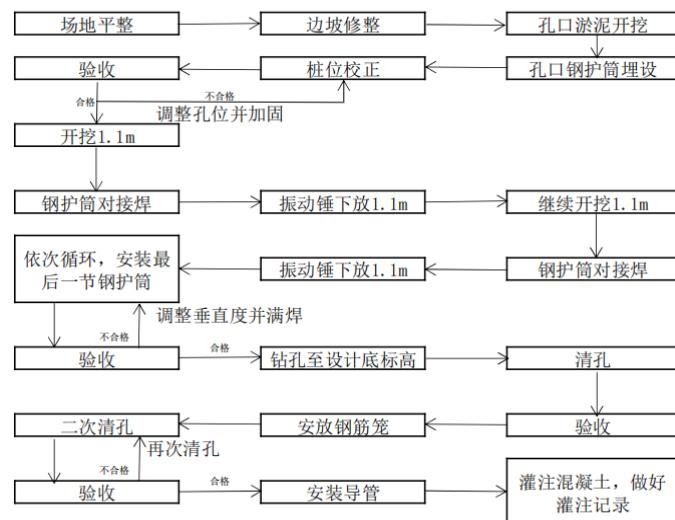


图 1 抗滑桩施工工艺流程图

3.3.3 操作要点

3.3.3.1 场地平整及坡体修整

根据现场实际情况,所有桩基均位于河道内。施工前需将河道内场地平整提供机械操作平台。场内回填土方量较大且高度约7.5m左右,若不对边坡处理,开挖后会出现孔口和孔内大面积垮塌,造成塌孔现象,故对边坡进行1:0.5坡率刷坡处理并夯实。开挖前先将坡面松散的土体轻微刷掉,再根据测量放样位置精准开挖,因土体为回填土体且不曾压实,开挖不得大面积且必须边开挖边夯实坡体土层。为防止后续桩基施工中下雨对坡体产生扰动,坡体处理后对坡面及坡顶采用彩条布全面覆盖。

3.3.3.2 孔口淤泥清理及孔口护筒埋设

桩位淤泥较多,一次性开挖会产生坡体滑坡现象,现场按淤泥厚度分层次清理淤泥,桩基施工采取跳孔形式开挖,施工时先将孔口淤泥清除干净并立即安装钢护筒,钢护筒周围50cm内采用级配碎石回填,待桩位校正无误后,将其夯实处理。桩基直径2m,挖机开孔宽度不得小于3m,深度不应大于0.7m,钢护筒厚为10mm。

3.3.3.3 桩基开挖及钢护筒埋设

按照设计要求,回填区域段必须增设钢护筒,但现场土体均为素填土,且高度较高,体积较大,使用泥浆护壁作业不满足作业要求,若一次性开挖至填方区域以下安设钢护筒,孔内会出现大量河水流入以及坡体土方垮塌,因此在旋挖桩施工中开挖1.1m后立即安装1.5m高钢护筒,并调整好垂直度,振动锤配合旋挖从上至下依次对接焊接连接,直至穿过回填区域。

3.3.3.4 钢筋笼的运输和安装

钢筋笼在施工现场钢筋加工厂制作完成以后,经项目部自检合格并报请监理工程师查验认可后在钢筋加工厂采用吊车吊至平板式运输车上或直接用吊车转运至工地。在安装前应清除黏附在钢筋笼上的泥土和油渍,保证混凝土与钢筋紧密黏结,吊车吊运、下放钢筋笼。

3.3.3.5 灌注混凝土

桩身混凝土灌注前应做好接料漏斗和串筒的安装。根据桩机深度,利用人工配合机械在平地上将漏斗、串筒挂设成型,完成安装后由利用吊车吊入孔内。安装串筒时应注意要使串筒位于桩孔正中心,且不得对已定位完毕的钢筋骨架进行破坏或碰撞,桩基位于河道内,灌注方式采用水下灌注法灌注。

3.3.3.6 挡墙设计与验算

本工程根据地质勘察报告,通过使用理正岩土软件9.0,采用水利工程模块对河堤桩板式进行验算。桩位嵌固点允许位移小于10mm控制,桩顶位移允许位移小于100mm控制,土压力安全系数采用1.35,结构重要系数

采用1.1。桩嵌岩段嵌入深度不小于桩长的三分之一,桩嵌土段嵌入深度为桩长的二分之一控制。具体参数及结果详见以下内容:

表2 桩板式挡墙墙身尺寸数据表

桩长 (m)	20.000
嵌岩深度 (m)	10.000
截面形状	圆桩
桩径 (m)	2.000
桩间距 (m)	3.000
挡土板的类型数 (<=5)	1
嵌入段土层数 (<=20)	3
桩底支承条件	铰接
计算方法	K法
初始弹性系数 A (MN/m ³)	-
初始弹性系数 A1 (MN/m ³)	-

4 结语

通过对软土地基处理的施工工艺方法的探讨,既提高了项目在实施时遇到类似问题能够快速选择其处理方案又规避了施工过程中的质量风险,有效减少了工程返工损失和工期延误风险节约了资源,从经济技术的角度进行研究,不论从理论方面还是经验实践都取得了不可估量的成就,并为软土地基处理施工工作的开展奠定了实际经验的基础,也为同类项目总结了一套宝贵参考资料。

基金项目:中铁二十二局集团有限公司科技研究开发计划项目(23-10B)。

【参考文献】

- [1] 钟健生,祖庆芝.强夯法处理软土地基的实例分析[J].四川水泥,2023(3):145-147.
- [2] 杨鹏.市政道路施工中软土地基施工处理分析[J].工程建设与设计,2023(4):172-174.
- [3] 周宇宽.水泥搅拌桩处理道路软土地基施工实例分析思路构建[J].中国设备工程,2023(4):263-265.
- [4] 胡君胜.道路桥梁隧道软土地基处理[J].安徽建筑,2023,30(2):148-150.
- [5] 崔嵬.路桥施工中对软土地基的处理分析[J].工程建设与设计,2023(1):217-219.
- [6] 王肖伟.软土地基处理过程对临近桩基的影响研究[J].江西建材,2022(12):260-262.

作者简介:李勃焱(1987.10—),男,重庆交通大学,土木工程,中铁二十二局集团第五工程有限公司,项目总工,高级工程师;康学太(1990.1—),男,甘肃农业大学,园林工程,中铁二十二局集团第五工程有限公司,工程部负责人,工程师。

智能化施工技术在土建施工中的应用与挑战

张广军

歌山建设集团有限公司, 浙江 东阳 300220

[摘要]伴随着新一轮信息技术浪潮的到来,建筑业正在加快实现从传统领域向数字化、网络化和智能化等方面转变升级,而智能化施工技术作为智能建造的关键一环,在土木建筑工程施工中得到越来越多的应用,对于提高工程建设项目建设质量和安全保障力度、加强建设项目的监督管理有着十分重要的促进意义。基于此,文章在厘清智能化施工技术概念及发展背景的前提下,着重围绕智能化施工技术在土建工程施工的方案设计、施工过程监控管理及施工机械设备智能化等方面的实际应用情况进行阐述,并对其应用效果加以归纳提炼。最后针对目前国内土建工程施工领域智能化进程中面临的技术瓶颈、观念障碍和人才匮乏等问题,就如何进一步推广应用智能化施工技术面临的难题进行剖析并给出相应解决策略。

[关键词]智能化施工技术; 土建施工; 信息化管理

DOI: 10.33142/sca.v8i11.18688

中图分类号: TU54

文献标识码: A

Application and Challenges of Intelligent Construction Technology in Civil Engineering Construction

ZHANG Guangjun

Geshan Construction Group Co., Ltd., Dongyang, Zhejiang, 300220, China

Abstract: With the arrival of a new wave of information technology, the construction industry is accelerating its transformation and upgrading from traditional fields to digitalization, networking, and intelligence. Intelligent construction technology, as a key part of intelligent construction, is increasingly being applied in civil engineering construction, which has significant promoting significance for improving the quality and safety guarantee of construction projects and strengthening the supervision and management of construction projects. Based on this, the article clarifies the concept and development background of intelligent construction technology, and focuses on the practical application of intelligent construction technology in the design of civil engineering construction schemes, monitoring and management of construction processes, and intelligent construction machinery and equipment. The article also summarizes and extracts its application effects. Finally, in response to the technical bottlenecks, conceptual barriers, and talent shortages faced in the current intelligent process of civil engineering construction in China, this article analyzes how to further promote the application of intelligent construction technology and provides corresponding solutions.

Keywords: intelligent construction technology; civil construction; information management

引言

随着我国城镇化建设进程加速和工程建设规模日益扩大,传统土建工程施工方式在施工速度、工程质量、安全问题乃至资源利用方面日渐显现出不足之处,越来越不能适应当前工程建设所提出的“高品质”“精细化”和“绿色可持续”的多元化需求。而大数据、云计算、物联网和人工智能等新一代信息技术的不断发展及其在工程建设行业的深度应用又为此轮施工技术和管理模式革新赋予了可能性。基于此背景产生的智能化施工技术通过数字化地获取整个施工过程的信息并对其进行智能化处理及一体化管控从而达到对施工行为进行科学决策和精确化管理的目的,是未来土建施工转型升级的重要方向之一。深入探究智能化施工技术如何应用于土建施工之中及其应用效果与存在问题有助于提高我国工程建设的现代化水平。

1 智能化施工技术的内涵、特征及发展基础

所谓智能化施工技术就是指在土木建筑工程项目的施工当中,通过综合应用信息技术、自动控制、物联网、

传感器以及人工智能等技术手段,来完成对于施工对象、施工过程以及项目施工管理等方面数字化描述、实时监测、自动控制与动态调整的一种现代化施工技术方法。其主要特点是以信息为核心,通过全面获取施工现场、设计方案、要素投入量以及现场环境等方面的数据资料,并对其进行深度挖掘与处理,从而完成项目施工方案的选择由过去的经验判断型向如今的人工智能辅助与科学论证为主的转变。该类技术相对于传统的施工方法而言,在信息整合程度、施工状态直观化水平、项目管控时效性、工程决策精确性方面以及最终环节的实施速率等方面具有着十分突出的特点,有助于提高整个施工活动开展的可操控性与透明化程度,并带来更好的整体效益。而从发展的背景来看,近年来建筑业工业化水平的不断提高、行业信息化的发展趋势以及智能建造理念的提出都为其提供了良好的产业发展背景及技术支持条件;与此同时各种智能感应装置、工程机械自动控制系统以及施工管理系统软件产品的日益成熟,也为施工全流程智能化奠定了可靠的技术

保障。再者是工程建设方追求高品质、高速度发展的迫切要求正促使智能化施工技术的应用由最初的概念性探讨逐渐进入到广泛应用与普及的新时期,使之在土木工程施工领域内扮演着愈发重要的角色。

2 智能化施工技术在土建施工中的主要应用

2.1 智能化设计与施工方案优化

在土木工程施工中,智能化技术的应用首先是在施工前的设计及制定方案阶段,在这个过程中需要进行大量的图纸设计和施工现场勘测,这是整个施工过程中的数字化和信息化管理的基础。采用数字化建模技术(BIM)、三维仿真模拟、施工进度虚拟模拟以及信息集成等措施,可以将工程设计信息、施工条件、施工现场环境因素和资源配置等信息进行一体化集成,在虚拟的空间内完成对施工方案的全过程模拟测试和评估,不但能提前发现设计碰撞问题、结构干涉问题和可能存在的施工风险,还可以通过可视化的形式展示施工过程、重要环节和施工工艺间的相互联系,增加设计方案的清晰度和可实施性。智能化的设计方法可以对施工工艺、建筑材料、机械工具选择和施工资源等加以整理归纳,可以使施工组织设计更为有理有序,降低了由于设计缺陷所导致的重复施工、消耗浪费和工期拖延等问题的发生概率。同时对不同的施工方案进行参数化比较,多种情景模拟测试和多层次优化分析,能够在确保建设工程质量和安全以及经济效益的前提下,得到最优的施工工艺顺序安排和施工资源分配策略,为之后一系列施工活动的有效开展做好准备,并对建设施工决策起到数据支持作用,从而实现了由以往的经验决定到如今的智能化决策、科学化管理的过程转变,进而使建设工程项目的整体施工速度和可控水平显著提升。

2.2 施工过程智能监测与信息化管理

在建设施工过程,智慧化施工技术通过对工地主要因素的即时识别、检测与分析来对施工全流程进行动态管控。通过高分辨率传感器、无人机巡查、物联网装置以及信息收集设备,可对工程施工进度、结构情况、环境参数、机械状况以及安全隐患等进行实时记录与监测并通过无线通信上传到综合管理平台进行计算分析。这种以信息为基础的管理模式让项目管理者可以了解工地整体运作态势并能即时察觉到施工中的异常情况、潜在危险和资源矛盾问题并即时作出防范或应对举措进而减少安全事故的发生概率和工程质量缺陷。而信息化管理系统不仅能在各专业作业面、不同施工作业队伍以及管理层之间进行无缝的信息传递而且可以通过信息处理形成智能报警提示、施工进展可视化图表以及施工业绩报告来支持建设项目的施工管理从传统的事后监督模式转变为全过程监督以及作业过程优化模式使得施工组织安排更加合理、施工指挥决策更科学化以及资源配置利用率更高保证了工程的优质快速完成。

2.3 施工装备自动化与智能化应用

工程机械的自动化、智能化是整个智能化施工技术在

建筑工程施工现场应用的一个重要方面,也是整个建筑施工精度与速度得以提高的一个重要步骤,伴随着自动控制系统以及智能感知系统以及人工智能算法的发展,越来越多的施工机械不仅具有自主工作能力而且可以实现智能协助工作,在土方挖掘、混凝土浇注、钢筋绑扎以及大件吊装等重要施工作业过程中被广泛使用。智能化工程机械可以根据设定好的参数或者自身检测的数据对自身的作业行为自行做出精确调控,进而有效的提升了工程施工的精准程度以及施工的工作效率减少了人工操控失误的情况发生;另外某些智能机器还具有机器自身状况监控、故障报警以及远程故障处理等功能,其可以在一定程度上预判机器本身的故障从而增加机器使用寿命节省了维修费用。通过使用这些自动化、智能化工程机械不但可以解决用工紧张的问题,合理配置人力资源而且可以使建筑工程的施工更加规范化、快速化进而推动整个土木工程行业的施工向智能化、机械化、信息化的方向转变,为当前建筑工程质量的提升、建设时间的缩短以及建造资金的节约提供强有力的技术保障。

2.4 智能化施工技术在绿色施工与协同管理中的应用

土建工程施工中,智能建造技术不仅仅运用到设计、施工监控,智能机械设备上,还可以很好的服务于绿色施工理念的实施与施工各方面的多方协作管理。智能施工数据记录与分析系统,施工环境监测与能耗管理系统引入后,工程建设方能时时收到工地上的用电量,用水量,物料消耗量,施工中的排放量,建筑垃圾处理情况等相关信息,并以此来对施工中的节能减排,材料合理利用,施工机器设备安排等做出合理规划。而智能化协同工作平台的搭建,则能够让各个工种之间,不同的施工队伍之间,各个参与单位之间都能够做到施工信息及时互通,施工任务同步进行,施工进度相互协调,进而让整个项目的施工方案制定、机械人力配备、质量控制都变得更加合理有序,避免出现交叉作业冲突、材料闲置浪费、工期一再延迟等情况的发生。并且该类技术的应用既提高了施工企业的项目管理水平和工程质量,又促进土建工程施工朝着绿色化,低碳化,智能化和可持续的方向转变和发展,成为当前土建工程项目实现高效率、低污染和可持续化建设的重要技术支持和保障手段。

3 智能化施工技术在土建施工中的应用成效分析

3.1 对施工质量、安全与效率的影响

从应用结果来看,在土建施工作业中利用智能化手段有助于施工质量,安全性能以及施工效率的有效改善。在施工质量上,基于智能检测仪器和数据分析平台,施工重要阶段可以得到全时段,全方位的监测,对混凝土浇灌,钢筋捆扎,构件安装等施工作业的精确度和合规度进行即时检查,保证施工指标完全满足设计要求及施工标准的规定,降低甚至杜绝了返工现象的发生和质量瑕疵出现的概率。在施工安全上,依托物联网感知仪器,施工现场摄像头和现场环境检测装置,施工负责人能随时了解高空作业状态,大型机器运作状况,危险地段和工作人员劳动行为,第一时间发现

施工过程中存在的各类安全漏洞和问题，并对其进行预防或者整改，大大降低了安全事故发生的可能性。在施工速度上，智能化技术通过对施工项目进展情况进行实时统计，施工人力物力资源合理调配以及各道施工工序之间的衔接协作，减少了重复劳动和闲置等候的时间，使整个施工项目的安排更加有序合理，加快了施工的进程，缩短了施工所用时长，提升了单位时间内施工产量和人材机利用率。由此可见智能化施工技术的应用切实有效的提高了工程施工的整体绩效水平，保证工程质量和安全的同时也加快了工程建设的进度。

3.2 对土建施工管理模式与工程水平的提升作用

智能化施工技术的应用，不仅仅在施工技术方面有了很大的提升，在土建工程施工管理模式以及整个工程质量上也有了很大的改善。传统的工程施工管理模式往往是依靠着管理人员的经验以及个人素质进行管理和调配，靠人传达各项消息导致信息反馈的速度十分缓慢，经常会出现施工时间上的延误以及施工质量方面的差错等现象，而采用智能化施工技术可以利用信息技术手段进行施工信息的统一收集、储存、整理，让管理者做出决定时有理有据，更加合理化、客观化^[1]。这样的信息管理方式使得工程施工从过去的粗犷式管理变为如今的精细式管理，让工程管理变得更加公开透明、有迹可循。并且智能化施工技术可以使不同施工工种之间不同施工步骤之间实现实时的信息互通互联，及时相互调配人员及物资，对各个施工工序进行统一规划和调度，进而提升了施工现场各工作环节间的协调配合能力。借助智能化施工技术可以帮助建筑企业更好的组织安排施工，规范管理流程，减少管理支出，在保障工程施工质量和生产安全的基础上，全面提升工程建设水平，为土建工程高质量、高水平以及现代化建设提供可靠的技术支持。

4 智能化施工技术在土建施工中面临的挑战与对策

4.1 智能化施工技术应用面临的主要挑战

虽然智能化施工技术应用于土建施工当中具有非常广阔的应用空间和发展前景，但是在具体运用时依旧面临着诸多障碍。在技术层面而言，不同的施工系统之间的相互链接、各种机械设备和相应软件平台等之间都存在着兼容性及协调性的问题，存在着数据接口、信息传递和系统整合等问题，导致了智能施工技术不能够得到很好的运用发挥整体作用；在经济方面而言，智能施工技术所涉及到的数字建模软件、各类传感器件、自动化的机械设备以及相应的信息化管理系统等都需要进行购买或者租赁并且后期也需要相应的养护费用，因此这也就在一定程度上加大了建设方的资金投入量进而可能会制约一些中小型项目对其加以应用^[2]。与此同时智能施工技术对于施工现场技术人员和工作人员的信息技术水平、数据分析整理能力以及设备的操作使用能力都有更高的要求，但是当前同时具备这些智能施工业务水平的人才还比较稀少，制约着智能施工技术水平的完全发挥。再者就是关于智能施工技术

在土建工程当中的运用标准、规范以及相关评估机制还不够全面和完善，缺乏统一的技术门槛规定和监管政策，在很大程度上也制约着智能施工在整个行业内不同工程项目和地区范围内的迅速普及。综上所述，技术层面、资金成本方面、人员因素以及相关政策四个方面的问题都是智能施工技术在土建领域内必须要解决克服的主要困难。

4.2 推进智能化施工技术应用的对策建议

面对智能建造技术应用于土木工程施工过程中存在的技术问题、资金投入问题以及人才储备不足、标准缺乏等制约因素应当从技术、管理和人才储备、机制建设等多方面入手综合施策加以深入推进。在技术方面应当加快推进施工信息系统整合以及平台搭建，促进各智能化系统间的数据互通互联，提升对施工现场数据的分析处理能力以及决策效率和即时性。在管理模式上应当结合工程项目的具体特征以及施工现场实际情况合理安排智能化施工技术投资，循序渐进式推进，兼顾经济性和最大化地发挥智能化施工的功效^[3]。对于人才匮乏的问题应当构建起层次化的教育培训体制，增强现场施工人员的信息理念以及智能化技术水平的同时引进兼具技术和管理能力的综合性人才，提供技术和管理“双轮驱动”。在机制建设上应当积极推进各项标准、规则以及评估指标体系的编制出台工作为智能化施工技术的应用提供有效的机制保障和行为指引从而使施工更加有章可循、管理更加规范化以及技术推广应用有可持续性，进而保障土木工程能够朝着优质高效并具有高度智慧化的方向健康有序的发展。

5 结语

综上所述，智能化施工技术为土建施工带来了全新的发展方向，在提高土建工程施工质量和安全性以及提升工程管理水平方面有着突出的优势，其在设计优化、施工监测和装备智能化等具体方面的运用也切实促进了土建施工从粗犷型的传统施工方式向精细型的现代施工方式转型。目前虽然在技术整合、投入产出比及人员配备等方面还存在不足之处，但相信随着相关科学技术的发展以及配套机制的进一步健全，智能化施工技术在土建施工中的应用将会越来越广泛。今后还需进一步加大研究力度，积极进行技术尝试，以更好地利用好智能化施工技术带来的各种便利条件，促进土建工程建设高效优质开展。

【参考文献】

- [1] 王坤. 智能化施工技术在土建施工中的应用与挑战[J]. 新城建科技, 2025, 34(5):4-6.
- [2] 赵建华, 杨禹钦, 周家正, 等. 数字化与智能化技术在建筑施工中的应用与展望[J]. 信息系统工程, 2025(6):55-58.
- [3] 孙桂先, 李成记. 基于 BIM 技术的土建施工过程智能化管理研究[J]. 现代工程科技, 2025, 4(8):161-164.

作者简介：张广军（1982.2—），毕业院校：天津城市建设学院，所学专业：土木工程，当前就职单位：歌山建设集团有限公司，职务：项目经理，职称级别：中级工程师。

绿色理念下水利水电施工技术和管理措施探究

周鲁鹏¹ 聂晶²

1.山东郓城天元建筑工程有限公司, 山东 菏泽 274700

2.临沂市水利工程保障中心, 山东 临沂 276000

[摘要]“双碳”目标及生态文明建设要求逐步加码的形势下,水利水电工程既满足了国家能源供给及水资源调节的要求,又不可避免的存在着生态环境保护和资源节约利用的双重限制。传统的水利水电工程建造模式是以工期进度和建筑物结构的安全为主导,通常忽略了生态系统整体性的保护,造成水体环境遭到破坏、水土大量流失、资源消耗过度及污染物的大量排放等诸多问题日趋严重。绿色理念是指在一个建设工程项目在整个生命周期内都能够达到节能减排、环境保护和生态平衡,这对于水利水电工程施工技术和管理模式改进提出了新的发展思路。基于此,文中围绕绿色理念对水利水电工程施工中存在的生态环境及管理方面的问题进行深入剖析,在此基础上主要针对土石方工程、地基基础工程、水工混凝土工程以及护岸及河道工程等几个核心部分来探索具体的绿色施工技术应用举措并从目标、过程、物质、人才四个方面着手给出相应的施工管理策略建议,以此推动水利水电工程项目能够获得优质高效的可持续发展。

[关键词]绿色理念; 水利水电工程; 绿色施工技术; 施工管理

DOI: 10.33142/sca.v8i11.18687 中图分类号: TV52 文献标识码: A

Exploration on Water Conservancy and Hydropower Construction Technology and Management Measures under Green Concept

ZHOU Lupeng¹, NIE Jing²

1. Shandong Yuncheng Tianyuan Construction Engineering Co., Ltd., Heze, Shandong, 274700, China

2. Linyi Water Conservancy Engineering Support Center, Linyi, Shandong, 276000, China

Abstract: With the increasing demand for "dual carbon" goals and ecological civilization construction, water conservancy and hydropower projects not only meet the requirements of national energy supply and water resource regulation, but also inevitably face the dual limitations of ecological environment protection and resource conservation and utilization. The traditional construction mode of water conservancy and hydropower projects is dominated by the schedule and safety of building structures, often neglecting the overall protection of the ecosystem, resulting in increasingly serious problems such as damage to the water environment, massive soil erosion, excessive resource consumption, and massive discharge of pollutants. The green concept refers to the ability to achieve energy conservation, emission reduction, environmental protection, and ecological balance throughout the entire lifecycle of a construction project. This provides new development ideas for improving the construction technology and management mode of water conservancy and hydropower engineering. Based on this, the article conducts an in-depth analysis of the ecological environment and management issues in the construction of water conservancy and hydropower projects around the green concept. On this basis, specific green construction technology application measures are mainly explored for several core parts such as earthwork engineering, foundation engineering, hydraulic concrete engineering, and revetment and river engineering. Corresponding construction management strategy suggestions are given from four aspects: goals, processes, materials, and talents, in order to promote the high-quality and efficient sustainable development of water conservancy and hydropower projects.

Keywords: green concept; water conservancy and hydropower engineering; green construction technology; construction management

引言

水利水电工程属于国民经济中的基础建设项目,在防洪抗旱、调水供水以及清洁电力供给等方面有着其他行业无法比拟的优势。近年来随着工程等级的不断提高以及开工数量越来越多,工程施工给水环境、水土以及生态带来的扰动越来越大,河流扰动、水环境污染和栖息地干扰等问题日趋严重。传统的高消耗、粗放型施工方式已经不能适应建设生态文明和绿色发展的目标。绿色的理念就是在保障水利工程功

能和安全的基础上,利用新技术新工艺以及科学的管控手段使工程建设过程中对自然生态系统的影响降到最低限度,在工程建设同时促进生态环境保护。把绿色的理念融入到整个水利水电工程的施工环节当中不仅有利于减轻资源环境压力而且还能提高工程效益和社会效益。由此可知,从技术和管理两方面系统化探索绿色施工举措是十分有必要的。

1 绿色理念下水利水电施工技术和管理原则

在绿色理念的引导下,水利水电施工技术和管理应该

以生态环境保护、资源利用以及可持续发展为核心。在施工技术层面首先要考虑的就是施工技术是否能够符合绿色环保的要求，尽量减少对自然生态系统的影响。比如土石方开挖时尽可能少地破坏植物，使用绿色环保的建筑材料，像低碳水泥、使用可再生资源等，从根本上减轻了水利水电项目施工给环境带来的压力；其次就是对施工技术工艺以及流程进行合理化安排，倡导使用节能减排机器设备和绿色施工方式，从而减少了能源消耗和废弃物的排放。在管理理念上应该构建完善的绿色水利水电施工管理机制，明确各岗位工作人员环境保护责任。整个水利工程项目在整个生命周期都应当包含环境指标，包括设计、建设乃至后期运维都应该遵循绿色发展思路，工程施工同时要加强对废水和废气废渣等污染物管控，使其达到标准排放要求并尽可能减少对于水体、土壤的污染；最后还要积极采取一些生态恢复举措，例如植树造林，恢复植被，土壤修复等手段，进而保护好河流及周边生态环境系统。

2 水利水电工程施工中面临的主要生态与管理问题

2.1 施工活动对水环境与生态系统的影响

水利水电工程施工一般包括大范围河道的开挖与填筑、围堰的填筑拆除、坝体的施工及施工导流、截流、施工降水等一系列施工活动，这些施工行为都会直接影响到河流的水力学性质、水文特性及水质情况，给原有的稳定水生态带来了巨大的冲击，在水利水电工程建设过程中产生的大量泥沙、悬浮物及施工污水等排入河道或者邻近水域，使得水体变得浑浊不堪，透明度下降，水中溶氧量减少，严重影响着水中的鱼虾类、底栖生物及浮游生物的生存繁衍；施工现场往往处于河流生态系统的脆弱环节上，例如鱼类的产卵场或者是过鱼通道和河流湿地缓冲区等处，如果这时岸边植被遭到破坏或者河床受到干扰的话会导致水生生境破碎化，从而阻断水生生境之间的联系，妨碍水生生物特别是鱼类和其他水生脊椎动物的迁移和繁殖。除此之外，施工时产生的噪音和振动，临时的引水降水也会打乱一些两栖动物和陆域野生动物的生活节奏。有些项目在施工布置和环境保护方面不够合理，对生态敏感区域也没有进行全面的辨识和采取有效的保护手段，致使工程建设对局部生态环境产生严重的负面影响，不仅导致河流自身净化作用减弱而且使得整个水利水电工程调控水环境和维护生态健康的功能大大折扣。因此，施工对于水环境和生态系统的影响应该纳入绿色施工管理考虑范畴当中，从而在设计和实施的过程中有针对性地进行保护，尽量减少生态系统服务的损失并保证工程的长期有效运行。

2.2 水土流失与地表破坏问题

水利水电工程建设常常伴随着大量的土石方开挖，边坡放坡以及修建施工道路，在此过程中必然会破坏原有的地表形态及植被覆盖情况，此时土壤处于不稳定状态，在

降雨以及径流的作用下很容易产生水土流失现象。特别是在山岭河谷地区，若边坡加固防范工作做得不到位，在暴雨天气时就有可能诱发泥石流及滑坡等地质灾害的发生，不仅危害工程施工的安全稳定，还会影响到下游河流水质以及生态环境的长久健康。而且有些项目在完工之后没有立即进行植被重建与地貌恢复工作，裸露地表常年存在而导致水土流失问题日益严重，进而造成工程区生态承载力下降。

2.3 能源消耗与材料浪费现象

水利水电工程建设的过程伴随着大量的机器设备运转和物料生产和搬运，能耗大是普遍现象，传统的建设方式中忽视了机器设备效能、施工方法以及工艺改进，使得每单位工程量所耗费能过大，无形间提升了碳排量和环境污染程度，并且在建筑材料上因为施工方案不够精确、技术和措施老旧或施工现场管控松散等原因经常会发生混凝土过量浇筑、钢筋随意裁剪和模版及包装物回用率低等现象，不但推高项目的支出还增加了对于自然资源的开采力度和污染排放，违背了绿色环保所追求的精约高效原则。

2.4 绿色施工管理体系不完善

对于很多水利水电工程来说，绿色施工只是个概念，缺少一套系统化规范化管理制度的支持，有些单位负责人对于绿色施工的目标不够重视，在他们看来进度和成本是首要考虑的问题，而对于环境以及节能方面缺少强制性的规定与指标考核；在组织机构方面，对于绿色施工的责任并没有明确分配给各个岗位，环保措施形同虚设，在实际施工过程中很难发挥作用。并且因为没有一个标准化技术指标及评估准则，导致各个项目的绿色施工开展情况参差不齐，阻碍着绿色理念贯彻到整个水利水电工程建设当中去。

3 绿色理念下水利水电施工关键技术应用

3.1 土石方工程的绿色施工技术

绿色发展理念下，土石方工程应当以尽量缩小施工扰动范围、尽量保护现有地形地貌和生态环境为根本目的，在满足施工便利性和工程安全性要求的前提下，合理组织施工、科学采用工程技术手段尽量减少对生态环境的影响。施工方案制定时应在考虑地形地貌特征以及生态敏感点的基础上做到分区、分层开挖，依托精确定位放线配合机械精细化作业方式有效管控土体扰动界限，杜绝过度的超欠挖现象的发生，从而减少施工对于自然植被、河岸和区域生态系统的影响破坏程度；施工时要充分使用本体土石料进行填筑或结构物建设，尽量少调运和减少反复倒运，从根本上节约运输环节能耗及粉尘、噪音等次生污染排放量；弃渣处置上应布置规范化渣场并配套完善防护和排水系统保证汛期不出现渣场泥沙入河问题，通过渣场边坡防护、覆盖、逐级排水等举措降低水土流失量和地表径流冲刷强度；另外施工中还应综合运用一些生态保护措施，比

如及时恢复暴露地表植被、建设临时性的生物阻隔墙和水土保护设施等保护施工现场及邻近地区的水土条件和野生动物生活环境，使工程建设与生态环境彼此适应协调，确保水利水电工程能够在安全和高效的建设进度之下也能获得良好的生态环境效益。

3.2 地基基础工程的生态化施工技术

地基基础工程不仅涉及到整个工程结构的安全问题而且还是一个对地质环境影响最大的建设过程。生态化建设理念要求我们在满足地基稳定及强度要求的前提下，尽量不去干扰地下水系统以及土体结构，运用低扰动成孔技术和可控性注浆技术可以有效提升地基土体的加固质量并且可以避免地下水剧烈变化及泥浆泄露污染的问题，在一些大范围的地基加固中科学的选择复合地基或者土工合成材料加固形式可以减少水泥等高耗能材料的使用量，在改善工程质量的同时减少了碳排放以及资源浪费。

3.3 水工混凝土工程的节能环保技术

水工混凝土工程作为水利水电建设项目当中耗材及耗能最严重的工序之一，在施工过程中对于碳排放量，能源消耗以及环境负载都具有直接影响意义，鉴于此在绿色理念指引之下应当从原材料选取到配合比再到施工方式等方面加以综合管控，从而达到低碳以及绿色环保的目的，在施工原材料上积极使用掺合料，磨细矿渣粉，粉煤灰，低碳水泥等一系列绿色材料，通过这些环保材料代替部分水泥熟料既能减少碳的排放又可以提升混凝土抗裂性及耐久性，进而节约了项目开支；而在施工技术层面上应该优先选用预拌砼，集中运送浇筑的方式，以此来提升了混凝土利用率并减少了施工现场搅拌、运输所造成的能力损耗，与此同时科学合理的配合比，严格控制水胶比并合理安排骨料粒径也能够避免水泥用量过多的情况出现并减少了不必要的材料浪费，而温控养护措施的确立则保障了水工混凝土在早期硬化过程中温度稳定性的前提下，降低了开裂概率，提升了结构整体耐久程度并延长了项目的使用寿命；除此之外还可以引入智能化监控以及信息化平台，对施工现场混凝土浇筑数量，养护温度，振动密实度等一系列指标加以实时监控，进而实现了建设过程精准化管控，由此使得节能降耗、环境保护与工程质量改进之间形成了良性互动，实现了水工混凝土工程真正的绿色化、高效化以及可持续发展。

3.4 护岸与河道工程的生态施工技术

岸坡及河道整治工程是整个水利水电工程中最贴近生态环境的一个环节，绿色施工应该以保护河流自然风貌以及河流生态多样性为基准准则。而在结构型式的选取上尽可能使用生态护坡、柔性防护的措施，这样所建的护坡既能满足一定的防冲刷要求，同时又能给水生动植物以及陆生动植物创造良好的生存空间；而施工方面，合理安排施工强度以及施工时间，尽量避开动植物的繁殖季节，减

少大范围的干扰破坏作用，从而降低其对生态环境的影响程度。最后工程结束之后，再配合相应的植被绿化工作以及水生植物栽种，以此来提高河道自洁能力，提升河道景观美感。

4 绿色理念下水利水电施工管理优化措施

4.1 构建绿色施工管理目标与责任体系

基于绿色环保的理念，对于水利水电工程建设而言，在进行施工管理的过程中应该把生态环境保护、节能减排以及环境协调融入整个项目的总体目标之中，让绿色环保施工同工程进度一样成为施工管理当中的第一要务，同工程质量、成本控制并重的核心管理工作之一，项目管理公司必须通过规范化的设计，将环保指标细化为具体的量化数值落实到每一个施工过程、每一项施工技术和每一道施工工序上，并制定成具有可实施性并可量化的具体管理办法，从而保证管理层各级负责人以及一线施工人员都了解自己在施工当中所承担的环境保护、节约能源以及合理利用资源的责任和义务^[1]；其次要制定追责制度以及动态化的考评机制，将承包商、监理单位及相关责任人的绿色环保施工责任作为其绩效考核乃至奖惩的重要组成部分，用奖励和惩罚相结合的办法促使其履行好各自职责；再次就是在管理制度当中突出强调协同作战机制，将工程技术部门、环境保护部门、物资供应部门以及安全生产部门等纳入统一指挥调度，共同为绿色施工献计献策、保驾护航。只有科学合理的设置环保目标值、厘清各方责任、严格的监督考核才能在项目建设的整个周期内自上而下地形成强有力的管理合力，使之真正的体现在项目的设计、建设乃至竣工验收的各个环节当中，从管理制度方面保障生态环境保护和节约资源政策的有效实施，进而提高整个工程项目的生态效益和社会效益。

4.2 加强施工全过程绿色管控

绿色施工管理应当覆盖整个工程项目的建设过程，在项目的设计交底、开工前准备、现场作业直至最后的竣工验收都应当纳入统一的管理体系之中。在项目开工前应当通过环境影响分析以及资源需求统计等工作来为下一步的施工计划制定工作提供参考^[2]；在施工时则需要借助信息技术对施工现场的能源消耗量、材料用量及污染物排放情况加以实时监控，从而使管理者得以即时察觉问题所在进而实施纠偏行动。如此一来便可以在整个施工过程中有效地防止绿色条款流于形式或遭到忽略。

4.3 完善绿色材料与资源管理机制

材料及资源使用是落实绿色施工的关键环节，要从机制以及技术层面提高资源使用效率。制定绿色采购机制，选用节能环保类材料和可回收产品，在根本上减轻环境影响^[3]。在施工现场，合理规划与严格管控库存以节约材料储备和浪费，对废弃物进行分类回收、重复利用来增加资源再生率，让材料利用从原来的消费模式变成节俭模式。

4.4 强化人员培训与技术创新能力

高水平人才以及不断进行的技术革新是绿色施工顺利开展的重要因素。建设单位需要将绿色环保的理念与业务技能的学习结合起来，在管理人员及施工人员了解环境保护需求的同时学习相应技术手段。另外倡导技术人员积极创新与积累，对施工技术以及管理方式加以改进能够使绿色理念进一步落实到工程建设当中并且产生持久影响，成为未来我国水利水电工程项目高质量与可持续发展的不竭动能。

5 结语

随着绿色发展理念日益深入人心，对于水利水电工程施工技术和管理模式的影响也在逐步加大，在深入剖析了该类工程建设项目中的生态以及管理方面的问题之后，结合施工中遇到的关键技术的问题以及管理体制机制的问题有针对性地提出了应对策略，有助于水利水电工程项目

朝资源节约型、环境友好型、生态和谐型转变。今后还需要在实际工作中进一步丰富相关技术和政策举措的内容，让绿色理念贯穿水利水电项目建设始终，为人与自然和谐共处做出贡献。

[参考文献]

- [1]孙本辉.绿色理念下水利水电施工技术和管理措施[J].安装,2024(2):160-161.
 - [2]曾凡妮.绿色理念下水利水电施工技术和管理措施探究[J].科技与创新,2025(12):123-126.
 - [3]郭锦标.绿色理念下水利水电施工技术和管理措施探究[J].水上安全,2024(16):28-30.
- 作者简介：周鲁鹏（1985.6—），毕业院校：山东科技大学，所学专业：水利水电工程，当前就职单位：山东郓城天元建筑工程有限公司，职务：项目经理。

公路建设工程施工期水土保持方案优化研究

吕 坤

哈密市水利建设与安全中心，新疆 哈密 839000

[摘要]公路建设施工期间，对生态环境产生了不容忽视的影响，施工时容易出现水土流失、泥浆排放、扬尘扩散以及生态功能退化等问题。文章依据工程实例并结合水土保持理论，对现行方案存在的不足加以评估，同时给出优化设计思路。借助排水系统、生态护坡、植被恢复以及挡土结构等相关举措，搭建起科学的施工期水土保持实施体系，还对基于地形、水文以及信息化监测的优化办法展开探索。工程实践显示，优化方案能够有效地降低水土流失的风险，提高土壤以及生态的稳定性，而还能兼顾施工效率与经济效益，达成公路建设与环境保护的协调发展，可为类似的工程提供一定的参考。

[关键词]公路建设；施工期；水土保持；方案优化

DOI: 10.33142/sca.v8i11.18708

中图分类号: U416

文献标识码: A

Research on Optimization of Soil and Water Conservation Plan during the Construction Period of Highway Construction Projects

LYU Yin

Hami Water Conservancy Construction and Safety Center, Hami, Xinjiang, 839000, China

Abstract: During the construction period of highways, the ecological environment is not to be ignored, and problems such as soil erosion, mud discharge, dust dispersion, and ecological function degradation are prone to occur during construction. Based on engineering examples and combined with soil and water conservation theory, this article evaluates the shortcomings of the current plan and provides optimization design ideas. By utilizing measures such as drainage systems, ecological slope protection, vegetation restoration, and retaining structures, a scientific implementation system for soil and water conservation during the construction period has been established. Optimization methods based on terrain, hydrology, and information monitoring have also been explored. Engineering practice has shown that optimization schemes can effectively reduce the risk of soil erosion, improve soil and ecological stability, and balance construction efficiency and economic benefits, achieving coordinated development between highway construction and environmental protection. This can provide some reference for similar projects.

Keywords: highway construction; construction period; water and soil conservation; solution optimization

引言

公路建设在我国基础设施当中占据着十分重要的地位，其对于区域经济的发展以及社会的流通而言，有着极为关键的支撑作用。不过，在施工期间，存在着大面积裸露的土地、边坡被开挖的情况，还有材料随意堆放以及施工车辆来回频繁通行等状况，这些情况极易引发土壤遭到破坏、出现水土流失的现象，并且还会使得生态功能有所下降。传统的施工管理往往是以进度和成本为主要关注点，缺少一套系统化的针对水土保持以及生态保护的相关措施，这就致使施工区域及其周边的环境长时间都处于受损的状态。伴随着绿色施工理念以及可持续发展目标不断地向前推进，施工期间的水土保持研究已然成为了公路工程管理当中的一个极为重要的环节。一套科学且系统的水土保持方案，一方面能够保障施工的安全以及工程质量，另一方面还能够减少环境污染以及自然灾害的风险，进而达成施工效益与生态保护二者皆可获益的局面。本文把公路施工期间的水土保持当作研究对象，综合现状分析、方案

设计、优化研究以及工程实践等方面，去深入探讨施工期间水土保持的优化路径，从而为未来的公路建设给予具备可操作性的技术参考以及管理策略方面的内容。

1 公路建设施工期水土保持现状分析

1.1 公路建设对生态环境的影响机理

公路建设施工期间，因大面积地表受到扰动且植被遭受破坏，故极易致使生态环境面临多重压力。在雨季时节，裸露的土壤受降雨影响，径流量会快速增多，进而引发严重的水土流失情况，泥沙跟着雨水进入到排洪渠、河道以及低洼地带，这使得水体变得浑浊，河道出现淤积状况，并且对下游水生态系统的稳定性造成了破坏。要是排水设施不够完善，施工区域就容易形成积水以及局部洪涝现象，如此一来，生态环境破坏的情况会进一步加剧。在晴天阶段，因为土体处于干燥状态并且受到风力的作用，施工区域容易产生扬尘，这不但会让空气质量降低，而且会对施工区域以及周边居民的生活环境还有生态系统带来潜在的影响。施工过程里，大量机械设备在运转，运输车辆也

在频繁活动,所产生的噪声以及尾气排放,同样会对周边的生态环境以及动物栖息环境产生干扰,进而影响到区域内的生物多样性。公路开展开挖、填筑以及土石方运输等活动,改变了原有的地形地貌结构,对地表植被层造成了破坏,使得土壤涵养水源以及固土的能力有所下降,与此还增加了滑坡、泥石流等地质灾害发生的可能性。施工活动致使地表结构遭到破坏并且水文条件发生了改变,这就使得生态系统的自我恢复能力降低了,施工区域以及周边环境的生态功能出现了较为明显的退化情况。倘若缺少科学的水土保持措施,那么这些不利影响很可能会在工程完成之后长期存在,从而形成累积性的环境问题。所以,全面剖析施工期公路建设对生态环境产生的影响机理,对于优化水土保持方案以及达成绿色施工而言,有着极为重要的意义。

1.2 现行水土保持方案存在的问题

当下公路施工期间的水土保持方案,主要是依靠工程方面的措施以及部分植被恢复工作来开展的,不过在实际运用过程当中,依旧存在着不少的问题。其一,施工方案在设计上缺乏系统的考量,防护设施的布置显得较为零散,没办法构建起有效的整体防护体系,如此一来,局部出现的水土流失情况就很难得到妥善的控制。其二,排水系统的相关设计不够科学合理,有一部分临时排水沟、沉砂池以及导流设施在施工环节做得并不完善,致使雨水径流变得集中起来,很容易引发施工区域以及下游地区出现洪涝方面的种种问题。其三,植被恢复工作大多是以施工结束后开展的绿化活动为主的,对于施工期间的临时保护措施却没有给予足够的重视,这就使得边坡以及裸土长时间处于暴露的状态,水土流失的情况比较严重。从管理层面来讲,建设单位和施工单位在落实水土保持措施的过程中,彼此之间缺乏有效的协调与有力的监督,而且信息化监测以及动态管理的相关机制还没有得到广泛的普及,这就导致水土保持的实际效果难以获得有效的评估以及及时的调整。

2 水土保持方案设计与实施体系

2.1 水土保持总体目标与设计原则

施工期水土保持方案的总体目标在于借助科学的设计以及合理的施工方式,把施工活动给土壤、地貌还有生态环境所带来的影响尽可能地降低下来,进而达成水土流失得以控制、生态功能能够维持以及施工安全可得保障这样的有机统一状态。在具体的设计环节当中,需要遵循这样的原则,即把预防放在首位,让工程和生态相互结合起来,并且要让动态调整以及管理在整个施工过程里都贯穿始终。预防为主,就是要在施工开始之前,依照地形状况、降雨情况以及土壤等相关条件,科学合理地去布置排水设施以及临时防护设施。工程与生态结合,就是要把土方作业、护坡等方面的工程举措和快速实现植被覆盖的做法相

结合起来,以此共同达成土壤稳固以及生态修复的目的。动态调整与管理贯穿施工全程,是依据雨情变化、施工进度推进情况以及监测数据所给出的实时反馈信息,不断地对相关措施加以优化,从而保证其实际效果能够得以切实体现。

2.2 排水系统优化设计

排水系统的设计在施工期水土保持方面属于核心的工程举措。科学合理的排水布局可把降雨径流快速引导到安全排放的地点,以此来削减土壤遭受侵蚀以及边坡出现失稳情况的风险。在开展设计工作的进程里,务必要周全地考量地形的坡度、降雨的强度还有径流所经过的路径等方面的情况,借助将明沟、暗沟、沉砂池、导流渠等多种多样的设施相互结合起来的方式,构建起具有分级、分区特性的排水体系。对于那些坡度较高的路段以及较为陡峭的边坡,应当去设置梯级排水或者分段截流的相关设施,从而使得原本集中的径流得以分散开来,进而降低其产生的冲刷力。与此在一些关键的位置还需设置沉砂池或者是沉淀区域,以此来缓解泥沙直接排入下游水体所带来的影响。排水系统的施工操作需要和主体工程同步推进,要确保施工区域在各个不同阶段所产生的降雨都能够获得有效的排泄处理,并且要配备与之相配套的必要的监测以及维护方面的措施,以此来保障施工期排水功能的稳定与可靠程度。

2.3 生态护坡与植被恢复技术

生态护坡以及植被恢复在施工期水土保持方案里属于必不可少的生态举措。施工进程当中,对边坡实施开挖以及堆填操作,这不可避免地会对原有的植被覆盖造成破坏。所以需要借助快速植被恢复、铺设草坪、运用护坡网格还有生态袋填植等一系列技术手段,来对裸露出来的边坡加以保护。挑选适合的草本或者灌木植物,如此一来既能够在短期内把裸土给覆盖起来,减少雨水的冲刷作用,又能够对边坡的微气候起到改善的效果,进而提升土壤的稳定性。要是面对的是陡坡或者是土质比较疏松的边坡,那么可以采用生态格构、生态袋亦或是生物土工膜和植物固土相结合的方式,以此达成边坡加固以及生态修复这两种功能。与此得依据不同的坡向、土壤类型还有光照条件去挑选适宜的植物种类以及栽植密度,从而确保植被的成活率以及覆盖效果。生态护坡方面的措施应当和临时排水、挡土结构等相关工程措施相互协调地布置安排,进而实现工程与生态的有机融合。

2.4 挡土结构与加固措施

在施工期处于陡坡或者软弱土体的区域时,仅仅凭借排水以及植被恢复这两项举措是很难切实保障边坡稳定的,此时务必要把挡土结构以及加固措施融入其中来开展相应的工程防护工作。施工期所常用的挡土结构涵盖了临时支护桩、土钉墙、格构梁还有轻型挡土墙等,这些结构

能够在一定程度上承受土体自身的重量以及施工过程中扰动所产生的额外荷载,进而有效降低出现滑坡、坍塌这类的风险情况。针对软土或者是容易受到降雨影响的地段而言,可以采取像砂砾垫层、土工格栅加固又或者是喷射混凝土护坡这样的方式,以此来增强土体的强度并且提升其稳定性。加固措施在实施的时候应当遵循“适度、快速、经济”这样的原则,既要保证施工期间边坡的稳定状态,又要方便在工程完工之后将其拆除或者转变为永久性的结构。在设计以及施工的整个过程当中,需要充分地去考量施工进度、材料供应以及安全施工的条件,从而确保挡土结构能够和整个水土保持体系实现协调一致的运作状态。

3 水土保持方案优化研究

3.1 优化设计思路与原则

施工期水土保持方案优化的关键在于全面考量工程安全、生态保护以及施工效率,达成措施具备系统性、科学性以及可操作性^[1]。优化设计需秉持“预防优先、因地制宜、工程与生态相结合、动态管理贯穿整个过程”的原则。预防优先指的是在方案设计阶段详尽分析地形坡度、土壤类型、降雨特征以及施工安排,提前明确关键防护点和易受侵蚀区域,并且在施工之前布置与之相应的工程与生态措施;因地制宜是要依据不同地质条件、坡向坡度、土壤结构以及降雨特性采取差异化的措施,比如陡坡可优先选用土工格栅与生态袋相结合的方式进行加固,而缓坡则可将植被恢复作为主要手段;工程与生态相结合着重于在确保边坡稳定和排水安全的基础之上,配合快速植被恢复以及生态护坡,形成工程措施与生态修复的协同作用;动态管理贯穿全过程是借助施工期信息化监测、雨情预警以及施工进度调整,实现水土保持措施的持续优化以及有效运转。

3.2 基于地形与水文条件的分区优化

在施工期开展水土保持优化工作时,需充分借助地形以及水文条件来对施工区展开分区管理事宜。对于那些有着不同坡度、不同土壤类型以及不同降雨强度的各个区域而言,应当采取各不相同的差异化举措,以此达成精细化管理的目的。高陡边坡还有水流汇集区属于水土流失较为严重的重点区域,在这些区域应当优先去落实诸如截流、设置梯级排水设施、对边坡进行加固处理以及实施快速植被覆盖等一系列综合性的措施,从而把水土流失的风险降下来;而像缓坡以及低洼地带这样的区域,则可以把主要精力放在布置沉砂池、导流渠以及临时覆盖等相关措施上面,以此来控制泥沙不要进入到下游的水体当中^[2]。分区优化一方面可以根据施工期的不同阶段以及当时的气象条件动态地去调整各项措施,另一方面还能实现资源的合理安排以及施工成本的优化,进而提升整体的水土保持成效。与此借助地形与水文分区优化这一方式,能够为施工

管理给出科学方面的依据,使得施工人员能够针对不同的区域去实施具有针对性的防护举措,大幅度地降低施工期出现水土流失以及生态遭到破坏的情况发生。

3.3 工程与植物措施协同优化方法

施工期水土保持效果的提升一方面依靠工程措施的完善,另一方面要关注植物措施与工程措施的协同作用。在边坡开挖以及填筑区域,要把挡土结构、梯级排水以及土壤加固工程相互结合起来,并且同步开展快速植被恢复工作,进而构建起稳固的土工生态复合体系。去挑选那些适应性较强、能快速覆盖、生长周期较短的草本或者灌木植物,如此一来便能够在短期内赋予土壤保护的功能,与此同时还能对微气候条件加以改善,增加边坡的生物稳定性^[3]。在陡坡或者是容易遭受冲刷的区域,可以采取将生态袋、格构梁与植物相互结合的举措,让结构性支护和生态固土功能能够相互促进。借助工程与植物措施的协同优化,既增强了边坡以及裸土区域抵御侵蚀的能力,又提升了施工区整体的生态功能,从而为施工期水土保持给出了更为稳定可靠的一种解决办法。

4 结语

施工期的水土保持在公路建设绿色施工当中属于极为关键的一个环节,其对于保障工程的安全性、减少出现水土流失的情况以及保护生态环境而言都有着不容小觑的重要作用。本文针对施工期水土流失所呈现出的特征以及形成的原因展开分析,同时也对现行的方案存在的不足之处加以评估。在此基础上,综合考虑排水系统、生态护坡、挡土结构以及施工组织措施等方面的情况,构建起了一套较为系统化的水土保持方案,并且还提出了诸如分区优化、工程与植物协同以及信息化监测应用等相关内容。通过研究可以发现,经过优化之后的方案能够有效地降低水土流失的风险,进而提升土壤以及边坡的稳定性,而且还能兼顾到施工效率以及经济效益这两方面的情况,最终达成工程建设与环境保护能够协调发展的良好局面。在未来,需要进一步将信息化管理与生态修复技术加以整合,持续不断地对施工期水土保持体系予以完善,以此来推动公路建设朝着绿色化以及可持续发展的方向前进。

[参考文献]

- [1] 张帅,韩立鹤.新形势下铁路工程水土保持施工及管理[J].铁路节能环保与安全卫生,2023,13(1):17-20.
- [2] 陈海.农村公路施工中的水土保持技术及其工程实践分析[J].交通科技与管理,2025,6(12):87-89.
- [3] 常换换.基于生态修复的水土保持策略与应用研究[J].水上安全,2024(18):89-91.

作者简介: 吕垠 (1981.1—), 男, 毕业于: 大连理工大学, 所学专业: 水利水电工程, 当前就职于: 哈密市水利建设与安全中心, 职称级别: 副高级职称。

房地产开发的项目管理与成本控制策略

陶虎

太仓市资产发展有限公司, 江苏 苏州 215400

[摘要]随着我国社会经济不断发展, 房地产行业从高速增长转变为稳步发展, 行业逐渐进入调整优化阶段。房地产开发项目投资规模大、周期长, 市场竞争激烈且成本压力不断增加, 只有强化项目管理与成本控制, 才能提升企业经济效益与抗风险能力。当下房地产市场趋于饱和, 传统粗放型管理模式难以满足企业需求, 加强成本控制是提高项目收益、实现稳健经营的关键。文中聚焦房地产开发的项目管理与成本控制, 分析相关问题, 为房地产开发企业提升管理水平与成本管控能力提供参考。

[关键词]房地产开发; 项目管理; 成本控制; 控制策略

DOI: 10.33142/sca.v8i11.18701

中图分类号: F293.3

文献标识码: A

Project Management and Cost Control Strategies for Real Estate Development

TAO Hu

Taicang Asset Development Co., Ltd., Suzhou, Jiangsu, 215400, China

Abstract: With the continuous development of Chinese social economy, the real estate industry has shifted from high-speed growth to steady development, gradually entering a stage of adjustment and optimization. Real estate development projects have large investment scales, long cycles, fierce market competition, and increasing cost pressures. Only by strengthening project management and cost control can enterprises improve their economic benefits and risk resistance capabilities. The current real estate market is becoming saturated, and traditional extensive management models are unable to meet the needs of enterprises. Strengthening cost control is the key to improving project revenue and achieving stable operations. The article focuses on project management and cost control in real estate development, analyzes related issues, and provides reference for real estate development enterprises to improve their management level and cost control capabilities.

Keywords: real estate development; project management; cost control; control strategy

引言

在我国宏观经济迈向高质量发展时期以及房地产行业经历深度调整的情形下, 房地产开发所处的外部环境以及内部管理方面的要求都出现了明显的变化。其一, 土地资源较为紧缺, 用地成本处于持续上升的态势, 金融监管的力度不断加强, 融资渠道也有所收紧, 再加上原材料价格存在波动以及人工成本出现上涨的情况, 使得房地产开发项目的成本方面的压力持续增大。其二, 市场需求慢慢从“量的扩张”转变为了“质的提升”, 购房者对于产品的品质、功能配置以及交付标准都提出了更高的要求。在这样双重的压力之下, 传统依靠经验来做出决策并且采用粗放式管理的发展模式已经很难契合当下房地产市场的发展需求了, 项目管理以及成本控制的重要程度变得日益突出。房地产开发项目具备投资规模颇为巨大、建设周期比较漫长、涉及的专业领域众多以及风险因素十分复杂等特征, 项目管理水平的高低会直接对工程质量、建设进度以及资金使用效率产生影响, 而成本控制的效果则直接关乎项目投资回报以及企业经营安全。所以说, 怎样在复杂且多变的政策环境以及市场条件之下, 借助系统化且全过程的项目管理手段, 科学地去统筹进度、质量与成本之间的关系, 达成成本的动态管控以及资源的优化配置, 已然

成为房地产开发企业提升自身核心竞争力的关键研究课题。围绕房地产开发的项目管理以及成本控制策略展开深入的研究, 既有利于提高项目决策的科学性以及实施过程的可控性, 同时也对推动房地产企业实现稳健经营、风险防范以及可持续发展有着重要的现实意义和实践价值。

1 房地产开发项目成本控制的重要性

房地产开发项目成本控制的重要性在于其对项目经济效益、风险防范以及企业核心竞争力有着不容忽视的影响。房地产开发有投资额度颇高、建设周期较长、资金回收速度缓慢、政策和市场环境变化频密等明显特点, 若任一环节出现成本失控的情况, 便有可能引发一系列连锁反应, 致使项目整体投资收益有所降低, 甚至让经营风险不断加剧。通过针对项目全过程开展系统化且具前瞻性的成本控制举措, 能够在项目前期对决策偏差起到有效的约束作用, 在规划设计阶段达成技术方案与经济指标的最优平衡状态, 在施工实施阶段减少不必要的浪费以及无效投入, 以此来确保项目成本目标得以实现。并且, 科学的成本控制并不是简单地压缩费用, 而是在满足功能需求、工程质量以及进度要求的基础之上, 提高资源配置的效率以及资金使用的效益, 推动项目价值实现最大化。从企业方面来讲, 成本控制的水平直观地反映出房地产开发企业的管理

能力以及精细化的程度,这有利于增强企业应对市场波动以及政策调整的适应能力,提升项目抵御风险的能力以及持续盈利的能力,对于促使房地产企业达成稳健经营以及高质量发展有着极为重要的现实意义以及战略价值。

2 房地产开发项目管理与成本控制问题分析

2.1 项目计划与决策不合理

在房地产开发项目的管理进程里,项目计划以及决策存在不合理的情况,这无疑是使得成本失去控制并且管理效率变得低下的诸多问题当中的一个。有一部分开发项目,在其前期的论证阶段,并没有开展充分且系统的市场调研工作,同时可行性分析也有所欠缺,对于区域的供需状况、产品的定位情况、政策所处的环境以及资金能够承受的能力等方面的认识都不到位,做出的决策往往呈现出经验性以及主观性的特点,如此一来便使得项目定位和市场需求之间无法很好地匹配起来。在着手编制项目计划的时候,有些企业对于开发周期的预估、资金安排的考量以及资源配置的判断都不够准确,制定出来的进度计划和实际施工的具体条件出现了脱节的情况,并且没有充分去考虑到土地的实际条件、审批流程的复杂程度以及外部环境发生的种种变化等诸多因素,这就导致在后续的实施过程之中,方案和计划频频需要做出调整。因为前期所做的决策以及制定的计划都缺乏科学性与前瞻性,所以项目在推进实施的过程中很容易就会出现工期出现延误、设计不停地反复变更、资金占用额度过大的等一系列问题,这些问题进一步推动了开发成本的升高,增加了项目经营方面存在的风险,给整体项目管理目标的达成带来了极为不利的影响。

2.2 风险预测与管理不到位

风险管理是房地产开发项目管理的重要环节,在管理过程中,项目管理人员对客户群体定位不清晰,导致项目销售成本与收益存在错位;物料采购人员对物料市场价格波动趋势预测不准,市场劳务供需关系发生变化,项目融资渠道存在不确定性,项目施工过程中出现安全事故等,均会导致房地产开发项目实施中的政策风险、财务风险、市场风险、技术风险、施工风险增加。部分房地产开发项目对风险感知与预测能力较弱,风险应急处置与管控水平不高,风险危机进一步放大,也易造成房地产开发项目实施延误、成本失控等问题^[1]。例如,原本计划的融资方案因金融市场环境、房地产行业政策、房地产买房市场需求等变化而出现融资渠道与融资金额锐减等情况,导致房地产开发项目资金链断链、成本管控难度增加、项目管理风险增大。

2.3 项目设计与施工阶段成本控制不严格

在房地产开发项目的实际实施进程里面,设计以及施工这两个阶段所存在的成本控制不够严谨这一情况,已然成为引发投资出现超支现象的关键问题当中的一个。就设计阶段而言,有一部分项目对于方案所具有的经济性并没有给予足够的关注,设计单位同开发管理部门之间也欠缺

有效的沟通交流,常常会一味地去追求建筑的形式以及功能配置方面的效果,然而却把成本方面的约束以及后期实施时可能面临的难度给忽略了,如此一来便致使设计方案丧失了成本可控的相关特性。与此设计的深度不够或者说前期所做的论证工作做得不够充分,那么在后续的施工过程当中就很容易频频出现设计变更的情况,这不但会对施工进度产生影响,而且还容易造成材料的无端浪费以及相关费用的不断增多。再看施工阶段,有些项目在施工现场的管理工作做得不到位,对于施工工艺、材料使用情况以及工程量的控制方面都缺乏行之有效的监督举措,施工组织安排也不够合理,返工以及窝工这类现象是比较显著的,再加上工程签证以及变更管理方面不够规范,最终导致成本核算出现失真的状况。

3 房地产开发项目管理与成本控制措施

3.1 做好市场调研与经济技术比较

在房地产开发项目的管理方面,成本控制措施当中,做好市场调研以及经济技术比较,这两者有着基础性的作用,并且还具有先导性的意义。它们是达成项目科学决策以及成本有效控制的关键前提。通过对项目所处区域的宏观经济形势展开调研,同时对城市发展规划、土地利用政策、人口结构变化以及房地产市场供需状况等进行系统的了解,开发企业便能较为完整地掌握市场的发展走向以及目标客户的需求特点,进而合理地确定项目的功能定位、产品类型、建设规模以及开发节奏,防止因为盲目跟风或者判断出现失误,致使投资方向出现偏差以及造成资源的浪费。在此情况之下,围绕着不同的规划方案、设计方案以及技术路径来开展细致的经济技术比较,针对建筑结构形式、材料选用、设备配置、施工工艺以及配套设施方案等方面展开综合性的分析,从整个生命周期的角度去评估其建造成本、使用性能、维护费用以及综合经济效益,这样有助于在技术的先进性与经济的合理性之间达成平衡^[2]。把市场调研所取得的成果与经济技术分析有机地结合起来,既可以在项目前期有效地控制投资规模,降低决策的风险,又能为后续的设计深化、招标采购以及施工实施阶段给出清晰明确的成本控制目标以及技术依据,从源头上提高房地产开发项目管理的科学性、前瞻性以及精细化的程度,为项目投资效益的最大化以及企业的持续健康稳定发展筑牢坚实的基础。

3.2 制订合理的项目计划

在房地产开发项目的管理以及成本控制相关举措当中,制定出合理、科学并且具备可执行特性的项目计划,这无疑属于保障项目目标能够顺利达成以及成本得以有效把控的关键环节所在。就项目计划的编制而言,其应当以项目前期所开展的市场调研、可行性分析以及投资决策所取得的成果作为立足点,要对开发周期、建设规模、资金筹措的具体方式、现金流的安排状况,还有人力、材料以及设备等各项资源配置的情况予以系统且全面的统筹考量。并且要针对项目从立项开始一直到规划设计阶段、

招标采购阶段、施工建设阶段直至最后的销售交付阶段等各个不同阶段，做出整体层面的谋划安排以及相互之间的衔接安排。借助科学的方式去对项目目标加以分解，把各个阶段所需要的时间节点、具体的工作内容以及成本控制方面的指标都明确清楚，如此一来便可以有效地规避掉由于计划过于粗放或者目标不够清晰明确而致使出现的重复投入以及无效支出等情况，同时也能减少因为工期安排得不合理而导致产生的赶工费用以及管理成本的增加。除此之外，合理的项目计划对于强化各个参建主体彼此之间相互的协调与配合也是很有帮助的，能够让设计深化、材料采购、施工组织以及资金支付的节奏保持在一致的状态，进而防止因计划出现脱节的情况而引发的设计变更、工程停滞或者是资源浪费等问题。在项目实际实施的过程当中，项目计划还得具备动态管理以及风险预判的能力，也就是说能够依据市场方面所发生的变化、政策方面的调整情况以及现场的实际状况，及时地去对计划做出优化以及修正的操作。要在确保工程质量以及安全有保障的前提下，维持住成本控制目标所具有的稳定性。

3.3 优化成本控制供应链管理

在房地产开发项目的管理以及成本控制举措方面，对供应链管理加以优化属于成本控制范畴内的一项重要工作，它是达成降本增效这一目标并促使项目整体管理水平得以提升的关键路径所在。房地产开发项目会涉及到设计单位、施工单位、材料设备供应商还有专业分包等诸多不同的主体，其供应链所涵盖的环节数量众多，整个周期也较长，并且资金的流动十分频繁，只要其中任何一个环节在管理上存在不到位的情况，都有可能致使成本出现失控的局面。通过针对供应链展开系统的整合与优化操作，开发企业在确保工程的质量以及进度不会受到影响的前提下，能够对材料采购、设备配置以及分包成本予以合理的把控，进而降低中间环节所产生的损耗以及管理方面的费用开支。在实际开展项目管理工作的过程当中，强化对供应链成本的控制，对于实现采购计划和项目进度之间的有效衔接是有帮助的，可避免因为材料供应不及时或者出现过量采购等情况而造成的窝工、返工以及资金被占压等不良后果^[3]。与此通过对供应商的履约能力、价格水平以及服务质量等方面进行综合性的评估考量，能够提升供应链运行时的稳定性以及透明程度，减少由于信息不对称以及管理方面的失误所导致的额外成本支出情况的发生。随着信息化管理手段的逐步应用，供应链各个不同环节之间在信息共享以及协同配合方面的水平也在不断地得到提升，这有助于实现对成本数据的动态化监控以及全过程的管理操作，进而在一定程度上增强房地产开发项目针对成本风险的管控能力。

3.4 抓实开发项目管理各阶段成本控制

在房地产开发项目的管理方面，把成本控制措施落实

到位是非常重要的，尤其是在开发项目管理的各个阶段都得切实抓好成本控制，这样才能达成投资目标，也能确保整个项目的效益。要知道，房地产开发项目往往周期比较长，涉及的环节也多，其成本的形成是有阶段性特点的，而且还有累积性的特性。要是某一阶段在成本控制上做得不够好，那么这种不利情况就会在后续阶段不断放大，最终会对项目总体成本水平产生影响。所以说，要把成本控制的理念贯彻到项目从策划开始一直到竣工结算的整个过程之中，通过把各个阶段的成本目标分解开来并做好衔接工作，从而实现对成本的系统化、动态化管理。在项目刚开始的前期阶段，要是能科学地去控制投资规模以及开发强度，那就有助于给后续的成本管理工作打下一个合理的基础。到了设计阶段，通过强化成本方面的约束，并且多做方案比选，这样就能有效地把工程造价形成的风险给降下来^[4]。在施工阶段，要是能强化对过程的管理以及成本的核算工作，那么就能减少资源的浪费以及不必要的支出。而在竣工阶段，通过规范结算管理以及成本复核这些工作，就有助于真实地反映出项目投资所取得的成果。

4 结语

房地产开发项目管理以及成本控制，这二者是提升项目投资效益并且增强企业核心竞争力极为关键的环节所在。当下市场环境一直在变，政策条件也在持续调整，在这样的背景之下，唯有把项目管理的理念同成本控制的要求充分融合起来，并且将其贯穿到项目策划、设计、施工直至竣工的所有各个阶段当中，才能够有效地去应对开发过程中所存在的那些诸多的不确定因素。通过进一步完善项目管理体系，对资源配置予以优化，同时强化针对全过程的成本管控举措，如此一来，不但可以降低项目开发时所面临的风险，而且能够提高资金使用的效率，还能够在确保工程质量以及进度都能够得到保障的前提下，达成项目价值的最大化目标。在未来，随着房地产行业朝着高质量、精细化的方向不断发展，持续地提升项目管理以及成本控制的水平，将会成为房地产开发企业实现稳健经营并且谋求可持续发展的重要助力。

【参考文献】

- [1]史玉鑫,卢军科.房地产开发的项目管理和成本控制策略[J].工程建设与设计,2024(20):202-204.
- [2]冀梦瑶.房地产开发项目成本控制策略分析[J].住宅与房地产,2021(2):39-40.
- [3]洪涛.试论房地产开发的项目管理和成本控制策略[J].建材与装饰,2018(49):155-156.
- [4]赵晓栋.房地产开发项目目标成本控制策略[J].质量与市场,2023(18):127-129.

作者简介：陶虎（1986.11—），性别：男，学历：本科，毕业院校：苏州科技大学，所学专业：土木工程，目前职称：中级。

智能化工程管理技术在建筑工程管理中的应用策略

黄 兵^{1,2}

1. 乌鲁木齐市公共资源交易中心, 新疆 乌鲁木齐 830017

2. 乌鲁木齐市政府采购中心, 新疆 乌鲁木齐 830017

[摘要]建筑工程管理是保证整个建设项目可以顺利完成的重要一环,它的质量好坏关系着整个项目的工程质量、项目工期以及造价预算。传统式的管理模式大多依靠人的经验和感觉来完成,这种模式下工作效率较低而且获取的信息也比较落后,导致做出相应的处理措施也比较滞后。伴随着信息技术的发展,智慧化的工程管理方式随之产生,为当前的建筑企业管理带来了巨大的变化。它以物联网、大数据、云计算及人工智能等先进技术为基础,对工程建设全生命周期进行全天候监管、精益化管控以及智能化选择,进而有效提升了企业的管理水平、提高了企业的生产水平并且使管理层做出的选择更加准确合理。

[关键词]智能化; 工程管理技术; 建筑工程; 技术应用; 策略

DOI: 10.33142/sca.v8i11.18681 中图分类号: TU71 文献标识码: A

Application Strategy of Intelligent Engineering Management Technology in Construction Engineering Management

HUANG Bing^{1,2}

1. Urumqi Public Resource Trading Center, Urumqi, Xinjiang, 830017, China

2. Urumqi Municipal Government Procurement Center, Urumqi, Xinjiang, 830017, China

Abstract: Construction project management is an important part of ensuring the smooth completion of the entire construction project. Its quality is related to the engineering quality, project duration, and cost budget of the entire project. The traditional management model mostly relies on human experience and feelings to complete tasks. Under this model, work efficiency is low and the information obtained is relatively outdated, resulting in a lag in making corresponding measures. With the development of information technology, intelligent engineering management methods have emerged, bringing tremendous changes to the current management of construction enterprises. It is based on advanced technologies such as the Internet of Things, big data, cloud computing, and artificial intelligence, and provides round the clock supervision, lean control, and intelligent selection for the entire life cycle of engineering construction. This effectively improves the management level of enterprises, enhances their production level, and makes the choices made by management more accurate and reasonable.

Keywords: intelligence; engineering management technology; architectural engineering; technology application; strategy

引言

面对现在建筑工程行业发展迅速的局面,建设项目越来越大越来越复杂,工期越来越短而各方面的要求却越来越高,传统的依靠经验和纸张的管理模式已跟不上现在建筑工程管理的步伐。信息技术和智能技术的发展,智能工程技术管理的方法和技术为建筑工程的管理带来新思路,让管理人员能以一种数字化、信息化、智能化的方式全面实时精细地管控整个工程项目。智能化技术主要是由BIM技术、物联网、传感器、大数据、AI人工智能、VR虚拟现实、云计算等一系列先进的技术组成的。它可以实现实时收集现场信息并进行进度与资源的动态调整,对施工过程的质量与安全风险进行智能评估,最终实现决策的科学性和高效性。智能化工程管理不仅能加快施工速度和加强对工程质量的把控,还能使项目的建设全过程可视化、协同化和可追溯化,提高了工程管理的透明程度与决策的精确程度。但在实际应用中也存在着相关制度不够健全,技

术匹配度不高,现场监督力度不够及时,缺乏完善的规划设计理念等问题阻碍着智能化技术在建筑工程领域的进一步推广使用。因此本文的研究目的就是针对上述问题通过一系列的调查研究来系统的剖析智能化工程管理技术在建筑工程管理中的应用现状、存在问题及解决措施,探究如何建立合理化的管理体系,树立完整的设计理念,加强安全管理,细化施工图设计,合理引入虚拟技术等一系列举措来实现施工全过程的智能化管理,进而促进我国建筑工程管理模式向现代化、数字化和高效化方向转变和发展,为建筑行业的长远发展和管理水平提升提供理论指导与实践参考。

1 建筑工程管理运用智能化技术的必要性

在当前的工程建设领域中,应用智能工程技术已成为提高建设工程项目管理水平,优化资源利用程度与增进现场生产效率的必然趋势。面对着建筑行业工程建设项目的日益扩大、日益复杂的项目结构、日益紧张的工期和成本要求,传

统的人员管理模式存在着反馈迟缓、传递失真、汇总困难、处理低效等一系列弊端，已越来越不能适应现代工程建设管理精细化、合理化、高效化的需要。智能工程管理技术以物联网、传感网、大数据、云计算、人工智能、VR 和 BIM 等科技为基础，通过对施工现场、项目进度、建筑材料机械、质量安全状况与工作人员等方面全程监测与数据化管控，让管理人员随时了解项目整体情况，及时识别风险隐患，并迅速做出合理判断；并且智能技术还可以对施工安排、设计图纸、建造质量、人力物力调配等方面的信息加以集成和计算，为项目建设提供准确的分析与最优建议，降低消耗浪费与安全事故的发生概率，加快施工速度，提高工程品质。智能技术的应用不但可以使工程管理更加合理化、公开化，而且可以使整个项目的运作变得更加数字化、一体化、透明化，完成由经验走向数据、由直觉走向技术的现代管理模式转变，进而提升企业的市场综合竞争实力与长远发展潜力。

2 智能化工程管理技术应用中存在的问题

2.1 缺少科学管理制度

管理制度是一系列工作有序、有效推进的前提条件，然而现实情况是有些施工单位依旧沿用着以往的管理制度，没能顺应社会进步的脚步及时对管理制度做出合理有效的优化及革新，这就导致了工程项目管理者在其本职工作中无章可循、无孔不入可钻，在第一时间捕捉到工程施工中存在的质量隐患以及安全隐患，不仅增大后期二次返修工作的发生概率，拖延工程建设进度，造成建设单位无法从项目投资中获得最大化的经济效益，还可能诱发安全事故，危及施工现场所有人员的人身和财产安全。

2.2 施工现场监管不当

在智能建造工程技术应用当中，施工现场监管不到位也是比较严重的一个问题，严重影响着工程质量、施工安全及管理效率。虽然在智能建造技术的作用下可对施工现场进行全天时、全天候监控并记录相关参数，但一些建设项目仍存在着监管机制不合理、职责不清以及现场负责人员不了解智能化仪器设备与系统的使用方式等问题，以至于监控记录的数据没能发挥效用或者延迟，再加上项目工地现场环境复杂且人力物力机械频繁流动，智能化监控系统的监测位置有限、覆盖面不够全面、传输信号不稳定等弊端都会使施工现场存在死角区域或者信息残缺^[1]。与此同时还有一些建设项目的监管过于信赖技术而忽略现场负责人员培训和巡检，以至于仪器报警提示或者数据显示偏差甚至是在施工的过程中出现问题没能及时得到反应该加以重视。

3 智能化工程管理技术在建筑工程管理中的有效应用对策

3.1 构建科学智能化管理体系

在建筑工程项目管理中建立合理的智能化管理系统是整个项目的管理水平提高，对施工过程的质量和安全有了可靠的保障，合理化利用资源，保证了工程建设高效有序进行的重要措施，同时也是整个建筑业向数字化、信息

化、智能化时代转变的强大动力源泉。一个合理的智能化管理系统应该以 BIM 技术、物联网、传感设备以及大数据、人工智能、云计算、VR 等先进的信息技术为主要的技术工具，将工程项目的规划、施工、质量、安全、进度、成本、资源调配等一系列的工程问题进行全面的数字化、信息化、智能化融合，进而打通项目管理各方面的信息链路，达到现场信息及时获取、数据汇集、实时监测、自动分析的目的。而在建立的过程中还需要明确相关的负责人和工作职责，确立标准化的数据格式、接口协议以及信息交互规则，从而使得不同的系统之间，不同的软件平台之间，乃至不同的参与者之间都能够无缝对接、互联互通，打破信息壁垒，让项目管理更加透明高效。另外合理的智能化管理系统还要覆盖整个施工现场的全部过程，通过对施工现场的实时数据监测，对施工偏差进行报警提示，及时协调施工现场的人力物力，对质量安全隐患进行预警提示，自动化的开展施工作业分析等一系列的智能化管理举措来为管理者进行决策提供可靠的数据依据，尽可能减少不必要的人员干预，避免由于人的疏忽大意造成的失误甚至是工程事故的发生，加快施工的进度，创造更大的经济价值。最后就是智能化管理系统的设计要具备灵活性，能够随着工程项目的大小、复杂程度、所处环境，以及技术的发展不断更新管理模式和方案的应用，使之具备强大的兼容能力和生命力。

3.2 完善智能化规划理念

智能建造理念下的建设工程项目管理中，建立健全智能化规划理念是实施建设项目科学管理、有序运转的前提条件，是进一步推进智能化技术深入融合的必要步骤。智能化规划理念，是指在整个建设工程项目始终，不论是项目建设的设计、建设还是运维，都要以数字、网络和智能为主要发展方向，在此基础上进行合理有效的规划以达到节约资源、提高效率、防范风险的目的。具体的来说，建立完备的智能化规划理念就是在工程伊始就将 BIM 技术、传感网技术、大数据以及人工智能等一系列的技术手段纳入全局考量之中，将工程建设项目的工程设计、施工方法、工期计划、工程质量、工程造价乃至安全管理等一系列环节的相关信息和数据加以统一协调规划，对整个建设工程项目的生命周期实行数字化闭环管控。要理清各种技术的应用目的、适用范围和连接方式，设计合理的数据搜集、整理、运算以及分享机制，让各项管理系统互相配合衔接，保证信息在项目不同阶段、不同岗位之间的无缝对接和及时传达^[2]。另外智能化规划理念还注重运用数据指导建设，基于工程的历史数据、施工现场情况、机器工作状态及市场需求等一系列信息进行综合计算分析来改进施工方案，合理配置建设资源，预判工程建设风险点等并为主管人员做出正确判断提供建议。

3.3 做好安全管理

在建设工程项目管理当中，如何做好安全管理也是智能化工程项目管理的一个主要目的及关键步骤，它不仅关

系着施工人员的人身安全问题,更直接决定了整个工程项目的质量,同时也能有效的降低企业的项目风险。智能化技术应用于安全领域的出现为安全管理带来了新的方式与途径,诸如物联网传感设备、高清摄像头监控、无人机巡查、智能穿戴装置和建筑信息建模等智能技术能够全天候的对工地情况进行无缝监管,对工地安全问题及时报警并对其实施动态化管控。比如,感应器与智能检测仪器可以即时获取施工现场的各种环境指标和机器运转状况以及工作人员所处的具体方位,一旦发生特殊情况或者存在危险因素的话就会启动自动警示程序并储存相关数据资料以便负责人查看并采取应对措施;与此同时人工智能通过对以往发生的各类事故数据和现场传回数据的学习来判断施工现场危险系数较大的工作流程及相关违规施工行为,从而给予管理者合理有效的安全防范建议。另外智能化的安全管理系统还能将相关的各项安全条例规定、安全作业流程及相关安全教育课程予以数据化,以网络课程学习、模拟情景训练和安全指导手册的形式让工作人员在进入施工场地之前就能了解并牢记正确的施工步骤以避免因自身疏忽大意或者错误的操作而产生的种种事故。除此之外,系统性的安全数据库和可追踪式数据分析有利于事故发生后迅速查明事故成因并确定相关人员责任归属,进而为企业安全管理工作开展提供必要的规则参考和数据凭证。

3.4 优化设计图纸,确保科学施工

建筑工程管理中,完善设计图纸达到科学化施工是智能工程管理技术运用的关键步骤,其对于加快施工进度、保证工程质量以及减少施工风险方面有着重要的作用。利用建筑信息模型(BIM)技术和三维数字化的设计方式,设计图纸不再局限于以往的二维平面图显示方式上,还可以在三维立体空间内精准地反映出建筑物的构造和管路走向,建筑材料的选择和施工工艺等,从而达到设计信息可视化、数字化、模拟化的效果。优化设计图纸可以在施工前期开展模拟演示和碰撞试验,在施工之前发现存在的建筑结构冲突问题以及施工困难点和物料配置等问题,以免在后续施工时出现重复劳动、工期拖延或者存在安全漏洞等情况的发生,使施工方案更为科学可行。此外,配合大数据挖掘和人工智能,还可以对设计图纸进行智能化审查校正,例如自动检查尺寸误差,施工工序安排是否合理,用料是否节约等,以此来为施工现场人员提供可靠的数据参考^[3]。此外,优化设计图纸还可以与施工现场的智能化视频监管设备、物料调配系统互联互通,使施工规划能够及时与优化的设计图纸保持同步更新,确保整个施工过程都能够依照优化后的图纸有序开展,保证每个步骤都合情合理。

3.5 将虚拟技术科学引入施工现场

在建筑项目工程管理中,合理引入虚拟技术到施工现场是对施工现场的智能化管理,加快了施工进度以及保证工程质量的有效方式,是实现施工智能化、可视化、精细化管理的重要步骤。虚拟技术主要是指利用VR、AR、

MR等技术,基于三维建模、仿真与实时互动,将建筑的设计蓝图、施工计划、建设工地、工程管理等都在虚拟现实中得到高仿真的再现展示出来,让建造者以及管理者们能清楚地看清复杂的构造、施工工艺以及空间排布。合理引进虚拟技术不仅能提前进行全过程的演示模拟和碰撞检验,找出可能存在的施工冲突矛盾、施工次序不当以及配置资源不足等问题;而且还可以对施工人员开展虚拟培训和施工操作演练,加深工作人员对施工流程、安全事项以及施工重点的理解把握,降低实际工作中出现的操作失误和安全事故的概率。同时配合虚拟技术与BIM、物联网以及大数据等智能管理系统,可实现实时传输的数据与现场工地同步更新虚拟场景,方便管理者远程查看工地施工进展、工程质量、安全状况、机器设备情况等,及时针对异常现象作出数据分析判定并采取应对措施,提升项目的施工可控性与透明度^[4]。另外应用虚拟技术还能改进工地上的协调沟通模式,将业主、承包商、监理单位三方意见在线集成反馈,降低传递失真偏差的可能性,保证施工方案严格按最优设计来实施。

4 结语

智能建造工程技术的应用给建筑工程管理提供了新的途径和手段,让整个施工现场变得可以进行数字化、信息化、智能化管控。基于BIM、物联网、大数据、人工智能、VR等技术的高度集成,建设项目可以做到对项目建设过程中的进度、质量和安全以及资源的实时监测和自动调节,提升管理效能、防范风险、合理利用资源,促进决策精准化、科学化。但由于在实际推广和应用中还存在着工程管理制度不够健全、缺乏完善的规划设计理念、项目现场监督落后等一系列的问题,因此需要建立合理的智能化工程管理体系、健全规划理念、加强安全管理、细化设计图纸、合理引入虚拟技术等一系列举措来进一步推进建筑工程管理朝着精细化、标准化、高效化的趋势不断迈进。总的来讲,智能建造工程技术的应用不但提高了工程项目管理水平和工程质量水平,而且更是为整个建筑行业迈向数字化时代、实现现代化发展奠定了强有力的技术基础和管理保障,在今后的发展中有着相当可观的发展空间和应用潜力。

【参考文献】

- [1]樊东阳.智能化工程管理技术在建筑工程管理中的应用[J].城市建设理论研究(电子版),2024(11):20-22.
- [2]池小龙.智能化工程管理技术在建筑工程管理中的应用研究[J].企业改革与管理,2025(21):12-14.
- [3]席阁.智能化工程管理技术在建筑工程管理中的应用[J].城市建设理论研究(电子版),2025(27):43-45.
- [4]王俊霞.智能化工程管理技术在建筑工程管理中的应用[J].工程建设与设计,2025(4):100-102.

作者简介: 黄兵(1985.2—), 毕业院校: 四川师范大学, 所学专业: 教育学, 当前就职单位名称: 乌鲁木齐市公共资源交易中心/乌鲁木齐市政府采购中心, 就职单位职务: 科员, 职称级别: 工程师。

探索城乡规划中建筑工程管理模式创新策略研究

马 涛

乌鲁木齐市达坂城区建设局, 新疆 乌鲁木齐 830039

[摘要]伴随着城乡规划逐步完善和建筑工程体量逐渐增大,传统意义上的建筑工程管理模式越来越不能适应现代城市对于速度、质量、绿色可持续的要求。文章的研究对象是以城乡规划背景之下的建筑工程管理,通过深入剖析现有管理模式所面临的问题主要有:落后的管理模式思想、缺乏信息化水平支撑、质量及工期进度管控薄弱等几个方面。并以此为基础梳理管理模式创新过程中涉及到的相关理论知识主要有管理学基础理论、项目管理制度理论、信息技术及其应用、绿色建筑理念等内容。进而给出具体的管理模式创新解决措施主要包括:积极推行信息化、数字化工程管理模式、建立精益化全方位工程管理模式、积极倡导绿色施工理念、加强协同管理模式建设、着力培养高素质工程管理人员等内容。通过相关理论及具体解决方案的梳理分析,试图为城乡建筑工程管理工作提供有效的创新思路和实际借鉴意义,促进建筑行业的智能化、绿色化、协同化变革。

[关键词]城乡规划;建筑工程管理;创新策略

DOI: 10.33142/sca.v8i11.18680

中图分类号: P208

文献标识码: A

Research on Innovative Strategies for Building Engineering Management Mode in Urban and Rural Planning

MA Tao

Urumqi Dabancheng District Construction Bureau, Urumqi, Xinjiang, 830039, China

Abstract: With the gradual improvement of urban and rural planning and the increasing volume of construction projects, the traditional management mode of construction projects is increasingly unable to meet the requirements of modern cities for speed, quality, and green sustainability. The research object of the article is the construction project management under the background of urban and rural planning. Through in-depth analysis, the problems faced by the existing management mode mainly include outdated management mode ideas, lack of information technology support, and weak quality and schedule control. Based on this, the relevant theoretical knowledge involved in the innovation process of management mode mainly includes the basic theory of management, project management system theory, information technology and its application, green building concept, etc. Furthermore, specific innovative solutions for management mode are proposed, including actively promoting information technology and digital engineering management mode, establishing lean and all-round engineering management mode, actively advocating green construction concept, strengthening collaborative management mode construction, and focusing on cultivating high-quality engineering management personnel. Through the analysis of relevant theories and specific solutions, this paper attempts to provide effective innovative ideas and practical reference significance for urban and rural construction project management, and promote the intelligent, green, and collaborative transformation of the construction industry.

Keywords: urban and rural planning; construction project management; innovation strategy

引言

城乡规划提高了对建筑工程的管理水平的要求。城镇化速度的加快,工程建设项目的大型化和复杂化导致的交叉作业问题以及质量工期的把控问题越来越严重,传统的以经验及人为管理为主的管理模式存在管理效率低下,人力物力分配不均衡,不符合科学发展观等问题。与此同时,绿色建筑、节能技术、智能技术等的发展又给管理模式变革带来了新的契机,因此探讨城乡规划背景下的建筑工程项目管理模式创新策略,对推动管理水平的进步,提高工程项目建设的质量有着重大的理论与现实意义,为管理水平和工程品质的提高提供合理有效的改进措施。

1 建筑工程管理模式概述

建筑工程管理模式指的是在整个建筑工程建设的过程当中,为了达到建筑工程项目质量、工期以及成本方面的最优状态而采用一系列管理制度与方法、工作流程等的有机集合体。^[1]伴随着建筑业的发展,建筑工程项目的管理模式也由原来的人工经验管理模式走向了现在的信息化管理模式,在传统的管理模式之下主要是依靠施工单位的经验还有现场巡视来对整个工程进行管控,缺少一套系统的、标准的、科学化的管理模式会导致项目工期拖沓、浪费材料、工程质量不合格等一系列的问题;而在现代建筑工程管理模式中注重的是标准化、精准化和信息化的管理模式,通过制定一套合理有效的组织架构还有相应的流

程控制制度再加上一套完善的信息化管理系统来对整个工程项目的设计阶段、施工阶段直到最后竣工验收都做到严格把控。与此同时，现代建筑工程管理模式还注重多个主体之间的相互协作，不仅仅是政府机构、设计部门、施工单位还有社会群众这些群体都要参与到其中来共同保证项目能够按照既定的目标顺利开展下去。而在整个城乡规划的大环境下，对于建筑工程项目的管理而言不仅仅局限于每一个工程项目是否按时按质地完工，而是要统筹兼顾城镇的整体面貌还有生态环保以及绿色可持续发展等各个方面，所以如何构建一个科学有效又灵活创新的建筑工程管理模式就显得尤为重要了。

2 当前城乡建筑工程管理存在的主要问题

2.1 管理模式单一，缺乏灵活性

目前对城乡建筑工程项目的管理依旧存在着管理模式简单固化的情况，其最主要的表现就是陈旧式的直线制管理模式在复杂的建筑项目面前低效乏力。很多施工现场的管理制度依旧是依照各个部门的职能进行分工，缺少部门间的联动以及工作流程上的优化，以至于信息反馈延迟，做出相对应策的时间过长；并且对于管理者而言还习惯于经验式人盯人的管理模式，缺乏合理有效的数据分析以及相应的预警提示，在面对一些紧急状况的时候，项目工程很难第一时间做出相应措施或者对资源做出优化调配。^[2]一成不变的管理模式不但拖慢了工程建设的速度，阻碍着工程质量的进步，同时也限制着项目管理人员创新思路的发展以及整个项目的最终效益。而在城乡建设大环境下，因为通常情况下一个项目会涉及到几个地区的不同类型施工项目，单一死板的管理模式更加不能适应复杂的建筑情况，所以亟需一个灵活可变、针对性强、适用范围广的管理系统来处理多样化工程以及适应不断变动的施工现场。

2.2 信息化与智能化水平不足

虽然信息化与智能化的应用在建筑业得到了不断普及，在建设工程的实际管理者中信息化的应用并不广泛而且程度十分浅显，很多建设项目的施工现场还在依靠传统的纸质单据以及手工记账，对施工信息的获取、处理以及计算速度缓慢以至于整个工程项目的工期、造价、质量无法做到及时有效的监督与合理化的管控。目前对于BIM、物联网、施工管理系统等一系列先进的信息化手段的应用还不全面而且各信息系统之间的整合度不够高、数据之间缺乏互通互联、信息安全漏洞较多也阻碍着智能化管理水平的提升，再加大部分施工作业者及管理人员缺乏相关知识的学习培训以及信息技术的应用水平较差也在一定程度上阻碍着信息化工具的充分利用。在一个城市或者地区总体规划下的建设规模庞大并且涉及的相关方众多，在信息化水平欠缺的情况下造成的是项目的协调工作效率极差、沟通成本过大最终使得整个工程的不确定性因素增多、管理工作愈加复杂。因此想要做好建筑工程的管理工作必

须要做好信息化以及智能化的建设。

2.3 工程质量与进度控制存在瓶颈

目前对于城乡建筑工程项目中的管理和监督而言，工程质量与工程进度控制存在很大的难度，一方面是因为建筑工程的施工工序复杂和技术要求各异，传统的监管模式不能做到全面全程的质量把控，从而导致施工过程中存在质量问题甚至会出现返工的现象；另一方面是建设工程的工期常常会受设计方案调整及建筑材料供给不足以及施工现场组织不到位这些因素的影响而造成不能如期完工的情况，管理者对于建设项目的进度与质量的掌控主要是依靠亲临工地视察并辅之以手工记账的方式来完成的，在很大程度上欠缺数据支撑下的科学化管控方式以至于经常会发现滞后性的问题以及低效性的问题处置的情况，同时工地各班组之间联系不够紧密也会造成拖延工期以及质量隐患的发生。而在城乡规划的大环境下多个项目、众多单位同步建设的现象更为普遍，因此如何做好工程质量与工程进度的管控就成了阻碍管理者工作效率以及建设项目建设的关键障碍点，迫切需要构建起一套系统、完善的监控及优化体系。

3 建筑工程管理模式创新理论基础

3.1 管理学与项目管理理论

建设工程项目管理模式创新离不开管理学以及项目管理理论的支持。管理学科下的组织架构、流程再造、配置以及绩效评估等方面的知识提供了对建筑工程进行系统化管理的方法论参考。引入一些先进的管理理念例如精益思想、全面质量管理以及风险管理理论有助于提高建设项目的效能及效用。而项目管理理论是以追求工程全生命周期的计划、组织、协调以及控制为目标，尤其注重工期-成本-质量三个方面。^[3]在城镇化的大环境下，建筑工程体量巨大且结构复杂，参与方众多，项目管理的理念可以为此类项目的多方合作提供准则及工具，保证其自设计至施工再到竣工的整个过程有序高效的进行。此外，在现代项目管理理论下倡导的风险提示、科学决策制定以及信息公开的原则也为创造性地建立新模式提供了可实施的操作指南，让建设项目建设者们能应对不断变化着的施工现场和日益复杂的工程状况。

3.2 信息化与智能化技术应用

信息技术和智能技术的进步为建设工程项目管理模式变革提供强有力的支持作用。BIM技术能够将建筑项目的工程设计、建造及运营维护等信息进行整合、直观化显示，便于管理者了解项目当前所处阶段的进展情况、质量状况以及资源消耗程度等信息。物联网技术借助各类感应器、监测装置、数据收集平台等对施工现场进行智能化管控，提高项目管理者对于施工现场的认识程度和把控力度。基于云计算和大数据的计算分析能力对工程建设的决策问题给出可靠的数据支持，针对施工过程中产生的海量

信息加以处理挖掘从而达到合理配置资源的目的,预判可能存在的隐患并及时做出相应策略安排。但信息技术和智能技术要想得到充分合理的利用不仅仅取决于其自身性能的发挥,还涉及相关配套管理制度是否健全、工作人员能否胜任、企业文化氛围是否积极等多个方面的问题。信息技术与智能技术在城镇建设大型建筑物中的应用不仅有助于提升项目管理水平,加快项目建设速度,减少投入成本,保证工程质量,还有助于促进我国建筑工程管理模式朝向网络化、智能化的趋势转变。

3.3 绿色建筑与可持续发展理念

绿色建筑观念以及可持续发展观是建筑工程管理模式创新的两个主要理论来源。随着生态环保、节能减排的要求日益严格,建筑工程不仅要保证工程质量、控制工程造价,同时也要重视生态环境保护和合理利用资源的问题,绿色建筑的理念就是以节能、减排、低碳、使用可再生材料为主,通过对建筑物进行合理的设计与施工管控达到整个建筑在其使用寿命期间对环境的影响降到最低的目的,在施工过程中如果能将绿色建筑设计的理念贯彻到整个工程项目的施工方案、所选用的材料以及采取的施工技术乃至施工现场,不仅可以减少能源消耗和节约资源还能塑造公司负责任的良好社会形象,有利于企业在市场上占据竞争优势,在城镇化建设的大环境下建筑项目往往伴随着大范围的土地征用和综合性建筑物排列组合等特征,而绿色建筑理念的应用可以很好地平衡城镇建设与环境保护之间的矛盾、为建筑工程管理模式的创新提供了新的思路。

4 建筑工程管理模式创新策略

4.1 推进信息化与数字化管理

实施信息化、数字化管理是提升城乡建筑工程管理效益以及科学化决策水平的重要措施。广泛采用 BIM 技术、物联网技术和施工管理系统等的应用可以使工程建设的数据得到整合,形象化、现场化的展现出来,让建设项目的管理者在项目建设的设计过程以及建设的过程甚至后期的运营阶段都可以得到丰富及时准确的信息支撑,数字化管理不仅可以对建设项目工期、质量以及造价情况实时跟踪,而且通过对相关数据的研究分析来预警建设过程当中可能发生的风脸、合理化配置资源、节约施工建设当中出现的各种浪费现象以及重复劳动。此外,数字化管理还能提升项目不同参与方之间的透明度,推动跨单位、跨企业间的高效协作,在城乡规划项目当中,因为涵盖多种类型的工程项目并且涉及到多个地区,所以信息化、数字化管理水平的提升可以有效改善管理效率,节省沟通成本,同时为工程建设决策提供科学依据,进而达成建设项目的全过程精细化、规范化管理目标。

4.2 构建精益化与全过程管理模式

建立精益化及全过程管理模式是当前对建筑工程项目管理创新的有效方法选择。精益化的理念是在项目的整

个实施过程中追求杜绝一切浪费、精简各项程序、充分利用好各项资源达到品质、工期以及造价上的最佳组合。通过对施工工序的系统剖析、明确划分不同阶段的工作内容及职责归属并辅之配套的合理监管及反馈体系来尽可能地降低施工过程中不必要的操作及浪费现象;而全过程管理模式则是要求管理者要在包括设计、采购、建造直至竣工交付在内的各个步骤都做好统筹安排和管控工作,从而使项目管理者对工程不再仅限一时一地的管理而是要覆盖整个工程建设的始终。而在城镇规划的大环境下往往伴随着较为复杂的工艺流程以及多方参与者的协调合作,精益化及全过程管理模式可以使工程建设各个步骤顺利对接,加快项目总体建造速度并提升管理水平,使得建设项目能够在优品质、低造价、可控制的时间内保质保量完成。

4.3 绿色施工与可持续发展策略

绿色施工及可持续发展战略也是当前建筑企业管理中的新举措之一,其指的是在工程施工环节中运用绿色环保的建筑材料、低碳化的施工工艺以及合理的施工安排等来降低资源消耗及污染排放,提高建筑物本身的生态环境效益,其中具体的绿色施工又包含着对施工现场垃圾进行分类回收处理、使用节能型施工设备、降尘降噪措施以及节约用水用电等,而城乡建设工程中建筑物密集且用途广泛,实施绿色施工既能改善生态环境又能促进城乡建设同自然环境之间的和谐统一,同时将可持续发展的思想融入到企业的管理制度当中也有利于塑造公司的良好社会形象以及增强自身的竞争优势,从而为企业获取更多的长远利益;借助此战略建筑工程管理模式不仅仅着眼于经济目标而且同时注重生态环境效益和社会效益,进而达到全面性的可持续发展目标。

4.4 协同管理与多方参与模式

协同管理和多元参与机制是为了应对城乡建筑工程中多个主体间合作不佳的状况而产生的。一个建筑项目的完成需要政府、设计部门、建造公司、监理单位以及社会大众等多个群体的共同参与,单一的管理模式已经不能胜任其相互之间的协调工作。通过构建信息交流平台和一体化协调体系,在建设项目的各个参与者之间建立起设计-建造-检验三个环节的良好合作关系。与此同时,倡导各利益群体及相关人士参与到监督与决策的过程当中来,有助于提高管理的公开化程度,降低工程建设中的风险性和争议性。而在城乡统筹发展的前提下,建设项目数量多、覆盖范围广泛、综合功能性强,协同管理与多元参与机制有利于促进信息传递、整合资源、防范风险,进而提高工程建设项目的管理水平,成为对建筑工程管理模式创新的规范化组织架构和运行框架。

4.5 高素质管理人才培养与团队建设

高质量管理人员队伍建设培养是建筑工程项目管理模式创新最有力的保证。高水平的管理队伍不仅要掌握

相关的技术知识还要有创新意识,协调能力以及信息技术运用水平等素质,可以通过定期培训、岗位轮换以及绩效评估等方法来提高管理层对于整个工程建设过程的管理和判断水平;此外,团队精神还包括集体成员间的协同合作意识以及共同承担责任的理念,有助于施工现场各方面的顺利进行。在城镇化背景下面对越来越多越来越复杂的各项工程任务,高素质人才和高效能团队就是实施各项管理创新举措的强大后盾。经过培训和组建的高质量的团队能够保证稳定的、高效率的并且富有创造力的管理体制的存在为建筑项目的优质竣工打下基础。

5 结语

本篇论文的研究内容就是基于城乡规划下的建筑工程管理模式,阐述了现阶段管理模式存在的局限性以及信息化程度低的问题还有质量进度管控难点等,然后在管理学、项目管理理论、信息技术以及绿色建筑的理念等基础上提出了采用的数字化管理模式、实施精益化全过程管理模式、开展绿色化施工、建立协同机制、培育高素质管理模式、开展绿色化施工、建立协同机制、培育高素质管理

人员等一系列创新型模式。通过探究发现采用这些新模式可以提高工程质量与管理水平,节约材料成本、减少浪费,有助于可持续发展,在以后当技术和管理思想进一步发展后建筑工程管理模式会向智能化、绿色化、协同化的方向转变,管理者需要不断优化工作流程,注重数据分析辅助决策并建立健全多方合作制度来满足日益复杂的城乡建设的要求。

[参考文献]

- [1]张伟强.浅谈城乡规划和土地规划管理的相关性[J].居舍,2019(3):171.
 - [2]王金波.建筑工程管理创新模式应用及趋势探析[J].城市开发,2025(18):109-111.
 - [3]李泽辉.建筑工程管理模式创新分析[J].城市建设理论研究(电子版),2025(6):41-43.
- 作者简介: 马涛 (1983.12—), 毕业院校: 新疆大学, 所学专业: 土木工程, 当前就职单位名称: 乌鲁木齐市达坂城区建设局, 就职单位职务: 科员, 职称级别: 工程师。

环境影响评价体系中的土壤环境影响评价探讨

王先琴

安徽伊尔思环境科技股份有限公司, 安徽 合肥 230088

[摘要]土壤作为人类生存与发展所依赖的基础自然资源, 同空气、水等环境要素关联密切, 不过其环境影响有着隐蔽性、滞后性、累积性以及难以恢复等显著特点。在过往某一阶段, 因为城市不断扩张以及工业持续发展, 不少建设用地都源自受到污染的工业或者农业用地, 由此而引发的环境方面以及健康方面的诸多问题也时常出现。所以在项目正式开发建造之前开展土壤环境影响评价工作, 这便成了从源头上预防土壤遭受污染、达成土地科学管理并实现可持续利用的一种极为有效的途径。文中将会针对该评价体系的相关概念、具体内容、方法及优化路径进行探讨。

[关键词]土壤环境; 环境影响评价; 评价方法; 风险管控

DOI: 10.33142/sca.v8i11.18705

中图分类号: X8

文献标识码: A

Exploration on Soil Environmental Impact Assessment in the Environmental Impact Assessment System

WANG Xianqin

Anhui Yiersi Environment Technology Co., Ltd., Hefei, Anhui, 230088, China

Abstract: Soil, as a fundamental natural resource for human survival and development, is closely related to environmental factors such as air and water. However, its environmental impact has significant characteristics such as concealment, delay, accumulation, and difficulty in recovery. At a certain stage in the past, due to the continuous expansion of cities and the sustained development of industries, many construction sites originated from polluted industrial or agricultural land, which often led to various environmental and health problems. Therefore, conducting soil environmental impact assessment before the formal development and construction of the project has become an extremely effective way to prevent soil pollution from the source, achieve scientific land management, and achieve sustainable use. The article will explore the relevant concepts, specific content, methods, and optimization paths of the evaluation system.

Keywords: soil environment; environmental impact assessment; evaluation method; risk control

引言

在现代环境影响评价体系中, 一个关键的组成部分就是土壤环境评价。基于此, 相关单位与工作人员一定要对环境影响评价体系与土壤环境评价做到充分了解, 并以此为依据, 结合实际的项目概况, 对土壤环境影响加以科学评价。通过这样的方式, 才可以对建设项目在土壤环境质量方面的影响做出科学评价, 从而为相应项目的建设场地选址及土壤环境污染防治等工作提供有力支持。

1 土壤环境影响评价概述

1.1 基本概念与特征

土壤环境影响评价, 其实就是指在建设工程项目正式动工之前, 预先对其可能会给土壤环境带来的种种影响展开预测与评估, 并且给出预防或者缓解这些不良影响的相关对策。其核心目的在于对生态以及生产方面的可持续发展予以评估。这项评价工作所要完成的基本任务, 是依据项目所在地区的土壤环境质量实际状况, 同时参考项目所排放污染物在土壤中迁移以及积累的具体规律, 去构建相应的预测模型, 以此来计算出主要污染物的残留量, 进而

预测未来土壤环境质量可能出现的变化走向。土壤环境影响评价有着十分突出的特性。其一, 它着重于系统性这一方面。土壤本质上属于一个颇为复杂的生态系统, 开展评价工作的时候, 绝不能仅仅着眼于土壤自身的情况, 而是务必要将与土壤存在关联的地表水、地下水以及大气等诸多环境要素相互串联起来加以综合考量。其二, 它具备前瞻性这样的特点。评价的关键点就在于“预测”这个环节, 也就是说要在污染尚未发生的阶段便对风险展开评估, 这无疑彰显了在环境保护领域当中预防为主这样一项最为基础的原则。其三, 它的评价结果呈现出明显的差异性^[1]。不同地区的土壤类型以及性质各不相同, 对于不同污染物所具有的容纳能力同样存在差别, 如此一来, 即便是同样的项目在不同的地方进行建设, 那么所产生的影响以及所需要的保护措施很可能是截然不同的。

1.2 评价原则与依据

开展评价时需遵循一些基本原则。其中, 保护优先这一原则最为重要, 它着重于保护农用地以及建设用地的安全。将工作重点放在重点监管行业上, 以此来提升监管工

作的效率，这是第二个需要遵循的原则。在保证科学合理性的前提下，还要关注其可操作性，这便是第三个原则所强调的内容。第四个原则要求与《土壤污染防治法》以及其他要素环评导则做好衔接工作。其主要依据在于法律法规以及技术标准这两方面。在法律层面来讲，《土壤污染防治法》还有《土壤污染防治行动计划》能够给予根本性的遵循准则。从技术标准层面来看，《环境影响评价技术导则土壤环境（试行）》（HJ 964—2018）称得上是最为核心的操作规程。而像《土壤环境质量建设用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB 36600）等，则提供了极为关键的限值依据。

2 土壤环境影响评价内容

2.1 评价范围与等级划分

确定评价范围与等级实属开展工作的初始步骤。评价范围往往比建设项目的实际占地面积要更为宽广一些，其在确定之时需综合考量诸多因素，像是施工过程中有可能对植被及地貌造成破坏的范围、废水大概率会形成污染的区域、大气污染物沉降后影响较为显著的区域，还有固体废物堆放所产生影响的区域等。总的来讲，这一范围务必要将项目针对土壤环境所产生的所有直接作用区域以及间接作用区域都囊括进去。评价工作等级的划分，会对后续工作的开展在深度以及广度方面起到决定性的作用。等级划分主要依照如下一些条件：其一，项目所占的地方面积、地形状况以及土壤类型，还有可能遭到破坏的植被情况，以及对生态系统所产生的影响程度。其二，进入土壤当中的污染物具体属于哪些种类、数量有多少，毒性的大小如何，另外在土壤里面降解时的难易程度怎样。其三，土壤自身对于污染物的容纳能力到底怎么样。其四，项目所在之地的土壤环境功能区划方面的具体要求是什么。依据这些条件，评价等级被划分成了一级、二级以及三级这几个等级。其中，一级评价的要求是最高的，这就需要对土壤的理化特性详尽地加以掌握，要开展较为全面的监测活动，并且还要进行定量或者半定量的预测工作。二级评价的要求是基本能够掌握相关情况，可以开展半定量预测或者是类比分析方面的相关工作。而三级评价的要求则是要了解基础的情况，进行相应的分析并且提出相关的措施。

2.2 土壤环境现状调查

现状调查乃是评价工作的根基所在，其主要意图在于全面且细致地摸清实际状况。就调查内容来讲，涵盖着对项目工程资料予以收集以及对其进行分析这两方面的工作，同时还要去识别出有可能存在的各类污染源以及相应的污染物。并且，更为关键的一项举措便是要积极开展实地的调查活动以及实施监测操作，以此来切实掌握评价区域之内的土壤具体类型、呈现出的形态状况、污染物所处的背景值情况，还有土地当下的利用现状，另外植物的生长状况同样需要予以关注。除此之外，针对评价区域之内

已经存在的污染源排放具体情形，也是需要展开相应的调查工作的。现状调查所遵循的要求会因为评价等级的不同而呈现出一定的差异性，不过其核心要点始终不变，那就是要尽力获取到能够客观真实地反映出土壤环境质量状况的足够多的信息内容。

2.3 影响预测与评估

在对当下状况展开调查之后，得要针对项目有可能产生的各类影响做出相应的预测与评估工作。这里的预测，是依照着污染物于土壤当中所呈现出的迁移转化方面的规律、土壤自身具备的净化能力以及相关的质量标准等来开展的。通过去深入研究污染物的输入情况、输出状况以及残留状态，进而建立起数学模型，以此来预测未来土壤环境质量会呈现出怎样的变化走向。在进行预测的时候，一方面得要充分考虑到因污染物不断累积而致使出现的土壤污染这类影响，另一方面还得要将项目有可能引发的像土壤侵蚀、盐碱化、酸化等这些属于土壤退化破坏类型的诸多影响都一并考虑进去。

影响评估需综合预测结果来判断项目对土壤环境影响的程度及可接受性，这要结合影响识别来做，影响识别可从不同角度分类：按结果分有污染型和退化型；按时段分有建设期、运行期和服务期满后的影响；按方式分有直接影响和间接影响；按性质分有可逆与不可逆影响、累积影响等^[2]。最终依据评估结论，得提出消除和减轻负面影响的具体办法以及长期的跟踪监测方案。

3 土壤环境影响评价方法

3.1 现状评价方法

土壤环境现状的评价，其方法主要是依据对监测数据所展开的分析而定。常用的一种方法便是环境指数法，这种方法借助于对污染物单因子指数以及综合指数的计算，以此来对土壤的污染状况予以定量方面的描述。在进行评价因子筛选的时候，一般会依照项目所排放出来的主要污染物还有土壤当中原本就存在的污染物，按照它们毒性从大到小的程度以及排放量多寡的情况来进行筛选，而等标污染负荷比法算得上是一种颇为常用的筛选办法。要是历史资料不够充足，那么还能够采取类比调查的方式，去参照那些与之相似的项目或者地区的相关情况。对于那些特别复杂又或者是极为重要的项目而言，有时候甚至有必要开展盆栽或者小区模拟试验，从而确定污染物在土壤以及植物体里具体呈现出怎样的行为状态。

3.2 预测评价方法

预测评价方法在整个技术体系当中占据着核心地位。就污染影响型项目而言，其预测方法主要是依据污染物在土壤之中的迁移转化模型来开展的。在导则的附录部分，还给出了与之相关的预测方法。这些模型会将污染物借助大气沉降、地表漫流以及垂直入渗等多种不同途径进入到土壤当中的过程都充分考虑进去，并且还会对其在土壤之

中所累积的具体数量加以计算。而对于生态影响型项目来讲,像可能会引发盐渍化或者酸化等情况时,那就需要运用土壤退化模型来展开相应的预测工作了。预测既可以呈现出定量的状态,也能够是半定量的状况,又或者是通过类比分析的方式来进行,究竟选择哪一种方式,这要根据评价等级以及数据的实际可得情况来决定。

3.3 风险评价方法

风险评价是在对污染累积加以预测之后,再进一步去评估其可能给人类健康或者生态安全带来的风险情况。当通过现状调查又或者是预测操作,发现土壤中的污染物含量超出《土壤环境质量建设用地土壤污染风险管控标准(试行)》(GB 36600)等相关标准所规定的筛选值时,那么就应当启动风险评价程序。风险评价会着手构建污染物从土壤传导至人体的暴露途径概念模型,以此来计算出风险值,并且判断该风险是不是处于可接受的范畴之内。倘若风险是不可接受的,那么环评报告就得提出要开展详细的风险评估工作、落实风险管控举措亦或是启动治理修复行动这样的“以新带老”相关措施。这种方法把环评和后续的环境管理工作紧密地串联到了一起。

3.4 防治措施评价方法

对所提出的防治举措展开评价,这无疑是保证环评具备有效性的极为重要的一环。在措施评价方面,着重聚焦于其技术层面的可行性以及在环境方面的有效性。就好比说,要去考量防渗措施到底能不能切实有效地阻止污染物出现垂直入渗的情况;得对隔离措施或者阻隔技术加以评估,看看它们能否将暴露途径彻底切断;还要深入分析所提出的绿化方案又或者是水土保持措施,评估其对于防治土壤侵蚀究竟能够产生怎样的效果^[3]。除此之外,措施评价还应当把经济方面的合理性纳入考量范围,务必要保证所提出的方案在成本上是能够让人接受的。所有的这些措施都得配套有一个清晰明确的跟踪监测计划,并且监测计划的设计本身同样属于评价当中的内容范畴,必须确保这个计划能够有效地对土壤环境所发生的变化以及各项措施的实际执行效果予以监控。

4 土壤环境影响评价实施的优化策略

4.1 评价标准与技术体系完善

当前土壤环评技术体系尚处于发展进程之中,故而进一步充实完善相关标准规范便显得极为迫切。国家已着手筹划制定《土壤环境质量评价技术规范》,其目的在于为不同土地用途以及不同尺度层面的评价活动给予统一的方法指引,以此确保评价结果具备权威性并且能够实现可比性。在后续的完善工作当中,应当把重点放在对不同行业、不同污染途径的预测技术模型加以细致化处理上,从而让模型更具区域适用性并提升其精度。与此还需将土壤生态功能方面的评价指标,像生物多样性、土壤肥力保持等情况,更为系统地融入到评价体系里来,而不能仅仅只

是将目光局限在污染物浓度这一方面。标准体系的完善无疑是一个持续且处于动态变化之中的过程。

4.2 全过程监管与动态评价机制

把土壤环评从单纯的“前期许可”变成“全过程监管”的工具,这是提高其效能的关键方向。这就要求监管要贯穿项目建设、运营一直到关闭的整个生命周期。可以参考一些地方的做法,构建重点监管单位完整的管理链条,这个链条包含“法定义务落实”“防范新增污染”以及“防止污染扩散”这几个环节,借助台账管理来强化企业责任以及部门监管责任^[4]。还应当探索建立起动态评价与更新机制,针对运营中的项目定期去评估其实际土壤影响是否和预测相吻合,依据评估结果动态地去调整管理要求和措施。

4.3 多学科融合与技术创新

土壤系统本身的复杂特性决定了其评价技术务必要朝着多学科融合以及不断创新的方向去发展。就调查这个环节来讲,需要广泛地去推广并运用像遥感、地理信息系统以及地球物理探测这类现代技术,以此来提升针对大面积土壤状况展开调查时的效率,并且让调查精度得以提高。而在预测环节当中,则要积极推动开发并且应用那种能够综合考量水文、地质以及生态过程的耦合模型。大数据以及人工智能技术同样可以被用于对数量极为庞大的土壤环境监测数据展开分析,从而去识别出其中所存在的污染规律以及风险热点所在之处。

4.4 公众参与与社会监督强化

公众参与乃是环境评价制度所明确规定法定要求,同时也是提高评价质量以及增强其公信力的重要保障。土壤污染这一问题和周边社区居民的健康状况以及切身利益紧密相关,所以公众参与的各个环节务必要切实落实到位。在评价开展的过程中,需要采用通俗易懂的方式来向公众披露项目有可能引发的土壤环境方面的影响情况、拟计划采取的防治举措以及预期能够达成的效果。要对公众意见的征求、反馈以及采纳机制加以完善,尤其是针对那些受到直接影响的群体所提出的诉求,应当给予充分且细致的回应。与此能够参考借鉴环境信用管理的相关方法,针对评价单位以及从事该领域的专家实施动态性的信用评价与管理工作,进而构建起行之有效的社会监督网络。

5 结束语

土壤环境影响评价充当着连接土壤污染源头预防以及末端治理之间的桥梁,其自身所处的地位以及发挥的作用一天比一天更为明显。本文针对土壤环评的总体架构、关键内容以及重要方法展开了一番梳理活动,并且就其当下所面临的一系列挑战给出了相应的优化策略。即便现行的技术导则已经得以颁布并开始施行,这无疑意味着我国的土壤环评工作已然迈入了规范化的运行轨道,然而土壤环境自身的复杂特性再加上评价技术所具有的前沿属性,这就决定了该领域还会持续处于一个不断发展变化并且

不断完善提升的过程之中。未来,务必要在法制所搭建起的框架范围之内,不断地去推进标准朝着更加科学的方向发展、促使监管实现更为精细的状态、让技术迈向更智能化的程度以及推动社会各方面的广泛参与,进而能够实实在在地发挥出土壤环境影响评价对于守护土壤安全以及推动绿色发展所起到的基础性重要作用。

[参考文献]

[1]冯晓,纪滨玲,窦金婷.环境影响评价体系中的土壤环境评价探讨[J].皮革制作与环保科技,2024,5(11):75-77.

[2]王蓓,马玎,王艳霞.环境影响评价体系中土壤环境评价的思考[J].绿色环保建材,2021(1):53-54.

[3]丁素玲.HYDRUS-1D 软件在土壤环境影响评价中的应用[J].环境影响评价,2020,42(4):62-65.

[4]张学虎.三门峡市铝土矿开发生态环境影响评价[D].北京:中国地质科学院,2023.

作者简介:王先琴(1989.8—),女,安徽省安庆市,汉族,硕士研究生,环境影响评价工程师,就职于安徽伊尔思环境科技股份有限公司,从事环境影响评价工作。

建筑门窗幕墙设计中绿色节能技术的运用

宣昊松

中国联合工程有限公司，浙江 杭州 310051

[摘要]在当下建筑工程这个范畴当中，门窗幕墙的设计情况对于建筑整体的设计水准以及施工品质有着颇为重要的影响作用。伴随着可持续发展这一理念以及绿色建筑设计理念持续不断地得到推广，把绿色节能技术运用到门窗幕墙设计之中已然成为行业后续发展的必然走向。文章针对当前建筑门窗幕墙设计环节所存在的各类问题，还有绿色节能技术的具体应用状况展开了较为系统的剖析，希望能够给门窗幕墙设计方面的优化以及后续发展给予一定的参考依据与借鉴内容。

[关键词]建筑门窗幕墙设计；绿色节能技术；技术运用

DOI: 10.33142/sca.v8i11.18698

中图分类号: TU228

文献标识码: A

The Application of Green and Energy-saving Technologies in the Design of Building Doors, Windows, and Curtain Walls

XUAN Haosong

China United Engineering Corporation Limited, Hangzhou, Zhejiang, 310051, China

Abstract: In the current field of construction engineering, the design of doors, windows, and curtain walls has a significant impact on the overall design level and construction quality of the building. With the continuous promotion of the concept of sustainable development and green building design, applying green energy-saving technology to the design of doors, windows, and curtain walls has become an inevitable trend for the subsequent development of the industry. The article provides a systematic analysis of various problems in the current design of building doors, windows, and curtain walls, as well as the specific application status of green energy-saving technologies. It is hoped that this can provide some reference and inspiration for the optimization and subsequent development of door, window, and curtain wall design.

Keywords: architectural doors, windows, and curtain wall design; green energy-saving technology; technology application

引言

全球能源短缺状况持续恶化，生态环境方面所承受的压力也在不断增大。建筑行业属于能源消耗量大以及碳排放较为突出的关键行业，所以其开展节能减排相关工作的程度一天比一天受到更多的关注。门窗幕墙在建筑外围护结构当中，是热量交换最为频繁的部位，同时它对能耗的影响也格外显著，其设计水准会直接影响到建筑整体的节能成效以及室内环境给人带来的舒适感受。不过在传统的建筑设计模式之中，门窗幕墙往往更加注重造型方面的呈现效果以及结构所具备的功能，对于节能理念的融入做得不够到位，这就使得建筑在实际运行期间出现能源浪费的情况比较严重。在绿色建筑以及‘双碳’战略这样的大背景之下，把绿色节能技术切实有效地运用到门窗幕墙的设计环节当中，这既是提高建筑节能效果的关键途径，也是促使建筑行业朝着绿色化、可持续化方向去转型的必由之路。绿色节能技术借助材料方面的优化操作、构造层面的改良举措、性能方面的提升手段以及智能化的控制方式等，可达成对建筑采光、通风、遮阳、保温等一系列关键功能的全方位强化，如此一来不但能够让建筑能耗得以降低，而且能够使室内环境得到改善，还能够在一定程度上推动

资源的节约以及生态的保护。鉴于此，针对建筑门窗幕墙设计里绿色节能技术所具有的主要意义、存在的各类问题以及具体的应用情况展开系统的探究，这对于推动建筑行业实现高质量的发展、达成低碳节能的目标而言，有着极为重要的理论层面以及实践层面的价值。

1 门窗幕墙设计使用绿色节能技术的主要意义

在门窗幕墙设计当中运用绿色节能技术，其意义颇为重要且影响长远。它可大幅度降低建筑方面的能耗。门窗幕墙属于建筑外围护结构里能量交换最为频发的区域，要是该部位在材料选取、保温隔热效果、气密性以及遮阳性能等方面都未能获得有效的把控，那么就会致使大量的冷热量白白流失掉，进而使得建筑空调、采暖系统的负荷不断增大，最终导致运行能耗有所提高。然而绿色节能技术借助优化结构方面的设计、选用高性能的节能材料并且提升系统整体的协同工作效率，便能够有效地减少能源出现浪费的情况，同时还能提高建筑的热工性能，从而从源头处达成节能的目标。绿色节能门窗幕墙对于改善室内环境的品质是有帮助的，能够提升居住以及使用的舒适程度。凭借科学合理的通风、采光以及遮阳设计，是能够实现对室内光热环境进行自然调节的，如此一来就能够减少眩光、

过热或者局部寒冷等这类问题的出现,进而为使用者营造出更为健康且舒适的居住空间体验。与此绿色节能的设计理念是契合当前建筑行业朝着绿色低碳方向去发展的大趋势的,其在推动建筑节能政策得以切实落地以及促进绿色建筑评价体系顺利实施等方面,均属于极为重要的内容。绿色节能门窗幕墙不单单有着明显的生态效益,而且还有着不错的经济效益,通过延长建筑的使用寿命、降低运行成本以及减少维护费用等方式,可为建设单位以及使用者带来长远的价值。

2 当前建筑门窗幕墙设计绿色节能技术问题

2.1 缺乏良好的绿色节能意识

在当下建筑门窗幕墙的设计进程里,绿色节能意识普遍有所欠缺,这已然成为限制行业实现可持续发展的重要问题之一。有一部分设计人员依旧把门窗幕墙当作传统意义上的围护构件来对待,他们过度着眼于外观造型方面的情况,又或者是在乎施工时的便利性,再或者是看重成本控制这一环节,然而却对其在建筑能耗控制方面所起到的作用、在室内环境调节方面发挥的效果以及在绿色建筑评价当中占据的关键位置都给忽视掉了。与之相伴的是,一些建设单位以及开发商对于绿色节能技术的关注度并不是很高,在项目立项之时、方案设计阶段以及成本预算期间都缺少节能方面的引导方向,如此一来便致使绿色节能设计常常处于被边缘化的状态,又或者是仅仅流于形式而已^[1]。除此之外,行业内部针对相关方面的培训以及宣传工作做得还不够到位,这就使得设计人员、施工人员以及管理人员对于绿色节能理念的认知、对于相关指标的理解以及对于其必要性的把握都不是很全面,对于节能材料、节能构造以及关键性能参数等方面也缺乏较为透彻的认识,进而形成了从认知层面到实际操作层面之间的脱节情况。

2.2 对绿色节能技术认识不足

在建筑门窗幕墙的设计实践活动当中,有一部分从业人员对于绿色节能技术的认知程度是不足的,而这恰恰是节能设计难以切实落实到实际当中的一个较为突出的问题。很多从事设计工作的人员对于节能技术的知晓情况仅仅停留在像材料方面的简单替换或者仅仅是简单地增加保温层这样的较为浅层次的认知层面,对于节能技术所具备的系统性、综合性以及科学性等方面并没有形成深入且细致的理解。比如说,他们对于节能玻璃所涉及的热工性能、遮阳系数以及可见光透射比等诸多关键指标了解得并不充分,在气密性设计、构造热桥处理以及幕墙系统的热工参数等相关内容方面也没有做到全面且准确地掌握,如此一来便很难在设计环节当中有效地将绿色节能技术予以整合运用。与此还有一部分人对于新型节能材料领域、绿色构造技术领域以及智能化节能控制领域等这些领域当中最新的发展动向了解得不够透彻,对于绿色建筑评价标准以及节能设计规范等相关规定也缺乏系统的去学习,

进而使得最终的设计成果常常会出现节能措施不够完善、技术应用不够精确以及节能效果不够明显等一系列问题。

2.3 对于门窗幕墙的设计机制不完善

在进行建筑的设计过程中,对于门窗幕墙的设计过程中需要较强的专业知识,尤其是门窗幕墙的绿色设计。需要完善的设计机制来做好对于门窗幕墙的设计。就目前在门窗幕墙的设计过程中,现有的设计管理机制的不完善,导致在建筑的门窗幕墙的设计过程中存在很多的问题,导致绿色设计理念的无法有效的应用。在进行设计的过程中主要的不完善的点体现在设计单位在进行设计时,缺乏有效的自主性,在进行设计时,需要考虑多方面的原因,首先就是项目的成本控制,如果在建筑的设计时,采用绿色的门窗幕墙的设计,需要考虑的是如果设计的方法和技术超出资金的成本,只能采取传统的方法进行设计。

2.4 门窗幕墙设计背离建筑整体实际

在实际开展工程相关工作的过程当中,门窗幕墙的设计往往呈现出一种背离建筑整体实际状况的情形,这种情况在现实里是比较常见的。具体而言,其主要体现为在设计工作的开展进程里面,缺乏那种整体层面的协调性,并且建筑系统之间也欠缺有效的衔接方式。有一部分设计方案在去确定诸如幕墙形式、材料类型、开启方式、遮阳构造以及采光通风策略等相关事项的时候,没有能够充分地将建筑功能定位、所在区域的气候特征、结构体系方面的限制情况以及机电设备的布置安排等诸多关键因素都纳入到考量范围之内,如此一来便致使门窗幕墙所具备的节能性能和建筑整体所设定的节能目标之间无法实现良好的匹配状态。比如说,在处于寒冷或者夏热冬暖这样的地区时,没有依据当地的气候条件来挑选与之相适宜的玻璃性能参数或者是幕墙构造形式;又或者当建筑的功能是办公、住宅、商业等不同类型的时候,却没有针对不同的使用需求做出相应的区分,进而也没有展开差异化的具体设计工作^[2]。除此之外,随着建筑造型愈发朝着复杂化以及个性化这样的趋势去发展的过程当中,有一些工程项目仅仅是为了迎合视觉方面的效果呈现,从而就忽视了节能方面的逻辑考量,这就使得门窗幕墙的比例关系、朝向情况、遮阳形式等方面和建筑所要求的热工性能之间出现了不一致的状况。

3 建筑门窗幕墙设计绿色节能技术地运用

3.1 选择绿色节能材料进行绿色节能设计

在建筑门窗幕墙设计时选用绿色节能材料,这不但是达成绿色节能目标的基本环节,而且是提高幕墙系统整体性能的重要方式。在挑选材料期间,需着重留意材料的热工性能、耐久性、环保性以及其给室内环境品质带来的影响。像玻璃、型材还有密封材料这些,它们会直接定夺门窗幕墙的隔热、保温、气密、水密以及遮阳成效。比如运用低辐射(Low-E)玻璃、中空玻璃、真空玻璃这类节能

型玻璃材料，能有效减少传热系数与太阳能得热系数，让保温隔热性能得以提高；选用断热铝合金、节能型钢结构或者高性能复合型材，可削减热桥效应，提升幕墙构件的热稳定性；采用环保型密封胶、节能型隔热条以及高性能保温材料，能够强化整体的气密性与隔声性能，进一步降低能量损耗。并且，绿色节能材料在生产及使用进程中环保性更出色，有着较低的能耗与污染排放，有益于提高建筑的绿色评价等级。

3.2 绿色节能技术在建筑门窗幕墙设计保温方面的应用

在建筑门窗幕墙设计环节，绿色节能技术于保温层面的应用有着关键作用，其属于能够显著削减建筑能耗并且提升室内热舒适度的重要举措之一。凭借选用高性能保温材料并优化构造设计，能够大幅度减少冷热量经由门窗幕墙所发生的传递情况。举例来讲，运用低传热系数的中空玻璃、真空玻璃，同时应用高效隔热断桥型材，如此便能有效地阻断构件彼此间的热桥效应，从根源处降低能量的损失。与此在幕墙系统当中合理设定保温层的厚度、连续性以及布局的位置，防止因为保温材料出现断裂、间断或者施工操作不妥当而引发的热量集中传导状况，这有益于提升整个围护结构的热稳定性^[3]。强化门窗幕墙的气密性设计同样属于保温的重要构成部分，借助优化框扇结合的部位、采用高性能密封胶条、提高构件加工的精度等手段，可以有效地减少因空气渗漏而产生的能量损失。除此之外，在不同的气候区域应当依据当地的温度、湿度、风压等特性，因地制宜地去挑选保温性能参数，以此确保幕墙系统既能够满足冬季保温方面的需求，又不会对夏季散热性能产生影响。

3.3 绿色节能技术在建筑门窗幕墙设计中采光通风的应用

在建筑门窗幕墙设计环节当中，绿色节能技术于采光以及通风方面所开展的应用，这无疑是在提升建筑自然环境的质量，并且减少对人工能源的依赖方面极为重要的一种手段。借助科学的方式来对窗墙比加以配置，同时去选择那种透光率颇高并且还具备节能性能的玻璃材料，像是高透光低辐射玻璃这类，如此一来便能够在最大程度上把自然光引入进来的同事，还能够有效地对太阳辐射得热进行把控，进而减少室内出现的眩光以及光污染情况，最终达成舒适与节能这两个方面的双重目标。与此在设计的过程之中，要充分地去考量建筑的朝向情况、外界的遮挡条件以及室内各项功能的需求状况，通过合理地去布置固定窗、开启扇、通风百叶还有高侧窗等各式各样的形式，以此来对自然通风的路径予以优化，促使空气流动的效率得以提升，这对于降低对空调的依赖程度以及改善室内的空气质量都是很有帮助的。在这样的一个基础之上，采用诸如可调式遮阳构件、智能调光玻璃、双层呼吸式幕墙等这

些绿色技术方面的手段，就能够依据外界光照以及风压的变化情况，自动地去对采光和通风量做出调节，进而实现主动式的环境调节效果。除此之外，在处于不同的地域气候条件之下时，通过对风向、温湿度以及日照条件展开相应的分析，依据具体的实际情形来确定采光与通风的设计策略，如此便能够更为精准地将自然光与自然风所具有的节能优势充分发挥出来。

3.4 绿色节能技术在建筑门窗幕墙设计遮阳方面的应用

在建筑门窗幕墙的设计环节当中，绿色节能技术于遮阳层面的应用，实则是对太阳辐射所导致的得热状况加以控制的关键举措，其能够促使室内热舒适度得以提升，并且能够让制冷能耗有所降低。借助科学的方式去设置外遮阳构件，像是水平遮阳板、竖向遮阳格栅、百叶幕墙、深窗套还有可调式遮阳系统等，如此一来便能够有效地抵挡高温季节那种强烈的直射阳光，进而减少太阳能热量进入到室内的程度，最终达成降低建筑空调负荷的效果^[4]。与此依据建筑朝向存在差异这一情况，合理地去设计遮阳的形式以及尺寸，比如说南向采用水平遮阳的方式，而东西向则采用竖向遮阳的方式，这样就能够达成更为高效的遮阳效果了。除此之外，运用高性能太阳能控制玻璃、智能调光玻璃、光致变色或者电致变色材料这类新型绿色节能技术，可以依据外界光照强度以及室内环境的需求来自动对透光率进行调节，在保证视觉舒适性的前提下降低光热增益，进而实现被动式与主动式遮阳相互协同的作用。对于玻璃幕墙建筑而言，还可以凭借双层幕墙系统来形成中空空气层，通过利用空气对流的方式来实现遮阳以及散热的功能，以此进一步提升节能的性能。

4 不同材质的隔热条及传热方式对门窗 U 值的影响

在建筑门窗幕墙的设计环节当中，绿色节能技术的应用情况主要呈现于降低门窗的热传导程度、对热工性能加以改善以及使 U 值得以降低等方面，其中，隔热条的材质状况以及传热的具体方式属于极为关键的因素。门窗型材往往选用铝合金或者钢材这类有着较高导热性的金属材料，而这类材料在室内与室外存在温差的情况下，较易形成所谓的热桥，进而使得热量的损失不断增加。为了让型材的隔热性能获得改善，一般会在型材内部设置隔热条，不同材质的隔热条以及它们各自的传热方式，对于门窗 U 值所产生的影响是比较显著的。穿条式隔热条通常是利用塑料或者复合材料来制作而成的，其会直接贯穿型材的内外框部分，具备结构较为简单且施工起来也相对方便的特点，不过由于隔热条自身依旧具备一定的导热性，热量还是能够沿着条体进行传递，所以其对于门窗整体 U 值的降低所起到的效果是有一定限度的。与之相比，注胶式隔热条则是借助在型材内腔注入低导热性的胶体材料，像聚

氨酯或者改性塑料这样的材料,以此在型材内部构建起连续的隔热层,可以有效地将金属型材之间的热桥阻断掉,从而大幅降低型材的传热系数,促使门窗整体U值进一步地降低下来,达成更为优质的节能效果,不过对于施工工艺以及安装质量的要求就会相对比较高一些。将这两种隔热条综合起来进行比较的话,注胶式隔热条在降低传热系数以及提升节能性能这两个方面,明显要比穿条式隔热条要更加出色。所以在门窗幕墙的设计过程中,应当依据材料自身的特性、结构所呈现的形式以及节能方面的具体需求,去挑选最为合适的隔热条类型,进而实现最为理想的绿色节能效果。

5 结语

建筑门窗幕墙设计中运用绿色节能技术,可有效提高建筑的热工性能、采光通风效率以及室内舒适度,还能大幅降低建筑运行能耗,达成节能减排目的。在实际设计环节,借助合理选材、优化结构、科学布局以及智能调控等手段,门窗幕墙能充分释放其在建筑节能体系里的关键作用。

并且,绿色节能设计理念得以推广,促使建筑行业朝着可持续发展道路转变,提升了建筑的环境价值与经济效益。未来,伴随新型节能材料及智能化技术持续发展,门窗幕墙设计会更加看重系统化、科学化与高效化,为实现绿色建筑与低碳社会目标给予有力支持。

[参考文献]

- [1] 郑征.建筑门窗幕墙设计中的绿色节能技术[J].中华建设,2023(5):114-116.
- [2] 朱登飙.建筑门窗幕墙设计中的绿色节能技术探讨[J].门窗,2017(2):6-9.
- [3] 孙明正.建筑门窗幕墙设计中绿色节能技术的运用[J].住宅与房地产,2022(13):116-118.
- [4] 张小迪.建筑门窗幕墙设计中的绿色节能技术分析[J].城市建设理论研究(电子版),2019(1):148.

作者简介:宣昊松(1991.8—),男,汉族,籍贯:河南周口,职称:工程师,学历:本科,研究方向:建筑艺术设计。

工业恶臭废气治理技术与管理探讨

姚继妍

杭州中美华东制药有限公司, 浙江 杭州 310000

[摘要]在工业生产过程中,会有工业恶臭废气排放,属于一类气态污染物,不仅会引起人体嗅觉不适,还会对生态环境和人体健康造成极大危害。工业恶臭废气的来源较为广泛,涉及垃圾处理、养殖、制药、化工以及食品加工等行业,同时气体成分较为复杂,包括甲硫醇、硫化氢以及三甲胺等,并表现出扩散性强与嗅阈值低等特点,影响范围较为广泛。在公众环保意识持续提升的背景下,为了充分保护生态环境,需要加强工业恶臭废气治理和管控,合理采用先进的治理技术,并加大管理力度,使工业污染防治水平得到提升。

[关键词]工业恶臭废气;负面影响;治理技术;管理对策

DOI: 10.33142/sca.v8i11.18694 中图分类号: X701

文献标识码: A

Discussion on the Technology and Management of Industrial Odor Waste Gas Treatment

YAO Jiyan

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

Abstract: In the process of industrial production, there will be industrial odorous waste gas emissions, which belong to a class of gaseous pollutants. They not only cause discomfort to the human sense of smell, but also pose great harm to the ecological environment and human health. Industrial odorous waste gas has a wide range of sources, involving industries such as garbage treatment, aquaculture, pharmaceuticals, chemical industry, and food processing. At the same time, the gas composition is relatively complex, including methyl mercaptan, hydrogen sulfide, and trimethylamine, and shows strong diffusion and low odor threshold characteristics, with a wide range of impacts. Against the backdrop of the continuous improvement of public environmental awareness, in order to fully protect the ecological environment, it is necessary to strengthen the treatment and control of industrial odorous waste gas, adopt advanced treatment technologies reasonably, and increase management efforts to improve the level of industrial pollution prevention and control.

Keywords: industrial odorous waste gas; negative impact; governance technology; management strategies

引言

工业恶臭废气来源于多个行业,且有着复杂成分,包含挥发性有机物、硫化氢等气体,嗅阈值相对较低,具有较强的扩散性,除了会对人体健康造成危害以外,还会产生环境污染问题。因此,需要对工业恶臭废气加大治理力度,有针对性地采用治理技术,并做好管理工作,使废气治理水平得到提高。本文针对工业恶臭废气治理技术展开分析,介绍了工业恶臭废气的负面影响,探讨了治理技术要点,并提出具体的管理对策。

1 工业恶臭废气的负面影响

1.1 危害人体身心健康

工业恶臭废气对人体有着长期性和系统性危害,与高浓度恶臭废气短期接触,会对人体呼吸、神经、消化等系统造成刺激,并引发一系列不适症状,包括失眠、头痛、恶心以及咳嗽等。如果人体在低浓度恶臭环境中长期暴露,会导致人体免疫力下降,并增大心血管疾病、呼吸道疾病等风险。与此同时,恶臭异味会对人们的情绪状态产生影响,并引起焦虑和烦躁等负面情绪,导致人们的生活幸福

感与工作效率有所下降,会严重影响到其心理健康。

1.2 破坏生态环境平衡

工业恶臭废气中包含有害物质,并借助雨水冲刷与大气沉降等途径,在水体、土壤中进入,会严重破坏土壤微生物群落与水生生物生存环境,导致生态系统能量流动、物质循环受到影响。例如,硫化氢在水中溶入后,会有酸性溶液形成,并导致土壤与水体酸化,并造成农作物减产与鱼类死亡。在水体进入氨类物质后,会造成水体富营养化,并有藻类滋生,导致水生生态平衡被破坏。除此之外,部分恶臭气体为挥发性有机物,作为前体物可以形成二次污染物,导致大气污染程度明显加剧。

1.3 扰乱社会生产生活秩序

工业恶臭废气扩散表现出无边界性特点,在工业企业排放恶臭废气后,将会在风力影响下向周边居民区扩散,使周边群众产生强烈不满,增加了企业和居民间的矛盾问题。一旦出现纠纷问题,除了会对居民正常生活产生影响,还会对企业生产经营秩序造成干扰,甚至容易出现群体性事件,不利于社会稳定发展。除此之外,恶臭污染会导致

周边区域宜居性有所下降，对区域发展造成极大影响^[1]。

2 工业恶臭废气治理技术要点

2.1 源头控制技术

在恶臭废气治理过程中，源头控制是其根本途径，需要借助工艺优化，使恶臭污染物产生量得到减少，并具有无二次污染、高效率以及低成本的优势，在工业恶臭废气治理中是一类优选方法。在清洁生产工艺改造过程中，应确定恶臭产生的关键环节，并合理运用低排放和低污染的全新工艺，确保对传统工艺有效替代。例如，化工行业应合理运用密闭式反应釜，合理替代开放式反应装置，使物料挥发量得到减少。对于制药行业，应合理运用生物发酵工艺，使菌种选育得到优化，使发酵期间硫化氢和氨的释放量得到降低。养殖行业应合理运用清粪工艺，对水冲粪工艺加以替代，使粪污厌氧发酵过程中恶臭气体的产生量得到减少。在原料替代方面，应合理选择无臭或者低臭原料，对高臭原料进行替代，在源头上使恶臭污染物生成量得到降低。例如，在实际生产胶黏剂和涂料时，应正确使用水性原料，对溶剂型原料加以替代，使挥发性有机物的排放量得到减少。金属加工行业应合理采用无磷除油剂，对含磷除油剂加以替代，防止由于磷酸盐分解而有异味产生。在密闭收集和负压控制过程中，需要密闭处理容易产生恶臭废气的储存设施与生产设备，包括密封盖与密闭罩的安装，并要配备负压抽风系统，集中收集逸散恶臭气体，避免出现无组织排放情况。在负压控制层面，应做好风压、风量的设计工作，使密闭空间内有微负压形成，避免出现废气泄漏问题^[2]。

2.2 过程控制技术

工业恶臭废气的过程控制，需要预处理还未排放的恶臭废气，具体包括生物、化学、物理等方法，使废气中的污染物浓度得到降低，使末端治理负荷得到缓解，可以在中低浓度恶臭废气预处理环节中加以运用。首先，物理吸附法，应采用多孔结构，包括硅胶、沸石分子筛以及活性炭等吸附剂，确保对废气当中的恶臭分子有效吸附。此类方法的操作相对简单，使用成本也相对较低，可以在大风量、低浓度的恶臭废气处理中应用，包括实验室有机废气、食品加工厂油烟异味等。对于吸附剂的使用，其存在饱和问题，应定期更换，避免降低吸附效率。其次，对于化学洗涤法，应在洗涤塔中通入恶臭废气，并与化学吸收液进行氧化和中和反应，将污染物充分去除。例如，可以通过氢氧化钠溶液对酸性恶臭气体充分吸收，包括钾硫醇与硫化氢等，或采用硫酸溶液对碱性恶臭气体加以吸收，包括三甲胺以及氨等。此外，还可以采用次氯酸钠溶液，使还原性恶臭物质得到氧化处理。化学洗涤法具有较高的处理效率，且反应速度相对较快，可以在较强水溶性与中高浓度的恶臭废气中加以运用，但需要定期添加吸收液，并合理处理洗涤废水。最后，可以采用生物滴滤或者滤池法，

充分利用微生物代谢作用，合理分解恶臭污染物，使其转变为水、二氧化碳、无机盐。在生物滴滤池当中，应合理填充多孔填料，包括木屑与陶粒等，在填料表面附着微生物，确保形成生物膜。通过在填料层应用微生物，可以有效降解废气中的污染物。生物滤池填料包括堆肥与土壤，对容易降解和低浓度的恶臭气体处理较为适用。此类方法具有绿色环保特点，且运行成本相对较低，可以在中低浓度恶臭废气治理中合理运用，但容易受到环境因素带来的影响，包括 pH 值、湿度、温度等，具有较长的启动周期^[3]。

2.3 末端治理技术

在末端治理过程中，应加强源头与过程控制，并在废气达标后实施深度处理，确保与我国标准相符合，为工业恶臭废气治理建立防线，可以在难降解与高浓度的恶臭废气处理中加以运用。首先，对于催化氧化法，可以通过催化剂使氧化反应的活化能力得到降低，并在低温环境下氧化分解恶臭污染物，使其转变为无害物质。比较常见的催化剂，包括贵金属与非贵金属两种类型的催化剂，可以对挥发性有机恶臭气体以及硫化氢等有效处理。催化氧化法具有较高的处理效率，且没有二次污染问题，但催化剂容易受到废气杂质带来的影响，进而出现中毒问题，需要定期更换催化剂。其次，在等离子体法应用过程中，可以借助高压放电产生活性粒子，包括自由基以及高能电子，并碰撞恶臭分子，导致化学键被破坏，有效降解污染物。此类方法在多组分和低浓度恶臭废气处理中较为适用，不仅设备体积相对较小，且具有较快的反应速度，但能耗水平相对较高，在高浓度废气处理时容易有臭氧产生。最后，对于焚烧法，应在焚烧炉中通入恶臭废气，并在高温环境下充分燃烧和分解，可以在烃类、醚类以及醇类恶臭废气中合理运用。焚烧法的处理较为彻底，能够完全矿化污染物，但具有较高能耗，容易产生二次污染物，因此需要合理配备脱硝装置。

3 工业恶臭废气治理的管理对策

3.1 建立源头管控机制

在工业恶臭废气治理过程中，应健全源头管控机制，做好恶臭源的排查和评估工作。从企业角度展开分析，应针对工业生产期间的恶臭排放源展开全面排查，具体包括有组织与无组织两种排放源，包括排气筒、车间门窗以及原料堆场等，可以对不同排放源的污染物种类、排放量、浓度、影响范围加以明确，并科学制定恶臭源清单与档案。结合排查结果，可以充分评估恶臭污染风险，并对关键管控节点准确识别。与此同时，企业应科学制定清洁生产实施方案，在清洁生产审核范围内纳入恶臭废气治理，定期评估清洁生产，采取工艺优化、原料替代以及设备更新等措施，在源头上使恶臭污染物的产生量得到减少。在新建、扩建、改建项目中，应对环境影响评价制度严格执行，确保可以同步设计恶臭治理设施和主体工程，并保证同步施

工和投产。

3.2 强化过程监管

在工业恶臭废气治理期间,应保证治理设施选型和运维的规范性。企业应结合恶臭废气风量、浓度以及成分等参数,合理选用治理设备与技术,避免在治理时采用“一刀切”方式。与此同时,应针对治理设施合理构建运维管理制度,定期巡检、保养和维护设备,使吸附剂、洗涤塔、风机保持稳定的运行状态,防止由于设施低效运行或者停运而出现超标排放问题。此外,还应加强无组织排放管控,具体包括废水处理、物料输送以及原料储存等环节,合理采取覆盖、喷淋、围挡以及密闭等措施,使废气逸散量得到减少。例如,可以将呼吸阀、气相平衡管安装到原料储罐,做好废水池的加盖密封处理,并配备相应的废气收集系统。对于厂区道路以及堆场,应做好洒水降尘处理,使异味扩散程度得到降低。

3.3 完善末端监测体系

在工业恶臭废气末端治理时,应安装在线监测设备,确保对污染物排放浓度实时监测,并有效联网生态环境部门的监控平台,确保获得准确、真实的监测数据。在无组织排放源治理过程中,应使用便携式的监测设备,定期开展巡检工作,对厂区恶臭浓度变化加以掌握。与此同时,应采取人工嗅辨和第三方检测等方法。恶臭气体成分相对复杂,仅凭仪器无法监测所有污染物,可以通过人工嗅辨法做出辅助判断。企业应对第三方检测机构加以委托,定期检测恶臭气体排放浓度,并对厂区展开嗅辨测试,使气体排放满足相关标准。企业应健全监测网络,实时监测废气排放口的风量与特征污染物浓度,并和环保部门充分联网。除此之外,应健全预警和应急机制,对恶臭污染物浓度科学设定预警阈值,一旦监测数据超标,可以自动触发预警信号,并实施应急处置流程。管理人员应为恶臭污染制定应急预案,确定应急响应程序,合理采取处置措施,明确责任人员,确保对突发的恶臭泄漏事件有效应对^[4]。

3.4 强化政策监管与标准约束

在工业恶臭废气排放治理方面,应合理构建排放标准体系,为不同行业制定恶臭污染物的排放标准,对特征污染物限值、排放要求、监测方法加以明确,使行业标准的空白部分得到填补。与此同时,应保证严格执法和监督检查,对恶臭污染企业加大执法力度,并健全监管模式,依法处罚存在超标排放和无组织排放的企业。针对恶臭污染应建立投诉快速响应机制,对群众举报及时进行处置。此外,应加强政策激励和引导,当企业运用先进的治理技术时,应为其给予税收优惠和补贴支持,做好第三方治理模式的推广,使环保公司得到鼓励,使其充分参与到恶臭废

气治理工作当中。

3.5 落实企业主体责任

企业在工业恶臭废气治理期间,应对其主体责任加以落实,合理构建全流程管理制度。在实际开展治理工作时,应合理制定专项方案,明确责任部门与操作规范,加强源头控制、末端治理以及过程管控。同时,企业在生产管理体系中纳入恶臭治理工作,确保同步开展生产和治理工作。在治理设备使用过程中,应定期开展维护和保养工作,及时将耗材更换,包括催化剂与吸附剂等,保证设备运行的稳定性。企业应组织操作人员,做好技术培训,确保可以充分掌控治理工艺。此外,企业应全面推进清洁生产、循环利用等技术,结合清洁生产审核和恶臭治理,并改进工艺,做好资源回收,使污染物产生量得到降低。在恶臭废气治理期间形成的副产物,包括废吸附剂以及吸收液等,并做好合规处置,或者实现副产物的资源化利用,防止出现二次污染问题^[5]。

4 结束语

综上所述,工业恶臭废气治理具有系统性的特点,应在源头上加强控制,并做好过程控制与末端治理,根据企业实际情况和行业特点,科学合理地选用治理技术。与此同时,应在恶臭废气治理流程中健全管理体系,使企业主体责任得到强化,健全政策监管机制,确保可以长效管控恶臭废气。在治理过程中,工作人员应明确治理技术要点,保证各类治理技术的应用效果,并采取科学有效的管理措施,提升工业恶臭废气治理成效,使大气环境得到改善,提高环境保护和治理水平,充分保障人们的身体健康,促进社会的长期稳定发展。

【参考文献】

- [1]张亚飞,李亚飞,李学辉,等.治理工业恶臭废气用简易型蓄热催化燃烧装置[J].山东化工,2025,54(1):254-256.
- [2]谢卓绮.工业污水处理厂恶臭废气问题及其大气环境影响评价分析[J].皮革制作与环保科技,2025,6(17):116-118.
- [3]金成刚,李建鹏,宋磊,等.双介质阻挡放电等离子体协同催化降解恶臭废气技术研究 [J]. 节能技术,2023,41(1):89-92.
- [4]王家德,周梁旭,包尤思.废气生物净化技术进展及其在异味治理中的应用 [J].中国环保产业,2023(11):56-61.
- [5]王伟.浅谈工业废水处置中的废气治理技术及经济性分析 [J].中国化工贸易,2024(6):46-48.

作者简介: 姚继妍 (1991.3—), 女, 籍贯: 黑龙江省齐齐哈尔市, 职称: 中级工程师, 职务: 主管, 毕业时间: 2014.06, 毕业院校: 哈尔滨石油学院, 学历: 本科, 学位专业: 环境工程, 研究方向: 环保管理, EHS 管理。

中小型工厂电气照明节能改造的实用技术

李冬生

中国电子系统工程第四建设有限公司, 河北 石家庄 050000

[摘要]能源的浪费不仅增大了电力负荷, 而且增加了企业的运营成本, 对经济的建设和生态环境的保护都不利。为解决中小型老旧工厂照明系统普遍存在的高能耗、低能效难题, 文中对照明系统的能耗特征及现存问题进行深入剖析, 从高效光源替代技术、智能控制策略方面着手探索中小型工厂电气照明节能改造的实用技术, 研究表明, 将 LED 光源与智能感应控制进行组合应用可以降低能耗, 以供参考。

[关键词]中小型工厂; 电气照明; 节能改造; LED 光源; 智能控制

DOI: 10.33142/sca.v8i11.18693 中图分类号: TM727 文献标识码: A

Practical Technology for Energy-saving Renovation of Electrical Lighting in Small and Medium-sized Factories

LI Dongsheng

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

Abstract: The waste of energy not only increases the power load, but also increases the operating costs of enterprises, which is detrimental to economic construction and ecological environment protection. In order to solve the common problems of high energy consumption and low energy efficiency in lighting systems of small and medium-sized old factories, this article deeply analyzes the energy consumption characteristics and existing problems of lighting systems. Practical technologies for energy-saving transformation of electrical lighting in small and medium-sized factories are explored from the aspects of high-efficiency light source replacement technology and intelligent control strategy. Research shows that combining LED light sources with intelligent sensing control can reduce energy consumption and provide reference.

Keywords: small and medium-sized factories; electrical lighting; energy-saving renovation; LED light source; intelligent control

引言

随着能源需求总量持续上升, 能源短缺问题越来越突出, 此时, 解决问题的重点应放在加大照明技术研发投入上, 依靠科技创新推动能效提升和资源节约, 有效缓解电力供需矛盾, 提高电力保障能力^[1]。根据国家电力主管部门的规范性要求, 在推进照明节能技术应用的过程中, 必须保证符合视觉工效学标准, 维持正常作业所需的照明质量^[2]。工业生产总成本中, 能源消耗占比大, 电气照明作为工厂运行基础保障, 能耗约占工业总能耗 15%~20%。中小型工厂照明系统因建设久、投资有限等, 普遍存在光源能效低等问题。国家“双碳”战略下, 其照明节能改造是降本增效重要途径。中小型工厂对节能改造技术实用性等要求更高, 研究适配中小型工厂需求的照明节能改造实用技术对于降低工厂的能耗支出、提高工厂的总体经济效益意义重大。

1 中小型工厂电气照明系统能耗特征与现存问题

照明系统主要能耗构成对于工厂照明系统来说, 主要的能耗部分包括灯光自身能耗、灯光控制系统能耗、配电系统能耗等。其中灯光的能耗是最大的一部分, 灯光是耗电的主要设备, 在其开启工作状态下会产生大量的电能消

耗, 不同的灯光灯具设备其耗电量也不尽相同, 比如荧光灯、高压钠灯、LED 灯等照明设备^[3]; 灯光控制系统是控制灯光开启关闭的重要设备, 常见的灯光控制系统包括传感器、控制器等, 其自身在开启工作状态时也需要消耗一定的电能; 此外, 配电系统能耗也较大, 电能由电缆/电线传输, 在传输过程中也会产生较大的能量损耗, 同时配电设施包括变压器等设施, 其工作时也会消耗一定的电能。

中小型工厂照明系统呈现出以下显著的能耗特征, 运行时间长, 且能耗密度居高不下, 多数区域的能耗水平超出国家相关标准, 能耗分布极不均衡, 生产车间的能耗占比高。中小型工厂现有照明系统存在以下几大核心问题, 光源的选型比较陈旧, 多采用白炽灯、高压汞灯、普通荧光灯等, 不仅导致光效低下, 能耗高, 而且传统低效光源使用周期较短。控制方式单一, 采用手动开关的方式, 无法结合现场的光照强度、生产状况、人员流动对照明状态进行动态调整, 造成能源浪费。在线路设计方面存在不合理的情况, 导致线损率高, 同时线路的老化问题存在一定的安全隐患。照明布局不科学, 存在照明死角与过度照明现象, 加之, 对照明系统缺乏有效的维护管理, 未及时处理光源衰减、灯具积尘等问题, 导致照明效率进一步降低。

2 中小型工厂电气照明节能改造核心实用技术

2.1 高效光源替代技术

2.1.1 LED 光源替代技术

高效光源替代是照明节能改造基础,核心是用光效高、寿命长、显色性好的光源替代传统低效光源,降低单位面积照明功率。结合中小型工厂需求,LED 光源优势明显,是首选。实施要点:依场所选合适参数 LED 光源。生产车间选 30-50W、光效 $\geq 120\text{lm/W}$ 、 $\text{Ra} \geq 85$ 的 LED 工矿灯;办公区域选 10-20W、光效 $\geq 110\text{lm/W}$ 、 $\text{Ra} \geq 90$ 的 LED 面板灯;仓库选 20-30W、光效 $\geq 110\text{lm/W}$ 的 LED 投光灯。选防护等级 $\geq \text{IP54}$ 的灯具。基于原光源功率与效果,用“功率匹配法”合理确定替换比例。安装与原灯具尺寸匹配,可利用支架直接替换,不匹配则换专用支架。安装后检测照度,确保均匀度 ≥ 0.7 ,眩光值 $\text{UGR} \leq 22$ 。

2.1.2 节能荧光灯升级技术

资金预算有限的中小型工厂,可用节能荧光灯(如 T5、T8 型三基色荧光灯)替代传统白炽灯、普通荧光灯,其光效 70~90lm/W 低于 LED,性价比高。在照明系统升级改造中,应精选显色指数(Ra)不低于 80 且光衰性能优异的三基色荧光灯管,色彩还原度高,照明质量稳定。同时建议采用电子镇流器替代传统电感镇流器,电子镇流器功耗 $\leq 3\text{W}$ 、功率因数 $\cos\varphi \geq 0.95$,无频闪,提升照明环境的舒适度与能效水平。为了确保在不同电网条件下的稳定运行,所选电子镇流器应具备宽电压适应能力,工作电压范围 180~240V,此特性仅需更换镇流器与灯管即可完成升级,无需对原有线路进行大规模调整,仅通过换镇流器与灯管即可,不仅简化操作流程,缩短施工周期与难

度,同时可降低改造成本。

2.2 智能照明控制系统技术

2.2.1 系统架构设计

智能照明控制系统采用数字化架构与模块化设计理念,具有多维度智能化管控的特点^[4]。各功能单元能够利用集成总线与中央控制系统进行实时数据交互,显著提高了运行稳定性和响应可靠性。其核心优势主要体现在以下方面:一方面,系统可以根据空间功能属性、时段划分和环境照度参数实现动态光环境调控,采用预设场景模式和辅助控制策略使调光目标更加精细化;另一方面,系统采用标准化串口协议,与家用配件接口规范(Accessory Interface Specification, AIS)中央控制器无缝对接,支持跨系统网络化集成扩展,实现多区域协同控制^[5]。智能照明控制系统可感知环境与生产工况,动态调光实现“按需照明”,是降能耗、提智能的关键技术。针对中小型工厂,推荐分布式智能控制系统,其架构简单、成本低、易安装维,系统架构如图 1 所示:

感知模块: 系统含光照传感器(精度 $\geq 1\text{lx}$,量程 0~2000lx)、微波人体感应传感器(感应距离 0~8m,角度 120°)及时间控制器,分别用于监测光照、人员活动并预设照明时段、适配工厂分班生产需求。

控制模块: 采用“中央控制器+分区控制器”分布式结构,中央控制器接收感知信号生成指令,分区控制器管理特定区域照明,实现分区独立控光、避免能耗浪费。

执行模块: 含 LED 驱动电源(恒流驱动,效率 $\geq 90\%$,功率因数 ≥ 0.95 ,可调光)与继电器开关(控制非调光光源的启停)。

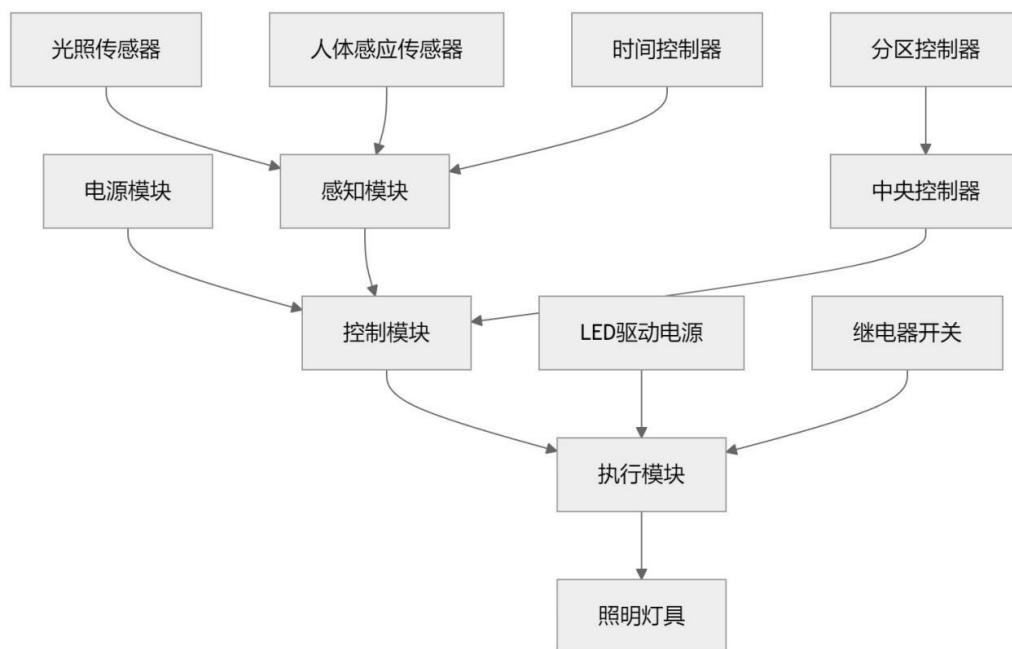


图 1 分布式智能照明控制系统架构图

电源模块：采用开关电源设计，为系统提供 12V/24V 稳定直流电，输入电压 180~240V，适配工厂电网波动。

2.2.2 控制逻辑设计

结合工厂不同区域的照明需求实施精细化的智能照明控制策略，如针对生产车间，生产时段采用“光照强度-人体感应-时间参数”三维度联动控制机制，即环境光强度低于预设阈值可以自动启动照明。在人员离场 15min 后自动调暗至 30% 照度，当光强度回升至 500lx 以上时，分级关闭 30% 灯具，维持基础照明；非生产时段关闭所有常规照明，仅保留应急照明回路。在仓库区域，采用热释电红外传感器与超声波传感器复合检测技术，对人员的移动实现精准识别，在人员进入感应区后，自动开灯，人离 10min 后关灯。在办公区域采用“光照感应+手动控制”模式。当环境光强度低于 100lx 时，系统自动开启照明；同时，为充分满足人员的个性化用光需求，人员可通过手动开关对当前照明状态进行灵活调整。

2.2.3 安装与调试要点

智能照明控制系统安装调试影响着系统的稳定性与节能效果，在安装过程中将光照传感器安装于室内无遮挡的合适位置，注意避开直射光源，避免因直射光导致传感器接收的光强度数据失真，对照明设备的智能调控造成影响。人体感应传感器安装在目标区域的入口位置或者通道侧方，可以及时准确地检测到人员进出与移动情况。时间控制器与中央控制器安装在控制室或者配电箱内，在安装的过程中要采取有效的防尘防潮等干预措施。系统线路敷设时，应选用规格不低于 RVV 1.5mm² 的铜芯导线，这种导线抗干扰、导电性能比较强，可以有效确保信息传输的准确性与稳定性。与此同时，照明控制线路必须与照明线路严格分离敷设，避免因不同线路之间的电磁干扰而对照明设备的正常运行造成影响。此外，系统的接地电阻应严格控制在 $\leq 4\Omega$ 的范围。完成传感器和执行模块的安装后，需进行单点调试，确保其处于正常工作状态。单点调试合格后，进行系统联调，验证传感器信号的采集与传输、控制器的决策与指令下达、执行模块的执行效果等环节之间的协同工作情况，基于实际情况，对系统参数进行优化调整，以确保系统可以达到最理想的节能运行状态。试运行 72h，记录数据确保无故障。

2.3 照明线路优化技术

2.3.1 导线截面优化选择

导线截面过小会导致电阻显著增大、线路损耗攀升，若导线截面过大不仅会造成材料的浪费，而且还会增加建设成本。鉴于此，以照明线路的负荷电流以及敷设距离为依据，合理选择导线截面。推荐采用“经济电流密度法”进行精确计算，公式如下：

$$S = \frac{I}{J} \quad (1)$$

其中，导线截面 S (mm²) 计算公式涉及线路负荷电流 I (A) 与经济电流密度 J (A/mm²)，铜芯导线 J 取 2.5~3.0A/mm²。同时，线路需满足电压损失要求，照明线路电压损失率应 $\leq 5\%$ ，其计算公式为： $\Delta U\% = (\sqrt{3} \times I \times R \times \cos\phi) / U_N \times 100\%$ (R 为线路电阻， Ω ； $\cos\phi$ 为功率因数； U_N 为额定电压，220V)。经计算，敷设距离超 50m 的照明线路， S 应不小于 2.5mm²；小于 50m 的线路， S 可选 1.5mm²。

2.3.2 线路敷设方式优化

不同敷设方式影响线路散热与电阻损耗，中小型工厂照明线路推荐：车间照明用阻燃桥架敷设，远离高温及强干扰源，导线整齐排列间距 $\geq 2\text{cm}$ ；办公与仓库用 PVC 阻燃管穿管敷设，导线总截面积不超管内 40%。减少接头，接头压接或焊接，定期检查，确保绝缘电阻 $\geq 0.5M\Omega$ 。

3 节能改造效果

以某中小型工厂照明改造项目为例，用本文改造技术模拟评估节能效果。该厂车间照明原用高压汞灯，改造方案为换用 LED 工矿灯，安装分布式智能照明控制系统，优化照明线路，安装光导照明系统。模拟计算显示，改造后能耗降低率较高，年节能收益可观，改造初始投资涵盖灯具、系统及线路优化等费用，投资回报周期短，具备良好推广应用价值。

4 改造技术实施规范与注意事项

4.1 实施规范

为保障中小型工厂照明显能改造顺利及工程质量，制定规范如下：改造前全面调研照明系统现状并绘图；改造设计方案结合区域需求，明确光源、智能控制、线路优化、自然光利用等，保证改造设计符合《建筑节能与可再生能源利用通用规范》(GB 55015—2021) 和《建筑照明设计标准》(GB/T 50034—2024) 等相关规范和标准的要求；施工前对人员进行培训，以确保在施工过程中人员可以严格按照设计方案进行操作，确保安装牢固、连接规范、位置合理，完工后做安全检测。验收工作将全面覆盖照明质量评估、能耗效率检测以及系统稳定性测试等多个关键维度，合格后出报告，并提供技术资料与维护手册。

4.2 注意事项

在推进照明显能系统改造过程中，严格遵循安全第一的原则，在施工的过程中应该将照明系统的电源切断，并在明显的位置悬挂“禁止合闸”标识，以免发生触电事故。改造的照明系统必须要符合国家电器的安全标准，同时要配备完善的短路保护、过载保护等安全功能，以此提高系统运行的稳定性与安全性。严格秉承照明质量优先的理念，在改造的过程中精准把控照明的均匀度，确保改造后的各个区域照明指标能够严格符合生产与办公的实际需求。同时，建立照明系统的维护制度，安排专业人员定期对照明灯具进行全面的清洁，以免因灰尘的堆积而对照明效果造

成影响^[6]。同时需要检查线路的牢固性以及传感器的灵敏度,及时发现潜在问题,及时更换,确保照明系统改造后效果长期稳定。此外,对于资金相对有限的中小型工厂在照明节能改造时建议采取分步实施改造的策略,优先改造能耗占比处于较高水平的生产车间,再逐步推广至仓库、办公区域等其他场所,通过这种循序渐进的方式降低一次性投资压力,推动改造工作有序、平稳开展。

5 结论与展望

本文聚焦于中小型工厂电气照明系统的节能改造技术研究,对当前该领域所存在的问题进行了深入剖析,并以此为依据提出了一系列改造策略,例如智能控制系统的集成、高效光源的替代应用、线路布局的优化升级,可以有效实现能耗降低的目的,并且投资回报周期缩短,彰显了其显著的经济效益与实用性。此外,本文研究对改造过程中的实施规范以及关键注意事项进行了详细的阐述,以便为中小型工厂的电气照明系统节能改造提供了全面而详尽的技术指导。

未来中小型工厂照明节能改造可融入人工智能、大数据、物联网等智能化技术^[7],以此实现照明系统的精细化管理与智能调控。同时可以构建基于云端的综合管理平台,可以实时远程监控、故障预警、及时分析、及时干预,进一步提升节能效果与管理效率。以工厂的空间布局、生产流程、照明需求为依据,制定个性化的照明节能方案,精

准对接实际需求。此外,强化新能源的融合应用,充分利用工厂房顶等闲置空间部署光伏发电系统,从而减少对传统电网的依赖,降低碳排放,为“双碳”目标的实现提供有力支撑。

[参考文献]

- [1] 张群.工业建筑电气节能设计研究[J].建筑节能,2020,11(5):34-38.
 - [2] 王飞.智能照明控制系统在工业建筑中的应用[J].自动化与仪表,2019,11(12):67-70.
 - [3] 孙子懿.电气照明节能设计在智能照明控制系统中的应用[J].林业科技情报,2020,52(1):113-115.
 - [4] 毛科学.建筑电气照明节能设计方法[J].电气技术与经济,2022(4):72-74.
 - [5] 袁力,盛开,王永光,等.建筑电气照明系统节能优化设计[J].光源与照明,2024(9):207-209.
 - [6] 武文龙.智能照明控制系统在电气照明节能设计中的应用分析[J].住宅与房地产,2021(21):92-94.
 - [7] 张浩波.基于物联网的工厂智能照明控制系统研究[D].杭州:浙江科技学院,2023.
- 作者简介: 李冬生 (1983.10—), 毕业院校: 燕山大学, 所学专业: 控制理论与控制工程, 当前就职单位: 中国电子系统工程第四建设有限公司, 职务: 化工石化工程设计院电气工程师, 职称级别: 高级工程师。

工业循环水系统水质稳定控制技术研究

丛明

中国电子系统工程第四建设有限公司, 河北 石家庄 050000

[摘要]工业循环水系统对工业生产至关重要, 其水质稳定性影响设备运行、寿命及安全。文中针对系统存在的腐蚀、结垢、微生物滋生问题, 阐述了水质稳定控制理论, 分析了多种控制技术特点与适用场景。研究表明单一技术难满足需求, “源头+过程+智能监测”的复合技术体系是关键, 研究成果可为系统优化设计与工程应用提供支撑与参考。

[关键词]工业循环水; 水质稳定; 腐蚀控制; 微生物处理; 智能监测

DOI: 10.33142/sca.v8i11.18686

中图分类号:

文献标识码: A

Research on Water Quality Stability Control Technology for Industrial Circulating Water System

CONG Ming

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

Abstract: Industrial circulating water systems are crucial for industrial production, as their water quality stability affects equipment operation, lifespan, and safety. The article elaborates on the theory of water quality stability control and analyzes the characteristics and applicable scenarios of various control technologies to address the problems of corrosion, scaling, and microbial growth in the system. Research has shown that a single technology is difficult to meet the needs, and the composite technology system of "source+process+intelligent monitoring" is key. The research results can provide support and reference for system optimization design and engineering applications.

Keywords: industrial circulating water; stable water quality; corrosion control; microbial treatment; intelligent monitoring

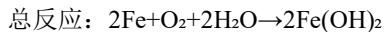
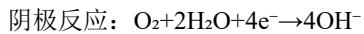
引言

我国人均水资源比较匮乏, 因此节约用水和高效利用水资源刻不容缓, 而工业循环水处理不仅能实现水资源的重复利用, 还能降低生产成本, 提高企业生产效益。工业循环水处理主要是通过去除水中悬浮物、溶解物及微生物等杂质后进行再次利用。但目前部分工业企业在生产当中, 水分蒸发使水中盐类、杂质富集, 易引发腐蚀、结垢、微生物滋生三大问题: 腐蚀问题会损伤设备, 严重时可增加泄漏事故的发生风险; 结垢问题会增加传热阻力、降低换热效率, 造成能源的浪费; 微生物滋生问题会堵塞管道、加速腐蚀。相关数据显示, 水质不稳定使企业成本增加。因此, 为了降低能耗、提升工业生产的稳定性、减少环境污染, 开展工业循环水系统水质稳定控制技术研究, 开发高效、经济、环保的方案意义重大。

1 工业循环水水质稳定控制理论基础

1.1 腐蚀机理与影响因素

腐蚀是工业循环水系统设备损坏的主因之一, 本质是金属与水中电解质电化学反应所致金属离子溶解。按机理分多种类型, 在中性或弱碱性循环水中, 吸氧腐蚀为主, 反应过程如下:



Fe(OH)_2 进一步氧化生成 Fe(OH)_3 , 脱水后形成 $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$, 即铁锈。

循环水系统腐蚀受水质参数(如 pH、溶解氧、氯离子浓度等, 氯离子升高破坏钝化膜导致点蚀、pH降低加速析氢腐蚀)、工况条件(水温升高加快电化学反应、流速高导致冲刷腐蚀、流速低易形成氧浓差电池)、设备材质(不同材质的耐蚀性差异较大, 如不锈钢对氯离子敏感, 容易导致点蚀)影响。

1.2 结垢机理与影响因素

结垢是由于循环水经过高温过程不断蒸发, 导致水中 Na^+ 、 Ca^{2+} 等浓度增加, 超过其溶解度而最终形成沉淀, 这和家里水壶的水垢形成原理相似。水垢特点是质地坚硬, 降低导热性能, 严重时还会引起管道爆裂。工业中常见的水垢有碳酸钙、磷酸钙和硅酸镁, 其中碳酸钙结垢是工业循环冷却水中最常见的水垢。结垢的本质是水中盐类的过饱和度超过其溶解度积, 导致结晶析出并附着在设备表面。碳酸钙结垢与水中碳酸氢根离子分解相关: $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2 \rightarrow \text{CaCO}_3 \downarrow + \text{CO}_2 \uparrow + \text{H}_2\text{O}$ 。

循环水蒸发浓缩使钙离子等浓度升高, 生成的碳酸钙结晶在高温部位沉积形成水垢。影响结垢因素较多, 主要涵盖水质参数、水流状态以及工况条件。其中在水质参数方面硬度、碱度越高、浓缩倍数越大, pH值升高, 结垢的发生概率较高; 在工况条件中, 水温升高、设备表面温

度不均，均会导致结垢；在水流状态方面，流速高则可能冲刷掉初期形成的结晶，抑制结垢，流速低导致结晶颗粒在设备表面停留时间过长，易附着。

1.3 微生物滋生机理与影响因素

工业循环水系统中的微生物（细菌、真菌、藻类等）滋生会形成生物黏泥，进而引发生物腐蚀和堵塞。因循环水为微生物提供了营养物质、适宜温湿度、pH值和溶解氧等生存环境，微生物在生长繁殖过程中会分泌蛋白质、多糖类等物质，形成生物膜，不仅会堵塞管道、降低换热效率、引发厌氧腐蚀、加速设备损坏，藻类繁殖还会恶化水质。影响微生物滋生的因素有营养物质、水温（25~40℃生长最快）、pH值（中性或弱碱性适宜）、溶解氧（影响微生物种类）和光照（促进藻类滋生）。

1.4 水质稳定判断指标

为准确判断工业循环水的水质稳定性，需采用一系列指标进行评估，主要包括腐蚀速率、结垢倾向指标和微生物指标。腐蚀速率是评估设备腐蚀程度的核心指标，常用的测定方法有挂片失重法、电化学测试法等，单位为mm/a。不同行业对腐蚀速率的要求不同，一般工业循环水系统中，碳钢的腐蚀速率应控制在0.075mm/a以下。结垢倾向指标有朗格利尔饱和指数（LSI）、雷兹纳稳定指数（RSI）和帕科拉兹结垢指数（PSI）。LSI以水中碳酸钙实际pH值与饱和pH值差值判断，大于0说明水质存在结垢的倾向、小于0时说明有腐蚀的倾向、等于0时说明水质稳定；RSI是LSI修正值， $RSI < 6$ 时说明水质发生结垢趋向、 $RSI > 7$ 时说明水质腐蚀、LSI值在6~7间，说明水质稳定。微生物指标含藻类数量、异养菌总数等，按规范，硫酸盐还原菌数应≤10CFU/mL，循环水中异养菌总数应≤ 1×10^5 CFU/mL。

2 工业循环水水质稳定控制技术分类及原理

2.1 物理控制技术

（1）电磁防垢除垢技术。电磁防垢除垢技术利用磁场改变循环水中的水分子与离子性质，从而抑制结垢并除垢。从技术参数看，电磁场类型、强度、作用时间及水流速度均会对电磁的防垢除垢效果造成影响。一般在影响防垢除垢效果方面，交变磁场要优于恒定磁场，工业应用磁场强度多在3000~8000Gs，水流速度1~3m/s为宜，能充分作用于水体且避免不良影响。该技术具备诸多优势，无需添加药剂、环保、操作简单、成本低，尤其适用于中低硬度（ $CaCO_3 \leq 400mg/L$ ）、低浊度（NTU≤10）的循环水系统，如空调、小型化工系统。但处理效果受水流速度、水质参数等多因素影响大，对高硬度、高浊度水质效果有限，无防腐作用，在应用过程中需与其他防腐技术协同。

（2）超声波防垢除垢技术。超声波防垢除垢技术通过超声波发生器产生20~100kHz高频声波作用于循环水系统，既可实现防垢的效果，而且具备除垢和杀菌的作用，产生的效果主要与超声波的频率、功率、作用时间及水体特性相关。其作用机理有三大核心效应：超声波的空化效应会破坏盐类

结晶成核、击碎结晶颗粒；冲击波与微射流可剥离设备表面已形成的水垢，射流速度超100m/s；声波振动破坏微生物细胞膜致内物质泄漏，空化效应的高温高压环境可直接杀灭微生物，对异养菌、藻类等抑制效果良好。

该技术分外置式和内置式，外置式安装便捷，适合现有系统改造；内置式作用效率高，但要考虑设备防腐与密封。其具有多种优势，不仅环保无二次污染，且对设备无腐蚀，适用于各类循环水系统，尤其对高硬度、高温工况结垢的控制效果好，如电力行业凝汽器系统。但设备投资高（数万至十几万元）、传播距离有限（有效半径1~3m）、大型系统需多点布置且运行有噪音，需结合系统规模优化设计。

（3）过滤与吸附技术

过滤与吸附技术通过物理截留、吸附去除循环水中悬浮杂质等，降低水质浊度，减少结垢和腐蚀诱因。过滤技术通过利用过滤介质孔隙截留杂质，按精度分粗过滤（去除粒径≥10μm的杂质）、精过滤（去除粒径≥1μm的杂质）和超精过滤（去除粒径≥0.1μm的杂质），常用设备有石英砂、活性炭等过滤器。吸附技术借助吸附剂多孔结构与表面活性吸附水中污染物，常用吸附剂有活性炭、沸石等。活性炭最常用，比表面积500~1500m²/g，吸附力强，能除有机物、余氯、重金属离子及异味物质。活性炭分颗粒（GAC）和粉末（PAC）两种，其中粉末活性炭直接投加水体后沉淀过滤去除，颗粒活性炭用于固定床过滤吸附。此外，精密过滤器（保安过滤器）适用于高精度过滤场合，滤膜材质有聚丙烯等，过滤精度0.1~10μm，能去除微小悬浮颗粒等，保护膜处理设备、换热器。自清洗过滤器靠压差控制自动完成过滤与反冲洗，无需人工，适用于水质波动大的循环水系统。过滤与吸附技术操作简单、效果稳定、无设备腐蚀，但过滤介质和吸附剂需定期更换或再生，运行成本高，难以去除溶解盐类，常需与其他技术协同。

2.2 化学控制技术

（1）阻垢缓蚀剂技术。阻垢缓蚀剂是化学控制技术中应用最广泛的药剂，可分为阻垢剂、缓蚀剂和复合阻垢缓蚀剂三类，其作用是同时抑制结垢和腐蚀。

阻垢剂作用机理：一是螯合，与金属离子形成稳定螯合物防垢；二是分散，吸附在盐类结晶颗粒表面，使结晶颗粒分散在水中，避免其聚集附着；三是晶格畸变，进入晶格破坏晶格的完整性，阻碍结晶生长。常用阻垢剂：有机膦酸盐（如ATMP、HEDP）、膦羧酸类、聚羧酸类（如PAA、HPMA）等。缓蚀剂机理：一是钝化，在金属表面形成钝化膜隔绝腐蚀介质；二是吸附，覆盖金属腐蚀活性位点降速；三是沉淀，与水中离子反应形成沉淀膜保护。常用缓蚀剂有钼酸盐、铬酸盐等。复合阻垢缓蚀剂由不同类型阻垢剂、缓蚀剂及辅助药剂复配而成，能协同增效，适用于复杂工况的循环水系统，具有使用方便、处理效果稳定等优点，但需精准复配。

（2）杀生剂技术。杀生剂用于抑制/杀灭循环水中微生物，分氧化性和非氧化性两类。氧化性杀生剂通过释放

氧原子或氧化性物质破坏微生物细胞结构实现杀菌，氧化性杀生剂释放氧原子等氧化物质，破坏微生物细胞结构来杀菌。常用有氯气、二氧化氯、次氯酸钠、臭氧等。氯气杀菌强且价廉，但易生成致癌副产物污染环境；二氧化氯杀菌更优且无此类副产物，环保好；臭氧氧化性强、杀菌快好无残留，但成本高。

非氧化性杀生剂干扰微生物代谢或破坏其结构来抑菌，常用季铵盐类、异噻唑啉酮类、醛类等。季铵盐类杀菌广、毒性低但易致微生物抗药；异噻唑啉酮类杀菌强、适用广且环保，应用较多；醛类（如甲醛）杀菌好但有刺激气味、有害健康，使用受限。杀生剂使用应交替、合理搭配，控制用量，以减少抗药性与环境污染。

(3)水质调整剂技术。水质调整剂可调节循环水 pH、碱度、硬度等参数至稳定范围，以抑制腐蚀与结垢，常用有酸、碱、石灰等。酸类（如硫酸、盐酸）用于降低碱性水质 pH 值，中和碳酸氢根离子，降低碳酸钙过饱和度来抑垢，但需严控加酸量，防止设备腐蚀。碱类调整剂（如氢氧化钠、碳酸钠）可提升酸性循环水 pH 值，促进金属钝化膜形成以抑制腐蚀；石灰调整剂通过投加石灰乳降低高硬度循环水的硬度和碱度，使钙镁离子生成沉淀，但会产生大量污泥，需要进行后续处理。

2.3 生物化学控制技术

生物酶技术利用蛋白酶、脂肪酶等催化分解循环水中有机物和微生物分泌物，抑制生物黏泥形成，控制微生物滋生与腐蚀。其机理包括：分解多糖/蛋白质破坏生物膜结构、减少有机物营养源抑制微生物繁殖、降低 COD/BOD 改善水质。该技术环保无污染、无腐蚀且可协同处理，适用于高环保要求系统，但受温湿度、pH 值影响大且成本较高。

益生菌技术通过向循环水中投加芽孢杆菌、乳酸菌、光合细菌等有益微生物，利用其竞争优势抑制有害微生物生长繁殖。其作用机理包括：竞争营养物质和生存空间、分泌抗菌物质、分解有机物和有毒物质以改善水质。该技术环保安全、无二次污染，可长期稳定控制微生物污染，但存在培养难度大、处理效果易受水质和工况影响等缺点。

2.4 新型复合控制技术

(1) 化学-物理复合技术。化学-物理复合技术融合化学药剂与物理处理，通过协同增效提升水质控制效果，减少药剂用量及二次污染。其原理为物理处理改变污染物形态或设备表面状态，强化化学药剂作用；化学药剂则弥补物理处理对溶解盐、微生物等处理的不足。电磁防垢技术与阻垢缓蚀剂联用，可减量药剂、降低成本；超声波技术与杀生剂协同，能增效杀菌、减少投加量，并降低环境污染。该技术适用于高硬度、高浊度、高微生物含量等复杂工况，具有处理稳定、成本低、环保等优点，但系统设计和操作复杂，需根据水质和工况优化参数。

(2) 智能化控制技术。智能化控制技术融合物联网、

大数据、AI 等技术，实现循环水水质实时监测、精准调控与智能优化，是未来水质控制的核心方向。其核心由水质在线监测、智能控制、药剂精准投加三系统构成：

水质在线监测系统：在关键节点安装高精度仪表（如 pH、电导率、腐蚀速率监测仪），实时采集水质（pH、硬度、微生物等）及设备参数（水温、压力等），数据通过物联网传输至智能控制系统。

智能控制系统：基于机器学习算法分析历史数据，建立预测模型，预判水质变化趋势（如结垢、微生物滋生），提前调整控制策略，实现多参数协同调控，避免单一参数调整引发其他问题。

药剂精准投加系统：根据智能系统指令，通过计量泵等设备精准投加药剂，采用闭环控制实时反馈投加效果，自动切换或交替投加药剂以防止微生物抗药性。该技术具有监测精准、调控及时、效率高、可无人值守等优点，可降低人工及药剂成本，提升系统稳定性与经济性。目前已初步应用于电力、化工等行业，是未来水质稳定控制技术的发展方向。

3 结论

工业循环水处理技术具有体系复杂、应用场景多变等特征，工业企业在应用工业循环水处理技术时，需要选择科学的处理方法和技术，坚持环保、生态化发展的原则，要熟悉掌握处理技术的原理和应用方法，充分发挥处理技术的应用价值，并提升工业用水的处理质量。

【参考文献】

- [1]任静,杨延雄,吴浩,等.工业循环水常见问题分析与处理措施[J].清洗世界,2024,7(40):10-12.
 - [2]宋兆函.面向水质检测的多传感器数据融合技术研究[D].石家庄:河北地质大学,2022.
 - [3]赵新合,段付岗.陕西润中洁清能源有限公司循环水站换热器腐蚀泄漏原因分析及防范措施[J].煤炭加工与综合利用,2019(3):64-67.
 - [4]林上青.工业循环水常见问题分析与处理措施[J].清洗世界,2017,8(33):35-38.
 - [5]张红.工业循环水处理技术改进措施[J].化工设计通讯,2020,10(46):181-182.
 - [6]李亚东,弓志定,高晶,等.工业循环水处理技术改进措施[J].清洗世界,2019,35(9):45-46.
 - [7]王小军.工业循环冷却水旁流水处理工艺探索[J].产业与科技论坛,2015,15(14):57-58.
 - [8]陈岭.工业循环水处理技术改进措施探讨[J].城市建设理论研究(电子版),2019,11(15):109.
 - [9]延永康.工业循环水处理技术改进措施探讨[J].技术与市场,2019,13(1):135-137.
- 作者简介：丛明（1994.8—），毕业院校：华北理工大学轻工学院，所学专业：给水排水工程，当前就职单位：中国电子系统工程第四建设有限公司，职务：给排水工程师，职称级别：中级工程师。

计算机科学与技术的应用与展望

吕鹏翔¹ 陶冯炜² 冯凯³ 李文昕⁴ 管子懿⁵

- 1.南通大学, 江苏 南通 226001
- 2.南京工业大学, 江苏 南京 211816
- 3.南京林业大学, 江苏 南京 213164
- 4.常州市正行中学, 江苏 常州 213004
- 5.江苏大学, 江苏 镇江 212013

[摘要]计算机科学与技术是当代社会发展的重要推动力量,在很多领域都有着广泛的应用价值,一直推动着产业发生变革,促使社会不断向前发展。本文全面且细致地整理了计算机科学与技术的关键应用领域,像人工智能和机器学习方面、大数据以及数据分析等方面,并且对支撑技术体系的关键部分展开了分析,比如云计算与分布式计算、物联网以及嵌入式系统还有网络安全和隐私保护等。还深入探讨了跨领域的融合情况,像是生物信息学与计算生物学、智能制造以及工业互联网、智慧城市与数字治理还有计算社会科学等新兴交叉领域,最后对量子计算与新型计算范式、边缘计算与泛在智能、可信人工智能与安全体系以及人机融合与脑机接口等未来的发展趋势做了展望。

[关键词]计算机科学; 人工智能; 大数据; 云计算; 物联网

DOI: 10.33142/sca.v8i11.18700 中图分类号: TP311 文献标识码: A

The Application and Prospect of Computer Science and Technology

LYU Pengxiang¹, TAO Fengwei², FENG Kai³, LI Wenxin⁴, GUAN Ziyi⁵

1. Nantong University, Nantong, Jiangsu, 226001, China
2. Nanjing Tech University, Nanjing, Jiangsu, 211816, China
3. Nanjing Forestry University, Nanjing, Jiangsu, 213164, China
4. Changzhou Zhengxing Secondary School, Changzhou, Jiangsu, 213004, China
5. Jiangsu University, Zhenjiang, Jiangsu, 212013, China

Abstract: Computer science and technology are important driving forces for the development of contemporary society, with extensive application value in many fields. They have been driving industrial changes and continuously advancing society. This article comprehensively and meticulously summarizes the key application areas of computer science and technology, such as artificial intelligence and machine learning, big data, and data analysis. It also analyzes the key components that support the technological system, such as cloud computing and distributed computing, the Internet of Things, embedded systems, network security, and privacy protection. It also discussed the integration of cross fields, such as bioinformatics and computational biology, intelligent manufacturing and industrial Internet, smart cities and digital governance, and computational social sciences. Finally, it looked forward to the future development trends of quantum computing and new computing paradigms, edge computing and ubiquitous intelligence, trusted artificial intelligence and security systems, and human-computer integration and brain computer interface.

Keywords: computer science; artificial intelligence big data; cloud computing; Internet of Things

计算机科学与技术的持续发展,可以进一步促进我国现代化建设。要想实现这一技术的高效化应用,需要将优势充分发挥出来,也需要对这一技术在运用中的问题和难题进行准确把握,运用科学合理的措施将难题破解,为这一技术的运用打造良好的空间。

1 计算机科学与技术的核心应用领域

1.1 人工智能与机器学习

人工智能和机器学习是计算机科学和技术里十分受关注的前沿领域,它借助模拟人类的认知过程以及从数据当中去学习规律的方式,在图像识别、自然语言处理、自

动驾驶等众多方面都达成了突破性的进展,这些进展不但使得自动化程度得以提升,而且还给医疗诊断、金融风控、智能推荐等一系列应用场景带来了翻天覆地的变化。不过,随着技术的应用不断加深,人工智能系统的透明性、公平性以及安全性方面的问题慢慢开始凸显出来,比如算法偏见有可能引发歧视性的决策,黑箱模型很难对其推理过程做出解释,这就促使学术界和产业界围绕着可信人工智能展开了大量的探讨,所以未来的研究应当着重于可解释性机器学习、伦理框架的构建还有安全防护机制等方面,以此来保证技术的发展和社会的价值能够保持一致。从技术

演进的角度来讲，深度学习模型的优化、强化学习的实用化以及小样本学习的发展，都会进一步推动人工智能朝着更智能、更自适应、更可靠的方向前行，与此跨学科的合作像和心理学、神经科学的融合，或许会孕育出新一代的智能系统。

1.2 大数据与数据分析

大数据以及数据分析技术凭借着收集、存储并处理海量信息的能力，给商业决策、科学研究还有社会管理给予了颇为有力的支撑。在金融、医疗、教育等诸多领域当中，数据分析能够助力挖掘那些被隐藏起来的模式以及趋势，进而实现对资源配置的优化，并且促使服务质量得以提升。就好比依据用户行为数据所构建的个性化推荐系统，如今已然成为电子商务当中的标准配置了，它使得用户体验获得了明显提升，同时也让销售业绩有了较为可观的增长。大数据技术同样面临着像数据质量、隐私保护以及计算效率等方面存在的诸多挑战，这就需要持续不断地开展技术创新以及管理方面的改进工作。展望未来，随着数据量不停地增长，实时分析以及智能处理将会成为极为关键的发展方向。

2 计算机科学与技术的支撑技术体系

2.1 云计算与分布式计算

云计算以及分布式计算借助虚拟化手段以及资源共享方式，赋予了弹性且可拓展的计算能力，进而对企业开展大规模应用与服务给予了有力支撑。企业能够依据自身实际需求去租用相应的计算资源，如此一来，便使得 IT 成本得以降低，同时灵活性也得到了提高。分布式计算框架像 Hadoop 还有 Spark 等，让处理 PB 级别的数据变成了一种可能，从而推动了大数据应用逐步走向普及。不过，云安全以及服务可靠性始终是用户最为关注的重点所在，所以需要持续强化在技术保障以及监管措施方面的相关工作。从当下的发展趋势来看，混合云与边缘计算相互融合之后，将会促使计算资源更加靠近用户，以此达成更低的延迟以及更高的效率。依据技术文献所说明的情况，云计算平台凭借自动化管理以及弹性伸缩这两项功能，是能够在很大程度上有效地应对突发流量以及计算需求的。但是这同时也给网络带宽以及能源消耗提出了更高的要求，所以说在未来的研究当中应当着重去探索绿色计算以及可持续架构方面的问题。

2.2 物联网与嵌入式系统

物联网以及嵌入式系统把传感器、设备还有网络相互连接了起来，达成了物理世界跟数字世界的融合，像在智能家居、工业监控、环境监测等这些领域当中，物联网技术成功实现了实时数据的采集以及远程控制，让管理效率得以提升，用户的体验也变得更好了^[1]。嵌入式系统作为物联网极为关键的部分，其自身有着低功耗、高可靠性以及实时响应的要求，这推动了硬件以及软件展开协同设计。

不过，物联网设备种类繁多且规模庞大，这就带来了安全以及互操作性的诸多挑战，所以需要去开展标准化工作以及加强安全管理。在未来，随着 5G 和人工智能的集成，将会进一步加速物联网朝着智能化方向发展，从而实现更多更广泛的应用场景，比如在农业以及物流领域，智能传感器网络能够优化资源分配的情况，并且提升跟踪的能力，然而设备部署以及维护的成本依旧是其推广过程中的一大障碍。

2.3 网络安全与隐私保护

网络安全以及隐私保护在数字化时代愈发显得重要起来，这其中涉及到诸如数据加密、入侵检测、身份认证等一系列技术。伴随着网络攻击呈现出越来越复杂的态势，要想保护信息系统以及用户数据不受到威胁，已然成为一项极为关键的任务。就好比说，区块链技术给出了一种去中心化的安全解决办法，使得交易的透明性得以增强，并且其不可篡改性也得到了提升。像差分隐私这类隐私保护技术，能够在开展数据分析工作的时候，对个人的敏感信息予以保护，从而实现数据利用与隐私权之间的平衡。不过，安全威胁是处在不断演化的状态之中的，这就要求得持续不断地对技术加以更新，同时也要完善相应的法律法规，以此来构建起一个可信赖的网络环境。在未来的发展进程中，零信任安全以及由人工智能所驱动的安全防御，很可能会逐渐发展成为主流的方向。

3 计算机科学与技术的跨领域融合

3.1 生物信息学与计算生物学

生物信息学以及计算生物学借助计算机技术来对生物数据加以处理，如此一来便加快了基因组学、蛋白质结构预测等方面的研究进程。凭借各类算法与模型，科学家们得以对生命过程那复杂的机制予以解析，进而有力地推动了药物研发工作以及疾病治疗相关事宜。就好比说，机器学习在针对基因序列展开分析的时候，能够助力去识别出疾病标记，这无疑为精准医疗奠定了相应的基础。这样的融合一方面拓展了计算机技术所能够应用的范围，另一方面也促进了生物学朝着定量化方向不断发展。不过生物数据存在敏感性，而且还有伦理方面的问题，这些都需要极为审慎地去处理，务必要保证研究是符合道德标准的。在未来，计算生物学会和实验科学展开更为紧密的合作，以此达成更大的突破成果，然而数据共享以及标准化依旧是跨学科协作过程当中面临的挑战所在。从技术角度来讲，高性能计算以及可视化工具让生物数据的分析能力得到了增强，从而为理解生命规律开辟出了全新的视角。

3.2 智能制造与工业互联网

智能制造与工业互联网把信息技术以及制造技术集成起来，达成了生产流程的数字化与智能化。在工厂自动化领域以及供应链管理等方面，工业互联网平台对资源配置以及生产效率进行了优化，使得成本得以降低，浪费也

减少了。比如说，数字孪生技术会创建物理设备的虚拟模型，能够允许对操作进行模拟并且加以优化，以此来提升系统的可靠性。这样的融合促使制造业实现了转型升级，不过与此也给技能要求以及数据安全带来了新的挑战。在未来，人工智能和物联网深度融合之后，将会实现更为自治且更加灵活的制造系统。然而要实现技术的普及，就得去克服初始投资方面的障碍以及人才短缺的障碍。依据行业分析来看，智能制造有希望提升全球产业链的韧性，但是必须要留心技术依赖以及就业结构方面出现的变化。

3.3 智慧城市与数字治理

智慧城市以及数字治理运用计算机技术来提高城市管理以及公共服务的水准，借助数据集成以及智能分析对交通、能源、安全等诸多领域加以优化，就好比智能交通系统会实时对车流加以监控并且调整信号灯，以此降低拥堵状况以及排放量。数字治理平台让政府的透明程度得以提升，也促使公民的参与程度有所增加，推动了社会治理走向现代化。不过智慧城市的建设得要跨部门协同合作以及实现数据共享，这当中牵涉到隐私以及公平性方面的问题。在未来，以人为中心以及可持续发展将会成为智慧城市最为关键的原则，进而推动技术能够更好地为社会服务，然而技术在实施的过程中往往回碰到资金以及法规方面的限制，这就需要有政策予以引导以及获得公众的支持。从全球范围内的实践情况来看，智慧城市项目凭借传感器网络以及数据分析的方式改善居民的生活质量，然而数字鸿沟这一问题却有可能使社会不平等的现象进一步加剧。

3.4 计算社会科学

计算社会科学运用计算机相关方法来探究社会现象，其借助对社交媒体数据、网络行为等方面展开分析，进而达成对人类互动以及社会动态的理解，此领域开辟出了不同于传统社会科学的新思路，能助力预测各类趋势并制定相应政策^[2]。就好比依据大气情况所开展的社会网络分析，从中可揭示出信息传播的具体模式以及舆论形成的整个过程，不过数据方面存在的偏差以及伦理方面的诸多约束是需要给予关注的，要避免出现算法歧视以及隐私受到侵犯等情况。未来的计算社会科学会更加侧重于理论的整合工作以及实证方面的验证事宜，以此推动学科间的交叉创新进程，然而研究方法的标准化以及可重复性依旧是学术层面的一大挑战。从技术层面所做出的贡献来讲，大规模的数据采集工作以及机器学习模型的应用，无疑强化了社会研究的实证根基，还为深入理解复杂系统给予了相应的工具支持。

4 未来技术发展趋势

4.1 量子计算与新型计算范式

量子计算凭借量子力学原理达成超越经典计算的效能，在密码学、材料模拟等诸多领域有着潜在的突破性进展，像神经形态计算这类新型计算范式，其模仿的是大脑

的结构，有可能给能效以及速度方面带来一场革命。这些技术当下虽还处在发展的早期阶段，不过它们已然代表着计算科学未来的走向。不过量子纠错以及硬件稳定性这两方面存在着主要的挑战，这就需要投入大量的研发精力去攻克。展望往后的日子，量子计算与经典计算相结合的混合模式或许能够成为一种过渡的方案，以此来推动实用化进程不断向前发展。依据当下的研究进展情况来看，量子优势在特定的问题当中已经有所显现出来了，然而要实现商业化的应用还是需要花费一定的时间的。从其产生的社会影响角度来看，量子计算极有可能会颠覆现有的安全体系，这就要求相关部门提前做好布局，着手开展后量子密码技术的相关工作。

4.2 边缘计算与泛在智能

边缘计算把数据处理从云端推进到了网络边缘地带，如此一来，延迟得以减少，带宽需求也降低了，它特别适用于像自动驾驶以及增强现实这类实时应用。泛在智能着重于让智能能力广泛存在，在各个角落都能感知到，借助边缘设备和云相互协同的方式，进而达成无缝的使用体验^[3]。这种发展趋势对物联网以及 5G 的发展做出了回应，使得系统的响应性以及可靠性都得到了提升，不过边缘安全方面以及管理复杂度方面存在的问题得想办法去解决，这样才能保证整体的性能不受影响。往后的边缘智能会和人工智能高度融合在一起，给更多的垂直行业赋予能量，然而技术集成以及标准方面的缺失情况可能会让部署的速度变慢。就应用前景来讲，边缘计算在智能监控还有远程医疗当中已经展现出了它的价值，可是设备存在异构性这一点又增加了开发的难度。

4.3 可信人工智能与安全体系

可信人工智能着重于算法在公平性方面的考量，同时对算法的透明性以及可问责性予以关注，其目标在于构建起可靠且具备伦理属性的 AI 系统，而安全体系涵盖了从硬件一直到软件的全方位防护举措，以此来抵御愈发复杂的网络威胁情况，举例来讲，可解释 AI 能够助力用户去理解模型所做出的决策，进而增强用户对 AI 的信任程度以及接受意愿，这一发展趋势对于 AI 得以广泛应用于各个领域而言是极为关键的，这需要跨学科展开合作并且着手制定相关标准。在未来，可信 AI 将会融入到法律以及伦理框架当中，推动技术朝着负责任的方向不断发展，然而全球范围内存在的监管差异或许会致使技术出现碎片化的状况。依据伦理指南的规定，人工智能系统务必要避免出现偏见以及歧视的情况，要确保能够公平地对待所有的用户。

4.4 人机融合与脑机接口

人机融合是对人类与计算机进行更为深入集成的一种探索方式。脑机接口能够让人直接凭借脑信号来控制相关设备，这在医疗康复以及增强人类能力方面都给出了可

能性。在这个领域当中，其不断挑战着传统意义上的人机交互界限，并且由此引发出了关于身份以及伦理等方面的诸多讨论^[4]。在技术层面而言，它面临着像信号精度以及生物兼容性等诸多问题，所以需要持续不断地去开展创新工作。在未来，人机融合或许会重新定义人类的体验感受，然而对于隐私、自主权等相关议题务必要谨慎地去加以对待。从医学方面的应用情况来看，脑机接口能够助力瘫痪患者恢复自身的沟通能力，不过其长期的安全性以及社会的接受程度还是需要进一步去做评估的，技术的进步应当与公众的讨论以及伦理的审查一同相伴随。

5 结束语

计算机科学与技术的应用已然极大地改变了社会的样貌，并且在未来还会持续推动创新以及变革的发生。本文对核心应用、支撑技术、跨领域融合以及未来趋势进行了综述，从中揭示出技术所具有的广泛影响以及潜在的挑战。若想让技术效益得以最大程度地发挥出来，那么就需

要强化基础方面的研究工作，推动跨学科之间的合作，并且构建起合理的监管框架。凭借着持续不断的努力，计算机科学与技术将会给人类创造一个更加美好的未来，同时也保证其发展是符合伦理规范以及可持续发展的原则的。

【参考文献】

- [1]廖清,王志衡,谢国,等.2023 年度国家自然科学基金计算机科学领域项目资助情况分析及未来方向展望[J].计算机学报,2024,47(5):1194-1200.
- [2]刘文莉.计算机软件开发技术的应用展望[J].电子技术,2025,54(9):336-337.
- [3]朱益光.计算机工程技术的应用与展望[J].集成电路应用,2025,42(2):198-199.
- [4]张宇.人工智能赋能计算机网络技术的应用与展望[J].电脑知识与技术,2024,20(32):83-85.

作者简介：吕鹏翔（2004.12—），所学专业：计算机科学与技术，当前就职单位：南通大学，职务：学生。

节能技术在自动化系统中的应用

张杰

克拉玛依市三达有限责任公司，新疆 克拉玛依 834000

[摘要]随着全球能源消耗不断增加以及环境保护要求持续提高，自动化系统的能源效率问题变得越来越突出。文章全面分析了节能技术在自动化系统当中的应用情况，详细阐述了机械节能技术对于提升能源利用效率所起到的作用。同时深入探讨了节能型驱动与变频控制、自动调节与负荷管理、能量回收以及智能优化控制算法在系统内的具体应用状况，并且还对节能技术的设计与实现方法展开了分析，着重指出了方案设计以及技术集成的重要意义。最后提出了针对节能效果的评价办法以及相应的优化策略。研究结果表明，系统化地引入节能技术不但能够有效地降低能耗，而且还有助于推动工业朝着绿色化以及可持续发展的方向前进，从而为智能自动化系统的节能实践给予理论层面和技术方面的参考依据。

[关键词]节能技术；自动化系统；节能控制

DOI: 10.33142/sca.v8i11.18707

中图分类号: TP273

文献标识码: A

Application of Energy-saving Technology in Automation Systems

ZHANG Jie

Xinjiang Karamay Sanda Co., Ltd., Karamay, Xinjiang, 834000, China

Abstract: With the continuous increase in global energy consumption and the continuous improvement of environmental protection requirements, the energy efficiency issue of automation systems has become increasingly prominent. The article comprehensively analyzes the application of energy-saving technology in automation systems and elaborates in detail on the role of mechanical energy-saving technology in improving energy utilization efficiency. At the same time, the specific application status of energy-saving drives and variable frequency control, automatic regulation and load management, energy recovery, and intelligent optimization control algorithms in the system were deeply explored. The design and implementation methods of energy-saving technologies were also analyzed, and the importance of scheme design and technology integration was emphasized. Finally, evaluation methods and corresponding optimization strategies for energy-saving effects were proposed. The research results indicate that the systematic introduction of energy-saving technologies can not only effectively reduce energy consumption, but also help promote industrial progress towards green and sustainable development, providing theoretical and technical reference for energy-saving practices in intelligent automation systems.

Keywords: energy-saving technology; automation system; energy-saving control

引言

随着现代工业以及基础设施不断发展，自动化系统的规模和复杂程度都在持续增加，其能源消耗方面的问题已然变成限制高效运行以及可持续发展的重要因素。能源消耗会对经济成本产生影响，同时也给环境保护提出了更高的要求。自动化系统借助传感、控制、执行以及监测等技术来达成生产环节的自动化，以此提升效率，然而仅依靠自动化手段是很难去解决能耗问题的，必须要在设计、运行以及控制环节引入系统化的节能理念，从而对能源利用加以优化。本文把节能技术在自动化系统中的应用当作研究对象，从技术分类、控制方法、设计实现还有效果评价等多个方面展开分析，目的是给系统节能实践给予理论方面的支撑以及技术方面的参考。

1 节能技术分类与基本原理

1.1 机械节能技术

机械节能技术于自动化系统当中，主要呈现出结构优

化、动力传动效率得以提升以及运行参数优化这三大方面的情况。凭借对机械结构予以合理的规划设计，能够使得运动部件彼此之间所存在的摩擦以及阻力有所减少，进而促使能量消耗得以降低。就好比说，在传动链路里运用高效的齿轮、精密的轴承还有轻量化的材料，不但能够让能耗有所降低，而且还可以让系统的响应速度以及稳定性都得到相应的改善。动力传动效率得以提高这一点，乃是机械节能技术最为关键的核心所在。通过对传动比展开精确的计算、对电机与负载的匹配加以优化，以及采用先进的减速装置等方式，可以切实有效地将动力损失减少掉。运行参数的优化涵盖了针对系统负载、速度以及周期性运动所进行的调控事宜。借助在实际生产操作过程中去调整机械的运行状态，从而促使设备能够在高效的那个区间内正常运行起来，避免出现长时间处于低效率状态下的那种运作情形。把这些相关的各项措施综合到一起，一方面降低了系统的功耗，另一方面也使得设备的可靠性得到了改进，

进而为自动化系统的整体节能事宜筑牢了稳固的基础。与此机械节能技术还会和电气控制以及智能优化算法相互协同配合起来,如此一来便能够进一步地提升系统的能源利用率,达成生产效率与能源消耗这两方面的双重优化效果。

1.2 电气节能技术

在电气设备技术的快速发展和广泛普及中,电气设备的年产量呈现出逐年递增的趋势,这对于环境保护和能源利用产生了直接的影响,对各行业的环保实践方面提出了更高的要求。电气工程自动化建设指的是基于先进的科技手段,实现对生产、加工、装配、检测等过程的自动化建设,构建起自动化运行的模式。节能设计理念在电气工程自动化系统中的应用,是在保证正常生产和系统正常运行的前提下,使用技术手段,节约资源的投入成本,改变生产方式,降低资源消耗总量,防止资源浪费。具体来讲,电气节能技术主要是借助对电气设备运行模式加以优化、选用高效电机以及变频调速装置、合理安排负荷、提高系统功率因数,还有引入能量管理系统等一系列举措,以此达成能源的有效利用并使损耗尽可能降低,进而确保系统能够高效运行的情况下,实现节能减排这一目标。

2 自动化系统中的节能控制技术

2.1 节能型驱动与变频控制技术

节能型驱动和变频控制技术属于自动化系统节能控制的基础手段范畴,其借助调整电机的运行速度以及转矩的方式,达成对能量消耗的精准管理目的,在传统固定频率驱动模式当中,电机往往以恒定速度来运行,如此一来,当出现负载波动或者处于低负荷状况时,能耗浪费的情况就会比较突出,而变频控制技术则能够依据实际负载需求对电机频率和电压展开动态调节,进而让设备无论处于何种工况之下都能够维持高效运行的状态。节能型驱动不但可以降低电机自身的能耗,而且能够凭借优化电机与负载的匹配情况,削减传动系统的能量损失。现代变频驱动器一般都集成了功率因数校正、过载保护以及智能控制等功能,使得自动化系统在实现节能这一目标的同时还具备可靠性与稳定性。该项技术的应用既提升了电气设备的运行效率,也为系统整体能耗的动态优化给予了可靠的保障,称得上是实现自动化系统绿色运行的关键支撑手段。

2.2 自动调节与负荷管理策略

自动调节以及负荷管理策略于节能控制而言有着极为关键的作用。它借助对系统各个部分能量需求展开的实时监测与调节操作,达成能源的合理分配以及高效运用。在自动化系统的运行进程当中,不同设备以及各个工艺环节所存在的负载情况呈现出颇为显著的差异性。要是缺少科学合理的负荷管理手段,那么就很容易出现能源方面的浪费情况或者局部出现过载的现象。通过构建起动态负荷调度的相关机制,就能够依据生产工况以及设备实际状态来对能源分配的顺序做出调整,进而实现让高负载设备优

先获取能源供应,而低负载设备则相应延迟能源供应的目的,如此一来便能够降低整体的能耗水平。智能控制系统具备实时分析负载曲线、预测能量需求变化的能力,并且还能够自动执行优化策略,从而使得系统在确保生产任务顺利完成之际,也能够收获节能的效果。除此之外,负荷管理策略还涵盖了峰谷调节、能量均衡以及多设备协调运行等方面的内容。通过开展系统级别的优化工作,促使全局能效得以提升,进而形成一种稳定、高效且节能的运行模式。

2.3 能量回收与再利用技术

能量回收与再利用技术属于实现自动化系统节能的关键手段之一。该技术借助对系统运行进程里所产生的多余能量或者废热加以收集、转化以及再次利用的方式,大幅度地降低了对于外部能源的依赖程度。这类技术在自动化系统当中,重点应用于机械制动能量回收、电气设备功率回馈以及热能回收利用等诸多方面。就好比说,在电机处于制动状态或者负载出现下降的阶段,能够把动能借助制动电阻或者再生装置回馈到电网之中,进而达成能量的再利用目的。在生产流程所产出的余热、废气等情况下,可通过热交换或者循环系统重新供给给工艺环节或者用于环境调控方面的使用,如此一来便能够削减一次能源的消耗量。能量回收技术一方面提升了能源的利用率,另一方面也减少了对环境的污染以及废弃能量的排放情况。随着自动化系统智能化程度的不断提高,能量回收策略是能够和控制算法实现深度融合的,以此来达成对回收能量进行实时分配以及优化使用的功效,让节能效果在整个系统运行的全过程当中都能够持续地显现出来。

2.4 智能优化控制算法在节能中的应用

智能优化控制算法于自动化系统节能而言,占据着极为关键的地位。它的主要作用在于借助对系统运行状态展开实时剖析、做出负载预测并且对能源分配予以优化等手段,达成能源利用的最优状况。这种算法涵盖了像模型预测控制、遗传算法、模糊控制以及人工智能优化等多种不同的形式。通过构建设备以及工艺能耗模型,可对未来的工作状态加以预测,并且在此基础之上动态地去调整控制策略,从而达成节能的目的。就好比在那种复杂且有多设备协同运转的生产线当中,智能优化算法能够依据实时的工况以及能源价格信号,自动地对运行顺序、功率输出还有负载分配做出调整,进而让系统的能耗得以最小化,同时确保生产效率不会受到任何影响。除此之外,智能优化算法还能够同能量回收系统以及变频驱动系统紧密结合起来,实现整个系统能量流的最优管理,使得节能效果能够在全生命周期里持续不断地发挥作用。这类技术的应用,一方面提高了能源利用的效率,另一方面也增强了自动化的系统的灵活性、可靠性以及可持续运行的能力,给工业的绿色化发展给予了稳固的技术支撑。

3 节能技术设计与实现

3.1 节能方案设计原则

节能方案设计应当遵循系统化、可行性和最优化的原则。就系统化来讲，设计的时候要把机械、驱动、电气以及控制策略综合起来考虑，让各类节能技术相互融合，达成全局能效的优化。在可行性方面，要全面评估设备的实际状况、生产工艺以及运行环境，保证节能措施能够在现有的条件之下顺利施行，不会对生产效率以及安全稳定性产生影响。从最优化的角度看，节能方案需要依靠对能耗数据展开分析和预测，挑选最为合适的技术手段以及控制策略，促使资源利用率实现最大化，把能源损耗降到最低程度^[1]。具体来讲，方案设计涵盖了设备选型、运行参数调整、控制策略制定以及能量回收方式的选择等方面，并且要借助模拟以及实验来验证方案的有效性和可实施性，确保节能设计在系统运行当中能够达成可持续且高效的能源利用效果。

3.2 节能技术集成方法

节能技术集成乃是把单一的节能举措予以系统化以及协同化处理的过程，这无疑是达成自动化系统整体节能目标的重要环节。其集成方法一般涵盖三个部分，即硬件设备优化、控制系统集成还有软件算法协同。就硬件优化来讲，借助高效电机、节能驱动器、能量回收装置以及智能传感器的组合式运用，构建起节能硬件网络，以此达成能量的高效利用并促使损耗降到最低。在控制系统集成这块，把负荷管理、动态调节以及能量分配等控制策略融入到系统运行当中，从而实现设备之间的协调运转以及能效的优化提升^[2]。从软件算法协同的角度来看，凭借智能优化控制、预测分析以及动态调度等方式，对能源流、负载状态以及系统运行模式加以全方位的管理，让各类节能技术在系统层面形成闭环式的协同配合。借助这样的集成方法，自动化系统能够在确保生产效率以及安全状况得以维持的前提下，实现节能技术的最佳组合以及动态的运行状态，进而为能源节约给出系统化的解决办法。

4 节能效果评价与优化

节能效果评价以及优化这一环节，在检验自动化系统节能技术所取得的应用成效上，属于极为重要的一环，同时也是达成系统持续实现节能目标的关键保障所在。在实际的应用过程当中，节能效果评价往往是以能源消耗方面的数据、系统自身的运行效率、设备所具备的负荷特性还有生产任务完成的具体情况等诸多维度的指标为基础，展开综合性的分析研判。借助对系统运行相关数据加以采集并予以处理的操作，便能够对不同的节能技术于实际工作条件之下的能源利用效率做出评估，并且能够针对节能方案的合理性以及有效性给予科学层面的判断。而在优化这

个层面上，是以评价所得到的结果当作依据，凭借调整设备的运行参数、对控制策略加以改进、让能量回收机制得以完善以及引入智能优化算法等一系列举措，达成节能技术的动态优化以及持续不断的改进^[3]。节能效果评价与优化，一方面能够揭示出系统在运行进程当中存在的能耗瓶颈所在，另一方面还能为后续节能技术的升级以及管理策略的调整给予相应的参考，以此来确保自动化系统在不同工况的情形之下都能够维持在高能效的运行状态。与此评价与优化相关的各项工作能够构建起闭环管理的机制，把节能技术的应用情况、效果的监测状况以及持续改进的实施有效融合起来，进而实现系统在整个生命周期当中的能源最优管理，为自动化系统的绿色化、智能化以及高效化运行给予科学方面的有力支撑。

5 结语

随着能源消耗不断增长以及环境保护方面所面临的压力日益增大，节能技术在自动化系统当中的应用变得愈发重要起来。本文较为系统地分析了节能技术的不同分类及其相关原理，并且着重就机械节能技术以及智能优化控制技术的应用机制展开探讨。还深入地去研究了节能型驱动以及变频控制、自动调节以及负荷管理、能量回收还有智能优化控制算法在自动化系统里的具体应用情况。也对节能技术的设计方法以及实现方式进行了分析，特别指出了方案设计以及技术集成的重要意义。还提出了针对节能效果的评价办法以及持续优化的相关策略。通过研究可以发现，若能系统性地引入节能技术并且将其与智能控制相结合，那么不但能够大幅度地降低能耗以及运行成本，而且还有助于提升系统的稳定性以及生产效率，进而达成节能与效能的双重优化目标。在未来，随着自动化系统规模的不断扩大以及智能化水平的不断提升，节能技术将会变得更加多样化，在工业绿色发展以及可持续生产当中也将发挥出极为关键的作用，从而为构建起高效、绿色且智能化的工业体系给予强有力的支撑。

[参考文献]

- [1] 张晖. PLC 变频节能技术在自动化系统中的应用 [J]. 集成电路应用, 2024, 41(5): 188-189.
- [2] 房晶. 电气自动化工程中的节能设计研究 [J]. 光源与照明, 2024(4): 216-218.
- [3] 靖若涛. 自动化系统中的节能设计 [J]. 集成电路应用, 2023, 40(8): 280-281.

作者简介：张杰（1974.11—），毕业院校：乌鲁木齐职业大学，所学专业：建筑工程技术，当前就职单位名称：克拉玛依市三达有限责任公司，就职单位职务：物资供应站，职称级别：评中级工程师。

变电站二次系统的自动化监控设计与实现

艾茂叶

河北能源工程设计有限公司，河北 石家庄 050000

[摘要]随着电网规模不断拓展，变电站运行复杂性日益凸显，传统人工监控方式承受着巨大压力。论文围绕变电站二次系统自动化监控展开探讨，剖析了二次系统的基本构成以及监控方面的需求，之后给出了自动化监控系统的总体设计框架，确定了设计原则以及系统架构，并且详尽阐述了数据采集、智能诊断等关键技术的实现途径，还阐述了系统集成、工程实施以及运维管理的具体办法。

[关键词]变电站；二次系统；自动化监控；系统设计；智能诊断

DOI: 10.33142/sca.v8i11.18702 中图分类号: TM711 文献标识码: A

Design and Implementation of Automation Monitoring for Substation Secondary System

AI Maoye

Hebei Energy Engineering Design Co., Ltd., Shijiazhuang, Hebei, 050000, China

Abstract: With the continuous expansion of the power grid, the complexity of substation operation is becoming increasingly prominent, and traditional manual monitoring methods are under tremendous pressure. The paper explores the automation monitoring of the secondary system in substations, analyzes the basic composition of the secondary system and the monitoring requirements, and then presents the overall design framework of the automation monitoring system, determines the design principles and system architecture, and elaborates on the implementation methods of key technologies such as data acquisition and intelligent diagnosis. It also elaborates on the specific methods of system integration, engineering implementation, and operation and maintenance management.

Keywords: substation; secondary system; automated monitoring; system design; intelligent diagnosis

中国成立之后实行改革开发，我国经济的发展速度逐渐开始提速，大量新技术得到了实际应用。在电力领域，其输送电力的可靠稳定性、安全性是经济发展的基础保障，因此，对于电力设施的配套保障措施，需要有强力的规划与配套的方案，尤其是雷电产生较多区域，需要提供重点的安全保障支持。随着电网规模快速发展，电网设备的数量显著的增加，传统的变电站人工监控方法，已无法满足当今智能化电网的发展需要。近年来，随着计算机技术、网络通信技术和人工智能技术的飞速发展，实现变电站二次系统的自动化、智能化监控已经成为行业发展的必然趋势和迫切需求。

1 变电站二次系统自动化监控概述

1.1 二次系统的构成与功能

变电站二次系统属于复杂且紧密联系的整体，依据功能划分，可将其分成若干关键部分。其中，继电保护装置处于核心位置，它的职责在于当系统出现故障之际，可自动、快速并具选择性地把故障设备从电网当中切除掉，就如同电网的免疫系统一般。测量与计量单元负责对母线电压、线路电流、有功功率、无功功率等各种电气量展开实时采集，从而为运行监视以及电能贸易结算给予精确的数据。自动控制装置涵盖电压无功控制、备用电源自投等内容，它能够依据

电网运行状况自动做出调整，以此提升供电质量与可靠性^[1]。远动通信装置肩负着和调度中心开展数据交换的重任，是达成电网调度自动化的基本前提。这些装置借助电缆、光纤等介质彼此相连，协同配合，一同完成针对一次系统的监视、测量、控制以及保护方面的各项功能。

1.2 自动化监控的必要性与目标

随着变电站规模变得越来越大，供电可靠性要求也越來越高，传统监控模式的弊端就逐渐显现出来了。设备数量大量增加，使得运行人员的巡视工作量变得十分庞大，人工记录和分析数据的时候，出错以及遗漏的情况也比较常见。并且二次设备自身也有可能会出现异常或者隐性故障，要是不能及时察觉到，那么在系统出现扰动的时候，就可能会引发保护误动或者拒动等情况，进而导致事故进一步扩大。所以实施自动化监控就显得格外重要了。其主要目的就是达成“全面感知、智能分析、主动预警、高效管理”。具体来讲，就是要实时去采集二次设备自身的运行状态方面的信息，像保护装置的定值、开关量、自检报告，还有通信网络的工况等；要针对这些海量的数据展开深度分析以及智能诊断，精准地识别出设备异常以及故障前兆；要构建起有效的预警机制，把“事后处理”转变为“事前预防”；最后要打造出一个统一的监控平台，提升

运维管理的精细化程度以及决策效率。

2 自动化监控系统的总体设计

2.1 设计原则与技术要求

设计一套可靠的自动化监控系统时,得遵循一些基本设计原则。其一便是可靠性原则,系统自身得有极高的可用性和稳定性,绝不能因监控系统出现故障就影响到二次设备的正常运转。其二是开放性与标准化原则,系统要采用国际以及行业通用的标准协议,如此才便于接入不同厂家、不同型号的设备,而且也有利于未来开展功能扩展相关事宜^[2]。其三是安全性原则,务必要构建起严格的网络安全防护体系,以此来防止恶意入侵以及数据篡改等情况发生,从而切实保障电力监控系统的安全。从技术层面的要求来讲,该系统得支持对多种通信规约加以解析,得具备处理与存储海量实时数据的能力,还要能提供友好且灵活的人机交互界面,并且能够达成跨平台的数据共享与交互。

2.2 系统架构与组成

依据上述原则,系统一般会采用分层分布式架构来搭建。就整体架构而言,在逻辑层面其可划分成站控层、网络层以及设备层这三个不同层次。其中设备层指的就是变电站里面各式各样的二次设备,而这些设备恰恰是数据产生的源头所在。这些设备会借助过程总线或者站控总线与网络层实现连接。网络层主要是由工业以太网交换机还有和之相关的网络安全设备所组成的,其主要职责在于确保数据能够得以高速且可靠地进行传输。站控层在监控系统当中充当着“大脑”的角色,这里部署着诸如监控主机、数据服务器、操作员工作站等一系列硬件设施,并且还运行着相应的监控软件平台。

2.3 功能模块规划

要达成预定的监控目标,得把系统划分成多个功能模块,这些模块既要相对独立又要互相协作。数据采集与通信模块属于基础部分,它的职责是和各类二次设备进行沟通,完成规约转换,然后把数据统一上传。实时数据库与数据处理模块处于核心位置,它负责对采集来的原始数据开展校验、分类、压缩以及存储等工作,进而构建起一个全站统一的实时数据库。智能诊断与预警模块对于提升系统的价值而言十分关键,它是依据专家规则、模型分析或者机器学习算法来对设备状态加以评估,最终生成预警或是故障报告。人机交互与可视化模块充当着窗口的角色,它会给人提供图形化的监控界面、能够查询历史数据的工具、报表生成的相关功能以及远程操作的接口。此外还存在系统管理与维护模块,其负责诸如用户权限管理、日志记录、系统配置这类后台支撑方面的工作。

3 自动化监控的关键技术实现

3.1 数据采集与通信技术

数据采集的全面性以及准确性构成了监控系统迈向成功的首要一步。传统所采用的通信方式,像是串口通信,在速度方面以及接入能力方面均存在着一定的瓶颈。当下,

依据 IEC61850 标准所推行的数字化变电站技术,给解决上述问题带来了颇为理想的方案。此标准明确界定了面向对象的统一数据模型,同时也规定了基于制造报文规范的通信服务,如此一来,不同厂家所提供的设备便能够达成无缝的互操作效果。监控系统借助站控层网络,运用制造报文规范服务或者直接采用采样值服务,可以高效地获取诸如保护事件报告、定值组信息、录波文件、设备自检状态等一系列丰富且经过模型化的数据。而对于那些尚未进行改造的常规变电站来讲,就需要凭借规约转换网关,把多种多样的私有规约或者是旧式的规约转化为标准规约,进而实现数据的统一接入。通信网络务必要具备极高的实时性以及较强的抗干扰能力,一般会采用双网冗余配置的方式来提升其可靠性。

3.2 实时数据库与数据处理

所采集得来的数据有着海量、实时以及多源异构这样的特点,所以务必要有一个颇为强大的实时数据库来为其提供有力支撑。该数据库得具备支持极为快速的数据读写速度的能力,还得以妥善处理带有时间戳的数据流,并且能够高效地完成历史数据的归档工作。数据处理涵盖诸多环节,其一是数据校验,把那些明显存在错误以及没有用的数据给剔除掉;其二是数据关联,比如说要把同一个开关所涉及的多个遥信、遥测量关联到一起,进而形成一个完整的设备对象视图;其三是数据压缩,针对变化较为缓慢的数据,会采用死区压缩等相关方法,以此来节省存储空间。就如在电力系统自动化领域当中一本经典的著作所明确指出的那样,

“实时数据库不单单是数据的容器,它更是系统开展高级应用分析时不可或缺的基石”,其设计的好坏优劣状况会直接对上层智能应用的实际效果以及响应速度产生影响。

3.3 智能诊断与预警机制

这是展示系统智能化程度的关键部分。智能诊断的根基在于构建设备的知识库与推理机制。知识库内储存有设备正常的参数区间、典型的故障特点、逻辑的关联联系等。该系统能够开展在线监测,像是不间断地检测保护装置的电源电压、CPU 负荷、通信中断状况等自检信息,要是出现越限情况便会立刻发出警报。还能够实施关联分析,比如说当某条线路跳闸之际,系统会自动调取相关的保护动作报告、故障录波数据以及一次设备的状态来展开综合对比,以此辅助判断是正确动作还是误动作。再进一步来讲,可以借助历史数据来进行趋势预测与健康度评估,在设备性能恶化至临界点之前便发出预警,达成状态检修的目的。预警信息得要分级分类,凭借不一样的颜色以及声响提示运行人员,保证重要的信息不会被湮没掉。

3.4 人机交互界面设计

人机界面作为运行人员与监控系统相互作用的关键渠道,其设计水准的高低会直接对使用感受以及运维效能产生影响,所以界面设计要依照直观、简练、统一的原则来开展,主监控画面一般运用一次接线图的方式呈现,把实时数据动态地更新到对应的设备图元之上,使得运行人

员能够清楚地知晓全站的运行整体情况,凭借点击图元这一操作,可深入查看该设备的详尽状态信息、历史曲线、事件列表等内容,告警窗口需要集中展现,并且要具备灵活的过滤以及确认功能,系统还需提供多样的可视化工具,例如利用饼图、柱状图来展示设备健康状况分布情况,借助拓扑着色技术来呈现网络通信状态等,优秀的界面设计能够让运行人员迅速掌握相关情况,做出精准的判断。

4 系统集成与工程实施

4.1 硬件配置与部署

硬件作为系统得以运行的物理载体,其选型以及部署务必要契合现场的实际环境状况以及功能方面的具体需求。就站控层服务器而言,应当挑选性能出色且可靠性颇高的工业级产品,同时还要充分考量将主备配置纳入其中的可能性。网络交换机得能够适应工业环境,还得拥有足够数量的端口以及充足的带宽,在那些关键节点处最好采用冗余的设计方案。至于数据采集这块,或许有必要去部署专用的通信管理机或者规约转换装置^[3]。所有设备在安装时,其位置要充分考虑到散热、防尘以及抗电磁干扰等各项因素,屏柜的布置务必要整齐划一且规范有序,线缆标识也得清晰明了,如此这般才能为后续的维护工作筑牢坚实的基础。电源供应同样必须确保可靠程度,一般会采用不间断电源与直流电源双路同时供电的方式来予以保障。

4.2 软件平台开发

软件平台堪称系统之魂,其开发既可选用成熟的商业监控软件来开展组态工作,亦能凭借开源框架去进行自主开发活动。在开发进程当中,务必要依照软件工程规范来行事,这其中涵盖了需求分析阶段、设计阶段、编码阶段以及测试阶段等诸多环节。而重中之重在于达成各功能模块的紧密集成这一目标,从而保证数据流能够在各个模块之间顺利地流转起来。在软件开发期间,对于代码的健壮性以及异常处理能力这两方面,得给予格外的关注,毕竟工业现场的环境往往较为复杂,极有可能会冒出各式各样的预料之外的状况。与此还得给出完备的配置工具,以便让工程人员可以相对较为轻松地完成诸如变电站图形的绘制、设备点表的配置、告警规则的设定等一系列相关工作。

4.3 系统测试与调试

当系统搭建工作告一段落之后,务必要开展一番全面且细致的测试,如此方才能够正式投入实际运行当中。此次测试主要涵盖两大阶段,其一是工厂联调阶段,其二是现场调试阶段。工厂联调具体是在实验室所营造出的环境之下展开的,在这里会去模拟搭建起一个最为简化后的系统,借此来对软硬件所具备的基本功能予以验证,同时还要确认通信规约是否正确无误,另外也要检验各个模块之间联动逻辑的合理性。而现场调试则是在变电站的实际现场来进行的,在此期间要将真实的二次设备接入进去,进而开展针对整个系统的端到端测试。在这一阶段当中,得

要对所有的数据来源以及准确性进行仔细核对,还得测试像遥控、遥调这类控制功能的正确与否以及安全状况如何,并且要去验证智能诊断规则究竟能否发挥出实际的效果。在整个测试进程当中所发现的各种问题,都必须要一一加以记录并且妥善予以解决,这无疑是一项相当耗费耐心并且极为讲究细致程度的工作内容。

4.4 运维管理规范

系统正式投入运行之后,构建与之相配套的运维管理规范显得格外重要。需要制定详尽的运行操作规程,清楚界定监控画面在日常巡检环节中的具体检查内容,以及告警信息相应的处理流程^[4]。同时要确立定期开展维护工作的制度,其涵盖数据库备份操作、软件更新升级事宜、病毒检测清除工作以及日志分析等方面内容。还应当针对运行及维护人员展开系统的培训工作,促使他们做到不只会进行相关操作,而且能够理解系统背后所蕴含的逻辑原理,进而可应对并处理部分常见的各类问题。唯有将先进的技术系统同科学的管理规范相互融合起来,才能够确保自动化监控系统能够长时间且稳定地发挥出应有的效益。

5 结束语

变电站二次系统的自动化监控乃是智能变电站发展进程中的必由之路,亦是其极为重要的构成部分。此篇文章较为详尽地阐述了从需求层面的分析开始,历经总体方面的设计考量,再到技术层面的具体实现步骤,直至最终在实际工程当中得以落地这一完整的流程。文中精心设计出一套呈分层分布特点的系统架构,同时对核心功能模块予以规划安排,并且着重就依靠标准通信方式、实时数据库以及智能诊断等相关关键技术来达成实现的方法展开了深入探讨。当这样一个自动化监控系统成功运作起来之后,它能够在很大程度上增强对于二次系统运行状况的掌控把握能力,使得运维人员从那些繁杂琐碎的日常巡检事务当中部分程度上得到解脱,进而能够将精力更多地聚焦于分析决策以及异常情况的处理事宜之上,由此促使变电站的安全经济运行水准得以显著提升。

【参考文献】

- [1] 姚明宇.基于智能变电站的电气一次系统自动化控制研究[J].光源与照明,2025(8):187-189.
 - [2] 梁凤顺.智能变电站二次系统调试方法设计研究[J].科学技术创新,2025(13):58-61.
 - [3] 陈臻,张承鸿,黄金平.变电站二次系统全面优化的继电保护关键技术研究[J].流体测量与控制,2024,5(6):96-98.
 - [4] 宁占虎.变电站中的电气二次设备自动化系统设计[J].电子技术,2024,53(3):172-173.
- 作者简介: 艾茂叶 (1991.6—), 毕业院校: 河北大学, 所学专业: 电气工程及其自动化, 当前就职单位: 河北能源工程设计有限公司, 职务: 电气工程师, 职称级别: 工程师。

智能技术在电子工程自动化控制中的应用分析

王 龛

宁夏回族自治区银川市兴庆区唐徕小区，宁夏 银川 750001

[摘要]智能技术是融合信息科学、语言学、生物学等多种学科集成的先进技术，可利用计算机等设备自动完成思考、控制、判断等功能。在电子工程自动化控制中应用智能技术能够自动分析电子工程运行状态，精准完成自动化控制，进而提高控制效率及控制精度，保障生产安全，节约成本，助力企业发展。本篇文章概述智能技术，总结智能技术在电子工程自动化控制中的应用价值及应用方案，并以化工企业为例，分析智能技术在化工电子工程自动化控制中的应用策略。

[关键词]智能技术；电子工程；自动化控制

DOI: 10.33142/sca.v8i11.18695

中图分类号: TP273

文献标识码: A

Application Analysis of Intelligent Technology in Electronic Engineering Automation Control

WANG Yan

Tanglai Community, Xingqing District, Yinchuan City, Ningxia Hui Autonomous Region, Yinchuan, Ningxia, 750001, China

Abstract: Intelligent technology is an advanced technology that integrates multiple disciplines such as information science, linguistics, biology, etc. It can use computers and other devices to automatically complete functions such as thinking, control, and judgment. The application of intelligent technology in electronic engineering automation control can automatically analyze the operation status of electronic engineering, accurately complete automation control, thereby improving control efficiency and accuracy, ensuring production safety, saving costs, and assisting enterprise development. This article provides an overview of intelligent technology, summarizes the application value and solutions of intelligent technology in electronic engineering automation control, and takes chemical enterprises as an example to analyze the application strategies of intelligent technology in chemical electronic engineering automation control.

Keywords: intelligent technology; electronic engineering; automation control

引言

智能技术是信息时代中具有代表性的技术，其主要功能包括自主学习、数据信息处理、数据挖掘等。将智能技术应用于电子工程自动化控制中能够节约人力物力成本，提升自动化控制效率，提高自动化控制水平。目前，智能技术尚未在电子工程自动化控制中得到广泛的应用，为此企业需要紧跟时代发展步伐，加强智能技术研究，分析电子工程自动化控制过程中存在的主要问题，制定合理的智能技术应用策略，以提高生产效率，提升自身的市场竞争力。

1 智能技术概述

1.1 智能技术的概念

智能技术是以信息科学、生物学、语言学等学科为理论基础的先进技术，可通过计算机等设备实现自主判断及思考、自动控制。智能技术将人工智能与计算机技术相结合，通过计算机进行编程与信息交互反馈，可自动分析电子工程运行情况，无需创造控制模型便可自动化调节电子控制系统，可显著降低控制成本，提高电子工程自动控制的质量与效率。

1.2 智能技术的类型

目前，电子工程自动化控制中常用的智能技术包括神

经网络控制技术、综合智能控制技术、专家系统控制技术。神经网络控制技术设置于数据与运算符号之间，可智能化控制数据处理部分，提高数据处理的效率及准确度，保障电子工程的稳定运行。综合智能控制技术属于集成化技术方案，其主要特点是整合多种智能技术，形成完善的智能化控制体系，进而提高智能控制效果。专家系统控制技术具有智能决策、智能调节等功能，可处理多种不确定的信息，解决非结构化问题。

2 智能技术在电子工程自动化控制中应用的价值

2.1 提升控制精度

在电子工程自动化控制中应用智能技术可提升控制精度，技术人员可采用智能技能预测运行环节中可能存在的问题，提前发现异常数据，并及时采取有效的处理方案，进而提高控制精度。同时，电子工程中使用的控制器种类较多，且控制器处于动态变化的状态，科学合理地应用智能技术能够精准分析不同控制对象的运行情况，并制定合理的控制方案，进而电子工程的稳定运行^[1]。

2.2 无人控制操作

传统的电子工程自动化控制模式下，通过人工操作的方式调控各类设备，操作效率偏低，难以满足电子工程稳

定高效运行的要求。通过智能技术的合理应用,可实现电子工程设备的自动监测及自动控制,进而减少操作所需人员数量,并可解决人工操作存在的诸多弊端,进而提高电子工程自动化控制水平,降低企业成本,提升企业的市场竞争力^[2]。

2.3 无需建立模型

传统的电子工程自动化控制模式下,控制对象处于动态变化的状态,在构建对象模型的过程中影响因素较多,操作难度大,难以通过控制器进行精准控制,极易发生设备参数波动,进而影响控制效果。在电子工程自动化控制中应用智能技术能够有效解决上述问题,无需建立模型便可实现自动化监测及控制,可有效规避多种内外因素对控制效果的影响,明显提高控制精度。

3 智能技术在电子工程自动化控制中应用的方案

3.1 智能技术在控制系统中的应用方案

自动化控制系统的运行质量可以影响电子工程的应用效果,而传统的电子工程控制系统存在的主要问题为操作效率低,系统运行稳定性差,过于依赖人工配合,无法满足自动化生产的要求。将智能技术应用于控制系统中,通过智能化编程可模拟人工操作,并可规避人工操作所致误差,提升自动化控制质量,降低控制难度,确保电子工程的安全稳定运行。目前,在电子工程自动化控制系统中常用的智能技术包括物联网技术与嵌入式系统、人工智能与机器学习、大数据与云计算等,其中物联网与嵌入式系统包括通信模块、嵌入式处理器、传感器等,能够实现不同设备的互联,传感器采集的数据能够传输至中央控制器中,而中央控制器在接收相关数据后能够自动分析、自动发出控制指令,进而完成对电子工程的自动精准控制。人工智能与机器学习能够赋予各类设备自主学习能力与自主优化能力,可保障各类设备自主条件运行状态,进而维持系统的稳定运行。大数据与云计算技术能够处理电子工程运行过程中产生的海量数据,及时发现问题,并协助技术人员制定解决方案^[3]。

3.2 智能技术在电气控制中的应用方案

电气控制操作流程复杂,对技术人员的专业技能及工作经验要求较高,如发生操作失误,影响电子工程的稳定运行,使生产效率明显降低。在电气控制中合理应用智能技术能够有效解决传统技术方案存在的问题,通过神经网络模糊控制技术与电气控制的结合,技术人员可以在软件平台中动态了解电子工程中各类设备的运行情况,并及时调整运行参数,进而达到最佳的控制效果。比如在电气控制的过程中,技术人员可采用神经网络模式辅助建立 TS 模糊模型,进而动态掌握电量、能源消耗等电气控制相关参数,可避免人工记录引发的数据误差或信息混乱问题,进而实现电气设备的精准控制。同时,技术人员也可利用智能技术设计控制系统,编写特定的算法,自动收集及存

储数据,自动生成数据表格,自动监控设备的运行状态,分析设备的开关信号、数字信号、模拟信号是否存在异常,如发现设备运行效率、电压、电流等存在异常,可通过智能技术确定异常的原因,及时发出保护设备的指令,向技术人员发出报警信息,进而确保设备能够安全稳定地运行。

3.3 智能技术在设备诊断中的应用方案

传统的电子工程自动化控制系统缺少完善的设备故障检测体系,设备发生故障后,技术人员需要逐一进行排查,确定故障位置后进行维修,设备故障诊断及处理的效率较低,可影响企业的生产效率。将智能技术应用于设备诊断中,可实现分组、分段诊断,在最短时间内确定故障的准确位置,并可查明故障原因,技术人员根据故障位置及故障原因进行维修,可缩短故障处理的时间,提高企业的生产效率。目前,电子工程设备诊断中常用的智能技术为神经网络系统、专家诊断系统,二者均可自动监测设备故障,准确定位故障。在应用此类技术的过程中,需建立完善的专家知识库,以保证故障诊断的准确性及高效性。在建立专家实时库的过程中,需要录入电子工程中各类设备的正常运行状态,完整录入历史诊断数据及相关知识,并合理设置诊断模块,保证各个模块之间的信息互通,进而保证诊断的高效精准。比如在电子工程变压器诊断的过程中,可通过专家系统对气体侧壁进行分析,通过三比值与气体侧壁的特征分析,配合人工神经网络、数据处理等技术,及时发现变压器运行中存在的问题,制定处理方案,以保证系统的安全稳定运行。

3.4 智能技术在产品设计中的应用方案

产品设计内容繁琐,要求相关人员熟练掌握电子产品相关知识,并能够灵活运用知识解决问题,创新设计方案,使电子产品在实际生产中发挥出应有的作用。传统的电子产品设计多依赖设计人员的经验,无法保证设计方案的合理性及适用性,且设计的效率较低。将智能技术应用于产品设计中可通过虚拟现实等技术模式设计产品的品质、性能、合理性,及时调整设计方案,进而提高设计效率及质量,保证设计的电子产品能够在电子工程中达到最佳的应用效果,进而提高电子工程的运行质量,提升企业的经济效益^[4]。

4 智能技术在化工电子工程自动化控制中的应用策略

4.1 智能技术的总体结构

某化工企业在电子工程自动化控制中引入人工智能与计算控制系统等智能控制技术,建立智能化工程。智能技术的总体结构包括智能控制、智能生产、智能运营,在智能控制方案中,智能技术能够实时采集化工电子工程中各类仪表的数据,分析数据是否存在异常,及时发现预警信息,并能够通过 DCS/PLC 技术对各类设备进行自动控制,保证电子工程处于稳定运行的状态。智能控制中引入

机器学习技术及机组泵控制技术,可动态分析处理设备运行过程中存在的各种问题,迅速精准完成化工生产机组泵的调节控制,进而提升电子工程自动化控制的效率与质量,提升企业的生产效率。在智能生产方案中,智能技术能够对预先设定的生产流程进行监管,也可自动分析电子工程运行情况,自动完成调度与作业排产,动态规划电子工程运行方案,并能够对化工生产中多种大型设备进行管理,进而保证设备处于稳定的运行状态。在智能运营方案中,智能技术能够自动追踪生产状况,制定调度方案,并能够进行人力资源管理、订单预测、生产预算、电子商务、仓储运输,可帮助企业节约成本,提高生产经营效率^[5]。

4.2 智能技术在化工电子工程自动化控制中的应用策略

4.2.1 数据采集与处理

在化工电子工程自动化控制过程中,技术人员利用智能技术采集及处理各类设备运行的数据,动态监控设备运行状况,及时发现并处理异常信息,可保障电子工程的稳定运行。同时,技术人员将相关信息录入数据库中,构建完善专家系统,可为后续异常情况的处理提供有效的参考信息。

4.2.2 系统运行监控

化工生产过程中,计算机程序操控自动化控制系统,执行预先设计的计算逻辑与模型,使各个生产环节紧密结合,进而达到自动化控制的效果。如计算机程序发生异常,则可能导致设备无法正常运行,使自动化控制系统处于混乱的状态。为解决此类问题,化工企业可应用智能技术,通过人工智能、大数据分析等技术监控自动化控制系统的运行状况,自动采集及分析各类数据,如发现异常数据及时发出预警信息,技术人员根据预警信息内容迅速检修相关设备,进而确保自动化控制系统的高效稳定运行。

4.2.3 自动化操控

化工企业生产强度较大,为满足生产需求,可通过智能技术构建具有智能计算、自动化控制等功能的电子工程自动化控制系统,该系统能够在已有经验及海量数据的基础上完成智能分析,进而满足智能化生产作业的需求,显著提高生产管理效率,并可解决传统的单机指令操作系统冲突等问题,最大程度上降低系统故障发生率,保证化工企业生产的安全稳定性。

4.2.4 专家控制系统

化工企业的专家控制系统主要包括知识库、数据库、推理机、解释部分、知识获取部分,在构建知识库的过程中,需要存储记录生产过程中产生的全部数据资料,保证数据完整、实用、准确,并建立具有自动学习能力、知识积累能力的自动化控制系统,使系统自动获取新知识,有效整理与编排现有数据,进而准确评估智能化生产系统的运行状态,及时处理异常情况。知识库的主要作用是存储数据,推理机能够对比分析系统运行的数据与知识库中的数据,通过反向、正向、混合等推理方式,制定系统运行方案,进而有效解决化工生产过程中存在的各种问题。解释部分主要作用是分析推理机制定的方案,作出解释说明,以便于技术人员准确理解方案中的内容。知识获取部分属于系统中的学习模块,其主要作用是通过不断实践及应用获取新知识,丰富知识储备,丰富完善智能技术的知识结构,进而促进电子工程自动化控制水平的提高。

4.2.5 模糊控制系统

化工企业应用的智能技术下的模糊控制系统组成部分包括检测装置、输入输出接口、模糊控制器等,可及时准确获取遭控对象的数据信息,分析处理各类数据,利用模糊控制器将被控对象、装置动态静态等区分为不同类型的控制器,并对各个控制器进行精准调控。

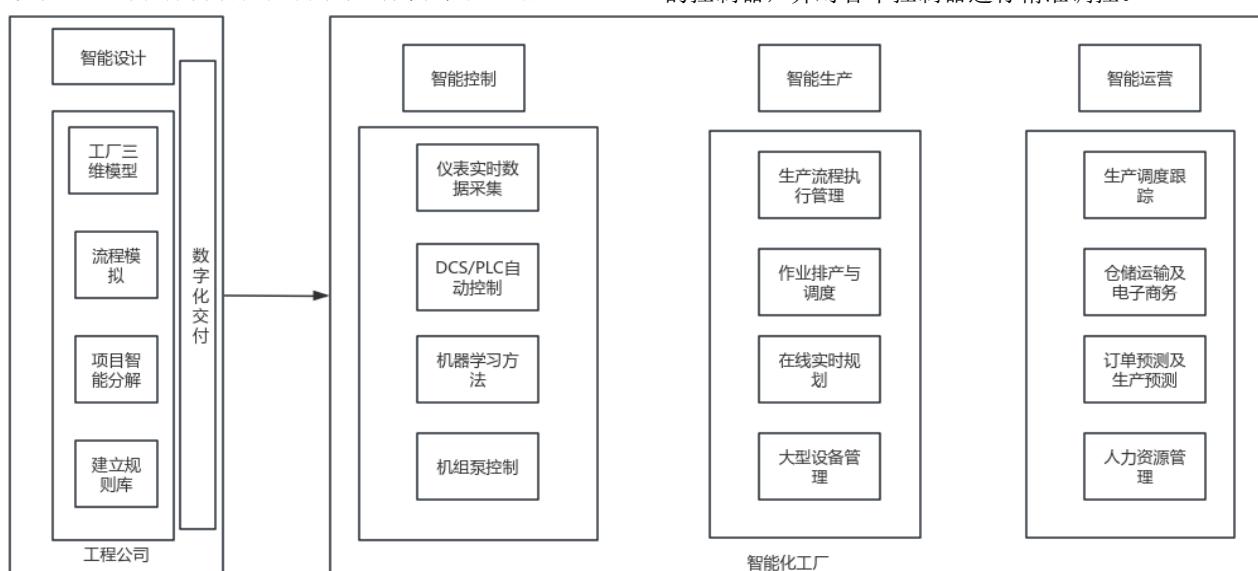


图1 智能技术的总体结构

4.2.6 神经网络控制系统

化工企业应用的神经网络控制系统能够迅速完成数据信息分析,制定精准的控制方案,并能够完成多点信号输入与输出的控制。神经网络控制系统需要多种控制器件的支持,并需要构建多层次的架构体系,组建专用控制网络,以达到最佳的应用效果。

5 结语

综上所述,智能技术应用于电子工程自动化控制中改善电子工程控制系统的性能,提高自动化控制的稳定性,提升工作效率。目前,智能技术中综合智能控制技术、神经网络控制技术、模糊逻辑控制技术在电子工程自动化控制中均取得良好的应用效果,未来仍需加强智能技术的研究,结合企业生产经营的具体特点构建更为完善的技术方案,并在实践的过程中制定合理有效的应用策略,使智能化技术在企业

生产经营中发挥出应有的作用,使企业持续健康发展。

[参考文献]

- [1]焦方斌.人工智能在炼油化工过程控制中的创新应用与挑战[J].张江科技评论,2025(7):30-32.
- [2]冯君茜,宋中花.人工智能赋能化工过程强化及经济效益提升[J].化工管理,2025(31):76-79.
- [3]张超.基于人工智能的化工安全监测与预警系统研究[J].中国石油和化工标准与质量,2025,45(19):55-57.
- [4]俞洋,付琳,张士豪.从256次泄漏警报到“零事故”智能技术如何构筑石化安全新防线[J].中国石油和化工,2025(9):56-58.
- [5]魏霞,王兴垚.场景数据智算打通“人工智能+”最后一公里[J].企业管理,2025(9):107-110.

作者简介: 王龑 (1984.10—), 男, 电气工程。

工业给排水泵站自动化控制改造方案设计

吕占涛

中国电子系统工程第四建设有限公司, 河北 石家庄 050000

[摘要]工业给排水系统是工业生产的核心基础设施, 泵站运行效率与控制精度直接影响工业生产的连续性、经济性及环保性。针对传统工业给排水泵站问题, 文章结合工业给排水泵站的运行特性与工艺要求以“精准控制、高效节能、智能运维”为目标, 围绕取水系统、加压供水系统、排水及污水提升系统的工艺优化方向展开设计研究。研究结果显示工业给排水泵站自动化控制改造方案可提升泵站的高效化与稳定性, 降低成本, 为相为同类泵站的改造提供技术支持。

[关键词]工业给排水泵站; 自动化控制; 工艺适配; 系统优化; 泵站改造

DOI: 10.33142/sca.v8i11.18685 中图分类号: TU991 文献标识码: A

Design of Automation Control Transformation Scheme for Industrial Water Supply and Drainage Pump Station

LYU Zhantao

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

Abstract: The industrial water supply and drainage system is the core infrastructure of industrial production, and the operational efficiency and control accuracy of pump stations directly affect the continuity, economy, and environmental protection of industrial production. In response to the problems of traditional industrial water supply and drainage pump stations, this article combines the operational characteristics and process requirements of industrial water supply and drainage pump stations with the goal of "precise control, high efficiency and energy saving, intelligent operation and maintenance", and conducts design research on the process optimization of water intake systems, pressurized water supply systems, drainage and sewage lifting systems. The research results show that the automation control transformation scheme for industrial water supply and drainage pump stations can improve the efficiency and stability of pump stations, reduce costs, and provide technical support for the transformation of similar pump stations.

Keywords: industrial water supply and drainage pump station; automated control; process adaptation; system optimization; pump station renovation

引言

工业生产中, 给排水系统主要负责生产用水的供给、循环水冷却以及生产废水的排放, 泵站是其核心动力, 运行状态对工业生产的正常开展有着直接的影响^[1]。传统泵站多人工值守、手动调节, 存在控制精度低, 导致供排水失衡、响应滞后, 甚至引发设备故障或系统异常、能耗高, 造成电能浪费、运维成本高且故障排查不及时、可靠性不足、监测预警缺失等弊端^[2]。伴随着工业自动化技术的高速发展, 传统泵站控制模式难满足现代工业需求。开展工业给排水泵站自动化改造, 构建智能控制体系, 实现精准调控、节能优化与智能运维, 是工业基础设施升级的重要方向, 可提升精度与速度、保障系统稳定、降低成本、减少人力, 还能缩短故障处理时间, 保障设备安全运行。

1 工业给排水泵站自动化控制相关技术基础

1.1 PLC 控制技术

在工业给排水系统的构建中 PLC 以其高可靠性、编程灵活、易于维护等优点^[3], 成为实现排水系统远程监控与控制的关键技术。PLC 设备通过其内置的程序逻辑和

算法, 能够实现对排水系统中各种设备和过程的精确控制。此外, PLC 设备通过集成传感器、执行器等外部设备, 实现了对排水泵站运行状态的实时监测与精确控制。在排水泵站中, PLC 可以采集水位、流量、压力等关键参数, 并根据预设的控制策略对这些参数进行处理与判断, 降低了人工操作的误差与风险。

1.2 变频调速技术

变频调速技术的基本原理是利用变频器对电动机输入电源频率和电压进行连续调节, 实现电动机转速的平滑变化, 以满足泵站系统对不同流量和压力条件下的动态运行需求^[4]。根据交流电动机转速公式 $n=60f(1-s)/p$ (其中 n 为电动机转速, f 为供电频率, s 为转差率, p 为磁极对数), 改变供电频率能改变其转速。变频调速技术调速范围广、精度高、节能显著等, 是工业泵组节能改造关键技术。工业给排水泵站中, 泵组流量、扬程等与转速关系紧密, 以往, 泵站中泵组多采用工频运行, 主要通过节流阀调节流量, 能量损耗比较大。采用变频调速技术, 可按实际需求动态调节泵组转速, 在确保泵组在最佳工作状态运行的前

提下降低功率消耗,减少启动时的冲击电流,延长设备使用周期。

1.3 传感器检测技术

传感器检测技术是实现泵站自动化控制的基础,依托实时、自动化、高精度的数据采集与分析能力,不仅实现了泵站运行过程中的各类关键参数的采集,而且可以诊断与预警,为控制决策提供数据支撑^[5]。工业给排水泵站需检测液位、压力、流量、水质及设备状态等参数。不同参数选用不同传感器:检测液位采用具有测量范围广、精度高、抗干扰能力强的超声波液位计等;压力检测用压力变送器,将压力信号转换为标准的4~20mA模拟信号输出;流量检测用电磁、涡街流量计;设备状态的检测主要采用振动传感器、温度传感器、电流传感器等,以便对设备运行的状态进行实时监测。传感器信号经预处理后传至PLC或数据采集模块,供后续控制调节和状态监测使用。

1.4 SCADA 监控技术

SCADA是以计算机为基础的自动化监测技术,能够实现各类数据的自动化采集以及相应设备的测量和控制,并根据采集到的数据信号完成诊断以及报警等一系列操作^[6]。将SCADA技术应用于电力、水利、石油、化工等工业领域运行监控平台设计中,可以利用该技术的完整信息采集与决策优势。工业给排水泵站自动化控制中,SCADA系统是监控层核心设备,能实时监测运行参数并以图形化、数字化展示;存储分析数据生成报表;设置参数阈值,超限或故障时声光报警并记录;支持远程控制泵组启停、转速调节及阀门开关;还可提升给排水系统运行管理的效率。

2 工业给排水泵站运行现状与改造需求分析

多数老旧工业给排水泵站仍用人工控制模式,存在诸多问题,主要靠人工经验判断启停泵组和调阀门,主观性强、精度低,难以及时调节参数,易致供用水不匹配,且人工响应滞后,突发故障难及时处理。需专人值守,人工成本高,设备维护靠定期检修,缺乏实时监测和预警,维修成本高且影响生产,运行数据人工记录易出错。泵组工频固定转速运行,靠节流阀调流量,能耗偏高,经济性差;此外,传统工业给排水泵站间通信差,数据难共享,无法集中监控和统一调度,影响系统运行效率,且设备运行安全性和可靠性难保障。

3 工业给排水泵站核心系统自动化改造的给排水工艺设计

3.1 取水泵站自动化改造的工艺设计

在工业原水供应体系中取水泵站核心功能是从水源地涵盖江河、湖泊以及地下水等抽取原水,输送至后续水处理系统。传统取水泵站主要采用固定泵组的运行模式,这种模式在实际运行中逐渐暴露出诸多局限性,难以适配水源水位波动,同时,原水水质也会因污染源排放、周边

环境变化等情况出现动态改变,易导致取水不足,影响工业生产的正常用水供应,增加能源浪费。自动化改造工艺设计核心是精准调控取水流量与水质,保障后续水处理系统稳定运行。工艺优化上,首先结合实际工况完善取水头部的设计,针对水位波动,主要采用自动化监测系统采集相关数据,结合取水头部的淹没深度,对取水头部的安装高度、结构形式进行合理的优化调整,必要时采用可升降式取水头部设计,借助自动化驱动装置对取水头部高度进行动态调节,稳定获取优质原水。同时,在取水头部科学配置自动反冲洗装置,依托先进的自动化控制系统根据进水压力差数据判断滤网的堵塞状况,定时或不定时启动反冲洗程序,强劲的反冲洗水流有利于清除滤网截留的杂质,提升取水系统的运行稳定性与可靠性。

对泵组运行的工艺逻辑进行合理的优化,以后续水处理系统的进水流量需求为依据,借助先进的自动化系统,对水处理系统进水池的液位进行实时、高精度的监测,结合水源水位与取水管道的水力特性制定泵组的智能启停与变频调速逻辑。同时,紧密结合原水水质浊度、pH值等监测数据,一旦监测到原水浊度超出标准范围自动启动前置预处理装置(如格栅、沉砂池)对原水进行初步净化处理,并调整泵组运行流量,确保进入水处理系统的原水水质完全符合既定的工艺要求。在取水管道的关键节点科学布设压力传感器、电动阀门、流量传感器,通过自动化系统对管道内的水流状态实施全方位、实时性的精准监测,一旦系统检测到管道堵塞,第一时间触发报警机制,自动化系统将依据预设逻辑自动调整泵组运行参数。同时,在管道系统中设置泄压阀与回流管,保障其水力稳定性。

3.2 加压供水泵站自动化改造的工艺设计

加压供水泵站在整个工业生产用水供水系统中的作用主要是把处理后达到标准的生产用水加压到一定的压力送到生产用水设施及车间使用。工业生产用水具有流量变化大、用水点多而散等特点,并且对水压的要求非常高。传统的加压泵站在供水过程中采用的是固定压力供水的方式不能根据实际情况调节供水的压力及流量大小,在使用中不仅会因为水压过小或者过大而影响到产品的生产质量,同时还会产生大量的能源损耗。

工艺上,在考虑用水量的基础上,制定动态供水工艺逻辑。利用自动化系统对各车间用水流量、用水压力等重要参数实时准确地采集,结合生产计划来完善动态供水曲线。采用变频调速技术和配合恒压供水控制逻辑,通过对压力传感器的压力数据及时反馈和监测, PID控制器依据压力偏差,经过智能化运算快速、精确控制水泵转速,使系统出水压力稳定在给定值附近。

进行泵组选型及组合工艺的优化,根据生产用水的水量水压需求,结合水泵性能曲线,利用科学方法以及精确计算来选取合适的泵机组型号与台数,“一拖一”形式确

保供水的连续稳定。另外，在用水压力变化比较大的车间区域采用了分区供水工艺的设计理念。自动化系统能够实时感知各区域的水压需求，控制各分区的加压泵组与减压阀，实现不同区域的精准供水，避免了传统统一供水模式下部分区域水压不足影响生产，同时也避免因水压过高造成能源浪费的问题。

在给水管网中对各个重要设施进行科学规划及准确布置，根据管网的实际构造情况以及取水量的需求状况，在管网分流管的关键位置安装流量变送器、电动阀门调节器、压力变送器，实时监控各个分流管中的水流情况并确定各个部位的压力值，借助于自动控制系统，采用先进算法及控制方式精确控制管网中各处水量配比；在管道最高点安装自动排气阀将管道中的气体排出以防止气阻产生，在管道最低点安装排污阀按设定时间进行定期排水，从根本上保证供水水质。并根据用水量的昼夜变化情况、水源供给的可靠程度和系统经济性的最优确定储水设备(清水池、稳压罐)容积和布设位置。采用自动检测设备采集蓄水池内水位信息进行联动控制，水泵启停由蓄水池内水位来决定。

3.3 排水及污水提升泵站自动化改造的工艺设计

排水/污水提升泵站主要用于收集提升生产废水和生活污水，避免废水积水对生产和环境造成影响。由于工业废水水量不稳定，水质复杂，具有强腐蚀性等特点，在原有的泵站中，采用人工监控、手动启动等方式，存在废水漫溢、机泵损毁、冲击污水处理装置等情况发生。为保证废水收集、提升、输送过程稳定可靠，进行了自动化升级改造。保证排水、污水处理正常。工艺优化首先应完善废水收集及预处理工艺，借助自动化系统实时监测各废水收集池液位，依生产废水排放规律制定泵组智能启停逻辑。在收集池入口设自动格栅，由自动化系统定时启动除污，防管道堵塞与泵组磨损；针对含腐蚀性物质的废水，收集池和管道用耐腐蚀材料，自动化系统实时监测 pH 值等腐蚀指标，超标时自动启动中和装置降腐蚀性，保护设备管道。

以废水的流量、扬程与污染物特性为依据，合理选择污水提升泵的类型，在泵组的运行模式上采用“多泵并联、智能调控”的创新模式。通过自动化系统能够实时、精准地监测提升管道内的流量与压力数据，结合污水处理系统的实时进水负荷情况对泵组的运行参数进行合理调整。在提升管道系统中设置回流管与应急排放口，当污水处理系统出现短暂故障或进水负荷波动时，自动化系统能够通过

自动切换至应急排放模式将污水精准输送至预先设置的应急储存设施中，这一系列设计能够避免环境污染。

此外，工业污水在收集与提升过程中极易容易产生恶臭气体，不仅会对环境造成严重影响，而且会增加腐蚀性，对泵站导管的使用周期造成严重影响，不利于系统的稳定性运行。基于此种情况，通过在泵站内设置自动通风装置，同时基于工况的实际情况，安装先进的除臭设备，通过智能化系统对站内的恶臭气体浓度进行实时、精准监测，一旦监测到恶臭气体浓度超过预设的安全标准自动启动通风与除臭装置；在泵站设备的选型阶段充分考虑防腐需求，对于与废水直接接触的泵体、管道等部件采用耐腐蚀材料与涂层，并在设备的关键部位安装腐蚀监测传感器，通过自动化系统定期监测设备的腐蚀状态，一旦发现设备存在腐蚀隐患及时发出维护预警，确保泵站系统的长期稳定运行。

4 结论

本文研究对给排水工艺实际需求所开展的自动化改造设计进行了深入的探究，在此次自动化改造设计过程中，通过引用自动化控制技术，先进的传感器技术以及智能算法有效解决传统泵站运行中存在的响应滞后、调节精准度不高等问题，是同时通过对泵组的运行参数进行优化，可实现能耗降低的目标。未来，随着智慧水务技术的发展，工业给排水泵站自动化改造进更加高效、精准、智能的运行管理。

[参考文献]

- [1]董晓鹏.PLC 自动监测控制排水系统在采区水泵房的应用[J].自动化应用,2023,64(11):57-58.
 - [2]赵仲伟.城市排水泵站管护信息化系统设计[D].石家庄:河北科技大学,2022.
 - [3]王营博,许同乐,陈康.DCS 系统在水厂远程监控中的应用[J].自动化仪表,2016,37(1):52-56.
 - [4]王新,刘玉刚.变频调速技术在火电厂引风机中的应用研究[J].仪器仪表用户,2025,32(4):85-87.
 - [5]胡林期.变频调速技术在大变幅特征水位取水泵站的应用[J].企业科技与发展,2011,11(14):82-84.
 - [6]张博春,王长征,尹丰.SCADA 与 DCS 一体化监控技术分析[J].石油化工自动化,2023,59(2):7-10.
- 作者简介：吕占涛（1985.3—），毕业院校：西北大学，所学专业：环境工程，当前就职单位：中国电子系统工程第四建设有限公司，职务：给排水工程师，职称级别：中级工程师。

无线充电技术的原理及其在智能家居中的应用前景

田义娜

河北科防治金安全评价有限公司, 河北 石家庄 050000

[摘要]伴随着智能家居行业的快速发展,各类智能设备对于供电方式在安全性与便捷性层提出了更为严格的要求。无线充电技术具有独特的便捷性、安全性等特点在智能家居领域中得到了广泛的应用。基于此,文章研究首先对无线充电技术的概念进行了阐述,对于当前主流的无线充电技术工作原理以及运行机制进行了深入剖析,同时基于智能家居的发展需求全面探讨了充电技术在智能家居场景中的发展方向,为无线充电相关技术的推广和应用提供了参考。

[关键词]无线充电; 工作原理; 智能家居; 应用前景

DOI: 10.33142/sca.v8i11.18684 中图分类号: TM724 文献标识码: A

The Principle of Wireless Charging Technology and Its Application Prospects in Smart Homes

TIAN Yina

Hebei Kefang Metallurgy Safety Evaluation Co., Ltd., Shijiazhuang, Hebei, 050000, China

Abstract: With the rapid development of the smart home industry, various smart devices have put forward stricter requirements for power supply methods in terms of safety and convenience. Wireless charging technology has been widely used in the field of smart homes due to its unique convenience, safety, and other characteristics. Based on this, the article first elaborates on the concept of wireless charging technology, deeply analyzes the working principles and operating mechanisms of the current mainstream wireless charging technology, and comprehensively explores the development direction of charging technology in the smart home scene based on the development needs of smart homes, providing reference for the promotion and application of wireless charging related technologies.

Keywords: wireless charging; working principle; smart home; application prospects

引言

伴随着科技的快速进步与发展,智能家居也逐渐融入人们的日常生活中^[1],通过借鉴先进的智能化与互联化技术,实现了设备之间信息交互以及协同工作,提高了人们生活的便捷性程度,进一步提高人们的舒适体验感与生活质量^[2]。然而,多数智能家居设备主要采用的是有线充电方法,需要配备大量的充电线缆,供电线缆长度有限以及冗余缠绕给用户的使用带来很大的不便,同时杂乱的线缆对家居环境的整洁性造成严重影响,极大的降低设备灵活性和美观性。而且在长期使用后线缆容易出现磨损、老化等情况,增加安全隐患^[3]。电池供电方式由于智能化设备越来越小型化,电池容量很小,需要频繁充电,使用起来维护难,体验差^[4]。而无线充电技术无需设备之间的物理接触,便可实现能量的高效传输,可以确保家居环境的整体美观性,有效规避有线充电所带来的各种问题。这些年来,随着对无线充电技术的深入研究,其功率范围、传输效率均得到持续提高。基于此,本文研究分析和探讨了无线充电技术的原理及其在智能家居中的应用前景,对于推动智能家居行业的高质量发展具有重要意义。

1 无线充电技术的核心概念与分类

1.1 核心概念

无线充电技术即无接触感应充电技术,主要是通过电

池共振,电磁感应、无线电波等原理,从而实现设备供电与用电设备间无需物理导线连接即可达到能量传输的一种前沿技术。无线充电技术核心思想是将电能转换为可无线传播的能量形式,随后在接收端将该能量形态重新转换回电能,从而为用电设备提供持续稳定的电力供应或充电。无线充电技术展现出诸多优势,如便捷性好、使用寿命长,安全性高,为用户的用电安全以及便利性提供了更为可靠的保障^[5]。

1.2 技术分类

无线充电技术根据能量传输原理的不同可分为多种类型,目前,在民用领域应用较为广泛且技术相对成熟的主要有三类,具体见表 1。

表 1 三类无线充电技术

技术类型	传输距离	传输效率	功率范围	核心优势	适用场景
电磁感应式	较短(几厘米内)	较高	中低功率	技术成熟、成本低、稳定性好	小型便携式智能设备(手机、手表等)
电磁共振式	中等(几十厘米至数米)	中高	中功率	传输距离远、对齐要求低、能量损耗小	中型家居设备(智能音箱、台灯等)
无线电波式	较远(理论无距离限制)	较低	低功率	不受设备位置限制、可远距离补电	低功耗传感设备(温度传感器、门窗传感器等)

2 无线充电技术的工作原理

2.1 电磁感应式无线充电技术

电磁感应式无线充电技术是基于电磁感应定律发展而来的,主要由发射端和接收端两部分组成。在运行的过程中,市电通过发射端进行高频逆变处理,转为高频交流电,当接收线圈进入该交变磁场的有效作用范围时会在发射线圈周围产生相应的交变磁场^[6]。随后,该感应电动势经接收端根据电磁感应定律,最终转化为稳定的直流电,进而为用电设备供电或为电池充电。电磁感应式无线充电技术的核心是借助线圈间的电磁耦合作用实现能量传输,其传输效率与接收线圈和发射线圈的耦合系数呈现出显著的正相关性。然而,该技术对发射线圈与接收线圈的对齐精度要求较高,通常需要将接收设备近距离放置在发射设备上才能实现有效的能量传输,通常其有效传输距离仅限于几厘米的范围内^[7]。

2.2 电磁共振式无线充电技术

电磁共振式无线充电技术主要基于电池共振原理实现能量的传输,由发射端(含高频驱动电路、发射谐振线圈)和接收端(含接收谐振线圈、整流滤波及稳压电路)组成,共同完成对接能量的转换与调控。在电磁共振式无线充电系统中发射端的高频驱动电路会生成特定信号,依据电磁感应原理驱动发射线圈,使其向外部辐射出特定频率的电磁波。接收端的线圈具有与发射线圈相同的谐振频率,发射端高频驱动电路产生信号,驱动发射线圈辐射电磁波^[8];接收端线圈谐振频率与之相同,进入辐射范围后便会与发射线圈产生电磁共振现象,先经过接收端的整流滤波电路,滤除其中的杂波干扰,将交流电转变为较为平滑的直流电,再经稳压电路的精确调控,为设备提供电力支持。电磁共振式技术比电磁感应式技术的传输距离更长,同时,该技术对于发射线圈与接收线圈之间对齐精度的要求降低。在能量传输进程中不会对周围非谐性物体产生干扰,可以降低传输过程中的能量损耗,技术尤其适用于适用于中等功率、中等距离的无线充电场景。

2.3 无线电波式无线充电技术

无线电波式无线充电技术以无线电波为能量载体,通过天线转换传输电能。发射端含高频振荡器、功率放大器和发射天线,接收端有接收天线、整流和稳压电路^[9]。发射端产生并放大高频电信号,功率放大器对该信号进行功率提升,经天线辐射向空间辐射能量;接收端捕获无线电波后转换为直流电,为低功率设备提供电能供应。该技术的传输距离远,且不受设备位置的限制,但是该技术也存在一定的局限性,无线电波在传播过程中能量衰减快、传输效率低,无线电波式无线充电技术多用于小型低功率设备、低功耗补电场景中。

3 无线充电技术在智能家居中的应用方向

3.1 小型便携式智能设备充电

在智能居家环境中,如智能手表、智能手机、无线耳

机等小型便携式智能设备因其体积小,功耗也相对较低,并且用户的使用率较为频繁,因此,对于充电的便捷性有着极高的要求,非常适合采用无线充电技术。基于电磁感应式无线充电技术打造的充电底座,充电面板够巧妙地嵌入到各类家居家具之中,用户在使用时也极为方便,只需要将智能手机、智能手表等小型便捷式智能设备放置在指定的充电区域,即可实现自动充电,各种便捷式的操作不需要频繁插拔充电线。可以在卧室的床头柜上安装无线充电模块,在手机没电后,只需将手机放在床头柜上就可以快速完成充电,大大简化了充电流程,无需需要寻找充电线,用户节省了时间与精力,提供了便利。

3.2 中型家居智能设备供电

对于智能台灯、智能音箱等设备建议采用无线充电技术供电,中型家居智能设备通常会放在一个固定的位置,然而,有线供电方式存在明显的局限性,其供电效果会受到电源插座位置的制约,并且线缆杂乱会对居家的整体美观性造成严重影响。电磁共振式无线充电技术凭借其中等功率的传输能力,以及具有一定的传输距离可以满足此类中型设备的供电需求。通过在房间的特定区域,如书房的书桌下、客厅茶几的隐蔽下方设置无线充电发射装置,各类智能设备内部置接收线圈,智能设备被妥善放置于发射装置所界定的有效传输范围之内时即可实现无线供电。基于先进的电磁感应或磁共振原理摆脱了电源插座的限制,无需再因电源插座的位置而受限于设备的摆放,无杂乱的线缆交织同时也有助于提高居家环境的整体美观性,提高用户的整体居住体验感。

3.3 低功耗智能传感设备补电

智能家居系统有大量低功耗智能传感设备(如温湿度、光照等传感器),多靠电池供电,电量耗尽需更换或拆卸充电,维护成本高,且部分传感器更换电池不便。无线电波式无线充电技术可解决此问题,在室内设发射基站辐射低功率电波,设备内置接收天线和能量转换模块能实时接收并转换电能为设备补电,实现长期稳定运行,提高系统的可靠性与稳定性,降低维护成本,保障智能化管理。

3.4 移动智能家居设备续航

智能家居移动设备增多,传统有线充电需返回固定基座,充电时无法工作,影响效率。无线充电技术(电磁感应式或电磁共振式)提供更灵活续航方案:可设多个无线充电站点,设备低电量时自主前往充电后继续工作;或采用动态无线充电,铺设无线充电轨道让智能扫地机器人、智能拖地机器人等设备在移动中可以实时充电,实现不间断工作,拓展应用场景。

4 无线充电技术在智能家居中的应用前景

4.1 技术融合趋势明显,提升用户体验

通过将智能家居控制系统与无线充电设备进行融合,用户仅通过智能语音助手,借助手机app等多样化的途径,就可实现远程操作无线充电设备的开启与关闭,并且可以

调节充电功率，同时能够对充电状态进行实时监测^[10]。除此之外，无线充电技术同时也展现出比较强大的融合潜力，通过与人工智能、物联网等前沿技术的高度融合，可以高效实现设备之间的智能协同与联动，进而推动智能家居向更高层次、更加智能化层次的发展，从而为用户提供更加智能、高效、便捷的家居生活体验。

4.2 标准化进程加快，推动产业发展

当前无线充电技术领域呈现出多种标准，不同品牌、不同类型设备所遵循的技术标准存在差异。在一定程度上导致它们之间的兼容性表现欠佳，限制了无线充电技术在智能家居领域的广泛推广与深度应用。伴随着智能家居市场的持续攀升，以及产业的发展，无线充电技术的标准化进程正加速推进。行业内将逐步构建一套统一、完善的技术标准和接口规范体系实现不同品牌、不同类型智能设备与无线充电设备之间的互联互通。统一技术标准和接口规范的建立将降低企业的研发成本，同时也大幅度提高产品的通用性与兼容性，从而推进无线充电技术在智能家居领域中的大规模运用与快速发展。

4.3 性能持续提升，拓展应用场景

伴随着技术的快速发展与创新，无线充电技术的性能也逐渐持续提高，未来无线充电的传输效率也会随之提高，逐渐接近有线充电的效率，在一定程度上可以有效降低能量在传输过程中的损耗。另外，在传输功率范围方面，无线充电技术将展现出强大的扩展性与适用性，随着传输功率范围的逐渐扩大，可以有效满足大型家居设备的高功率无线充电需求。传输距离也会不断的增加，打破传统无线充电近距离传输的限制，进而提高传输效率。性能的提升将为无线充电技术在智能家居领域的应用开辟更为广阔的空间，如深入到大型家居设备的供电环节，为智能冰箱、智能洗衣机等大型家居设备提供无线供电，实现全屋无线供电的愿景。

4.4 成本逐步降低，普及程度提高

当前因无线充电设备成本相对较高，而对其的广泛普及与推广应用有了一些限制，今后随着技术的逐渐完善与成熟，生产规模的进一步扩大，以及产业链的完善，无线充电设备的研发成本也会随之下降。在今后无线充电板块可以更加广泛的嵌入类各家居家具之中，实现无线充电功能的全屋覆盖。通过成本的降低可以进一步推动该技术在智能家居领域中的广泛普及与应用，以便为更多用户提供更加便捷的体验感。

5 结论与展望

5.1 结论

无线充电技术凭借其具有灵活性、安全性、便捷性等

特点在智能家居领域中得到了广泛的应用场景。本文研究首先对当前三种主流无线充电技术的原理进行了深入的剖析。从小型便携式设备充电到中型设备供电，从低功耗传感设备补电到移动智能设备续航，无线充电技术能够有效解决传统有线供电方式在智能家居应用中的诸多问题，为用户提供了较大的便利性，同时也有助于提升家居环境的整洁性。

5.2 展望

在无线智能时代大踏步向我们走来的今天，智能家居已经走进百姓千万家，物联网、智能化已经深入人心。未来无线充电技术与智能家居的融合进程将迈向更深层，通过在全屋范围内构建无线充电网络，能够为各类智能家居设备提供无盲区、全方位的无线供电服务，这一变革将彻底消除有线的束缚，融入人们的日常生活中，推动智能家居进入全新的发展阶段。同时，将绿色能源技术融入到无线充电技术领域中，如借助太阳能、风能等丰富且可再生的清洁能源为无线充电系统供电，以高效的能量转换与存储装置实现能源的清洁与利用，减少了对传统化石能源的依赖，降低碳排放，为智能家居的可持续发展提供支撑。

【参考文献】

- [1]周建民.应用于移动电子设备的无线充电技术[J].集成电路应用,2014,1(4):34-36.
- [2]红刚,朱晓峰.智能家居供电系统研究[J].湖北农机化,2019,1(5):191-192.
- [3]范松海,李均龙,申世军,等.家用小功率电器的微波无线供电研究[J].电视技术,2015,39(9):48-52.
- [4]张柯炜,薛宇飞,强浩,等.多接收无线桌面充电系统设计[J].科技与创新,2022,12(23):171-173.
- [5]刘婵媛.基于物联网的智能家居系统研究与实现[D].中国北京:北京邮电大学,2012.
- [6]甘泉,胡桐逢.蓝牙技术与无线供电技术在智能家居中的应用[J].自动化与仪器仪表,2015,1(3):214-216.
- [7]薛明,杨庆新,章鹏程,等.无线电能传输技术应用研究现状与关键问题[J].电工技术学报,2021,36(8):1547-1568.
- [8]杨涛,刘兴,李健,等.无线射频能量收集系统设计[J].江西电力,2021,45(4):16-20.
- [9]刘洋,孙跃,王智慧,等.ICPT 系统中信号反向传输技术机理研究[C].重庆:重庆大学,2013.
- [10]吴枫.物联网传感节点的无线供电技术研究[J].单片机与嵌入式系统应用,2012,12(3):26-28.

作者简介：田义娜，毕业院校：河北科技大学，所学专业：电气工程及其自动化。

智能化射击训练系统设计与应用研究

屈国忠

武警警官学院, 四川 成都 610200

[摘要]传统射击训练存在依靠主观经验、反馈有滞后情况并且缺乏量化分析等突出难题, 本文为此设计并着手研究了一套智能化射击训练系统。该系统整合运用计算机视觉、多传感器融合以及人工智能算法, 搭建起一个完整的解决办法, 此办法包含多模态数据采集模块、实时弹着点检测模块、射手姿态捕捉模块还有智能评估反馈模块等。借助硬件集成和软件算法相互配合, 系统达成了对射击过程进行全面且数据化的采集以及分析的目的。

[关键词]射击训练; 智能化系统; 计算机视觉; 传感器融合

DOI: 10.33142/sca.v8i11.18704 中图分类号: TP391 文献标识码: A

Design and Application Research on Intelligent Shooting Training System

QU Guozhong

Officers College of PAP, Chengdu, Sichuan, 610200, China

Abstract: Traditional shooting training faces prominent challenges such as relying on subjective experience, lagging feedback, and lack of quantitative analysis. To address these issues, this paper designs and investigates an intelligent shooting training system. The system integrates computer vision, multi-sensor fusion, and artificial intelligence algorithms to build a complete solution, which includes a multimodal data acquisition module, real-time impact point detection module, shooter posture capture module, and intelligent evaluation feedback module. By combining hardware integration and software algorithms, the system has achieved the goal of comprehensive and data-driven collection and analysis of the shooting process.

Keywords: shooting training; intelligent system; computer vision; sensor fusion

射击, 作为一项目标打靶竞技项目, 不仅涉及精确度与技术的极致追求, 更考验运动员在高压环境下的心理控制与快速反应能力。竞技场上, 射手需迅速适应赛场环境、应对意外情况, 同时保持严谨的操作和高度集中的注意力。在竞技射击领域, 智能化射击系统已成为提高训练效率和射击员表现的重要途径。

1 智能化射击训练系统总体设计

1.1 系统设计目标与原则

本系统关键设计意图在于改变传统训练里反馈滞后以及量化缺失的困境, 具体涉及: 达成弹着点的快速、自动且高精度识别, 实现对射手身体姿态、枪械运动以及生理参数的同步采集与融合分析, 依据多维数据构建智能模型, 自动评估动作质量并且生成个性化训练报告与修正建议, 设计秉持几个基本准则: 首先是实时性准则, 要保证数据采集、处理以及反馈能够即时完成, 其次是鲁棒性准则, 要保证系统在室外多变环境下稳定运行, 最后是易用性与普及性准则, 硬件尽可能小型化、低功耗, 软件界面友好, 便于推广。

1.2 系统总体架构

系统运用的是分层化且模块化的架构方式, 按照从下往上的顺序一共分为四层, 分别是感知执行层、网络传输层、数据平台层以及应用交互层。感知执行层就好比是系

统的“感官”部分, 它是凭借部署于靶标端、射手端还有环境当中的各式各样的传感器所组成的, 其主要职责在于采集那些原始的数据信息。网络传输层则类似于“神经网络”一般的存在, 它是借助高速无线或者是有线网络来实现数据的可靠传输工作的^[1]。数据平台层充当着“大脑”的角色, 它的任务是负责把数据汇聚到一起, 妥善存储起来, 并且要让核心算法得以运行。应用交互层可以看作是系统的“面孔”, 它会以终端显示屏等这类形式把经过分析所得出的结果直观地展示给用户, 进而完成整个训练的闭环流程。

1.3 系统关键技术组成

支撑架构运行的关键技术有三部分。其一, 多模态感知与融合技术, 可处理视觉、惯性测量单元、生理传感器等不同源数据的时空对齐与融合难题; 其二, 环境自适应计算机视觉技术, 它是实现全天候智能报靶的重要核心, 需算法能应对强光、阴影、雨雾等干扰, 精准分割弹孔; 其三, 基于人工智能的动作分析与评估技术, 借助深度学习模型分析时间序列的姿态数据, 识别射击各阶段, 同时量化评估动作的稳定性和一致性。

2 系统硬件设计与实现

2.1 多模态数据采集模块

数据采集模块属于多源集成且综合性的设计范畴。在

靶标端方面，其核心要点在于部署高分辨率的工业相机以及高速图像传感器，并将这些设备封装于防护外壳当中，使其能够正对靶面展开拍摄工作，与此同时还集成了光湿度、温湿度传感器，以此来为相关操作提供环境方面的上下文信息。在射手端这边，采集工作的复杂程度要更高一些：要在枪械之上安装微型化的九轴 IMU 传感器模块，通过该模块可以精确地测量出枪体的三维运动轨迹；为了能够捕捉到全身的姿态情况，会采用基于深度相机或者可穿戴惯性传感器节点的动作捕捉方案，进而构建起人体骨骼序列；除此之外，还可以接入心率带等能够监测生理参数的传感器，借此对射手在击发时的生理状态加以监控。

2.2 实时弹着点检测装置

实时弹着点检测装置属于能够让训练效率得以提升的硬件范畴，其被设计成实弹激光一体化视觉报靶装置。该装置实际上是一个集成度相当高的智能靶箱，在其内部囊括着高性能嵌入式处理单元、专门用于补光的照明系统以及高精度声电触发模块。其中，补光系统可确保所获取图像的质量保持稳定不变，而声电触发模块借助对枪声或者振动的识别来给出精准的拍摄触发信号。这套装置采用了一体化的设计方式，这就使得它能够在实弹与激光模拟射击这两种模式之间实现无缝兼容，进而拓展了其能够应用的场景范围。

2.3 射手姿态动作捕捉单元

射手姿态动作捕捉单元有着主流的实现路径。其中一种是非接触式的光学深度感知方案，比如采用深度相机，不用穿戴任何设备便能实时生成人体关节点的坐标；另一种则是接触式的惯性测量单元方案，具体是在射手身体的主要肢段粘贴无线 IMU 节点，借助无线传输来汇总数据，在后台完成全身动作的重构，此方案具备较强的抗干扰能力，并且精度相对更高。本系统会依据训练的专业程度以及预算情况提供可供选择的配置方案。

2.4 数据处理与通信硬件平台

所有经前端采集而来的原始数据，得要有一个颇为强大的中枢来完成汇聚以及预处理方面的工作。为能达成这一目的，便搭建起了一套基于边缘计算网关以及中心服务器所构建起来的二级数据处理与通信平台。在每一个射击靶位周边都予以部署边缘计算网关，此网关拥有着多路数据接口，并且还具备着较强的本地计算能力，能够针对数据展开预处理操作，而后把经过处理之后的结构化数据借助高速无线专网回传到中心服务器那边去。中心服务器是由高性能计算机组合而成的集群形式，其负责运行那些最为耗费资源的识别以及分析模型，与此它还对系统数据库加以管理。这样的一种边缘端与中心端协同配合的架构模式，能够在一定程度上分担网络带宽以及计算负荷，进而确保了系统响应所具备的实时性特点。

3 系统软件设计与智能算法

3.1 软件系统架构与数据流

系统所采用的软件架构遵循微服务设计方面的理念，如此一来便能够助力达成高内聚且低耦合的模块化开发以及部署事宜。其主要涵盖的数据接入服务、视觉分析服务、姿态解算服务、智能评估服务以及数据管理服务等各项服务。完整的数据流起始点在于传感器。原始图像、IMU 数据流等相关数据会被数据接入服务予以接收，随后为其打上统一的时间戳，接着再分别送入到不同的消息队列当中。视觉分析服务会从这些队列里面获取靶面图像，然后调用弹着点识别算法来展开相应的处理工作。而姿态解算服务会同步对 IMU 以及动作捕捉数据加以处理，具体操作涉及滤波、融合以及骨骼姿态重构等方面。这两路经过处理之后的结果再加上环境数据，在智能评估服务里会被关联并完成对齐操作。评估服务在这一系统当中处于核心位置，其会调用内置的分析模型，综合起来对本次射击的质量做出评判，进而生成评估结果。所有的数据、中间产生的结果以及评估报告都会由数据管理服务将其持久化地存储进数据库里，并且与此同时还会推送到应用层的终端显示界面。

3.2 基于计算机视觉的弹着点识别算法

弹着点识别算法的准确性对于系统的基础可信度而言至关重要。设计了一个多阶段流程，其中第一阶段是图像预处理与增强，针对复杂光照情况采用自适应直方图均衡化以及照明补偿手段，并且对靶标晃动情况进行稳像处理。第二阶段是候选弹孔区域检测，改进霍夫圆变换，同时结合边缘梯度特征以及分类器来筛选候选区域^[2]。第三阶段是精确匹配与判别，引入时序上下文信息，与上一发“干净”的靶面图像进行差分操作，最终判定有效弹着点，并将其转换为实际环值与位置。

3.3 基于传感器融合的射手姿态分析模型

姿态分析模型目的在于从时间序列当中挖掘出对绩效产生关键影响的因素。该模型所输入的是人体骨骼点的时序数据，经过一系列预处理操作之后，会转化成像关节点相对角度这类能够更为充分地体现出运动本质的表示形式。接着，借助 Transformer 深度学习模型来针对这些序列展开训练工作。其自注意力机制具备自动学习的能力，能够明确击发前后的哪些身体部位运动模式和射击结果存在关联。模型输出会有动作阶段标签，而且还能凭借注意力权重的可视化呈现方式，较为直观地对具体技术要点给弹道偏离所带来的影响加以解释说明，进而把原本较为抽象的感觉转变为具体且具有可解释性的数据。

3.4 训练效果智能评估与反馈算法

评估与反馈算法乃是系统价值的最终呈现所在。它把弹着点数据、姿态分析得出的结果、环境方面的参数以及历次积累的历史数据都综合到了一起。其关键之处在于一种能够对补偿敏感性射击风格展开分析的方法。该算法会针对每一

次射击时瞄准点的轨迹加以分析，借助最小二乘法等相关计算方式来确定其相对于靶心所存在的误差分布情况，进而识别出射手自身固有的偏向状况。它还会进一步去分析当扣动扳机的那一瞬间，射手的身体动作到底是如何对这一偏向起到补偿作用或者使之放大的。比如说，一个有着习惯性扣扳机用力特点的射手，其枪口在击发的瞬间就有可能朝着右侧出现偏移的情况。算法会把这些分析所得的各项结果，同风速、心率这类外部以及生理因素对于弹道所产生的影响系数相互结合起来，最终形成一份涵盖多维度内容的评估报告。这份报告不但会给出本次射击所取得的成绩以及弹着的具体分布情况，而且还会明确指出技术上存在的短板，并且提出个性化的修正方面的建议。系统还能够自动为射手建立起个人档案，对各项技术指标的变化情况进行纵向的追踪，从而达成针对每一个人制定不同策略的精练效果。

4 系统集成测试与应用分析

4.1 系统集成与测试环境

把上述这些软硬件模块整合成一个较为稳定且可靠的整体系统之后，本文便在多种不同的实地环境当中去开展部署以及测试相关工作。这里所说的测试环境包含了室内标准靶场、室外固定的训练场，还有那种情况颇为复杂的野外环境，通过这样多样化的测试环境来对系统的环境适应性予以全面细致的验证。测试团队是由专业教练、有着不同水平层次的射手以及负责技术支撑的人员共同组成的^[3]。测试内容大致可以分成两个关键部分：其一是针对单个模块的功能展开验证，比如说在光照条件不断发生变化的情况下检测报靶的准确程度；其二是开展系统联动方面的压力测试，也就是要模拟出高密度状态、多个靶位同时进行射击的那种训练场景，以此来检验整个系统全链路所具备的实时性能以及稳定状况。

4.2 系统功能测试与性能分析

功能测试的结果显示，系统所涉及的各项设计指标大体上都已达成。就弹着点识别这一方面来讲，在正常的光照条件之下以及在中等程度的雨雾环境当中，针对 100 米标准胸环靶进行识别时，其准确率能够超出 99.5%，并且从识别到最后结果呈现出来的整个端到端的延迟时间是小于 1 秒的，相较于传统的依靠人工来报靶的方式而言，单轮训练所花费的时间平均能够缩短 60% 以上。系统的姿态分析模块可以较为清晰地分辨出优秀射手和新射手在据枪稳定期身体重心晃动方面存在的差异。在应用效能方面，由数据驱动所形成的反馈机制展现出了明显的优势。就好比说，系统助力了一名长期射击成绩始终处于及格边缘的士兵，为其精准地找到了其在击发瞬间手指存在向右发力这样一种细微且顽固的动作问题，经过开展具有针对性的模拟训练加以纠正之后，这名士兵的射击成绩有了颇为突出的进步。

4.3 与传统训练模式的对比分析

与传统训练模式不同，智能化系统带来了重大变革。

传统模式是开环训练，射手射击后要等很久才能得到模糊评价，靠感觉调整再试，效果偶然性大。智能系统则构建实时闭环训练，射手射击后立刻获精准数据与可视化分析，了解偏差原因，按明确指导有针对性地练习，加速技能内化固化。从训练管理看，以前教练忙于组织保障和粗略观察，现在可依据系统详尽数据报告，专心为每位射手定制个性化训练方案，实现组训模式精细化升级。

4.4 系统应用优势与局限性讨论

本系统所具备的应用优势是十分明显的。其一，训练效率以及质量均实现了成倍增长，达成了少耗费弹药且收获颇丰的高效训练成效。其二，训练过程变得更加科学化与标准化，有效削减了因主观经验差异而产生的种种影响。其三，有力推动了实战化训练进一步深化，该系统能够较为轻松地完成移动靶、隐显靶的集成操作，并且还能模拟出复杂的战场环境，进而让训练更为贴近实战所提出的要求。不过，系统同样存在着一定的局限性^[4]。从一方面来讲，初期建设所需的成本相对较高，这或许会对其在基层单位的全面推广普及起到限制作用。从另一方面来讲，系统对数据的依赖程度颇高，然而其算法模型的普适性依旧需要在更为广泛的人群当中以及更为极端的条件之下展开验证与迭代工作。除此之外，怎样防止射手对技术设备出现过度依赖的情况，这也是一项需要教练员在训练过程中加以留意并力求实现平衡的重要课题。

5 结束语

本研究所实现的智能化射击训练系统，借助融合计算机视觉、多传感器融合以及人工智能技术的方式，打造出了数据驱动且能够实时反馈的全新训练模式。该系统把训练从依靠主观经验的状态牵引到了依托客观数据的科学轨道之上，成功解决了反馈存在滞后情况、量化程度不足等诸多痛点问题。在未来，智能化射击训练系统在发展进程中还将进一步去探索更为轻量化且成本更低的传感器解决方案，同时会利用更加先进的机器学习模型来促使系统的分析智能以及场景泛化能力得以提升，进而从单纯的技能训练平台逐步朝着融合战术协同以及指挥决策的综合性作战实验平台的方向拓展延伸。

【参考文献】

- [1]王植.基于初任民警的“三阶段”手枪射击训练体系研究[J].产业与科技论坛,2025,24(12):241-246.
- [2]樊建文.现代科技在部队军事射击训练中的应用现状与展望[J].中国军转民,2024(20):22-23.
- [3]徐栋.射击训练科技化路径及器材发展趋势探索[J].文体用品与科技,2024(4):181-183.
- [4]王婧,吴政,李佩姚.2025 届中国系统仿真与虚拟现实技术高层论坛论文集[C].天津:中国自动化学会,2025.

作者简介：屈国忠（1977—），男，汉族，四川营山人，硕士，副高，主要研究方向：军事训练。

绿色化工理念下溶剂回收工艺设计探讨

魏华兵

中国电子系统工程第四建设有限公司, 河北 石家庄 050000

[摘要]为响应绿色化工“减污降碳、资源高效利用”要求,解决化工生产中溶剂消耗大、污染环境问题,文章基于绿色化工理念,探讨溶剂回收工艺设计思路与关键技术,明确绿色化工内涵及对溶剂回收工艺的要求;从设计原则、流程优化、技术选型等方面提出兼顾环境、资源与经济的工艺设计框架,最后展望发展方向。文中研究为绿色化工背景下溶剂回收工艺设计与优化提供理论支撑,助力行业绿色发展。

[关键词]绿色化工; 溶剂回收; 工艺设计; 资源利用; 绿色评价

DOI: 10.33142/sca.v8i11.18692 中图分类号: TE65 文献标识码: A

Discussion on Solvent Recovery Process Design under the Concept of Green Chemistry

WEI Huabing

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

Abstract: In response to the requirements of "pollution reduction, carbon reduction, and efficient utilization of resources" in green chemistry, and to solve the problems of high solvent consumption and environmental pollution in chemical production, this article explores the design ideas and key technologies of solvent recovery processes based on the concept of green chemistry, clarifies the connotation of green chemistry, and the requirements for solvent recovery processes; Propose a process design framework that considers the environment, resources, and economy from the aspects of design principles, process optimization, and technology selection, and finally look forward to the development direction. The research in the article provides theoretical support for the design and optimization of solvent recovery processes under the background of green chemistry, and helps promote the green development of the industry.

Keywords: green chemical industry; solvent recovery; process design; resource utilization; green evaluation

引言

溶剂是化工生产关键辅材,应用广泛,行业年消耗量占辅助材料总量超30%,大量废弃溶剂排放不仅浪费资源,更对生态环境造成严重威胁,引发环境污染等相关问题^[1]。随着环保意识提升,传统溶剂处理方式难满足需求。能源紧缺和环境污染已成为全球关注的焦点。为了实现化工行业的可持续发展,减少对有限资源的依赖,节能技术,控制环境污染的研究和应用至关重要。绿色化工理念以“原子经济性”等为核心,为溶剂回收工艺优化指明方向。溶剂回收是关键环节,但现有技术存在回收效率低、能耗高、二次污染控制不足等问题。因此,基于绿色化工理念探讨溶剂回收工艺设计原则、关键技术等,对提升回收效率、推动行业绿色发展意义重大^[2]。本文从理论层面构建绿色化设计框架,为溶剂回收工艺创新提供思路。

1 绿色化工理念的核心内涵及对溶剂回收工艺的要求

1.1 绿色化工理念的核心内涵

绿色化工即环境友好化工,核心是在化工生产全生命周期采用先进技术工艺,以最大程度减少对环境的有害影响,实现资源高效利用与经济收益提升。其核心原则有原

子经济性、减量化、无害化、资源化。其本质在于构建“经济-环境-资源”三位一体的协同发展体系,打破传统模式,从源头控污,推动行业走向绿色、可持续的未来。

1.2 绿色化工理念对溶剂回收工艺的核心要求

基于绿色化工内涵,溶剂回收工艺设计的关键要旨在于:实现资源的高效循环回收,通过工艺优化、技术创新使回收率提高,以确保溶剂得到最大化的再利用效果;严格遵循低能耗、低碳排放相关原则,对工艺流程进行合理精准的优化,削减能源消耗及温室气体排放量;始终坚持环境无害化的处理相关标准,在工艺实施过程中,选择环保、无毒的辅助材料,避免二次污染的产生;要确保工艺设计的可行性与经济性,通过资源优化配置以及合理的成本控制,实现环境与经济效益统一。

2 绿色化工理念下溶剂回收工艺设计原则

2.1 源头优化与过程控制相结合原则

绿色化工理念能产生的源头加强管控,在溶剂回收工艺设计过程中需突破传统“末端回收”的局限。在源头优化层面应该结合化工生产的核心工艺流程,科学合理地选择具备易回收特性、环境友好、低毒性的溶剂种类,降低对环境造成风险的可能性。在过程的控制层面,精准优化

溶剂使用过程中的各类操作参数,涵盖反应时间、温度等,可以有效避免溶剂在使用过程中出现变质、损耗,提升待回收溶剂的纯度,推动后续回收工艺的高效进行。

2.2 技术适配性原则

不同类型溶剂(极性、非极性、混合等)物理化学性质各异,且待回收溶剂的浓度、杂质情况也不尽相同。因此,溶剂回收工艺设计要遵循技术适配性原则,以溶剂的化学性质为依据,科学合理的选择回收技术(如精馏、膜分离等),保障回收效率与稳定性。同时在技术选型的过程中,优先选择绿色环保、成熟度较高的技术,防止因选型失误造成高能耗或二次污染。

2.3 系统集成与协同优化原则

溶剂回收工艺并不是一个孤独存在的环节,需要与化工生产主工艺深度融合。从回收工艺设计的角度而言,不仅需要考虑主工艺的生产节奏,而且要细致考量溶剂的具体需求,通过合理的匹配与规划,实现回收溶剂的及时回用,同时可以减少溶剂储存与运输过程中出现的不必要损耗。另一方面,通过工艺集成可以有效实现能源和物料的高效阶梯利用,减少额外的能量消耗。

2.4 全生命周期绿色化原则

溶剂回收工艺的绿色化设计需要覆盖工艺设计、设备选型、运输维护、废气处理等各关键环节。应该挑选具有环保节能高效特性的设备,不仅可以降低运行期间的能量消耗,而且可以有效控制污染。与此同时,定期对设备进行维护保养,若发现异常问题,及时采取措施加以解决。在废气处理方面,对于回收工艺中所产生的无法再利用的废弃物,合理设计无害化处理方案,将废弃物中的有害物质彻底的去除或者是转化,防止二次污染。

3 绿色化工理念下溶剂回收工艺的关键设计环节与技术选型

3.1 待回收溶剂预处理环节设计

待回收溶剂常含原料残渣、反应副产物、水分等少量杂质,影响回收效率,还可能引发设备堵塞、腐蚀等问题。预处理是溶剂回收工艺设计的基础,核心在于去除固体、水分及部分高沸点杂质,提升溶剂纯度。基于绿色化要求,预处理应优先选择低能耗、无二次污染技术。固体杂质去除用过滤、离心分离等物理方法,不用化学絮凝剂。脱水处理环节中,需要去除其中的水分,溶剂与水呈现不互溶状态时采用重力沉降、分液法,当溶剂与水相互溶解时则用吸附脱水(如分子筛吸附)、渗透汽化脱水等技术,渗透汽化脱水技术能耗低、分离好、无污染,契合绿色理念,适合高纯度溶剂脱水预处理。

3.2 核心回收环节技术选型与设计优化

核心回收环节是溶剂资源循环的关键,技术选型须依待回收溶剂特性(沸点、挥发性、极性等)定制。常用回收技术有精馏、膜分离、吸附、萃取等,不同技术绿色特性与适用范围不同,详见对比表1。

表1 不同回收技术绿色特性与适用范围

回收技术	核心原理	绿色化特性	适用范围
精馏	基于组分沸点差异实现分离	技术成熟,回收率高;传统精馏能耗高,绿色化改进后(如热泵精馏、膜精馏)能耗显著降低	适用于沸点差异较大的混合溶剂体系,应用范围广
膜分离	基于膜的选择性渗透实现分离	能耗低、无二次污染、操作简单;膜材料成本较高,需定期更换	适用于低浓度溶剂回收、同分异构体溶剂分离等
吸附	基于吸附剂对溶剂的选择性吸附实现分离	设备简单、能耗低;吸附剂再生过程可能产生二次污染,需优化再生工艺	适用于低浓度挥发性溶剂回收(如 VOCs 溶剂)
萃取	基于溶剂在萃取剂中溶解度差异实现分离	分离效率高;需选择环境友好的萃取剂,避免二次污染	适用于难分离的混合溶剂体系、高浓度溶剂回收

3.2.1 热泵精馏技术设计与优化

热泵精馏技术利用热泵原理,将低品位能量提升至高温状态,为精馏过程提供所需热量。它是在传统的精馏工艺基础上所作的改进,通过热泵循环系统的运作,将环境中较低温度的热量转移到蒸馏塔中,提供蒸汽以驱动精馏过程,从而实现节能、环保、高效的目标^[3]。传统的精馏过程通常需要使用化石燃料,如燃煤或燃油,这会产生大量的二氧化碳、氮氧化物和其他有害气体。而热泵精馏技术利用可再生能源或废热源提供热能,减少化石燃料的消耗,从而减少温室气体的排放和环境污染^[4]。热泵精馏工艺的绿色化设计需重点关注以下优化要点:一是要根据不同工艺流程的热能需求特点,结合热泵技术的原理和优势,进行路径选择和系统优化。在选择热泵路径方案时,需要考虑热能源的供给方式、温度要求、回收利用的可行性等因素,确保选取合适的热泵路径方案。对于沸点较低的溶剂体系,优先选择蒸汽压缩式热泵,通过合理的热能互换和能量优化设计,充分利用热源和热汇的温度差,提高热泵系统的运行效率;二是用流程模拟软件(如 Aspen Plus)优化精馏塔操作参数(回流比、塔板数等),确定最优组合以降低耗能并提高回收率;三是采用高效传热设备(如高效换热器等)提升传热效率、降低热量损失。图1为绿色化热泵精馏溶剂回收工艺流程图。

3.2.2 膜分离技术设计与优化

膜分离技术具备能耗低、操作便捷、无二次污染等优势,在低浓度及难分离溶剂回收中价值显著。其绿色化设计核心是去优化操作参数以及精准选型。材料的选型方面,除了考虑溶剂的分子尺寸、极性等关键因素,同时要具备高渗透性且兼具良好容积性能的膜材料,对于极性溶剂体系,优先选择聚酰亚胺适配的膜材料等,非极性溶剂优先选择聚二甲基硅氧烷等膜材料;在参数优化方面,重点调控压力、温度、进料流速,通过实验精准确定各参数的最优范围,以提高分离效率,降低能耗。

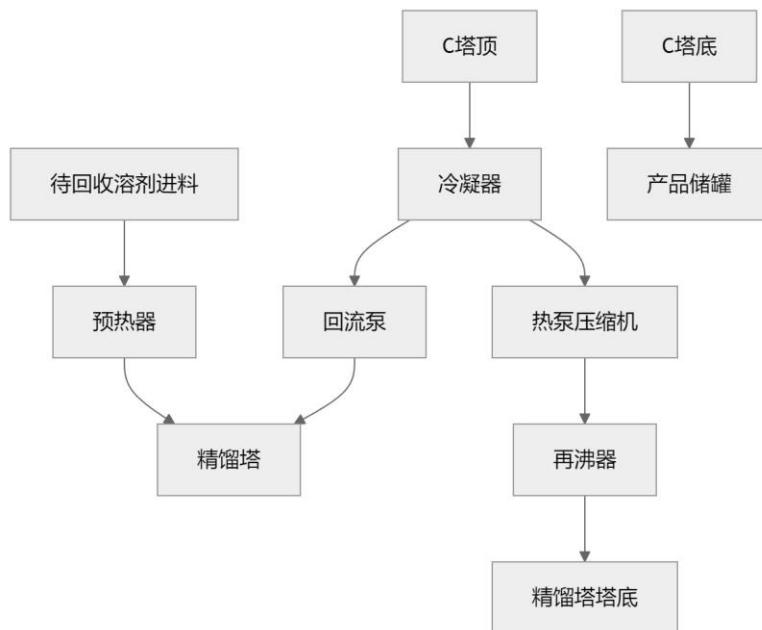


图 1 绿色化热泵精馏溶剂回收工艺流程图

3.3 精制提纯环节设计

核心回收环节所得溶剂或含少量杂质，不满足化工生产纯度要求，故需设计精制提纯环节^[5]。其绿色化设计遵循“低能耗、无二次污染”原则，优先采用物理提纯，不使用化学试剂。对纯度要求高的溶剂（如电子级、医药级），可用精密精馏（优化塔板结构、增理论塔板数提分离精度）、膜分离精制、吸附精制（选高性能吸附剂如活性炭、分子筛除微量杂质）等技术，该系统具备集成核心回收模块与精制提纯工序的能力，通过构建热量和物料的循环利用体系，切实降低能源消耗。

3.4 尾气与废液处理环节设计

溶剂回收会产生少量尾气（如挥发性溶剂蒸汽）和废液（如洗涤、膜清洗废水），直接排放会二次污染，违背绿色化工无害化原则，需设计配套处理环节。在尾气处理上，针对少量挥发性溶剂蒸汽的治理，以浓度特性为依据，合理采用差异化的处理技术，例如，对于低浓度的工况，优先选择活性炭吸附法，以此实现高效的吸附与净化。反之，对于高浓度的工况，优先选用催化燃烧技术，降低反应活化能，不仅可实现污染物的深度氧化，而且可以回收燃烧热能；在废液处理上，对于含微量溶剂的洗涤废水，建议采用溶剂萃取法进行资源化回收，处理后的废水经生化处理达标后排放或回用，实现水资源的循环利用。

4 绿色溶剂回收工艺设计的挑战与展望

4.1 面临的挑战

尽管绿色化工理念为溶剂回收工艺的科学合理设计提供了明确的方向，但是在实际的设计以及应用环节仍然存在一些不足：一是高性能绿色技术与关键材料的匮乏严

重影响绿色溶剂回收工艺设计，以膜分离技术为例，具备耐溶性特性且膜材料的应用成本较高，在一定程度上限制了其在大规模工业场景中的应用；二是复杂溶剂体系回收难度大，针对具有高粘性，多组分高浓度特性的混合溶剂体系。然而，当前现有的回收技术在分离效率方面并不理想，无法实现高效回收的目标，难以有效满足实际生产的需求；三是工艺集成度有待进一步提升，目前多数溶剂回收工艺与主工艺之间缺乏有效的系统集成，导致利用效率降低，造成了不必要的资源浪费。

4.2 发展展望

于当前所面临的不足之处，为了顺应绿色化工业理念的时代趋势，未来，可加强新型绿色回收技术与材料的创新研发，尤其是在吸附剂、膜材料等核心功能材料方面加大投资研究力度，为了满足溶剂回收过程中对材料性能以及经济的要求，致力于开发具备高选择性分离能力、耐溶性特点以及成本低廉的绿色材料。同时探讨在实际工业领域新型回收技术的应用效果，不断优化工艺参数以及操作条件，以促进溶剂效率的提高。伴随着人工智能、大数据、流程模拟等智能化技术的高速发展，在溶剂回收工艺设计方面融入智能化技术，建立工艺全生命周期的数字孪生模型，模拟不同操作参数下工艺的运行效果，快速确定最优设计方案，确保工艺设计的准确性，提高效率。

积极推动溶剂回收工艺与化工生产主工艺、能源系统以及环保系统进行全流程深度集成，以此达成物料和能源的梯级利用与循环利用目标。例如，基于物质流和能量流的精准分析与优化调控构建“生产-回收-回用-环保”一体化系统，实现系统内资源的优化配置与高效流转，提升整

个化工生产系统的绿色化水准。

5 结论

在绿色化工理念的引导下,溶剂回收工艺设计优化,不仅可以实现化工行业资源的高效循环利用,而且可以推动环境友好型发展。本文研究紧密围绕绿色化工的深刻内涵。明确提出系列具有指导性、前瞻性的设计原则,包括通过源头优化与过程控制的深度融合、技术的精准适配、全生命周期的绿色化等。对关键环节进行了深入的剖析,绿色化工艺设计的适宜技术选型以及创新思路,指出当前挑战与未来方向。研究结果表明,溶剂回收工艺的绿色化设计综合考量多维度的因素,通过精准的流程优化、持续的技术创新,从而实现资源的高效利用,降低能源消耗,从而降低对环境的影响,实现可持续发展。展望未来,伴随新型绿色技术与新型材料的深度研发、智能化水平的全面提升以及评价体系的日益完善,在未来的化工生产之中,相信溶剂回收工艺将朝着更高效率、更优环保性能、更强经济性的方向

迈进,为化工行业的绿色转型提供坚实有力的支撑。

[参考文献]

- [1]张成林,裘洋波,王超,等.工业废水资源化的膜分离技术前沿与进展研究[J].水处理技术,2025,11(12):1-6.
 - [2]王东,许峰,刘晨晨.污泥及工业废水废渣资源化利用产业技术研究[J].清洗世界,2023,39(6):78-80.
 - [3]李瑞端,潘宵,胡靓.节能型精馏技术:几种热泵精馏工艺综述[J].广东化工,2021,48(24):81-82.
 - [4]孙诗瑞,杨傲,石涛,等.特殊精馏热耦合强化技术研究进展[J].化工学报,2020,71(10):4575-4589.
 - [5]魏奇业,杨树林,魏毓良.乙腈精制过程优化研究[J].化工自动化及仪表,2011,38(9):104-106.
- 作者简介: 魏华兵 (1992.1—), 毕业院校: 河北科技大学, 所学专业: 化学工程与工艺, 当前就职单位: 中国电子系统工程第四建设有限公司, 职务: 工艺安全设计, 职称级别: 工程师。

化工工艺中溶剂回收与循环利用技术研究

牛天芳

河北科防治金安全评价有限公司, 河北 石家庄 050000

[摘要]文章对化工生产过程中常用的溶剂回收方法进行了归纳总结, 包括精馏法、萃取法、吸附法、膜分离法、结晶法, 并分别介绍了这些方法的基本原理、适用条件、特点以及在实际生产中的应用情况; 探讨了影响溶剂回收率及其循环再利用率的主要因素, 例如溶剂物性、操作条件、装置能力等, 并对溶剂回收及循环利用系统进行优化设计, 以期能为其他化工行业实现溶剂资源化绿色生产起到一定的指导作用和参考。

[关键词]化工工艺; 溶剂回收; 循环利用; 分离技术; 绿色化工

DOI: 10.33142/sca.v8i11.18691

中图分类号: TQ244.2

文献标识码: A

Research on Solvent Recovery and Recycling Technology in Chemical Processes

NIU Tianfang

Hebei Kefang Metallurgy Safety Evaluation Co., Ltd., Shijiazhuang, Hebei, 050000, China

Abstract: This article summarizes the commonly used solvent recovery methods in chemical production processes, including distillation, extraction, adsorption, membrane separation, and crystallization. The basic principles, applicable conditions, characteristics, and practical applications of these methods are introduced; Explored the main factors affecting solvent recovery rate and its recycling rate, such as solvent properties, operating conditions, equipment capacity, etc; And optimize the design of solvent recovery and recycling systems, in order to provide guidance and reference for other chemical industries to achieve solvent resource green production.

Keywords: chemical process; solvent recovery; recycling; separation technology; green chemistry

引言

化工行业作为国民经济的重要基础性产业, 在生产过程中往往需要大量的有机溶剂作为生产过程中的溶解剂、萃取剂、反应介质等^[1]。“双碳”发展愿景及绿色发展要求, 化工行业也应该顺应时代发展, 积极转型, 追求资源的高效利用以及减少污染物的排放^[2]。而溶剂回收再利用技术对化工生产过程中产生的废溶剂进行回收利用, 再次达到生产使用的要求并返回到工艺循环中去, 不但可以控制成本, 节省资源, 还可以大大减少废溶剂的排放量, 减轻环境污染的压力, 并且溶剂的回收和再循环也能够提高企业的效益和竞争力, 促进化工产业向绿色化、低碳化、可持续化方面迈进。如何变“废”为“宝”, 实现污染物的资源化回收利用, 是行业面临的一项重要课题^[3]。因此, 本文研究对化工工艺中的溶剂回收及再利用进行研究, 推进工业生产过程中产生的废溶剂处理由末端治理向资源化利用转变具有重要意义。

1 化工工艺中常用溶剂回收技术

1.1 精馏技术

精馏法就是利用混合物中的各组分具有不同沸点, 在加热的情况下使混合物部分汽化, 并把蒸汽冷却下来, 利用汽液两相之间各组分的浓度不同而达到分离目的物理分离方法。精馏按照操作压力的不同分为常压精馏、减压精馏及加压精馏三种^[4], 其中常压精馏主要应用于沸点低、热稳定性好的溶剂混合物之间的分离, 分别有操作简便、

设备投资少等特点; 减压精馏是通过减小系统压力从而降低混合物沸点的一种方法, 适合于沸点高、热敏性强的溶剂分离, 可以防止溶剂在高温下被破坏; 加压精馏用于沸点太低而难于冷凝的溶剂分离, 通过增大压力, 提升溶剂的沸点以便于冷凝回收。精馏技术有分离效率高、产品纯度高、适用范围广等优点, 是目前化工行业应用最为广泛的一种溶剂回收技术类型; 但同时也存在着能耗高、设备投资大、操作复杂等缺点, 尤其是对一些沸点接近的共沸混合物, 普通的精馏技术无法进行有效分离, 需采用特殊精馏技术。

1.2 萃取技术

萃取技术是利用溶质在两种互不相溶(或微溶)的溶剂中溶解度不同而将溶质由一种溶剂转到另一溶剂的技术。依据萃取方式不同分为液-液萃取、固-液萃取、超临界萃取等方式。其中液-液萃取最为常见, 适用于液体混合物中目标溶剂的回收; 固-液萃取主要是将固体物料中的溶剂或者有用的物质进行分离提取; 而超临界萃取是以超临界流体(如CO₂)为萃取剂, 具有萃取率高、选择性好、环保等优势, 可用于热敏性和高价溶剂的回收。萃取技术具有分离效率高、操作温度低、能耗低等优点, 尤其适用于沸点相近、难以用精馏技术分离的溶剂混合物, 以及热敏性溶剂的回收。但其也存在萃取剂选择难度大、萃取剂回收成本高缺点。

1.3 吸附技术

吸附法就是利用吸附材料的多孔性及表面吸附作用

把废弃溶剂中被吸附物的分子吸附于吸附材料表面上，从而达到被吸附物与其他杂质分离的目的。按照吸附材料的不同，吸附法分为活性炭吸附法、分子筛吸附法、硅胶吸附法等。活性炭吸附法的优点有：吸附量大；使用范围广；成本低等，适用于各类有机溶剂的回收；分子筛吸附适用于对极性溶剂的回收，其特点为选择性高，吸附性能稳定；硅胶吸附主要应用于对水分的吸附，常与其他吸附结合使用。吸附技术具有设备简单、操作方便、能耗低、投资少等优点，适用于低浓度废溶剂的回收。但其也存在吸附剂容量有限、需要频繁再生、再生过程可能产生二次污染等缺点，对于高浓度废溶剂的回收效率较低。

1.4 膜分离技术

膜分离技术是利用具有特定孔径与选择性的膜材料，在压力差、浓度差等驱动力的作用下，使废溶剂中的目标溶剂分子通过膜孔，而杂质分子被截留，从而实现目标溶剂与杂质分离的技术。离子交换与活性炭吸附处理后的废水仍需进一步净化与浓缩，以实现重金属离子的深度回收。根据膜的孔径大小与分离机理，膜分离技术可分为微滤、超滤、纳滤、反渗透、渗透汽化等。其中，微滤膜孔径较大，可用于去除废溶剂中的一些悬浮颗粒等杂质；超滤膜孔径较小，用于去除废溶剂中的大分子有机物；纳滤膜及反渗透膜的选择性较高，可以将溶剂和溶质进行有效分离，适用于对高浓度废溶剂的回收提纯；渗透汽化膜是新兴的一种膜分离技术，适合于共沸混合物、近沸混合物的分离，有分离效率高、能耗低的优点。

膜分离技术具有分离效率高、能耗低、操作简单、绿色环保等优点，尤其适用于传统分离技术难以分离的溶剂混合物。但其也存在膜材料成本高、膜易污染、膜寿命短等缺点，限制了其在工业中的广泛应用。

1.5 结晶技术

结晶法就是利用物质在不同的温度、浓度下的溶解度的不同，在一定条件下采用冷却、蒸发等方式使得目的溶剂或溶质形成晶体以达到分离的目的方法。包括冷凝结晶、蒸发结晶、真空结晶等。其中，冷却结晶适合用于溶解度

随着温度上升而增大较多的物质的分离；蒸发结晶适合用于溶解度受温度影响不大的物质的分离；真空结晶则是指在真空条件下的结晶过程，其具有操作温度较低、能耗低等优势，在对热敏性物质进行分离中得到应用。

结晶技术具有产品纯度高、操作简单、能耗较低等优点，适用于含有大量溶质的废溶剂的回收。但其也存在结晶过程缓慢、设备体积大、对操作条件要求严格等缺点。

1.6 各类溶剂回收技术对比

为了更清晰地对比各类溶剂回收技术的特点与适用范围，现将常用溶剂回收技术的关键性能指标总结如下表所示：

2 溶剂循环利用的关键影响因素

2.1 溶剂理化性质

溶剂理化性质（沸点、极性、溶解度、热稳定性、化学稳定性等）影响其回收利用效果。沸点差异大利于精馏分离；极性决定吸附分离性能；溶解度影响萃取与结晶技术选择；热、化学稳定性差的溶剂，分别不宜高温回收、可能与其他物质反应影响回收与产品质量。

2.2 回收工艺参数

通过对回收工艺参数进行精细化的优化，可以提高溶剂回收效率，并改善产品的质量。然而，由于不同回收技术所涉及的参数各异。例如在精馏工艺中回流比是主要的控制参数，通过增加回流比，虽然可以提高产品的纯度，但是也会造成能耗的增加。萃取技术的关键参数包括萃取剂用量，若剂量控制不合理，不仅会影响操作效率，而且会增加回收成本。在吸附过程中需要监测空速的参数，若空速设置不合理，会影响吸附效果。膜分离技术的操作压力参数是关键，若压力控制不合理会导致分离效率下降，增加能耗，加剧膜污染。

2.3 设备性能

回收设备性能影响溶剂回收的效率与稳定性。其材质、结构、密封性能等影响回收效果，如精馏塔的塔板数等影响传质效率；吸附塔结构影响吸附效率；膜分离设备膜组件等影响膜性能与寿命。此外，设备密封性能也很关键，密封不严会降低回收率并污染环境。

表 1 常用溶剂回收技术的关键性能指标总结

回收技术	分离原理	适用范围	优点	缺点	回收率	能耗
精馏技术	沸点差异	各类溶剂混合物，尤其适用于沸点差异较大的混合物	分离效率高、产品纯度高、适用范围广	能耗高、设备投资大、操作复杂	85%~99%	高
萃取技术	溶解度差异	沸点相近的溶剂混合物、热敏性溶剂	分离效率高、操作温度低、能耗低	萃取剂选择难、回收成本高、可能产生二次污染	90%~98%	中
吸附技术	表面吸附力	低浓度废溶剂	设备简单、操作方便、能耗低、投资少	吸附容量有限、需频繁再生、再生可能产生二次污染	80%~95%	低
膜分离技术	膜孔径与选择性	共沸混合物、近沸混合物、高纯度溶剂提纯	分离效率高、能耗低、操作简单、绿色环保	膜材料成本高、膜易污染、膜寿命短	90%~99%	中低
结晶技术	溶解度差异	含有大量溶质的废溶剂	产品纯度高、操作简单、能耗较低	结晶过程缓慢、设备体积大、操作条件要求严格	85%~95%	中

2.4 杂质积累

在溶剂循环的利用过程中,废溶剂杂质难以彻底被清除是亟待解决的关键问题,残留杂质会在循环系统内不断积累,破坏工艺的稳定性。在涂料行业,杂质积累会影响涂料的附着力、流变性能等关键指标,致使涂料影响涂料性能,无法预期的使用效果。因此,要采取有效措施控制杂质积累,如优化回收工艺、定期净化、设置旁路排放等。

2.5 经济成本

经济成本作为衡量溶剂回收循环利用技术可行性的关键性指标之一,主要涵盖了多个维度,包括操作运行成本,投资成本,以及后续的维护保养成本。并且,这些成本会因所采用的技术类型处理规模的不同而出现明显的差异。鉴于此,在甄选溶剂回收循环利用技术方案时,同时需要全面考虑经济成本以及环境效益,由此选择出性价比最优的方案。

3 溶剂回收与循环利用系统的优化策略

3.1 技术集成优化

单一的溶剂回收技术往往存在一定的局限性,将多种回收技术集成应用,可实现优势互补,提升整体分离效果与经济性。例如,把吸附技术和精馏技术集成在一起,先用吸附技术对低浓度废溶剂进行浓缩后再用精馏技术对浓缩后的高浓度溶剂进行提纯,可以减少精馏技术的能耗与设备投资;将萃取技术和膜分离技术集成在一起,先用萃取技术对难分离的溶剂混合物进行预处理后再用膜分离技术进行深度分离,可以提升分离效果及产品的纯度;将精馏技术和结晶技术结合起来,先利用精馏技术将绝大部分溶剂分离出来,然后利用结晶技术除去剩余的溶质,得到高纯度的溶剂产品。

3.2 工艺参数优化

工艺参数的优化也是提高溶剂回收效率以及降低能耗的重要途径。可以采用试验研究结合模拟计算的方法,对回收工艺关键参数进行优化;也可以使用响应面法、遗传算法等优化方法,对多参数、多目标的回收工艺进行全局优化,从而实现回收效率、产品纯度与能耗之间的平衡。

3.3 智能化控制优化

引入智能化控制技术,可实现溶剂回收与循环利用过程的精准调控,提升系统的稳定性与效率。从回收设备上布置温度、压力、流量、浓度等传感器来实现实时的过程参数测量;依托 PLC、DCS 等控制系统对测得的参数进行分析处理并依据预设的控制规则自动调控运行参数(如:加热功率、冷水量、进料量等);结合人工智能、机器学习等技术,构建过程预测模型,预测溶剂回收率及产品指标变化情况,并提前对操作条件进行调整以防止系统波动。此外,还可通过工业互联网平台实现对溶剂回收与循环利用系统的远程监控与管理,提高系统的运维效率。

3.4 溶剂替代优化

溶剂替代是源头减少溶剂消耗量及污染物产生量的有效途径之一,可通过采用毒性低、易回收、环境友好型

溶剂来取代以往常用的具有毒性和难回收特性溶剂,以减少溶剂回收处理的困难程度和费用,提高溶剂回收再利用的可能性。如用乙醇、乙酸乙酯等绿色溶剂代替苯、甲苯等有毒溶剂;用离子液体、超临界流体等新溶剂替代传统有机溶剂。另外还可以通过改进生产方法以减少溶剂用量,从而从源头上减少废溶剂的产生量。

4 结论与展望

4.1 结论

在绿色化工理念的引导下,化工工艺中溶剂回收以及循环利用技术优化,不仅可以实现化工行业资源的高效循环利用,而且可以推动环境友好型发展。本文研究对于化工工艺中溶剂回收以及循环利用技术进行了深入的研究发现在工业生产中常用到的溶剂回收技术有多种方法,每一种技术具有不同的优缺点,适用范围。其中,精馏技术因其适用范围广泛,分离效率高,在溶剂回收领域中占据重要地位,但是因其能耗较高的特性也在一定程度上限制了其广泛使用。萃取技术因其对难分离的溶剂混合物具有独特的优势,能耗也较低,但是关于萃取剂的选择难度比较大;吸附技术以及能耗低、设备简单等特点,在低浓度废溶剂中得到了广泛的应用,展现出独特的实用性与经济性;结晶技术因其产品纯度较高,尤其适用于含有大量溶质的废溶剂中;膜分离技术其具有绿色环保、分离效率高等特点,尤其在处理复杂溶剂混合物方面效果较为显著。溶剂循环利用的关键因素影响较多,通过对影响因素的分析,并制定一系列有效的干预策略,包括智能控制、工艺参数优化、技术集成等,可以提高容积的回收效率,增强循环利用效果。

4.2 展望

未来伴随着新型分离材料的持续研发,容积回收与循环利用体系的数字化与智能化全面升级、耦合分离技术的开发与应用、绿色容积的大规模推广,溶剂回收与循环利用的技术也应该向智能化、绿色化、低能化的方向推进。通过持续的系统化优化与技术创新,实现更高的回收效率,控制运营成本,提高环境效率,推动化工产业向绿色低碳方向转型以及可持续发展。与此同时,应该强化政策层面的引导作用,加强制定与完善相关规章制度与标准,确保在公益领域中溶剂回收与循环利用技术的广泛普及与深度应用。

【参考文献】

- [1] 张成林,裘洋波,王超,等.工业废水资源化的膜分离技术前沿与进展研究[J].水处理技术,2023,39(6):78-80.
- [2] 王东,许峰,刘晨晨.污泥及工业废水废渣资源化利用产业技术研究[J].清洗世界,2023,39(6):78-80.
- [3] 李瑞端,潘宵,胡靓.节能型精馏技术:几种热泵精馏工艺综述[J].广东化工,2021,48(24):81-82.
- [4] 孙诗瑞,杨傲,石涛,等.特殊精馏热耦合强化技术研究进展[J].化工学报,2020,71(10):4575-4589.

作者简介:牛天芳(1985.6—),毕业院校:河北工业大学,所学专业:化学工程与工艺,当前就职单位:河北科防冶金安全评价有限公司,职务:安全评价师,职称级别:中级。

化工储罐区安全防护措施的设计与改进

王海城

河北英科石化工程有限公司，河北 石家庄 050000

[摘要]化工企业的规模逐步朝着复杂化、大型化的方向发展，储罐作为化工生产的重要组成部分，安全管理至关重要。为了保障生产安全，文中聚焦于化工储罐区的安全防护，对储罐区安全防护的关键环节设计展开系统剖析，结合工程实践经验以及相关标准规范提出切实可行的改进策略，旨在为化工储罐区的安全防护工作提供参考，进一步提升储罐区本质安全水平。

[关键词]化工储罐区；安全防护；设计方案；改进策略；本质安全

DOI: 10.33142/sca.v8i11.18690

中图分类号: TQ053.2

文献标识码: A

Design and Improvement of Safety Protection Measures for Chemical Storage Tank Area

WANG Haicheng

Hebei Enco Petrochemical Engineering Co., Ltd., Shijiazhuang, Hebei, 050000, China

Abstract: The scale of chemical enterprises is gradually developing towards complexity and large-scale. As an important component of chemical production, safety management is crucial for storage tanks. In order to ensure production safety, the article focuses on the safety protection of chemical tank areas, systematically analyzes the key design links of tank area safety protection, and proposes practical and feasible improvement strategies based on engineering practice experience and relevant standards and specifications. The aim is to provide reference for the safety protection work of chemical tank areas and further improve the intrinsic safety level of tank areas.

Keywords: chemical storage tank area; safety protection; design proposal; improvement strategy; intrinsic safety

引言

随着全球经济的不断发展，储罐的应用范围也不断复杂化和多样化^[1]。从应用上看，可以储存石油、药品、化学品、化工原料、高压气体、液态气体等工业物料^[2]。然而这些物料多数具有易燃、易爆、易窒息、易中毒、易冻伤等危险性，如储罐的安全管理不当就很容易引发各种形式的安全事故，从而对作业人员的生命安全造成严重威胁，还有可能危及周边社区，甚至引发国际舆论风险。储罐在化工企业的日常运行生产过程中，发挥着不同的作用，如：用于物料反映的各种反应釜、用于暂存物料的缓冲罐、用于运输物料的槽车等^[3]。近年来，储罐在使用和操作过程中爆炸事故频出，带来的直接经济损失较大，导致公众对化工企业储罐的安全非常关注^[4]。因此，化工企业有必要对储罐进行风险评估及安全管控，以保证人们的生命财产安全。因此，开展化工储罐区安全防护措施的设计与改进研究，优化防护系统架构，提升防护措施的针对性、有效性与智能化水平，对于降低事故发生率、减少事故损失、保障化工行业安全可持续发展具有重要的理论意义与工程应用价值。

1 化工储罐区安全防护设计核心原则

化工储罐区安全防护设计应该遵循以下核心原则：①在化工储罐区安全防护设计过程中，本质安全尤为关键，其核心目标在于从设计源头消除各类潜在的危险因素，减少事故影响范围^[5]；②分级防护原则主要以储罐区的危险

等级划分、事故风险为依据实施分级防护，对储存易燃易爆介质的储罐区，防护方面采用多类型传感器实时监控、多频次数据采集分析等措施；对于低危险等级的储罐区，确保满足安全规范要求的前提下，合理优化防护策略；③整体性原则。将选址、储罐、消防、监测预警、应急保障等环节有机结合起来成完整体系，各系统协同，确保事故各阶段有效作用，避免防护漏洞。④经济性原则。确保安全防护效果的同时，合理控成本，选技术成熟、易操作维护的防护设备与措施，方案要契合企业实际需求与经济能力。

2 化工储罐区安全防护核心措施设计

2.1 储罐区选址与布局设计

储罐区选址须严格遵循相关规范，综合考量地形、气象、水文地质及周边环境^[6]。应避开地质灾害高发区，选平坦、地势高且良好的区域。同时要远离公共设施（学校、商场、居民区）与生态敏感区域（水源地、自然保护区）。对于储罐区的布局设计，应该严格遵循“分区分类、合理间距、便于操作、利于疏散”原则，主要依据介质的危险特性合理划分不同的功能区，设隔离设施与警示标识；高危险等级储罐应该设置于独立区域，同时要加大安全间距。根据类型、容积、介质特性等按规范确定，如特定易燃、可燃液体储罐防火间距有明确倍数要求，周边道路等间距也需达标。便于操作管理且与储罐区保持安全间距，控制室设在上风或侧风侧，消防设施便于取用、快速启动。储罐区典型布局示意图如图1所示：

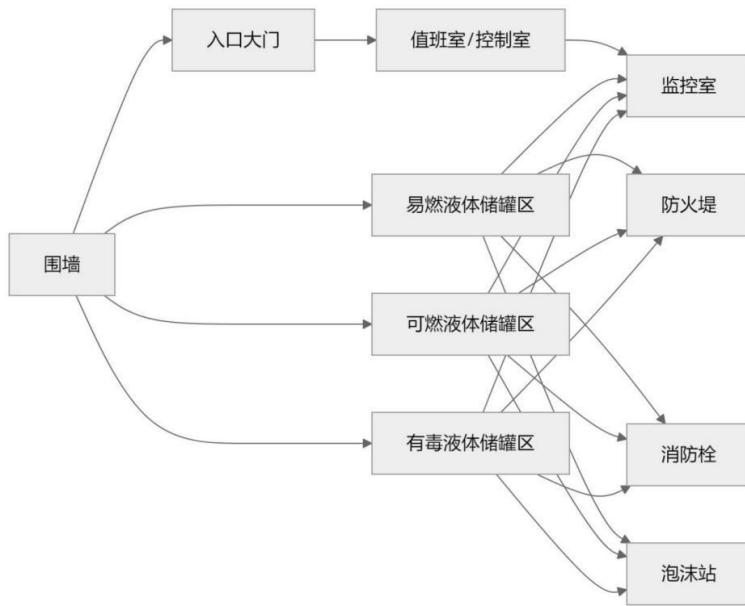


图 1 储罐区典型布局示意图

2.2 储罐本体安全设计

(1) 储罐类型选择

依据存储介质特性、压力温度及规模,合理选型储罐。常用化工储罐有立式圆筒形钢制焊接、卧式圆筒形、球形等,不同类型适用范围各异,具体如下:

表 1 不同类型储罐适用范围及优缺点对比

储罐类型	适用介质	适用工况	优点	缺点
立式圆筒形钢制焊接储罐	汽油、柴油、煤油、原油等易燃、可燃液体	常压或低压、常温或中温	结构简单、造价低、容量大、便于施工与维护	占地面积较大、抗风载能力较弱
卧式圆筒形储罐	润滑油、柴油、化工溶剂等	常压或低压、小容量存储	结构紧凑、占地面积小、抗风载能力强	容量较小、造价相对较高
球形储罐	液化石油气、液氨、液氮等高压液化气体	高压、低温或常温	受力均匀、承载能力强、占地面积小、蒸发损失小	结构复杂、造价高、施工难度大、维护不便

(2) 储罐材质选择

根据储存介质的储存温度、腐蚀性以及压力等相关因素,合理选择储罐材质,所选材质必须具备充足的强度、韧性以及卓越的耐腐蚀性^[7]。目前,储罐制造领域常用的储罐材质包括碳钢、玻璃钢、不锈钢、钛合金等。存储非腐蚀或弱腐蚀介质(如汽柴油、原油)的储罐可用碳钢;存储腐蚀性介质(如酸碱盐溶液)的储罐依介质特性选耐腐蚀材质(如不锈钢、玻璃钢等);存储低温介质(如液氮、液氧)的储罐选低温韧性好的材质(如低温碳钢、不

锈钢)。

(3) 储罐附件设计

储罐附件作为保障储罐安全稳定运行的核心构件,其设计应符合规范要求^[8]。安全阀是保障储罐安全运行的关键设备,可以有效防止储罐因压力异常升高而导致的超压事故,因此需要以储罐的设计压力所储存介质的特性,合理选择安全阀的规格型号,同时定期进行校验,及时消除潜在的安全隐患。液位计可以实时监控储罐内的液位高度,防止因液位过高或过低而导致的异常,实践过程中,优先选用具有远程监测功能的液位计,实现液位的实时监控,同时可以确保操作人员的安全。紧急切断阀主要是应对火灾、泄漏等突发事故的重要安全装置,可以快速切断储罐与外部管道之间的介质流通,紧急阀门应同时具备手动控制和自动控制^[9]。呼吸阀能够根据罐内压力的变化自动开启或关闭,平衡储罐内的压力,防止因压力过高而发生爆炸。阻火器可以有效阻止外部火焰进入储罐内部,防止因外部火源而引发储罐内的火灾爆炸事故。

2.3 消防系统设计

化工储罐区消防系统设计需以“预防为主、防消结合”为核心^[10],减少事故的发生。消防水源作为消防系统的关键支撑,其供应能力应满足消防用水量的要求,在消防水源的选取上采用市政消防水源或自建的消防水池。消防水泵应优先采用“一用一备”或“多用一备”的布局模式,确保在一台水泵因机械故障、电气故障等原因停运时另一台水泵可以快速启动,以此保障消防供水的连续性。泡沫灭火系统的设计应根据介质特性、储罐类型规格合理安排,其中水成膜泡沫凭借其独特的成膜特性可快速形成一层阻隔空气的水膜,适用于扑救非水溶性易燃液体火灾,抗溶性泡沫因其具备抗溶性能,可防止泡沫被水溶性液体破

坏, 主要适用于扑救水溶性易燃液体火灾。设计要确保泡沫均匀覆盖液面、灭火时间合规, 泡沫站布局要便于操作维护且与储罐区有足够的安全间距。消防冷却系统用于火灾时冷却储罐壁, 防其变形破裂扩大事故, 包括冷却水管网、水枪或喷淋装置等。管网围绕储罐进行环形布置, 冷却水能够均匀覆盖罐体表面。根据储罐的实际尺寸精准确定水枪或喷淋数量, 并合理进行布置, 大型储罐推荐采用喷淋系统。

2.4 监测预警系统设计

监测预警系统是化工储罐区事故预防关键, 可实时监测参数、及时预警^[11]。按标准, 储罐区泄漏风险点应设可燃或有毒气体检测报警器, 设备的选型主要依据介质的特性进行确定, 安装高度则主要参照介质的密度确定, 介质密度较小时, 设备安装高度则应距离顶棚 0.3~0.6m, 介质密度较大时, 设备安装位置距离地面 0.3~0.6m。液位、压力、温度是储罐运行核心参数, 监测系统设计要确保数据准确、实时采集。液位监测用远程液位计, 超限报警并联动紧急切断阀或泵; 压力监测用压力表或变送器, 超限报警并联动安全阀或泄压阀; 温度监测用温度计或变送器, 超限报警并联动冷却或加热系统。

2.5 应急保障系统设计

应急保障系统是应对化工储罐区突发事故的重要支撑, 设计要确保事故时快速有效处置、减少损失。该系统包括应急疏散通道(宽度不小于 1.5m, 保持畅通, 出口通室外, 两侧设指示标志与照明设施)、应急救援物资储备库(储备消防器材、防护装备等物资, 定期检查维护更新)、应急通信系统(采用有线无线结合方式, 如应急电话、对讲机等)和应急照明系统(双电源供电, 亮度满足要求, 持续照明不小于 90min)。

3 化工储罐区安全防护现存问题分析

3.1 设计阶段存在的问题

部分建成的老旧储罐区设计依据早期标准, 与当前现行规范要求之间存在显著差距, 存在防火间距不足、消防通道窄、消防设施缺、监测预警系统落后等问题, 如某区储罐间距远小于规范要求, 部分储罐无紧急切断阀。同时, 部分储罐区未充分调研介质性质致防护措施不合理, 如水溶性易燃液体储罐区未用抗溶性泡沫灭火系统; 工况变化后也未及时调整防护措施, 致其无法适应新要求。

3.2 运行维护阶段存在的问题

部分化工企业对储罐区设备维护保养工作重视不足、执行不力, 致设备老化, 腐蚀严重, 如罐壁因长期遭受存储介质的化学侵蚀变薄, 甚至出现渗漏的情况。压力表、安全阀等附件未定期校验, 出现失灵、指示不准等问题, 消防管道系统因缺乏有效维护, 内部沉积物堆积而影响供水。在火灾等紧急情况下, 对消防供水的充足性与及时性造成严重的影响。此外, 当前部分储罐区监测预警系统智能化低, 存在误报、漏报, 如可燃气体报警器因安装或老

化常误报, 部分系统缺数据融合分析难识隐患, 且监测数据未与应急系统联动, 延误事故处置

3.3 管理阶段存在的问题

部分化工企业储罐区安全管理制度不完善或执行不力, 如准入管理机制不严格, 导致非工作人员随意进入, 检查排查工作存在漏洞与缺失, 潜在的安全隐患长期存在、应急演练缺乏针对性和实效性, 部分人员的应急处理能力较弱, 在面对突发情况时, 不能及时的应对。同时, 企业对员工安全培训重视不够, 内容简单形式单一, 关键内容缺失, 致员工安全知识技能不足、风险认识不够、操作违规, 延误事故处理的最佳时机。

4 化工储罐区安全防护改进策略

4.1 设计优化策略

针对不符合现行规范要求的老旧储罐, 有针对性的制定升级改造方案, 完善安全防护, 依据现行规范标准重新核算储罐之间防火间距, 经核算发现防火间距不足迁移储罐或增设隔离墙。同时照规范要求补充各类消防设施, 拓宽消防通道, 确保在火灾发生时可以及时有高效地进行扑救。增设或升级监测预警系统, 选用高精度、高可靠性的监测设备, 实时监测储罐区的液位、压力、温度, 若有异常, 系统能够及时发出警报, 第一时间进行处理。储罐区设计阶段开展调研工作, 依据介质的特性选择合适的储罐类型、材质与防护措施, 在设计时预留一定的冗余空间。另外, 在储罐区温度、储存压力发生变化时, 重新核算相关安全参数, 并对防护策略做出针对性的调整。

4.2 技术升级策略

借助人工智能、大数据等前沿技术全面升级优化储罐区监测预警系统, 构建无线传感网络, 消除储罐区的监测盲区, 运用高精度智能传感器, 提升数据采集的速度与精确度。搭建大数据集成平台, 对多元数据进行整合分析, 并运用人工智能算法对数据进行处理, 以此实现精准、可靠、及时的预警功能。当监测到异常情况时, 系统能够自动触发应急设备, 自动启动紧急切断阀、通风设备、消防系统等, 及时采取控险措施快速控制风险, 保障储罐区的安全稳定运行。智能化监测预警系统架构如图 2 所示:

4.3 管理强化策略

建立健全的储罐区安全管理制度, 明确各部门与人员职责, 确保制度明确且具有可操作性。重点完善准入管理体系, 严格限制非工作人员随意进出, 为进入相关区域或参与特定工作的人员配备防护装备, 且专人陪同。构建科学合理的设备维护保养体系, 对维护周期, 维护内容以及责任人进行明确, 通过定期维护设备, 确保设备始终处于正常的运行状态。构建科学合理的设备维护保养体系, 定期开展多类检查, 按照闭环管理原则整改安全隐患。持续完善应急预案体系, 定期举办应急演练活动, 以便在突发事故发生时可以积极、有效应对。

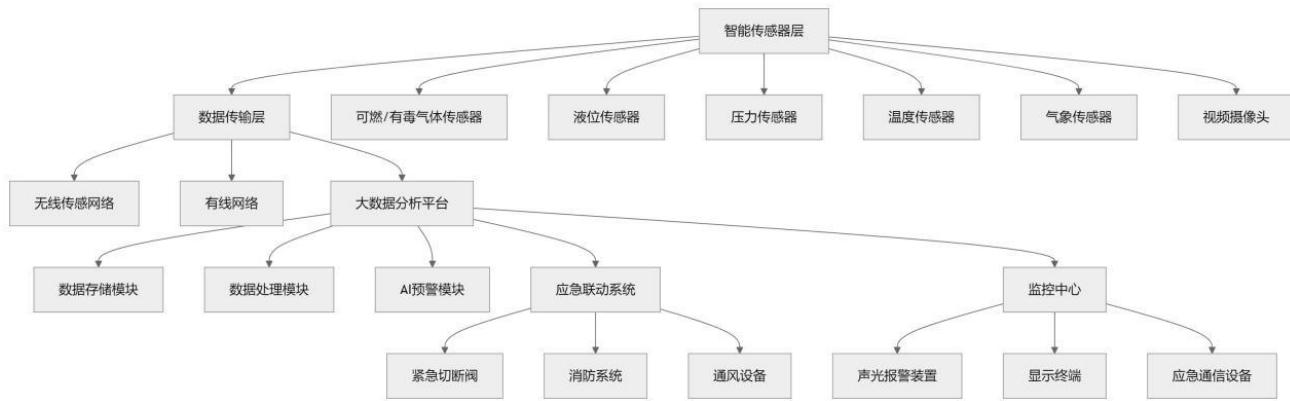


图 2 智能化监测预警系统架构图

5 结论

本文研究针对化工储罐区安全防护措施当前存在设计不合规范、针对性不足、设备老化等共性问题,从设计、技术、管理三维度提出的改进策略,从根本上提升化工储罐区的本质安全水平,降低化工储罐区的安全风险,提高多项安全性能指标。

[参考文献]

- [1] 钟建伟. 用于油气储运防腐的纳米环氧复合涂料的研究 [J]. 化学工程师, 2024, 38(7):46-50.
- [2] 时丕宏. 化工企业储罐区风险评价及安全管理对策的研究 [D]. 辽宁: 大连交通大学, 2019.
- [3] 姚月华. 化工企业安全风险的分级管控与隐患排查 [J]. 化工管理, 2020, 11(25):121-122.
- [4] 梁潇. 董家口原油商业储备基地工程储罐施工安全风险管理研究 [D]. 江苏: 中国矿业大学, 2021.
- [5] 孙军, 雍德, 岳辉. 储油罐安全附件常见问题及维护 [J]. 中国石油和化工标准与质量, 2015, 11(1):91.
- [6] 徐昀, 程刚, 吴晓梅, 等. 浅谈大型储罐安全附件的设计 [J]. 化工设备与自动化, 2010, 2(36):56-57.

[6] 安成名, 陈运文, 王晨, 等. 战析潜在失效模式与后果分析 (FMEA) 在 LNG 储罐泄漏失效分析中的应用 [J]. 城市燃气, 2017, 11(3):4-7.

[7] 周元欣, 孟凡鹏, 梁勇, 等. 丙烷低温常压双金属全容储罐安全保护系统的定量分析计算 [J]. 化工自动化及仪表, 2020, 11(4):322-328.

[8] 张岚. 化工企业危险源辨识与风险评估 [J]. 化工管理, 2020, 12(18):102-103.

[9] 岳建霞. 成品油库重大危险源评估 [J]. 化工管理, 2020, 11(11):81-82.

[10] 张文学. 石油化工安全仪表系统的设计及实施 [J]. 化工设计通讯, 2019, 45(9):111-112.

[11] 陈罗汉. 重大危险源罐区新增 SIS 的改造应用 [J]. 当代化工研究, 2020, 12(6):100-101.

作者简介: 王海城 (1994.11—), 毕业院校: 河北工业大学城市学院, 所学专业: 化学工程与工艺, 当前就职单位: 河北英科石化工程有限公司, 职务: 工艺设计, 职称级别: 中级工程师。

化工过程强化技术在精馏分离工艺中的应用与节能本质分析

刘新丛

河北科防治金安全评价有限公司, 河北 石家庄 050000

[摘要]过程强化技术是一种通过减少体积、提高效率和降低成本来优化化工过程的方法。精馏是化工核心分离单元, 高能耗制约其发展, 化工过程强化技术是关键解法。文章基于热力学原理解析精馏过程高能耗的根源, 系统探讨超重力、MVR 热泵、隔壁精馏及精馏-膜法耦合四类典型强化技术在精馏中的应用机制, 从不可逆损失控制与能量利用效率提升角度剖析其节能本质, 并量化分析各类技术的节能效果规律。研究表明强化技术经三大路径可降不可逆损失, 提高节能率, MVR 热泵精馏节能效果最优。文章为精馏节能升级提供理论支撑, 助力化工低碳发展。

[关键词]化工过程强化技术; 精馏分离工艺; 节能本质

DOI: 10.33142/sca.v8i11.18689

中图分类号: TQ02

文献标识码: A

Application and Energy-saving Essence Analysis of Chemical Process Enhancement Technology in Distillation Separation Process

LIU Xincong

Hebei Kefang Metallurgy Safety Evaluation Co., Ltd., Shijiazhuang, Hebei, 050000, China

Abstract: Process intensification technology is a method of optimizing chemical processes by reducing volume, improving efficiency, and reducing costs. Distillation is the core separation unit in chemical engineering, and its development is constrained by high energy consumption. Chemical process intensification technology is the key solution. The article analyzes the root cause of high energy consumption in the distillation process based on thermodynamic principles, systematically explores the application mechanisms of four typical strengthening technologies in distillation: supergravity, MVR heat pump, adjacent distillation, and distillation membrane coupling. It analyzes the energy-saving essence from the perspective of irreversible loss control and energy utilization efficiency improvement, and quantitatively analyzes the energy-saving effect laws of various technologies. Research has shown that strengthening technology can reduce irreversible losses and improve energy efficiency through three major paths, with MVR heat pump distillation having the best energy-saving effect. The article provides theoretical support for the energy-saving upgrade of distillation and helps promote the low-carbon development of chemical industry.

Keywords: chemical process strengthening technology; distillation separation process; the essence of energy-saving

引言

过程强化技术是近年来在化工生产领域引起广泛关注的一项重要技术^[1]。它的核心目标是通过优化设计方案和工艺流程, 显著提高化工过程的效率, 减少设备体积和降低投资成本, 降低能耗和物耗, 同时减少对环境的负面影响^[2]。化工过程强化技术的诞生, 源于对传统化工过程局限性的认识, 以及对更加高效、环保和经济可行的生产方式的需求。在化工领域中, 精馏分离技术作为一项重要的核心分离单位操作, 通过依托混合物中各组分相对挥发度的差异, 达成处分的高效分离目标在精细化工、石油冶炼、医药合成等诸多行业中得到了广泛的使用。分离技术在化工过程中的应用至关重要, 过程强化技术通过引入膜分离和高效蒸馏等新方法, 显著提高了分离效率。膜分离技术利用膜的选择性、渗透性, 实现物质的高效分离, 具有能耗低、操作简便等优势^[3]。然而传统的精馏工艺在能量的利用方面存在一些不足之处, 在化工行业领域中, 因

传热传质过程中存在的不可逆损伤, 设备结构、能量利用缺乏合理性等因素的限制, 导致过程消耗能量比较高, 伴随着低碳发展理念以及全球能源的危机加剧, 降低精馏过程中的能耗已经成为当前化工领域中可持续发展的关键诉求。化工过程强化技术凭借对操作方式的优化变革、改良设备结构等一系列措施突破了传统工艺所固有的热力学限制, 不仅可以提高传质传热效率, 而且可以降低能量消耗, 为精馏工艺的节能升级提供了核心解决方案^[4]。本文研究首先对典型化工过程中强化技术在精馏工艺中的应用机制进行了系统性的阐述, 并剖析其节能原理, 为精馏工艺的节能优化提供理论支撑。

1 精馏过程能耗根源的热力学解析

精馏过程中所呈现的高能耗特性, 本质上主要是因其内在不可逆的热力学属性所决定的, 从核心能源损失的根源进行剖析, 气液两相在流动过程中因存在压力阻力导致压力降损失^[5]。不同温度的物流之间进行传热操作以及混

合过程时也会产生温度差损失。相浓度处于不平衡状态的物流间进行传质操作或是混合引发的浓度差损失。值得注意的是,塔板上气液两相的温度与组成未能达到平衡状态,是导致内部有效能损失的主因。在传统的精馏塔运行体系过程中,上升气相温度高于下降液相温度,且气相中易挥发组分含量低于与液相平衡的浓度,当这两相在塔内发生接触时,所进行的传热与传质过程均为不可逆过程,从而导致有效能的损耗,对精馏塔的能量利用效率造成严重的影响^[6]。

除此之外,在传统经典工艺中,为了确保产品的纯度通常采用较大的回流比,这一操作造成塔底再沸器热负荷与塔顶冷凝器冷负荷增加,提高回流比,增加精馏系统的能耗,加剧了能量浪费。图1直观呈现精馏不可逆损失与操作参数关联,操作线与平衡线偏离程度反映损失大小,偏离越大能耗越高。

2 化工过程强化技术在精馏中的应用机制

2.1 超重力精馏技术: 基于设备结构强化的传质效率提升

超重力精馏技术通过借助高速旋转装置,营造出超重力环境对于传统重力场的局限性有了重大突破,以离心力取代常规重力实现气液两相的高效接触。超重力精馏技术的核心应用机制为:在高速旋转的转子与定子所构成的精密空间内,在强大的机械力作用下,被剪切撕裂成微米至纳米级的液膜、液丝和液滴,这种独特的形态变化使气液

两相速度提升至4~12m/s(远高于传统塔设备的1.5~1.6m/s)^[7],使得单位体积内气液接触面积显著增大,这种变化,同时也增强微观混合的强度,传质系数相较于传统精馏工艺,提升幅度超过10倍。从设备的结构层面进行深入的剖析,超重力精馏设备的整体高度被有效控制在1~2m,在空间利用上可以降低设备的占地面积,此外,超重力精馏设备通过减少气液流动路径长度在一定程度上降低压力^[8]。传质单位高度被优化至仅为1cm左右,使得单位体积内理论塔板数增加,不仅可以有效确保分离效率,而且可以降低对回流比的要求,进而从源头上可以有效控制能源消耗。

2.2 MVR 热泵精馏技术: 基于能量梯级利用的潜热回收

机械蒸汽再压缩(MVR)热泵精馏技术的核心应用逻辑主要是通过高效回收,塔顶低温低压蒸汽的潜热,并借助能量阶梯进而实现部分能量的再利用。在传统的精馏中,塔顶蒸汽的潜热主要是通过冷凝器被冷却介质带走,造成大量能源无端损耗与能量浪费;而MVR技术主要是对塔顶蒸汽进行压缩处理,在此过程中,会提高蒸汽的压力和温度,焓值增加,成功转化为高温高压蒸汽。直接引入塔底再沸器,作为塔底再沸器的热源^[9]。该技术关键在于构建“蒸汽压缩-热量回收-循环利用”能量闭环:压缩机能耗仅提升蒸汽能量品位,回收潜热远超压缩能耗,大幅降低外供热需求。图2为MVR热泵精馏能量流示意图,展现能量梯级利用。

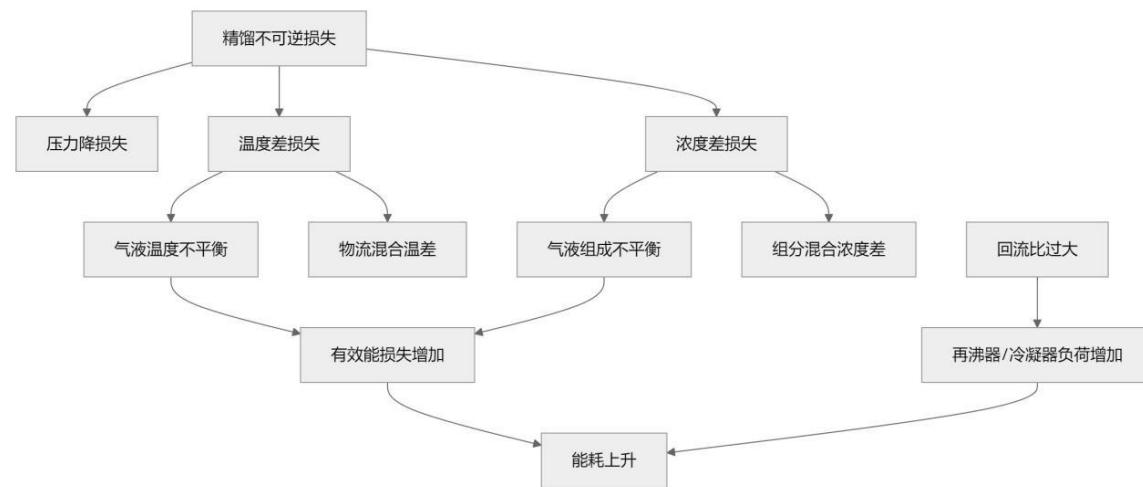


图1 精馏过程不可逆损失的形成路径与能耗关联

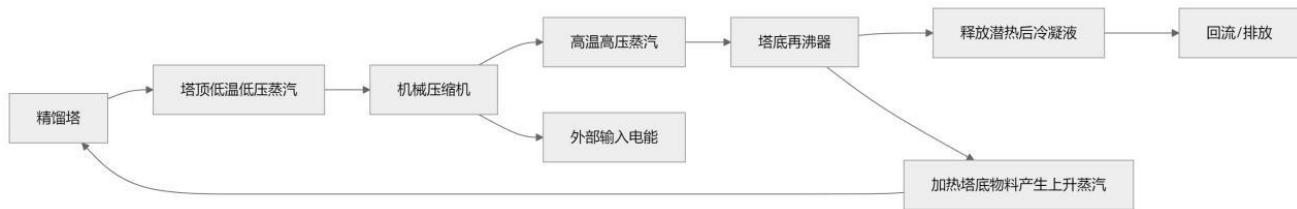


图2 MVR热泵精馏系统能量流示意图

2.3 隔壁精馏技术: 基于过程集成的内部热耦合强化

隔壁精馏技术于塔内设垂直隔板, 将双塔流程集成于单塔, 实现物流高效耦合。其核心机制是将塔内分四区: 预分离区初分原料, 公共段集中传质传热, 主分离区侧线采目标产物^[10]。该结构优势在于避免物料反复加热冷却, 实现能量直接耦合利用, 气、液相回流共享减少温差损失; 且隔板抑制返混, 精准控组分路径, 降低浓度差损失。

2.4 精馏-膜法耦合技术: 基于多过程协同的分离边界拓展

精馏-膜法耦合技术有机协同渗透汽化膜分离与精馏过程, 突破共沸体系分离瓶颈并降能耗。其核心机制分两模式: 低沸点组分浓度低于共沸浓度时, 先精馏初分, 塔顶气入膜组件, 截留相回流、渗透相收集产物; 高于共沸浓度时, 先膜组件预处理, 截留相精馏深分, 塔顶物料再回膜组件提纯^[11]。关键创新在“热协同”, 膜渗透汽化吸热与精馏塔顶蒸汽冷凝放热互补, 无需额外加热膜分离; 且塔顶无冷凝器, 避免冷凝-再汽化能量损失, 降操作热负荷。

3 强化技术的节能机理与效果量化分析

3.1 节能机理的共性与差异

共性机理: 各类强化技术均聚焦于对气液接触状态进行深度优化处理, 着力缩小传热与传质过程中的温差及浓度差, 亦或达成能量的高效回收与循环再利用。通过这些举措, 有效降低精馏过程中因不可逆因素所导致的能量损失, 进而显著提升整个精馏体系的能量利用效率。

差异机理: 超重力技术可以有效降低系统压力, 最小化传质过程中的不可逆能量损失; MVR 技术主要是对潜热进行高效的回收, 从而大幅度减少外部能量输入; 隔壁塔技术凭借其独特的内部热耦合机制, 减少反复加热冷却的能量无谓损耗; 精馏-膜法耦合技术借助过程协同效应, 避免传统分离过程中相变环节所带来的能量损失问题。

3.2 节能效果的量化规律

基于理论计算与通用数据, 各类技术节能效果有明确量化范围(表 1), 此结果为通用规律, 体现技术自身节能潜力, 不受具体案例影响。

表 1 典型强化技术的节能效果量化规律

强化技术类型	节能率范围(%)	核心节能贡献因素	有效能效率提升幅度(%)
超重力精馏	20~40	回流比降低、压力降损失减少	15~25
MVR 热泵精馏	30~60	塔顶蒸汽潜热回收利用率>80%	25~40
隔壁精馏	20~35	内部热耦合、返混损失减少	18~30
精馏-膜法耦合	25~35	避免冷凝-再汽化能量损失	20~32

从能量平衡的深度视角上展开进一步的分析可知, MVR 热泵精馏在众多蒸馏技术中的节能成效极为突出, 其压缩机输入电能与回收潜热的比值为 1:3~1:5, 由此彰显出了其卓越的节能特性, 即输入 1 单位的电能时, 可回收 3~5 单位的潜热; 隔壁精馏通过创新性的设计分别减少了 1 台冷凝器和再沸器配置, 这种创新性的设计不仅可以降低设备的投资成本, 而且可以减少这两类设备的能量消耗, 热负荷可降低 45% 以上; 精馏-膜法耦合技术通过引入一种突破传统的设计理念, 实现了塔顶无冷凝器的创新设计, 可减少 20%~30% 的冷却能耗, 与传统的分离方法不同, 在膜分离过程不需要进行额外的加热处理, 降低操作能耗。

3.3 强化技术节能效果的影响因素分析

3.3.1 操作参数的影响

操作参数直接影响强化技术节能效果, 核心参数有回流比、操作压力、气液比及 MVR 技术的压缩机转速等。以超重力精馏为例, 回流比要平衡“节能”与“分离效率”, 最优为最小回流比的 1.1~1.3 倍, 此区间节能率稳定在 30%~35%, 过高则节能率下降。MVR 热泵精馏中, 压缩机转速影响蒸汽温压, 转速在额定转速 80%~110% 时, 节能率达 40%~55%。操作压力通过影响组分相对挥发度, 低压可提升强化技术节能潜力。

3.3.2 物系特性的影响

物系特性(组分相对挥发度、黏度、表面张力、是否含共沸物等)制约强化技术适配性与节能效果。难分离物系(相对挥发度小)用超重力技术节能优势突出, 节能率比易分离物系高 5~10 个百分点; 高黏度物系用该技术, 传质阻力增大, 节能率降 8~12 个百分点。共沸物系决定强化技术选择, 传统精馏难突破共沸, 用精馏-膜法耦合或萃取精馏, 膜对易挥发组分选择性系数大于 5, 耦合技术节能率超 30%; 低于 3, 能耗上升, 节能率降至 20% 以下。

3.3.3 设备结构参数的影响

设备结构参数是强化技术实现传质传热强化的基础, 影响能量利用效率。超重力设备中, 丝网填充转子使气液接触面积增 30%~50%, 传质系数升 20%~25%, 节能率提高 8~10 个百分点, 但填充密度要控制在 200~300kg/m³。隔壁精馏塔隔板高度不足, 节能率降 10~15 个百分点; 位置偏离最优值, 节能效果受损。MVR 设备中, 螺杆式压缩机等温压缩效率比活塞式高 15%~20%, 节能率再提升 5~8 个百分点。总之, 强化技术节能效果是操作、物系、设备结构参数耦合的结果, 需优化参数与适配设备以释放节能潜力, 为后续优化提供依据。

4 强化技术应用的挑战与应对策略

4.1 核心应用挑战

部分强化技术运行稳定性受操作条件波动影响大, 如超重力精馏技术原料波动致气液分布不均、传质效率下降^[12]; MVR 热泵精馏对蒸汽品质要求高, 杂质或湿度超标会缩

短设备寿命、增加成本。多数强化技术初始投资高于传统工艺,如大型MVR热泵精馏装置核心设备投资约为传统精馏塔的1.5~2倍;隔壁精馏塔投资成本较传统双塔流程增加,精馏-膜法耦合技术膜组件寿命短、更换成本高,膜污染控制不当会增加成本。

4.2 针对性应对策略

针对运行稳定性问题,优化设备结构与升级辅助系统,如超重力转子增设气液分布器和导流板,开发自适应调控系统;MVR热泵精馏系统增设蒸汽预处理单元。针对适配性局限,加强高效材料研发与定制化设计,如开发新型膜材料,设计可调节式隔壁精馏塔。建立“工艺设计-设备选型-智能调控”一体化方案,改造前用流程模拟软件优化参数与集成路径;开发智能调控系统,实时采集参数,动态调整操作参数,实现多技术协同最优匹配。

5 结论与展望

5.1 结论

随着化工行业的迅速发展,化工分离技术在现代化化学工业领域中的应用越来越重要。研究首先对超重力精馏技术、隔壁精馏技术、精馏-膜法耦合技术的作用机制进行了分析探讨,研究结果表明,不同的技术均有不同的优缺点与作用机制,在具体的使用过程中需要根据现场的工况合理进行选择,以实现节能降耗的效果。化工过程强化技术经设备结构优化、能量梯级利用、过程耦合集成,从源头降精馏不可逆损失,显著节能。超重力、MVR、隔壁塔、精馏-膜法耦合四类技术各有节能方式,提高节能率,其中MVR技术的节能效果最佳。

5.2 展望

尽管各类化工过程强化技术在蒸馏中起到了降能耗、节能的效果,但在实际应用场景中,仍需要围绕“效率-能耗-成本”的平衡为中心,实施系统化的优化工作。应该强化多技术协同集成的创新,例如通过将MVR热泵技术与超重力技术的深度融合,既可提高传质的效率,又可以实现能量回收利用率提升的目的。此外,还应该注重高

效材料的研发与应用,研发具备高选择性、高通量特征的膜材料,提高实际应用效果。通过智能调控策略的适配,精准控制回流比、旋转速度、膜面流速等关键参数,实现技术运行状态的最优匹配。

【参考文献】

- [1] 贾晓敏,陈东,谢继红,等.典型膜蒸馏技术的性能及发展分析[J].化工装备技术,2016,37(2):19-23.
- [2] 李维斌,沈鑫,胡瑞,等.膜蒸馏在废水处理中的应用及膜污染控制进展[J].现代化工,2021,41(1):19-23.
- [3] 宋剑.膜蒸馏与膜蒸馏工艺过程[J].盐科学与化工,2017,46(4):3-5.
- [4] 申龙,高瑞昶.膜蒸馏技术最新研究应用进展[J].化工进展,2014,33(2):289-297.
- [5] 刘兆峰,何瑞敏,郭强,等.渗透膜蒸馏研究进展与展望[J].广州化工,2022,50(14):11-16.
- [6] 刘羊九,王云山,韩吉田,等.膜蒸馏技术研究及应用进展[J].化工进展,2018,37(10):3726-3736.
- [7] 唐勇.丙烯酸装置提纯系统的模拟与优化[J].精细化工,2002,19(5):307-309.
- [8] 方晓明.丙烯酸精制单元轻组份分馏塔的流程模拟[J].石油化工应用,2008,27(5):58-61.
- [9] 沈蔡龙,贾炎,陈彦臻,等.化工技术在生物冶金过程强化中的研究进展[J].过程工程学报,2022,22(10):1349-1359.
- [10] 杨哲.化工过程本质安全技术研究进展[J].石油炼制与化工,2021,52(10):31-37.
- [11] 吴叶超,王博,张青程,等.化工过程强化技术在制备铜基合成甲醇催化剂中的应用[J].化工技术与开发,2018,47(4):43-49.
- [12] 王玉琪.绿色化工过程强化与分离技术的研究与应用[D].西安:西北大学,2017.

作者简介:刘新丛(1980.10—),毕业院校:沈阳理工大学,所学专业:安全工程,当前就职单位:河北科防治冶金安全评价有限公司,职务:安全评价师,职称级别:中级。

工程建设中勘查技术与工程质量控制研究

郭丽蕊

河北地矿建设工程集团有限责任公司, 河北 石家庄 050000

[摘要]在建设工程项目当中, 勘察技术是建设工程安全以及建设顺利的基础, 而工程质量的把控又是得到可靠勘察结果的关键步骤, 文中就此对当前勘察技术应用中存在的资料欠缺、精确度低以及勘测管理不到位的情况加以剖析, 并就如何选择好的勘察方案、选择合适的勘察技术和如何加强现场勘察管理和服务数据校核等工作提出了自己的看法。经研究发现合理的使用好勘察技术并做好质量监管工作能提升勘察结果可靠性, 进而服务于工程的设计、建设的决策以及防范建设项目的各种风险, 以此来确保建设项目的顺利安全推进, 让建设过程达到最节省的目的, 实现建设项目可持续发展。

[关键词]工程建设; 勘查技术; 工程质量; 质量控制

DOI: 10.33142/sca.v8i11.18683

中图分类号: TU4

文献标识码: A

Research on Exploration Technology and Engineering Quality Control in Engineering Construction

GUO Lirui

Hebei Geology and Mineral Construction Engineering Group Co., Ltd., Shijiazhuang, Hebei, 050000, China

Abstract: In construction projects, survey technology is the foundation of construction safety and smooth progress, and the control of engineering quality is a key step in obtaining reliable survey results. This article analyzes the current situation of insufficient data, low accuracy, and inadequate survey management in the application of survey technology, and puts forward its own opinions on how to choose good survey plans, appropriate survey technologies, strengthen on-site survey management, and do a good job in data verification. Through research, it has been found that the reasonable use of survey techniques and good quality supervision can improve the reliability of survey results, thereby serving the decision-making of engineering design and construction, as well as preventing various risks of construction projects, in order to ensure the smooth and safe progress of construction projects, achieve the most economical construction process, and achieve sustainable development of construction projects.

Keywords: engineering construction; exploration technology; engineering quality; quality control

引言

当前, 在实际工程建设的过程中, 勘探技术和工程质量把控都是为了实现工程项目的安全、经济、长期的发展, 随着城镇化建设力度加大还有越来越多的大规模基础设施的建设, 工程建设过程中遇到的地质条件也变得越加复杂, 再加上工程的施工环境及使用条件越来越高, 这就导致对勘探工作精度、全面程度还有工程质量监管的整体性要求越来越高, 由于勘探技术也是工程设计还有施工的重要依据, 而且勘探的结果还直接关乎着地基加固方式的选择, 建筑物的设计还有施工方式、方法的选择以及施工风险规避等一系列问题, 所以勘探工作必须要有较高的精度以及较为广泛的覆盖面; 与此同时, 工程质量监管又涉及到整个工程建设项目全部过程, 包括项目的勘探过程、设计过程、再到之后的施工过程以及最后的维护和日常使用的过程都要有一套完善的技术标准、规章制度来保障工程能够符合相关的安全性指标和使用上的功能需求并且能达到一定的经济效益。而在具体的工程建设项目当中, 虽然说勘探技术得到了极大的发展并且包含了很多诸如钻探、原位测试、地球物理勘探、数字信息化等一系列勘

探手段, 但是在勘探的具体实施过程中还是存在着一些问题包括勘探出来的数据不够精准、施工现场管理不到位、勘探结果不能得到有效的综合运用还有就是缺乏有效的监管执行力等一系列的问题, 这些问题的存在都会给工程质量监管埋下隐患。对此, 对目前工程建设过程中应用勘探技术的情况, 尤其是其中勘探工作同工程质量监管之间的联系进行全面而深入的研究, 并剖析其中存在问题的原因、探究合理的监管策略, 不仅有利于推进勘探工作的标准化、合理化, 也为工程建设提供了可信赖的技术资料及相关管理经验, 进而促使工程建设往高质量、高效率、绿色的方向发展。

1 勘查技术在工程建设中的作用

勘察技术对于建设工程来说是基础性也是决定性的, 影响着一个工程项目的建设安全性, 经济性及其寿命长短。在工程的安全方面, 对地基土体的承载力, 地下水状况以及断层等地质条件了解清楚, 可以避免滑坡坍塌、地面下沉以及建筑物倒塌等情况的发生, 在经济性上, 对地质勘察的结果可以用于完善设计方案中, 比如合理的选择地基处理方式与施工手段等, 以达到节省不必要的加固措施并

节约建设成本的目的；在施工过程中，勘察技术也可以提早发现存在的地质问题例如基坑围护还有地下水水流等问题并且给出合理的应对方案以便可以更好的进行施工并避免施工时间耽搁以及安全事故的发生，在环境保护这一块，也可以通过对地质情况进行了解分析得知是否存在保护区，风景区等敏感区域使得工程的建设可以满足环保的需求进而减少对周围环境的污染损害程度；在整个工程的长久使用过程中也起到了很大的作用，其可以分析出所建工程项目所在地的地震活动情况，泥石流状况等进而可以为日后的运行维护提供参考使得工程的使用寿命得以提升。

2 工程建设勘查技术应用现状及问题分析

2.1 勘查技术应用现状

当前的工程建设中，勘察技术已经成为确保建设工程的安全性、可靠性以及经济性的基础保证，而且应用领域越来越广泛，使用的勘察技术也越来越丰富多样。伴随着工程建设规模越来越大，修建条件愈发复杂的趋势下，工程勘测已经由传统方式下的钻孔、取样加经验推测演变为包括工程地质调查、岩土工程测试、物探和现场测试等多种方法在内的综合性勘察过程。在具体的实际工作中经常借助钻探取样、标贯试验、静探测试、波速试验、地球物理勘探等技术来进行工程选址选择、确定地基方案以及确定相应的施工措施等^[1]；而且计算机和信息技术的使用也越来越普及，对于勘察资料的搜集处理以及成果表达也越来越依赖计算机，越来越多得用图表、数字表达勘察结果使得表达方式更加清晰明了。

2.2 勘查过程中的常见技术问题

工程勘察建设中由于自然条件复杂多样、工期紧和勘察技术水平参差不齐等客观因素，在勘察作业中不可避免的存在着一系列技术难题阻碍着勘察工作的可靠性及其工程适用性。一方面有些工程项目的初期勘察中对地质情况了解不到位，勘探布置不合理钻孔数目、深度设计偏低不能够很好地反映出复杂的地层序列和发育岩土不良地质体的分布特点造成勘察结果具有很大的局限性；另一方面在现场试验采集中又限于机器的测量误差及人为因素与现场环境的制约使得原位测试离散度大扰动样品较多，采集试验指标失真代表性差再加之各勘察手段之间相互验证较少物探资料与钻探、实验数据匹配程度低易产生误判。并且某些勘察工作者对于新的技术和方法的学习不到位面对复杂条件下的地质问题还较为依靠个人经验判定造成其勘察结论的可借鉴性不高，从而使得勘察的技术优势无法最大程度上运用于具体施工项目当中。

2.3 勘查数据准确性与完整性问题

建设工程勘察过程当中，勘察资料的真实性及全面性决定了对工程项目的设计以及施工方案选择是否合理。然而实际情况并不乐观还存在以下一些问题。一方面由于野

外勘察工作会受到复杂的地质情况以及施工现场条件的影响制约着不同的检测手段得到的数据可靠程度以及稳定性各有所异，某些测试的结果易受工作人员的技术水平、机器的状态好坏和周遭环境因素的影响较大以至于产生的误差不易察觉发现。另一方面，受建设时间进度安排与项目资金预算的限制使得勘察覆盖地区有限、探测深度有限，造成一些区块资料匮乏，重要岩土层特征缺漏或记录过于简单粗略不能完整准确体现工程现场的实际地形地质特点。此外，在进行信息汇总的过程中，来自不同类型和渠道的信息其测量指标标准各异，在选用参数值方面也不够明确清楚。导致信息间匹配性不够强，连续性不够好，容易出现脱节现象。

2.4 勘查管理与质量控制存在的不足

而在工程建设项目地质勘查实际工作中，勘查项目的管理和质量监控方面还存在着一些问题，这些都给勘查结果的可信性及工程的后续应用带来了隐患。在勘查项目管理中，有些工程忽视对勘查工作的管理或者说管理得不够到位，事前缺乏统一规划和合理部署，编制的勘查工作方案脱离了建设工程项目本身的实际需要，致使勘查工作在范围以及内容上都不能很好地适应较为复杂的建筑工程的需要；在整个开展实施过程中又存在质量监督职责不清的现象，内部审核及工序检查走过场，一些主要工序、关键数据的质量监控不到位^[2]；此外，在各个勘探单位之间以及勘探单位与其他的设计、施工单位之间沟通不够顺畅，导致提交交付资料时及进行技术交底时交代不清，从而导致有关各方不能正确理解和使用所提交的相关勘查资料。

3 工程建设中勘查技术质量控制措施

3.1 勘查方案优化与技术选型控制

在整个建设工程当中，勘察方案科学合理制定以及勘察方法正确选取则是做好勘察质量管控的第一步，同时也是为后续的设计以及施工提供安全保障的前提条件。勘察方案的制订应当紧扣建设工程项目需求，综合考虑工程所涉及的规模大小，结构类型，功能用途以及安全级别等因素，并结合区域性的地质概况，场地地形、地貌特征以及相关勘察资料对可能存在复杂的地层条件，不良的地质作用和一些工程风险问题提前加以预判，在此基础上确立勘察的重点和控制目标。其次，在此基础之上对整个项目的勘察工作量和深度要求，钻孔的布置，试验测试项目等做出全面安排，力求所完成的勘察作业覆盖范围广且精度高的真实反映出整个建设工程场地总体概貌以及重要部分的工程地质状况。对于勘察手段的选择上要做到宜因地制宜，有机结合的原则。针对不同的地层和工程项目特点，合理搭配各类钻探、采取岩土试样，原位测试，室内的岩土样试验，地球物理勘探等多种勘察技术方法有机结合互相验证以此来提升勘察结果的真实性以及解释率，与此同

时要全面认识到不同类型的勘察手段之间存在准确程度、地质适应性、操作困难大小以及投入多少等方面的不同，切勿随意滥用高投入、不合时宜的勘察措施而造成选用的技术不符合工程地质勘察的实际需求的情况发生。除此之外还应该注意赋予整个工程勘察方案一定的调整空间，以便可以在勘察进行的过程当中随着揭露出来的地质现状和已经取得的中间阶段的成果来对整个勘察项目的技术方案参数设计以及工作布置加以适时的调整改进，进而让整个勘探更加有针对性、实效性。

3.2 勘查过程质量管理与监督机制

工程勘察项目实施中，工程勘察过程的质量管理和监督体系的有效落实是获得科学合理、符合工程建设需要的勘察结果的重要步骤，勘察过程质量管控应当覆盖整个勘察过程，包括现场施工组织、技术手段应用以及最终的数据记录及整理都纳入到同一个管理体系下，针对各种类型的工程勘测进行统一化、规范化管控。其中应当以钻探工程施工、原位测试、采样及实验等为主要工序进行重点过程管控，通过对施工工艺、施工流程、技术标准的实时检查确保整个勘察过程遵照预定的技术标准及相关规程的要求严格执行，降低盲目操作以及技术措施落实不到位导致出现的数据失准的情况发生。而监督则应当体现出时效性、动态性和独立性的特征，依据工程的不同对勘察工作中的重要点段和关键部位开展有针对性的监督检查，以便动态了解掌握勘察质量状况和落实技术条件的情况，杜绝质量问题的发生以及在其间的积累疏忽^[3]。在管监联动上应当重视提升现场勘察信息反馈效率，确保现场出现的状况可以及时反映上报并且得到有效应对处置令其处于可控的范围内继续开展勘察。另一方面还要注重对勘察技术人员的技术行为和职业素养的把控，细化各岗位职责以及质量责任以增强质量管理的效力和刚性。

3.3 勘查数据审核与成果验收控制

对于建设工程而言，勘探资料审核以及勘探成果验收控制属于保证勘探的质量并提高工程施工、设计方案可靠性的关键步骤，在整个过程中都围绕着实现勘探过程中的全流程闭环式管理和质量管控展开。针对勘探过程数据审核方面，需要对钻孔资料、原位测试数据、实验室土工试验报告以及物探、测量资料等进行汇总对比，主要审查各项数据之间是否完整、正确、协调一致，检查各个试验项目都有无完整的原始数据支撑并满足相应设计要求、符合勘探目的等。同时应当制定数据审核规定、设立分级审核制，由现场施工人员、技术负责人、独立质检部门分别负责数据初次审核、复核以及最终审核流程，发挥层层递进式的审核优势，尽早识别错误数据、离散值、遗漏情况等问题的发生。而在验收环节，则应该结合勘探数据同现场条件、参考已有历史资料和设计指标等一并加以分析、比

较核实以论证勘探结论的合理性及可行性。验收控制也必须注意勘探结果表述上的统一化、可追踪原则，例如在图件、表格、电子信息等方面做到统一编目、标准化存储以便后期的设计、施工作业时可以有条理、明晰并且可信的资料作为参考。与此同时勘探验收也需要有一套严格的追责问责机制来落实勘探工作各方主体及相关个人应负技术和管理责任，并确保每个勘探数据从获取到整理再到最后审查验收都必须达到相关规程规范的要求。

3.4 信息化与数字化勘查技术在质量控制中的应用

当前建设工程项目信息化、数字化勘查技术应用是加强勘查质量管控的有效方法。它是以信息技术为基础，以信息管理系统为核心的数字化勘查工作模式，主要是在先进数字技术和信息系统的支撑下完成勘查数据的有效获取、精准计算、合理分析和图像化展现，进而推进了勘查工作的规范化程度增强、可靠性强化和可溯性提高。在应用过程中信息化方式主要是基于勘察现场作业的在线监管，其通过移动端、探测器和互联网装置收集钻孔信息，开展原位测试并监测探测环境，实现了对整个勘察活动开展状况的实时了解掌握，在线发现问题并予以即时纠偏，防止现场人员的操作失误或个人原因导致误差结果出现的现象发生。而数字化技术是对各项勘查数据的一体化储存管理、格式统一转换、自动计算分析，它通过数据中心、BIM集成、GIS等途径完成各类地质状态、检测指标、试验结果与相关图纸的图像化呈现，便于各岗位工作人员直观清晰认知场地条件，扩大了勘察报告的适用群体范围，增强了勘察结论的应用便利度^[4]。与此同时它还具有数据质量审核智能化的优势，它可以借助数据算法找出可疑值并对数据进行交叉对比验证，提升了数据检查核验阶段的技术含量及准确率程度，完成了对于勘察结果的自动审查核验与辅助判定建议。而在工程建设项目的管理层面上它又具备完整流程跟踪和溯源能力，使得质量监督范围由施工作业面扩展到项目决策层面，可为下一步的设计、施工计划制定以及持续观测等活动提供质量保证。

4 结语

综上所述，对建设工程项目勘查技术应用及勘查与工程质量的关系进行了较为全面的研究之后可知，勘查技术既是建设工程项目的设计及施工的基础，也为工程建设的安全性、经济性及长远发展提供了重要保障，当前虽已广泛应用于各个工程当中并在勘察地质环境，助力工程施工及完善设计方案等方面发挥着重要的作用，但是依旧存在着一些问题诸如数据准确度不高，勘探结果不够完整以及管理和质量把控不够规范等，对于以上存在的问题可以通过制定合理的勘查计划，选择恰当的勘查方法，重视施工过程中的管控，严把数据审查关以及运用信息化及数字化等方式来进一步保证勘查结论的真

实性及正确性以使得工程有更好的质量和技术支撑。总而言之科学地利用好勘察技术并辅之以规范的质量管理体系是保证工程建设质量水平，减少施工过程中安全风险并为其以后长期稳定的投入使用保驾护航的有效途径，这对于促进今后工程建设管理水平的提升及可持续发展有着深远的意义。

【参考文献】

- [1] 贺敬哲.复杂地质条件下岩土工程勘查技术的运用[J].中国资源综合利用,2025,43(12):21-23.
- [2] 李恒秀.水文地质勘查技术在岩土工程中的应用分析[J].

中华建设,2025(9):162-164.

[3] 葛楠楠.物探技术在工程地质勘查中的应用分析[J].广西生产力学会司,2025(8):71-73.

[4] 苏一特.工程地质勘查与岩土工程技术的发展研究[J].广西网络安全和信息化联合会.第五届工程技术管理与数字化转型学术交流会论文集,2025(9):99-101.

作者简介：郭丽蕊（1992.11—），毕业院校：河北地质大学，所学专业：勘查技术与工程，当前就职单位：河北地矿建设工程集团有限责任公司，职务：无，职称级别：助理工程师。

水文地质与工程地质勘查技术相关问题

李泽峰

河北地矿建设工程集团有限责任公司, 石家庄 050000

[摘要]水文地质与工程地质勘探作为建筑工程建设和地下工程项目建设的基础, 主要用于了解地下水的分布以及土层、岩石的状态等情况。近年来随着工程项目越来越多, 地质环境也越来越复杂, 传统的勘测手段在准确度及资料运用方面做得并不够完善, 在很大程度上会危及到施工的安全性和工程的质量。因此探索并完善水文地质与工程地质勘探相关技术能够达到提升精确性、丰富资料利用率的目的, 对工程的设计、施工过程的管理以及防范风险等方面具有十分重要的现实意义和学术价值。

[关键词]水文地质; 地质勘查; 勘察技术; 相关问题

DOI: 10.33142/sca.v8i11.18676

中图分类号: P642

文献标识码: A

Related Problems of Hydrogeological and Engineering Geological Exploration Technology

LI Zefeng

Hebei Geology and Mineral Construction Engineering Group Co., Ltd., Shijiazhuang, Hebei, 050000, China

Abstract: Hydrogeological and engineering geological exploration, as the foundation of construction and underground engineering projects, is mainly used to understand the distribution of groundwater and the state of soil layers and rocks. In recent years, with the increasing number of engineering projects and the growing complexity of geological environments, traditional surveying methods have not been fully developed in terms of accuracy and data utilization, which can greatly endanger the safety of construction and the quality of engineering. Therefore, exploring and improving hydrogeological and engineering geological exploration related technologies can achieve the goal of improving accuracy and enriching data utilization, which has significant practical significance and academic value for engineering design, construction process management, and risk prevention.

Keywords: hydrogeology; geological exploration; survey technology; related problems

引言

水文地质工程地质勘察作为当代建筑工程建设, 以及各种地下工程项目还有各项市政建设工程必不可少的一项前期准备工作, 其主要工作任务就是通过一系列的研究来调查了解清楚地质环境、地下水情况还有地层岩石土体等物理力学方面的参数指标, 从而为之后的各项工程的设计、施工过程中的具体实施方案选择还有施工中可能存在的各类问题的风险分析等方面提供最可靠的数据参考依据。在所有的工程项目中最易对整个项目的施工安全、工程质量及其结构稳定性造成危害的就是地下水与复杂的地质环境情况这两项, 在整个项目施工过程中, 要保证项目的顺利进行就必须做好这两方面的精确勘察工作。而在当今社会越来越多的大中型工程项目的建设还有地质环境一天比一天复杂的前提下, 传统的工程项目水文地质工程地质勘察手段存在着准确性不高、工作效率低和对数据资料信息综合利用程度不高这类不足之处, 不能很好的体现出地下水的变化规律、也不能完全掌握土体的力学性能指标还有就是地层岩土体的稳定程度这三个方面的情况这就为后来的各种基坑开挖工程还有桩基工程还有各种地下结构工程项目的施工埋下了极大的隐患。而地下水与地层土体又是彼此之间相互联系相互影响的, 它关系着地层土体所具有的承载能力大小还有地层的沉降变化量以

及岩体自身的稳固程度等一系列的问题。所以针对以上这些情况必须要有一套合理有效的勘测调查方法才能收集到完整而且可靠的地质数据。正基于此, 探讨水文地质与工程地质勘查的相关问题, 对于进一步做好水文地质与工程地质勘查工作, 提高其工作的正确性、合理化及实用性有着积极的作用, 而且也为以后所有类似工程项目的施工安全问题、减少地质灾害的发生概率和更好的保证了工程建设项目的工程质量奠定了强有力的技术保障基础。因此本文关于水文地质与工程地质勘查技术的研究对于促进整个工程地质行业健康有序的发展、完善现场的施工管理还有最后整个建筑物工程的安全可靠性都是非常有必要的。

1 水文地质与工程地质勘查的原则

水文地质及工程地质勘察时, 调查评估一定要适合实际工作情况, 所处地区若是地质构造简单则可以用简化甚至是合并的方式, 但是出具的勘查报告一定要达到阶段性标准。水文地质和工程地质勘查要遵循社会综合效益, 既要保证安全以及生产还要了解排水再利用, 观测周边水源和地质可能会受到影响的情况并对其进行分析, 最后制定相应对策。勘查区是一个完整的水文地质单元。假如这个单元比较大就要把疏干排水的影响范围计算在内, 所在地区如果地质条件较为复杂要依据具体情况具体分析的原则来制定专门的勘察方案并编写专门报告。矿区勘察的过程中, 若某些

矿床已被认定具备工业价值就需要仔细全面的检查分析判断设计方案是否合适,当水文地质对开发利用方案影响很大时就要提前勘探。在布置工程的时候要因地制宜,打牢基础,结合地表物探钻孔物探让抽水试验顺利开展,综合勘察,运用各种勘察方法让勘查更加全面准确。

2 水文地质与工程地质勘查的技术要点

2.1 评价岩土水理性质

对于水文地质、工程地质的勘察来说,岩石土壤水理性质的评估属于最基本的部分,它关系着工程建设的设计、施工计划以及工地的安全问题。岩石土壤水理性质包含土层的渗透程度、土质水分大小、孔隙率的情况、水在地下的运行状况以及储存水量等参数。这些因素都决定着地下水会给基础坑、桩基础、地下建筑物带来的水影响。评估时,应该利用实地钻探、取样与现场测试以及室内试验等方式来全面检测土层渗透系数大小值、孔隙率还有饱和程度;通过对水位观测、地下水流量测定和水质分析,了解地下水的变化规律。同时根据不同种类的岩石土壤,比如砂质土层、粘质土层、卵石层或者岩石裂缝水层采取不同的检测手段,才能得到它们各自的真实水流传导性能^[1]。再根据地质柱状图以及场地周边地形情况,研究分析各个土层的储藏水源量及地下水补给排泄方式。这样可以预估出施工过程中会出现渗漏水现象、涌水情况以及土质变软等情况的发生,以便后续的基坑支撑、降低水位以及打桩工作的开展都能够有可靠的技术支持,进而达到减少施工过程中的危险系数与保证工地安全的目的。

2.2 勘查流程与关键技术

水文地质、工程地质调查,合理科学的工作流程和先进技术手段的应用是调查结果准确度与可靠性的决定性步骤。一般地质调查流程依次由以下步骤组成:相关资料收集整理→实地考察→钻探采样→原位测试→室内试验→综合评价与编制报告,各步骤都需要严格依据相应规程规定并参照设计文件开展工作。其中资料收集和调查过程可以对工程区域的地质状况、地表水和地下水条件、工程中的地质问题和隐患有一个基本的认识,可以为下一步的钻探布置及具体施工方案提供参考意见;而在钻探采样的过程中要根据地质土层状况,地下水源,岩石土壤的复杂程度来选择合适的钻探方式,在此基础上辅之以标贯实验、孔压检测等原位测试的方式来取得岩土体的力学属性指标以及渗透性能、比容等的水文特征值;土样颗粒分析、渗透性参数、含水量和孔隙比等室内试验则是为了进一步完善原位测试所获得的信息;而一些先进适用的技术手段例如地下水水流速和水位观测、地质雷达勘探成像技术和采用声波或者电测方式进行物探等都是当前地质调查领域常用的有效方法措施,用来提升地质工作的深度广度和技术水平。最后对于勘查数据的整理、综合评判的过程里,则是要通过对地质切片、地下水变化规律模拟和危险性分析等工作,建立起一个可靠的地质环境模型。从而更好的服务于整个工程建设的设计规划、建设实施乃至后期风险管理等方面的工作开展。

3 水文地质与工程地质勘查的相关问题

地下水在建筑、岩土工程领域中对于基坑工程施工、地层土质情况及岩土地层稳定性有着重要影响。其中针对基坑施工而言,基坑处较高水位使得坑壁水压力增大,土层中渗流加剧,孔隙水压力增大,降低了土体抗剪强度的同时,致使基坑坍塌和支护结构受力过荷的概率上升,与此同时,地下水流动的非均一性会导致涌水点处局部土层软化和地下水流动通道的形成,在基坑底层以及周壁出现不稳定区域,威胁着整个基坑工程的安全。而对于土质而言,地下水长期存在会导致土层物理力学指标的改变,比如:饱和土层孔隙水压力升高,有效应力降低,进而土层承载力下降、压缩变形变大;土颗粒与水之间的化学作用会引起土层膨胀或者被溶蚀乃至软化,从而土体结构恶化,工程施工难度加大并增加了后期地面沉降的可能性。对于岩土工程而言,地下水沿岩石裂隙、破裂带或岩土孔隙渗入会导致岩体风化和裂隙发育进程加快,岩土体整体稳定程度和自身承载性能下降;特别是当岩体中存在脆弱岩层或断层时,地下水流动造成的空洞或是滑移面的存在使得地质灾害的发生概率增加,诸如滑坡、崩塌或岩体破碎等现象的发生^[2]。地下水与土壤、岩体之间复杂的相互关系导致了工程地质条件的高度不确定,给施工过程以及工程建设带来各方面安全隐患,此类问题必须在勘察环节予以明确记载反映出来才能为后续的设计工作以及风险评判提供准确参考。

4 优化水文地质与工程地质勘查技术的对策

4.1 完善勘查方案设计与技术规范

对于水文地质与工程地质勘察而言,做好勘察设计方案与制定好勘察技术标准是保证勘察工作系统、合理以及所获数据真实有效的根本步骤,同时也是提升工程建设安全性与施工可控制度的前提条件。勘察设计方案的拟定需立足于建设项目的工程需求和施工的要求,充分结合地质介质复杂程度、地下水赋存状况、土岩层物理力学参数以及存在的地质灾害隐患等问题,合理安排钻孔布局、监测点分布和原位实验的位置,确定各种勘察技术适用情况及其先后顺序、具体的操作步骤。在编制设计方案时要有效利用过去积累下来的工程地质勘察资料、地形地貌信息、以往的工程施工经验数据资料以及地区范围内水文地质条件,在此基础上合理规定钻探进尺量,确定土石样本采取数目并制定相应的试验内容、规定各项监测指标的监测频率以及规定数据记录方式等细则保证所采集到的信息既具典型意义又能表征地质体的空间异质性。而制定好勘察技术标准须对整个勘察过程加以规定,从钻探作业到取样方式,再到开展原位试验、样品室内检测直至最后的数据处理都必须有严格的操作规程;对于一些重要工序,需要设置专门的质量检查步骤甚至重复性检验步骤以便降低人的因素带来的偏差、确保获取数据的真实可靠性与可对比性,在其中还应强调需要针对地下水动态趋势、岩土地段力属性特征、地质构造情形和可能存在不利工程地质作用等问题作出综合评判的规定,从而借助合理化的勘察设

计与标准化的操作规程把复杂的地质体信息转化成能够用于工程项目设计、施工计划编制及风险管控的有效数据。

4.2 提升勘查设备与技术水平

提高勘探机械设备水平是提升工程地质和水文地质勘察准确率以及速度的关键步骤。面对着越来越大的工程项目和复杂的地质环境,传统勘探手段和机械已经无法达到快速精确勘探的要求,所以必须引进先进的钻探机械、现场检测仪表以及现代化监控方式从而保证勘探数据的真实性及其代表性,在机器使用上应当首选精良度高的钻机,自动化的取样装置,功能全面的现场检测仪器能够适用于多种土层、岩层,甚至是存在地下水的情况并且可以降低人为因素产生的测量错误;在勘探技术的应用部分应该积极地推行地质雷达、电法、声波物探这些无损勘探方式来了解地下构造、裂缝状况和含水情况;并且配合三维地质模型、地下水流动的模拟以及相关数据处理分析软件来对所获得勘探资料进行整合与合理解读^[3]。另外也要注意机器的保养与调试还有工作人员的操作练习以便使整个勘探过程中的机器处于良好状态,检测结果精准以及勘探技术人员具备熟练的操作技能以及数据判读能力。

4.3 强化勘查数据分析与应用能力

水文地质与工程地质勘查工作中加大数据分析应用力度是提高勘查工作结果的合理有效利用率的重要步骤。其勘查的过程中的数据收集量大而且种类较多有:钻探资料、现场试验资料、实验室检测结果及地下水位水力观测等一系列数据等如果得不到有效的整理归纳以及合理充分的利用那么它就会失去存在意义,就不能起到指导工程的设计以及建设方面的作用了。这就要求我们要有一套完整的数据管理机制并且能够对地质勘查所得到的相关数据能够进行分类存档并能有序对其进行编码数字化使得数据完整可追踪。再通过对各种统计分析软件、地理信息系统软件(GIS)、三维地质建模软件、地下水数值模拟软件等来对岩土地层的物性力学参数、地下水流向分布特点以及可能存在的地质隐患等方面做出合理的分析评估以充分利用好数据背后的信息从而得到一个合理的准确的地质勘查结果。另外对数据的空间位置时间分布也要加以利用,从横向纵向两个角度对其进行对比观察找出地下水土岩互动规律以便为之后的基坑围护、桩基基础设计、防范地质危害发生等问题上提供强有力的依据。除此之外地质勘查数据的利用也是不容忽视的地方要能够把从中得到的信息运用到相关的工程建设中去并反映在工程的设计以及施工措施的改进完善还有风险管理上充分发挥该数据的价值使其服务于工程实践当中进而增加地质勘察结果的决策参考意义保障工程建筑的安全经济环保绿色等特性。

4.4 建立科学的勘查管理与监督机制

水文地质及工程地质勘查工作中合理有效的管理和监管体制是保证勘查结果的质量、加快工程进度、避免工程建设出现不必要的风险的重要因素。合理的勘查管理系统应该包含整个工程项目中的勘查项目的全部阶段即从

勘查项目的方案编制开始到施工现场勘查工作开展直至最后的资料整理分析到最终成果评估以及项目报告书编写等一系列的工作步骤都应纳入其中,在此过程中需要明晰各个步骤之间的责任划分,规定具体的操作要求及步骤程序,针对不同的工作内容设立相应的作业标准来规范整个工程施工勘察的过程以达到最好的效果。与此同时要制定一套完整的监督管理体制以针对工程项目的勘察过程进行动态监测以及定期考察,发现其中存在的漏洞和问题加以记录备案,使整个勘察过程透明化公开化并且可控^[4]。在实际工作中应该利用信息技术,对于所获取的信息数据以及施工现场的施工记录、质量检测情况、施工进展状况进行数字化储存以便随时查询调用,使工程建设的勘察过程具有了追溯性和可查询性提高了工程管理人员的工作效率并且便于管理者做出合理的判断。此外还应对勘察人员加强学习和训练,提高工程技术人员的业务水准增强工作人员遵约守则的自觉性和积极性使现场的勘察工作能严格按照规定的方案及相关标准高质量地落实到位。

5 结语

水文地质及工程地质勘察是整个建设工程必不可少的前提工作,主要是为了取得地下水赋存情况、地层岩土力学参数和地质构造信息等,这些资料对工程建设的设计、建设以及风险管理等方面有着重要意义。在具体的工程建设中,地下水以及复杂的地质情况也经常会对基坑开挖、桩基、地下建筑结构稳定等有较大的影响,传统的勘察手段在准确性、探测范围和综合数据利用上有不足的地方。通过对一系列勘察技术的学习研究能够使我们的勘察方案更加合理化、标准化、使我们的装备技术和方法更加先进,并能增强我们对信息数据的应用处理水平从而使得我们的勘察结果更为精确可靠;另外建立完善的勘察管理制度、监督机制有利于保证勘察工作的规范化进行并进而保证了相关数据的真实性,有利于建设项目的地质环境安全性可靠性。所以完善水文地质和工程地质的勘探技术对提高工程质量、减少建设过程中的不确定因素、增加建设项目的安全性以及促进建设工程长期稳定发展都有着非常重要的现实意义和理论意义。

【参考文献】

- [1]薛桂林,崔建.水文地质与工程地质勘查技术相关问题[J].大众标准化,2025(4):61-63.
 - [2]宋晨.水文地质与工程地质勘查相关问题分析[J].有色金属设计,2019,46(4):74-76.
 - [3]陈进华.关于工程地质与水文地质勘查相关问题的分析[J].世界有色金属,2018(13):205-207.
 - [4]潘秋林.对水利工程中有关工程地质与水文地质勘察工作的分析[J].低碳世界,2022,12(1):70-72.
- 作者简介: 李泽峰 (1993.7—), 毕业院校: 河北农业大学现代科技学院, 所学专业: 财务管理, 河北农业大学, 土木工程, 当前就职单位: 河北地矿建设工程集团有限责任公司, 职务: 职员, 职称级别: 助理工程师。

工程地质勘察在工程施工中运用研究

高桥峰

河北地矿建设工程集团有限责任公司，河北 石家庄 050000

[摘要]工程地质勘测是工程建设的基础工作之一，工程地质勘察的质量直接影响到工程的设计、工程建设的安全以及整个工程质量的保障程度。伴随着建设工程规模逐渐扩大与建设环境逐步复杂的背景下，工程地质状况对工程建设的影响越来越大，工程地质勘测对工程建设的作用也越来越重要；通过合理的、系统的工程地质勘测，能够准确了解场地岩土特征与不良地质体情况为，为工程建设的方案选择、施工方式确定以及防范施工危险等提供了有力证据。基于此，文章在研究工程地质勘测对于建设工程、施工的重要性之后着重阐述了工程地质勘测应用于施工全过程中的方法并归纳目前工程地质勘测利用过程中存在的主要不足以及提出解决措施，希望能够为提高施工安全性、科学性提供借鉴。

[关键词]工程地质；地质勘察；工程施工

DOI: 10.33142/sca.v8i11.18675

中图分类号: TU195

文献标识码: A

Research on the Application of Engineering Geological Survey in Engineering Construction

GAO Qiaofeng

Hebei Geology and Mineral Construction Engineering Group Co., Ltd., Shijiazhuang, Hebei, 050000, China

Abstract: Engineering geological survey is one of the fundamental tasks in engineering construction, and the quality of engineering geological survey directly affects the design of the project, the safety of engineering construction, and the guarantee of the overall quality of the project. With the gradual expansion of construction projects and the increasing complexity of construction environments, the impact of engineering geological conditions on engineering construction is becoming increasingly significant, and the role of engineering geological surveys in engineering construction is also becoming increasingly important; Through reasonable and systematic engineering geological surveys, it is possible to accurately understand the geotechnical characteristics and adverse geological conditions of the site, providing strong evidence for the selection of construction plans, determination of construction methods, and prevention of construction hazards. Based on this, the article focuses on the importance of engineering geological survey for construction projects and construction, and elaborates on the methods of applying engineering geological survey to the entire construction process. It summarizes the main shortcomings in the current utilization process of engineering geological survey and proposes solutions, hoping to provide reference for improving construction safety and scientificity.

Keywords: engineering geology; geological survey; construction engineering

引言

工程建设一般都伴随着投资额巨大，建设时间久，科技含量较高等特征，在这些特征的背后都离不开一个工程建设的基础-工程地质条件，工程地质条件的复杂程度与不可控性给工程施工带来重要影响。工程地质勘测通过一系列的地层分布状况，岩石土壤特征以及地下水文情况，不良地质情况等研究来为工程建设提供必需的技术资料，它是确保工程项目顺利进行的前提条件之一，但是在一些具体的建设工程当中，并不是所有的项目都能够认识到工程地质勘测的作用不仅仅服务于项目建设的设计阶段，在项目的施工过程中同样有着不可或缺的位置。一旦忽视了这个环节的作用就很容易造成项目施工时经常性的变更计划，施工过程存在巨大安全漏洞等问题的发生。为此，在此环境下积极探讨如何有效地把工程地质勘测应用到工程建设项目的施工中去显得尤为重要，这对于完善工程建设项目施工组织管理，减少工程建设的风险有着重要意义。

1 工程地质勘测在工程建设中的作用

工程地质勘测在工程建设项目当中的地位主要是体现在为整个项目的工程寿命期提供一种基础性的技术支持，它所获得的信息既是工程的设计基础又是工程施工及运营管理不可或缺的一项参考资料。通过对建设项目进行系统的工程地质勘测工作能够较为完整全面并且合理有效的了解到项目所在地区的地层分布状况、岩土体的工程性质及力学参数、地下水埋藏情况及其补径排条件，查明存在的一些不利于工程建设或工程安全稳定性的各种不良地质作用，进而能较合理的给出工程选线选址定位、工程结构类型选择、地基基础选型等方面的重要依据；与此同时还能尽早的了解清楚项目建设期间可能发生的一些地质方面的难题以便提前想好应对措施给后期的工程施工组织设计、施工安全保障提供有利的数据资料支撑有助于避免或减少工程施工期间的风险及损失使项目能够安全顺利并尽可能低成本的建成并能长久稳定的发挥效益。

因此工程地质勘察就相当于连接着大自然地质环境背景与具体工程项目的工程技术的一座桥梁,其工作结果的正确有效程度、全面系统化水平和精确可靠水平都直接影响着工程质量品质以及施工过程的安全性能乃至整个工程项目的生命活力和发展前景。

2 工程地质勘察在工程施工中的主要运用环节

2.1 在施工方案编制中的运用

在工程施工方案的设计当中,工程地质勘察资料对施工组织设计、施工技术措施以及施工顺序的制定起到了极其重要的作用。通过研究场区地质状况、地层岩性、地质体物理力学指标以及地下水状况等内容,施工方可合理分析施工的技术难点、风险点以及施工条件的制约因素,进而有针对性的选择施工工艺、施工机具设备以及施工顺序,防止由于不了解具体地质状况而带来的盲目性施工以及由于施工方案失策导致的整体工作效率低下等问题的发生,同时工程地质勘察报告还对支护体系设计、基坑挖掘还有地基加固等环节具有借鉴意义,使得该阶段施工方案更加贴近实际、切实可行。在施工方案的编制阶段,将勘探结果同施工技术手段、建筑材料选用还有安全问题考虑相互融合,在此基础上制定出的施工方案可以使施工单位的人力财力物力得以充分利用并节省施工成本,也可以使施工过程变得更加安全可靠,同时还可以为日后施工期间的风险评估以及紧急事件处置方案拟定提供理论支撑以便日后遇到问题时能做出最合理的应对选择,从而最终达到提升整个施工设计方案合理程度以及可行性水平的目的。

2.2 在地基与基础工程施工中的运用

地基和基础是整个建筑工程建设的重要组成部分,它的安全性影响着建筑物上层结构的安全性,耐用性和整个建筑工程的质量可靠性。而工程地质勘测通过对具体岩土体的相关力学性能指标,地基承载特征和地下水状况等详细资料,为地基处理手段的选择,基础类型的设计等提供了科学依据,在具体的施工作业中,建设者可以参照地质勘查的结果来对地基的加固方式,对基础的深度和结构进行合理的设定,并针对具体的地质状况来对施工工艺步骤和施工机械的选择加以调整,进而有效的控制了地基地表下沉,地面位移的情况发生避免了因地基不均匀沉降带来的建筑结构安全隐患。同时,利用好工程地质勘测结果也可以作为施工危险预测的参考,比如发现可能存在的一些薄弱带,地下水丰富地段,潜在滑移面等以便能够针对这些隐患做出相应的施工部署以确保施工安全性。可以说工程地质勘测资料的应用在地基基础工程中的运用不仅加快了施工进度提高了工程质量而且为日后建筑物的安全可靠提供了保障。

2.3 在基坑与地下工程施工中的运用

基坑及地下工程施工一般具有施工条件复杂、施工空间受限和施工危险性大的特点,其对工程地质条件的要求相对较高。工程地质勘查资料是基坑围护体系的设计,开挖方式的选择、降排水措施等制订的重要技术参考信息。

通过岩石、土体层状分布特征的认识,岩石、土体力学参数,地下水埋深和水位变化规律的研究,在施工前期可以对基坑开挖过程中的地面沉降问题、坑壁变形问题以及渗透破坏等问题作出预判并有针对性地采取支护加固处理措施、防范措施和降低地下水位措施等。在施工阶段根据勘查报告内容对施工现场真实地质情况开展核实对比及监控量测工作有利于针对具体地质情况适时调整施工组织设计、围护体系以及开挖方案的选择,使得基坑及周围环境安全稳定,此外,工程地质勘察也为地下工程施工的风险分析提供了理论参考支持。让施工单位能提前规避地质危害风险,提升工地施工作业安全系数与项目工程建设的质量水准,保证地下工程今后使用中的可靠度和寿命期。

2.4 在施工安全风险防控中的运用

工程地质勘查对于项目施工安全风险管理有着重要的基础作用,其勘察结果可以作为施工风险辨识与防范工作的可靠依据。通过认真研究不利地质现象及可能存在的地质灾害等情况,施工企业可预先采取有针对性的应对举措以规避突发性地质问题给施工过程所带来的安全隐患。在实际工程建设当中积极运用工程地质勘查资料开展风险预测工作,进而提升工程施工安全管控工作的预见性和前瞻性,并从根源上消除或削减施工事故的发生频率。

3 现阶段工程地质勘察运用中存在的问题

3.1 勘察成果精度与深度不足

然而,在一些实际工程中的部分工程地质勘察工作存在着勘察深度不足,勘察点布设不合理与参数精度不够等问题,无法完全、真实的反映复杂地质条件的实际现状。这些限制也就在一定程度阻碍着勘察资料作用充分的发挥到工程建设的施工过程之中。使得建设单位对地质情况的认知出现误差从而加大了工程施工的风险。精度不够的勘探文件势必会导致施工方案并不能很好的适用于现场的具体状况而在施工中不断的加以变动,不但导致施工组织及工序上的混乱而且还会引起工期拖延与费用增加的情况发生。而浅薄的钻探程度很可能导致薄弱层位、富水地带甚至是隐患的不良地质体被忽视的存在,进而增大了基础沉降、边坡滑塌以及渗透变形等现象发生的概率。由此可知,提高工程地质勘查工作的精度与深度是对施工安全负责、保证合理制定施工方案、规避工程风险的重要步骤。也是整个工程项目能够高质量完工与高水平进行项目管理的基础保障。

3.2 勘察与施工衔接不畅

工程地质勘查报告结果在施工过程得不到有效的利用,勘察与施工脱钩问题是目前工程建设中存在的较为普遍的现象之一,有些施工单位在进行具体施工组织和技术管理工作时,对工程地质勘查报告结果的认识不到位,欠缺相应的学习培训以及技术交底,致使工程地质勘查数据资料和结论性意见不能转变为实实在在的施工工艺和行为规范。这样就造成工程地质勘查工作的结果只是以文件的形式存在而不能为工程施工组织设计、施工方案、施工

顺序、地基加固措施以及安全生产等方面提供有益的实际支持,这就大大削弱了工程地质勘察的作用发挥。另外勘察与施工相脱离会导致在后续施工过程中出现一些在地质问题上的判断失误、导致施工决策错误,在施工现场出现紧急情况时不能做出及时有效的应对行动等情况发生,进而影响施工管理合理性、施工安全性以及项目工期和造价控制。因此如何建立起勘察结果同施工现场的联系工作机制、让施工方更好地理解和运用好地质信息资料就成了充分发挥工程地质勘察工作的效用的重要步骤。

3.3 勘察信息更新与反馈机制不完善

在整个项目施工中地质状况会随着水位升降、土层振动及附近项目建设等原因产生动态性改变,但是有些工程却没有健全的信息采集报送制度,使得施工单位不能及时了解最新的地质状况信息,在一定程度上阻碍了施工方案的有效调整和变更,进而带来更大的施工危险度并危及工程乃至整个项目的建设安全与质量。勘察资料不能做到动态性更新也就意味着其在施工后期阶段的参考价值大大降低不利于施工精细化。信息反馈渠道不畅通就会使施工现场施工决策失去依据,致使各项防范风险和优化施工举措不能及时得到落实,进而降低了工程的整体效益及安全性。因此构建一个即时更新与动态反馈的勘察信息管理系统对于保证施工现场顺利推进至关重要。

4 提升工程地质勘察在施工中运用水平的对策

4.1 完善工程地质勘察技术与方法

想进一步发挥好工程地质勘察成果对于施工的作用,就需要不断改进和完善勘察的技术和方法,增强勘察工作本身的科学水平、细致程度和适用范围。一方面要针对工程大小、地层复杂程度、施工的具体情况适当加大勘探的深度和密度,保证对地层构造、岩土特征、地下水等重要指标能详尽、真实地把握^[1];另一方面要进一步细化勘探布局策略,使得钻孔位置、采样位置、实验位置等分布更为合理有序,兼顾到可能存在隐患的不利地质体和危险地段,避免疏漏和失真;再者就是配合利用一些高新技术来进行探测检验分析,比如高分辨率地质雷达、原位测试装置以及自动化的观测记录仪器等,可以测得更加精准的岩土地质参数以及实时的地质变化状况,以便更好地指导施工。优化勘察技术和手段不仅可以让勘察结果更为精细可信,还可以为基础设计选取、基础挖掘进度制定乃至整个施工期间的风险规避等方面提供充分可信的论证参考,进而切实有效地增进工程施工过程中的安全性、稳固性和节约性。

4.2 强化工程地质勘察成果的应用管理

要更加重视工程地质勘察资料成果在建设过程中的应用管理工作,促进勘察、设计、施工三者的良好对接和配合。首先要抓好施工管理者以及技术人员对于地质勘察结果的理解,要保证施工方能够读懂地质勘察信息并将其转化为具体的施工技术手段即支护设计、地基加固和降排

水方案等;其次还要建立健全一套关于地质勘察报告应用的标准程序及规章制度,明确各方责任分工和联系方法,让这些来自地质勘察的信息可以在建设过程中时时发挥作用、提供参考^[2]。做好应用管理工作既能减少建设中因勘察成果认识错误而导致的巨大损失,又能使建设单位的管理决策更加合理有据,加快施工进度、保证工程品质。再者把地质勘察报告同工程建设中的检测监控、施工进展以及安全防范紧密联系起来还可以建立起一个闭合管理系统,可以为施工单位适时优化调整施工组织设计、妥善解决施工中的各种地质难题的问题,做出正确的指引,最大限度地发挥出工程地质勘察在施工建设过程中的参谋和支撑功能。

4.3 推进信息化与动态勘察机制建设

在工程建设中,应当积极应用先进的信息技术,在建设的过程中大力推广动态勘测机制以及信息反馈系统,从而达到对工程地质信息及时获取、及时更新、及时传递的目的。通过对数字地质信息数据库的构建,把勘探资料、施工检测数据与施工现场进度信息加以综合处理,这样就可以把握地质情况的发展演变,而且能够在施工当中对于可能出现的危险给予预警提示。此外信息系统还能满足迅速变更施工计划和优化施工工艺的要求,使工程措施与施工现场的具体地质状况相匹配,进而有效掌控了工程施工的形变情况沉降与地下水位变化状况,提升了施工的过程可操作性和安全系数^[3]。并且动态勘察手段也可以作为施工方的信息支撑点,有助于施工单位对自身的闭合管控以及合理化决策,保证了工程质量,施工安全的长期稳定性,也为项目顺利推进提供了可靠的保障,进而使整个工程项目的管理水平和科技能力得到全面提升。

5 结语

工程地质勘察在项目施工中有不可取代的地位,勘察结果合理有效的发挥着作用也是影响工程的安全性、工程质量及工程效益的重要条件,通过对工程地质勘察在施工中的主要运用进行梳理以及对存在问题的解决措施加以探究能够更好的优化工程地质勘察在施工过程的作用发挥。在未来应当进一步促进工程地质勘查同施工实际相融合,不断细化技术层面和管理制度,从而保证工程建设高质量推进。

【参考文献】

- [1]戴梓安.工程地质勘察在工程设计和施工中的作用分析[J].城市建设理论研究(电子版),2024(31):108-110.
 - [2]黄国松.工程地质勘察在工程施工中运用研究[J].中国住宅设施,2024(6):49-51.
 - [3]王琦.工程地质勘察在工程施工中的应用——以蒙城高速时代首府项目为例[J].西部资源,2023(2):41-43.
- 作者简介:高峻峰(1996.2—),毕业院校:河北地质大学华信学院,所学专业:勘查技术与工程,当前就职单位:河北地矿建设工程集团有限责任公司,职务:职员,职称级别:助理工程师。

征 稿

《智慧城市应用》由新加坡Viser Technology Ltd主办, ISSN: 2717-5391 (印刷)。本刊长期以来注重质量, 编排规范, 选稿较严格, 学术水平较高, 深受高校教师及科研院所研究人员的青睐。本刊为开源 (Open Access) 期刊, 出刊的所有文章均可在全球范围内免费下载, 中国知网、维普网等权威数据库收录。

期刊以“平面媒体+网络传播”方式互动, 内容聚焦智能城市建设, 解读行业政策, 传播行业技术标准; 组建权威的业内专家团队, 为期刊提供精粹的观点、尖端技术解读; 以科技成果传播为核心, 关注自主创新, 宣传展示各地智能城市建设成就; 剖析各领域典型应用案例, 分享最新技术理论与产品, 全方位深度覆盖诸多物联网与智能城市应用领域, 为相关信息管理部门及广大设计院、系统集成商、建筑工程公司、房地产开发商、物业管理公司、产品生产厂商等相关单位提供各类参考资料。

《智慧城市应用》期刊的主要栏目有:

城乡规划、市政园林、路桥与交通、通讯通信技术、施工技术、节能环保、机械机电、计算机应用技术、自动化技术、智慧数据分析、工业制造、勘察测绘等。

鼓励智能城市建设领域的专业技术人员和管理干部以及大专院校相关专业的师生和科研人员来稿, 有关国家科技计划、自然科学基金和各种部门、地方、院所科技基金资助项目的文章优先发布。

征文格式与要求:

(1) 论文要求: 论点新颖, 论证充分; 设想可行, 结论可靠; 条理分明, 书写清楚, 用字规范, 上交电子文件 (word格式)。

(2) 论文格式: 题目、作者姓名、工作单位、省份及邮政编码、中英文内容摘要 (150字符-300字符为宜) 及关键词 (3-5组为宜) 、正文、参考文献。 (附个人简介、邮箱、联系方式及详细收件地址, 如: 省、市、区、路)。

(3) 论文篇幅: 字符数要求在5000-8000字符之间。

投稿网址: www.viserdata.com



Viser Technology Pte. Ltd.

公司地址

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

官方网站

www.viserdata.com

