



www.viserdata.com

建筑工程与管理

月刊

ARCHITECTURE ENGINEERING AND MANAGEMENT

■ 主办单位：Viser Technology Pte.Ltd.

■ ISSN 2661-4413(online) 2661-4405(print)

万方数据库收录

RCCSE权威核心学术期刊

2025

8

第7卷 总第74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.



建筑工程与管理

Architecture Engineering and Management

2025年·第7卷·第8期（总第74期）

主办单位: Viser Technology Pte. Ltd.

I S S N: 2661-4413 (online)

2661-4405 (print)

发行周期: 月刊

出版时间: 8月

期刊收录: 万方数据库收录

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: 金光虎

责任编辑: 金星

学术编委: 刘海涛 柳 洪

骆 辉 魏 柯

邢智权 丁 鹏

美工编辑: 李 亚 Anson Chee

印 制: 北京建宏印刷有限公司

定 价: SGD 20.00

本刊声明

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

版权所有, 未经许可, 不得翻译、转载本刊所载文章。

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

目 录

CONTENTS

建筑设计

滨河公园景观规划设计要点研究..... 赵秀兰 1

BIM 技术在土木工程结构设计中的应用

..... 周 彬 熊林洁 4

建筑工程

建筑工程钢结构施工中的焊缝变形控制研究..... 王奇志 7

基于模糊贝叶斯网络的盾构隧道坍塌风险评估

..... 查春华 王心志 10

建筑工程质量检测中的混凝土检测技术探讨

..... 张小丹 15

施工技术

数字化技术在电力工程设计中应用.....

..... 张 滨 夏 智 王云鹏 18

公路工程施工中混凝土裂缝成因与应对措施

..... 陈 静 21

城市道路路基软地基处理过程中的市政工程技术探究

..... 伏晓勇 24

高支模施工技术在复杂结构工程中的创新应用与优化

..... 黄 鹏 27

公路隧道工程中的小净距隧道施工技术..... 梁瑞利 30

公路工程施工中的沥青混凝土公路施工技术

..... 丁 朋 33

隧洞钻孔爆破技术的发展及其在工程施工中的应用探讨

..... 杨志金 37

工程管理

建筑工程安全生产管理中的风险预警机制构建与应用

..... 王 力 谷俊义 40

智能化技术在水利水电工程中的应用与展望

..... 蔡 珊 43

建筑工程管理与绿色建筑工程管理的探究

..... 谷俊义 王 力 46

架空输电线舞动现象及其抑制方法研究

..... 赵 航 王宗实 49

新形势下做好水利工程监理工作的探讨 张冬生 52

模块化建筑工程的供应链整合与项目进度-成本-质量协同管控研究 寻 阳 王朝辉 55

乡村振兴背景下农田水利设施的优化与创新 刘 锟 58

EPC 总承包模式下工程合同风险动态识别研究..... 王朝辉 张 鑫 61

试论水利工程管理方法及堤防技术研究..... 何 盛 64

信息化技术在农田水利工程施工管理中的应用 孙秀元 68

智慧工地背景下工程施工安全风险实时管控 张 鑫 王朝辉 71

机电机械

煤矿平式储研仓的设计与应用..... 刘东兴 史文明 李亚丹 74

散热系统机械设计与制造一体化研究..... 李 冲 78

钢铁生产线机械设备的智能监测与预测性维护研究 黄庆博 张晓帆 刘恒玮 杨 旭 81

市政园林

绿色环保理念在风景园林设计中的应用 郭芷君 84

石油化工

大型煤制油项目排放的 CO₂ 对空分装置安全性影响分析 毛建武 87

论大型煤制油项目排放的 CO₂ 对空分装置安全性影响分析 白亮亮 90

勘察测绘

测绘地理信息在智慧城市建设中的作用探析 王学谦 94

无人机航空摄影测量技术在电力工程测量中的应用 郑建军 97

卫星遥感在自然资源监管中的创新与实践——以河北省自然资源卫星遥感应用项目为例..... 黄 川 100

智能监测技术在岩土工程安全中的应用研究 石显祥 103

预算造价

土建工程造价成本管理的控制方法..... 梁 凯 106

公路建设项目成本控制与效益分析..... 吴 多 109

区块链技术在工程计价审计中的应用探索——以装配式建筑项目为例 李 冰 沈高峰 113

基于 BIM 技术的建筑工程造价信息集成管理 戴广亮 116

探讨交流

平陆运河跨航道给水管敷设与航道通航安全的协同优化策略 黎明镜 孙长飞 陆冠臻 张 倩 苏卫迪 119

水利水电工程数字化交付现状与发展研究 刘 飞 刘 攀 123

跨区域高速公路用地不动产登记协作机制与制度创新 郑南岸 王 彤 126

滨河公园景观规划设计要点研究

赵秀兰

中易造价咨询(吉林)有限公司, 吉林 长春 130000

[摘要]滨河公园作为城市重要的公共开放空间和生态廊道,其规划设计的科学性与合理性直接影响城市的生态环境质量与居民的生活品质。文章旨在系统探讨滨河公园景观规划设计的核心要点。研究认为,成功的滨河公园设计应立足于生态优先、功能复合与文化彰显三大原则。正文部分从生态基底构建、功能空间营造、人文特色塑造三个维度展开深入分析,详细阐述了包括河道生态修复、植被群落配置、亲水活动组织、交通流线规划、历史文脉延续及地域风貌表达等关键内容。文章强调,滨河公园规划是一项系统工程,需通过多目标的协同整合,最终实现生态效益、社会效益与经济效益的和谐统一,为城市可持续发展提供绿色动力。

[关键词]滨河公园; 景观规划; 生态设计; 功能分区; 文脉传承

DOI: 10.33142/aem.v7i8.17748

中图分类号: TU986

文献标识码: A

Research on the Key Points of Landscape Planning and Design for Binhe Park

ZHAO Xiulan

Zhongyi Cost Consulting (Jilin) Co., Ltd., Changchun, Jilin, 130000, China

Abstract: As an important public open space and ecological corridor in the city, the scientific and rational planning and design of Binhe Park directly affect the ecological environment quality of the city and the quality of life of residents. The article aims to systematically explore the core points of landscape planning and design for Binhe Park. Research suggests that successful design of riverside parks should be based on three principles: ecological priority, functional complexity, and cultural expression. The main text conducts in-depth analysis from three dimensions: ecological foundation construction, functional space creation, and cultural characteristics shaping. It elaborates in detail on key contents including river ecological restoration, vegetation community configuration, water related activity organization, traffic flow planning, historical context continuation, and regional style expression. The article emphasizes that the planning of Binhe Park is a systematic project that requires the coordinated integration of multiple objectives to ultimately achieve a harmonious unity of ecological, social, and economic benefits, providing green impetus for sustainable urban development.

Keywords: riverside park; landscape planning; ecological design; functional zoning; contextual inheritance

引言

伴随城市化进程加快,民众对优质生活环境的需求不断攀升,城市滨水区的价值得以重新挖掘和关注。滨河公园作为城市陆地与水域的连接枢纽,为市民提供休闲、接触自然的空间,更是维护生物多样性、改善微气候、塑造城市形象的关键因素。然而,以往众多滨河空间存在生态恶化、功能单调、文化特色匮乏等状况,科学且系统地开展滨河公园景观规划设计工作,达成生态安全与人文活力的双赢局面,成为风景园林学科与实践的关键课题。本研究聚焦于归纳滨河公园景观规划设计的关键要点,为相关实践给予理论支撑。

1 生态基底构建: 维护滨河环境的持久稳定性

生态属性是滨河公园存在的核心基础,规划设计需将生态保护与修复列为首要任务,顺应自然规律,打造稳定且健康的滨河生态体系。

1.1 河道形态与岸线生态化处理

坚决抛弃以往将河道简易渠化、用混凝土或浆砌石实

施硬化的传统工程手段,转而全方位采用近自然、低干预生态工法对岸线开展系统性重塑,设计时会根据河道不同区段的水文动力状况(流速、流量)以及周边土地的利用属性,灵活搭配运用自然放坡、生态砌块护岸、石笼、木桩以及借助植物根系固土等多种技术。该举措意在打造孔隙多样、结构灵活的可渗透岸线,既可为鱼类、两栖类、昆虫和鸟类等水陆生物打造珍贵栖息地与生态廊道,还能借由植物吸收和土壤过滤等方式大幅提升河岸的自我净化能力,还能增强其抵抗水流冲刷的能力,实现生态功能与工程安全性的协调统一^[1]。

1.2 乡土植物群落的科学配置

规划与营造植物景观时,要坚决恪守“适地适树”这一根本准则,果断优先挑选适应本地气候、土壤且抗逆性强的乡土植物种类,经科学规划,打造乔木、灌木、草本、湿生植物与水生植物有机搭配、层次分明的复层混交群落,这种仿自然的结构既能构建出结构稳固、具备自我更新能力且后期维护成本低廉的植被生态系统,又能高效实现涵

养水源、保持水土、净化水质等多项生态功能,丰富多样的植物种类和层次为鸟类、蜜蜂、蝴蝶等野生动物提供多元的食物、筑巢地及庇护空间,大幅提升了滨河区域生物多样性和整体生态价值。

1.3 雨水管理与海绵城市建设

把滨河公园整体当作城市海绵系统关键部分开展一体化规划设计,在场地里有系统地布置下凹式绿地、雨水花园、生态植草沟、渗透塘等低影响开发设施,搭建起一套“源头削减、过程控制、末端调蓄”的完备雨水管理网络,该网络可高效收集、存储、渗透并净化源自公园及周边街区的地表径流雨水,大幅缓解强降雨时市政排水管的压力,有效抵御内涝隐患,初步净化后的雨水渗透至地下补充地下水,达成了雨洪资源的高效利用与循环,充分展现了绿色基础设施解决城市水问题的生态智慧与综合效益。

2 功能空间营造: 适配多样化的使用需要

滨河公园作为公共区域,其功能发挥是吸引人群并激发活力的核心要素,规划应全面顾及不同年龄段、不同兴趣人群的诉求,打造多元包容的活动空间。

2.1 亲水活动空间的层次化组织

亲水体验是滨河公园极具核心竞争力的吸引点,设计的关键是安全且有层次地达成人们亲近自然水体的多元诉求,最佳状态是使人们既能从远处欣赏水景,还能有契机近距离触碰乃至互动,以此得到丰富的身心体验,设计需充分考虑水位随季节的变化以及人的活动规律,借助精细的空间规划与设施配置,营造出从静态观赏到动态体验、逐步深入的亲水层次,让不同年龄和兴趣的访客都能找到与水体建立联系的合适方式^[2]。

能按照地形及水位线,搭建不同高度的观景平台以及曲折的亲水栈道,保障在丰水期和枯水期都有优质观赏视角,在安全的浅水区,可建造人工沙滩或者铺设布满卵石的缓坡岸线,供儿童安心嬉戏,可设置受管控的浅水戏水池或互动喷泉装置,使人们不直接进入自然河道,就能体验戏水的愉悦,此多层次的设计,目的是把静态的“看水”变为动态的“亲水”和“乐水”,大幅提高了公园的参与感和趣味性。

营造所有亲水体验都必须把安全保障当作不可更改的前提,安全防护措施要系统且全面地覆盖整个滨水空间,涵盖符合标准的坚固护栏、醒目清晰的水深及警示标识,还有方便取用的救生圈和救生竿等装备,完备的监控系统加上定时开展的安全巡查也是不可缺少的方面,借助人防、物防与技防的联合,打造全方位安全网络,才能够在倡导亲水活动期间,最大程度降低风险,使滨河空间成为人人能安心体验的活力场所。

2.2 动静分区的合理布局与衔接

科学的功能分区是优化公园空间质量与使用体验的

核心,要打造成成功的公园设计,得精心考虑不同活动对空间环境的内在要求,进而开展科学布局,可依据活动动静特性,把公园空间大致分为动态活动区、静态休闲区以及连接二者的过渡区域。动态活动区主要用于满足人们进行体育锻炼、孩子嬉戏等对场地与互动性有较高要求的活动需求;静态休闲区意在打造可供人安静独处、观景冥想或是阅读交流的宁静之地,清晰的功能划分能防止不同使用群体间的相互干扰,是打造和谐公园环境的基石^[3]。

达成各分区的有效区隔与和谐共处,需灵活运用设计手段,比起生硬的围墙或栅栏,采用地形变化、乔灌木分层种植等软性隔离方式更佳,利用堆积微地形或栽植浓密绿篱,可在视觉与听觉上切实阻隔运动场地的喧闹,给相邻的静憩区营造一片宁静氛围,自然元素本身组合成了美妙景观,令分区边界自然又富有生气,过渡空间一般由曲折的园路、疏林草地或者小型广场组成,其作用是缓冲与衔接,带领访客在不同氛围的区域中平滑过渡。

各功能区并非彼此孤立,而是依托流畅连贯的园路系统被串联成一个有机整体,道路规划需周全考量游览的连贯性与吸引力,引领人们顺畅地从一个区域漫步至另一个区域,在动与静的变换中获得多元体验,一条主园路贯穿全园,搭配多条支路延伸至各功能区域内部,构建出层次分明的交通网络,此布局不但保障了可达性,还借助空间的开合与景物的变换,塑造出景随步移、富有韵律的游览顺序,让公园成为一个兼具整体性与丰富内涵的活力空间。

2.3 连贯高效的交通流线系统

创建清晰、连贯且呈多层次结构的慢行系统,是现代公园规划设计中的关键要素,该系统意在契合不同使用者在速度、舒适度和体验感方面的多样化需求,一般会设有独立的自行车道、跑步道和步行道,这种物理分隔可有效防止不同速度流线间的冲突,极大增强安全性,至关紧要的是,公园内部的慢行网络不能自成封闭体系,要和城市整体的交通体系紧密结合,尤其是要和周边地铁站、公交站点等公共交通枢纽实现无缝对接,让公园真正嵌入市民的日常生活路径,为绿色出行提供便利条件。

具体进行流线设计时,要精巧兼顾通勤效率与休闲游览这两个目标,要规划出能迅速穿越公园、连接主要出入口和交通节点的直达通道,以契合通勤者对效率的要求,要结合公园地形、水体以及景观资源,规划出曲折多变的游览路线,带领人们充分体验园内的自然与人文风貌,慢行网络应构建出主辅清晰的格局,由发挥主要交通作用的主干道,与更幽静、具探索性的次级小径一同构成,格外重视打造多个通顺的环形路径,杜绝出现无法贯通的道路,使游客可自由选取不同长度与主题的游览闭合线路^[4]。

精心规划的慢行系统,其意义远超交通功能范畴,它既是衔接公园各功能区的架构,更是激励市民践行健康低碳出行模式的关键媒介,打造安全、舒适、便利且富有趣

味的步行与骑行环境,能大幅提升公园对周边社区的吸引力,其可达性和使用效率也会同步提升,这不仅有力推动全民参与健身活动,还在微观维度优化了城市交通架构,减少了短途机动车的出行量,为构建活力充沛、健康且可持续的城市生活环境贡献力量。

3 人文特色塑造:展现别具一格的地域文化

滨河公园是展现地方文化、留存城市记忆的关键载体,规划设计要深入剖析场地历史文脉内涵,防止出现“千园一面”现象,打造具备辨识度与归属感的景观。

3.1 历史文脉的挖掘与现代表达

滨水空间更新的一个核心价值,尊重并传承其承载的独特历史文化记忆,这表明设计不宜采用大拆大建的“白板”策略,而要率先对场地内蕴藏的工业遗迹、历史建筑、古树名木等珍贵文化资源进行系统性普查、严格保护以及创造性的活化运用,这些元素堪称场地不可复制的“灵魂”,它们记录了河流与城市的演变轨迹,保护的意义不只是封存,而是要让其在新时代焕发生命活力,成为勾连过去、现在与未来的情感桥梁。

活化利用的核心是把静态的历史信息转变为可供人们互动、感知的景观元素,可留存并强化一座旧厂房的钢结构框架,把它改造成一处标志性的景观廊架或舞台顶棚;可凭借一系列富有艺术感的叙事性小品,像锈板雕刻地图、重现往昔场景的剪影雕塑,悄然讲述码头旧事;还能精细选取与地方历史关联密切的铺装材料,像从老街区拆卸下来的青砖、旧船木之类,让历史的质感在脚下凝聚,凭借这些“讲故事”的设计,市民在闲逛、歇脚时,可自然而然地和场地历史进行对话,大幅强化滨水场所的精神内涵与文化认同感。

3.2 地域风貌的艺术化呈现

把地方独有的自然和文化基因融入景观设计,是营造公园独特风貌、杜绝同质化现象的重要途径,这就需要设计者透彻把握场地的双重特性:一是其天然基底,包含奇特的地貌形态、典型的乡土植物群落等;二是其文化脉络体现,像历史悠久的民俗活动、特色鲜明的传统工艺以及产业记忆,把抽象特征转化成具体的设计语言,是达成地域性表达的关键^[5]。

可运用艺术化和符号化手段,把地域元素嵌入景观构筑物、雕塑、灯具甚至铺装细节里,利用当地传统工艺纹样装点景观廊架,把地方传说里的形象打造成鲜活的公共艺术雕塑,也或按照特色植物形态设计灯具,这些饱含地方信息的元素,不仅打造出突出的视觉焦点与识别度,还在不知不觉中向市民和游客诉说本地故事,公园因而跳出了休闲功能的范畴,转变为一座露天的、能实际体验的“地方博物馆”,持续传承地域文化,切实提升市民的归属感和认同感。

3.3 公共艺术与互动体验的融入

为促使滨水空间真正转变为具有生命力的市民空间,应主动引入多元的公共艺术项目,还要极力推动社区深度参与,这跳出了传统仅作雕塑摆放的模式,意在深度融合艺术性与公众性,关键是借助艺术这一载体,引发市民情感共鸣并推动互动行动,把公园从被动的观赏之物转变为可参与创造的动态场所,该策略可显著增强空间的文化内涵与魅力,为滨水区赋予长久人文活力。

开展具体实践工作时,可设置一批互动性突出的艺术装置,像会发声的趣味设备、能变换的灯光交互界面或倡导触摸体验的雕塑组合,引领人们由“观看”变为“体验”,定时开展和河流历史、航运文化、本地民俗有关的节庆、市集、艺术工作坊等活动,让不同年龄与背景的市民汇聚。这些举措不但能显著提升公园的艺术格调,更关键的是,它们带来了大量的社交契机,推动了邻里交流与社区凝聚力的构建,滨水公园将突破其实际边界,演变成一个活力四射、与城市生活同频共振并不断拓展的“文化客厅”,变成真正归市民所有的公共空间。

4 结语

滨河公园景观规划设计是一个复杂的系统性项目,并非仅着眼于绿化美化,而是生态、功能和文化这三大价值的深度融合与协同达成,未来建设滨河公园,要坚守生态优先的底线意识,以完善的生态系统为根基;以此为基础,合理规划契合全龄化、多元化需求的功能空间,增强公园实用性与活力;借助深入发掘与创新呈现地域文化,让公园拥有独特内涵与长久吸引力,滨河公园方能切实成为城市绿色生态廊道、活力四射的公共空间与特色鲜明的文化标识,为优化城市人居环境、促进可持续发展助力。

[参考文献]

- [1]刘樱园.健康城市理念下郑州滨水公园景观评价及更新设计[D].郑州:河南农业大学,2025.
- [2]冯潇.园林景观设计中生态平衡的研究——以太谷区乌马河滨河公园为例[J].工程建设与设计,2025(11):121-124.
- [3]杜佳悦.地域文化视角下滨河带状公园设计研究[D].郑州:河南农业大学,2025.
- [4]周玉.基于八类感知属性法的郑州市主城区滨水公园康养景观优化研究[D].郑州:河南农业大学,2025.
- [5]李丽园.公园城市理念下滨河绿地景观设计探析[J].居舍,2025(15):131-134.

作者简介:赵秀兰(1989.7—),毕业院校:东北林业大学,所学专业:园林专业,当前就职单位名称:中易造价咨询(吉林)有限公司,就职单位职务:景观工程师,职称级别:中级。

BIM 技术在土木工程结构设计中的应用

周彬¹ 熊林洁²

1. 中国能源建设集团广西电力设计研究院有限公司, 广西 南宁 530000

2. 广西华景城建筑设计有限公司, 广西 南宁 530000

[摘要] BIM 技术属于一种集成化的数字化建筑信息模型, 在土木工程结构设计方面有着重要的应用价值。借助构建精确的三维模型, BIM 可以把设计、施工以及管理信息有效地整合起来, 达成多专业的协同作业, 进而提升设计的精度与效率。在结构设计的过程当中, BIM 技术一方面可以精准地分析构件的受力状态, 并且对设计方案加以优化; 另一方面还能够以可视化的形式来呈现设计成果, 助力及时发现并处理潜在的冲突。与此它的信息集成功能可将材料性能、施工工艺等多种类的数据统一进行管理, 给后续的施工以及运维给予可靠的支撑。BIM 技术的应用使得土木工程结构设计的科学性以及经济性得到了明显提升, 把设计阶段的错误率降低了, 为工程能够顺利实施打下了稳固的基础。

[关键词] BIM 技术; 土木工程; 结构设计; 技术应用

DOI: 10.33142/aem.v7i8.17740

中图分类号: TU318

文献标识码: A

Application of BIM Technology in Civil Engineering Structural Design

ZHOU Bin¹, XIONG Linjie²

1. China Energy Engineering Group Guangxi Electric Power Design Institute Co., Ltd., Nanning, Guangxi, 530000, China

2. Guangxi Huajingcheng Architectural Design Co., Ltd., Nanning, Guangxi, 530000, China

Abstract: BIM technology belongs to an integrated digital building information model, which has important application value in civil engineering structural design. By constructing precise 3D models, BIM can effectively integrate design, construction, and management information, achieve multi-disciplinary collaboration, and thereby improve the accuracy and efficiency of design. In the process of structural design, BIM technology can accurately analyze the stress state of components and optimize the design scheme; On the other hand, it can also present design results in a visual form, helping to timely detect and handle potential conflicts. Its information integration function can unify and manage various types of data such as material properties and construction processes, providing reliable support for subsequent construction and operation. The application of BIM technology has significantly improved the scientificity and economy of civil engineering structural design, reduced the error rate in the design phase, and laid a solid foundation for the smooth implementation of the project.

Keywords: BIM technology; civil engineering; structural design; technology application

引言

随着现代土木工程项目规模变得越来越大, 结构复杂性也不断增加, 传统的二维设计方法已经很难满足高精度、高效率以及多专业协同的设计需求了。在这样的情况之下, BIM 也就是建筑信息模型技术作为一种能够把三维可视化建模、信息集成还有智能分析结合在一起的数字化设计工具, 慢慢变成了土木工程结构设计的一项十分重要的技术手段。BIM 技术可以把建筑、结构、机电、造价等多专业的信息都整合到同一个平台上面, 达成数据的共享以及协同管理的目的。并且它还能借助参数化建模以及仿真分析来对结构方案加以优化, 以此提高设计的精度以及施工的可行性。与此 BIM 技术能够支持从设计阶段、施工阶段一直到运维阶段的整个全生命周期管理, 可以为工程决策给予准确的数据方面的支撑, 降低设计冲突出现的几率以及资源浪费的情况, 进而提升工程的质量以及经济效益。鉴于此, 本文打算深入探讨 BIM 技术在土木工程结构设计当中的具体应用情况, 像三维模型构建、数据信息

整合、设计方案优化、结构受力分析以及协同设计等方面都要涉及到, 并且要对其发展趋势与未来前景展开分析, 希望能够给土木工程设计朝着数字化、智能化的方向去转型提供一定的参考以及指导。

1 BIM 技术在土木工程结构设计中的应用优势

BIM 技术于土木工程结构设计当中的应用优势, 主要呈现于信息集成、设计精度、协同效率以及全生命周期管理等诸多方面。BIM 技术借助三维数字化建模的方式, 把建筑、结构、机电等各个专业的相关信息加以整合, 使得设计人员能够在可视化的环境里, 对工程的整体架构以及细节予以全面且细致的掌握, 如此一来便规避了传统二维设计当中存在的信息割裂以及沟通不顺畅的相关问题。BIM 模型能够在设计阶段针对结构构件达成精确的空间定位, 并且能够以参数化的方式来予以表达, 这无疑大幅提升了设计的精度, 有效减少了因设计出现误差而引发的施工返工情况以及材料方面的浪费状况。与此 BIM 平台还拥有颇为强大的碰撞检测以及模拟分析功能, 在施工正

式开始之前就能够及时发现设计方面的冲突,进而提前对结构方案做出相应的优化处理,以此来切实保障工程的安全性以及经济性。就协同设计这一层面而言,BIM技术达成了不同专业之间实时的信息共享以及同步更新,有力地推动了设计、施工、运维等一系列环节在协作效率上的提升。除此之外,BIM技术还能够贯穿整个工程的全生命周期,从设计阶段一直到施工阶段乃至运维阶段,都可形成一体化的管理模式,从而为后续与维护以及改造工作给予精准的数据方面的支撑,进而促使土木工程结构设计朝着科学化、精细化以及智能化的方向去发展。

2 BIM技术在土木工程结构设计中的应用

2.1 构建三维模型

在土木工程结构设计领域当中,BIM技术最为关键的应用环节便是构建起三维模型。借助BIM技术,设计人员可以在计算机所营造的环境里去创建那种包含着建筑几何形态、结构构件、材料属性以及施工工艺相关信息的三维数字化模型,进而让设计成果从以往传统的二维图纸转变成为可视化的、信息化的立体工程数据模型。在整个模型构建的过程之中,设计者能够针对梁、柱、板、基础等这些结构构件展开精确的空间定位操作以及参数化定义工作,而模型一方面能够反映出结构所具有的几何特征,另一方面还涵盖了各类物理性能以及施工信息,由此便达成了结构与施工信息的有机融合状态。凭借三维建模这一方式,能够更为直观地去分析结构布局是否合理、构件之间相互连接的关系如何以及整体受力体系的情况怎样,进而能够及时察觉到设计当中存在的潜在冲突或者不合理的地方。除此之外,三维模型的建立为后续开展的碰撞检测、可视化展示、施工模拟以及运维管理工作打下了颇为坚实的基础,使得工程参与的各方能够在虚拟空间当中直观地去理解并优化设计方案,如此一来便能够大幅度提高设计的精度以及决策的效率。

2.2 整合数据信息

在土木工程结构设计环节,BIM技术于整合数据信息这件事上所发挥的作用,不只是表现在能够对数据加以集中管理,还在于其能够针对复杂工程信息展开智能化处理,并且实现高效的协同操作。借助BIM平台,那些源自建筑、结构、机电、给排水、造价以及施工管理等诸多不同专业的数据,能够在同一个三维信息模型里达成深度融合,这其中涵盖了构件的几何形态、材料的属性、荷载参数、施工工艺、进度计划、成本估算还有维护信息等多种不同维度的数据。BIM模型凭借着参数化以及信息编码方面的技术,让各类数据都拥有了关联性,并且具备了可追溯的特性。一旦模型当中某一个参数出现变更情况,那么与之相关的数据便能够自动地联动起来并完成更新操作,如此一来便能够确保各个专业信息保持一致性以及实时性,大幅度地降低了信息产生冲突以及设计出现失误的风险^[1]。除此之外,BIM技术还能够和结构分析软件、施工管理系统、地理信息系统(GIS)以及项目管理平台达成数据

接口的对接以及互联状态,进而形成跨专业、跨阶段的数据生态系统,实现从设计阶段一直到施工阶段乃至运维阶段全过程的信息贯通以及动态优化。这样一种高度集成的数据管理模式,一方面提升了设计决策所具有的科学性以及精准度,另一方面也为施工阶段的资源调配工作、工序优化事宜以及风险控制方面给予了数据层面的有力支撑,同时也为后期的运维以及设施管理工作奠定了可靠的数字化基础。

2.3 优化设计方案

在土木工程结构设计领域当中,BIM技术于优化设计方案这一方面有着极为重要的作用,其借助三维可视化以及参数化建模的方式,促使结构设计过程实现了数据化以及智能化的状态。凭借BIM模型,设计人员可在虚拟环境里直观且清晰地去观察结构构件的布局情况、尺寸大小、材料特性还有整体的受力状态,进而针对设计方案展开多维度的分析并加以优化处理。BIM平台具备多方案生成以及比选的功能,设计人员能够运用结构力学计算、荷载分析、施工模拟以及成本评估等一系列手段,对不同方案的性能状况、经济性情况以及可施工性程度进行全面且细致的评估,以此快速地筛选出最为优质的设计方案。与此BIM技术拥有碰撞检测以及可视化审查的相关功能,能够提前察觉到结构构件之间或者跨专业系统之间存在的冲突情况,进而降低设计缺陷给施工所带来的影响。通过采取参数化以及规则化的建模方式,在对设计方案进行修改的时候,能够达成自动联动更新的效果,如此一来便能够确保各个专业的信息保持一致性以及协调性。BIM协同设计的应用情况,使得建筑、结构、机电等各个专业的人员能够在同一个模型之上开展实时的沟通交流以及方案调整工作,从而有效提升设计协作的效率。

2.4 优化结构受力状态

在土木工程结构设计领域当中,BIM技术于优化结构受力状态这一方面有着颇为显著的作用体现。其借助三维建模以及信息化管理手段,把结构设计流程里面的受力分析同优化紧密地融合到了一起。凭借BIM模型,设计人员能够精准地提取出构件的几何参数、材料属性还有荷载信息等各项内容,并且能够与结构分析软件达成数据方面的联动效果,进而针对结构体系展开静力分析、动力分析以及屈曲分析等多种形式的受力模拟操作,由此来全方位地评估各个构件处在不同工况之下的应力分布情况、变形的程度以及薄弱的环节所在。通过这样一种可视化并且参数化的分析途径,设计团队能够较为直观地察觉到结构设计当中存在的受力不均衡、支撑布置不够合理或者构件尺寸没有得到优化等问题,并且能够在模型里面实时地去做出调整与优化处理,以此来确保结构的整体稳定性以及安全性得以维持^[2]。与此BIM技术还能够针对材料的使用情况以及构件截面展开合理化的相关设计工作,在确保安全性得以保障的前提下,实现轻量化以及经济性的优化目标,进而减少资源的无谓浪费以及施工方面的成本支出。依靠BIM所具备的多方案比选以及模拟分析的功能特点,设计人员能

够在工程项目的早期阶段便着手对受力状态加以优化,提升工程的可施工性能以及耐久性能。BIM 技术还能够给予与施工阶段以及运维阶段的数据衔接方面的有力支持,使得经过优化之后的受力方案能够在实际的建造过程以及后期的维护工作中切实有效地得到应用实施。

2.5 构件分析

在土木工程结构设计中,构件是实现工程项目质量和功能的基础。通过将 BIM 技术与结构分析相结合,可实现构件的可视化建模,进而优化构件设计方案,提高土木工程结构设计的效率和精度。在构件设计阶段,可将 BIM 技术作为分析工具,对三维模型进行细化和完善。在此基础上,可结合 BIM 模型,对构件进行受力分析。首先,可以对不同设计方案进行对比分析,利用 BIM 技术实现基于三维模型的全过程多专业协同设计;其次,利用 BIM 模型的可视化、直观性等特点,可有效减少建筑方案的沟通成本和信息传递错误率;最后,利用 BIM 模型能够将结构分析与受力分析相结合,可提高结构设计的科学性和经济性。在结构设计中,运用 BIM 技术开展结构分析是提升土木工程结构设计质量的重要手段。基于 BIM 技术的土木工程结构设计可以实现多专业协同设计、优化构件设计方案、全过程可视化展示和碰撞检测等功能,可有效减少结构设计错误率和工程成本。

2.6 BIM 协同设计

在土木工程结构设计方面,BIM 协同设计乃是提升工程整体效率以及质量的关键举措。借助 BIM 技术所搭建的协同平台,建筑、结构、机电、给排水等诸多专业的团队便能够在同一三维模型里同步展开设计作业,达成信息的实时共享以及同步更新,由此彻底打破了传统二维设计当中各专业信息彼此孤立、沟通渠道不畅的状况。设计人员身处协同环境之下,可以即时获取其他专业的设计动态,迅速察觉并处理设计冲突,像是结构和机电管线出现的碰撞情况、建筑空间与受力体系存在的矛盾等等,进而切实有效地防止后期施工阶段出现返工以及延误等问题。BIM 协同设计不但提升了设计阶段的协调程度与准确度,而且还能够在模型当中完整记录各专业修改的整个过程,实现设计数据的可追溯以及可管理状态。除此之外,BIM 平台凭借云端技术以及协同管理系统,能够让异地团队同样实现高效的协作,大幅度提高设计效率以及决策响应的速度^[3]。在此基础之上,BIM 协同设计还能够与施工单位、监理单位以及业主方展开数据共享,推动设计成果在施工以及运维阶段实现无缝的衔接,构建起贯穿工程全生命周期的协作体系。

3 BIM 技术在土木工程结构设计中的发展趋势

BIM 技术于土木工程结构设计领域的发展趋势,主要呈现出了智能化、协同化以及全生命周期管理这三个不同的走向,这也清楚地表明,土木工程正逐步从传统的二维图纸模式朝着数字化、信息化还有智能化这样的全新模式去转变。智能化设计会把 BIM 和人工智能、大数据分析以及云计算等一系列的技术紧密地融合到一起,如

此一来,结构设计便能够凭借数据驱动来达成自动化优化、参数化建模以及方案比选等一系列的操作,进而提升设计的精度、效率以及安全性,并且还能对设计方案予以快速生成以及动态调整方面的有力支持。协同化设计已然逐渐成为了主流的发展模式,借助 BIM 平台,可以达成建筑、结构、机电、造价以及施工等诸多专业、多个阶段并且跨越不同地域的实时信息共享以及协作,彻底打破传统设计当中存在的信息孤岛这类问题,有效减少专业的冲突情况,进一步提高设计的整体协调性以及施工的可行性^[4]。除此之外,BIM 在全生命周期管理方面的应用也是愈发凸显出来了,它不但贯穿了从设计、施工一直到运维的各个不同环节,实现了工程信息的动态更新以及可追溯管理,而且还能够为维护管理、改造优化以及设施运维给予精准的数据支撑,借此方式来降低运营的成本以及潜在的风险。在未来,BIM 技术还会进一步朝着智能化协作、云端平台化以及与物联网、数字孪生等新兴技术相互融合的方向去发展,使得土木工程结构设计变得更为高效、更为精细并且更具可持续性,以此为实现智慧建造以及工程全生命周期管理筑牢坚实的技术根基,同时也推动整个行业向着数字化、智能化以及绿色化的方向不断迈进。

4 结语

BIM 技术于土木工程结构设计而言,有着无可取代的重要作用。它凭借三维建模、信息整合、设计优化、受力分析以及多专业协同等一系列功能,一方面使得设计精度得以提高,另一方面也让设计效率获得提升,并且切实有效地降低了施工期间的风险,减少了资源方面的浪费情况。BIM 技术在实际应用当中,达成了设计、施工以及运维之间的贯通连接,从而给工程项目给予了贯穿全生命周期的数据方面支撑,同时也为其构建了管理方面的基础,有力地推动了土木工程设计从传统的依靠经验的模式朝着数字化、智能化以及精细化的方向不断发展前行。伴随 BIM 技术不断地走向成熟并且得到广泛推广,其在土木工程领域当中的应用所呈现出的前景将会变得更加宽广,不但可以促使工程质量得以提升,让经济效益有所增加,而且还能够为建筑行业的可持续发展以及智慧建造筑牢坚实的技术方面的保障。

【参考文献】

- [1]李辉鹏.BIM 技术在土木工程结构设计中的应用[J].住宅与房地产,2025(2):65-67.
- [2]熊威.BIM 技术在土木工程结构设计中的应用研究[J].新城建科技,2024,33(9):4-6.
- [3]宗英杰,杨丽.BIM 技术在现代建筑工程结构设计中的应用[J].工程技术研究,2024,9(4):225-227.
- [4]李文明.BIM 技术在建筑工程结构设计中的应用[J].安装,2025(3):89-91.

作者简介:周彬(1992.12—),毕业院校:广西大学,专业:结构工程,当前就任职单位:中国能源建设集团广西电力设计研究院有限公司,职务:土建设计师,职称级别:中级工程师。

建筑工程钢结构施工中的焊缝变形控制研究

王奇志

上海欧本钢结构有限公司, 上海 200127

[摘要]在建筑工程中, 钢结构因高强度、轻质量和施工速度快而被广泛应用, 但焊缝变形仍是影响施工质量和结构精度的主要问题。焊接过程中, 热输入引起的膨胀和冷却收缩会产生残余应力, 导致焊缝和构件出现翘曲、扭曲或弯曲。目前, 钢结构施工多依赖经验和简单调整, 焊缝变形控制精度有限。文章分析焊缝变形机理及检测方法, 研究预制变形、工艺优化、外加束紧力和焊后矫正等控制技术, 并结合施工实践提出优化策略, 为提高钢结构施工质量和结构安全提供参考。

[关键词]钢结构施工; 焊缝变形; 控制

DOI: 10.33142/aem.v7i8.17762

中图分类号: TU758

文献标识码: A

Research on Welding Seam Deformation Control in Steel Structure Construction of Building Engineering

WANG Qizhi

Shanghai Open Steel Structure Co., Ltd., Shanghai, 200127, China

Abstract: Steel structures are widely used in construction engineering due to their high strength, lightweight, and fast construction speed, but weld deformation remains the main problem affecting construction quality and structural accuracy. During the welding process, the expansion and cooling shrinkage caused by heat input can generate residual stresses, leading to warping, twisting, or bending of the weld and components. At present, steel structure construction relies heavily on experience and simple adjustments, and the accuracy of weld deformation control is limited. The article analyzes the deformation mechanism and detection methods of welds, studies control technologies such as prefabricated deformation, process optimization, external tightening force, and post weld correction, and proposes optimization strategies based on construction practice, providing reference for improving the construction quality and structural safety of steel structures.

Keywords: steel structure construction; weld deformation; control

引言

在现代建筑工程当中, 钢结构凭借其自身所具备的诸多优势, 像强度颇高、质量较轻以及施工速度相对较快等等特点, 在高层建筑、工业厂房以及大型公共设施等方面得到了广泛的应用。不过, 在钢结构施工的过程里面, 焊缝变形这一问题始终都算得上是影响结构精度以及施工质量的一个极为重要的因素。在焊接期间, 局部材料会因为受热而出现膨胀的情况, 随后又会在冷却的时候产生收缩的现象, 如此一来便会形成残余应力, 进而致使焊缝以及构件呈现出翘曲、扭曲还有弯曲等一系列的变形状况。这些变形情况一方面增加了施工的难度以及成本, 另一方面还极有可能对结构的承载性能以及使用寿命造成影响。随着钢结构的应用范围不断地扩大, 对于焊缝变形的控制也就提出了更高的要求, 所以针对焊缝变形的产生机理、检测办法以及控制技术展开相关研究, 其意义是十分重要的, 不仅能够提升施工质量和结构安全性, 还能为建筑行业的可持续发展提供有力保障。

1 钢结构焊缝的基本类型与特点

钢结构焊缝在钢结构施工里属于实现构件连接极为关键的部位, 它的类型以及特点会对结构的受力性能、施

工质量还有焊缝变形状况产生直接的影响。依据焊缝的形状、所处的位置以及连接的方式来看, 钢结构焊缝大体上可分成对接焊缝、角焊缝、搭接焊缝以及 T 形焊缝这几类。对接焊缝一般是在两块钢板或者型钢端部进行平面连接时采用的, 它有着受力比较均匀、焊接质量也相对容易把控这样的特点, 不过对于焊接的精度以及端面的准备工作要求是比较高的。角焊缝大多是在型钢或者是板材的边缘进行连接的时候使用的, 其施工起来较为便捷, 并且适应性也很强, 然而在受力集中的区域就容易出现变形以及产生残余应力的情况。搭接焊缝主要是适用于薄板或者局部需要加固的情形, 它可以增加接头的强度, 可在焊接的过程中很容易引发局部的翘曲现象。T 形焊缝是用来实现构件的垂直连接的, 能够很好地承受剪切力, 可是对于焊接的位置以及焊缝的尺寸控制的要求是比较严格的。

2 钢结构焊缝变形的检测与评估方法

2.1 焊缝变形的测量技术

在钢结构施工期间, 焊缝变形的测量技术乃是保证焊接质量以及把控结构精度的关键手段。常被采用的测量方法主要分成传统手工测量以及现代高精度仪器测量这两类。手工测量一般会运用直尺、塞尺、水平尺还有角尺这

类工具, 凭借人工来读取焊缝的高度、宽度、歪斜的程度以及局部的翘曲状况, 这种方法比较适合在现场进行快速的检查, 然而其精度以及可靠性会很大程度上受到操作人员经验方面的影响。现代高精度测量的方法是依靠全站仪、激光扫描仪、三维测量臂以及光学跟踪系统, 借助接触式或者非接触式的方式去获取焊缝以及构件的三维坐标信息, 可以精准地测量焊缝的长度、厚度、扭曲情况以及整体变形情况, 并且还能生成数字化的模型, 方便与设计模型展开偏差分析, 达成焊缝变形的可视化以及量化的评估效果。与此再结合传感器以及数据采集系统, 在焊接的过程中能够实时地监测热应力以及温度的变化情况, 针对焊缝变形展开动态的分析, 进而及时地发现潜在的问题并且给予施工调整方面的指导。

2.2 焊缝变形的评估指标与标准

在钢结构施工期间, 焊缝变形所涉及的评估指标以及相关标准, 对于判断焊接的质量状况、把控施工的精度水平以及保证结构的安全稳固而言, 属于极为关键的依据所在。就评估指标来讲, 其往往会涵盖诸如焊缝的几何尺寸方面的状况、焊缝出现变形的具体程度、存在的残余应力情况、焊缝具备的强度高, 还有焊接接头存在缺陷的相关情形等诸多内容^[1]。具体展开来讲, 几何尺寸指标着重去考察焊缝的宽度、厚度、焊脚的高度以及坡口的角度, 看看它们是不是都符合预先的设计要求; 变形量指标包含了焊缝呈现出来的局部翘曲状态、发生扭曲的情况、出现弯曲的情形, 还有整体构件所产生的变形状况, 通常是借助于测量实际尺寸与设计尺寸之间存在的偏差, 以此来实现量化的表述; 残余应力以及焊缝强度指标, 则是用来反映在焊接这个过程当中, 热输入的情况、冷却的速度以及焊缝材料自身的性能等因素, 给结构安全所带来的影响程度。在评估标准这个层面, 一般会参照国家当下正在施行的钢结构设计方面的规范、焊接操作的相关规范以及施工质量验收方面的标准, 像《钢结构设计规范》《钢结构焊接规范》还有《建筑工程施工质量验收规范》等这类标准, 它们针对焊缝几何偏差的程度、允许存在的变形量大小以及缺陷所属的等级等方面, 都有十分明确且细致的要求规定。

2.3 数值模拟在焊缝变形分析中的应用

在钢结构施工领域当中, 数值模拟技术于焊缝变形分析方面有着颇为重要的应用价值。该技术可借助计算机来构建焊接过程的有限元模型, 进而对焊接热源、温度场、应力场以及变形过程加以模拟, 如此一来便能够预测出焊缝以及构件出现变形的具体情况。经由数值模拟这一手段, 本文能够剖析不同焊接顺序、焊接工艺参数、夹具约束还有材料性能等因素给焊缝变形所带来的影响, 从而为施工方案的优化给予科学层面的依据。在模拟开展的过程之中, 一般会运用热-结构耦合分析的方法, 把焊接所产生的热输入以及冷却收缩引发的应力、应变以及残余变形综合起来进行计算, 进而能够精准地预测出局部出现的翘曲、扭

曲情况以及整体构件变形呈现出的趋势。数值模拟还能够同实验测量所获取的数据相互结合起来, 通过对二者进行对比的方式来验证模拟的精度, 以此进一步对焊接工艺以及夹具设计予以优化, 达成对焊缝变形实施预防性控制的目的。

3 焊缝变形控制方法

3.1 预制变形法

预制变形法算得上是常用的一种焊缝变形控制技术, 其主要是借助于在开展焊接作业之前, 针对构件做出预先的调整操作, 或者精心设计出特定的反向变形方案, 以此来促使在焊接进程当中所产生的热应力以及收缩变形能够在一定程度上得到抵消, 进而实现对焊缝以及构件整体变形加以控制的既定目标。在实际的操作环节里, 预制变形法往往会依据焊接材料所具备的热物性参数、焊接接头的具体类型、焊接所遵循的顺序以及构件的几何尺寸等方面的情况, 凭借经验来进行相应的计算, 又或者借助数值模拟的方式去预测焊接变形量, 接着在焊接开始之前, 对构件实施反向弯曲处理或者开展局部校正工作, 让其在焊接完成之后能够逐步趋向于设计所规定的形状^[2]。就好比说, 对于梁、板亦或是型钢这类构件而言, 可以在夹具当中施加适量的反向弯曲力, 或者是对构件间隙做出适当的调整, 如此一来, 焊接热收缩所引发的翘曲情况便可以提前被抵消掉, 进而确保焊接完成后的构件能够保持较好的平直度, 并且满足安装精度的要求。预制变形法不但能够在很大程度上有效地降低焊接过程当中出现的残余应力以及变形积累状况, 而且还能缩减后续的矫正工序以及施工返工情况的发生, 进一步提升施工的效率以及焊缝的质量。

3.2 焊接顺序控制法

焊接顺序控制法是通过调整焊接顺序来减小焊缝变形的的方法。不合理的焊接顺序可能导致焊接应力累积和焊缝变形加剧。合理安排焊接顺序, 例如采用交错焊接、对称焊接等方法, 可以有效地减小焊缝变形。此外, 采用分段焊接和间歇焊接技术, 也可以减小焊缝变形。焊接顺序控制法适用于各类大跨度钢结构工程, 具有操作简便、成本低等优点。

3.3 焊接工艺参数优化

焊接工艺参数优化乃是控制钢结构焊缝变形的关键举措, 其要义在于恰当选取焊接电流、电压、焊接速度、焊丝直径、焊接顺序以及热输入分布等诸多参数, 以此来削减焊接进程里所产生的热应力与残余应力, 进而切实缩小焊缝以及构件出现的变形情况。在实际的施工环节当中, 不同种类的材料、不一样的焊缝形式以及各异的构件厚度, 针对工艺参数所提出的要求也各不相同, 所以得要综合焊接接头的力学性能以及焊缝受力特性展开科学合理的调整操作。就好比说, 在厚板焊接的情形下, 可以运用多层分段焊接、交替焊接或者反向焊接的办法, 借此实现焊接热量的均匀分布, 降低局部高温区域的应力集中程度; 而在薄板焊接的过程中, 那么可以通过调低焊接电流或者提升焊接速度的方式来把控热输入, 避免板材出现局部翘曲以及变形累

积的现象。对焊接工艺参数加以优化,不但能够提升焊缝的力学性能以及焊接质量,而且还能减少后续的矫正以及返工方面的工作,提高施工的效率并且获取更好的经济效益。

3.4 外加束紧力控制法

外加束紧力控制法属于在钢结构焊接施工当中广泛运用的一种焊缝变形控制技术,其基本原理是在开展焊接作业的过程里,给构件施加经过预先设定好的外力或者约束力,以此来抵消因焊接热应力以及收缩应力而引发的变形情况,进而确保焊缝以及构件整体呈现出良好的平直度与精度状态。在实际的应用环节当中,施工人员往往会借助夹具、拉杆、千斤顶或者是液压装置等方式,对构件施加适量的压紧力、拉伸力或者扭转力,使得在焊接过程里所产生的局部出现翘曲以及整体发生变形的情况能够被提前予以抵消掉^[3]。比如,在对大型梁或者板材实施焊接操作的时候,可以沿着焊缝的方向施加均匀的拉力,亦或是利用夹具针对关键部位加以固定处理,以此来控制由于焊缝收缩所引起的弯曲或者扭曲状况;而在进行角焊缝或者 T 形焊缝施工的时候,则可以通过实施局部加压或者施加反向力的操作方式,避免出现局部翘曲以及残余应力集中的情况。外加束紧力控制法具备操作灵活这一优势,能够针对不同的构件以及焊缝类型展开定向控制,并且还能够和焊接顺序、工艺参数优化等相关的方法一同结合着使用,以此提升焊缝变形控制的整体效果。

3.5 焊后矫正方法

焊后矫正方法属于钢结构焊缝变形控制范畴内颇为重要的一项补救举措,其主要作用是在完成焊接操作之后,针对已然出现的焊缝或者构件变形状况予以修正处理,从而确保结构能够保持应有的平直状态以及达到设计所规定的精度要求。焊后矫正一般会采用机械力矫正方式、热矫正方式,亦或是将这两种方式结合起来运用的方法来开展相关工作。机械力矫正主要是借助夹具、液压千斤顶、拉杆或者压板等工具来施加外部力量,进而把焊缝或者构件变形部位拉直或者是压平,这种方法比较适合用于轻中型构件出现的局部翘曲情况或者是整体弯曲情况的调整处理。热矫正则是凭借局部加热的操作手段,通过对热应力重新分布加以控制,促使焊缝或者构件能够恢复到设计所规定的形状状态,此方法经常被应用于厚板或者大型构件出现的局部扭曲情况的矫正处理当中。在实际的应用过程当中,焊后矫正必须要依据焊缝的具体类型、构件所使用的材质以及变形的程度等情况,科学合理地去确定矫正的先后顺序、加力的具体位置以及加热的温度等关键因素,以此来避免出现二次变形的情况或者是产生新的残余应力等不良后果。除此之外,焊后矫正往往还会与焊接工艺的优化、预制变形法以及外加束紧力控制法等多种方法相互结合起来运用,通过采取多种多样的措施来进行综合性的焊缝变形控制,从而进一步提升钢结构施工所能够达到成

的精度水平以及质量标准。

4 焊缝变形控制的技术优化与发展趋势

随着钢结构施工技术不断发展,焊缝变形控制在技术优化以及发展趋势方面,正逐步朝着高精度、智能化还有数字化的方向去推进。就焊接工艺来讲,当下越来越多的新型焊接办法以及设备开始在施工现场得到应用,像低热输入焊接、脉冲焊接、多点同步焊接以及自动化焊接机器人等。这些技术能够在很大程度上减少因焊接热量而引发的局部应力集中以及残余应力情况,进而从源头处对焊缝变形加以控制。数值模拟和计算机辅助设计(也就是 CAD/BIM)技术相结合之后,使得焊缝变形预测以及控制变得更加科学且更具可视化特点。借助有限元分析、热-结构耦合模拟以及焊接顺序优化等方式,便可在施工正式开始之前,针对焊缝可能会产生的变形做出较为精确的预测,并且制定出具有针对性的控制方案。智能化监测与控制系统不断取得发展,这同样为焊缝变形控制给予了实时数据方面的有力支撑^[4]。依靠传感器、温度以及应力监测设备,便能够在焊接开展的过程中实时地去采集热应力以及变形相关的数据,再结合控制算法达成动态调整的目的,以此来提升焊缝变形控制所具有的精度以及效率。绿色施工理念以及精细化管理的要求,促使施工单位在焊缝变形控制这块,更加重视资源的优化以及施工的经济性,把多种控制方法有机地结合起来,从而形成从设计阶段一直到施工乃至验收整个流程的控制体系。

5 结语

在钢结构施工环节当中,焊缝变形这一情况无疑是对结构精度以及施工质量产生影响的重要因素。对该变形机理展开细致分析,并且与预制变形方面的相关控制方法相结合,同时对焊接工艺予以优化,另外还采用外加束紧力以及焊后矫正等手段,如此便能够有效地将变形程度降下来,进而提升焊接的质量,让施工效率得以提高。在未来的发展进程中,随着数字化以及智能化技术逐步得到应用,对于焊缝变形的控制将会变得更加科学合理且高效,从而给钢结构建筑工程的安全性以及高质量建设给予强有力的保障。

【参考文献】

- [1]韩涛,赵小龙.建筑工程钢结构施工中的焊缝变形控制研究[J].城市建筑,2025,22(14):200-202.
 - [2]胡新达.大跨度钢结构构件焊缝变形控制技术研究[J].工程质量,2025,43(2):18-21.
 - [3]王勋,杜江波,杜伸云.钢箱梁构件焊接变形控制探讨[J].交通世界,2020(1):110-112.
 - [4]王旭.波形钢腹板梁全熔透焊缝高效焊接方法的应用及变形控制[J].焊接技术,2021,50(8):86-91.
- 作者简介:王奇志(1978.11—),男,民族:汉族,籍贯:江苏省丰县,职称:工程师,学历:本科,研究方向:建筑施工。

基于模糊贝叶斯网络的盾构隧道坍塌风险评估

查春华¹ 王心志²

1.南昌轨道交通集团有限公司,江西 南昌 330013

2.大连海事大学交通运输系,辽宁 大连 116026

[摘要]随着城市轨道交通和地下空间开发的快速推进,盾构隧道施工所面临的坍塌风险问题愈发突出,尤其是在临近建筑物密集的区域,风险评估与管控显得尤为关键。传统风险评估方法依赖专家经验,主观性较强且缺乏动态性。文中引入模糊逻辑与贝叶斯网络相结合的模糊贝叶斯模型,对盾构隧道坍塌风险进行系统研究。通过对地质条件、自然环境、施工因素等多类风险源进行量化建模,构建模糊ISM结构与贝叶斯网络拓扑关系,实现了风险因素间复杂关联与传递关系的刻画。结合南昌地铁2号线东延工程辛楞区间的实际案例,验证了模型的适用性与有效性。结果表明,模糊贝叶斯模型在风险等级判定上较传统层次分析法精度更高,能够有效识别临近建筑物、管片因素等关键致险源,并显著提升风险预测的客观性与准确性,为类似工程提供科学的风险评估与决策支持。

[关键词]盾构隧道;坍塌风险;临近建筑物;模糊逻辑;贝叶斯网络;风险评估

DOI: 10.33142/aem.v7i8.17749

中图分类号: TU712

文献标识码: A

Risk Assessment of Shield Tunnel Collapse Based on Fuzzy Bayes Network

ZHA Chunhua¹, WANG Xinzhi²

1. Nanchang Rail Transit Group Co., Ltd., Nanchang, Jiangxi, 330013, China

2. Department of Transportation Engineering, Dalian Maritime University, Dalian, Liaoning, 116026, China

Abstract: With the rapid advancement of urban rail transit and underground space development, the collapse risk problem faced by shield tunnel construction has become increasingly prominent, especially in areas with dense buildings, where risk assessment and control are particularly critical. Traditional risk assessment methods rely on expert experience, are highly subjective, and lack dynamism. The fuzzy Bayes model combining fuzzy logic and Bayes network is introduced in the article to systematically study the risk of shield tunnel collapse. By quantitatively modeling multiple types of risk sources such as geological conditions, natural environment, and construction factors, a fuzzy ISM structure and Bayes network topology relationship were constructed to characterize the complex correlations and transmission relationships between risk factors. The applicability and effectiveness of the model were verified by combining the actual case of Xinleng section of Nanchang Metro Line 2 East Extension Project. The results show that the fuzzy Bayes model has higher accuracy in risk level determination than the traditional Analytic Hierarchy Process, which can effectively identify key risk sources such as adjacent buildings and pipe segments, and significantly improve the objectivity and accuracy of risk prediction, providing scientific risk assessment and decision support for similar projects.

Keywords: shield tunnel; collapse risk; adjacent buildings; fuzzy logic; Bayes network; risk assessment

引言

深盾构隧道施工过程中,风险评估是确保施工安全和顺利进行的重要环节。目前,已有国内学者尝试将一些方法与技术应用于隧道等工程建设的风险预测中,如常昇宏等提出对经典的LEC风险评价法进行修正改进,使其更适应隧道施工现场的特点,并通过实例验证改进方法能够更准确地识别和量化隧道施工中的关键风险源^[1]。吴忠坦构建了一个高斯Copula与贝叶斯网络结合的模式(GCBN),用以在不完全与不确定信息条件下定量和定性分析盾构下穿既有隧道施工的安全风险,识别敏感因素并实现动态预警管控^[2]。杨刚运用HFACS结合贝叶斯网络,对公路施工中坍塌事故的人因致因进行了系统识别与定量分析,以识别关键人因因素并提出针对性的预防控制

建议^[3]。章龙管等设计了一种将故障树分析法与贝叶斯网络相融合的风险预测模型,通过分析盾构机报警数据识别可能导致盾构施工重大风险事件发展的关键故障路径,并在地铁盾构工程中验证模型的可靠性及预警能力^[4]。随着深度学习技术和大数据分析的发展,结合模糊逻辑和贝叶斯网络,可以实现对施工风险的量化评估和动态管理,从而提高风险评估的科学性和准确性。

本文旨在描述风险评价模块中的核心方法,具体阐述该模块中核心模型的构建过程与应用效果。首先分析了现有风险评估方法的局限性和构建模糊贝叶斯模型的必要性,结合现有盾构隧道坍塌事故案例,确定盾构隧洞坍塌事故的风险等级标准和影响因素;通过现有案例计算模糊贝叶斯模型中的参数,确定风险因素和事故等级之间的关

系性,得到各因素对盾构隧道坍塌的影响程度;最后将训练后的模糊贝叶斯模型应用于具体项目,将该模型输出的评估结果与传统的层次分析法对比,判断该模型的准确性。

1 模糊贝叶斯模型理论基础

1.1 模糊逻辑

模糊逻辑是对经典逻辑的扩展,旨在处理不确定性与模糊性问题。其核心特征在于真值取值不再局限于“真”或“假”,而是在二者之间形成连续区间,从而能够更好地适应复杂的决策环境。模糊集合作为模糊逻辑的基础,引入隶属函数以量化元素与集合的关联程度,并通过并、交、补等运算实现灵活的信息整合。

在模糊推理中,常采用 IF-THEN 规则以模拟专家的思维方式。输入数据经模糊化后,被映射至不同的模糊集合(如“低”“中”“高”风险),每个集合由相应的隶属函数刻画模糊程度。随后,系统通过规则激活与结果聚合生成模糊输出,并经过去模糊化得到明确的判断结果。

首先,在模糊化阶段,通过相应的隶属函数将实际输入数据转换为模糊值,以便于后续的推理。其次,在规则激活阶段,依据模糊输入激活满足条件的 IF-THEN 规则,并计算每条规则的支持度,即其隶属度。第三步,聚合阶段将所有激活规则产生的输出相结合,从而形成综合的模糊输出。最后,在去模糊化阶段,通过采用如重心法等技术,将模糊输出转化为具体的决策值,以实现可操作性。

1.2 模糊逻辑

模糊综合评价法的数学模型如下:

(1) 指标集 $(F = \{F_1, F_2, \dots, F_m\})$ 可以根据一些属性划分为几个指标子集: $F_i = \{f_{i1}, f_{i2}, \dots, f_{in}\}, i = 1, 2, 3, \dots, m$ 。

(2) 通过计算得出各指标子集 F_i 的综合判断。 F_i 的指标对应的权向量: $w_i = (s_{i1}, s_{i2}, \dots, s_{in})$ 。

其中 $s_{i1} + s_{i2} + \dots + s_{in} = 1$ 。基于隶属函数,依次得到第一步判断矩阵 B 和评价向量 A_i : $A_i = W_i B_i = (a_{i1}, a_{i2}, \dots, a_{in}), i = 1, \dots, m$ 。

(3) 如果将每个 F_i 视为一个因子,则索引集 F 将是另一个子集。由此,可以形成第二步判断矩阵: $A = (A_1, A_2, \dots, A_m) T$ 。

作为 F 的一部分的每个 F_i 都反映了某种属性,因此可以通过对 F_i 的重要性比较得到权重分布向量: $w = (s_1, s_2, \dots, s_m)$ 。

然后通过以下公式推导出第二步判断向量: $F = w \cdot a = (f_1, f_2, \dots, f_r)$ 。

最后,根据最大隶属度原则,对对象的判断等级: $f_j = \max(f_1, f_2, \dots, f_r)$ 。

定性分析是国际上广泛应用的综合评价方法之一。在风险评价方法的选择中,应结合桥梁工程项目管理的特点,确保其客观性、可操作性与有效性。本文采用模糊综合评价法对风险进行分析与评价。该方法基于模糊数学的理论与工具,将多种定性因素转化为可量化的指标,从而实现科学合理的结论。模糊综合评价通过构建判断矩阵,并利

用准则函数确定各评价指标的权重,再按偏好排序,对评价对象进行全面而定量的评判,为科学决策提供有效依据。

1.2 贝叶斯网络

贝叶斯网络作为概率图模型使用有向无环图和节点之间的结构条件概率来描述给定问题中复杂变量之间的因果关系。其数学定义式如下:

$$BN = (D, P) = (V, E, P) \quad (1)$$

$$V = \{v_1, v_2, \dots, v_n\} \quad (2)$$

$$E = \{v_i v_j | v_i, v_j \in V\} \quad (3)$$

$$P = \{P(v_i | Pa(v_i)), v_i \in V\} = \{P(v_i | v_1, v_2, \dots, v_{i-1})\} \quad (4)$$

式中 D 表示贝叶斯网络的拓扑结构, $D = (V, E)$; V 表示 BN 中节点变量的集合; E 表示节点集和节点间依赖关系集; P 是具有因果关系的两个节点之间的条件概率的集合; $Pa(v_i)$ 为节点 v_i 的父节点。

在拓扑结构中,具有关联性或因果关系的变量通过箭头相连,而没有因果关系或条件独立的变量之间则不连接箭头。根据条件独立性和链式法则,可以通过各个变量的条件概率分布推导出贝叶斯网络(BN)联合的概率分布及局部条件概率。

1.2 模糊贝叶斯模型

为了更准确、有效地评估盾构隧道项目的风险概率,本节提出了一种基于模糊贝叶斯网络(MFBN)的风险概率评估方法,具体施工过程如图1所示。

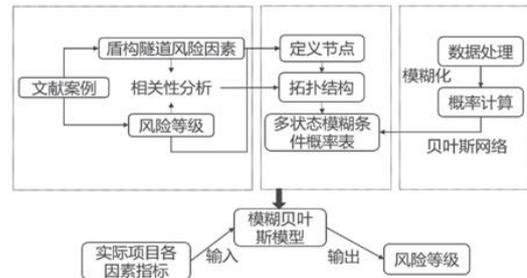


图1 模糊贝叶斯结构图

所提出的方法包括以下4个步骤:对大量文献中存在案例进行整理,得到多个项目案例的风险等级与对应的影响因素;确定节点即风险影响因素,对各影响因素以及风险等级进行相关性分析,确定拓扑结构,确定多状态模糊条件概率表;根据模糊规则对各类因素量化,计算概率表中概率分布,确立模糊贝叶斯模型;结合实际盾构施工项目,应用模糊贝叶斯模型评价风险并提出优化决策。

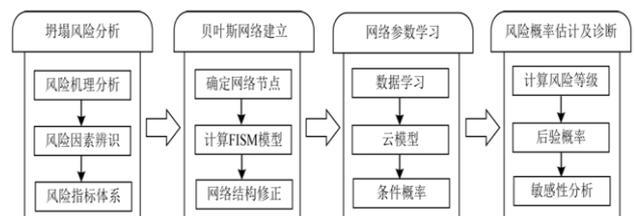


图2 模糊贝叶斯模型风险评估流程

2 模糊贝叶斯模型建立

2.1 风险等级指标

盾构隧道施工面临多重风险,其中复杂的地质条件易引发坍塌、大变形及突水涌泥等事故,其中坍塌是最主要的事故类型。同时,盾构法施工环节繁多,若防护措施不足,也可能诱发塌方风险。坍塌事故对工程实施、经济效益与安全保障均具有深远影响。在工程层面,坍塌常导致施工延误和资源配置调整,从而增加工期与管理成本;在经济层面,事故可能造成设备损坏、赔偿支出、保险费用上升及后续造价增加,显著降低投资回报率;在安全层面,坍塌直接威胁施工人员生命安全,显著提升伤亡风险。

根据国际隧道协会发布的隧道工程风险管理指南,隧道施工期间风险等级可以被划分为五级,划分规则如表 1 所示。

表 1 风险等级划分规则

风险等级	I	II	III	IV	V
区间	<0.0003	0.0003~0.003	0.003~0.03	0.03~0.3	>0.3
中心值	0.0001	0.001	0.01	0.1	1
风险概率描述	极不可能发生	不太可能发生	偶尔发生	可能发生	极可能发生

2.2 风险因素指标

(1) 地质条件

盾构隧道工程的安全性高度依赖地质条件,其中围岩等级、地下水位、地层结构及岩性与风化程度是关键影响因素。高等级围岩具有良好的力学性能,可提供稳定支撑,而低等级围岩因强度不足易引发变形与失稳。地下水位升高会增加孔隙水压力,降低土体有效应力和抗剪强度,从而显著加剧坍塌风险。风化作用则削弱岩体强度并改变水文地质条件,进一步加大隧道不稳定性。上述因素相互作用,共同构成复杂的地质环境,对盾构隧道施工安全产生深远影响。

(2) 自然条件因素

自然条件是影响盾构隧道施工安全的重要外部因素,其中降雨量、埋深比及临近构筑物尤为关键。降雨会导致土体孔隙水压力升高、有效应力降低,进而引发土体强度下降甚至液化,在强降雨情境下还可能增加隧道荷载,显著加剧坍塌风险。埋深比决定隧道所受的地表荷载大小,合理的埋深比有助于提高稳定性,而过低则可能导致承压不足和变形失稳,并对地下水运移及土体应力分布产生不利影响。临近构筑物则可能通过地基向隧道施加附加荷载,同时隧道施工扰动也可能破坏周边建筑物稳定性,从而引发连锁风险。

(3) 施工条件

在盾构隧道施工中,工程技术因素是影响安全的重要环节,主要包括设备运行、掘进控制及管片结构等方面。盾构机及相关机械的稳定运行直接关系到施工安全,若设备性能或适应性不足,可能引发偏差与事故。掘进过程中需严格控制盾构姿态、推力与速度,以及渣土与管片运输

环节,以保证施工质量与稳定性。管片结构方面,则需充分考虑承载能力、稳定性及抗震性能,合理选择材料与工艺,以确保结构的强度与耐久性,从而提升隧道整体的安全性与可靠性。

3 模糊贝叶斯网络

3.1 模糊 ISM 模型

(1)模糊 ISM 模型即贝叶斯拓扑结构计算过程如下:

步骤 1: 界定目标系统,通过资料的统计与分析明确导致灾害发生的风险因素,各因素用集合表示为 X :

$$X = \{X_1, X_2, X_3, \dots, X_n\} \quad (5)$$

步骤 2: 通过计算模糊关联矩阵,得到各风险因素之间的模糊关联程度。根据盾构隧道施工坍塌事故案例数据的统计分析,若风险因素 X_i 与风险因素 X_j 在事故发生的某一环节中产生了联系,则计算 $a_{ij} = a_{ij} + 1$,得到关联矩阵 A_x 。通过隶属度函数 b_{ij} 将 A_x 转化为模糊关联矩阵 B ,模糊关联矩阵 B 中各元素表示风险影响因素 X_i 与 X_j 之间的关联程度强弱的评分。隶属度函数 b_{ij} 可以表示为:

$$b_{ij} = \frac{a_{ij}}{a_{i*} + a_{*j} - a_{ij}} \quad (6)$$

式中, b_{ij} 为矩阵 B 中元素; a_{i*} 为矩阵 B 第 i 行元素求和; a_{*j} 为矩阵 B 第 j 列元素求和。模糊关联矩阵 B 中各风险因素 a_{ij} 都是取值为 $0 \sim 1$ 之间的实数,值越大表明关联强度越高,反之则越低。风险因素之间若无关联则取值为 0 。

步骤 3: 选取合理的阈值 λ ,由模糊关联矩阵 B 推导出邻接矩阵 C ,即可将模糊 ISM 转为 ISM 计算。模糊矩阵 B 中所有元素均为 $[0,1]$ 区间内的实数,为计算两两元素间的可达关系,选取一个合适的阈值 将各元素的值转换为 0 或 1 的关系,邻接矩阵 C 中元素 C_{ij}^0 可表示为:

$$C_{ij}^0 = \begin{cases} 1 & b_{ij} \geq \lambda \\ 0 & b_{ij} < \lambda \end{cases} \quad (7)$$

步骤 4: 计算可达矩阵 D 。对邻接矩阵 C 做若干次布尔代数运算直至满足上式的要求。若所得可达矩阵 D 出现联通或发散的情况时,则需调整阈值 λ 的大小,重复步骤 3。

步骤 5: 分解可达矩阵 D 。利用可达矩阵的区级间划分和强连通块划分,得到系统骨架矩阵 C 。

(2) 隧道坍塌风险影响因素变量集合

在 5.3.1 中分析了坍塌风险影响因素并建立了风险评价指标,为方便处理,将这些指标进行编码,如表 2 所示。

表 2 风险指标编码

编码	风险指标	编码	风险指标	编码	风险指标
X_1	围岩等级	X_2	地下水位	X_3	风化等级
X_4	降雨量	X_5	埋深比	X_6	临近建筑物
X_7	盾构机设备风险	X_8	掘进控制	X_9	盾构管片因素

注:隧道坍塌编码为 X_0 。

(3) 模糊关联矩阵与可达矩阵的计算

在计算过程中,首先基于隧道坍塌事故的演化逻辑构建风险因素关联数据矩阵 A_x ,其基本原则是若风险因素 X_i 与 X_j 之间存在关联,则相应矩阵元素 a_{ij} 的数值相应增加;随后通过引入隶属度函数对矩阵 A_x 进行归一化处理,从而得到模糊关联矩阵 $B=b_{ij}$,以刻画风险因素之间的模糊相关性。在此基础上,通过设定阈值 λ 对模糊关联强度进行筛选,具体判别规则为:

$$c_{ij} = \begin{cases} 1, & b_{ij} \geq \lambda \\ 0, & b_{ij} < \lambda \end{cases} \quad (8)$$

当阈值取 $\lambda=0.05$ 时,可以得到邻接矩阵 C ,该矩阵能够揭示风险因素之间的直接影响关系。进一步地,利用布尔代数运算方法对邻接矩阵 C 进行迭代计算,形成可达矩阵 D ,从而反映系统中各风险因素之间的间接传递性与可达性关系,为后续隧道坍塌风险因素的层次结构建模奠定基础。

(6) 确定最终的模糊贝叶斯结构

通过 FISM 模型将隧道施工坍塌风险评估体系分为多个层级,由于可能会忽略各因素之间的跨级关系以及同一层级各因素之间的相互影响。进一步对模型进行修正以得出风险演化路径和贝叶斯网络结构;最后,根据本工程的特点对结构图进行核查,删除了部分冗余关联关系,并将目标节点 X_0 用字母 T 表示,得到贝叶斯网络拓扑结构如图 3 所示。

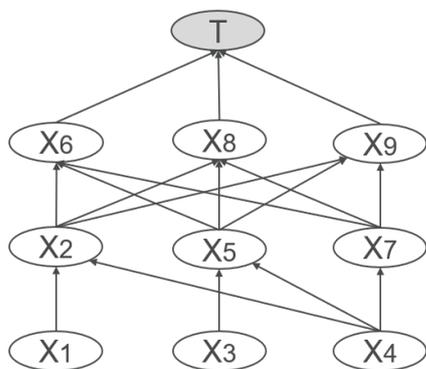


图 3 贝叶斯网络拓扑结构

3.2 模糊 ISM 模型

本节使用 MATLAB 软件构建贝叶斯网络模型,对数据进行训练及验证,获取贝叶斯网络参数。结合现有的隧道坍塌事故案例和参考文献,从中选择共收集了 60 组隧道案例数据,由最大期望算法 (EM) 对坍塌事故案例进行数据学习。训练数据与验证数据比例为 5:1。将案例数据导入 MATLAB 软件进行计算,模型经过多次迭代后达到收敛,得到各节点的概率分布情况,父节点的先验概率如表 3 所示。

表 3 先验概率表

节点	先验概率				
	R ₁	R ₂	R ₃	R ₄	R ₅
X ₁	0.356	0.211	0.267	0.071	0.021
X ₂	0.141	0.233	0.145	0.121	0.254
X ₃	0.044	0.262	0.131	0.147	0.311
X ₄	0.078	0.059	0.260	0.157	0.446
X ₅	0.187	0.221	0.231	0.145	0.129
X ₇	0.238	0.061	0.334	0.287	0.145

4 模型验证分析

4.1 风险因素

(1) 工程简介

本章研究对象为南昌市地铁 02 标段东延工程辛楞区间段。该区间隧道下穿高密度建筑群,地质水文条件复杂,施工风险较高。根据风险评估要求,将盾构隧道底板埋深 1.5H 范围内的建(构)筑物视为风险对象,并综合考虑盾构掘进与临近建筑物的相互作用。该区域地下水资源丰富,水位受地层差异及季节性影响显著,雨季上涨时易诱发软土液化。土层以黏土和粉土为主,含水量高时开挖难度增大,易发生塌方;砂层分布不均亦对隧道稳定性形成挑战。

(2) 隧道风险因素

在辛楞区间盾构施工过程中,ZDK43+563 ~ ZDK43+582 标段出现管片凹陷现象,存在潜在的施工安全隐患。施工现场采用专家调查法与层次分析法 (AHP) 等多种传统风险评价方法,经过综合分析后将该标段隧道坍塌风险评定为 II 级(即不太可能发生)。然而,现有方法如 AHP 与模糊综合评价法仍面临主观性强、针对性不足等局限性。为检验模糊—贝叶斯 (fuzzy-Bayes) 模型在隧道风险评价中的适用性,本研究选取该风险标段作为验证案例展开分析。

4.2 隧道坍塌风险评估

将影响该标段隧道坍塌的主要因素作为风险评价指标并划分风险等级,构建静态风险评价指标体系。根据发生坍塌的可能性大小,各指标划分为无风险 (I 级)、低风险 (II 级)、中风险 (III 级)、高风险 (IV 级) 和极高风险 (V 级) 共 5 个等级。最终的指标即节点状态分级如表 4 所示。

表 4 节点状态划分

序号	节点名称	节点状态划分	
1	围岩等级	VI 级围岩	II 级
2	地下水位	比较发育	III 级
3	风化等级	中等	II 级
4	降雨量	较大	III 级
5	埋深比	非浅埋	II 级
6	临近建筑物	比较影响	III 级
7	盾构机设备风险	较低	I 级
8	掘进控制	较好	I 级
9	盾构管片因素	中等	II 级

根据模糊贝叶斯模型得出最终的标段隧道坍塌风险评估如表 5 所示。

表 5 风险评估结果

方法	I 极不可能发生	II 不太可能发生	III 偶尔发生	IV 可能发生	V 极可能发生
模糊贝叶斯模型	1.23%	59.21%	31.84%	6.34%	1.38%
层次分析法	2.17%	30.61%	54.33%	10.34%	2.55%

5 结语

本文围绕临近建筑物盾构隧道智能施工风险评价模块的核心方法展开研究，通过构建模糊贝叶斯网络模型，结合盾构隧道施工过程中的多种风险因素，实现了对施工风险的量化评估和动态管理。本文的结论如下：

(1) 构建了基于模糊贝叶斯网络的风险评估模型，该模型能够有效处理不确定性和模糊性问题，提高了风险评估的科学性和准确性。通过对参数的模糊化，将因素量化考虑，实现了更加客观的评估过程，减少了基于经验等主观干扰，可以提高风险评估的普适性，扩大了应用范围。

(2) 通过确定模糊贝叶斯模型的网络结构，得到了各风险因素之间的关联性以及与坍塌风险之间的联系，进

一步通过敏感性分析，确定了诱导盾构隧道坍塌事故的关键因素，如临近建筑物、盾构管片，这些因素对盾构隧道坍塌的影响显著，为安全施工提供了重要参考，同时在事故发生后可以快速排查重要因素确保施工顺利进行。

(3) 模糊贝叶斯模型应用在南昌轨道交通 2 号线东延工程中的辛楞区间段，验证了其实际应用效果。通过与传统的层次分析法相比，模糊贝叶斯模型的具有更高的评估精度，节约评估时间，减少评估成本。

[参考文献]

- [1]常昇宏,唐娱瑛.LEC 风险评价法的改进及其在隧道施工中的应用[J].交通标准化,2014(9):316.
- [2]吴忠坦.基于高斯 Copula 贝叶斯模型的盾构下穿既有隧道施工风险的分析[J].工业建筑,2023,53(11):55-64.
- [3]杨刚.基于 HFACS 的公路施工坍塌事故人因贝叶斯网络分析[J].公路与汽运,2025(9):18.
- [4]章龙管,刘绥美,李开富,等.基于故障树与贝叶斯网络的地铁盾构施工风险预测 [J]. 现代隧道技术,2021,58(5):21-29.

作者简介：查春华（1986.6—），汉族，江西省共青城市，学历：本科，交通工程方向。

建筑工程质量检测中的混凝土检测技术探讨

张小丹

新疆兵团城建集团有限公司, 新疆 乌鲁木齐 830000

[摘要]随着我国社会经济持续向前发展,建筑工程的规模变得越来越大,对于建筑的质量以及安全方面的要求也变得越来越。混凝土是建筑结构当中极为关键的材料,其检测技术在确保结构稳定性的这个层面上发挥着相当重要的作用。借助对混凝土抗压强度以及与之相关的性能数据展开科学检测的方式,能够及时察觉到潜在存在的质量问题,如此一来便可以在第一时间去采取行之有效的处理办法以及改进举措。所以,文中就建筑工程质量检测里面的混凝土检测技术展开分析,从不同方面进行较为系统的探讨,希望能够给相关工程实践给予一定的参考与可借鉴之处。

[关键词]建筑工程;质量检测;混凝土检测技术;技术探讨

DOI: 10.33142/aem.v7i8.17741

中图分类号: TU74

文献标识码: A

Discussion on Concrete Testing Technology in Construction Engineering Quality Inspection

ZHANG Xiaodan

Xinjiang Production and Construction Corps Urban Construction Group Co., Ltd., Urumqi, Xinjiang, 830000, China

Abstract: With the continuous development of Chinese social economy, the scale of construction projects has grown increasingly larger, and the requirements for construction quality and safety have also become higher. Concrete is a crucial material in building structures, and its testing technology plays a significant role in ensuring structural stability. By conducting scientific tests on the compressive strength and related performance data of concrete, potential quality issues can be promptly identified, enabling effective measures and improvement actions to be taken in a timely manner. Therefore, this paper analyzes the concrete testing technology in construction quality inspection, providing a systematic discussion from various perspectives, aiming to offer reference and insights for related engineering practices.

Keywords: construction engineering; quality inspection; concrete testing technology; technical discussion

引言

在现代建筑工程当中,混凝土属于主要的承重材料,其质量的好坏会直接影响到建筑结构的安全性、耐久性以及使用功能的稳定性。随着我国城市化进程不断加快,建筑规模也在持续扩大,工程结构变得日益复杂起来,对于混凝土施工质量的要求也变得越来越。不过,因为混凝土存在材料成分较为复杂、施工工艺比较敏感,并且后期性能容易受到环境因素影响等诸多特点,所以其质量控制面临着不少挑战。混凝土检测技术可以通过科学的手段来评估它的抗压强度、密实度、裂缝分布以及内部缺陷等关键指标,进而为工程质量评估、施工改进以及结构安全管理给予可靠的依据。在实际的工程当中,常用的混凝土检测方法包含了钻芯法、回弹法、超声波法以及这些方法的综合应用等,每一种方法在准确性、适用性以及操作便捷性等方面都各自有着一定的优势,同时也会存在着一些局限性。随着现代建筑对于施工效率、经济性以及可持续发展等方面的需求不断提升,混凝土检测技术正朝着高精度、无损化、智能化以及信息化的方向不断发展。本文将系统地探讨建筑工程混凝土质量检测的重要意义、常用检测技术以及优化策略,目的是为工程质量管理提供科学的参考以及实践方面的指导,推动混凝土检测技术在建筑工程

当中的规范化与高效的应用。

1 建筑工程混凝土质量检测技术的重要性

在建筑工程当中,混凝土质量检测技术有着不容忽视的重要性,它对工程的安全性、耐久性以及整体使用功能都有着直接的影响。混凝土属于建筑结构里最主要的承重材料,其质量的好坏会决定结构的承载能力以及稳定性,并且还会影响到工程后期的使用寿命以及维护成本。借助科学的检测技术,能够及时察觉到混凝土在原材料选择、配合比设计、施工过程以及养护环节所存在的质量问题,进而采取有效的纠正与补救举措,防止结构出现裂缝、空鼓、强度不足等隐患。而且,混凝土检测结果同样是工程质量评估、竣工验收以及后期养护管理的关键依据,对于保障建筑工程安全、提高施工质量水平、推动施工单位质量管理体系完善有着重要的指导价值。

2 建筑工程质量检测中的常见混凝土检测技术

2.1 超声波法

超声波法算得上是一种常见的针对混凝土开展无损检测的技术手段。其主要是依靠测定超声波于混凝土内部传播所花费的时间以及传播速度,进而对混凝土内部结构的密实程度以及均匀情况加以分析,由此便可间接地推断出混凝土的强度状况以及质量情况。这种方法所依据的原

理是建立在超声波在不同介质当中传播速度存在差异这一特性之上的。一旦混凝土内部出现了裂缝、孔隙或者分层之类的缺陷,那么超声波的传播路径就会受到阻碍,如此一来,其传播时间便会变长,波速也会有所降低,进而便能够对混凝土结构的完整性做出判断。超声波法有着检测速度比较快、操作起来较为简便且不会对构件造成损伤等诸多优点,特别适合用于那些结构较为复杂、没办法取样或者需要保留外观的建筑构件检测工作中。

2.2 钻芯法

钻芯法属于一种普遍采用的针对混凝土的破坏性检测技术,其具体原理在于借助在混凝土结构当中钻取出特定尺寸以及数量的芯样,而后针对这些芯样展开力学性能方面的试验,像抗压强度试验这类,进而能够直接拿到混凝土的实际强度以及质量指标。此方法有着检测结果较为直观、准确度颇高、能够反映出混凝土真实受力性能等优势,当下在混凝土强度评定方面,它已然成为极具权威性且颇具说服力的检测手段中的一个^[1]。钻芯法不但能够用于对新建工程的质量进行抽检,而且还在既有结构的安全评估以及加固改造环节里得到广泛运用,可给工程质量鉴定给予可靠的依据。不过,该方法在开展检测工作的过程中,得对结构实施局部钻孔取样的操作,具备一定程度的破坏性,有可能会给建筑的外观以及整体性带来影响,所以需要妥善地去选择钻取的具体位置以及数量,并且在检测全部结束之后还需采取相应的修补举措。

2.3 回弹法

回弹法乃是广泛应用于混凝土领域的无损检测手段,其主要是借助回弹仪来测定弹击混凝土表面之时所产生的回弹值,再依据回弹值和混凝土抗压强度之间所存在的经验关联,推算出混凝土的强度等级。此方法具备操作简单、检测快捷、成本低廉以及对结构不会造成损伤等诸多优点,尤其契合大面积且需快速检测混凝土表面强度的工程现场情况。在实际开展检测工作的过程中,回弹法会通过混凝土表面选取有代表性的区域展开多点测量,而后将所测得的平均回弹值拿来与标准曲线或者修正公式相对照并加以计算,最终获取到混凝土的强度评估结果。不过,回弹法的检测精度是比较容易受到多种不同因素的影响的,像是混凝土表面的粗糙程度、碳化程度、湿度状况、材料组成情况以及养护条件等等,所以为了能够确保检测结果具备科学性和可靠性,在检测之前需要对仪器做好校准工作,并且要结合现场的实际具体情形来进行相应的修正处理。

2.4 超声回弹综合法

超声回弹综合法结合了超声波法和回弹法两种检测手段的优势,是目前工程实际应用中常用的一种综合评价混凝土强度的方法。具体操作时,首先采用超声波法检测混凝土内部结构情况与密实性,再通过回弹法测定构件表层硬度指标,最后根据两种方法的测试结果建立相关回归

模型,实现混凝土强度的准确评估。该综合法有效弥补了单独使用回弹法与超声波法敏感性强但易受条件影响的不足,具有更高的准确性与可靠性。然而,其对检测人员技术水平与经验要求较高,需通过大量现场数据进行校准,以保证检测模型精确适配现场条件。

3 优化建筑工程质量检测中混凝土检测有效策略

3.1 确定合理的采样方法

在建筑工程混凝土质量检测方面,确定合理的采样方法属于极为关键的一环,其对于检测结果科学性的保障以及代表性的体现均有着十分重要的作用。混凝土自身具备着较为突出的空间差异性以及施工阶段性特征,处在不同部位、不同时间段以及不同施工工艺条件之下的混凝土,其质量往往存在着一定的差异,甚至这种差异还可能会比较大,所以采样工作务必要具备系统性以及针对性。在着手制定采样方案的时候,需要充分结合工程的实际规模、结构所具有的特点、具体的施工工艺情况、材料的来源状况以及环境方面的诸多因素等,进而明确采样时的具体数量、所在位置以及相应的时间安排,以此来确保所采集的样品能够全方位地反映出整个工程的整体质量状况。在整个采样过程当中,应当严格遵循“随机性、均匀性、代表性”这样的原则,针对同一浇筑段而言,可以考虑采用分层或者对角抽样的方式来进行操作,如此一来便能够有效避免因局部出现偏差而对总体的评价产生不利影响^[2]。对于样品的制作、标识、养护以及后续的检测等工作,都必须严格按照国家层面以及行业领域所制定的相关标准来严格执行,特别是在样品的运输以及保存这一环节上,务必要做好防护措施,避免因温度、湿度发生变动或者出现机械损伤等情况,从而对最终的检测结果造成不良的影响。

3.2 严格控制实验条件

在建筑工程混凝土质量检测工作开展之际,严格把控实验条件属于极为关键的一个环节,如此方能切实保障检测数据具备准确性以及可重复性这两个特性。混凝土检测结果往往会受到诸多因素的干扰,像是环境温度、湿度、加载速率、仪器精度以及试件状态等等,所以在实验进程里务必要针对各项条件展开科学且细致的控制,并且实施标准化的管理举措。一开始在试件制备这个阶段,得依照规范要求一丝不苟地去完成取样、成型以及养护等一系列操作,从而确保试件的尺寸、形状还有表面状况都能够契合标准所提出的要求,防止因为试件出现不均匀的情况或者养护工作处理不当而致使检测产生偏差。再者说,实验环境应当维持在恒定的温湿度状况之下,尤其是在强度试验进行的过程中,要尽力规避外界温度发生变动亦或是湿度出现波动给混凝土性能所带来的影响。就试验设备来讲,需要定期对检测仪器加以校准,以此来保证其测量精度以及稳定性,而且在检测正式开始之前还应当开展空载试验,借此来验证设备的工作状态是否正常。与此操作人员需严

格遵循标准化的操作流程,务必保持加载速度、测点位置以及数据记录等方面的一致性,通过这样的方式来尽可能地削减人为因素所产生的误差。

3.3 使用先进仪器设备

在建筑工程混凝土质量检测方面,运用先进的仪器设备,能够切实提升检测精度以及工作效率,这无疑是一项极为重要的保障举措。伴随检测技术持续向前发展,现代混凝土检测设备在精度、智能化程度以及数据分析能力等诸多方面,均展现出了颇为显著的提升态势。借助先进的检测仪器,一方面能够达成对混凝土内部结构进行高分辨率探测的目的,另一方面还能够在不破坏结构的前提下,精准地对其密实度、强度以及耐久性加以评估^[3]。就好比现代超声检测系统,其自身拥有自动波形识别以及信号分析方面的功能,可迅速定位到内部出现的裂缝以及空洞;数字回弹仪同样可以实现数据的自动采集与修正操作,如此一来便能够有效减少人为因素所引发的误差情况;而便携式综合检测仪更是能够将超声波检测、回弹检测以及电磁检测等多种功能予以集成,进而适用于复杂工况之下的综合评估工作。

3.4 优化材料选择和配比

在建筑工程混凝土质量检测与控制进程里,优化材料选取以及配合比设计属于极为关键的环节,它能够切实保证混凝土性能的稳定状态,并且让检测结果具备可靠性。混凝土质量的好坏从根源之处来讲,是完全依靠原材料的品质状况以及配合比的科学程度来决定的,所以在工程施工以及检测的这个阶段当中,务必要针对水泥、骨料、外加剂还有掺合料这些主要材料展开严格的筛选操作,并且要细致开展质量检验工作,以此来确保这些材料的物理性能、化学成分以及稳定性都能够契合相关的标准所提出的要求。合理的配合比一方面能够促使混凝土的强度得以提升,另一方面也能够让混凝土的耐久性获得提高,与此还能够一定程度上对其工作性能起到改善的作用,进而有效降低出现离析、泌水以及开裂等一系列质量问题的可能性,最终使得检测数据呈现出更为真实、可靠的态势。在实际的应用情况之下,应当依据工程结构的具体类型、所处的使用环境、当地的气候条件以及设计方面的要求等情况,采用将实验室试配和现场验证相互融合的方式来确定最为优秀的配比方案。并且可以联合现代的信息化以及智能化方面的技术,比如说像基于 AI 的混凝土配比优化系统这类技术手段,去针对配合比展开多参数层面的分析以及动态化的调整操作,从而达成性能与经济性之间最为理想的平衡状态。

3.5 加强人员培训和技术交流

在建筑工程混凝土质量检测期间,强化人员培训以及技术交流,这可是提升检测水准并保证工程质量的关键保障。混凝土检测一方面依靠先进的仪器设备以及科学的检测方法,另一方面还依靠操作人员的专业技能以及技术判

断能力。经过系统的培训,能够让检测人员对各种检测方法原理、操作规范、数据分析还有异常情况处理的掌握程度得以提高,从而确保每一个检测环节都能严格依照标准化流程来执行,降低人为误差以及操作失误出现的可能性^[4]。与此积极展开技术交流以及经验分享,能够助力检测人员知晓最新的行业标准、检测技术发展态势以及先进设备的具体应用方式,进而提升整体的专业素养以及创新能力。在实际的工程项目当中,应当建立起定期培训的制度以及技能考核的机制,并且借助研讨会、案例分析、现场观摩等不同形式来推动技术交流,强化团队的协作意识以及解决问题的能力。

3.6 推广无损检测技术

在建筑工程混凝土质量检测方面,大力推广无损检测技术,这可是达成高效、科学且安全的质量评估的关键途径。无损检测技术可于不破坏结构整体性以及外观的情况之下,针对混凝土的强度、密实度、裂缝分布还有内部缺陷等诸多方面展开全面评估,进而给工程质量控制给予可靠的依据。常见的无损检测办法有超声波检测、回弹法、雷达检测、红外热成像等等,这些技术能够依据工程的特点以及检测的需求灵活运用,达成快速、连续并且大面积的监测效果。与传统的破坏性检测方法相比而言,无损检测不但节省了材料以及时间方面的成本,而且还能重复利用数据开展长期跟踪,为结构安全评估以及维护工作给予科学方面的支撑。

4 结语

混凝土质量检测在建筑工程当中占据着极为重要的地位,其可切实有效地对结构安全以及耐久性予以有力保障。借助超声波法、钻芯法、回弹法等检测技术加以应用,再与合理的采样方式、严谨的实验控制流程、先进的设备以及无损检测手段相互结合起来,如此便能够促使检测的准确性以及可靠性得以提升。与此强化对材料配比的管理以及人员的培训工作,对于提升整体的质量管理水平同样是很有帮助的。而科学且完善的混凝土检测体系,则无疑是保障建筑工程质量和安全的关键基础所在。

[参考文献]

- [1]潘玉平.建筑工程质量检测中的混凝土检测技术探讨[J].城市建设理论研究(电子版),2025(28):85-87.
 - [2]马龙祥.建筑工程质量检测中混凝土的检测技术[J].居业,2025(4):201-203.
 - [3]孟令迎.建筑工程质量检测中的混凝土检测技术分析[J].居业,2024(4):96-98.
 - [4]祝乐.建筑工程质量检测中混凝土检测技术分析[J].城市建设理论研究(电子版),2025(20):55-57.
- 作者简介:张小丹(1993.1—),毕业院校:长安大学,所学专业:土木工程,当前就职单位:新疆兵团城建集团有限公司,职称级别:工程师。

数字化技术在电力工程设计中应用

张滨 夏智 王云鹏

沈阳电力勘测设计院有限责任公司, 辽宁 沈阳 110000

[摘要]随着科技现代化进程不断推进,数字化设计手段在参考国外先进技术及理念之后产生了很大变化。参数化设计由此产生,成为数字化设计的重要工具,它能模拟人的逻辑思维,记录各对象生成方式,建立对象间关联,让设计师用全新方式呈现设计创意与灵感。在复杂建筑群工程里,把参数化平面布局和参数化建筑模型结合,能实现平面布局动态调整、建筑群统一优化以及单体建筑参数化驱动,确保设计过程和设计参数有迹可循。

[关键词]数字化技术; 电力工程; 工程设计; 技术应用

DOI: 10.33142/aem.v7i8.17770

中图分类号: TM76

文献标识码: A

Application of Digital Technology in Power Engineering Design

ZHANG Bin, XIA Zhi, WANG Yunpeng

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

Abstract: With the continuous advancement of technological modernization, digital design methods have undergone significant changes after referring to advanced foreign technologies and concepts. Parametric design emerged as an important tool for digital design, which can simulate human logical thinking, record the generation methods of various objects, establish relationships between objects, and enable designers to present design creativity and inspiration in a new way. In complex architectural complex projects, combining parameterized floor plan layout with parameterized building models can achieve dynamic adjustment of floor plan layout, unified optimization of building clusters, and parameterized driving of individual buildings, ensuring that the design process and design parameters are traceable.

Keywords: digital technology; electric power engineering; engineering design; technology application

引言

随着电力工程规模持续扩大以及系统结构变得愈发复杂,以往依靠人工绘图、凭借经验做出判断以及采用二维设计的传统方法,已经很难契合现代工程对于设计效率、精度以及可靠性所提出的高标准要求了。数字化技术的出现,给电力工程设计带来了全新的工具以及手段,使得设计流程从原先的经验驱动慢慢朝着数据驱动以及智能化管理的方向转变。借助 BIM(建筑信息模型)、三维建模、虚拟仿真、人工智能、大数据分析还有数字孪生等一系列技术,设计人员可以在虚拟环境当中完整地呈现出工程结构、设备布局以及运行状态,达成设计方案的多目标优化以及实时校核,这既大幅度提升了设计精度和效率,也切实降低了施工风险以及成本。数字化技术还推动了设计信息的集中管理以及多专业协同,让电气、土建、通信以及自动化等各个专业之间能够实现信息共享与动态调整,强化了设计的可追溯性以及可维护性。本文着重探讨数字化技术在电力工程设计当中的具体运用以及实践价值,剖析其在优化设计、提升效率、压缩成本以及智能化管理等诸多方面所发挥的作用,同时展望其在未来电力工程全生命周期管理当中的发展态势。

1 数字化技术对电力设计的作用

1.1 避免人工失误

在电力工程设计期间,人工操作免不了会受到设计人

员经验、注意力以及工作状态等因素的影响,进而出现各种各样的失误,这不但会让设计图纸的准确性有所降低,而且还有可能在后续的施工与运行环节滋生安全隐患。数字化技术的引入有效地减少了人为因素所带来的风险,借助计算机辅助设计、三维建模、自动化校核等手段,可以对设计数据展开快速且精准的处理与验证,防止因为手工计算或者信息传递不妥当而产生的错误。与此数字化平台还能够达成多环节、多人员之间的实时协同,让设计过程变得更加透明与可控,由此极大地提升整体设计的可靠性与准确性,为电力工程的安全建设以及高效运维给予坚实的保障。

1.2 降低设计成本

在电力工程设计环节当中,成本控制一直属于项目管理里极为重要的一项环节,并且数字化技术的应用可在诸多方面切实有效地降低设计成本。数字化平台借助集成化的数据处理方式以及智能化的设计工具,大幅削减了数量众多的重复性、机械性人工操作,这既让设计周期得以缩短,又使得人工投入成本有所降低。凭借三维建模、虚拟仿真以及碰撞检测等各项功能,能够在设计阶段便提早察觉到潜在存在的各类问题,如此一来便能够防止因设计方面存在缺陷而致使后期出现修改以及返工等情况,进而减少材料以及人力方面的额外浪费。除此之外,数字化技术

可达成设计方案的快速比选与优化操作,促使资源配置变得更为合理,减少那些不必要的冗余设计以及相关投入^[1]。并且设计成果采用数字化形式进行存储与共享,这无疑提高了信息的利用率,避免了因资料不够完整或者传递过程不顺畅所引发的重复工作情况,从而进一步节省了成本开支。

1.3 优化资源配置

电力工程设计资源的优化配置能够提高电力设计单位的综合竞争实力,需要合理配置、节约使用电力工程设计资源。通常情况下,电力工程设计资源包含了质基础设施资源、时间资源和人工劳动资源等。应用数字化技术有助于设计人员准确判断电网的整体结构和展开精细化的电力网络设计。为了改进电力工程的传统设计模式,需要引进数字化技术,保证电力工程的设计效果。电力工程设计人员应当着眼于电力基础设施使用性能的全面提升,重视土建结构模型图纸规划设计,科学分配电力工程的设计资源。数字化技术应当贯穿在各个设计环节,需要结合电力工程的基本需求来选择数字化技术。

2 电力工程设计中的数字化技术

在电力工程设计领域当中,数字化技术并非仅仅是对传统设计手段的一种简单的替代方式,其是凭借构建起一个以数据作为核心的智能化设计体系,进而达成对整个工程全生命周期加以深度支撑以及优化的目的。借助于 BIM 技术以及三维建模手段,设计人员可以在虚拟的空间环境里针对输电线路、变电站还有配电系统展开全方位的数字化呈现工作,无论是结构布局方面还是运行状态情况,均能够做到精确的模拟操作以及实时的优化处理。通过运用人工智能以及大数据分析技术,数量众多的设计参数、各类运行工况以及诸多历史案例都能够被快速地加以处理,并且转化成为科学决策方面的依据,如此一来便能够让设计过程变得更加智能化并且更为科学化了。虚拟仿真以及数字孪生技术使得工程在正式建设开展之前就可以实现全流程的动态预演效果,可以及时地去发现其中存在的潜在问题并据此调整相关的方案内容,进而大幅度地降低设计环节所面临的风险以及后期可能出现的返工成本支出^[2]。除此之外,数字化技术还能够打破设计、施工以及运维这几个不同阶段之间原有的壁垒限制,实现信息的高效且顺畅的共享以及协同配合,推动电力工程设计从单纯的图纸生成模式转变成全流程覆盖、系统化管理且具备可追溯特性的数字管理模式,由此在根本层面切实提升电力工程设计的质量水平、安全性能以及经济效益状况。

3 数字化技术在电力工程设计中的运用

3.1 应用数字化优化电力设计

在电力工程设计环节运用数字化手段来予以优化,其关键之处在于把“数据-模型-算法-协同-闭环”当作主要线索,把 BIM/GIS 一体化建模、参数化设计同多目标优化算法加以深度融合:在统一的数据基础之上构建起涵盖

从厂站的一次系统、二次保护一直到线路走廊以及电缆通道的全要素模型,调用潮流计算、短路电流、暂态稳定、谐波与 EMC 等相关仿真模块,针对不同的方案展开并行式的评估工作;借助规则引擎与标准库自动完成校核操作(比如导线截面与热稳定、接地网触地电位、母线电流密度、最小净距、二次回路冗余度等方面),以此来降低人工重复劳动的情况;接着凭借遗传算法/粒子群/强化学习等多种多目标优化方法在“投资-损耗-可靠性-可施工性-环境与用地约束”这些方面寻找最优解,达成站址与总布置、主接线及设备选型、导线与杆塔参数、路径寻优与跨越方案的联动式优化;对于含有高比例新能源以及柔直设备的场景,叠加不确定性因素与蒙特卡洛模拟开展弹性校核,并且以最小全寿命周期成本(LCCA)与碳排放指标当作综合性的评价依据;在协同这一层面,依靠云端模型协作以及版本追溯的方式,实现电气、土建、通信与自动化等专业领域的同步迭代更新,自动生成工程量清单与施工图纸,同时运用数字孪生技术对施工可行性与运维策略展开预演,形成“设计-仿真-校核-出图-反馈”的闭环流程,让设计能够在符合规范与安全边界的要求之下达成成本最优、工期能够把控以及可运维性最为强劲的综合目的。

3.2 基于数字化创新数据库技术

在电力工程设计领域当中,基于数字化所创新出来的数据库技术,切实地为设计工作在高效性以及科学性这两个方面给予了稳固有力的支撑。其最为关键之处就在于要构建起一个具备集中化、标准化以及智能化特性的数据管理与应用平台。把在工程设计过程中涉及到的规范标准、历史案例、设备参数、运行数据还有施工经验等等这些内容都统一起来加以整合,进而形成一个能够实现动态更新并且可以进行共享的数据库。设计人员凭借这个平台,就能够达成快速调用以及比对不同设计方案这样的目的,从而避免因资料出现分散情况或者数据存在不一致的情形而引发的设计延误以及错误等问题。与此数据库还能够借助人工智能以及大数据分析技术,针对历史工程数据展开深度的挖掘以及关联方面的分析,进而能够为当下的设计给出科学的参数推荐以及优化方面的参考依据,使得设计的过程变得更加智能化且更具前瞻性^[3]。除此之外,数据库技术还能够支持多个专业以及多个部门展开实时的协作,以此来保证像电气、土建、通信、自动化等这些不同的专业能够在同一个平台上完成信息的互通以及方案的协调工作,减少重复的劳动以及资源的浪费,促使设计成果在一致性以及完整性这两个方面得以提升。通过创新数据库技术的应用,电力工程设计不仅实现了信息的高效利用与知识的持续积累,还推动了设计流程向智能化、标准化和可追溯方向发展,大幅提升了整体工程的设计水平和管理效率。

3.3 借助数字化优化软硬碰撞检测

在电力工程设计环节,运用数字化技术来开展软硬碰撞检测,可切实提高设计精度以及施工可行性。其关键点在于凭借三维建模、BIM 技术以及虚拟仿真平台,把电气设备、管线、结构构件还有二次系统的布置状况全方位地展现出来,并且在虚拟环境里对不同专业之间空间关系展开动态剖析以及实时校验。传统的人工审查一般依靠经验,容易忽视局部细节,致使设备间距不够、线路走向出现冲突或者土建与电气安装不协调等一系列问题。而数字化碰撞检测技术可以在设计阶段就提前发觉这些潜在矛盾,给出可视化的冲突位置以及优化建议,进而防止后期施工中的返工以及资源浪费情况发生。与此软碰撞检测针对安全距离、操作空间、维护通道等隐性因素进行智能化识别,硬碰撞检测着重于实体模型之间的直接干涉情况,两者相结合使得设计更加契合实际施工与运维方面的需求。

3.4 利用数字化完善智能设计

在电力工程设计领域当中,充分借助数字化技术来进一步完善智能设计这一做法,其不仅可以促使设计效率得以提升,而且还能够在系统性、前瞻性以及可靠性这些层面达成突破性的进展。把人工智能算法、参数化建模、专家知识库以及大数据分析等要素相互结合起来之后,设计人员便能够高效地生成多套符合相关规范要求的设计方案,而且还能针对这些方案展开自动化的校核以及优化操作,如此一来便能够规避掉传统人工设计模式下由于经验有所欠缺或者信息出现缺失而产生的种种缺陷。与此智能设计平台还具备实现多专业、多工况以及多目标综合分析的能力,它能够把电气设计、结构设计还有通信与自动化系统设计统一起来进行建模,并且做到联动优化,进而既能够满足安全方面的需要,也能够满足经济性方面的要求,同时还可确保整体系统的协调性以及可扩展性得以维持^[4]。凭借数字孪生技术,设计方案还能够和实际运行场景形成动态的耦合关系,借此可以提前对工程建成之后的运行状态加以模拟,从而对它的可靠性以及运维便利性做出评估,进而实现在设计阶段就能够对潜在的风险予以预防。

3.5 基于数字化改进实体模型统计

在电力工程设计环节当中,借助数字化技术来对实体模型统计加以改进,能够在很大程度上提高设计所具有的精确程度以及工程管理方面的效率。设计人员能够凭借三维建模手段、BIM 平台还有数据库技术,把电力设备、

线路、构筑物以及相关系统的全部实体元素都用数字化的方式予以表达,进而达成对所有要素进行精确记录以及参数化管理的目标。在这样的基础之上,该系统便能够自动形成工程量清单、材料统计、设备数量以及安装工时等一系列各类统计数据,如此一来便能规避掉传统人工统计过程中常常会出现的遗漏情况、重复现象或者计算方面的错误等问题。与此数字化实体模型还具备动态更新以及版本追溯的功能,无论出现何种设计变更,都能够即刻体现在统计结果里面,以此确保数据保持一致性并且具备可追溯的特性;通过与施工以及运维数据建立关联,还能够开展资源优化方面的分析工作、成本控制相关事宜以及进度管理工作,从而为施工方案的优化以及材料采购事宜给予科学层面的依据。

4 结语

数字化技术于电力工程设计方面所起的作用日益凸显,其已然改变了以往依靠人工经验以及二维图纸的传统设计模式,借助 BIM、三维建模、虚拟仿真、人工智能以及大数据分析等一系列手段,达成了设计流程的智能化、精细化以及可追溯化状态。数字化技术可切实提升设计精度,实现资源的合理配置,降低相关成本,同时强化多专业间的协同合作与信息充分共享,从而给工程施工以及后续运维给予稳固可靠的支撑。伴随技术持续发展并不断取得创新成果,数字化设计在电力工程全生命周期管理当中将会释放出更为长远的价值,促使工程设计朝着高效率、高质量、可持续以及智能化的方向稳步前行,进而为现代电力工程建设筑牢坚实保障。

[参考文献]

- [1]苏艳萍.数字化技术在电力工程设计中的应用[J].光源与照明,2022(8):240-242.
 - [2]刘飞.探讨数字化技术在电力工程设计中的应用[J].电子制作,2022,30(4):92-94.
 - [3]曹芳魁,吴子宜.数字化技术在电力工程设计中的应用[J].集成电路应用,2023,40(12):208-209.
 - [4]高梅鹂,吴佳明,高健.数字化技术在电力工程设计中的应用[J].集成电路应用,2023,40(4):338-339.
- 作者简介:张滨(1984.5—),毕业院校:沈阳农业大学,所学专业:农业电气化与自动化,当前就职单位:沈阳电力勘测设计院有限责任公司,职务:配电设计室副主任,职称级别:中级。

公路工程施工中混凝土裂缝成因与应对措施

陈 静

晋州市通达路桥建设有限责任公司, 河北 石家庄 052200

[摘要]在现代交通基础设施建设当中,公路工程施工质量和道路的耐久性以及使用寿命有着直接关联。混凝土因为自身性能较为优越且经济性也很突出,所以在很多地方都被广泛地应用起来。不过它的易裂这一特性,使得裂缝变成了一种普遍存在的隐患。裂缝的存在,一方面会削弱结构的整体性以及承载力,另一方面还会加速有害介质的渗透速度。此文全面且细致地梳理了公路工程里面混凝土裂缝的各种类型,对其成因展开了深入分析,并且提出了相应的防控以及治理措施。研究得出,要想控制裂缝,关键在于要对设计进行优化,挑选优质的材料,施工时做到精益求精,养护工作也要遵循科学的方法。此文希望能为公路工程的质量管理以及施工技术的改进给予一定的参考,推动道路建设朝着高质量以及可持续发展的方向前进。

[关键词]建筑工程施工;混凝土裂缝;成因;应对措施

DOI: 10.33142/aem.v7i8.17752

中图分类号: U415

文献标识码: A

Causes and Countermeasures of Concrete Cracks in Highway Engineering Construction

CHEN Jing

Jinzhou Tongda Road and Bridge Construction Co., Ltd., Shijiazhuang, Hebei, 052200, China

Abstract: In the construction of modern transportation infrastructure, the quality of highway engineering construction is directly related to the durability and service life of roads. Concrete is widely used in many places due to its superior performance and outstanding economy. However, its tendency to crack makes cracks a common hazard. The existence of cracks not only weakens the overall integrity and bearing capacity of the structure, but also accelerates the penetration rate of harmful media. This article comprehensively and meticulously sorts out various types of concrete cracks in highway engineering, conducts in-depth analysis of their causes, and proposes corresponding prevention and control measures. Research has shown that in order to control cracks, the key is to optimize the design, select high-quality materials, strive for excellence during construction, and follow scientific methods in maintenance work. This article hopes to provide some reference for the quality management of highway engineering and the improvement of construction technology, promoting road construction towards high-quality and sustainable development.

Keywords: construction engineering; concrete cracks; causes; countermeasures

引言

随着交通方面的需求不断增加以及建设规模逐渐扩大,混凝土在公路工程中的应用变得越来越普遍,然而裂缝这一问题也跟着凸显了出来。裂缝的产生不单单是因为材料自身具备的特性,而且还受到设计、施工以及环境等诸多因素的影响,有一部分工程甚至在施工的阶段就出现了裂缝,并且这些裂缝还逐步地向外扩展,最终致使承载力有所下降,出现渗水以及腐蚀等一系列病害情况,进而对道路的安全性和耐久性都构成了威胁。所以科学且全面地去认识裂缝并且有效地对它加以控制,已然成为了公路施工当中极为关键的一个课题。本文会围绕着裂缝的类型、形成的原因以及防控的措施这三个方面来展开较为系统的阐述,希望能够给工程建设给予一定的参考。

1 混凝土裂缝概述

在混凝土里水泥属于凝聚材料,石、砂是集料,在集料、水中按照配比添加用剂,经过充分搅拌混合后就是水泥混凝土,随着水气的挥发硬度增强。当混凝土在搅拌不够充分时,凝固过程中混凝土内部就会产生气孔甚至出现

裂缝,裂缝或气孔则会根据外来重力以及不同气候的变化而变化。产生气孔以及裂缝情况以后的修复工作是很难进行的,甚至会造成混凝土发生整块崩塌的情况。

2 公路工程施工中常见混凝土裂缝类型

2.1 温度裂缝

温度裂缝属于公路工程混凝土结构里极为常见的一种裂缝类型,主要是因为温度出现变化而引发的体积变形差异所造成的。在混凝土硬化的这个过程之中,由于水泥水化反应会产生并释放出大量的热量,要是结构内部和外部的温差过大的话,那么混凝土内部就会产生比较强烈的温度应力,并且它的抗拉强度相对来说是比较低的,常常是没办法抵挡住这种由内外温差所产生的应力的,最终就会形成裂缝。再者说,在那些季节交替的时候或者说昼夜温差比较明显的地区,混凝土会因为频繁地发生热胀冷缩的情况而持续不断地受到拉压循环的作用,这也很容易致使裂缝进一步扩展并且变得越来越深。温度裂缝的分布往往是有规律性的,一般呈现纵向或者横向裂缝的样子,会对整体结构的完整性以及耐久性带来不利的影响,

如果不及时采取相应的措施来加以控制的话,是很容易导致钢筋外露、发生腐蚀以及混凝土剥落等一系列后续病害情况出现的。

2.2 塑性收缩裂缝

塑性收缩裂缝往往出现在混凝土浇筑完成后的初期阶段,主要是因为混凝土在还未完全硬化的时候,水分蒸发得过快所引发的。当混凝土表面水分蒸发的速度比毛细作用能够补充的速度还要快时,浆体的体积就会出现收缩的情况,表面拉应力也会跟着增加,在混凝土尚未拥有足够的抗拉能力之前,裂缝便产生了。这类裂缝一般比较浅,呈现出不规则的分布状态,常常能在大面积的混凝土路面或者桥面铺装当中见到。在天气炎热、空气干燥或者风力较大的气候条件之下,塑性收缩裂缝出现的可能性会更高一些。尽管塑性收缩裂缝对于结构力学性能的影响是有限的,但是它一旦形成了,就会给外界的水分以及有害介质的渗入留下通道,特别容易引发钢筋锈蚀以及冻融破坏等问题,进而间接地对公路工程的使用寿命产生影响。

2.3 钢筋锈蚀裂缝

钢筋锈蚀裂缝是由于钢筋和混凝土之间产生化学反应或者物理作用而形成的。混凝土能够在一定程度上对钢筋起到保护作用,然而一旦混凝土出现渗水、氯盐侵入或者碳化等情况,钢筋表面就很容易发生锈蚀。锈蚀产物的体积膨胀程度远远超过原有钢材的体积,这使得混凝土保护层遭受挤压并最终开裂,进而形成沿着钢筋走向分布的裂缝。这种裂缝的危害非常大,它既削弱了混凝土与钢筋之间的黏结力,又加快了钢筋进一步锈蚀的速度,致使承载能力降低,情况严重的时候甚至会导致结构失效。在公路工程当中,因钢筋锈蚀而引发的裂缝多见于桥梁结构、涵洞以及道路基层等部位。

3 公路工程混凝土裂缝的成因分析

3.1 设计因素

在公路工程建设进程里,结构设计是不是科学合理,这可对混凝土裂缝的出现起着直接的影响作用。要是设计阶段没把荷载分布、应力集中以及温度效应等诸多因素充分考虑进去,那很可能会致使混凝土在实际运用期间承受过大的拉应力,如此一来便诱发了裂缝。就好比说,在板式结构当中,要是设计的厚度不够或者没有合理的伸缩缝与后浇带安排,那么当温度或者荷载作用发生变动的时候,结构变形没办法有效地释放出去,这就很容易形成贯穿性的裂缝。对地基沉降以及周边环境差异所引发的不均匀变形予以忽视,往往也是设计缺陷致使裂缝出现的重要原因之一。部分工程还存在着由于结构冗余不够、构造细节不合理而产生的应力集中方面的问题,这又进一步加剧了裂缝的出现情况。所以说,在设计阶段务必要全面且细致地考量工程所处的地质状况、气候特点以及使用功能等方面的情况,要尽力避免因为设计方面的不当之处而留下裂缝的隐患。

3.2 材料因素

混凝土材料自身的性能质量是直接决定其抗裂能力的关键因素。就水泥而言,它作为主要的胶凝材料,其水化热的大小以及稳定性对于裂缝的形成有着颇为显著的影响。要是选用的是高水化热水泥,并且没有采取相应的温控举措,那么就特别容易引发温度裂缝。倘若骨料的级配不合理,或者含泥量过高的情况出现,那么这将会使得混凝土拌合物的和易性变差,而且其体积稳定性也会有所欠缺,如此一来,在硬化的过程当中便极有可能会产生收缩裂缝。除此之外,掺合料以及外加剂要是选择得当,又或者是掺量出现了失衡的情况,那么也是有可能引起混凝土体积的不稳定,又或者是早期强度不够,最终致使裂缝产生的。钢筋材料的质量同样是非常重要的,要是钢筋表面存在着锈蚀或者杂质,那么这就很容易会削弱其与混凝土之间的黏结性能,进而增加出现裂缝的风险。从上述情况来看,混凝土裂缝在相当程度上和材料的选择以及质量控制是紧密相关的,要是原材料的性能没有达到标准,那么肯定是会加剧裂缝的发生以及扩展的。

3.3 施工工艺因素

施工工艺在影响混凝土裂缝方面同样属于关键环节。就实际施工来讲,倘若拌合操作不够均匀,或者坍落度把控不合理,那么混凝土拌合物内部的孔隙率便会增加,如此一来,就容易形成早期裂缝。在浇筑以及振捣这一过程中,要是操作方式不妥当,进而造成离析、泌水等现象出现,那么混凝土的局部强度就会降低,进而形成潜在的裂缝来源。并且,模板拆除时间把控得不合适、养护工作做得不到位等情况,同样是裂缝产生的重要原因。尤其是在高温、干燥或者风力相对较大的环境之下,要是施工单位没有及时开展覆盖养护相关工作,混凝土表面的水分蒸发速度会加快,这时塑性收缩裂缝就会大量地显现出来。除此之外,施工组织较为混乱、工期安排比较紧张等这类因素,也会致使施工过程中应力控制出现问题,进而让裂缝发生的程度进一步加剧。从上述情况能够看出,施工管理的水平高低,直接对混凝土结构的抗裂性能起着决定性的作用。

4 公路工程混凝土裂缝的防控措施

4.1 优化结构与应力控制

科学且合理的结构设计,乃是预防混凝土出现裂缝的关键前提所在。在开展设计工作的阶段当中,务必要全面且细致地考量温度应力、收缩应力以及外部荷载这些因素所形成的综合作用情况,进而依据实际情况合理地去布置伸缩缝、沉降缝还有后浇带,以此方式来有效地将结构内部的应力予以释放^[1]。与此对于那些容易出现应力集中现象的部位,应当有针对性地展开加强方面的设计工作,防止因为局部存在薄弱环节而引发裂缝的产生。就地基条件相对复杂的地区而言,在设计的时候,需借助地基加固手

段或者采取差异沉降控制的相关措施,借以降低沉降裂缝风险出现的可能性。现代的设计理念着重突出结构的整体协调特性以及耐久性能,所以在设计之时,不但要确保能够满足承载力方面的要求,而且还要兼顾到混凝土在体积稳定性以及长期性能方面的表现,从而实现延缓裂缝出现以及阻止其进一步扩展这样的目标。

4.2 合理设计混凝土配合比

配合比设计属于提升混凝土抗裂性能的关键环节,合理的水灰比、骨料级配以及外加剂掺量可对混凝土的收缩变形与温度应力起到有效的控制作用。通常来讲,降低水灰比并且适量掺入粉煤灰、矿渣这类活性掺合料,既能减少水化热,又能改善混凝土的密实性与抗渗性,进而降低出现裂缝的风险^[2]。在选择骨料时,要同时兼顾粒径的合理性以及级配的连续性,以此来确保其体积稳定性与力学性能。就公路工程来讲,配合比设计还需要充分考量施工环境条件与工程特点,防止因为配合比不恰当而致使出现早期裂缝或者强度不够的情况。借助科学的配合比设计,能够切实提高混凝土的整体性能与耐久性,给裂缝控制打下稳固的基础。

4.3 施工温度与湿度的控制

施工过程里的温湿度把控,算得上是预防温度裂缝以及塑性收缩裂缝的关键举措。当处于炎热且干燥的时节开展施工作业的时候,那就得采取降温的办法,比如往拌合水里面添加冰块,或者选择在夜间去实施浇筑操作,又或者运用遮阳、喷雾这类方式来让混凝土表面的温度得以降低,进而防止出现温差过大的情况。而在寒冷的季节进行施工之时,那么就需要施行保温的措施了,像是使用保温毯、暖棚等等,如此一来便能够防止混凝土因为低温而产生早期裂缝。除此之外,在施工完成之后,还应当及时地进行覆盖操作并且洒水加以养护,以此维持其表面处于湿润的状态,从而避免因蒸发速度过快而致使出现收缩裂缝的情况。温湿度控制不单单是施工质量管理方面极为重要的内容,同时它还是确保混凝土结构能够实现长期耐久性的一种行之有效的办法。

4.4 钢筋的合理配置与防护措施

钢筋配置是否合理,这可是直接影响到混凝土结构抗裂性能的关键因素。在设计以及施工的过程当中,得依照荷载的特点还有结构受力的具体情况来合理地安排钢筋,务必要避免出现因为钢筋间距设置得过大缘故,进而使得约束效果大打折扣的情况。并且,钢筋保护层的厚度也得严格加以把控,一方面要保障钢筋不会外露出来,另一方面也要防范保护层过薄,如此一来便容易引发锈蚀裂缝。对于那些处于腐蚀环境当中的公路结构而言,还应当采用具备防锈功能的钢筋,或者是在钢筋的表面施加防护涂层,借此提升其耐蚀方面的性能。钢筋和混凝土要是能够达成良好的黏结性能,那可是保证结构整体性极为重要的一个

环节,所以说必须要确保钢筋的表面是干净且无锈蚀的,在施工期间也要格外留心,避免对其造成污染或者是损伤^[3]。凭借合理地配置钢筋以及采取有效的防护举措,是可以大幅度地降低钢筋锈蚀裂缝出现的概率的。

4.5 混凝土养护与施工管理强化

科学且合理的养护举措,在预防裂缝出现这件事上,有着极为关键的作用。当混凝土完成浇筑之后,得赶紧着手去做覆盖养护的工作,要让其维持在一定的湿度以及温度状态之下,如此一来便能够防止早期干缩裂缝冒出来。在整个养护所涉及的周期范围里面,务必要对养护时间予以严格的把控,从而保证混凝土可以充分地完成水化过程,并且能够一步步地获取到它所需要的相应强度。从施工管理这个层面来讲,那就得进一步强化施工组织方面的安排以及质量控制的相关工作,要防止因为一味的赶工期或者管理环节不到位,而致使养护做得不够到位,又或者是工序之间的衔接处理得不够妥当。在现代的施工过程当中,不妨去引入智能监测方面的技术,借助该技术来对混凝土内部的温湿度变化情况展开实时的监测与把控,通过这样的方式,就能够及时地去对养护措施做出相应的调整。只有把养护以及管理工作都切实强化起来,才能够有效地将裂缝减少掉,同时也能促使工程的整体质量以及耐久性都得到提升。

5 结语

在公路工程施工期间,混凝土裂缝的出现乃是诸多因素共同作用所形成的,这里面涵盖了设计方面、材料选用方面以及施工工艺等方面的因素。而这种裂缝的存在,一方面会使得结构的外观受到一定影响,另一方面更是会给道路的耐久性以及安全性带来潜在的威胁。经过对裂缝类型以及其成因展开较为系统的分析之后能够察觉到,要控制裂缝,那么关键的途径就在于得有科学且合理的结构设计,同时还得选用优质的材料,另外施工管理需要做到精细化,并且养护措施也务必要完善到位。在未来开展公路建设工作的时候,应当更加着重于加强在全过程当中的质量控制力度,积极去推动施工技术以及材料方面的创新应用,从而切实保障公路工程能够实现高质量的发展以及可持续的发展态势。

[参考文献]

- [1]张艳霞.建筑工程施工中混凝土裂缝的成因与应对措施[J].城市建设理论研究(电子版),2023(33):112-114.
- [2]李秋明.建筑工程施工中混凝土裂缝的成因与应对措施[J].城市建设理论研究(电子版),2024(24):127-129.
- [3]刘歌,王海平.建筑工程施工技术中混凝土裂缝的成因与应对措施[J].中华建设,2025(7):142-144.

作者简介:陈静(1988.10—),女,毕业院校:河北工程大学,学历:本科,所学专业:土木工程,当前就职单位:晋州市通达路桥建设有限责任公司,职称级别:中级。

城市道路路基软地基处理过程中的市政工程技术探究

伏晓勇

新疆塔建三五九建工有限责任公司, 新疆 阿拉尔 843300

[摘要]软土地基处理属于城市道路工程建设里的关键环节,它对道路使用寿命以及安全性能有着直接影响。文章全面且细致地分析了软土地基所具备的工程特性,同时也对其给道路稳定性带来的危害予以剖析。着重对换填法、预压法、复合地基法以及化学加固法等常用的处理技术展开探讨,涉及这些技术的原理以及它们各自的适用条件。把施工质量控制要点和现场监测技术方法综合起来考虑,给出针对常见问题的具体处理办法,并且指出环境保护以及可持续发展要求在现代市政工程当中的实践意义。相关研究说明,科学地去选择地基处理技术并且落实全过程的质量控制,能够大幅度提升道路工程的整体稳定性以及耐久性。

[关键词]软土地基; 市政工程; 地基处理; 质量控制

DOI: 10.33142/aem.v7i8.17751

中图分类号: U416

文献标识码: A

Exploration on Municipal Engineering Technology in the Treatment Process of Soft Foundation of Urban Road Subgrade

FU Xiaoyong

Xinjiang Tajian 359 Construction Engineering Co., Ltd., Alaer, Xinjiang, 843300, China

Abstract: Soft soil foundation treatment is a key link in urban road engineering construction, which has a direct impact on the service life and safety performance of roads. The article comprehensively and meticulously analyzes the engineering characteristics of soft soil foundation, and also analyzes the harm it brings to road stability. Emphasis is placed on exploring commonly used treatment techniques such as backfill method, preloading method, composite foundation method, and chemical reinforcement method, involving the principles of these techniques and their respective applicable conditions. Taking into account the key points of construction quality control and on-site monitoring techniques, provide specific solutions for common problems, and point out the practical significance of environmental protection and sustainable development requirements in modern municipal engineering. Related studies have shown that scientifically selecting foundation treatment technologies and implementing quality control throughout the entire process can significantly improve the overall stability and durability of road engineering.

Keywords: soft soil foundation; municipal engineering; foundation treatment; quality control

引言

随着城市化进程的不断加快,城市道路建设日益成为城市发展的重要组成部分。然而,在城市道路建设中,软地基问题一直是一个无法回避的问题。软地基具有孔隙大、含水率高、压缩性强等特点,容易导致地基变形、沉降等问题,严重影响道路的稳定性和安全性。因此,有效处理城市道路路基软地基,提高地基承载力和稳定性,成为城市道路建设中的关键问题。

1 软土地基特性及对道路工程的影响

1.1 软土地基工程特性

软土地基主要是由淤泥、淤泥质土以及部分冲填土构成的,其物理力学方面的性质呈现出和一般黏性土有着明显不同的特点。天然含水量偏高是软土地基极为突出的一个特点,一般情况下会达到液限之上,甚至会超出百分之五十的程度,如此一来便致使土体接近于流动的状态,很难维持稳定的形态^[1]。高压缩性同样属于一项重要的特性,软土在受到外部荷载的作用时,会产生较大的变形情况,

并且沉降持续的时间也会比较长,这是因为土颗粒之间的联结较为薄弱,而且孔隙水难以迅速排出所引发的。抗剪强度较低的情况直接对地基承载力形成了制约,软土的内摩擦角往往小于十度,黏聚力也不足十千帕,在车辆动荷载以及地下水的作用之下,容易出现剪切破坏的现象。渗透系数偏小致使排水固结的速度变得较为缓慢,尤其是深厚软土层,需要花费数年的时间才能够完成主要的沉降过程,这种滞后的效应给道路施工以及后期的维护工作带来了极大的挑战。

1.2 软基对道路稳定性的危害

软土地基存在一些不良的工程特性,这些特性给道路稳定性带来了诸多方面的危害,而且这些危害在施工阶段以及运营维护过程中均有体现。其中,不均匀沉降是最常出现的一种病害形式。因为软土层的分布厚度并不均匀,或者其压缩性存在差异,所以道路路基在纵向以及横向都会出现差异沉降的情况,最终致使路面呈现出波浪形的变形状况,并且还可能出现纵向裂缝。在雨季的时候,或者

当地下水位有所上升时,软土地基的含水量会进一步增多,这使得土体强度迅速降低,有可能引发局部滑移的情况,甚至出现整体失稳的事故。在长期行车荷载的作用之下,软土会产生累积塑性变形,这种变形一方面体现在路基顶面的沉降上,另一方面还会引起路肩发生侧向位移,进而破坏道路线形的平顺程度。更为重要的是,软土地基具备流变特性,这就使得变形会随着时间不断地持续发展,即便初期的沉降是符合相关规范要求的,但后期仍然有可能超出允许的范围,进而对道路的正常使用寿命产生影响。

2 软土地基处理常用技术方法

2.1 换填法

换填法属于最为传统并且广泛运用的一种软基处理技术,它的关键原理在于把软弱土层的部分或者全部都挖除掉,然后再回填那些强度相对较高的砂石料或者其他具备稳定性的材料,以此来促使地基承载力得以改善。此方法在软土层厚度比较浅并且地下水位也比较低的地区是适用的,通常情况下其处理的深度不会超过三米,一旦超过这个范围,那么经济性就会出现较为明显的下降情况。在施工期间,要着重对基坑边坡的稳定性以及回填材料的压实度加以把控,防止在开挖阶段周边的土体发生坍塌,同时也要避免回填之后出现新的压缩变形状况^[2]。依据中国住建部网站所发布的市政工程技术指南来看,经过换填法处理过后的地基承载力能够提升百分之五十到一倍的程度,并且工后沉降量也能够控制在十厘米以内,不过这种方法存在一定的局限性,那就是需要耗费大量的优质填料,而且废弃软土的处理很可能会给环境带来一定的影响。

2.2 预压法

预压法是通过施加预加载荷的方式来促使软土地基的排水固结进程得以加速,进而实现提升地基强度以及降低工后沉降这样的目的。其中,堆载预压属于最基本的一种形式,具体操作是在地基表面堆放土石方或者其他重物,如此一来,可使得软土中的孔隙水压力先是增大,然后再慢慢消散,伴随这一过程,有效应力不断增加,最终达成土体被压实的效果。而真空预压则是借助覆盖密封膜并且抽取膜下空气的方式,进而营造出负压环境,凭借大气压力当作荷载源,一方面避免了大量堆载材料的运输麻烦,另一方面还能实现更为均匀的应力分布状况。依据中国工程建筑标准化协会所统计的数据来看,预压法在深厚软土层的处理方面特别适用,通常需要设置竖向排水体,像是砂井或者塑料排水板,以此来缩短排水的路径,整个预压周期往往需要花费六至二十四个月的时间,并且得配合系统的监测举措,这样才能确保加载速率和地基稳定性相互契合。

2.3 复合地基法

复合地基法秉持着让竖向增强体和其周围的土体一同肩负起荷载的这一理念。它是借助植入桩体或者添加加筋材料的方式,进而构建起人工复合地基体系,以此来提

升整体的承载能力,并且促使沉降得以减小。水泥土搅拌桩在这些技术当中属于应用最为广泛的一种。它会凭借专用机械把水泥浆液同原位的软土强行加以搅拌,从而形成水硬性柱体^[3]。这些柱体一方面可以充当竖向的支承,另一方面还能够推动周围土体实现固结。碎石桩则是通过振动沉管法在软土里面形成碎石柱体,如此一来,它不但能给出排水的通道,而且可以通过挤密的作用对土体的密度加以改善。CFG桩,也就是水泥粉煤灰碎石桩,它自身有着较高的刚度,同时还有效地把荷载传递到深层的土体当中,尤其适合那种对沉降控制要求极为严格的像城市主干道这样的工程。这些复合地基的方法得依据土层分布的具体特征以及荷载的相关要求来合理地去设计桩径、桩距以及置换率,并且还得考虑到桩土应力比还有长期变形的协调性,唯有如此才能够发挥出最佳的效果。

2.4 化学加固法

化学加固法是借助于向软土地基注入化学浆液或者添加固化剂的方式,以此来改变土体的化学成分以及结构特征,进而达成土体强度得以提升并且变形特性获得改善的目的。高压喷射注浆技术运用高速流体去切割土体,并且在切割的同时注入水泥基浆液,由此能够形成连续的水泥土加固体,而且还可以依据实际需求将其设计成不同的形状,比如旋喷桩或者是摆喷墙等。深层搅拌法则依靠特制的搅拌头把固化剂和原位土体充分地混合在一起,进而形成整体性较为良好的加固区域,这种方法的优点在于其对周边环境产生的影响相对较小,并且还能够在维持地基原有的整体性。近些年发展起来的新型高分子固化剂有着渗透性良好以及固化时间较短的特点,不过它的长期耐久性以及对环境的影响情况仍然需要进一步去做验证。化学加固法通常是在常规方法难以实施的狭小场地或者是紧急抢险工程当中加以应用,然而需要注意的是,化学浆液有可能会对地下水的水质产生不利的影响,所以这就需要做严格的环境风险评估。

3 软基处理施工质量控制与监测

3.1 施工质量控制要点

软基处理施工的质量会直接影响到最终的处理效果,所以得全程把控施工质量,其中材料、设备、工艺以及人员等方面都是质量控制的关键点。回填材料的级配和含泥量要符合设计要求,而且每五千立方米得抽检一次;水泥这类固化剂要检查出厂合格证,还要测定其稳定性和活性指标;施工设备像搅拌桩机、压路机等要定期校验工作参数,保障成桩质量和压实均匀性;操作人员得接受专业培训并且持证上岗,以免出现人为失误;工艺参数控制涉及搅拌桩的提升速度、旋转速度,预压荷载施加速率以及真空度维持水平等,这些参数要依据现场试验段的结果来优化调整。在雨季施工时,更要强化相关措施,比如排水系统的布置以及工作面的保护,防止外部水流进入施工区域,

改变软土的原始状态，进而影响处理效果。

3.2 现场监测技术方法

系统化的现场监测，这可是评估软基处理成效以及把控施工进度关键办法。监测所获取的数据，能够将地基变形的发展状况以及应力状态的变化情况清晰呈现出来，进而让我们能及时察觉到问题所在，并且对方案做出相应调整。在地表沉降观测方面，会采用精密水准仪和沉降板组合起来的方式进行测量。具体操作时，会在道路的中心线还有路肩的位置布置监测点，而且每周都会进行一次测量，一直持续到沉降趋于稳定为止。要是碰上比较重要的工程项目，那么还需要埋设分层沉降仪，以便全面掌握不同深度土层的压缩特性。孔隙水压力监测主要是通过埋设孔隙水压力计来实时掌握固结进程。当发现孔隙水压力消散速度较为缓慢的时候，可以采取加速排水的相关措施；而一旦出现异常升高的情况，那就得暂停加载操作，以防地基出现失稳的状况。侧向位移监测是借助测斜管与活动式探头组合的方式来开展的，每天都会进行一次测量，以此来保证边坡的稳定性，尤其是那些临近建筑物的路段更是如此。现代监测技术把远程自动采集系统引入进来之后，便能够达成数据实时传输以及预警的功能，这无疑极大地提升了监测工作的效率以及可靠性。依照中国土木工程学会监测技术标准的要求，所有的监测数据都需要整理成为数据库的形式，并且每周都要提交一份分析报告。

3.3 常见问题及处理措施

软基处理施工时，常碰到各类技术难题，得及时察觉并妥善应对，这些问题部分源自地质条件的多变性，部分和施工管理的瑕疵有关。沉降量超出设计值是比较常见的状况，主要缘由在于软土层厚度的勘察不够精确，或者预压时间不够充足，补救办法可以考虑追加荷载，延长预压时间，或者采用注浆补偿加固，不过要重新核算稳定性。复合地基桩体出现缩颈断桩或者垂直度偏差过大的情况时，需通过增加搅拌次数或者调整注浆压力来提升成桩质量，对于缺陷严重的区段，需要补打加固桩。真空预压系统中膜下真空度难以维持规定的要求，通常是由于密封膜破损或者排水管路堵塞所引起的，需要仔细检查密封沟回填的质量以及滤管包裹的情况，并且及时修补漏气点。施工期间，监测数据出现异常，比如沉降速率突然增大或者孔隙水压力急剧上升，必须立即停止施工，组织专家分析原因，防止发生安全事故，这些处理措施都应当记录在工程日志中，作为后续验收的依据。

3.4 环境保护与可持续发展要求

现代市政工程在建设之时，务必要全面考量环境保护以及可持续发展的相关要求。软基处理期间，有可能会出现诸如噪声、振动、泥浆污染以及废弃物处理等方面的环境问题，对此应当予以系统的应对举措^[4]。换填法会生成

大量的废弃软土，应当优先去思考将其资源化利用的可能性，比如可以作为绿化用土，或者当作烧结建材的原料来使用，切不可随意进行堆放，如此一来便不会占用过多的土地，也能避免对周边的水体造成污染。预压法所使用的堆载材料，适宜选取当地能够利用的资源，并且在施工完成之后，就地将其应用于道路填筑当中，以此来降低因材料运输而产生的能源消耗以及尾气排放情况。化学加固法在施行的时候，需要选用无毒或者低毒的化学浆液，并且要严格把控注入的压力以及范围，防止化学物质出现扩散的情况，进而影响到地下水的水质，在施工结束之后，还需开展专项的环境检测工作。可持续发展的要求还表现在，尽可能地去选用节能型的施工设备，同时对工艺加以优化，以此来减少碳排放量，另外还要综合考虑处理措施在整个生命周期之内的成本，而不仅仅是单纯地关注初期的投资情况。这些理念在中国市政公用协会所发布的绿色施工指南当中，已然得到了清晰明确的体现，并且要求逐步地予以实施。

4 结束语

软土地基处理在城市道路工程建设当中属于关键技术环节，其和道路工程的安全性、耐久性以及使用功能有着直接关联。本文全面且细致地分析软土地基所具有的特性以及由此产生的危害性，同时对换填法、预压法、复合地基法还有化学加固法等常用技术的适用条件以及实施要点予以归纳总结，并且就施工质量控制、现场监测以及环境保护等方面的要求展开深入探讨。通过相关研究可以发现，并不存在一种能够适用于所有软基问题的通用方法，而是需要依据工程地质条件、荷载要求以及环境限制等因素来挑选合适的方案或者组合方案。在未来的研究当中，应当着重关注绿色处理技术以及智能监测系统的开发与应用，以此推动市政工程建设朝着资源节约以及环境友好的方向不断向前发展。这些方面的努力将会对我国城市道路建设整体技术水平的提升起到积极作用，并且还能城镇建设给予可靠的支撑。

[参考文献]

- [1]刘特.海绵城市建设对市政道路路基的影响分析[J].交通世界,2025(15):48-50.
 - [2]袁铭泽,崔琳.城市道路路基软地基处理过程中的市政工程技术分析[J].广东建材,2025,41(1):141-144.
 - [3]胡润忠.山地城市道路路基及地基处理设计[J].中国水运,2024,24(18):120-121.
 - [4]张宏云.桩网复合地基处理城市道路深层软土路基[J].价值工程,2022,41(34):109-111.
- 作者简介：伏晓勇（1989.7—），毕业院校：新疆大学，所学专业：土木工程，单位名称：新疆塔建三五九建工有限责任公司，就职单位职务：新疆塔建三五九建工有限责任公司第一建筑工程公司副经理，职称级别：中级。

高支模施工技术在复杂结构工程中的创新应用与优化

黄 鹏

内蒙古电力建设(集团)有限公司, 内蒙古 包头 014100

[摘要]高支模施工技术于高层建筑以及复杂结构工程领域有着广泛的应用,不过依旧存在着诸多问题:传统支撑体系所具备的承载力以及稳定性都较为有限,在施工过程当中,安全监测主要依靠人工来完成,信息化程度较低;施工方案以及工序管理方面还有待进一步优化,对于工期以及成本的控制也存在一定困难;新型材料以及机械化施工的应用还不够充分,绿色施工的落实情况也不够理想。这些因素都在一定程度上制约了高支模施工的效率、安全性以及可持续发展,所以针对其创新应用与优化路径展开相关研究是很有意义的。

[关键词]高支模施工技术;复杂结构工程;创新应用;优化措施

DOI: 10.33142/aem.v7i8.17747

中图分类号: TU755.2

文献标识码: A

Innovative Application and Optimization of High Formwork Construction Technology in Complex Structural Engineering

HUANG Peng

Inner Mongolia Power Construction (Group) Co., Ltd., Baotou, Inner Mongolia, 014100, China

Abstract: High formwork construction technology has been widely used in high-rise buildings and complex structural engineering fields, but there are still many problems: the bearing capacity and stability of traditional support systems are relatively limited, and safety monitoring during the construction process mainly relies on manual labor, with a low degree of informatization; The construction plan and process management still need further optimization, and there are certain difficulties in controlling the schedule and cost; The application of new materials and mechanized construction is not sufficient, and the implementation of green construction is also not ideal. These factors have to some extent constrained the efficiency, safety, and sustainable development of high formwork construction, so it is meaningful to conduct relevant research on its innovative application and optimization path.

Keywords: high formwork construction technology; complex structural engineering; innovative application; optimization measures

引言

城市化进程不断推进,建筑规模持续扩大,结构也变得愈发复杂起来。如此一来,高支模施工技术便在高层建筑、大跨度结构以及异形结构工程当中的运用变得越来越普遍了。高支模施工技术可对混凝土模板系统起到有效的支撑作用,进而确保结构施工具备安全性、精度以及较高的施工效率。然而在实际工程运作当中,因为结构形式较为复杂、施工高度颇高并且工期还很紧张等诸多因素的影响,传统的高支模施工方式在承载力、稳定性、施工效率以及安全管理等方面依旧面临着不少的挑战。与此随着建筑工业化以及智能化程度的逐步提升,新型支撑体系、智能监测技术、装配化施工方法还有高性能材料等都在得到应用,这无疑为高支模施工技术的创新与优化开拓出了极为广阔的空间。这篇文章着重对高支模施工技术在复杂结构工程里所呈现出的特点以及当前的实际状况展开系统分析,深入探讨其在支撑体系设计、施工工艺、智能管理以及材料应用等方面所采取的创新举措,并且提出相应的优化路径,具体包含施工方案的设计、质量与安全的把控、工期与成本的管理以及节能环保方面的综合优化等内容。通过针对创新应用与优化路径展开的相关研究,希望能够

为高支模施工技术在复杂结构工程当中实现高效、安全且绿色环保的实施给予一定的理论指引以及实践方面的参考,从而进一步推动施工技术朝着现代化以及可持续发展的方向不断迈进。

1 高支模施工技术的特点

高支模施工技术具有多方面的显著特点,首先,其支撑系统高度和位置灵活,可根据不同结构形状和尺寸进行调整,满足复杂工程的施工需求;其次,系统承载能力强,能够支撑较重的建筑材料和施工荷载,保证结构在施工过程中的稳定性和安全性;此外,该技术施工效率高,模板可以快速搭建与拆卸,有效缩短工期,提高施工整体效率;同时,高支模施工技术适应性广,可在各种复杂施工环境下顺利实施,充分体现了其在高层建筑、大跨度结构及异形结构工程中的实用价值和技术优势。

2 高支模施工技术的创新应用

2.1 新型支撑体系的研发与应用

新型支撑体系的研发及应用属于高支模施工技术创新的关键方向之一,其关键点在于借助对结构体系加以优化以及提升材料性能的方式,去处理传统支撑方式于承载力、稳定性还有施工效率层面所存在的诸多不足之处。伴

随复杂结构工程规模持续扩大以及施工高度不断攀升,传统的扣件式、碗扣式钢管支撑常常在安全性、施工便捷性以及重复利用率等方面有着较为明显的局限性,然而新型支撑体系凭借引入高强度钢材、可调节结构件以及模块化构件,达成了整体结构具备高刚度、高承载力以及能够快速完成装拆的效果,大幅度提升了施工的可靠程度与经济效益^[1]。并且,部分新型支撑体系还将力学优化设计理念以及有限元分析方法融入其中,在结构布置方面更为科学合理,可以有效地减少材料方面的浪费以及因受力不均而产生的安全隐患。在实际的工程操作当中,此类体系在大跨度空间结构、超高层建筑以及复杂异形构件的施工环节中得到了广泛应用,呈现出不错的适应性以及推广的价值,为高支模施工在复杂结构工程里实现高效且安全的实施给予了有力的保障。

2.2 智能监测与信息化技术的应用

智能监测与信息化技术在高支模施工方面的运用,使得施工过程的安全性以及管理水平都得到了大幅度的提升。其关键作用在于对支撑体系展开实时的监控,同时也对施工数据实施动态化的管理。传统高支模施工一般依靠人工巡查以及凭借经验来做出判断,这就存在着反应速度滞后、所获取的信息不够准确,而且隐患很难在第一时间被及时发现等诸多问题。然而智能监测系统会通过布置传感器、摄像设备以及信息采集终端等方式,达成对模板支撑体系当中像荷载、位移、倾斜、沉降这类关键参数的实时采集以及分析的目的。如此一来,当出现超限或者异常状态时,能够及时发出预警,进而降低安全方面存在的风险。与此信息化管理平台能够把监测数据同施工进度、材料配置以及质量控制相互结合起来,进而形成一种可视化且具有动态特性的施工管理模式,这有利于管理人员开展远程调度工作,并且能够做出更为科学合理的决策。借助于大数据以及人工智能所具备的分析技术,还能够针对监测数据展开趋势预测以及风险评估等相关工作,从而可以提前去制定具有针对性的应对办法。

2.3 装配式与机械化施工的融合

装配式与机械化施工相互融合乃是高支模施工技术发展呈现出的重要趋向,其关键之处就在于把标准化构件的预制环节和现场快速装配的操作结合起来,同时依靠机械化设备来促使施工效率以及安全水准得以提升,进而冲破传统的人工操作所存在的耗时较长、劳动强度颇高、精度控制难度较大等一系列局限。装配式施工借助工厂化预制的方式去制作支撑构件,如此一来便能够确保构件在尺寸以及质量方面保持一致性,在施工现场仅仅需要依据设计方案展开模块化的拼装工作,这既能使施工周期有所缩短,又能减少因为人为因素而出现的偏差以及质量问题^[2]。至于机械化施工,则是通过采用塔吊、升降机、智能吊装设备还有自动化锁紧系统等装备,大幅度提高了高支模体

系在安装以及拆除方面的效率,还切实有效地降低了高空作业所面临的风险。

2.4 新型材料在高支模施工中的应用

新型材料在高支模施工中的运用,使得支撑体系的承载力、耐久性以及施工便捷性均得到了有效提升,进而为复杂结构工程的顺利开展给予了技术方面的有力支撑。传统使用的木材以及普通的钢管,在强度、稳定性以及周转次数等方面都存在着一定的局限性。然而伴随着建筑工业化的推进以及新材料技术的不断发展,高强度钢材、轻质合金材料还有高性能复合材料逐步开始被应用于高支模施工当中。就像高强度钢管,其不但拥有更高的承载能力以及抗变形性能,而且借助薄壁化的设计方式还能够降低自身的重量,如此一来便可以让支撑体系的整体荷载得以减轻。铝合金以及玻璃纤维增强塑料(GFRP)等这类轻质材料,因为自身重量较轻、耐腐蚀性强且可重复使用的次数较多,所以受到了人们的广泛关注。这些材料在提升施工安全性的基础上,还大幅降低了人工搬运以及安装的强度。除此之外,像覆膜竹胶板、塑料模板等新型模板材料,具备表面较为平整、耐磨损以及易拆装等诸多特点,可以有效地提高混凝土成型的质量,并且能够延长使用寿命。

3 高支模施工技术的优化路径

3.1 施工方案与结构设计优化

施工方案以及结构设计的优化,这在提升高支模施工的质量与效率方面,属于极为关键的环节。其最为关键之处就在于要依据工程结构所具有的特点以及施工环境的实际条件,去科学地确定支模体系的各项设计参数,同时制定出合理的施工流程,以此来保障结构的受力是合理的,施工的安全也是可以得到控制的。在方案进行编制的这个阶段当中,应当针对建筑物的高度、跨度、荷载呈现出的特征以及施工场地的具体条件展开较为全面的分析,从而合理地挑选出支撑体系的形式以及布置的方式,并且借助有限元分析、BIM 技术等一系列现代化的设计工具,针对高支模体系的承载性能以及稳定性开展模拟计算以及优化调整方面的工作,进而避免因为设计存在不合理之处而致使出现变形或者失稳方面的风险。从施工组织的角度来讲,需要充分地考量工序之间的衔接情况、材料的周转状况以及设备的配置情况,以此来确保施工的过程能够高效且顺畅地推进,减少资源出现浪费的情况^[3]。与此在结构设计这个层面上,通过深化设计图纸、对节点构造予以优化、减少复杂的连接方式以及预留合理的施工缝等举措,不但能够让施工的难度得以降低,而且还可以提升支撑体系整体所具备的可靠性以及经济性。

3.2 施工过程质量与安全控制优化

施工过程质量与安全控制优化属于高支模施工管理的关键核心内容,其要点在于借助全过程监管以及多层次防控体系的构建,保障支撑体系于搭设、使用以及拆除各

个环节当中能够达成安全可靠的状态,并且让施工质量处于可控制的范畴内。在具体的实施进程里,一开始应当严格依照施工规范以及设计要求来执行相关事宜,针对材料质量、构件规格还有安装精度展开逐项细致的检查工作,防止因为材料存在缺陷或者安装出现误差而致使整体产生失稳的情况发生;接着需要在像立杆间距、水平拉杆布置、剪刀撑设置等这些关键节点方面强化复核举措,从而确保受力体系具备完整性与稳定性。除此之外,通过引入智能监测设备以及信息化管理平台的方式,能够达成对高支模结构的荷载、沉降、倾斜等诸多参数进行实时监控的效果,并且当出现异常状况的时候可以及时发出预警信息,进而避免安全事故的发生;与此还需要构建起健全的质量与安全责任制度,清晰明确各级管理人员以及施工人员各自的职责分工情况,强化技术交底以及安全培训方面的力度,使得全体参与其中的人员都具备风险防范的意识并且操作行为具备规范性。

3.3 工期与成本的优化管理

工期与成本的优化管理对于高支模施工技术的提升而言,是极为重要的目标所在。其关键之处就在于凭借科学合理的施工组织以及资源方面的配置安排,在确保工程质量以及施工安全得以保障的前提下,达成时间与资金两方面的节约成效。就工期控制来讲,得通过合理地去编制施工进度计划,借助网络计划技术、BIM 模拟还有信息化调度等相关手段,针对施工关键路径展开动态层面的分析与优化操作,防止因为工序衔接不够顺畅或者出现资源冲突等情况而引发的工期延误问题。与此要结合装配式构件以及机械化施工的方式方法,提高支撑体系在搭建与拆除环节的效率,进而缩减整体的工期时长。在成本管理这个方面,需要从材料的选用、构件周转率的情况、劳动力的配置状况以及设备利用率等诸多环节去着手开展工作。一方面要选用高性能的新型材料以及标准化构件,以此来降低长期的成本支出;另一方面还要依靠精细化的管理举措,减少材料的浪费情况以及人工投入的额度,以此提升施工的经济性。除此之外,还应当引入全过程的成本控制理念,把动态成本核算与实时数据的分析结合起来,针对那些有可能会产生超支的环节提前给予预警提示,并且采取相应的纠偏措施加以应对。

3.4 节能环保与绿色施工优化

节能环保以及绿色施工优化属于高支模施工技术可持续发展的关键指向,其重点在于借助恰当选材、改进施工工艺还有科学管理等方式,达成资源节约、能耗降低以及环境保护等综合性目标。就施工材料来讲,应当优先选用高性能且可重复利用的新型支撑材料以及模板材料,如

此既能确保施工质量与安全性,又可切实减少材料浪费以及施工废弃物的产生。在施工工艺层面,可以运用装配式构件、机械化施工以及模块化拼装等技术手段,以此提高施工效率,削减人工耗费与能源使用,与此同时降低施工过程中噪声、粉尘以及排放给环境带来的影响。在施工管理方面,需要构建绿色施工评价体系以及能耗监测机制,针对施工过程中能源使用、废弃物处理以及资源回收展开实时监控并进行优化调控,从而保证施工活动契合节能环保的要求。把信息化管理同绿色施工理念相互融合,达成施工方案的优化、材料利用的最大限度以及工序衔接的科学合理,这不但能够提升高支模施工技术的可持续性,而且还为复杂结构工程的高效、安全、绿色施行给予了有力的保障。

4 结语

经过对高支模施工技术于复杂结构工程当中的相关研究能够发现,其在支撑体系的设计方面、施工工艺层面、材料的应用环节以及智能化管理领域都有着创新性的应用方式。这些应用方式对于提升施工期间的安全性、工程质量以及施工效率而言,有着不容忽视的重要意义。与此凭借施工方案的优化举措、对施工过程中质量以及安全的有效把控、工期与成本方面的管理手段以及节能环保相关措施的实际施行,切实有效地化解了传统高支模施工所存在的诸多不足之处,进而达成了施工高效开展、经济合理安排以及绿色化发展的良好成效。从整体上来看,高支模施工技术的创新之举以及后续的优化操作,一方面给复杂结构工程给予了稳固可靠的技术层面的保障,另一方面也为施工管理朝着现代化方向迈进以及实现可持续发展提供了颇具价值的参考依据。在未来的发展进程中,应当持续推进新材料的应用推广工作、机械化施工方式的运用以及信息化管理手段的实施,持续不断地推动高支模施工技术不断实现升级,从而为复杂结构工程能够达成高质量的建设目标筑牢坚实的根基。

[参考文献]

- [1]绳宸.高支模土建施工技术在土建施工中的应用[J].中国住宅设施,2025(4):187-189.
 - [2]袁军.房建土建工程中高支模施工技术的应用[J].陶瓷,2025(4):178-179.
 - [3]王蔓.高支模施工技术在房建土建工程施工中的应用[J].建筑机械,2025(4):337-339.
- 作者简介:黄鹏(1989.10—),毕业院校:中国地质大学(武汉),所学专业:土木工程(建筑工程),当前就职单位:内蒙古电力建设(集团)有限公司,职务:准大电厂2X100万千瓦煤电一体化扩建项目施工项目部副总监,职称级别:初级、一级建造师。

公路隧道工程中的小净距隧道施工技术

梁瑞利

新疆北新路桥集团股份有限公司, 新疆 乌鲁木齐 830000

[摘要]我国是一个多山地丘陵的大国,在多山地带开掘隧道,是缩短公路里程、缩减交流耗时的重要工程方式。小净距隧道施工技术作为一种适用性强的隧道结构,在我国有广泛的应用。文中围绕小净距隧道施工的稳定性和施工效率需求,阐述了一个连续的、稳定为先的小净距隧道施工技术链条,为小净距隧道施工的作业开展提供技术支持。

[关键词]公路;隧道;小净距;施工技术;中夹岩柱

DOI: 10.33142/aem.v7i8.17742

中图分类号: U45

文献标识码: A

Construction Technology of Small Clearance Tunnels in Highway Tunnel Engineering

LIANG Ruili

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

Abstract: China is a large country with many mountains and hills. Excavating tunnels in mountainous areas is an important engineering method to shorten the mileage of highways and reduce communication time. The construction technology of small clearance tunnels, as a highly applicable tunnel structure, is widely used in China. The article focuses on the stability, safety, and construction efficiency requirements of small clearance tunnel construction, and elaborates on a continuous and stable construction technology chain for small clearance tunnel construction, providing technical support for the operation of small clearance tunnel construction.

Keywords: highway; tunnel; small clearance distance; construction technology; intermediate rock column

引言

我国是一个地形地貌复杂、多山地的大国,山会影响公路的修建走向,影响联通两地之间的路途长短、危险系数。为了保证山区公路交通的通畅,隧道是公路路线上常见的工程形式之一,可以有效缩短公路总长度,缩短两地交通的耗时。小净距隧道是一种能够满足复杂地形公路设计的隧道工程模式,是一种左右洞的中夹岩柱的厚度为隧道开挖洞直径一定倍数的隧道,左右洞的净距小,开挖时互相影响大。随着公路建设的快速发展,公路线形设计要求逐步提高,隧道之间的净距越来越小。

1 小净距隧道概述

在公路隧道工程建设领域,小净距隧道作为一种特殊且重要的隧道结构形式,其净间距通常处于 2-20m 的范围,巧妙地介于普通分离式隧道和连拱隧道之间^[1]。这种独特的结构特性,使小净距隧道在实际的公路工程应用中具备诸多优势。一方面,小净距隧道对地形条件和总体线路线型的适应性比其他隧道结构形式强,能够在我国复杂的地理环境中灵活进行公路线路布局,有效降低了线路规划和建设的难度;另一方面,能充分发挥双洞中间岩柱的承载作用,在保证隧道结构稳定性的同时,有效降低了接线难度,缩短了公路隧道工程的施工周期,控制了公路隧道工程的施工成本。因此,小净距隧道在我国的公路交通建设中被广泛应用。

小净距隧道在公路工程中应用时,也面临着一些不容忽视的挑战。由于小净距隧道特殊的结构,在施工过程中

应力分布情况较为复杂,隧道的变形控制难度较大。所以,小净距隧道的施工安全性和稳定性容易受到影响。比如,在隧道开挖过程中,周边围岩的应力状态会发生改变,伴随着较高的围岩变形、坍塌等风险。中夹岩柱作为连接两个隧道的关键部位,其受力情况复杂,容易出现应力集中的情况。若中夹岩柱的处理不当,将直接影响整个小净距隧道结构的稳定性。

2 公路隧道工程中小净距隧道施工技术

2.1 超前预报和支护技术

识别地质风险、提前做好支护,是公路隧道工程施工保证安全的关键。小净距隧道这样结构特殊、力学情况复杂的工程,需提前做好优化和安全工作。

2.1.1 超前预报

超前预报的目的是提前识别前方的地质构造和不良地质体,为施工方案的调整和风险防范提供依据。常用的超前预报方法包括:

掌子面地质调查是最基础、最直接的超前预报方法。施工技术人员在每次开挖作业完成后,及时对掌子面进行详细的地质观察和记录,重点观察掌子面岩性、岩层产状、节理裂隙发育情况、地下水出露情况等。通过对掌子面地质特征的分析,技术人员可以初步判断前方地层的稳定性,可以初步预测前方可能存在的不良地质现象。比如,地质观察掌子面时,发现掌子面的岩层破碎、节理裂隙密集且有地下水渗出,可以初步判断前方存在断层破碎带或富水地层,需要采取相应的防范措施。

地质雷达探测是一种利用高频电磁波探测前方地质情况的无损检测技术,利用的是高频电磁波在不同介质中的不同传播速度和反射特性。地质雷达探测具有检测速度快、分辨率高、操作简便等优点,能够有效发现前方岩层中的断层、溶洞、地下水富集区等不良地质体的存在,还能探测到位置和规模。

超前钻探是一种直接在隧道掌子面或侧壁钻孔,获取孔内的岩芯样品和地质信息的超前预报方法,预报结果准确率较高。超前钻探可以分为水平钻探和垂直钻探两种方式,在实际应用中需根据隧道的实际情况进行选择。在钻探过程中,技术人员要详细记录钻孔的深度、岩芯采取率、岩层变化情况、地下水出露位置、地下水水量等信息,并对岩芯样品进行实验室分析,确定岩石的物理力学性质,为施工方案的优化提供准确的地质参数。

2.1.2 超前支护技术

超前支护技术是在隧道开挖前,结合超前预报所获得信息,对前方围岩进行提前加固和支护的技术,能够提高小净距隧道围岩的稳定性,降低出现坍塌、涌水等事故的风险。常用的超前支护技术包括:

长管棚注浆超前支护技术是沿隧道的开挖轮廓线,保持一定间距向开挖面前方预先钻设惯性矩较大的厚壁钢管,尽量减少外插角,使形成的管棚能够兼顾支撑及注浆的技术。钢管强度和性能很重要,技术人员需根据隧道工程需求严格控制材料参数,并在接头位置错开长度约2m,注意不得在尾端2m范围内布设纸浆钻孔^[2]。再用注入浆液的方式加固前方岩体,提高隧道开挖轮廓的整体稳定性和围岩的强度,降低开挖过程中岩体局部坍塌变形、土层坍塌、地表下沉等现象出现的概率。用于加固岩体的注浆水灰比控制在0.5:1,压力控制在0.5~1.5MPa。由于施工场地较为狭窄,采用钻机进行送管,然后将三通构造的注浆管与其焊接;采用全孔灌浆技术将水玻璃浆液一次性注入到位,遵循先无水孔、后有水孔的原则,以对称的形式逐步推进施工。长管棚注浆超前支护技术主要应用于隧道进口和出口,有适用性强、进尺长、刚度大等优势,可有效控制开挖沉降。

小导管注浆超前支护技术是将具有渗洞的小导管打入隧道岩体中,通过注浆泵的压力使水泥浆液扩散到岩体孔圈和裂圈中,形成一层止水、稳定的承载壳的技术。小导管不仅能起到超前锚杆的作用,还能改善围岩的力学性能,控制地层松动、变形等问题。小导管注浆超前支护技术的优势在于,加固效果好、成本可控、操作方便、可缩短开挖时间等,在公路隧道的V级和IV级围岩段应用广泛。V级围岩环向间距为350mm,IV级围岩为400mm,外插角宜为10~15°^[3],可根据实际情况调整。小导管注浆超前支护技术分为双层小导管和单侧小导管,需根据现场实际施工需求进行选择。小导管注浆的施工流程为施工

准备→测量并设置孔位→钻机就位→钻孔清孔→孔位检验→顶入小导管→封闭→安装止浆塞→注浆。注浆时遵循先两侧后中间、跳孔注浆、由稀到浓的原则,注浆压力控制在0.5~1.5MPa,要求提前通过压水试验确认注浆效果。为了控制串浆和跑浆等不良情况,施工现场可采用群管注浆的方式,工作人员必须实时关注泵口及孔口的压力变化情况。

2.2 钻爆开挖技术

钻爆开挖技术是小净距隧道施工中常用的开挖方法,效率高但容易扰动隧道围岩,在小净距隧道施工中尤其要注意钻爆对隧道结构力学的影响。

2.2.1 爆破参数设计

爆破参数的设计需要根据隧道的地质条件、断面尺寸、开挖方法等因素,综合确定炮眼直径、炮眼深度、装药量、炮眼间距、抵抗线、密集系数等参数。

炮眼直径通常根据钻孔设备和炸药性能来确定,一般为40~50mm。炮眼深度则根据循环进尺和围岩情况来确定,公式:

$$H = \frac{L}{\cos \alpha} \quad (1)$$

其中,H为炮眼深度,L为循环进尺, α 为炮孔倾角。在实际施工中,循环进尺与围岩的稳定性有关。稳定性较好的III级围岩,循环进尺可以达到3.0~4.0m;稳定性较差的V级围岩,循环进尺需减小到0.6~1.0m,以减少围岩暴露时间,降低坍塌风险^[4]。

装药量的确定是爆破参数设计的关键,直接影响爆破效果和对围岩的扰动程度。不同类型的炮眼装药量应根据岩石的性质等因素进行调整。比如,周边眼采用间隔装药的方式,以减少对周边围岩的过度破坏,保证隧道开挖轮廓的平整性。III级围岩周边眼装药集中度可控制在0.25kg/m左右;而V级围岩周边眼装药集中度需控制到0.15kg/m以下。

炮眼间距和抵抗线的确定需要相互协调,以确保爆破能量能够充分利用,同时避免出现欠挖或超挖现象。炮眼间距与抵抗线的比值称为密集系数m,取值范围0.6~1.0。周边眼为了保证光面爆破效果,密集系数通常取较小值,一般为0.6~0.8。比如,III级围岩周边眼间距可控制在50cm左右,抵抗线可控制在70cm左右,密集系数为0.71。

2.2.2 装药结构

合理的装药结构能够有效控制爆破能量的分布,减少对围岩的扰动。在小净距隧道钻爆开挖中,周边眼通常采用药卷与炮孔壁之间留有一定间隙的不耦合间隔装药结构,空气间隙的缓冲作用使得炸药爆炸时产生的能量均匀分布,降低对周边围岩的冲击压力,从而减少围岩的破碎和变形。同时,采用间隔装药的方式,将药卷分段布置在炮孔内,进一步分散爆破能量,使爆破作用更加温和。在实际应用中,周边眼通常采用导爆索将分段的药卷连接起

来, 确保各段药卷能够同时起爆, 形成平整的爆破面。

2.2.3 爆破顺序

在小净距隧道钻爆开挖中, 通常按照掏槽眼→扩槽眼→辅助眼→底板眼→周边眼的顺序进行起爆。掏槽眼首先起爆, 可以在隧道开挖断面内形成一个槽腔, 为后续炮眼的爆破提供自由面, 减少岩石的夹制作用, 提高爆破效率。扩槽眼起爆可以进一步扩大槽腔的体积, 为辅助眼的爆破创造更好的条件。辅助眼起爆可以破碎隧道断面内的大部分岩石, 起爆顺序应根据隧道断面的大小和岩石的性质进行合理安排。辅助眼一般采用分层起爆的方式, 可以兼顾爆破效率和爆破振动控制。底板眼在辅助眼后起爆, 可以破碎掉隧道底部的岩石, 便于出碴作业。周边眼最后起爆, 通过精确控制装药量和起爆时间, 让周边眼同时起爆, 在隧道开挖轮廓线处形成平整的爆破面, 减少超挖和欠挖现象, 保护周边围岩的稳定性。

现代技术的发展使得隧道钻爆可以达到毫秒延时, 各段炮眼的起爆时间间隔更容易控制, 爆破振动的叠加效应也可以有效降低, 减少钻爆对力学结构复杂的小净距隧道周边围岩和中夹岩柱的影响。技术人员为五种炮眼选择合理的雷管段别, 还可以控制爆破岩石的抛掷方向和距离, 提高出碴效率。

2.2.4 爆破振动控制

小净距隧道由于两洞之间的距离较小, 爆破振动对相邻隧道和中夹岩柱的影响较大, 因此必须采取有效的措施控制爆破振动。

首先, 严格控制单段装药量。根据萨道夫斯基公式^[5]

$$V = K \left(\frac{Q^{\frac{1}{3}}}{R} \right)^{\beta} \quad (2)$$

其中, V 为测点处的质点震动速度, K 为衰减系数, Q 为装药量, R 为测点到爆破中心的距离, β 为与地质条件有关的系数。通过计算确定合理的单段装药量, 确保爆破振动速度控制在允许范围内。对于小净距隧道, 一般要求爆破振动速度不超过 15cm/s 。隧道穿越既有道路、建筑物等特殊地段的部分, 爆破振动速度应控制在 2cm/s 以下更低的水平。

其次, 优化爆破参数和爆破顺序。微差爆破技术是一种增加爆破段数, 减少单段装药量, 延长爆破总时间的爆破方式, 可以有效降低爆破产生振动的峰值。应用微差爆破技术时若能合理安排炮眼的布置和起爆顺序, 可以规避爆破振动波的叠加, 进一步降低钻爆作业对小净距隧道周边围岩和中夹岩柱的扰动。

再次, 采用更适合的爆破技术。比如, 预裂爆破技术是在隧道开挖轮廓线处提前爆破出一条裂缝, 减少爆破振动对周边围岩的影响的技术。在正式爆破时, 预先爆破出的这条裂缝可以起到反射和折射爆破地震波的作用, 减少爆破振动对周边围岩的影响。

最后, 加强爆破振动监测。在隧道施工过程中, 定期对爆破振动进行监测, 通过在隧道周边围岩、中夹岩柱以及相邻隧道内设置测点, 利用爆破测振仪实时监测爆破振动速度、加速度等参数, 确保爆破振动控制在允许范围内。

2.3 中夹岩柱加固技术

小径距隧道两洞之间的距离较小, 中夹岩柱所承受的应力较大, 容易出现变形、开裂等问题。采取加固措施, 提高中夹岩柱的稳定性很有必要。超前小导管预注浆加固是在隧道开挖前, 通过在中夹岩柱中打入超前小导管, 然后向小导管内注入浆液, 浆液扩散到中夹岩柱的裂隙和孔隙中, 形成结石体的加固技术。超前小导管通常采用热轧无缝钢管, 外径 $42\sim 50\text{mm}$, 壁厚 $3.5\sim 5\text{mm}$, 长度一般为 $3.0\sim 5.0\text{m}$, 具体需根据中夹岩柱的厚度和地质条件确定。导管上每隔 $150\sim 200\text{mm}$ 钻设四个溢浆孔, 呈梅花形布置, 溢浆孔直径为 $8\sim 10\text{mm}$ 。注浆材料通常采用水泥-水玻璃双液浆, 水泥采用 P.O 42.5 普通硅酸盐水泥, 水玻璃的浓度约为 $35\sim 40\text{Be}'$, 模数在 $2.4\sim 2.8$ 范围内。浆液的配合比一般为 $0.8\sim 1.5$, 水泥浆与水玻璃的体积比为 $1:0.5\sim 1:1$ 。注浆压力一般为 $0.5\sim 1.5\text{MPa}$, 具体注浆量应根据中夹岩柱的裂隙发育情况和加固范围需求来确定。在注浆完成 24h 后, 进行压水试验。试验压力为注浆压力的 $0.8\sim 1.0$ 倍, 若压水试验的透水率小于设计要求, 则表明注浆效果良好; 反之, 则说明需要进行补注浆处理。

3 结语

综上, 公路隧道工程中的小净距隧道施工技术的应用需要符合此类隧道结构的需要, 侧重关注岩体稳定性和施工可能对中夹岩柱的扰动。文中围绕小净距隧道施工阐述了超前预报和支护、钻爆开挖技术以及中夹岩柱的加固技术, 形成一个连续的、稳定为先的小净距隧道施工技术链条, 为小净距隧道施工的作业开展提供技术支持。

[参考文献]

- [1]姚宁.高速公路隧道工程中小净距隧道施工技术[J].四川建材,2025,51(2):152-155.
- [2]吴江.大跨小净距公路隧道光面爆破设计及施工技术[J].工程建设,2024,56(6):57-61.
- [3]吴华银.并行双洞小净距公路隧道施工技术分析[J].江西建材,2024(4):253-255.
- [4]陈亮亮,金永红,郭新峰.复杂软岩小净距公路隧道施工安全技术研究[J].《施工技术》杂志社.2024年全国工程施工技术交流会议论文集(下册).金华市建设工程质量安全管理总站,2024(2):628-631.
- [5]武涛.梅子岭小净距浅埋隧道施工控制技术研究[D].南京:南京林业大学,2022.

作者简介:梁瑞利(1978.11—),男,西安交通大学,土木工程,就职单位:新疆北新路桥集团股份有限公司,项目总工程师,工程师。

公路工程施工中的沥青混凝土公路施工技术

丁朋

新疆北新路桥岩土工程勘察设计有限公司, 陕西 渭南 714000

[摘要]随着城市现代化建设步伐的持续加快,公路工程项目数量明显增多,整体建设规模也持续扩大,为了有效保证公路工程施工质量,需要相关施工企业合理运用先进的施工技术手段,并优化各项施工环节,从而保证公路工程的使用效果。在公路工程施工中,沥青混凝土施工技术是一种比较常见的公路施工技术手段,不仅维修方便,而且具有较强的耐久性,相关施工人员需要掌握沥青混凝土公路施工技术要点,并采取有效的质量控制措施,以此全面提升公路施工质量。

[关键词]公路工程;沥青混凝土;施工技术;应用要点

DOI: 10.33142/aem.v7i8.17739

中图分类号: U41

文献标识码: A

Asphalt Concrete Highway Construction Technology in Highway Engineering Construction

DING Peng

Xinjiang Beixin Road and Bridge Geotechnical Engineering & Designing Co., Ltd., Weinan, Shaanxi, 714000, China

Abstract: With the continuous acceleration of urban modernization construction, the number of highway engineering projects has significantly increased, and the overall construction scale has also continued to expand. In order to effectively ensure the construction quality of highway engineering, relevant construction enterprises need to use advanced construction technology and optimize various construction links, so as to ensure the effectiveness of highway engineering. In highway construction, asphalt concrete construction technology is a common means of highway construction. It is not only easy to maintain, but also has strong durability. Relevant construction personnel need to master the key points of asphalt concrete highway construction technology and take effective quality control measures to comprehensively improve the quality of highway construction.

Keywords: highway engineering; asphalt concrete; construction technology; application points

引言

在城市现代化建设过程中,公路工程是十分重要的组成部分,公路建设质量对城市现代化发展水平具有直接影响。在公路工程施工中,沥青混凝土路面的应用可以有效保证工程施工质量,确保公路具有良好的运行效果。因此,在公路工程项目施工中,施工企业需要合理运用沥青混凝土公路施工技术,结合不同的施工环节采取质量控制措施,保证公路施工工作的高效开展,发挥技术应用优势,提高公路工程的整体建设质量,为城市现代化发展有效助力。

1 工程概况

本次研究以某市高速公路工程项目为例展开分析,该高速公路在规划设计时主要采取双向六车道,路面长度共计为 2.33km,公路时速设计为 120km/h,公路施工如下图 1 所示。结合该公路工程的施工要求以及相关设计指标,在实际施工中以沥青混凝土作为主要材料,相关原料包括矿粉、沥青以及石料等,需要严格管理相关施工材料,进一步保证工程施工的质量,提高路面承载性能。对于该工程所用细集料,其质量的要求如下表 1 所示。



图 1 公路施工示意图

表 1 细集料质量要求

项目	高等级公路	其他等级道路
表观相对密度	>2.5	2.45
坚固性%	>12	-
含泥量%	<3	<5
砂当量%	>60	>50
亚甲蓝值 g/kg	<25	-
棱角性 s	>30	-

2 沥青混凝土公路施工技术的优势

针对沥青混凝土公路施工技术展开分析,在公路工程项目开展过程中,相关施工人员应采取专用设备,并按照具体的工艺流程,根据设计比例有效混合矿粉、集料以及沥青等原料,并在此基础上拌制成沥青混合料,最后在公路基层上有效摊铺与压实,以此来形成相应的公路路面,不仅具有较高强度与平整度,而且还有着较强的耐久性,是应用十分广泛的一类公路施工技术。对于沥青混凝土公路施工技术的应用优势,主要表现在以下几个方面。

2.1 平整度高

在沥青混凝土路面施工期间,对于摊铺以及压实等施工工艺,要具有更高的精确性,可以使路面平整度得到有效提升。这样一来,车辆在行驶过程中可以具有更高的舒适性与平稳性,避免车辆发生颠簸,减少车辆部件出现的磨损问题,使行车安全性得到极大提升。

2.2 抗滑性能强

在沥青混凝土路面施工中,可以合理优化集料级配与表面构造设计,使其表面能够具有一定粗糙度,这样可以使车辆轮胎和路面摩擦力得到增大,确保车辆在湿滑条件或者雨水天气能够正常行驶,避免出现侧滑事故,有效保证车辆安全。

2.3 施工速度快

在公路工程项目施工中,对比其他类型的施工技术手段,沥青混凝土施工技术在应用时,有着更为高效与简洁的工艺流程,可以紧密衔接各项施工环节,包括混合料拌制、路面摊铺以及压实等,能够显著提升工程施工效率,确保快速完成路面施工任务^[1]。

3 公路工程施工中的沥青混凝土公路施工技术要点

3.1 原材料的选择与应用

在该沥青混凝土公路工程施工中,原材料质量对于工程施工工作的顺利开展具有重要影响,也关系到公路工程的整体建设质量。因此,相关施工企业需要合理选择施工原材料,具体要从以下几个方面入手。首先,对于沥青材料的选用,施工企业应充分考虑当地气候条件,并要收集交通流量等数据,在此基础上展开综合考虑。例如,在高温条件下开展公路工程项目,应确保沥青材料具有良好的高温稳定性,避免在高温作用下路面发生软化以及车辙等病害问题。对于低温条件下的公路施工,应保证沥青具有较强的低温抗裂性能,避免路面有裂缝问题发生。其次,在选择集料时,主要包括粗集料与细集料,相关检验人员应按照混合料的试验规程,严格测试各项性能指标,确保与工程质量要求相符合,具体如下表所示。例如,施工企业在粗集料的选用过程中,应对各项指标加大关注,包括磨损值以及压碎值等,在选用细集料时应确保其干燥度与洁净度,而且要避免出现风化问题,关注细集料级配,避免对混合料和易性与密实度产生影响。最后,在选用矿粉

时,其对沥青具有吸附以及填充作用,需要选用碱性石料进行磨制,包括石灰岩等,并要做好相关指标的控制,如亲水系数以及细度等。当矿粉细度不合格时,容易影响到混合料黏结性,一旦亲水系数过大,会对混合料抗水损害能力产生影响。为了有效规避原料质量问题,施工企业应在专用储罐中保存,并要配备保温以及加热设备,使其性能稳定性得到提升,防止材料质量受到环境因素带来的影响^[2]。

表 2 沥青材料技术指标

基本性能		A-70号沥青	SBS 改性沥青	橡胶改性沥青
针入度/(0.1mm)		64.6	54.6	53.7
延度/cm		>100 (15°C)	35.8 (5°C)	11.9 (5°C)
软化度/°C		53.0	82.5	68.5
薄膜加热	质量损失/%	-0.3	-0.4	-0.4
	残留针入度比/%	68.5	70	88.3
	残留延度/%	23.2 (15°C)	20.1 (5°C)	-

3.2 混合料的拌制与运输

在案例公路工程沥青混凝土施工中,为了保证沥青混凝土性能,需要有效提高混合料拌制质量。在混合料拌制期间,一旦原料比例存在偏差,如过多或者过少使用沥青,将会影响到沥青混凝土稳定性与黏聚性,进而无法满足公路工程的施工要求。具体来说,当沥青用量过多时,在高温条件下路面可能会发生车辙以及泛油等病害问题,当沥青用量过少时,会导致混凝土过于松散与干涩,导致路面强度有所下降,影响到路面耐久性。与此同时,对于石料的使用,一旦缺乏合理的级配,包括细集料填充不够或者粗集料填充过多,将会增大混合料空隙率,导致其出现进尘、透水等问题,最终对路面使用性能产生影响。一旦所使用的细集料过多,容易导致混合料太过黏稠,会对后续的路面摊铺、压实等环节产生不利影响^[3]。所以,在实际拌制混合料时,需要实现原料比例的精准控制,严格按照配合比设计用量,做好矿粉、集料以及沥青等材料的称量工作。除此之外,在混合料拌制期间,施工人员应严格控制拌制温度,当所用沥青类型不同时,拌制温度的适宜范围也存在差异,一旦温度过高容易造成沥青老化,降低沥青混凝土柔韧性,进而引发裂缝问题,当温度过低时会减弱沥青流动性,无法保证集料裹覆的均匀程度,最终影响到混合料和易性,降低路面摊铺以及压实施工质量。通常情况下,沥青加热温度需要维持在 150~170°C,集料加热温度需要维持在 160~180°C,并要严格控制在沥青混合料出厂温度,一般应维持在 140~165°C。在拌制混合料后,需要做好混合料运输工作,并采取相应的保温措施,包括篷布覆盖等,使混合料温度得到有效维持,确保满足摊铺与压实等操作要求。为了避免混合料运输期间发生离析,应严格控制运输车辆行驶速度,使其行驶保持匀速,避免出现急转弯、急刹车等状况。

3.3 路面摊铺和碾压

在案例公路工程项目施工期间,为了有效保证沥青混凝土施工质量,相关施工企业需要严格控制路面摊铺以及碾压等操作环节。首先,在路面摊铺施工前,相关施工企业应严格检查公路基层,并在发现质量缺陷后及时处理,使基层平整度、干燥度以及坚实度得到保证,一旦发现局部不平整之处应及时采取修补措施。在施工前,施工企业应合理选择摊铺设备,并结合工程施工要求调整设备参数。在公路工程项目中所使用的摊铺机,应确保可以自动找平,并结合路面参数,如厚度、宽度等,做好摊铺机参数调整,有效控制摊铺速度以及振捣频率,从而使路面保持平整,确保具有均匀厚度。例如,在工程施工期间应控制摊铺速度为每分钟 2~6m,一旦摊铺速度过快,容易造成混合料离析问题,对路面质量会产生严重影响。与此同时,对于沥青混合料,需要有效控制施工温度,具体如下表所示。在摊铺操作期间,相关施工人员应确保混合料摊铺的连续性,防止发生停机待料的问题,否则可能会导致路面有不平整区域以及接缝问题出现。其次,在路面碾压施工过程中,通过有效碾压可以使路面强度和密实度得到提升,所以相关施工企业需要合理选择碾压机械,并优化碾压工艺。在碾压施工期间,通常会组合多种压路机,初压一般使用钢轮压路机,碾压速度相对较慢,会采取静压方式碾压 1~2 遍,确保可以初步稳定沥青混凝土。在进入复压阶段后,则会选用振动压路机或者重型轮胎压路机,结合实际情况确定碾压遍数,一般来说需要碾压 3~5 遍,可以使路面密实度得到提升。在终压环节,施工人员主要使用双轮钢筒式压路机,这样可以使碾压轮迹得到消除,充分保证路面平整度,确保满足施工要求。在碾压操作期间,应严格控制压路机行驶速度,使其维持匀速前进,对于相邻的碾压带需要适当重叠,通常为轮宽的三分之一到二分之一。对于碾压温度同样要严格控制,一旦温度过高容易造成混合料推移,温度过低会对压实效果产生影响,因此要控制在允许的温度范围内,从而有效保证碾压施工效果^[4]。

表 3 沥青混合料施工温度(℃)

施工工序		道路石油沥青		
		50 号	70 号	90 号
摊铺温度	正常施工	140	135	130
	低温施工	160	150	140
初压温度	正常施工	135	130	125
	低温施工	150	145	135
复压温度	正常施工	130	120	125
	低温施工	125	120	120
终压温度	正常施工	110	105	100
	低温施工	95	90	85

3.4 路面接缝处理

对于沥青混凝土公路施工,一旦未恰当处理接缝,容

易导致路面平整度下降,而且还会影响到路面防水性能与耐久性。所以,在案例公路工程施工过程中,相关施工人员应按照具体的技术规范,结合接缝类型合理选择处理措施,确保其符合相关技术标准。在路面摊铺施工期间,如果采用单台摊铺机操作,容易出现纵向接缝,施工人员可以采取两种类型的接缝处理方式,分别是冷接缝与热接缝。首先,对于热接缝应在混合料冷却前,采取相应的接缝处理措施。例如,当采用两台摊铺机操作时,后面摊铺机在对混合料进行摊铺操作时,应确保和前一混合料保持适当重叠,之后共同碾压,从而有效结合接缝处混合料,消除接缝痕迹。其次,对于冷接缝应在混合料冷却后展开接缝处理,具体要整齐切割接缝位置处原本的混合料,之后做好黏层油的涂刷工作,最后对新混合料有效摊铺。通常而言,热接缝处理的预留宽度大约为 10~20cm,而且不需要进行碾压操作,摊铺层重叠厚度大约为 5~10mm,这样可以确保将纵向接缝有效消除。在处理横向接缝时,其产生与施工中断有关,需要在出现中断情况或者结束每日施工时有效处理端部位置,使其端部保持整齐。相关施工人员在端部展开切割操作时,应严格控制切割深度,一般需要到达结构层的表面,并确保具有垂直的切割面,从而使接缝处理效果得到保证。在重新开展摊铺操作前,施工人员应有效清理切割面,将杂质及时去除,包括灰尘以及松散混合料等,在切割面均匀涂刷黏层油,确保可以有效黏结新旧混合料^[5]。

3.5 混合料养护处理

在案例公路工程施工中,为了使沥青混凝土施工质量得到保证,需要在完成各项施工环节后做好混合料养护处理,对公路调平层基面有效冲洗,并采用专门设备做好防水涂料的涂刷与布置,确保涂料在基面的均匀度。在实际施工中,相关施工人员可以采用双钢丝基准方法,对基面平整度和标高有效控制,结合伸缩缝位置,做好沥青混合料的养护处理。在路面碾压成型后,施工人员应在路面冷却前对高速公路做好交通管制,避免车辆通行。在公路开放后,应安排专人有效整洁公路路面,防止路面上有杂物堆放,如土粒、砂石以及石子等,使路面美观性与整洁性得到保证,进一步提升公路运行安全性。除此之外,在管控公路质量时,相关工作人员可以运用钻芯法准确检测路面压实度,具体要在路面靠边位置有效钻芯,并严格检测与分析钻取到的芯样,明确公路路面压实度,确保与公路工程施工要求相符合。

4 结束语

综上所述,在公路工程施工中,沥青混凝土公路施工技术的应用十分广泛,而且具有显著的技术优势,平整度高,抗滑性能良好,可以加快施工速度,有效提高公路工程施工质量。在沥青混凝土公路施工中,相关施工企业应明确技术应用要点,做好原材料的选择和应用,严格控制混合料拌制、运输等环节,有效开展路面摊铺与碾压操作,

做好路面接缝处理与养护处理,从而全面保证沥青混凝土公路的施工质量,保障公路工程的长期稳定运行,促进我国公路工程行业的健康发展。

[参考文献]

- [1]王鹏.探析公路工程施工中的沥青混凝土公路施工技术应用[J].工程技术研究,2023,5(7):206-208.
- [2]王明金,李庆军,董继忠.公路工程沥青混凝土公路施工技术探究[J].模型世界,2024(12):111-113.
- [3]王正文,王栋栋,李言纬.公路工程沥青混凝土公路施工技术研究[J].越野世界,2024,19(7):135-136.
- [4]程执宁.浅析公路工程施工中沥青混凝土施工技术应用策略[J].中国设备工程,2025(5):224-226.
- [5]丁彤.沥青混凝土施工技术在某市快速公路中的应用[J].中国建筑金属结构,2025,24(15):51-53.

作者简介:丁朋(1991.7—),男,毕业院校长安大学;所学专业道路桥梁与渡河工程,当前就职单位新疆北新路桥岩土工程勘察设计有限公司,职务:项目副经理,工程师。

隧洞钻孔爆破技术的发展及其在工程施工中的应用探讨

杨志金

中国安能集团第一工程局有限公司天津分公司, 天津 300041

[摘要]隧洞钻孔爆破技术属于现代隧道施工的关键手段之一, 历经长时间的发展以及技术层面的创新, 在施工效率、施工质量以及安全管理等方面均收获了颇为显著的成效。本论文以隧洞钻孔爆破技术的概念、关键技术创新作为主要分析对象, 同时结合地质条件、施工工艺以及参数优化方法来深入探讨其于实际隧洞工程当中的应用效果以及安全环保控制措施。剖析钻孔爆破施工在提升工程效率、削减施工成本、确保隧洞稳定性以及环境安全等方面的运用价值, 从而为隧洞施工技术的优化以及后续发展给予一定的参考依据。

[关键词]隧洞施工; 钻孔爆破; 爆破技术; 工程应用

DOI: 10.33142/aem.v7i8.17737

中图分类号: TV542

文献标识码: A

Development of Tunnel Drilling and Blasting Technology and Its Application in Engineering Construction

YANG Zhijin

Tianjin Branch of China Aneng Group First Engineering Bureau Co., Ltd., Tianjin, 300041, China

Abstract: Tunnel drilling and blasting technology is one of the key means of modern tunnel construction. After a long period of development and technological innovation, it has achieved significant results in construction efficiency, construction quality, and safety management. This paper takes the concept and key technological innovation of tunnel drilling and blasting technology as the main analysis object, and combines geological conditions, construction technology, and parameter optimization methods to deeply explore its application effect and safety and environmental protection control measures in actual tunnel engineering. Analyzing the application value of drilling and blasting construction in improving engineering efficiency, reducing construction costs, ensuring tunnel stability, and environmental safety, providing certain reference basis for the optimization and subsequent development of tunnel construction technology.

Keywords: tunnel construction; drilling and blasting; blasting technology; engineering application

引言

我国基础设施建设发展速度较快, 在此期间, 隧洞工程于交通、水利以及矿山等诸多领域所呈现出重要程度也愈发明显起来。隧洞施工当中面临着诸多挑战, 像复杂地质状况、对施工效率有着较高的要求、存在安全方面的风险以及面临环保方面的压力等等。在这样的大背景之下, 钻孔爆破技术因其具备高效且可控的特点, 渐渐地成为了核心的施工技术之一。这项技术借助科学合理的布孔方式、精确到位的装药操作以及合理的起爆顺序安排, 从而达成对断面开挖过程的可控性要求, 同时也实现了施工效率的优化提升。随着爆破设备、药剂以及智能化、自动化等相关技术不断地向前发展, 钻孔爆破施工正朝着高精度、低风险以及更加环保的方向不断迈进。本文全面且细致地对其发展历程以及关键技术创新之处进行了梳理归纳, 同时对施工工艺、参数优化、安全以及环保控制等方面展开分析, 进而提出能够提升施工效率与工程质量的相关策略, 以此为隧洞施工技术的研究与实际应用给予一定的参考依据。

1 隧洞钻孔爆破技术概述

隧洞钻孔爆破技术主要采用钻孔、填药、爆破土方开

挖等施工技术, 并根据施工地质条件、断面尺寸、工时需求、支护方式、施工机械等因素进行施工。隧洞钻孔爆破工艺主要由掏槽钻孔爆破、辅助钻孔爆破、周边钻孔爆破等组成, 钻孔爆破形式的合理选取要符合隧道工程中的孔的大小要求。在工程施工中采用钻孔爆破技术进行隧道建设, 必须严格按照设计图纸和规范进行, 加强质量和安全控制, 按照安全、数量、质量和布局规范, 制定相应的安全防护措施及应急处置方案。该技术可提升施工效率, 降低施工成本, 在复杂地质条件下能保证隧洞施工精度和稳定性, 还对施工安全起着重要作用。

2 钻孔爆破关键技术创新

2.1 钻孔设备及施工技术改进

现代隧洞施工对钻孔设备以及施工技术的精度与效率提出了更高的要求。随着设备结构不断优化、动力系统得以提升以及钻头材料获得改良, 现代钻机在高硬度、多破碎岩层的条件下可实现连续钻孔与自动定位, 这不仅大幅提高了施工精度, 而且减少了人工干预的情况。在施工技术层面, 借助对孔径、孔深、孔距以及装药量的精准计算, 达成了对爆破破碎范围的可控性, 有效降低了岩体出

现过度破碎以及二次破碎的现象。对于复杂地质条件，还引入了分段分区爆破的方式、动态调整装药量的做法以及智能排孔系统，使得施工在确保安全的前提之下能够达成高效率与高精度的目标。与此配合现代测量与定位技术，钻孔设备能够实时对钻孔方向与深度做出调整，以此来确保爆破效果契合设计要求，这极大地提升了隧洞断面的整齐程度以及岩体的稳定性，从而为现代隧洞施工给予了先进的设备保障与施工技术方面的支持。

2.2 爆破药剂与装药技术的发展

爆破药剂以及装药技术方面的改进，这无疑构成了钻孔爆破技术不断向前发展的关键支柱之一。在早期开展施工作业的时候，所采用的是黑色炸药或者硝铵炸药，这类炸药虽然能够释放出大量的能量，然而其控制性能却颇为欠缺，如此一来便很容易致使岩体遭受损伤，同时也容易引发各类施工事故的发生。而随着乳化炸药、水胶炸药以及复合炸药等一系列高性能药剂开始逐步得到应用之后，施工过程便顺利达成了诸如爆速可以进行调节、能量能够更为集中以及破碎范围也能够实现有效控制等诸多目标。就装药技术来讲，通过精准地去计算每一个钻孔所需要的药量，同时合理地对装药方式进行精心设计，并且还使用阻力控制塞以及缓冲填充物等辅助手段，进而促使爆破能量能够朝着特定的方向予以定向传递，以此来切实保障隧洞断面的完整性得以维持。将计算机模拟技术与现场监测技术相互结合起来，那么装药设计就能够依据岩体的具体性质以及隧道断面的实际形状来进行相应的优化操作，从而达成对爆破效果进行预测以及实现可控性的目的。现代所运用的爆破药剂以及装药技术，一方面极大地提升了施工环节的安全水平以及工作效率，另一方面也为处于复杂地质环境之中的隧洞施工给予了极为坚实的技

2.3 智能化与自动化爆破技术

智能化以及自动化技术于隧洞钻孔爆破施工当中的运用，施工效率以及安全性均得到了明显的提升。智能化系统借助传感器还有数据采集设备，达成对施工参数的实时监控以及自动优化，使得孔深、孔距、孔径以及装药量都能够依据岩体条件来自动做出调整。自动化钻机能够实现连续化以及标准化的作业，人工操作所花费的时间得以减少，施工精度也得以提高，特别适合应用于长隧道、大断面以及复杂地质环境之中。联合爆破仿真模拟以及智能决策系统，施工人员便可以提前对爆破效果、振动幅度以及岩体破碎范围加以预测，进而对施工方案予以优化。智能化与自动化技术不但降低了施工的风险，而且还推动隧洞钻孔爆破技术朝着高精度、低环境影响以及可持续发展的方向去发展，给现代隧洞工程带来了可靠的技术方面的保障。

3 隧洞工程施工中的应用

3.1 地质条件对钻孔爆破的影响

在隧洞施工期间，地质条件对钻孔爆破施工方案以及

施工成效有着直接影响。岩体的硬度状况、内部结构情况、节理发育程度以及地下水相关条件，都会给孔深设定、孔距安排、装药量确定以及爆破顺序设计带来影响。当处于坚硬且均匀的岩体环境下时，钻孔爆破能够运用较大的孔径与孔距，进而达成高效的破碎效果；然而在裂隙较为发育、岩体呈现软弱或者破碎的状态下，则需要把孔径缩小一些，对孔距做出相应调整，并且采取分段装药的方式，以此来减少坍塌以及过度破碎的风险出现。地下水的存在有可能会使得炸药能量分散掉，又或者是让破碎效果有所降低，所以在施工开始之前，必须要详尽地去勘察岩体的性质、节理的走向以及水文方面的条件，并且要综合实际情况来对钻孔布置以及装药方式进行优化处理，从而确保隧洞断面的完整性以及施工过程的安全性。对地质条件做出合理的评估，这有利于提升施工的效率，降低各类风险，并且能够实现隧洞施工的可控性以及稳定性。

3.2 钻孔爆破施工工艺流程

隧道钻孔爆破施工依照科学流程来开展，以此确保施工期间的安全、质量以及效率得以保障。其流程涵盖了隧道测量放线环节、钻孔作业环节、装药环节、起爆环节以及爆破之后的支护和清理相关工作。在测量放线这个阶段，要确保钻孔布置能够契合设计方面的要求；处于钻孔作业阶段的时候，得把控孔径、孔深还有角度这些要素，从而让爆破能量可以均匀地进行传递；到了装药阶段，要依据岩体的具体特性以及断面的形状来设计药量以及填塞的方法，进而达成爆破可控性的目的；爆破完成以后，需要对岩体破碎的实际情况加以检查，同时清理掉碎石，并且着手开展支护结构施工以及断面修整等方面的工作。整个流程呈现出系统化、标准化的特点，既具备较高的效率，又是处于可控制的状态，能够在一定程度上减少岩体受到的损伤以及对环境产生的影响，最终形成了现代隧洞施工的标准化作业模式。

3.3 爆破参数设计与优化方法

爆破参数的设计属于极为关键的环节，其对于施工效果以及施工安全有着决定性的影响。这些参数包含孔径、孔深、孔距、装药量、起爆顺序还有时间间隔等等诸多方面。在对这些参数展开设计的时候，务必要结合岩体的具体性质、隧道的实际断面情况、现场的施工条件以及周边的环境状况等多方面的因素来综合加以确定。在现代的施工过程当中，往往会借助数值模拟的方式、有限元分析的相关手段以及振动控制模拟的技术，以此来对爆破的范围、破碎呈现出的形态还有振动的幅度等方面做出预测，进而达成对相关参数的优化目的。当对参数予以科学合理的优化之后，能够切实提升施工的效率，同时还能降低施工的成本，并且可以有效减少出现二次破碎以及坍塌这类风险的可能性，进而充分保障隧洞断面的完整性得以维持。尤其是在面对那种地质条件相对复杂的状况之下，参数设计以及相应的

优化方法便成了实现施工安全、施工高效以及施工精准等一系列目标的关键基石所在,这也充分彰显出了现代钻孔爆破技术在实际工程应用当中所具备的重要价值。

3.4 安全管理与风险控制措施

安全管理以及风险控制在钻孔爆破施工当中属于极为关键的部分,施工单位应当构建起较为完善的安全生产体系,这里面涵盖了培训事宜、方案审查工作、现场监控环节以及应急预案的制定等方面。在施工正式开展的过程中,针对爆破振动、冲击波、岩体出现坍塌状况以及有害气体等一系列的风险情况要实施实时的监测举措,并且要设置专门的隔离带以及报警装置,对于装药和起爆的操作务必要严格把控,同时要依据施工监测所获取的数据来及时地去调整相关参数。风险控制方面除了上述内容之外,还应当对支护结构、隧洞的稳定性还有环境方面的诸多因素展开持续不断的监测,借助预警机制以及科学严谨的分析手段来尽力降低事故发生的几率^[1]。周全的安全管理以及风险控制方面的措施一方面能够切实保障施工人员的生命安全,另一方面也能够保证隧洞结构维持稳定的状态并且使施工得以顺利推进,这无疑是在现代钻孔爆破施工当中不可或缺的一项技术层面的要求,同时也是在管理层面所必不可少的规范准则。

4 钻孔爆破技术效果评估

4.1 工程施工效率与经济性评估

隧洞钻孔爆破施工在工程效率以及经济性方面的评估情况,这可算是技术应用价值的关键指标所在。通过对施工周期、施工进度、人工投入、机械使用效率还有材料消耗等方面展开分析,便能够较为完整地反映出技术所作出的贡献。在经过对钻孔布局予以优化、对分段装药加以改进以及实施智能化控制等一系列操作之后,施工效率有了明显的提升,单位隧道断面开挖所需的时间也相应缩短了,施工机械以及人力资源的利用率也都得到了提高^[2]。借助于减少出现过度破碎的情况、降低二次清理作业的量以及合理地控制装药量等举措,施工成本得以大幅度地降低。施工效率与经济性的评估一方面能够体现出技术所具备的优势,另一方面还能够为后续隧洞工程的施工方案给予数据层面的支持,进而让工程决策变得更加科学,管理也更为合理,这也充分彰显出了钻孔爆破技术在隧洞建设当中所具有的高效性以及经济性价值。

4.2 爆破质量与隧洞稳定性分析

爆破质量以及隧洞稳定性,二者属于评价钻孔爆破

施工技术的关键方面。其中,爆破质量会体现在岩体破碎的均匀性、断面的平整程度以及与支护的适应性上;而隧洞稳定性则涉及到岩体破碎的具体程度、支护结构所承受的力以及长期的安全状况^[3]。通过科学地去设计钻孔的布置情况、对装药量加以优化、实施分段分区的爆破方式以及开展实时的监测工作,如此便能够较为显著地提升爆破质量,同时也能有效减少出现二次破碎以及坍塌的风险。借助对爆破之后岩体应力展开的分析以及针对稳定性所做的评估,可以及时察觉到潜在的破坏点,进而采取加固或者支护的相关措施,以此来保障隧洞结构的安全无虞。优质的爆破效果,不但能够提升施工的效率,而且还能让断面的整齐度得以提高,从而为隧洞的长期运营奠定下较为可靠的根基,这也充分体现了钻孔爆破技术在施工精度以及安全性层面所具备的优势。

5 结语

隧洞钻孔爆破技术属于现代地下工程施工的关键手段,经由长时间的发展以及技术方面的创新,其在施工效率、施工质量以及安全管理等方面均达成了整体性的提升。借助对钻孔设备加以改进、对爆破药剂予以优化、运用智能化控制以及应用安全环保技术等举措,钻孔爆破技术于复杂的地质条件之下,彰显出了自身的优越性与可控性,并且在提升施工效率、降低相关成本、保障隧洞的稳定性以及环境的安全性等诸多方面,都发挥着极为关键的作用。综合施工参数的优化情况以及地质条件的分析状况来看,现代钻孔爆破技术是能够科学地预测爆破效果的,进而能够确保断面的完整性以及岩体的稳定性。在未来,伴随着智能化、数字化以及绿色施工技术不断地向前发展,隧洞钻孔爆破施工会持续朝着高精度、高效率以及低环境影响这样的方向去推进,从而为隧洞工程的建设给予安全、高效并且绿色的技术方面的有力支撑。

[参考文献]

- [1]张国庆.水利水电工程施工中隧洞钻孔爆破技术分析[J].建材发展导向,2022,20(16):157-159.
- [2]李智勇.钻孔爆破技术在水利水电工程隧洞施工中的应用[J].工程机械与维修,2022(3):60-62.
- [3]李发扬.隧洞铣挖机开挖与钻孔爆破开挖技术经济比较[J].四川水利,2020,41(3):107-108.

作者简介:杨志金(1993.7—),男,毕业院校:国家开放大学,所学专业:土木工程,当前就职单位:中国安能集团第一工程局有限公司天津分公司。

建筑工程安全生产管理中的风险预警机制构建与应用

王力 谷俊义

陕西西咸新区泾河新城城市建设投资有限公司, 陕西 西安 713700

[摘要] 鉴于建筑工程是高风险行业, 安全生产管理一直是工程管理的关键。工程规模的持续扩大以及施工环境的愈发复杂, 传统安全管理模式已无法适应现代工程的风险防控要求。构建风险预警机制可借助信息采集、风险评估和动态监测, 预先察觉并介入潜在安全隐患, 进而切实降低事故发生概率。结合建筑工程特性, 研究了风险预警机制的构建办法与应用途径, 目的是为增强建筑工程安全生产管理水平提供借鉴。

[关键词] 建筑工程; 安全生产管理; 风险预警; 信息化; 动态监测

DOI: 10.33142/aem.v7i8.17755

中图分类号: F284

文献标识码: A

Construction and Application of Risk Warning Mechanism in Safety Production Management of Construction Projects

WANG Li, GU Junyi

Shaanxi Xixian New Area Jinghe New City Urban Construction Investment Co., Ltd., Xi'an, Shaanxi, 713700, China

Abstract: Given that construction engineering is a high-risk industry, safety production management has always been the key to engineering management. The continuous expansion of engineering scale and the increasingly complex construction environment make traditional safety management models unable to meet the risk prevention and control requirements of modern engineering. Building a risk warning mechanism can utilize information collection, risk assessment, and dynamic monitoring to detect and intervene in potential safety hazards in advance, thereby effectively reducing the probability of accidents. Based on the characteristics of construction engineering, the construction method and application approach of risk warning mechanism were studied, with the aim of providing reference for enhancing the level of safety production management in construction engineering.

Keywords: construction engineering; safety production management; risk warning; promotion of information technology; dynamic monitoring

引言

建筑工程作为国民经济里极为关键的支柱性产业, 其生产过程具有工序繁杂、人员密集、环境复杂等特征, 安全生产问题一直广受关注。建筑工程事故不断出现, 凸显出部分施工单位在安全管理方面存在预防意识淡薄、管理手段陈旧、技术支撑匮乏等问题。如何切实识别、评估和把控施工进程中的风险, 成为保障工程顺利进行及施工人员生命安全的要点。在这样的形势下, 搭建科学的风险预警机制成了提高安全生产管理水平的关键办法。风险预警机制不只是强调对风险的事后控制, 更着重于事故发生前借助信息监测、风险评估和预警响应来减少安全隐患。本文聚焦建筑工程安全生产的风险特点, 研究风险预警机制的构建架构与应用方法, 为建筑业安全管理创新提供参考。

1 建筑工程安全生产的风险特征

建筑施工呈现出周期漫长、人员流动频繁、作业环境多变等特征, 所以其安全生产风险呈现出极高的多样性与复杂性。建筑施工涉及的环节众多, 工序极为繁杂, 常需多工种协同交叉作业, 在钢筋捆绑、模板架设、混凝土浇灌、高空操作等进程里, 任一环节的疏漏都可能触发连锁效应。例如, 若高处作业人员未系紧安全带, 不仅自身面

临坠落风险, 还可能因工具掉落危及其他工人安全; 脚手架安装不牢固或者机械设备操作有误, 可能引发群体性事故。工序的多样化引发了高频率、多层面的交叉作业风险^[1]。

施工环境存在的不确定性让安全管理难度进一步提升。建筑工程大多是在露天环境中开展, 天气变动对施工影响极大, 暴雨易造成基坑积水与边坡坍塌, 高温会引起中暑现象和机械设备故障问题, 强风甚至会造成塔吊失去稳定。此外, 地质条件复杂也是潜在风险, 如地基承载力欠缺、地下管线分布状况不明等情况, 都可能引发突发事件。这些外部因素常超出施工方的直接掌控, 导致安全风险具备突发性与不可预测性。

人员素质存在差异也是导致事故频发的重要缘由。建筑领域从业者流动频繁, 临时工所占比例偏高, 一些工人未接受系统的安全培训与教育。在安全观念薄弱, 他们或许存在违规作业、漠视安全防护、抱有严重侥幸心理等状况。例如, 工地里不戴安全帽、不按操作规程作业的情况依旧很常见。此外, 施工现场管理人员数量不足, 难以迅速察觉并纠正工人的违规操作, 进而引发事故风险。建筑工程安全生产的风险, 既源于工序和环境, 还和人员管理息息相关。

2 风险预警机制的构建框架

建筑工程风险预警机制关键是达成“早发现、早评估、早干预”，进而最大程度降低事故发生概率和造成的损失。在构建此机制过程中，信息采集体系是关键基础，伴随智慧工地的普及，施工现场大量采用了物联网传感器、视频监控和移动终端，传感器可实时对塔吊、脚手架等关键设备的运行情况进行监测，以及诸如温度、湿度、风速等环境参数；视频监控让管理人员能在远程把控施工现场的整体态势，迅速察觉违规操作现象；施工日志与人员定位系统可有效记录作业状况和人员分布，形成全面且动态的数据保障，为后续风险评估提供可信凭据^[2]。

基于信息采集，风险评估模型构成了预警机制的核心。依托大数据与人工智能技术，可对所采集的多维度数据加以分析处理，还可结合过往事故案例，构建科学的风险评估模型。以机器学习算法识别工地常见危险模式，对高处坠落、物体打击、机械伤害等风险做概率预测。模型不仅可对单一因素开展分析，还能利用多因素叠加来评估整体的风险等级，动态展现施工时风险的变化态势，为预警提供科学支撑。

预警分级标准对风险处置的及时性和有效性起着重要作用。借助设置不同的预警等级，一般风险、较重风险、严重风险，同时规划对应处置办法，能达成差异化应对。例如，施工班组长可对一般风险在现场进行纠正；若出现较重风险，项目部需介入，实施加固、防护或暂停作业等举措；若出现严重风险，需马上向主管部门上报，开启应急预案，全面终止相关作业，精确的分级以及相应措施促使风险处理更规范、更具可操作性。

最后，响应和反馈机制是闭环管理里的关键一环。构建跨部门协调机制，可让预警信息第一时间送达项目经理、安全员和施工班组，保障迅速响应。事后要对预警处理过程加以总结反思，剖析处置里的问题与经验，并把改进措施应用到后续工作里，持续进行反馈与优化。通过持续反馈与优化可让预警机制构建动态完备的运行体系，达成从“发现问题”到“解决问题”的全流程闭环式管理，进而切实提高建筑工程安全生产水平。

3 风险预警机制在建筑工程中的应用

3.1 施工现场实时监测

实时监测施工现场是建筑工程风险预警机制里极为关键的一环。现代化施工条件下，运用传感器、监控装置以及数据采集体系，可实现对施工现场的全方位动态监控。例如，塔吊作为施工现场关键的机械设备，其运行状况、起吊重量、风速作用等参数，直接关乎作业安全。借助传感器的安装，可实时监测塔吊运行是否存在超载现象、是否出现异常晃动，迅速发出警报，防止坍塌或吊物坠落等严重事故发生，针对基坑、边坡这类危险区域，可安装位移监测仪、倾斜仪等装置，实时把控边坡稳定性及土层变

化态势。同时，预防塌方及地质灾害出现。监测环境参数同样必不可少，像温度、湿度、降雨量以及风速等，这些因素都极大地影响着施工安全。系统借助实时数据的采集与分析，可于极端天气来临之际，及时告知管理人员实施防护或停止作业操作^[3]。

3.2 信息化平台建设

风险预警机制里，信息化平台搭建是达成数据集中处理与科学决策的关键支柱。施工场地每天都会产出大量实时数据，涵盖机械设备运行参数、作业人员定位信息、施工日志记载以及环境监测数据。若无统一的信息化平台，这些数据将呈零散状态分布，无法实现系统化分析与应用。通过搭建智能化管理平台，可对不同终端的数据进行集中存储、自动分类和动态更新，完成多维度风险信息的整合。平台一般拥有数据可视化能力，可借由图表、曲线、热力图等形式，直观呈现施工现场风险的分布状况与变化走向。例如，管理人员能借助手机或电脑登录平台，实时把控某一施工环节的风险等级，还可对不同工地的安全生产状态进行对比，方便快捷做出决断。同时，平台可引入人工智能算法，对历史事故数据开展挖掘与建模工作，预估潜在风险的发生概率和波及范围，切实达成从“经验管理”到“数据驱动”的转变。信息化平台不仅提高了施工安全管理的效率和科学水平，还为跨部门合作、预警信息分享搭建了技术桥梁，是现代建筑工程风险预警体系必不可少的基础支撑。

3.3 安全教育与培训

风险预警机制的高效运作，依赖于工人自身安全意识与防范能力的提高。施工人员直接操控机械设备、投身高危作业，其操作习惯和安全意识直接影响事故发生几率。因此，安全教育与培训需跟预警机制紧密相连。管理人员可凭借系统采集到的预警信息和典型案例，对工人实施有靶向性的安全培训。例如，针对某一个项目，一旦预警数据表明塔吊操作频繁出现超载状况，管理人员可马上召集相关作业人员进行专项培训，讲解超载吊装的危害与正确操作方法。利用案例解析，让工人更直观地掌握事故发生的原因与后果，强化他们的防范意识。可借助模拟演练、情景体验等互动式培训形式，让工人在逼真情境里掌握应急处理技能，增强其应对突发状况的能力。培训不能局限于入场教育环节，需建立常态化机制，将日常安全提示、班前沟通与定期复训整合起来，实现“防患于未然”。经持续的安全教育与培训，工人逐步养成良好作业习惯，自觉形成遵守规章制度的意识，进而在施工全程降低风险、减少事故^[4]。

3.4 应急管理联动

在风险预警体系里，应急管理联动是确保预警落实、减少事故损失的重要部分。若系统察觉严重风险并触发警报，应急管理机制要马上启动，保证相关人员迅速采取行动。例如，若监测到边坡位移呈现异常且极有可能引发塌

方,系统需自动向项目负责人、安全员及施工现场作业人员发送预警,还利用广播、警报器等手段敦促工人尽快撤离。同时,项目部要马上开启应急预案,召集专业救援力量与医疗保障人员,达成“第一时间响应,第一时间救援”的要求。应急管理联动还得推进跨部门合作,像和消防、医疗及地方安监部门构建协同机制,保证重大事故发生时能迅速整合资源,最大程度降低损害。此外,应急管理中事后的总结反思同样关键,对应急处置过程复盘,剖析其中的缺陷与问题,把改进举措反馈到风险预警机制,实现持续的优化。应急管理联动并非单纯的被动补救手段,而是预警机制闭环管理的关键部分,可显著增强工程项目整体的安全韧性与抗风险能力。

4 风险预警机制的实施保障

4.1 制度保障

风险预警机制的高效运作首要依赖制度层面的支撑。国家及地方政府需持续健全相关法规、标准和政策,确定建筑施工企业在风险监测与预警中的责任与义务范围。可把风险预警机制的构建与运用列入企业安全生产考核范畴,要求企业的施工组织设计里必须有预警措施和应急预案,进而推动企业让预警工作常态化、标准化。同时,制度需清晰界定各级监管部门的职责划分,构建监督和处罚体系,保障企业执行安全管理要求。完善法规体系并强化制度约束,能为风险预警机制有效运行筑牢法律根基与执行保障,防止其沦为空壳^[5]。

4.2 技术保障

风险预警机制的科学精准性,依赖于先进技术的支撑。伴随物联网、大数据和人工智能的迅猛发展,这些技术已成为保障施工安全管理的重要支柱。例如,物联网传感器可实时收集塔吊运行、边坡位移、环境参数等核心数据;借助大数据技术可对海量监测信息加以整合分析,识别潜藏的风险因素;人工智能算法可融合历史事故案例与实时数据,预判风险走向并自动发出预警。利用技术措施,预警机制可实现从传统“经验管理”到“智能预测”的转变,进而大幅提升风险识别与干预的效率和精准度,为建筑工程安全筑牢技术后盾。

4.3 人才保障

风险预警机制的有效落地离不开一批兼备技术与管理能力复合型人才支持。传统施工管理人员普遍着重于工程工艺和现场组织方面,对信息化管理和新兴技术掌握欠佳,无法契合现代化预警体系要求。因此,企业要强化人才培养与引进工作,既培养熟知施工流程、通晓安全规

范的管理者,另一方面引进拥有数据分析、信息化平台运维能力的专业人员,促进这两类人才相互融合。同时,应当进行定期的培训工作,让基层工人与管理层都能掌握并运用预警系统,切实营造出“人人懂预警、人人能防范”的氛围,人才保障是推动预警机制高效运转的关键力量。

4.4 资金保障

风险预警系统的构建与维护离不开持续的资金投入。不管是现场监测传感器的布置,还是信息化平台的开发与改良,均需高额投入成本。部分施工企业或许会因资金方面的压力而不重视预警体系的构建,造成安全管理存在缺陷。因此,要大力强化资金保障,让预警机制可长期稳定运转。企业需把预警系统投入纳入年度预算,而政府也能够借助专项资金、税收优惠或者项目补贴等途径,推动企业加大投入力度。持续的资金供给既能保障硬件设备的更新与维护,又能带动技术创新和系统优化,进而为建筑工程安全生产筑牢物质根基^[6]。

5 结语

引入风险预警机制到建筑工程安全生产管理中,可切实增强事故防控水平,达成从“事后处理”到“事前预防”的转变。通过构建起科学的信息采集、风险评估及预警响应架构,融合信息化手段和应急管理办法,可从源头上削减安全事故的发生概率。未来,伴随信息技术进步与制度体系健全,风险预警机制在建筑工程安全管理中的作用将越发凸显,助力行业可持续发展。

[参考文献]

- [1]于国锋.浅议建筑工程施工中的安全、质量及进度管理[J].城市建设理论研究(电子版),2025(23):29-31.
- [2]李诚勤.智能化工程管理技术在建筑工程管理中的应用探析[J].张江科技评论,2025(6):99-101.
- [3]姜超.建筑工程安全生产管理的难点与完善策略[J].房地产世界,2025(10):104-106.
- [4]梁婧.风险管理在建筑工程安全生产中的应用研究[J].现代职业安全,2025(2):53-55.
- [5]蔡连莉.建筑工程安全生产管理及事故预防分析探讨[J].中华民居,2024,17(9):174-177.
- [6]张诗鹏.住宅建筑工程安全文明施工管理问题与优化对策[J].居舍,2024(26):167-170.

作者简介:王力(1989.4—),毕业院校:西安建筑科技大学华清学院,所学专业:工程管理,当前工作单位:陕西西咸新区泾河新城城市建设投资有限公司,职称级别:工程师。

智能化技术在水利水电工程中的应用与展望

蔡 珊

河北省水务中心石津灌区事务中心, 河北 石家庄 050051

[摘要]随着信息技术迅猛发展,智能化技术在各行业应用不断深入,水利水电工程作为我国基础设施建设关键部分,其智能化转型特别迫切。此文全面阐述物联网、大数据、人工智能、自动化控制等智能化技术基本原理与发展状况,着重分析这些技术在水利水电工程具体应用,如智能监测、调度运行、预警风险管理、智能维护等。结合数字孪生等前沿技术,展望未来智能化水利水电工程发展趋势与挑战,为推动水利水电行业数字化升级与高效可持续发展提供理论参考与实践指导。

[关键词]智能化技术;水利水电工程;技术应用;智能化趋势

DOI: 10.33142/aem.v7i8.17774 中图分类号: TV512 文献标识码: A

Application and Prospect of Intelligent Technology in Water Conservancy and Hydropower Engineering

CAI Shan

Hebei Provincial Water Affairs Center Shijin Irrigation District Affairs Center, Shijiazhuang, Hebei, 050051, China

Abstract: With the rapid development of information technology, the application of intelligent technology in various industries is constantly deepening. As a key part of Chinese infrastructure construction, the intelligent transformation of water conservancy and hydropower engineering is particularly urgent. This article comprehensively elaborates on the basic principles and development status of intelligent technologies such as the Internet of Things, big data, artificial intelligence, and automation control. It focuses on analyzing the specific applications of these technologies in water conservancy and hydropower engineering, such as intelligent monitoring, scheduling and operation, early warning risk management, and intelligent maintenance. Combining cutting-edge technologies such as digital twins, we look forward to the future development trends and challenges of intelligent water conservancy and hydropower engineering, providing theoretical references and practical guidance for promoting the digital upgrading and efficient sustainable development of the water conservancy and hydropower industry.

Keywords: intelligent technology; water conservancy and hydropower engineering; technology application; the trend towards intelligence

引言

水利水电工程属于保障国家水资源调控、能源供应以及生态安全的关键工程体系,其建设以及管理水平会对经济社会的可持续发展产生直接影响。传统水利水电工程管理依靠人工操作与经验判断,存在信息采集滞后的状况,还存在着运行效率较低以及风险预警不够及时等诸多问题。近些年来,随着智能化技术持续取得进展,特别是物联网、大数据还有人工智能得到广泛运用,给水利水电工程的管理模式带来了具有革命性的变化。智能化技术借助实时数据采集、智能分析以及自动决策等方式,明显提升了工程在安全性、经济性以及智能化水平方面的表现,推动水利水电工程朝着数字化、自动化以及智能化的方向不断发展。本文围绕智能化技术在水利水电工程中的应用实际状况以及未来的发展趋势展开系统探讨,目的在于揭示智能化技术对于行业变革产生的深远影响,推动水利水电工程的现代化建设进程。

1 智能化技术概述

1.1 物联网技术

物联网技术把传感设备和网络通讯结合起来,建起了

一个能实时感知又能传信息的智能网络系统,给水利水电工程带来了从各个方面、多个角度采集数据的能力。在工程里,传感器可实时监测水流量、压力、湿度、温度等关键指标,把物理世界的的数据变成数字信号传到控制中心。物联网不但让信息采集变得更及时、更准确,还让设备之间能互相连通,推动了数据的共享以及协同管理,使得水利水电工程运行的透明度以及智能化水平有了很大提升。

1.2 大数据与云计算

水利水电工程所生成的数据量极为可观,并且呈现出多样化的态势。大数据技术具备处理如此海量、来源多样以及结构各异数据的能力,可深入挖掘出隐藏于数据当中的潜在规律与价值。经过数据清洗、存储以及分析等一系列操作之后,管理人员便能够全面掌握工程运行的整体情况,达成精准的状态评估以及趋势预测。云计算平台给大数据的存储与计算给予了弹性资源方面的有力支撑,使得数据处理的硬件成本得以降低,同时数据处理的效率以及可扩展性也得到了提升。依靠云计算,水利水电工程管理成功实现了从传统的单一系统朝着分布式、动态化以及智能化方向的转变。

1.3 人工智能与机器学习

人工智能技术于水利水电工程的应用,主要在数据智能分析以及辅助决策这两个层面有所体现。借助机器学习算法,系统可以从历史运行数据还有实时监测数据当中去学习,进而构建起设备故障诊断模型以及运行优化模型,以此达成故障的早期预警,并且实现运行方案的智能优化。人工智能还推动了智能调度系统的发展进程,让水资源分配以及电力调度变得更加科学合理,从而提升工程的经济效益以及安全性。伴随深度学习、强化学习等技术不断发展,人工智能的应用范围以及智能水平将会持续提升。

1.4 自动化控制技术

自动化控制技术算得上是达成水利水电工程智能化管理的途径。借助控制系统针对机械设备以及运行流程展开实时的监控活动,并且能够自动地进行调节操作,如此一来便可以确保工程能够稳定且高效地运行起来。现代的自动化控制技术包含了像 PLC 控制、SCADA 系统还有分布式控制系统(DCS)等这些方面,其可实现对水闸的开闭操作、机组的运行情况以及排水的调节等关键环节的自动化管理,进而把人为操作出现失误的风险给降了下来,同时也让工程的安全性以及管理效率都得到了提升。自动化控制技术得以成熟的应用,这就为智能化系统的集成以及后续的优化工作打下了一个颇为坚实的根基。

2 智能化技术在水利水电工程中的具体应用

2.1 智能监测系统

2.1.1 结构健康监测

结构健康监测系统会借助应变计、加速度计以及位移传感器等诸多设备,针对水利水电设施的结构力学性能还有运行状态展开持续不断的监测工作。此系统能够敏锐地捕捉到结构出现的细微变化信号,像变形情况、裂纹不断扩展的情形以及振动存在异常等状况,并且能够凭借智能算法来对所获取的监测数据加以分析以及评估,从而精准地判断出结构的安全实际状况,还能对潜在的风险予以预测。借助结构健康监测这一手段,管理人员便能够达成对工程设施的早期诊断目标以及合理安排维护事宜的目的,进而促使设施的使用寿命得以延长,确保其运行过程中的安全无虞。与此再联合云平台以及大数据相关技术,结构健康数据就能够实现长期的存储以及深入的分析,从而为后续的设计优化工作以及管理决策事项给予科学层面的依据支撑。

2.1.2 水质与水位监测

水质与水位监测系统运用多参数传感器针对水体的 pH 值、溶解氧、浊度以及温度等相关指标展开实时监测,与此借助水位传感器可精准测量水库、水渠还有下游的水位变化情况。对这些数据加以持续采集并深入分析,能够助力及时察觉水体出现污染、水位存在异常等诸多问题,进而确保水资源得以合理开发利用,维护生态环境处于安

全状态。智能监测系统还能够依据实时水位数据,联合气象预报以及历史数据,给予调度人员科学调整蓄水与排水方案方面的辅助,以此提升水资源调配的工作效率以及操作准确性,减少洪涝灾害以及干旱风险发生的可能性。

2.2 智能调度与运行管理

智能调度系统把实时监测数据同历史运行信息结合起来,借助先进的优化算法以及人工智能技术,达成水利水电工程的自动化运行管理目标。该系统可依据水资源实际状况、用电方面的需求还有气象方面的条件,去科学地规划水库蓄水事宜、发电机组的启停操作以及水流调节工作,以此实现水资源的最充分运用,并且促使经济效益得以提升。智能调度一方面消减了人为决策所具有的主观性以及不确定性,另一方面也提升了应对突发事件时的灵活性以及响应的速度。凭借智能运行管理平台,相关的管理部门能够实时知晓工程的运行状态,进而开展远程监控以及远程控制相关操作,推动水利水电系统朝着智能化、集约化管理的方向去转变。

2.3 智能预警与风险防控

在自然灾害和设备故障带来复杂风险的情况下,智能预警系统整合多源数据与智能算法,达成对洪水、滑坡、泥石流等灾害的早期预警,还能预判关键设备故障。该系统借助传感器来监测环境变化,同时融合气象预报、地质信息以及运行数据,凭借机器学习模型去识别潜在风险信号,从而提前发出预警信息。智能预警拓展了灾害应对的时间窗口,降低了经济损失与人员伤亡,并且给决策者提供了科学依据,助力制定应急预案以及风险管理措施,切实增强了水利水电工程的安全保障能力。

2.4 智能维护与无人巡检

智能维护技术借助对设备运行数据展开分析,达成故障的精确诊断以及预测性维护,如此一来便能让设备停机时间得以减少,维修成本也能相应降低。无人机还有机器人技术在巡检作业当中的运用,使得巡检效率以及安全性都得到了大幅度的提升。无人机可以迅速完成针对大面积区域以及存在较高风险区域的图像采集以及实时监测工作,进而获取到高清视频以及红外图像,凭借这些图像能够对堤坝出现的裂缝、渗漏以及植被发生的变化等一系列问题加以检测。地面以及水下机器人能够进入到人力难以触及的环境当中,去完成设备检测、清理以及修复等各项任务,以此来确保相关设施能够正常地运行。这样的智能维护方式在很大程度上提升了巡检的覆盖范围以及精细程度,也有力地推动了水利水电工程维护管理朝着智能化的方向去转型。

2.5 数据集成与信息共享平台

第一,数据集成涉及将水利水电工程中各个环节产生的数据进行整合,包括水文水情数据、设备运行数据、维护记录等,以确保数据的完整性和一致性。通过数据集成,

可以实现不同系统和平台之间的数据无缝对接和交换,避免了数据孤岛和信息割裂的问题,提高了数据的利用效率和管理水平。第二,数据共享是指在建立信息化平台的过程中,各个相关部门和单位之间共享数据资源,实现信息的互通共享,以促进工程管理的协同和统一。通过建立数据共享机制,可以实现信息的共享共用,避免了重复采集数据,提高了工作效率和资源利用效率。同时,数据集成与共享还可以为水利水电工程的科学决策和智能化管理提供可靠的数据支撑,为工程管理提供更加科学、精准的数据支持。

3 未来发展趋势与展望

3.1 数字孪生技术应用前景

数字孪生技术会构建起水利水电工程实体系统的数字化映射,借此达成在工程整个生命周期之内的虚拟仿真以及实时监控。此项技术可实时呈现出工程结构状态、水流变化情况、设备运行状况等诸多维度的信息,从而助力于工程设计方面的优化、运行调度事宜以及维护管理等相关方面的决策工作。在未来,数字孪生将会成为促使水利水电工程迈向智能化转型的关键核心技术,其依靠虚拟与现实的紧密交融,能够让风险评估、故障预测以及应急演练等工作实现智能化,进而提高工程所具备的安全性以及响应的能力。与此同时伴随计算能力的增强以及传感技术的发展,数字孪生模型也会变得更加精准且更具动态特性,进而给工程管理不断带来创新的动力。

3.2 融合智能化技术的水利水电工程

未来的水利水电工程会把物联网、大数据、人工智能、自动化控制以及机器人技术融合起来,打造出一个多种技术协同运作的智能生态系统^[1]。依靠智能传感设备来实时收集环境还有设备方面的数据,再和大数据分析以及人工智能算法相互结合起来,进而达成对复杂工程系统进行精准感知并且能够自主调节的目的。自动化控制还有机器人技术能够确保工程高效地运行并且维护其安全。多种技术融合到一起,一方面提升了工程的智能化程度,另一方面也强化了系统的稳定性以及适应性,对于应对气候变化以及极端天气所带来的各种挑战是很有帮助的。融合了智能化技术的水利水电工程会有更强的柔性以及韧性,推动整个行业朝着智慧水利的新时代不断前进。

3.3 人工智能驱动的自主决策系统

人工智能驱动的自主决策系统借助对海量数据展开的深度学习以及细致分析,可达成对水利水电工程运行的智能优化目标,同时也能完成自动调度相关事宜。这一系统不但可以依据实时获取的数据自行对水资源配置状况做出调整,并且能够针对发电计划予以相应调节,而且还能够对设备的状态加以预测,同时预估潜在存在的各类风险,进而实现故障预警的精准化,同时也可制定出更为合

理的维护策略^[2]。在往后的日子里,伴随算法持续不断地得到优化,再加上计算资源得以提升,自主决策系统将会拥有更为强大的自适应能力以及学习能力,其能够在环境复杂且多变的情形下实现自主的运行状态,如此一来便能够大幅提升工程在经济方面的效益,同时也能使安全保障的水平得到明显提高。该系统要是得以广泛地应用起来,那么它极有可能成为推动水利水电朝着智能化方向转型的关键性驱动力量。

3.4 绿色智能水利水电工程建设

绿色智能理念着重于在水利水电工程建设以及运行期间,充分考虑环境保护事宜并注重资源的高效利用,以此来促进可持续发展进程。在未来,智能化技术能够助力达成低能耗、低排放并且对环境较为友好的工程运营状态,借助精准调控水资源以及优化能源使用的方式,降低其给生态环境带来的影响。智能监测和预警系统可有效地对生态风险加以防控,进而保障水质状况以及生物多样性的存续^[3]。与此绿色智能技术还涵盖利用智能材料以及节能设备的做法,以此来提升整个工程的环境适应能力以及资源循环利用的能力。绿色智能水利水电工程会成为推动生态文明建设工作以及实现“双碳”目标的关键支撑力量。

4 结语

智能化技术是推动水利水电工程走向现代化的关键力量,它正一点一点地改变传统的工程管理模式,促使管理方式从依靠人工经验转变为依靠数据以及智能决策来驱动。借助物联网、大数据、人工智能以及自动化控制等一系列技术的应用,水利水电工程在监测、调度、预警以及维护等多个方面的智能化程度得到了明显提高,这有力地保障了工程能够安全且稳定地高效运行。在未来,随着数字孪生以及自主决策系统等先进技术逐渐变得成熟起来,智能化水利水电工程将会达成更为精准、更具动态性以及更契合绿色环保理念的管理效果,推动资源得到科学合理的利用,同时也对生态环境起到保护作用。展望未来的发展趋势,智能化技术会成为水利水电行业实现可持续发展的核心推动力量,推动我国乃至全球范围内的水利水电工程朝着智慧水利的新时代迈进。

[参考文献]

- [1]曹刚.智能化技术在水利水电工程中的应用与展望[J].张江科技评论,2025(1):88-90.
- [2]张忠惠.智能化在水利水电工程管理中的应用[J].大众标准化,2024(16):170-172.
- [3]张盼.智能化管理系统在水利水电工程项目中的应用探讨[J].科技与创新,2025(5):204-207.

作者简介:蔡珊(1985—),男,毕业院校:河海大学,所学专业:水利水电工程,当前就职单位:河北省水务中心石津灌区事务中心,职称级别:工程师。

建筑工程管理与绿色建筑工程管理的探究

谷俊义 王力

陕西西咸新区泾河新城城市建设投资有限公司, 陕西 西安 713700

[摘要]随着建筑行业持续向前发展, 人们的生态环境保护意识也在不断增强, 在这样的大背景之下, 传统建筑工程管理模式慢慢暴露出诸多不足之处, 特别是在资源利用效率方面、环境保护层面以及可持续发展方面都存在着一一定的欠缺。绿色建筑理念应运而生, 它给建筑工程管理指明了全新的发展方向, 其关键点在于要在满足使用功能以及获取经济效益的基础之上, 尽可能地降低建筑给环境所带来的负面作用。文中着重围绕建筑工程管理与绿色建筑工程管理二者之间的关系来展开探讨, 通过将两者的管理理念、所追求的目标、采取的手段以及技术应用等方面进行细致的比较分析, 进而提出关于绿色建筑工程管理的具体实施策略。相关研究说明, 把现代管理技术、信息化手段同绿色建筑理念有机结合起来, 一方面能够对施工过程予以优化, 另一方面可以提升资源利用效率, 同时还可以促使建筑项目在经济、社会以及环境这三个维度上实现综合价值的最大化, 从而为建筑行业的可持续发展给出实践方面的路径以及理论层面的有力支撑。

[关键词]建筑工程管理; 绿色建筑; 施工管理

DOI: 10.33142/aem.v7i8.17758

中图分类号: TU4

文献标识码: A

Exploration on Construction Project Management and Green Building Project Management

GU Junyi, WANG Li

Shaanxi Xixian New Area Jinghe New City Urban Construction Investment Co., Ltd., Xi'an, Shaanxi, 713700, China

Abstract: With the continuous development of the construction industry, people's awareness of ecological environment protection is also constantly increasing. Against this backdrop, traditional construction project management models have gradually exposed many shortcomings, especially in terms of resource utilization efficiency, environmental protection, and sustainable development. The concept of green building has emerged, which has pointed out a new direction for the development of construction project management. Its key point is to minimize the negative impact of buildings on the environment while meeting the functional requirements and obtaining economic benefits. The article focuses on exploring the relationship between construction project management and green building project management. Through a detailed comparative analysis of their management concepts, goals, methods, and technological applications, specific implementation strategies for green building project management are proposed. Related studies have shown that combining modern management techniques and information technology with green building concepts can optimize the construction process, improve resource utilization efficiency, and maximize the comprehensive value of construction projects in the economic, social, and environmental dimensions, which provides practical and theoretical support for the sustainable development of the construction industry.

Keywords: construction project management; green building; construction management

引言

建筑工程管理属于建筑项目从启动直至竣工期间的全程管理活动, 其关键点在于借助科学的管理方式达成时间、成本、质量以及安全等诸多方面的平衡与优化, 在传统的建筑工程实践当中, 管理侧重点常常偏向于施工进度以及成本控制方面, 而对于环境影响以及资源节约的考量相对较为欠缺, 不过随着全球可持续发展战略不断向前推进以及绿色建筑评价标准一步步得以完善, 建筑行业迫切需要把绿色建筑理念融入到工程管理体系里面, 达成经济效益与环境效益的双重优化, 本文通过对建筑工程管理以及绿色建筑管理的相关理论展开系统梳理, 剖析两者在理念、目标、技术手段以及绩效评价等方面的差异, 并且提出针对绿色建筑项目的实施策略, 期望能够给工程实

践给予科学的参考依据, 同时推动建筑行业管理模式朝着绿色转型的方向发展。

1 建筑工程管理概述

建筑工程管理涵盖从项目启动到竣工交付的全过程, 是确保建筑项目在预定时间、成本和质量标准内完成的关键。该领域依托严谨的项目管理过程, 涵盖启动、规划、执行、监控至收尾各阶段, 每一环节均需实施精密的管理与监督。高效的工程管理不仅需了解建筑技术和工程原理, 还必须掌握现代管理方法, 如风险管理、合同管理和人力资源管理等。此外, 建筑工程管理还需应用信息技术, 比如建筑信息模型 (BIM), 这种技术能够提供更精确的设计数据, 优化资源配置和施工进度, 减少工程浪费。在质量控制方面, 通过实施全面的质量管理体系 (QMS), 可确

保每个施工环节都达到国家标准与行业规范,有效预防施工缺陷和后期维护问题,从而提升建筑工程的整体质量和持久性。通过这种综合的管理策略,工程管理不仅能提高项目的经济效益,还能显著增强项目的社会和环境责任感,确保建筑项目的可持续发展和长远利益。

2 绿色建筑工程管理概述

绿色建筑工程管理把生态环境保护以及资源节约当作核心,着重于在建筑整个生命周期当中达成环境、经济以及社会效益的协调一致。其管理内容不但涵盖传统施工管理里的质量、安全、进度还有成本控制等方面,而且着重突出建筑设计、材料挑选、施工工艺、能源使用以及废弃物处理等环节的绿色化,需要在项目每一个阶段都充分体现可持续发展理念。绿色建筑工程管理在设计阶段要充分考量建筑的功能性与可持续性,借助合理的建筑布局、节能设计、环境优化以及生态材料的运用,达成建筑在使用阶段的低能耗、高舒适性以及良好的生态兼容性。在施工阶段,绿色建筑管理着重于施工过程的环境保护,像施工噪声控制、粉尘治理、施工废弃物回收以及施工机械节能减排等,同时也重视施工人员环保意识的培育以及施工现场管理的规范化。并且,绿色建筑管理很大程度上依靠信息化技术与现代管理工具,比如 BIM 技术的广泛运用,使得设计、施工以及运维信息可以有效整合起来,进而为资源调配、施工进度优化、材料使用科学化以及绿色指标考核给予可靠的科学依据,同时提高项目管理的精细化程度以及可持续发展能力。

3 建筑工程管理与绿色建筑工程管理的比较分析

3.1 管理理念的差异

传统建筑工程管理看重高效完成工程,靠精细控进度、严格管成本、严监督质量,保障工程按计划完成,讲求工程效率与经济收益最大化。绿色建筑工程管理把生态环境保护当作起点,关注工程质量和成本的更看重建筑对自然、社会环境的长期影响。绿色管理讲全过程思维,从设计到施工再到运营,都要节约资源、优化能源、友好环境,体现系统化、全生命周期和可持续发展理念。理念不同让两类管理在策略制定、资源配置、技术应用上存在根本区别。

3.2 管理目标的不同

就管理目标而言,传统建筑工程管理着重于达成施工进度按时完成、把控预算成本以及使施工质量达到标准,其目标往往是可量化的、短期的并且是以经济效益作为导向的。绿色建筑工程管理在承接这些目标的还进一步引入了环境指标以及社会效益方面的考核内容,比如降低能源消耗、实现材料的循环利用、减少施工过程中的污染情况以及在建筑使用阶段取得节能效果等。这样多维度的管理目标,不但要求管理者拥有传统项目管理的能力,而且要求其具备绿色建筑的专业知识以及生态环境方面的意识,进而达成经济效益与环境效益的双重优化目的。

3.3 管理手段与技术应用差异

传统建筑工程管理依靠经验、标准化流程以及项目管理软件来达成施工组织、进度安排、质量把控以及成本管理为目的,然而绿色建筑管理在此基础上融入了更多的高新技术手段以及绿色管理工具。BIM 技术在绿色建筑当中的运用让设计、施工以及运维数据达成信息化整合,可以提前对建筑能耗加以模拟、对施工方案予以优化并且对材料做出合理选择,进而降低资源浪费以及减轻环境负荷。与此绿色建筑管理还会借助环境模拟、能耗分析软件以及可持续性评估工具,科学地预测建筑在使用阶段的性能表现情况,给施工与运营提供决策方面的依据,使得管理手段和技术应用呈现出极为系统化且智能化的特点。

3.4 项目评价与绩效考核的差异

就项目评价以及绩效考核而言,传统建筑管理往往把工期、成本还有质量当作评价指标,其绩效考核方式相对单一。然而绿色建筑工程管理会把绿色指标纳入到考核体系当中,像能耗效率、材料环保性、施工污染控制、废弃物回收率以及建筑生命周期环境影响等等都涵盖其中。这样一种综合评价的方法,不但能够衡量工程所取得的经济成果,而且能够反映出项目在环境保护以及社会效益方面的实际表现,对于推动施工企业树立起可持续发展的导向,达成绿色建筑项目的全方位优化是有帮助的。

4 绿色建筑工程管理的实施策略

4.1 绿色设计管理

绿色设计管理作为绿色建筑工程管理的开端,其关键之处在于借助科学且合理的方案,达成建筑使用功能和环境效益的最优平衡。在设计环节,管理者一方面要全面考量建筑朝向、自然采光、通风状况、能耗优化以及生态环境保护等诸多因素,另一方面还需综合当地气候特性、建筑功能需求以及可持续材料选用等方面的情况,经由计算模拟、能耗分析以及方案优化等一系列操作,达成建筑在使用阶段具备低能耗、高舒适度以及生态兼容性的目标^[1]。与此绿色设计着重于设计与施工的紧密关联,要求施工单位能够依照设计方案严格施工,并且凭借施工过程中的可监控举措确保方案切实落实,以此尽可能地削减施工资源的浪费以及环境负荷,提高建筑整体的可持续发展程度以及长期生态效益,为绿色建筑目标的达成筑牢根基。

4.2 绿色施工管理

绿色施工管理着重于在施工阶段对环境污染加以严格把控,注重节约资源以及对施工流程予以优化,以此达成建筑全生命周期的绿色目标,在具体施行进程当中,施工单位需要采取完备的噪声控制举措、粉尘治理办法以及施工废弃物管理措施,要合理地安排施工工序,降低施工给周边环境以及生态系统所带来的影响,并且要优先选用节能施工机械以及环保施工技术,以此提升施工效率,减少能源消耗^[2]。除此之外,绿色施工管理还要求强化施工

人员的环境保护意识以及操作规范,借助培训、监督与考核相互融合的方式,保证绿色设计理念能够在实际施工当中得到彻底贯彻,实现施工过程的科学化、规范化以及可持续发展,进而在保障工程质量与安全的基础之上,切实提升建筑项目的环境绩效与社会价值,为绿色建筑目标的达成给予稳固的保障。

4.3 绿色材料与资源管理

绿色材料以及资源管理在整个建筑的全生命周期当中都贯穿始终,其关键之处就在于借助科学的方式来挑选材料,合理地资源加以配置,并且高效地开展废弃物管理工作,以此达成资源最大限度地被利用起来,同时让建筑给环境带来的影响降到最低的程^[3]。在实际的操作过程中,管理者应当把可循环利用的、能耗较低的以及环境负荷较小的绿色建筑材料作为优先的选择对象,与此还要结合建筑所具备的功能以及施工时所采用的工艺来对材料使用的方案予以优化,要严格把控在施工进程里出现的材料浪费以及损耗情况。得建立起一套完整的废弃物回收、分类以及再利用的相关机制,针对施工期间所产生的废弃物展开有效的管理以及再加工处理,从而促使建筑材料可以形成一个闭环式的循环状态,进而实现资源的可持续性利用。凭借科学的材料管理手段以及资源优化举措,不但能够削减建筑方面的成本以及环境负荷,而且还能推动建筑项目朝着绿色循环的方向去发展,提高项目在环境方面的绩效以及社会所具有的价值,进而为达成绿色建筑全生命周期的管理给予稳固有力的保障。

4.4 能源与环境管理

能源与环境管理属于绿色建筑工程管理的关键部分,其主要目标是要借助优化能源使用方式、减少排放程度以及改进环境质量这些途径,达成建筑项目能够可持续地运行并且在整个生命周期里都能产生绿色效益的目的。在实际的操作过程里面,管理者得充分把建筑所具有的能耗特性以及使用功能相互结合起来,去采用那些高效的节能设备、智能化的控制系统还有可再生能源方面的技术,像太阳能、地源热泵以及风能等等这类技术,以此来实现对能源的高效利用以及用其他能源加以替代的效果^[4]。与此在施工以及运营这两个阶段当中,还应当建立起一套完整的环境监测与评估的相关机制,要对能耗指标、排放水平以及室内外环境质量等方面做到实时的跟踪监测,从而保证建筑在整个设计、施工乃至使用这个过程当中能够使能源消耗降到最低限度,让碳排放达到最优的状态,并且能够凭借对数据的分析不断地去优化自身的管理策略。如此一来,这既能够对降低运行成本以及减轻环境负荷起到帮助作用,又可以提高建筑所拥有的生态价值以及履行的社会

责任,进而实现绿色建筑所设定的可持续发展的目标,给全生命周期的科学管理给予稳固有力的支撑。

4.5 信息化与BIM技术在绿色建筑管理中的应用

信息化以及BIM技术于绿色建筑管理而言,占据着极为关键的地位,其已然成为达成建筑全生命周期绿色管理的重要辅助工具。借助BIM技术,能够把建筑设计、施工还有运维各个阶段的相关信息予以高度整合,进而达成数据的可视化呈现、智能化分析以及动态更新,以此给施工方案的优化、资源的合理调配、材料使用的科学化以及能耗控制等方面提供较为可靠的科学依据。在此期间,信息化手段一方面大幅提升了项目管理的效率,减少了重复作业以及施工浪费的情况,另一方面也强化了建筑项目对于环境、能源以及资源的可控程度,保证绿色建筑理念在整个施工和运营过程当中得以全面落实。这种技术的应用让绿色建筑工程管理在实际操作中变得更加科学化、系统化且更具可操作性,同时也给管理者带来了精确的决策支持,助力实现建筑项目的可持续发展目标以及长期社会效益的最大化程度。

5 结语

绿色建筑理念不断推广之际,建筑工程管理正处在从传统管理模式朝着绿色管理模式转变的过程当中。绿色建筑工程管理把生态环境保护、资源节约以及信息化技术融入到传统的管理体系里面,达成了经济效益、环境效益和社会效益的有机结合。本文通过比较分析建筑工程管理以及绿色建筑工程管理,清晰了两者在理念方面、目标层面、技术层面以及评价体系方面的区别,并且给出了包含设计、施工、材料、能源还有信息化等诸多方面的实施策略。在未来,随着政策给予的支持、技术所取得的进步以及行业开展的实践不断深入,绿色建筑工程管理会进一步对管理体系加以优化,使管理水平得到提升,从而为建筑行业的可持续发展筑牢坚实的保障。

[参考文献]

- [1]成莺.建筑工程管理及施工质量控制的有效策略[J].居业,2025(2):135-137.
- [2]鲍善宇.关于建筑工程管理中相关问题的探究[J].建材发展导向,2025,23(14):109-111.
- [3]侯雷,姚宏达.绿色建筑工程施工管理与可持续发展策略探究[J].绿色中国,2025(4):163-165.
- [4]党风琴.绿色建筑技术在建筑工程管理中的应用[J].陶瓷,2025(4):207-209.

作者简介:谷俊义(1989.10—),毕业院校:长安大学兴华学院,所学专业:工程管理,当前就职单位:陕西西咸新区泾河新城城市建设投资有限公司,职称级别:工程师。

架空输电线舞动现象及其抑制方法研究

赵航 王宗实

沈阳电力勘测设计院有限责任公司, 辽宁 沈阳 110000

[摘要]架空输电线路在受到风荷载的作用时,较易出现导线舞动这一现象。导线舞动有可能引发导线以及塔杆遭受损伤、线路出现闪络情况、发生跳闸现象以及变电站失去电压等问题,进而对电力系统的稳定运行造成影响。文中全面深入地剖析了输电线路舞动的内在机理以及主要的影响因素。还对多种抑制导线舞动的方法展开了探讨,像导线结构的优化处理、设置阻尼装置、改进塔杆的设计方案以及开展智能化监测并实施主动控制等等,以此为架空输电线路防止导线舞动提供相应的理论依据以及实践方面的指导。

[关键词]架空输电线路;导线舞动;抑制措施

DOI: 10.33142/aem.v7i8.17771

中图分类号: TM75

文献标识码: A

Research on the Dancing Phenomenon of Overhead Transmission Lines and Its Suppression Methods

ZHAO Hang, WANG Zongshi

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

Abstract: Overhead transmission lines are prone to conductor dancing when subjected to wind loads. The dancing of wires may cause damage to wires and towers, flashover of lines, tripping, and loss of voltage in substations, thereby affecting the stable operation of the power system. The article comprehensively and deeply analyzes the internal mechanism and main influencing factors of transmission line dancing. Various methods for suppressing conductor dancing were also explored, such as optimizing conductor structures, installing damping devices, improving tower design schemes, and implementing intelligent monitoring and active control, which provides theoretical basis and practical guidance for preventing conductor dancing in overhead transmission lines.

Keywords: overhead transmission lines; wire dancing; suppression measures

引言

架空输电线路属于电力系统里极为重要的一部分,它的安全且稳定地运行对于确保社会能够正常用电有着不容忽视的意义。不过,在风力的影响之下,导线是比较容易出现那种低频而且振幅还很大的舞动情况的,如此一来便会造成机械结构遭受损伤以及出现电气方面的故障,甚至还可能致使线路停止运行。随着用电负荷一直在不断地增长,电网在运行过程中所面临的压力也越来越大,所以舞动这一问题也就变得日益凸显出来了,迫切需要对它的发生机制以及各种影响因素展开系统的分析。本文针对导线舞动的机理、各类影响因素、危害的具体特征以及抑制的策略等方面展开相关的研究,希望能够为提升架空输电线路的安全性及稳定性给予一定的参考依据。

1 输电线路导线舞动原理

输电线路导线舞动不同于一般的振动现象,而是受到风速的影响发生一种运动轨迹的变化,它具有低频率、大振幅等特点。舞动故障出现与风速、风向、输电线路自身结构等有关系。架空输电线路通常处于静载负荷状态,而舞动故障发生的时候形成动荷载,对塔杆挂线等都有影响,从而对线路造成损坏。其次,塔杆建设中,线路舞动下转

角角度与设计存在较大出入,横担方向承载力远大于塔杆所能承受的范围,这样就会造成塔杆失去平衡或损坏。从目前来看输电线路舞动所造成的跳闸、停运、变电站失压等问题都是我们会面临的考验,这不仅影响人们的正常用电,还会对社会经济产生一定影响。当电厂发电机组停运,给整个电力系统所造成的威胁都是极大的。导线舞动幅度较大的时候常出现一种故障就是线路闪络,当线路出现闪络放电的时候,就会造成后续的频率故障。另外,导线在舞动的过程中,顺着线路的方向会出现窜动,容易对线路上的绝缘子串及金属等造成损坏,从而出现滑动摩擦等问题。于是,在用电负荷持续增长且电网运行压力不断变大的情形下,电力企业需要十分看重输电线路舞动现象的相关研究以及防治方面的工作。

2 输电线路舞动的主要影响因素

2.1 风速与风向因素

风速以及风向可以说是引发导线舞动的最为直接的外部要素。当风速处在某一特定的临界范围内时,导线出现舞动的情況最为容易,这个范围往往和导线本身的固有频率相互契合,进而产生气动共振的效果。风速过低的时候,并没有足够的力量去激发导线产生舞动,而风速过高

的时候,又会因为气动稳定的作用把舞动给抑制住,所以在中等风速的区间当中,舞动的现象是最为常见的。除此之外,风向也起到十分重要的作用,要是风向和导线的走向呈现出垂直的状态或者存在一定的夹角,那么导线受力的不均衡程度就会增加,更容易出现横向的摆动情况。尤其是在山区或者河谷等那种地形比较复杂的区域,风向往往会受到地形导流效应的影响而变得紊乱不堪,如此一来便会让舞动现象变得更加严重。从这一点来看,风速和风向之间的匹配关系是舞动能够发生的极为重要的条件,对其规律展开研究对于预测舞动以及制定相应的防治措施都有着不容忽视的重要意义。

2.2 输电线路自身结构因素

导线具备的物理特性以及所涉及的结构参数,实际上在很大程度上决定了舞动这一现象的发生以及后续的发展走向。就导线而言,其直径的大小、自身的重量情况、张力所处的水平状态,还有具体的悬挂方式等等这些方面,均会对舞动的临界条件以及运动呈现出的特性起到一定的影响作用。比如说,当导线变得更为粗一些,其重量也随之增大之时,那么它的固有频率就会相应地降低下来,在特定的风速状况之下,就更易于与风致振动产生所谓的共振效应,进而促使舞动得以被触发。张力水平的情况是直接对导线的刚度以及振动所具有的特性产生影响的。要是张力处于过低的状态,那么导线便容易出现幅度比较大的摆动情况;而倘若张力过高的情况下,则会使得线路的应力出现集中的态势,最终致使出现疲劳损伤的状况。除此之外,分裂导线在结构上的布置方式,对于舞动所呈现出来的特性同样有着颇为显著的影响作用。假如子导线之间的间距设置得并不合理,那么气动干扰效应便会进一步加剧舞动所存在的风险。所以说,在开展线路设计工作的阶段当中,合理地去选择导线的具体类型以及相应的参数配置情况,这无疑是在减少舞动发生方面极为关键的一个环节。

3 输电线路舞动的危害分析

3.1 导线与塔杆损伤

输电线路舞动产生的最直接危害是给导线以及塔杆结构带来损伤。舞动使得导线在空间里呈现出大幅度的摆动状态,如此一来,导线与支撑结构之间的摩擦力还有冲击力都会相应地增加起来,在经过长时间的作用之后,很容易引发导线出现局部磨损的情况,还可能致使金属产生疲劳乃至断裂的现象。与此塔杆作为导线的承力支撑,其设计承载能力通常是依据静载荷条件来确定的,然而舞动所产生的动荷载往往超出设计预期。当导线摆动幅度增大的时候,塔杆所受到的弯矩、剪力以及扭矩都会发生异常的变化,塔杆的局部应力集中情况也会明显增加,这有可能导致螺栓出现松动的情况,横担发生变形,甚至让塔杆整体陷入失稳的状态。尤其是在双回路或者多回路线路当

中,相邻导线之间相互碰撞以及舞动引发的局部共振现象,会进一步加剧对塔杆的冲击效应。从这里就可以看出,舞动不但威胁着导线自身机械完整性的保持,而且直接关乎支撑结构的安全性问题,若长期累积下去,就可能会造成线路整体出现失效的情况,进而对电力系统的可靠性产生影响。

3.2 跳闸、停运及变电站失压问题

舞动这一现象出现之时,极有可能致使电力系统的运行出现故障,其主要呈现出诸如线路跳闸、被迫停运以及变电站出现失压等一系列问题。导线在舞动的过程当中,会出现相间或者相对地电气距离有所减小的瞬时情况,如此一来便增加了线路产生闪络或者短路的风险。一旦舞动的幅度超过了安全所允许的间距,那么线路的自动保护装置便会启动跳闸功能,以此来防止出现更为严重的电气事故。这样的跳闸虽说在某种程度上对线路起到了保护作用,然而要是频繁发生的话,就会导致供电出现中断的情况,进而给工业领域、商业范畴以及民生方面的用电都带来直接的影响。除此之外,由舞动引发的线路停运还将会使得区域电网的负荷变得不均衡,进而引发变电站出现电压波动甚至失压的状况,最终影响到整个供电系统的稳定运行状态。尤其是在高压以及特高压输电线路当中,舞动所导致的停运或者跳闸很可能会形成连锁反应,使得大范围的电网都受到波及,进而增加电力调度工作的难度以及运行过程中的风险。

3.3 闪络与电气故障

导线在舞动之时,其相对位置处于不断变化的状态,如此一来便极易引发局部出现放电情况或者线路产生闪络现象。闪络这一状况,一方面会直接对导线的绝缘表面造成损坏,另一方面还极有可能借助过电压的作用,进而对配电设备以及终端用户的正常安全用电产生影响。而且,闪络现象会随着导线摆动的频率而形成瞬时的高压冲击,当情况严重之际,甚至还会引发断线或者短路这类事故的发生。与此由舞动所引起的导线窜动情况,还会使得金具以及绝缘子串之间的摩擦有所增加,从而致使绝缘性能出现下降的情况,并且还会引发局部发热的现象,最终使得电气故障的风险进一步地提高了。在输电线路的运行过程当中,闪络以及电气故障通常都是舞动所带来的最为直接且最为严重的电气方面的安全隐患。倘若对此控制不够及时,那么就极有可能导致出现大面积的停电状况,同时也会造成设备遭到损毁,最终使得维修成本有所增加,系统的恢复时间也会相应延长。

3.4 舞动对绝缘子串与金属部件的磨损

导线在舞动之时,不但会让塔杆出现应力方面的异常情况,而且还会对绝缘子串、夹具以及其他金属部件形成持续不断的磨损状况。因为舞动而产生的导线横向以及纵向摆动,使得绝缘子串所承受的摩擦力与冲击力有所增大,长时间积累下来,就会致使绝缘子表面出现划伤、裂纹甚

至是破碎的情况,对其绝缘性能以及机械强度都产生了极为严重的影响。除此之外,金属配件在舞动的过程中会承受周期性的冲击,如此一来便容易出现螺栓松动、夹具变形以及焊接部位疲劳等现象,进而使得线路的整体可靠性有所降低。这种磨损效应既会影响线路长期运行时的安全性,又会使得维护成本以及检修频率有所增加。所以说,评估舞动给绝缘子串以及金属部件带来的磨损特性,对于制定出合理的防护以及维护策略而言有着重要的参考价值。

4 输电线路舞动的抑制方法研究

4.1 增设阻尼装置与间隔棒

要有效地抑制舞动这一现象,在工程实践当中往往会采用诸如阻尼装置以及间隔棒这类属于被动控制范畴的手段。阻尼装置具备这样一种功能,那就是能把舞动所产生的动能转变成热能,如此一来便能够使得导线摆动的幅度得以削弱,进而让振动给线路结构所带来的冲击也跟着降低下来^[1]。不同种类的阻尼器,像串联阻尼器、抗舞阻尼器还有涡流阻尼器等等,都能够依据线路所具有的跨度情况、导线的具体类型以及所处的环境条件来做出相应的选择并加以布置。而间隔棒则是借助于增加导线之间相互约束的点位,以此来削减导线在风力作用下自由摆动的范围,进而促使舞动的振幅得以降低。阻尼装置以及间隔棒在布置时的位置确定、数量的设定以及刚度参数的选定,都需要与实际线路的力学分析相结合来进行优化处理,从而保证在不同的风速以及风向条件之下都能够较好地发挥出抑制舞动的效果。

4.2 导线结构参数与张力优化

导线自身结构参数以及张力水平的优化,这无疑属于抑制舞动的关键举措。科学合理地去挑选导线所用的材料,确定其截面的具体形状,并且选定合适的分裂方式,如此一来便能够对其气动特性产生改变,进而使得其舞动敏感性得以降低^[2]。与此借助于提升导线的张力这一做法,是能够增加导线本身的刚度的,如此则可以让导线的固有频率远离气动共振频段,最终达到降低舞动发生概率的效果。不过,张力优化在操作过程中务必要综合考量线路的机械强度以及长期运行时的可靠性这两方面的情况。倘若张力设置得过高,那么就极有可能致使导线承受过度的力量,还会出现塔杆应力集中的情况;而要是张力设置得过低,则又很容易让舞动的幅度有所增加。所以说,针对这一方面的内容,必须要开展细致入微的设计与相关计算工作。

4.3 塔杆及横担设计改进

塔杆以及横担属于导线的支撑结构,其设计状况会对舞动给线路带来的影响起到决定性作用。通过对塔杆结构加以改进,举例来讲,运用高刚度材料,或者对杆件截面予以优化,又或者是对横担的长度以及布局做出调整,如此便能够切实有效地提升线路整体抵御舞动的能力。与此合理安排双回路或者多回路线路中导线的排列方式,让导

线彼此之间不会相互干扰,这也同样是减少舞动幅度的关键举措之一^[3]。在开展设计改进工作的时候,一方面要充分考虑到结构的安全性,另一方面还得综合考量风荷载、地形条件以及维护便捷性等方面因素,以此来保证抑制效果能够和线路的经济性达成协调一致的状态。

4.4 智能化监测与主动控制技术

随着电力系统朝着数字化以及智能化的方向不断发展,那种基于实时监测并且带有主动控制功能的防舞方案,渐渐地变成了相关研究领域中的一个热点所在。具体而言,通过在导线还有塔杆之上布置相应的传感器,就能够实时地去采集有关导线振动方面、风速风向方面的数据,以及结构应力方面的数据。把这些所采集到的数据与大数据分析手段以及智能算法相互结合起来,便能够达成对舞动进行预警的目的,同时还能实现对舞动的主动控制。这里所说的主动控制技术,包含了像可调阻尼器、智能张力调节装置这类的东西,它们能够依据实时的舞动实际状态,自动地对导线所受到的力或者阻尼参数做出调节,如此一来便能够对舞动的发展起到抑制的作用。采用这种方法,不但让舞动抑制的精度有所提高,而且其响应速度也得以加快,还给处于复杂环境之中的长线路给予了在技术层面可以切实依靠的保障。

5 结语

架空输电线路出现舞动这一情况,已然成为对电力系统安全构成影响的关键隐患所在。其发生会受到诸多因素的影响,像是风速风向方面的情况以及线路自身的结构状况等等,这些都对其产生影响。通过对舞动的机理以及影响因素展开分析,便能够为制定抑制舞动的策略给出相应的依据。在实际的操作过程当中,像阻尼装置的运用、设置间隔棒、对导线参数加以优化、改进塔杆的设计以及实施智能化的监测与主动控制等相关措施,都能够有效地对舞动起到控制作用。在未来的发展趋势来看,以实时监测与主动控制为基础的智能防舞技术,将会成为相关研究当中的重点内容,以此来为保障电力系统的安全以及稳定运行给予有力的支撑。

[参考文献]

- [1]蔡萌琦,胡茂明,杨曙光,等.时滞速度反馈控制下的架空输电线路减振分析[J].自然灾害学报,2025,34(1):156-166.
 - [2]范力午.基于双行程持续发电装置的输电线路舞动能量回收研究[D].东北:东北电力大学,2024.
 - [3]杨天亮.架空输电线路舞动事故及防范措施[J].山西冶金,2020,43(5):163-164.
- 作者简介:赵航(1991.6—),毕业院校:太原理工大学,所学专业:电力系统自动化专业,当前就职单位:沈阳电力勘测设计院有限责任公司,职务:主任工程师,职称级别:工程师。

新形势下做好水利工程监理工作的探讨

张冬生

河北天和监理有限公司, 河北 石家庄 050000

[摘要]水利工程属于关乎国计民生的关键基础设施范畴,其建设质量的好坏会直接对人民的生活水平以及经济发展的水平产生影响。当下,我国针对水利工程建设所投入的资金在不断地增加,不过因为水利工程一般有着质量标准较为严格、建设周期相对较长、投资规模颇为庞大、管理环节比较复杂等等特点,要是建设管理工作做得不到位,那工程质量就很难得到保障,进而会对当地居民的生命安全以及经济发展带来不利的影响。在这样的背景情况之下,这篇文章着重围绕在新的形势之下怎样强化水利工程建设管理来展开相关的探讨,希望能够给从事相关工作的人员给予一定的参考与借鉴,推动水利工程建设达成高质量且可持续的发展状态。

[关键词]水利工程;工程监理;监理工作;工作探讨

DOI: 10.33142/aem.v7i8.17759

中图分类号: TV523

文献标识码: A

Discussion on Doing a Good Job in Water Conservancy Engineering Supervision under the New Situation

ZHANG Dongsheng

Hebei Tianhe Supervision Co., Ltd., Shijiazhuang, Hebei, 050000, China

Abstract: Water conservancy engineering belongs to the category of key infrastructure related to national economy and people's livelihood. The quality of its construction will directly affect the living standards of the people and the level of economic development. At present, Chinese investment in water conservancy engineering construction is constantly increasing. However, due to the strict quality standards, relatively long construction periods, large investment scales, and complex management processes of water conservancy projects, if the construction management work is not done properly, the quality of the project will be difficult to guarantee, which will have adverse effects on the safety of local residents and economic development. In this context, this article focuses on exploring how to strengthen the management of water conservancy engineering construction in the new situation, hoping to provide some reference and inspiration for personnel engaged in related work, and promote the high-quality and sustainable development of water conservancy engineering construction.

Keywords: water conservancy engineering; engineering supervision; supervision work; discussion on work

引言

我国经济社会持续快速发展的当下,城乡基础设施建设也在稳步推进。水利工程在防洪、灌溉、供水以及生态环境改善等诸多方面所发挥的作用日益凸显。水利工程往往投资规模颇为可观,建设周期相对较长,施工环节也极为复杂,涵盖了规划设计、施工管理、质量控制、资金监管以及安全生产等多个层面,所以对工程管理水平的要求也随之提高。在新的形势下,政策环境、市场机制以及技术手段都在不断发生变化,水利工程监理工作的重要性愈发明显。科学且规范、高效的监理,既能保障工程的质量以及施工的安全,又能促使资金合理使用,并推动工程进度顺利开展,进而提升工程的经济效益与社会效益。不过在实际的工程管理进程当中,监理工作依旧面临着诸多挑战,如人员素质存在差异、管理手段较为传统、制度执行力度不够以及新技术应用不足等等。所以说,深入剖析新形势下水利工程监理工作的有效办法与举措,对于提升工程建设管理水平、确保工程高质量完成以及推动水利事业

可持续发展而言,有着十分重要的意义。

1 做好水利工程建设管理的意义

妥善做好水利工程建设管理工作,这既是保证工程能够顺利推进的一项基本保障举措,同时也是促使工程综合效益得以提升的一条重要途径。水利工程通常规模颇为可观,所需投资金额巨大,所涉及的范围也很广泛,它一方面关乎农业灌溉、防洪抗旱以及供水发电等与民生紧密相关且对经济发展有着重要作用的功能方面,另一方面还肩负着改善生态环境以及推动区域实现协调发展的重大任务。要是管理工作的落实不到位,那么就很容易出现资金被浪费掉、工期发生延误、存在质量方面的隐患以及面临安全方面的风险等情况,如此一来,不但会影响到工程各项功能的正常发挥,甚至还极有可能引发较为严重的经济损失以及产生负面的社会影响。借助科学、规范且严格的管理方式,是能够有效对各参建单位之间的关系加以协调的,同时也能合理地去调配人力、物力以及资金等各类资源,进而确保施工整个过程都能够符合设计的要求以及规范的规定,以

此来提升工程建设的质量水平以及施工效率。除此之外,强化管理还能助力于推动信息化以及智能化的相关手段在水利工程当中的实际应用,达成精细化的管控目标以及实现风险预警功能,从而为水利工程的可持续发展筑牢坚实的保障基础。所以,强化水利工程建设管理这一做法具备十分重要的现实层面的意义,同时也拥有长远的战略方面的价值。

2 新形势下水利工程建设管理中存在的问题

在当下全新的形势之下,水利工程建设管理虽说面临着诸多挑战,不过总体来讲依旧处于持续不断向前推进以及逐步优化改进的进程当中。随着国家对于水利基础设施建设所给予的关注度一天比一天提高,相应的工程规模变得越来越庞大,其功能也在不断地得到拓展延伸,与之相伴随的管理工作也就呈现出了一些新的特点,并且对管理工作提出了更高的要求。在实际的操作实践当中能够发现,部分工程在规划设计这个环节、施工组织的衔接配合方面、质量监督的具体落实情况以及资金使用的效率等诸多方面都还存在着一定的不足之处。部分项目在安全生产以及资料管理这两个方面同样也呈现出了一定程度的薄弱环节。与此同时随着信息化以及智能化技术不停地快速发展,水利工程管理人员在新技术的应用以及综合协调能力这些方面仍旧需要进一步去提升强化,以此才能更好地契合现代化工程管理的发展趋势走向^[1]。这些存在的问题并不是表明相关工作停滞不前的状态体现,反而是行业在不断发展过程当中所暴露出来的那种成长过程中的烦恼困扰,它们在某种程度上也折射出了水利工程建设管理水平有所提升的空间以及具备的潜力所在。恰恰就是因为有了这些问题的发现,这才为后续的改进以及创新明确了方向并且赋予了动力,进而推动水利工程建设管理朝着更加科学合理、规范有序以及高效能效的目标一步步地向前迈进。

2.1 依法规范项目法人职责

依法规范项目法人职责属于在当下形势下强化水利工程建设管理工作的一项关键举措。项目法人作为工程建设方面的第一责任主体,其职责落实与否,会直接影响到工程的推进速度、质量状况以及资金安全情况。在实际开展工作的过程当中,务必要依照国家法律法规以及相关制度的规定,清晰明确项目法人的各项权利与相应义务,保障其能够在工程建设期间充分且完整地履行诸如组织、协调、监督以及管理等诸多职责。项目法人一方面需在前期规划、招投标、合同签订这些环节当中起到主导性的作用,另一方面在施工进程里还需担负起工程质量以及安全管理的主体责任,达成全过程的监管以及全方位的把控效果。与此项目法人也应当进一步强化对工程资金使用方面的管理,要做到依法依规行事并且公开透明操作,以此来保证资金能够合理地予以配置并且高效地加以利用。

2.2 建立完善的管理体制

建立起完善的管理体制,这对于提升水利工程建设的管理水平而言,可算是极为重要的一项基础工作,同时

也是保障工程得以顺利实施的关键所在。在当下的新形式之下,水利工程项目常常呈现出诸如规模颇为庞大、工期持续时间较长、施工环节较为复杂、参与建设的单位数量众多以及所涉及的相关部门范围广泛等一系列特点,如此一来便给管理体制提出了更高的要求。完善的管理体制首先得要将各级管理主体的职责以及权限予以明确,要科学合理地划分项目法人、设计单位、施工单位、监理单位还有政府主管部门各自的权责范围,以此来保证各个环节都能做到责任落实到具体的人身上,且能实现权责的统一,进而防止出现职责界限不清、相互推卸责任或者存在重复管理等情况。与此还应当构建起具备多层次、多维度特性的监督以及协调机制,达成从项目立项开始一直到规划设计、招投标、施工建设乃至最后的竣工验收整个全过程的管理,并且能够进行动态的监控,确保工程建设的每一个环节都能够有相应的制度来进行约束,并且要有明确的操作规范^[2]。管理体制的完善还需要和现代化的管理手段充分结合起来,借助信息化、数字化以及智能化技术在工程管理方面的广泛运用,进而实现对施工数据进行实时采集、对施工进度展开动态跟踪、针对质量和安全加以监控以及对资金使用情况予以监督等一系列全方位的管理功能,以此来提升工程决策的科学程度以及管理的效率。除此之外,完善的管理体制还应当重视制度所具备的灵活性以及适应性,要能够依据工程规模、地理环境、技术要求以及社会经济变化的情况来开展动态的调整,最终形成一种科学、高效、协调并且可持续的管理局面。

2.3 抓好进度管理

抓好进度管理对于水利工程建设顺利推进以及按期完成而言,属于极为关键的一个环节。水利工程往往具备投资规模颇为庞大的特点,其施工周期也比较长,并且所涉及的工序相当复杂。倘若进度管理工作没有做到位,那么不仅会造成工期出现延误的情况,而且还极有可能引发资金方面的浪费,使得工程质量有所下降,甚至还会带来一定的安全风险。在开展进度管理相关工作的时候,需要在工程正式开工之前,依据设计方面的要求以及实际的施工条件来科学地编制出进度计划,要合理地安排各个阶段的各项施工任务,以此来保证人力、物力以及资金都能够得到有效的调配。在具体实施的过程当中,应当强化动态监控以及过程控制方面的力度,要及时去跟踪了解施工进展的具体情况,针对施工过程中出现的那些会对进度产生影响的各种因素展开分析,采取行之有效的措施来进行协调与调整^[3]。与此还得重视不同参建单位之间相互之间的沟通与配合,进而形成一股合力,防止因为衔接不够顺畅而致使工期出现拖延的现象。

2.4 严格工程质量管理

要牢固树立“百年大计、质量第一”的理念,健全质量监控体系,严格按照国家质量管理规章制度,强化过程管控,加强质量巡查和排查力度,督促参建各方认真落实质量保障体系,严格执行公司强制性标准和工程设计文

件,从工序和单元工程质量抓起,认真做好施工质量检验与评定,及时发现整改安全质量隐患,严把原材料进出关,要加强质量管理人员培训学习,强化质量底线意识,使工程质量从开工到竣工始终处于受控状态。

2.5 抓好资金管理, 确保资金安全和效益发挥

资金管理、保证资金安全以及促使效益充分发挥,在当下形势下已然成为水利工程建设管理的关键要点之一。水利工程建设通常投资额度颇高、所耗时间较长且涉及环节众多,其中资金的筹措方式、分配状况与使用情况,会对工程能否顺利推进以及整体效益的达成产生直接影响。就资金筹措来讲,务必要做到来源合法且合规,以此来保障建设资金能够按时落实到位;在资金分配方面,应当依据工程实际进度以及具体需求来科学合理地进行安排,防止出现资金闲置或者使用不均衡等情形;于资金使用流程当中,得严格依照国家相关财经方面的制度规定以及审计方面的要求来执行,同时还要完善资金管理台账,确保每一笔资金都具备清晰明确的去向以及真实的用途。除此之外,还需构建起贯穿全程的资金监督机制,进一步强化内部审计工作以及外部监管力度,避免出现挤占、挪用、浪费等一系列问题。

2.6 强化安全生产管理

强化安全生产管理,这是保证水利工程建设顺利推进以及施工人员生命财产安全的关键环节,同样是提升工程整体管理水平的重要部分。水利工程建设一般会涉及到高空作业、深基坑开挖、水上施工、大型机械操作以及复杂的施工环境,其施工风险较高,潜在危险也较多,要是安全管理没有落实到位,那极容易引发事故,进而造成严重的人员伤亡以及经济损失。在新的形势下,安全生产管理一方面要落实传统的安全责任制,另一方面还得融入现代化的管理理念以及技术手段,达成全过程、全方位且动态化的管理模式。具体来讲,要在工程开工之前展开全面的安全风险评估,对施工现场可能存在的一些隐患予以科学的识别并分级管控,同时制定详尽的安全技术措施以及应急预案,与此还要组织全体人员开展系统的安全教育培训,以此提升施工人员的安全意识以及应急处置的能力^[4]。在施工的过程中,得强化现场巡查以及监督检查,借助信息化手段来实时监控,确保安全规范能够严格执行,对于发现的隐患要及时整改并且做到闭环管理,以防潜在风险转变为事故。还应当建立起安全生产绩效考核机制,把安全管理责任和奖惩制度相互结合起来,形成长效管理和持续改进的机制。

2.7 依法加强监管,着力营造有利于工程建设的市场环境

强化监管力度、全力营造有益于工程建设的市场氛围,

这既是提升水利工程建设管理水准的关键所在,也是保证工程顺利开展的重要保障措施。随着水利工程规模变得越来越大,参与建设的主体也日渐呈现出多元化的态势,市场竞争愈发激烈起来。要是没有有效的监管手段,那么就很容易出现违法分包、恶性竞争、偷工减料以及合同履行不到位等诸多问题,这些问题会严重干扰工程的质量状况以及公平竞争的秩序。所以,应当秉持依法依规的原则,严格依照国家的相关法律法规以及行业标准来执行,针对工程建设中的招投标环节、合同履行情况、施工具体过程、资金使用状况、质量与安全等方面展开全过程的监督工作,务必做到有章可循、有法必依、执法必严。与此还需构建起公开且透明的市场机制,着力加强信用体系方面的建设,对于那些守法合规并且诚信履约的企业,要给予相应的支持与激励;而对于存在违规行为的单位以及个人,则要依据法律法规的规定给予处罚并加以限制,从而营造出一种优胜劣汰的良好市场环境。

3 结语

在当下这样的新形势之下,水利工程监理工作于保障工程质量、把控施工安全、合理运用资金以及推动工程进度等方面,都发挥着不容忽视且十分重要的作用。随着水利工程规模变得越来越大、技术水平不断得以提升,再加上社会对于工程质量的要求也在提高,传统的监理模式便面临着全新的挑战与考验。唯有通过进一步完善监理制度、对管理流程加以优化、促使监理人员的专业素质得到提升,并且充分借助现代化的技术手段,才能够达成对工程建设整个过程的科学管理以及有效的监督。强化水利工程监理,一方面能够保证工程按时且高质量地完成,另一方面还能够提升资金使用的效益以及社会经济方面的效益,进而为水利事业的可持续发展筑牢坚实的保障,同时也能在保障民生、推动区域经济发展方面起到颇为重要的作用。

[参考文献]

- [1]饶金城.新形势下做好水利工程监理工作的探讨[J].水上安全,2024(24):172-174.
 - [2]汤二伟.新形势下水利工程建设监理工作的实施[J].建材与装饰,2019(23):314-315.
 - [3]王朋.新形势下做好水利工程监理工作的思考[J].工程技术研究,2021,6(11):169-170.
 - [4]杨明华.新形势下做好水利工程技术管理工作的思考[J].水上安全,2024(14):163-165.
- 作者简介:张冬生(1985.11—),毕业院校:郑州大学,所学专业:土木工程,当前就职单位:河北天和监理有限公司,职务:项目总监,职称级别:高工。

模块化建筑工程的供应链整合与项目进度-成本-质量协同管控研究

寻阳 王朝辉

陕西西咸新区泾河新城城市建设投资有限公司, 陕西 西安 713700

[摘要]伴随建筑业的现代化进程,模块化建筑凭借工厂预制、现场快速装配的特性而备受瞩目,供应链的复杂性和多环节的衔接为项目管理提出了全新挑战。基于供应链整合视角,剖析模块化建筑工程在材料、构件及运输方面的供应链特点,研究供应链协同对项目进度、成本与质量的作用机制。借助搭建协同管控模型,达成信息共享、任务协同及绩效反馈的闭环管理模式。

[关键词]模块化建筑;供应链整合;项目协同管理;进度控制;成本管理;质量管理

DOI: 10.33142/aem.v7i8.17757

中图分类号: TU741

文献标识码: A

Research on Supply Chain Integration and Collaborative Control of Project Schedule Cost Quality in Modular Construction Engineering

XUN Yang, WANG Zhaohui

Shaanxi Xixian New Area Jinghe New City Urban Construction Investment Co., Ltd., Xi'an, Shaanxi, 713700, China

Abstract: With the modernization process of the construction industry, modular buildings have attracted much attention due to their characteristics of factory prefabrication and rapid on-site assembly. The complexity of the supply chain and the connection of multiple links have posed new challenges for project management. Based on the perspective of supply chain integration, analyze the supply chain characteristics of modular construction engineering in terms of materials, components, and transportation, and study the mechanism of supply chain collaboration on project schedule, cost, and quality. By building a collaborative control model, a closed-loop management mode of information sharing, task collaboration, and performance feedback can be achieved.

Keywords: modular architecture; supply chain integration; project collaboration management; progress control; cost management; quality management

引言

模块化建筑作为现代建筑工业化的核心形式,以工厂预制构件、现场迅速装配的途径,达成施工周期的缩减、现场污染的减轻以及建筑质量的提高。然而,模块化建筑项目包含设计、生产、运送、装配等多个环节,构建起复杂的供应链网络。传统的项目管理模式难以对各环节的进度、成本与质量进行有效协调,极易造成资源浪费、进度拖延和质量问题。探究模块化建筑工程供应链整合以及项目进度、成本、质量的协同管控,具备关键的理论与实践意义。本文把供应链管理理论与建筑工程管理实践相结合,给出模块化建筑供应链整合的对策,构建起协同管控模型,为提高项目整体管理效能提供借鉴。

1 模块化建筑供应链特征分析

模块化建筑供应链包含设计、构件制造、运输、组装及现场管控等诸多关键流程,每个环节在整个项目的生命周期里都有着不可替代的意义。模块化建筑要求各专业设计团队协同合作,保障建筑方案、构件尺寸与接口标准的统一。设计信息若存在滞后或偏差,会直接干扰后续构件生产与现场装配的精准度,进而引发返工或延误^[1]。

构件的生产工作一般在工厂里完成,涵盖预制墙板、楼板、梁柱及其他功能模块的制作。生产计划应与设计图纸精确契合,且要综合考量设备能力和人力资源。若生产

环节无法及时响应现场需求,会造成装配阶段处于等待状态,进而使项目整体进度延迟。此外,运输阶段包含大型构件的装载、运送与卸货操作,受道路状况、物流资源和天气状况影响显著。运输效率欠佳不仅会使现场施工延迟,还可能加大构件损坏几率,继而引发项目成本上升和质量隐患增多。装配环节是模块化建筑供应链的核心要点,要求构件在现场快速精准地组合连接,同时要与施工现场管理、吊装设备及安全措施高效协作。

现场管理流程包含施工协调、质量检查以及安全控制,需实时把控各环节推进情况,保证各模块按规划高效对接。因各环节存在时间、空间和信息方面的不对称情况,若缺少有效协调,会加大项目延期、成本超支以及质量产生风险的可能性。因此,达成供应链整合极为关键,它需要设计单位、生产厂家、物流供应商和现场施工团队搭建信息共享平台,统一资源调配准则,优化作业流程,通过预先谋划、动态调整和多方合作,减少延误与质量问题,增强项目整体管理的效率和执行力度,为模块化建筑项目的顺利推进筑牢根基。

2 供应链整合策略

2.1 信息化平台建设

模块化建筑供应链管理里,构建信息化平台是达成全流程协同的根基。该平台一般涵盖项目管理、设计协作、

生产调度和施工现场管理等系统模块,能达成设计图纸、构件生产计划、运输调度和施工进度实时共享。借助信息化平台,各参与方可即时获取最新设计变更信息,减少因信息滞后引发的生产返工与装配差错^[2]。同时,平台可融合生产工厂的资源管理功能,实时监测构件加工进度、设备利用率和人力安排,增强生产调度的精准度与效率。信息化平台能动态管理物流路线、运输车辆状况与到货时间,预先警示运输延误风险,进而缩短装配阶段的等待时长。此外,施工现场管理模块可实时收集现场装配进度、质量检测数据和安全信息,构建闭环反馈机制,为项目管理者提供决策支撑。借助信息化平台搭建,让供应链各环节数据实现透明化与可追踪,提高整体协同效率和管理精准度,为模块化建筑项目按计划、低成本、高品质完成给予技术保障。

2.2 协作机制优化

供应链整合不单单依靠信息的顺畅流通,还得有明确的协作机制让各方高效配合。模块化建筑项目一般会关联设计单位、生产厂家、物流供应商以及施工单位,多方合作时易产生责任界定模糊、任务重叠或冲突等状况。因此,应通过合同条款确定各方责任、交付标准以及违约处理规则,保障各环节有章可循、责任分明。同时,可推行绩效激励措施,把进度、质量和成本指标与供应商或施工方的奖金关联起来,提升各方的积极性与责任感。此外,可借助供应链协同方案,构建跨部门、跨企业的联合调度与协调体系。例如,定时召开项目协调会议,统筹生产、运输及装配安排,迅速处理突发状况与资源矛盾。经由协作机制的改良,各方在项目实施过程中能达成紧密配合,减少进度拖延与资源的无谓消耗,达成进度、成本和质量的同步控制^[3]。

2.3 物流与库存管理

物流与库存管理对模块化建筑项目的衔接和推进起着关键作用。构件生产和现场装配需实现高度协同,运输计划若不合理或库存管理欠佳,就会引发现场等待现象或库存大量积压,进而使成本上升并阻碍施工进度。为了实现物流管理的优化,可结合生产节奏与施工进度,制定合理的运输计划,运用现代物流调度手段,如GPS跟踪和运输管理系统这类,让运输过程实现可视化和实时监控。同时,面对大尺寸或者特殊的构件,可设计专属运输路线并配备装卸设备,增强运输效率与安全性。在库存管理方面,要精准把控构件的存放时长与数量,避免场地被大量占用以及材料出现老化。借助对生产、运输及现场装配数据的剖析,能精准预估并动态调控库存策略,保障现场装配顺利开展。高效的物流与库存管理,既确保了模块化建筑施工的连贯进行,还为削减成本、压缩工期和提升质量筑牢根基。

3 进度-成本-质量协同管控模型

3.1 三维协同管控模型构建

模块化建筑工程里,项目进度、成本和质量紧密相连,

且供应链环节的复杂程度让管理难度升级。为此,搭建三维协同管控模型(Progress-Cost-Quality,简称PCQ模型)是达成供应链整合与项目管理高效融合的关键办法。该模型围绕项目管理展开,将设计、生产、运输及施工各个环节融入统一管理架构,达成任务协同、绩效评估与反馈闭环。利用三维视角对进度、成本和质量实施动态监控,可在项目执行期间迅速察觉偏差与风险,保证项目目标的统一与可控。

3.2 任务协同管理

在三维协同管控模型里,任务协同属于核心部分。把供应链各环节任务进行细分,明确各节点的责任归属、完成标准与时间规定。例如,生产阶段要依据施工规划按时完成构件制作,物流环节应保障运输的及时性,施工环节要确保装配的精度与质量。借助信息化平台,使各环节任务与进度表实时关联,促成节点任务的相互联动。若某个环节发生延迟或出现异常,系统可自动提示相关负责人加以调整,防止局部问题波及整体进度。任务协同既关乎时间同步,还包含资源统筹,像对劳动力、设备和材料进行合理调配,让生产、运输和施工环节高效衔接,增强项目整体执行效率^[4]。

3.3 绩效评价机制

绩效评价是三维协同管控模型的核心支撑,是保障项目目标高效实现的关键举措。模型凭借设定进度、成本、质量三项关键指标,对供应链各环节及其参与方的工作绩效实施量化考核,以此达成对项目运行状态的全面掌控。进度指标主要从节点完成率、实际与计划时间偏差、延误天数等方面进行评估,能直观展现各环节是否按计划开展,及时找出进度滞后问题。成本指标借助对预算执行率、材料与运输成本管控状况、资源浪费率等的量化分析,协助管理者把握资金使用效率和成本偏离状况,进而在项目实施时优化资源配置。质量指标会依据构件检验合格率、现场装配精度、缺陷率以及返工情况来开展评估,保障装配质量与工程安全水平契合标准规定。通过对进度、成本和质量这三类指标开展综合分析,可构建起多维度绩效评价体系,为管理者提供科学的决策支撑,可将绩效评价结果与激励机制相挂钩,既能对高绩效单位予以奖励,也对低绩效环节提出整改需求,推动供应链各方积极优化操作流程,增强整体协作效率,保证项目在紧张的工期和复杂的供应链条件下顺利开展。绩效评价机制的构建既提高了项目管理的精细程度,又为后续项目经验积累和持续改进提供数据支持。

3.4 反馈闭环管理

反馈闭环管理是助力三维协同管控模型达成动态调整与持续优化的关键步骤。借助信息化平台对项目各环节实时监控数据进行集中汇总,形成反映进度、成本和质量情况的动态报表,助力管理者实时掌握项目运行状况。基

于报表结果,管理者可快速调整生产、运输及施工计划,像预先调配劳动力、优化运输线路或变更施工次序,保障项目按既定计划顺利开展。反馈闭环除了涵盖对偏差的矫正,着重强调预警机制的构建。若某一指标呈现异常,系统可自动生成预警信息,并发送给项目管理团队,让相关负责人及时采取应对手段,减少潜在风险对项目整体目标的冲击。此外,反馈闭环机制可对历史数据开展分析与总结,为后续项目供给经验借鉴,推动项目管理持续优化。凭借闭环管理手段,项目团队可在复杂供应链环境下迅速察觉并解决问题,增强整体协作效能与项目管理的科学性^[5]。

3.5 整体作用与价值

三维协同管控模型的构建对模块化建筑项目意义重大,它把供应链整合和项目管理有效融合,创建了“任务驱动—绩效考核—反馈优化”的闭环管理体系。该体系通过清晰界定各环节的任务与职责,构建科学的绩效评估机制,借助实时数据反馈达成动态优化,促使项目管理由传统经验式、单向控制模式向信息化、数据化、协同化的高效管理模式转变。在任务驱动阶段,各环节参与人员按照项目总体目标与节点要求,清晰界定自身职责,且在生产、运输、装配以及现场施工等环节同步开展任务。这种任务协同不仅能有效消除各环节间的沟通阻碍、降低协调成本,还能够极大降低节点延误、施工冲突以及资源浪费的发生概率,保障项目进度处于可控状态,增强供应链整体运行效率。绩效评价机制的建立不仅提升了项目管理精细化水平,也为后续项目经验积累与持续优化提供了数据支撑。

绩效评价机制作为三维协同管控模型的关键支撑,借助对进度、成本和质量这三类关键指标开展量化考核,全面评估供应链各环节及参与方工作表现。进度指标着重聚焦于节点完成率、延误天数以及计划偏差,可直观展现各环节推进状况,同时为管理者及时调整施工安排或资源分配提供参考。成本指标涉及预算执行比率、材料及运输成本控制成效、资源利用效率等内容,为项目管理者精准呈现成本监控数据,协助在施工期间实现成本优化。质量指标借助构件检验合格率、现场装配精度、缺陷率以及返工状况展开全面评估,进而保证项目施工质量及安全水平达到设计标准。将绩效评价结果与激励机制相挂钩,高绩效的单位给予奖励,低绩效环节责令整改,该机制不仅保证了工程质量和成本把控,还激发各环节参与方主动去优化

操作流程的热情,进而催生持续改进的动力。

反馈闭环管理是达成三维协同管控动态化的关键举措。利用信息化平台对各环节实时监控数据进行集中汇总,产出进度、成本与质量的动态报表,使管理者可随时把控项目运行状况,还可依据报表结果迅速调整生产计划、运输安排与施工顺序。例如,要是某一环节发生节点延误或者资源匮乏问题,管理者可立即调配劳动力、改良运输路线或更改施工顺序,达成快速应对与偏差修正。此外,闭环管理涵盖预警机制,一旦进度、成本或质量指标偏离正常范围,系统能够自动生成预警提示,提醒项目管理团队采取应对举措,减轻潜在风险对整体目标造成的影响。反馈闭环机制不只是着眼于问题的修正,又重视经验的汇聚,依托历史数据的分析为后续项目的改进提供参考,达成管理进程的持续完善^[6]。

4 结语

供应链整合应用于模块化建筑工程,可有效减轻多环节衔接压力,增强项目整体管理效率。借助信息共享、协作机制的优化以及物流管理,达成进度、成本和质量的协同把控,有利于提升施工效率、降低成本隐患并保障建筑品质。研究为模块化建筑项目供应链的管理及协同控制给予了理论支撑与实践指引,还为未来建筑工业化的发展提供管理借鉴。

[参考文献]

- [1]谭政军.供应链管理视角下建筑工程物资管理优化策略[J].中国管理信息化,2025,28(16):49-51.
- [2]刘伟,徐玉莹.水利工程装配式建筑项目供应链协同效益驱动因素研究[J].水利经济,2025,43(4):103-112.
- [3]费多.建筑工程施工中的供应链管理优化与成本控制研究[J].城市建筑,2025,22(14):230-232.
- [4]李鹏.工程管理中建筑材料供应链的风险分析[J].陶瓷,2025(7):200-202.
- [5]张学强,张小利.全过程工程咨询模式下建筑工程招标采购的协同管理实践[J].招标采购管理,2025(6):62-63.
- [6]张玉贤.建筑工程物资管理中的采购与供应链优化策略研究[J].石化技术,2025,32(5):425-427.

作者简介:寻阳(1991.10—),毕业院校:辽宁科技大学,所学专业:岩土工程,当前就职单位:陕西西咸新区泾河新城城市建设投资有限公司,职称级别:工程师。

乡村振兴背景下农田水利设施的优化与创新

刘 锐

河北省水务中心石津灌区事务中心, 河北 石家庄 050051

[摘要]在乡村振兴战略不断推进的大背景之下, 农田水利设施作为农业极为重要的一环, 其优化与创新有着极为重要的实际意义以及长远的影响。此文较为系统地分析了当下农田水利基础设施普遍存在的诸多问题, 像是工程出现老化且缺乏维修、水资源利用效率不高、管护机制有所缺失以及资金投入渠道单一等这些制约因素。在此基础上, 本研究提出了推广高效节水灌溉以及智能化管理技术、推动高标准农田建设与智慧水利的深度融合、创新建管体制机制以明确管护主体责任、拓宽多元化的投融资渠道并且完善配套政策保障体系等关键途径。研究希望能够为提高农业生产效率、保障国家粮食安全、促使农民持续增收以及改善乡村生态环境、达成农业农村可持续发展给予稳固的理论依据与实践指引。

[关键词]乡村振兴; 农田水利设施; 节水灌溉; 智慧水利; 建管机制; 投融资

DOI: 10.33142/aem.v7i8.17773

中图分类号: TV5

文献标识码: A

Optimization and Innovation of Agricultural Water Conservancy Facilities under the Background of Rural Revitalization

LIU Kun

Hebei Provincial Water Affairs Center Shijin Irrigation District Affairs Center, Shijiazhuang, Hebei, 050051, China

Abstract: Against the backdrop of the continuous promotion of the rural revitalization strategy, the optimization and innovation of agricultural water conservancy facilities, as an extremely important part of agriculture, have significant practical significance and long-term impact. This article systematically analyzes the many common problems in current agricultural water conservancy infrastructure, such as aging and lack of maintenance in engineering, low water resource utilization efficiency, lack of management and protection mechanisms, and single funding channels. On this basis, this study proposes key approaches such as promoting efficient water-saving irrigation and intelligent management technology, promoting the deep integration of high standard farmland construction and smart water conservancy, innovating the construction and management system and mechanism to clarify the main responsibility of management and protection, expanding diversified investment and financing channels, and improving the supporting policy guarantee system. The research aims to provide a solid theoretical basis and practical guidance for improving agricultural production efficiency, ensuring national food security, promoting sustained income growth for farmers, improving rural ecological environment, and achieving sustainable development of agriculture and rural areas.

Keywords: rural revitalization; agricultural water conservancy facilities; water-saving irrigation; smart water conservancy; construction and management mechanism; investment and financing

引言

农业身为国民经济当中的基础产业, 其是否能够稳定且健康地发展起来, 这对于国家粮食安全以及社会的和谐稳定而言是有着直接关联的。农田水利设施属于支撑农业生产的关键基础性工程, 在此方面, 其效能到底处于何种水平, 会对农业综合生产能力以及抗风险能力产生颇为深刻的影响。当下, 随着乡村振兴战略不断地推进落实, 对于农田水利设施来讲, 在建设标准、管理水平以及服务能力等方面, 都已然提出了以往不曾有过的更高要求。不过, 需要留意的是, 我国有不少地区的农田水利设施, 正遭遇着老化失修、技术层面较为落后、管理方式比较粗放以及资金投入不够等诸多严峻的挑战, 这些情况已经变成了限制农业现代化进程以及乡村实现全面振兴的极为突出的短板所在。所以说, 去深入地探讨在乡村振兴这样一个宏大的时代背景之

下, 怎样才能切实有效地达成农田水利设施的优化升级以及系统性的创新之举, 这既具备极为重要的理论方面的价值, 同时也包含着迫切且影响深远的实践层面的意义。

1 乡村振兴背景下农田水利设施优化与创新的意义

1.1 提升农业生产效率

保障粮食安全传统的农田水利设施存在灌溉效率低下、水资源浪费等问题, 不仅影响了农作物的生长, 也制约了农业生产的发展。而通过优化农田水利设施布局, 引入先进的灌溉技术和设备, 可以大幅提高灌溉效率, 确保农作物得到及时、适量的水分, 从而提高农作物的产量和质量, 对于保障我国粮食安全具有重要的意义。

1.2 促进农村经济发展, 助力农民增收

运转良好的农田水利设施对于现代农业规模化、集约

化以及标准化生产而言,是其得以生存并发展的重要物质根基。设施条件若能获得根本性的改进,便可以切实有效地减少农民在农业生产进程当中所遭遇的各种自然风险以及市场风险,能让生产成本投入有所降低,并且还能让农产品在市场里的综合竞争力以及盈利能力逐步得到提升^[1]。更重要的是,在农田水利设施从规划到建设,再到管理维护以及后续的技术服务等诸多环节之中,能够催生出数量众多的就地就近的非农就业岗位,从而为农村富余劳动力给予极为宝贵的就业契机以及较为稳定的收入来源。所以说,对农田水利设施加以持续不断的优化以及开展创新活动,这会成为激活农村经济自身增长动能的关键驱动力,也是拓宽农民增收致富多种渠道的有效途径,更是达成乡村产业兴旺这一目标的重要助推力。同时,农田水利设施的优化与创新还有助于推动农村产业结构的优化升级。随着设施条件的改善,农业生产方式将逐渐从传统的粗放型向现代的集约型转变,推动农业产业链条的延伸和拓展,这不仅有利于提升农产品的附加值,还能带动相关产业的发展,如农产品加工、物流运输、乡村旅游等,这样能进一步拓宽农民的收入来源,提高农村经济的整体效益。因此,加强农田水利设施的优化与创新,是实现乡村振兴战略、促进农村经济发展、助力农民增收的重要举措。

1.3 改善农村生态环境, 推动可持续发展

长久以来普遍存在的农业漫灌等粗放用水方式,一方面致使极为宝贵的水资源出现大量浪费的情况,另一方面还极易引发诸如农田次生盐渍化、地下水水位不断下降以及农业面源污染程度加剧等一系列十分严峻的生态环境方面的问题,进而对乡村人居环境的整体状况以及生态系统的长期平衡产生了不可小觑的负面作用。通过广泛推广高效节水灌溉技术、开展生态化沟渠建设工作、合理规划农田退水的循环再利用系统等一系列举措,能够在很大程度上减少农业生产给区域水资源总量带来的过度消耗情况,尽可能地降低化肥农药等污染物随着农田退水进入自然水体所形成的潜在风险。这样的转变可有力推动农业生产系统和乡村自然生态系统构建起更为和谐且良性的互动关联,为打造生态宜居的美丽乡村以及最终达成乡村经济社会与生态环境相协调统一的可持续发展目标筑牢稳固的环境根基^[2]。依据 2025 年《中国水资源公报》的预估情况来看,农业节水潜力依旧占据全社会节水总潜力百分之五十以上的比重,这充分彰显出其在生态环境改善工作当中的关键地位。

2 当前农田水利设施存在的主要问题

2.1 基础设施老化失修, 工程效益衰减

我国现有农田水利工程体系里有不少是在上世纪中后期建成的,普遍存在建设标准比较低、使用年限超出很多的情况。很多灌区的关键建筑物像骨干渠道、泵站、闸涵等,还有配套的田间工程设施,老化、破损、淤塞的现

象很普遍,工程完好率和配套率一直呈下降趋势,让人挺担心的。据农业农村部 2023 年的统计,部分地区的农田水利设施损坏率高达 30% 以上,工程实际供水能力比设计灌溉效益差了很多,对农田灌溉保证率影响很大,是限制农业生产稳定性的重要因素。这种情况在粮食主产区和丘陵山区特别突出。

2.2 水资源利用效率不高, 管理粗放

虽然近些年来节水灌溉技术在一定程度上获得了推广运用,然而在全国范围来讲,传统且落后的漫灌方式依旧处在主导位置,尤其在众多中小型灌区以及分散经营的农户地块更是如此。灌溉用水的管理大多处于较为粗放的状态,计量设施明显不足,用水总量控制以及定额管理在不少地方仅仅存在于纸面或者只是口号,并未真正落实到位,精细化且科学化的管理手段极度匮乏。这就使得农田灌溉水的有效利用系数整体而言仍然处于较低水平,与农业现代化所提出的内在要求有着颇为明显的差距。水资源短缺和利用效率低下的矛盾日益变得尖锐,已然成为限制农业可持续发展的重要因素之一。

2.3 建后管护机制不健全, 长效运行困难

“重建轻管”这一现象在农田水利这个领域一直存在着,并且还相当顽固。很多工程在建造完成并交付使用之后,往往都缺少明确的责任主体,管护经费的来源也不稳定,而且没有专业的运行维护队伍。在这些工程里,产权归属情况很模糊,管护责任也像是悬在空中一样,这些问题格外明显。尤其是数量众多的小型农田水利工程,它们在日常维护、每年岁修清淤以及设备更新等方面的基本需求,因为资金不足,常常没办法得到及时有效的解决,使得工程设施陷入到“有人用、无人管、无钱修”的恶性循环当中,工程的使用寿命以及效益的发挥受到了极大的限制。管护方面缺乏长效的机制,这是影响工程能够可持续发展的最关键的问题所在。

2.4 投资渠道相对单一, 建设资金不足

农田水利设施在开展建设以及实施更新改造之时,往往得依靠数量颇为可观的资金投入来作为强有力的支撑。不过就当下情况来看,其资金的主要来源大多还是对各级政府的财政投入存在着极为强烈的依赖性。至于社会资本、金融资本还有农民自身所投入的资金比例,则是比较偏低的。多元化的、依照市场化模式运作的投融资机制到目前为止还没有真正构建起来并且实现有效的运转。鉴于建设成本一直在持续且呈刚性态势地不断上涨,并且待改造的工程数量基数也是相当庞大的,所以各级财政,特别是一些处于基层层面的财政,普遍都感觉到压力超大,有种力不从心之感^[3]。资金投入在总量方面存在不足,并且其持续性也很难得到切实保障,这一问题已然成为限制农田水利设施建设速度加快以及建设标准得以提升的最为关键的瓶颈因素之一。根据 2024 年国家发改委所发布的报告

来看,在高标准农田建设当中,每亩地的投资标准与实际所需的资金之间还存在着大约 30%左右的缺口。

3 乡村振兴背景下农田水利设施优化与创新的路径

3.1 推广节水灌溉技术与智能化管理应用

将高效节水灌溉技术,像滴灌、微喷灌以及低压管道输水灌溉这类技术的推广应用,放到农田水利设施优化工作的重要位置,这是十分关键的。要积极去鼓励并且给予大力的支持,在那些适合的地区广泛地发展这些节水技术。与此要把物联网、大数据分析、人工智能还有北斗卫星导航等现代信息技术充分融合起来,加快构建起从水源取水一直到田间用水终端的智能化灌溉管理系统。要布置起完善的针对田间土壤墒情、作物需水状况以及气象环境等方面的自动监测网络,打造出依据作物实际需水规律的智能决策以及精准灌溉控制模型,达成灌溉用水在时间方面和空间方面都能够按照需求来分配、进行精细控制的目的,以此最大限度地提升每一滴水的利用效率。到了 2025 年的时候,农业农村部设定的目标是要让高效节水灌溉面积在灌溉总面积当中所占的比例提升至 40%,这就对技术推广提出了更高的要求。

3.2 推进高标准农田建设与智慧水利融合

在高标准农田建设项目从规划到设计再到实施的整个过程里,要把农田水利设施的现代化以及智能化升级当作极为关键且必不可少的核心内容来一并考虑,并且同步加以推进。重点去建设那套配套较为完善、能保证旱涝都能收成、节水又高效的、还对生态环境友好的高标准灌排工程体系。尤其需要重视推动高标准农田建设同“智慧水利”的理念以及技术达成深度融合。去探索并构建起“一个平台”,也就是智慧灌溉管理云平台;“一张图”,即灌区空间信息与动态监测图;“一张网”,就是智能感知与控制网络这样的智慧灌区发展的全新模式。借助数字化、网络化还有智能化的种种手段,达成对灌区水资源调配、工程运行状况以及灌溉服务等方面的全过程动态监控,进而实现智慧化的管理,以此来彻底打通农田水利高效服务的“最后一公里”。

3.3 创新建管体制机制,落实管护责任

破解农田水利设施“管护难”这一顽疾,其根本途径在于着力推进建管体制机制方面的改革以及创新举措。其中最为关键之处在于要清晰明确各类工程的产权归属或者管护责任主体,尤其是针对小型工程而言。要积极去推广像“产权证书颁发”“物业化管理”“用水合作社”“灌溉服务公司”等多种多样的管护模式。要去探索并构建起科学且合理的农业水价形成机制以及精准到位的财政补贴机制,使得水价可以如实反映出水资源的稀缺状况以及供水的成本耗费。借助补贴来保障农民的基本用水权益,以此来激发各方对于节水的积极性。最为重要的一点是,需借助法规、合同、村规民约等多种不同的形式,将地方

政府、受益乡镇村集体、农民用水合作组织乃至农户个人的管护责任一层层地压实下去,并且建立起与之相互对应的监督考核以及激励约束机制,以此来保证工程能够达成“有人管、有钱管、管得好”这样的长效运行目标。

3.4 拓宽投融资渠道,完善政策保障体系

要解决农田水利建设资金方面存在的瓶颈问题,就得毫不动摇地朝着多元化以及市场化融资的方向去努力。在确保各级财政投入能够持续且稳定,并且在此基础上逐步加以增加的情况之下,要去积极地探寻以及充分调动更多金融资本还有社会资本参与到农田水利的建设以及后续的运行当中来^[4]。要创新运用多种投融资方式,像专项债券、政策性银行贷款、特许经营(BOT、TOT等)、政府与社会资本合作(PPP)模式、设立农田水利投资基金、探索水权交易与节水奖励等等。与此国家层面有必要进一步把顶层设计完善好,强化规划方面的引导作用,还要健全起一套包含土地、税收、信贷、用电等诸多方面的配套支持政策体系。要鼓励金融机构去开发专门针对农田水利设施建设以及节水技术改造的专项信贷产品,从而为农田水利设施的优化以及创新给予强有力的,并且是能够持续下去的资金保障以及政策支撑环境。

4 结束语

在乡村振兴战略推进期间,农田水利设施的优化升级以及系统性创新,在支撑农业现代化、保障国家粮食安全、促进农民持续增收、改善乡村生态环境等方面起到了战略性、基础性的作用。面对基础设施老化、水资源利用粗放、管护机制缺位、资金投入不足等矛盾和挑战,要依靠科技创新与体制机制创新双轮驱动,通过推广节水灌溉与智能化技术、深化高标准农田建设与智慧水利融合、创新建管模式压实管护责任、拓宽投融资渠道完善政策环境等方式综合施策,提升农田水利设施整体效能和服务保障水平,关乎农业生产能力提升,也承载着夯实乡村振兴水利基础、助力农业农村可持续发展、实现乡村全面振兴的时代重任,是乡村振兴战略实施的关键一环,加大投入,加强管理,推动其向现代化、智能化、高效化方向发展。

[参考文献]

- [1]张天喜.临泽县小型农田水利设施建设现状及对策研究[J].黑龙江粮食,2024(6):53-55.
- [2]王炳琴,闫宗平.小型农田水利设施建设管护问题与对策[J].农业科技创新,2025(5):69-71.
- [3]曹刚.农田水利设施管理中的问题与对策分析[J].南方农机,2025,56(5):180-182.
- [4]王小刚,杨泊.高标准农田水利工程建设管理现状、对策与建议[J].农业开发与装备,2025(7):184-186.

作者简介:刘锬(1978.3—),男,毕业院校:河北农业大学,所学专业:水利水电工程,当前就职单位:河北省水务中心石津灌区事务中心,职称级别:工程师。

EPC 总承包模式下工程合同风险动态识别研究

王朝辉 张鑫

陕西西咸新区泾河新城城市建设投资有限公司, 陕西 西安 713700

[摘要]EPC 总承包模式覆盖设计、采购、施工以及运营的全流程, 合同条款复杂多变且风险呈现多样性, 对项目管理造成较大挑战。以动态风险管理观念为基础, 建立工程合同风险动态识别体系, 借助合同条款剖析、过往案例探究以及专家评定, 达成对潜在风险的实时监督与分类治理, 合同履行、工程变更、工期延误和责任划分等方面的风险是主要类型。

[关键词]EPC 总承包; 工程合同; 风险识别; 动态管理; 风险预警

DOI: 10.33142/aem.v7i8.17754

中图分类号: F752

文献标识码: A

Research on Dynamic Identification of Engineering Contract Risks under EPC General Contracting Mode

WANG Zhaohui, ZHANG Xin

Shaanxi Xixian New Area Jinghe New City Urban Construction Investment Co., Ltd., Xi'an, Shaanxi, 713700, China

Abstract: The EPC general contracting model covers the entire process of design, procurement, construction, and operation, with complex and varied contract terms and diverse risks, posing significant challenges to project management. Based on the concept of dynamic risk management, a dynamic identification system for engineering contract risks is established. With the analysis of contract terms, past case studies, and expert evaluations, real-time supervision and classification governance of potential risks are achieved. Risks related to contract performance, engineering changes, project delays, and responsibility allocation are the main types.

Keywords: EPC general contracting; engineering contract; risk identification; dynamic management; risk warning

引言

EPC 总承包模式作为工程建设领域里的关键项目管理手段, 将设计、采购、施工融合在一起, 实现“一体化”管控。然而, 鉴于合同覆盖时段长、涵盖环节多、责任链条复杂, 项目实施中易出现合同履行偏差、工期延误、变更冲突和责任纠纷等状况, 造成项目成本上升和质量隐患。传统静态合同风险识别手段难以适应项目执行时的动态变动, 难以及时察觉潜在隐患。搭建契合 EPC 模式的合同风险动态识别体系, 可实现对合同风险的实时管控与预警, 保障项目顺利开展。

1 EPC 总承包模式下合同风险特点

1.1 覆盖全生命周期

EPC 总承包模式合同涉及工程项目设计、采购、施工以及部分运营环节, 表明合同涵盖的工作内容繁多多样。合同要明确规定设计任务、设计变更的审批程序以及设计质量要求; 涵盖材料、设备及供应商的管理工作, 合同要清晰界定采购责任、交付周期与验收标准; 在工程施工阶段, 合同应明确施工质量、进度规划、安全保障及施工组织协调办法; 在部分运营时期, 要是合同包含运营维护相关内容, 需要进一步明确设施保修、性能保证以及售后服务方面的责任。因此, 合同覆盖全生命周期这一特性, 要求项目管理者全方位考量各环节的潜在风险, 技术、经济和法律方面的风险。任何阶段出现的风险都可能对后续环

节产生连锁影响, 例如设计缺陷可能导致施工返工, 采购延误可能影响工程进度, 运营问题可能引发责任争议^[1]。

1.2 责任界定复杂

在 EPC 总承包模式时, 合同里的责任界定十分繁杂。因设计、采购、施工各环节深度融合, 任何一个环节出问题都可能导致多方担责。例如, 施工缺陷或许源于设计图纸出错, 也可能是施工单位操作失误, 甚至是采购的材料质量不佳, 进而使得责任难以单一认定。此外, 若设计变更频繁出现, 责任认定更为棘手, 要清晰界定变更审批流程、变更成本分担以及工期调整的责任。在供应链管理期间, 设备及材料出现供应延误、质量未达要求的情况, 有可能造成工期滞后或是安全事故, 关联分包单位、总承包单位以及供应商等多方责任。责任界定复杂加剧了合同条款的复杂程度, 又提升了风险管理的难度。为此, EPC 项目通常需通过合同条款明确责任边界、建立争议解决机制, 并在项目实施过程中实时记录决策与执行情况, 为责任认定和风险管理提供依据, 减少纠纷和经济损失。

1.3 风险动态性强

EPC 总承包模式下的合同风险呈现出明显的动态特征, 具体体现为风险会随项目实施环境的不断改变而产生调整。工程环境涵盖地质条件、气候情况以及施工场地约束, 施工期间这些因素或许出现变动, 造成原施工方案或合同条款不再可用。政策与法律环境变动, 像建筑规范的

更新、环保政策的调整,会对合同履行条件及工程成本造成影响。如材料价格起伏、供应链滞后以及劳动力成本攀升,会直接影响合同成本与进度。此外,技术条件出现变动,像引入新工艺或调整施工方案,或许会引发新的风险。因此,合同风险并非固定不变,而是会随时间与环境的变动不断发展。这种动态特性要求总承包商在合同管理中设置实时监测与风险预警系统,借助动态剖析、定期评测和迅速调整应对办法,做到合同风险的全程把控与实时回应^[2]。

2 合同风险分类与识别方法

2.1 风险分类

在 EPC 总承包模式时,合同风险表现出多样与复杂的特性,为达成有效管控,需先开展系统的风险分类。合同履行风险指的是,在整个项目周期里,总承包方因管理、沟通或是执行方面的问题,无法依照合同约定完成各项任务,进而引发违约或索赔情况的可能性。这类风险往往关联着对合同条款理解的偏差、资源配置的不充分、协作的失败等情况。工程变更风险集中体现于设计变更、技术调整以及客户需求的变化给合同执行带来的影响,例如设计更改引发成本增加或工期变长。工期延误风险由施工现场条件改变、自然环境状况、材料供应延迟以及劳动力短缺等因素造成,会使项目整体进度落后,进一步引发违约和经济损失。成本控制若出现风险,会表现为施工成本超出预算、材料价格产生波动以及不确定费用增多,若未实施有效预算与管控,将直接冲击总承包方的盈利水平。

2.2 识别方法

2.2.1 条款分析

合同条款是 EPC 总承包项目识别风险的直接参照,开展合同条款的系统分析是动态风险管理的根基。要对合同里可能存在风险的条款进行全面梳理,涵盖工程进度、施工质量、设计变更、成本调整、违约责任、不可抗力以及索赔条款等。这些条款既明确了各方的权利与义务,还潜藏着引发合同履行风险的可能性。施工进度条款与违约责任条款有着直接关联,若进度条款太过模糊或者没明确关键节点的验收标准,会让施工方在延误时面临过高风险或引发纠纷,倘若成本调整条款未和材料采购、人工费用浮动条款相契合,也许会造成工程造价难以控制,进而加大经济风险。开展条款分析可在合同执行前识别出潜在的矛盾点和争议问题,进而有针对性地拟定风险控制策略。条款分析既要聚焦单条条款的具体内容,也应关注条款间逻辑关联与相互影响,执行设计变更条款或许会导致施工工期延长,而工期延长会进一步引发违约责任条款,进而造成连锁式风险。凭借对条款关联性的剖析,管理者可预先判断风险发生的路径和影响范围,为动态识别及应对风险给予参考^[3]。

2.2.2 案例研究

案例研究作为识别 EPC 总承包项目合同风险的关键

方法,剖析过往类似项目的实际风险事件,能归纳出高频风险类型与有效应对举措,给当前项目作参考。案例研究需搜集各类风险事件数据,包含施工延误、成本超支、由设计变更引发的纠纷、索赔以及法律诉讼案例等,还要对事件的背景、触发因素和后果进行系统梳理。以某大型桥梁 EPC 项目为例,由于设计变更情况没有及时传达给施工方,致使施工进度受阻,最终引发高额索赔以及工期违约的情况,这类事例可让项目管理者在合同签订及执行期间重点留意设计变更流程和信息传递机制。经由案例分析,可找出风险发生的规律以及高风险的环节,如关键施工节点、复杂工艺、供应链流程及关键分包合同等,助力管理者找出易出现风险的点。案例研究可评估不同应对策略,如提前构建变更审批流程、运用合同条款管控变更成本、开展动态进度管理等举措,以此优化当下项目的风险应对方案。把案例分析成果和项目实际情形相结合,能搭建基于经验的风险识别模型,增强风险预测的精准度,案例研究既能提供过往的历史经验,又能为条款分析和专家评估提供实证依据,让合同风险识别更具实践参考意义。

2.2.3 专家评估

专家评估是合同风险识别时至关重要的将定性与定量结合的办法,借助召集项目管理、技术、法律及财务等领域专家,从多个角度对潜在风险进行评估并开展量化分析,提升风险识别的科学性与全面性。利用专家交流或问卷收集,能够对合同条款、过往案例以及项目实际情形加以综合评判,识别潜藏风险及其发生概率。专家可预判设计变更导致的工期延误、材料供应滞后和工程造价起伏的可能性,还能评估其对整个合同履行的影响大小。利用德尔菲法可开展多轮专家意见收集工作,经反复反馈与修正,让风险识别结果更趋一致且可靠。在实施德尔菲法期间,专家要结合项目特性对风险概率、影响范围、可控性及应对举措打分,进而构建定量化评价指标,作为风险等级划分的依据。此外,专家评估可对条款分析和案例研究里难以量化的风险因素起到补充作用,如政策变动、市场起伏以及不可抗力事件的潜在作用。经专家评估构建的风险矩阵,既能衡量不同风险的严重程度与优先级,还能引导项目管理团队针对高风险环节制定重点监控及应对举措^[4]。

2.3 动态识别机制构建

2.3.1 信息采集

信息采集构成 EPC 总承包项目合同风险动态识别的关键基础,其成效直接关系到后续分析和评估的准确与有效。在 EPC 模式时,合同风险涉及设计、采购、施工和部分运营阶段,其产生原因繁杂多样,故而信息采集得全面、及时且系统化。项目管理系统属于重要信息源,包含进度计划、施工日志、成本控制记录、供应链管理以及合同履行情况等,可实时展现项目运行状态,为风险识别提供基础数据。施工进度报告与设计变更记录是监控合同

执行期间风险变动的关键依据。通过定期更新进度报告,能够察觉工期延误的早期征兆,设计变更记录则能协助管理者辨认潜在的工期拉长或成本上扬风险。此外,采购与供应方面的信息同样意义重大,涵盖材料到场时间、供应商履约能力、价格波动以及物流情况等,能提前识别可能对合同履行造成影响的隐性风险。质量与安全检查数据的收集是信息采集的关键部分,通过定期对施工现场巡检、查看监测报告以及参考安全事故记录,管理者可迅速掌握施工里的潜在风险。这些信息于动态识别机制里借助集中数据库与信息化平台统一开展采集和管理工作,达成跨部门、跨专业的数据共享,为合同风险的全面实时识别筑牢根基。

2.3.2 实时分析

在完成信息采集后,实时分析阶段作为合同风险动态识别的关键,旨在把海量、多源、异构数据转化成可辅助决策的风险信息。实时分析主要借助大数据技术、人工智能以及数据挖掘算法,对项目管理系统、施工进度、设计变更、成本控制以及质量与安全数据开展多维度处理。运用数据清洗和标准化手段,整合不同来源数据的格式,清除冗余信息与干扰性数据,为后续分析筑牢精准根基。运用智能算法开展趋势剖析、异常排查和关联分析,可实时对比施工进度与工期计划偏差的数据,快速辨识潜在的延误隐患;开展设计变更记录与成本变化的交叉分析,可识别出隐性索赔或预算超支方面的风险;开展采购信息与施工计划的匹配分析工作,可提前对材料短缺引发的工期影响发出预警。实时分析可与历史案例数据库及专家经验相结合,开展风险的预测与模拟工作,对合同风险可能出现的时间、范围及影响大小给出科学判断。可借助可视化图表和动态仪表盘展示分析结果,便于项目管理团队直观把握合同履行情况,迅速找出风险集中处和关键环节。借助实时分析,EPC项目能把被动应付变为主动管控,提升风险察觉的即时性,为后续等级评估与应对策略拟定提供数据支撑,达成动态管理目的^[5]。

2.3.3 风险等级评估

风险等级评估作为关键步骤,可把分析结果转化为可执行的管理举措,旨在借助量化和分级明确不同合同风险的优先处理次序。在EPC总承包项目里,合同风险种类繁多,有合同履行风险、工程变更风险、工期延误风险、成本控制风险以及法律责任风险等,可依据风险发生概率、

影响范围与潜在损失对风险进行等级评估。通常,把风险划分为“一般、较高、严重”这三个等级,各等级对应不同应对策略。例如,一般风险或许只需开展常规的监控与记录工作,较高风险则要开启专项举措,涵盖加速审批流程、强化现场监管或变更施工计划;严重风险或许需要立刻响应、调整合同条款或者启用备用资金来处理。评估时可融合实时分析成果与历史案例经验,同步引入专家评估法,经多轮研讨达成共识,提升评估的科学性和可实施性。等级评估既精准界定了风险的严重程度,还为风险防控与资源分配提供支撑,助力管理者精准分配人力、资金和技术资源,利用风险等级评估,项目团队可实施风险分级治理,把核心资源投入关键风险部分,增强合同履行保障水平,减少对项目整体进度、成本和质量的负面作用,由此实现风险管理的精细科学运作^[6]。

3 结语

EPC总承包模式中工程合同风险呈现出复杂且动态的特性,传统静态识别方法难以契合管理要求。本文推出的合同风险动态识别框架,借助条款剖析、案例探究以及专家评定,达成了对合同风险的实时监测与分级,提升了风险预警水平。实践表明,该机制能切实减少工期延误、成本超支以及责任纠纷的风险,增强总承包项目管理能力,为工程顺利推进和可持续发展筑牢根基。

[参考文献]

- [1]黄丽巧.全过程工程咨询服务模式下企业合同风险管理研究[J].投资与合作,2024(10):154-156.
- [2]莫盛言.EPC模式固定总价合同风险的管控和预防[J].中国招标,2024(9):118-120.
- [3]杨小未.固定总价合同模式下工程价款纠纷风险评价研究[J].建筑经济,2024,45(1):223-227.
- [4]沈阳.总承包视角下EPC项目合同风险识别与评价研究[D].江苏:南京工业大学,2024.
- [5]沈纪勋,邵敏,翟优雅,等.EPC总承包模式下的水利工程项目合同风险管理[J].四川水力发电,2024,43(2):31-33.
- [6]江改玲.EPC模式下总承包商合同风险管理研究[D].江苏:中国矿业大学,2022.

作者简介:王朝辉(1988.3—),毕业院校:延边大学,所学专业:土木工程,当前就职单位:陕西西咸新区泾河新城城市建设投资有限公司,职称级别:工程师。

试论水利工程管理方法及堤防技术研究

何盛

广西贵港市桂平市麻垌镇何村, 广西 贵港 537000

[摘要]在水利工程中,管理方法和堤防技术是重点和难点,其管理水平直接关系到水利工程运行的安全以及农业建设等领域的发展。这就要求在新时代水利工程的开展不仅要做好堤防管理工作,还要注重堤防技术的运用,以便防患于未然,更好地保障水利工程的质量。本篇文章首先分析了水利工程的特点,然后以某工程为例,分析了该工程应运用的堤防技术,以便为其他研究提供一些参考。

[关键词]水利工程;管理方法;堤防技术

DOI: 10.33142/aem.v7i8.17738

中图分类号: TV871

文献标识码: A

Trial Discussion on Management Methods of Water Conservancy Engineering and Research on Embankment Technology

HE Sheng

Guangxi Guiping City Madong Town Hecun, Guigang, Guangxi, 537000, China

Abstract: In hydraulic engineering, management methods and prevention techniques are key and difficult points, and their management level directly affects the safety of hydraulic engineering operation and the development of agricultural construction and other fields. This requires that in the development of water conservancy projects in the new era, not only should embankment management be done well, but also attention should be paid to the application of prevention technology, in order to prevent problems before they occur and better ensure the quality of water conservancy projects. This article first analyzes the characteristics of hydraulic engineering, and then takes a certain project as an example to analyze the embankment technology that should be used in the project, in order to provide some reference for other research.

Keywords: water conservancy engineering; management methods; embankment technology

引言

水利工程是一项利国利民的基础性设施,当前已成为我国经济发展的重要支柱。近些年,我国经济不断发展,农业现代化进程不断加快,水利工程的数量和施工建设规模不断扩大。在此背景下,探究水利工程管理方法及堤防技术,对提升我国的水利工程建设质量具有重要意义。

1 水利工程的特点分析

1.1 施工难度大

与其他工程相比,水利工程所处的环境较为复杂,整体施工难度较大,还很容易受外部环境的影响,需要投入大量的人力物力和财力。此外,水利工程施工需要将多个项目结合,在施工的各个阶段运用多种施工工艺和技术。这对技术人员的要求很高,要求他们要全面了解整个工程的施工工艺,根据施工作业环境选择恰当的技术,以此确保施工的质量和进度。

1.2 条件复杂化

水利工程项目作业比较复杂,在施工的过程中,人员要考虑多方面的因素,如工程结构是否稳定、工程结构是否会渗水、工程结构能否承受其压力等,这些因素使得水利工程施工具有较强的复杂性。在此背景下,施工人员需

要全面了解施工环境,分析其环境以及当地所处的气候情况,以便根据气候变化分析其对当地河流的影响。此外,水利工程施工过程中也存在条件复杂性的特点,如对施工的各项要求较为复杂,这些把控不好都可能导致施工中出现问

1.3 安全风险大

水利工程的实际施工中包括许多高危风险的作业,如水下作业、爆破施工等,这些因素都容易给水利工程施工带来危险,也容易让施工人员面临安全隐患。根据我国的规定,在水利工程施工中,不仅要做好管理工作,还要增强施工人员的安全认识,强化他们的技术应用水平,以确保他们能安全、科学的施工。

2 做好水利工程管理和堤防工作的重要性

高质量的水利工程能够最大化利用和保护水资源,随着社会的发展,人们在日常生活、生产中会更加依赖水资源,而水资源的状态决定了其管理工作的难度较大,如果管理过程中出现了失误,则会产生很大的危害,还会影响到人们稳定、安全的生活。近些年,水利工程建设数量越来越多,且堤防建设是重中之重,因而,做好水利工程管理与堤防工作具有重要意义,不仅能有效抵御洪涝灾害,

还能实现分流蓄水,降低洪涝发生的概率,进而促进社会的稳定发展。为此,在今后的工作中,相关部门和人员要高度重视,尤其是要运用科学的提防技术,并提升技术水平,以此确保水利工程的进度和质量。

3 水利工程提防技术的具体应用

3.1 工程概况

某水利项目位于平原低洼地区,属于大型的灌区水利工程,该工程具有地势低洼、年降水量较少且分布不均的特点。该水利工程包含3座平原水库,其中1座小型、2座中型。在该工程中,灌区的重要输水设施采取梯形断面的设计方式,全长那个10.2km。其中,三级渠道的底宽为32m,边坡比为1:2,设计水深和提防标高分别为2m和6~7m。该水利工程的规划比较科学,还将周边的水系资源加以整合,能为该地区的农业灌输提供便利,有助于增加该地区农民的收入,促进该地区农业经济的发展。

3.2 水利提防工程设计参数及施工流程

在本工程中,如果运用传统的提防施工技术,则无法满足施工的要求,会导致施工的效果不佳。针对这种情况,运用恰当的水利提防技术是必要的,如此才能确保提防工作顺利开展,并确保其使用寿命。本文就某工程中的提防施工进行分析,其设计参数和施工流程如下。

3.2.1 设计参数

在开展本水利工程项目时,为了确保运用适合的水利提防技术,要先做好施工参数的设计工作,能提前设计喷灌的参数,并根据相应的要求,运用针对性的喷灌施工技术,其技术参数总结见表1。

表1 本工程喷灌设计参数

项目	参数	要求
水	流量(L/min ⁻¹)	60~70
	压力/MPa	30~35
	喷嘴直径/mm	1.6~1.8
	喷嘴个数/个	2
浆	流量(L/min ⁻¹)	60~80
	压力/MPa	1.0~1.5
	嘴浆直径/mm	5~10
	浆嘴个数/个	2
提升速度	黏土层/cm	9~12
	土夹卵石层/cm	7~8

3.2.2 施工流程

在完成参数设计后,施工人员开展具体的施工,流程如下:(1)测量定孔。在设计定喷孔轴线时,人员可根据设计要求来进行,要在放样定喷墙的端点标注坐标参数,在突出的转折处,可标注一些特别的编号,还要在施工现场放置一些标志。在开展定喷孔位时,可将精钢尺放在

其中,孔位在轴线上的偏差要<2cm,(2)造孔施工。在钻孔时,施工人员可运用回钻机,并按照图纸提前做好钻口的位置确定工作,当确定后,要标注出来,并将泥浆钻进,当达到相应深度时,方能进行施工。(3)下注浆管。在完成凿孔后,可采取斜插式的方式将管道下入孔道内部,同时,底部要留出一些位置,如5cm。(4)喷浆控制。在完成下管后,施工人员可启动喷浆机械,根据先前的设计施加一定的压力开展喷浆施工,并随时记录压力、流量等参数。其流程见图1。



图1 水利提防工程施工流程

3.3 水利工程提防技术的应用

3.3.1 开挖河道技术

在开展水利工程施工钱,施工人员要精准测量数据,以确保开挖工作的合理性。具体来说,施工人员可设计断面,并在此上面进行放样测量,以此获得大致的开挖轮廓。例如,可以河道断面为依据,采取两种河道的开挖方式:

(1)选取导流渠的一侧开挖;(2)同时在导流渠的两侧开挖。在实际开挖中,可运用一些机械装置和设备,常用的运载量为15t左右的可自卸车辆、规格为1m³的挖掘机。大型挖掘机的运用能直接达到河底,自载车辆的运用能实现挖掘土方的运输。施工人员在驾驶挖掘机时,最好沿河道的轴向进行。需要注意的是,河道开挖的长度和宽度要加以控制,长度要在100~200m之间,宽度要在3m左右。在开挖导流渠一侧的河道时,要提前制定开挖的施工方案。在完成河道开挖工作后,施工人员要做好收尾工作,能够将剩余的土推回导流渠中,以确保实际施工中导流渠的高度与设计的高度相符。

3.3.2 碾压技术

(1) 采取分段铺填

在水利工程提防施工中,运用碾压技术是必要的,在运用该项技术时,要遵循因地制宜的原则,施工人员要充分考虑到各方面的因素,如工期计划、成本预算、施工环境等,以此选取适合工程的铺填方式。就本工程来说,针对在地势方面比较平坦的特点,在运用施工工艺时,可运用含砂量不超过15%的合成土,并运用分段的方式。具体来说,可将施工范围划分成不同的施工段,对于每个施工段,可采取逐层铺设的方式,并将其碾压。与整体铺填相比,这种方式具有很多优势,如能精细化控制填铺的过程,还能增强地基的稳定性,以便施工后续进行填筑施工工作。但需注意的是,在实际工作中,施工人员在划分施工段时,

要秉持科学的原则,可将长度控制在一定范围内,300~400m最佳,以便施工段过多影响施工质量。同时,碾压的次数不能少于3次,工作人员在碾压时要做好观察、记录等工作,如此也能更好地满足碾压要求。此外,在开展分段铺填时,要控制好铺填的宽度,不应小于4m,并运用全站仪控制铺填宽度,还要用一些醒目的标识明示铺填范围。针对堤脚的位置,其宽度偏差要控制在5cm左右,以免出现滑坡等问题。

(2) 做好地基检验

在水利工程堤防施工中,地基不容忽视,其施工质量关乎整个堤防的寿命和安全性。为了确保地基碾压施工达成标准,具备预期的刚度、强度,在开展水利工程堤防施工钱,要全面检测地基。在检验时,可运用多种方法,如钻芯法、现场取芯法等。如果判断地基容易出现液化的情况,则需进行液化判断工作。通过全面的检测,人员能够有效评估地基,如此才能更好地进行碾压工作。例如,在碾压时,确定碾压层次位5~8次、厚度位30cm。此外,为了确保碾压的效果,当完成每个碾压分段时,要进行质量复检,检验的项目应包括干密度、地基承载力等。

3.3.3 防渗技术

(1) 高压喷射灌浆

这类技术的应用范围十分广泛,属于一种新型的技术,其工作原理是在处理地基时,有效运用高压喷射的方式,并充分搅拌浆石与混凝土材料,以此确保防渗效果。同时,在堤防工作中运用这种技术,能提升施工速度,降低成本,因此有着广泛的应用。需要注意的是,这种技术的适用范围位土壤松软的地区,如果土层中有比较多的碎石,这种方式是不适用的,应采取其他的防渗技术。

(2) 混凝土防渗墙技术

这种技术也有许多的优点,如稳定性强、耐压性好等,能够有效排除墙体内部的气孔,如此能显著提升防渗效果。同时,这种技术也有较高的透气性和透水性,能阻断地下水渗流,避免渗漏的发生,在保护本堤防工程安全方面展现按重要价值。在实际施工中,工作人员要确保槽壁的垂直,槽底没有污泥,还要合理配备混凝土,控制好浇筑时间,以免出现蜂窝等情况。

(3) 帷幕灌浆处理技术

这种技术是施工人员在堤基或者堤身处设置多排帷幕孔,并借助压力泵将水泥浆液注入孔内,让其凝固、胶结,如此就能形成完整的防渗帷幕。这种技术在处理地方基础防渗方面展现重要价值,也具有很高的经济性。施工人员在确定重要的参数,如孔深、孔距时,可考虑水利工程堤防的渗透性能、地层岩性等方面的因素,以此取得良好的注浆加固效果。在确定帷幕孔间距时,可运用相应的公式,即 $d=m \times t$,在这个公式中, m 表示比例系数, d 表示孔距, t 表示帷幕厚度。本工程中有许多砂卵石层,

容易出现漏浆的情况。针对这种情况,可采取多种措施,如开展多序、多轮注浆,对注浆压力加以控制等,如此能扩大此工程渗浆的范围,以便形成结实的固结体。在此项工作结束后,施工人员要注意查看防渗的效果,运用多种方式,如压水试验、观测水文地质等,以此确保后期堤防的安全。

(4) 模袋混凝土护坡

在本工程的传统堤防工作中,石护坡存在考抗冲刷能力差的问题,针对该问题,引入模袋混凝土护坡技术是必要的。该技术具有很多的优势,如绿化效果好、施工效率高等,其工作原理是采用袋装模具,这类模具是由高强度的纤维织物缝制而成的,内部还会填充一些混凝土材料。为了有效运用这种技术,施工人员要注重模袋的选择,尽量选择具有良好透水性、耐久性、强度高的材料,以确保本工程的堤防混凝土能够充分吸收模袋的内部水分,并自然成型。根据该工程的特点,运用双层的袋体结构是必要的,如此不仅能扩大透水面积,还能确保护坡整体的抗冲刷能力,模袋混凝土施工现场见图2。



图2 模袋混凝土施工的现场

3.3.4 护岸施工技术

在灌区水利工程中,护岸施工技术是重要的内容,主要包括三种形式,要求施工人员要对灌区堤坝进行实地调研,了解实际情况后,在实际施工中选择适合的技术。

(1) 坡式护岸技术

这种技术在目前有着广泛的应用,主要是根据坡脚、护岸等因素设置抗冲材料,其优势在于不会影响水流情况,也不会影响河床边界。在整体护岸工程中,护脚工程是重点,是确保水利工程项目的保障。因此,在实际施工中,工作人员要积极运用有效措施保障整体护脚的质量,使护脚能适应整体河床,展现自身在抵御水流方面的价值。

(2) 墙型护岸技术

该技术主要应用范围为河道比较狭窄的堤段,主要是在点附近修建垂直墙,这种墙呈现陡坡式。因为这类堤段很容易受水流的冲刷,容易出现侵蚀的情况,地形也比较狭窄,如果要构建大型护岸是比较困难的,因此会运用多

种护岸方式,以满足不同地形堤坝的要求。

(3) 坝型护岸技术

在保护堤岸时,运用坝型护岸技术具有重要意义。该技术的主要作用是有效引导河流,让堤岸与水流保持一定的距离,以降低水流对堤坝产生的冲刷与侵蚀。该技术有着多种形式,最常用的是丁坝,其优点在于能有效调节较宽的河床与河流。

4 结语

灌区水利工程管理是一项长期且系统的工程,需要关注管理和提防技术两层面,并同步推进。本文以某地区的灌溉区为例,分析了碾压技术、防渗技术等施工技术的运用,并结合工程实际情况,在新系统、新设备运用、安全管理等方面给出了一些工程管理的措施,以此提升水利工程建设的质量,进而促进农业的现代化发展。

[参考文献]

[1]钟德煌.灌区水利工程管理方法及提防技术研究[J].水上安全,2025(15):120-122.

[2]胡安云.试析水利工程管理方法及提防技术研究[J].城市建设理论研究(电子版),2022(30):152-154.

[3]熊晓磊.基于渠道施工设计农田水利工程管理方法[J].长江技术经济,2020,4(1):63-65.

[4]李瑞英.灌区水利工程管理方法及提防技术探究[J].工程建设与设计,2020(11):158-159.

[5]李冰.试析水利工程管理方法及提防技术研究[J].建材与装饰,2020(7):299.

[6]魏家东.灌区水利工程管理方法及提防技术[J].吉林农业,2019(10):64.

[7]马胜.试析水利工程管理方法及提防技术研究[J].城市建设理论研究(电子版),2019(9):47.

[8]王义.试析水利工程管理方法及提防技术研究[J].科技风,2019(1):201.

作者简介:何盛(1988.11—),男,毕业院校广西科技大学,所学专业土木工程,当前就职单位山东龙信达咨询监理有限公司,职务监理工程师,工程师。

信息化技术在农田水利工程施工管理中的应用

孙秀元

河北省水务中心石津灌区事务中心, 河北 石家庄 050051

[摘要]随着农业现代化进程持续向前推进,农田水利工程已然成为保障农业生产的关键基础设施,其施工管理的水平如何,会对工程的质量以及运行的效果产生直接影响。将信息化技术引入到农田水利工程施工管理当中,这就为其带来了全新的机遇,借助于实现施工过程当中的信息采集工作、开展数据分析、实施动态监控以及做出智能决策等一系列举措,施工管理的效率以及精度都得到了颇为显著的提升。并且重点介绍传感技术、计算机仿真技术、移动终端相关技术以及大数据智能分析等关键技术各自的应用特点。研究得出的结论显示,科学地推动信息化技术的应用,这对于提升农田水利工程施工管理的水平而言是有着极为重要意义的,也有助于达成农业水利现代化以及可持续发展的目标。

[关键词]信息化技术;农田水利工程;施工管理

DOI: 10.33142/aem.v7i8.17772

中图分类号: S279

文献标识码: A

Application of Information Technology in Construction Management of Agricultural Water Conservancy Projects

SUN Xiuyuan

Hebei Provincial Water Affairs Center Shijin Irrigation District Affairs Center, Shijiazhuang, Hebei, 050051, China

Abstract: With the continuous advancement of agricultural modernization, agricultural water conservancy projects have become a key infrastructure to ensure agricultural production. The level of construction management will have a direct impact on the quality and operational effectiveness of the projects. The introduction of information technology into the construction management of agricultural water conservancy projects has brought new opportunities. With a series of measures such as information collection, data analysis, dynamic monitoring, and intelligent decision-making during the construction process, the efficiency and accuracy of construction management have been significantly improved, and focus on introducing the application characteristics of key technologies such as sensing technology, computer simulation technology, mobile terminal related technology, and big data intelligent analysis. The conclusion drawn from the research shows that scientifically promoting the application of information technology is of great significance for improving the level of construction management of agricultural water conservancy projects, and also helps to achieve the goals of modernization and sustainable development of agricultural water conservancy.

Keywords: information technology; agricultural water conservancy engineering; construction management

引言

农田水利工程属于保障农业生产的关键基础设施范畴,其主要承担着调节水资源、实施灌溉以及开展防洪排水等方面的职责。伴随工程规模呈现出不断扩大的态势,传统施工管理所采用的方式便暴露出诸多问题,像是信息传递的速度较为缓慢、数据处理的效率偏低、管理协调工作难度颇高等等,这些情况使得其很难契合现代农业对于施工效率以及工程质量方面的需求。信息化技术把计算机技术、通信技术、传感技术以及智能分析技术等诸项技术融合到了一起,从而给施工管理赋予了全新的改变。本文综合实际需求阐述信息化技术在农田水利施工管理当中所发挥的作用,并且提出相应的保障举措,以此推动施工管理朝着数字化以及智能化的方向不断发展前行。

1 信息化技术在农田水利工程施工管理中的作用

1.1 提升施工管理效率

农田水利工程的开展过程中,往往需要收集、整理、

存储和分析大量数据,便于更好地为相关工作人员提供决策依据。在农田水利工程施工期间,信息处理人员可以借助信息化技术对各种数据进行收集整理,同时将数据录入数据库,使工程建设项目更加科学化、合理化,为项目进度控制提供有力保障。此外,在管理方面,信息化技术的应用可以为各项管理工作提供强有力支持。施工过程中出现的问题都可以借助计算机对相关数据进行采集、分析和处理,将所有情况都录入数据库,从而提高管理效率。

1.2 加强施工质量与安全控制

在农田水利工程施工管理方面,质量和安全控制对于保障工程能够长期且稳定地运行而言,其重要性不言而喻。信息化技术在其中发挥了重要作用,它引入了实时数据采集以及智能分析等相关手段,这使得质量安全管理水平得到了明显的提升。具体而言,借助传感器以及监控设备,可对施工现场的结构状态、环境条件还有作业人员的行为展开持续不断的监测,并且会将实时采集到的数据反馈至

管理平台,如此一来,便能助力及时发现质量隐患以及安全风险。通过构建数字化的质量管理体系,达成了从材料验收一直到施工工艺,再到最终验收这样一个全过程的质量控制目标,进而确保了工程具备合规性以及稳定性。与此信息化技术还推动了对安全风险展开动态评估以及预警工作,从而协助管理人员能够快速对潜在的安全问题做出响应,以此来预防事故的发生。除此之外,施工人员的安全培训以及行为管理同样受益于信息化技术所提供的支持,借助智能设备来记录作业状态,能够提高施工人员的安全意识,降低人为错误出现的概率。综合来讲,信息化技术给施工质量和安全带来了多层次、多角度的技术方面的有力保障,提高了农田水利工程施工的整体可靠性以及安全水平。

1.3 优化资源配置与成本控制

合理配置资源以及有效控制成本,乃是农田水利工程施工管理的关键目标所在,而信息化技术于这方面已然发挥出了颇为重要的作用。去建设起一套较为完备的资源管理系统,如此一来,施工单位便能够实时且清晰地知晓劳动力、设备还有材料的实际使用状况,进而有效防止出现资源闲置以及重复调度这样的情况,促使资源的利用效率得以提升。该系统会凭借所采集到的施工进度以及设备状态方面的数据,并且结合智能算法来针对资源需求展开预测以及进行动态调整,从而达成精准的匹配以及合理的分配,使得资源浪费的情况有所降低。除此之外,信息化技术还进一步强化了成本管理的透明程度,施工成本的每一个环节都可通过数字化平台来实时予以监控,以便能够及时察觉到预算超支以及异常的情形,助力管理层采取行之有效的控制举措。而且数据具备的可追溯特性,同样也为成本核算以及审核给予了可靠的依据,推动了施工资金能够合理地加以使用。信息化技术借助科学的资源调配手段以及严密的成本监控举措,有力地推动了农田水利工程施工经济效益的提升,同时也保障了项目能够顺利地得以实施。

2 关键的信息化技术及其施工管理应用

2.1 传感技术与物联网应用

传感技术同物联网相结合,这构成了农田水利工程施工管理信息化的一块重要基石。借助多种多样的传感器设备加以布设,便能够达成对施工现场的环境状况、水文方面的各项参数、设备在运行过程中的状态以及人员所处的位置展开实时且精准的监测这一目的。传感器可以接连不断地采集像水位出现的变化、土壤的湿度情况、机械产生的振动这类的关键数据,以此来保证在施工进程当中,环境相关的条件以及机械的状况都能够获得较为完备的掌控。而物联网技术则是凭借无线网络把那些呈分散状态的传感数据都汇聚到集中管理的平台之上,进而实现设备和系统彼此之间能够相互连通的状态。有了这项技术,管理人员便可以在任意的时间、任意的地点去获取现场的实时数据,从而迅速地识别出施工期间出现的异常情况以

及存在的安全隐患,并且能够及时地采取相应的应对举措。凭借着智能化的数据采集以及传输方式,传感技术与物联网很好地补足了传统依靠人工进行监测时所存在的种种不足之处,大幅度地提高了施工监控环节的自动化程度以及管理工作的效率,进而为确保施工的安全性以及工程的质量给予了极为坚实的技术支撑。

2.2 计算机仿真与建模技术

计算机仿真与建模技术在农田水利工程施工管理方面有着颇为重要的作用,其可为工程设计、施工方案的优化以及风险评估给予科学方面的依据。借助三维建模技术,能够构建出真实并且精细的工程数字模型,将地形、结构还有水流等诸多要素完整地展现出来,进而为施工方案的制定给予可视化的有力支撑。依据这些模型,凭借仿真软件针对施工过程中出现的水力学变化、土壤稳定性以及机械设备运行状况展开动态模拟,如此便可以提前对施工当中有可能出现的技术难题以及安全风险做出预判,进而有效地避开潜在的问题,降低施工现场的试错成本以及安全隐患。除此之外,仿真技术还能够给施工人员提供直观的培训工具,提高他们的操作技能以及应急处理的能力。综合来看,计算机仿真与建模技术极大地提升了施工管理的科学性 with 精准度,为农田水利工程的顺利开展给予了技术层面的保障。

2.3 移动终端与远程监控技术

移动终端以及远程监控技术在实际应用方面取得了明显成效,其应用范围不断拓展,已经延伸至农田水利工程施工管理领域,让现场施工和远程管理达成了无缝对接的状态。施工人员可凭借智能手机、平板电脑这类移动设备,随时上传施工进度情况、设备运行状态以及现场拍摄的照片,以此来保障信息可以及时有效地传递出去,并且实现信息的透明共享。远程监控系统依靠摄像头、无人机等设备,针对施工现场展开全方位且多角度的实时监控工作,管理人员能够借助管理平台远程查看现场的具体动态,进而开展安全监管以及质量检查等相关事宜。此项技术一方面提升了施工现场的监督工作效率,另一方面也增强了应急响应能力,能够让问题在第一时间被察觉并得到妥善处理。移动终端所具备的便携特性与远程监控所具有的实时特性相互融合,有力地推动了施工管理朝着数字化、智能化的方向不断发展,极大地增强了管理工作的灵活性以及精准度,进一步促进了农田水利工程施工过程中的科学化管理。

2.4 大数据与智能分析技术

大数据以及智能分析技术,给农田水利工程施工管理的信息化应用赋予了颇为强大的数据处理能力,同时也带来了有力的决策支持能力。在施工进程当中所产生的数量众多的结构数据、各类环境参数、相关进度信息以及设备状态数据等,借助云平台来开展集中化的存储与管理,如此一来便构建起了规模相当庞大的数据资源库。凭借先进的智能算法还有机器学习技术,针对这些海量的数据展

开细致挖掘以及模式识别方面的操作,是可以从中发现施工过程中存在的规律性问题以及潜在的风险因素的。智能分析一方面能够对工程质量、安全风险以及进度偏差予以实时的评估,另一方面还能够助力制定出更为优化的施工方案,进而促使资源配置更具科学性。凭借着由数据所驱动的智能决策方式,管理者可以达成施工管理的动态调控目标,同时也能实现预警预报功能,如此便能够提升施工的效率以及安全保障的水平。从整体情况来看,大数据与智能分析技术已然极大地增强了施工管理的信息化以及智能化程度,推动着农田水利工程施工朝着更加精准、智能且高效的全新方向不断向前发展。

3 推进农田水利施工管理信息化的保障措施

3.1 制定科学的发展规划

推进农田水利施工管理信息化建设,需以科学的发展规划作为引领,明确阶段性目标以及具体实施路径。发展规划要结合国家农业现代化战略与区域实际需求,全面评估现有信息化基础设施和技术应用状况,科学规划信息系统建设、技术推广、人才培养等关键环节。在规划过程中,要统筹考虑技术标准制定、系统集成以及数据安全,保证信息化建设的规范性和系统性。还需建立动态调整机制,依据技术发展和应用需求变化及时修订规划内容,保证信息化建设的持续性与适应性。科学合理的发展规划能为信息化建设提供明确方向与制度保障,是实现农田水利施工管理数字化转型的基础与前提。

3.2 加强人才培养与技术团队建设

信息化技术的推广与应用,离不开专业人才给予的有力支持。构建起高素质的信息化技术团队,这可是确保农田水利施工管理信息化能够顺利向前推进的关键条件所在。应当从高校、科研机构以及施工单位等多个不同的渠道去引进人才,并且着手培育那种既有着水利工程方面的专业知识,又能掌握信息技术相关技能的复合型人才^[1]。借助开展系统化的培训工作、安排岗位实践活动以及组织技术方面的交流活动,持续不断地提升现有管理人员还有施工人员对于信息技术的应用能力,以此来逐步缩小他们在信息化认知以及技能方面存在的差距。与此还需要组建起专业技术团队,让他们负责信息系统的研发事宜、维护工作以及升级事项,从而切实保障信息化平台可以稳定地运行下去,同时也能够实现技术方面的更新换代。对人才培养加以强化,同时加强团队建设,这既能提升信息化技术应用所取得的效果,也能为新技术的引入以及后续的推广打下较为坚实的根基。

3.3 完善技术标准与数据管理体系

技术标准以及数据管理体系对于农田水利施工管理信息化的健康发展有着保障作用,建立起统一且科学的技术规范乃是达成系统兼容性以及数据共享的重要关键所在。需要去制定一个完整的标准体系,这个体系要涵盖信

息采集、传输、存储、处理以及安全保护等方面,并且要明确指出数据格式、接口协议以及安全防护的要求,以此来推动不同系统和设备能够实现互联互通^[2]。完善的数据管理体系不但能够确保数据具备准确性与完整性,而且还能强化数据的安全性以及隐私保护,防范信息出现泄露以及被篡改的风险。借助统一标准和规范的施行,可提高信息资源的利用效率与质量,从而给施工管理决策给予可靠的依据。技术标准的完善情况以及数据管理体系的健全程度,构成了实现农田水利施工管理信息化长远发展所不可或缺的基础保障。

3.4 增强政策支持与资金投入

信息化技术于农田水利施工管理中的应用推广,离不开有力的政策支撑以及充足的资金保障^[3]。政府部门需出台支持信息化建设的相关政策,明确建设目标、责任主体以及激励措施,推动信息技术在农田水利工程施工里的普及与深化应用。加大财政投入力度,保障信息化基础设施建设、设备采购、技术研发以及人才培养所需资金,在经济相对薄弱的农村地区,应提供专项资金扶持,缩小区域发展差距。鼓励企业和社会资本参与信息化建设,形成多元投入格局,激发市场活力和创新动力。政策和资金保障有力结合,可有效推动信息化技术应用落地,促使农田水利施工管理的现代化水平不断提升。

4 结语

信息化技术乃是现代农田水利工程施工管理的关键驱动力量,已然变成提升施工效率、确保工程质量与安全还有优化资源配置的重要核心工具。借助传感技术、计算机仿真、移动终端以及大数据智能分析等关键技术的运用,农田水利施工管理正一步步朝着数字化与智能化的方向迈进。在未来,需要强化科学规划方面的工作,重视人才培养,将标准体系予以完善,并且加大政策以及资金方面的支持力度,以此来推动信息化技术在农田水利施工管理领域达成更为全面且深入的应用。只有这样,才能够实现农田水利工程施工的现代化管理所设定的目标,推动农业朝着可持续发展的方向前进,促使水资源得以合理利用,保障农业生产的安全以及农村经济能够稳定地向前发展。

[参考文献]

- [1]沈庆生.农田水利工程施工管理中信息化技术的应用[J].农业灾害研究,2024,14(2):46-48.
- [2]郭耀华.农田水利工程施工管理中信息化技术的应用研究[J].农业开发与装备,2024(1):112-114.
- [3]杜丽荣,陈代鑫.信息化技术在农田水利工程施工管理中的应用[J].河北农机,2023(14):57-59.

作者简介:孙秀元(1985.1—),女,毕业院校:华北水利水电大学,所学专业:水利水电工程,当前工作单位:河北省水务中心石津灌区事务中心,职称级别:工程师。

智慧工地背景下工程施工安全风险实时管控

张鑫 王朝辉

陕西西咸新区泾河新城城市建设投资有限公司, 陕西 西安 713700

[摘要]伴随建筑工程规模持续扩大与复杂度不断增加, 施工安全管理面临全新挑战。智慧工地借助物联网、传感器、BIM 以及大数据技术, 达成施工现场信息的即时采集、分析与可视化展示, 为安全风险实时管控给予技术支持。探究智慧工地在施工现场安全管理当中的应用模式, 创建实时风险监控体系, 包含风险识别、动态预警、应急响应与决策支持。该模式有助于提升施工现场对风险的察觉能力、降低事故出现的可能性、优化资源的调度安排, 为施工安全管理供给科学、高效且可持续的解决办法。

[关键词]智慧工地; 施工安全; 实时监控; 风险管控; 动态预警

DOI: 10.33142/aem.v7i8.17756 中图分类号: TU723 文献标识码: A

Real Time Control of Construction Safety Risks in the Context of Smart Construction Sites

ZHANG Xin, WANG Zhaohui

Shaanxi Xixian New Area Jinghe New City Urban Construction Investment Co., Ltd., Xi'an, Shaanxi, 713700, China

Abstract: With the continuous expansion and increasing complexity of construction projects, construction safety management is facing new challenges. Smart construction sites utilize the Internet of Things, sensors, BIM, and big data technologies to achieve real-time collection, analysis, and visualization of construction site information, providing technical support for real-time control of safety risks. Explore the application mode of smart construction sites in construction safety management, create a real-time risk monitoring system, including risk identification, dynamic warning, emergency response, and decision support. This mode helps to enhance the risk awareness of construction sites, reduce the possibility of accidents, optimize resource scheduling, and provide scientific, efficient, and sustainable solutions for construction safety management.

Keywords: smart construction sites; construction safety; real time monitoring; risk management and control; dynamic warning

引言

伴随建筑工程项目规模持续增大, 施工环境繁杂、工序交错、人员聚集, 致使施工安全风险愈发凸显。传统安全管理模式依靠人工巡查、事后评估以及静态台账开展工作, 暴露出信息更新迟缓、覆盖范围有限、响应速度欠佳等弊端。智慧工地建设的发展为施工安全管理带来了新途径。利用传感器、BIM 模型、无人机和大数据分析技术, 可对施工现场人员行为、机械运行、环境参数和施工进度等关键数据进行实时采集、动态分析与可视化展示, 为风险识别、预警和应急管理提供支撑。本文着重探究智慧工地背景里施工安全风险的实时管控途径, 搭建动态闭环式的安全管理架构, 增强工程施工的安全程度与管理成效。

1 智慧工地技术架构与数据采集

智慧工地的核心技术架构以物联网 (IoT)、传感器网络、视频监控系統、无人机技术及 BIM (建筑信息模型) 平台为依托, 实现对施工现场的全面觉察、信息集成及实时管控。物联网技术借助多节点、分布式布置的传感器, 实现针对施工现场环境、设备及人员的多维数据采集作业。可将传感器装在塔吊、起重机、混凝土泵车和高空作业人员安全带上, 实时抓取设备负荷、运行速度、作业状态与人员位置等数据^[1]。

施工现场的气象与环境参数可由环境监测设备采集, 如温度、湿度、风速、粉尘浓度以及有害气体含量等。这类数据对高空作业、塔吊作业以及混凝土浇筑等关键工序有着重要的参考意义。例如, 在开展高层建筑施工工作时, 要是风速突破了安全作业的阈值, 系统会自动发出预警, 告知操作人员停止作业或对施工顺序做出调整, 保证施工安全。施工现场的粉尘和有害气体监测可为职业健康管理提供数据支撑, 助力施工单位优化施工流程、提升通风和防护手段, 降低职业病风险。

此外, 借助无人机技术与移动终端应用达成了施工现场的空中与移动巡检。借助无人机, 可对大跨度结构、临边作业及难以抵达的施工区域实施高精度拍摄与 3D 扫描, 然后把图像和点云数据上传到智慧工地平台, 用于现场监测、进度跟进和安全测评。移动终端可使施工人员与管理者随时查看现场信息, 完成异常情况报告、作业签到以及施工任务上传, 促成信息的即时流通。

BIM 模型于智慧工地技术架构里承担着核心数据整合的关键任务。借助将施工现场所采集的传感器数据、无人机影像以及移动终端信息和 BIM 模型相绑定, 达成施工现场跟数字模型的同步映射。施工进度、设备状态和环境数据能在三维模型里实时展示, 助力管理者直观掌握关

键节点与潜在风险。

2 施工安全风险识别与动态预警

依托智慧工地的环境,施工安全风险的识别与动态预警成为保障工程安全的核心要素。传统施工安全管理多依靠人工巡检、定期检查以及静态台账的方式,有信息反馈滞后、覆盖范围不全、响应速度慢等弊端,难以处理大型复杂工程的多维度风险。依托智慧工地的数据采集与技术架构,利用实时数据分析实现施工安全风险识别。系统可对施工现场的设备运行状况、人员操作行为、工序进展以及环境指标开展持续监测与动态剖析,进而识别潜藏风险,预先实施防控举措^[2]。

设备风险识别依靠传感器与监控系统的实时数据。例如,塔吊、起重机和混凝土泵车这类大型施工机械配备了负荷传感器与动作监控模块,可即时采集设备的运行状态。一旦塔吊负荷逼近或超越设计安全阈值,系统便自动触发风险警示,同时对负荷变化趋势进行记录,以分析操作人员有无操作违规或设备是否存在故障隐患,高空作业人员佩戴定位传感器后,系统可实时跟踪作业人员的位置、活动范围及高空安全带情况,若人员越出作业区域或安全防护措施未启动,马上触发警报并向管理端发送消息,实现即时干预。

借助实时分析施工进度与环境数据,实现施工工序和环境风险的动态识别。例如,高温、强风、降雨以及粉尘浓度异常都将加大施工风险,智慧工地系统可对施工计划与环境监测数据做叠加分析,自动判定当前施工工序能否继续开展,并给出风险等级方面的提示。系统依据安全等级把风险分为一般、较高、严重三个级别,借助移动端或管理平台实时传达给项目管理人员,让他们可采取相应举措,像调整施工流程、停止高风险作业、疏散人员或开展设备检修。

动态预警机制借助大数据分析和历史案例库,开展对潜在风险的预测与仿真。系统可针对历史安全事故数据进行模式识别操作,提炼出典型风险触发条件,同时将其与当前施工现场实时数据加以比对,预估未来可能出现的风险事件。以桥梁施工为例,一旦监测到塔吊负载临近极限且风速超出标准,系统不仅会触发警报,还能模拟潜在事故后果并制定应急方案,供管理者决策参考。

此外,动态预警与施工管理系统深度整合,达成“预警-响应-处置-反馈”的闭环管理模式。预警信息生成之际,管理人员能借助平台立即指挥施工现场开展防控工作,如改变作业次序、增添安全防护装置或调配人力与设备,保障风险得到有效管控。同时,系统会对预警处理结果予以记录,构建数据反馈机制,用于优化风险评估和改进后续施工,提高施工安全管理的科学性与精准度^[3]。

凭借实时数据监控、风险识别与动态预警相融合,智慧工地可对施工安全风险开展主动管理。风险不仅不能被迅

速发现并处理,还可借助数据分析和预防机制达成持续改进。该模式既减少了施工事故发生概率,提升工程的安全水平,还为施工管理者给予科学、精准又可视化的决策助力,切实保障大型复杂工程施工实现安全、高效与可控。

3 应急响应与决策支持

在智慧工地发展形势下,施工安全管理不能仅依靠风险识别与预警,还得有高效的应急响应与决策支持体系,来应对突发情况并把事故损失减到最少。智慧工地平台借助整合实时监控数据、BIM模型、传感器信息和历史风险事件数据,达成对施工现场突发风险的模拟演练与科学决策辅助。平台能够在虚拟空间里模拟事故发生,像高空作业人员不慎坠落、塔吊负载超出极限、边坡或脚手架局部失去稳定等情况,借助三维可视化模型直观呈现事故发生位置、波及范围以及可能的损害路径,给管理者提供清晰的事故场景认识。

依托虚拟仿真技术,平台可对多种应急处理预案进行演练,包含人员疏散、设备停机、施工顺序调整以及资源调配。通过对不同方案在时间消耗、人员安全保障以及施工影响等方面成效的对比,管理者可挑选出最优应急举措。例如,在高层建筑物施工期间,若边坡传感器检测出潜在的滑移风险,系统可对施工人员疏散路线、吊装设备停机状况和施工顺序调整计划进行模拟,预估各策略对项目进度与施工安全造成的影响,由此快速选定最优方案,既保证施工人员安全,又尽量减少工程的延误时间。

此外,应急决策支持系统借助历史风险事件数据并运用大数据分析,总结风险出现的规律,构建科学的决策模型。管理者能够依据事故类型、施工阶段、环境状况以及资源配备等多维度要素,对风险响应策略予以优化。系统可对各类应急措施的可行性、成本及执行时间进行量化,助力决策者短期内做出科学抉择。例如,依托历史塔吊事故数据,平台可精准判别高风速、高负荷作业处于高风险的时段,在相近施工条件下自动推送预防性停机或作业调整方案,降低潜在事故出现的概率^[4]。

同时,智慧工地应急响应系统可实现动态协作功能。当事故发生时,系统会实时向各相关方推送预警信息和推荐应急方案,如施工单位、监理单位、安全管理部门及现场作业人员,实现信息快速流转与多方联动配合。利用移动终端或可视化平台,各方可即刻获取行动指令,保证应急措施高效实施。多层次、实时响应的这种机制,让事故处理效率得以提高,又优化了施工现场整体安全管理状况。

运行应急演练和决策支持系统所产生的数据可构建持续改进的反馈循环。每次应急事件处理完毕或演练结束后,系统记录事故发生根源、处理步骤、响应速度及措施成果,为后续施工与应急管理提供借鉴。管理者可运用数据分析对应急方案库加以优化,健全风险分级标准与操作规程,提高未来施工阶段应急处理能力。

智慧工地应急响应与决策支持体系围绕数据整合、虚拟仿真、历史事件分析和动态协作展开,达成对事故风险的预测、模拟并给出最优决策推荐。依托该体系,管理者能在风险出现前制定防范策略,事故发生时快速应对与处置,把施工安全风险减至最低限度,同时保证施工进度和资源利用的高效性,为大型复杂工程给予高效、智能、可掌控的安全管理保障。

4 智慧工地安全管理效能

智慧工地建设革新了传统施工安全管理模式,大幅提高了施工现场安全管理效率。传统施工安全管理多依靠人工巡检、定期检查以及静态台账,信息反馈不及时、覆盖存在盲区,无法对复杂施工环境下的多维风险进行实时把控。智慧工地依靠集成传感器、物联网、视频监控、无人机巡检以及 BIM 平台,达成施工现场的全面感知、数据化监控与闭环式管理,提升安全管理的精细与科学程度。

实时监测是智慧工地增强安全管理成效的前提。借助安装在关键施工设备、结构节点以及作业人员身上的传感器,施工管理系统可持续收集塔吊负荷、起重机运行状况、高空作业人员位置以及边坡与脚手架稳定性等数据。环境监测装置可同步获取温度、湿度、风速、粉尘浓度和有害气体的各项指标。这些数据借助 BIM 模型和信息化平台完成整合,实现施工现场和虚拟模型实时同步映射,让管理者可直观把控各施工节点安全情况。实时监测既能迅速察觉设备异常或人员违规操作,又能为安全防护措施的布置和施工调整提供科学依据,达成安全隐患的早发现、早处理^[5]。

动态预警机制对智慧工地的正常运作起着至关重要的作用。系统将实时采集到的数据跟安全规范、施工计划和历史风险事件相比较,按风险等级把潜在风险分为一般、较高和严重三个级别,再经移动端或管理平台推送给管理人员和现场作业人员。预警信息及时传达,使施工单位可在风险未转化成事故时采取干预手段,如变更施工顺序、叫停高风险作业、疏散人员或是开展设备检修。预警机制凭借实时性和智能化分析能力,显著降低了事故发生几率,推动施工安全管理由被动应对转为主动把控。

智慧工地凭借数据积累与闭环管理能力,大幅提升了安全管理的系统性与可持续性。每次针对风险预警、事故处理和应急演练所产生的数据都予以记录和分析,以评估

措施成效、完善操作流程并优化施工安全方案。运用历史数据分析手段,可归纳出事故规律、风险触发条件以及高危作业流程,为企业构建长期且可持续的安全管理体系给予科学支撑。这些数据能够应用于安全培训、总结管理经验以及优化后续项目,助力施工单位在不同项目中推广最优做法,达成安全管理的知识闭环。

智慧工地安全管理效能不止在事故防控方面得以体现,还可与施工进度、质量及成本管理共同提升成效。借助实时监控与闭环管理,管理者能在保证安全的基础上优化施工资源配置和工序编排,杜绝因安全事故造成的工期耽误或资源浪费。同时,施工质量和安全标准同步接受监控与保障,推动施工现场达成安全、质量和效率的综合提升^[6]。

5 结语

智慧工地借助物联网、BIM、大数据以及无人机等技术,达成施工现场信息的实时采集、分析与可视化呈现,实施施工安全风险的动态管控。依托风险识别、预警响应和决策支持构建的闭环管理体系,可显著增强施工安全管理能力,降低事故出现频率,合理调配资源,达成施工安全、效率与质量的协同进步。未来,伴随人工智能和数字孪生技术的深入运用,智慧工地安全管理在精细化和智能化方面会进一步提高水平,为大型复杂工程施工提供稳定、长效的安全支撑。

【参考文献】

- [1]佐翼.基于智慧工地的建筑工程安全管理探讨[J].建材发展导向,2025,23(14):115-117.
 - [2]朱承瑶.做好建筑安全风险精准识别与防控,提升工程管理水平[J].楼市,2025(7):54-56.
 - [3]刘亚会,徐朋,路志刚,王吉勇,徐家政.智慧工地在建筑工程安全管理中的应用[J].居业,2025(7):229-231.
 - [4]石欢荣.基于智慧工地技术的建筑工程施工路径探究[J].科技资讯,2025,23(12):162-164.
 - [5]张远福,赵凯旋.基于智慧工地的住宅建筑工程安全管理研究[J].居舍,2025(16):154-157.
 - [6]徐国安.数智安防在智慧工地的应用与未来发展[J].中国安防,2025(6):79-82.
- 作者简介:张鑫(1991.7—),毕业院校:山东交通学院,所学专业:安全工程,当前就职单位:陕西西咸新区泾河新城城市建设投资有限公司,职称级别:工程师。

煤矿平式储矸仓的设计与应用

刘东兴 史文明 李亚丹

铁煤集团小康煤矿, 辽宁 调兵山 112700

[摘要]小康煤矿南二采区南三采区合并后,掘进系统新掘任务为南二采区皮带上山、回风上山、轨道上山,三个掘进工作面出货系统均为装斗车轨道运输,全部通过副井罐笼提运斗车矸石到地面,为了赶掘进进尺,由于副井提升能力有限,计划一部分掘进岩石依靠主井箕斗提升,所以要建立一套掘进岩石运输到主井煤仓,但为了兼顾煤质要求问题,需要定时排放,不能与原煤随时掺混,这就需要研制一套储矸系统,掘进进尺产生的岩石需要临时储存,设计在主井煤仓增加设置一台变频永磁滚筒带式输送机,并在上方制作箱式储矸石空间,正常掘进期间,永磁皮带低频慢速运行,确保矸石储量,待主井提煤完成,允许装入岩石期间,启动永磁滚筒皮带机工频运行,快速将岩石注入仓内,利用主井提升到地面,该设计利用了现有巷道,减少立式仓施工资金投入,水平设置也解决了立式仓的溃仓风险。

[关键词]矸石仓;煤矸分运;永磁电滚筒

DOI: 10.33142/aem.v7i8.17764

中图分类号: TD263

文献标识码: A

Design and Application of Flat Coal Mine Storage Silo

LIU Dongxing, SHI Wenming, LI Yadan

Tiemei Group Xiaokang Coal Mine, Diaobingshan, Liaoning, 112700, China

Abstract: After the merger of the South 2 and South 3 mining areas of Xiaokang Coal Mine, the new excavation tasks of the excavation system are to transport the belt up the mountain, return air up the mountain, and track up the mountain of the South 2 mining area. The delivery systems of the three excavation working faces are all loaded with bucket cars and transported to the ground through the auxiliary shaft cage. In order to catch up with the excavation progress, due to the limited lifting capacity of the auxiliary shaft, it is planned to rely on the main shaft skip to lift some of the excavated rocks. Therefore, a set of excavated rocks transportation to the main shaft coal bunker needs to be established. However, in order to meet the requirements of coal quality, it is necessary to discharge them regularly and cannot be mixed with the raw coal at any time. This requires the development of a set of gangue storage system. The rocks generated by excavation progress need to be temporarily stored, and an additional set is Variable frequency permanent magnet drum belt conveyor, and a box type gangue storage space is made above it. During normal excavation, The permanent magnet belt operates at low frequency and slow speed to ensure the storage capacity of gangue. During the period when the coal is lifted from the main shaft and allowed to be loaded into the rock, the permanent magnet drum belt conveyor is started at power frequency to quickly inject the rock into the warehouse, and the main shaft is used to lift it to the ground. This design utilizes the existing roadway to reduce the construction capital investment of the vertical warehouse, and the horizontal setting also solves the risk of collapse of the vertical warehouse.

Keywords: gangue bin; coal gangue separation and transportation; permanent magnet drum

1 背景

小康煤矿位于康平煤田的东北部,隶属康平县东关镇。矿井自投产以来,截止2021年末已先后在北一、西一、南一、南二采区及西三采区共回采了33个工作面。其中有25个工作面采用的综合机械化一次采全高放顶煤开采方法,煤层最大采出厚度达14.3m(含2煤)。大范围地下煤层开采产生了严重的地表沉陷,雨季沉陷区大面积积水。尤其是在采用综放开采的区域,地表最大下沉达4.5~6.5m,部分塌陷坑常年积水。2024年公司批准小康煤矿南二采区南三采区合并开采方案,新掘巷道均布置在距煤层底板20~50m的较稳定岩层中,巷道顶底板岩性一般为粉砂岩、细砂岩、粗砂岩及砂质泥岩等。主要矿物成分

为石英、钾长石、云母,以泥质胶结为主,有时夹砂砾岩,具粉砂质结构,块状构造,内生裂隙不发育,无伪底。三条采区上山相互平行,巷道中心距分别40和43mm。其中:

①南二轨道上山,西侧在-399m水平副井井底车场存车线向东侧开拉门,通过联络巷分别与在-399m水平总回风巷、南二皮带上山连接,东侧至矿井东部边界附近。南二轨道上山西半部分采用蓄电池机车运输,东半部分采用运输绞车提升,担负南二采区的人员、材料、设备及矸石等辅助运输和进风任务。南二轨道上山斜长为2239m。

②南二皮带上山,西侧在西翼皮带大巷向东侧开拉门,通过原北翼皮带上山与主井煤仓连接,东侧至矿井东部边界附近。南二采区皮带中巷安装带宽1.0m皮带运输机,

担负南二采区的煤炭提升及进风任务。南二皮带上山斜长为 2645m。

③南二回风上山,位于南二轨道上山和南二皮带上山之间,西侧在南二轨道上山与南二皮带上山之间的联络巷向东侧开拉门,通过回风联络巷与-399m 水平总回风巷连接,东侧至矿井东部边界附近。南二回风上山为专用回风巷。南二回风上山斜长为 2132m。

南二轨道上山、南二皮带上山和南二回风上山在采区东侧通过联络巷相通,形成采区运输、回风系统。原设计在三条分别安装三套爬斗机分矸;将掘进皮带上副井提升不过来的货流,落地,使用耙斗机导入落地储矸仓(利用巷道打中心顶,用木板隔离巷道一半空间,长度 30m),在主井提煤任务完成后,掘进工作面及时将储矸仓内货利用耙斗机重新耙上皮带,集中运至主井煤仓,单独提升到地面。设计优点是节省设备材料费用支出,耙斗机为矿有设备。操作简单,但是属于老旧设备,维护量大。缺点是效率低,耙斗机每台每小时工作能力约 20m³,每个掘进工作面都使用工作能力为 60m³/h,所以注入煤仓的工作时间将近 2h 依然是问题,保煤质,就得煤岩分开,不能混运,制约矿井出煤系统效率,所以储存矸石,集中升井问题必须解决。

2 确定解决方案

(1)制作平式储矸仓,结构是下部驱动是永磁滚筒皮带机,上部安装储矸箱,1m 高 1m 宽,130m 长,工作原理是将掘进皮带上副井提升剩余矸石的货流导入平式储矸仓箱槽中,设计有效容积 100m³,装满后,等待主井煤仓当天完成出煤任务提空后,允许装入矸石期间,开动储矸皮带机,将矸石迅速灌入煤仓,通过主井箕斗将矸石提到地面。

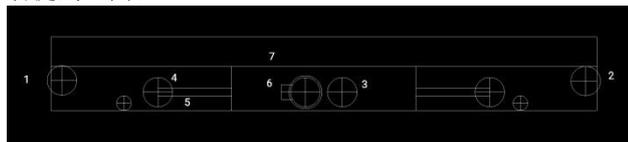


图 1 示意图

1.永磁滚筒储矸仓尾滚; 2.卸载滚筒; 3.中间驱动部永磁滚筒; 4.张紧滚筒机构; 5.张紧千斤顶; 6.液体闸; 7.储矸箱板

(2)安装储矸皮带机位置,位于主井煤仓北侧方向(南侧位西三采区出煤皮带机),掘进期间为储矸皮带,贯通后,为南二采区生产原煤主运皮带机,该条皮带机与南二皮带上山搭接,南二回风上山通过转载皮带输出到皮带大巷的皮带机上,然后利用储矸的分流装置机构,将货流导入储矸皮带货仓。

(3)矸石分流装置,由于现有井下巷道条件,储矸容量设计 100m³,负责储存两个掘进工作面岩石量,在南二皮带机头 300m 前与主井储矸皮带搭接,在南二皮带上制作 u 型铲货板置于皮带上,不进行分矸作业时,用缸吊起来,南二皮带机在皮带机头卸货,正常进入斗车

装货系统,副井提升。当需要矸石分运系统工作时,迎货流 45 度 u 型铲货板下落,将掘进工作面货流导入储矸仓。

(4)生产过程排矸的控制,正常掘进过程中,南二皮带上山和南二回风上山都斗车出货,当副井滞留斗车矸石达到满班工作量时,开动储矸装置,日常由掘进系统自行管控。当储矸皮带满载后,需要往主井排矸石工作,向矿调度申请,规定在每天早 7 点~8 点区间,可以申请使用主井煤仓提矸石工作。

3 带式输送机的选型

永磁电滚筒的电机与电励磁电机相比,具有结构简单、运行非常可靠,体积较小、质量较轻,损耗较小、效率高,尤其电机的形状和尺寸可以灵活多样等显著优点^[1],所以我们小康矿选用,因极软岩矿井,巷道空间有限,设计巷道尺寸,便于支护强度考虑,满足生产和设备即可,长时间受压力变形后,井下巷道进行维修,成本较高,所以特别需要节省空间的这类先进设备,并且减少了两台减速机安装与维护等诸多有利方面,我矿选用永磁电滚筒驱动带式输送机一套,根据储矸要求进行核算各项数据:

(1)运输机驱动能力要求:根据掘进出货量要求,除去副井提升的岩石量,需要进行储存得矸石每天约 100m³,200t 岩石。

皮带的设计长度约为 130m,其的储矸长度为 135m,储矸的高度为 1m,带宽选用 B=1.1m,实际有效存储宽度为 0.95m;这种设计使皮带储矸量实际能达到 0.7m³/m,满载容积 C=91m³;按矸石密度 2.0t/m³ 计算,每米皮带储矸能力达 1.4t。带式储矸皮带机应随着巷道安装,设计角度为-6°;那么,带式储矸仓满仓储量:Q 满=182t;根据现有 2*90kW 永磁滚动皮带机能力有关核算:

①圆周力计算^[2]

传动滚筒圆周力可按经验公式计算:

f—运行阻力系数,多尘,低温,过载,高带速,安装不良,托辊质量差,物料内摩擦大 f 取值(0.023~0.045),重载启动,取 f=0.045。

CN—附加行阻力系数,运行长度 135m,取 CN=1.78。

每米皮带承载货物重量,取 q=1500kg/m。

托辊转动质量: $q_t = \frac{G_{tz}}{l_{tz}} + \frac{G_{tk}}{l_{tk}}$ 得 $q_t = 140$ (kg/m)。

$$F = CNfLg [qt + (2q_0 + q) \cos\beta] + gqH$$

$$= 1.78 * 0.045 * 135 * 9.8 * [140 + (2 * 35 + 1600) * \cos(-6^\circ)] + (-14 * 1600 * 9.8)$$

$$= -30425N$$

②轴功率计算

按公式:传动滚筒轴功率 $P = 10.3FV$ (KW)

$$\text{故 } P = 10.3FV = 10.3 * -30425 * 1 = 30.43 \text{ (KW)}$$

③电动机功率确定

由于该带式输送机为水平运行,电动机为发电工况,

所以电动机功率:

$$P_{\Sigma} = K_d p \eta_m$$

本驱动系统的特性,取 $K_d=1.0-1.2$,本次取3,……功率备用系数 η_m —反馈运转电机传动效率,0.95故 $P_{\Sigma} = K_d p \eta_m = (4 \times 30.43) \times 0.95 = 115$ (kW),选择2套电机驱动的功率配比为1:1,所以,选用2*90kW的永磁电滚筒合格。

(2) 储矸框架结构要求,储矸皮带仓底部设计由133直棍间距217mm排开,每米5个,即每根棍需要承受0.28吨,轴承型号为6306,2套,单套承载能力(静载荷1.5吨、动载荷2.6t)每根直棍承载能力最小3t。所以储矸皮带仓底部设计由133直棍设计承载能力吨位符合要求。

(3) 胶带的选型:预选ST1250型煤矿井下用阻燃钢丝绳芯输送带,单位长度重量 $q_d=22\text{kg/m}$,胶带厚度为16mm,抗拉强度1250N/mm。

(4) 速度要求:变频速度区间(0.2m/s~2.5m/s)变频器的型号:BPJ2-132/1140K(0~50赫兹)。

储矸过程需要慢速,确保装货接近1m高度,满足整体装货量。排矸石过程则需要快速运至煤仓,提至地面,200吨岩石需要主井13箕斗,半小时工作量。

(5) 张紧装置:张紧装置主要由张紧框架、张紧组件、滚筒组件。满仓作业时,需要的摩擦力很大,因此,选用使用液压千斤顶进行皮带的张紧,张紧组件包括张紧千斤顶、张紧螺杆、锁紧螺母,锁紧螺母分别旋拧于张紧销板两侧的张紧螺杆上,现通过张紧千斤顶来调节皮带的张紧程度,再通过调节锁紧螺母的位置实现机械张紧,以免张紧千斤顶长时间部补压卸压。共设计两套四个千斤顶,张紧行程900,即两套可储带3.6m,主要考虑安装张紧皮带方便,防止工作时皮带打滑,满足摩擦力要求。

4 安装使用注意事项

(1) 安装前要平整巷道底板,并预留充足起吊空间、维护保养空间。

(2) 该套设备每节之间采用螺栓对口刚性连接,确保紧固可靠,防止矸石入后由于连接松动产生形变,影响产品使用效果。

(3) 视频监控系统必须安装齐全完好,司机必须能看清全部储矸箱内矸石量、装载点、卸载点。

(4) 皮带机保护必须安装齐全,堆煤保护、跑偏保护、防打滑保护、烟雾、温超温洒水、防撕裂、张紧力下降、急停保护;并且定期检查保护功能,建立记录。

(5) 铺皮带前,一定要严格验收各部结构件连接情况,防止紧带过程中损坏连接部件。

(6) 使用张紧液压油缸时,沿线一定安排专人观察皮带运行情况,防止发生刮卡损坏皮带,预紧力满足摩擦力要求即可,过紧会缩短皮带使用寿命。

(7) 调试前检查好冷却水、润滑油、闸间隙、张紧力。

(8) 调试过程中,低频运行,调整皮带跑偏情况,

确认运行无问题,逐渐提速,达到工频运行,无问题后加载运行。

(9) 电滚筒冷却水循环系统必须检查流量,定期检查过滤器,观察满负荷运行的温升情况。

(10) 变频器安装地点必须无淋水,内部干燥剂要根据现场环境定更换周期,保证开关腔内无潮气,因为本套变频器每天工作时间较短,温差变化较大,必须加强检查。

5 永磁同步电滚筒设备维护要求及检查注意事项

(1) 电动滚筒应进行周期性的维护和检查,应保证:

① 电动滚筒清洁,电动滚筒工作环境要通风、无积水、无腐蚀性液体存在;运行没有异常的振动和噪声;

② 负载不超过额定值和使用系数;绕组线圈温升不超过额定值;绝缘电阻要大于推荐的最小值;电压、频率的变化应符合规定;

③ 轴承检查,检查润滑脂贮存及监测轴承温度(轴承温度不应超过95℃);

④ 轴承要定期(每半年)换注锂基润滑脂(出厂润滑脂为长城3号锂基润滑脂);

⑤ 风机需定期检查清理,若有异常需及时更换以免影响滚筒冷却。

(2) 日常检查

查听整个电动滚筒是否有不正常的机械噪声或者出现变化的响声(例如摩擦或敲击声等);当具有水—空气交换器装置时,检查水管是否漏水;当采用过滤器装置时,检查过滤器的沾污程度;用手检查或用温度计(如果装有)在测温装置处测量并记录轴承温度。检查定、转子之间的间隙,清理集电环和刷架上的积灰和油污。

6 应用效果

(1) 节能方面,如果不进行分矸作业,每天需要有200吨掘进矸石混入原煤,给选煤厂带来极大负担,平均日入洗原煤3000t,每日将多耗电6.7%,1200度。使用煤矸石分运系统每月电费洗煤一项节约3万元。

(2) 提高工作效率200t岩石,副井提升需要6h,对比主井提升每小时30斗。主井提升时间半小时完成200t工作任务。并且已经实现无人值守自动装货、提货、卸载功能。副井提升则需要绞车正负绞车司机2人、副井下-399水平信号工1人、拥罐工2人、副井上信号工1人、拥罐工2人,8个人现场作业一个班的工作量,合计人工费可节省每月约6万元。

(3) 提高安全性能,采用爬斗机实现分矸得3套装置,作业地点多,安全风险大,维修量大。这套水平储矸仓1人操作就能完成,集中控制和视频监控同时发挥作用,掘进贯通结束,综采出煤系统也可以利用,可不更换皮带机。

7 结束语

本套设备的研究设计参照了山西省阳泉市秀南矿业井下巷道内安装的计量式水平缓冲仓,主要用于煤炭的临

时存储与定量输送。该设备采用皮带输送机结构,具备大容量缓冲能力,适用于矸石或煤炭的暂存及运输。在此基础上,根据我矿现有井下条件,以及现有设备情况,考虑了投资、安全、技术等多方面因素,历时3个多月的设计、制作、安装,完成产品的试运行,可以为同类矿井有此项需求单位提供参考。

[参考文献]

- [1]唐任远.现代永磁电机:理论与设计 theory and design[M].北京:机械工业出版社,2016.
[2]成大先.机械设计手册:第五版[M].北京:化学工业出版社,2010.

作者简介:刘东兴(1978.12—),毕业院校:辽宁工程技术大学机械工程及自动化专业,所学专业:机械工程及自动化,当前就职单位:铁煤集团小康煤矿,职务:现任小康矿机电办主任,职称级别:高级职称;史文明(1985.9—),毕业院校:辽宁工程技术大学测绘工程专业,所学专业:测绘工程,当前就职单位:铁煤集团小康煤矿,职务:现任小康煤矿生产副总工程师,职称级别:高级职称;李亚丹(1984—),毕业院校:辽宁工程技术大学理论与应用力学专业,所学专业:理论与应用力学,当前就职单位:铁法煤业集团勘测设计有限责任公司(监理公司),职务:监理工程师,职称级别:高级职称。

散热系统机械设计与制造一体化研究

李冲

新乡市新豪机电有限公司, 河南 新乡 453000

[摘要]随着高功率密度设备以及高性能电子产品在各个领域的广泛运用,散热系统的性能已然成为决定设备可靠性以及运行效率的关键因素。此文以机械设计与制造一体化理念作为指导方向,从系统总体设计、结构优化以及制造工艺协同这三个层面着手,对散热系统在热传导、气流组织以及材料应用等方面所涉及的关键技术路径展开了相关研究。通过针对热传导路径、风道结构以及散热器几何形态进行综合优化处理,并且结合先进的制造技术以及智能化检测手段,最终形成了一种能够同时兼顾高效散热性能、结构强度以及制造可行性的散热系统一体化设计方案。

[关键词]散热系统; 结构设计; 一体化制造

DOI: 10.33142/aem.v7i8.17744

中图分类号: TH122

文献标识码: A

Research on the Integration of Mechanical Design and Manufacturing of Heat Dissipation Systems

LI Chong

Xinxiang Xinhao Electromechanical Co., Ltd., Xinxiang, He'nan, 453000, China

Abstract: With the widespread use of high-power density devices and high-performance electronic products in various fields, the performance of heat dissipation systems has become a key factor determining the reliability and operational efficiency of equipment. This article takes the concept of integrated mechanical design and manufacturing as the guiding direction, and starts from three aspects: overall system design, structural optimization, and manufacturing process collaboration. It conducts relevant research on the key technical paths involved in heat conduction, airflow organization, and material application of heat dissipation systems. By comprehensively optimizing the heat conduction path, air duct structure, and geometric shape of the radiator, combined with advanced manufacturing technology and intelligent detection methods, a heat dissipation system integrated design scheme that can simultaneously consider efficient heat dissipation performance, structural strength, and manufacturing feasibility has been developed.

Keywords: cooling system; structural design; integrated manufacturing

引言

现代机械设备以及电子系统当中,热管理方面的问题日渐变成制约系统性能还有寿命的重要因素。伴随功率密度不断升高以及结构集成程度逐步提升,散热系统得在更为有限的空间里面达成更高的传热效率。机械设计与制造一体化理念的引入,能够让散热系统在设计初始阶段就能够同步把制造以及装配方面的因素都考虑进去,进而达成热性能和结构性能的协同最优状态。本文从散热系统的总体原理着手,对其热传导以及气流组织机制展开分析,依据此提出系统性的结构优化方案,同时探讨制造一体化进程中那些关键的技术路径。借助热设计和制造工艺的融合,能够切实有效地缩短产品开发的周期,降低制造的成本,并且大幅度提升系统在热管理性能以及可靠性方面的表现。

1 散热系统的工作原理与总体设计

1.1 散热系统的功能与组成

散热系统关键功能是把热源所产生的热量有效地传出去、散开来,并且释放到所处的环境当中,以此来确保设备能够处于安全的温度范围之内正常运转。它的基本构成包含了热源接触的界面、导热的相关元件、散热器的主体部分以及辅助气流方面的装置等等这些部分。热量会从

热源开始,借助导热材料传递到散热器那里,然后再通过对流还有辐射这两种方式释放到空气或者是液体冷却介质里面。就高功率设备来讲,散热系统不单单要承担起热管理方面的功能,而且还得同时满足机械强度方面的要求、耐腐蚀性的要求以及装配稳定性的要求等等。伴随着一体化设计理念不断地发展,散热系统所具备的功能已经不再是仅仅停留在被动地释放热量这一层面了,而是凭借对结构设计加以优化以及合理匹配材料,达成在热、电、力多场耦合这样条件下能够高效地运行的状态。

1.2 热传导、对流与辐射机理分析

散热系统里的热传递过程,主要涵盖传导、对流以及辐射这三种形式,这些形式一道形成了系统内部能量迁移以及散热效率的关键机制。传导指的是热能在固体材料当中的直接传递流程,它依靠材料的导热系数、厚度、界面接触的状态以及内部晶格结构的有序程度。像铜、铝这类导热系数高的金属,在传导这个环节有着明显的优势,而复合材料还有纳米导热填料的运用,更是让局部热扩散的性能得到了进一步的提升。对流换热是在散热表面和流体(也就是空气或者冷却液)之间发生的,它的效率会受到气流速度、湍流特性、边界层厚度以及散热器几何形状等

方面的影响。通过对风道进行合理的设置并且优化鳍片的排列方式,能够强化流体的扰动,进而提高整体的对流换热系数。辐射换热依靠的是材料表面的发射率、温差以及空间的形态,在高温或者真空这样的环境当中显得尤为重要。这三种方式在系统里面是相互交织在一起的,在其中传导和对流占据着主导地位,而辐射则在特定的工况之下起到辅助的作用。凭借针对热传递机理所开展的定量分析,可以构建起热阻网络模型,以此来对热阻的分布情况以及能量传递的路径展开系统的阐述,从而给结构设计以及性能优化给予科学方面的依据。随着热管、相变材料等导热系数较高的元件被引入进来之后,系统的热传导效率以及均温的能力都获得了明显的提升,再加上配合风道的优化以及鳍片几何方面的调整,不但强化了对流换热的效果,而且还达成了热管理性能的整体平衡以及效率的最大化。

1.3 系统总体设计方案与技术参数

散热系统总体设计要以热负荷分布和散热目标为中心,综合考量传热路径、气流组织以及结构强度等诸多方面因素。在设计进程里,一开始依照热源功率密度还有环境条件来确定散热器类型以及冷却方式,像自然对流、强制对流或者液冷方案这类情况。接着,借助建立三维模型并且联合计算流体力学(CFD)分析的方式,对温度场和流场分布展开模拟操作,以此来确定最为适宜的结构尺寸以及材料搭配组合。在具体参数选取方面,得把控散热器热阻处于 $0.1\sim 0.3^{\circ}\text{C}/\text{W}$ 这个区间范围之内,保障热源温度能够稳定保持在安全阈值之下。系统的机械设计还必须符合安装空间、质量限制以及振动工况方面的相关要求,达成热设计和机械结构的有机结合与统一状态。

2 散热系统结构优化设计

2.1 热传导路径优化设计

优化热传导路径需要重新设计热源与散热器之间的热传导路径,如采用多层导热界面材料来降低界面热阻,提升热传导效率。首先,在设计中使用导热硅脂和导热垫片的组合,其中导热硅脂填充微小缝隙,导热垫片提供良好接触表面,组合使用可将界面热阻降低至 $0.1^{\circ}\text{C}\cdot\text{W}^{-1}$ 。其次,在高热流密度区域采用热管进行传导,将热量迅速从热源传递到远离热源的散热鳍片。热管的一端紧贴热源表面,通过相变传导原理将热量高效传递至远端,从而降低热源附近的温度。在提高底座导热性能的散热器底座上采用铜片镶嵌的方式。暖气片铝制底座上镶嵌铜片,利用铜片导热高的特性,可以极大地提升暖气片底座的导热效能。其次,在暖气片关键位置加入热管网,与暖气片底座紧密结合,采用焊接或内嵌的方式,形成热传导的高效通道。还有,给热管和散热鳍片接触的地方加上高导热的填充材料,如此一来,就能让界面热阻变小一点,确保热量传导能够连贯起来。在设计散热鳍片的时候,一边给鳍片表面做阳极氧化处理,好让散热效率提升起来,另一边

还采用薄片化的样式,把它们高密度地排布起来,以此增加散热的面积。并且,还要通过仿真分析去优化鳍片之间的间距,进而获取到最佳的散热性能。

2.2 风道结构与气流组织优化

风道的设计在散热系统里是提高对流换热效率的重要部分。科学的气流安排一方面能加快散热器表面的流动速度,另一方面又能防止出现局部堆积的情况。在设计的时候,要依据流体力学方面的原理,针对风道截面的形状、导流板所处的位置以及进排风口的布局展开系统的优化工作。借助引入流线型的导流通道还有分流结构的方式,能够让气流在散热器鳍片之间形成较为均匀的流场,从而降低死区以及回流区存在的可能性。实际操作显示,在确保风量相同的情况下,经过优化之后的风道结构可以让散热效率提升 $15\%\sim 20\%$ 。而且,还需要凭借数值仿真的手段来分析气流速度场和温度场之间的耦合关联,对风机的转速以及气流的方向做出相应的调整,进而达成噪声、功耗以及散热性能之间的平衡状态。风道结构的优化在注重装配可行性的也要考虑到维护的便利性,通过采用模块化的设计方式来满足多样化的应用需求,给系统的一体化制造给予强有力的支撑。

2.3 散热器结构创新与材料应用

散热器是热量释放的关键部件,它的结构以及所选用的材料会直接影响到系统的整体性能表现^[1]。传统的铝制散热器虽说有着重量比较轻、导热性能较好以及成本相对较低等诸多优点,然而在高热流密度的条件之下,它容易出现局部过热的情况。针对这一状况,可以考虑采用铜-铝复合结构的设计方案,具体来讲就是以铜作为底板,而把铝当作鳍片,如此一来便能够做到既具备较高的导热性能又能够实现轻量化的目标。除此之外,新型的复合导热材料,像是石墨烯增强的铝合金、碳纳米管填充的材料等,正在逐步变成相关研究领域的热点所在,这些新型材料能够在很大程度上降低热阻,并且还能进一步提升耐高温方面的性能。从结构创新的角度来看,通过改变鳍片的形状以及排列的方式,举例来说像采用波纹鳍片、针状鳍片或者微通道结构等形式,可以有效地增加传热的面积,同时也能提高湍流的强度。先进的散热器往往会将拓扑优化算法和增材制造技术相结合,以此来达成对复杂几何形态进行高精度加工的目的,进而实现极限散热性能与结构强度的统一。

2.4 结构轻量化与模块化设计

在保证散热性能能够得以满足的条件之下,去达成系统方面的轻量化以及模块化,这已然成为现代机械设计当中极为重要的一项目标所在。轻量化这其不但有益于削减设备的整体能耗,而且对于材料成本的降低同样是有帮助的,除此之外,它还能够促使系统的动态响应性能以及结构稳定性都得到进一步的提升。在设计的具体过程之中,可以通过实施材料方面的替代操作、开展拓扑优化相关工

作以及对壁厚做出调整等不同的方式方法,以此来削减那些没有实际作用的质量部分。比如说,在要满足机械强度所提出的要求这种情况之下,可以把散热器的主体部分从原本使用整块铝材的情况替换成采用中空蜂窝式的结构形式,如此一来,就能够使得质量减少 30% 以上。与此模块化的设计理念能够让散热系统拥有快速装配这样的一种优势,而且还具备可维护性的长处。借助标准化的接口以及可以进行插拔操作的模块,便可以在不同功率等级以及各种各样的应用场景之下实现快速的配置操作。模块化结构本身还能够对生产流程起到简化的作用,进而让机械加工以及装配工艺都能够实现标准化,从而为制造一体化给予更为灵活的技术层面的支撑。

3 散热系统制造一体化设计与工艺研究

3.1 一体化设计理念与工艺原则

机械设计与制造一体化乃是现代工程设计所朝着的发展方向,其关键之处就在于把设计环节、工艺环节、装配环节以及检测环节紧密地结合到一起,以此达成设计可制造性同产品性能的协同优化效果。就散热系统所具有的特殊性而言,一体化设计应当从材料的选择、结构的形式一直到工艺路径,全整个流程都去考量热传导效率和加工精度二者之间的平衡关系^[2]。在设计阶段当中,需要运用三维数字化建模以及虚拟装配方面的技术,针对关键零部件的尺寸公差、热变形情况以及连接方式等展开仿真验证工作,进而降低制造出现的误差以及装配产生的干涉现象。一体化设计遵循的原则包含了功能集成、工艺简化还有可维护性优先这几个方面,以此来保障散热系统在能够满足热性能要求的基础上,还拥有不错的生产可行性以及经济性方面的特性。

3.2 关键部件制造与装配工艺

在散热系统里,关键部件的制造精度对传热性能以及整体装配质量有着直接影响。像热管、散热底板还有鳍片这类元件,在加工的时候得用高精度数控铣削、真空钎焊以及高能激光焊接等比较先进的工艺,以此来保证导热路径能够保持连续性,并且结合面也得是平整的^[3]。对于铜铝复合结构而言,运用爆炸复合或者超声焊接技术,可以有效地防止界面出现氧化情况,进而提升热导率。在装配的过程中,必须要严格把控压紧力以及界面接触的状态,避免因为装配偏差而使得热阻有所上升。现代的装配工艺往往会引入自动化定位系统还有机器人辅助装配技术,凭借视觉识别以及力控反馈,达成高精度且一致性很好的装配效果。

3.3 智能制造与质量检测技术

在制造一体化进程里,智能制造技术得到广泛应用,

这使得散热系统生产的精度、效率以及整体可控性都获得了明显提升。借助引入工业互联网、物联网感知设备还有大数据分析平台,能够针对制造过程中那些关键参数展开实时监控与动态优化,进而达成对加工状态、温度、压力以及设备运行状况的全方位把控。智能制造系统可在线反馈加工偏差,并且会结合算法模型适时修正,以此来保证散热结构在尺寸精度、几何形状以及表面质量等方面都能够满足设计要求,同时也可减少人为操作误差以及生产损耗。在质量检测方面,除了传统几何尺寸测量以及表面粗糙度检测之外,还应当广泛运用红外热成像、非接触式热阻测试以及超声检测等先进技术,对散热器的导热性能、热分布均匀性以及装配质量实施快速且精准的评定。这样的智能化、多维度检测方式,一方面大大提高了检测精度与效率,另一方面能将检测数据实时反馈至制造环节,从而实现从设计、加工直至检测的闭环优化,让生产过程变得更加可追溯且可控。凭借智能制造与智能检测技术的深度融合,散热系统在性能一致性、可靠性以及制造质量方面均实现了全面提升,给机械设计与制造一体化给予了稳固的技术保障,也为未来高性能散热系统的批量化、标准化生产打下了基础。

4 结语

散热系统机械设计与制造一体化研究显示,唯有立足于热管理机理剖析、结构优化设计以及制造工艺协同等方面,才可达成散热性能、结构强度和制造经济性的整体最优状态。凭借引入先进材料以及数字化制造技术,散热系统设计正从依靠经验的状态逐渐转变为由数据驱动以及仿真验证所推动的模式,进而达成了高效、智能且具备可持续性的技术路径。在未来,伴随人工智能、增材制造以及多物理场仿真技术的持续发展,散热系统的一体化设计会变得更加智能化、柔性化并更具生态性,从而给高端装备制造以及电子产业奠定稳固的热管理基础。

[参考文献]

- [1]梁伟波.整机散热系统机械结构设计的性能分析与改进[J].现代制造技术与装备,2024,60(7):79-81.
- [2]梁国宝,林博,韦海,等.工程机械散热系统匹配设计的准确性提升研究[J].工程机械,2022,53(2):13-18.
- [3]时伟,周忠博,乔锟,等.一种工程机械的散热系统及控制方法[J].工程机械,2023,54(12):10-13.

作者简介:李冲(1983.8—),毕业于河南科技大学,所学专业:机械设计制造及其自动化,就职单位:新乡市新豪机电有限公司,职务:技术部长,现有职称:中级工程师。

钢铁生产线机械设备的智能监测与预测性维护研究

黄庆博 张晓帆 刘恒玮 杨旭

安阳钢铁建设有限责任公司, 河南 安阳 455000

[摘要]在钢铁工业的生产进程里,机械设备能够稳定地运行,这对于整体的生产效率以及生产安全来讲,有着十分重要的影响。以往传统的维护办法,大多依靠着定期开展的检修工作以及在出现问题之后才去进行处理的方式,如此一来,就容易出现资源方面的浪费情况,并且还可能产生过程出现中断的现象。然而智能监测以及预测性维护技术,其能够凭借对实时数据的采集以及深入分析,进而提前将设备所存在的潜在故障给识别出来,同时还可以对维护策略加以优化。此项研究全面且细致地对钢铁生产线设备的运行特性以及维护方面的需求展开了分析,进而搭建起一个包含数据采集环节、状态监测环节、预测模型构建以及系统集成等方面在内的技术体系,并且针对该系统在实现过程当中所涉及的关键技术以及实施应用的具体方案也进行了相应的探讨。

[关键词]智能监测; 预测性维护; 钢铁机械; 故障诊断; 数据采集

DOI: 10.33142/aem.v7i8.17743

中图分类号: TP278

文献标识码: A

Research on Intelligent Monitoring and Predictive Maintenance of Mechanical Equipment in Steel Production Lines

HUANG Qingbo, ZHANG Xiaofan, LIU Hengwei, YANG Xu

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

Abstract: In the production process of the steel industry, the stable operation of mechanical equipment has a significant impact on overall production efficiency and safety. In the past, traditional maintenance methods mostly relied on regular maintenance work and handling problems only after they occurred. As a result, it is easy to waste resources and may even lead to interruptions in the production process. However, intelligent monitoring and predictive maintenance technology can identify potential equipment failures in advance by collecting real-time data and conducting in-depth analysis, while also optimizing maintenance strategies. This study comprehensively and meticulously analyzed the operational characteristics and maintenance requirements of steel production line equipment, and established a technical system including data collection, status monitoring, prediction model construction, and system integration. Corresponding discussions were also conducted on the key technologies involved in the implementation process of the system and the specific implementation and application plans.

Keywords: intelligent monitoring; predictive maintenance; steel machinery; fault diagnosis; data collection

引言

钢铁工业属于国家经济的关键支柱产业范畴,其生产线机械设备的运行状况同生产效率以及产品质量紧密相关。在那种高温、高压且连续作业的复杂环境之下,设备很容易出现磨损以及故障情况。传统的维护模式大多是以定期检修以及事后维修这两种方式为主的,明显缺乏实时性与预见性,常常致使生产中断并且造成资源浪费。因此如何提高设备的运行效率,减少不必要的停机时间和维修费用,成为现代工业亟待解决的问题。智能监测系统的应用能为机械设备故障预测和预防性维修提供新的解决方案,该系统使用传感器技术、数据采集与处理技术及智能算法,实现对设备运行状态的实时监控,并提前预测潜在故障,有效支持预防性维修策略的制定。

1 钢铁生产线机械设备运行特点与维护需求

1.1 钢铁生产线设备运行特点

钢铁生产线的机械设备往往处于高温、高压以及高负

荷的连续运转状态,像轧机、高炉还有连铸机这类核心设备,要长时间经受剧烈振动以及腐蚀性环境的影响,这使得部件磨损和老化的速度加快,而且生产流程需要连贯,所以设备得一直保持高可用性,一旦出现意外停机,就可能引发连锁反应,进而影响整个生产线的平衡与输出效率^[1]。这些设备结构复杂,集成程度又高,故障点还分散,诊断起来难度很大,再加上钢铁生产过程中原料会有变化,工艺也会经常调整,设备负载波动比较明显,这就进一步加大了运行状态的不确定性,所以实时监测以及动态调整就成了保障稳定运行的重要需求。

1.2 传统维护模式的局限性

传统维护模式主要涵盖定期维修以及故障后维修这两种形式。定期维修依靠的是按照固定时间间隔所开展的检查以及更换操作,如此一来,常常会忽视设备的实际运行状态,进而很容易出现过度维护或者维护不够的情况。而故障后维修则是在设备已经出现失效状况之后才会采

取相应行动,这无疑会导致生产过程出现中断,并且使得维修成本急剧增加,而且也无法对潜在的风险加以预防。这种维护模式在钢铁生产线当中所呈现出的问题显得格外突出,毕竟设备所处的运行环境极为恶劣,故障发生的频次也颇高,传统的方法很难精准地预测出故障的具体位置以及发生的时间,与此还依赖人工凭借经验来进行判断,如此效率自然不高,而且还容易受到主观因素的影响,最终致使维护资源的分配不合理,整个生产效率也随之下降,迫切需要借助智能化的手段来实现革新。

2 智能监测与预测性维护技术体系

2.1 数据采集与传感技术

数据采集以及传感技术构成了智能监测系统的根基。其借助在钢铁生产线设备上布置各类传感器,像振动传感器、温度传感器还有压力传感器等,来实时搜集运行参数以及环境数据,比如设备转速、温度波动状况以及振动频率等情况,进而构建起较为完备的数据源。这些传感器得有较高的精度,并且具备较强的抗干扰能力,这样才能适应钢铁工业那种较为恶劣的工作环境。与此数据采集系统得能够支持多通道操作以及实现高速传输,以此保证信息可以及时上传到处理平台,为后续的分析给予可靠的输入。随着物联网技术不断向前发展,无线传感网络的应用又进一步拓展了数据所能够覆盖的范围,提高了系统的灵活性以及可扩展性。

2.2 状态监测与故障诊断方法

状态监测和故障诊断方法依靠对所采集数据展开实时分析以及模式识别来开展相关工作。借助信号处理技术,像傅里叶变换以及小波分析等手段,从中提取出设备振动信号以及温度信号里的特征值,并且把这些特征值和历史数据相互比较一番,进而识别出其中存在的异常模式以及潜在的故障点所在之处^[2]。故障诊断还会联合运用专家系统以及机器学习算法,比如支持向量机还有深度学习模型,以此来对设备的状态加以分类并做出评估,最终能够精准地判断出故障的具体类型以及其严重的程度。这样的方法一方面提升了诊断的准确性,另一方面也达成了从被动响应的状态转变为能够主动发出预警的情况,大幅度降低了突发故障出现的风险。

2.3 预测模型与算法

预测模型以及相应的算法在预测性维护方面占据着极为关键的地位。其会充分利用历史运行所积累的数据,再加上实时监测所获取的信息,借助时间序列分析、回归模型或者神经网络算法等方式来构建起能够预估设备退化趋势以及故障概率的预测模型。就好比基于 LSTM 所搭建的预测框架,它在处理序列数据这件事情上表现得颇为出色,能够对设备的剩余使用寿命做出有效的预测。这些算法在实际应用过程中必须要充分考量钢铁生产线所具备的动态特性,像负载出现的变化情况以及工艺方面做出的调整等,通过将多源数据加以集成,并且运用自适应学习的方式,以此来进一步提升模型自身的鲁棒性以及预测的准确性。并且,模型经过优化后的输出结果还能够在优化维护计划方

面发挥重要作用,进而达成按需维修的目标,同时还能实现资源的节约。而算法不断地进行迭代以及严格的验证操作,则能够切实保证预测结果具备较高的可靠性。

2.4 系统集成与平台架构

系统集成和平台架构把数据采集、状态监测以及预测模型整合成一个统一的智能监测平台,一般会采用分层架构来设计,其中包含感知层、网络层、处理层还有应用层,以此达成从数据收集一直到决策支持的全流程管理。平台架构得支持云计算和边缘计算相结合的方式,用来处理海量的数据并且降低延迟,与此同时借助标准化接口以及模块化设计,方便与现有的生产系统进行集成,就好比基于工业互联网平台所给出的解决方案,可以提供可视化的仪表盘以及报警功能,助力运维人员实时对设备状态加以监控并且执行维护指令,进而提高整个系统的协同效率。

3 系统实现与关键技术

3.1 系统架构设计

系统架构设计构成了智能监测系统得以实现的根基,其往往运用分布式架构来开展相关工作,把传感器、数据采集单元、处理服务器以及用户界面紧密且有机地结合起来,以此保证数据流可以顺利地设备端传送到应用端,实现无缝的传输效果。与此架构在设计之时还需要充分考量可扩展性以及安全性这两个方面的问题,从而能够与钢铁生产线持续发生变化的需求相适配^[3]。在整个设计的进程当中,模块化思想获得了极为广泛的运用,比如说把数据预处理、模型计算还有可视化功能彼此区分开来,这样做便能够方便后续的维护操作以及升级事宜。并且借助引入微服务架构的方式,系统可以更为灵活地去应对高发数据处理的情况,进而使得系统的响应速度得以提升,可靠性也获得增强,最终成功打造出一个高效且稳定的智能监测平台。

3.2 多源数据融合技术

多源数据融合技术会把来自不同传感器以及系统的异构数据加以整合起来,像设备运行的各项参数、所处环境的具体条件还有以往的维护记录等等这些数据,通过这样的方式来消除信息孤岛的存在,并且从中提取出更有价值的一些特征,进而使得状态监测以及预测的准确性得以提升。该技术运用数据清洗、特征提取以及关联分析等一系列的方法,去处理数据当中存在的噪声以及不一致的情况,比如说依据卡尔曼滤波所形成的融合算法,能够在一定程度上优化实时数据流的状况,而深度学习模型则可以用来挖掘多源数据之间那些隐含着的关系。在钢铁生产线的场景下,这种技术助力达成了对复杂设备状态较为完整的理解,同时也为预测性维护筑牢了稳固的数据根基。

3.3 智能诊断与预测算法

智能诊断和预测算法把机器学习以及统计分析融合起来,针对设备故障展开精准的识别工作,并且对故障发展趋势做出预测。就好比运用随机森林算法来对多维度的数据加以分类,进而诊断出像轴承出现磨损或者齿轮发生

失效这类常见的故障类型。与此借助 Prophet 模型去预测设备的退化路径。这些算法得去处理钢铁生产线上那种高维且具有非线性的数据,依靠特征选择还有模型优化这两方面的操作,让计算效率得以提升,泛化能力也获得增强。而实时推理引擎的部署,能够保证算法在边缘设备上可以快速作出响应,最终达成从数据到决策的智能化转变,使得维护效率得到较为明显的提升。

3.4 可视化与交互设计

可视化与交互设计借助图形化界面来展示设备状态、预警信息以及维护建议,以此助力运维人员直观地理解复杂数据。比如运用仪表盘、趋势图和热力图来呈现关键指标,并且设计出像参数调整以及报告生成这样的交互功能,以此提升用户的体验以及操作的便捷程度。在设计的过程中,要充分考虑用户群体所具备的技术背景,采用那种简洁且清晰易懂的布局与提示方式,防止出现信息过载的情况。借助响应式设计,界面能够适配不同的终端设备,保证无论是在移动端还是固定工作站上都能够高效地使用,进而强化系统的实用性以及普及的程度。

4 实施与应用分析

4.1 系统部署方案

系统部署方案应当依据钢铁生产线的实际环境以及设备布局情况来制定,一般是分阶段去实施的,一开始会从关键设备开始进行试点操作,随后再慢慢进行扩展,就好比在高炉或者轧机区域去安装传感器还有数据采集单元,并且借助网络将它们连接到中央处理平台,在部署的过程中,得充分考虑到电力供应方面的情况、网络的稳定性以及物理防护等相关事宜,从而保证系统能够稳定可靠地运行。该方案还涵盖了人员培训以及流程调整等内容,其目的是为了助力运维团队能够熟悉这套新的系统,并且将其顺利整合进日常的工作当中。而通过开展模拟测试以及试运行等举措,便能够提前把潜在的问题给找出来,并且对配置加以优化,进而达成平滑过渡的效果以及将生产干扰降到最低的程度。

4.2 运维策略优化

运维策略的优化依托于智能监测系统所给出的输出情况,把传统的定期维护模式逐步转变成预测性维护的方式。比如说,依据设备健康评分的具体状况来动态地对检修计划做出调整,把那些高风险的部件优先安排处理,以此方式来削减不必要的停机时长以及资源耗费。并且,在进行策略优化的时候,还需要综合考虑历史数据以及实时反馈信息,持续不断地对维护规则加以迭代更新。通过引入决策支持工具,该系统便能够推荐出最为适宜的维护时机以及维护方法^[4]。比如在预测到存在潜在故障的时候,就能够提前做好安排去进行更换操作,如此一来便可以避免出现突发性的中断情况。而这样的优化举措,一方面提升了设备的可用性程度,另一方面也使得备件库存以及人力成本都得以降低,切实体现出了智能化技术在运维管理工作当中所具有的实际应用价值。

4.3 效益评估体系

效益评估体系会采用定量以及定性指标来对智能监测系统的应用效果加以衡量,像设备故障率下降的百分比、维护成本所节约的金额还有生产效率提升的具体数值等都会被纳入考量范围。与此还会把安全性以及环境影响因素考虑进去,比如减少事故发生的比率以及降低能耗的水平等情况,以此来全方位地评估技术投入所能收获的回。在开展评估工作的过程中,需要去收集系统运行的相关数据以及用户的反馈信息,借助对比实施前后各项关键绩效指标的方式,证实该系统的经济方面和技术方面的优势所在,而进行长期的跟踪调查则能够有助于发现系统后续可改进的空间。

4.4 实施难点与对策

实施难点有数据质量不统一、技术集成难度大以及人才储备不够,像传感器数据常受环境干扰致使噪声偏大,或者现有系统兼容性不好阻碍平台部署,运维人员技能欠缺可能影响系统使用效果。应对这些难点,可强化数据预处理和校准流程,采用标准化接口推动系统集成,开展专项培训提升团队能力,借助合作和外部专家支持,逐步解决技术瓶颈,分阶段实施并持续监控能降低风险,保证智能监测系统在钢铁生产线的成功应用。

5 结束语

智能监测以及预测性维护技术应用于钢铁生产线的机械设备当中,设备可靠性以及运维效率都得到了明显提升。依靠对数据采集、状态监测还有预测算法加以集成,成功实现了从原本的被动维护朝着主动管理转变的目标。并且,在系统实施环节里的一些关键技术,比如多源数据融合以及可视化设计,还给行业智能化转型带来了颇具实用性的解决办法。虽说在数据质量以及人才这两个方面存在着一定的挑战,不过借助优化部署以及培训等方式,这些难点是能够逐步被克服掉的。在未来,随着人工智能以及物联网技术不断向前发展,智能监测系统必定会变得更加精准,也更为普及,进而为钢铁工业实现可持续发展赋予全新的动力。

[参考文献]

- [1]黄亮,徐晓磊,周洪军,等.基于先进传感技术的石油钻修井机械设备智能监测与优化[J].今日制造与升级,2024(4):63-65.
- [2]张涛.智能传感技术在金矿选矿机械设备状态监测中的应用[J].自动化博览,2024,41(9):32-35.
- [3]常刚,罗彩君.基于 AI 技术的造纸机械设备故障监测系统设计与实现研究[J].造纸科学与技术,2025,10(13):1-4.
- [4]陈国伟,杜晓东,杨维涛.智能监测系统在机械设备故障预测与预防性维修中的应用研究[J].家电维修,2025(7):12-14.

作者简介:黄庆博(1999.8—),男,毕业院校:河南科技学院,所学专业:机械设计制造及其自动化,当前就职单位:安阳钢铁建设有限责任公司,职务:设备工程助理工程师,职称级别:初级。

绿色环保理念在风景园林设计中的应用

郭芷君

赤峰市城市建设投资(集团)有限公司, 内蒙古 赤峰 024000

[摘要]随着社会可持续发展理念不断得到推广,绿色环保已然成为现代风景园林设计的关键指导准则,在园林设计环节,绿色环保理念一方面体现在对生态环境予以尊重与保护方面,另一方面还着重于人性化使用体验以及可持续资源管理。对绿色环保理念在风景园林设计当中的具体运用展开探讨,剖析其在原则、类型以及设计思路等层面的实践方式,借助将理论分析和设计实践相互融合的方式,探寻并提出在地形、水体、植被以及建筑小品等方面与之相关的绿色设计策略,从而给园林设计给予具有操作性的参考途径,同时也为处在生态文明建设背景之下的城市景观营造给予科学方面的指导。

[关键词]绿色环保理念;风景园林;设计

DOI: 10.33142/aem.v7i8.17766

中图分类号: TU986

文献标识码: A

Application of Green Environmental Protection Concept in Landscape Architecture Design

GUO Zhijun

Chifeng City Construction Investment (Group) Co., Ltd., Chifeng, Inner Mongolia, 024000, China

Abstract: With the continuous promotion of the concept of sustainable development in society, green environmental protection has become a key guiding principle for modern landscape design. In the landscape design process, the concept of green environmental protection is reflected not only in respecting and protecting the ecological environment, but also in emphasizing humanized user experience and sustainable resource management. Explore the specific application of green environmental protection concepts in landscape design, analyze their practical methods in terms of principles, types, and design ideas, and use the integration of theoretical analysis and design practice to explore and propose green design strategies related to terrain, water bodies, vegetation, and architectural elements. This provides operational reference for landscape design and scientific guidance for urban landscape creation under the background of ecological civilization construction.

Keywords: green environmental protection concept; landscape architecture; design

引言

城市化推进中,风景园林有生态、美观、传承文化等功能。现在设计重环保,要保护生态、提升生活品质。设计得考虑生态完整、植物稳定、资源可持续。因此,在设计过程中如何贯彻绿色环保理念,如何出好园林,已成为未来园林设计的重要参考方向。

1 绿色环保理念下风景园林设计的基本原则

1.1 生态性原则

生态性原则生态性原则即从生态角度出发,在风景园林设计上要充分依靠自然环境,依托生态环境中固有的植物元素,最大程度上维护园林景观的原生态资源,充分发挥景观植物自身的绿色生态效能,打造生态型园林景观。为此,在园林景观设计上,应合理利用软质景观,在植物的选择上,因地制宜选择本土植物,提升植物的成活率、抗病虫害能力,确保园林植物可以长期实现净化空气、美观环境的效果。常见的净化空气的植物有:垂柳、夹竹桃、金叶女贞、醉鱼草等,各地可根据环境土壤等特点选择适宜的植物。

1.2 环保性与人性化原则

绿色园林设计秉持环保性原则,该原则着重于借助设

计活动来削减对环境所造成的负面影响,达成资源的可持续性利用目标。在材料选取方面,应当优先选用本土石材、能够循环使用的木材以及透水铺装这类低碳环保材料,以此来减小施工以及维护环节给生态环境带来的干扰情况。园林空间的布局要遵从自然地形以及生态系统所遵循的规律,尽可能地保留水体、植被还有地形结构,防止对生态平衡造成破坏。在日常的管理工作当中,需要凭借雨水收集并加以循环利用、合理开展施肥工作以及实施有机病虫害防治举措,进而实现长期的生态可持续发展状态。人性化原则着眼于以使用者为核心,注重使用者的活动需求、心理感受体验以及行为模式特点。在空间布局层面,要合理地安排步行路径、休憩设施以及植物配置情况,既要顾及安全因素、便利程度、景观视线效果以及季节变换时的美感呈现,又要考量微气候调节事宜,以此来提高使用者的舒适感受体验。设计过程还需要留意老年人、儿童以及行动不便者群体的无障碍使用需求,从而实现园林空间具备普适性特点以及一定的社会价值意义。把环保性原则与人性化原则有机地结合起来,风景园林便能够成为生态系统当中的一个组成部分,同时也能够满足人们在身心方面的各种需求。

2 绿色环保理念下风景园林设计的类型

2.1 基于自然资源的绿色生态设计

基于自然资源展开的绿色生态设计,在风景园林领域里属于那种最能直观体现出绿色环保理念的设计类型。它的关键之处就在于要充分地去尊重并充分利用园林所处环境的自然条件,这里所说的自然条件包含了地形、水系、土壤,还有已有的植被资源等诸多方面。在具体的设计进程当中,规划人员得依据自然资源在空间方面的分布情况以及其自身的生态特性,来对功能区和景观节点做出合理的布局安排,力求最大限度地将对原生态环境可能产生的干扰给减少掉。就好比说,在河流的沿岸地带或者湿地所在的区域,能够借助生态护岸的方式、雨水湿地的构建以及对缓坡进行相应处理等手段,以此来维持水体自身具备的净化能力,同时也对原生植物群落的生长环境起到保护的作用。并且,设计的时候还应当着重关注地形跟植被之间的自然结合状况,通过将丘陵、沟谷以及林带等地貌特征予以保留的做法,进而形成生态廊道以及绿色缓冲区,给动植物给予栖息的空间以及迁徙的通道。在这样类型的园林设计之中,建筑元素以及路径布局务必要尽可能地顺应地形的走势以及生态的规律,选用那种轻量化且对环境影响较低的施工方式,如此一来便能够达成人类活动和自然环境彼此间的和谐共生状态。这种设计类型不但能够确保生态系统的稳定运行,而且还能够为城市居民提供可亲近自然、感受生态之美的优质空间。

2.2 基于植被系统的绿色景观设计

基于植被系统的绿色景观设计着重凸显植物群落所具备的生态功能以及景观价值,借助科学的方式来对植被加以配置,进而达成环境调节、美学呈现以及生态效益等多重方面的目标。在实际开展设计工作的过程中,设计师需要依据所在区域的气候条件、土壤类型还有生物多样性的需求,去挑选那种本土化程度高且适应能力较强的植物种类,同时还要构建起呈多层次状态的植被结构,这其中就包含了乔木、灌木、地被以及攀援植物等不同类型,以此来促成稳定生态系统的形成。与此植物的组合方式务必要兼顾四季景观的效果以及生态功能,就好比在沿步道的区域去种植花卉与低灌木,以此来增加其观赏性;在水体周边设置湿生植物,借助这种方式来达到净化水质以及防止水土流失的目的。植被系统的设计还应当考虑到景观所具有的微气候调控作用,比如通过利用林带来遮阳、调节风向、降低噪声以及改善空气质量,进而促使园林空间的舒适性得以提升。凭借合理的植被设计,园林一方面能够实现景观美学的效果,另一方面还能强化生态的稳定性,进而让绿地空间在城市生态网络当中成为极为关键的一个环节,最终促使整体环境质量得以提升。

2.3 基于人文景观的绿色人文设计

绿色人文设计是以人文景观为基础展开的一种设计

理念,它在着重于生态保护这一方面之外,还十分关注文化内涵以及社会功能的相互融合。通过把历史、地域以及文化等元素引入其中,进而提升园林景观所具有的文化价值以及其公共属性。在实际的操作实践环节当中,设计师能够把历史遗迹、地方传统建筑、文化雕塑或者民俗元素等有机地融入到园林空间里面,并且运用绿色环保的设计手段来加以整合,从而让景观一方面能够体现出生态方面的功能,另一方面又能传递出文化层面的信息。就好比说,在历史街区或者是古镇园林这样的场所里,可以借助本土材料以及低碳建造的方式去复原传统的景观,与此通过针对绿地植被、步行廊道以及休憩设施等方面展开的设计工作,使得游客在充分享受文化体验的时候,同样也能够感受到生态景观所带来的那种舒适感与自然气息。绿色人文设计着重强调的是人与自然、人与文化之间所存在的互动关联,由此促使园林不再仅仅只是生态系统其中的一个组成部分,而且还能成为城市文化生活极为重要的承载空间,进而为社会打造出一个具备功能性并且兼具审美性的公共环境。

3 绿色环保理念下园林景观设计的思路与方法

3.1 地形设计:生态地形塑造与雨水调节

在绿色环保理念的引领之下,地形设计并非仅仅着眼于景观美学层面的效果呈现,而是更为着重于生态功能以及自然系统所具备的可持续性方面。在开展设计工作的整个过程当中,务必要全面且细致地考量原有地形所具有的各类特征、土壤的具体结构状况以及水文方面的相关条件。借助微地形的精心塑造、对缓坡给予恰当的处理举措,再加上对坡地植被做出合理的配置安排,进而达成自然排水、雨水能够得到滞蓄以及对土壤起到保持作用等多重功能^[1]。就好比说,通过去设置雨水花园、构建渗水坡面以及设立生态缓冲带等一系列操作,是能够切实有效地减缓地表径流的速度,同时还能够让雨水的下渗能力以及储存能力都得以提升,并且能够在很大程度上减少水土流失给生态环境所带来的影响。就园路以及活动区域的布局事宜而言,应当严格遵循地形原本的自然走向情况,坚决避免出现大面积的开挖行为以及随意填土的现象发生,尽最大可能地将原有的生态特征完整保留下来,从而让地形自身自然而然地成为生态系统其中的一个组成部分。地形设计一方面塑造出了园林的空间层次感以及视觉上的观赏效果,另一方面又凭借雨水调节功能以及生态缓冲功能,为园林整体朝着绿色可持续发展的方向奠定了稳固扎实的基础。

3.2 水体设计:自然化水景与循环利用

在风景园林当中,水体一方面属于极为重要的景观要素,另一方面也是生态系统里不可或缺的核心构成部分。在绿色环保理念起到指导作用的情况下,水体设计着重于自然化的处理方式以及循环利用的实践操作。其借助对自

然河道、湿地还有湖泊形态的模拟手段,进而达成生态层面与景观方面的有机统一^[2]。在设计环节里,务必要充分借助雨水、地表径流以及经过循环利用所获得的水资源,凭借人工湿地、沉淀池以及具有净化功能的植物带来对水质展开自然过滤的操作,以此提高水体自身的净化能力,与此同时还能水生的动植物营造出适宜的栖息环境。水体的布局安排需要依照自然的地势状况以及水流的规律特点,坚决避免人为那种直线化的改造行为,并且要通过岸线呈现出弯曲的状态、精心设计浅滩以及设置植被缓冲区等方式,从而打造出丰富多样的水生景观以及生态过渡带。除此之外,水体设计还应当考虑到人文功能方面的需求,比如去设置亲水平台、观景廊道以及供人休憩的节点等,让人们在观赏景观之际能够切实感受到自然生态所呈现出的动态发展过程。凭借着科学合理的规划举措以及循环利用的实际做法,水体设计不但使得景观的视觉呈现效果以及体验价值都得到了提升,而且进一步强化了园林空间所具备的生态调节功能,进而为绿色环保这一目标实实在在地给予了有力支撑。

3.3 植被设计:本土化种植与生物多样性维护

植被作为风景园林生态系统里最为直观的绿色要素,其具体的配置情况会径直对生态功能、景观美感以及环境质量产生影响。在秉持绿色环保理念的情形下,植被设计着重于本土化选择以及生物多样性的维护工作,借助科学合理的植物组合方式来达成生态效益与景观效果的统一^[3]。在挑选植物的时候,需优先将那些本土适应性较强且抗病虫害能力较高的植物种类纳入考量范围,并且要结合乔木、灌木、地被以及草花的不同层次来进行配置,进而形成多样不一的植物群落。植被的布局一方面追求随着季节变化呈现出的景观效果,另一方面还十分关注生态功能方面的情况,像是空气净化、土壤保持、微气候调节以及生境提供等。在设计环节当中,得充分考虑到植物所具有的生态邻里效应,合理地去安排群落的密度以及空间之间的关系,防止因为单一栽植而致使出现生态脆弱性的状况,并且要在水体的边缘处、坡地以及开放空间设置起缓冲植被带,以此来提升生态的稳定性以及景观的层次感。凭借科学的植被设计手段,园林空间便能够达成绿色净化、生态调节以及景观美学等多项目标,让使用者在尽情享受自然景观之际,也能参与到生态系统的良性循环进程之中。

3.4 建筑小品设计:低碳材料与景观功能结合

建筑小品属于园林景观里那种兼具功能性以及艺术性的要素范畴,像亭廊、座椅、景观桥、步道还有标识这类都包含在内。在绿色环保理念已然盛行的情势之下,建筑小品设计着重突出低碳、可持续材料的应用情况,并且

还会充分考虑空间功能方面的要求以及景观融合所能达到的效果。在设计的时候,要挑选可再生材料或者本土建材,比如竹材、石材、再生木材以及透水铺装材料等,借助这样的方式来使施工以及维护过程中环境所承受的负荷得以降低。与此小品呈现出的形态以及其布局安排务必要和周围的自然环境以及植物景观相互契合,绝不能对地形、水体又或者是植被系统造成破坏,要凭借合理的尺度设定以及材质方面的处理手段去达成景观整体上的统一效果。建筑小品一方面能够满足休憩、导向以及景观欣赏等多方面的功能需求,另一方面还能够借助遮阳、导水、微气候调节等一系列生态设计的具体举措,进而为园林空间额外带来一定的环境效益。当低碳材料的应用情况和景观功能很好地结合起来之后,建筑小品在风景园林当中便既能起到美学层面的作用,又能发挥实用方面的效用,而且还成了绿色环保理念实实在在落地实施的实践载体,由此也充分彰显出人类活动与自然环境处于一种和谐共生的状态。

4 结语

绿色环保理念于风景园林设计而言,占据着极为关键的地位。其借助生态性、环保性还有人性化这几大原则,把景观美学、生态功能以及使用者体验紧密且有机地结合起来。不论是依据自然资源所开展的生态设计,是以植被系统当作核心的景观设计,又或者是融入了文化元素的人文设计,均彰显出绿色理念在空间规划以及功能布局方面实实在在的实践意义。凭借对地形加以塑造以及对雨水予以调节、让水体呈现自然状态并实现循环利用、按照本土化的方式去配置植被以及开展低碳建筑小品的设计等工作,园林设计一方面可对生态环境起到优化的作用,另一方面也能使公共空间的舒适性得以提升,并且增强其可持续性。在未来,风景园林理应持续把绿色环保当作核心要务,将创新技术与方法融合起来,以此来推动生态、文化以及景观朝着协调的方向发展,从而为城市的可持续建设给予有效的支撑。

[参考文献]

- [1]杨敏丹.绿色环保理念在风景园林设计中的应用[J].住宅与房地产,2024(4):192-194.
 - [2]李晓燕.绿色环保理念在风景园林设计中的应用[J].绿色中国,2025(6):49-51.
 - [3]官斌,姜超.绿色环保理念在风景园林设计中的应用[J].现代园艺,2021,44(12):76-77.
- 作者简介:郭芷君(1989.4—),毕业院校:中国林业科学研究院,所学专业:风景园林,当前就职单位:赤峰市城市建设投资(集团)有限公司,职务:职员,职称级别:中级。

大型煤制油项目排放的 CO₂ 对空分装置安全性影响分析

毛建武

国家能源集团宁夏煤业煤制油分公司, 宁夏 银川 750000

[摘要] 二氧化碳本身属于温室气体, 二氧化碳的形成原因较为复杂。目前大型煤制油项目的建设投产规模正在逐步扩大, 从而在客观上增加了大型煤制油项目运行阶段的排放温室气体浓度, 空分装置的安全可靠性能也会受到比较突出的影响。本篇文章通过分析大型煤制油项目排放 CO₂ 的规律及其对于空分装置运行产生的影响, 为煤制油项目的可持续发展提供有益的借鉴。

[关键词] 大型煤制油项目; 排放 CO₂; 空分装置; 安全性影响

DOI: 10.33142/aem.v7i8.17767

中图分类号: TQ116.1

文献标识码: A

Analysis of the Impact of CO₂ Emissions from Large-scale Coal to Oil Projects on the Safety of Air Separation Units

MAO Jianwu

Coal to Oil Branch of CHN Energy Ningxia Coal Industry Co., Ltd., Yinchuan, Ningxia, 750000, China

Abstract: Carbon dioxide itself belongs to greenhouse gases, and the reasons for its formation are relatively complex. At present, the construction and production scale of large-scale coal to oil projects is gradually expanding, which objectively increases the concentration of greenhouse gas emissions during the operation phase of large-scale coal to oil projects, and the safety and reliability performance of air separation units will also be significantly affected. This article provides useful references for the sustainable development of coal to oil projects by analyzing the patterns of CO₂ emissions from large-scale coal to oil projects and their impact on the operation of air separation units.

Keywords: large-scale coal to oil projects; emissions of CO₂; air separation unit; safety impact

引言

CO₂ 在大气中约达到 0.03% 的气体体积分数, 二氧化碳气体在外界温度降低至一定程度的情况下, 其就会发生冻结而转化为干冰。大型煤制油项目在运行阶段通常会排放较多的二氧化碳, 易导致空分装置内部的换热通道受到干冰堵塞, 在增加流体阻力的同时还会加速设备磨损。因此如何采取有效措施来预防二氧化碳排放对于大型煤制油项目空分装置造成的不利影响, 应当视为煤制油项目技术创新面临的关键问题。

1 二氧化碳物性及参数

二氧化碳是一种在常温下无色无味无臭的气体, 化学式为 CO₂, 式量为 44.01。二氧化碳在常温常压下为无色无味的气体, 固态的二氧化碳也称为“干冰”。二氧化碳气体的密度相比于空气略大, 具有不可燃的性质; 在纯水中具有较高的溶解度, 溶解产物为碳酸。

2 二氧化碳对于空分装置的危害及产生的严重后果

2.1 仿真建模软件

为分析二氧化碳给空分装置带来的危害影响, 本次研究拟采用仿真建模的软件工具作为辅助。“PHAST 软件”主要用于评估有害气体或者污染性气体在大气层中的浓度指标, 该款建模软件的设计人员采用定量分析的理念, 通过采集第一手的数据资料并将其输入建模软件, 从而能够得出煤制油

项目在排放二氧化碳总量与浓度两个方面的数值变化规律, 为煤化工企业的空分装置改造提供有力的支撑。“PHAST 软件”最早应用于火灾、有害气体扩散、毒性气体检测等社会实践领域, 由国外研究人员经过试验研制得出。该款定量分析专用的建模软件既能够准确计算有害气体扩散或者泄漏的浓度分布特点, 而且还能够为相关决策人员展示直观、立体与动态的“气体云团扩散趋势图”。与传统的数据采集、定量分析与评估做法相比, 依靠人工智能建模软件得出的空分装置与二氧化碳排放浓度关系模型更加符合实际情况, 可以在最大程度上消除数据采集、分析与传输方面的缺陷^[1]。

2.2 后果严重性评价

将“PHAST 软件”应用于化工企业空分装置的运行可靠性评估, 最重要的前提基础就是合理设计系统参数。具体针对大型煤制油的项目运行过程而言, 煤化工企业人员通常应当选择气体泄漏、气体扩散的两项基本参数, 然后经过模拟得出二氧化碳气体在某一空间范围内的扩散趋势。该软件还能够结合定量与定性分析的两种常用技术手段, 突破单一维度的空分装置运行分析形式。在计算机建模软件的辅助下, 相关领域的决策人员就可以全面捕捉化工装置在布置间隔方面的现存问题, 为化工企业合理改进、调整现有的工艺方案提供了可靠的保障。

2.3 数据结果分析

本次建模分析的主要结论即为“不利于二氧化碳气体扩

散的外界气候环境,将会导致空分装置受到尾气排放的覆盖范围变大,大气稳定度与风速、风向都会显著影响空分装置的稳定运行。”在某大型煤制油的项目分析实践中,煤化工企业人员在人工智能的建模软件系统平台中输入如下的参数指标:CO₂气体的排放管径达到677mm,最大的气体流量为870.22kg/h,气体排放的平均温度为65°C,排放高度与排放压力分别为69m、0.018MPa。除了需要明确以上的指标参数之外,煤化工企业人员还应进一步掌握软件规定的“气体扩散时间”,即为“假定在半个小时之后,二氧化碳的扩散浓度基本趋向于稳定。”但是在一些情况下,煤化工设备受到二氧化碳气体浓度的影响程度存在不稳定的波动变化趋势,从而导致一部分的空分装置在监测1h甚至更长时间之后,二氧化碳气体的扩散浓度指标仍处于频繁变化的状态中^[2]。煤化工企业人员在人工智能的建模软件支持下,通过归纳得出气候条件、气体输送管径、气体流量、温度与压力等指标对于空分装置二氧化碳浓度形成的显著影响。

3 空分装置在大型煤制油项目中排放CO₂对空分装置安全影响的因素

3.1 影响因素

大型煤制油项目的二氧化碳排放浓度能否获得有效的控制,关键取决于煤制油项目的配套设备性能。一般情况下,空分装置所在区域的附近如果设有比较密集的尾气处理装置、加工与合成设备等,那么在空分装置的运行阶段就会受到尾气排放的不利影响^[3]。

3.1.1 二氧化碳排放总量

在某大型煤制油项目的方案设计阶段,相关部门着力寻求最优的整改方案,在改进装置性能的基础上降低了超出30%的二氧化碳排放量。但是从整体角度进行分析,该煤制油大型化工项目的年均二氧化碳排放总量目前仍然高达2700多万t,由此体现了大型煤制油项目在二氧化碳等尾气排放过程中导致的设备运行不利影响^[4]。经过分析得出,二氧化碳的排放总量变化将会显著影响到大型煤制油项目的装置稳定运行。

3.1.2 气体浓度变化

技术人员还需要充分重视“气体浓度的变化曲线”,即为不同时段的二氧化碳排放浓度指标改变及其内在规律性。目前现有的调查统计结论显示,常温分子筛吸附器的设备出口如果连接了物联网传感器,则可以自动捕捉二氧化碳的体积分数指标变化;而只有全面清除了空气中氧化亚氮、水分等影响因素,那么空分装置才能够在二氧化碳气体浓度适中的状态下维持正常的使用。反之,如果空分装置入口以及出口部位存在过高的二氧化碳气体浓度,那么分子筛的吸附使用年限将会明显缩短。技术人员还通过建立尾气排放短管的泄漏模型,进一步归纳出不同二氧化碳气体排放角度影响下的建模结果差异性。

3.1.3 自然环境因素

煤制油系统平均排放的二氧化碳气体浓度除了受到

设备本身性能的影响之外,其还有可能受到自然环境因素导致的显著影响。具体而言,空分装置所在区域的风速、风向、温湿度等指标都会对其形成不可忽视的作用。对于大型化工园区而言,建筑物的分布密度、建筑选址、自然风力与风向等指标都关系到煤制油系统的二氧化碳气体排放浓度。在此前提下,项目负责人员需要深入展开实地研究与考察,充分利用物联网传感器作为人工智能的监测设备,以期能够准确分辨二氧化碳浓度与空分装置稳定性之间的逻辑联系,据此采取行之有效的装置设计优化方案。

3.1.4 人为监测频率

目前一些大型煤制油项目的设计部门以及管理部门缺少对于二氧化碳浓度的科学监测,导致相关负责人员无法做到精准掌握二氧化碳在不同时间段的排放指标变化规律。一些项目管理部门以及设计人员虽然针对空分装置采取了实时监测的做法,但是技术人员并未着重对其实施动态化的尾气排放浓度指标控制,以上因素都会导致空分装置受到二氧化碳浓度过高的负面影响。通过实施以上分析,可见大型煤制油项目在实施阶段的二氧化碳排放量以及气体浓度变化均需要纳入重点的项目监控指标,旨在突出以人为本的煤制油项目设计宗旨,使得煤化工企业能够切实履行减排节能的社会责任^[5]。

3.2 工程实例

某大型煤制油项目主要划分为核心生产设备以及辅助设备,该煤制油项目的运行规模较大,其中的空分装置能够为硫回收系统、煤气化系统、公用工程等各组成部分提供必需的氮气或氧气,空分装置的运行可靠性将会显著影响到整个项目的有序实施。该装置位于煤化工区的覆盖范围,在其附近设有较多的低温甲醇洗、加工油品、尾气处理以及动力站设备,客观上影响到了空分装置的稳定与安全运行^[6]。位于煤化工园区附近的配套设备在运行阶段还有可能排放(或泄漏)大量的碳氢化合物,以上因素也会造成排放气体的浓度指标较高。

如下表,为二氧化碳排放源的种类及其排放浓度对比:

表1 二氧化碳排放源的种类及其排放浓度对比

排放源编号	设备名称	二氧化碳体积分数(%)	尾气排放量
1	尾气处理设备	96.77	较大
2	动力站	75.18	较大
3	油品加工设备	45.33	一般
4	油品合成设备	61.26	一般

风向因素通常都会直接影响空分装置进气口处的气源CO₂浓度,空分装置的进气口位于CO₂排放源的上风口或者下风口,就会导致其影响结果具有显著的程度差异。从分析风向影响的角度来讲,依据进气口部位的CO₂浓度高低进行排序,可以得出“西南风>南西南风>西西南风>南风>南东南风>东南风”的气体排放浓度对比结果。除了风向给空分装置造成显著的影响之外,技术人员所选择的监测时段、当时的光线强度、环境温度与湿度、粉尘

以及杂质浓度等因素也会造成一定程度上的设备运行影响。例如在东南风作为主要风向时,经科学监测得到的“CO₂浓度高值区”位于空分装置西侧的油品加工、尾气处理装置区等部位,空分装置进气口的气源基本不受CO₂排放的影响。但是当风速较低时,CO₂扩散速度相对较慢,同时气体的扩散范围将会有所扩大,因此导致空分装置的进气口受到合成气净化装置CO₂排放的影响。此外,油气加工和尾气处理装置排放的CO₂基本不影响空分装置进气口的气源。此外在南风的风速较大时,合成气净化装置对于空分装置朝西北侧的进气口CO₂浓度影响较大,但是对于空分装置其余进气口的影响较小。对于空分装置影响较大的分别为两侧的油品加工、合成装置和尾气处理装置,而影响最显著的是尾气处理装置的再生气分离器。

基于以上的影响因素考虑,项目建设指挥部联合当地的科研院所以及高等院校机构,集中针对项目所在园区范围内的二氧化碳排放浓度展开了集中调查。依据相关部门收集到的调查结论数据,能够显示出二氧化碳气体的排放浓度易受到当地风速、风向等外部因素影响,同时也会受到动力站与尾气处理设备的性能影响。该项目的相关负责部门通过建构“CO₂水平排放与扩散的侧视曲线”模型,能够准确评估得出二氧化碳气体在水平扩散过程中受到的外部因素影响,从而进一步归纳得到降低二氧化碳排放浓度的可行性方案。

如下图,为二氧化碳水平排放与扩散的侧视图:

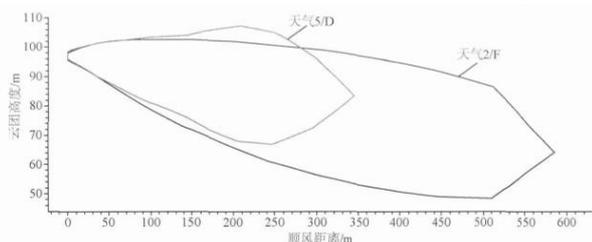


图1 二氧化碳水平排放与扩散的侧视图

4 预防或减小CO₂对空分装置安全性影响的措施

4.1 引进物联网技术,设定重点监测对象

物联网的自动传感监测仪器,目前已能够全面取代人工监测二氧化碳浓度的传统做法,充分体现了人工智能技术应用对于空分装置运行监测的意义所在。大型煤制油项目如果要想实现长期的稳定运行目标,则不能忽视人工智能监测仪器的推广应用。在物联网技术平台的辅助下,煤化工企业人员应高度重视硫回收设备、油品合成、油品加工装置、动力站锅炉等重点设备的排放尾气浓度变化,从而对于其中尾气排放浓度偏高的装置采取集中改造的方案。现阶段的化工企业人员应具备良好的信息技术素养,并能够准确掌握煤制油项目在全寿命周期范围内的二氧化碳浓度指标变化,从中归纳得出科学规律。

4.2 密切把控自然环境变化

二氧化碳气体一旦排放至大气层,此类气体就会呈现出水平扩散的趋势,对于气体扩散的走势可以模拟转化为

“云团扩散图”。目前研究人员针对大型煤制油项目的空分装置气体入口以及出口在实施动态监测的基础上,研究人员普遍认同环境温度、风速与风向等指标都直接关系到二氧化碳的气体排放问题。基于此,化工企业的具体负责人员还应当进一步加强针对风速以及风向的动态监测,并依据现有的监测结果形成精准的评估结论,作为指导煤制油项目方案改进的重要前提。

4.3 定期维护与检修煤化工设备

大型煤制油项目的二氧化碳排放源比较复杂多样,空分装置在长期使用的情况下,其很难彻底避免将会受到动力站锅炉等排放尾气的影 响。尤其是在空分装置的气体出入口部位,经过科学监测得到的二氧化碳浓度指标更加趋向于走高。由此可见,煤化工企业在有序推行煤制油项目落地实施的基础上,还应当安排专门人员负责定期检修并维护空分装置,以防止由于空分装置本身的老化、腐蚀等机制影响,从而造成空分装置的运行失效后果。当前时期的化工企业应坚持精细化的指导思想,通过加强空分设备的运维管理来降低系统故障的发生率,切实保障企业人员的安全,并且致力于实现企业资源的优化配置。

5 结束语

大型煤制油项目的二氧化碳排放源,通常应包括硫回收设备、动力站锅炉、油品加工与合成设备、处理尾气的专用设备。煤制油项目中的硫回收设备以及动力站的锅炉装置都会显著影响到二氧化碳的排放比例,其次为油品加工与合成设备。进气源属于空分装置必不可少的构成部分,在风速与风向不同的情况下,空分装置进气口的二氧化碳浓度指标也会有所差异。基于以上的因素考虑,企业技术人员需要进一步加强针对空分装置进气口以及出气口的二氧化碳浓度监测,依据科学的监测结果来实施灵活的调整,以期在根源上解决二氧化碳排放对于空分装置正常使用过程的影响。

[参考文献]

- [1]郭存彪,刘海龙,张宝珠等.二氧化碳尾气放空对空分装置的影响[J].氮肥与合成气,2022,50(2):10-12.
- [2]王大永.鄂尔多斯煤制油分公司空分装置低温液体膨胀机节能改造收益分析[J].内蒙古石油化工,2021,47(9):12-16.
- [3]李军伟.空分装置纯化器出口二氧化碳超标的分析及处理措施[J].氮肥与合成气,2025,53(7):52-54.
- [4]洪定波.空分装置分子筛出口二氧化碳含量测定偏高原因分析[J].大氮肥,2023,46(2):128-130.
- [5]赵秀芬,董付秀,付体岭.大气中CO₂对空分负荷的影响和预防措施[J].氮肥技术,2022,43(2):22-24.
- [6]杨维维.分子筛床层泄漏导致分子筛出口二氧化碳含量超标分析[J].大氮肥,2021,44(2):116-119.

作者简介:毛建武(1984.12—),男,毕业于湖南科技大学,化学工程与工艺专业,就职于国家能源集团宁夏煤业煤制油分公司空分厂,中级职称。

论大型煤制油项目排放的 CO₂ 对空分装置安全性影响分析

白亮亮

国家能源集团宁夏煤业煤制油分公司, 宁夏 银川 750411

[摘要]空分装置的稳定运行直接关系到煤制油项目的生产效率、产品质量以及整个生产系统的安全性。煤制油项目排放的 CO₂ 对空分装置安全性存在影响。文中分析了 CO₂ 形成原理以及对空分装置的影响机制, 并针对性提出了预防 CO₂ 对空分装置安全性影响的应对措施, 包括源头 CO₂ 控制排放量, 改进空分装置设计和操作控制流程, 在空分装置中建立 CO₂ 监测和预警系统, 可以为降低 CO₂ 对空分装置造成安全性影响提供一些参考。

[关键词]煤制油; CO₂; 空分装置

DOI: 10.33142/aem.v7i8.17745

中图分类号: TQ116.

文献标识码: A

Discussion on Analysis of the Impact of CO₂ Emissions from Large Coal to Oil Projects on the Safety of Air Separation Units

BAI Liangliang

Coal to Oil Branch of CHN Energy Ningxia Coal Industry Co., Ltd., Yinchuan, Ningxia, 750411, China

Abstract: The stable operation of air separation units is directly related to the production efficiency, product quality, and overall safety of coal to oil projects. The CO₂ emissions from coal to oil projects have an impact on the safety of air separation units. The article analyzes the principle of CO₂ formation and its impact mechanism on air separation units, and proposes targeted measures to prevent the safety impact of CO₂ on air separation units, including controlling the emission of CO₂ at the source, improving the design and operation control process of air separation units, establishing a CO₂ monitoring and early warning system in air separation units, which can provide some reference for reducing the safety impact of CO₂ on air separation units.

Keywords: coal to oil; CO₂; air separation units

引言

空分装置作为煤制油项目中的关键配套设备, 其作用至关重要。它通过对空气进行深度冷却、精馏等一系列工艺过程, 将空气中的氧气、氮气等成分分离出来, 为煤制油项目的气化、合成等环节提供高纯度的氧气和氮气。在煤制油项目中, 氧气用于煤炭的气化反应, 以提供反应所需的氧源, 促进煤炭的转化; 氮气则用于惰性保护、吹扫等工艺操作, 保障生产过程的安全稳定运行。

1 煤制油项目排放的 CO₂ 对空分装置的影响

1.1 煤制油项目中 CO₂ 的形成

原煤在气化作用下转变成粗煤气, 粗煤气经过低温甲醇洗净化处理转变成 H₂ 气体和 CO 的混合物。气体混合物在适当的压力、温度和催化剂作用下, 发生费托合成反应, 生成轻质馏分油、重质馏分油、重质蜡、合成水以及 CO₂ 等多种物质。这就是煤制油生产过程。煤制油生产过程中, 煤炭的液化过程往往会释放数量较多的 CO₂; 费托合成反应发生时, 还会产生数量较多的 CO₂ 气体。

1.2 煤制油尾气脱碳的必要性

当环境中存在数量较多的 CO₂ 气体时, 会对后续化学反应带来不利影响, 影响煤制油的产油率, 不利于煤制油工艺的应用和发展; 还会对空分装置的安全性产生负面影响, 导致空分装置故障甚至生产事故, 影响人员和财产

安全。空分装置是负责向工业生产系统提供氧气、氮气、仪表气、工厂风的重要装置, 其中分子筛纯化系统是脱除空气中水分子和 CO₂ 的子系统, 其中的吸附剂在使用过程中受到过量吸附伤害, 可能出现功能异常。首先表现就是, 系统出口气中的 CO₂ 含量超标。其次, CO₂ 在通道中堆积堵塞影响整个装置的运行, 或在通道内壁摩擦产生静电, 给空分装置的安全运行带来潜在风险。2019 年河南省义马气化厂 C 套空分装置发生的爆炸事故, 就与长期安全隐患的治理不当、事故预防不当有密切关系。所以, 煤制油尾气脱碳十分有必要。

2 CO₂ 对空分装置安全性的影响机制

2.1 CO₂ 在空分装置中的物理行为

在空分装置的低温环境下, CO₂ 会发生相变。空分装置在运行过程中, 空气被逐步冷却至极低温度。当温度降至 CO₂ 的凝固点(约为-78.5℃)以下时, CO₂ 会直接从气态转变为固态, 形成干冰。这是因为在低温条件下, CO₂ 分子的热运动剧烈程度大幅降低, 分子间的距离减小, 相互作用力增强, 从而使得 CO₂ 气体分子能够克服分子间的扩散趋势, 聚集形成固态晶体结构。CO₂ 倾向于在温度较低的区域聚集, 达到其凝固点, 进而结晶析出并附着在表面。随着时间的推移, 晶体附着量积累, 会堵塞通道, 影响设备的正常运行。部分 CO₂ 可能会重新气化, 但仍

有一部分会溶解在液体中,随着液体的循环流动对空分装置的性能产生影响。

2.2 对关键组件的影响

2.2.1 换热器

当 CO₂ 结晶形成干冰颗粒附着在换热器的换热表面,并逐渐堆积并堵塞换热器的通道时,换热器内的空气流量自然减少,空气与冷流体之间的热交换效率降低。这使得空气无法被充分冷却到预期的温度,影响了后续的精馏等工艺过程。要想维持空气的冷却效果,保证空分装置的正常运行,就需要增加换热器的工作负荷。常见的措施包括:提高冷流体的流量、降低冷流体的温度或者增加换热器的换热面积等。然而,长期在高负荷、高能耗的状态下运行,换热器设备的磨损加速,使用寿命缩短,维护成本和维修频率随之上升。

2.2.2 精馏塔

CO₂ 的沸点较高,会更多地富集在精馏塔的液相中,改变液相的组成和性质。这使得原本在正常情况下能够良好进行的气液传质过程受到阻碍,气液平衡被打破。CO₂ 的存在导致塔板上的气液组成发生变化,温度分布也不再均匀,自然会降低精馏塔的分选效率,严重影响精馏产品的纯度。而且,CO₂ 在精馏塔内难以被完全分离,会随着产品气一起流出精馏塔,混入氧气和氮气产品中,进一步增加产品中的杂质含量。对于对氧气、氮气、氩气等纯度要求极高的工业应用,微量的 CO₂ 杂质也可能对后续工业产品的质量产生重大影响,降低产品的性能和可靠性。而且,当 CO₂ 在精馏塔内大量积聚时,还可能引发更为严重的故障,比如液泛。液泛是指在精馏塔中,由于气液负荷过大或塔板效率过低等原因,导致液体在塔内无法正常下流,反而被气体携带向上流动,使精馏塔内的气液分布严重失衡,精馏过程无法正常进行的现象。一旦发生液泛,精馏塔就必须立即采取停车、调整负荷等措施进行处理。停车不仅会导致生产中断,造成经济损失,还对精馏塔设备本身造成损坏。

2.2.3 主冷凝蒸发器

主冷凝蒸发器是空分装置中实现气液热交换和氧氮分离的重要环节,可利用液氧蒸发吸收热量使气氮冷凝成液氮,从而实现氧氮的分离。CO₂ 在液氧中的溶解度极低,会在主冷凝蒸发器中不断积累形成干冰颗粒。这些干冰颗粒与液氧混合在一起,形成了一种易燃易爆的混合物。干冰颗粒的存在增加了混合物的表面积,使得可燃物质与氧气的接触更加充分,一旦遇到能量源,如静电火花、摩擦火花等,就极易引发爆炸反应。CO₂ 的存在还会影响液氧的物理性质,降低液氧的沸点。液氧的沸点是主冷凝蒸发器正常工作的重要参数之一,沸点的降低会改变主冷凝蒸发器内的温度和压力分布,使得设备的操作条件发生变化。当液氧沸点降低到一定程度时,可能会导致主冷凝蒸发器内的液氧蒸发速度过快,产生过高的压力,进一步增加了

设备发生泄漏甚至爆炸的风险。如果不能及时发现并处理 CO₂ 在主冷凝蒸发器中的积累问题,一旦发生爆炸事故,不仅会导致工厂项目停产,还会造成人员伤亡和严重的环境污染。

2.3 与其他杂质的协同作用

在空分装置中,CO₂ 并非单独对装置各环节施加影响。它常常与其他有害杂质,如氧化亚氮(N₂O)等共同作用,加剧对装置安全性的影响。N₂O 在空气中的含量虽然相对较低,物理性质与 CO₂ 有相似之处,在空分装置的低温环境下,N₂O 也会发生相变,在一定条件下会凝结成固态。

CO₂ 与 N₂O 在空分装置中的协同作用主要体现在以下几个方面:①二者的沸点和凝固点相近,在低温环境下会同时在设备的低温部位结晶析出,共同堵塞设备的通道和塔板;②二者在换热器中同时积累时,会使换热表面的堵塞情况更加严重,进一步降低换热效率,增加设备的负荷和能耗;③在精馏塔中,它们的共同积聚也会更加严重地破坏气液平衡,降低精馏效率,影响产品纯度;④N₂O 在主冷凝蒸发器中同样会积累,与 CO₂ 一起增加了主冷凝蒸发器内形成易燃易爆混合物的风险;⑤N₂O 本身具有一定的氧化性,在某些条件下,它可能会与其他可燃物质发生反应,进一步加剧爆炸的危险性;⑥N₂O 还会影响液氧的化学稳定性,与 CO₂ 共同作用,改变液氧的物理和化学性质,使得主冷凝蒸发器的操作条件更加复杂和不稳定,增加了发生安全事故的可能性。

3 煤制油项目排放的 CO₂ 对空分装置安全性影响的预防与应对措施

3.1 源头控制:降低 CO₂ 排放

在煤制油项目中,采用清洁生产技术是从源头上减少 CO₂ 排放的关键手段。例如,先进的煤气化技术能够显著提高煤炭的转化效率,从而降低 CO₂ 的产生量。多喷嘴对置式水煤浆气化技术,通过优化气化炉的结构和操作参数,使煤炭在气化过程中反应更加充分。该技术的碳转化率相比同类技术提高 2~3 个百分点,意味着更多煤炭资源被有效转化应用,有效降低 CO₂ 排放量。

优化工艺过程也是降低 CO₂ 排放的重要途径。煤在 400~500℃ 高温和 10~30MPa 高压下与催化剂反应直接液化,可转化成液态烃类燃料,并脱除硫、氮、氧等杂质原子(流程如下图 1 所示)。新型纳米催化剂的应用,可以有效提高反应活性和选择性,降低反应温度和压力,提高液体产品的转化率,提升油品质量。

在煤间接液化工艺中,煤气化生成合成气再进行净化、变换、脱碳、调整比例、费托合成转化反应的过程中,合理调整温度、压力和催化剂等反应条件,可以提高 CO 的转化率,减少因调整 H₂ 与 CO 比例而产生的 CO₂ 量。通过精确控制反应温度在 270℃~350℃,压力在 2.5MPa 左右,并采用新型的耐硫变换催化剂,可使 CO 的转化率提高,有效减少 CO₂ 的生成。

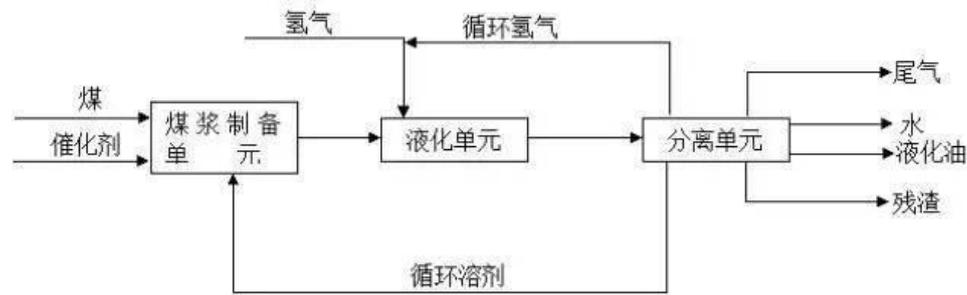


图1 煤直接液化流程

提高能源效率是降低 CO₂ 排放的核心策略之一。在煤制油项目中，安装高效的余热锅炉，将高温工艺气体的余热转化为蒸汽，用于驱动汽轮机发电或为其他装置提供热能，可使能源利用率提高 15%~20%，相应地减少 CO₂ 排放。

碳捕集与封存 (CCS) 技术作为一种新兴的 CO₂ 减排技术，在煤制油项目中具有广阔的应用前景。该技术通过物理、化学或生物方法将煤制油过程中产生的 CO₂ 从排放源中分离出来，然后通过管道或其他运输方式将其输送到合适的地质储存地点，如深部咸水层、枯竭的油气田等，实现 CO₂ 的长期封存，从而达到减少 CO₂ 排放的目的。

3.2 过程控制：改进空分装置设计与操作

3.2.1 优化进气预处理

加强对原料空气的预处理是提高 CO₂ 脱除效率的关键环节。采用高效分子筛吸附剂是一种有效的技术手段。分子筛具有均匀的微孔结构和较大的比表面积，对 CO₂ 具有高度的选择性吸附能力。MOR 分子筛，通过锌盐、铝酸钠、氢氧化钠等原料的水热晶化制备，具有高选择性吸附 CO₂ 的能力，而对空气中的其他成分吸附较少。在空分装置的进气预处理系统中，装填 MOR 分子筛，可使空气中的 CO₂ 含量从数百 ppm 降低至 1ppm 以下，满足空分装置对进气 CO₂ 含量的严格要求。

为了进一步提高 CO₂ 的脱除效率，还可以对分子筛吸附器的结构和操作条件进行优化。采用多层吸附床结构，在不同的吸附床层装填不同类型或不同性能分子筛，使空气中的 CO₂ 在经过多层吸附床时能够逐步被更有效地吸附脱除。合理调整吸附器的吸附时间、再生温度和再生时间等操作参数，也能够提高分子筛的吸附性能和使用寿命。通过优化操作参数，可使分子筛的吸附容量提高 10%~20%，从而增强对 CO₂ 的脱除效果。

3.2.2 改进工艺流程

对空分装置工艺流程进行改进，增加除 CO₂ 环节是降低 CO₂ 在装置内积累风险的重要措施。在空气进入主换热器之前，增加一个专门的 CO₂ 脱除塔，采用化学吸收法或物理吸附法对空气进行深度脱除 CO₂ 处理。在化学吸收法中，可使用醇胺类溶液作为吸收剂，如甲基二乙

醇胺 (MDEA) 溶液。MDEA 溶液对 CO₂ 具有良好的吸收性能，CO₂ 与 MDEA 生成碳酸氢盐的反应 (可逆) 加速了吸收过程，能够将空气中的 CO₂ 含量降低至极低水平。

优化空分装置的操作参数也能够降低 CO₂ 在装置内的积累风险。合理调整精馏塔的回流比、塔板数和进料位置等参数，能够改善精馏塔内的气液传质效果，提高精馏效率，使 CO₂ 能够更有效地被分离出去，减少其在精馏塔内的积聚。适当提高精馏塔的操作压力，可使 CO₂ 在气相中的溶解度增加，从而减少其在液相中的含量，降低 CO₂ 在精馏塔内形成干冰颗粒的可能性。通过优化操作参数，可使精馏塔内的 CO₂ 含量降低，提高空分装置的安全性和稳定性。

3.3 建立监测与预警系统

建立完善的 CO₂ 监测与预警系统对于保障空分装置的安全运行至关重要。该系统能够实时监测装置内 CO₂ 浓度，及时发现异常情况并采取相应措施，避免因 CO₂ 浓度超标而引发安全事故。

在监测系统的构建方面，应采用先进的传感器技术，如红外吸收式 CO₂ 传感器、激光吸收式 CO₂ 传感器等。这些传感器具有响应速度快、测量精度高、稳定性好等优点，能够准确地测量装置内不同位置的 CO₂ 浓度。在空分装置的进气管道、分子筛吸附器出口、主换热器进出口、精馏塔各塔板等关键位置安装 CO₂ 传感器，实现对 CO₂ 浓度的多点实时监测。传感器采集到的数据通过工业以太网、现场总线等传输路径，实时传递到监控中心的控制系统中进行实时分析。一旦监测到 CO₂ 浓度超过安全阈值，立即触发预警机制，通知相关人员采取措施降低 CO₂ 浓度，确保空分装置的安全运行。

为了提高监测与预警系统的可靠性和准确性，还应定期对传感器进行校准和维护，确保其测量精度和性能稳定。建立历史数据存储和分析系统，对监测到的 CO₂ 浓度数据进行长期存储和分析，通过数据分析可以了解 CO₂ 浓度的变化趋势和规律，及时发现潜在的安全隐患，并为优化空分装置的运行和管理提供数据支持。

4 结语

综上，煤制油项目排出的 CO₂ 会对空分装置造成安

全性方面的负面影响,不利于项目稳定运行。文中分析了CO₂形成原理以及对空分装置的影响机制,并针对性提出了预防CO₂对空分装置安全性影响的应对措施,包括源头CO₂控制排放量,改进空分装置设计和操作控制流程,在空分装置中建立CO₂监测和预警系统,尽可能降低CO₂对空分装置造成安全性影响。

[参考文献]

- [1]焦松涛.空分装置安全风险管控与事故预防措施[J].中氮肥,2024(4):64-67.
[2]吴洲.煤制油尾气脱碳处理工艺的原理分析[J].山西化

工,2023,43(10):71-72.

- [3]洪定波.空分装置分子筛出口二氧化碳含量测定偏高原因分析[J].大氮肥,2023,46(2):128-130.
[4]常亮,梁慧.低温甲醇洗净化装置尾气CO₂排放流程优化改造[J].氮肥与合成气,2020,48(5):9-11.
[5]郭学旭.CO₂超标引起大型空分装置分子筛停车事故的分析及处理[J].化工管理,2018(7):107-109.

作者简介:白亮亮(1993.9—),男,宁夏大学,化学工程与工艺,单位:国家能源集团宁夏煤业煤制油分公司职称:助理工程师。

测绘地理信息在智慧城市建设中的作用探析

王学谦

河北宝宇测绘服务有限公司, 河北 保定 071000

[摘要]随着城市化进程不断加快以及信息技术不断发展,智慧城市建设已然成为提升城市管理效能以及促进社会发展的重要途径。测绘地理信息作为城市空间数据最为关键的基础部分,其自身所具有的价值也一天天变得越发突出起来。文中深入分析了测绘地理信息在给予基础地理信息有力支撑、推动城市朝着智能化方向发展、助力国土空间实现科学规划以及对政务和公共服务加以优化等诸多方面所发挥的作用,还对其在城市规划工作当中、基础设施建设领域里、智能交通系统方面以及智慧城市数据平台构建过程中的具体应用情况展开了探讨。目的在于能够为智慧城市建设给予一定的理论方面的参考依据以及实践层面的指导帮助,进而推动测绘地理信息和城市智能化达成更为紧密的融合状态。

[关键词]测绘地理信息;智慧城市建设;作用

DOI: 10.33142/aem.v7i8.17768

中图分类号: P208

文献标识码: A

Analysis of the Role of Surveying and Mapping Geographic Information in the Construction of Smart Cities

WANG Xueqian

Hebei Baoyu Surveying and Mapping Service Co., Ltd., Baoding, Hebei, 071000, China

Abstract: With the accelerating process of urbanization and the continuous development of information technology, the construction of smart cities has become an important way to improve urban management efficiency and promote social development. Surveying and mapping geographic information, as the most critical foundational component of urban spatial data, has increasingly highlighted its value day by day. The article deeply analyzes the role of surveying and mapping geographic information in providing strong support for basic geographic information, promoting the development of cities towards intelligence, assisting in the scientific planning of national land and space, and optimizing government and public services. It also explores its specific applications in urban planning, infrastructure construction, intelligent transportation systems, and the construction of smart city data platforms. The purpose is to provide theoretical reference and practical guidance for the construction of smart cities, so as to promote a closer integration of surveying and mapping geographic information with urban intelligence.

Keywords: surveying and mapping geographic information; smart city construction; effect

引言

随着全球城市化进程不断加快,城市在经济、社会以及生态等方面都面临着不少的挑战,在这样的大背景之下,智慧城市建设便顺势诞生了,它已然成为提升城市治理能力、优化城市公共服务以及推动城市可持续发展的一条极为重要的路径。智慧城市把物联网、大数据、云计算、人工智能以及地理信息系统融合到一起,以此来达成对城市规划、建设、运营以及管理给予智能化方面的有力支撑,进而为居民营造出优质的生活环境。测绘地理信息作为其中的核心空间数据,能够提供地形、地名、高程、地图以及影像等一系列的基础信息,从而为智慧城市建设给予数据方面的强力支撑。借助多层次、多维度的数据整合与分析工作,测绘地理信息能够在城市规划布局、资源配置、交通管理、应急响应以及公共服务等诸多方面助力城市实现科学决策。本文将围绕测绘地理信息的理论价值、应用实践以及技术发展策略等方面展开相应的分析,目的在于充分揭示其在智慧城市建设当中所起到的核心作用以

及具备的应用前景,从而为城市智能化的发展进程提供一定的参考。

1 智慧城市建设与测绘地理信息关联性分析

智慧城市是一种新的城市类型,在城市规划、设计、运营、管理等方面,采用物联网、大数据、云计算、空间地理信息等智能化技术,使城市建设和管理服务更加便捷高效,为人们提供更高质量的生存发展空间。智能城市的产生与发展,一方面是受新一代信息技术的影响,另一方面要满足城市社会创新发展需求,在国土应用、城市规划、城市管理、政务服务、公共交通、餐饮旅游、医疗卫生、教育培训、电力供应、应急指挥等方面,均体现了智能化应用特点,全面提升了城市的信息化水平。而城市发展与地理信息空间信息密切相关,智慧城市的建设离不开测绘地理信息数据库的支持,包括各种地形数据库、地名数据库、高程数据库、地图数据库、影像数据库等,无论哪种智能技术应用,都需要在基础数据信息的基础上才能实现,通过构建各种级别的测绘地理信息服务系统,提供基础地

理数据信息, 经过加工处理后, 挖掘出更有价值的信息, 为智慧城市建设提供服务。测绘地理信息的应用能够推动城市的智能化发展, 充分利用测绘数据价值, 科学规划国土空间资源, 找准城市发展定位, 促进政务公开透明, 提供便民公共服务。

2 测绘地理信息在智慧城市建设中的作用

2.1 提供基础地理信息支撑

测绘地理信息属于城市空间数据的关键来源范畴, 其可为智慧城市的建设给予稳固且可靠的基础信息方面的有力支撑。在城市规划这一环节当中, 地理信息系统能够给出精确的地理坐标相关数据; 在基础设施布局这个环节里, 它又能提供地形地貌方面的数据; 而在公共服务管理这一环节, 其还可给出道路网络以及建筑分布的数据。这些数据都可为城市管理者去制定科学合理的决策给予颇为重要的依据参考。借助对多源测绘数据展开集成以及分析的操作, 城市管理部门便能够达成对土地利用情况、交通流量状况以及人口分布态势等信息的动态化监测效果, 进而为城市发展战略的制定工作提供相应的数据支撑。与此基础地理信息的标准化管理工作同样为城市的长期规划事宜以及资源优化配置相关事项给予了必要的保障条件, 从而促使智慧城市在空间布局以及功能规划这两个层面能够实现高效顺畅的衔接以及协调有序的发展状态。

2.2 推动城市智能化发展

在智慧城市的建设进程里, 城市智能化的发展很大程度上要依靠高精度且全方位的空间信息给予的支持。测绘地理信息能够给出实时并且精确的空间数据, 这就有力地推动了城市各类智能化应用真正落到实处, 像智能交通调度、环境监测、应急响应以及公共服务优化等等这些方面都包含在内。城市管理系统的运作能够依据测绘地理信息来展开数据分析以及建模工作, 进而达成对城市运行状态的可视化呈现以及智能化把控, 以此提升城市治理所具备的科学性以及效率水平。借助由数据驱动而形成的智能管理方式, 城市便能够达成资源的合理安排、运行的高效协同以及服务的精准提供, 促使城市朝着数字化、信息化以及智能化的方向不断地向前发展, 最终形成可持续发展的城市运行生态格局。

2.3 支撑国土空间科学规划

测绘地理信息于国土空间科学规划而言, 有着无可取代的重要作用。详尽地去对地形状况、地质情况、土地利用的具体类型以及环境方面的条件展开测绘工作, 并且细致地加以分析, 如此一来, 规划部门便能够较为科学地去评估城市建设所具备的可行性, 同时也能够察觉到其中存在的潜在风险, 进而促使土地资源得以优化, 达成城市空间布局呈现出合理以及科学的状态。测绘所获取的数据, 一方面给城市建设给予了基础性的有力支撑, 另一方面还能够凭借三维建模、空间分析还有动态监测等多种不

同方式, 为城市的发展给予量化的依据, 以此来确保城市规划 and 生态环境、交通网络、公共设施以及产业布局之间能够实现有机且紧密的协调, 最终使得城市整体的运行效率得以提升, 其可持续发展的水平也能够获得提高。

2.4 促进政务公开与公共服务优化

测绘地理信息的应用对于城市政务透明化以及公共服务优化有着有效的推动作用。借助对城市空间信息加以整合的方式, 政府便能够把相关的地理数据还有公共服务信息予以开放并实现共享, 以此来提升信息公开所具备的可视化程度以及可操作性方面的特性, 进而让市民以及企业都能够较为直观地知晓城市规划的具体情况、基础设施的分布状况以及公共资源的实际状况。与此测绘地理信息还能够对在线公共服务平台以及智能决策系统给予有力的支持, 从而为市民带来高效且便捷的服务体验, 像是能够进行实时交通信息的查询、公共设施的导航操作以及环境监测信息的获取等, 达成智慧城市公共服务在精细化管理方面的要求以及优化配置的目标, 进一步强化城市治理所具有的科学性以及公众参与的程度。

3 测绘地理信息技术在智慧城市建设中的应用

3.1 城市规划中的应用

在智慧城市的建设进程里, 测绘地理信息技术给城市规划给予了极为精准、直观且具备分析价值的空间数据方面的有力支撑。城市规划相关部门借助高精度的地理测绘操作、三维建模技术以及对遥感影像展开的分析工作, 可全方位地知晓城市当前的实际地形地貌状况、土地利用的具体情形以及人口分布的详细情况, 进而制定出既科学又合理的城市发展蓝图。测绘所获取的数据一方面能够助力城市空间布局得以优化, 另一方面还能够为公共设施的选址事宜、交通网络的设计工作以及生态保护区的划分提供有效的决策参考依据。通过针对历史数据展开分析以及对未来的发展趋势做出预测这两项举措, 规划部门便能切实有效地减少城市建设当中存在的盲目性因素, 避免出现资源的无端浪费, 达成城市功能分区的科学化与合理化目标, 同时也可确保城市的发展进程同环境保护的需求、社会的各类需求以及经济所能产生的效益之间能够保持协调统一的状态。

3.2 城市基础设施建设中的应用

城市基础设施建设属于智慧城市的关键构成部分, 在此之中, 测绘地理信息技术的应用于从规划设计直至施工管理的整个过程均有所体现。就道路、桥梁、排水以及能源管网建设来讲, 精准的地理信息可为施工单位给予可信的地形、地质还有环境方面的数据, 如此一来, 使得工程设计更为科学且合理, 与此还能降低施工风险并且缩减施工成本。借助测绘数据的动态更新以及三维可视化的管理模式, 建设单位能够实时对施工进度加以监控, 对施工方案做出调整, 并且对资源配置予以优化, 以此来保障基础

设施建设具备高效性并达成精细化管理的目标。测绘地理信息还能够为施工完成后的运维管理提供基础数据,进而实现城市基础设施的智能化以及长期的可持续发展。

3.3 智能交通与市政管理中的应用

在智慧城市里的交通以及市政管理领域当中,测绘地理信息技术有着不可或缺的重要作用。城市交通管理系统把测绘数据和实时交通监测数据加以集成,进而能够针对交通流量、道路实际状况还有拥堵的具体点位展开精确的分析,给交通调度以及相关规划给予科学层面的依据。测绘所获取的信息还能够对智能公交、共享单车、物流配送等多种多样的出行方式进行优化布局方面的有力支撑,以此来促使城市交通的效率得以提升。与此在市政管理这个方面而言,测绘地理信息能够在管网维护工作、环境监测事宜、公共安全巡检等方面得到运用,达成对市政设施的动态化管理以及精细化的运营效果,让城市管理变得更为高效、更加智能且更具可控性,进而在整体上提升城市居民的生活质量以及公共服务的水平。

4 测绘地理信息技术应用要点与策略

4.1 应用新型测绘技术与设备

随着信息技术不断发展,新型测绘技术以及先进设备在智慧城市建设里起到关键作用。无人机航测、激光雷达、卫星遥感还有移动测量平台这类现代测绘方式,可高效且精准地获取城市空间数据,达成对大范围、复杂环境的动态监测。借助三维建模、虚拟现实以及地理信息系统技术相结合,测绘数据能实现可视化呈现与空间分析,给城市规划、基础设施建设以及智能管理带来直观且可靠的决策依据^[1]。并且,新型测绘技术的应用还能缩短数据采集周期、降低成本,在确保精度的情况下加快数据更新速度,让智慧城市的空间信息系统可持续契合城市发展的动态需求。

4.2 确保数据完整性与精度

在智慧城市的建设进程里,测绘地理信息所涉及的数据完整性以及精度状况,同城市管理以及决策的科学程度紧密关联。若要确保测绘数据具备可靠性,那就得去建立起极为严格的数据采集方面的标准、数据处理方面的标准还有数据更新方面的标准,以此来保障各类基础数据、影像数据以及三维模型信息都能够在准确性与一致性这两个层面上有所保证^[2]。借助数据校验这种方式、开展误差分析这样的手段以及实施多源数据融合这类办法,是能够切实有效地提升数据的精度以及完整性的,进而能够为城市规划相关事宜、应急管理方面的工作以及公共服务领域的诸多事项给予可靠的依据。与此数据的标准化管理举措以及元数据的维护工作,同样能够在不同部门之间、不同系统之间达成测绘信息的有效共享与应用,从而促使智慧

城市的信息资源得以高效地加以利用,并且实现长期的可持续发展态势。

4.3 加强地理信息数据采集与管理

高效的数据采集以及科学的管理,二者乃是智慧城市测绘地理信息技术应用当中的关键核心环节所在。构建起较为完善的数据采集体系,与此把遥感监测、无人机航测、移动测量等多种不同的数据获取手段相互结合起来,如此一来便能够达成对城市空间信息予以较为完备的覆盖,并且还能实现其动态性的更新^[3]。并且,在数据管理方面,得依靠统一的平台以及标准化的流程,针对从采集到存储、再到更新、分析以及共享的整个全过程,都依照规范化的操作方式来进行,以此来确保数据具备安全性、完整性以及可追溯性这些特性。通过对数据管理加以强化,一方面能够提升测绘数据的应用效率,另一方面也能够助力智慧城市各类系统在规划决策、运行监控以及公共服务优化等诸多方面达成高效的协同运作,进而推动城市智能化建设不断地向前发展。

5 结语

本文全面剖析了测绘地理信息于智慧城市建设中当中所起到的作用,清晰指出了其在城市规划、运营管理以及公共服务方面所具有的基础性价值。测绘地理信息一方面给予精准的数据支撑,另一方面推动城市朝着智能化方向发展,对国土空间规划予以优化,还促使政务公开以及公共服务得以提升。在实际应用环节,测绘技术在城市规划、基础设施建设以及智能交通管理等方面都发挥了极为关键的作用,给城市决策和管理带来了可靠的依据。与此运用新型技术与设备、确保数据完整性以及强化数据采集管理,乃是实现测绘地理信息高效应用的重要策略。这些举措可保障数据质量,提高应用效率,推动智慧城市朝着科学化、智能化以及可持续发展的方向不断迈进。在未来,随着测绘技术与信息技术的不断发展,测绘地理信息在智慧城市建设中将会发挥出更为深入且广泛的作用,为城市治理以及公共服务给予稳固的数据和技术保障。

[参考文献]

- [1]殷家林,陈伟,李康发,等.浅谈智慧城市建设中测绘地理信息的作用[J].智能建筑与智慧城市,2024(4):24-26.
- [2]曹东东.测绘地理信息在智慧城市建设中的作用[J].黑龙江科学,2022,13(18):113-115.
- [3]苏顺谦.智慧城市建设中测绘地理信息的作用分析[J].大众标准化,2022(10):193-195.

作者简介:王学谦(1992.6—),毕业院校:唐山学院,所学专业:工程管理,当前就职单位:河北宝宇测绘服务有限公司,职务:职工,职称级别:工程师。

无人机航空摄影测量技术在电力工程测量中的应用

郑建军

沈阳电力勘测设计院有限责任公司, 辽宁 沈阳 110000

[摘要]无人机航空摄影测量技术属于新型的测绘手段,在电力工程测量方面呈现出颇为显著的优势。此项技术借助低空影像采集以及点云处理操作,可为电力线路规划事宜、杆塔定位相关工作以及设施巡检活动给予高效且可靠的数据支撑。文中全面且细致地阐述了无人机航测技术的原理以及应用模式,并且结合电力工程当中的实际需求状况,对其优势以及所面临的挑战予以总结归纳。研究得出,无人机航测能够在很大程度上提升电力测量的效率以及精度,同时还能降低外业劳动的强度以及存在的风险;然而在空域管理、数据安全以及标准化这些方面依旧存在着一定的不足之处。

[关键词]无人机航测; 电力工程; 线路巡检; 三维建模; 点云数据

DOI: 10.33142/aem.v7i8.17763

中图分类号: P231

文献标识码: A

Application of UAV Aerial Photogrammetry Technology in Power Engineering Surveying

ZHENG Jianjun

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

Abstract: Drone aerial photogrammetry technology is a new surveying method that presents significant advantages in power engineering surveying. This technology utilizes low altitude image acquisition and point cloud processing operations to provide efficient and reliable data support for power line planning, tower positioning, and facility inspection activities. The article comprehensively and meticulously elaborates on the principles and application modes of unmanned aerial vehicle surveying technology, and summarizes its advantages and challenges in combination with the actual demand situation in power engineering. Research has shown that drone aerial surveying can greatly improve the efficiency and accuracy of power measurement, while also reducing the intensity and risks of field labor; However, there are still certain shortcomings in airspace management, data security, and standardization.

Keywords: unmanned aerial vehicle surveying; electric power engineering; line inspection; 3D modeling; point cloud data

电力工程建设环境较为复杂,为提升项目建设质量,在项目初期阶段,应注重工程测量工作的有序开展。受测量环境、测量条件等因素的影响,传统电力工程测量手段的测量效率有限,且测量效率较低。基于此,无人机航空摄影测量技术在电力工程测量中得到了深入应用,其有效地改变了电力工程测量模式,为电力工程建设和供电服务实现创造了有利条件。

1 无人机航空摄影测量技术概述

无人机航测技术乃是凭借无人机所搭载的传感器来获取地理空间方面的数据,而后经过对影像以及点云加以处理之后进而形成测绘方面的成果,其系统一般是由飞行平台、传感器、地面控制系统以及数据处理软件等部分构成的。近些年来,这项技术已然逐步达成了自主飞行、多源融合还有智能识别等状况,其应用模式包含了可见光摄影、红外测温以及激光扫描等多种情况。其基本原理是通过规划飞行路径的方式,获取高精度的影像以及点云数据,而后经过软件方面的处理,进而生成数字正射影像图、三维模型还有数字高程模型,以此来为电力测量给予全流程的解决方案^[1]。行业应用的实际案例显示,把激光雷达和AI识别算法结合起来,能够达成输电线路的快速建模以及隐患识别的目的,从而促使无人机测量迈向智能化的

阶段。

2 无人机摄影测量在电力工程中的具体应用

2.1 电力线路规划与路径优化

在电力线路规划期间,无人机航测技术可迅速获取候选线路区域的高精度地形数据,以此来给路径优化给予支撑,借助无人机航测所获取的高分辨率影像以及数据,能够生成大比例尺地形图,从而为选线给予基础数据,凭借三维优化平台去构建大场景模型并且开展三维巡检,可以大幅度提升选线的质量以及效率。

利用无人机和激光雷达融合的技术手段,能够在相对较短的时间内顺利完成全线路的数据采集工作,其效率相较于传统的办法有了颇为显著的提升^[2]。工程设计人员可以在短时间内拿到大量的现场数据,综合考量地形、植被、建筑物等诸多因素,从中挑选出最为优质的线路路径,减少转角塔以及耐张塔的数量,进而达成降低成本的目的。无人机航测已然取代了传统人工勘察里那种耗费时间又耗费人力的作业方式,尤其在植被密集区域的地形测量方面有着很好的适用性。

2.2 杆塔定位与地形测绘

杆塔定位属于电力工程建设里的一个关键环节,无人机航测技术凭借点云以及影像数据,能够在三维的环境当

中精准地确定杆塔的具体位置还有型号配置情况,并且充分且合理地去考量档距、高差以及转角度数等诸多因素,以此来保障杆塔布置能够达成安全且经济的效果。无人机搭载着激光雷达以及可见光相机,可以同步获取到杆塔的三维坐标以及其周边环境的相关信息,进而对可能出现的倾斜或者沉降等问题展开检测,从而给后续的维护工作提供相应的依据。在地形测绘领域当中,无人机航测有着十分突出的表现,其能够迅速生成具备高精度的数字高程模型以及实景三维场景,从而为相关设计工作给予数据层面的有效支撑。现代航测系统所能输出的成果颇为丰富,像彩色点云、数字正射影像图、三维模型以及等高线等等均在其列,这些成果能够很好地满足电力工程在各个不同阶段所提出的需求。

2.3 电力设施安全监测与巡检

无人机航测技术于电力设施巡检方面应用较为普遍。借助多传感器融合这一手段,能够达成可见光巡检、红外测温以及激光扫描等多种方式,进而切实提升隐患识别的能力。比如变电站无人机巡视系统,其依靠激光点云来实现航线的自主飞行,借助高清相机以及 AI 算法可自动对设备缺陷加以识别,并且还能生成相应的报告,如此一来便解决了高处设备在地面检测时存在的盲区问题。就配网巡检而言,自适应技术能够让无人机实时完成航线规划,同时也能识别红外隐患,进而减少了人工的干预。无人机巡检的主要应用方式以及特点可参见表 1。

表 1 无人机在电力设施巡检中的主要应用方式与特点

应用方式	技术特点	识别缺陷类型	应用效果
可见光巡检	高分辨率影像、自动识别	外表损坏、异物悬挂	发现多处线路隐患缺陷
红外测温	热辐射检测、温度分析	过热接头、绝缘子故障	完成开关变压器等设备识别
激光扫描	点云建模、三维分析	树障距离、跨越异常	精准分析线路空间安全
X 光探伤	穿透成像、内部检测	断股、裂纹、锈蚀	缺陷发现率显著提升

自适应巡检系统能够达成实时检测以及自动生成报告的目的,其涉及绝缘子出现破损情况、避雷器发生老化状况以及树障分析等相关问题,进而构建起从规划阶段开始一直到飞行、检测直至报告生成这样一个完整的全流程闭环体系,以此来给电力设施的运行给予有力保障。

3 技术优势与挑战分析

3.1 主要技术优势

无人机航空摄影测量技术于电力工程测量方面呈现出诸多优势,其低空飞行特性使得空域申请较为便捷,对于起降场地的要求也相对较低,就多旋翼无人机来讲,它能够达成垂直起降,操作起来也比较简单,如此的灵活性让它可以快速应对电力工程测量方面的需求,在应急测绘的情形下,其能够迅速获取现场的相关数据,进而为决策

给予相应的支持^[3]。无人机航测有着极为显著的时效性,在采集地表数据期间,相较于卫星测绘以及人工测绘而言,无人机能够更为迅速地给出所需的各项信息,通过实践可以发现,当无人机搭载激光雷达并且与 AI 识别算法相结合的时候,便可以在相对较短的时间内顺利完成全线路的巡检工作,其效率要比传统的办法高出许多,特别适合工期较为紧迫的相关项目。成本方面较为低廉,这同样是它的一项重要优势所在。无人机测量所花费的价格相对来讲是比较低的,如此一来便能够在很大程度上减少外业工作的数量,甚至可以让外业调绘的量大幅度地降低下来,进而对传统的测绘模式产生了改变的作用。也正因此,无人机航测便在那些预算受到限制的电力工程项目当中具备了一定的竞争力。高精度数据获取以及建模方面的能力同样十分出色。无人机能够搭载多种类型的传感器,从而快速地获取到高分辨率的影像还有定位数据,并且可以生成诸如 DEM、DOM、三维地表模型等一系列成果。其中部分技术甚至具备识别导线内部出现的断股锈蚀这类较为隐蔽的缺陷的能力,其识别精度也相对较高。

3.2 现有限制与应对策略

虽然无人机航测技术有着不少优势,然而它在电力工程的应用过程当中依旧面临着一定的限制以及诸多挑战。其中,法律方面的困境当属无人机航测所面临的主要问题之一。近些年来,随着我国持续释放出有关发展通用航空的政策信号,像低空空域管理改革这类极为重要的政策也正在积极筹备之中,如此一来,通用航空的发展前景便让人满怀期待。不过,在此期间,我国通用航空在法律层面的实际状况与现实需求之间存在的差距却日益变得明显起来。就适航许可这一方面而言,当前所施行的各类航空器适航审定,无一例外都是针对大型载人飞行器而设定的,并且无人航空器系统的适航政策虽说已经纳入了适航审定专项规划当中,但是具体的实施工作却还需要等待一段时间才能够正式开展起来。政策方面存在的困境对无人机航测技术的发展起到了制约作用。无人机属于新兴产业,其发展对传统航空产业造成了冲击,这使得管理部门面临着很大挑战。无人飞行器的管理,一部分归民航局负责,另一方面空域安全又与空军有关,产业政策则涉及工信部,像公共安全这类事项还牵涉到公安部,具体到各个行业的应用还会涉及其他一些部委。多个部门共同管理的情况往往导致管理陷入无序状态,并且使成本增加。这样的多头管理体制加大了无人机航测技术应用的复杂程度。低空空域资源稀缺,给无人机航测技术的实际运用造成了阻碍。尽管相关方面出台了促进通用航空业发展的指导性意见,但缺乏具体操作流程,使得无人机航测技术难以大规模应用。在这些限制面前,电力企业以及技术提供商都在积极探索应对的办法。专业的团队专门成立了无人机建设的专班,同设备厂家展开多次试验,持续对无人机巡视的点位

加以优化,最后确定出科学且合理的巡视航道,如此一来,既能确保无人机与设备之间保持安全的距离,又能保障巡视的精度,并且还达成了巡视点位的无死角覆盖。这样的合作研发模式切实有效地处理了技术应用过程中出现的具体难题,有力地推动了无人机航测技术在电力工程当中的实际应用。

3.3 数据处理与精度保障

数据处理的情况会对成果质量产生直接影响,无人机航测能够借助专业的软件来实现点云与影像的融合,进而快速地生成彩色点云、正射影像以及三维模型,其技术路线已经相对比较成熟了。在采集环节当中,点云分割以及体素化处理这两项操作切实提升了工作效率与精度水平^[4]。将欧几里得距离场同二维图像识别技术相结合之后,无人机能够依据实际情况实时地去调整自身的飞行姿态以及焦距,从而充分确保对输电线路通道目标进行拍摄时的准确性。AI的引入让数据处理能力得到了进一步的增强,凭借对缺陷样本库展开的训练,该系统能够自动识别出裂纹、锈蚀这类隐患,往后还能够在跨区电网以及覆冰检测方面实现规模化的应用,以此来推动巡检朝着智能化的方向不断发展。实验证明,无人机自动巡检的位置误差低于所设定的阈值,并且其工作效率明显要比人工高出不少,其精度也已经能够满足绝大多数电力测量方面的工作任务,这无疑为后续的推广应用打下了相应的基础。

3.4 标准化与规范化需求

标准化以及规范化对于无人机航测技术的健康发展而言,称得上是极为重要的保障要素,同时也是当下技术体系当中较为薄弱的环节。身份困境可以说是标准化所面临的首要难题所在。无人机生产厂家数量颇多,各个厂家的生产标准也存在差异,各类配件缺乏统一的标准规范,在与飞行控制相关的外部标准方面,比如无线电频率导航方式、通讯链路等方面,并不存在标准化的工艺流程。正是由于这种标准化方面的缺失,使得经过适航认证以及获得相应许可的各种飞行器都能够顺利升空作业,而那些没有经过适航认证且未取得许可的飞行器,则会在监管层面遭遇一刀切式的管理限制举措。人员资质管理也面临着标准化方面的诸多挑战。存在多个监管部门各自设立独立的培训机构这一情况,并且这些机构还会颁发不同的认证证书,如此一来便引发了身份相互认定方面的问题,同时也致使资质管理陷入了一片混乱局面。这样一套多头认证体系无疑给从业人员增添了不小的负担,对于行业人才队伍的规范化建设而言也是极为不利的。保密要求属于电力工程应用里特有的规范化方面的需求。测绘航空摄影所获取的是地表全部的地理信息,其中测绘航空摄影底片以及影像数据均属于重要的涉密载体,这些直接牵涉到国家安

全以及利益。所以说,在测绘航空摄影成果正式公开提供使用之前,务必要依照相关法律法规依法经过省级及以上的测绘行政主管部门展开保密技术方面的处理,同时还需要按照相关规定将其送到军方去开展保密审查工作。在实际的操作流程当中,特别是在应急测绘响应的相关过程里面,保密审查工作确实会给快速无人机航空摄影的时效性带来一定程度的影响。面对标准化以及规范化的相关需求,行业主体正积极地推进相应的工作开展。专业机构打算进一步将无人机巢技术加以融合,拓展数智化巡检的应用场景,不断提升配网运维在智能化与自动化方面的水准。这样的技术整合对于形成统一的技术标准以及应用规范是很有帮助的。现代的实践已经证明,凭借算法模型轻量化技术,把绝缘子破损、闪络、避雷器老化、鸟害等配网隐患缺陷算法在前端进行部署,可以形成标准化的检测流程。这样的一条技术路线能够给行业的标准化工作带来有益的参考。

4 结束语

无人机航空摄影测量技术于电力工程测量方面呈现出颇为明显的优点,其可高效地获取到高精度的空间数据,进而为线路规划事宜、杆塔定位工作以及设施巡检活动给予稳固且可靠的支撑。该技术具备低成本特性、灵活性以及数据成果多样性的特点,这使得它在电力建设以及运维环节当中有着十分广阔的应用前景。当前的技术受到诸多因素的制约,像法律政策、空域管理、标准化以及数据安全等方面都存在限制,所以需要在制度建设以及技术创新这两个层面不断地取得突破。往后的日子,随着人工智能、自动控制还有多源数据融合等不断发展,无人机航测有望达成全流程的智能化状态,进而给电力系统带来更为高效、更加安全并且更富智能性的测绘以及运维方面的服务。

[参考文献]

- [1]冯文斌.无人机电力巡视图像目标端元智能修正系统设计[J].电子设计工程,2025,33(12):133-136.
 - [2]柏亭潇,董志伟,严占林,等.雾雪天气无人机电力线路巡检与偏振式摄像机的研究及应用[J].电工技术,2025(1):720-722.
 - [3]张满,刘天臣,石明明,等.基于改进粒子群的多无人机电力巡检任务自动规划方法[J].自动化应用,2025,66(12):46-48.
 - [4]贾辉,陈伟,郑明海,等.高压输电线路中运用无人机电力巡检技术的重要性分析[J].电工技术,2025(1):276-278.
- 作者简介:郑建军(1984.6—),毕业院校:吉林大学,所学专业:测绘工程专业,当前就职单位:沈阳电力勘测设计院有限责任公司,职务:测量员,职称级别:高级工程师。

卫星遥感在自然资源监管中的创新与实践

——以河北省自然资源卫星遥感应用项目为例

黄川

河北省第三测绘院, 河北 石家庄 050031

[摘要]为进一步落实“十四五”推进国家信息化规划的部署要求,要不断借助现代化技术进行自然资源的监管,将卫星遥感、地理信息技术等技术作为自然资源精细化管理的核心支撑。本篇以河北省自然资源卫星遥感应用项目为研究对象,系统阐述卫星遥感技术在土地资源动态监测、矿产资源监管、农村建设等领域的创新应用模式。通过分析项目中“空地”一体化监测体系的构建、多维度图斑提取技术的实践及跨部门协同机制的建立,揭示卫星遥感技术在提升监管效率、优化资源配置及强化执法精准度方面的显著成效,为新时代自然资源治理现代化提供技术范式与实践参考。

[关键词]卫星遥感;自然资源监管;河北省;资源监测

DOI: 10.33142/aem.v7i8.17761

中图分类号: P618

文献标识码: A

Innovation and Practice of Satellite Remote Sensing in Natural Resource Regulation — Taking the Natural Resources Satellite Remote Sensing Application Project in Hebei Province as an Example

HUANG Chuan

Hebei No.3 Surveying and Mapping Institute, Shijiazhuang, Hebei, 050031, China

Abstract: In order to further implement the deployment requirements of promoting national informatization planning in the 14th Five Year Plan, it is necessary to continuously rely on modern technology for natural resource supervision, and make satellite remote sensing, geographic information technology and other technologies the core support for fine management of natural resources. This article takes the natural resources satellite remote sensing application project in Hebei Province as the research object, and systematically elaborates on the innovative application mode of satellite remote sensing technology in the fields of land resource dynamic monitoring, mineral resource supervision, rural construction, etc. By analyzing the construction of an integrated monitoring system for "open land" in the project, the practice of multi-dimensional patch extraction technology, and the establishment of cross departmental collaboration mechanisms, this study reveals the significant achievements of satellite remote sensing technology in improving regulatory efficiency, optimizing resource allocation, and strengthening law enforcement accuracy, providing technical paradigms and practical references for the modernization of natural resource governance in the new era.

Keywords: satellite remote sensing; natural resource regulation; Hebei province; resource monitoring

引言

卫星遥感作为空间信息获取、处理与应用的核心技术体系,已深度融入自然资源管理全流程,成为破解传统监管模式中“信息滞后、精度不足、协同不畅”等难题的关键手段。自然资源部明确提出“构建全国统一的卫星遥感影像统筹机制”,推动遥感技术在耕地保护、矿产开发、执法监察等领域的规模化应用。河北省自然资源卫星遥感应用项目作为省级层面的创新实践,通过整合多源遥感数据、优化图斑提取算法、建立跨部门协同推送机制,实现了自然资源动态监管的“精度提升、频次加密、响应提速”,为卫星遥感在省级自然资源治理中的创新应用提供了典型样本。

1 技术框架与创新方法

卫星遥感技术主要适宜卫星为载体,对地表以上、地表以下生物探测和数据接收、处理、分析的技术手段,作

为高新科技快速发展的产物,其具有较强的综合性,能够对事物进行扫描,并对数据进行分析^[1],具备宏观性、客观性、时效性、重复性等特点。其中,宏观性是指技术能够形成大范围同时间的地面数据获取,单景卫星遥感数据的幅宽可达几十到几百千米,对地面资源的调查具有良好的数据获取优势。客观性是基于该技术的原理,卫星遥感需通过常感器对地面的电磁波反射或辐射特征进行接收,能够客观地反映出地表的真实情况,如地物属性及位置等,可借此提升数据监测的广度与深度^[2]。时效性主要是可借助卫星遥感实现对地面目标的快速监测,形成对事物全周期的监测覆盖。重复性是指卫星遥感在对地表目标进行监测的过程中,往往会重复连续的观测,从而造成数据重复存档等现象,借此实现对历史数据的追溯。面对当前自然资源管理的新使命、新任务、新要求,可充分利用卫星遥感

技术实现对自然资源领域的常态化业务应用^[3], 增强自然资源的调查与监测, 显著提升卫星遥感的应用效能, 为自然资源的治理及应急事件的检测等提供重要的数据支持。

(1) 多源数据融合的“空天地”监测体系

在河北省自然资源卫星遥感应用项目中, 构建了以高分辨率卫星遥感影像为核心, 结合无人机航拍、地面核查的“空天地”一体化数据获取体系。采用 1~11 月月度影像与季度亚米级影像联动的方式, 形成时间密度为 1~3 个月的监测周期, 覆盖耕地、矿产、农村住房等关键要素。通过影像初纠处理、历史数据比对、审批数据套合等技术流程, 实现从“静态存档”到“动态感知”的转变, 为后续图斑提取奠定数据基础。

在该一体化数据获取体系中, 可借助无人机、遥感卫星、地面传感器等多种观测平台, 实现对目标区域的全空域、全时域、多维度、高精度监测(图 1)。其中, 该体系应当具备常态化检测标准, 能够形成季度、月度、即时的数据监测, 制定对自然资源常态化的遥感监测生产流程^[4], 实现对自然资源要素的动态化、自动化、规模化的识别, 同时可以利用一体化数据获取体系中的年度、季度、月度数据、专题图、监测报告等, 实现对河北省自然资源系统化、标准化、定制化的监测与服务, 能够切实满足河北省当前的自然资源执法督察、国土空间规划监督、生态修复和自然资源专项整治等工作的迫切需求, 为自然资源的监管提供清晰的影像数据, 并形成对变化图斑的自动发现与处理, 实现对各类变化图斑的统计分析 with 质量检查。

对“空天地”一体化数据获取体系的构建思路应当围绕自然资源整体保护和综合治理、系统修复等需求进行针对性地监测, 实现对省级自然资源的山、水、林、田、湖、草等资源的综合性监测, 打造现代化的自然资源治理模式。而卫星遥感技术在体系中可提供即时性监测功能, 最大程度保障影像数据的需求, 利用正射遥感影像结果等, 切实满足自然资源的常规性、应急性监测需求。

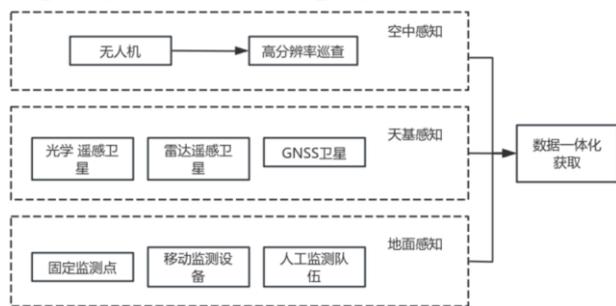


图 1 “空天地”一体化数据获取体系

(2) 智能与人工协同的图斑提取技术

卫星遥感在自然资源监管中的应用, 要广泛采用大数据、人工智能等现代化技术手段, 实现对自然资源变化的检测, 并对特定目标进行自动化的信息提取。其中, 河北省自然资源卫星遥感应用项目创新采用了“自动识别+人

工筛查”的混合提取模式, 并针对不同监测对象制定差异化标准, 创新利用人工智能的深度学习算法等实现对自然资源的有效性监测。

具体的应用原理包括以下几点:

①高频次动态监测。对月度土地变化图斑采用“自动比对+阈值过滤”算法, 优先提取耕地 ≥ 10 亩、永久基本农田 ≥ 5 亩的大图斑, 经人工复核后 20d 内推送执法部门;

②精细化分类提取。对矿产露天开采图斑, 通过亚米级影像比对识别无证开采迹象, 并关联生态红线、基本农田数据库标注属性信息;

③专项场景适配。可形成对特定目标的智能发现, 在大范围海量数据中实现高精度、高效率的专项场景数据提取, 并构建强泛化高效性模型和大范围样本, 进行工程化训练等操作, 实现对专项场景目标的自动化提取。针对农村新(翻)建住房, 设定 $\geq 20m^2$ 的最小识别单元, 结合季度影像比对捕捉独立住房变化, 提升基层管控针对性。

该技术体系既发挥了算法自动处理的高效性, 又通过人工介入弥补了复杂场景下的识别偏差。

2 创新应用场景与实践成效

(1) 耕地保护与执法监察的精准化

在卫星遥感技术的应用中, 可形成对自然资源的精准监管, 为调查目标提供有效的监测数据支撑。其中, 可在项目中医院卫星遥感技术与现代测绘技术、地理信息技术等, 形成多种技术的相互结合、相互集成运用, 从而有效推进自然资源监测工作的顺利开展。该项目在耕地保护与执法监察中, 可一定程度上保证监测数据的精准化。在耕地保护过程中, 能够借助该技术对耕地资源的空间进行规划编制, 制成规范化的数据底图, 此过程中卫星遥感技术获取的大范围、高精度数据, 可为耕地保护提供较为客观、全面、翔实的数据支撑, 并利用信息技术实现对重复图斑的筛选和清除, 保障河北省更新保护措施的有效落地。而在执法监察中, 可借助卫星遥感技术获得的多源多时遥感数据, 形成对自然资源的常态化遥感监测, 进而对疑点图斑、智能识别要素、自动提取变化图斑等进行分析, 从而保证执法督察的多维、定制化影像数据支撑。同时, 通过月度与季度土地变化图斑的联动监测, 项目实现了耕地转为建设用地的“早发现、早处置”。例如, 针对农用地流向建设用地的违法图斑, 季度土地变化图斑采用 0.3 亩的低阈值标准, 避免工作积压在年底。同时, 通过规范核实举证程序, 减少基层重复核查负担。

(2) 矿产资源开发的全流程监管

矿产资源作为河北省自然资源的重要组成, 可在河北省自然资源卫星遥感项目中, 充分利用卫星遥感技术实现对矿产资源的开发与监管, 显著提升矿产资源的开发率。由于矿产资源多藏于地下, 难以单纯凭借肉眼进行识别, 因此采用卫星遥感技术, 加强对地下矿产资源的勘察, 可有效提升矿产资源的利用率。其中, 可借助卫星遥感的高光谱, 快速地识别出地下矿产资源的类型, 并实施专门的

开采技术,避免造成对矿产资源的损害。项目中还构建了“无证开采-持证违规-生态影响”的全链条监测体系,形成对矿产资源开发全流程的监管。对无证矿山,通过季度亚米级影像比对提取开采痕迹,标注侵占生态红线和永久基本农田情况;而对持证矿山,监测擅自改变开采方式的行为,全年推送异常变化图斑。

(3) 农村建设与增减挂钩的动态管控

基于“空天地”一体化数据获取体系,还可实现对区域内乡镇行政区域的勘测定界,并为农村建设与增减挂钩形成有效的管控。其中,可充分利用高分辨率的微信遥感影像作为数据源,并进行数据的收集与整理,完成相关的图像预处理工作,借助正射校正以及多光谱影像的配准、融合、镶嵌、套合技术等,得出区域的正射影像图,并按照河北省县域的分幅,获得高分辨率、高精度、高现势性的遥感影像,保证乡镇勘测定界工作的有效开展,辅助农村的建设与地籍管理等工作。在具体的增减挂钩项目监管中,通过季度影像比对提取拆旧区范围内全要素变化图斑,及时发现未验收项目的违规用地行为。针对农村住房建设,采用季度监测与20m²最小单元识别,助力住建部门宏观管理。

3 创新价值与经验启示

河北省地处黄河下游以北,土地面积广阔,共计19万km²,北部与燕山山地相邻,西部毗邻太行山地,受温带大陆性季风气候的影响,塑造了河北省独有的自然风貌。其中,省内的自然资源十分丰富,且矿产资源种类众多。因此,在进行自然资源的监管过程中,可充分利用卫星遥感技术,打造河北省自然资源卫星遥感应用项目,从技术、管理、治理等方面,进行创新开发与应用。

(1) 技术层面:构建“监测-推送-处置”闭环

从技术层面进行分析,该项目通过标准化数据流程与部门接口设计,实现图斑从提取到处置的全流程闭环管理。例如,月度图斑20d、季度图斑30d的推送时限,执法与监管部门建立快速响应机制,形成“技术监测-行政处置-效果反馈”的良性循环。

(2) 管理层面:推动跨部门数据协同

在管理层面中,可借助项目功能打破自然资源系统内部“处室壁垒”,通过统一的遥感影像数据库,实现执法局、矿业权处、管制处等多部门数据共享,显著提升项目的应用服务水平,构建管理有效、组织有序、科学合理的日常运行管理机制,保证各部门能够在数据支持下有效地落实各项工作职责。其中,应当加速卫星遥感影像成果的转化,为各部门的日常沟通交流等提供有效的数据支持。可利用该项目积极进行区域内各类基础地理数据、规划管控数据、管理数据、社会公众数据的采集,从而打造“地上地下、相互联动”的自然资源数据底板,更好地开展自然资源管理服务^[5]。同时可利用该项目进行公共安全管理,即利用海量高清卫星遥感影像与地图数据,辅助公安部门开展自

然资源自然地理信息采集与更新,借助项目功能,实现对城市智能交通的助力,应用中可借助卫星遥感的海量高清影像数据,实现对城市区域布局的展现,从而为城市综合交通提供数据服务,为城市交通提供辅助决策支持。如,矿产监测图斑同时关联执法与矿业权管理需求,农村住房图斑同步服务于管制与基层治理,避免了“多头监测、重复劳动”。

(3) 治理层面:提升自然资源治理能力

在该项目的应用中,还可展现出项目在治理层面的作用,即运用项目将地理信息技术转化为治理效能,体现为“三个转变”:从“被动查处”向“主动预防”转变,从“粗放管理”向“精细管控”转变,从“经验决策”向“数据驱动”转变。通过此种转变,能够有效助力环境保护,借助卫星遥感技术形成对河北省自然资源的检测,并定时开展生态环境监测,对当前省内的河湖水资源及固体废弃物等污染源进行全面的监测,从而判断污染源的面积及分布情况。同时,可借助该项目为生态环境修复提供有效的技术支持,可充分利用卫星遥感数据动态展示区域内的各种资源变化情况,进而实现科学的保护与有效的修复。另外,可基于卫星遥感技术的应用优势,实现“以地控税”的治理,即借助卫星遥感影像数据,对区域内各种土地资源使用情况进行精准地展现,从而与税务系统中的各种信息数据进行比对,实现查缺补漏的监察,助力河北省税务管理工作全覆盖、多监控开展。

4 结论与展望

综上所述,河北省自然资源卫星遥感应用项目的实践表明,卫星遥感的创新应用是提升自然资源治理能力的关键路径。未来,需进一步深化“遥感+AI”融合,开发基于深度学习的图斑智能分类模型;拓展“时空大数据”平台建设,实现与生态环境、农业农村等部门的数据互通;构建“监测-评估-预警”一体化体系,推动自然资源监管从“事后处置”向“全程防控”升级,为全国省级自然资源信息化建设提供可复制、可推广的技术范式。

【参考文献】

- [1]宋礼京.自然资源调查下卫星遥感技术的应用研究[J].科技风,2024(13):22-24.
 - [2]唐静秋.浅析遥感信息技术在自然资源监测监管中的应用[J].测绘与空间地理信息,2022,45(10):38-40.
 - [3]刘爱霞,尤淑撑,韩旭,等.陆地遥感卫星在自然资源调查监测中的应用[J].卫星应用,2022(9):20-26.
 - [4]尤淑撑,张锐,董丽娜,等.自然资源卫星遥感常态化监测框架设计及关键技术[J].地理信息世界,2020,27(5):115-120.
 - [5]杨翼,胡伟,东平.自然资源市级卫星应用技术中心建设探讨[J].测绘与空间地理信息,2024,47(12):53-55.
- 作者简介:黄川(1986.11—),女,汉族,河北省石家庄市长安区,学历:本科,研究方向为:测绘工程。

智能监测技术在岩土工程安全中的应用研究

石显祥

福建岩土工程勘察研究有限公司, 福建 福州 350000

[摘要]近些年来,智能监测技术开始在岩土工程当中逐步得到应用,凭借着高精度的传感器、无线通信手段、物联网技术以及数据分析的方式,能够实现对地质环境、工程结构还有施工过程的动态化监控,而且还能够出现问题的时候及时地发现异常情况,给出预警提示,从而为施工以及运行管理给予科学方面的依据。不过,就目前的情况来看,智能监测技术在实际的应用过程中仍然存在着一一些问题,针对这些问题,还需要去做进一步的研究以及优化工作,以此来提升岩土工程的安全管理水平。

[关键词]智能监测技术;岩土工程;工程安全;技术应用

DOI: 10.33142/aem.v7i8.17753

中图分类号: TU71

文献标识码: A

Research on the Application of Intelligent Monitoring Technology in Geotechnical Engineering Safety

SHI Xianxiang

Fujian Geotechnical Engineering Survey and Research Co., Ltd., Fuzhou, Fujian, 350000, China

Abstract: In recent years, intelligent monitoring technology has gradually been applied in geotechnical engineering. With high-precision sensors, wireless communication methods, Internet of Things technology, and data analysis methods, dynamic monitoring of geological environment, engineering structures, and construction processes can be achieved. Moreover, abnormal situations can be detected in a timely manner when problems occur, and warning prompts can be given, providing scientific basis for construction and operation management. However, based on the current situation, there are still some problems in the practical application of intelligent monitoring technology. To address these issues, further research and optimization work are needed to improve the safety management level of geotechnical engineering.

Keywords: intelligent monitoring technology; geotechnical engineering; engineering safety; technology application

引言

在现代岩土工程建设期间,工程规模变得越来越大,地质条件也变得越来越复杂,而且极端天气以及自然灾害出现的频率也越来越高,在这样的情况下,工程安全问题已然成为了对工程顺利开展以及长期稳定运行起到制约作用的关键因素。传统的岩土工程安全管理主要是依靠人工巡检、定期开展测量工作以及凭借经验来做出判断,而这种方法存在着诸多明显的局限,比如数据获取存在滞后情况、监测的频率比较低、所具备的精度也比较有限,并且在风险预警方面的能力也不足,很难满足大型且复杂的工程对于实时、动态以及精准监控方面的需求。近些年来,随着传感器技术、物联网、大数据分析以及人工智能等现代信息技术发展得越来越快,智能监测技术也开始在岩土工程当中得到较为广泛的运用,进而为工程安全管理工作带来了全新的技术手段。智能监测技术能够达成对地质环境、工程结构以及施工过程进行连续的、动态的、全方位的监控这一目的,借助高精度传感器来采集关键参数,与此再结合数据处理、智能分析以及可视化平台,以此为潜在的风险给出早期的预警,并且还能科学决策给予相应的支持。这既弥补了传统监测手段所存在的不足之处,也

为工程从原本的被动管理模式朝着主动防控模式转变、从依靠经验判断的方式转变为由数据驱动的方式来转型创造了可能性。并且,智能监测技术在提升工程的安全性、稳定性以及经济性等方面展现出了极大的潜力,正逐步成为现代岩土工程管理当中极为重要的技术发展方向。鉴于此,本研究着重对智能监测技术在岩土工程安全方面的应用现状、所具有的优势、典型的实践案例以及优化策略展开系统性的探讨,通过将理论分析与实际案例相结合的方式,为岩土工程的安全管理工作提供具有科学依据的参考以及技术层面的支持,同时也推动智能化监测技术在工程实践当中得以进一步地推广与应用。

1 智能监测技术在岩土工程安全中的优势

智能监测技术于岩土工程安全管理而言,有着颇为明显的长处,其最为关键之处就在于可以达成对岩土工程状态的实时、精确且连续的监测,进而促使工程安全保障水准得以提升。一开始,智能监测技术凭借高精度传感器、物联网以及无线通信技术,能够在复杂的地质状况下针对关键参数展开动态采集,像位移、应力、应变、渗流、温度等多种物理量都涵盖其中,这使得数据的时效性以及准确性得到了大幅度的提高,将传统人工监测所存在的间断

性以及滞后性方面的问题给补上了。智能监测系统往往会把大数据分析和人工智能算法结合起来,能够对采集到的数据展开智能处理并且做出趋势预测,以此来实现对潜在风险的早期预警,这对于工程管理者来讲,能够在问题出现之前去采取有效的办法,从而让安全事故发生的几率有所降低^[1]。除此之外,智能监测技术还拥有自动化程度较高、适应性较强以及能够远程操作等特性,其能够在高风险或者难以靠近的工程环境当中长时间且稳定地运行,如此一来便减少了人员在现场作业时所存在的安全隐患,与此同时还能节省人力成本以及管理成本。借助多源数据融合以及可视化平台,智能监测技术不但能够给出精确的工程状态相关信息,而且还能为设计优化、施工方案调整以及后期维护给予科学的依据,推动岩土工程安全管理朝着精细化、科学化以及智能化的方向不断发展,切实展现了其在提升工程安全性、可靠性以及经济性方面的综合优势。

2 智能监测技术在岩土工程安全中的应用

2.1 地质环境监测

在岩土工程安全管理工作当中,地质环境监测属于确保工程稳定性以及防范地质灾害的关键基础环节。而智能监测技术的引入,使得这一环节在科学性以及有效性方面都得到了大幅度的提升。借助部署高精度光纤传感器、地质雷达、倾角计、地表与地下位移监测仪、无人机航测系统以及无线传感网络等方式,智能监测系统可针对岩土体的地层结构、土壤含水量、地下水位、地表沉降、边坡位移、裂缝发展以及潜在滑坡和塌方趋势等诸多关键参数展开连续、动态且高精度的监控操作。所采集到的海量数据会通过无线通信以及云端存储系统传输至数据处理中心,再结合大数据分析、人工智能算法以及机器学习模型,便能够达成对地质异常的智能识别、趋势预测以及潜在风险的量化评估目的,进而为早期预警以及科学决策给予可靠的依据。智能地质监测技术不但弥补了传统人工观测所存在的滞后性、间断性以及精度低等诸多缺陷,而且还能在复杂、偏远或者高风险环境下实现长期稳定的运行状态,大幅减少人员现场作业时所面临的安全隐患情况。与此凭借多源数据融合以及可视化分析平台,管理者能够直观地了解到地质环境的动态变化状况,并依据这些信息来优化施工方案、调整支护设计或者实施加固措施,达成从被动响应向主动防控的转变目标。

2.2 工程结构监测

在岩土工程安全管理方面,工程结构监测属于保障结构稳定性和长期安全的关键环节,智能监测技术的应用给结构健康监测带来了科学、高效并且可持续的技术手段,借助部署高精度应变计、光纤光栅传感器、位移传感器、倾角计、加速度计以及无线传感网络,智能监测系统可以对支护结构、桩基、挡土墙、基坑边坡以及地下连续墙等关键结构构件的应力、应变、位移、倾斜和振动等参数展

开实时、连续且全方位的监控,采集到的数据经过远程传输和云端存储平台加以集中处理,凭借大数据分析、机器学习算法以及人工智能预测模型,能够达成结构异常的快速识别、微小变形趋势的分析以及潜在风险的早期预警,为工程管理者给予科学的决策依据,与传统人工巡检或者间歇性测量相比,智能结构监测技术不但提升了监测精度和数据完整性,而且能够实现长周期、连续化的监控,在高风险或者难以接近的施工及运营环境当中,可大幅降低现场作业风险。

2.3 施工监测

在岩土工程施工作业期间,施工监测属于确保工程质量以及安全的重要环节,智能监测技术的运用大幅提升了施工阶段的风险防控能力。借助布置高精度位移传感器、应力应变测量仪器、倾角计、无人机航测以及物联网无线监测系统,智能监测可实时抓取施工现场关键部位的地基沉降、边坡位移、支护结构应力应变、地下水位变化以及振动状况等多维数据^[2]。这些数据经由实时传输并进行智能分析处理之后,不但能够针对施工过程中可能出现的异常变形、结构超载或者土体失稳做出早期预警,而且能为施工方案调整、施工工序优化以及施工机械调度给予科学依据。与传统的人工监测相比较而言,智能施工监测具备连续性、自动化以及远程可控性等特点,能够在高风险区域持续长时间运行,降低施工人员直接接触危险环境的频次,提升施工的安全性以及效率。

3 智能监测技术在岩土工程安全中的优化策略

3.1 加强技术研发

在岩土工程的安全管理领域当中,智能监测技术要想实现持续的发展以及不断的优化,那么就绝对离不开针对技术研发所做出的不断强化方面的举措。随着工程本身的规模变得越来越大,再加上地质环境呈现出复杂且多变的特点,在此情况之下,现有的那些监测技术在精度、稳定性还有适应性等诸多方面,依旧存在着一定的局限性。所以说,必须要凭借持续不断地进行科研方面的投入以及开展各种各样的技术创新活动,才能够促使系统的整体性能得以提升。而加强技术研发这一工作,具体涉及到多个不同的方面,像是传感器技术、数据采集以及处理技术、通信与网络技术,还有智能分析算法等等。就传感器而言,得去研发那种灵敏度比较高、耐久性也很强,并且还能够适应复杂环境的监测设备,唯有如此,才能够确保具备长期且稳定的去采集数据的能力。在数据处理与分析这个层面上,应当把大数据、人工智能以及机器学习算法结合起来运用,以此来提高对于异常信号的识别能力、趋势预测的准确性以及风险评估的实时性。在通信与网络技术方面,需要对无线传输、远程控制以及边缘计算等方面的能力加以优化,从而保证监测系统能够在恶劣或者较为偏远的施工环境当中依旧能够稳定地运行起来。与此借助系

统集成以及智能化设计的方式,达成多源数据的融合以及可视化的管理效果,进而为工程相关的决策行为给予可靠的依据支撑。

3.2 优化监测方案

在岩土工程的安全管理方面,优化监测方案属于提升智能监测技术应用成效的重要环节,其关键之处在于借助科学且合理的去设计以及布置监测点、监测参数还有数据采集频率,进而达成对工程那些关键风险部位展开全面、精准以及高效的监控目的。优化监测方案首要得依据工程所处的地质条件、自身的结构特性以及采用的施工工艺,针对潜在的风险源来开展全面的评估工作,要清楚明确出监测的重点区域以及关键指标,如此一来便能够防止出现盲目布点或者数据冗余的情况。应当综合考量不同监测技术各自具备的特点,比如说光纤传感器在长距离连续监测上较为适用,无线传感网络则适宜于复杂环境下的实时监控,还有无人机航测能够快速获取到大范围的地表相关信息,通过将多种技术手段组合起来加以应用,以此增强监测系统的可靠性以及覆盖范围^[3]。与此还应当合理地去设置数据采集频率以及报警阈值,让系统既能够实时反映出工程的实际状态,又能避免因数据过载而引发的信息处理延迟或者误报情况出现。

3.3 加强数据安全和隐私保护

在智能监测技术的应用过程中数据安全和隐私保护是至关重要的问题。随着监测数据的不断增加和敏感性的提升,如何确保数据的安全性和隐私性已成为亟待解决的关键问题。需构建全方位的数据安全防护体系。应从硬件和软件层面加强数据加密和访问控制。采用先进的加密算法对监测数据进行加密存储和传输,确保数据在传输和存储过程中的安全性。建立严格的访问控制机制限制对敏感数据的访问权限,防止数据泄露和滥用。应建立完善的数据备份和恢复机制。定期对监测数据进行备份,确保在数据丢失或损坏时能够及时恢复。建立灾难恢复计划,以应对可能发生的系统故障或数据丢失事件。加强隐私保护意识培训和法规遵循也是不可或缺的一环。应对相关人员进行隐私保护意识培训,提高其对数据安全和隐私保护的认知和重视程度。

3.4 成本控制与经济性分析

在岩土工程智能监测系统的实际应用进程里,成本控制以及经济性分析属于达成技术可持续推行并促使工程效益获取最大化的关键环节。智能监测系统虽说可大幅提升工程的安全程度以及管理方面的效率,然而其建设工作、设备的采购事宜、安装调试操作以及长期的运维活动都牵涉到不低的成本,所以务必要借助科学的经济性分析方式

以及合理的成本控制办法,达成投入产出的最优化平衡状态^[4]。需要在系统设计的阶段针对监测需求展开细致的分析,依据工程所处的规模状况、风险等级情况以及关键监测点的优先级别来合理地安排设备,防止出现过度投资或者资源被白白浪费的现象;接着,凭借挑选性能较为稳定且性价比相对较高的传感器以及监测设备,并且运用模块化、具备可扩展特性的系统设计思路,以此降低设备更新换代以及扩容所涉及的成本;在数据管理以及分析这个环节当中,应当借助云计算、大数据还有人工智能等技术手段提高数据处理的工作效率,削减人工干预的程度以及运维方面的费用支出;与此可以采取分阶段去实施监测系统以及集中管理的相关策略,把建设成本以及运行成本分散到整个工程周期之内,进而提升资金使用的整体效率。

4 结语

智能监测技术于岩土工程安全管理方面所起的作用愈发重要起来,其借助高精度传感器、无线通信手段、物联网以及智能数据分析等方式,达成了针对地质环境、工程结构还有施工全程的实时且连续的监控效果,给潜在风险的提前预警以及科学决策给予了强有力的支撑。和传统的人工监测相比较而言,智能监测技术不但让数据的准确性以及可靠性得到了提高,而且使得工程安全管理的主动性以及精细化程度都获得了明显增强。不过,在实际的应用过程当中,该技术依旧面临着系统集成、数据处理以及成本投入等诸多方面的诸多挑战。在未来,需要进一步强化技术研发与创新工作,对监测方案加以优化,提升数据分析的能力,并且要重视经济性以及可持续性方面的情况,以此来推动智能监测技术在岩土工程当中的广泛运用,达成工程安全管理的科学化、智能化以及高效化目标,从而为岩土工程能够长期稳定地运行给予稳固的保障。

【参考文献】

- [1]王鹏.智能监测技术在岩土工程安全中的应用研究[J].新疆钢铁,2025(3):235-237.
 - [2]吴早生,胡春东,张鑫,等.岩土工程勘察钻孔数据智能监测技术研究进展[J].江西建材,2022(12):132-134.
 - [3]常娟娟,吴凯,卢亚杰,等.基于视觉技术的岩土工程高边坡外观变形智能监测技术研究[J].四川建材,2021,47(8):71-72.
 - [4]朱剑锋,邢栋.基于物联网技术的岩土工程智能监测专业人才培养的探索[J].教育现代化,2020,7(29):6-9.
- 作者简介:石显祥(1985.4—),男,毕业院校:于中国地质大学(北京)专业:测绘工程专业,当前工作单位:福建岩土工程勘察研究有限公司,职务:副经理、主任工程师,职称:高级工程师。

土建工程造价成本管理的控制方法

梁凯

河北慧德工程项目管理有限公司, 河北 石家庄 050000

[摘要]随着土建工程建设范围的不断扩大,使土建工程蕴含着更复杂的成本因素。土建工程造价面临的影响因素较为复杂,需要明确具体的影响因素,优化造价成本管理的控制方法,对于提高土建工程成本控制效果,推动土建工程高质量发展有着重要意义。基于此,此文从实际情况出发,首先阐述了土建工程造价成本管理的影响因素,进而分析了土建工程造价成本管理的控制原则,最后针对性提出了土建工程造价成本管理控制的有效方法以供参考。

[关键词]土建工程;工程造价;成本管理;控制方法

DOI: 10.33142/aem.v7i8.17760

中图分类号: F2

文献标识码: A

Control Methods for Cost Management of Civil Engineering Projects

LIANG Kai

Hebei Huide Engineering Project Management Co., Ltd., Shijiazhuang, Hebei, 050000, China

Abstract: With the continuous expansion of the scope of civil engineering construction, civil engineering contains more complex cost factors. The influencing factors of civil engineering cost are relatively complex, and it is necessary to clarify the specific influencing factors and optimize the control methods of cost management. This is of great significance for improving the cost control effect of civil engineering and promoting the high-quality development of civil engineering. Based on this, this article starts from the actual situation, first elaborates on the influencing factors of civil engineering cost management, then analyzes the control principles of civil engineering cost management, and finally proposes effective methods for civil engineering cost management and control for reference.

Keywords: civil engineering; engineering cost; cost management; control method

引言

土建工程建设期间需要以工程造价为基准开展成本管理,根据造价指标和造价内容指导后续资源的合理分配,使项目建设能够在可控范围内规范推进。明确土建工程造价影响因素,持续优化土建工程造价成本管理的控制方法,能够为工程项目负责人提供有效的造价参考,帮助其评估项目的潜在收益,明确项目可行性,决定工程后续的建设标准。对接工程造价的各类标准,以成本为基础明确各方经济责任,减少经济纠纷,采取多样化的控制措施提高各环节工程造价的合理性,促进工程资源的高效配置,对于土建工程高质量建设有着重要意义。

1 土建工程造价成本管理的影响因素

1.1 技术因素

随着现代建筑工程的不断发展,各类先进技术和材料开始不断应用至土建工程中,成本构成愈发复杂、成本不确定性因素日益凸显。先进建筑技术和材料的广泛应用,已成为推动行业发展的关键力量,新型技术的引入也显著提高了管理的复杂性,技术因素已成为影响土建工程造价成本管理的重要因素。在成本控制的过程中,科学合理地综合这些技术内容,对于强化成本控制效果,提高造价成本管理质量有着重要意义。土建工程技术因素的影响,集中体现为技术革新和设计变更两方面:设计变更源于规划微调、审批变动多元化所引发的成本不确定性;技术革新

则体现为新工艺、新标准不断涌现产生的额外成本因素。技术层面的不确定性需要造价人员具有充分的理论知识,迅速适应时代变化把握技术发展脉络,合理控制技术成本。

1.2 管理因素

施工管理是土建工程施工期间的管理工作,对工程造价的影响直接体现为施工组织设计、施工进度和施工质量等因素。施工组织设计是工程施工开展的主要计划方案,能够使现场施工井然有序。对接施工方案、进度计划以及设计图纸等内容,编制施工部署、进度计划以及计划控制指标;施工进度根据建设方的管理要求和内容,按照周进度、月进度、总进度计划分别设计管理;施工质量则一般体现为质量控制与工程监理,从材料质量控制、工序质量控制以及技术质量控制等方面做好调控。施工管理与造价成本管理有着直接联系,管理质量较高能够从全局视野出发做好风险控制,全面评估技术以及管理要素风险,实现成本的高效控制;如果管理力度不足,则很容易产生资源浪费、资金闲置等情况,不利于造价成本管理。

1.3 设计因素

工程设计的细节处理、设计质量以及设计方案对工程造价具有决定性的影响,这一阶段涉及的方案内容与决策不仅与项目最终能够呈现的效果和功能直接相关,同时也关系到后续建造过程中的资源消耗与成本支出,是影响建筑工程造价成本管理的一个关键因素^[1]。在设计方案制定

时,需要为后续施工设计做好铺垫,方案内容直接影响工程的结构设计、材料支出以及资源配置等造价因素,对工程设计进行优化需要在满足建筑功能基本需求的基础上,提高设计效益降低建设成本。

1.4 材料和设备因素

土建工程材料和设备是影响工程造价的主要因素,高品质材料成本支出较高,但具有较强的稳定性和耐久性,从长期角度来看也可以降低土建工程项目的维护成本,提高造价成本管理的可靠性。材料价格是造价的重要组成部分,造价管理人员应精准预测材料价格,提高成本控制的合理性,将其作为控制工程成本,提升工程经济效益的有效抓手,采取合理的控制措施,实现工程造价的最优化。关注材料运输的方式与路线,减少材料运输成本能有效提高工程造价的有效性。设备也是影响工程造价成本管理的一个有效因素,机械设备的选择、使用以及维护都会影响工程造价。在造价期间选择高效低能的设备能显著提升施工效率,起到把控成本,优化成本控制的作用。

2 土建工程造价成本管理的控制原则

2.1 全要素原则

全要素原则指的是造价管理人员需要全方位掌握影响工程造价的各类因素,包括管理因素、技术因素、设计因素、人工材料因素等各个方面。全要素控制要求造价成本管理能够从整体角度,综合考虑不同因素对工程造价的影响,根据不同要素的特点采取有效措施加强管理控制。如针对材料因素,需要合理确定材料采购数量、成本价格以及材料质量,避免出现材料浪费问题;设备方面,应合理编制设备租赁和采购方案,根据工程建设的实际情况,完善成本控制方案;技术因素方面,需要与设计人员、技术人员紧密对接,选用最具成本性的技术方案,避免产生技术浪费或技术限制的问题。遵循全要素原则,控制工程造价,提升工程经济效益与建造水平。

2.2 全方位立体化原则

现代土建工程项目建设具有参建人员多、施工量大、技术组成复杂、工序结构多样等特点,在施工过程中各类成本的产出因素复杂,资源构成较为多样,需要相关负责人采取有效措施节约成本。遵循全方位立体化原则,强化造价管理的动态效果,根据资源的使用情况制定相关的控制措施,能够进一步提升造价成本管理成效^[2]。土建工程施工周期较长,且存在较多的施工工序,工程材料费用、人工费用会出现较大波动。造价成本管理应根据工程建设实际情况,建立完善的反馈机制,针对各类要素的变化与成本波动情况及时调整。在发现工程造价与实际情况存在较大偏差时,应立即上报具体情况,就成本问题双向沟通,达到成本控制与管理的最终目的。

2.3 全过程原则

随着土建工程的现代化发展,工程项目建设规模愈发

扩大、工程建设体量不断增加,工程施工涉及多道工序与专业能力,为工程造价管理提出了更高要求。为了满足现代土建工程造价成本管理的需求,就需要遵循全过程原则,对接土建工程的全生命周期,实现工程造价的全方位控制与管理。全过程造价控制需要对土建工程的各个阶段采取针对性地管控措施,实现造价的合理控制与全方位的成本管理。如,在投资决策阶段做好充分的工程分析与调查,明确造价的各类因素,科学合理地控制造价指标。设计阶段,根据工程建设的实际情况优化设计方案,选择资质良好、专业水平较高的设计单位,避免设计大范围变更产生的风险。施工阶段做好质量控制、进度控制与成本管理,避免预算超支和浪费,同时认真核对工程量,加强工程造价的合理性与精准性。

3 土建工程造价成本管理控制的有效方法

3.1 健全造价成本管理体系

土建工程造价成本管理覆盖面较广,与多个成本科目直接相关,需要结合土建工程实际情况健全造价成本管理体系。现代土建工程使用的新工艺、新技术、新材料愈发多样,对造价控制工作提出了更高要求。为了提高造价控制的有效性就需要构建完善的造价管理制度,根据工程建设要求,在制度中明确成本控制目标、方法以及权责,如果出现造价超标、工程预算超标等问题,能够通过造价管理制度进行处理与追责。制度内容需要根据行业标准和项目规范严格制定,确保能够为造价成本管理控制提供制度指引。制度制定完成后,严格要求各项目责任人落实造价目标,按照制度标准推进工序。对照项目造价总目标,将其分解为不同岗位能够落实的子目标,提高制度引领效果。在制度中也需包含责任制度,结合实际要求明确划分不同部门、岗位的责任,为常态化的造价成本管理控制提供必要的支持^[3]。如果出现造价失控现象,可以根据制度内容规范处理,强化追责。同时成立专门的造价管控部门,负责复杂造价决策的监督执行以及各部门的职责划分。如果遇到造价争议问题,应及时调解,明确工程造价管理体系的成本控制目标以及造价管理的各项标准,促进后续各项工作的高效开展。在造价管理制度的基础上,科学建立工程造价评估机制,对接项目当前进度,客观分析并评价工程造价实际情况,详细了解项目不同领域成本分配与使用情况,结合最终评估结果制定个性的造价改进方案,优化工程成本控制的最终效果。

3.2 推行全过程造价成本管理控制

首先,在决策阶段做好造价控制。相关人员需要注重市场调研,从工程定位、结构选择以及政策制定等方面做好设计。造价管理人员需要从经济收支方面加强风险防控措施,采取有效的防控方法。根据工程定位确定结构、形态的设计方案,以标准化思维配置资源和相关构件,从源头控制成本。增强造价文件的稳定性与可行性,以提高项

目经济效益为重点,深刻认识项目决策的重要性,提高成本控制效果。其次,在招投标阶段做好造价成本控制。为了满足工程造价需求,将土建工程的标准文件、设计图纸等作为依据,编制工程量清单,清单内容需要对项目情况进行有效记录与体现。如预制构件运输过程中,需要明确指出运输构件在保护措施、卸载工艺和存储方面需要准备的措施。通过制作工程量清单的方式,列出造价项目,清晰呈现不同施工结构的产生费用。招投标人员应严格遵守标准规范,确保招投标的公平竞争,选择最低合理价中标,明确投标单位的实际情况,确保招投标活动的安全可靠。然后,在施工阶段提高造价控制的跟进效果。率先获取工程的造价构成,根据这一特点控制各项造价。如在构件生产造价方面,需要造价人员明确项目建设所需各类构件的数量、尺寸和类型,做好全方位调研,降低这部分造价。为控制构件运输的工程造价,需全面了解构件生产到现场之间的距离,避免构件损坏。施工前充分准备,合理选择施工技术和工艺,明确各环节施工重点,加强施工成本与质量管理效果,确保工程造价可控^[4]。最后,落实竣工阶段的造价成本控制。土建工程竣工阶段应从全局视角出发,明确竣工阶段的成本控制内容,精准核算材料数量,明确价格变动,保障价格核算精准无误。竣工审核时确保各部门、各单位之间的有效沟通与密切合作。对照行业标准以及工程建设要求,加大管理控制力度,确保工程各环节合法合规,实现成本控制的全面落实。造价成本控制应积极应对结算问题,标准规范,确保成本审查可靠。

3.3 加强造价成本管理协同与变更控制

土建工程施工期间,技术变动和环境因素对成本的影响较大,在造价成本管理过程中除了需要专门的造价控制人员负责造价分析与控制外,也需要工程其他岗位人员的配合。为了提高造价控制效果,在土建工程造价控制期间需要协调各岗位、各部门的造价需求,实现造价指标的针对性控制。此过程中,应根据工程建设的岗位设计与造价控制方案,从以下几方面做好调控:首先,明确工程建设不同主体之间的造价联系,明确造价成本管理的责任与方法。其次,加强信息技术的引入,加强数据共享平台建设,使用平台实现造价信息的控制与收集。随着工程的不断推进,不同施工主体可以通过线上平台及时传输问题,就遇到的施工问题集

中协商。最后,建立沟通机制。土建工程施工期间,由项目负责人制定交流计划,按照周会议、月会议的方式定期开展会议交流,使各部门就造价问题发表意见,提高造价成本管理的有效性。在造价成本管理协同开展的基础上,控制工程变更,减少因工程变更导致的成本问题。考虑土建工程涉及环节复杂,成本因素多样,需要强化变更控制,就所有变更事项开展必要的论证分析,通过技术评审、经济核算的方式掌握需要变更的部分以及直接产生的成本影响,精准预测工程变更后的成本变化,提出切实个性化的成本处理方案^[5]。工程造价管理人员要与设计单位保持密切交流,根据工程现场实际情况,提出具有经济性和可行性的造价控制管理方案。通过上述方案能最高效地处理工程建设期间的各类变更事项,避免工程变更增加的其他成本费用。

4 结束语

综上所述,现代土建工程施工建设过程中,造价面临的影响因素较为复杂,需要从工程设计、施工管理和国家外部政策等方面加强影响因素的有机整合,全面提升工程经济效益,做好造价成本管理与控制。此过程中,应健全造价成本管理体系、推行全过程造价成本管理控制、加强造价成本管理协同与变更控制,对接土建工程施工的全流程,从不同阶段做好造价成本管理控制与分析,对于提高土建工程施工质量控制水平,完善土建工程造价成本管理方案均有着重要意义。

[参考文献]

- [1]庄明智.基于建筑信息模型的房建项目工程造价管理应用探讨[J].智能建筑与智慧城市,2025(8):83-86.
 - [2]赵斌.建筑工程造价与项目全生命周期成本的协同管理方法[J].陶瓷,2025(8):215-217.
 - [3]杨成艳,李新宇.EPC 工程总承包项目造价管理问题研究——以某园林工程为例[J].居业,2025(7):190-192.
 - [4]戴小洁.住宅建筑工程造价预算、结算和决算审核中的问题及解决策略[J].四川水泥,2025(7):32-34.
 - [5]易贵彪,肖惠.EPC 总承包模式下水利工程造价管理风险防范及预防策略[J].水利技术监督,2025(8):96-98.
- 作者简介:梁凯(1996.5—),男,毕业院校:西安邮电大学,所学专业:工程管理,当前就职单位:河北慧德工程项目管理有限公司,职务:部门主管。

公路建设项目成本控制与效益分析

吴多

利越集团有限公司, 浙江 东阳 322100

[摘要]涉及资金投入大周期长且管理复杂的公路建设项目,是基础设施建设的重要组成部分,成本控制成为关键环节,目的是确保项目能够按时按预算完成。实施精细化管理,运用科学的资源调配以及风险预防机制能把建设成本有效降低,保证资金合理使用,项目效益分析从经济效益,环境效益以及社会效益等多个角度对项目的综合效益展开全面评估,以此为后续项目的规划与决策提供有力指导。结合效益评估与成本控制措施,以实际案例展开分析给出了公路建设项目管理的优化策略,项目整体效益得以提升,为行业提供了指导与借鉴。

[关键词]公路建设;成本控制;效益分析;精细化管理;资源调配

DOI: 10.33142/aem.v7i8.17746 中图分类号: U415 文献标识码: A

Cost Control and Benefit Analysis of Highway Construction Projects

WU Duo

Liyue Group Co., Ltd., Dongyang, Zhejiang, 322100, China

Abstract: Highway construction projects involving large capital investment, long cycles, and complex management are important components of infrastructure construction, and cost control becomes a key link to ensure that the project can be completed on time and within budget. Implementing refined management, utilizing scientific resource allocation and risk prevention mechanisms can effectively reduce construction costs, ensure rational use of funds, and conduct comprehensive evaluations of project benefits from multiple perspectives such as economic, environmental, and social benefits. This provides strong guidance for subsequent project planning and decision-making. Combining benefit evaluation and cost control measures, an optimization strategy for highway construction project management was analyzed through practical cases, which improved the overall project benefits and provided guidance and reference for the industry.

Keywords: highway construction; cost control; benefit analysis; refined management; resource allocation

引言

不仅公路建设项目是国家基础设施建设的关键环节,更是促进经济发展的重要驱动力,在项目规模持续扩张的情况下,怎样在确保工程进度与质量的对成本进行有效把控成了行业聚焦的关键问题。成本控制不但和资源的合理配置、环境保护以及社会效益紧密相连,而且对项目的经济效益有着重要影响,对公路建设项目里的效益评估以及成本控制方法展开深入剖析,不但可为未来建设项目给予切实可行的参考与指导,而且能够提高项目的整体效益。

1 公路建设项目成本构成与控制因素

1.1 公路建设项目的成本构成

公路建设项目投资金额大、周期长,其成本构成较为复杂,通常由人工费、材料费、机械费、管理费、利润、规费和税金等部分组成。人工费是施工中不可或缺的成本,占比虽因地区和施工技术差异有所不同,但直接影响施工进度与质量;材料费是最主要的支出,包括沥青、水泥、钢材、砂石等原材料,其价格波动会对项目总成本产生显著影响;机械费涵盖施工设备的购置、折旧、燃料及维修费用,是确保施工效率的重要环节;管理费则涉及项目组织、人员管理、现场协调和办公开支,体现了项目管理水

平;利润是施工企业为维持正常运营和持续发展的必要收益;规费包括安全文明施工费、社会保障费等具有政策强制性的支出;税金则是国家财政的重要来源,需依法缴纳。合理控制上述各项费用,并结合市场动态进行动态管理,是公路建设项目成本控制的核心目标。

项目的总体预算直接受到每一项成本构成的影响,公路建设项目一般涵盖较长工期与较大规模,在此情形下成本的管控有着特别重要的意义。合理分配各项成本并准确估算,对保障项目顺利完成极为关键,从源头上对项目成本管理开展有效规划与控制十分必要,如此才能保证各项费用支出既合理又合规。

1.2 影响成本控制的主要因素

项目规模是影响成本控制的首要因素,公路项目规模不断扩大,建设复杂性与难度跟着攀升,对应的成本也有上升趋势,通常大规模项目对成本管理提出了更高要求,因其所需资源投入更多,涉及的人员数量,材料数量以及设备数量都要比小型项目多。有效的成本预测与合理的资源调配,在此种情形下显得极为重要。

技术水平也是成本控制的重要影响因素,施工效率能够通过高水平的技术得以提高,工期被缩短进而成本降低,

施工技术与设备若先进能够降低人工成本,减少材料浪费进而对成本加以有效控制。然而前期高投资成本往往与技术水平的提高相伴而生,项目管理者需要解决的关键问题在于怎样平衡技术创新,与成本效益。施工进度的管理,人工成本的变化以及材料采购的价格波动等均会对项目的最终成本产生影响,尤其是材料的调度与采购,直接关系到成本控制的效率以及准确性。

1.3 成本控制目标的明确与分配

确保公路建设项目顺利开展的基础在于明确成本控制目标。在设定目标时,通常需要综合考虑项目总体预算、各阶段费用支出以及预期利润等多个方面。清晰的成本控制目标能够帮助管理层更好地掌握各阶段的资金需求,从而实现资源的精准分配,避免出现资金短缺或过度支出的情况。同时,在目标设定中必须充分考虑项目潜在的风险因素,并合理预留应急资金,以便在突发情况下能够从容应对,保障项目建设的连续性与稳定性。

项目成本有效管理的关键在于当成本控制目标清晰确定之后,对预算进行合理分配,根据项目不同阶段的需求以及项目自身重要性,项目经理要做好预算分配工作。要保证每一项开支都有清晰明确的预算依据,防止出现资源浪费的情况,要注重不同部门和环节之间在分配预算时的协调,保障施工设计材料采购等各项工作都能够顺利开展,构建起有效的成本管控体系。整体效益的提高,以及项目按时完成可借助科学的成本分配在这一过程中实现。

2 公路建设项目成本控制的主要方法与措施

2.1 精细化管理

在现代公路建设项目里,精细化管理是提升成本控制效率的关键方法之一,项目的成本预算与控制借助应用项目管理软件以及信息化技术,能够在数字化平台之上展开实时跟踪与更新。管理者借助这些工具能对项目各环节展开详细记录,进而精准预估各项费用有效规避不必要的浪费,成本控制借助信息化技术的应用,不再仅仅局限在财务审计,对项目进度以及资源消耗等方面的动态监控也涵盖其中。项目经理借助精细化的预算管理能够更为清晰地知悉每项开支的去向,这对及时调整策略颇有帮助可保障项目始终处在可控成本范围之内推进。

2.2 采购管理

在公路建设项目里成本控制的另一个重要方面在材料,以及设备的采购,物资浪费与成本超支可通过优化采购流程来有效避免。确保按需采购,通过制定合理的采购计划避免因过量采购致使库存积压,强化对供应商的管理工作,并积极开展合同谈判全力争取更具优势的价格以及交货条件以此来降低采购成本。在采购进程里还得严格对供应商予以筛选,优先择取在质量以及价格方面均拥有优势的供应商以此来降低返修与更换所需的费用。不仅能够显著提高项目的整体效益,科学的采购管理还能保证材料

供应的及时性。

2.3 进度与资源管理

公路建设项目的成本控制中工期安排与资源配置有着极为关键的作用,各项工作要按时完成需合理安排工期,这能避免无效等待与拖延降低因工期延长产生的额外成本。资源的合理配置也是成本控制的关键,通过科学调度劳动力设备以及材料,可防止资源出现闲置状况避免重复投入现象,进而保障资源发挥最大效益。根据项目需求资源可用性以及施工进度,项目经理能够实施动态调整保证每一项资源都实现最有效利用,进而降低整体成本。

2.4 风险控制

风险控制是公路建设项目中不可忽视的环节,在项目的实施进程当中各种不确定因素或许会出现,像是天气变化市场价格波动以及技术难题等,而这些因素都有可能致使项目成本出现超支的情况。制定应急预案与风险应对措施,识别并评估潜在的项目风险这是有效控制成本的必要手段,在项目推进里通过风险评估实时监控风险因素的变化,为项目各个阶段预留足够应急资金。一旦发现情况及时采取纠正措施,避免重大风险导致资金浪费与工期延误,在不确定因素的影响之下,通过构建完备的风险管理体系可保证项目始终处在预算范围之内。

3 公路建设项目效益分析的内容与方法

3.1 经济效益分析

公路建设项目的首要目标仍然是实现经济效益。经济效益不仅体现在直接的工程收益,还体现在通过科学的管理措施实现成本节约与利润最大化。首先,施工单位通过合理的成本控制与精细化管理,能够降低不必要的浪费,例如减少材料损耗、避免设备闲置和缩短工期,这些都能显著减少资金投入。其次,项目建设完成后,施工企业的品牌效应会得到提升,高质量、按期交付的公路工程能够帮助企业在后续招投标中占据更大优势,带来长期的经济回报。此外,公路建成后所带来的区域交通改善,会推动区域经济活力的提升,从而形成良性的经济循环。施工单位在进行效益分析时,会结合投资回报率、净现值以及内部收益率等财务指标,对项目的直接效益和间接效益展开综合评价,从而确保投入资金获得合理的产出。

3.2 环境效益分析

在当代工程建设中,绿色施工与环境保护逐渐成为行业发展的重点。施工单位在进行效益分析时,也必须充分考虑环境效益。一方面,在施工过程中,单位需通过优化施工方案、应用先进工艺和环保设备,减少扬尘、噪音和废弃物的排放,确保施工活动对周边生态环境影响降至最低。另一方面,合理利用和循环使用施工材料,推行节能降耗的措施,不仅能降低建设成本,还能体现出企业履行社会责任的担当。例如,通过使用再生骨料、低碳建材和

高效节能设备,不仅减少了对自然资源的过度消耗,也为企业赢得良好的社会口碑。从长期来看,环境友好型施工方式有助于提升企业的可持续发展能力,使其在日益严格的环保政策背景下具备竞争优势。因此,在效益分析中,环境效益不单是一种附加值,而是施工单位必须重视的核心指标。

3.3 社会效益分析

公路建设项目的社会效益往往比经济效益和环境效益更具综合性。对施工单位而言,项目的成功实施不仅仅是经济回报的体现,更是社会价值的彰显。首先,公路建成后能够极大改善区域交通条件,缩短出行时间,便利人员与物资的流通,这直接推动区域经济与社会的均衡发展。其次,施工过程中能够带动大量劳动力就业,提供岗位机会,促进当地居民收入增长,这对提升企业与地方政府及社区的合作关系具有积极意义。与此同时,施工单位通过安全文明施工、严格落实质量标准,保障工程的耐久性与安全性,从而提升社会公众的满意度和信任度。社会效益分析的另一层面在于,优质的公路建设项目能促进区域教育、医疗、旅游等公共服务体系的改善,为社会长期发展提供有力支撑。施工单位在进行社会效益评估时,往往会综合考虑交通便利性、就业带动效果、区域发展潜力以及社会公众满意度等多维度因素,从而全面展现项目的社会贡献。

4 案例分析

4.1 项目概况

本案例为G4222和县至襄阳高速公路舒城(千人桥)至金寨(皖豫界)段(2标段)项目。该项目是区域交通网络的重要组成部分,目标在于加强省内外交通联系,推动沿线经济发展,提升区域的整体通达性。项目全长约70.363公里,建设内容涵盖路基、桥梁、隧道、绿化、安全设施、预埋管线及养护工程等。项目自开工以来,始终以确保工程质量和施工进度为核心,力争在预定工期内高标准完成建设任务。

4.2 成本控制措施实施情况

从精细化预算管理切入该项目的成本控制措施,借助引入项目管理软件,以及信息化技术实施全过程的监控,在项目开展进程里采用了“全过程成本控制”这一管理模式。具体而言从项目的设计环节开始,历经招标采购施工等阶段直至的竣工验收环节,每一个步骤均构建起严格的成本预算以及审批程序。为避免资金浪费,确保所有支出都在预算范围内,项目管理团队实施阶段性审计。

项目组在采购领域对物资采购流程予以优化,通过集中招标与集中采购的办法,在确保材料质量的基础上极力获取最优价格。物资的及时供应与价格稳定得以确保,这是通过和供应商构建长期合作关系达成的,在项目完成之际大约5%的预算费用被节省下来,这些措施切实有效地

遏制住了成本超支问题。

4.3 效益分析结果

按照项目效益分析方法来看,该公路建设项目所展现出的经济效益,涵盖显著的直接收益与间接收益。直接收益主要体现在通行效率的提高、运输成本的降低以及区域物流能力的增强,推动了交通运输的整体优化;间接收益则通过带动沿线地区的商业繁荣、产业发展和土地利用价值提升逐步显现。该公路的建成不仅改善了交通条件,还促进了周边区域的投资活力与房地产开发潜力,为区域经济的持续增长提供了强劲动力。整体而言,该项目在经济、社会与环境层面均体现出良好的综合效益,充分说明其建设的必要性与长远价值。

4.4 总结经验与教训

对该公路建设项目展开分析后,有几条关键经验值得予以总结:项目管理团队采用科学的预算管理与审计监督机制进行成本控制,以此保障项目资金得以合理使用。确保每项支出都能在预算内完成,避免无序支出需通过建立精确的成本核算与审计制度,对采购流程予以优化,借助集中招标与长期合作的途径,保障了材料及设备供应的稳定性且收获了较为优惠的价格。不仅有效降低了采购成本,这种采购模式还保证了施工进度的顺利推进,在项目实施进程的阶段,始终着重落实绿色施工以及环境保护相关措施。借助生态屏障建设植被恢复等手段,降低了对生态环境产生的负面效应,提升了项目长远的社会效益。

特别是在施工初期,项目在应对市场物资价格波动方面存在一定不足,这使得部分材料采购成本高于预期,然而项目也面临了一些挑战。项目管理团队面对市场波动时既没能及时预测市场变化,也未适时调整采购策略由此带来了一定的经济压力,未来的项目为应对这一问题,要提前做好价格波动的风险管理并加强对市场行情的预测与预警。需要更为精细化处理的还有项目进度跟资源配置间的协调,在大型公路建设项目里施工效率与成本控制,和资源的合理配置直接相关联,进度安排若不合理常会造成额外的人工及设备费用。未来项目应精确配置资源,进一步细化进度安排防止因工期延误产生额外成本。

5 结语

成本控制与效益分析对在公路建设项目达成预期目标,顺利完工而言是极为关键的,通过采取风险控制科学的采购与精细化管理,还有进度管理等一系列措施能够显著提升资源使用效率并有效控制项目成本。在公路建设项目里其社会效益经济效益与环境效益彼此促进,有力彰显出公路建设对地区经济发展具备拉动作用,在环境保护方面有积极贡献,对社会民生存在改善效果。未来的公路建设项目尽管在项目实施进程里存在着一定程度的挑战,然而凭借对经验以及教训予以总结,在成本控制与效益提升

方面将会变得更为成熟。

[参考文献]

- [1]郑君.公路建设企业工程建设成本的内部控制[J].今日财富,2023(3):44-46.
- [2]张智文.公路工程项目成本管理与控制[J].今日财富,2023(13):80-82.
- [3]王敏杰,孙晋宝,仲丽.高速公路成本核算控制过程研究[J].中国质量监管,2024(3):158-159.
- [4]王履盼.高速公路项目建设全过程成本控制策略研究[J].质量与市场,2024(3):69-71.
- [5]陶涛.高速公路建设项目中的成本控制及其应对策略探讨[J].现代商业研究,2024(6):86-88.
- [6]朱青斌.公路工程的成本控制及风险规避[J].市场瞭望,2024(18):94-96.

作者简介：吴多（1989.2—），单位名称：利越集团有限公司，毕业学校和专业：北京航空航天大学，土木工程。

区块链技术在工程计价审计中的应用探索——以装配式建筑项目为例

李冰 沈高峰

浙江荣正建设管理有限公司, 浙江 嘉兴 314500

[摘要]工程建设行业对信息化和智能化需求不断增加,区块链技术因去中心化、数据不可篡改、高度透明而被工程建设行业看重,成为优化工程计价审计的有效工具,装配式建筑项目应用该技术构建透明高效造价监管平台,实现了从合同签订到资金支付的全过程监管,智能合约自动执行协议条款使交易和数据记录公开透明、减少人工操作误差、提高审计效率、增强各方对造价数据的信任,有效解决信息孤岛问题、降低信息不对称、提升工程造价管理的公正性和科学性,这一案例表明区块链技术在工程造价管理领域有广泛推广的潜力和优势。

[关键词]区块链技术;工程计价审计;透明度;智能合约;造价监管

DOI: 10.33142/aem.v7i8.17775

中图分类号: F239

文献标识码: A

Exploration on the Application of Blockchain Technology in Engineering Valuation Audit — A Case Study of Prefabricated Construction Projects

LI Bing, SHEN Gaofeng

Zhejiang Rongzheng Construction Management Co., Ltd., Jiaxing, Zhejiang, 314500, China

Abstract: The demand for informatization and intelligence in the engineering construction industry is constantly increasing. Blockchain technology is highly valued by the industry for its decentralization, tamper proof data, and high transparency, and has become an effective tool for optimizing engineering valuation and auditing. Prefabricated construction projects apply this technology to build a transparent and efficient cost supervision platform, which realizes the full process supervision from contract signing to fund payment. Smart contracts automatically execute protocol terms to make transactions and data records open and transparent, reduce manual operation errors, improve audit efficiency, enhance the trust of all parties in cost data, effectively solve the problem of information silos, reduce information asymmetry, and improve the fairness and scientificity of engineering cost management. This case shows that blockchain technology has the potential and advantages to be widely promoted in the field of engineering cost management.

Keywords: blockchain technology; engineering valuation audit; transparency; smart contract; cost supervision

引言

工程建设行业数字化转型不断加速,日益增长的效率与透明度需求使传统工程计价审计方法已满足不了,而区块链技术去中心化、不可篡改的特性为优化审计流程、提升透明度提供了新思路。装配式建筑项目构造复杂且多方参与,在这样的项目里确保造价管理公正透明是个大挑战,不过区块链技术智能合约和数据共享机制能有效解决这些问题,给工程造价监管带来革命性突破,实践和推广价值巨大。

1 区块链技术概述

1.1 区块链技术的基本原理

去中心化是区块链技术最核心的特性,与传统集中式数据库有单一的管理者或控制方不同,区块链的信息能被所有参与者平等地访问和共享,这种去中心化机制降低了对中介机构的依赖且避免了单点故障带来的风险,在去中心化网络里,每个节点都有数据副本,这既确保了信息公开透明,也保障了参与者的平等性。

区块链技术还有个关键特性是不可篡改性,信息一旦记录到区块链上就没法修改或者删除,且每个区块都含时

间戳与加密信息能保证数据完整,这样就给工程计价审计提供了很强的可靠性和信任度,避免数据被篡改、伪造和欺诈,让审计的公正性大大增强。

区块链网络能运作靠的是共识机制,由于区块链得确保分布式网络里所有节点达成一致,就采用像工作量证明(PoW)和权益证明(PoS)之类的不同共识算法,网络里的参与方都靠这些算法确认交易有效且避免数据不一致性,有共识机制就能保证区块链的数据一致性并减少信任成本。

区块链技术还有个重要创新那就是智能合约,这是一种能自动执行的计算机协议,特定条件一旦满足就会自动执行预先设定的动作,工程计价审计时,智能合约可自动验证合同条款执行状况,减少人为干预与错误,工作效率和透明度得以提高。

1.2 区块链技术在工程领域的应用

工程建设领域数据流动与信息交互频繁,多方参与者、复杂合同条款、大量交易数据交织其中,区块链技术应运而生以解决这些问题,它弄出个去中心化、透明且不可篡改的数字账本,使各方参与者能借此实时无缝交换信息以

保证数据一致性和可信度,像建筑项目里的供应链信息、施工进度、质量检测报告等可用区块链技术统一记录验证,从而减少信息传递中的错误和不一致。

工程项目里,区块链技术已在供应链管理、合同管理、施工质量控制等多个领域得到应用。在供应链管理中,区块链能有效跟踪验证所有建筑材料来源和运输过程,防止假冒伪劣材料的使用。在合同管理方面,区块链能完整记录合同条款、签署过程、执行情况,减少合同履行过程中的争议和不信任。在施工质量控制方面,区块链记录施工过程每个环节,确保施工质量可追溯,提高了质量管理效率和透明度。

在工程项目管理里,工程计价审计是重要环节,但存在审计流程繁杂、信息不对等的问题,而区块链技术能解决这些问题,其智能合约和数据共享机制能让所有计价数据、变更记录、支付信息在链上存储和审核,每笔交易都可追溯验证,这种透明方式既提高审计效率,又让项目各方更信任,并且区块链去中心化,单一控制方无法干预数据,这进一步确保审计结果公正。

2 装配式建筑项目背景与需求分析

2.1 装配式建筑项目概况

嘉兴市近年来大力推动绿色建筑和装配式建筑发展,某装配式住宅小区项目便是在这一政策背景下启动的重点示范工程。该项目总建筑面积约 12 万 m^2 ,规划建设 8 栋高层住宅及配套公共服务设施,全部采用预制叠合板、预制外墙板、预制楼梯等构件进行装配化施工,装配率达到 70% 以上。施工过程中涉及构件生产、运输、吊装、现场拼装等多个环节,参与单位涵盖设计院、构件厂、施工总包、监理及多家分包商,信息流、资金流和物流交织复杂。

为解决传统工程计价审计中信息传递滞后、数据分散、缺乏统一监管平台的问题,该项目同步引入区块链技术建立工程造价管理与审计平台,将合同签订、材料采购、构件生产、运输验收、现场安装、进度款支付等全过程数据上链存储。平台采用多节点架构,建设单位、施工单位、监理机构及审计部门均作为节点参与数据记录与验证,确保信息实时共享、不可篡改。该做法不仅提升了计价审计透明度和效率,还为后续项目提供了可复制的技术路径与管理模式。

2.2 项目中的造价管理与审计需求

装配式建筑项目造价管理复杂,因环节和人员涉及多且造价动态管理难,项目成本管理涵盖建筑材料、人工、设备等多方面费用且这些费用常随项目进度和市场变动而变,装配式建筑采用预制构件和标准化生产方式使造价控制和预算管理更复杂,哪个环节有偏差都可能使造价大幅波动并影响项目整体进度和预算。

在此项目里,传统计价审计方式的应用存在一些不足,

一方面信息更新滞后,审计人员不能及时得到最新造价数据会导致审计滞后,进而影响决策效率,另一方面项目多方参与者沟通不顺畅,数据传递易有误差或被遗漏会让审计工作更复杂,而且传统审计模式人工审核效率低、审计周期长,难以应付装配式建筑项目不断变化的造价信息。

2.3 引入区块链技术的初衷与目的

装配式建筑项目引入区块链技术,为解决传统审计里信息不对称、数据滞后以及造价预算和实际支出差异较大等问题,由于区块链去中心化、透明、不可篡改,项目所有参与者能共享实时且准确的造价数据,从而保证所有信息的真实性和可靠性,并且该技术能让所有合同变更、支出记录、支付信息实时上传到区块链平台,经各方审核确认后提高数据的一致性和信任度。

引入区块链技术也是为了提升审计效率,智能合约能让项目里的每一笔费用、支付记录、合同变更自动执行并记录,从而减少人工干预与误差,提高审计过程的效率与准确性,并且区块链技术具有不可篡改的特性,能保证审计结果的公正性,避免人为操作与数据被篡改的可能,进而给各方提供一个更加透明、可信的工程造价管理平台。

3 区块链技术在装配式建筑项目计价审计中的应用

3.1 区块链技术在工程计价中的数据管理

装配式建筑项目里,建设方、供应商、施工方和审计方之间信息流动复杂且多方牵涉,为提高数据共享的透明度与准确性,项目引入区块链技术建立了一个去中心化的数据共享平台,工程造价相关的所有数据,如合同文件、费用支出、变更记录、付款信息等都依靠区块链技术存储,这种存储方式既能保证数据无法被篡改,又能让项目各方实时查看相关信息以防止信息不对称问题出现。

区块链透明且去中心化,每一笔数据都能得到验证并被记录于其上,所有参与者获取的数据相同,从而避免了传统审计里资料遗漏和虚假信息常见的情况,并且区块链技术能让项目每个数据点清晰追溯,提高工程计价的准确性和公正性,进一步减少项目执行中的风险。

3.2 智能合约的应用

装配式建筑项目的计价审计流程因智能合约的引入有了革命性改进,在合同签订、项目变更、支付审核等环节预设条款由智能合约自动执行从而减少人工干预和操作错误,智能合约能自动验证项目中的每项交易和变更且条件满足就自动执行,这一自动化过程提高了操作效率也减少了人为疏漏和审计误差。

项目管理的透明度和效率因智能合约的使用得到显著提高,在支付审核环节,智能合约能让支付条件自动执行、资金及时结算,减少合同履行的纠纷和对账时间,并且项目各方可实时查看合同履行情况,避免项目执行中信息不一致引发的争议,智能合约的引入使整个审计流程得

到有效优化，审计效率和准确性得以提升。

3.3 审计流程的透明化与实时监控

装配式建筑项目应用区块链技术，让审计流程有了前所未有的透明化且能实时监控，工程款项流动、支出记录、支付过程都在区块链上记录，以便审计人员随时能获取完整财务信息，这样审计人员可实时查看项目资金去向并跟踪资金流动以保证每笔支出都符合预算和合同条款。

区块链平台让审计人员可以快速准确验证每笔支出，消除了传统审计过程中信息传递滞后和数据错误的可能，这种监控方式透明又实时，有效提升了审计效率，确保项目各方资金流动合规合法，进一步增强各方对项目财务管理的信任。

3.4 数据的追溯与安全性

装配式建筑项目应用区块链技术后就有了强大的数据追溯功能，区块链不可篡改，费用、材料采购记录、施工进度等信息能追溯到原始数据源，使得审计人员能精确跟踪每项支出和项目进展，有了这种追溯能力，项目各方就能清楚知晓各环节成本和进度，从而避免信息遗漏和错误。

区块链技术安全性高，能有效防止数据被篡改和造假，网络中对每笔数据的记录都加密并分布式存储，从而确保数据安全性，这种数据保护机制最大程度保障项目资金和信息，防止腐败和不正当行为，而且区块链技术的引入提高了数据透明度，增强项目整体安全性，也确保审计过程的公正性和可靠性。

4 区块链技术创新与造价监管结合的效果与挑战

4.1 区块链技术的创新性

工程造价审计因区块链技术的引入有了前所未有的透明度和公正性，传统审计时信息流动滞后还易被人干预而区块链去中心化的数据管理让项目各方能对等共享信息，区块链上记录每一笔数据且写入就不可篡改使得数据可信度大大增强，所有参与者在区块链技术下能于同一平台获取最新计价数据从而使信息不对称引发的纠纷和不信任得以减少。

工程项目全生命周期的监管通过区块链技术得以实现，是项目启动阶段的初步预算还是竣工验收后的最终审计，区块链平台都能提供完整的历史记录以确保各环节的合规性，而且在资金流动、材料采购、施工进度、合同变更等方面，区块链可提供清晰的数据轨迹，保证项目执行过程的透明性和合法性，避免传统审计里存在的遗漏和延误问题。

4.2 造价监管效果

计价审计平台以区块链技术为基础，给项目预算执行情况实时监控提供了得力工具，并且区块链凭借智能合约自动履行支付条款，实时记录预算执行的每个细节，让预算与实际支出保持一致以减少预算超支现象，而且每笔资金流动都得到验证并按规定条件记录，使项目各方能清楚看到资金使用情况，避免传统管理里资金挪用或浪费的

问题。

项目管理的透明度经区块链技术通过记录全部变更与审计结果得到提高，区块链可查看所有预算调整、合同变更、资金支付等信息以保证审计结果的公正性，所有数据透明且无法篡改使审计人员能实时获取数据从而减少审计误差和遗漏的概率，区块链技术的运用提高了项目合规性以确保资金合法流动和项目顺利推进。

4.3 应用中的挑战与问题

区块链技术给工程造价审计带来创新性解决方案，但实际应用时仍会碰到一些技术难题，其应用关键是得保证系统稳定、数据完整，它靠去中心化的网络结构，系统稳定性受网络负载和节点故障影响，在高并发时确保数据安全、一致仍是技术挑战。

区块链在工程造价审计中的应用被法律与政策问题阻碍，虽然区块链技术透明度和公正性极佳，但在合同签订、数据存储和法律效力方面的合法性尚未完全明确，要让区块链技术合法合规地用于工程审计，如何制定相应法律法规是另一个需要解决的重要问题。

区块链技术在推广方面受行业接受度问题的制约，工程建设领域好多企业和工作人员对其认识有限，由于缺乏充分了解和相关培训，区块链应用进展缓慢，要提升行业内技术接受度，尤其在小企业和项目管理方中普及，需开展更多教育活动并展示更多实践案例。

5 结语

装配式建筑项目应用区块链技术，显示出区块链在工程造价审计方面有巨大潜力，通过引入去中心化的数据管理和智能合约，项目有了很高的透明度与公正性，确保了造价管理合规、资金流动合法，且能实时监控、追溯数据，有效提升了审计效率，减少预算超支和审计误差，但在推广应用时，技术稳定性、法律合规性、行业认知度等仍是挑战，区块链技术在提升造价监管和审计透明度上的优势不能被忽视，随着技术和法规不断完善，以后它会在更多工程项目里广泛应用。

[参考文献]

- [1]杨苏蕊.区块链赋能的建设项目审计数据共享模式研究[D].北京:北京交通大学,2024.
- [2]张欣乐.基于区块链的建筑工程材料采购智能合约研究[D].西安:西安建筑科技大学,2024.
- [3]王芳芳.基于区块链技术的碳排放审计研究[D].兰州:兰州财经大学,2024.
- [4]王瑾.基于区块链技术的建筑工程履约行政监管路径研究[D].湖北:华中科技大学,2024.
- [5]蔡田文.基于区块链的财务舞弊 AI 审计治理研究[J].商业会计,2025(8):101-105.

作者简介：李冰（1987.1—），单位名称：浙江荣正建设管理有限公司。

基于 BIM 技术的建筑工程造价信息集成管理

戴广亮

江苏容跃建设有限公司, 江苏 镇江 212400

[摘要]在建筑工程领域中,造价信息管理是核心环节之一,其精确性直接影响项目成本控制和资源分配的效率。传统造价信息管理方法面临多重挑战,如数据孤岛、信息更新滞后,以及协作效率低下等。随着技术的不断发展,建筑信息模型(BIM)技术应运而生,提供了一种全新的信息集成管理模式。文章探讨了 BIM 技术在建筑工程造价信息集成管理中的应用,旨在展示 BIM 技术如何通过这些高级工具和方法实现造价信息的优化管理,从而提高建筑项目的经济效益和运作效率,工程项目参与者能够在整个建筑生命周期中共享和利用造价的准确信息,从而实现了对成本控制和项目管理的优化。

[关键词]BIM 技术; 建筑工程; 工程造价; 信息集成管理

DOI: 10.33142/aem.v7i8.17736

中图分类号: F426

文献标识码: A

Integrated Management of Construction Cost Information Based on BIM Technology

DAI Guangliang

Jiangsu Rongyue Construction Co., Ltd., Zhenjiang, Jiangsu, 212400, China

Abstract: In the field of construction engineering, cost information management is one of the core links, and its accuracy directly affects the efficiency of project cost control and resource allocation. Traditional cost information management methods face multiple challenges, such as data silos, lagging information updates, and low collaboration efficiency. With the continuous development of technology, Building Information Modeling (BIM) technology has emerged, providing a new information integration management model. The article explores the application of BIM technology in the integrated management of construction cost information, aiming to demonstrate how BIM technology can optimize the management of cost information through these advanced tools and methods, thereby improving the economic benefits and operational efficiency of construction projects. Project participants can share and utilize accurate cost information throughout the entire building lifecycle, which achieving optimization of cost control and project management.

Keywords: BIM technology; construction engineering; engineering cost; information integration management

引言

建筑行业规模持续拓展,工程项目复杂性与日俱增,传统建筑工程造价管理模式碰到了诸多难题,像数据分散、信息滞后的状况,还有人工计算工作量大以及管理效率偏低等。工程造价管理涵盖设计、施工、招标、采购等诸多环节,并且要在整个项目生命周期里做到动态跟踪以及精细化把控,这就对信息集成能力以及数据处理效率提出了更高的要求。传统管理方式没办法满足工程全生命周期造价管理在精确性、透明性以及实时性方面的需求,容易引发预算出现偏差、成本超出预算以及资源被浪费等情况。信息技术发展迅速,建筑信息模型(BIM)技术慢慢变成提升建筑工程管理水平的关键工具。BIM 技术借助数字化建模、数据集成、可视化展示以及智能分析等方式,给造价管理带来了全新的解决办法,可让各环节的造价信息在统一的平台上达成共享、同步并实现动态更新。依据 BIM 技术开展的建筑工程造价信息集成管理,不但能有效消除信息孤岛,提升数据准确性以及工作效率,还能助力智能算法分析以及实时决策,为工程成本控制、资源优化以及风险管理给予强有力的支持。所以,深入探究 BIM 技术在建筑工程造价信息管理当中的运用,剖析它的优势、

存在的问题以及实现的途径,对于推动建筑行业管理模式的革新、提升工程造价管理水平以及达成工程项目高效运转而言,有着重要的理论价值以及实践意义。

1 BIM 技术在建筑工程造价信息集成管理的应用优势

BIM 技术于建筑工程造价信息集成管理方面有着颇为显著的应用优势,其优势主要聚焦在信息共享、精细化管理以及工作效率得以提升等诸多层面。凭借 BIM 技术,能够把设计环节、施工环节、招标环节、采购环节以及运维环节等各个不同环节当中的造价数据达成数字化的整合状态,并且实现统一化的管理方式,如此一来便能突破传统意义上存在的信息孤岛状况,进而促使各个部门之间实现数据的共享并且做到实时的更新,以此来确保信息具备准确性以及一致性这两个特性。与此 BIM 模型自身拥有可视化、可量化还有可模拟这样的特点,这使得像工程量计算环节、材料统计环节以及成本分析环节等等这些环节能够变得更加直观,也更为精确,进而促使造价管理的精细化程度得到进一步的提升。除此之外, BIM 技术还能够依靠智能算法以及自动化工具针对造价数据展开快速的计算以及分析操作,由此大幅度地削减人工的工作量,

减少出现人为方面的错误情况,最终提高管理工作的效率。在项目的实施进程当中,BIM 还能够实现动态的反馈以及实时的调整操作,让管理者可以及时地掌握成本所发生的各种变化,对于设计变更或者施工调整的情况能够做出快速的响应,从而实现对资源配置以及决策流程的优化处理。

2 建筑工程造价信息管理存在的问题

2.1 数据孤岛与信息滞后

在建筑工程造价信息管理进程里面,数据孤岛以及信息滞后方面的问题是比较凸显的。因为工程项目会涉及到设计环节、施工环节、招标环节、采购环节还有造价管理等诸多环节,而这些环节通常是由不一样的部门或者单位单独去操作的,并且各自采用着不一样的信息系统或者是管理模式,如此一来便致使数据很难达成统一的存储以及共享的状态,进而形成了比较明显的信息孤岛情况。各个环节之间所进行的信息传递往往得依靠人工沟通又或者是手工整理的方式来完成,这样的方式不但效率不高,而且很容易会出现数据重复录入、统计口径不统一以及信息丢失等诸多状况^[1]。与此造价数据的更新速度是赶不上实际工程的进展速度的,这就使得管理人员在开展预算编制工作、进行成本分析以及做出相关决策的时候没办法获取到及时且准确的参考信息。

2.2 传统造价管理的局限性

传统管理模式在建筑工程造价信息管理里有着十分明显的局限性。传统造价管理主要是依靠手工计算、纸质资料以及较为分散的电子表格来开展工程量统计、成本核算还有预算控制等工作。这样的方式不但工作量颇为繁重、效率也比较低下,而且很容易出现数据方面的错误以及遗漏情况,进而对造价信息的准确性产生影响。与此传统管理模式很难对工程的整个生命周期展开全面且细致的追踪,没办法达成设计、施工、采购以及造价管理等诸多环节的有效衔接,使得各个环节的数据处于一种孤立的状态,信息流通也不是很顺畅。随着工程项目规模以及复杂程度的不断增加,传统方法在应对多专业、多分包、多阶段的协同管理方面表现得力不从心,很难满足精细化管理以及动态成本控制的需求,这在一定程度上限制了造价管理所具备的科学性、透明度以及决策效率。

2.3 信息更新不及时带来的风险

在建筑工程造价信息管理方面,信息更新不及时会带来不少风险。工程项目涉及设计变更、材料价格波动、施工进度调整等诸多因素,要是造价数据没有和实际状况同步更新,那么管理人员在开展预算编制、成本控制以及决策分析等工作的时候,就有可能依据过时的信息来做出判断,进而造成成本偏差以及资源浪费等情况出现。并且,信息滞后还可能对工程变更的审批流程产生影响,使得相关部门没办法及时知晓项目的最新状态,这无疑增加了合同纠纷以及经济损失的风险。

3 BIM 技术在造价信息集成管理中的应用

3.1 数据集成与同步技术

在建筑工程造价信息集成管理方面,BIM 技术所涉及的数据集成以及同步技术,称得上是达成信息高效管理的重要支撑手段。传统造价管理模式因各个环节的信息较为分散且系统彼此间并不互通,往往会形成数据孤岛,造成信息滞后的情况出现。而 BIM 技术凭借构建起统一的三维数字化模型,把设计、施工、造价、采购还有运维等诸多环节的数据都集中于同一平台来展开管理,进而实现多维度信息的完整集成。BIM 可针对不同来源、不同格式的数据实施标准化处理,把建筑构件的几何信息、工程量、材料规格以及成本数据等相互关联起来,并且在模型里以动态形式予以呈现,使得各专业人员能够在相同的数据环境下开展查看、分析以及操作等活动,以此确保信息的一致性与实时性。与此 BIM 的数据同步功能可助力跨专业、跨阶段的协同工作,能让设计变更、施工调整或者成本更新即时在模型中体现出来,并且能自动更新与之相关的工程量清单以及造价计算结果,如此便能大幅削减人工操作所引发的误差以及重复劳动^[2]。借助接口技术以及数据库管理系统,BIM 能够与 ERP 系统、招投标管理系统、施工进度管理系统等达成数据互通,促使造价信息贯穿整个项目的生命周期,从设计阶段的预算编制开始,一直到施工阶段的成本控制,再到竣工阶段的结算核算,均能维持信息的连续性与同步性。

3.2 云计算与协同工作环境

在建筑工程造价信息集成管理领域当中,云计算以及协同工作环境的应用情况,着实为 BIM 技术给予了颇为有力的支撑作用,进而使得项目管理的效率得以大幅度提升,信息流通的实时性也获得了很好的增强效果。借助于云计算平台这一载体,BIM 模型还有其相关的造价数据,便能够集中存放放到云端之上,如此一来便实现了跨地域以及跨部门层面的数据共享以及访问功能,进而让设计单位、施工单位、造价咨询机构以及业主等各方主体,能够在同一个信息环境之下展开实时的协作行为,并且不会受到地理位置以及时间方面的限制所造成的影响。在云计算环境之中,其数据处理方面的能力是能够对大规模且多维度的工程信息展开分析工作的,可以把三维模型、工程量清单、成本数据以及施工进度等一系列复杂的相关信息高效地整合到一起,实时地去更新各类造价指标,从而为管理者给予动态且可视化的数据方面的支持。与此协同工作环境依靠着权限管理、版本控制以及变更追踪等诸多功能,能够让多方的参与者在同一个 BIM 模型里面同步地开展操作行为,以此来确保数据具备一致性以及安全性,切实有效地减少出现重复录入以及信息冲突等不良情况。云端协作一方面能够支持实时的沟通以及决策相关事宜,另一方面还能够把施工现场的进度、成本以及变更等方面的信息

迅速反馈至管理系统当中,达成闭环管理的效果,进一步提升造价控制的精确程度以及透明度水平。在那些大型且复杂的工程项目里,云计算和协同工作环境相互结合起来之后,可以让项目各方主体高效地去共享信息,快速地对变化做出响应,优化资源配置以及施工方案的设计,与此同时还能对风险管控、成本预测以及战略决策等工作提供较为可靠的数据方面的基础支撑,进而推动建筑工程造价管理从传统的那种分散且静态的管理模式朝着智能化、动态化以及协同化的全新方向不断发展前行。

3.3 智能算法在成本管理中的应用

在建筑工程造价信息集成管理方面,智能算法的应用给成本管理带来了极为自动化且精细的技术手段。把人工智能、机器学习、优化算法以及大数据分析技术同 BIM 模型相互结合起来之后,管理者便能够针对工程造价数据展开深度挖掘以及智能分析,进而达成传统造价管理所无法企及的精确性以及动态控制能力。智能算法可自动识别并处理数量众多的异构数据,像设计图纸、施工进度、材料价格、人工成本还有设备使用状况等等,并且借助模式识别以及预测模型来对未来成本变化做出预测,以此为预算编制以及成本控制给予科学方面的依据。与此凭借算法所开展的优化计算能够在多个方案相互比较的过程中迅速生成最为优质的资源配置方案,助力造价管理人员开展材料采购、施工工序安排以及分包成本核算等工作,提升决策的效率以及准确性。在施工进程当中,智能算法还能够实时地分析项目进展和成本数据之间存在的偏差,对潜在的风险发出预警,让管理者可以及时地去调整施工方案或者是预算计划,由此降低出现成本超支以及资源浪费的可能性^[3]。智能算法还能够对复杂工程实现多目标优化,比如在满足工期要求的情况之下将施工成本尽可能地最小化,又或者是在保证质量标准的条件之下优化材料使用的效率,从而为建筑工程造价管理给予全方位的智能支撑。

3.4 实时数据分析与反馈机制

在建筑工程造价信息集成管理方面,实时数据分析与反馈机制乃是 BIM 技术达成动态成本控制以及科学决策的关键途径。借助 BIM 平台同传感器、施工进度管理系统、采购系统还有现场监控设备展开深度集成,各类工程数据便可在施工进程当中实时予以采集,像材料使用状况、施工进度、设备运转情形、人工投入以及成本支出等方面均涵盖其中。实时数据分析功能可针对这些信息展开即时

处置并以可视化形式呈现出来,助力造价管理人员迅速察觉偏差、辨别潜在风险,并且对预算执行状况、成本变动趋向以及工程量完成程度实施精准监控。与此反馈机制能把分析结果快速传送给相关管理部门以及项目参与方,促使设计变更、施工调整或者成本控制举措能及时落实到位,达成动态闭环管理。

4 结语

基于 BIM 技术的建筑工程造价信息集成管理,切实提高了工程造价管理方面的科学程度、精细化水准以及工作推行的效率。借助 BIM 技术,工程各个不同环节的造价相关数据得以达成集成整合、相互共享以及动态性的更新状态,如此便一举突破了传统管理模式里存在的信息孤岛状况以及数据出现滞后的诸多问题,并且还能给予智能分析、实时的监控以及协同开展决策等相关事宜予以有力支持,进而让成本控制能够变得更加精准并且高效起来。在项目的具体实施进程当中, BIM 技术一方面对资源配置进行了优化处理,另一方面也对施工管理流程做了相应的改进,同时还进一步强化了多方展开协作的能力,从而给工程在整个生命周期范围内的造价管理给予了稳固可靠的数据方面的支撑以及技术层面的保障^[4]。虽说在实际的应用操作过程当中,依旧面临着诸如系统兼容性方面的问题、技术标准需要统一的难题以及人员专业水平参差不齐等诸多挑战,然而 BIM 技术所呈现出的发展前景却是十分广阔的,在造价信息集成管理方面的应用将会促使建筑工程管理模式朝着数字化、智能化以及协同化这样的方向去转变,进而为提升工程所产生的经济效益以及确保项目能够高质量地顺利完成给予极为重要的支撑作用。

[参考文献]

- [1] 聂洪.基于 BIM 技术的建筑工程造价信息集成管理[J].智能建筑与智慧城市,2025(10):87-89.
- [2] 张璇.建筑工程造价控制管理中 BIM 技术的应用[J].中华建设,2025(7):71-73.
- [3] 张莉.基于 BIM 技术的建筑工程造价控制研究[J].中国住宅设施,2025(7):69-71.
- [4] 周艳.BIM 技术在建筑项目工程造价管理中的应用研究[J].中华建设,2025(3):46-48.

作者简介:戴广亮(1990.2—),单位名称:江苏容跃建设有限公司,毕业学校和专业:江西科技学院,建筑工程专业。

平陆运河跨航道给水管敷设与航道通航安全的协同优化策略

黎明镜¹ 孙长飞² 陆冠臻¹ 张倩¹ 苏卫迪^{1*}

1.广西平陆运河建设有限公司, 广西 南宁 530000

2.中国建筑第八工程局有限公司, 上海 200000

[摘要]平陆运河是西部陆海新通道的关键骨干工程,在其建设期间,对区域水运网络的优化以及经济发展有着颇为深远的影响。文中选取运河沿线的12条穿河输水管道工程当作研究对象,着重针对管道敷设和通航安全二者之间所存在的协同关系展开较为系统的分析。综合考量工程的实际状况以及通航的相关标准,从多个不同维度去探寻协同优化的策略,像是管道埋深的控制方面、施工工艺的选择方面、通航水位的适配方面、航标配置的情况以及运营维护的相关事宜等等,力求在确保输水功能得以顺利实现的基础之上,尽可能地管道工程给航道通航条件所带来的影响降至最低程度。经过相关研究能够发现,借助科学合理的选址方式、恰当确定埋设的具体深度、运用定向钻以及非开挖等技术手段等一系列举措,是可以在很大程度上有效地防止管道工程给水流条件、河床稳定性以及船舶通航等方面造成干扰的,进而为后续类似跨航道工程的建设给予一定的参考价值。

[关键词]平陆运河; 输水管道; 通航安全; 埋深控制; 航标配置

DOI: 10.33142/aem.v7i8.17769

中图分类号: U661

文献标识码: A

Collaborative Optimization Strategy for Cross Channel Water Supply Pipe Laying and Navigation Safety of Pinglu Canal

LI Mingjing¹, SUN Changfei², LU Guanzhen¹, ZHANG Qian¹, SU Weidi^{1*}

1. Guangxi Pinglu Canal Construction Co., Ltd., Nanning, Guangxi, 530000, China

2. China Construction Eighth Engineering Division Corp., Ltd., Shanghai, 200000, China

Abstract: The Pinglu Canal is a key backbone project of the Western Land Sea New Corridor. During its construction, it has had a profound impact on the optimization of the regional water transportation network and economic development. The article selects 12 cross river water transmission pipeline projects along the canal as the research object, focusing on a systematic analysis of the collaborative relationship between pipeline laying and navigation safety. Taking into account the actual situation of the project and relevant standards for navigation, we explore collaborative optimization strategies from multiple dimensions, such as controlling the depth of pipeline burial, selecting construction techniques, adapting navigation water levels, configuring navigation marks, and related matters for operation and maintenance. We strive to minimize the impact of pipeline engineering on navigation conditions while ensuring the smooth implementation of water supply functions. Through relevant research, it has been found that a series of measures such as scientifically reasonable site selection, appropriate determination of burial depth, use of directional drilling and non excavation techniques can effectively prevent pipeline engineering from interfering with water flow conditions, riverbed stability, and ship navigation to a large extent. This provides certain reference value for the construction of similar cross channel projects in the future.

Keywords: Pinglu Canal; water pipeline; navigation safety; burial depth control; navigation mark configuration

平陆运河在连通西江航运干线以及北部湾国际枢纽海港方面起着极为重要的作用,它全长大概有134.2公里,并且是依照内河I级航道的标准来建设的,能够允许5000吨级的船舶通行。随着运河工程建设一步步向前推进,其沿线原本就存在的以及新修建起来的穿河输水管道都得同时满足通航安全方面的要求以及管道自身运行方面的相关要求。这类管道工程要是设计或者施工环节出现不妥当的情况,那极有可能会给航道的水流条件、河床的稳定性还有船舶航行的安全状况等方面带来一系列不利的影 响。所以说,针对管道敷设和通航安全二者之间展开协同优化方面的研究,这无疑有着十分突出的理论层面的价值,同时也具备相当重要的实际应用方面的意义。

1 工程概况与通航环境分析

1.1 工程基本情况

平陆运河沿线共布设12条穿河输水管道,包括给水管道和污水管道两种类型,其中新建管道2条,迁改管道10条。管道分布于沙坪河段与钦州城区段,具体穿越位置以桩号明确,具体如图1所示。工程平面坐标采用2000国家大地坐标系,高程系统为1985国家高程基准,通航标准按内河I级航道控制。所有管道均埋设于河床底面以下,埋深满足《内河通航标准》(GB50139—2014)与《运河通航标准》(JTS180-2—2011)中关于I级航道不小于2m的要求,从根本上规避了管道暴露影响航道通航安全的风险。

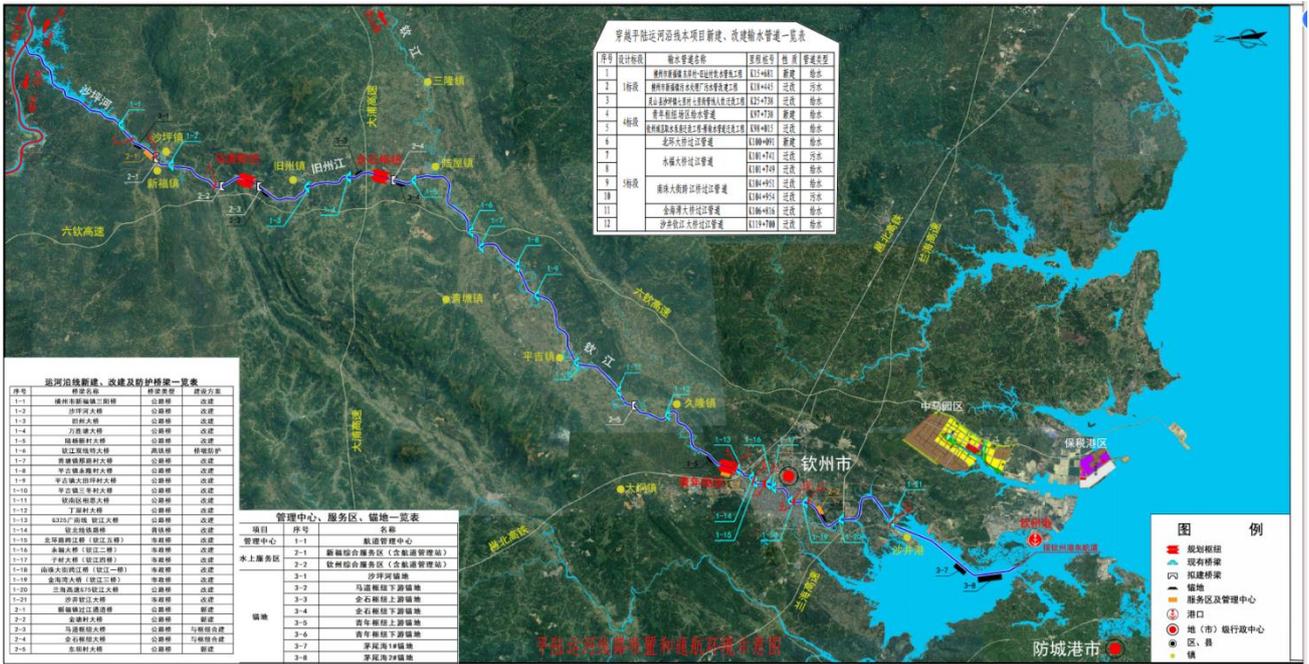


图1 平陆运河线布置和通航环境示意图

1.2 通航环境特征

工程所在沙坪河段及钦州城区段通航环境具有明显差异。沙坪河段属西津库区回水影响范围，河势总体稳定，流速缓，淤积轻微；而钦江段受潮汐与径流共同作用，水流动力条件更为复杂。根据2025年9月工程进展数据显示，平陆运河累计完成投资586亿元，占项目总投资的81%；完成土石方开挖2.9亿m³，占总量的92%；完成船闸主体混凝土浇筑535万m³，占总量的92%，表明河道拓深与拓宽工程已大规模实施。运河沿线通航设施如桥梁、缆线、船闸、锚地等也在同步建设与改造中，例如青年枢纽改建后设有双线船闸和156m宽引航道，有效保障船舶通航需求。

2 管道敷设与通航安全的协同设计策略

2.1 合理选址与埋深控制

管道穿越航道的位置选择和埋设深度确定是影响通航安全的核心因素。本工程所有管道均布置于航道设计河底以下2.15m~2.75m之间，其中1标段管道埋深2.15m，4标段为2.5m，5标段则不小于2.75m，全面满足规范要求的I级航道埋深不小于2m的规定。管道出土点均设于设计最高通航水位以上岸坡区域，避免对航道边坡稳定和船舶航行带来潜在干扰^[1]。例如在青年枢纽下游引航标段，输水管道垂直穿越航道，管顶距设计航道底2.5m，同时采用C25素混凝土包封结构，进一步提高防冲刷与防锚击能力。

2.2 施工工艺选择

针对不同区段地质条件与通航要求，工程采用差异化的施工工艺。1标段和4标段管道位于库区及引航道范围

内，采用围堰干地开挖沟槽敷设方式，先实施航道开挖再进行管道埋设和回填，施工期间不影响通航。5标段7条管道则均采用定向钻牵引施工工艺，牵引长度介于350m~847m之间，出入土角控制在8°~15°，牵引半径240m~930m，管道埋深均位于航道设计底高程以下，有效避免了航道疏浚和船舶通航区域，不仅减少了对水体扰动和河床结构的破坏，也显著降低了施工期间对通航环境的干扰，体现出先进工艺在协调管道建设与通航安全中的重要作用。

3 通航安全保障措施

3.1 基于河床稳定的结构性防护策略

管道铺设在河床下方，其自身结构安全以及河床稳定性都对航道的长期通航条件有着重要影响。如图2和图3所示，针对不同区段的地质与水文情况，工程采取了不一样的结构性防护设计。对于勘察设计1标段和4标段采用明挖施工方式的管道，在回填的时候在管道顶部设置了厚度不错的块石层与C20混凝土包封体，这样的刚性防护层可有效抵挡水流的冲刷，进而形成一个稳固的保护壳体。该设计理念是依据对运河建成以后河床演变趋势的科学分析得出的，参照交通运输部天津水运工程科学研究所等机构在2024年完成的《西部陆海新通道平陆运河感潮段航道潮流泥沙波浪数学模型试验研究》的结论来看，工程河段在未来整体上会呈现出微淤的态势，也就是说自然条件本身对河床稳定是有利的，而人工防护层更是强化了这一趋势，保证了管道上方覆盖层的永久稳定^[2]，从根源上避免了因管道裸露或者河床局部下切而导致的航道水深不够或者形成水下障碍物的风险。

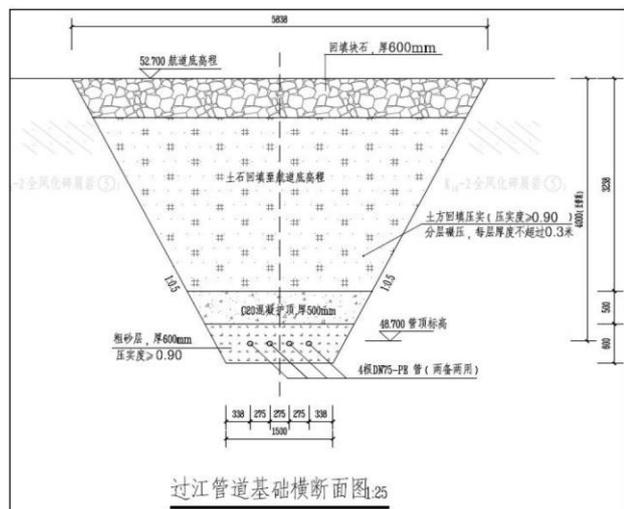


图2 输水管道横截面图

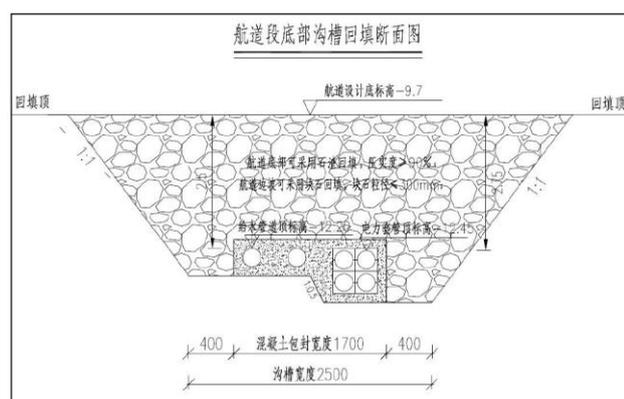


图3 青年枢纽场区给水管横断面图

3.2 针对船舶应急抛锚风险的评估与防护

虽然管道的埋设深度已经符合相关规范的要求,不过从理论层面来讲,还是存在着大型船舶在出现紧急情况的时候深抛锚进而对其形成冲击的可能性。针对这种情况,需要展开风险评估工作,其关键点就在于要对船舶抛锚时锚齿有可能达到的最大贯入深度展开计算。通过评估可以发现,工程所处区域的航道底质条件颇为不错,其中5标段定向钻穿越的那段是坚实且较为稳定的中风化岩层,而1、4标段明挖回填的那段则是由压实程度相当高的块石以及混凝土混合而成的混合物,其力学方面的性质要比普通的砂质河床好很多。参照针对砂质河床所采用的较为保守的计算公式所得到的结论来看,在最为不利的工况之下抛锚的贯入量仅仅是在0.10m~0.45m这样的范围之内,远远小于管道2.15m~2.75m的最小埋设深度。这个经过量化分析得出的结果从科学的角度证实了管道处于绝对的安全区域当中,船舶的应急行为并不会对其造成实际意义上的威胁。

3.3 施工期间的通航安全隔离与协调管理

本项目所运用的管道施工工艺并非爆破方式,也不是大规模的水下作业工艺,这一工艺本身便为通航安全构筑起了强有力的保障。就具体情况来讲,1标段以及4标段

的管道处在枢纽建设区域或者引航道的范围之内,其施工过程是与运河航道整体开挖工序一同推进的,在此期间,航道并未通航,所以不会出现施工和通航在时空方面产生冲突的情况。5标段的7条管道全都采用了定向钻穿越技术,其所有的作业点都设置在两岸陆域的工作井当中,钻具是在地下完成穿越航道的整个过程的,在整个施工周期里,航道水域没有受到任何干扰,船舶能够照常进行通行^[3]。这种先进的非开挖技术从源头处将施工活动和通航水域进行了隔离,使得以往传统的施工期水上交通组织工作、临时航路的调整事宜、警戒船的值守安排等一系列复杂且耗费成本较高的措施变得不再有必要施行了,这不仅极大地简化了安全管理方面的流程,而且完全避免了因为施工而导致航道出现中断或者受到限制所引发的巨额经济损失以及社会方面的不良影响。

4 安全保障措施

4.1 航道保障措施

4.1.1 航路规划及航道布置

根据《中华人民共和国内河交通安全管理条例》第十六条规定,船舶在内河航行时,上行船舶应沿缓流或航路一侧航行,下行船舶应沿主流或航路中间航行。本工程拟建的输水管道采用定向钻施工或围堰干地开挖沟槽敷方式穿越平陆运河,管道埋置于河床面以下,埋深符合相关规范要求。工程建设不会改变水流条件、河床演变趋势、航道布置及助航标志配置,也不影响航道整治工作。因此,对船舶通航安全无不利影响,工程实施不会对平陆运河的航路规划及航道布置造成影响。

4.1.2 工程河段航道建设及维护要求

根据平陆运河工程设计及相关批复文件,勘察设计1标段的3条过江污水管道所在河段航道设计尺度为6.3m×80m×360m,航道底高程为52.70m。勘察设计4标段的2条过江给水管穿越青年枢纽下游引航道,该段为直线段,引航道底高程-9.70m、宽度156m。引航道属船闸组成部分,依据相关标准及船闸管理规定,该水域属控制性通航河段,仅允许单向通行,由船闸运营单位统一调度船舶航行。

勘察设计5标段的7条过江输水管道位于平陆运河钦州城区段,该段航道设计尺度为(6.3~6.5)m×(90~100)m×450m。具体而言,青年枢纽至钦州水上服务区段航道尺度为6.3m×90m×450m,底高程-7.61m;钦州水上服务区至沙坪大桥段航道尺度为6.5m×100m×450m,底高程-7.81m。

沙坪河段处于西津库区回水范围内,总体以淤积为主。因上游植被茂密、来沙量少,淤积程度较轻,河床冲淤变化不明显,整体处于稳定状态。平陆运河建成后,航道经拓宽和深挖整治,水流流向趋于顺直。尽管航道整治显著改变了河道形态,但断面扩大使洪水期流速较建设前减缓,枯水期流速更低。运河建成前后,河道均以淤积为主,直至达到新的冲淤平衡,并均已采用回填块石与C20混凝土密封等防冲刷措施。

钦州城区段依据相关科研单位完成的数学模型试验结论,运河建成后工程河段河床呈微淤状态,不会发生冲

刷,因此无需额外采取冲刷防护。但为保障勘察设计4标段输水管道安全,周围采用C25素混凝土包封,顶面回填石渣(压实度 $\geq 90\%$)进行保护。

4.1.3 船舶应急抛锚贯入深度影响评价

工程所在航道河段底质均为基岩。因岩体较坚硬,且目前缺乏适用于岩石底质的抛锚贯入量计算公式,本项目参考砂质底质的计算结果进行取值。工程区船舶抛锚贯入量分别取0.10m和0.45m,均小于各输水管道的埋置深度,因此对管道安全不构成影响。

4.1.4 工程河段航道整治

依据《广西壮族自治区航道管理条例(2024年修正)》第二十二條,在航道上建设跨(过、临)河建筑物时,需在建筑物上下游各200m范围内按国家通航标准进行疏浚,法律法规另有规定的除外。

本工程输水管道埋置于河床面以下,采用定向钻或围堰干地开挖方式施工,不占用河道过水断面,埋深满足《内河通航标准》及《运河通航标准》对水下过河建筑物的设置要求,出入土点位于运河设计最高通航水位以外。平陆运河预计2026年底建成,届时工程河段可满足通航水深要求,因此本项目无需另行实施航道整治。

4.1.5 助航标志设置

根据《广西壮族自治区航道管理条例》(2024年修正)第十七条新建、改建、扩建与航道有关的建筑物建成后,建设单位应当按照国家有关规定和技术要求设置航标,并承担相应费用。建设单位应当将内河航道桥区水上航标移交给港航机构管理维护,维护费用列入航道养护预算;沿海航道桥区水上航标移交给有管辖权的海事管理机构管理维护。

拟在各输水管道穿越平陆运河的轴线两端岸上适当位置各设置1座管线标,告之拟建过江输水管道在工程河段设置的位置。该管线标志要求与本工程同步建成、验收、使用,并负责运营期间的日常维护管理,保证其处于正常工作状态。

4.2 通航安全及应急保障措施

4.2.1 施工期通航安全保障措施

拟建各输水管道穿越平陆运河管道埋置于河床底以下,采用定向钻施工或围堰干地开挖沟槽敷设管道穿越平陆运河,由于采用围堰干地开挖施工所在工程河段在施工期没有通航要求,所以施工期对船舶通航安全没有影响,即施工期不需要采取通航安全保障措施。

4.2.2 运营期安全保障措施

根据《广西壮族自治区航道管理条例》第十七条规定,新建、改建、扩建与航道有关的建筑物建成后,建设单位应当按照国家有关规定和技术要求设置航标,并承担相应费用。拟在每条输水管道穿越平陆运河的轴线两端岸上适当位置各设置1座管线标,告之拟建过江输水管道在工程河段设置的位置。

4.3 防撞安全保障措施

为保证本工程安全和船舶通航安全,根据《内河助航标志》(GB5863—2022)、《内河交通安全标志》(GB13851

—2022)和《内河航标技术规范》(JTS/T181—1—2020)等规范要求,拟建各输水管道建成后,在穿越平陆运河成品油管道的轴线两端的岸上适当位置设置管线标各1座,每条输水管道拟各设置2座。

4.4 安全管理措施

4.4.1 管理规章

在工程河段航行的船舶应遵守下列法律法规:《中华人民共和国航道法》《中华人民共和国航道管理条例》《中华人民共和国内河交通安全管理条例》《中华人民共和国内河避碰规则》《中华人民共和国水上水下作业和活动通航安全管理规定》等。根据《广西壮族自治区航道管理条例》(2024年修正)第十七条新建、改建、扩建与航道有关的建筑物建成后,建设单位应当按照国家有关规定和技术要求设置航标,并承担相应费用。建设单位应当将内河航道桥区水上航标移交给港航机构管理维护,维护费用列入航道养护预算;沿海航道桥区水上航标移交给有管辖权的海事管理机构管理维护。本工程建成后运营期间,应对配布的过河管线标志进行定期巡查并进行维护保养,保证其处于正常工作状态。

4.4.2 人为因素

根据统计,水上交通80%以上的海事是由人为因素造成的,船舶驾驶员也是影响航道通航环境风险的一个重要原因,若人员能够接受正规的专业培训教育,具备较高的教育学历水平,具备良好的履行能力,具有较高的安全意识等,可以有效降低人为因素对水上交通安全的影响。

5 结束语

平陆运河穿河输水管道工程运用科学选址的方式,同时严格控制埋深情况,精心挑选施工工艺,并且合理安排航标,还建立起协同管理的相关机制,凭借这一系列举措,成功达成了管道敷设和航道通航安全之间的高效协同效果。从工程实际操作的情况来看,在重大线性基础设施和高等级航道交叉开展建设工作的过程当中,借助系统性的设计以及相应的管控手段,是能够有效地避开通航方面的安全隐患的,进而能够确保运河的功能保持完整状态以及在运营期间的安全无虞。本工程所采用的协同优化策略,能够为类似的跨航道工程建设给予颇为有益的参考,同时也为平陆运河实现全线的安全且高效的运营筑牢了稳固的基础。

[参考文献]

- [1]林运飞,杨金龙.平陆运河航道工程城区段施工通航安全保障措施研究[J].西部交通科技,2024(11):219-221.
- [2]廖艺佳,林运飞,刘意楠.平陆运河安全隐患问题排查及整治方法研究[J].西部交通科技,2024(4):14-15.
- [3]刘宁.平陆运河工程建设关键问题研究与思考[J].水运工程,2024(6):1-11.

作者简介:黎明镜(1981.8—),毕业院校:上海大学,所学专业:项目管理,当前就职单位:广西平陆运河建设有限公司,职务:党委副书记、副董事长、总经理,职称级别:高级工程师。

水利水电工程数字化交付现状与发展研究

刘飞 刘攀

湖北瑞洪工程管理有限公司, 湖北 荆门 430074

[摘要]信息技术发展迅速,数字化交付成提升水利水电工程全生命周期管理水平的关键手段。文章讲数字化交付基本概念,说它在水利水电工程领域的应用意义,从技术应用、标准规范、实施模式、管理机制等方面分析当下发展状况。研究发现,我国水利水电工程数字化交付刚开始,有数据标准不一、技术集成差、管理机制缺等问题。为此,文章给出关键技术发展走向、标准体系完善办法和管理机制优化提议,还展望未来发展趋势,推动行业数字化转型和高质量发展。

[关键词]水利水电工程;数字化交付;标准体系;数据集成

DOI: 10.33142/aem.v7i8.17750

中图分类号: TV21

文献标识码: A

Research on the Current Situation and Development of Digital Delivery in Water Resources and Hydropower Engineering

LIU Fei, LIU Pan

Hubei Ruihong Engineering Management Co., Ltd., Jingmen, Hubei, 430074, China

Abstract: With the rapid development of information technology, digital delivery has become a key means to improve the overall lifecycle management level of water conservancy and hydropower projects. The article discusses the basic concepts of digital delivery and its application significance in the field of water conservancy and hydropower engineering. It analyzes the current development status from the aspects of technical application, standard specifications, implementation mode, and management mechanism. Research has found that the digital delivery of water conservancy and hydropower projects in China has just begun, with problems such as inconsistent data standards, poor technology integration, and lack of management mechanisms. To this end, the article provides key technological development trends, methods for improving standard systems, and suggestions for optimizing management mechanisms, which also looks forward to future development trends, promoting digital transformation and high-quality development of the industry.

Keywords: water conservancy and hydropower engineering; digital delivery; standard system; data integration

水利水电工程属于国家基础设施建设当中的重要部分,它的建设以及运营管理的水平,和水资源的高效利用还有能源安全保障有着直接关联。传统的工程交付模式主要依靠二维图纸以及纸质文档,存在着信息分割开来、协同效率不高、数据利用率不够高等问题,很难契合现代化工程精细化管理方面的需求。近些年来,随着建筑信息模型、物联网、大数据等相关技术得到广泛运用,数字化交付慢慢变成了工程领域里的研究热点所在。借助构建起统一的数据平台以及信息模型,数字化交付可达成工程全生命周期数据完整的传递以及高效的利用,能给项目的决策、建设管理、运营维护给予有力的支撑。当下,我国的水利水电工程数字化交付还处在探索以及试点的阶段,迫切需要对发展现状加以系统地梳理,对存在的问题予以剖析,并且明确未来的方向,以此来为推动行业的数字化转型给予理论方面的参考以及实践层面的指导。

1 水利水电工程数字化交付概述

1.1 数字化交付的内涵

数字化交付也称数字化移交,《石油化工工程数字化交付标准》(GB/T51296—2018)将数字化交付定义为以工厂对象为核心,对工程建设阶段产生的静态信息进

行数字化创建直至移交的工作过程。数字化交付涵盖了工程项目设计、采购、施工、运维等各个阶段的全生命周期数据、文档、模型。与传统以纸质介质为主体的交付方式最根本的区别在于,数字化交付需要通过数字化集成平台,以标准数据格式将相关设计成品提交给业主。综上,本文将数字化交付界定为:通过数字化集成平台,将纸质文件为主体的传统交付物,以三维数字化的形式进行表达和传递的交付过程。

1.2 数字化交付在水利水电工程中的意义

水利水电工程往往呈现出规模颇为可观、建设周期相对较长、涉及的参与方数量众多以及技术层面较为复杂等诸多特点。而数字化交付这一应用手段,在很大程度上可对传统交付模式之下所存在的信息断层状况以及协同方面的诸多障碍予以有效的改善。具体来讲,它的意义主要在三个方面有所体现。其一,它能够提升工程质量以及管理的水平^[1]。借助统一的数据标准以及信息模型,便可以达成设计阶段、施工阶段还有运营阶段数据的一致性,进而减少由于信息出现误解或者被遗漏等情况而导致的质量方面的缺陷。其二,它可对项目决策以及资源配置加以优化。凭借数字化平台将多源且异构的数据加以集成,从

而能够为管理者给予全景式的数据视图以及智能分析方面的有力支持,由此促使工程效率得以提高,并且带来良好的经济效益。其三,它推动着行业的可持续发展。数字化交付给工程后期的运营维护、改造升级以及跨项目的知识复用都打下了十分坚实的基础,这与智慧水利以及绿色水电的发展方向是相契合的。

2 水利水电工程数字化交付的现状

2.1 技术应用现状

就技术层面而言,水利水电工程数字化交付主要依靠建筑信息模型、地理信息系统、云计算以及大数据等关键技术来实现。建筑信息模型的应用已经从单纯进行三维建模朝着多维度、多专业协同的方向不断发展,在部分大型项目当中,还尝试把水文、地质、结构等专业的模型加以整合,进而形成具有一定完整性的数字孪生体。地理信息系统主要用来获取、管理以及分析空间数据,可以为工程选址、环境评估以及灾害预测给予重要的支撑^[2]。根据中国水利水电出版社所发布的行业技术发展报告来看,当下超过百分之六十的大型水利水电项目已经开展了 BIM 技术应用试点,不过整体上仍然处在模型展示与简单分析的阶段,并且还没有达成全流程数据的贯通。物联网和传感器技术在数据采集以及实时监测方面起到了十分重要的作用,但是因为设备兼容性以及数据精度方面的问题,其在数字化交付当中的深度融合依旧面临着一定的阻碍。

2.2 标准与规范建设现状

标准以及规范在数字化交付得以顺利实施的过程中起着极为关键的保障作用。就当下而言,我国已经初步构建起了一套和水利水电工程数字化有关的标准体系。国家标准化管理委员会与中国水利水电勘测设计协会携手合作,共同发布了水利水电工程信息模型的应用标准,由此明确指出了在模型构建、数据交换以及交付验收等方面所应遵循的基本要求。并且,像中国长江三峡集团有限公司这样的行业龙头企业还制定了企业级别的数字化交付指南,比如其项目全生命周期数据管理规范,这无疑为具体的实践操作给予了相应的依据。不过即便如此,现有的这些标准依旧存在着诸多问题,像是覆盖面不够广泛、兼容性较差以及强制执行力偏弱等等情况,进而使得不同项目之间、不同地区之间开展数据交互与集成工作时依旧面临重重困难。尤其是在数据语义描述、分类编码以及质量控制这些方面,到目前为止还没有形成统一且详细的规定,这也直接导致数字化交付所能达到的深度以及涉及的广度都受到了一定程度的限制。

2.3 实施模式与管理机制现状

水利水电工程数字化交付的实施模式主要涵盖建设单位主导这一种形式、设计单位协同这样一种形式以及第三方专业服务这种形式。当下,多数项目都采取由建设单位来牵头,并且让各个参建方各自分工协作这样的模式。

不过因为权责的界定不够清晰明确,协作机制也存在诸多不完善之处,所以在实际执行的过程当中,往往会频繁地出现数据责任变得模糊不清、移交流程显得格外冗长等一系列的情况。从管理机制的角度来讲,数字化交付需要项目各方都具备比较高的数据管理以及协同方面的能力。然而就当前的情况而言,许多单位依旧在沿用传统的管理思维模式,而且普遍缺乏专门负责数据管理的部门,技术人员也相对匮乏。与此数字化交付还涉及到知识产权方面的问题、数据安全方面的难题以及隐私保护方面的顾虑等诸多法律层面的问题,而与之相关的管理框架以及政策支持到目前为止还没有完全搭建起来,这在很大程度上对数字化交付的大规模推广形成了制约作用。依据中国水利网所发布的相关报道来看,在整个行业内普遍都有这样的看法,那就是管理机制方面的创新才是推动数字化交付能够真正落地实施最为关键的核心要素所在。

3 水利水电工程数字化交付的发展策略

3.1 关键技术发展方向

未来水利水电工程数字化交付的技术发展主要聚焦于数据集成、智能应用以及平台构建这三个关键领域,进而形成技术协同创新体系。就数据集成技术而言,得攻克多源异构数据融合以及语义一致性方面的难题,要开发出适用于水利水电领域的数据中间件以及交换协议,达成从数据采集直至应用的无缝连接。其重点攻关的方向涵盖基于本体的数据语义互操作技术、多尺度数据融合的方法还有跨平台数据交换机制,这些技术一旦取得突破,将会大幅提升数据的利用效率^[3]。在智能应用方面,需要强化人工智能以及机器学习技术在数据分析、异常检测以及决策支持当中的运用,比如说借助深度学习算法来实现工程图像的自动识别与分类,依靠自然语言处理技术提取并归类工程文档里的关键信息。在平台构建方面,得依靠云计算以及边缘计算,去建设开放且可扩展的工程数据平台,以此支持多方协同以及全生命周期的数据管理。这些技术相互深度融合之后,会明显提升数字化交付的自动化程度以及实用价值,给工程智慧化运营打下稳固的技术根基。依照工信部和水利部联合公布的行业技术路线图来看,到2025年将会建成一批行业级的数据平台,并且突破十项以上的关键核心技术。

3.2 标准体系完善路径

完善数字化交付标准体系需要从顶层设计、行业协同以及国际接轨这三个层面协同推进,进而构建具有中国特色的标准生态。在顶层设计层面,建议由国家行业主管部门来牵头,制定能够涵盖水利水电工程所有专业的通用数据标准以及模型规范,要明确数据格式、精度要求、交付内容还有验收准则等方面的内容。着重去编制像工程分类与编码标准、数据字典标准、模型轻量化标准等一系列基础标准,以此为行业应用提供统一的遵循依据。在行业协

同层面,需要鼓励设计方、施工方、设备制造方等各方参与到标准制定以及修订工作当中,形成具有较强共识性且可操作性较高的标准簇。建立起标准的动态更新机制,及时反映出技术的进步以及行业需求的变化情况。在国际接轨层面,应当积极地去借鉴国际先进的标准,比如 ISO19650 系列,推动国内标准和国际标准相互认可,以此增强我国水利水电工程在国际上的竞争力。还要强化标准的宣贯以及培训工作,提升全行业对于标准化工作的重视程度以及执行力度。借助标准试点示范、应用评估等方式,推动标准切实落地实施,真正发挥出标准对于行业发展的引领作用。

3.3 管理机制优化建议

管理机制方面的优化,乃是保证数字化交付得以有效施行的一项重要保障举措,其需从组织架构、流程制度以及人才培养等诸多不同维度去展开系统的推进工作。得要清晰明确项目各个阶段当中数据的责任主体以及数据移交流程,同时建立起以数据质量评价作为依据的激励机制,以此来促使各方在参与数字化交付事宜时能够有更高的积极性。还要推行有关数据资产管理的制度,把数字化交付所取得的成果归入到工程竣工验收的范围之内,进而强化制度所具有的约束作用力。接着,推动组织方面的变革,于工程建设单位以及运营单位分别设立专门用于数据管理的岗位或者部门,由其负责数字化交付工作的规划、协调以及监督等相关事宜。构建起跨部门、跨单位的数据协同工作的机制,借此打破信息孤岛的状况,推动数据实现共享。要强化政策方面的支持以及法规建设方面的工作,制定出专门针对工程数据产权、安全以及共享等方面的管理办法,从而给数字化交付提供相应的制度层面的保障。要着重关注人才培养以及能力提升方面的事情,借助校企合作、在职培训等多种方式来提高从业人员在数据素养以及技术能力方面的水平,构建起能够适应数字化转型需求的人才队伍。尤其要十分重视那种既了解工程技术又熟悉信息技术的复合型人才的培养工作,因为这可是数字化交付成功实施的关键要素所在。

4 水利水电工程数字化交付未来发展趋势

水利水电工程数字化交付在未来的发展态势将会呈现出平台化、智能化以及生态化这三大主要趋势,并且这些趋势彼此之间相互推动着,朝着融合发展的方向迈进,一同助力于行业的数字化转型进程。其中,平台化这一趋势具体表现在,凭借云原生架构所构建起来的工程数据平台,很可能会成为数字交付的关键核心载体,其能够充分支持多个不同项目的协同开展工作,同时也可助力多个参与方达成协同作业以及实现数据的重复利用。这样的平台会把项目管理、设计协同、施工监控、运营维护等一系列贯穿全流程的各项功能都集成到一起,进而能够为用户提供一站式的数字化服务,由此使得工作效率得以大幅度地

提升。智能化这一趋势则体现为,人工智能技术会全方位地融入到数据采集、处理以及分析等诸多环节当中,进而达成对工程数据的自动校验、智能检索以及知识挖掘等目的,从而能够为工程决策给予更为深层次的有力支撑。尤其是在设备的预测性维护、工程安全预警以及优化调度等相关方面,人工智能将会逐渐发挥出愈发重要的作用。而生态化这一趋势指的是,数字化交付会促使产业链上下游的企业共同形成一种数据共享、价值共创的合作生态系统,以此来推动工程管理模式方面的创新举措,进而促使整个行业的整体效率获得提升。与此伴随着数字孪生技术不断趋向成熟,水利水电工程数字化交付也会一步步地从原本的静态模型朝着动态仿真以及实时调控的方向去发展,最终达成物理工程和数字空间的深度融合与相互间有效的交互^[4]。这样的一种融合情况,其不仅仅在技术层面上有所体现,而且还将会推动组织架构、业务流程以及商业模式等方面都产生深刻的变革,进而开创出水利水电工程建设运营全新的范式。

5 结束语

水利水电工程数字化交付乃是行业数字化转型不可或缺的要求,同时也是提高工程品质以及运营效率极为重要的途径,对于国家水安全以及能源安全而言有着不容小觑的战略意义。当下我国在这一领域已经获得了初步的进展,在技术应用、标准制定、项目管理等诸多方面也积累了颇为宝贵的实践经验,然而依旧面临着技术层面、标准方面以及管理环节等多方面的诸多挑战,这就需要去进行系统地谋划并且统筹协调推进相关工作。在未来应当着重加强技术研发以及集成创新方面的努力,尤其要在数据集成、智能分析等关键技术瓶颈上力求突破;要不断完善标准规范体系,建立起能够涵盖全流程以及全专业的标准生态;还要对项目管理机制加以优化,创新组织模式以及人才培养机制。依靠政府、企业、科研机构等各方主体的共同协作,构建起协同创新体系,从而推动数字化交付在更为广泛的范围以及更深的层次得以应用。

[参考文献]

- [1]肖诗凡.城镇燃气地上管道 VR 数字化交付的应用[J].煤气与热力,2025,45(4):37-40.
 - [2]徐亚男,刘纯甫,姜天凌,等.BIM+GIS 在既有水务设施数字化交付项目中的应用[J].中国给水排水,2025,41(8):71-76.
 - [3]苏杰,王亚震,赵航.工程数字化交付实施路径探索与应用[J].中国市政工程,2025(2):105-108.
 - [4]梁昊.环北部湾广西水资源配置工程数字化交付系统建设[J].广西水利水电,2025(4):108-114.
- 作者简介:刘飞(1988.6—)男,汉族,毕业院校:三峡大学,专业:工程管理,工程师。

跨区域高速公路用地不动产登记协作机制与制度创新

郑南岸 王彤

广西壮族自治区国土测绘院, 广西 南宁 530000

[摘要]跨区域高速公路用地不动产登记对于保障高速公路建设、运营及管理工作的规范开展而言,属于极为重要的一环。其涉及到土地权属的确认、空间权利的定界、信息的共享以及登记协作等诸多方面。文中通过对当下我国跨区域高速公路用地不动产登记的实际状况与所存在问题展开分析,着重就权属来源难以确定这一情况,还有服务区以及交叉空间登记较为复杂的这些关键问题展开探讨,同时提出了诸如法律制度方面的完善举措、技术与信息化的应用方式、协作机制的优化办法以及制度的动态评价等几方面的制度创新路径。目的在于为完善跨区域高速公路用地不动产登记体系给予一定的理论参考以及实践方面的指引,推动高速公路建设管理朝着规范化与信息化的方向不断发展。

[关键词]跨区域;高速公路;不动产登记;协作机制;制度创新

DOI: 10.33142/aem.v7i8.17765

中图分类号: P271

文献标识码: A

Collaborative Mechanism and Institutional Innovation for Real Estate Registration of Cross Regional Expressway Land Use

ZHENG Nan'an, WNAG Tong

Guangxi Land Surveying and Mapping Institute, Nanning, Guangxi, 530000, China

Abstract: Real estate registration of cross regional expressway land is an extremely important part of ensuring the standardized development of expressway construction, operation, and management. It involves many aspects such as confirmation of land ownership, delineation of spatial rights, sharing of information, and registration cooperation. The article analyzes the actual situation and existing problems of real estate registration for cross regional highways in China, focusing on the difficulty in determining ownership sources, as well as the complex registration of service areas and intersection spaces. At the same time, several institutional innovation paths are proposed, such as measures to improve the legal system, application methods of technology and information technology, optimization methods of cooperation mechanisms, and dynamic evaluation of the system. The purpose is to provide theoretical reference and practical guidance for improving the real estate registration system for cross regional highways, and to promote the continuous development of highway construction management towards standardization and informatization.

Keywords: cross regional; expressway; real estate registration; collaboration mechanism; institutional innovation

引言

随着我国高速公路网络不断发展,跨区域高速公路用地的不动产登记问题开始逐渐显露出来。高速公路建设会跨越多个行政区划,其用地涉及到不同部门、不同标准以及不同数据平台,这就使得权属界定变得复杂起来,登记协作的难度也随之增大。准确且规范的用地不动产登记,一方面关系到土地资源的有效管理,另一方面还直接影响着高速公路的建设效率。所以,深入分析跨区域高速公路用地不动产登记现状、存在的问题以及协作机制,同时去探索制度创新的路径,有着十分重要的理论价值以及实践意义。本文在对国内外不动产登记协作经验加以梳理的基础之上,结合我国高速公路建设的特点,针对现行制度展开系统分析,目的是提出具有较强可操作性的优化方案以及制度创新思路。

1 跨区域高速公路用地不动产登记现状与问题分析

1.1 高速公路用地不动产的特征与分类

高速公路用地不动产呈现出空间跨越性、用途专用性

以及权属集中性等较为突出的特征。其空间跨越性的特点在于,一条高速公路常常会横跨多个不同的行政区域,而且其用地涉及到地表、地下还有附属设施用地等方面,进而形成了在纵向与横向都颇为复杂的空间格局。用途专用性方面的情况是,高速公路用地主要是用来作为公路主线、服务区、交通设施以及附属建筑等用途的,有着清晰明确的功能属性,并且还存在着限制性使用的相关要求。权属集中性所指的是,在大多数的情况下,高速公路用地都是归国家或者集体所有的,其权属结构相对来说是比较集中的,不过会涉及到不一样的土地来源以及不同的历史划拨方式,所以在登记管理的时候,就会面临着比较复杂的权属认定以及界定方面的诸多问题。就分类而言,高速公路用地能够划分成路基用地、附属设施用地、服务区用地以及交叉空间用地等类别,每一类土地在权属确认的方式、登记的具体方法以及管理的要求等方面都有着各自的差异,这也促使跨区域登记在制度方面的衔接、技术层面的表述以及信息处理等方面都提出了较高的要求。

1.2 跨区域登记现状

当前,我国跨区域高速公路用地不动产登记在实际操作中已经初步构建起基本的制度框架,不过依然存在着运行效率不高以及协作程度不够等问题。在开展登记工作的过程当中,各个行政区对于用地权属、登记标准以及审批流程都存在一定的差异情况,而不同区域所设立的数据平台也缺少统一的标准与接口,这就使得登记信息没办法做到及时地共享以及同步地更新。跨区域登记通常需要多个部门以及多个流程来相互协调,涉及到土地、规划、交通等诸多管理部门,其登记环节较为繁琐,并且所需周期也比较长。虽然有一些重点项目借助试点的方式建立起了跨区域的信息共享机制,然而整体而言,其覆盖范围是有限的,至今尚未形成一个全国性的统一登记协作体系。除此之外,像服务区、交叉空间以及地下设施这类特殊的用地类型登记,到目前为止仍然缺乏明确的规范,登记标准以及技术手段在局部方面也存在滞后的状况,这对不动产登记工作的规范性以及高效性都产生了影响。

1.3 主要问题

1.3.1 权属来源与证明难

跨区域高速公路用地于历史划拨、出让还有征用进程里所形成的权属来源颇为复杂,牵涉到集体土地、国有土地以及各式各样的划拨与转用手续。在实际开展登记工作的过程当中,有一部分土地权属来源方面的材料并不完备,存在着历史资料有所缺失或者相关信息并不一致等状况,这就导致权属证明很难被统一地予以认定。与此不同区域在权属文件的规范要求、档案管理的方式方法以及审批流程等方面都存在着差异,这些差异又进一步增加了跨区域登记工作当中的诸多不确定性因素。因为缺少统一且明确的权属认定标准,登记部门在对权属进行核验以及开展审批相关事宜的时候,往往会面临比较沉重的行政负担,如此一来便容易致使登记周期被拉长,进而对项目的建设推进速度以及用地管理的规范程度都会产生不利的影

1.3.2 空间权利界定难

划拨土地的地下空间分层确权未受到法规的明确规范。目前分层确权主要在三类空间之间的分层确权以及出让土地内的分层出让和确权,但对于划拨空间内的分层划拨则无明确法规可依,致使无法推进划拨地下空间的分层确权登记工作。这不仅增加了登记工作的不确定性,也影响了土地资源的合理利用和权属管理的规范化。

1.3.3 服务区及交叉空间登记难

高速公路服务区及交叉空间用地的登记有着明显的技术与管理难题。服务区用地往往涉及地表、地下设施以及附属建筑等诸多层次的空间,其权属界定与登记表达颇为复杂。交叉空间是不同道路、设施或者公共用地在空间上出现交叉重叠的情况,传统的二维登记方式很难精准地反映出权利关系和空间范围。在实际的操作进程中,登记部门得依靠精细化测绘以及三维建模技术,然而现有的法规和技术标准并未

能充分涵盖这些特殊的用地类型,致使登记操作的难度增大,规范性有所欠缺,进而对登记的完整性与准确性产生了影响。

2 跨区域登记协作机制分析

2.1 协作机制的内涵与类型

跨区域高速公路用地不动产登记协作机制,是说在不同的行政区域以及不同的部门之间,借助规范化的流程、信息的共享以及权责的明确界定,达成用地登记信息能够彼此连通且相互传递,并且让权属确认的效率得以提升的一种制度安排。它的内涵不仅仅包含了行政协作、技术协作还有信息协作这些方面,而且还包含了利益协调以及责任分配等一系列综合管理方面的内容。依据其运行的方式来看,可以把协作机制划分成政策驱动型、信息平台型以及流程协作型这三种类别。政策驱动型机制是以法律法规以及行政规范作为基础的,它是通过制定跨区域审批以及登记的标准来推动协作开展的;信息平台型机制是通过去建立统一的数据接口以及共享平台,以此来实现登记数据能够实时地进行交换并且加以验证;流程协作型机制那么就是着重于跨区域部门之间工作方面的衔接、审批流程的协调以及责任链条的明确界定。这三种类型的协作机制在实际的操作过程当中往往是交叉着去应用的,它们彼此之间相互辅助,相互补充,一道支撑起跨区域登记工作能够顺利地向前推进。

2.2 信息共享与数据标准化

信息共享以及数据标准化在跨区域登记协作里属于极为关键的环节。因为高速公路所占用地是跨越了多个不同行政区的,在此情况之下,各地的登记系统、宗地编码还有数据结构都存在着一定的差异,这就使得登记信息没办法实现高效的传递。若建立起统一的数据标准与信息交换协议,那么便能够切实有效地去解决数据接口出现不兼容的情况、信息存在重复录入的状况以及更新滞后的诸多问题。与此还应当达成地籍测绘成果、权属资料、审批文件以及登记证书的电子化存储,并且要实现标准化存储,以此来保证各个部门以及各个区域均能够在同一信息平台之上获取到权威且实时的数据,进而提升登记工作的效率,减少重复审批的现象以及避免产生不必要的行政成本。信息共享不仅仅涉及到技术层面方面,而且还需要清晰明确管理职责、数据权限以及保密措施等方面,从而确保信息的安全性以及权利确认的可靠性程度。

2.3 权属确认与审批协作

在跨区域登记这个过程当中,权属确认以及审批流程无疑是最为关键的环节所在。因为不同区域在土地来源方面、历史资料方面以及权属认定标准方面都存在着一定的差异,所以登记部门就需要在协作机制之下积极开展联合权属核查以及审批协作相关工作,借助标准化的核查流程还有数据接口来达成权属认定的一致性目标。协作机制务必要明确各区域的责任主体、审批权限以及操作流程等内容,从而让登记部门可以在共享信息的基础之上迅速完成权属确认事宜。与此还应当建立起统一的登记标准以及操作规程,以此确保各地登记结果在法律层面具备一致性与可追溯性,进而为跨

区域高速公路用地权属管理给予可靠的依据。

2.4 利益协调与责任分配

跨区域登记涉及到技术以及制度层面的问题,同时也面临着利益协调以及责任分配方面的管理难题,在开展登记工作期间,土地权属、管理权、开发权还有使用权常常会牵涉到多个不同的部门以及诸多利益主体,有可能会出现责任归属不清晰或者利益产生冲突的状况,协作机制需要依靠制度化的协调手段来明确具体的责任主体以及各自的分工情况,构建起权利义务相对等、利益能够共享的管理模式,以此来保证各方在登记、审批以及管理各个环节当中都能够各尽其责。与此应当制定出争议处理的相关机制,当在跨区域登记的过程中出现权属方面的争议或者是信息方面的冲突时,可以通过统一的协调平台又或者是仲裁程序来实现快速有效地解决,进而保障登记工作的连贯性以及规范性。

3 制度创新与优化路径

3.1 法律制度创新

完善法律制度对于提升跨区域高速公路用地不动产登记协作的效率而言,其基础性作用不容忽视。在制度创新方面,需着重于清晰明确权属的界定情况、登记所遵循的标准以及审批流程的安排,进而构建起能够涵盖不同土地来源以及各类空间类型在内的统一法规体系。在开展法律制度的设计工作时,要全面兼顾地表用地、地下空间、交叉空间以及附属设施用地等不同方面的登记需求,将各类权利主体所拥有的权利以及应当履行的义务都予以明确清晰的界定,以此来保证跨区域登记得出的结果具备相应的法律效力^[1]。制度创新还应当对跨区域信息共享机制加以规范,同时也要规范审批协作流程以及责任追溯的相关措施,让登记各个环节都能够依据法律框架来操作,做到有章可循且管理井然有序,最终为高速公路的建设管理工作给予强有力的制度方面的保障。

3.2 技术与信息化创新

技术手段以及信息化应用在提升登记效率与精确性方面起着十分关键的作用。借助建立全国统一的不动产登记信息平台这一举措,能够达成跨区域数据的互通以及权属信息的共享,如此一来,重复登记以及信息冲突出现的概率就会大幅度降低^[2]。三维地籍测绘、GIS 技术以及区块链等新技术加以应用之后,可以精准地去表达地表、地下还有交叉空间的权利界限,进而实现复杂空间结构的可视化管理以及可追溯管理。与此需要进一步完善数据标准与接口规范,以此来保证各个区域系统之间信息能够实现无缝对接,提高登记系统的智能化程度,促使登记工作从传统的依靠人工管理向着数字化、智能化管理顺利转型。

3.3 协作机制优化

制度优化并非仅仅在法律以及技术层面有所体现,对

于协作机制的科学设计同样需要给予重视。跨区域登记这一事项涉及到多个不同的部门、多个行政区以及多种类型的用地,所以应当构建起责任分工清晰明确、流程衔接顺畅以及信息共享有效的机制^[3]。协作机制要搭建起统一的管理平台,借助规范化的流程、标准化的操作规程以及能够动态追溯责任的体系,让各个参与主体可以在权责框架较为明晰的情形下达成高效的协作。与此还需通过定期开展的培训以及经验方面的交流来提升部门协作的能力,并且在实际的操作过程中持续地去完善并优化协作流程,进而使得跨区域登记的操作能够实现标准化,协作也能够达成高效化。

3.4 制度评价与动态调整

制度创新并非一成不变的静态状态,跨区域登记体系应当构建起持续评价以及动态调整的相关机制。借助定期针对登记效率、数据准确性、协作效果还有风险控制等方面的情况展开评估这一举措,能够察觉到制度在运行过程中所存在的那些较为薄弱的环节,并且对其予以相应的优化处理。与此要依据技术方面的发展状况、政策层面出现的变化情况以及实际积累的实践经验,对登记流程、信息标准以及协作机制等做出动态的调整操作,从而保证制度能够始终契合高速公路建设管理的实际需求,达成登记制度的可持续发展态势。

4 结语

跨区域高速公路用地不动产登记牵涉到土地权属、空间界定、信息共享以及协作管理等诸多复杂环节,这关乎高速公路建设的规范化程度以及管理效率的高低。经分析现状与存在的问题,本文指出了诸如权属来源情况复杂、服务区以及交叉空间登记存在困难、信息共享不够充分等问题,还提出了完善协作机制、提高技术与信息化水平、优化法律制度并建立动态评价体系等制度创新方面的路径。这些举措对于构建高效、规范且可持续的跨区域不动产登记体系是有帮助的,可为高速公路建设和管理给予制度方面的保障以及技术层面的支持,同时也能给类似跨区域基础设施用地管理提供一定的参考经验。

[参考文献]

- [1] 彭子龙,王清,黄麒瑞.高速公路确权登记存在的问题与建议[J].国土与自然资源研究,2021(6):46-48.
- [2] 柳敬景,陈洲,高鸿波.宁波市轨道交通不动产登记难点与政策创新研究[J].浙江国土资源,2021(11):30-32.
- [3] 肖鹏飞,吴永胜.关于四川省高速公路用地情况的思考[J].四川农业科技,2020(12):81-82.

作者简介: 郑南岸(1991.8—), 毕业院校: 广西水利电力职业技术学院, 所学专业: 工程测量, 当前就职单位: 广西壮族自治区国土测绘院, 职务: 无, 职称级别: 工程师。

征 稿

《建筑工程与管理》由新加坡Viser Technology Ptd Ltd主办，ISSN: 2661-4405 (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青睐。期刊是一个开放获取刊，致力于出版建筑领域的高质量学术论文。同时为建筑工程技术人员和专业人士提供一个交流和信息交换平台，文章被万方数据库等权威数据库收录。

《建筑工程与管理》秉承科学精神，以促进学术交流、科技进步，提高工程建设水平为宗旨，为推动建筑设计、建筑材料、建筑技术、城市规划、市政园林等领域的科研、设计、施工方面的最新研究成果与工程实践总结服务。

《建筑工程与管理》期刊的主要栏目有：

建筑设计、建筑工程、施工技术、材料科学、工程管理、市政园林、机电机械、城乡规划、石油化工、勘察测绘、节能环保、预算造价等。

鼓励建筑界各领域的专业技术人员和管理人员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

