

工程研究前沿

Frontiers of Engineering Research

Volume 1 · Issue 7 · December 2024 3060-9054(Print) 3060-9062(Online)

工程研究前沿

Frontiers of Engineering Research

Volume 1 · Issue 7 · December 2024 3060-9054(Print) 3060-9062(online)

Nanyang Academy of Sciences Pte. Ltd.
Tel.: +65 62233839

E-mail: contact@nassg.org
Add.: 12 Eu Tong Sen Street #07-169 Singapore 059819

中文刊名：工程研究前沿

ISSN：3060-9054（纸质）3060-9062（网络）

出版语言：华文

期刊网址：http://journals.nassg.org/index.php/foer-cn

出版社名称：新加坡南洋科学院

Serial Title: Frontiers of Engineering Research

ISSN: 3060-9054 (Print) 3060-9062 (Online)

Language: Chinese

URL: http://journals.nassg.org/index.php/foer-cn

Publisher: Nan Yang Academy of Sciences Pte. Ltd.

《工程研究前沿》征稿函

期刊概况：

中文刊名：工程研究前沿

ISSN：3060—9054（Print） 3060—9062（Online）

出版语言：华文刊

期刊网址：http://journals.nassg.org/index.php/foer-cn

出版社名称：新加坡南洋科学院

出版格式要求：

- 稿件格式：Microsoft Word
- 稿件长度：字符数（计空格）4500以上；图表核算200字符
- 测量单位：国际单位
- 论文出版格式：Adobe PDF
- 参考文献：温哥华体例

出刊及存档：

- 电子版出刊（公司期刊网页上）
- 纸质版出刊
- 出版社进行期刊存档
- 新加坡图书馆存档
- 谷歌学术（Google Scholar）等数据库收录
- 文章能够在数据库进行网上检索

作者权益：

- 期刊为 OA 期刊，但作者拥有文章的版权；
- 所发表文章能够被分享、再次使用并免费归档；
- 以开放获取为指导方针，期刊将成为极具影响力的国际期刊；
- 为作者提供即时审稿服务，即在确保文字质量最优的前提下，在最短时间内完成审稿流程。

评审过程：

编辑部和主编根据期刊的收录范围，组织编委团队中同领域的专家评审员对文章进行评审，并选取专业的高质量稿件进行编辑、校对、排版、刊登，提供高效、快捷、专业的出版平台。

Database Inclusion



版权声明/Copyright

南洋科学院出版的电子版和纸质版等文章和其他辅助材料，除另作说明外，作者有权依据Creative Commons国际署名—非商业使用4.0版权对于引用、评价及其他方面的要求，对文章进行公开使用、改编和处理。读者在分享及采用本刊文章时，必须注明原文作者及出处，并标注对本刊文章所进行的修改。关于本刊文章版权的最终解释权归南洋科学院所有。

All articles and any accompanying materials published by NASS Publishing on any media (e.g. online, print etc.), unless otherwise indicated, are licensed by the respective author(s) for public use, adaptation and distribution but subjected to appropriate citation, crediting of the original source and other requirements in accordance with the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International (CC BY-NC 4.0) license. In terms of sharing and using the article(s) of this journal, user(s) must mark the author(s) information and attribution, as well as modification of the article(s). NASS Publishing reserves the final interpretation of the copyright of the article(s) in this journal.

Nanyang Academy of Sciences Pte. Ltd.

12 Eu Tong Sen Street #07-169 Singapore 059819

Email: info@nassg.org

Tel: +65-65881289

Website: http://www.nassg.org



工程研究前沿

Frontiers of Engineering Research

Volume 1 Issue 7 December 2024
ISSN 3060-9054 (Print) 3060-9062 (Online)

主 编

虞 斌

Bin Yu

编 委

王振波 zhenbo Wang

赵希强 Xiqiang Zhao

刘永军 Yongjun Liu

张新儒 Xinru Zhang

1	水利工程中引水隧洞施工技术与质量控制措施 / 穆志刚				/ 施正凯 朱郁蕊 王梦梦 胡旭峰
4	探讨市政给排水管网非开挖检测修复技术的应用措施 / 王振源	31	船闸工程大体积混凝土裂缝的成因与常用施工控制方法 / 赵习吉		
7	油气储运工艺设备腐蚀防护原理及对策探析 / 宋杨	34	试析港口航道工程大体积混凝土裂缝的施工控制方法 / 孟小庆		
10	轻质油品装卸和运输过程中静电安全关键技术的分析 / 赵立波	37	小型农田水利工程规划设计存在的问题及注意事项 / 方京		
13	鲁班奖工程的室内装修创优策略 / 陈良	40	岩土锚固技术在公路边坡治理中的探究 / 廖守吉		
16	新型节水灌溉水利工程对农业可持续发展的作用探究 / 崔振武	43	880MW 俄式超临界燃煤机组除渣系统优化改造 / 付庆峰		
19	关于道路桥梁隧道施工难点及技术措施 / 吕永永	46	装配式建筑机电安装线管的预埋施工技术 / 李景飞		
22	应用机电一体化技术的建筑暖通空调系统安装优化研究 / 吴梦泉	50	煤矿巷道快速掘进的“长掘长探”技术研究 / 夏志村		
25	刍议环保节能型墙体保温材料在绿色建筑中的应用 / 汪静	53	低碳理念在建筑工程设计工作中的运用 / 吴萧南		
28	工业园区“环评 - 排污许可 - 清洁生产”三证联动技术路径	56	机场场道混凝土施工技术与质控措施思考 / 伏利鹏		

- | | | | |
|----|---|----|--|
| 1 | Construction technology and quality control measures of diversion tunnels in water conservancy projects
/ Zhigang Mu | | / Zhengkai Shi Yucong Zhu Mengmeng Wang
Xufeng Hu |
| 4 | Discuss the application measures of trenchless detection and repair technology of municipal water supply and drainage pipe network
/ Zhenyuan Wang | 31 | Causes of mass concrete cracks in ship lock engineering and common construction control methods
/ Xiji Zhao |
| 7 | Principles and countermeasures of corrosion protection of oil and gas storage and transportation process equipment
/ Yang Song | 34 | The construction control method of massive concrete cracks in port and waterway engineering is analyzed
/ Xiaoqing Meng |
| 10 | Analysis of key technologies of static safety during loading and transportation
/ Libo Zhao | 37 | Problems and precautions in the planning and design of small-scale agricultural water conservancy projects
/ Jing Fang |
| 13 | Interior decoration strategy of Luban Award Project
/ Liang Chen | 40 | Research on geotechnical anchoring technology in highway slope treatment
/ Shouji Liao |
| 16 | Exploration of the role of new water-saving irrigation water conservancy projects in sustainable agricultural development
/ Zhenwu Cui | 43 | Optimization of slag removal system of 880MW Russian supercritical coal-fired unit
/ Qingfeng Fu |
| 19 | Difficulties and Technical Measures in Road, Bridge, and Tunnel Construction
/ Yongyong Lv | 46 | Pre embedded construction technology for prefabricated building electromechanical installation conduit
/ Jingfei Li |
| 22 | Research on the installation optimization of building HVAC system using mechatronics technology
/ Mengquan Wu | 50 | Study on “long excavation and long exploration” technology for rapid tunneling in coal mine roadway
/ Zhicun Xia |
| 25 | The application of environmental protection and energy saving wall insulation material in green building
/ Jing Wang | 53 | The application of low-carbon concept in architectural engineering design work
/ Xiaonan Wu |
| 28 | The industrial park “EIA-pollutant discharge permit-cleaner production” three-certificate linkage technology path | 56 | Thinking on concrete construction technology and quality control measures of airport roadway
/ Lipeng Fu |

Construction technology and quality control measures of diversion tunnels in water conservancy projects

Zhigang Mu

China Water Resources and Hydropower Tenth Engineering Bureau Co., Ltd., Yangquan, Shanxi, 045200, China

Abstract

The construction of diversion tunnels in water conservancy projects is a complex and technically demanding engineering task. This study summarizes the main technical means and quality control measures for the construction of diversion tunnels, and the key construction technologies include preparation, tunnel excavation, support technology, lining, post-backfilling and consolidation grouting, and the quality control of each link is very important. The advanced blasting construction method can efficiently and safely advance the project progress in complex geological environments. In the construction process, real-time monitoring and evaluation, dynamic optimization of the construction plan, and strengthening process control and tracking are the keys to ensuring construction quality and safe operation.

Keywords

water conservancy engineering; diversion tunnel construction technology; Quality control measures

水利工程中引水隧洞施工技术 with 质量控制措施

穆志刚

中国水利水电第十工程局有限公司, 中国 · 山西 阳泉 045200

摘 要

水利工程中的引水隧洞施工, 是一项复杂且技术要求极高的工程任务。本研究总结了引水隧洞施工的主要技术手段及质量控制措施, 关键施工技术包括准备工作、隧道开挖、支护技术、衬砌、后期回填及固结灌浆等多个环节, 每个环节的质量控制都很重要。采用先进的爆破施工方法, 能够在复杂地质环境下高效、安全地推进工程进度。在施工过程中, 实时监测与评估、动态优化施工方案, 加强过程管控及跟踪, 这些都是保障施工质量和安全运行的关键。

关键词

水利工程; 引水隧洞施工技术; 质量控制措施

1 引言

在水利工程中, 引水隧洞是一种十分重要的组成部件, 其在保障水利工程进行时, 能够稳定水源、调整水位, 在引水隧洞的施工过程中, 由于工程施工难度大、环境多样, 要求在进行施工时能够充分做好施工地质勘探, 选择施工方案, 并要求在施工中应用施工技术、控制施工质量。文章结合具体的工程项目案例, 针对引水隧洞的施工技术进行重点讨论, 同时也提出了施工技术中的质量管理内容, 以期给引水隧洞工程施工带来一定的参考价值。

2 水利工程引水隧洞施工技术

项目案例介绍: 某引水隧洞总长 12.23km, 采用混凝土衬砌, 内径为 8.8m (衬砌完成后结构)。引水隧洞末端设

阻抗式调压井, 阻抗式调压井大井直径 25m, 高 130.0m。后接压力管道, 主、支管管径为 8.2m~2.5m。Ⅱ类、Ⅲ类围岩主要为凝灰岩, Ⅳ类、Ⅴ类围岩主要为蚀变花岗岩, Ⅳ类、Ⅴ类围岩较为破碎, 采用钢拱架系统支护, 衬砌厚度为 60cm, 双层钢筋, Ⅱ类、Ⅲ类围岩, 采用锚喷加钢筋网片及系统锚杆系统支护, 衬砌厚度为 40cm, 单层钢筋。共 6 条支洞, 同步进行开挖施工, 开挖主要采用爆破施工, 衬砌采用 12.1m 针梁台车, 开挖支护过程中采用多臂钻, 拱架台车等进行施工。

2.1 施工前的准备工作

对于水利工程引水隧洞的施工任务而言, 在实际进行施工准备阶段前就需要进行充分的准备工作, 这就涉及: ①地质勘查与设计依据。地质勘察为隧道设计方案提供了重要参考资料, 如隧道中各个岩层分布情况, 地下水位情况, 不同土壤的物理性质等等。对于施工来说, 需要通过地质勘察工作的成果对隧道施工过程中可能遇到的特殊地质现象 (例如软岩、断层带等) 提前做出分析, 从而为后期选定施

【作者简介】穆志刚 (1993-), 男, 中国山西阳泉人, 本科, 工程师, 从事水电站施工/质量管理研究。

工方案与施工支护措施提供有效的依据,这也是隧道工程施工内容得以正常开展的前提条件。勘察工作的科学性直接影响到隧道施工工作能否顺利完成。②施工方案选优优化。设计人员结合地质勘查工作提出的结果,还需选定合理的隧洞开挖方法(例如机械开挖、爆破开挖)以及隧洞支护措施(如喷射混凝土、钢支撑),进行隧洞通风排水措施的设计^[1]。对于施工方案的优化具有加快施工进度的作用,同时也可以起到规避隧道施工风险的目的。与此同时设计人员还需要尽可能全面地结合隧道施工环境、施工期限以及成本因素考虑隧道施工的施工方案,例如机械自动化施工方案的选用,这也将成为现阶段对施工方案进行优化的重要技术与方法途径。

2.2 关键施工技术

2.2.1 隧洞开挖方法

开挖施工是引水隧洞施工中的关键部分,开挖方法应综合考虑地质条件、断面尺寸等因素。工程主要采用爆破施工,工程隧洞开挖直径为9.8m(Ⅱ类、Ⅲ类围岩)及10.3m(Ⅳ类、Ⅴ类围岩)。Ⅱ类、Ⅲ类围岩整体性较好,采用全断面钻爆破施工,Ⅳ类、Ⅴ类围岩根据现场地质条件及具体情况,采用全断面爆破施工或上下台阶开挖。开挖过程中根据不同围岩状态控制爆破药量,必要时采用机械开挖,避免塌方风险。开挖过程中每个循环及时进行地质编录,并根据现场实际情况,及时进行地质雷达探测进行地质预报,为现场开挖施工提供指导和依据。通过过程中的有效管理及开挖方式的合理选择,提升施工质量及施工进度,并采用多臂钻等施工机械进行施工,保证现场施工安全及施工效率。

2.2.2 隧道支护技术

隧道开挖后的及时支护至关重要,支护方式分为喷射混凝土支护及钢支撑支护。喷射混凝土支护是一种便捷而快速的支护措施,在对隧道开挖后可立即开始喷射,形成连续的支护面,加固隧道的稳定性。喷射混凝土具有很高的抗压抗裂性,可以撑起隧道的开挖围岩^[2]。本工程喷射混凝土为Ⅱ类、Ⅲ类围岩10cm,Ⅳ类、Ⅴ类围岩15cm,Ⅳ类、Ⅴ类围岩工字钢加钢筋网片,加系统锚杆。钢支撑支护多用于承受力更大的部分,钢支撑一般用到的材料有超前小导管、工字钢等,对隧道起到支撑的作用。钢支撑的结构较为坚固耐用,一般应用于较长的隧道或者复杂地质条件的隧道。对于隧道的支护材料和支撑结构的合理布置是影响隧道稳定的关键点^[3]。

2.2.3 隧道衬砌技术

衬砌功能包括支撑围岩、减少渗漏,提升隧洞承载能力及延长使用寿命。本工程衬砌厚度为,40cm~60cm。衬砌可分为初期支护和二次衬砌两部分,二者相辅相成,共同构成完整的隧道结构体系。初期支护主要采用喷射混凝土、锚杆支护及钢拱架等措施,以迅速稳定围岩,防止坍塌。喷射混凝土的厚度及锚杆布设,需根据围岩类别和应力分布优

化,以确保良好的承载能力。二次衬砌通常采用现浇混凝土衬砌,其作用在于提高隧道整体刚度、增强耐久性及降低渗透率。施工时需确保模板安装精确、混凝土振捣充分,并采取合理的养护措施,以防止裂缝产生^[4]。

2.2.4 后期回填及固结灌浆

在引水隧洞施工中,后期回填及固结灌浆,是确保隧洞结构稳定性、防渗性能及使用寿命的重要工序。该阶段主要包括围岩与衬砌间隙的回填、固结灌浆施工,旨在提高隧洞整体结构的密实性和抗渗能力。回填材料的选择至关重要,常用材料包括水泥砂浆、细粒混凝土或特殊灌浆材料,应根据围岩级别、渗透性及衬砌施工方式进行优化配置。回填施工通常采用重力流填充或低压灌注,以确保回填材料充分填充空隙,避免产生空腔影响结构稳定。固结灌浆作为增强围岩承载力和降低渗透率的重要措施,其工艺流程包括钻孔布设、浆液配置、注浆参数控制及注浆压力监测。灌浆材料一般选用水泥基浆液,并根据地层条件掺加膨润土、外加剂等,以提高浆液的可渗透性和固结效果。注浆过程需采用分序注浆法,由低压至高压逐步进行,以确保浆液均匀扩散,提高围岩的整体密实度和抗剪强度^[5]。

2.3 爆破施工方法的应用

爆破技术是引水隧洞掘进施工的核心工艺之一,主要用于硬岩段的开挖。合理的爆破设计,可提高施工效率,还能减少围岩扰动,降低塌方及渗漏风险。爆破施工前,需进行岩层勘察,根据岩石硬度、节理发育情况及隧洞断面尺寸优化爆破参数。合理确定钻孔布置、炸药种类及装药结构,确保爆破效果均匀、岩体破碎适中。

微爆是指进行爆破设计和控制,使用微小剂量的爆破药品来达到一定程度的爆破,控制爆破震动对周边的影响,同时使挖掘精度得到保证。微爆可在较小的爆破空间内实施,可避免传统爆破引发地层沉降及对建筑的影响等,该技术更适合岩石较硬、挖掘面积较小的情况^[6]。分步施工则是指将隧道的施工环节根据地势、地点等划成小节,进行施工,每个环节都控制好,施工精度也得到了保障。该施工技术多用于地质条件特殊、环境特殊的位置等,每个施工过程,技术人员根据不同位置的地质状况、工期安排及施工技术等进行调整,保证每个施工环节的质量,科学安排进度。分步施工能够根据具体的地质情况,快速进行调整,规避大规模施工中存在的隐患。

3 引水隧洞施工的质量控制措施

3.1 质量控制的关键环节

引水隧洞工程施工质量,是关系整个工程安全运行的重中之重。为保障工程施工质量,要严格控制施工过程中各个环节,主要包括以下几个方面:①勘察设计阶段施工质量控制。勘察的作用为各设计阶段提供可靠的依据,保证设计的正确性,根据地质情况选择合适隧洞开挖方法、支护结构^[7]。

勘察过程中要重视勘察岩层构造、地下水、土质、气候条件、地质灾害风险评价等,并确定灾害类型、分布空间等,编制详细的风险评估报告及预防对策措施;设计方案时,依据岩土勘察报告合理选取隧道开挖方式及施工支护结构,做好可行性分析,避免施工中的不安全性、操作困难问题。设计方案过程除确保经济效益外,需侧重对施工质量的控制,同时重视对施工流程的优化,便于后续环节顺利进行。②工程施工材料质量控制。如水泥、钢筋,粉煤灰,外加剂等必须严格执行图纸及施工合同技术及相关规范标准,经检测、验收合格后方可用于工程施工。在实际施工中,要针对材料使用情况进行抽样检查,必须确保每一材料批次合格,对于一些关键性施工如衬砌施工,所涉及的材料质量更是重要,要针对这些施工进行抽检与验收,确保每一施工环节的质量合格^[8]。③对设备以及工艺的控制,设备的定期检查和维护是工程保证施工质量的基础。在隧道开挖支护施工中所用的多臂钻孔设备、湿喷台车设备,在浇筑过程中的针梁台车及地泵设备,在施工中要保持性能良好,定期维护保养,不能因为设备出现故障而影响施工安全质量和施工进度。现场施工过程中应加强及落实每一道工序的施工质量控制,如开挖过程中的超欠挖控制、支护过程中的工字钢安装及喷混厚度质量控制、衬砌过程中的钢筋制安质量及混凝土坍落度及振捣质量控制等。在具体施工过程中,要对每一项施工的具体工艺进行监控管理,保证每一个施工环节在具体的施工过程中都要严格按照施工标准执行,针对实际施工中存在的任何偏差要进行施工纠偏^[9]。

3.2 质量检测与验收

质量检测与验收是隧道持续安全服役的基础保障。其中主要有:①对施工过程的控制与评估。采用先进的检测技术与手段,从而对施工隧道施工整体过程进行动态的监控,对隧道整体的沉降、位移、变形等参数进行测量与检测,及时掌握隧道的结构变化,消除地质或施工所带来的安全隐患,若隧道开挖过程中,出现过大的变形或者沉降,即刻围岩及支护系统进行加固,使其变形量不至于进一步扩大。为确保回填及固结灌浆的施工质量,需开展超声波检测、压水试验及钻芯取样等手段,评估灌浆饱满度、密实性及抗渗性能,进而优化施工参数,提高隧洞工程质量和安全性。同时,对隧洞周围环境进行检测(如地下水、周围建筑物沉降等),从而掌握施工给周围环境所带来的影响,以避免地质或水文所造成的施工事故的发生^[10]。②对衬砌的完整性检测。衬

砌施工完成后,要求必须做好整体的检查工作,符合设计要求,其中较为常见的方法包括目视、超声波检测。目视检查主要适用于衬砌表面的平整与裂缝等存在的肉眼可见的缺陷,超声波检测能够检测衬砌内部情况,从而发现衬砌内部的空洞与裂缝等情况;衬砌的抗压强度以及耐久性同样可以对其进行质量的检测,通常采用的是在衬砌取样,将混凝土样本进行抗压试验的方法,从而保证衬砌的混凝土强度达标;对于大规模工程来讲,采用的是对衬砌无损检测的方式,如利用雷达进行检测,从而检测出衬砌厚度以及密实程度,消除隐患。

4 结语

综上所述,引水隧洞施工的难度较大,过程中需做好质量把控工作,保障隧洞工程施工安全、可靠,地质勘察、材料检验、施工过程中的监控管理等工作能有效消除施工过程中存在的一些安全施工问题,促进隧洞完成施工。随着新技术的不断发展,隧道施工工作效率和质量也会相应提升,有效地为水利工程安全运行提供保障。

参考文献

- [1] 刘敬.水利工程中引水隧洞的施工技术[J].水上安全,2023,(10): 178-180.
- [2] 何巧清.引水隧洞的支护方法与施工技术[J].珠江水运,2023,(14): 42-44.
- [3] 孙露,丁继辉,王宇宁.小断面引水隧洞混凝土衬砌施工关键技术研究[J].水利水电快报,2023,44(09):57-61.
- [4] 赵思博,李兴朝,曹虎.中小型引水隧洞施工的技术应用与研究[J].人民黄河,2023,45(S1):161-162.
- [5] 杨周.水利工程中引水隧洞的施工技术及质量保证[J].居业,2022,(08):56-58.
- [6] 朱凤艳.水利工程中引水隧洞施工技术与质量控制[J].居业,2019,(11): 127+129.
- [7] 王玉琦.水利工程中引水隧洞的施工技术与质量控制分析[J].城市建筑,2019,16(29): 147-148.
- [8] 张磊.水利工程中引水隧洞施工技术与质量控制措施[J].农业科技与信息,2019,(15): 119-120.
- [9] 侯晓斌.水利工程中引水隧洞施工技术与质量控制措施[J].城市建设理论研究(电子版),2019,(15): 186.
- [10] 白拥军.水利工程中引水隧洞的施工技术与质量控制[J].河南水利与南水北调,2016,(05): 54-55.

Discuss the application measures of trenchless detection and repair technology of municipal water supply and drainage pipe network

Zhenyuan Wang

Jiuhua Dixin Space (Tianjin) Technology Co., Ltd., Tianjin, 300171, China

Abstract

Municipal water supply and drainage pipe network is an indispensable supporting infrastructure in modern urban construction, and its construction and operation quality are related to the quality of life of urban residents. In view of the problems existing in the water supply and drainage network, the trenchless detection and repair technology can solve the previous problems in excavation and repair, and the repair efficiency can be improved. Through closed-circuit TV detection and sonar detection, improve the detection efficiency, play the advantages of winding method and lining method, complete the repair without excavation, solve the existing problems, and ensure the stable operation of water supply and drainage pipe network. In view of this, carry out the research work of this paper, briefly summarize the analysis of trenchless detection and repair technology, the application significance of the technology in the municipal water supply and drainage pipe network, explore the commonly used application technologies and application scenarios, and analyze the application points for the reference of relevant personnel.

Keywords

municipal administration; water supply and drainage pipe network; trenchless inspection and repair technology

探讨市政给排水管网非开挖检测修复技术的应用措施

王振源

九华地信空间（天津）科技有限责任公司，中国·天津 300171

摘 要

市政给排水管网是现代城市建设中不可或缺的配套基础设施，其建设与运行质量关系到城市居民的生活质量。针对给排水管网存在的问题，通过采用非开挖检测修复技术，可以解决以往开挖修复中的难题，提高修复效率。通过闭路电视检测、声呐检测提高检测效率，发挥缠绕法、内衬法等优势，不用开挖完成修复，解决存在的问题，确保给排水管网的稳定运行。鉴于此，开展本文的研究工作，简单概述非开挖检测修复技术分析，该技术在市政给排水管网中的应用意义，并探究常用的应用技术和应用场景，分析应用要点，以供相关人员参考。

关键词

市政；给排水管网；非开挖检测修复技术

1 引言

非开挖检测修复技术应用于市政给排水管网中，可以提高后期运维管理的工作效率，减少人力操作，降低整体难度，发现问题有效解决，确保给排水管网能够安全稳定运行。在具体应用中，市政部门需要发挥非开挖检测修复技术的优势，根据管道的实际情况，合理使用相关的缺陷检测与修复技术，应用于漏水检测、结构检测等不同的场景中，严格按照工作流程和技术要点进行，发挥技术优势，解决存在的各类问题。

【作者简介】王振源（1984-），男，中国河北沧州人，本科，工程师，从事市政管道的检查及修复研究。

2 非开挖检测修复技术的概述

非开挖检测技术是一种在不破坏地面情况下，对地下管道进行检测评估与修复的工程技术。具有高效、低成本和环保的应用优势，因此在市政排水、供水、燃料等的管道修复中的应用十分广泛^[1]。环保性可以有效减少路面的开挖，避免出现环境扰动和交通堵塞的情况。与传统的开挖法相比，施工成本降低了 60% 以上，工期缩短了 50%~70%，修复后管道寿命延长 20~50 年，内壁光滑，降低危机风险，具有长效性的应用优势。

3 市政给排水管网非开挖检测修复技术的应用意义

目前我国城市现代化建设进程不断加快，但很多排水

管网已经建设多年,运行过程中出现了各种各样的质量问题,并不利于给排水管道的稳定运行。尤其是一些旧管道容易出现破裂、泄漏的风险,因此对管道改造工作提出了更高的要求。而非开挖检测修复技术在管网维护中发挥着十分重要的作用,它不仅可以提高维护工作效率,也能有效控制成本。首先借助于各类技术实现对给排水管网的快速准确检测,一旦发现问题,相关团队通过定位和获取的信息,制定修复措施,在非开挖修复技术的支持下解决其中的质量问题,提高工作效率。而且对周边环境的干扰比较小,减少了因施工引起的赔偿和修复费用成本的降低,为城市的可持续发展提供一份助力。

4 市政给排水管网常用的非开挖检测修复技术

4.1 单一设备缺陷检测

4.1.1 闭路电视检测

闭路电视检测技术指的是利用履带式摄像机放置在排水管道内拍摄其中的图像,传输至终端设备,可实现有效记录^[2]。在检测的过程中可以实时监测管道内壁存在的裂缝、变形、腐蚀、接口错位等一系列缺陷。做好影像资料的记录与存储,为后续的分析提供重要的依据。该技术应用的精度高,可以准确定位缺陷位置,适用于管径 $\geq 200\text{mm}$ 的管道检测工作。尤其适用于对排水管道和污水管道的结构性评估工作。

闭路电视检测技术又分为管道内镜检测和全地形机器人检测。管道内窥镜机器人主要包括履带、升降架和云台。不过机器人尺寸和摄像机视角受限,因此适用于直径 $300\sim 3000\text{mm}$ 的管道检测,水位不能超过管径的20%,积水不能超过20cm。全地形机器人检测设备包括框架摄像系统和浮动动力系统,配备有高清针顶摄像头,可以全方位地检测管道内部的图像,尤其是进入水面以上管道的细微缺陷。长筒双螺旋系统使设备可以在水中和淤泥中行走,提高检测效率。

4.1.2 声呐检测

声呐检测技术适用于充满水的管道检测,利用声呐设备向管道内部发射声波,当声波遇到管道内壁或者障碍物时会反射回来,由设备的接收装置接收反射波进行分析,从而获得管道内部信息^[3]。声呐探测系统包括声呐探测设备、长途缆车和控制终端。例如在城市污水提升泵站后的压力管道检测中,内部水流湍急充满污水,其他检测方法很难适用,而声呐检测的优势十分明显,可以测量管道的壁厚检测内部是否有腐蚀、淤积的情况,判断是否有渗漏的问题,检测精度可达毫米级,可以为后续管道的维护提供重要的依据。

4.1.3 探地雷达检测

探地雷达检测技术主要是借助于高频电磁波在地下介质中的传播特性开展给排水管网检测工作。探地雷达不会破坏路面,通过在路地面上移动天线发射并接收电磁波,根据反射信号,进一步分析管道的位置、走向、管径等诸多信息,

可以确定管道是否按照设计进行合理铺设,是否存在偏移的问题。

4.2 非开挖修复技术

4.2.1 内衬法修复

应用内衬法进行修复,使用浸渍树脂的软管,通过拉入或者翻转的方式进入问题管道之中,使用热水、蒸汽或者紫外线的方式使树脂固化可以在原有的管道内部,形成新的内衬管^[4]。该技术修复后管道内壁光滑,过流能力提升,适用于管径 $50\sim 2700\text{mm}$ 的各类材质管道,使用寿命可达30~50年。作业前需要全面了解管道的结构和功能,制定针对性地修复方案,如果有淤泥或者障碍物需要先疏通管道,然后再进行修复。

4.2.2 缠绕法修复

缠绕法的工作原理是将管道修复专用缠绕机,放置在问题管道的前后端。修复时带状的修复材料会在管道内部缠绕,通过热熔或者黏结剂进行固定,可以形成新的管道内衬^[5]。可以选择高强度的聚乙烯缠绕带,使用专用设备螺旋缠绕,通过热熔、焊接形成整体完成以后,在新内衬管与原管道之间填充水泥砂浆,增强结构的稳定性。在具体应用中需要做好问题管道的检查工作,确定管道的深度、检查井的长度、管道的实际埋深等一些基本信息,确认无误以后进行操作。

4.2.3 点状原位固化法

点状原位固化法主要用于局部修复,在缺陷位置放置浸渍树脂的玻璃纤维材料,通过气囊加压贴合并固化,可以形成局部内衬,适用于管径 $\leq 800\text{mm}$ 的局部裂缝接口,渗漏修复工作中修复施工时间短,工作效率快。

4.2.4 喷涂法

喷涂法主要用于修复混凝土材质的给排水管道,可以使用的喷涂设备将混凝土或者树脂材料,喷涂在管道的内壁也可以形成新的内衬层。一般应用于污水处理厂的重力流管道修复工作中。这些管道受污水腐蚀内壁出现孔洞、麻面的情况,使用喷涂法修复,水管道内部均匀修复缺陷,抵抗污水腐蚀,提高使用寿命。

4.2.5 不锈钢双胀圈修复法

在大口径管道接口错位和渗漏严重的检测修复工作中,该技术应用十分广泛。使用液压设备对不锈钢胀圈进行施压,将特制高强度密封止水带安装在固定的接口处,确保安装压力符合要求,可以提高后续运行的整体效果^[6]。与此同时,在接缝处建立长久性和密封性的软连接,增强管道运行的承压能力,确保修复更加精准。

5 市政给排水管网非开挖检测修复技术的应用措施

5.1 管道漏水检测与修复技术

市政给排水管网中漏水是一个常见的问题,传统的检测方法效率低下,还会影响环境。而在声波、压力波动等先

进传感器和仪器的支持下,可以实现对管道内外部的全方面检测工作。精准地定位漏水点,避免盲目地开挖与修复。确定好漏水的位置,选择合适的修复方法进行快速修复,例如内衬法、注浆修复等多种方法,修复漏水点,确保管道能够正常稳定运行。

5.2 管道结构检测与修复技术

管道结构缺陷也是常见问题之一,可能会导致管道破裂、变形,影响到城市的供水安全。在具体的检测工作中应用非开挖检测技术,在高分辨率摄像机、传感器等的支持下,详细地观察检测管道的内部情况,发现结构缺陷。随后根据管道的情况,选择合适的方法进一步修复,减少管道破裂的情况。

5.3 管道清洗与疏通技术

市政给排水管网长期运行的过程中,内部包含各种沉积物,堵塞管道,影响管道的正常运行。传统的清洗和疏通方法需要进行开挖,操作难度大,耗费时间长,工作效率低。而通过非开挖检测修复技术,可以提供一种更加高效便捷的解决方案,利用高压水流、气流或者机械刷的方式,强力冲刷管道内部去除其中的沉积物,使用化学清洗剂溶解和清除难以去除的堵塞物。确保管道的完整性,提高使用效率。

6 市政给排水管网非开挖检测修复技术应用要点

6.1 做好前期数据采集

针对市政给排水管网开展日常的修复维护工作,发挥非开挖检测修复技术的优势,还需要明确提出的重点内容。按照工作流程,严格推进提高工作效率。在前期工作中,可以使用先进方法对管道进行初步检测,在该环节发挥检测技术优势,完善有效信息的收集,并收集管段的原始数据。与现阶段的数据对比分析,可以形成更加完整的资料,用于评估市政给排水管道的状态情况。计算管道结构性缺陷问题,划分不同的缺陷程度,选择合适的维修方案。

6.2 把握各项技术要点

正式检测前需要对工作人员有效培训,确保他们能够重视掌握技术要点,严格遵守相关的工作流程和技术规范,从而消除人为因素的影响。在应用闭路电视检测技术时,需要全面检查各类检测设备,确保摄像头成像清晰,爬行器运行稳定,照明适中。检测过程中密切关注管道内的情况,如果管道结构生成复杂,需要放慢检测速度,确保能够清晰地照摄到管道内部的各个情况。在应用声呐检测时,需要将声呐探头精准地放置在管道的中心位置,确保声波可以均匀地向四周传播,避免因探头位置偏差引起数据检测不准确的情况。如果是长距离管道检测可以采用分段检测方法,检测结束后再对数据进行拼接和整合。针对探地雷达检测技术需要确保天线和地面紧密贴合,匀速移动,获取更加连续准确的数据,如果有异常信号,应当多次重复扫描,确定异常位置和范围。把握各项技术要点,提高检测的效率,确保数据更

加精准。

6.3 制定完善的修复方案

前期检测工作结束以后,收集整理各项数据信息,用于分析评估管道的结构情况,确定合适的修复方案。不同的修复方法异类的情况不同,因此通过评估方案和实验研究等方式,选择合适的修复方法。可以发挥修复方法的优势,提高修复的整体质量,确保管道能够稳定运行。具体的工作流程如图1所示。

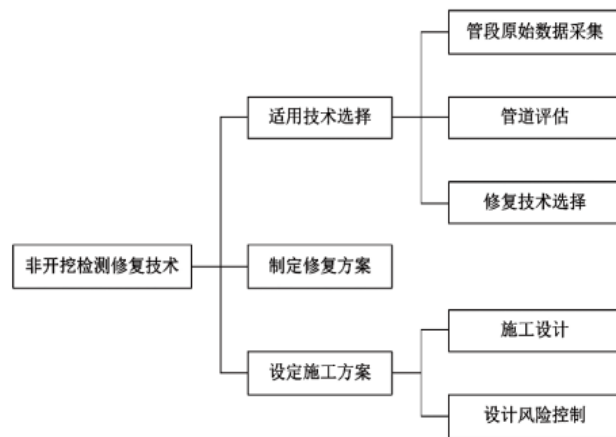


图1 非开挖检测修复技术应用流程

7 结语

综上所述,市政给排水管网经过长时间运行,出现裂缝、变形、渗水等问题,会影响到管网的使用寿命以及人们的生活质量。因此市政部门需要加强对给排水管网的日常维护工作,应用非开挖检测修复技术,提高工作效率。该技术具备一定的环保性,降低投入成本。在具体应用中需要做好前期的自动收集工作,发挥技术优势,合理检测了解管道内部情况,进行恰当评估,选择针对性的修复技术,例如内衬法、缠绕法等多种方法。最后检测技术与修复技术结合应用,不用开挖路面,即可完成对给排水管网的日常管理维护工作,提高管网的使用寿命,促进城市的稳步运行。

参考文献

- [1] 张鹏程. 市政给排水管网设计中非开挖检测修复技术[J]. 中国高新科技,2024(13):152-154.
- [2] 李吉明. 非开挖检测修复在市政给排水管网维护中的应用[J]. 工程技术研究,2023,8(23):43-45.
- [3] 章健兵. 非开挖检测修复在市政给排水管网维护中的应用[J]. 城市建筑与发展,2024,5(12).
- [4] 牟道巍. 市政给排水管网非开挖检测修复技术分析[J]. 数字化用户,2022,28(49):127-129.
- [5] 翟文亮. 市政给排水管网非开挖检测修复技术分析[J]. 电脑爱好者(普及版)(电子刊),2020(1):2761-2762.
- [6] 罗万字. 排水管道非开挖修复技术的应用[J]. 中国科技投资,2021(1):136-137.

Principles and countermeasures of corrosion protection of oil and gas storage and transportation process equipment

Yang Song

Liaohe Oilfield (Panjin) Gas Storage Co., Ltd., Panjin, Liaoning, 124100, China

Abstract

For the development of petroleum industry, the application of oil and gas storage and transportation process is very important, the process involves the operation of many equipment, and the safety and stability of the operation of oil and gas storage and transportation process equipment directly affect the smoothness of the whole process of oil and gas production and transportation. And oil and gas storage and transportation inevitably need to face the corrosion problem of equipment. If the corrosion problem is not properly handled, it is easy to lead to pipeline leakage, equipment damage and other problems, and even cause serious safety accidents. Based on this, this paper analyzes the principle of corrosion protection of oil and gas storage and transportation process equipment in detail, and then discusses the effective coping strategies, hoping to provide useful reference for the safety, stability and efficiency of oil and gas storage and transportation.

Keywords

oil and gas storage and transportation; equipment corrosion; principle; countermeasures

油气储运工艺设备腐蚀防护原理及对策探析

宋杨

辽河油田（盘锦）储气库有限公司，中国·辽宁 盘锦 124100

摘 要

对于石油工业发展而言，油气储运工艺的应用至关重要，其过程涉及诸多设备的运行，并且油气储运工艺设备运行的安全性、稳定性直接影响着油气生产、运输等整个过程的顺畅性。而油气储运不可避免需要面对设备的腐蚀问题。若是腐蚀问题得不到妥善处理，极易导致管道泄漏、设备损坏等问题，甚至会引发严重的安全事故。基于此，文章对油气储运工艺设备腐蚀防护的原理进行了详细分析，进而探讨了有效的应对策略，希望能够为油气储运的安全、稳定、高效提供有益参考。

关键词

油气储运；设备腐蚀；原理；对策

1 引言

在油气储运过程中，涉及对原料油、原料气等的储存、接收、传输，机泵、油罐、气罐、气柜、压缩机、管道等都是油气集输过程中较为常用的工艺设备。而油气的成分较为复杂，且具备易燃易爆、腐蚀、毒害等危险特质，会对工艺设备的安全、稳定运行产生较大影响。尤其是在设备运行环境、工艺介质等会产生严重的腐蚀问题，严重时还会造成人员伤亡以及环境污染，因此加强对油气储运过程中工艺设备的腐蚀保护有着十分重要的现实意义。

2 油气储运工艺设备腐蚀种类和原理

2.1 化学腐蚀

化学腐蚀，指的是油气储运的工艺设备的金属表面受

到空气、非电解质溶液等的影响而发生化学反应产生的腐蚀问题。在油气储运工艺设备中，未做涂层，或者涂层失效的设备暴露在含氧环境中极易产生化学腐蚀。初期，设备的金属表面和空气中的氧气接触引发化学反应，在金属表面产生氧化膜薄层。一般来说，氧化膜的隔离作用会使减少金属表面与氧气接触进而抑制腐蚀反应，形成对设备的保护作用。但是在空气中水分的作用下，使得金属表面产生电解质溶液，使得设备的金属表面发生严重的电化学腐蚀。

2.2 电化学腐蚀

电化学腐蚀，指的是设备的金属材料在电解质溶液环境下产生电化学反应，导致设备的腐蚀。设备中的金属材料部分在电解质溶液环境中表现出较强的还原性，金属分子极易发生电子丢失，形成金属阳极、此时，金属内部的电子，和溶液中的离子共同组成电子回路，在阳极发生离子转移反应，在阴极发生电子的吸附反应，使得设备产生电化学腐蚀。在油气储运工艺设备运行过程中，电化学腐蚀是较为常见的

【作者简介】宋杨（1988-），男，中国黑龙江大庆人，本科，工程师，从事石油与天然气、油气储运研究。

腐蚀方式,使得金属发生缩孔、脆化,削弱设备金属强度。^[1]

2.3 物理腐蚀

物理腐蚀,指的是设备的金属成分受到纯物理溶解的影响而产生的破坏。尤其是金属设备涉及熔融反应时产生对设备金属组分的腐蚀。油气储运工艺中油品、轻烃的在溶剂中的含量较高,会对物理腐蚀产生一定的抑制作用,因此物理腐蚀对于油气储运工艺设备的腐蚀影响较小。

2.4 大气腐蚀

大气腐蚀指的是空气中的水、氧气、酸性物质等的混合作用产生的腐蚀影响。工艺设备材料受到大气环境的腐蚀较为常见,并且大气腐蚀造成的设备金属损失占比在 50% 以上。并且大气腐蚀的程度会受到设备所处环境变化的影响。空气中的含硫物质、氯化物等的含量越高,产生的腐蚀影响也越严重,尤其是油气加工生产区域,工艺设备往往会遭受严重的大气腐蚀。

2.5 土壤腐蚀

在油气储运过程中,许多设施、设备的使用需要进行基础构件的地下掩埋,以及油、气、水、电等管线都需要进行地下埋设,在土壤的腐蚀影响下极易出现设施设备损坏、管线破坏等问题,引发油、气、水、电的泄露。土壤腐蚀的发生主要是由于金属材料 and 土壤中的复杂组分发生化学反应、物理反应等导致的设备破坏。土壤成分较为复杂且物化特性多变,不同区段的设备产生的土壤腐蚀也是各不相同。在水分、氧气、酸性离子、碱性分子等的作用下土壤极易产生电解质,引发设备的电化学腐蚀,影响油气储运工艺的安全运行。

2.6 应力腐蚀

简单来说,应力腐蚀就是金属材料在特定化学环境下受到拉应力影响而发生脆性断裂。导致应力腐蚀原因较为复杂,唯有在特定的腐蚀破坏和持续拉应力作用的共同影响下,对金属材料的特有机理产生破坏,才会产生应力腐蚀,应力腐蚀在合金材料制造的设备中较为常见。应力腐蚀的危害极大,且征兆预示并不明显,一旦裂纹产生会以极快的速度扩散,进而引发严重的泄漏事故。

3 油气储运工艺设备腐蚀防护对策

3.1 阴极保护

3.1.1 阴极保护原理

采用恒流仪作为稳定直流电源的转换供应,将阴极保护电箱的阴极和工艺设备连接,阳极则连接牺牲的阳极材料,通电后形成对阴极的有效保护。通电时,阳极区域在高电势的作用下使得吸氧腐蚀、吸氢腐蚀下高电位阳极发生溶解,避免设备的金属材料出现电子丢失,实现对设备的有效保护。简单来说,阴极保护方法的应用就是借助外加电流对腐蚀环境下设备材料的原有电位高度进行改变,以设备金属材料作为阴极,降低设备的电化学腐蚀影响。相反,阳极保

护方法则是将金属材料电位由正值转移到钝电位,钝化金属的化学性质,实现对设备的腐蚀防护。^[2]

3.1.2 阴极保护构件

阴极保护方法的应用涉及对电源设备、站外设施等的使用,前者是阴极保护系统的核心。电源设备主要由直流电源设备、交流/直流配电系统等附属设施组成。此外,通电点装置、检测装置、阳极地床、绝缘设施等都是站外设施的重要组成部分,也是阴极保护不可或缺的构件。

3.1.3 直流电源

阴极保护站的运行对于直流电源有着一定要求。首先,需要确保直流电源能够实现长期、安全、稳定运行,电压的连续输出且可灵活调整,确保输出阻抗和阳极地床回路间的较好匹配性,并且电源容量应预留适当的余量。其次,直流电源在使用维护方面应尽可能地简单、便捷,能够有效应对环境变化的影响,实现稳定运行。交流整流供出、直流发电机组、引擎发电机组等都是较为常见的阴极保护电源。

3.1.4 阳极地床

阳极地床的主要作用就是将保护电流与土壤连接,使电流经土壤流进设备表面,将设备表面进行阴极极化,以自身遭受腐蚀的代价换得设备免遭土壤腐蚀的影响。阳极地床产生腐蚀主要是电流发生流动产生电极反应,阳极的氧化反应使得金属组分发生解离腐蚀,阴极的还原反应则相反。^[3]在阳极地床的建设方面需要满足以下几个方面的基本要求:一是接地电阻需经济合理,且与电源设备的匹配度较好;二是确保较长的使用年限,尤其是深埋式阳极地床的使用年限需确保在 20 年以上;三是阳极地床位置、结构选择应与被保护设备电位分布保持较好的均匀度,且不会对周边地下金属构筑物产生较大影响;四是对于不设置护栏装置的情况需确保阳极地床散流对地电位梯度在 5V/m 以内;五是在安装选址方面,应安装在预选站的两侧的高水位、安全且便于施工的位置。

3.1.5 阴极保护使用条件

阴极保护在油气储运工艺设备腐蚀防护中的应用能够有效降低平均腐蚀率,并且实现对应力腐蚀、局部腐蚀、腐蚀疲劳等的有效防护。在实际应用过程中,阴极保护的应用必须具备以下条件:一是环境介质具备较好的导电性,能够用于极化电流回路的构建;二是被保护的金属具备较好的阴极极化特性;三是确保被保护的构件在形状与结构上都较为简单,确保无遮蔽、屏蔽;四是不适用于能够产生钝化膜的金属设备,否则会增加腐蚀速率,氢脆敏感的金属也不适用于阴极保护;五是要做好保护系统与周边环境的绝缘处理,以免产生保护电流流失。

3.2 防腐涂层保护

在油气储运工艺设备的腐蚀保护过程中,防腐涂层是较为常用的方法,主要涉及对设备进行防腐涂层的喷涂施工,石油沥青、聚乙烯胶粘带、熔结环氧粉末、三层聚丙乙

烯等都是较为常用的防腐涂层材料,并且各自具备不同的应用优势与不足。例如,石油沥青的使用具备较好的耐腐蚀性与粘结力,但是在设备运行温度超出 80°C 时则会发生涂层脱落的现象。防腐涂层在油气储运工艺设备防腐中的应用必须确保喷涂材料较好的抗剥落性与黏合性,确保其能够长期、稳定地附着于设备表面,且具备较好的物化稳定性能,以及耐酸碱、抗高温高压能力。在进行防腐涂层的喷涂施工之间,应全面做好对设备、管道等表面的清洁处理,确保设备表面干燥、洁净,保障防腐涂层较好的喷涂附着效果。^[4]防腐涂层的喷涂需确保用料充足,喷涂均匀,在适宜的温度、湿度条件下施工,实现防腐效果的最优化。在完成喷涂施工之后还应做好防腐层的细致检查,及时发现和处理漏喷、少喷等不足之处,并加强对防腐涂层效果的防护、检查,对剥落、缺损位置采用相同的防腐材料进行及时修补。

3.3 缓蚀剂防腐

3.3.1 氧化膜型缓蚀剂的应用

亚硝酸盐、铬酸盐是化学防腐较为常用的氧化型缓蚀剂,其氧化性能较强,即便是在无水无氧的环境下也能够使金属发生氧化反应,使得阳极区域产生氧化膜,进而保护金属不受进一步腐蚀侵蚀。此外,一些非强氧化剂类型的缓蚀剂在油气储运工艺设备防腐方面的应用也能够起到较好地降低腐蚀影响的效果,其主要是利用了抑制腐蚀反应的原理。氧化膜对于设备防腐,延长设备使用寿命有着十分重要的作用,值得注意的是,在高浓度氯离子、高温环境、介质快速流速等特定条件下,氧化保护膜可能遭到破坏,会导致氧化膜型缓蚀剂的使用效果减弱,甚至失效。为实现缓蚀剂防腐效果、效益最大化,需根据实际的油气储运环境条件,综合对温度、湿度等因素考虑,合理调整缓蚀剂浓度,以确保油气储运工艺设备得到较好的防腐保护。^[5]

3.3.2 吸附膜型缓蚀剂的应用

在油气储运工艺设备防腐过程中,吸附膜型缓蚀防腐液是较为重要的防腐措施,主要是利用有机缓蚀剂的双重机

制作用进行防腐。一是吸附膜型缓蚀剂具备可吸附的亲水基团,将金属表面进行紧密覆盖;二是在疏水基团的作用下实现对金属表面的有效遮蔽,构建双重腐蚀防护屏障。当受到吸附作用影响使得设备的金属表面带电荷时,吸附膜型缓蚀剂的应用使得阴极、阳极区域被分子膜覆盖,大幅削弱了电化学反应速率,实现较好的腐蚀速度控制效果。常见的缓蚀剂通常是具备表明活性的有机化合物,如氮、硫、羟基等,这些物质亲水亲油的特性较好,能够形成致密保护膜覆盖在设备金属表面。^[6]吸附膜型缓蚀剂的应用原理主要是借助缓蚀剂作用使得金属结构的阳极转变成为阴极,以整个设备为阴极,很好地消除了电化学反应导致的腐蚀问题,实现对腐蚀问题的控制。在外加直流电的作用下使得阳极区转变成阴极区,形成对腐蚀破坏的抑制作用。

4 结语

综述可知,在油气储运过程中,工艺设备极易受到物理、化学、应力、大气、土壤等腐蚀影响而发生损坏、泄漏。因此,要求相关单位、人员能够从腐蚀防护的原理分析着手,合理地采用阴极保护、涂层保护、缓蚀剂防腐等措施,加强对工艺设备腐蚀的有效防护,确保油气储运的安全、平稳与高效。

参考文献

- [1] 韩志龙.油气储运工艺设备腐蚀防护原理及措施[J].中国科技期刊数据库 工业A, 2023(011):000.
- [2] 王英.油气输送管道腐蚀机理及其相关防护对策[J].石化技术, 2018, 25(7):1.
- [3] 刘祥福.油气储运过程中的腐蚀与安全防护技术研究[J].中国化工贸易, 2024, 16(17):130-132.
- [4] 钟建伟.用于油气储运防腐的纳米环氧复合涂料的研究[J].化学工程师, 2024, 38(7):46-50.
- [5] 顾玉慧,董亮,宋沁峰.微型金属氧化物pH电极的制备及腐蚀防护应用进展[J].中国腐蚀与防护学报, 2023, 43(5):971-982.
- [6] 尹佳.油气储运管道腐蚀防护技术的现状与发展趋势研究[J].当代化工研究, 2024(23).

Analysis of key technologies of static safety during loading and transportation

Libo Zhao

Liaohe Oilfield (Panjin) Gas Storage Co., Ltd., Panjin, Liaoning, 124100, China

Abstract

Lightweight oil products are widely used in transportation, energy production and other fields, such as gasoline, diesel oil, aviation kerosene and so on. However, the safety problems caused by static electricity accumulation can not be ignored in the process of light oil loading and unloading and transportation. In the process of loading, unloading, storage and transportation of oil products, static electricity may cause fire or explosion, resulting in huge loss of personnel and property. Therefore, an important topic to ensure the safe operation of the petrochemical industry is how to effectively control the electrostatic safety in the process of loading, unloading and transportation. This paper will focus on the analysis of static electricity safety problems in the process of light oil loading and unloading and transportation, and discuss the causes of static electricity, potential hazards and the current key technical measures to control static electricity.

Keywords

light oil; loading and unloading; transportation; static electricity safety; technology

轻质油品装卸和运输过程中静电安全关键技术的分析

赵立波

辽河油田（盘锦）储气库有限公司，中国·辽宁 盘锦 124100

摘 要

在交通运输、能源生产等各个领域都广泛使用轻质油品，如汽油、柴油、航空煤油等。但是，静电积累造成的安全问题在轻油装卸、运输过程中也不能忽视。在油品的装卸、储运过程中，静电可能引发火灾或爆炸，造成人员财产的巨大损失。因此，保障石化行业安全运行的一个重要课题就是如何有效地控制装卸、运输过程中的静电安全。本文将重点分析轻油装卸、运输过程中的静电安全问题，并就静电产生的原因、潜在危害及当前防控静电的关键技术措施等方面进行深入探讨。

关键词

轻质油品；装卸；运输；静电安全；技术

1 引言

轻质油品，如汽油、柴油、航空煤油等，因其具有较低的闪点和较高的挥发性，在装卸和运输过程中容易产生静电，造成火灾和爆炸等严重安全隐患。因此，静电安全问题已成为轻质油品运输领域亟待解决的关键技术之一。静电的积聚和放电会在油品的转运过程中引发火灾，尤其是在油品装卸、储存和运输环节，若控制不当，极易导致重大安全事故。为此，掌握和应用一系列静电控制技术至关重要。

2 轻质油品装卸和运输中的静电产生机理

静电的产生通常是由于物体间的摩擦、接触、分离等过程导致电子转移，从而使得物体带上电荷。在轻质油品的装卸和运输过程中，静电的产生主要有以下几种方式。

2.1 流体摩擦产生静电

静电产生的主要机理之一是流体在轻油装卸运输过程中产生的摩擦效应。具体来说，由于流体与固体表面（如管壁、阀门、过滤器等）的相对运动，使油品在管道、输送设备或运输容器中流动时，电子在两者表面间发生转移。当流体分子接触固体表面并滑动时，电子就会由一侧向另一侧转移，产生电荷不平衡，继而形成静电电荷^[1]。

该现象通常会受到流体流速、表面光洁度、流体粘度以及材质的影响。当高流速流体接触管路时，静电荷的蓄积速度会因摩擦力的增加而加快。另外，流体与表面接触的有效面积在管路内表面粗糙度较大时增大，对静电生成也有一定的帮助。对静电同样会产生重要影响的还有油品的化学成分、温度和含水量。含水率高的油类，导电性往往更好，能有效降低静电积聚的风险，而含水率低的油类，产生静电和积聚静电的可能性更大。

【作者简介】赵立波（1991-），男，中国辽宁盘锦人，本科，工程师，从事石油与天然气、油气储运研究。

2.2 液体和气体接触引发静电

轻质油品在装卸和运输过程中，由于液相与气相的界面特性，易发生电荷分离现象。液体表面分子在与气体分子相互作用时，因分子间力学效应与电荷转移机制，使得液相表面形成极化层，导致界面电位差变化。高速流动状态下，液相与气相的界面剪切力增加，气泡崩解过程促使电子或离子转移，进而引发静电积累。界面张力的瞬态变化，使气相分子在液相表面产生附着或脱附，诱导电荷颗粒形成空间电荷区。多组分油品体系中，极性组分的微量存在改变液-气界面的电导率分布，影响电荷中和速率。非均相气体掺杂情况下，不同介电常数气体在界面处的分布特性，决定了电荷转移的方向及静电积累的幅度。静电弛豫时间受液体介电性质及流体动力学参数影响，剪切流与紊流效应强化液气界面电荷分离，导致电荷密度在局部区域骤增。当环境湿度较低时，气相导电性下降，液体表面的电荷耗散受限，进一步提升静电风险。

2.3 油品与容器表面接触

轻质油品在流经管道、储罐及装卸设备时，因油品分子与固体壁面间的电子亲和力差异，导致电荷转移效应。接触瞬间，壁面材料的导电性、油品的介电常数及分子极性决定电荷交换的速率与方向，形成表面电荷层。

首先，流体剪切应力作用下，界面分离过程中，部分电荷滞留于固体表面，而液体携带相反极性电荷继续流动，造成局部电场增强。壁面粗糙度影响接触面积，微观结构形成的凹凸效应改变电荷分布状态，诱导异性电荷积累。其次，非均质材料衬里的应用，使油品在不同接触区域产生电荷转移差异，导致界面电势梯度增加。涂层材料的电阻率及表面能影响电荷弛豫过程，绝缘层易造成电荷滞留，降低静电泄放速率^[2]。此外，高流速装卸条件下，湍流扰动强化油品与容器壁面的摩擦作用，促使电荷密度增大。温度和湿度变化改变固体表面导电性能，影响电荷耗散路径。静电场强超过临界阈值时，可能在局部区域形成放电风险点。

3 静电引发的安全风险

静电荷在液体介质与固体表面之间积聚，若未及时释放，在特定条件下可能形成高场强区域。电势差达到介质击穿阈值时，电荷通过放电途径释放，可能激发油气混合物燃烧反应。

3.1 火花引发的火灾

油品在装卸及输送过程中，因液体流动及相界接触导致电荷迁移，界面极化效应增强放电概率。当气相中可燃物质浓度位于爆炸极限范围内，局部电场驱动电荷突释，电弧能量超过最低点火能量时，诱发自持燃烧链式反应。绝缘衬里、非导电储罐及塑料管道内部的电荷积聚效应，延缓电荷耗散速率，增强放电强度，增加火灾风险。

3.2 爆炸风险

油品输送系统中，封闭环境内的静电积聚速率受介质

介电特性、流体动力学条件及温湿度等因素影响。储罐、油罐车及管线内部若存在高电位差区域，静电场强超出气相介质的击穿阈值，可能发生火花放电，激发蒸气云爆炸。高挥发性油品的自燃点低，蒸气与空气混合形成易燃环境，静电放电产生的高温等离子态电荷团，引发剧烈燃烧反应，导致爆燃或爆轰传播。

3.3 设备损坏

静电释放过程中，瞬态电压峰值可达数千伏，足以对电子设备及控制系统造成冲击。电磁干扰效应影响仪器精度，导致自动化监测系统误操作。高压放电可能破坏管道壁面及储罐内衬材料，绝缘层劣化降低设备使用寿命。电荷累积导致电场畸变，可能诱发局部介质击穿，影响继电保护及防爆系统的可靠性。

4 轻质油品装卸和运输过程中静电安全防控技术

为了防止静电引发的安全事故，石油化工企业已经采取了多种技术措施来控制静电的产生和释放。以下是一些关键的静电安全技术。

4.1 静电接地技术

建设低阻通路可以有效平衡油品装卸及运输设备与大地之间的电位，并且电荷的排放效率受导电材料接地体配置的影响。所以在应用静电接地技术过程中可以由如下几方面着手：第一，采用等电位连接金属储罐、管道系统和装卸设施，减少局部电势差，减少静电积累的危险。接地装置材料选用铜或镀锌钢，导电率高，具有优良的耐腐蚀性能，以保证导通能力的长期稳定。第二，根据环境湿度、土壤电导率及系统规模来明确接地电阻控制标准，一般是控制于 10Ω 以下为宜。静电泄放能力受到接地极深度及布设方式的影响，对于高电阻率地质条件应该要垂直接地极，对于大面积设施需求则可应用水平接地网。此外，柔性导体或旋转接地装置用于浮顶储罐和移动罐车的接地，以保证动态运行状态下的电接触稳定性。在快速装卸过程中，需要通过电阻限流方式配置自适应电位均衡装置来控制放电速率，避免火花放电。如果环境特殊，接地系统可结合泄放电极阵列，将电荷扩散面积扩增，提高静电耗散效率^[3]。

4.2 静电消除技术

静电消除器是一类用于降低油品装卸及运输过程中静电积聚风险的专用设备，主要依托空气离子化机理，通过释放大量的正、负离子来中和液体或设备表面所携带的电荷，以降低潜在静电放电风险。设备按驱动方式可分为气动型和电气型两类，前者依靠高速气流实现电荷中和，后者利用高压电场分解空气分子形成离子流，从而提升静电消散效率。

第一，气动静电消除器的主要介质是高速气流，利用喷射电流来让空气分子快速出现电荷分裂而形成浓度较高的正、负离子云。为了保证离子的稳定性以及分布的均匀性，需要使用到高效喷嘴、导电电极及稳压气源系统等设备结

构。在油品流动时,离子云能够在其表面将带电粒子短时间内中和掉,减少由互相摩擦、介质运动或是界面分离而出现的静电点位。第二,电气静电消除器主要是利用高压电晕放电的作用来加快空气分子电力,从而获得等离子体。为了构建范围较大的静电衰减场需要使用到高压发生器、放电针阵列及离子输送系统等设备核心组件。在离子轰击阶段能够快速吸附或中和静电电荷,从而形成避免介质击穿或因电荷堆积产生火花放电的静电泄放路径。

静电消除器的性能受环境参数、油品特性及设备布局影响,需根据不同装卸工况选择合适的配置方案。设备间距、电场强度、离子浓度及空气湿度均对消电效率产生显著影响,合理优化运行参数可提高静电中和速率,确保油品运输环节的安全性。

4.3 流体电导率控制

轻质油品的电导率通常较低,在流动、装卸及储存过程中易形成静电累积,需通过流体电导率调控措施降低静电荷聚集速率,以减少静电放电风险。电导率调控的核心在于提升油品介质的电荷传输能力,使累积电荷迅速扩散或泄放,从而削弱界面电位差。

首先,提升油品电导率的一项有效途径就是使用导电剂,如金属有机化合物、石墨烯衍生物及功能化离子液体等。将含极性基团的导电改性剂加入油品当中能够使流体体系形成连续的电荷传输通路,在具体应用过程中为了防止对流体理化性质产生不良影响,要求能够根据油品特性及储运工况来合理调整实际导电剂的添加比例。其次,油品中调节含水量,利用微量水分形成分散相,提高体系内离子迁移率,可改变系统微量导电特性,使油品的导电性能得到加强。微乳化液结构的构建可以使电荷转移效率进一步提高,并且为了提高整体电导率,经常使用表面活性剂来调节界面张力,使油液内部均匀地分布水相。此外,管材的选用对流体积累电荷的速率有着重要的影响,而低导电材对静电传导的路径能起到有效的限制作用,避免局部区域电荷的迅速聚集。常用聚四氟乙烯、聚烯烃、特种工程塑料管材控制流体系统的静电蓄积特性,使电荷排能力进一步优化,并通过材料表面

改性或复合导电填充物保证油品输送过程中的静电安全。

4.4 控制输送速度

流体在管道系统中的输送速度直接影响着静电荷的累积速率,为了减弱流体剪切对电荷分离的促进作用,需要对流速进行合理的控制。液体在高速流动时会摩擦管壁和内部结构,造成电荷积聚加剧的电子转移现象增多。临界流速的设定为了保证流体处于静电生成的可控范围内,需要综合考虑电导率、粘度和输送介质的环境温度、湿度等参数。输送速度应当根据油品特性与管道参数来实施优化,对流量控制阀或变频调速系统进行调节来维持液体处在低剪切的流动状态。针对不同的工况,为了减少瞬态电荷累积效应,采用阶梯式流速调整模式,让流体先减速再进入高电位差值区域。与此同时还可将缓冲结构,包括低湍流衬里、静电抑制环等设置于管道内部,将流体边界层的剪切梯度降低,进而实现电荷分离速率的下降。此外,为了防止因电荷堆积过多而造成介质击穿或火花放电,还需要在高流速装卸工况下配置静电泄放系统。静电接地网的布设应覆盖所有导电部件,并采用多点接地方式降低电位梯度。导电性软管或抗静电输油管道的应用,可提升系统整体电荷泄放能力,使电位差趋于均衡。

5 结论

总而言之,对于轻质油品这种易燃易爆的危险品,在进行装卸和运输过程当中必须注重防止静电伤害事故通过有效的静电防控技术,如接地、静电消除、流体电导率控制等,可以显著降低静电积聚带来的火灾和爆炸风险,能够有效防止安全事故的发生。

参考文献

- [1] 廖雯煜.油品储运中的静电危害及防范措施[J].中国化工贸易, 2024, 16(15):126-128.
- [2] 栾宇,席广.油品储运中的安全隐患及预防措施分析[J].中国设备工程, 2023(16):161-163.
- [3] 苏康宁,何俊,白玫帛.成品油库铁路大鹤管装车静电及消除措施[J].中国化工贸易, 2023, 15(25):64-66.

Interior decoration strategy of Luban Award Project

Liang Chen

Shanghai Construction Wisdom Construction Co., Ltd., Shanghai, 201499, China

Abstract

Under the influence of the new era environment, the development of China's construction industry has also achieved continuous innovation. In order to better promote the technological progress of its industry, the industry is also evaluating various construction enterprises through the Luban Award. As the highest honor of China's construction engineering quality, the Luban Award covers all aspects of engineering design, construction technology and quality management. As an important part of the construction project, the quality of the interior decoration directly affects the use function of the building, which is also the key to the Luban Award. This paper takes the A0202 plot project of Lingang Science and Technology Innovation City as the research object, combined with its main project excellence special plan, systematically analyzes the excellence strategy of interior decoration, hoping to provide some research help for its engineering technology development.

Keywords

Luban Award Project; interior decoration; excellence strategy

鲁班奖工程的室内装修创优策略

陈良

上海建工智慧营造有限公司, 中国 · 上海 201499

摘要

在新时代环境影响下, 我国的建筑行业发展也获得了持续的创新, 为了更好地推动其行业技术进步, 行业内部也在通过鲁班奖评选的方式对各个建筑企业进行评比。鲁班奖作为中国建筑工程质量的最高荣誉, 其评审标准涵盖了工程设计、施工技术以及质量管理等细节处理的方方面面。室内装修作为建筑工程的重要环节, 其工程质量直接影响到了建筑的使用功能, 这也是鲁班奖创优的关键所在。本文以临港科技创新城A0202地块项目为研究对象, 结合其主体工程创优专项方案, 系统分析室内装修的创优策略, 希望能够对其工程技术发展提供一定的研究帮助。

关键词

鲁班奖工程; 室内装修; 创优策略

1 引言

鲁班奖的评选不仅关注建筑结构的安全功能, 更强调细节工艺的精致度以及用户使用体验的舒适性。随着建筑行业对绿色智能以及人性化需求的提升, 室内装修逐渐从“满足基本功能”向“品质与美学并重”转变。临港科技创新城A0202地块项目作为上海市重点研发办公综合体, 其室内装修涵盖办公商业等多类空间, 兼具功能性与艺术性, 本文就基于该项目创优专项方案, 探讨如何在室内装修中实现鲁班奖的创优目标。

2 项目基本信息

临港科技创新城A0202地块项目位于上海市浦东新区, 地理位置优越, 东至A0201地块边缘, 南至海洋一路, 西

至规划HY-1路, 北至海港大道生态防护绿地边界线, 基地总面积为41890平方米。该项目总建筑面积达14.68万平方米, 由三栋塔楼(T1、T2、T3)及裙房组成, 其中T1塔楼为15层, 高度78.1米; T2塔楼为18层, 高度82.35米; T3塔楼为16层, 高度82.3米; 裙房为3层, 高度18.5米。主体结构采用钢框架-混凝土核心筒体系, 这种结构形式不仅具有较高的抗震性能, 还能有效提升建筑的空间利用率, 满足现代办公需求。项目功能以研发办公为主, 涵盖了从地面一层至十八层的办公区域, 同时配套有商业餐饮设施及会议展示等多功能空间, 充分满足了现代办公综合体对功能多样化的需求。地下室部分设计为单层, 主要功能包括车库与后勤用房等内容, 总建筑面积约为41483平方米^[1]。车库区域采用金刚砂地坪与混凝土密封固化剂, 确保地面的防尘效果, 同时设备用房区域则采用了防潮防水涂料, 以此来应对潮湿环境对建筑材料的侵蚀。项目在设计上充分考虑了绿色环保要求, 采用了多种绿色建材, 使其在工程施工中尽可能地减少建筑垃圾的产生。

【作者简介】陈良(1982-), 男, 中国上海人, 本科, 工程师, 从事鲁班奖创优做法研究。

3 鲁班奖对室内装修的评审要点

3.1 观感质量

墙面、地面以及吊顶的表面质量是观感评审的核心内容，墙面必须做到平整光滑，无空鼓或色差，尤其是在大面积涂刷乳胶漆或贴砖的区域，颜色均匀一致，无明显接缝痕迹。地面则要求铺贴平整，地砖或石材无空鼓翘曲，拼缝严密且对齐，特别是在大堂或电梯厅等公共区域内，地砖的拼缝应与墙面砖缝对齐，形成统一的视觉效果。吊顶的安装同样需要精细处理，应确保龙骨间距合理，吊顶板接缝严密，无下坠或裂缝现象，灯具及风口等设备的安装位置需与吊顶板对称布置，避免出现错位或歪斜。此外阴阳角的处理也是观感质量的另一关键指标，阴阳角必须顺直，无明显歪斜或凹凸不平，特别是在墙面与地面以及墙面与吊顶的交界处，需采用专用护角条工艺，确保线条流畅美观。

3.2 功能性

室内装修的功能是衡量建筑品质的重要指标，例如卫生间的防渗漏设计就是功能性评审的关键内容。卫生间作为高频使用的湿区，其墙面与地面必须采用高标准的防水工艺，确保无渗漏隐患。在临港科技创新城 A0202 地块项目中，卫生间墙面采用 5 厚面砖满贴工艺，地面铺设防滑地砖，并设置 2% 的排水坡度，确保水流顺畅排入地漏。管道根部也采用环氧树脂密封处理，墙根处增设水泥台及防水涂料双重防潮措施，有效杜绝了渗水问题。此外设备用房的隔音降噪设计也是功能性评审的重点，设备用房通常集中了空调机组或水泵等大型设备，运行时会产生较大噪音，因此需采取有效的隔音措施^[2]。在临港项目中，设备机房墙面采用吸音棉和隔音防火门，顶部吊顶内增设隔音板，显著降低了噪音传播，确保了办公区域的安静环境。由于鲁班奖评审要求公共区域必须符合无障碍设计规范，方便老年人或残障人士使用，因而在临港项目中，电梯厅也被设置了低位按钮及语音提示系统，卫生间内安装了低位洗手台及紧急呼叫按钮，楼梯间设置了防滑踏步与连续扶手，充分体现了对特殊群体的关怀。

3.3 技术创新

在室内装修领域，应用四新技术（新技术、新材料、新工艺、新设备）已成为提升工程品质的关键手段。其中 BIM 技术的应用是技术创新的核心内容，BIM 技术通过三维建模及数字化协同设计，能够有效解决传统施工中的管线碰撞与空间冲突等问题，优化机电安装界面的集成设计。在临港科技创新城 A0202 地块项目中，BIM 技术被广泛应用于室内装修的全过程，从设计阶段的方案优化到施工阶段的管线综合布局，再到后期的运维管理，显著提升了施工效率。通过 BIM 模型模拟，项目团队提前发现了吊顶内灯具与风管的碰撞问题，并及时调整设计方案，避免了施工中的浪费。此外装配式装修也是一项重要的技术创新，装配式装修采用

工厂预制构件及现场拼装的施工方式，不仅减少了现场湿作业，还大幅缩短了工期，提高了施工质量。在临港项目中，卫生间采用了整体卫浴系统，墙面与地面构件在工厂预制完成后直接运至现场安装，确保了接缝严密，同时减少了施工噪音与建筑垃圾的产生。

4 鲁班奖工程的室内装修创优策略

4.1 设计优化：功能与美学的平衡

4.1.1 空间布局合理化

在鲁班奖工程的室内装修施工中，针对不同功能区域的特点需求，采用模块化设计理念，能够有效实现空间的灵活分割。以临港科技创新城 A0202 地块项目为例，项目涵盖了多种功能空间，每个区域的设计都充分考虑了其使用维护需求。在塔楼标准层办公区，项目采用了轻钢龙骨石膏板隔墙的设计方案，这种模块化的隔墙系统不仅施工便捷，还能根据实际需求灵活调整空间布局，满足不同规模团队的办公需求。轻钢龙骨石膏板隔墙具有隔音效果好且防火性能优异等特点，同时其表面平整度高，便于后期涂刷乳胶漆或贴墙纸，确保了办公环境的舒适美观。并且办公区的照明系统也采用了模块化设计，通过智能调光系统控制实现了节能舒适的双重目标。而在设备用房区域，空间布局的合理化则更注重功能性，设备用房通常集中了空调机组等众多大型设备，运行时会产生较大的噪音振动，因此墙面采用了防霉防潮涂料与吸音棉的双重处理，这样既有效隔绝了噪音，又防止了潮湿环境对墙体的侵蚀。

4.1.2 视觉协调性

通过 BIM 技术模拟装修效果，能够有效解决传统施工中常见的视觉冲突问题，确保墙面、地面及吊顶等各界面之间的协调统一。以临港科技创新城 A0202 地块项目为例，项目团队在设计施工阶段充分利用 BIM 技术，对室内装修的每个细节进行了精细化模拟。例如在墙面砖缝与地面对齐的处理上，BIM 模型能够精确计算砖缝的位置宽度，确保墙面砖缝与地砖拼缝在视觉上形成连贯的线条，避免了传统施工中常见的错缝现象。这种“双向对缝”工艺在卫生间区域得到了充分体现，墙砖与地砖的拼缝不仅对齐，还通过精确的排版设计，确保了非整砖的尺寸不小于整砖的三分之一，进一步提升了整体协调性（如图 1）。而在公共区域，视觉协调性更是得到了极致体现，大堂地面采用大理石砖铺设，墙面干挂石材，吊顶则采用轻钢龙骨石膏板，通过 BIM 技术的模拟优化，确保了地面砖缝与墙面砖缝的对齐，吊顶灯具与墙面装饰线条的对称布局，形成了统一的视觉效果^[3]。此外项目还通过 BIM 技术优化了楼梯间的设计，确保踏步砖与休息平台地砖的拼缝对齐，踏步水平段地砖骑过竖向面砖 1mm，将拼缝隐藏，进一步提升了细节工艺的精致度。

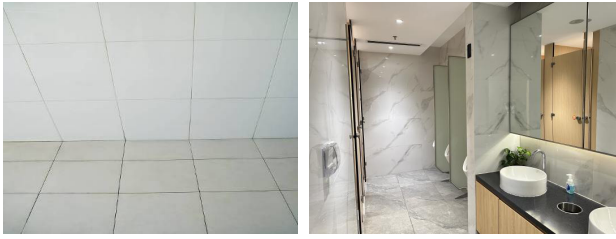


图1 墙面砖缝与地面砖缝对齐

4.2 材料控制：品质与环保并重

4.2.1 严格选材标准

选材标准是材料控制的基础，在临港科技创新城 A0202 地块项目中，项目团队优先选用 SBS 改性沥青防水卷材以及泡沫玻璃保温板等通过绿色认证的材料，SBS 改性沥青防水卷材具有优异的防水性能，适用于地下室及卫生间等湿区，能够有效防止渗漏问题；泡沫玻璃保温板则具有良好的隔热性能，适用于外墙或屋顶保温，显著提升了建筑的节能效果。而地下室车库区域则采用了金刚砂地坪+混凝土密封固化剂的组合方案，金刚砂地坪具有极高的抗压强度，而混凝土密封固化剂则能有效提升地面的防尘效果，确保车库区域的清洁，这种材料组合不仅满足了功能需求，还减少了后期维护成本，体现了品质与环保并重的理念。

4.2.2 材料加工的精细化

在临港项目中，石材地砖等装饰材料均由工厂进行数控切割，确保尺寸精确且边缘平整，随后运到现场直接拼装，减少了传统施工中的切割误差问题。比如办公区域的地砖铺设就是通过工厂预排版与数控切割，确保了拼缝的对齐度，提升了整体视觉效果。此外裙房幕墙的后衬铝板也采用了工厂预拼装工艺，铝板在工厂内完成切割打孔与表面处理，运至现场直接吊装，这种精细化加工装配施工方式不仅提高了施工效率，还减少了现场施工噪音以及建筑垃圾的产生，符合绿色施工的要求。

4.3 施工技术：标准化与创新结合

通过施工样板先行和四新技术的应用，不仅能够规范施工流程，还能提升施工智能化水平。在临港科技创新城 A0202 地块项目中，项目团队在塔楼 4 层设置了装饰样板间，明确了墙面乳胶漆涂刷工艺、吊顶龙骨间距以及地砖拼缝等施工标准。样板间经过施工监理等多方验收后，作为全楼的施工参考标准，确保了施工工艺的一致性。例如墙面乳胶漆涂刷采用“一底二涂”工艺，确保涂层均匀且无刷痕；吊顶龙骨间距严格按照设计要求设置，确保吊顶板的平整度。这种样板先行的做法，不仅减少了施工中的返工浪费，还为后续施工提供了直观的参考依据。然后就是四新技术的应用，

BIM 协同设计是其中最具代表性的技术之一，通过 BIM 技术，项目团队能够提前发现并解决管线碰撞问题，优化机电末端（如喷淋头或烟感器）与吊顶的集成设计。在临港项目中，BIM 模型模拟了吊顶内灯具与风管的布局，避免了施工中的冲突，确保了吊顶的美观与功能。

4.4 质量管理：全过程精细化管控

4.4.1 工序交接检

在临港科技创新城 A0202 地块项目中，项目团队严格执行“三检制”（自检、互检及交接检），确保每一道工序的质量符合要求。例如在防水层施工中，闭水试验是关键的经验环节，项目团队在防水层施工完成后进行 24 小时闭水试验，确保无渗漏后方可进入下一道工序；地砖铺设过程中，空鼓率的控制也是重点，通过敲击检查以及空鼓检测仪的双重检测，确保地砖铺设牢固；门窗安装则需重点检查密封性，通过气密性测试，确保门窗的隔音防水性能符合设计要求。这种严格的工序交接检制度，不仅能够及时发现并解决施工中的质量问题，还能为后续施工提供可靠的基础。

4.4.2 细节专项治理

针对鲁班奖复查中楼梯踏步接搓以及墙根防渗漏等的高频问题，项目团队编制了《细节处理作业指导书》，明确了每个细节的处理标准。例如在临港项目中，楼梯踏步接搓处采用“墙根水泥台+防水涂料”双重防潮措施，水泥台能够有效阻挡地面水汽渗透，防水涂料则进一步增强了防潮性能，彻底杜绝了渗水隐患；墙面与地面的接缝处也采用专用密封胶处理，确保接缝严密无裂缝。这些细节专项治理措施，不仅提升了工程的整体质量，还为用户提供了更加舒适安全的使用环境。

5 结语

综上所述，临港科技创新城 A0202 地块项目通过设计施工管理的多维一体创优策略，实现了室内装修的功能与美观平衡，为鲁班奖评审奠定了坚实基础。今后随着智能建造与绿色建材的不断普及，室内装修工程将更注重向着数字化协同与全生命周期管理方向发展，从而进一步推动建筑工程的品质提升。

参考文献

- [1] 杨洋,高硕.住宅建筑室内装饰装修设计中的绿色环保设计[J].居舍,2025,(05):10-12.
- [2] 郑天宇.建筑节能材料在室内装修工程中的应用[J].佛山陶瓷,2024,34(12):80-82.
- [3] 庄秋萍,邵飞.绿色智能建造理念在室内装修中的应用[J].居舍,2024,(34):82-84.

Exploration of the role of new water-saving irrigation water conservancy projects in sustainable agricultural development

Zhenwu Cui

Xinjiang Ili Water Resources and Electric Power Survey and Design Institute Co., Ltd., Ili, Xinjiang, 835000, China

Abstract

As the agricultural core area of arid regions, the efficient utilization of water resources in the Ili River Valley of Xinjiang is directly related to grain production and ecological balance. This study focuses on three technological breakthroughs: “intelligent water and fertilizer regulation”, “infiltration irrigation network optimization”, and “irrigation decision-making algorithm”, and analyzes the technical implementation path of new water-saving projects in arid areas. In response to prominent issues such as imbalanced joint scheduling, severe evaporation losses, and technological application barriers in agricultural water use in Ili Prefecture, empirical analysis was conducted using the Chabuchar corn drip irrigation and Huocheng grape micro spraying projects to quantify the effectiveness of water-saving engineering in improving crop yield and water use efficiency. A collaborative policy framework is proposed to build an intelligent control platform, crop irrigation quota standards, and water rights trading pilot, providing a solution for the sustainable development of agriculture in the northwest arid region.

Keywords

water-saving irrigation project; Sustainable development of agriculture; Intelligent water and fertilizer integration; ili river valley

新型节水灌溉水利工程对农业可持续发展的作用探究

崔振武

新疆伊犁州水利电力勘测设计研究院有限公司，中国·新疆 伊犁 835000

摘 要

新疆伊犁河谷作为干旱区农业核心区，水资源高效利用直接关系粮食生产与生态平衡。本研究聚焦“智能水肥调控”“渗灌管网优化”“灌溉决策算法”三项技术突破，解析新型节水工程在干旱区的技术实现路径。针对伊犁州农业用水存在的联合调度失衡、蒸发损耗严重、技术应用阻滞等突出问题，以察布查尔玉米滴灌和霍城葡萄微喷项目开展实证分析，量化节水工程对作物产量与水分利用效率的提升效应。研究提出构建智能管控平台、作物灌溉定额标准、水权交易试点的协同政策框架，为西北旱区农业可持续发展提供解决方案。

关键词

节水灌溉工程；农业可持续发展；智能水肥一体化；伊犁河谷

1 引言

我国西北干旱区农业用水占比超过总用水量的 85%，但灌溉水利用系数长期低于 0.55，水资源短缺与低效利用并存成为制约农业现代化的关键瓶颈。新疆伊犁州虽属相对丰水区，但受地形与气候影响，夏季农田蒸发量高达降水量的 3~5 倍，传统漫灌方式导致土壤盐渍化与水资源浪费双重危机。近年来，智能滴灌、微喷灌等新型节水技术在伊犁州逐步推广，但在工程规划、技术适配、管理机制等方面仍存在显著实施障碍。本文立足伊犁河谷典型农区，通过技术解析 - 问题诊断 - 实证验证的研究路径，系统探究节水灌溉工程的技术经济可行性及其对农业可持续发展的支撑作用，以期为

干旱区农业水资源集约利用提供理论依据与实践参考。

2 新型节水灌溉工程的技术革新内涵

2.1 智能水肥一体化控制系统构建

该系统通过“传感监测 - 数据分析 - 精准调控”三阶段流程实现技术突破。在传感层布置土壤温湿度、光照强度等 12 类传感器，这些设备每隔 20 分钟采集一次环境参数。数据处理层采用边缘计算技术，先将原始数据在田间机站进行本地化清洗，再通过 4G 模块上传至云端分析平台。调控层依据作物生长模型输出指令，例如在玉米抽穗期自动调节水肥配比为氮磷钾 3:1:2。某玉米种植基地应用该技术后，化肥利用率从 35% 提升至 52%，每亩灌溉用水减少 18 立方米。实际操作中发现，设备供电稳定性与农民操作培训是影响系统持续运行的关键因素^[1]。

【作者简介】崔振武（1983-），男，中国甘肃古浪人，本科，工程师，从事水利工程研究。

2.2 地下渗灌管网优化布设模式

针对传统渗灌系统存在的“根系浸润不均”“管道堵塞率高”两大缺陷,创新采用双层管网立体布局方案。主输水管埋深冻土层以下,选用抗压型PVC材质确保承重安全;毛细管埋深30厘米,采用可降解材料避免根系缠绕。在葡萄园项目中,按照“三纵四横”网格布设管网,行距控制在3.0米以适应机械作业需求。通过压力补偿式滴头设计,将出水均匀度从68%提升至89%。特别在沙质土壤区域,增加硅藻土过滤装置使管道使用寿命延长3年以上。这种模式虽初期投入增加25%,但五年运维成本可降低40%,尤其适合经济作物种植区推广应用。

2.3 多源数据融合的灌溉决策算法

该算法整合气象预报、卫星遥感、土壤检测三类数据源构建决策模型。首先对接国家气象局72小时降水预报数据,当预测降水量超过10毫米时自动延迟灌溉计划。其次运用高分六号卫星影像解析作物蒸腾系数,结合无人机每周采集的冠层温度数据,动态调整灌溉量误差范围控制在 $\pm 5\%$ 以内。最后融合土壤电导率检测值,当盐分浓度超过2.5ms/cm时触发淋洗灌溉程序。在棉花试验田中,这套系统使灌溉决策准确率提高37%,特别是在5-6月干旱季,将无效灌溉次数从年均8.2次降至3.5次。不过,多源数据的时间同步问题仍是制约算法精度的主要瓶颈。

3 新疆干旱区节水工程实施痛点分析

3.1 地表水-地下水联合调度失衡问题

新疆农业灌溉长期存在“重地表轻地下”的调度倾向,这种现象在塔里木河流域尤为突出。塔里木河流域多年平均地表水资源量为293.88亿 m^3 ,地下水资源不重复量为13.63亿 m^3 ,水资源总量为307.51亿 m^3 ,另外流域多年平均入境水资源量为71.69亿 m^3 。地表水开发利用率为66.2%(含入境水量),其中喀什河流域、渭干-库车河流域、迪那河流域地表水开发利用率较高,超过70%。

现状塔里木河流域地下水供水量111.9亿 m^3 ,超流域地下水可开采量(73.4亿 m^3)38.5亿 m^3 ,塔里木河流域内叶尔羌河、阿克苏河、开都-孔雀河、渭干-库车河、迪那河、干流等均出现超采,根据近年国家级地下水监测站水位变化数据统计,地下水超采的流域水位均出现持续下降,水位降幅最大的流域水位降低接近1.7m,大多数区域浅层地下水位已经低于平原绿洲适宜地下水埋深,最大埋深的监测井水位降至100m以下,规划水平年需要高度重视地下水的合理利用,将地下水源作为“丰补枯用”的调蓄措施纳入供水体系。

每年5-6月地表径流高峰期,大量融雪水未经有效拦截直排下游,造成水资源浪费。到了9-10月枯水期,地下水超采导致水位下降,引发周边胡杨林退化等生态问题^[2]。同时,现有调度系统缺乏联合调控阀门,当某县开启地下水取水时,相邻区域的地表水闸门仍在全开放水。这种割裂式

管理使水资源综合利用率长期低于40%,部分灌区亩均用水量超出定额标准32立方米。

3.2 高蒸发量条件下的水分利用效率瓶颈

干旱区年蒸发量普遍超过降水量3倍以上,这对灌溉技术提出特殊要求。传统覆膜滴灌虽能减少土壤蒸发,但在7月正午高温时段,膜下温度可达58℃,导致毛细根灼伤现象。某棉花种植区监测数据显示,正午12—15时的水分无效蒸发占比达全天损失的41%。此外,现有微喷灌设备雾化颗粒直径多在0.8~1.2毫米,这些细小水滴在落地前就有23%被强风带走。实验证明,将喷头高度从1.5米降至0.8米,同时增大水滴直径至1.5毫米,可使水分有效利用率从67%提升至79%。不过,这种改造需要重新设计输水管道承压参数,给老旧系统升级带来技术障碍。

3.3 传统漫灌思维对新技术应用的阻滞

在阿克苏地区调研发现,45岁以上农户中仍有62%坚持认为“大水漫灌才能压盐保墒”。这种认知导致智能灌溉设备使用率不足三成,部分已安装的土壤墒情传感器被人为遮挡或拆除。某节水示范区曾出现典型案例:系统自动关闭灌溉阀门后,村民私自撬开闸门继续漫灌,致使当季用水量反超定额18%。深层次矛盾在于,现行水价体系下每亩漫灌成本为89元,而节水灌溉需额外支付38元/亩的设备运维费。

4 伊犁河谷节水灌溉工程实证研究

4.1 察布查尔县玉米种植区滴灌系统改造

4.1.1 土壤墒情传感器网络布设方案

该方案采用“分层监测+动态校准”策略,在玉米种植区布设三层传感节点^[3]。表层5厘米深度安装温湿度复合传感器,这类设备每半小时采集一次数据,特别关注清晨露水凝结时段的水分变化。中层20厘米处布置电导率传感器,主要用于监测根系活动区的盐分迁移,当数值超过2.8ms/cm时自动触发预警。深层40厘米埋设真空张力计,用以评估地下水补给情况。在沙质土壤区域,技术人员将节点间距从标准50米缩短至30米,这样一来,数据采集精度提升26%。不过实际操作中发现,农机作业时会有12%的浅层传感器被误损,后续改用防碾压外壳后故障率降至3%。这套系统使田间持水量测算误差控制在 $\pm 5\%$ 以内,为精准灌溉奠定基础。

4.1.2 灌溉周期动态调整模型验证

模型构建以“根系吸水规律”和“气象补偿”为核心参数,将玉米生育期划分为8个需水阶段。在拔节期试验中,传统固定周期灌溉亩均用水量达320立方米,而动态模型根据冠层温度指数调整后降至278立方米。有意思的是,当遭遇连续三日35℃高温时,系统自动增加夜间灌溉频次,使中午叶面温度降低4-6℃,有效缓解光合午休现象。对比数据显示,采用动态调整的田块籽粒灌浆速率提升19%,秃尖率从7.2%降至3.8%。但模型在应对突发降水方面存在滞后性,例如

某次 12 毫米降雨后,系统仍在 6 小时后执行了预设灌溉,造成水量浪费。目前正尝试接入气象雷达实时数据,争取将响应时间压缩至 2 小时内。

4.2 霍城县葡萄园微喷灌节水效益评估

4.2.1 蒸腾效率与果实糖度相关性分析

研究发现葡萄“蒸腾午峰现象”与果实糖度积累存在显著关联。在正午 12—14 时,当叶片气孔导度超过 $0.35\text{mol/m}^2 \cdot \text{s}$ 时,光合产物向果实的转运效率提升 18%。某赤霞珠品种试验显示,采用脉冲式微喷可将午后叶面温度降低 $4\text{--}6^\circ\text{C}$,使单粒葡萄糖度提高 1.2 度。有意思的是,当喷灌间隔超过 3 小时,叶片会出现“水分饥渴应激”,这种状态下合成的单宁物质增加 23%,导致酒体涩感加重。目前正尝试在转色期实施“控水增糖”策略,通过精准调控蒸腾强度,使糖酸比达到酿酒工艺要求的 3.8:1 标准。不过,过度控水可能导致穗轴木质化问题,这需要在后续研究中平衡调控阈值^[4]。

4.2.2 年节水量与经济效益转化率测算

该园区微喷系统亩均年用水量从 620 立方米降至 510 立方米,节水率约 18%。按现行水价 0.16 元/立方米计算,单此一项每年节省费用 17.6 元/亩。更关键的是,精准灌溉使葡萄可溶性固形物含量稳定在 22% 以上,达到优质原料标准后收购价提升 0.8 元/公斤。以亩产 1.2 吨计算,这项增值收益达 960 元,是节水直接收益的 29 倍。设备投资方面,智能喷灌系统亩均投入约 2200 元,考虑节水补贴与品质溢价,投资回收期缩短至 8.6 年。但维护费用占年均收益的 12%,特别是电磁阀更换频率高达 3 次/年,这部分成本仍需通过技术改进压缩。

5 技术—政策双轮驱动发展路径

5.1 建立三级智能灌溉管控平台(县—乡—村)

该平台采用“数据分层汇聚—指令分级执行”架构,县级中心负责整合气象卫星与水文监测数据,每周生成区域用水预警图谱。乡级站点配备智能决策模块,例如某乡系统根据玉米生育期自动生成 7 套灌溉预案,供管理人员选择优化。村级终端部署简易操作界面,农户可通过“红黄绿”三色指示灯判断灌溉时机,在霍城县试点中,这种可视化提示使误操作率下降 62%。但跨层级数据传输存在 3~5 小时延时,特别是在网络基站覆盖薄弱区域,部分田间数据需人工抄录后补录。目前正尝试利用北斗短报文功能,争取将延时压缩至 1 小时内。这套平台运行首年,伊犁州农业用水量计量覆盖率从 38% 提升至 79%,为精准管控奠定基础。

5.2 制定差异化作物灌溉定额标准

标准体系以“作物需水规律”和“地形补偿系数”为

核心参数,将主要作物划分为三大类。高耗水作物如水稻执行“基准定额 $\times 0.9$ ”的紧缩标准,葡萄等经济作物采用“动态浮动定额”,在转色期允许上浮 15%。旱作小麦则实施“降水替代率”考核,当自然降水满足需水量 80% 时禁止抽水灌溉。某县玉米种植区执行新标准后,亩均用水量从 420 立方米降至 365 立方米,但部分坡耕地因输水损耗导致实际灌溉达标率仅 73%。为此引入地形补偿系数,坡度每增加 5 度允许定额上浮 8%,这项调整使达标率回升至 89%。争议在于,现行标准未考虑土壤质地差异,沙壤土区域的农户反映定额偏低,后续拟增加“土壤保水系数”修正项^[5]。

5.3 推行用水权交易市场试点机制

在伊犁河支流流域试点“水银行”制度,允许农户将节余水量折算为虚拟水权进行交易。某村通过滴灌改造节省的 12 万立方米水量中,35% 转化为水权挂牌交易,交易均价 0.8 元/立方米,较农业水价溢价 167%。交易平台设置“阶梯锁定期”,首年限本乡镇交易,次年扩大至全县,防止跨区域套利。但监测发现,2.3% 的交易方伪造节水数据虚增水权,现已建立“用水审计+遥感核验”双重监管机制,违约者列入信用黑名单并追缴三倍溢价。这套机制使节水改造投资回收期缩短至 4~7 年,农户参与意愿从初期的 31% 提升至 68%。不过,工业用水户的准入规则仍在博弈中,环保部门担心跨行业交易可能挤占生态用水。

6 结语

通过智能水肥调控等技术解析,揭示新型节水工程在干旱区的实现路径,针对新疆农业用水存在的“调度失衡”“蒸发损耗”等困境提出解决方案。察布查尔县玉米滴灌改造使单产提升 12%,霍城县葡萄微喷灌节水 28%,验证技术革新对农业可持续发展的支撑作用。技术与政策需协同发力,三级管控平台解决整合难题,差异化标准破解粗放痼疾,水权交易激活节水动力。当前智能设备运维成本偏高、农户接受度参差等障碍仍需突破,后续应聚焦“成本分摊机制”“技术简化适配”等方向。

参考文献

- [1] 宋柳.节水灌溉技术在农田水利灌溉中的应用探究[J].河南农业,2024,(24):63-65.
- [2] 杨君.节水灌溉技术在我国农业发展中的重要作用及实施策略[J].河北农机,2024,(22):79-81.
- [3] 马升,杨艳.推广高效节水灌溉技术促进农业可持续发展[J].河北农机,2024,(06):132-134.
- [4] 张尚贇.农田水利应用节水灌溉技术的必要性及促进农业可持续发展的策略[J].河北农机,2023,(20):139-141.
- [5] 朵永奇.高效利用节水灌溉技术促进农业可持续发展[J].河南农业,2022,(26):56-58.

Difficulties and Technical Measures in Road, Bridge, and Tunnel Construction

Yongyong Lv

China Railway Tunnel Group No.1 Co., Ltd., Chongqing, 401147, China

Abstract

In recent years, China's economy has continued to develop, urbanization has accelerated, and transportation infrastructure has become increasingly perfect. As important transportation infrastructure, the construction quality and safety of roads, bridges, and tunnels are directly related to the travel safety of the general public and also affect regional economic development. In actual construction, road, bridge, and tunnel construction are affected by various factors and face many difficulties, such as relatively complex geological conditions, frequent construction cracks, detachment of pavement layers, and high on-site safety risks. Therefore, it is necessary to continuously optimize various technical means during the construction phase to ensure the smooth progress of the construction project. This study aims to analyze the difficult problems of roads, bridges, and tunnels, and propose corresponding technical measures, in order to provide reference for the construction of transportation infrastructure.

Keywords

road; Bridge; Tunnel; Construction difficulties; technical optimization

关于道路桥梁隧道施工难点及技术措施

吕永永

中铁隧道集团一处有限公司, 中国 · 重庆 401147

摘要

近几年我国经济持续发展, 城市化进程不断加快, 交通基础设施也日益完善。道路桥梁隧道作为重要的交通基础设施, 其施工质量和安全性直接关系到广大群众出行安全, 也影响区域经济发展。在实际施工中, 道路桥梁隧道施工受到各种因素影响, 存在诸多难点, 如地质条件相对复杂、施工裂缝频发、铺装层出现脱落、现场安全风险大等, 因此需不断优化施工阶段的各种技术手段, 进而确保施工项目顺利进行。本研究旨在分析道路桥梁隧道难点问题, 并提出对应的技术措施, 以期对交通基础设施建设提供参考。

关键词

道路; 桥梁; 隧道; 施工难点; 技术优化

1 引言

在国民经济快速发展的背景下, 构建高效便捷化的交通基础设施成为社会发展的首要目标。道路桥梁隧道作为交通基础设施的重要组成, 在促进区域经济发展, 强化不同地区区间联系方面起到重要的作用^[1]。道路桥梁隧道施工项目具备工期长和施工环境复杂的特点, 项目建设需要投入大量的人力、物力和财力, 鉴于地域的地理特征复杂因此给道路桥梁隧道施工带来诸多挑战, 需要施工单位具备一定的专业化水平, 灵活解决施工阶段出现的各种问题。鉴于复杂的地质特点、多变的气候等限制性因素, 使得施工难度大幅增加。

【作者简介】吕永永(1987-), 男, 中国河南孟州人, 本科, 助理工程师, 从事隧道、公路、桥梁研究。

解决这些施工难点, 需采用现代化施工技术, 以保证工程顺利进行, 因此需要对道路桥梁隧道施工难点进行全方位的研究, 结合实际情况采取对应的解决方案, 以保证施工项目顺利实施。

2 道路桥梁隧道施工特点

2.1 施工周期长

道路桥梁隧道项目施工涉及的专业领域比较多, 如地质勘探、结构设计等, 施工阶段需要协调诸多方面, 增加施工的复杂性。同时隧道施工容易受到地质条件的影响, 尤其是遇到断层、溶洞或者地下水等, 需额外进行加固处理, 延长施工时间。一般情况下道路桥梁隧道施工项目周期均在 1 年以上, 部分特殊的工程项目施工周期长达几年, 施工周期长为施工单位带来一定的挑战。长时间的施工会增加额外的人

力资源投入,增加施工经费,也对整个施工项目带来不便^[2]。

2.2 施工不可预估性

在进行道路桥梁隧道前尽管会进行全面的地质勘探,但是施工阶段也会遇到未预料的地质问题,如断层、溶洞或者软土层等,需要结合实际情况调整施工方案,额外进行支护或者加固处理,增加施工成本。露天施工项目的道路桥梁隧道工程受天气变化影响大,尤其是在特殊天气,如暴雨、洪水和冰雪天气等导致施工被迫中断,施工进度不可控,需重新安排工期或者额外采取防护措施。另外,道路桥梁隧道对技术要求比较高,尤其是大跨度的桥梁、深埋隧道等,技术难度大,遇到的技术问题需要尽快处理,需引入新的技术和设备,可能导致施工中中断。

2.3 施工环境复杂

道路桥梁隧道在山区或者河流施工项目比较多,就无法采用常规施工方式完成项目。在进行特殊路段施工时,水电等是首要解决的问题,但这类问题无法轻松解决,因此导致施工现场状况混乱。加上施工现场由于缺少必要的便利条件,很多施工无法正常运转,由此给道路桥梁隧道施工带来一定的难度。另外道路桥梁隧道施工项目涉及多个专业领域(如土建、机电和安装等),需协调不同工种的施工进度,也会给施工过程带来安全隐患。

3 道路桥梁隧道施工难点

3.1 地质条件相对复杂

道路桥梁隧道施工往往面临各种复杂的地质条件,如软土地基、岩溶区域等,这些地质问题的出现导致整个施工项目停滞不前,直接延误工期。地质问题是道路桥梁隧道施工经常遇到的问题,一般都是提前进行地质勘探,但是部分施工单位由于施工前考察不足,勘探任务无法落实,导致施工任务无法及时推进,进而无法保证施工条件满足施工进度。地下水也是道路桥梁隧道施工常遇到的难题,若地下水比较丰富,会降低其承载力。尤其是在基坑开挖的过程中,若涌出大量的地下水,势必影响施工进度,甚至会出现管涌等地质情况,对周边土体造成影响,也导致施工项目无法顺利进行。

3.2 施工裂缝频发

道路桥梁隧道施工规模相对比较大,所用的建筑材料也比较多,尤其是混凝土材料,混凝土施工质量直接对道路桥梁隧道的结构强度产生影响,但同时混凝土施工比较常见的问题就是裂缝。出现施工裂缝的原因如下:其一是所用的施工材料和当前施工内容不相符,施工单位没有根据施工现场的实际情况进行混凝土材料的合理调配,导致混凝土材料存在一定的差异性。其二是在浇筑施工阶段,没有按照标准进行振捣处理,不规范的施工行为也会导致施工裂缝。为避免道路桥梁隧道施工项目出现裂缝现象,就需规避风险,在施工前做好项目审核工作,选择合适的预防举措,以规避施

工裂缝的出现^[3]。

3.3 铺装层出现脱落

道路桥梁隧道施工中铺装层出现脱落是比较常见的一类问题,直接影响施工项目的使用周期。鉴于道路桥梁隧道项目本身可能对施工区域的地质情况产生影响,如地下储水结构变化等。实际施工阶段必须采取有效的措施进行处理,以提升施工结构的抗裂性能。若施工项目抗裂性能差,则可能出现渗漏的情况,影响项目的顺利推进。施工阶段必须加强对铺装层的保护,避免超载的情况,如果出现超载势必导致铺装层出现裂缝,甚至变形,直接影响施工质量。

3.4 现场安全风险大

道路桥梁隧道施工属于高风险类施工项目,施工过程中存在很多安全隐患。如高空作业、地下作业以及大型机械设备的使用等都可能会引起安全事故。因此需要施工企业规范现场施工行为,确保施工人员按照流程操作,以提升安全意识。现场安全风险的出现和以下因素相关。其一是忽视施工材料的监督管理。由于道路桥梁隧道施工是基础设施建设的核心所在,施工过程中必须采用符合施工质量要求的材料。但是部分施工单位为了降低成本,存在偷工减料的行为。部分材料不是从正规厂家采购,由此为施工项目留下安全隐患。其二施工人员管理不到位、道路桥梁隧道施工项目所需的施工人员较多,现阶段,部分施工现场作业人员专业素质较低,不能安全按照施工设计图进行现场施工,也无法及时解决施工阶段出现的突发问题,由此会增加施工项目后期维护成本。其三是缺少安全管理意识。部分单位以节约成本为主旨,忽视了施工人员安全意识和责任意识的培训,进而导致施工现场秩序混乱,违规操作的情况频发。

4 道路桥梁隧道施工的技术优化措施

4.1 进行详细的地质勘察,选择合适的施工方法

道路桥梁隧道施工经常面对复杂多变的地质条件,这些地质条件不仅会增加施工难度,同时还对工程质量以及安全构成威胁。针对地质条件相对复杂的施工难点,需提前进行详细的地质勘察。在施工前,组织专业的地质勘察团队和相关工作人员对施工现场详细的地质调查,可采取钻探和物探等手段,了解施工区域的结构、地质、分布情况以及地下水活动规律等,为施工设计提供详细的地质资料。通过前期有效的调查可帮助施工团队提前了解可能遇到的各种问题,进而有针对性地选择施工方案。结合地质勘察结果,选择合适的施工工艺。如在软土地基施工,就需采用排水固结法、换填法等进行地基处理,以提升地基的承载力和稳定性。在岩溶区域施工,则需注意溶洞和地下暗河的处理,可采取填充和注浆等方式进行加固处理。施工阶段必须进行整个施工过程的监测和预警,尤其是复杂的地质环境下,地质情况可能是动态变化的,需实时监测地质条件的变化情况。可通过安装监测设备,对施工现场的地质参数进行实时监测,一旦

出现异常情况,立即采取措施进行处理,避免事故的发生。施工人员的专业素养和技术水平也是应对复杂地质条件的重要保障,施工人员自身要具备丰富的施工经验和专业知识,熟练掌握各种施工工艺流程和方法,正确处理施工阶段的各类问题。加强对施工人员的培训和教育,以提升其专业素质和技术水平。

4.2 强化施工阶段的质量控制,合理选择施工材料

在道路桥梁隧道施工中,施工裂缝是比较常见且棘手的问题。裂缝的出现不仅会影响工程的美观性,也会威胁到结构安全性,甚至减少项目应用周期。针对施工裂缝问题必须提前做好设计和规划工作,设计师需充分考虑施工阶段的各类因素,如材料的收缩性、温度应力以及地基沉降等,通过合理的结构设计和配筋进而增加结构的抗裂性。在设计时需预留出足够的变形和伸缩缝,适应结构在使用过程中的变形需求,减少裂缝的出现。同时施工阶段需做好质量控制工作,施工裂缝的出现多和施工质量相关,因此施工单位需严格按照图纸和施工规范进行施工,保证施工质量和工艺水平。混凝土施工中应用较多的材料,鉴于施工内容不同,对混凝土型号以及配比等要求也不同,必须结合施工具体情况科学配备混凝土,以保证混凝土质量。完成混凝土配置后,按照工艺流程进行标准化处理,确保混凝土应用阶段的质量,确保施工过程顺利。另外还需对施工环境充分考虑,结合施工环境的变化调整混凝土配比,提升施工质量。混凝土浇筑完成后,进行振捣操作,保证混凝土的结构符合道路桥梁隧道的施工要求。振捣时需结合现场施工现状增加符合标准的掺合料,提升混凝土的性能,以延长道路桥梁隧道的使用周期。做好混凝土养护工作也很关键,需注意现场施工环境的变化,采取合适的养护方案。一般在夏季施工的时间比较长,受到强烈光照的影响,出现裂缝的几率比较大,在混凝土浇筑工作完成后就需浇水保湿。冬季对混凝土进行保温,避免热胀冷缩出现开裂的情况^[4]。

4.3 施工前进行基层处理,及时修复脱落问题

道路桥梁隧道施工阶段出现铺装层脱落不仅影响道路美观性和使用舒适度,还会威胁到行车安全。针对铺装层脱落的现象,首先从施工材料和工艺入手,选择高质量的铺装材料,材料具备良好的粘结性和耐磨性,明确铺装层和基层之间牢固吻合。施工阶段严格控制材料的配合比和施工工艺,避免因材料质量不佳或者施工工艺不当导致的脱落问题。在施工前,对基层进行合理的处理也很重要。基层的平整度、清洁度以及湿度等直接影响铺装层的质量,施工前必须对基层进行彻底的平整处理,确保基层表面无杂物、无油污,且平整度要符合设计要求。同时要控制基层湿度,避免基层过湿或者过干导致铺装层脱落。同时施工温度和厚度

也需重点关注,施工温度过高或者过低都会影响铺装材料性能,使其出现质量问题,必须在适宜温度下施工,控制好铺装层厚度。针对已经出现的铺装层脱落的问题,及时修复。修复前查找脱落的原因,有针对性地制定修复方案,修复阶段按照修复方案执行,以确保修复效果和质量。通过这些综合措施的实施,才可有效预防铺装层脱落,确保道路桥梁隧道的安全。

4.4 合理安排施工作业,强化施工应急管理

鉴于目前道路桥梁隧道施工现场风险大的现象,需做好施工人员的培训和指导工作。所有参与施工的人员都要接受全面的安全教育和培训,了解施工现场的安全规定和操作规程。通过培训,让施工人员认识到施工安全的重要性,增强自我保护意识,施工阶段遵守安全规定,减少事故的发生。基于道路桥梁隧道施工的特殊性,还需强化现场的安全防护管理,如在高空作业时,设置安全网和防护栏等防护措施,避免施工人员坠落。在爆破作业区域设置警示标志和安装隔离带,避免无关人员进入危险区域。在机械设备作业时设置警示标志,提醒施工人员注意机械安全。施工单位要结合现场施工具体情况,合理安排施工作业和顺序,避免交叉作业和相互干扰。同时合理安排作业时间,避免在恶劣天气或者夜间进行高风险作业。加强应急管理也很关键,施工单位需建立健全应急管理体系,制定详细的应急预案,定期组织应急演练,提高施工人员应急反应能力和事故处理能力,一旦出现安全事故,立即启动应急预案,迅速组织救援和处理,最大程度减少人员伤亡和财产损失。

5 结语

道路桥梁隧道施工难度众多,涉及地质、环境、技术等方面,通过采取有效进行详细的地质勘察、强化施工阶段的质量控制、施工前进行基层处理、合理安排施工作业等技术措施,可有效解决施工阶段的各类难点问题。同时还需结合施工现状,综合应用各类施工技术,及时解决施工阶段出现的各类问题,以保证施工顺利进行。施工企业需进行全面的规划和设计,加大管理力度,结合工程现状切实提升道路桥梁隧道管控力度,从根本提升项目建设效果。

参考文献

- [1] 王春晖. 道路桥梁隧道工程施工难点及改进措施 [J]. 交通建设与管理, 2024, (06): 118-120.
- [2] 房磊. 道路桥梁隧道施工的工程技术与安全管控措施分析 [J]. 大众标准化, 2024, (23): 50-52.
- [3] 李西全, 蒋为勤. 道路桥梁隧道项目施工重难点及养护技术措施 [J]. 汽车周刊, 2024, (12): 59-61.
- [4] 杨世政. 道路桥梁隧道工程施工难点和质量控制措施分析 [J]. 运输经理世界, 2024, (18): 100-102.

Research on the installation optimization of building HVAC system using mechatronics technology

Mengquan Wu

Sinan Technology Co., Ltd., Huai'an, Jiangsu, 223001, China

Abstract

In recent years, with the development of mechatronics technology and the demand of construction engineering field, the installation optimization of building HVAC system is more and more important. The research results show that through the application of mechatronics technology, the design scheme of HVAC system can be significantly optimized to reduce energy consumption and improve work efficiency. At the same time, the technology can also improve the stability of the system and prolong the service life of the equipment. In addition, the installation and optimization scheme of this HVAC system has great theoretical and practical significance for improving building energy efficiency, reducing energy consumption, and promoting the development of green buildings.

Keywords

mechatronics technology; HVAC system; installation optimization

应用机电一体化技术的建筑暖通空调系统安装优化研究

吴梦泉

司南科技股份有限公司, 中国 · 江苏 淮安 223001

摘 要

近年来, 随着机电一体化技术的发展和建筑工程领域的需求, 对建筑暖通空调系统的安装优化研究愈发重要。研究结果显示, 通过机电一体化技术的应用, 可以显著优化暖通空调系统的设计方案, 减少能源消耗, 提高工作效率。同时该技术还能提高系统的稳定性, 延长设备的使用寿命。此外, 这种暖通空调系统的安装优化方案对于提升建筑能效, 降低能源消耗, 促进绿色建筑的发展等方面具有重要的理论和实践意义。

关键词

机电一体化技术; 暖通空调系统; 安装优化

1 引言

随着环保意识的增强, 机电一体化技术正引领建筑领域迈向绿色节能新纪元。该技术深度融合计算机智能与建筑暖通系统, 通过精准调控, 实现能源的最大化利用与节约。它不仅让建筑的暖气、通风与空调系统运行更加高效稳定, 延长设备寿命, 更在无形中提升了居住舒适度, 为用户打造宜人环境。

2 机电一体化技术概述

2.1 机电一体化技术的发展历程

机电一体化技术作为现代工业和建筑领域的一项关键技术, 其发展历程经历了多个重要阶段, 并在不断迭代中取得了显著的技术进步 [1]。早期的机电一体化, 主要是通过融合机械与电子设备, 去助力生产过程的效能提升和设备操

控的自动化。最初这种技术所触及的领域, 集中于自动化的生产线等工业范围, 此时的机电一体化, 因为机械与电子的相互融合, 令工业系统的整体效能大幅度上升。

2.2 机电一体化技术的主要组成和原理

机电一体化技术是综合电气工程、机械工程、计算机科学与控制工程等多个学科的综合性技术, 其主要构成包括传感器与检测技术、驱动与执行机构、信息处理与控制系统、人机界面以及网络通信等部分。传感器与检测技术用于实现系统各类参数的实时监测与信息采集, 确保数据的准确性和及时性。驱动与执行机构则包括电机、液压、气动等多种执行单元, 是实现系统动作的核心部分^[3]。

信息处理与控制系统通常由嵌入式计算机、PLC (可编程逻辑控制器) 等组成, 依据预设的控制算法对采集到的信息进行处理和分析, 从而产生控制指令, 指挥系统执行机构按既定的方式工作。人机界面则提供了系统与操作人员之间的交流平台, 常见的形式包括图形用户界面 (GUI) 和触摸屏, 显著提高了系统的可操作性和应用灵活性。网络通信

【作者简介】吴梦泉 (1991-), 男, 中国江苏淮安人, 本科, 工程师, 从事机电安装施工、暖通空调安装研究。

部分则通过有线或无线方式，将系统各个模块连接起来，实现数据和信息的高速传输和实时共享，提高了系统的整体协调和响应速度^[4]。

3 建筑暖通空调系统安装的现状与挑战

3.1 建筑暖通空调系统的基本组成与功能

现代建筑中的暖通空调系统具备重要地位，其核心目的在于调整室内温度、湿度、空气清洁度和流动性，为入室之人创设宜人环境。该系统不仅升级人类生活，亦在能源调控与环境保护中功不可没。为实时完成这些功能，暖通空调系统含丰富子系统以及组件。

暖通空调系统的主要构成可归纳为：冷源与热源系统。它涵盖冷水机组、锅炉、热泵等种种设备，负责供应制冷与制热所必需的能量。冷水机组通过制冷剂循环，逐渐将建筑内热量转移到外部。打开锅炉与热泵的开关，依托燃料或电力释放热能。如此善用热能，则建筑有了热水与暖气。第二部分是空气处理系统，主要包括风机、空气过滤器、加湿器和除湿器等。这些设备共同作用，通过风道将处理过的空气输送到各个房间，确保空气的质量和流动。风机通过创造气流，为整个系统提供动力，空气过滤器则用于去除空气中的颗粒物和有害物质。

加湿器与除湿器，是人们调控室内湿度并以此提升居住舒适度的工具。在建筑物的暖通空调系统中，管道系统扮演关键的一环，连接着设备和各部件，传送热介质（水或空气）至必要的区域。了解到，一个优质的管道系统设计，以及施工品质，对系统性能和能耗有着直接影响。至于散热器、风机盘管和空气处理机组等设备，这就是系统的末端设施，传递热能或冷能至室内，进行具体的温度调控。

另外，控制系统以及监测设备，在暖通空调系统中也有举足轻重的作用。它们是智能化管理的代表，包括传感器、微处理器、执行器以及控制面板，主要负责对系统的运行状况进行监测与调控。通过先进的控制算法和自动化技术，可以实现系统的优化运行，提高能源利用效率，降低运行成本，并延长设备的使用寿命。

建筑暖通空调系统通过冷源和热源系统、空气处理系统、管道系统、末端设备以及控制系统和监测设备的紧密协作，实现对室内环境的全面调控。这不仅满足了人们对舒适、健康生活环境的需求，还在节能减排方面发挥着重要的作用。

3.2 现有建筑暖通空调系统安装的问题分析

当前，建筑暖通空调系统的安装面临诸多挑战，这些问题深刻影响着系统的能效、运行效率及使用寿命。传统安装方式过度依赖经验与手工操作，缺乏系统化和标准化的技术支持，导致安装过程中误差频发，设备布局不合理，进而拖累整个系统的性能表现。

在建筑施工的复杂环境中，暖通空调系统的安装质量

控制尤为艰难。机械设备、管道、电线的安装往往分阶段进行，各阶段间的协调与衔接成为一大难题，直接影响系统集成效果，降低系统稳定性和操作效率。更为严峻的是，能源浪费问题不容忽视。许多暖通空调系统在设计与安装阶段未能充分考虑节能措施与设备节能指标，导致实际运行中能耗居高不下。加之缺乏有效的保温隔热措施，设备运行中产生的热能大量散失，不仅加剧了能源消耗，也降低了系统效率。此外，设备保护与管理同样关键。暖通空调系统由众多复杂设备组成，每种设备对保护的需求各异，而当前普遍缺乏统一的保护管理规范，加速了设备老化，缩短了使用寿命。同时，施工后的验收标准不严、过程监督缺失，也导致施工质量参差不齐，为系统稳定运行埋下隐患。

解决建筑暖通空调系统安装中的难题，需从提升安装技术水平、加强施工协调与管理、强化节能设计与保温隔热措施、完善设备保护管理规范及加强施工后验收与监督等多方面入手，以全面提升系统性能，实现节能高效、稳定可靠的运行目标。

从以上分析可以看出，现有建筑暖通空调系统安装过程中面临的主要问题包括安装方法不科学、施工质量控制薄弱、节能措施不到位以及设备维护管理不善。这些问题亟需优化和改进，才能提高建筑暖通空调系统的整体性能和长期运行效果。

3.3 面对绿色建筑要求的挑战

对于绿色建筑的诉求，暖通空调系统的装置面对的是多样而复杂的挑战。绿色建筑提倡的是能源的高效使用和对环境的友好态度，它希望通过暖通空调系统，既能让室内环境保持舒适，又能够最大化地减少能源的消耗。那些诸如 LEED 以及 BREEAM 这样的绿色建筑认证体系，都对暖通空调系统的节能和环保性能有着严格的规定。要达成这些规定，就必须借助高效的设备以及智能的控制技术。可持续性，或者说是长期稳定运作并减少对环境负面影响的能力，也是绿色建筑强调的暖通空调系统应有的特点。这一点则对设备的选择，以及施工方式的高效化，乃至维护工作的质量，提出了更为严格的要求。所以说，要实现高效、环保和可持续这样的目标，就必须从设计、施工还有维护等诸多环节，对暖通空调系统进行全方位的优化，来应对绿色建筑的各种要求。

4 基于机电一体化技术的暖通空调系统安装优化策略

4.1 机电一体化技术优化安装设计方案

提高建筑中暖通空调系统的设置效率与品质，巧妙运用机电一体化技术在设置设计中做出优化，这是关键的一点。所谓的机电一体化技术，就是要达到机器、电子、信息以及自动控制技术的总和，经由全系统的配合优化，来达成更高效且智能化的设置设计。

在优化暖通空调系统的设计时，要将系统的整体生命周期作为考虑的对象。主要的任务便是从最初阶段的系统选择与设计开始，全然地把机电一体化技术融入其中，让精准极了的模拟仿真得以实现，那么就可以根据不同的建筑需求，策划出最合适的暖通空调解答方式。借由仿真的技术，可以在早期预测到设计中可能出现的问题，这样就可以优化布局管道、选择设备以及决定设备的安放位置，确认整体系统能够高效运作。

使用 BIM（建筑信息模型）技术来辅助暖通空调系统的设计也是一种应用机电一体化技术的有效方法。BIM 技术可以将建筑的几何信息、物理特性和功能需求全部集成在一个数字模型中，为暖通空调系统的设计和安装提供全面的技术支持。通过 BIM 技术，不仅有助于施工前的虚拟预装，还有助于在规划阶段进行碰撞检测和冲突解决，避免实际施工中的问题^[5]。

在优化设计方案时，还需充分考虑系统的节能性和可维护性。为此，可以引入自适应控制技术和智能传感器网络，对暖通空调系统的运行状态进行实时监测和调整。从系统设计阶段就引入这些技术，将有助于在不同负载和外部环境条件下实现能源的优化调度，提高整个系统的能源利用效率。另外，模块化设计也是机电一体化技术应用于暖通空调系统安装优化的重要途径。模块化设计通过标准化和预制化的手段，使各组件能够在工厂完成制造并进行初步组装，现场只需进行模块之间的连接，这不仅能提升安装效率，缩短工期，还能保证安装质量的稳定性。

通过机电一体化技术的应用，可以从设计阶段全面提升建筑暖通空调系统的安装优化，实现节能、高效、稳定和可持续的发展目标。这不仅有助于提高工程的整体质量，也为未来建筑工程提供了宝贵的参考和实践经验。

4.2 优化施工方法与流程

建筑暖通空调系统安装工艺的优化在保证系统性能和可靠性的基础上，必须实现施工的高效和精确。利用机电一体化技术，施工过程可以显著提升安装效率和质量。通过三维建模和仿真技术，可以在施工前期准确预见潜在问题，并提供有效的解决方案。三维建模不仅能优化管道布置和设备安装位置，还能避免施工过程中因设计不合理导致的返工，从而节约成本和时间。

预制化安装是另一个值得推广的施工方法。通过在工厂内完成管道、支架及其他组件的预制加工，再将其运送到施工现场进行模块化装配。这不仅能减少现场安装时间，还能提高施工精度，降低施工环境对人员健康和施工质量的影响。预制化的方法需要精确的技术数据支持，机电一体化技术在这一过程中可发挥关键作用，通过精准测量和数控加工

实现预制构件的高质量生产。

安装过程中的实时监测和控制也显得尤为重要。采用物联网传感器和无线通讯技术，实时监测施工现场的设备运行状态和环境参数，如温度、湿度和振动情况。这些数据被及时反馈到中央控制系统，施工人员可以根据监测数据动态调整施工策略，确保施工质量达到最佳状态。自动化施工器械的采用，例如自动化焊接机器人和智能钻孔设备，不仅能提高施工速度，还能显著提升施工质量，减少人为因素导致的误差和风险。

流水线作业和跨学科协作是优化施工流程的另一重要策略。通过合理安排施工顺序，确保不同工序之间的无缝衔接，避免因工序交叉导致的施工延误。跨学科协作则要求暖通、电气、土木等不同专业的施工团队密切配合，通过共享信息和资源，提高整体施工效率。

4.3 提高系统稳定性与延长设备寿命的措施

为了提高建筑暖通空调系统的稳定性与延长设备寿命，需应用机电一体化技术进行全面优化。通过智能控制技术实现对系统实时监测与故障预警，避免突发故障对系统造成重大影响。采用先进的材料和制造工艺，提高设备耐腐蚀性和抗疲劳性能。再者，实施定期维护和优化运维策略，进行预防性检修，确保系统长期稳定运行，减少设备磨损和老化速度，进一步提升系统整体可靠性和使用寿命。

5 结语

本次研究深度融合机电一体化技术于建筑暖通空调系统安装，提出创新设计方案、施工流程与验收标准。结果表明，该技术显著提升设计效率，降低能耗，增强系统稳定性，延长设备寿命，为绿色建筑与节能减排贡献力量。尽管已取得显著成效，但研究亦显露出应用复杂系统、提升节能效率的局限性。展望未来，需不断优化设计、精进施工，以应对更高挑战，追求极致效能与稳定性。机电一体化在建筑暖通空调领域的应用，开辟了广阔研究前景，期待更多学者深入探索，共筑绿色、高效、可持续的建筑未来。

参考文献

- [1] 邢易.暖通工程机电一体化设备安装的管理[J].风景名胜,2021,(04):0161-0161.
- [2] 谢小勇.建筑机电一体化设备的安装技术浅谈[J].华东科技:综合,2019,0(07):0113-0113.
- [3] 周志勇范素梅.建筑工程机电一体化设备安装技术[J].中文科技期刊数据库(全文版)工程技术,2020,(07).
- [4] 王岩.建筑机电一体化设备安装技术探讨[J].百科论坛电子杂志,2020,(04):754-754.
- [5] 燕朋朋.建筑机电一体化设备安装的管理[J].装备维修技术,2021,(33):0208-0208.

The application of environmental protection and energy saving wall insulation material in green building

Jing Wang

Xinjiang Guoan Occupational Environment Testing and Evaluation Co., Ltd., Urumqi, Xinjiang, 830000, China

Abstract

In the traditional construction process, the use of construction materials are mostly made of chemical raw materials, with a certain irritation and toxicity. The use of such construction materials will not only pollute the air environment inside and outside the building, but also pose a threat to human health. All sectors of society are eager to produce green, healthy and environmentally friendly construction materials. In this context, the concept of green building is put forward in the field of construction, and a large number of environmental protection and energy saving construction materials have been developed, among which there are common environmental protection and energy saving wall insulation materials. This paper focuses on the application of environmental protection and energy saving wall insulation materials in green building, aiming to improve the application of environmental protection and energy saving wall insulation materials in the popularization and development of green building.

Keywords

environmental protection; energy saving; wall insulation materials; green building

刍议环保节能型墙体保温材料在绿色建筑中的应用

汪静

新疆国安职业环境检测评价有限公司, 中国·新疆 乌鲁木齐 830000

摘 要

在传统的建筑施工过程中, 使用的施工材料大都以化工原料制造而成, 带有一定的刺激性和毒性。这种施工材料的使用, 不仅会对建筑物内外的空气环境产生污染, 还会对人体健康产生威胁。社会各界迫切希望能够出现绿色、健康、环保的施工材料。在这种背景下, 建筑施工领域提出了绿色建筑的概念, 并研发出了大量的环保节能性施工材料, 其中常见有环保节能型墙体保温材料。本文重点针对环保节能型墙体保温材料在绿色建筑中的应用进行了分析, 旨在提高环保节能型墙体保温材料在绿色建筑的普及与发展中的应用。

关键词

环保; 节能; 墙体保温材料; 绿色建筑

1 引言

建筑产业是我国支柱型产业, 建筑产业的发展状况关系着我国的经济发展水平。在国家大力倡导环保节能可持续发展理念的形势下, 将环保节能型墙体保温材料应用到绿色建筑中, 不仅可以减少施工能耗, 减轻建筑施工行为对周围环境的污染, 还可以增强后期建筑运行期间的环保节能效果, 真正意义上推动建筑施工领域的可持续发展。但是, 如何将环保节能型墙体保温材料应用到绿色建筑中, 依然是一个值得深入探究的问题。

2 环保节能型墙体保温材料在绿色建筑中的应用重要性

2.1 加强大气环境的保护

在社会经济发展节奏不断加快的今天, 城市当中的建筑数量也越来越多。在传统的建筑施工模式下, 很多墙体材料都由黏土烧制而成。黏土烧制过程中, 会产生大量的污染物质, 对大气环境产生污染^[1]。而将环保节能型墙体保温材料应用到建筑施工中, 则能够减少传统墙体材料制作过程中污染物的排放, 进而对大气环境产生保护。

2.2 加强建筑环境的改善

在国家建筑技术不断完善的今天, 越来越多的开发商会将保温材料应用到建筑施工中, 以改善建筑室内环境的舒适度。但是, 在选择保温材料的时候, 如何遵循可持续发展原则, 注重材料应用对周围生态环境的保护, 却成为摆在开发商面前的一道难题。所以, 环保节能型墙体保温材料逐步

【作者简介】汪静(1976-), 女, 中国甘肃武威人, 本科, 工程师, 从事建材专业研究。

作为开发商的首选。

2.3 促进建筑领域的绿色化发展

近几年来，随着城市中建筑施工领域的发展，能够应用到建筑施工中的墙体保温材料也越来越多。为了迎合国家相关部门提出的可持续发展理念，在建筑施工中需要优先选择使用环保节能型墙体保温材料，并辅以相应的环保节能型保温墙体施工技术。只有这样，才能够提高施工现场各类施工资源的使用效率，促进建筑的绿色化发展。

2.4 促进社会经济的稳定发展

能源是支持社会经济稳定发展的关键因素。但是，能源的过度消耗，却引发了能源紧缺问题。如果不能采取积极的应对措施，社会经济的发展将会受到极大的制约^[2]。而将环保节能型墙体保温材料应用到绿色建筑中，不仅可以大幅度降低建筑施工过程中对于能源的消耗量，还可以提高各项资源的使用率，实现绿色建筑的可持续发展，为社会经济的稳定健康发展提供保证。

3 绿色建筑中常用的环保节能型墙体保温材料

3.1 环保节能主墙保温材料

在绿色建筑施工过程中，常用的环保节能型主墙保温材料主要有两种，一种是 EPS 复合自保温砌块（如图 1 所示），

另一种是 RASTRA 空心墙板承重墙体。其中，第一种墙体保温材料具有较低的施工造价、较强的保温性能、较好的节能效果。如果辅助以嵌入式砌筑施工方式，还可以明显提高砌体强度^[3]。第二种墙体保温材料，则具有更好的抗震性能、保温隔热性能、节能性能、防火性能、耐霉性能，可以在维持室内温度与湿度恒定方面发挥重要作用。



图 1 EPS 复合自保温砌块

3.2 环保节能外墙保温材料

在绿色建筑施工过程中，常用的环保节能型外墙保温材料主要有矿物棉、聚苯乙烯泡沫塑料、硬质聚氨酯泡沫塑料、硅酸盐复合绝热砂浆、水泥聚苯板、胶粉聚苯颗粒保温材料等。这些环保节能型外墙保温材料性能差异如表 1 所示。

表 1 建筑材料特性表

环保节能型外墙保温材料	材料性能	在绿色建筑中的应用优势
矿物棉	轻质、吸热、防火、不燃	保证建筑外墙的保温隔热性能、防火性能和憎水性能
聚苯乙烯泡沫塑料	密度小、价格便宜、隔热、保温，不会形成热桥	加工模塑成型容易，可以根据施工需求定做，保证建筑外墙的保温隔热性能
硬质聚氨酯泡沫塑料	隔热、轻质、柔韧、弹性强、化学性质稳定、耐磨性好	施工便捷，保证建筑外墙的保温隔热性能
硅酸盐复合绝热砂浆	可塑性强、和易性好，可与水结合形成闭口气孔	保证建筑外墙的保温隔热性能，可以直接在外墙上涂抹，增强外墙美观性
水泥聚苯板	耐高温、防火、保温、抗拉强、饰面稳定、不易开裂和变形、表面整洁平整、厚度均匀、韧性好、导热率低	保证建筑外墙的保温隔热性能，且施工简便、减少工序、缩短工期、降低工程造价
胶粉聚苯颗粒保温材料	密度小、保温性能好、适应性好、性能稳定、不易熔、成本低、绿色环保	降低建筑物自重、现场成型、施工方便

4 环保节能型墙体保温材料在绿色建筑中的应用强化策略

4.1 树立正确的环保节能理念

推动绿色建筑的进一步发展，增强建筑施工与运行期间的环保性与节能性，并非单纯某一建筑企业的责任，而是整个建筑行业、整个社会的责任。全社会都需要在建筑施工与运行方面树立较强的环保节能理念。绿色建筑的节能环保，并非只是一味地在建筑施工或运行过程中强调资源的节约，而是要从整体上提高整个绿色建筑的施工品质，对施工过程中的可用资源进行充分利用^[4]。在这一过程中，还需要对环保节能型墙体保温材料应用对于生态环境的影响进行

分析、评估，并实施针对性的改进措施，以降低建筑墙体施工对周围生态环境的扰动。

4.2 加强相关法律法规体系的完善

政府部门需要对环保节能型墙体保温材料的使用标准规范进行明确，对相关法律法规制度体系进行完善，从法律层面加强环保节能型墙体保温材料生产与使用环节的约束。其次，制定完善的激励机制，针对努力践行国家节能环保政策、严格按照节能环保标准进行环保节能型墙体保温材料生产的企业予以名誉奖励，并从政策和资金方面支持其新型环保节能型墙体保温材料研发工作进度的推进。最后，加强环保节能型墙体保温材料生产企业的统一集中化管理，加强环保节能型墙体保温材料生产质量的把控力度。

4.3 加强技术创新

必须强调的是，高性能的环保节能型墙体保温材料是确保其在绿色建筑中高效应用的基础，因此需要不断改善现有材料的性能，深入挖掘其应用潜力，并采取科学的施工技术措施，延长材料使用寿命，减少其对环境的影响。

环保节能型墙体保温材料的生产商应结合本地气候和绿色建筑施工需求，对材料进行创新研究，探索其在绿色建筑中的应用潜力和方法 [7]。增加对新型环保节能材料研发和生产的投资，以满足建筑施工领域的绿色化需求。此外，应根据国内绿色建筑市场的最新发展，学习国际先进的环保节能型墙体保温材料应用技术，引进相关设备，确保这些材料在国内绿色建筑中的广泛应用。

同时，为了使环保节能型墙体保温材料在绿色建筑中得到更广泛的应用，必须持续创新相关施工技术，提升施工资源的使用效率，降低资源的无效浪费。一是，应优先采纳能源和资源消耗较低的施工技术，重点淘汰或限制使用不可再生资源 [5]。二是，建筑公司和科研机构应增强对新技术、新工艺和新材料的研发，并完善配套产品，以根本解决建筑施工中的环境污染和能源短缺问题。

最后，相关部门应重点支持环保节能型墙体保温材料市场上的领先企业，将其建设为实验基地，并引导其发展成为行业典范。

4.4 加强环保节能型墙体保温材料的配套建设

国家相关部门需要在环保节能型墙体保温材料的发展方面制定出一系列的产业政策，加强环保节能型墙体保温材料市场的培育。首先，加强环保节能型墙体保温材料的生产管理，提高环保节能型墙体保温材料市场的规范性，加大各种不正当竞争行为的打击力度 [6]。其次，构建完善的信息交流平台，为环保节能型墙体保温材料的生产与流通提供便利。最后，加强相关人才队伍的建设，利用各种推广活动和宣传活动，加强环保节能型墙体保温材料及其配套施工技术

的宣传与推广，并根据环保节能型墙体保温材料在绿色建筑中的应用需求，加强相关人才的培养。

5 结语

综上所述，在绿色建筑领域，采用环保节能型墙体保温材料不仅有助于加强大气环境保护和改善建筑环境，还能推动建筑行业的绿色转型和促进社会经济的稳定增长。目前，市场上主要的环保节能型墙体保温材料分为两大类：环保节能主墙保温材料和环保节能外墙保温材料。这些材料各自具有独特的应用优势和适用场景。只有根据绿色建筑墙体施工的具体情况，选择恰当的环保节能型墙体保温材料，才能最大化地发挥其应用效益，进而推动绿色建筑的健康和可持续发展。此外，为了进一步促进环保节能型墙体保温材料的创新与进步，在未来一段时间内，我们还需在理念更新、技术研发、法律制度完善、市场培育以及科研投入等多个方面持续努力。

参考文献

[1] 翟学卫. 环保节能型墙体保温材料在绿色建筑中的应用研究[J]. 建筑与装饰,2024(9):196-198.

[2] 殷元菊,杨茂永,李蒙,等. 论环保节能型墙体保温材料在绿色建筑中的应用[J]. 城镇建设,2024(3):101-103.

[3] 李华峰. 环保节能型墙体保温材料在绿色建筑中的应用[J]. 电脑校园,2020(2):2257-2258.

[4] 李自军. 新型建筑墙体材料及节能建筑保温技术的研究[J]. 商品与质量,2018(14):168.

[5] 朱晓玲. 环保节能型墙体保温材料在绿色建筑中的应用[J]. 建材与装饰,2017(29):50-51.

[6] 殷翊原,钟作为. 节能型外保温复合墙体在建筑施工中的应用[J]. 新材料·新装饰,2023,5(4):51-53.

[7] 王宾. 节能墙体材料在房屋建筑施工中的应用[J]. 建材发展导向,2024,22(11):10-12.

The industrial park “EIA-pollutant discharge permit-cleaner production” three-certificate linkage technology path

Zhengkai Shi¹ Yucong Zhu² Mengmeng Wang³ Xufeng Hu⁴

1. Wuhan Zhonglianda Environmental Technology Co., Ltd., Wuhan, Hubei, 430000, China

2. Hangzhou Environmental Protection Technology Consulting Co., Ltd., Hangzhou, Zhejiang, 310011, China

3. Zhejiang Aiwenge Environmental Protection Technology Co., Ltd., Hangzhou, Zhejiang, 310000, China

4. Zhejiang Dekong Environmental Protection Technology Co., Ltd., Hangzhou, Zhejiang, 310000, China

Abstract

The “three certificates linkage” of industrial parks is an innovative path to integrate the three major environmental management systems of environmental impact assessment, pollutant discharge permit, and clean production audit. At the same time, industrial parks are also facing the phenomenon of “multiple departmental supervision, cross evaluation, and inconsistent evaluation standards”, and urgently need to coordinate and sort out relevant environmental management systems. This article systematically analyzes the technical foundation of the linkage of the three certificates, designs a linkage technology path that runs through the entire life cycle of park planning, construction, operation, and evaluation, and proposes key technical measures such as database construction, emission source inventory integration, hierarchical classification management, risk collaborative prevention and control, and carrying capacity evaluation, providing a scientific method for the refined environmental management of industrial parks.

Keywords

industrial parks; environmental impact assessment; pollutant discharge permits; cleaner production; Three-certificate linkage

工业园区“环评—排污许可—清洁生产”三证联动技术路径

施正凯¹ 朱郁葱² 王梦梦³ 胡旭峰⁴

1. 武汉众联合达环境技术有限公司, 中国·湖北 武汉 430000

2. 杭州环保科技有限公司, 中国·浙江 杭州 310011

3. 浙江爱闻格环保科技有限公司, 中国·浙江 杭州 310000

4. 浙江德控环保科技有限公司, 中国·浙江 杭州 310000

摘 要

工业园区“三证联动”是整合环境影响评价、排污许可证和清洁生产审核三大环境管理制度的创新路径。同时工业园区还面临着“各部门多头监管、交叉评价、评价标准不统一”的现象,急需协调梳理相关环境管理制度。本文系统分析了三证联动的技术基础,设计了贯穿园区规划、建设、运行及评估全生命周期的联动技术路径,提出了数据库构建、排放源清单整合、分级分类管理、风险协同防控和承载力评估等关键技术措施,为工业园区精细化环境管理提供了科学方法。

关键词

工业园区; 环境影响评价; 排污许可; 清洁生产; 三证联动

1 引言

工业园区还面临着“各部门多头监管、交叉评价、评价标准不统一”的现象,急需协调梳理相关环境管理制度,而环境影响评价制度、环境保护“三同时”制度(简称“三同时”)和排污许可制度作为我国“三统一”管理制度的基础,分别通过前端预防、中间过程管控和末端治理优化提升,衔接配合不够紧密、相互“打架”的矛盾突出,被称为“信息孤岛”,无法充分发挥其制度效能、提升管理效能和运行

效能,“三统一”监管方式亟待创新。

2 三证联动的技术基础

2.1 信息共享平台建设

三证联动需要平台为技术支撑,建立环评、排污许可和清洁生产三证信息共享平台,搭建统一交换的数据格式和接口规范,实现三证信息的“三互”。平台分为“1+3+N”,即一个数据库、三大业务系统和N个扩展应用系统,实现了从数据采集到数据分析、数据应用的全覆盖^[1]。

2.2 监测数据一体化采集

数据融合的实质是三证联合数据同步采集,通过环评

【作者简介】施正凯(1991-),男,中国湖北武汉人,本科,工程师,从事环境保护研究。

监测、排污许可自行监测、清洁生产审核监测数据三者合并，统一监测点位设置、采样方式和监测方法，取消多余监测，保证监测数据之间进行对比；将企业自动监测设施、企业所在园区环境监测布设、园区环境监测布设和移动监测工具三者进行数据集成，最终实现“点-线-面”一体化监测；借助物联网、云计算技术实现监测数据实时上传、自动比对与数据分析，确保监测数据质量，并构建污染因子成因分析大数据模型、环境监测大数据模型，实现监测数据和结果统计，预测环境变化，辅助三证联合管理决策。

2.3 环境管理标准统一

统一环境管理标准，是三证联动的必要前提。梳理环境影响评价、排污许可证、清洁生产工作中污染物种类、计量单位、评价标准的差异，研究确立统一的污染物管控清单和污染物分类标准。制定园区环境管理技术规范，统一环境要素分类、污染源编码和环境质量评价标准。建立园区环境基准体系，将企业环评需求、排污许可排放量、清洁生产水平挂钩，制定园区共用环境管理基准。研发标准换算工具，将各类标准之间的数据实现交换转换，消除标准壁垒，为三证联动奠定基础。

3 三证联动技术路径设计

3.1 前期规划阶段联动

一是结合园区功能及发展方向，构建产业准入负面清单体系，将规划环评中的污染物总量要求转化为排污许可指标，清洁生产指标；二是构建项目生命链条环境影响评价模型，对规划环评实施过程中的环境影响进行全生命周期预测，为后续排污许可与清洁生产审核提供依据；三是构建环境基础数据库，包括区域环境质量、容量、环境敏感目标信息等，形成园区环境质量基准数据集^[2]。

3.2 建设实施阶段联动

一是开发环评数据自动转成排污许可数据工具，将建设项目环评报告中的污染源源强、污染物排放和污染治理设施建设运营等要求自动转换成排污许可证申请表的内容，二是建立环评批复转成排污许可技术要求机制，将环评批复要求转落实到排污许可申请技术文件中，三是将清洁生产标准纳入环评和排污许可审查审批要求，促使企业建设过程同步应用先进的生产工艺和污染治理技术、实现源头减量减排，降低环境管理成本和企业违规成本。

3.3 运行管理阶段联动

一是做好排污许可证执行报告和清洁生产审核报告信息互享互用，避免企业重复填报，二是研发基于排污许可的清洁生产潜力评估系统，结合超标或接近许可限值的污染物进行清洁生产审核对象的自动识别，三是研发清洁生产绩效评估和基于排污许可的动态排污许可调整机制，将清洁生产审核结果作为排污许可的变更依据，四是实施监督执法联动，在监督检查排污许可证和履行情况的过程中推动清洁生

产实施，将排污许可证中信息用于企业清洁生产审核的监督执法。

3.4 评估改进阶段联动

第一，开展三证联动实施评估指标体系研究。第二，开展三证管理对园区环境质量改善及园区排污许可量（强度）、清洁生产水平的关系定量模型分析研究。第三，研究三证联动评估结果在园区环境管理中的应用。第四，研究并建立联动评估结果闭环运行机制，将其反馈到园区的新一轮规划环评中，反馈到项目入园（准入）审批中。

4 三证联动关键技术措施

4.1 一体化环境管理数据库构建

数据表结构设计方面采用中心库（即基础数据库）+专题库（即专项环境管理数据库）方式存储数据，中心库存储环境管理各类基础数据（企业数据、排放口数据、污染物数据等）的共性数据；各类专项环境管理数据库根据不同管理对象自身特点存储各类环境要素。排污许可数据库主要用于存储建设项目施工期和投产后的环境许可、企业基本信息、工艺与规模、在线监测、大气污染物、排放口、重金属、废酸碱、废渣、清污分流、污水处理及排放口等情况；清洁生产数据库主要用于存储企业清洁生产方案、污染控制措施、实际执行进度、达到的指标水平、每万元工业增加值新水量、可替代水的量、节水的具体措施等情况。数据标准化处理方面，根据数据实际情况，针对企业、排放口、污染物、环境因子等基本要素，设定编码生成规则，规范不同环境管理要素、不同数据源在数据格式、逻辑、关联上保持一致性原则，开发数据采集与标准化转换工具软件，实施企业基本数据、排放口、排污许可证、清洁生产方案等信息的格式标准化或基于模板的规范化转换。业务应用功能模块包括数据采集平台、数据质量控制与运行维护模块、数据分析与应用平台及数据安全管理等，其中数据采集系统支持采集企业信息（包括环评信息、排污许可、清洁生产）、排放口、污染物、企业基本信息、工况、排放口、在线监测、水量水质等数据，企业信息包含排污许可、工况信息、排放口数据、环境统计信息、自行监测信息、企业能耗和产能信息及其他信息等；数据质量控制与运行维护模块执行对不同数据格式进行质量控制；数据分析与应用模块对查询、统计、预测三者相结合，对排污企业、排放口、污染物等进行监测分析功能；数据安全对三证联动过程形成的数据库实施安全管理^[3]。

4.2 污染物排放源清单整合技术

首先，制定了统一排放源分类编码规则，根据各行业的类属性质、生产工艺特性、排放源特征等情况将排放源划分为4个类别（点源、面源、移动源和非常规源），并设计层次化的编码方式，保证源信息的唯一性及追踪溯源能力；其次，研发了环评源清单与排污许可源清单互转工具软件，对环评中“环境影响因子-环境要素”矩阵进行重构为“污

染物-介质”的对应关系,同时基于生产流程图保证生产单元与排放口的100%映射。针对环评源清单对间歇排放、非正常排放等描述不清的情况,研制了通过工艺参数反推法补足源清单编制;第三,提出了清洁生产审核源项变更记录机制和溯源方式,设计了“工艺提升-物料替代-设备替代”的变更记录模板,准确反映了清洁生产措施实施后源项的变化情况,同时通过自动调用功能,在排污许可证管理信息平台中相应栏目的数据实时更新;最后,开发了园区级排放源动态管理系统,允许园区级排放源自下而上的汇总和分解,实现园区层面总量控制的动态调节及对各级排放企业许可量的联动影响。

4.3 分级分类管理技术开发

绿色分类分级管理技术能够精细化有效配置环保资源、提升环境监管的科学性和精准性。绿色分类分级管理技术以环境影响评价和排污许可及清洁生产信息为数据基础,建立绿色企业环境分类评价指标体系,涉及企业污染物排放强度、环境风险情况、资源能源利用指标与清洁生产指标等四类评价指标。采用AHP-ANP层次分析法确定指标权重,运用模糊数学综合评判方法计算企业环境管理综合值,将园区企业评为A、B、C、D四类环境管理分类等级。按企业绿色分类分级对企业采取差异化的环境影响评价、排污许可证类别以及清洁生产审核方式进行管理:对于A级绿色企业(环境友好型)的企业,适用环境影响评价的简评制、排污许可证登记备案的简化许可制以及自愿清洁生产审核;对于B级绿色企业(环境合规达标型),适用环境影响评价的基本评价制、基本类许可类排污许可证和一般清洁生产审核;对于C级绿色企业(环境风险型),适用环境影响评价的限评制、重点管理类许可制排污许可证与强制性清洁生产审核;对于D级绿色企业(环境严重不良型),适用环评限批制、排污许可证暂缓审批制和限期整改强制实施的清洁生产审核。

4.4 环境风险协同防控体系

三证合一的环境风险协同防控体系从三证制度的风险管理要素入手,以园区为单位构建全过程、多层次的环境风险协同防控体系,从工业园区规划环评风险评价、企业排污许可证管理要求、清洁生产技术3个维度出发,深化风险管控,实施风险精准治理。即开展企业环境风险识别,确定企业环境风险源,划定环境风险类型、环境风险受体及传导途径,形成环境风险源清单;依据排污许可证管理的相关要求,对企业进行环境风险源头防控和管控能力建设的细分,确定风险防范措施,包括对环境风险源的设备与设施保护、过程控制、防范设备的安全库存及应急处置等相关内容,形成园区环境风险源清单;将清洁生产技术和风险源治理相结合,消减风险因子在源头上的环境风险性,从生产工艺和设备上

改善,减少风险物质的使用量,降低环境风险的危险程度;在此基础上,开发园区环境风险累积效应评估模型,综合考虑园区地理位置、气象、水文等特性因素,模拟多源风险累积叠加的情况,形成园区高值风险区及环境风险敏感区域清单,为园区规划布局、应急资源的配置与使用提供指导。分级建立园区环境风险防控体系,将单体企业风险防控与园区层面风险防控结合起来,针对不同风险等级要求不同的监测频次、巡查频次及应急准备预案制定要求。实时向公众、政府有关部门及辖区企业提供不同层级的环境风险信息,建立环境风险防范及应对的精准推送与快速响应系统,以实现环境风险防范及应对过程中信息推送、资源共享。

4.5 园区生态环境承载力评估技术

环评数据计算承载力是三证联动的科学决策依据,重点是定量园区环境容量接纳新项目及其结构调整的能力。基于环评的污染源清单,计算园区主要环境影响的监测质量变化规律,基于几年内项目环评监测结果的数据,结合项目环评所依据的气象、水文等自然因素条件,建立环境质量的演化规律,为承载力的计算提供环境质量的动态标准。基于企业排污许可证,构建园区的污染总量计算方法,通过排放总量=单位项目污染物排放量*项目数量,将许可证的污染物排放数量、单位排放污染物与环评预测及实际排污浓度与质量目标挂钩,核算园区环境质量可以接受的最大排放量。采用系统动力学模型结合多目标规划模型的计算方法,通过不同路径发展情景下,计算园区未来环境保护的环境质量变化趋势和轨迹,预判园区环境承载力的关键拐点和限值因素。利用环评数据分析载体,建立环境承载力计算结果与园区发展的产业规模、结构耦合机制。当环境容量进入红色危险区域时,采用加强清洁生产审核和环境风险控制,严格排污许可的数量,设置更高的限值。

5 结语

本文提出的三证联动技术包括信息共享平台、监测数据一体化、标准统一等技术基础,形成了以三证联动为路径的园区全生命周期途径,建立了数据库建立、排放源梳理、分级分类管理等关键技术措施,三证联动简化了环境管理流程,为企业减负,更为园区绿色转型升级提供了系统解决方案。

参考文献

- [1] 李明华,王建国.环评与排污许可制度衔接技术研究与实践[J].环境影响评价,2023,45(3):12-17.
- [2] 赵文博.工业园区环境管理三证联动机制构建与应用[J].环境科学研究,2024,37(4):521-529.
- [3] 吴晓东,周伟,李云.基于大数据的工业园区清洁生产审核技术研究[J].中国环境科学,2023,43(6):3218-3226.

Causes of mass concrete cracks in ship lock engineering and common construction control methods

Xiji Zhao

China Shipping Engineering Construction General Administration Co., Ltd., Beijing, 100070, China

Abstract

As a key hub of water conservancy transportation system, ship lock engineering often cracks in its massive concrete structures due to factors such as large volume, drastic temperature change and complex force, which seriously affect the durability and operation safety of the structure. This paper focuses on the background of large volume concrete cracks in ship lock engineering, systematically analyzes the formation mechanism of temperature cracks, shrinkage cracks and structural stress cracks, and deeply analyzes the relationship between them and material properties, hydration heat control, environmental constraints and other factors. The construction control methods commonly used in current engineering practice are further summarized, including temperature control technology, segmental pouring technology and optimal mix ratio design of concrete, and a comprehensive idea of crack pre-control and post-treatment is proposed, trying to provide theoretical reference and practical reference for improving the overall anti-crack performance of concrete structures in ship lock engineering.

Keywords

ship lock engineering; Mass concrete; Cause of fracture; Construction control; Comprehensive treatment

船闸工程大体积混凝土裂缝的成因与常用施工控制方法

赵习吉

中海工程建设总局有限公司, 中国 · 北京 100070

摘 要

船闸工程作为水利交通体系中的关键枢纽,其大体积混凝土结构常因体积庞大、温度变化剧烈以及受力复杂等因素而产生裂缝,严重影响结构耐久性与运行安全。本文围绕船闸工程中混凝土裂缝的产生背景展开研究,系统分析温度裂缝、收缩裂缝及结构应力裂缝的形成机制,深度剖析其与材料性能、水化热控制、环境约束等因素之间的关联。进一步归纳总结当前工程实践中常用的施工控制方法,包括控温技术、分段浇筑工艺及混凝土优化配合比设计,提出裂缝预控与后期治理的综合思路,力图为提高船闸工程混凝土结构的整体抗裂性能提供理论参考与实践借鉴。

关键词

船闸工程; 大体积混凝土; 裂缝成因; 施工控制; 综合治理

1 引言

船闸工程大体积混凝土结构在长期服役过程中易产生不同类型的裂缝,其分布隐蔽、传播路径复杂,常对结构安全构成潜在威胁。传统施工中对裂缝问题的处理多依赖经验,缺乏系统性分析与科学性干预,导致裂缝预控效果有限。本文立足裂缝的实际表现,重新审视其结构依附环境、物理成因与工程诱导机制,强调通过成因机制与控制策略的协同研究,实现施工阶段对裂缝的全过程干预。通过归纳裂缝类型,揭示其发生内因,并系统梳理常用的控制手段,从源头减少裂缝发生概率,提升结构服役质量。

【作者简介】赵习吉(1982-),男,中国山东乳山人,本科,高级工程师,从事交通水运工程施工总承包项目管理、技术咨询等研究。

2 船闸工程大体积混凝土结构特点

船闸工程作为控制水位变化与实现船舶通行的重要基础设施,其混凝土结构常呈大体积封闭状态,具有结构尺寸庞大、受力体系复杂、施工周期长和水化热集中释放等显著特征。在施工过程中,由于混凝土浇筑体积大、一次成型厚度高,内部水化热不易及时散发,极易形成温度梯度,导致结构内部与外部之间产生较大的应力差异。同时,大体积混凝土结构多处于潮湿、温差明显的环境条件下,其长期服役状态受周边水压、地基沉降及温湿变化等因素的共同影响。混凝土内部约束与外部约束形成复杂的应力耦合机制,使结构易在早期或服役阶段出现温度裂缝、干缩裂缝和结构应力裂缝,严重影响整体的安全性与耐久性。

3 船闸工程大体积混凝土裂缝的分类特征

3.1 温度应力诱发型裂缝

大体积混凝土在水化过程中会释放大量化热，导致内部温度迅速升高，随着混凝土逐步冷却，表层与核心区域之间形成较大温差，进而引发热胀冷缩的不均匀变形。当这种温度差超过混凝土的抗拉极限时，就会形成温度应力诱发型裂缝，表现为沿结构表层分布的纵向或网状裂缝。此类裂缝多出现在施工初期，具有隐蔽性强、延伸性快的特点，若未能及时采取控温降温措施，将影响结构整体完整性与后续承载性能，对船闸安全运行构成持久威胁。

3.2 收缩与湿度变化致裂类型

船闸工程中的大体积混凝土在硬化过程中会发生干缩和自收缩现象，当混凝土内外部的湿度梯度过大，水分迁移失衡，易引起体积变化不均，导致内部产生拉应力而形成裂缝。施工后期若养护不充分，表面失水加剧，也将促使干缩裂缝加速发展。该类裂缝多呈随机分布状态，宽度较细，常发生于暴露面或收边角部位。由于船闸所处环境湿度变化频繁，长期服役过程中混凝土结构仍处于持续的湿胀干缩交替影响下，裂缝容易反复扩展甚至贯通，对结构耐久性和防渗性能造成不良影响。

3.3 结构荷载与约束导致的裂缝

船闸大体积混凝土结构在服役阶段需承受水压力、地基不均匀沉降和结构自身重量等多重荷载，其刚性边界和外部约束作用会限制混凝土的自由变形，导致局部区域产生过高应力集中。当这些应力超过混凝土抗拉极限时，便会出现结构性裂缝，表现为沿受力路径分布的贯通性裂缝或斜向裂缝。该类型裂缝具有明确的受力指向性，常见于应力集中区如拐角、连接节点及支承部位，对结构的承载能力与安全储备形成直接削弱。在施工阶段若未合理设置施工缝或未考虑约束释放机制，将加剧此类裂缝的形成风险。

4 船闸工程大体积混凝土裂缝的成因分析

4.1 水化热积聚与温差梯度

大体积混凝土在水泥水化反应中会释放大热量，尤其在浇筑厚度大、散热条件差的情况下，内部温度迅速升高形成高温核心区，外围则因散热较快而保持低温状态，由此导致混凝土内外部之间产生明显温差梯度。温差造成各区域的热胀冷缩速率不同，诱发内部拉应力积累，当拉应力超过混凝土早期抗拉强度时，就会产生温度裂缝。由于水化热释放速率与强度增长不同步，早期强度不足以抵抗内应力扰动，使得裂缝极易在初期成型阶段出现并迅速发展，形成无法逆转的结构缺陷。

4.2 外界约束与自收缩反应

大体积混凝土在硬化过程中不仅存在由水化热引起的体积变化，还伴随自身材料特性导致的自收缩现象。当混凝土与底板、模板或临近结构形成刚性连接时，这些外部约束

将限制其自由收缩变形，进而在结构内部产生附加拉应力。在结构边界处或刚性过渡部位，这种应力作用尤为明显，成为裂缝萌生的高风险区域。自收缩反应与外部约束之间的力学不平衡，若未在设计与施工中进行释放控制，极易造成结构性裂缝，降低整体结构密实性与使用寿命，形成潜在安全隐患。

4.3 材料性能波动与养护不当

混凝土原材料的质量波动直接影响其强度增长速率与变形性能，水泥品种、水灰比、骨料粒径及掺合料比例等因素的变化均会引起水化过程的不稳定，导致混凝土体积变化特征产生差异，从而增加裂缝发生的可能性。若施工中未能保持材料质量的一致性，将使局部结构性能失衡，引发非均质收缩应力集中。此外，养护方式不当也是裂缝的重要诱因，尤其在养护初期未能有效保温保湿，导致表面失水过快，与内部湿度梯度扩大，形成收缩裂缝。早期养护措施若执行不力，将加剧混凝土内应力失衡，加速裂缝扩展与贯通。

5 船闸工程大体积混凝土裂缝的施工控制策略

5.1 控温降温技术的应用路径

为降低温度应力裂缝的发生概率，应在混凝土施工过程中系统运用控温降温技术，从材料准备、搅拌运输、现场施工到成型养护全过程中控制温度上升速率和峰值温度。通过采用低水化热水泥、优化掺合料种类和比例，可以从源头上减少水化热总量。配合使用冷却骨料、降温水拌和、夜间施工等工艺，有效延缓内部温度升高速度。在结构内部预埋冷却水管并通水循环，能够持续带走核心区热量，减小内外温差形成。外部采用覆盖保温毯、喷洒保温液等方式调节表层降温速率，避免形成突变梯度。控温措施需要与结构体积、气候条件及施工进度协调匹配，确保降温过程平稳有序，使温差应力始终处于混凝土抗拉极限以内，进而有效控制早期裂缝的产生与扩展。

5.2 合理分段浇筑与留置缝设计

在船闸大体积混凝土施工中，采取合理的分段浇筑工艺与科学布置施工缝与后浇带，是减小结构内部约束、缓解应力集成的有效方式。依据结构构造、受力分布及水化热释放规律，将整体结构划分为若干独立浇筑单元，可以有效控制单次浇筑体积，降低热量聚集风险。每段浇筑完成后设置施工缝，按力流传递方向及收缩趋势布置后浇带，并在适宜时间进行封闭作业，有助于释放因体积变化产生的初期应力，避免缝端周边混凝土产生裂缝。缝的位置需避开高应力集中区，接缝表面处理要严密，防止形成渗水薄弱带。施工顺序应遵循由静止端向自由端推进的原则，使混凝土在收缩变形过程中获得充分释放空间，从而降低约束力带来的附加拉应力，显著减少结构裂缝发生概率，提升船闸整体施工质量。

5.3 混凝土配比与养护方案优化

优化混凝土配合比是确保大体积混凝土裂缝控制效果

的基础环节,合理调整水泥用量、掺合料比例与水灰比,可以有效调节水化热释放强度和混凝土变形性能。选用低水化热水泥品种并加入粉煤灰、矿渣粉等材料,有助于延缓水化反应速率,降低温度峰值与内应力水平。在骨料选择方面,需控制级配连续性与含泥量,以减少界面微裂纹发展可能性。掺加适量减水剂和膨胀剂,可增强混凝土密实性和抵抗收缩能力。养护方面,应根据施工季节和气候条件制定差异化策略,采取覆盖湿草帘、喷雾保湿、洒水保温等综合养护手段,保持混凝土表面湿润状态,防止早期失水引发干缩裂缝。通过设定足够养护时间,确保混凝土强度与抗裂性能同步提升,在结构早期应力作用下具备有效抵抗能力,从根本上提升整体结构的抗裂水平。

6 船闸工程大体积混凝土裂缝的综合治理措施

6.1 裂缝预控与实时监测方法

在船闸工程施工与运营全过程中实施裂缝预控与实时监测措施,是提升结构抗裂性能的关键保障。通过施工前期建立裂缝风险识别模型,结合结构受力分析、水化热预测与环境温度变化数据,可对潜在裂缝风险区域进行预判,制定有针对性的防控策略。施工阶段布设埋设式传感器、光纤监测系统和自动化温度采集设备,可实现对混凝土温度场、应力场与变形状态的连续监测,及时捕捉应力异常与裂缝萌生迹象。在监测数据基础上,动态调整施工工艺和养护节奏,防止裂缝扩大与贯通。运营期间借助非破损检测技术对结构进行定期评估,掌握裂缝变化趋势,为裂缝后期处理提供数据支持。通过将预控设计、动态监测与响应机制融为一体,构建覆盖施工与服役全过程的综合防裂体系,实现裂缝风险由被动修复向主动干预的转变。

6.2 工程缝与后浇带的抗裂设计

在船闸大体积混凝土结构中,合理设计工程缝与后浇带是缓释内应力、防止裂缝集中的重要手段。工程缝位置应依据结构几何特性与施工顺序确定,使其处于应力变化较缓区域,避免位于受力集中区或温度梯度剧烈部位,以减轻缝边混凝土的应力集中效应。后浇带设计应充分考虑结构收缩变形发展阶段,通过延迟浇筑实现不同施工段的变形协调,减少约束应力积累。缝边混凝土采用高性能材料提升密实性与粘结力,并在缝面处理工艺上采用粗化处理与抗裂砂浆铺设以增强缝连接强度。应配置合理的钢筋锚固与加强构造措

施,保证缝区力流传递连续,防止因应力断裂引发贯通性裂缝。通过缝位布置优化、缝面处理强化及节点构造加固,实现结构变形协调控制与裂缝源头治理的统一,显著提高整体抗裂能力与工程耐久性能。

6.3 成型后裂缝的处理与加固手段

针对船闸大体积混凝土结构在成型后出现的裂缝问题,应依据裂缝宽度、深度、延伸方向及活跃程度采取差异化处理与加固策略。对于表浅非贯通性微裂缝,可采用表面封闭处理方式,选用渗透型环氧树脂或聚合物材料涂布封堵,以防水分渗入与钢筋锈蚀发展。对具备扩展趋势或结构性影响的贯通裂缝,应进行灌浆修复,通过低压注浆方式将高强度胶结材料注入裂缝内部,恢复结构整体性。对于受力区域的宽裂缝或反复开合裂缝,还需结合外部加固措施,如粘贴纤维复合材料、加设预应力筋或钢板,以增强局部承载能力与抵抗裂缝再生。裂缝处理过程中应同步进行结构应力状态分析,确保加固手段与结构力学响应匹配,避免次生裂缝发生。成型后裂缝的有效修复不仅能恢复原有结构功能,还可延长结构服役寿命,提升船闸运行的安全稳定水平。

7 结语

船闸工程大体积混凝土裂缝问题贯穿结构设计、施工实施与运行维护全过程,其成因复杂,表现形式多样,若控制不当将严重影响结构耐久性与工程安全。通过对裂缝类型与成因的系统梳理,结合控温、分段施工、配比优化与后期加固等多维策略,可在施工环节有效遏制裂缝发展。将预控理念与实时监测手段融入全过程管理体系,是提高船闸混凝土结构抗裂性能的关键路径。裂缝治理工作应保持系统性、前瞻性与科学性相结合,构建以风险预判、精准干预与长期稳定为目标的综合控制体系,推动船闸工程质量水平持续提升。

参考文献

- [1] 符业晃,代应刚,李泳龙.船闸工程大体积混凝土裂缝控制施工技术[J].水运工程,2023,(10):99-103+114.
- [2] 何广全.船闸工程大体积混凝土施工裂缝控制关键技术[J].中国水运,2022,22(12):62-64.
- [3] 袁春.船闸工程大体积混凝土裂缝成因及控制[J].珠江水运,2020,(19):99-100.
- [4] 李展鸿.船闸大体积混凝土裂缝控制施工技术研究[J].科技创新,2020,(22):139-140.

The construction control method of massive concrete cracks in port and waterway engineering is analyzed

Xiaoqing Meng

China Shipping Engineering Construction Administration Co., Ltd., Beijing, 100070, China

Abstract

In port and channel engineering, large volume concrete structures are widely used in wharf foundation, caisson, wave wall and other key parts, and the temperature stress caused by the accumulation of hydration heat inside them becomes the main hidden danger of cracks. Cracks not only affect engineering durability, but also pose a potential threat to structural stability. Combined with the special environment and construction requirements of port and waterway engineering, this paper analyzes the mechanism of crack generation from the aspects of material selection, construction technology, temperature control and later maintenance, puts forward targeted construction control strategies, and focuses on the role of temperature control measures and monitoring technology in practical projects. Through scientific construction organization and whole process quality control, the incidence of cracks can be effectively reduced, and the overall performance and service life of concrete structures can be improved, which has important guiding significance for the construction quality of port and waterway engineering.

Keywords

port waterway engineering; Mass concrete; Crack control; Temperature stress; Construction management

试析港口航道工程大体积混凝土裂缝的施工控制方法

孟小庆

中海工程建设总局有限公司, 中国 · 北京 100070

摘 要

港口航道工程中大体积混凝土结构广泛应用于码头基础、沉箱、挡浪墙等关键部位, 其内部水化热积聚导致的温度应力问题成为裂缝产生的主要隐患。裂缝不仅影响工程耐久性, 还对结构稳定性造成潜在威胁。结合港口航道工程的特殊环境与施工要求, 本文从材料选配、施工工艺、温度控制及后期养护等方面分析裂缝产生的机制, 提出针对性的施工控制策略, 重点探讨温控措施与监测技术在实际工程中的作用。通过科学的施工组织与全过程质量管控, 能够有效降低裂缝发生率, 提升混凝土结构的整体性能与使用寿命, 对港口航道工程建设质量具有重要指导意义。

关键词

港口航道工程; 大体积混凝土; 裂缝控制; 温度应力; 施工管理

1 引言

港口航道工程作为国家交通基础设施的重要组成部分, 其建设质量直接关系到港区功能的稳定发挥与航运安全。大体积混凝土因其优良的力学性能和整体性被大量用于港口结构中, 但其内部因水化热集中释放形成的温度梯度, 极易诱发温度裂缝, 给工程质量埋下隐患。港口区域施工环境复杂, 潮汐、湿度、风力等因素进一步加剧混凝土裂缝问题的复杂性。传统裂缝控制方法在面临港口航道工程实际条件时往往难以奏效, 必须结合工程特性与施工周期进行系统性分析。本文聚焦裂缝形成机理与关键控制环节, 探索适应港口航道工程需求的控制方法。

【作者简介】孟小庆(1988-), 男, 中国山东潍坊人, 本科, 工程师, 从事港口与航道施工技术与管理研究。

2 港口航道工程大体积混凝土的工程特点

2.1 港口航道工程结构类型与混凝土体积特征

港口航道工程常包含码头平台、沉箱基础、防波堤、引桥、系泊设施等大型水工结构, 这些构筑物对整体强度与耐久性的要求极高, 常需采用一次性整体浇筑的方式实现结构稳定。因其设计厚度与体积显著大于常规混凝土构件, 所用混凝土常具备单次浇筑体积大、热释放集中、冷却周期长等特征, 形成了典型的大体积混凝土工程属性, 施工中面临温控与开裂的双重挑战。

2.2 大体积混凝土在港口航道中的应用现状

在港口航道工程建设过程中, 大体积混凝土广泛应用于承载荷载较大的基础构件与耐久性要求较高的防护结构中。实际应用中普遍存在裂缝控制难、温度场分布不均、施工周期受限等问题, 严重时甚至引发结构耐久性下降与功能

退化。尽管当前施工技术不断发展,相关裂缝控制措施已逐步推广,但在复杂海洋气候与工期压力下,裂缝风险仍为施工中的重点控制难题,必须持续优化技术路径以保障工程安全。

2.3 程环境对混凝土性能的特殊影响

港口航道工程常处于沿海或近海区域,受潮湿、盐雾、风力和昼夜温差等多种环境因素影响,混凝土在早期硬化过程中极易受到外部扰动,导致内外温差剧烈、表面干缩加剧,进而诱发不规则裂缝。海洋环境中的氯离子侵蚀也对混凝土长期稳定性构成威胁,使得裂缝一旦形成更易扩展并引发钢筋锈蚀。工程位置接近水体,基础承压大,温控不当易导致裂缝贯穿,严重时影响整体结构服役性能。

3 港口航道工程大体积混凝土裂缝的成因分析

3.1 水化热引起的内应力裂缝

大体积混凝土在硬化过程中水泥水化反应剧烈释放大热量,导致内部温度迅速升高,而表层混凝土因与外界接触冷却较快,形成内外温差梯度。这一温度差在混凝土内部引起显著的拉应力,当该应力超过混凝土早期抗拉强度时即会产生裂缝。港口航道工程因结构体积巨大、一次性浇筑厚度大,使水化热无法迅速释放,内部热量积聚,裂缝风险成倍增加。若未及时采取有效控温降温措施,将导致裂缝贯穿结构截面,影响整体安全性能。温度裂缝多发生在混凝土初期养护阶段,且在无约束释放空间的部位表现更为明显,成为施工过程中的主要隐患之一。

3.2 外部温度变化导致的热胀冷缩裂缝

港口航道工程通常处于温差变化较大的环境中,昼夜气温起伏、季节交替以及海风影响会使混凝土表层反复经历胀缩循环。大体积混凝土由于体积大、导热慢,表层随气温变化快速收缩或膨胀,而内部温度变化滞后,形成热应力差异。随着时间积累,重复胀缩作用逐步削弱混凝土结构整体性,若未设置合理的伸缩缝或温控缓冲措施,裂缝将在混凝土表面甚至内部逐渐扩展并深化,最终形成贯穿性开裂。在码头和防浪墙等受风面较大的部位尤为常见,裂缝不仅影响结构耐久性,还可能成为侵蚀介质的通道,缩短使用寿命。

3.3 收缩与结构约束产生的应力裂缝

混凝土在硬化和干燥过程中不可避免地发生体积收缩,当其周边结构、钢筋、模板或地基之间存在强约束关系时,这种收缩行为无法自由释放,导致内部产生拉应力。当拉应力超过混凝土早期抗裂能力,裂缝即在约束区域出现。港口航道工程中常采用密集配筋与封闭模架结构以增强构件稳定性,反而增加了混凝土的约束程度,使收缩应力更加集中。施工时若未合理安排浇筑顺序或控制养护湿度,混凝土在硬化早期即可能出现裂缝隐患,表现为纵向、斜向或穿透性裂缝,给后期维修与使用带来极大难度。

4 港口航道工程大体积混凝土材料控制方法

4.1 优化胶凝材料及掺合料配比

胶凝材料与掺合料的合理对比大体积混凝土裂缝控制具有决定性意义。在港口航道工程中,传统单一使用水泥易导致水化热集中释放,需通过掺入适量粉煤灰、矿渣粉或硅灰等材料延缓水化过程、降低热峰温度、优化内应力分布。粉煤灰具有较强的火山灰反应活性,能够提升后期强度并改善混凝土密实性,矿渣粉则有助于提升耐久性与抗裂性能。各类掺合料应根据原材料性能、工程部位特点及施工环境进行配比优化,既要确保混凝土强度满足设计要求,又要兼顾其体积稳定性与温升控制效果。在实际应用中还需结合工作性要求,协调胶凝体系的流动性与粘聚性,避免泌水离析现象引发局部应力集中,从而实现整体材料性能与抗裂能力的协同提升。

4.2 降低水胶比与合理控制骨料级配

降低水胶比可有效减缓水化反应速度,抑制温度峰值产生,是控制大体积混凝土裂缝的重要措施。在港口航道工程中,为兼顾施工性能与耐久性,水胶比需控制在合理区间,通过提高骨料用量与优化颗粒级配提升骨架密实性,降低混凝土总胶凝材料需求量。粗细骨料的级配结构应有助于提高混凝土内部填充度,避免因骨料堆积不合理引发微观空隙集中形成应力源。粒径较大的碎石可用于降低水泥用量与水化热积聚,小粒径骨料可增强混凝土粘结性能,二者需根据结构构件的尺寸与热控需求综合设计。通过级配优化和适度掺加减水剂,在保证混凝土和易性的前提下达到水胶比的有效控制,从根源上减少裂缝风险并延长结构服役寿命。

4.3 选择低水化热水泥及添加剂

水泥品种选择直接关系到水化热释放速率与总热量,是影响大体积混凝土温控水平的关键因素。在港口航道工程中,应优先选用低水化热硅酸盐水泥或矿渣硅酸盐水泥,以降低早期水化反应速度,延缓温度峰值的出现,减轻温差应力集中程度。低水化热水泥在硬化初期升温速度缓慢,可与外部温控措施形成协同作用,显著降低内应力积聚风险。适当加入膨胀剂、减水剂与缓凝剂等添加材料,能够进一步调控水化速率与混凝土体积变化,增强抗裂性与耐久性。添加剂的种类和掺量应结合水泥品种、环境温度、浇筑方式等实际条件科学选取,以保障混凝土性能的稳定发挥并抑制早期开裂问题,从而满足港口航道工程对混凝土质量的高标准要求。

5 港口航道工程大体积混凝土施工工艺控制

5.1 分层分段合理浇筑方案设计

大体积混凝土在港口航道工程中往往承担重要的结构作用,其浇筑方案设计直接影响整体温控效果与裂缝控制成效。分层分段施工是降低水化热集中释放的有效方式,通过控制每层混凝土的厚度与相邻段的时间间隔,可实现温度梯度的渐进过渡,避免大面积一次性浇筑导致的快速升温与剧

烈收缩。浇筑顺序应结合结构形状、受力方向与模板布置合理规划,保证新浇筑层与已硬化层之间的界面过渡自然,减少冷缝产生及其诱发的裂缝风险。分段设计要预留施工缝位置并精确定位,确保后续衔接处结构完整性与抗渗能力。浇筑速度需匹配混凝土的初凝时间,控制泵送节奏与振捣频率,保持层间密实度一致。合理的浇筑节奏配合温控与养护措施,将形成协同效应,对抑制内应力集中和热裂缝扩展具有显著效果,提升整体结构的稳定性与耐久性。

5.2 控温降温措施在施工中的应用

控温降温是大体积混凝土裂缝控制的核心手段,在港口航道工程中尤为重要。混凝土浇筑前应通过预冷骨料、冷却拌合水或使用液氮降温等方式降低入模温度,减缓水化热初始释放速度。浇筑过程中可在混凝土内部埋设冷却水管,利用循环水系统带走多余热量,降低混凝土芯部温度峰值,并缩小内外温差。冷却系统的管径、布局与水流速度需经过热力模拟分析确定,以实现高效导热与结构温度场均衡。浇筑后要采用隔热被、喷雾装置或保温模板覆盖混凝土表面,控制外部散热速率,避免表层冷却过快形成强烈温度梯度。控温措施需全程监测混凝土内部温度变化,通过设置温度传感器采集数据,及时调整冷却策略与施工参数,使温度变化控制在裂缝阈值以下,实现裂缝的预防性管理。

5.3 养护工艺对裂缝控制的关键作用

养护工艺在大体积混凝土施工过程中直接决定了水化过程的完整性与裂缝风险控制水平,港口航道工程中由于海风强烈、湿度变化频繁,对养护方式提出更高要求。混凝土浇筑完成后需立即覆盖湿润土工布并加覆塑料薄膜,形成密闭养护环境,保持表面湿润状态,防止早期干缩开裂。养护周期应根据气候条件与混凝土强度增长规律灵活调整,确保关键强度形成阶段内部水化过程充分稳定。若养护不当,表面水分迅速蒸发会形成张拉应力,进而诱发贯穿性裂缝。对于关键结构部位还需配置洒水喷雾系统或保温层加强控湿控温,增强混凝土抗裂性能。养护过程中要同步开展裂缝预警监测,掌握裂缝发展趋势并及时修复。高质量养护工艺的执行将保障混凝土结构从早期到成型全过程的体积稳定性,提升港口航道工程耐久性与安全性。

6 港口航道工程大体积混凝土裂缝的监测与管理

港口航道工程中大体积混凝土裂缝的监测与管理是保障结构安全与延长服役寿命的关键环节。在施工过程中,应建立完善的裂缝监测系统,通过在混凝土结构内部和表面布设温度计、应力计、裂缝计等传感设备,实时获取温度变化、应力分布与裂缝发展数据。这些数据可为温控措施的调整与裂缝控制策略的制定提供科学依据。监测系统需覆盖典型结构部位与裂缝易发区域,并结合数据采集系统与信息平台实现动态分析与可视化预警。施工前通过模拟分析掌握温度场与应力场的演变规律,结合历史工程数据建立裂缝风险预判模型,为施工方案提供理论支撑。管理体系应贯穿设计、施工与运维全周期,在设计阶段预设裂缝控制目标,在施工阶段严格执行材料选配、温控措施与养护方案,在运维阶段通过定期巡检与数据比对评估结构状态。责任划分要明确,施工单位、监理单位及技术支持单位需形成联动机制,建立质量追踪闭环系统,确保港口航道工程在复杂海洋环境下具备稳定的结构性能与良好的运行效果。

7 结语

港口航道工程中大体积混凝土裂缝问题关系到整体结构的安全性及耐久性,已成为工程建设管理中的重点难题。通过对裂缝成因的深入分析,从材料选配、施工工艺、温控措施到养护管理建立系统性控制机制,是实现裂缝预防与抑制的有效路径。施工过程中应加强多维度监测与全过程质量控制,确保各项技术措施落地生效。结合港口环境特点与工程特性,持续优化施工技术与管理手段,将为提升工程本质质量与运行稳定性提供有力保障。科学系统的裂缝控制策略对推动港口航道工程高质量发展具有积极意义。

参考文献

- [1] 曹廷廷.港口与航道工程大体积混凝土施工裂缝控制研究[J].运输经理世界,2021,(05):119-120.
- [2] 张焱.探究港口与航道工程大体积混凝土施工中的裂缝问题及控制[J].珠江水运,2020,(01):101-102.
- [3] 张子严.港口与航道工程大体积混凝土施工中的裂缝问题及控制[J].工程技术研究,2019,4(13):116+148.
- [4] 钟舜琪.港口航道工程大体积混凝土施工裂缝控制研究[J].工程技术研究,2019,4(07):218+235.

Problems and precautions in the planning and design of small-scale agricultural water conservancy projects

Jing Fang

Yellow River High Lift Irrigation Development Center in LuanJingTan Ecological Migration Demonstration Zone, Alxa League, Inner Mongolia Mongolia, Alxa, Inner Mongolia, 750306, China

Abstract

As an important component of agricultural infrastructure, small-scale agricultural water conservancy projects play a crucial role in ensuring food security, improving irrigation efficiency, and promoting rural economic development. In recent years, with the acceleration of agricultural modernization, traditional water conservancy facilities have become unable to meet the production needs of efficient and water-saving, and engineering planning and design are facing new challenges. Due to resource constraints or outdated technological concepts, some regions have not fully considered the contradiction between water supply and demand, technological adaptability, and ecological carrying capacity during the planning stage, resulting in difficulty in sustaining the benefits of the project. In addition, due to the outflow of rural labor and insufficient capital investment, some projects have fallen into the dilemma of redundant construction or inefficient operation. How to balance production demand, resource utilization, and ecological protection through scientific design has become the core issue of current agricultural water conservancy construction. Studying the common problems in its planning and design and proposing improvement paths have practical significance for optimizing agricultural resource allocation and promoting rural revitalization.

Keywords

small-scale agricultural water conservancy projects; Planning and design; Issues and precautions

小型农田水利工程规划设计存在的问题及注意事项

方京

内蒙古阿拉善盟李井滩生态移民示范区李井滩黄河高扬程灌溉事业发展中心, 中国·内蒙古 阿拉善 750306

摘 要

小型农田水利工程作为农业基础设施的重要组成部分, 在保障粮食安全、提升灌溉效率及促进农村经济发展中发挥着关键作用。近年来, 随着农业现代化进程加快, 传统水利设施已难以满足高效节水的生产需求, 工程规划设计面临新的挑战。部分地区因资源条件限制或技术理念滞后, 在规划阶段未能充分考虑水资源供需矛盾、技术适配性及生态承载能力, 导致工程效益难以持续发挥。加之乡村劳动力外流与资金投入不足, 部分项目陷入重复建设或低效运行的困境。如何通过科学设计平衡生产需求、资源利用与生态保护, 成为当前农田水利建设的核心议题。研究其规划设计中的共性难题并提出改进路径, 对优化农业资源配置、推动乡村振兴具有现实意义。

关键词

小型农田水利工程; 规划设计; 问题及注意事项

1 引言

农田水利工程是农业生产的命脉, 其规划设计的合理性直接影响区域抗旱减灾能力与粮食稳产潜力。小型工程因贴近农户生产场景, 在灵活调度水资源、改善田间微环境方面更具优势, 但受制于技术门槛和认知差异, 实践中常出现系统性不足。部分项目因前期调研不充分, 导致水源分配失衡或工程布局失当; 有的过度依赖传统经验, 忽视现代节水技术与智能监测手段的应用; 更多案例则暴露了经济评估片

面化、生态预判缺失等问题。这些矛盾折射出基层水利建设中科学思维与综合统筹能力的短板。本文立足当前农业发展需求, 系统剖析规划设计环节的关键问题, 探索兼顾实用性及可持续性的解决路径, 为提升工程效能提供理论支撑。

2 小型农田水利工程的功能与作用

小型农田水利工程作为农业生态系统的调控中枢, 依托沟渠、塘坝、泵站等基础设施, 构建起多维度水资源管理框架, 其功能不仅限于传统灌溉排涝的物理边界。在空间维度上, 工程系统通过精准配水网络调节田间墒情动态, 既保障作物需水关键期的水分供给, 又能在汛期快速疏导地表径流防止内涝; 在时间尺度上, 依托蓄滞结合的设计逻辑,

【作者简介】方京(1985–), 女, 中国内蒙古阿拉善人, 本科, 助理工程师, 从事农田水利研究。

实现降水资源的跨季节分配,缓解干旱与洪涝交替引发的生产波动。技术层面,此类工程通过闸阀联动、水位传感等自动化装置,形成对土壤含水率与地下水位变化的动态响应机制,进而优化区域水循环模式。生态价值则体现在对微地形水系的修复重构,既维持农田生物多样性所需的湿润环境,又通过泥沙拦截和养分截留减少面源污染。从系统论视角审视,其本质是以人工干预弥补自然水循环的时空失衡,在提升农业抗逆能力的同时,维系水土资源可持续利用的脆弱平衡。

3 小型农田水利工程规划设计存在的问题

3.1 水资源管理不足

水资源管理不足往往源于对区域水循环系统多要素耦合作用的认知偏差,导致工程效能与生态可持续性间的矛盾凸显。当前规划环节对地表水与地下水转化关系的量化分析存在疏漏,未能构建涵盖降水入渗、侧向径流及蒸散耗水的动态平衡模型,致使取水方案偏离实际补给能力。技术层面,输配水系统设计常采用静态定额法确定灌溉需水量,忽视作物生育期需水规律与土壤墒情的时空异质性,造成高峰期用水紧张与平水期资源闲置的双重浪费。管理架构中,缺乏智能监测设备对渠系渗漏、蒸发损失的实时反馈,传统人工调度难以精准匹配田间需水波动。更为严峻的是,跨部门协作机制缺失使得工程规划与流域水资源配置方案脱节,局部过度开发引发地下水位持续下降或河道断流等次生问题^[1]。这种割裂式管理思维还体现在对回归水资源的循环利用设计空白,未能将排水沟网与蓄水设施形成闭合回路,削弱了水资源的重复增效潜力。

3.2 规划设计缺乏科学性

小型农田水利工程规划设计的科学性缺失,集中体现在对自然要素与工程系统交互机制的认知断裂,使得技术方案难以适配动态变化的农业水环境。传统规划模式过度依赖经验性参数,忽视土壤渗透系数、微地形集水能力及作物根系吸水特征的空间分异规律,导致输配水系统布局偏离实际水文地质条件,引发局部区域灌排效率衰减。技术层面,未将分布式水文模型与地理信息系统深度融合,无法精准模拟不同降水情景下地表径流与地下水的联动响应,致使闸坝高程设定或泵站扬程选择偏离最优阈值。设计过程中对水力计算简化过度,未考虑非恒定流条件下管道淤积对过水断面的渐进式侵蚀效应,埋下运行期流量分配失衡的隐患。材料选型与结构设计中,缺乏对冻融循环、盐碱腐蚀等环境因子的量化评估,加速设施老化并抬高维护成本。更为深层次的问题在于,规划阶段未构建涵盖气候波动、种植结构调整的长周期适应性框架,工程韧性在极端天气事件频发背景下暴露出明显短板。

3.3 经济可行性分析不全面

成本估算环节常局限于直接工程费用,忽视土地机会

成本、生态补偿支出及设施退化衍生的隐性维护投入,造成初期预算与后期实际支出的显著偏差。效益评估维度过于聚焦农业增产的直接经济价值,对水资源再生利用产生的环境正外部性、区域抗旱能力提升带来的社会效益缺乏量化转化机制,导致成本效益比计算失真。资金结构设计中,对地方财政配套能力与农户支付意愿的匹配度测算不足,融资渠道过度依赖政府拨款而忽略市场化运作潜力,弱化项目的财务自主造血功能。技术经济比选过程中,未将气候波动引发的灌溉需求变化、作物结构调整导致的用水模式转型等动态因子纳入贴现模型,静态分析框架难以反映工程真实经济寿命。此外,对替代技术方案的机会成本比较流于形式,未能结合区域劳动力价格与材料运输成本差异优化技术路径,间接推高单位水量的供给成本。

3.4 生态环境影响评估缺失

小型农田水利工程规划设计中的生态环境影响评估缺失,折射出对工程系统与生态服务功能交互机理的认知断层,导致技术方案难以兼顾水资源开发与生物多样性保护的双重诉求。规划阶段未建立涵盖水文连通性、土壤微生物活性及植被演替规律的多层次评价体系,致使沟渠硬化、泵站建设等工程行为改变局地微气候与物种栖息环境的潜在风险未被量化预警。设计环节对水系廊道切割效应的忽视,可能阻断鱼类洄游通道或两栖动物迁徙路径,破坏生态网络完整性。生态基流保障机制的空白设计,使得枯水期河道生态需水被工程取水挤压,诱发下游湿地萎缩或地下水补给链断裂。土壤盐分运移模型的缺失应用,加剧了灌排系统运行后盐分在耕作层与潜土层间的异常富集趋势^[2]。更深层问题在于,未将工程扰动纳入区域碳汇能力演变的动态评估框架,农田生态系统碳氮循环的再平衡过程失去科学预判,这种单向度的技术思维最终削弱了水利工程在生态安全格局中的协同价值。

4 小型农田水利工程规划设计的注意事项

4.1 合理进行水资源评估

水资源评估需构建多维度动态耦合的技术框架,尤其针对内蒙古阿拉善盟李井滩黄河灌区这类生态脆弱区,须精准协调地表水引黄能力与地下水补给的时空匹配关系。该区域扬黄灌溉工程规划中,需系统辨识黄河水沙情势年际波动特征,采用分布式水文模型解析河道径流与灌区退水的联动效应,避免过量引水扰动下游冲积扇地下水埋深阈值。技术层面应强化土壤-植被-大气连续体(SPAC)水分传输模型的应用,结合荒漠草原区高蒸发特性,优化渠系衬砌与膜下滴灌的协同节水模式,抑制潜水蒸发引发的盐分表聚风险。针对黄河水含沙量高的特性,需在泵站前池设计中集成泥沙絮凝沉降计算模块,保障输水系统长期过流稳定性。生态维度上,须划定灌区与贺兰山山前绿洲的生态缓冲带,运用生态水文学原理将胡杨林根系吸水深度纳入地下水采补

平衡方程。

4.2 采用科学的规划与设计方法

在内蒙古阿拉善盟李井滩黄河灌区扬黄节水改造中，需深度融合区域自然本底特征与工程运行需求。规划阶段应构建三维地质-水文耦合模型，精确解析黄河水入渗补给的时空分异规律，结合荒漠区土壤蒸发强烈特性优化输水渠道纵坡比降与防渗衬砌组合方案^[3]。设计层面需集成遥感反演与地面监测数据，动态校准灌区作物需水模数，运用智能算法匹配滴灌带布设密度与土壤入渗速率阈值，避免深层渗漏引发盐分活化。针对黄河水泥沙含量波动特征，须在泵站前池设计中嵌入水沙分离计算模块，结合紊流剪切应力阈值确定沉沙池几何参数。

4.3 加强经济与财务分析

在小型农田水利工程规划设计中强化经济与财务分析的深度与广度，亟需构建全生命周期成本收益的动态追踪框架，尤其对于内蒙古阿拉善盟李井滩黄河灌区这类生态-经济复合敏感区域。扬黄灌溉系统的成本核算需统筹考虑引黄水沙含量波动带来的泵站能耗增量、渠道清淤频次提升等隐性成本，结合荒漠草原区冻融循环对混凝土衬砌的侵蚀速率修正维护周期预算。效益评估须突破单一农业产出维度，将防风固沙林带管护投入与草场载畜量提升的协同收益纳入成本分摊模型，建立生态补偿成本与节水增产效益的联动核算机制。针对李井滩灌区农牧户支付能力差异，需运用空间聚类算法划分水费承受等级，设计阶梯式水价形成机制时融合玉米与苜蓿等作物的水分产值差异，同步嵌入水权交易市场的远期价值贴现因子。融资结构设计中应平衡政府生态补偿专项资金与社会资本收益诉求，探索将节水设施产权与节水认证收益捆绑的抵押融资模式。特别需关注黄河水沙资源化利用的技术经济边界，基于泥沙絮凝沉降能耗阈值优化沉沙池清淤成本分摊比例^[4]。

4.4 注重生态与环境保护

内蒙古阿拉善盟李井滩黄河灌区的扬黄灌溉工程中，规划阶段应优先维系黄河故道与荒漠草原过渡带的水文连通性，针对高扬程提水可能引发的河道生态基流削减问题，设计引水口位置时预留天然河岸缓冲带以保护土著植被根系发育空间。技术层面须耦合水土保持措施与节水灌溉技术，在输水渠系布设中嵌入生态跌水结构，利用重力势能自然复氧改善灌区退水水质，同时采用根系导渗技术控制沙质土壤区膜下滴灌引发的盐分侧向迁移。针对黄河水泥沙资源化利用需求，沉沙池设计需平衡清淤频率与底栖生物栖息地

稳定性，同步在弃土区实施草方格与沙枣混播的快速固沙技术。生态监测维度上，需布设地下水埋深-盐分-植被盖度协同观测网络，结合荒漠草原碳汇潜力评估结果动态调整灌排制度。

4.5 提升综合规划能力

在小型农田水利工程规划设计中强化综合规划能力，需构建多要素协同决策的技术框架，内蒙古阿拉善盟李井滩黄河灌区扬黄灌溉系统的迭代升级为此提供了实践样本。规划初期应整合水文地质、生态敏感区与农牧业生产的三维空间叠置分析，运用多源数据融合技术精准识别黄河高扬程提水区与荒漠草原过渡带的水土资源匹配阈值。针对李井滩灌区特有的风沙-盐碱复合胁迫，需耦合地下水数值模型与地表水动力模块，建立引黄水量-地下水回补-植被蒸散的动态平衡方程，确保灌排系统设计既满足玉米与牧草轮作的水分需求，又维持荒漠化逆转临界水位。技术路径上须突破单目标优化局限，在泵站群布局中嵌套生态基流保障算法，同步协调沉沙池清淤周期与黄河水沙通量变化规律，降低高含沙水流对输水建筑物的磨蚀风险。规划实施阶段需植入动态适应性管理模块，结合遥感反演的地表蒸散异常信号与地面监测井网数据，实时修正膜下滴灌系统的运行参数。

5 结语

小型农田水利工程规划设计的优化，是破解农业水资源约束、实现集约化生产的重要突破口。面对当前存在的技术粗放化、生态忽视及统筹不足等挑战，需从全生命周期视角重构设计逻辑。通过精准评估资源禀赋、引入动态模拟技术、强化成本效益分析，可有效提升工程的适应性与抗风险能力。同时，将生态修复理念融入沟渠布局与材料选择，既能减少环境扰动，又可增强系统的自然调蓄功能。未来发展中，需以多学科协作打破专业壁垒，结合地域特色创新工程模式，使水利设施真正成为连接自然生态与农业生产的韧性纽带，为乡村振兴注入持久动力。

参考文献

- [1] 赵洪亮.农田水利工程规划设计存在的问题及改善对策[J].电脑爱好者(电子刊), 2023(7):4581-4582.
- [2] 许有清.农田水利灌溉工程规划设计与灌溉技术分析[J].水电水利, 2023, 7(8):43-45.
- [3] 李贵良.小型农田水利工程规划设计的问题及注意事项[J].地产, 2023(14):0025-0027.
- [4] 韩祥国.农田水利灌溉工程规划设计与灌溉技术分析[J].当代农机, 2024(5):80-80.

Research on geotechnical anchoring technology in highway slope treatment

Shouji Liao

Jiangxi GEO-Engineering Group Corporation Limited, Nanchang, Jiangxi, 330029, China

Abstract

With the gradual extension of highway construction projects towards complex geological areas, the problem of highway slope stability has become increasingly prominent. In order to better improve the quality of highway engineering, engineers and technicians need to control the problem of highway slope through scientific anchoring technology. Among them, geotechnical anchoring technology has become the key technical means of slope treatment because of its high adaptability. This paper explores the technical means of geotechnical anchoring in highway slope treatment, and analyzes the corresponding technical points and various quality control measures, hoping to provide some research help for the continuous innovation and development of highway engineering technology, so that the construction industry will usher in more modern reform and development.

Keywords

geotechnical anchorage technology ; highway slope management ; application research

岩土锚固技术在公路边坡治理中的探究

廖守吉

江西省地质工程集团有限公司，中国 · 江西 南昌 330029

摘 要

随着公路建设工程逐渐向着复杂地质区域的延伸，其公路边坡稳定的问题日益突出，为了更好的提升公路工程质量，需要工程技术人员通过科学的锚固技术对公路边坡的问题进行治理，而其中的岩土锚固技术因其较高的适应性成为了边坡治理的关键技术手段。本文就对岩土锚固在公路边坡治理中的技术手段展开探究，并对相应的技术要点与其各项质量控制措施进行分析，希望能够对公路工程技术的不断创新发展提供一定的研究帮助，让建筑行业迎来更加现代化的改革发展。

关键词

岩土锚固技术；公路边坡治理；应用探究

1 引言

公路边坡的稳定性直接关系到交通基础设施的安全运营，近年随着山区高速公路的快速发展，边坡失稳引发的滑坡崩塌等灾害频发，传统支挡结构已难以满足复杂地质条件下的治理需求。岩土锚固技术通过主动加固岩土体，充分发挥岩土自身强度，具有施工灵活且存在经济优势的问题，逐渐成为边坡治理的核心技术之一。然而当前锚固技术在设计施工中仍存在参数选择盲目且长期耐久性不足等问题，此类问题都需要得到进一步的改善。

2 岩土锚固技术在公路边坡治理施工要点

2.1 钻孔

在公路边坡治理工程中，岩土锚固技术的钻孔施工环节涉及多个技术要点：施工前工程技术人员要结合边坡治理

设计方案与现场地质勘察数据，综合考虑地层结构以及地下水条件等因素，科学确定每个钻孔的具体位置深度与倾角直径等参数。在坡面上进行精确测量放样后，应采用醒目的标记进行标识，同时做好施工记录，对于地质条件复杂的区域要采用地质雷达等先进探测手段进行补充勘察，以便及时发现潜在的不良地质情况并调整钻孔布置方案；作业场地必须进行充分的压实处理，确保钻机能够稳定作业，场地表面坡度应控制在 2% 以内，同时要设置完善的排水系统，利用环形排水沟或集水井等设施防止雨水积聚影响施工^[1]。根据施工规范要求，作业平台的宽度应不少于 4 米，从而满足钻机操作的空间需求，还能保证施工材料运输通道的畅通；操作人员必须严格按照规程安装钻机，确保钻机底座稳固可靠，在安装时要使用水平仪等仪器反复校核钻机的水平及垂直度，确保立轴与钻杆的倾角完全一致且处于同一轴线上。对于倾斜钻孔，还需要设置专门的导向装置，保证钻孔轨迹的准确性，建议在正式开钻前进行试运转，检查各部件的工作状态是否正常；钻进过程操作人员必须严格按照操作规程

【作者简介】廖守吉（1987-），男，中国江西赣州人，硕士，高级工程师，从事岩土工程研究。

作业,根据不同的地层条件实时调整钻进参数,在软土地层中应适当降低转速,而在硬岩地层则可适当提高,此外还要特别注意控制钻进速度,避免因进尺过快导致卡钻或埋钻事故,同时对于可能发生的孔内事故要提前制定应急预案,并配备必要的处理工具。

2.2 锚杆安装

工程技术人员必须严格按照设计图纸进行锚杆制作,在制作过程中要特别注意对中支架的焊接质量,通常采用 $\phi 6.5\text{mm}$ 钢筋制作,间距控制在 $1.5\text{--}2.0\text{m}$ 之间,以此来确保锚杆能够准确位于钻孔中心位置,对于自由段及锚固段的分界处也要采取可靠的隔离措施,防止注浆时浆液渗入自由段影响其变形性能。所有钢丝或钢绞线在使用前必须进行严格检查,对于轻微锈蚀的杆体要采用机械除锈或化学除锈方法进行处理,直至露出金属光泽;自由段杆体必须采用高质量的塑料套管进行包裹,套管接头处要采用专用胶带密封,防止地下水渗入;锚固段与自由段的连接部位应采用绑扎铁丝牢固固定,并做好防腐处理。在安装过程中,施工人员要特别注意保护杆体,要利用专门的吊装设备进行安装,保持杆体平稳下放,并且注浆管应随锚杆一起放入孔中,管端距孔底的距离严格控制在 50mm 左右,确保注浆时能够充分排出孔内空气与积水。而对于深度较大的钻孔,则需利用分段安装的方法,每下放 $2\text{--}3\text{m}$ 检查一次杆体的对中情况。

2.3 注浆

注浆材料的配制是保证注浆质量的首要环节,工程中主要采用水泥砂浆作为注浆材料,其配比需根据现场试验确定,通常采用 $0.5\text{--}1.5$ 的灰砂比以及 $0.38\text{--}0.50$ 的水灰比进行配制,在特殊地质条件下可适当掺入外加剂以改善浆液性能。对于普通硅酸盐水泥,建议选用P.O42.5及以上标号;砂料应采用中细砂,细度模数控制在 $2.3\text{--}3.0$ 之间,含泥量不超过 3% ^[2]。在配制过程中,要严格控制投料顺序及其搅拌时间,一般先加入 70% 的水再加入水泥和砂,最后加入剩余的水与外加剂,搅拌时间不少于 3 分钟。对于注浆设备来说,常压注浆通常采用活塞式或螺杆式砂浆泵,其工作压力应能达到 1.0MPa 以上,排量不小于 50L/min 。施工前要对注浆设备进行全面试运转,确保管路畅通且压力表工作正常,注浆导管宜采用耐压橡胶管或钢管,内径不小于 25mm ,长度应比钻孔深度长 $1\text{--}2\text{m}$ 。所有设备都要清洗干净,防止杂质混入浆液影响质量。

2.4 张拉与锁定

施工前必须对张拉设备进行全面检查,确保千斤顶、油泵及压力表等设备工作正常且计量准确,同时要检查承压板与锚具等部件的安装质量,确保各部件紧密贴合。在正式张拉前,应先对锚杆施加 10% 设计锚固力的预加载,以此来消除锚杆系统中各部件之间的初始间隙,使锚杆体锚具及承压板达到紧密接触状态,为后续准确测量张拉伸长量奠定基础。预加载后应保持荷载稳定 $1\text{--}2$ 分钟,在此期间检查各

部件是否存在异常变形或位移,根据规范要求锚固体与承台混凝土的强度达到 15MPa 以上时才能进行张拉作业。此强度要求可以通过同条件养护的混凝土试块抗压试验确定,对于重要工程还应进行现场强度检测,过早张拉可能导致锚固体破坏或混凝土承压面压碎,过晚则可能影响工程进度,并且在特殊气候条件下还要适当延长养护时间或采取保温措施确保强度发展。

3 边坡治理工作中岩土锚固技术的应用分析

3.1 支挡作用

传统重力式挡土墙的施工工艺相对简单,主要依靠结构自重来抵抗土压力,其材料选择多样化,可采用浆砌石或加筋土等多种形式,为工程设计提供了较大的选择空间。然而此类支挡形式存在明显的缺陷,由于其支挡效果完全依赖于结构自重,导致断面尺寸较大,材料用量多,因而在经济性方面存在不足,并且在地形陡峭或空间受限的场地,挡土墙的施工往往面临巨大困难,尤其是在软弱地基或地震活跃区域,重力式结构更易发生整体滑移或倾覆破坏。整体来说,单纯依靠重力式挡土墙难以满足稳定性要求,往往需要设置多级挡墙,如此一来既增加了工程量,又影响了边坡的整体稳定性^[3]。

而岩土锚固技术在支挡作用方面则表现出了巨大的技术优势,其核心机理是通过预应力锚杆将潜在滑体与稳定岩土体紧密连接,充分利用深层岩土体的自身强度来维持边坡稳定。主动加固的方式与传统的被动支挡有着本质区别,锚固系统通过施加预应力,能够有效改善边坡的应力状态,提高岩土体的抗剪强度,并且锚固结构对地形条件具有极好的适应性,无论是陡峭岩壁还是软弱土坡,都能通过调整锚固参数来实现有效支护,此外锚固工程所需的材料用量远少于重力式结构,特别适用于运输困难的山区工程,它还可以与其他支挡措施灵活组合,形成复合支护体系,满足各种复杂工况的需求。

3.2 预应力锚固技术的应用

预应力锚固技术的基本原理是利用高强度锚固材料对潜在不稳定岩土体施加持续压应力,从而改善岩土体的力学性能,在各类工程应用场景中,预应力锚固技术都展现出了卓越的适应性。对于高陡岩质边坡,通常采用高强度钢绞线锚索配合钢筋混凝土格构梁的组合支护方案,某水电站工程就采用了设计荷载 2000kN 的 1860 级预应力锚索,使其边坡位移控制在设计允许范围内;在土质边坡治理中,全长粘结型预应力锚杆与土工合成材料的联合使用取得了良好效果,某高速公路边坡工程就利用了此组合方案,使边坡安全系数从 1.05 显著提升至 1.35 ;对于正在发生滑移的应急抢险工程,可快速施工的自钻式预应力锚杆表现出了独特优势,某滑坡治理工程在 72 小时内完成 300 根锚杆施工,成功遏制了滑坡的进一步发展^[4]。而在技术创新方面,近年来

预应力锚固技术也取得了多项突破,智能监测锚索集成了光纤传感技术,实现了预应力变化的实时监测;在防腐技术方面,环氧涂层钢绞线配合注浆防腐和PE套管的三重防护体系,将锚索的设计使用年限延长至100年;此外绿色施工技术也取得了一定进展,新型低噪声钻机与无尘注浆工艺使施工噪声控制在65分贝以下,满足了城市环境的严格要求。

4 提升岩土锚固技术质量的有效措施

4.1 二次劈裂灌浆

通过高压注浆方式对已完成初次注浆的锚固段实施二次劈裂灌浆,使浆液在高压作用下沿着地层薄弱面扩散渗透,最终形成直径显著扩大的不规则锚固体。二次劈裂灌浆技术要求严格的质量控制流程,初次注浆应采用水灰比0.4-0.45的纯水泥浆,注浆压力控制在0.5-1.0MPa,确保形成完整的初始锚固体。待初次注浆体强度达到5MPa后方可进行二次劈裂灌浆,二次注浆需采用专用高压注浆设备,注浆压力应分级施加,初始压力控制在1.5-2.0MPa,最终压力根据地质条件可达2.5-4.0MPa。注浆过程中要密切监测注浆压力变化,当出现压力骤降或注浆量异常增加时,应立即停止注浆并分析原因^[5]。注浆材料宜采用添加膨胀剂加减水剂的特制水泥浆,水灰比控制在0.35-0.4之间,以此来确保浆液的后期强度。某高速公路边坡加固工程的数据显示,采用二次劈裂灌浆技术后,锚杆极限抗拔力从原来的350kN提高到520kN,增幅达48.6%。

4.2 锚注结合

锚注结合技术的应用能够同时发挥锚杆的加筋作用及注浆的改良作用,形成“1+1>2”的复合加固体系,其形成了系统化的工艺质量控制标准。在施工前技术人员需进行详细的工程地质勘察,重点查明岩土体的结构特征与其地下水状况。钻孔作业应采用跟管钻进工艺,孔径一般不小于100mm,钻孔偏斜度控制在1%以内。注浆材料通常采用水灰比0.4-0.5的纯水泥浆,根据需要可添加速凝剂或膨胀剂

等外加剂,注浆压力要按照地质条件分级控制,初始压力为0.3-0.5MPa,终压可达1.0-2.0MPa,并且锚杆安装应在注浆体初凝前完成,预应力施加宜采用分级张拉工艺。

4.3 改变锚杆(锚索)结构

通过优化锚杆(锚索)结构设计可有效改善锚固技术应用中的各项问题,对于防腐问题,采用单孔多锚头防腐型预应力锚索,通过环氧树脂涂层钢绞线及HDPE套管等构成的多重防护体系,使锚索在腐蚀环境中的使用寿命延长至100年以上;针对荷载超限问题,通过扩大钻孔直径至150-200mm,延长锚固段长度至8-12m,同时采用扩孔技术形成葫芦串状锚固体以等综合措施,可使单根锚索的设计荷载从1500kN提高到2500kN;对于粘结力不足问题,采用设置多个承载体及添加膨胀剂的单孔复合锚固结构等方式,可使其粘结强度比传统锚杆提高45%。

5 结语

综上所述,岩土锚固技术在公路边坡治理中展现出显著的技术优势,其通过锚杆与岩土体的协同作用,有效抑制了边坡变形。随着智能监测技术与新型锚固材料的应用,边坡治理的精准性将进一步提升,本研究可为类似工程提供借鉴,但也呼吁行业关注锚固结构的长期性能评估,以此来推动公路边坡治理技术的可持续发展。

参考文献

- [1] 王港.矿山岩土工程边坡治理的岩土锚固技术研究[J].中国金属通报,2024,(10):47-49.
- [2] 刘鑫.岩土锚固技术在公路边坡治理中的实践探索[J].汽车周刊,2024,(08):243-245.
- [3] 庞鸿.岩土锚固技术在岩土工程边坡治理中的应用分析[J].工程技术研究,2024,9(13):75-77.
- [4] 贾艾忠.岩土锚固技术在公路边坡治理中的应用[J].交通世界,2024,(14):75-77.
- [5] 王瑞忠.岩土锚固技术在公路边坡治理中的应用研究[J].运输经理世界,2020,(13):128-129.

Optimization of slag removal system of 880MW Russian supercritical coal-fired unit

Qingfeng Fu

Guoneng (Suizhong) Power Generation Co., Ltd., Huludao, Liaoning, 125222, China

Abstract

Guoneng (Suizhong) Power Generation Co., Ltd. is located on the north bank of Liaodong Bay in Bohai Sea, at the junction of Liaoning Province and Hebei Province, about 40km to Liucun, the terminus of Daqin Line, and 23km to Shanhaiguan Station. The company has four thermal power units with a total installed capacity of 3760MW. Among them, two 800MW supercritical coal-fired units introduced by Russia were installed in the first phase, and the two units were put into operation in 2000. On September 20, 2014 and February 3, 2015, the two units completed energy-saving and environmental protection upgrading successively, and the unit capacity increased to 880MW. This paper analyzes some problems of the existing slag removal system of the Russian unit of the plant and puts forward the optimization scheme. The transformation results show that the new horizontal hydraulic shut-off door can be closed tightly during the unit operation and effectively ensure the safe and stable operation of the boiler. The capacity improvement of the first and second belt conveyors can meet the maximum output requirements of the units under different coal quality, and the problem of load limit of the units caused by insufficient slag transport capacity has been fundamentally solved.

Keywords

Russian; 880MW; supercritical; slag removal; transformation

880MW 俄式超临界燃煤机组除渣系统优化改造

付庆峰

国能（绥中）发电有限责任公司，中国·辽宁 葫芦岛 125222

摘 要

国能（绥中）发电有限责任公司位于渤海辽东湾北岸、辽宁省和河北省交界处，至大秦线终点站柳村约40km，至山海关站23km。公司共四台火电机组，总装机容量3760MW。其中，一期安装两台由俄罗斯引进的800MW超临界燃煤机组，2000年双机投产。2014年9月20日和2015年2月3日两台机组相继完成节能环保升级改造，机组增容至880MW。本文分析了该厂俄式机组现有除渣系统的若干问题并提出优化方案。改造结果表明，新的水平式液压关断门在机组运行期间可以关闭严密，有效保证锅炉的安全稳定运行。一级、二级皮带输送机增容改造后，能满足不同煤质下机组最大出力要求，因输渣能力不足导致机组限负荷的问题得到根治。

关键词

俄式，880MW，超临界，除渣，改造

1 引言

该厂 880MW 俄式超临界燃煤锅炉除渣系统的液压关断门自 2014 年安装投运，现已使用近 10 年，其在机组正常运行中无法严密关闭，导致除渣系统在事故抢修状态下，或在炉底水封破坏期间，锅炉底部漏风量较大，无法维持机组安全稳定运行，存在导致机组非计划停运的风险。同时，当炉内大焦块脱落时，产生的水爆冲击关断门，会造成端门被砸脱落，卡停捞渣机。大焦掉落后也极易造成焦块和水汽喷溅，威胁捞渣机附近作业人员的安全。随着近年来，入炉煤质的逐渐劣化，渣量增加了约 20%，现有捞渣机出力明显不足，

尤其是二级捞渣机，在长期大负荷下频繁被灰渣压停，需进行人工清渣或降负荷运行后才能恢复正常。因此，研究该直流水封锅炉的除渣系统，对其进行优化和改造，具有重要的理论意义和实际应用价值。本文旨在介绍该厂俄式超临界直流水封锅炉除渣系统的优化改造计划及效果。

2 除渣系统改造前分析

2.1 除渣系统的作用及原系统组成

直流水封锅炉除渣系统主要用于清除燃烧过程中产生的灰渣，确保锅炉高效、安全、连续运行^[1]。该厂俄式超临界直流水封锅炉采用湿式除渣的方式，配备水封插板、水封槽、一级刮板捞渣机、二级刮板捞渣机、渣仓本体等。渣井共分三部分，其中左、右渣井分别设有五对摇扇式液压关断门，中间渣井设置六对摇扇式液压关断门。高温热渣经炉底落入渣井

【作者简介】付庆峰（1981-），男，中国辽宁本溪人，本科，工程师，从事火电机组集控运行研究。

水封内，一级捞渣机刮板将灰渣输送到二级刮板输渣机，再由二级输渣机刮板将灰渣输送到渣仓。渣仓下部留有运渣汽车通道，汽车装渣外运至储灰场进行综合利用。原系统组成见图 1。

2.2 除渣系统的改造方案

结合该厂除渣系统的实际运行情况和常见问题，本次改造主要是将原有的摇扇式液压关断门改造为大出力抗冲击水平对开式液压关断门。一是解决旧关断门无法严密关闭的问题，二是水平液压破碎关断门还能起到对大渣进行预冷却并破碎的作用，三是保护下级设备不受高空大渣冲击。改造后，高温热渣经炉底落入渣井，小渣直接落入捞渣机，大渣经预冷由液压破碎关断门挤压破碎后排入捞渣机内，再由捞渣机将渣输送到渣仓。

当运行人员通过摄像头发现有大渣落在格栅上，根据需要进行挤压破碎。挤渣门全部关闭时，具有关断门作用，用于下级设备故障，须紧急处理时的事故抢修状态。

2.2.1 液压关断门改造方案

液压破碎关断门采用独立支撑方式，关断系统由隔栅、挤压头、箱体、驱动部件、摄像监视系统及液压泵站系统组成^[2]。每台炉格栅数量为 45 个，格栅直径 121mm，间距 577/385mm。左、右两侧渣井分设四对水平对开式液压关断门，中间渣井设置七对水平对开式液压关断门。防护隔栅结构能满足炉膛内任何高度掉落的各种焦块的冲击要求，可有

效防止大渣下落造成设备的冲击破坏，可 100% 防止结焦对捞渣机冲击进而造成水爆的情况。液压破碎关断门的形式为大出力抗冲击水平对开式，挤压头为锯齿自锁互嵌式。挤渣门部件采用液压驱动，开关灵活，能起到隔离门的作用。同时能有效地实现对大渣块的预冷却、预破碎。挤渣门打开或关闭状态均为水平移动，垂直作用力由静止的隔栅承受，关断门不受力，即使油缸失灵也不会自动打开。捞渣机故障时，能耐不小于 900℃ 高温的液压破碎关断门，其强度能承受渣井贮存满负荷工况下 4h 排渣量（BMCR 工况下燃用校核煤种）的荷载。577mm×577mm 以上的渣块首先落到隔栅上，预冷却后，经水平移动的齿形挤压头将其破碎，随后下落由捞渣机运出。液压破碎关断门下带有水封插板，插板插入捞渣机水槽的水深（冷态时）不小于 300mm。水封插板插入捞渣机水槽的水封高度满足锅炉的炉膛压力保护值要求。水封插板材质为不锈钢，强度应能防止因渣水波动、温度变化、炉膛负压而引起的任何变形。

炉渣下落及破碎过程，均由摄像系统监视。每口装置对应两只 400W 像素耐高温彩色全数字高清摄像头。挤渣头采用耐高温、耐磨材料，热变形小。每口关断门壳体两侧均应设置快开捅渣孔和高温玻璃观察孔^[3]。在液压破碎关断门旁应设有检修操作平台。液压控制系统可实现远方（PLC）、就地的设备启停功能。改造后系统组成见图 2。

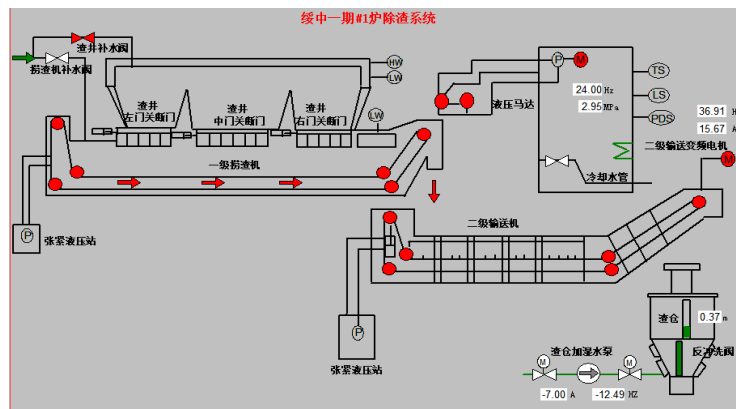


图 1 改造前除渣系统流程图

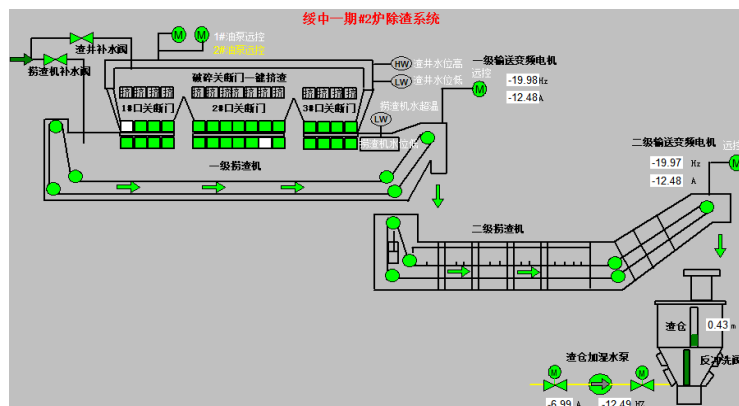


图 2 改造后除渣系统流程图

2.2.2 灰渣系统输送能力改造方案

针对捞渣机出力不足的情况,计划拆除原刮板捞渣机的马达驱动系统以及刮板输送机的变频电机驱动系统,安装新变频电机驱动系统。电机采用变频调速同轴冷却风扇电机,变频器及就地控制箱内主要电气原件采用进口施耐德产品,就地控制箱的防护等级为 IP54。

新的电机与减速机采用对轮连接,满足捞渣机最大出力可达 70t/h,较原系统 50t/h 的最大出力提高 20t/h。刮板输送机最大出力可达 80t/h,较原系统 40t/h 的最大出力提高 20t/h。控制系统可实现远方(PLC)及就地的运行速度调整、信息显示、系统故障自检及显示等功能。控制系统具备可靠接入现辅控网 PLC 控制系统的条件,且能接受来自 PLC 的启、停、调速指令信号,并留有与 PLC 通讯的状态干接点信号。

就地控制箱防护等级为 IP55,电气元器件均采用 ABB、施耐德和西门子优质产品,箱内端子采用菲尼克斯、魏德米勒产品。箱内端子排布置在易于安装接线的地方,且预留充足的空间,方便接线、汇线和布线。带变频器的柜体配备了通风散热装置,所有紧固件采用热镀锌件,盘柜内所有非导电的金属板、金属件均可可靠接地,箱门以足够截面的铜软线与箱体可靠连接。

3 改造过程

为顺利完成该厂锅炉捞渣机关断门及驱动机构更换工作,本次液压破碎关断门及驱动机构改造工程为 EPC 总承包,主要工作内容有液压破碎关断门改造和驱动机构改造两部分内容。

3.1 液压关断门改造过程

利用机组 C 级检修时机,首先拆除原有关断门设备及其液压系统、热工、电气设备及线缆。然后进行新液压破碎关断门基础施工,安装新液压破碎关断门及与渣井连接部位的金属膨胀节,安装新供液压系统,包含管路固定以及与油缸、液压站的对接。

最后进行新液压破碎关断门涉及的热工控制部分及线缆安装、施工、组态及调试工作。

质量关键控制点为:

油缸、油缸接管、挤渣门,三件一线。油缸推动接管,接管推动挤渣门。任何的倾斜、不正会导致额外应力,加大磨损,甚至系统故障,允许的最大偏差应 $\geq 2\text{mm}$ 。

双缸一门。两条油缸推动一扇门,因此两条油缸及其油缸接管应完全一致。任何安装的不正和运行时长不一,均会导致磨损,甚至系统故障。油缸安装和使用时同步偏差应 $\geq 2\text{mm}$ 。

导轨水平。挤渣门导轨为厚壁钢管,每个挤渣门有三个导轨,导轨水平度以及水平高度偏差应 $\geq 2\text{mm}$ 。

液压系统。安装应在清洁环境中,大量灰尘会堵塞换向阀、滤油器,破坏密封。液压系统安装检查合格后,煤油清洗管路,再进行空载试车。液压系统额定破碎压力为 8~13MPa。

3.2 捞渣机驱动机构改造过程

在捞渣机驱动机构改造方面,首先拆除原刮板捞渣机的马达驱动系统以及刮板输送机的变频电机驱动系统,然后安装新变频电机(同轴冷却风扇)驱动系统,在新系统中,电机与减速机采用对轮连接,可实现远方(PLC)及就地的启停功能。

4 工程质量控制

为保证施工质量,该厂在改造实施前制定明确的质量目标,编制了质量计划,细化工程质量保证措施,强化质量过程控制。改造后验收阶段,制定了规范的质量验收程序,按照三检制执行,在所有合同工程完工后,按照国家相关规定、规范及配套技术要求进行整体验收。

5 结语

通过此次改造,该厂俄式超临界直流锅炉的除渣系统在正常运行中,可以满足各入炉煤种的出力要求,不再发生因除渣系统出力不足而导致的机组负荷受限情况。新系统在日常运行过程中,当格栅上存在较大焦块时,运行人员可以通过操作液压破碎关断门将其破碎,掉落至渣井中,然后由一级、二级捞渣机将灰渣运至渣仓。一旦捞渣机需要不停炉检修,或者炉底水封被破坏,运行人员可以迅速关闭液压关断门,控制炉底漏风量,以获得足够的抢修时间,有效保证锅炉在异常工况下可较长时间的维持安全稳定运行。

参考文献

- [1] 赵宏伟,张江.湿式排渣系统改造技术研究及应用[J].神华科技, 2019, 17(12):3.
- [2] 冀长坤.火力发电厂除渣系统技术及应用[J].科技与创新.2017, (23)
- [3] 张学禅.燃煤电厂干式除渣与湿式除渣系统设计特点及分析[J].广西电力, 2008, 31(5):2.

Pre embedded construction technology for prefabricated building electromechanical installation conduit

Jingfei Li

China Mcc22 Group Corporation Limited East China Company, Shanghai, 201800, China

Abstract

This article conducts in-depth research on the pre embedding construction of prefabricated building mechanical and electrical installation line pipes. The article first analyzes the technical difficulties of pre embedding construction of prefabricated building mechanical and electrical installation line pipes, which are manifested in high precision requirements for construction, complex process coordination, high comprehensive difficulty of pipelines, and difficult maintenance in the later stage. Afterwards, based on the technical difficulties in construction, detailed technical points were proposed, including the application of BIM technology for comprehensive pipeline design, prefabricated component processing, standardized installation of composite panels and wall pipelines, reasonable laying and protection of cast-in-place layers, and so on. In addition, the article further elaborates on the quality control strategies for the pre embedded construction of mechanical and electrical installation conduit, including optimizing design schemes, selecting raw materials, conscientiously implementing acceptance work, optimizing personnel teams, etc. This article aims to provide comprehensive guidance for the pre embedded construction of mechanical and electrical installation conduit in prefabricated buildings, help improve the quality and efficiency of the pre embedded construction of mechanical and electrical installation conduit, and contribute to the good development of prefabricated buildings.

Keywords

Prefabricated buildings; Mechanical and electrical installation; Pre embedded conduit; Construction technology; Pipeline design; BIM

装配式建筑机电安装线管的预埋施工技术

李景飞

中国二十二冶集团有限公司华东分公司, 中国 · 上海 201800

摘 要

本文围绕装配式建筑机电安装线管预埋施工展开深入研究, 文章首先剖析了装配式建筑机电安装线管预埋施工的技术难点, 表现为施工的精度要求高、工序协同复杂、管线综合难度大及后期维护困难等几个方面。之后, 结合施工技术难点, 提出了详细的技术要点, 包括应用BIM技术进行管线综合设计、预制构件加工、叠合板与墙体管线规范安装、现浇层合理敷设保护等等。此外, 文章还进一步阐述了机电安装线管预埋施工的质量控制策略, 包含优化设计方案、选好原材料、认真落实验收工作、优化人员队伍等, 本文旨在为装配式建筑机电线管预埋施工提供全方位的指导, 助力提升机电安装线管预埋施工的质量与效率, 助益装配式建筑的良好发展。

关键词

装配式建筑; 机电安装; 线管预埋; 施工技术; 管线设计; BIM

1 引言

装配式建筑的机电安装线管预埋施工十分关键, 该工序起到连接建筑各功能系统的作用, 其施工质量直接影响装配式建筑的整体性能。相比于传统现浇建筑项目, 装配式建筑预制构件需要在工厂统一生产, 因此机电安装线管预埋施工的精度要求较高。然而, 从当前施工的情况来看, 从设计到生产, 从现场装配到后期维护, 均存在各种各样制约工程进展的问题。因此, 有必要深入探究其施工技术要点, 更需

加强对该工程项目的施工质量控制。

2 装配式建筑机电安装线管预埋施工技术难点

2.1 精度要求较高

装配式建筑预制构件需要由工厂统一制造并现场装配, 受建筑类型的影响, 机电预埋的线盒、套管、预留孔洞等相关配件, 均需在构件浇筑之前进行制造, 并精准定位, 其位置偏差必须要严格控制在 $\pm 3\text{mm}$ 以内。然而现阶段, 施工单位在施工设计时对数字化技术的应用有限, 而传统二维图纸并不能十分精准地表达预埋构配件与构件钢筋、模板的空间关系。如果机电管线坐标、标高和构件配筋冲突, 后续很可能会导致预埋错位的问题。如果剪力墙预埋套管和分布筋

【作者简介】李景飞 (1984—), 男, 中国安徽蒙城人, 本科, 高级工程师, 从事机电安装工程管理研究。

位置重叠,施工现场如果强行钻孔,很可能会给构件受力性能造成影响,最终甚至会造成更换整面墙板的结果。在生产环节,构件模具的定位精度、混凝土浇筑时的振捣位移、蒸养过程中的构件收缩等相关因素,均可能会导致误差增大。误差增加,可能会导致施工现场中部分构建无法顺利安装,增加返工成本。此外,装配阶段的容错空间较小。预制构件吊装后,预埋管线需要保证和现浇部分管线实现精准对接,如果线盒偏移超过允许范围,很可能会导致管线无法穿接,甚至还会出现接口漏浆的情况。而管线无法对准,后续就需要凿除混凝土重新修补,给结构整体造成严重破坏。

2.2 工序协同十分复杂

机电预埋需要在构件生产阶段完成,施工期间需要建筑、结构、机电、构件厂、安装单位等各个单位的多方协同,施工中的工序交叉和责任界定问题,给施工带来了系统性风险。首先,在设计阶段,传统设计流程中,各专业部门之间未能有效协同,机电工程师经常会根据现浇结构来布置管线,对预制构件的预埋的可行性考虑不够充分。在项目过程中,部分机电图纸未能清晰标注剪力墙预埋套管的具体规格,构件厂按过去经验预留,但在施工现场却出现了现场管道无法穿过的问题,最后不得不被迫重新开模生产,严重延误工期。其次,生产与施工的信息交流不畅。构件厂对施工现场的装配需求理解不够准确,这将导致预埋构配件遗漏或错位等问题。部分项目未能明确叠合板预埋管线的出筋方向,构件厂按常规进行生产,导致在现场安装时发现管线出口与主体结构梁存在冲突,不得不凿除构件边缘混凝土。此外,变更设计可能会引发严重后果。装配式建筑构件生产完成后,如果存在设计变更,则往往需要承担较高的成本。

2.3 管线综合难度较大

叠合板、预制剪力墙等构件的现浇层厚度通常为 60-80mm 左右,而机电管线需要在此空间内集成强弱电、给排水、消防等多个系统,施工人员将会面对管线交叉与空间争用的问题。一方面,竖向管线的贯通十分困难。预制剪力墙内预埋的竖向电管需要穿过叠合板现浇层,而如果管径过大,或管道弯曲半径不足,就很容易引发现浇层混凝土浇筑密实度下降的问题。剪力墙预埋电管与叠合板桁架筋之间存在位置冲突,施工人员只能被迫绕行敷设,进一步造成了穿线时导线卡顿的问题。另一方面,水平管线的交叉控制较为困难。施工人员在多根管线并行敷设时,如果累计高度超过了现浇层厚度,后续将很容易出现混凝土开裂的情况,导致管线裸露。

2.4 后期维护工作困难

首先,预埋管线嵌入预制构件后,后期维修中将可能会遭遇凿除混凝土的情况,如果处理不当,将很容易破坏结构受力钢筋,并引发渗漏、开裂等诸多问题。因此,该项目施工对预埋质量往往要求“一次成型”。其次,装配式建筑预埋管线施工隐蔽工程可能会出现检测盲区。传统现浇建筑

通常会在施工阶段由专人逐层检查管线是否畅通,而装配式建筑预埋管线需要随构件出厂,加入在生产阶段未能按照要求开展通球试验、绝缘测试等,那么将很容易导致隐蔽缺陷。比如说后续用户使用中发现户内插座无电,或者预制墙板内管线接头脱落等等,这些情况均需要施工人员凿开修复,进而对墙体保温层造成损伤,甚至引发渗水问题。

最后,维修方案存在局限。预制构件的工厂化的生产特性决定了其构造的整体性,而局部凿除将可能破坏构件预应力体系,甚至还会影响构建的防火、隔声性能。

3 装配式建筑机电安装线管预埋施工的技术要点

3.1 管线综合设计

相关单位可以应用 BIM 技术辅助开展管线综合设计工作。通过建立建筑、结构、机电全专业 BIM 模型,应用 Navisworks 等相关软件,将墙板、叠合板等预制构件和强弱电、给排水管线系统进行碰撞检查,通过技术手段来消除管线与构件钢筋、桁架筋、预埋件等之间的空间冲突。对于厚度 60-80mm 的叠合板现浇层,相关单位必须要进行线管单层布置,避免多层交叉。强弱电管线水平间距应控制在 300mm 以上,交叉处需要采用管线过桥件进行分隔,确保现浇层的有效厚度大于等于 50mm。在确定标准化预埋点位坐标时,工作人员应当以构件轴线为基准,线盒中心标高误差控制在 3mm 以内,水平位置偏差控制在 2mm 之内,要确保其与土建模数之间精准匹配,以免现场模数不符而出现切割调整。在预制构件节点设计方面,设计人员需要精心绘制预埋构件专项图纸,明确线盒、套管、手孔等的定位参数。其中,剪力墙预埋开关线盒边缘距结构边缘需控制在 50mm 以上,且要避开暗柱主筋。叠合板灯头盒中心和桁架筋腹杆水平距离也应控制在 50mm 以上,从而有效防止对构件受力体系的不良影响。

3.2 预制构件加工

预制构件加工过程中,通常会应用到以下工艺:第一,线盒固定技术。加工中需要应用焊接固定法,在预制墙板模具中,通常采用 $\Phi 4$ 钢筋或 2mm 厚的钢片和线盒耳片进行焊接,焊点间距应控制在 100mm 之内,要确保确保线盒和模具之间紧密贴合,在混凝土振捣时要注意控制位移。针对叠合板等水平构件,需要使用到磁吸定位法,即通过高强磁铁吸附线盒底座,同时配合激光测距仪来校准标高,此环节要注意控制误差。之后,需要工作人员在线盒内填充泡沫保温材料,同时还要粘贴密封胶带,避免混凝土浆渗入。在出厂前,还要对成品进行通腔检查,确保成品无堵塞。第二,套管与孔洞预埋。首先,在钢制套管预埋过程中,对穿越剪力墙、梁的竖向套管需要采用壁厚超过 3mm 的钢管,钢管的长度应当比构件厚度长 50mm 左右,并且还要在钢管内壁涂刷防锈漆,周边还要焊接 $\Phi 8$ 止水环,提高防渗水效果。其次,

木盒模具预留孔洞环节中,工作人员针对较大尺寸预留洞,可以使用防水胶合板来制作模具,模具内部应当设置斜撑,从而防止变形。还要对模具和构件钢筋进行绑扎固定,待混凝土终凝后,及时拆除模具,保证规则洞口的行程。最后,挡水围堰设置。在卫生间、厨房等涉水区域的地漏、立管套管周围,需要工作人员在构件表面预埋高度 50mm、宽度 80mm 左右的混凝土围堰,围堰应当和构件同步浇筑,提升防水效果。第三,手孔预留与连接节点。在叠合板拼接缝、预制墙与现浇边缘构件交界处,需要预留 $150 \times 150 \times 80\text{mm}$ 的手孔,注意其位置应避开桁架筋与受力钢筋。此外,还应在手孔内壁预埋钢板或 PVC 套管,以便于后续现场管线接驳。手孔边缘应设置 45° 的倒角,以免损坏混凝土棱角,在正式出厂前,还应按照相关规定粘贴警示标识,提示现场施工重点处理。

3.3 叠合板线管安装

施工人员在桁架筋下方敷设管线时,线管应当沿叠合板桁架筋下的弦杆平行布置,其弯曲半径应大于等于 6 倍管径,注意应避免贴近板底预制层。可以采用“U 型卡+绑扎丝”固定的方式,将间距控制在 1m 之内,转弯处还需要加密至 0.5m,从而保证管线与桁架筋之间能够可靠连接,避免在混凝土浇筑出现上浮的情况。相邻叠合板预留线管需要通过手孔来进行对接,此时应采用同规格的 PVC 短管进行套接,短管两端应当用锁母和预制线管来进行固定,在接口处施工人员还应缠绕密封胶带,并在手控内填充防火密封胶,防止漏浆。在封堵手孔之前,施工人员还需要进行管线通测,可以穿入 $\Phi 2\text{mm}$ 铁丝作为引线,待确认无堵塞后,施工人员再用 C30 细石混凝土分层浇筑,振捣密实。

3.4 预制墙体与管线对接

在竖向管线衔接环节,施工人员应在预制剪力墙内预埋竖向电管顶端设置泡沫块,注意间距应控制在 50mm 左右,预留活动空间,避免电管和叠合板现浇层钢筋产生硬接触。电管出口应高出构件顶面 30mm 左右,施工人员应将其套入塑料保护帽,防止堵塞。对于上下层管线,施工人员可以采用“承插式”连接的方法,在下层电管顶端预埋接头套筒,待上层电管插入后,再用管箍固定,并在接缝处涂抹 PVC 胶水,以此有效保证电气通路的连续性。在进行防雷接地跨接处理时,预制剪力墙采用套筒灌浆连接,施工人员应在预埋电管附近的墙体钢筋上焊接圆钢跨接线,其中一端要与管接地端子紧密连接,另一端则应与套筒周边钢筋焊接,以此来形成贯通的防雷接地体系。在跨接焊接之后,还需要进行接地电阻测试,确保电气连通性能够符合规范要求。

3.5 现浇层管线敷设与保护

在叠合板吊装完成后,施工人员需要使用激光放线仪投射管线路径,并在板面上用彩色粉笔进行标注,要注意重点标识预埋线盒、手孔位置,其误差要控制在 5mm 之内。穿梁管线需要严格按照设计要求预留套管,禁止现场开洞。

如果不得不需要调整,施工人员可以采用水钻开孔,要注意避开梁主筋与箍筋。之后,施工人员需要对现浇层管线和桁架筋腹杆绑扎固定,弯头处还应当增设固定点,防止管位移动。在管线端口,施工人员应采用专用塑料堵头封堵,还要用胶带缠绕密封。在混凝土浇筑前,施工单位需要派专人进行巡查,如果发现破损问题,必须要及时更换。

4 装配式建筑机电安装线管预埋施工质量控制策略

4.1 优化设计施工方案

设计方案是开展线管预埋施工工作的依据和基础,为了保证线管预埋施工质量,相关单位必须要做好施工方案设计工作。相关人员必须要以机电安装设计流程为依据,对设计图纸的基本结构进行深入剖析。要以图纸为依据,充分明确线管安装的各项要求,确保在安装线管和预埋施工环节,始终有明确的要求和规范作为引领。施工人员应对图纸信息进行深入细致地解读,确定施工交叉关键点,对线管的走向、布置等关键环节有明确的认识,在后续施工中做到有的放矢,明确细节,从而取得更好的施工效果。

4.2 选择适宜的原材料

基于装配式建筑要求,施工单位应根据项目的实际需求,前期做好对基础原材料规格、性能的调查分析,明确线管安装的具体要求。比如说,个别项目对叠合板、横架经之间的缝隙具有特殊的要求,部分缝隙要求 35mm,缝隙十分狭小,如果此时存在多条管线叠合安装的情况,可能会给后续焊接钢管带来不便。对此,要求施工单位必须要结合项目实际需求,根据具体的工况来选择材料。

4.3 认真做好清理验收工作

在完成管线预埋作业之后,施工单位必须要按照要求及时地清理验收,应重点检查预留孔周围的位置,明确是否有积水,是否存在杂质,以及管道是否通畅。施工单位应根据规定要求,对管道的具体位置、尺寸、数量等各方面进行逐一检查,进行施工质量检测,保证位置、倾角等符合规定要求。此外,还要对管道表面进行检查,注意检查管道表面的平整度,以及管道之间连接的效果,保证管道表面无异物、裂缝等问题,确保管道连接紧密。

4.4 加强施工过程监督

施工过程监督是保障线管预埋施工质量的重要举措。在施工过程中,施工单位应建立专业的监督小组。小组成员应包括经验丰富的技术人员和质量管理人员。监督小组要对每一道施工工序进行实时监督。从预制构件加工阶段开始,监督小组应认真检查线盒固定、套管预埋等操作是否符合规范,确保施工工艺精准执行。在现场施工时,监督小组需重点监督叠合板线管安装、预制墙体与管线对接以及现浇层管线敷设等环节,及时纠正不规范的施工行为。除此之外,监督小组还需对施工设备的运行状况进行检查,确保设备正常

运行,避免因设备故障影响施工质量。例如,在混凝土浇筑前,检查振捣设备是否能正常工作,若设备振捣力度不足或过度振捣,都可能对线管造成位移或损坏。

4.5 建立质量追溯体系

施工单位可通过打造质量追溯体系的方式来提升线管预埋施工质量管控水平。施工单位应借助信息化手段,可以通过设置二维码的方式,对每个预制构件和预埋线管进行身份标识。在预制构件加工环节,施工单位应当详细、全面地记录原材料的批次、供应商信息、加工时间、操作人员等各方面数据。在施工过程中,施工单位必须要认真记录线管的安装位置、连接情况、施工时间等有关信息。施工单位应通过全方位的信息管理,搭建质量追溯体系,一旦发现质量问题,便可以通过扫描标识快速地追溯到问题源头,精准定位问题原因。具体而言,当施工单位发现某区域线管出现堵塞问题时,可以通过追溯体系,迅速定位到该线管所属的预制构件加工批次,进而排查同一批次原材料是否存在质量隐患,以此来总结问题原因,及时加以整改。

4.6 做好人员队伍优化建设

机械设备和人员是机电安装线管预埋施工的关键,只有保证设备和人员统筹协调,才能够确保施工流程衔接紧密,按期交工。对此,相关单位必须要做好人员和设备的安排工作。其中,技术专家团队负责运用 BIM 技术精心设计优化预埋方案,一线操作人员应划分为工厂预埋、现场装配、管线连接等各个小组,不同部门各司其职,做到熟练掌握相

应工序核心技能,从模具组装到构件吊装,再到管线接驳,均要实现精准操作。同时,有关单位应建立系统的培训机制,通过标准化作业手册与实地样板示范,提升技术人员整体的实操水平。企业还应对内部人员进行绩效考核,将施工质量、进度等指标与员工的个人收益挂钩,以此调动内部人员的积极性。

5 结语

装配式建筑机电安装线管预埋施工是一项难度较大、十分复杂的工作,文章对该工序施工的技术难点进行了细致的分析,并结合施工的实际情况,提出了具体的施工技术要求以及质量管控措施,希望通过本文的研究,能够为装配式机电预埋施工的高质量发展有所助益。

参考文献

- [1] 高建.探究BIM技术在装配式建筑机电安装工程中的应用[J].智能建筑与智慧城市,2025,(02):82-84.
- [2] 王成行,蒋润萍,张必洪.基于BIM技术的装配式建筑机电系统应用与分析[J].云南水力发电,2024,40(12):167-170.
- [3] 杜晓英,黄瑞,杨智明,陈斌.BIM技术在装配式建筑机电安装工程中的应用[J].智能建筑与智慧城市,2024,(08):63-65.
- [4] 潘笑豪.装配式建筑机电安装施工技术研究[J].中国设备工程,2024,(08):214-216.
- [5] 张国圣,胥文锋,兰立春,潘泽源,朱明金.装配式高层住宅机电安装工程施工及管理要点[J].四川水泥,2023,(12):107-109.

Study on “long excavation and long exploration” technology for rapid tunneling in coal mine roadway

Zhicun Xia

Shandong Lineng LuXi Mining Co., Ltd., Jining, Shandong, 272053, China

Abstract

The contradiction between the efficiency and safety of coal mine tunnel excavation has long constrained efficient production in mines. Traditional segmented excavation methods are limited by frequent drilling and exploration processes, which not only affect construction progress but also lead to delays in geological information acquisition, making it easy for accidents such as water inrush and gas outburst to occur. The “long excavation, long exploration” technology offers new solutions to these industry challenges. This technology overcomes the time-space fragmentation of traditional processes, enabling coordinated excavation and exploration along with real-time data analysis. Currently, there is an urgent need for in-depth research into process optimization, intelligent equipment upgrades, and the restructuring of safety management systems. Only then can this technology move from the theoretical validation stage to large-scale application.

Keywords

coal mine roadway; rapid excavation; long excavation and long exploration; technical research

煤矿巷道快速掘进的“长掘长探”技术研究

夏志村

山东里能鲁西矿业有限公司, 中国·山东 济宁 272053

摘 要

煤矿巷道掘进效率与安全性的矛盾长期制约着矿井高效生产, 传统的分段掘进模式受制于频繁停钻探勘的工艺限制, 这一情况不但对施工进度产生影响, 而且由于地质信息获取滞后, 透水、瓦斯突出等事故也极易发生。“长掘长探”技术在破解上述行业难题方面提供了新的思路, 该技术突破传统工艺的时间空间割裂性, 实现掘探协同作业与实时数据分析。当下亟需在工艺流程优化、装备智能升级以及安全管理体系重构等方面进行深化研究, 如此才能推动这一技术从理论验证阶段迈向规模化应用阶段。

关键词

煤矿巷道; 快速掘进; 长掘长探; 技术研究

1 引言

煤矿巷道掘进效率低是造成采掘失调的主要原因, 而掘进巷道超前探测距离短, 精度低, 且与巷道掘进存在施工时间, 作业空间和探测环境上的矛盾, 是导致掘进效率偏低的地质因素, 常规的“短掘短探”技术已经不能适应巷道快速掘进对长距离, 高精度地质超前探测的技术需求。“长掘长探”的工作模式是以煤矿井下千米定向钻机施工的主孔与分支孔为基础, 实现对掘进巷道前方煤层赋存形态, 隐蔽致灾地质因素的长距离探查。本文聚焦于该技术的核心原理以及应用策略, 着重探讨怎样借助工艺流程的再造以及智能装

备的升级来达成掘探工序在时空上的融合, 构建起兼具高效性与安全性的新型作业模式, 从而为煤矿巷道施工给予技术层面的有力支撑。

2 “长掘长探”技术的原理与特点

2.1 “长掘长探”技术的原理

“长掘长探”技术作为地下工程领域的前沿方法, 其核心在于构建掘进与探测的动态协同机制, 通过多维度感知手段的嵌入式布局形成全时域信息采集网络, 将传统分段式作业转化为连续化流程。对比传统工艺那种间歇式停顿检测模式, 此技术的创新之处在于依靠智能分析系统针对实时地质数据展开动态解译, 进而自主生成风险预警图谱, 并且对掘进参数进行优化, 以此有效平衡了施工效率和安全管控两方面的需求。在技术架构里引入的多源信息融合机制, 具备整合电磁波反射、应力场分布以及岩体振动信号的能力, 通过这种整合形成了三维地质模型可视化界面, 从而给操作人

【作者简介】夏志村（1976-），男，中国山东沂水人，本科，高级工程师，从事快速掘进、无煤柱开采及科技创新管理等研究。

员提供了直观的决策依据。装备系统所具备的自适应调节功能可依据围岩条件的变化自动完成钻进模式的切换,在复杂地质环境当中保持稳定的输出功率,使得人工干预的频率大幅降低。这种呈现集成化特点的作业方式突破了传统工艺对探测周期的依赖,让工程进度不再被固定节拍所限制,为深部资源开发提供了全新的技术范式。

2.2 “长掘长探”技术的特点与优势

该技术的核心特征体现为掘进与探测工序的深度协同,借助随钻测量系统与三维地质建模的实时交互构建起动态感知施工环境变化的作业体系,颠覆传统分段作业中因工序交替产生的设备空转与信息断层问题。工艺革新聚焦于将超前探测模块嵌入掘进设备本体,形成随动式数据采集与处理机制,使得岩层裂隙发育特征与构造异常信号能够在毫秒级响应周期内完成解析,这种无缝衔接的操作模式大幅压缩工序转换时间窗口,为复杂地质条件下施工节奏的连续性提供技术保障。装备集成化设计突破传统分体式探测设备的空间限制,搭载多频段电磁波与弹性波传感器的复合探测单元与截割机构形成刚性连接,在刀具破岩的同时完成全断面地质信息扫描,其优势在于消除人为干预导致的探测盲区,使隐蔽致灾因素的识别精度提升至厘米级分辨率。技术体系的创新性在于重构了地下空间开发的作业范式,将原本割裂的施工环节整合为具备自感知、自决策能力的有机整体,为工程机械的智能化演进提供可复用的技术路径^[1]。

2.3 “长掘长探”技术在煤矿巷道掘进中的应用现状

当前“长掘长探”技术在实际推广过程中面临多重现实难题,地质构造的复杂性和探测精度之间的矛盾始终难以调和,像岩层裂隙发育带或者软弱夹层频繁出现的这类区域,常常致使电磁波信号出现严重衰减的情况,而且多源数据融合算法容易受到井下电磁干扰,进而生成失真模型,这对超前预报的可靠性产生了直接影响。装备系统的智能化升级并没有彻底解决传统钻探工艺遗留下来的兼容性问题,新型复合式钻头和既有支护体系之间的匹配度还需要反复调试。振动传感器在潮湿粉尘环境下的灵敏度下降现象时有发生,设备维护周期与生产节奏之间的平衡点尚未明确。掘进速度突破受到动态地质模型构建效率的制约,大量计算资源被海量异构数据的清洗筛选所消耗,岩体力学参数反演存在滞后性就难以对掘进参数的即时优化调整起到支撑作用,围岩应力释放与支护强度可能因时间差而出现错位情况。系统操作门槛与现场技术人员的认知惯性形成了无形的壁垒,智能决策建议常和经验主义思维产生冲突,设备更新速度远快于复合型人才培养周期,误判风险容易因这种认知断层而被引发。

3 “长掘长探”技术在煤矿巷道快速掘进中的应用策略

3.1 优化掘进工艺流程

工艺流程优化的关键在于消除工序间的物理隔阂与时

间空耗,将超前探测行为无缝嵌入掘进设备的运动轨迹中,具体表现为改造传统分体式设备的机械结构,使截割头与多频段地质探测传感器形成刚性连接体,在刀具旋转破岩的同一时空维度内完成前方二十米范围内岩层物性参数的实时采集。设备改造需重点解决传感器抗振防护与信号保真问题,采用嵌入式安装方式将电磁波发射单元集成于截割臂内部腔体,既避免剧烈振动导致元器件失效,又能借助金属构件的屏蔽效应降低信号串扰。施工参数动态调控体系建立在随钻测量数据的秒级更新基础上,开发具有自主学习能力的控制算法,根据岩石硬度与裂隙发育程度的连续变化自主匹配截齿切入角度与推进油缸压力值,这种自适应调节机制有效平衡了设备损耗与掘进效率的关系。作业规程重构着重打破探测与掘进的人员分工壁垒,培养具备双岗位技能的操作班组,制定融合探测数据判读与设备操控指令的标准化流程,使现场人员能够依据实时反馈的地质异常信息立即调整截割轨迹,避免传统模式下信息传递滞后导致的工序停滞^[2]。环境感知系统的升级体现在毫米波雷达与红外热成像技术的融合应用,针对不同岩性的电磁特性差异设计多源数据交叉验证机制,通过构建巷道三维地质模型预演后续三循环作业的岩层条件,为截割路径规划提供可视化决策支持。

3.2 提高设备自动化与智能化水平

针对钻探系统动力单元与探测模块的耦合问题进行结构重组,采用分布式控制架构替代集中式总线设计,使截割电机转速能依据岩性特征自动匹配推进压力。研发团队着力改进传感器防护等级,在探杆内部集成温湿度补偿装置,将陀螺仪与倾角计的采样频率提升至适应剧烈振动的水平,这种物理层级的改良可显著增强数据采集的稳定性。信息传输通道采用多频段冗余备份机制,即便在金属支护密集区域仍可维持信号完整性,原始波形数据的去噪处理引入小波变换与神经网络混合算法,相比传统滤波方式更能保留地质异常特征。操作界面的人性化改造聚焦于降低误操作概率,将地质雷达剖面图与三维点云模型叠加显示,用不同色阶标注围岩松动圈发育程度,这种视觉化表达方式让复杂地质信息变得直观可辨。

3.3 加强地质超前探测与分析

将瞬变电磁法与地震波法的探测终端集成至掘进设备回转部,在截割头旋转切削岩体的同时发射不同频段的电磁波与弹性波信号,利用岩石介质对电磁场与应力波传播特性的差异构建三维地质反演模型。传感器阵列的布置需突破传统点式探测的局限,沿着截割臂周向安装环形分布的接收单元,形成对前方岩体结构的多角度扫描覆盖。数据解译系统的升级重点解决复杂信号干扰下的有效信息提取难题,开发具备噪声自适应滤波功能的智能算法,针对掘进震动产生的机械波干扰设计时频域联合分析模块,使原始信号的信噪比提升至可识别隐伏构造的水平。探测结果与施工决策的联动机制建立在实时数据传输通道的基础上,构建地质异常体自

动分级预警体系,当识别到低阻异常区或波速突变带时自动触发设备参数调整指令,同步降低截割头转速并启动支护机构预动作程序。人员技能重构注重培养地质工程师与设备操作员的协同作业能力,编制融合物探参数与施工要点的可视化操作手册,使现场人员能够依据实时更新的岩体完整性系数动态调整循环进尺与支护密度。探测精度的持续改进依托于历史数据与实时探测结果的对比验证,建立巷道不同区段地质预测与实际揭露情况的误差反馈模型,利用机器学习算法动态优化反演参数权重系数,逐步缩小理论推测与工程实际的偏差幅度^[3]。

3.4 强化施工安全管理与质量控制

动态监测体系的构建需要将地质雷达与微震监测设备深度耦合,在掘进头后方二十米范围内布置环形传感器阵列,实时捕捉围岩应力场的细微变化,这种立体化监控模式能及时识别顶板离层或帮部变形的早期征兆。作业规程中嵌入风险预判机制,依据探孔返渣颜色与颗粒级配特征建立岩性快速判别标准,当遇到煤岩界面模糊或裂隙渗水异常时自动触发支护强度调整指令,避免因地质突变引发结构失稳。人员定位系统与气体检测模块的联动设计值得关注,在掘锚机驾驶舱加装甲烷浓度超限闭锁装置,一旦检测到特定区域氧含量下降趋势立即切断截割电源。质量追溯体系的创新在于引入数字孪生技术,每循环进尺完成后自动生成包含探孔轨迹、支护参数及围岩位移量的三维档案,质检人员调取任意断面数据都能还原施工时的地质条件与操作记录,为质量争议提供客观依据。班组交接环节推行可视化交底制度,利用增强现实设备将本班探测到的隐伏构造投影至巷道实体表面,接班组员通过头盔显示器可直接查看断层走向或含水层边界线,这种信息传递方式有效消除了口头交接的信息衰减^[4]。

3.5 推动技术创新与集成应用

技术创新的实施需要重新设计掘进设备传动系统的机械接口,在截割部主轴内嵌光纤陀螺仪与应力传感器,形成对设备姿态与岩体反作用力的同步监测能力。集成应用的核心挑战在于不同数据协议的兼容性问题,所以需要建立统

一的数据中台架构,将电磁波探测设备输出的电阻率数据、声波探头的纵波速度信息以及设备运行状态参数进行时间序列对齐,利用边缘计算单元在井下完成多源数据的特征提取与异常识别。研发过程中需着重解决强干扰环境下的信号保真问题,采用自适应滤波算法消除截割头旋转产生的电磁噪声,同时开发具备自学习能力的岩性识别模型,通过对比历史探测数据与实际揭露岩层的结果不断优化反演算法权重系数。技术落地的关键环节在于构建产学研用协同创新机制,建立设备制造商、物探技术服务商与矿山企业三方参与的联合实验室,针对典型地质条件开发模块化的探测参数组合方案,形成可快速复制的技术应用包。创新生态的培育依赖于建立技术迭代升级的反馈通道,收集不同矿井应用场景下的设备运行数据与地质预测误差样本,形成持续优化探测精度与设备适应性的良性循环机制。

4 结语

通过对掘探协同作业模式的重构,“长掘长探”技术有效化解了传统工艺在效率与安全方面的矛盾,其核心价值在于突破工序分割的思维定式,依靠实时地质数据来动态调整施工参数,进而形成能主动防控风险的作业闭环。当前应用需着重突破探测精度和掘进速度相互匹配的难题,强化多源数据融合分析的能力,构建起标准化的施工管理体系。行业方面应加大跨领域技术融合研究的力度,对采掘装备与探测系统深度集成的路径展开探索,推动煤矿建设朝着本质安全、高效低碳的方向实现转型升级。

参考文献

- [1] 程建远,陆自清,蒋必辞,等.煤矿巷道快速掘进的“长掘长探”技术[J].煤炭学报,2022,47(01):404-412.
- [2] 樊智.“长掘长探”技术在煤矿巷道超前探测中的应用[J].能源与节能,2024,(11):240-243.
- [3] 张继昌.矿井巷道实现快速掘进的“长掘长探”技术研究[J].山西冶金,2022,45(09):178-179.
- [4] 孙昊达,王毅,张杰,等.“长掘长探”技术在TBM掘进巷道中的应用研究[J].煤炭技术,2024,43(05):137-141.

The application of low-carbon concept in architectural engineering design work

Xiaonan Wu

Guangdong Lihua Gas Co., Ltd., Zhuhai, Guangdong, 519000, China

Abstract

Architectural engineering design is a crucial reference document for construction projects, significantly impacting the quality, efficiency, and cost of construction. Ensuring the scientific validity of architectural engineering design is essential. Integrating low-carbon concepts into the design process can enhance both economic and ecological benefits of construction projects, which must be given due attention and emphasis. This article focuses on this topic, primarily discussing the value of applying low-carbon concepts in architectural design, key points for their application, and specific practices. It is hoped that through the exploration and analysis presented in this article, more references and insights will be provided to relevant professionals, enabling effective optimization and adjustment of architectural designs.

Keywords

low carbon concept; architectural design; construction; energy saving and emission reduction

低碳理念在建筑工程设计工作中的运用

吴萧南

广东力华气体有限公司, 中国 · 广东 珠海 519000

摘 要

建筑工程设计是工程建设的重要参考性文件, 对于工程建设质量、效率、成本都会起到至关重要的影响, 保障建筑工程设计的科学性有效性是十分必要的, 而在建筑设计的过程中低碳理念的融入可以在提高建筑工程经济效益的同时提高生态效益, 必须引起关注和重视, 本篇文章也将目光集中于此, 主要讨论了低碳理念在建筑设计中应用的价值、低碳理念在建筑设计中的运用要点及具体运用, 希望通过本篇文章的探讨和分析可以为相关工作人员提供更多的参考与借鉴, 对建筑设计作出有效优化和调整。

关键词

低碳理念; 建筑设计; 建筑施工; 节能减排

1 引言

经济社会的迅速发展以及人们素质的不断提升使得现阶段人们对于环境保护问题给予的关注和重视变得越来越高, 建筑工程施工及运行的过程中会产生较大的能源损耗, 因此建筑设计优化也成为了社会关注的焦点, 在建筑设计中融入低碳理念既可以满足人们生产生活的实际需求, 同时也可以更好地降低能源损耗, 为实现可持续发展奠定良好的基础和保障, 而在分析低碳理念在建筑设计中的应用要点及具体应用之前首先需要了解低碳理念在建筑设计中应用的意义和价值。

2 低碳理念引入建筑设计中的价值分析

低碳理念在建筑设计中应用的价值主要体现在保护生态环境、降低生活成本、促进可持续发展三个方面, 如图 1 所示。



图 1: 低碳理念在建筑设计中引入的价值分析

【作者简介】吴萧南（1983-），男，中国山东济宁人，本科，高级工程师，从事建筑工程研究。

首先，低碳理念在建筑设计中有效应用可以更好地改善生态环境，就现阶段来看建筑施工规模变得越来越大，在建筑施工的过程中很有可能会因施工技术方法选择不科学进而带来较大的环境污染问题，增加二氧化碳排放。同时相较于建筑施工周期，建筑物的运行周期更长，而在其运行的过程中也会排放大量的二氧化碳，对建筑设计作出有效优化引入低碳理念可以更好地降低在建筑建设及投入使用以后的二氧化碳排放，最大化地降低对环境所造成的破坏和影响，为构建环境友好型社会打造良好的基础。

其次，低碳理念在建筑设计中有效应用可以更好地降低人们的生活成本，低碳理念在建筑设计过程中的应用应始终坚持人与自然相协调的原则，通过可再生能源及清洁能源的有效应用在满足人们生产生活需求的同时降低自然损耗，这也就意味着建筑物运行期间居民所需要投入的生产生活成本会大幅降低，可以有效减少居民生产生活压力。

最后，低碳理念在建筑设计中有效应用符合我国的发展规划。近几年来我国在经济发展的过程中更为关注经济发展与环境保护之间的矛盾协调，而低碳理念在建筑设计中应用则是建筑行业发展的最优解，也是践行既要金山银山又要绿水青山理念的重要途径，必须引起关注和重视。

3 低碳理念在建筑设计中的应用方向

3.1 能源开发

想要更好的贯彻低碳理念，优化建筑设计，降低建筑施工及建筑物投入使用以后所产生的能源消耗，做好能源开发是十分必要的，而这里的能源开发并非是分析如何更好的应用不可再生资源，而是通过可再生资源如太阳能的应用来更好地减少在建筑物建设及投入使用以后对于环境的破坏和对于资源的损耗，因此可再生能源及清洁能源开发是低碳理念在建筑设计应用过程中需考量的重点内容^[1]。

3.2 能源损耗降低

低碳理念在建筑设计中应用除了需要充分考量“开源”问题以外，还需充分考量“节流”问题，如图2所示，所谓的“节流”是指在建筑设计的过程中通过建筑结构、功能的有效优化和合理设计，最大化的降低人们在调节室温、净化空气以及室内光照上所需要投入的成本和资源，以节约能源为中心对建筑设计作出适当调整达到节能降耗的效果。

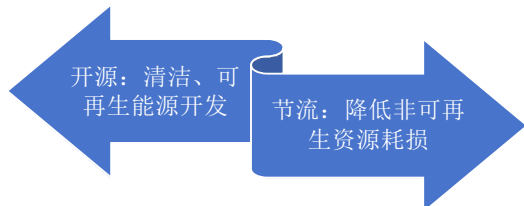


图2：建筑设计中的开源节流

3.3 因地制宜

低碳理念在建筑设计中应用应当始终坚持因地制宜原

则，即根据不同地区的气象条件、气候特征甚至拟建区域的地势地形、水文环境来分析居住者的居住需求，并通过地方资源开发引入更多的绿色材料，在降低建筑成本的同时减少损耗和污染，以此来更好地保障建筑设计的适切性、科学性和针对性。

4 低碳理念在建筑设计中的具体应用

4.1 太阳能的应用

低碳理念在建筑设计中应用过程中必须着重引起关注和重视的则是加强对太阳能的应用，具体应集中于如下几个方面。首先，在建筑设计的过程中需充分发挥现代化机械设备的优势，在满足人们日常生活需求的同时以太阳能为重要的驱动性能源来降低建筑物运行过程中所产生的能源损耗，较具代表性的则是引入太阳能光伏板、热水器，满足电力及热水供应和浣洗需求，同时降低在水源加热上所需要消耗的能源。

其次，在太阳能应用的过程中需着重引起关注和重视的则是室内采光问题，可通过建筑结构尤其是窗体结构和玻璃材料的有效应用充分利用太阳能，借助日光来满足室内照明需求，降低室内照明上所需要消耗的能源^[2]。

4.2 材料选择

在建筑施工的过程中材料成本占总成本的60%以上，这也是建筑施工能耗较大的主要原因之一，而材料的科学选择则可以更好地贯彻低碳理念，有效降低建筑建设过程中所需要消耗的成本和资源，同时也可以通过材料的适当优化和调节来降低建筑物投入使用以后的运行成本。而在材料选择的过程中设计师应当尽可能根据建筑施工质量验收标准及建设需求和建筑物的使用方向来对材料作出科学选择，具体应注意如下几点问题。

首先，在绿色材料开发的过程中应当充分考量本地方的地域特点，以挖掘本地区的绿色材料为主。这是因为相较于外地绿色材料本地区绿色材料在运送至建筑施工区域时所需要消耗的运输成本相对较低，可以更好地提高成本控制效果，同时也可以确保材料供应及时。

其次，在绿色材料选择的过程中应当充分考量其对环境对人体所造成的危害和影响，尤其应引起关注和重视的则是避免材料应用以后释放甲醛等相应有毒有害气体对居住者产生身体损害。这就需要设计人员充分考量不同材料的材料特性，具体问题具体分析，对绿色材料作出科学选择^[3]。

最后，在绿色材料选择的过程中应当充分考量人们的居住需求，从建设美观度和建筑物运行以后的运行成本两个维度来对绿色材料做出科学调整。

4.3 形体设计

形体设计对于建筑物运行期间所产生的能源损耗及建筑物的美观性都会起到至关重要的影响，做好形体设计也是十分必要的，设计师在形体设计的过程中可从如下几点着手

做出优化和调整。首先,形体设计过程中应当充分考量在室温调节及空气净化上所产生的能源损耗,通过增加空气流通的方式来更好地贯彻低碳理念。例如可通过门窗的适当调节提高通风面,这就需要在设计之前做好实地勘测,明确该地区的气候特点及不同季度的温度特点,若该地区平均温度相对较高则可在迎风处设计窗户,保证室内通风。若该地区温度相对较低尤其是在冬季温度极低,这时则可以在背风处设计窗户,在满足空气流通需求的同时避免因门窗设计不合理进而导致在内部制冷和取暖上产生较大的能源损耗。此外,在门窗设计的过程中还需充分考量门窗的材质问题,一般情况下应当引入隔热性能相对较好的多层玻璃等相应材料,通过门窗开合来完成室内温度调节及空气流通,甚至可通过智能系统的有效应用精准控制门窗开闭,提高居住舒适度,配合地源和空气源热泵等相应技术来最大化地降低室内温度调节上所需要消耗的能源^[4]。

其次,在形体设计的过程中应当充分考量不同形体和外观下建筑施工所需要投入的成本和资源,以降低建筑施工成本和材料损耗为中心对形体做出有效优化和调整,最大化的平衡建筑施工的经济效益和生态效益。

最后,在形体设计的过程中应当改善场地使用情况,以提高空间利用率为主,做好空间分配优化。

4.4 做好隔热保温

在建筑设计的过程中做好隔热保温的分析是十分重要的,这是建筑设计需解决的重点问题和核心问题之一,而在隔热保温分析的过程中设计人员可根据不同材料的材料特性确定其适用部位,通过多材料组合衔接的方式来最大化的保障建筑物的隔热保温效果。在此基础之上设计人员应紧抓围护结构这一关键点做出优化和调整,科学选择材料并调整建设方案。例如北方地区春秋两季很容易会因冷空气进入房间进而导致室内温度较低,需要消耗大量的能源去完成室内温度调节,为此相关工作人员则可通过隔热材料的有效应用提高房间的保温性能。在此基础之上还可通过高度封闭的围护结构应用及遮阳设计来满足冬季冷风屏蔽和夏季遮阳需求,提高居住者的生活品质,更好的突出低碳这一理念。此外在外墙设计的过程中也可通过材料的优化和调节来降低室内温度调节上所需要消耗的能源,例如就现阶段来看,大多数建筑物在外墙施工的过程中多选择钢筋混凝土,这种材料的隔热性能是相对较差的,可以引入自保温砌块、保温结构一体化墙板等材料提高节能保温效果^[5]。

4.5 与周边环境协调

做好环境协调是十分必要的,所谓的环境协调是指保障建筑物与周边环境风格一致,达到建筑物与环境和谐统一的效果,这不仅可以保障建筑物的美观性,同时也可以更好地降低建筑建设对于周边环境所造成的破坏和影响,而在建筑物设计的过程中相关工作人员应当抓住如下几个关键点保证设计的科学性和有效性。首先,需充分考量建筑的外观与周边环境的协调问题,这就需要设计师在设计工作落实之前,通过实地勘测工作的有效落实来更好地明确建筑与生态环境之间的关系,分析如何通过建筑设计来提高建筑物与生态环境之间的适配性,降低建筑能耗,避免建筑建设及后续使用对于环境造成较大的破坏和影响,同时保障建筑的美观性。

其次,在建筑设计的过程中可通过适当的绿植设计,使其与周边环境相协调,需尤为引起关注和重视的则是做好小区内部花园位置及种植植被的类型设计,在保证植被覆盖率的基础之上确保植被种植以后的存活率,并有效降低后续在植被生长区域维护上所需要消耗的成本和资源^[6]。

5 结语

将低碳理念应用于建筑工程设计当中可以更好地降低建筑施工所耗成本,提高建筑工程的经济效益和生态效益,需引起关注和重视,设计师需从开源节流两个维度来明确低碳理念在建筑设计中的应用要点,在此基础之上坚持因地制宜原则,确定低碳理念在建筑设计中的具体应用方向,提高建筑设计质量和设计水平。

参考文献

- [1] 赵磊. 建筑设计中节能设计的应用 [J]. 林业科技情报, 2025, 57 (01): 185-188.
- [2] 葛骏. 民用建筑工程设计质量控制方法研究 [J]. 中国建筑装饰装修, 2025, (03): 109-111.
- [3] 于庆平. 双碳目标下建筑防水工程设计的探索与实践 [J]. 建筑技艺(中英文), 2024, (S2): 173-175.
- [4] 张华宾. 低碳理念在建筑工程设计中的应用研究 [J]. 房地产世界, 2024, (03): 45-47.
- [5] 丁福峰. 关于在建筑工程设计中应用低碳理念的思考与研究 [J]. 城市建设理论研究(电子版), 2022, (35): 28-30.
- [6] 王云中. 低碳理念在建筑设计中的体现研究 [J]. 城市建筑, 2020, 17 (11): 93-94.

Thinking on concrete construction technology and quality control measures of airport roadway

Lipeng Fu

Western Airport Group Ningxia Airport Co., Ltd., Yinchuan, Ningxia, 750000, China

Abstract

With the rapid development of social economy and the improvement of people's living standards, air travel has become one of the most important travel modes for people. In order to meet people's increasing demand for air travel, it is necessary to increase the construction of civil aviation, and as a part of airport construction, the construction quality of the airport road project fundamentally affects the safety of people's travel and the quality of aircraft services. Due to the relatively low cost of concrete materials, the strong bearing capacity and long service life of the concrete structure layer, the concrete construction technology is widely used in the construction of airport road engineering. In order to ensure the construction quality of airport pavement concrete and avoid the pavement quality problems that affect aircraft taxiing, this paper makes a detailed analysis of the airport pavement concrete construction technology, and puts forward specific quality control measures for reference.

Keywords

airport road, concrete construction, quality control

机场场道混凝土施工技术与质控措施思考

伏利鹏

西部机场集团宁夏机场有限公司，中国·宁夏 银川 750000

摘 要

随着社会经济的快速发展，人们生活水平的提高，航空出行成为人们最主要的出行方式之一。为了满足人们不断提升的航空出行需求，就需要加大民用航空建设，而机场场道工程作为机场建设的一部分，其施工质量根本上影响人们出行安全及航空器服务的质量。由于混凝土材料的使用成本相对较低，混凝土结构层的承载能力强、使用寿命长等特点，因此，混凝土施工技术在机场场道工程建设中应用较为广泛。为确保机场道面混凝土施工质量，避免出现影响航空器滑跑的道面质量问题，本文针对机场场道混凝土施工技术进行了详细的分析，并提出了具体的质量控制措施，以供参考。

关键词

机场场道，混凝土施工，质量控制

1 引言

机场场道主要目的是满足航空器起飞、降落、滑行及停放需求。如果机场场道工程的施工质量出现问题，不仅会降低机场场道的服务质量，还会对人们的出行安全产生影响。道面混凝土施工技术是机场场道工程中最主要的一类施工技术。因此，在机场场道施工过程中，必须对道面混凝土施工质量管控予以高度的重视，并严格按照相关要求做好质量控制。

2 机场场道混凝土施工技术

在机场场道工程的施工过程中，道面混凝土施工非常关键。施工前须制定详细的施工方案，同时需要在现场进行

实地考察，对施工参数进行如实记录，并根据现场实际情况和相关数据进行施工方案的制定与调整^[1]。将混凝土施工技术应用到机场场道工程中时，主要应用以下三类技术。首先，土方施工技术。在土方施工环节，需要在土层含水量符合要求的基础上做好混凝土分层，并对分层厚度进行控制，做好混凝土面层的碾压。其次，水泥稳定层的施工技术。在水泥稳定层施工过程中，需要先对混凝土材料进行集中拌和，再利用摊铺机进行摊铺操作。最后，道面施工技术。在道面施工中，混凝土结构的应用频率最高，在具体施工环节，需要对混凝土模板质量进行严格的控制。

3 机场场道混凝土施工质控措施

3.1 加强混凝土材料性能质量的控制

混凝土原材料的性能，质量关系着后期混凝土配置质量。如果混凝土原材料的性能质量控制不够严格，在后期混凝土配置过程中就容易出现水灰比不合适、含砂率不足等一

【作者简介】伏利鹏（1988-），男，中国宁夏银川人，硕士，从事民航机场建设管理研究。

系列问题，进而对整个混凝土施工质量产生影响^[2]。例如，如果混凝土材料中的水灰比较大，就会对混凝土结构的保水性与粘性产生影响，降低整个混凝土结构的稳定性与耐久性，使机场场道的正常使用功能难以发挥出来。如果混凝土材料中的含砂率比较小，也会使混凝土的流动性达不到施工要求。所以在机场场道混凝土施工过程中，必须要对混凝土原材料的选择与质量控制予以高度的重视，结合机场场道的使用功能要求对混凝土原材料的性能质量进行严格的控制。

针对混凝土材料的性能质量控制，需要从以下三方面入手。首先，加强水泥材料的质量控制。根据机场场道工程的使用功能，应当优先选择硅酸盐水泥或硅酸盐水泥。因为这种水泥材料的收缩性更小、耐磨性更好、抗冻能力更强、含碱量更低。在正式开始混凝土原材料拌和之前，需要对水

泥材料的各项性能指标进行严格的检测，确保水泥材料的含碱量在 0.6% 以下，水泥材料的强度等级在 42.5MPa 以上。表 1 为某机场道场施工中水泥材料的检测试验结果。其次，加强粉煤灰的质量控制^[3]。在拌和混凝土材料的时候适当掺入粉煤灰，可以显著增强混凝土材料的耐磨性和耐久性。但是，需要严格按照国家质量标准进行选择，以免掺入了湿排粉煤灰、潮湿粉煤灰或者结块比较严重的干燥粉煤灰，对整个混凝土材料的性能质量产生影响。最后，加强砂料性能质量的控制。河砂的耐久性较强、纯净度较高，机制砂、山砂、海砂的杂质含量较低。为了加强机场场道混凝土施工质量控制，需要优先选择此类砂料。另外，在将砂料掺入混凝土材料之前，还需要严格按照国家相关要求对砂料的性能质量进行检测，确保砂料的细度模数在 2.65-3.15 之间，确保砂料质地坚硬、洁净、耐久、颗粒级配等符合要求。

表 1 水泥检测试验结果

抗折强度(MPa)		抗压强度(MPa)		比表面积 (kg/m ³)	凝结时间(min)		烧失量 (%)	CaO (%)	MgO (%)	密度 (g/cm ³)	碱含量(%) Na ₂ O+0.658K ₂ O
3d	28d	3d	28d		初凝	终凝					
6.5	8.1	29.0	51.6	359	185	275	1.5	61.9	1.6	3.1	0.49

3.2 加强混凝土配比拌和质量的控制

对混凝土材料的配比和拌和质量进行严格的控制，可以从整体上提高机场场道的耐磨性能，以免机场场道在后期运行过程中因为天气、气候、飞机质量、机场设备等各种非主观因素变化而出现无法使用的情况。首先，对当地的地域条件、机场场道的使用功能需求以及现场的环境条件进行分析，然后再以此为基础对各种混凝土原材料的配比进行科学的调配，以增强整个混凝土材料的性能，为后期混凝土施工工序的正常实施打好基础^[4]。其次，加强混凝土材料拌和时机的把握，增强混凝土材料的耐久性，保证机场场道混凝土结构的实用性。对此，需要严格按照相关要求依次投入混凝土原材料和外加剂。另外，严格按照规定的时间进行拌和，确保混凝土材料的塌落度、水硬性等符合相关要求。

3.3 加强混凝土材料的运输与卸料质量控制

针对混凝土材料的运输与卸料质量控制，需要注意以下几方面。首先，在运输之前，需要先对混凝土运输自卸车进行彻底的清洗，确保车内没有任何杂物。同时，还要严格按照机场场道混凝土施工的具体需求，对单次混凝土的搅拌量进行明确^[5]。其次，在正式开始运输混凝土材料之前，需要对混凝土材料的运输路段进行合理的规划，运输时间最短。一般情况下，为了确保在混凝土凝结之前完成场道道面的铺设操作，增强混凝土结构的耐久性，需要将混凝土搅拌站到机场场道施工现场的运输距离控制在 30 分钟以内。再次，在混凝土材料运输过程中，确保混凝土运输车辆途经路面直顺平坦，避免混凝土不会出现骨料离析现象。最后，在混凝土材料卸载之前，对施工现场的运输车辆进行严格的管理，确保混凝土材料的运输车辆能够有序进入施工现场，以免运

输车辆相互碰撞、刮蹭，对其他施工设备的正常使用产生影响。另外，在卸料过程中，为避免混凝土离析，还需要将混凝土的下落高度控制在 1.5m 以下。

3.4 加强混凝土摊铺与振捣质量的控制

在机场场道的混凝土道面施工过程中，以人工施工模式为主。每一个施工段的长度在 150m 左右。在混凝土道面施工中。需要注意以下几方面。首先，在正式开始道面摊铺之前，需要对基层表面进行洒水湿润。施工过程中应做好准备工作如遮阳棚、塑料薄膜等物资充足，摊铺过程应连续，意外中断时，应当对混合料及时进行覆盖保护，以免现场风速过大、温度过高、降雨等对混凝土造成损坏。其次，在混凝土振捣过程中，需要安排专门的施工人员进行找平。采取“铲高补低”的原则下进行二次振捣，将两次振捣的时间间隔控制在 20s-30s 之间，以免振捣时间过长，引起混凝土的离析。另外需做好局部振捣，保证振捣范围及振捣棒的插入深度。

3.5 加强做面与养护施工质量的控制

一般情况下，做面工作在道面平整以后进行，做面需要经过以下三个环节。第一个环节是初步抹面，主要作用是将混凝土表面的多余浮浆进行去除，提升表面的平整度。第二个环节是精细抹面，进一步提高道面的平整度与光滑度，使其初步达到飞机滑行的要求。第三个环节是拉毛处理，增强道面的抗滑性能，必须保证道面的平均纹理深度。例如，某飞机场道工程施工中的做面使用了三道木抹和两道铁抹^[6]。其中木抹施工中，需要对浆液进行均匀的涂抹，并将涂抹厚度控制在 3mm 左右，保证表面的平整度。在这一过程中，施工人员需要重点检查做面质量，及时排除泌水现象。铁抹

施工中需要加大揉搓力度,将道面的砂岩、气孔等进行有效的去处,提升砂浆板面的光滑度。

为了进一步提高机场场道混凝土道面的平整度、耐磨度与耐久性,还需要对混凝土的养护施工予以高度的重视。首先,重点增强混凝土的水化效果,减少道面表层湿水几率,降低道面施工裂缝问题的出现几率。其次,在完成传统重复收浆养护操作的基础上,进行养护技术的创新和发展。例如,可以对机场场道施工现场的温度、光照、风力等因素进行分析,并采取针对性的养护措施,以免道面水分蒸发速度过快,出现施工裂缝。在冬季要做好道面的防冻保温,在夏季要采取防高温导致道面混凝土水份蒸发的措施。

3.6 加强道面耐久性维护

在机场场道的运行过程中,需要频繁的承受飞机的起飞、降落产生的载荷,随着使用时间增长,机场场道的耐久性就会明显下降。针对道面耐久性的维护,建议从以下几方面入手。第一,对混凝土表面进行定期的检测以及加大检查频次,同时对混凝土表面受损部位进行科学的修复,对混凝土表面的积雪或者积水采用冷吹车及时清除。第二,提前做好道面预防性养护工作,在混凝土道面涂抹一层防水涂层和密封剂,防止空气中的化学成分和盐分渗透到混凝土结构当中,造成腐蚀^[7]。第三,随着机场场道运行时间的增长,道面可能会出现为表面起皮、龟裂与细微裂纹、补丁、坑洞等问题,道面状况指数(PCI)、结构状况指数(SCI)下降,致使道面的PCR值不能满足要求,针对这类问题,需要及

时启动机场道面的大修,根据道面检测结果,采取针对性的修复措施和加固措施。使道面状况达到使用要求,同时降低避免道面FOD的产生风险,保证机场运行安全。

4 结语

综上所述,在机场场道工程施工过程中,混凝土施工技术的应用发挥着极为重要的作用。但是,要想将混凝土施工技术的应用优势充分发挥出来,加强机场场道工程施工质量的控制,不仅要加强混凝土材料性能质量的控制,还要对混凝土配比拌和质量、摊铺与振捣质量、做面与养护施工质量,并在机场场道运行过程中做好道面耐久性的维护。

参考文献

- [1] 李闯. 机场场道混凝土施工技术[J]. 低碳世界,2021,11(4):284-285.
- [2] 刘岳峰. 某机场场道混凝土施工技术方案及质量控制[J]. 四川建材,2024,50(5):168-169,172.
- [3] 韩保丰,白雪燕. 机场场道混凝土施工技术分析[J]. 建筑,2020(11):77-79.
- [4] 姚远. 机场场道混凝土施工技术[J]. 国际建筑学,2024,6(8).
- [5] 潘新涛. 机场场道混凝土施工技术[J]. 建筑工程技术与设计,2021(27):243-244.
- [6] 何大伟. 机场场道混凝土施工技术分析[J]. 建筑工程技术与设计,2021(3):237.
- [7] 朱景涛. 机场场道工程道面混凝土施工[J]. 工程管理与技术探讨,2022,4(13).