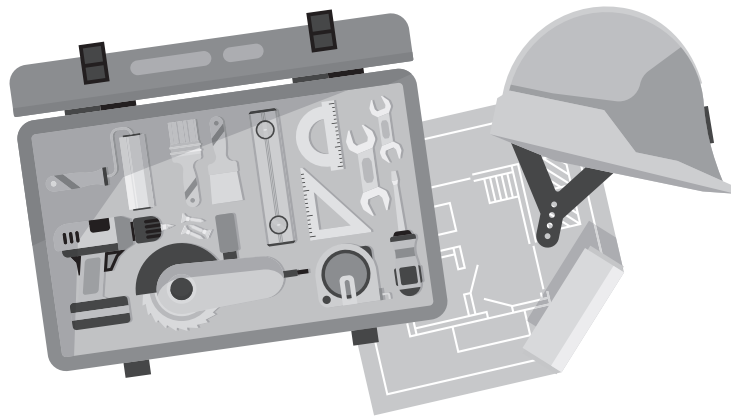


工程技术 与质量管理

Engineering Technology and Quality Management



ART AND DESIGN PRESS INC.

(626 810 4480)

Level 1

119 S Atlantic Blvd, Suite 300D

Monterey Park, CA 91754

Copyright © 2024 by ART AND DESIGN PRESS INC.

Complimentary Copy



Editors-in-Chief

Yulei Chao

Heze Dehe Construction Engineering Group Co. LTD.

Haizhong Gao

Zhejiang Zhongnan Construction Group Co. LTD.

Associate Editor

Pengyue Yu

Shandong Construction Engineering (Group) Co., LTD.

Editorial board member

Sanath Alahakoon

Shandong School of Engineering and Technology Centre for Railway Engineering

Salahuddin Azad

School of Engineering and Technology Institute for Future Farming Systems,
Centre for Regional Economies and Supply Chains

Yungang Wang

Ordos Sports Development Center

Qigui Chi

Expert Committee of China Construction Supervision Association

Danhui Chi

Fujian Provincial Institute of Engineering Supervision and Project Management
Association

Yahui Chi

Fujian Provincial Civil Engineering and Construction Industry Association

Chunxiu Liu

Fujian Provincial Association of Engineering Construction Quality and Safety

目录CONTENTS

工程技术 | ENGINEERING TECHNOLOGY

- 005 石油管道输油泄漏监测与预警技术研究 王鹏^{*}
Research on Oil Pipeline Oil Leakage Monitoring and Early Warning Technology Wang Peng^{*}
- 008 矢量网络分析仪在高速线缆信号完整性测试中的应用研究 王琨^{*}
Application Research of Vector Network Analyzer in Signal Integrity Test of High-speed Cable Wang Kun^{*}
- 011 一种适用于绕管式换热器的新管型 徐子涵^{*}, 桑文蓉^{*}, 薄守石^{*}
A New Tube Type Suitable For Wound Tube Heat Exchanger Is Presented Xu Zihan^{*}, Sang Wenrong, Bo Shoushi^{*}
- 014 废弃物资源化利用绿色施工技术研究 陈贤玻^{*}
Study on Green Construction Technology of Waste Resource Utilization Chen Xianbo^{*}
- 017 吊脚桩在华东地区深基坑开挖过程中的变形探究 辛伟强^{*}, 刘朝阳^{*}, 薛文^{*}, 任精明^{*}
Study on Deformation of Foundation Pile During Deep Foundation Pit Excavation in East China Xin Weiqiang, Liu Chaoyang, Xue Wen, Ren Jingming^{*}
- 020 土木工程建设中混凝土结构的施工技术探究 付春林^{*}
Research on the Construction Technology of Concrete Structure in Civil Engineering Construction Fu Chunlin^{*}
- 023 刚性混凝土结构梁柱复杂节点施工技术 陆燕春^{*}
Construction Technology of Complex Nodes of Beams and Columns of Stiff Concrete Structures Lu Yanchun^{*}
- 026 某海上油田柱塞泵结垢机理以及防治方法 郭云冠^{*}
Scaling Mechanism and Prevention Method of Plunger Pump in an Offshore oil Field Guo Yunguan^{*}

工程设计 | ENGINEERING DESIGN

- 029 航站区综合管廊智能化系统应用 唐琳^{*}
Application of Intelligent System for Comprehensive Pipeline Corridor in Terminal Area Tang Lin^{*}
- 033 电气项目中闸门与泵站的自动化控制系统设计与实现 汪洋^{*}
Design and Implementation of Automatic Control System for Gate and Pump Station in Electrical Project Wang Yang^{*}
- 036 房屋建筑结构加固设计及施工技术应用 黄维义^{*}
Application of Structural Reinforcement Design and Construction Technology for House Buildings Huang Weiyi^{*}
- 039 地铁车站机电安装中的综合管线深化设计运用 伍臣华^{*}
Application of Comprehensive Pipeline Deepening Design in the Electromechanical Installation of Subway Stations Wu Chenhua^{*}

水电工程 | HYDROPOWER ENGINEERING

- 042 农田水利工程施工技术的难点及质量控制 华秋风^{*}, 单红生^{*}
Difficulties and Quality Control of Agricultural Water Conservancy Project Construction Technology Hua Qiufeng^{*}, Shan Hongsheng^{*}
- 045 永磁同步电机定子灌封技术 郭乐之^{*}
Permanent Magnet Synchronous Motor Stator Filling Technology Guo Lezhi^{*}
- 048 大河流域地质灾害特征及其防治策略 庞军^{*}
Characteristics Of Geological Disasters In Large River Basins And Their Prevention And Control Strategies Pang Jun^{*}

051	BIM技术在水利工程全周期建设中的应用 Application of BIM Technology in the Full-Cycle Construction of Water Conservancy Projects	李恩厚 Li Enhou
054	地铁车站机电安装中 BIM 技术运用探析 Analysis on the Application of BIM Technology in Electromechanical Installation of Subway Stations	王泽恩 Wang Zeen
057	深挖路堑地下水暗降系统施工技术研究 Research on the Construction Technology of Concealed Groundwater Drainage System in Deep Excavated Road Graben	巫庆明 ¹ , 刘志业 ² , 吕钦飞 ³ , 肖友淦 ⁴ , 李立新 ⁵ Wu Qingming ¹ , Liu Zhiye ² , Lv Qinfei ³ , Xiao Yougan ⁴ , Li Lixin ⁵

路桥工程 | ROAD AND BRIDGE ENGINEERING

060	公路沥青路面的试验检测技术研究与应用 Research and Application of Testing Technology of Highway Asphalt Pavement	宋艳波 [*] Song Yanbo [*]
063	铁路监理安全监测与违规行为处理 Railway Supervision Safety Monitoring and Violation Handling	李聪 Li Cong
066	公路道路工程施工技术的特点与发展研究 Study on the Characteristics and Development of Highway Construction Technology	蒋王清 ^{1,2*} Jiang Wangqing ^{1,2*}
069	市政工程建设管理问题和优化措施研究 Research on Construction Management Problems and Optimization Measures of Municipal Engineering	吴有志 [*] Wu Youzhi [*]
072	公路工程中碎石注浆桩技术的应用 Application of Gravel Grouting Pile Technology in Highway Engineering	范海莉 [*] Fan Haili [*]

理论与实践 | THEORY AND PRACTICE

075	水泥试验过程中影响因素分析与控制 Analysis and Control of Influencing Factors During Cement Test	陈静 [*] Chen Jing [*]
078	水泥物理性能对混凝土性能的影响分析 Analysis of the Influence of Cement Physical Properties on Concrete Performance	王庆 [*] Wang Qing [*]
081	工程施工对城镇燃气管道完整性的影响及管理策略 Influence Of Project Construction On The Integrity Of Urban Gas Pipeline And Its Management Strategy	吕海潮 [*] Lv Haichao [*]
084	施工安全培训与教育——方法、效果与创新 Construction Safety Training and Education - Methods, Effectiveness and Innovation	郑红艳 Zheng Hongyan
087	露天煤矿征用土地的合理利用与管理 Rational Utilization and Management of Expropriated Land for Surface Coal Mining	于东雷, 孙卓 Yu Donglei, Sun Zhuo
090	浅谈监理在施工阶段的造价控制 Discussion on the Cost Control of Supervision in the Construction Stage	王翔 Wang Xiang
093	装配式预应力锚索框架梁内力计算方法浅析 Analysis of the Internal Force Calculation Method of the Prefabricated Prestressed Anchor Cable Frame Beam	杜长虹, 李灵君, 赵丹 Du Changhong, Li Lingjun, Zhao Dan
096	机械加工中金属材料的腐蚀与防护方法探究 Research on Corrosion Issues and Protection Methods of Metal Materials in Mechanical Processing	梁元军 Liang Yuanjun
099	变频器在 PLC 控制系统中的应用研究 Research on the Application of Frequency Converter in PLC Control System	柳文辉, 杨波 [*] Liu Wenhui, Yang Bo [*]
102	民用飞机特业人员培训质量管理研究 Study on Quality Management of Civil Aircraft Special Personnel Training	郭旭东 Guo Xudong
106	高压管道氢气泄漏扩散行为及影响因素 The Diffusion Behavior and Influencing Factors of Hydrogen Leakage in High-pressure Pipelines	陈任 Chen Ren

石油管道输油泄漏监测与预警技术研究

王鹏*

国家管网集团北方管道有限责任公司呼和浩特输油气分公司, 内蒙古 呼和浩特 010000

摘 要 : 随着社会经济的快速发展, 人们对能源的需求量与日俱增, 管道运输的建设越来越普遍, 既给人们的生产生活提供了便捷的服务, 也给人们的生命财产安全带来了挑战。输油管道是实现石油资源高效运输的重要方式, 因此我国也逐渐意识到了输油管道对石油业发展的重要性, 为保证输油管道的安全运输我国石油业与运输业进行着积极的探索与创新。本文针对石油管道输油泄漏发生的原因与危害性, 对石油管道输油泄漏监测与报警技术进行了阐述。

关 键 词 : 石油管道输油; 泄漏检测; 预警技术; 环境保护

Research on Oil Pipeline Oil Leakage Monitoring and Early Warning Technology

Wang Peng*

National Pipeline Network Group North Pipeline Co., LTD. Hohhot Oil and Gas Transmission Branch, Hohhot, Inner Mongolia 010000

Abstract : With the rapid development of social economy, people's demand for energy is increasing day by day, and the construction of pipeline transportation is becoming more and more common, which not only provides convenient services for people's production and life, but also brings challenges to people's life and property safety. Oil pipeline is an important way to realize the efficient transportation of oil resources, so China has gradually realized the importance of oil pipeline to the development of oil industry, in order to ensure the safe transportation of oil pipeline, China's oil industry and transportation industry are actively exploring and innovation. This paper expounds the monitoring and alarm technology of oil leakage in the oil pipeline.

Key words : oil pipeline; leakage detection; early warning technology; environmental protection

引言:

由于管道运输具有输送介质方便快捷、成本费用较低等特点, 管道运输已经普遍的运用于人们的日常生产生活中, 逐渐发展成为五大主要运输方式之一。但是由于管道本身易老化、易腐蚀以及人为因素的影响, 使用管道运输的过程中泄漏事件频出, 严重影响了管道的正常使用和周围环境。尤其是石油管道运油一旦发生泄漏, 不仅会造成自然环境的破坏、自然资源的浪费, 还会影响石油企业的正常生产运转, 而且石油的易燃易爆性, 极有可能会给管道泄漏地区造成极大的经济损失。

一、输油管道泄漏的主要原因

输油管道是石油运输的基础性途径, 其一旦发生泄漏事故, 就会大大降低管道的运输能力和经济能力。究其原因, 主要有以下几个方面:

一是自然腐蚀, 输油管道的铺设历经我国各地, 地下、海洋、高山、平原具有建设, 由于环境相对的复杂多变性, 导致了输油管道也存在着各种各样的腐蚀风险。环境的复杂性 with 管道材料之间可能会存在不匹配性, 受到土壤、水质等不同自然环境的冲击与侵蚀时, 就会对输油管道的整体性造成影响, 在管道的连

接处或者部分结构就会出现被腐蚀的情况, 这种腐蚀会加快输油管道被破坏, 导致不可恢复的泄漏事故。2013年11月22日10时25分, 青岛市“11.22”中石化东黄输油管道泄漏爆炸特别重大事故发生的直接原因是输油管道与排水暗渠交汇处管道腐蚀减薄、管道破坏、原油泄漏, 流入排水暗渠及反冲到路面。原油泄漏后, 现场施工人员采用液压破碎锤在暗渠盖板上打孔破碎, 产生撞击火花, 引发暗渠内油气爆炸^[1]。

二是气候变化, 气候的变化也会对输油管道造成一定的影响。首先气候会影响土壤的环境, 气候的变化会引起土层的密度, 使土地的密度不均, 会影响输油管道运行的不平衡, 成降度

* 作者简介: 王鹏 (1991-), 男, 籍贯: 河北省沧州市, 民族: 汉族, 职称: 工程师, 学历: 大学本科, 研究方向: 石油管道输油监测与安全

的不一致，输油管道的连接处受力不均匀，即有可能对切口处造成压力式破坏，发生泄漏事件；其次气候降温，土地会温度降低，进而发生结冻的情况，土地受力程度将会增加，埋藏在土地里的输油管道也会受气温骤降的影响，出现裂痕，导致输油管道泄漏。

三是发生碰撞，发生相互碰撞是输油管道泄漏的最直接原因。随着近几年石油业的发展，在工程施工过程中盲目的追求高效率，忽视细节的影响。将输油管道存放于施工现场，导致在施工的过程中经常会发生与输油管道相碰撞的现象，这一情况对输油管道造成一定的破坏，进而导致了输油管道泄漏的情况频频发生。比如，在进行输油管道的施工作业时，对输油管道的堆放较为随意，并未采取任何的保护措施，导致其经常会被磕磕碰碰，如果是尖利的施工设备，将会对管道造成严重的破坏，即使是不经意的小碰撞也会导致输油管道发生变形，如果力度较大，就会造成漏洞，导致现场泄漏，造成资源的浪费。

四是人为破坏，在管道泄漏的状况中，人为破坏占比较大。人为破坏不仅会造成管道泄漏，如果严重的话还有可能出现管道爆炸，影响整个输油管道的运行与质量，更是会造成人员生命财产安全和自然环境的破坏。比如2013年8月19日，在长庆油田第二输油处庆咸输油管道淳化县秦庄段由于人为的钻孔破坏，导致大量原油泄漏。

二、石油管道输油泄漏的危害

（一）对生态环境的影响

输油管道一旦发生泄漏就会对周围的环境造成非常严重的影响。一是石油会渗透到土壤与水中，会对土壤和水质造成严重的污染^[2]，破坏当地的生态平衡，阻碍社会经济的发展。如果对地下水造成了破坏，还会对当地的生产生活造成非常严重的影响；二是石油的易燃易爆性影响周围植物、动物的生存与发展，而且这种影响是长久性的、持续性。2010年7月25日，安桥公司下属的6号管道在密歇根州马歇尔地区的湿地内发生破裂。破裂发生在计划停输的最后阶段，管道泄漏长达17小时后运营商才发现这一情况。在管道发生破裂到被发现这段时间内，公司操作人员已经两次启动向6号管线注入了大量的原油，导致3192平方米原油泄漏并渗透周围湿地，继而流入了周边的河流与湖泊。这次泄漏给周边环境带来了严重污染，当地居民被迫疏散到安全区域，两年后清理工作仍在进行，直接经济损失超过7.67亿美元。

（二）对社会经济的影响

输油管道不仅自然环境造成严重的负面影响，对社会经济的发展也产生巨大的破坏。如果输油管道泄漏，不仅是造成石油资源的浪费，为了对石油泄漏进行清理与修复，还将投入大量的人力、物力、财力支撑，将影响国家能源战略的有效实施，而且极有可能发生爆炸，对当地造成巨大的人员伤亡和经济损失。2013年11月22日10时25分，地处中国山东青岛经济技术开发区的中国石化控股公司管道运输分公司东黄输油管道因泄漏的石油流入市政排水暗沟内，在一个封闭空间的暗沟中油气积聚遇火花而引

爆事故，全程波及了五千多米，共导致62人遇难、136人重伤，多台车辆和设施严重损坏，给排水、电力、供暖等多条管道严重损坏，直接损失高达7.5172亿元。

（三）对身体健康的影响

输油管道的石油泄漏，对当地人们的身体健康带来了极大的威胁。石油中存在着大量的有毒物质和化学物质，对人体健康都会造成相当程度的破坏。石油的挥发会引发呼吸道系统的病症，还会出现皮肤过敏等情况。如果泄漏的石油量较大，对当地居民的影响是不容忽视的。在2017年7月25日密歇根州马歇尔地区的石油管道泄漏事件中，大约320人因暴露在原油环境下出现了病症。

三、石油管道输油泄漏监测与预警技术研究

管道安全运行的关键点在于如何处理管道泄漏监测与控制。一项安全有效的管道泄漏监测技术需要解决的技术节点是如何正确识别泄漏所发出的信号以及如何准确定位泄漏点所在。运用智能化的手段实时传输管道运行数据，对管道的运行状况进行实时监控，从而提升输油管道的监测质量。就目前而言，我国基本上采用的是硬件或者软件两种监测方法来达到管道输油泄漏监测与预警的效果。

（一）硬件监测技术的介绍

硬件监测技术主要是使用检测仪器对泄漏时所暴露在土地表面的痕迹以及散发出来的气味等进行检测与预警。

1. 声发射技术

一旦输油管道出现泄漏，石油流过管道会产生一些噪声，在管道内部形成声场，产生噪声波，利用放置在管道外壁的噪声感应器，以及压电转换器检测噪声的强度，及时检测出声音异动，以最快的速度找到输油管道的泄露点。当输油管道出现漏油，石油在流过管道时产生了一些噪声，在管道内部形成了声场，从而产生噪声波，利用放置在管子外壁的噪声感应器，可以利用压电转换器检测噪声的强度，以及时检测出声音，以最快的速度发现输油管道泄漏。对声发射方式的泄漏监测器进行标准化的指标设置，有效的将管道内石油流动的声音、探测器运行的声音、管道外部的噪音以及输油管道泄漏的各种声音进行过滤筛选，分辨出输油管道泄漏信号。

2. 示踪技检漏技术

这是一种基础性的监测技术。通过在输油管道内预先加入一定量的示踪试剂或者示踪气体，一旦输油管道发生泄漏，示踪试剂或者示踪气体就会随痕迹进行追踪，一直流到管道外部，与此同时示踪试剂或者示踪气体会遗留在土壤中。然后对可能是泄漏点的附件土壤进行打孔设点取样，再由测定探头自动化的收集土壤中遗留的，通过示踪试剂检漏仪器对泄漏到管道外的示踪剂进行跟踪与监测，最终确定管道的泄漏点。

3. 热红外成像技术

热红外检测器在实际运行中，一般都可在0.05-0.10℃的温度差异区域内实现热检测。但因为在一一般情况下，输油管道的热

介质与外界条件仍具有一定温度上的差别，所以只要输油管道一旦出现热泄露状况，其就必然会对管线周围的自然环境、气温等均产生不同程度上的干扰。而由于长波红外线成像技术带有一定的热穿透力，能高度的识别出泄漏点。因此利用长热红外图像技术可以记录输油管道在正常工作状况下的温度数据，并对变化的温度数值进行即时检测，可以有效的发现输油管道环境的异常变化，通过研究判断输油过程与周围土壤的细微温差成像，确定是否发生泄漏情况。

（二）软件监测技术的介绍

正所谓软件监测技术，就是用智能化的软件系统对输油管道的压力、流量、温度等数据进行实时监测与提示。在系统内针对性的设置石油泄漏监测与预警指数，对因泄漏找出的输油管道压力、流量、温度等引起的数据变化进行快速的识别与预警，并通过数据分析对管道内石油的运行情况进行实时监控，从而对输油管道的泄漏情况、泄漏点以及泄漏量进行监测与预警^[3]。

1. 压力梯度技术

在石油稳定流动的前提下，发生泄漏会出现压力分布异常的情况，会有正常的直线变化为曲线形式。由于输油管道进口与出口压力的不一致，就需要在输油管道上增加安装压力检测点，通过上游、中游、下游压力梯度数据变化的分析与计算，从而计算出准确的泄漏点位置。

2. 负压波技术

每当输油管道发生泄漏时，泄漏处就会因此出现外部压力差，导致泄漏点的压力值会突然下降。这样泄漏点周围的石油会因为压力差快速的向泄漏点汇聚，从而在管道内就会出现负压波动，在输油管道两侧安装压力传感器，借用传感器接收到输油管道瞬间压力的变动，可以有效的判断泄漏是否会发生，然后更进

一步的去测量泄漏时所产生的瞬间压力波到达管道上下游两端的时间差，加上输油管道内的压力波传输速度，最终计算出泄漏点在管道中的具体位置^[4-5]。

3. 输量平衡技术

输量平衡方法所依据的原理是质量守恒定律。输油管道正常工作状态下，一个时间段下的管线内进出和注入的原油质量一致。在管道两个端口都配置流量计，对管道两端的石油流量与油品进行实时监测与比对，以判断管道是否有发生泄漏的情况。一旦出现渗漏，就会破坏输油管道中油气流动的均衡，管道两个端口瞬间就会出现相应改变，出口流速对于入口流速造成的差异，将造成出口流速上涨程度大于入口流速下滑程度的状况。通过对输送差异程度的计算，可以有效的判断出石油泄漏的地点，以及泄漏时间的长短并进一步得出石油泄漏量的多少，同时根据上、下游端口石油流量的变化来核实泄漏情况^[6-10]。

四、结束语

尽管我国的输油管理泄漏监测与预警技术起步较晚，但是在近几年中的到了快速的发展。随着科学技术的不断发展，各式各样的石油产品得以更新换代，输油管道的自动化与标准化能力也得到了大大的提高，输油管道泄漏监测与预警技术的灵敏度与精确度也获得了大大的提升。采用硬件设施与软件设备齐抓共管，有效且可靠的对输油管道泄漏进行实时监测与预警，运用智能化的手段加强对石油泄漏点的定位与报警，以确保石油管道输油的安全运行，减少泄漏事故的发生，能有效的提升整体的经济效益与社会效益。

参考文献:

[1] 吴同, 邓忠华, 沈亮等. 长距离输油管道泄漏监测技术研究进展 [J]. 油气储运, 2023, 42(03): 259-275.

[2] 吴同, 邓忠华, 沈亮等. 长距离输油管道泄漏监测技术研究进展及评价体系建立 [J/OL]. 油气储运, 1-22[2024-02-06].

[3] 高宝元. 输油管道智能化腐蚀泄漏在线监测系统研发应用 [C] // 中国石油新疆油田分公司(新疆砾岩油藏实验室), 西安石油大学, 陕西省石油学会. 2022 油气田勘探与开发国际会议论文集 II . 中国石油集团川庆钻探工程有限公司钻采工程技术研究院; 低渗透油气田勘探开发国家工程实验室; , 2022: 5

[4] 陈萌. 成品油管道泄漏监测技术应用现状与发展趋势 [J]. 科技创新与应用, 2023, 13(25): 182-185.

[5] 段婧. 原油管道项目泄漏事故土壤环境影响预测 [J]. 石化技术, 2023, 30(05): 280-281+284.

[6] 娄屹, 逢燕, 刘赵森. 输油管道泄漏噪声传播特性研究 [C] // 北京力学学会. 北京力学学会第二十九届学术年会论文集. 北京工业大学材料与制造学部; , 2023: 5.[7] 方贵锋. 输油管道泄漏监测技术 [J]. 化学工程与装备, 2021, (11): 238-239.

[8] 王熙. 输油管道渗漏检测泄漏 [J]. 自动化应用, 2020, (02): 134-135+139.

[9] 刘珊珊. 基于负压波法输油管道泄漏监控软件的开发 [J]. 北京石油化工学院学报, 2023, 31(04): 40-44

[10] 蔡昌新, 易康, 廖锐全. 长输油管道泄漏检测与定位技术研究进展 [J]. 科学技术与工程, 2023, 23(24): 10177-10189.

矢量网络分析仪在高速线缆信号完整性测试中的应用研究

王琨

中电科思仪科技股份有限公司, 山东 青岛 266000

摘要： 本文旨在探索矢量网络分析仪在高速线缆信号完整性测试中的应用。高速线缆信号完整性测试是电子产品设计和开发过程中非常重要的一环，能够评估线缆传输性能和识别潜在的信号问题，以确保高质量的数据传输。矢量网络分析仪能够精确测量线缆的传输性能并识别潜在的信号问题，对于确保高速数据传输的可靠性和稳定性具有重要意义。

关键词： 矢量网络分析仪；高速线缆；信号完整性测试；传输性能；解决方案

Application Research of Vector Network Analyzer in Signal Integrity Test of High-speed Cable

Wang Kun

Ceyear Technologies Co., Ltd, Shandong, Qingdao 266000

Abstract： The purpose of this paper is to explore the application of vector network analyzer in high-speed cable signal integrity testing. High-speed cable signal integrity testing is a very important part of the electronic product design and development process, which can assess the cable transmission performance and identify potential signal problems, so as to ensure high-quality data transmission. Vector network analyzers can accurately measure the transmission performance of cables and identify potential signal problems, which is important to ensure the reliability and stability of high-speed data transmission.

Key words： vector network analyzer; high-speed cable; signal integrity testing; transmission performance; solution

引言

随着现代通信技术的迅速发展，高速线缆在各种领域中的应用变得越来越广泛，例如数据中心、无线通信系统、航空航天等。然而，高速线缆传输过程中存在着诸多问题，如信号传输的时延、噪声、信号衰减等，这些问题可能对系统性能产生严重影响。因此，进行高速线缆信号完整性测试变得至关重要。矢量网络分析仪（Vector Network Analyzer, VNA）是一种用于信号完整性测试的关键工具，它能够精确测量高频信号在系统中的传输特性，包括反射损耗、传输损耗、相位衰减等。具备高速、高精度和高灵敏度的特点，使得 VNA 成为高速线缆信号完整性测试中不可或缺的设备。

一、矢量网络分析仪的意义

1. 提高信号传输质量：通过研究矢量网络分析仪在高速线缆信号完整性测试中的应用，可以帮助我们准确地分析和评估信号传播特性，从而优化线缆设计和信号传输系统，提高信号传输质量。

2. 探索信号传输损耗机制：通过研究不同高速线缆中的信号传输损耗，在 VNA 的帮助下可以精确测量和分析信号在线缆中的衰减情况，从而深入了解线缆的信号传输损耗机制，为优化线缆设计提供理论依据。

3. 促进高速通信技术发展：研究矢量网络分析仪在高速线

缆信号完整性测试中的应用，有助于推动高速通信技术的研发和应用。通过深入理解信号传输特性，可以优化线缆设计和系统集成，提高高速通信系统的性能和可靠性。

二、矢量网络分析仪的原理与应用

矢量网络分析仪（Vector Network Analyzer，简称 VNA）是一种广泛应用于电信领域的精密测试工具，用于高速线缆信号完整性测试以及其他射频和微波组件的性能评估。仪主要由合成源、信号分离装置、接收机、数字化处理器、显示以及电源等部分测试·测量技术与设备 31（总第 299 期）电子工业专用设备

Equipment for Electronic Products Manufacturing EEPM Apr. 2023 组成。合成信号源输出信号，经信号分离装置的电子开关、功分器等部分将信号分成 2 路，一路是端口输出激励信号；另一路是参考信号 R，将其输送至接收机。^[1]该设备通过测量和分析信号在电子器件和线缆中的传输特性，如幅度、相位和立体角度等，为电信系统的设计和维护提供关键的数据。

矢量网络分析仪的工作原理基于 S 参数测试技术，其中 S 参数表示传输线上电压和电流之间的关系。S 参数包括两个组件：幅度 S21 和相位 S21。幅度 S21 衡量了输入和输出信号之间的传输损耗，而相位 S21 衡量了信号的相对延迟。通过测量和分析 S 参数，VNA 可以准确地评估电子器件的传输性能。

矢量网络分析仪的应用：

用于各种高速线缆的信号完整性测试，例如在数据中心或通信基站中使用的光纤、同轴电缆以及微带线等。通过对线缆的 S 参数进行精确测量，VNA 可以帮助工程师评估信号的衰减、串扰和反射等效应，从而确保线缆在高速数据传输中的可靠性。

矢量网络分析仪还应用于射频和微波组件的性能评估。例如，它可以测量天线的增益和驻波比，评估滤波器的频率响应，确定功率放大器和混频器等器件的线性与非线性特性。通过 VNA 提供的准确测量结果，工程师可以优化设计和调整参数，以提高系统的性能和效率。

还可应用于存储目标曲线，将改造后的曲线数组重新写回网络分析仪，就可显示目标曲线。同时可将其写入内部的非挥发性存储器，从而长期保留目标曲线，实现对其方便灵活的控制。^[2]

三、高速线缆信号完整性测试中的相关研究

大多数电子系统产品，当时钟频率超过 100 MHz，或者上升边小于 1 ns 时，信号完整性就变得十分重要，通常将这种情况称为高频领域或高速领域。从广义上讲，信号完整性是指在高速产品中由互连线引起的所有问题。^[3]

1. 高速信号传输理论和技术：传输信号之间的连接称为传输线。传输线作为信号传输的载体，是用于引导和传输能量和电磁波信息的设备。当信号穿过许多传输链路结构时，其信号变化与它所经过的路径密切相关。该信号不仅对闭环控制中的可见电阻，电容，电感和其他常规组件起反应，还会与某些由导体和介质组成的系统相互作用。因此，对传输线的透彻了解是理解和解决信号完整性问题的基础。^[4]研究高速信号传输的理论基础和关键技术，包括信号传输的编码、调制、解调和时钟恢复等。通过对高速信号传输模型的分析和建模，可以提高线缆信号完整性测试的准确性和可靠性。

2. 线缆特性分析方法：研究如何通过矢量网络分析仪来测量和分析线缆的特性参数，包括传输损耗、传输延迟、噪声和串扰等。通过分析线缆的特性参数，可以评估线缆的信号传输性能，为线缆的优化设计提供指导。

3. 信号完整性分析技术：研究如何通过矢量网络分析仪来评估高速信号在线缆中的完整性，包括信号的波形畸变、时钟抖动

和眼图等。通过对信号完整性的分析，可以及时发现线缆中的问题并进行故障排除，保证信号传输的可靠性和稳定性。

4. 高速线缆优化设计方法：研究如何通过矢量网络分析仪对线缆进行参数优化设计，以提高信号传输的质量和速度。通过分析线缆的特性参数和信号完整性，可以确定最佳的线缆材料、布线方案和信号传输参数，从而提高整个系统的性能。

四、矢量网络分析仪的选择与参数设置

选择矢量网络分析仪的时候，应该考虑以下几个因素：

1. 频率范围：根据你的研究需要，选择适合的频率范围。确保所选矢量网络分析仪的上限频率高于你所要测试信号的最高频率。

2. 动态范围：矢量网络分析仪的动态范围越宽，测试结果越准确。因此，选择具有较高动态范围的矢量网络分析仪能够更好地评估信号完整性。

3. 焦耳热噪声：焦耳热噪声对于高频信号测试至关重要。选择低噪声的矢量网络分析仪，可以提高测量结果的精度。

4. 接口类型：确保所选矢量网络分析仪的接口类型能够与你所测试线缆的接口类型兼容。

参数设置建议：

1. 带宽设置：根据你所测试信号的最高频率，设置矢量网络分析仪的带宽。确保带宽足够宽以满足信号频率的要求。

2. 采样点数：根据你的测试需求和信号特性，设置适当的采样点数。更高的采样点数可以提供更精确的测试结果，但也会增加测试时间。

3. 平均次数：根据测试信号的稳定性，设置适当的平均次数。平均多次测试结果可以降低噪声对测试结果的影响，提高测试精度。

4. 参考平面：确保设置正确的参考平面，以准确测量信号的特性。

五、高速线缆的信号电性能测试结果

当高速数字系统间需要进行短距离高速通信，需要利用高速线缆对系统进行连接，为了满足系统间高速大数据交换的要求，对高速线缆中差模和共模两种信号的传输性能提出了很高的要求。特别地，当高速线缆中传输的信号的上沿时间进一步缩短，线缆本身需要对高频信号保持良好的传输性能。然而很多在低频上对线缆传输性能影响很小的因素随着频率的增加表现出越来越显著的影响。由此在设计线缆的过程中，能事先把握这些因素的影响具有现实意义。^[5]

1. 带宽测试：通过使用矢量网络分析仪，我们可以在高速线缆上进行频带测试，以确定其可传输的最高频率范围。测试结果会显示带宽范围内频率的响应情况，可以帮助我们判断线缆的频率响应能力。

2. 插入损耗测试：使用矢量网络分析仪可以测量高速线缆

在信号传输过程中的插入损耗。在测试中，仪器将发送和接收信号，在两端测量信号的功率差异，并计算出线缆的插入损耗。这个测试结果可以帮助我们评估线缆的信号衰减情况。

3. 反射损耗测试：矢量网络分析仪还可以用于测量高速线缆的反射损耗。测试中，仪器发送一个信号，并测量信号的反射程度，以确定线缆的反射损耗指数。这个测试结果可以帮助我们评估线缆的信号反射性能。

4. 互耦测试：在高速线缆中，互耦会影响信号传输的完整性。矢量网络分析仪可以用于测量高速线缆中的互耦电容和电感。通过测试互耦参数，我们可以判断线缆对信号串扰的抑制能力。

5. 串扰测试：线缆中的信号串扰是影响信号完整性的一个关键因素。使用矢量网络分析仪可以测量线缆中的信号串扰电容和电感，以评估线缆在传输过程中的信号干扰程度。

六、线缆参数与信号完整性之间的关系

线缆参数是指线缆的特性，包括但不限于电阻、电容、电感、传输损耗等性质。而信号完整性表示信号在传输过程中是否能够保持其原始的质量和特性。

线缆参数与信号完整性之间存在着紧密的关系。线缆的参数能够直接影响信号的传输质量和性能。线缆参数与信号完整性之间的关系：

1. 电阻：线缆的电阻对信号传输的影响较大。当线缆的电阻较大时，信号在传输过程中会受到较大的衰减，导致信号的幅度降低，同时还会产生较大的功耗。因此，较低的电阻可以使得信号传输的损耗更小，从而提高信号的完整性。

2. 电容：线缆的电容会影响信号的上升时间和下降时间。当线缆的电容较大时，信号在传输过程中会受到较大的延迟，并且信号的上升时间和下降时间会变慢，使得信号的完整性受到了一定的影响。因此，合理控制线缆的电容可以提高信号的完整性。

3. 电感：线缆的电感会影响信号的带宽和传输速率。当线缆的电感较大时，信号的带宽会受到限制，从而导致传输速率的降低，影响信号的完整性。因此，较小的电感可以提高信号的完整性。

4. 传输损耗：线缆的传输损耗指的是信号在传输过程中的能量损失。如果线缆的传输损耗较大，信号的幅度会降低，从而影响信号的完整性。因此，降低传输损耗可以提高信号的完整性。

七、不同条件下的信号完整性比较分析

1. 不同传输距离下的信号完整性比较分析：通过在不同传输距离下使用矢量网络分析仪进行测试，比较信号的幅度衰减、相位变化和时域波形失真等指标的变化情况。根据测试结果，评估信号完整性对传输距离的依赖关系，并提出相应的优化方案。

2. 不同频率下的信号完整性比较分析：在不同频率范围内，使用矢量网络分析仪测试信号的参数，如频率响应、频率衰减和相位延迟等。对比不同频率下信号完整性的表现，探讨信号的频率特性对完整性的影响，并提出相应的改善策略。

3. 不同线缆材料和结构下的信号完整性比较分析：通过使用矢量网络分析仪测试不同材料和结构的线缆传输性能，比较不同线缆对信号的影响。评估不同材料和结构对信号完整性的敏感性，并提出选择合适线缆的建议。

4. 不同环境条件下的信号完整性比较分析：在不同环境条件下，如温度、湿度和电磁干扰等，使用矢量网络分析仪测试信号完整性。分析不同环境对信号完整性的影响，并提供相应的环境适应性优化方案。

八、未来研究方向

1. 研究更为精确的高速线缆信号完整性测试方法，结合矢量网络分析仪和其他先进的测试设备，提升测试的准确性和有效性。

2. 进一步研究矢量网络分析仪的改进和优化，开发更为高效、便携的测试设备。

3. 探究线缆的材料和结构对信号完整性的影响，通过改良线缆设计和制造工艺，提高线缆的传输性能。

4. 进一步探索矢量网络分析仪在其他领域的应用，如无线通信、天线测试等，提升测试技术的广泛适用性。

九、结束语

矢量网络分析仪能够提供高精度的测量结果，可以有效地测量信号传输时的频率响应、阻抗匹配、相位延迟等参数。这对于确保信号的稳定传输至关重要，尤其在高速数据传输中。矢量网络分析仪具有良好的灵活性和多功能性。它可以应用于各种不同类型的线缆系统，如同轴电缆、通信电缆和高速数据线缆等。同时，它还能够进行多种测试，如 S 参数测量、时域测量和频域测量，以满足不同测试需求。矢量网络分析仪具有高效性和可靠性。它能够快速完成测试，并提供可靠的数据分析结果。这使得我们能够及时发现并解决线缆系统中的问题，提高其性能和可靠性。矢量网络分析仪在高速线缆信号完整性测试中的应用研究具有重要的意义。通过合理利用矢量网络分析仪，我们能够更好地评估线缆系统的质量，帮助提升数据传输的可靠性和效率。

参考文献

- [1] 姜峰. 矢量网络分析仪的研究与应用 [C] // 航空工业测控技术发展中心, 中国航空学会测试技术专业委员会, 《测控技术》杂志社. 面向航空试验测试技术——2013 年航空试验测试技术峰会暨学术交流会论文集. 测控技术编辑部, 2013: 4.
- [2] 朱兴华, 何为. 矢量网络分析仪在高速 PCB 材料评估中的应用 [J]. 印制电路信息, 2012(06): 64-66.
- [3] 李运卿. 通信系统中高速线缆和高速连接器电磁兼容仿真设计与应用研究 [D]. 浙江大学, 2022. DOI: 10.27461/d.cnki.gzjdx.2021.001689.
- [4] 朱忠义. 矢量网络分析仪的功能扩展与应用 [C] // 教育部中南地区高等学校电子电气基础课教学研究会. 教育部中南地区高等学校电子电气基础课教学研究会第二十届学术年会会议论文集 (下册). [出版者不详], 2010: 3.
- [5] 徐磊. 基于 HDMI 2.1 高速电路的信号完整性设计和仿真分析 [D]. 东南大学, 2022. DOI: 10.27014/d.cnki.gdnau.2021.003136.

一种适用于绕管式换热器的新管型

徐子涵^{*}, 桑文蓉, 薄守石

中国石油大学(华东), 山东 青岛 266580

摘 要 : 缠绕管式换热器具备结构紧凑、传热面积大、换热效率高、抗振能力强等优点, 因而广泛应用于加氢裂化、连续重整、天然气液化等领域。依据前人研究, 通过对基础椭圆管进行开槽及扭曲加工, 建立了不同类型开槽管, 与光滑圆管对比模拟结果, 最终提出了一种适用于缠绕管式换热器的新管型—扭曲椭圆花瓣管, 得到新型换热管努赛尔数 Nu 相较光滑圆管平均提升了 24.88%, 阻力系数 f 提升了 9.4% ~ 10.7%, 综合评价因子 PEC 提升了 12.44% ~ 24.66%, 为新型缠绕管式换热器的设计提供了参考。

关 键 词 : 缠绕管式换热器; 管侧流动; 数值模拟; 新型管

A New Tube Type Suitable For Wound Tube Heat Exchanger Is Presented

Xu Zihan^{*}, Sang Wenrong, Bo Shoushi

China University of Petroleum (East China), Shandong Qingdao 266580

Abstract : The wound tube heat exchanger has the advantages of compact structure, large heat transfer area, high heat transfer efficiency and strong anti-vibration ability, so it is widely used in hydrocracking, continuous reforming, natural gas liquefaction and other fields. According to the previous research, different types of grooved tubes were established by grooving and twisting the basic elliptical tubes, and the simulation results were compared with those of smooth circular tubes. Finally, a new tube type — twisted elliptical petal tube, which is suitable for winding tubular heat exchanger, was proposed. The Nusselt number Nu of the new heat exchange tube was increased by 24.88% on average compared with that of smooth circular tubes. The drag coefficient f is increased by 9.4% ~ 10.7%, and the comprehensive evaluation factor PEC is increased by 12.44% ~ 24.66%, which provides a reference for the design of new wound tube heat exchanger.

Key words : wound tube heat exchanger; tube side flow; numerical simulation; new tube

一、研究背景

资源短缺与环境污染越来越明显, 节能减排成为重点。石油化工企业中, 换热器的数量一般占设备总数的 40 % 左右, 其投资占总投资的 30 % ~ 45 %。因此, 提高换热效率、降低运行成本至关重要。缠绕管式换热器因结构紧凑、传热面积大、换热效率高、抗振能力强等优点而在加氢裂化、连续重整、天然气液化、芳烃联合、低温甲醇洗等领域得到了广泛应用。它的结构如图 1 所示^[1]。其中, 管侧为热流体, 壳侧为冷流体。管侧流体从底端流入, 向上流动温度不断降低, 气体被冷凝, 从而达到液化的目的。

强化传热通过改善换热器结构与优化换热部件来提高换热效率、降低运行成本。目前, 对缠绕管式换热器的换热提升主要集中在管型的研究。Zhang^[2]等通过与光滑螺旋盘管的比较, 对球形波纹螺旋盘管内的流动和传热机理进行了数值分析; Darzi^[3]等人对具有内波纹壁的螺旋盘管进行了数值研究, 研究了雷诺数、管径、波纹高度和节距对传热和压降的影响; Kumar 和 Solanki^[4]对微翅片螺旋盘管的传热和压降特性进行了数值研究, 讨论了雷诺数、翅片数、盘管直径和盘管节距对努赛尔数和压降的影响;

Jian^[5]等提出将椭圆管用于螺旋缠绕式换热器, 通过数值方法研究了椭圆管长轴和短轴对其热工水力性能的影响; Omid^[6]等对具有四种不同叶截面的螺旋盘管的流动特性和传热应用进行了数值研究, 研究了横截面波瓣数对传热速率和压降的影响, 研究了不同几何参数(线圈节距、高度和直径)和不同流体(普朗特数)的影响; Wang^[7]等提出了一种新型的换热器—螺旋盘管扭曲三叶管(HCTTT)换热器; Han^[8]等人通过与相同工况下的光滑螺旋管(SWT)的比较, 对扭曲花瓣状螺旋管(TPSWT)的流动和传热机理进行了数值分析。

本文依据前人研究, 提出了一种适用于缠绕管式换热器的新管型—扭曲椭圆花瓣管, 为新型缠绕管式换热器的设计提供了一个参考。

二、计算模型与数值方法

(一) 计算模型

本文以长半轴为 6.308 mm, 短半轴为 3.31 mm 的椭圆管为基础, 对椭圆形管上下内外四侧进行直径为 1 mm 深度的水平开槽处理, 开槽边缘处进行圆角钝化处理, 扭转值设置为 4, 其物理模型

^{*} 作者简介: 姓名: 徐子涵、性别: 女、单位: 中国石油大学(华东)、出生年月: 2000 年 1 月、民族: 汉族、籍贯: 山东济南、学历: 硕士研究生、专业: 化学工程

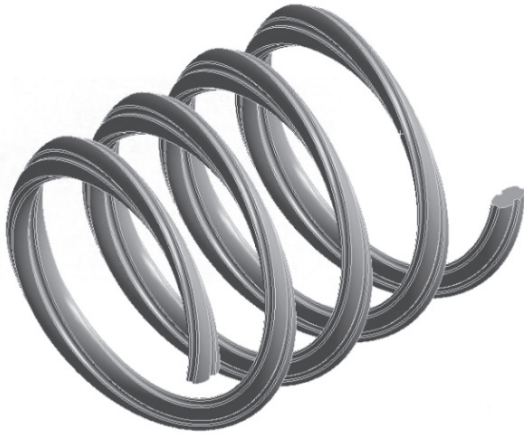


图1 新型管模型图

如图1所示；采用 workbench 平台中 mesh 软件进行网格划分，同时在边壁处加密。

（二）数学模型

1. 控制方程

流体流动遵循三大基本守恒定律：质量守恒定律、动量守恒定律、能量守恒定律。由三大定律可以得到质量守恒方程、动量守恒方程、能量守恒方程。

（1）质量守恒方程：

流体流动遵循质量守恒定律，做出如下假设：流体在绕管式换热器中流动时质量是恒定不变的。方程式具体形式如下，见式（2-1）：

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{\partial(\rho U_x)}{\partial x} + \frac{\partial(\rho U_y)}{\partial y} + \frac{\partial(\rho U_z)}{\partial z} = 0 \quad (2-1)$$

假设流动为稳态流动，则流体的物性参数不随时间的推移而改变，即 $\frac{\partial \rho}{\partial t} = 0$ ，

式中 ρ 代表流体的密度， U_x ， U_y ， U_z 为 x ， y ， z 三个方向上的速度矢量分量。

（2）动量守恒方程：

绕管式换热器流体流动遵循动量守恒方程，其方程式见式（2-2）（2-3）（2-4）

$$\rho \frac{Du_x}{D\theta} = \rho X + \frac{\partial \tau_{xx}}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{yx}}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{zx}}{\partial z} \quad (2-2)$$

$$\rho \frac{Du_y}{D\theta} = \rho Y + \frac{\partial \tau_{xy}}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{yy}}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{zy}}{\partial z} \quad (2-3)$$

$$\rho \frac{Du_z}{D\theta} = \rho Z + \frac{\partial \tau_{xz}}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{yz}}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{zz}}{\partial z} \quad (2-4)$$

式中 ρ 代表流体密度， θ 代表时间， X ， Y ， Z 代表流体所示质量力在 x ， y ， z 三个方向上的分量， τ_{xx} ， τ_{yy} ， τ_{zz} 是流体所受的法向应力， τ_{xy} ， τ_{yx} ， τ_{xz} ， τ_{zx} ， τ_{yz} ， τ_{zy} 是流体所受的剪应力。

（3）能量守恒方程：

流体在绕管式换热器中的流动遵循能量守恒方程，见式（2-5）

$$\rho \frac{DU}{D\theta} + p(\nabla \cdot u) = k \nabla^2 t + q + \phi \quad (2-5)$$

式中 ρ 为流体密度， U 为单位质量流体的内能， θ 为时间， $\nabla \cdot u$ 为流体微元的体积膨胀速率， k 为流体的热导率， t 为温度， q 为流体微元发热速率， ϕ 为流体的散逸热速率。

2. 湍流模型

湍流模型选用 Realizable $k-\epsilon$ 模型。

湍动能 k 及其耗散率 ϵ 由输运方程（2-6）（2-7）得出：

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho k) + \frac{\partial}{\partial x_j}(\rho k u_j) = \frac{\partial}{\partial x_j} \left(\left(\mu + \frac{\mu_t}{\sigma_k} \right) \frac{\partial k}{\partial x_j} \right) + G_k + G_b - \rho \epsilon - Y_M + S_k \quad (2-6)$$

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho \epsilon) + \frac{\partial}{\partial x_j}(\rho \epsilon u_j) = \frac{\partial}{\partial x_j} \left(\left(\mu + \frac{\mu_t}{\sigma_\epsilon} \right) \frac{\partial \epsilon}{\partial x_j} \right) + \rho C_1 S \epsilon - \rho C_2 \frac{\epsilon^2}{k + \sqrt{\nu \epsilon}} + C_{1\epsilon} \frac{\epsilon}{k} C_{3\epsilon} G_b + S_\epsilon \quad (2-7)$$

式中 C_2 和 $C_{1\epsilon}$ 是常数， C_k 为由平均速度梯度而产生的湍流动能， G_b 为由浮力作用而产生的湍流动能， Y_M 为可压缩湍流中波动膨胀对总耗散率的贡献， α_k 与 α_ϵ 分别为湍动能 k 与耗散率 ϵ 有效普朗特数的导数。

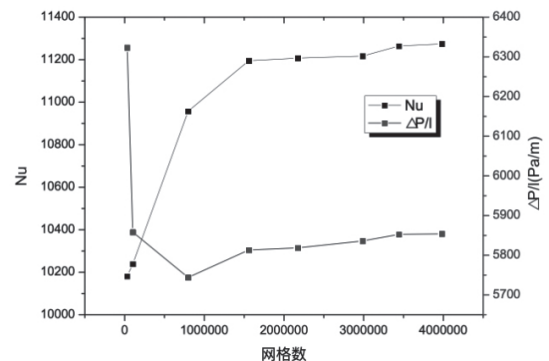
（三）数值求解

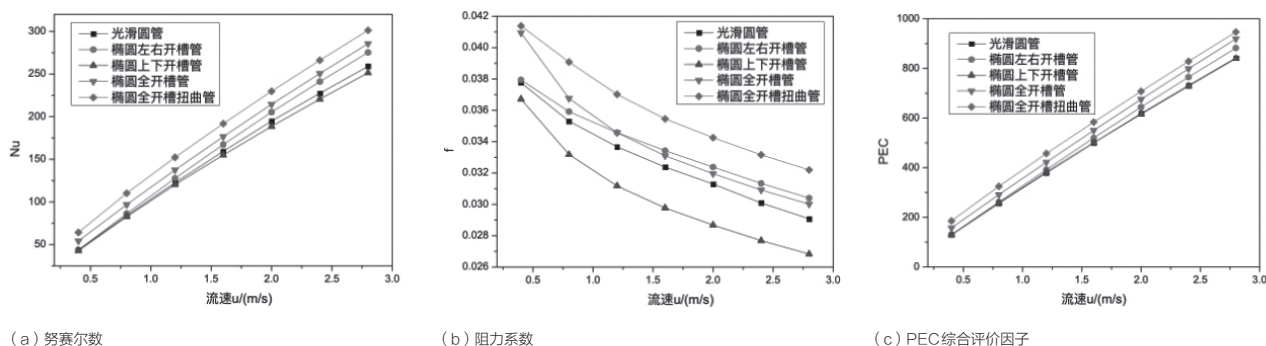
湍流模型选择 Realizable $k-\epsilon$ 模型，壁面函数采用 Scalable Wall Functions 函数；选择速度入口边界，压力出口边界；管壁设置为无滑动的绝热壁面条件；不计重力的影响，流动为定常不可压缩流动；采用稳态求解，使用 Green-Gauss Node Based 格式；压力和速度的耦合使用 SIMPLE 算法，除了压力差分格式使用标准差分格式，其余都使用二阶迎风差分格式；计算残差设置为 $1E-5$ ，连续性方程计算残差设置为 $1E-6$ ；松弛因子均采用默认值；水按照不变物性处理，物性采用进口温度下物性条件^[9]。

三、模拟分析及讨论

（一）网格无关性验证

进行数值模拟计算之前需先进行网格无关性验证，一是避免网格数过低从而影响模拟结果的准确性，二是避免网格数过大造成计算资源的浪费及超负荷^[10]。利用 Workbench 平台中 mesh 划分网格软件对图 3-1 所示几何模型进行不同网格数的网格划分并

图2 不同网格数下模型 Nu 及 $\Delta P/l$ 的变化曲线



> 图3 模拟结果对比图

分析其网格无关性影响。采用8种不同结构尺寸网格进行网格划分，分别得到3万、10万、79万、155万、217万、298万、344万和398万网格数的网格文件。分别对8种网格数的模型进行数值模拟计算，八种网格数的计算结果如图和表所示。综合考虑结果误差、计算机资源及计算收敛时间后，采用网格数为1558208的网格划分方案。

(二) 模拟结果对比

将圆管螺旋缠绕管与新型管的努赛尔数和阻力系数进行了比较。圆管螺旋缠绕管的管直径为8 mm，椭圆开槽管开槽深度1 mm，扭转值设置为4，其他参数（缠绕直径、缠绕圈数、螺距）相同。努赛尔数变化趋势及比较结果如图 a 所示。椭圆全开槽扭曲管的平均 Nu 值提升了 24.88%。在入管流速为 0.4 m/s 至 2.8 m/s 之间，椭圆全开槽扭曲管的换热效果要强于圆管。阻力系

数变化趋势及比较结果如图 b 所示。椭圆全开槽扭曲管的 f 值高于圆管的 f 值约 9.4% ~ 10.7%。PEC 指数结果如图 c 所示。椭圆全开槽扭曲管的 PEC 值高于圆管约 12.44% ~ 24.66%，可见就圆管与以上开槽管相比，椭圆全开槽扭曲管的综合效果优于圆管。

四、结论

通过对椭圆各开槽管进行对比，得到椭圆全开槽扭曲管为最优管型，具有更好的换热性能。通过对比圆管，得到椭圆全开槽扭曲管的平均 Nu 值提升了 24.88%，f 值高于圆管的 f 值约 9.4% ~ 10.7%，PEC 值高于圆管约 12.44% ~ 24.66%，可见就圆管与以上开槽管相比，椭圆全开槽扭曲管的综合效果优于圆管。

参考文献

- [1] Neeraas B O, Fredheim A O, Aunan B. Experimental data and model for heat transfer, in liquid falling film flow on shell-side, for spiral-wound LNG heat exchanger[J]. International journal of heat and mass transfer, 2004, 47(14): 3565-3572.
- [2] C.Zhang, D. Wang, S.a. Xiang, Y. Han, X.u. Peng, Numerical investigation of heat transfer and pressure drop in helically coiled tube with spherical corrugation[J], Int. J. Heat Mass Transf. 113 (2017) 332 - 341.
- [3] Rabienataj Darzi A A, Abuzadeh M, Omid M. Numerical investigation on thermal performance of coiled tube with helical corrugated wall[J]. International Journal of Thermal Sciences, 2021, 161: 106759.
- [4] E.Pavan Kumar, A. Kumar Solanki, M.J. Kumar, M., Numerical investigation of heat transfer and pressure drop characteristics in the micro-fin helically coiled tubes[J], Appl. Therm. Eng. 182 (2021), 116093.
- [5] G. Jian, S. Wang, L. Sun, J. Wen, Numerical investigation on the application of elliptical tubes in a spiral-wound heat exchanger used in LNG plant[J], Int. J. Heat Mass Transf. 130 (2019) 333 - 341.
- [6] M. Omid, M. Farhadi, A.R. Darzi, A., Numerical study of heat transfer on using lobed cross sections in helical coil heat exchangers: Effect of physical and geometrical parameters[J], Energy Convers. Manage. 176 (2018) 236 - 245.
- [7] Wang G, Dbouk T, Wang D, et al. Experimental and numerical investigation on hydraulic and thermal performance in the tube-side of helically coiled-twisted trilobal tube heat exchanger[J]. International Journal of Thermal Sciences, 2020, 153: 106328.
- [8] Han Y, Li JN, Zhang C, et al. Exergy loss analysis on heat transfer characteristics of twisted petaloid spirally wound tube with the convection boundary condition[J]. Applied Thermal Engineering, 2023, 218: 119291.
- [9] 马飞. 螺旋缠绕管换热器传热数值模拟 [D]. 郑州大学, 2014.
- [10] 陈诚. 绕管式换热器内天然气低温流动换热的数值模拟 [D]. 中国石油大学 (北京), 2019.

废弃物资源化利用绿色施工技术研究

陈贤坡*

福建省东霖建设工程有限公司, 福建 泉州 362121

摘 要： 本文通过研制设计再生人行道砖，实现发挥保水作用和储水作用，并具有一定强度，可有效解决城市“热岛效应”，降低城市“噪音污染”，人行道砖受行人而轻易受损的问题。通过采用建筑垃圾经人工筛分、破碎制备再生骨料，实现废弃建筑垃圾资源利用化，减少对天然砂石的开采量，可解决当前建筑垃圾地下填埋或露天堆放，对环境二次污染以及处理费用高的问题。进一步讨论了这些绿色施工技术在减少建筑垃圾、节约能源影响方面的优势，并提出了进一步研究和推广绿色建筑施工技术的建议，以促进可持续建筑发展。

关 键 词： 资源化；绿色施工；再生；节能环保

Study on Green Construction Technology of Waste Resource Utilization

Chen Xianbo*

Fujian Donglin Construction Engineering Co., LTD., Fujian Quanzhou 362121

Abstract： In this paper, the design of recycled pavement brick can effectively solve the urban “Heat island effect” and reduce the urban “Noise pollution”, the problem of pavement bricks being easily damaged by pedestrians. By using construction waste to be sifted and crushed to prepare recycled aggregate, the utilization of waste construction waste can be realized, and the exploitation of natural sand and stone can be reduced, second pollution of the environment and high treatment costs.

Key words： resources; green construction; regeneration; energy conservation and environmental protection

一、前言

随着建筑业的蓬勃发展，建筑垃圾用量不断增加，增长速度不断加快。据统计，从2000年至2013年，中国的建筑垃圾每年增长16.2%。与前10年增长近1个百分点相比，预计在未来10-20年，建筑垃圾的生产仍将处于增长阶段。预计到2030年，中国的建筑垃圾生产量将增加一倍多，达到每年73亿吨。

目前，建筑垃圾主要是地下填埋或露天堆放，一方面浪费土地资源，另一方面造成二次环境污染^[1-2]。此外，在建筑垃圾长期堆放过程中，受高温、日照作用，易分解的物质产生有害气体，严重污染周围环境质量。随着城市化进程的加快，建设浪费问题是我们必须面对的，以及建设工程的资源利用^[3-4]。

为解决上述问题，针对废弃物资源化利用技术进行研究，结合绿色施工中的节地、节材指导思想，通过采用建筑垃圾经人工筛分、破碎制备再生骨料，应用于制作再生人行道砖，实现废弃建筑垃圾资源利用化，形成了相应的施工新技术，在工程中得到成功应用，取得显著的经济效益和社会效益^[5-7]。

二、工艺原理

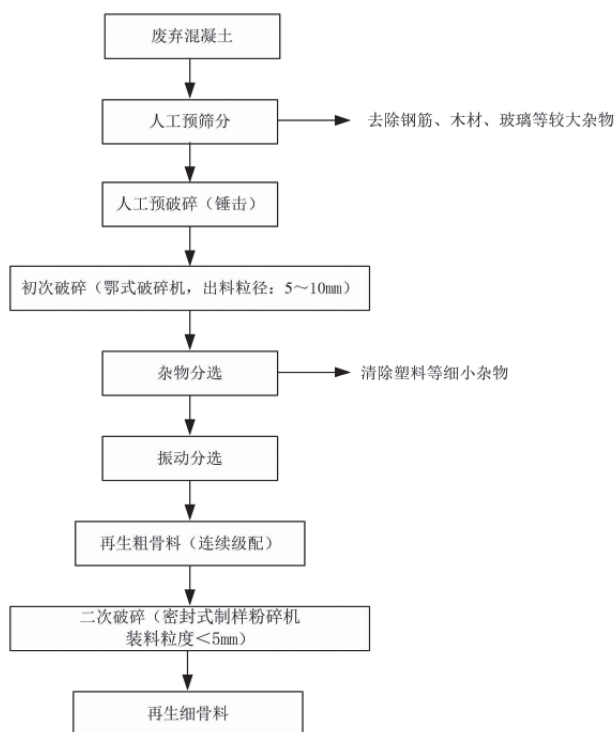
建筑垃圾人工筛选后，用E破碎机破碎，然后对粗骨料进行筛选。采用密封试样研磨机，进一步粉碎再生粗骨料，制作再生细骨料、添加水泥、加入一定量的粉煤灰、减水剂等。回收路面砖出厂合格后，经抗压强度、折挠强度、透水性试验合格^[8]。

三、生产工艺

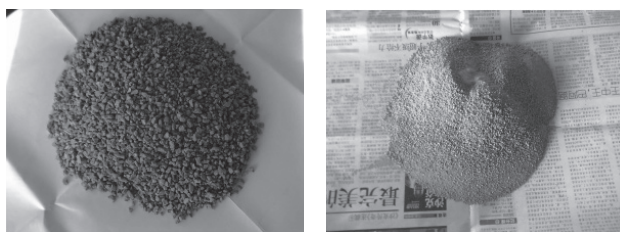
1. 垃圾建筑垃圾用湖北破碎机破碎，粗骨料粒径大于10mm，再生粗骨料用密封样磨机进一步破碎产生再生细骨料，再生细骨料粒径小于4.75mm。工艺流程如图1所示。对制备的再生骨料的基本性能进行了测试，并与天然骨料进行了比较，骨料对比见图2，再生骨料筛孔分析见图3。

2. 设计了可回收的路面砖。再生路面砖主要由外挡水层和内储水层组成。储水层嵌入在保水层的内层中。再生路面砖挡水

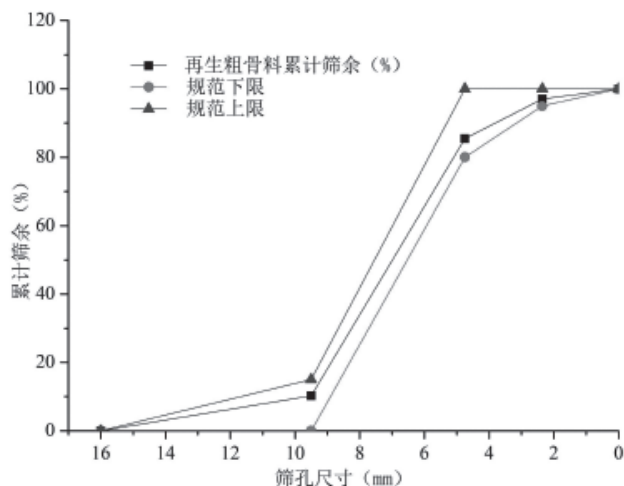
* 作者简介：陈贤坡（1979年11月），男，籍贯：福建泉州，民族：汉族，职称：高级工程师、高级经济师，学历：本科，研究方向：建筑施工方面
项目结题：福建省住房和城乡建设厅科技计划项目资助，项目号2022-K-160



> 图1 再生骨料工艺流程



> 图2 骨料对比实物图



> 图3 再生骨料筛孔分析图

层采用普通混凝土配合比设计，再生路面砖强度等级 C25，坍落度范围 35mm ~ 50mm，砂率 0.36，粉煤灰含量 15%，基准水灰比 0.6，再生路面砖配合比体积法相等，基础水灰比 0.3。每个

10m³ 的内容如表 1 所示。按配合比称重每种原料，启动混凝土搅拌机，按配合比设计，依次加入原料，使其搅拌均匀。将混合物放入模具中，放入振动台中放置 1 min，应在 20 ± 5℃ 的环境中养护成型，脱模后砖采用主要采用喷淋洒水的方式进行养护，养护 28d。将再生人行道砖进行抗压强度、抗折强度及透水性试验合格，出厂后采用工人辅助机械化设备进行再生人行道砖的人行道铺设施工。

表 1 每 10m³ 含量指标

天然粗骨料	再生粗骨料	天然砂	再生细骨料
0.8%	1.2%	2.4%	4.32%
2.6%	5.6%	1.43%	12.4%

四、施工工艺

1. 混凝土层（水稳定层）表面的灰、杂物清洁干净，如局部不均匀，应采用凸凿平，凹填平。

2. 根据设计图标高控制点中的标高标高和平面轴线。每 5m * 5m 方开工前，根据位置和标高在四角铺设底石，在此处南北两侧铺设底石。经测量检查，标高和位置正确，然后铺装面积较大。

3. 试行：每块铺设前，根据方向，角度试。尝试后，按两个方向排列，然后按编号整齐排放。要检查板之间的间隙，请检查板的位置是否符合设计图纸。正式铺路前，进行行行。

4. 砂浆：（100mm 板砂浆层厚度为 30mm，30、50mm 板砂浆层厚度为 20mm）根据砂浆虚铺厚度（由试验确定）拉横线，可铺砂浆。用 1：3 干硬水泥砂浆，刮条后展开，打实，抹平，其厚度适当比水平线高 2 ~ 3mm。

5. 花花岗岩在再生砖铺装前提前除尘，浸泡后使用备用。在试铺板时，在铺板位置的板用预制锤轻轻撞击板的中间，使砂浆压实，锤子达到摊铺的高度。试板车间合格后，打开试板，检查砂浆粘扎层是否光滑致密。

6. 补充砂浆，在水泥层上倒一层普通水泥浆，然后轻轻将板放到位，用橡胶锤敲击板上的木板，按水平尺的水平线弄平，然后两侧向后方向。铺路时应随时进行检查。如发现缝隙，铺设前应抬起并填充砂浆^[9-10]。

7. 在盖层养护阶段，灌浆后 24h，应采用土工布或洁净细砂，喷水养护不得少于 7d。

五、效益分析

（一）经济效益

1. 采用废弃物资源化装配式人行道施工工法相对于传统的施工工法，利用了拆迁过程中的建筑垃圾以及其他废弃物，代替传统的粉煤灰、水泥以及骨料等，形成装配式人行道，每平方节约材料成本 52 元。

2. 采用废弃物资源化装配式人行道施工工法，对废渣进行破

碎筛分分级，针对生产构件产生的固体废弃物所含成分复杂，由金属、有机、无机材料组成，治理难度较大，实现了用再生粗骨料代替天然粗骨料。

3. 重新设定路面砖配合比，经济环保，有着巨大的经济和社会效益，可以为其他工程应用提供借鉴。

（二）环保效益

1. 这种回收环保砖的方法主要由外层保水层和储水层组成。

储水层嵌入保水内层，储水层的高度低于保水层的高度。储水层上部可种植抗旱耐碱植物，美化环境。

2. 本工作方法铺设在停车场、公园、广场道路上，一方面可环保环境，另一方面再生环保砖具有一定强度，不受行人、车辆滚动、易损坏。

参考文献：

[1]蔡江波, 帅泽志, 陈永恒等. 建筑垃圾 / 废弃物在道路工程中的应用研究进展综述——基于 CiteSpace 的文献计量分析 [J]. 市政技术, 2024, 42(01):30-34+40.

[2]李蕾, 唐圣钧, 丁年等. 超大城市建筑废弃物减量化与综合利用策略研究——以深圳市为例 [J]. 环境卫生工程, 2023, 31(06):105-110.

[3]张民程, 林清泉, 高乔威等. 建筑废弃物再生集料泡沫混凝土性能分析 [J]. 江西建材, 2023, (11):343-345.

[4]谭春雷, 任吉, 崔李三, 等. 建筑废弃物轻质隔墙板的制备及力学性能研究 [J]. 混凝土与水泥制品, 2023(3):74-77.

[5]绿色建筑材料在土木工程施工中的应用 [J]. 云生翔. 农家参谋, 2018 (18).05.

[6]研究土木工程施工中绿色建筑材料的运用 [J]. 殷国庆. 建材与装饰, 2017 (51).44-45.

[7]探析土木工程施工中绿色建筑材料的运用 [J]. 柴茂源. 山西建筑, 2018 (12) 98-99.

[8]在土木工程施工中绿色建筑材料的应用研究 [J]. 周丽君. 江西建材, 2016(12)121+124.

[9]浅谈绿色建筑材料在土木工程施工中的有效应用 [J]. 张燕燕. 四川水泥, 2020 (7) 119-120.

[10]浅谈土木工程施工技术教学问题及解决对策 [J]. 汤小凝. 山西建筑, 2007 (20) 222-223.

吊脚桩在华东地区深基坑开挖过程中的变形探究

辛伟强, 刘朝阳, 薛文, 任精明

中国电建集团西北勘测设计研究院有限公司, 陕西 西安 710000

摘要：在深基坑工程施工过程中，地下管线及周边建筑物往往是临时建设和主体结构的主要组成部分，其在基坑内形成一个相对封闭空间。由于该阶段土层分布不均、含水性能较差以及地质条件变化大等特点，使得地基处理成为当前建筑工程项目所面临的重要问题之一。本文以华东地区某工地上建（构）筑物为研究对象进行现场施工中与邻近建筑之间地下管线及建筑物周围环境关系协调分析，旨在为今后类似工程项目的施工提供一定的借鉴和参考。

关键词：吊脚桩；深基坑；地质监测

Study on Deformation of Foundation Pile During Deep Foundation Pit Excavation in East China

Xin Weiqiang, Liu Chaoyang, Xue Wen, Ren Jingming

PowerChina Northwest Engineering Corporation Limited, Xi'an, Shaanxi 710000

Abstract：In the construction process of deep foundation pit engineering, the underground pipeline and the surrounding buildings are often the main components of the temporary construction and the main structure, which form a relatively closed space in the foundation pit. Due to the uneven distribution of soil layer, poor water content performance and large change of geological conditions in this stage, foundation treatment has become one of the important problems faced by current construction projects. This paper takes the construction (structure) on a construction site in East China as the research object to analyze the underground pipeline and the surrounding environment of the buildings in the site construction, aiming to provide some reference for the construction of similar engineering projects in the future.

Key words：stilted pile; deep foundation pit; geological monitoring

一、引言

近年来，城市的经济发展越来越快，城市化进程也在不断加快。大量地下工程、公路桥梁等建筑设施被建设完成并投入使用。但由于我国基坑开挖施工技术落后以及施工人员素质不高和安全意识淡薄等原因，导致了大面积深进建基础土方工程出现塌坡或坍塌事故发生，严重威胁着周围环境及人民生命财产安全，对城市的可持续发展造成巨大阻碍甚至可能危及人类生存与社会稳定。因此为了确保地基在荷载、地下结构物等因素作用下能够保持其稳定性，必须对基坑开挖过程中的变形进行分析与研究。

二、华东地区地质特点与深基坑开挖的挑战

华东地区地质特点多样，包括软土、粘土、砂土等多种土壤类型，其中软土分布广泛，具有低强度、高压缩性等特点，给深基坑开挖带来了诸多挑战。软土地区的深基坑开挖容易导致坑壁失稳和坑底隆起。由于软土的抗剪强度低，开挖过程中坑壁容易受到剪切破坏，发生坍塌或滑移。同时，软土的压缩性大，开挖后坑底容易发生隆起，影响周边建筑物的安全。华东地区的地下

水位较高，给深基坑开挖带来了一定的困难。在开挖过程中，地下水容易涌入基坑，不仅增加了施工难度，还可能对基坑的稳定性造成不利影响。华东地区还存在一些不良地质条件，如断层、溶洞等，这些地质条件给深基坑开挖带来了更大的风险。在开挖过程中，需要特别注意这些不良地质条件的影响，采取相应的措施进行处理。施工过程中也需要加强监测和预警，及时发现和处理可能存在的问题，确保施工的安全顺利进行。

三、吊脚桩在深基坑开挖中的应用与重要性

在华东地区的深基坑开挖工程中，吊脚桩作为一种重要的支护结构，发挥着不可替代的作用。吊脚桩能够有效地抵抗侧向土压力和水土压力，保持坑壁的稳定性，防止坑壁坍塌和滑移。吊脚桩还具有良好的承载能力，能够将建筑物的荷载传递到深层稳定地层中，确保建筑物的安全性。在华东地区软土分布广泛的地质条件下，吊脚桩的应用尤为重要。除此之外，吊脚桩的施工相对简便，适应性强，可以根据不同的地质条件和工程要求进行灵活设计。在深基坑开挖过程中，吊脚桩的合理布置和施工质量的控制对于确保基坑的稳定性和安全性至关重要。通过优化吊脚桩

* 作者简介：辛伟强，男，1992.10.02，河南省三门峡市陕州区，本科，助理工程师，汉族，地铁监测

的设计与施工参数，加强地质勘查与监测，可以确保深基坑开挖工程的安全顺利进行，为华东地区的城市建设和发展贡献力量。

四、吊脚桩的基本原理与结构特点

（一）吊脚桩的定义与构造

吊脚桩是指在沉管灌注桩施工过程中，桩底部的混凝土悬空或混进了泥砂形成松软层的桩施工质量事故。吊脚桩的构造特点主要包括桩身和桩底两部分。桩身是由混凝土浇筑而成，具有一定的强度和刚度，用于承受上部结构的荷载并将其传递到地下。桩底则是桩身与地基土体的接触部分，其质量直接影响到桩的承载能力和稳定性。

吊脚桩的构造和形成原因主要与地质条件、施工工艺和施工管理等因素有关。例如，在地质条件较差的地区，地基土体可能存在软弱层、泥砂层等不良地质条件，容易导致吊脚桩的形成。此外，在沉管灌注桩施工过程中，如果施工工艺不当或施工管理不严，也可能导致桩底混凝土悬空或混进泥砂，从而形成吊脚桩。

（二）工作原理及受力分析

工作原理：基坑开挖过程中，在施工期间，对桩的预埋水平位移和竖向变形进行控制。当水平位移值达到设计要求时可考虑采用临时支护。

受力分析：地下工程结构主要包括土层、基础等荷载作用下产生沉降及侧移应力；地基上部荷载引起的基底剪切破坏以及地震液化效应影响下，造成基底发生倾斜或下沉现象而导致地面出现不均匀沉降，从而引起地质构造的变化。基坑开挖过程中，对基础进行支护时，应保证其稳定性和安全性。

（三）在华东地区地质条件下的适用性

吊脚桩在华东地区地质条件下的适用性是一个需要综合考虑多种因素的问题。华东地区地质条件复杂多样，包括软土、粘土、砂土等多种土壤类型，以及可能存在的水文地质问题和地下水位变化等。这些地质特点对吊脚桩的适用性提出了挑战。吊脚桩作为一种基础的施工方式，在华东地区具有一定的适用性。其优点包括施工简便、成本相对较低等。然而，吊脚桩在华东地区的适用性也受到一些限制。例如，在软土地区，吊脚桩可能面临承载力不足、变形较大等问题；在砂土地区，吊脚桩可能受到液化等地质灾害的影响。因此，在华东地区使用吊脚桩时，需要进行详细的地质勘察和设计分析，确保吊脚桩的适用性。同时，在施工过程中需要严格控制施工质量，采取适当的加固措施，以提高吊脚桩的承载能力和稳定性^[1]。

五、华东地区深基坑开挖过程中的吊脚桩变形分析

（一）变形监测方法与数据分析

①现场观测。在基坑开挖过程中，如果遇到地质条件复杂，施工难度大等情况时应及时采取相应措施。例如：挖机、挖掘机对桩位进行调整；对支护体系做临时加固处理或拆除后再回填

土方，并做好记录和数据分析和数据工作等等；②沉井测量与监控技术与监测手段的结合使用（包括地下水位探测方法）。在进行沉井测量时，应采用GPS定位系统，对开挖过程中的土层、桩位和基坑等实时监测。③对于施工期间可能出现和影响的临时性建筑物，应通过观测、测量等手段确定其位置与高度；④在现场进行沉降试验时应及时将数据记录下来并做好整理归档工作。

（二）变形的主要类型与特征

基坑开挖引起周边建筑物沉降，使周围建筑位移，造成了一定程度上的地面变形，这种情况下称为基底。在进行施工过程中对地下水位较高、地下水比较丰富，或又没有设置排水沟及集水井等设施影响时，而导致地表水压力增大；当地下水流不经过场地后就会产生局部土体隆起和塌陷现象；由于基坑开挖引起附近建筑结构变形而造成了一定程度上的地面变形，这种情况下，在基坑开挖过程中，需要对土体进行加固处理。

（三）变形与地质、施工参数的关联性分析

在进行深基坑开挖的过程中，由于地质条件复杂，导致工程施工进度缓慢。所以要对不同阶段、不同时期和不同深度的支护参数变化规律及相应变形监测数据建立分析模型。由于施工条件与地质、周围环境的变化，可能会发生不同程度地变形。例如：地下水位降低时土层将出现局部塌陷；地下水的升降导致地表沉降。这些情况都会造成支护结构失稳而承受巨大应力和破坏荷载作用力矩或位移；当地下水位下降到一定高度后又开始恶化，甚至产生过大位移等现象。因此在基坑开挖过程中，对于浅埋地下连续墙来说其主要作用是为整个项目提供安全稳定地基础保障；而桩顶结构则起着控制土层应力状态，以及防止地下水渗流等方面的重要作用；因此在基坑开挖过程中，应根据现场条件选择合适类型、采取科学有效措施进行施工，使基坑开挖过程中的安全稳定得到保障^[2]。

六、防止与控制吊脚桩变形的策略建议

（一）优化吊脚桩的设计与施工参数

优化吊脚桩的设计与施工参数是确保其在华东地区复杂地质条件下安全、有效应用的关键。针对吊脚桩的设计，可以从以下几个方面进行优化：首先，针对华东地区软土、粘土等软弱地基，可以设计更长的桩长，确保吊脚桩能够穿透软弱土层，进入承载力较高的持力层，从而提高桩的承载能力。其次，可以适当增加桩径，提高桩身的刚度，减少桩身变形，进而降低吊脚桩的风险。同时，优化桩的间距和布置方式确保桩群的整体稳定性和承载能力。在施工参数方面，需要严格控制沉管灌注桩的施工过程。首先，确保沉管的垂直度和深度，避免桩身出现倾斜或截断。其次，控制混凝土的浇筑速度和量确保桩底混凝土充实，避免形成悬空或混入泥砂的情况。此外，施工过程中还需加强监测，及时发现和处理潜在的质量问题。优化吊脚桩的设计与施工参数，可以提高其在华东地区复杂地质条件下的适用性和安全性。这不仅有助于保障建筑物的稳定性和安全性，也有助于推动华东地区基础建设的持续发展。

（二）加强地质勘察与监测

在对地质进行勘察的过程中，要根据现场具体情况，采取相应措施来加强地基监测工作。在进行基坑开挖过程中，对地质条件的勘察是十分重要而必要的。现场勘测时应加强施工场地周围环境与地下设施、管线等情况以及周边建筑物。同时还要注意观察并记录地下水位变化和土层分布状况，以确保基础埋设深度及稳定性；其次要做好地下水控制工作；最后还需要监测地基承载力及其动态特性参数值是否满足设计要求，并及时进行调整，以便为基坑支护结构的设计提供可靠依据。华东地区的地质条件复杂多变，因此，在设计和施工前，必须进行详细的地质勘查，以获取准确的地质信息。这包括对地基土层的分布、厚度、性质等进行详细的勘察和分析，特别要注意软土、粘土等不良地质条件的存在和范围。在地质勘查的基础上，可以进行针对性的设计，选择适当的桩型、桩径、桩长等参数，确保吊脚桩能够适应地质条件，并具有足够的承载能力。同时，施工过程中也要进行严格的监测，包括桩身的垂直度、沉管的深度、混凝土的浇筑情况等，及时发现和处理可能存在的问题^[1]。对于已经完成的吊脚桩，也要进行长期的监测和维护。通过定期的沉降观测、倾斜监测等手段，及时发现桩身的变形情况，并采取相应的措施进行处理。例如，对于出现轻微变形的吊脚桩，可以采取加固措施，如增加桩基数量、设置支撑结构等；对于变形严重的吊脚桩，可能需要进行更换或重建。防止吊脚桩变形需要加强地质勘察与监测工作，确保吊脚桩的设计和施工符合地质条件，同时及时发现和处理可能存在的问题，确保建筑物的稳定性和安全性。

（三）施工过程管理，严格控制开挖速度、顺序

在基坑开挖过程中，应严格控制挖掘机的进入量，使其能够正常工作。同时要对挖土速度进行合理的调整和设计。当工程项目开始前施工时必须根据现场情况确定出一个最佳方案，并及时组织各专业技术人员做好图纸会审记录与实地考察工作来确保整个工期可以按期完成；对于地下空间较大、地质条件复杂以及场地周围有建筑物密集或建筑垃圾多等地点，应在基坑开挖过程中采取临时排水措施以保证周边环境的整洁和道路通畅。当土层厚度达到5m时就要进行下一道工序的施工。同时应注意的是：第一

是挖前准备工作结束后，必须立即对现场范围内是否有障碍物及杂物及时处理；第二是根据工程地质条件确定的开挖方法选择合理科学安全系数高，并且符合实际情况要求的施工计划，避免出现超挖或少刷素坡等现象发生而影响到基坑支护质量和进度；第三在基坑开挖过程中，应严格按照设计要求进行，防止超挖或少刷素坡等不良现象发生。

（四）引入先进技术与材料

在基坑开挖过程中，如果出现地下水位高，挖深不均匀，就必须采用先进的技术手段进行处理。例如：对施工材料质量加以控制；加强对基础、主体结构和附属设施等方面因素的保护。另外还可以通过合理使用混凝土来增强地基承载力与稳定性等措施来保证地基稳固性以及安全性等问题得到提升；在基坑开挖过程中应用超前预支护体系时，应该采取相应加固方案，防止出现塌方事故或者是发生坍塌现象。还可以充分利用先进的施工设备，如电钻机、泥浆泵等进行辅助工作。同时还要加强对新技术和材料应用到深孔灌注桩上，例如：采用微胶囊技术来提高导管埋置深度及稳定性；使用超声乳液或液体循环系统将其注入土层深层中去，使管壁内压力降低至可承受极限；在基坑开挖过程中，通过添加一些填充剂可以有效地改善土壤结构、防止地下水的流失等问题。

七、结语

综上所述，在进行工程施工的过程中，要不断地对基坑支护结构体系、基础及上部荷载等方面的变形情况加以分析和研究。对于支护体系变形进行分析时发现：地下水位以下或地面沉降较严重的情况下可以采用锚杆挡土墙结构来保证施工安全，但在实际工程中必须对其稳定性做出一定程度上的调整与控制，同时还必须加强现场监测工作，通过现场观测资料可以了解该场地周围地下管线分布以及周边环境地质条件等状况；根据上述内容我们能够准确评估出地基土层和桩顶沉降量及其稳定性问题，为工程设计提供重要依据，使施工过程更加安全顺利地进行下去、保证工期达到预定目标有一定的参考价值与意义。

参考文献：

- [1] 苟俊琴, 贾恺, 曹明华等. 浅岩地区洞桩法吊脚边桩底岩体承载力分析 [J]. 地下空间与工程学报, 2023, 19 (S2): 717-721+731.
- [2] 李鹏, 吴刚, 王殿斌等. 临近地铁深基坑吊脚桩与主体结构支撑技术应用与监测 [J]. 工程勘察, 2022, 50 (07): 36-42.
- [3] 陈诚, 杨红林. 土岩“二元基坑”吊脚桩支护体系锚杆预加轴力计算方法研究 [J]. 隧道建设 (中英文), 2020, 40 (10): 1441-1447.

土木工程建筑中混凝土结构的施工技术探究

付春林*

山东省无棣县交通运输局, 山东 滨州 251900

摘 要：近年来，随着我国社会经济的快速发展，人们的生活水平有了质的提高，这也离不开建筑行业的迅猛发展。因此，人们为了能够让生活变得更美好，免不了要对建筑结构提出更高的要求，而建筑工程的质量在很大程度上都取决于土木工程建筑的施工质量。要想有效提高土木工程建筑的质量，就需要对施工现场必不可少的混凝土材料进行科学管控，因为混凝土结构的好坏会给整个土木工程建筑质量产生最直接的影响。在这个基础上，今后在进行土木工程建设过程中，需要将更多的注意力放在混凝土结构上，如果这个环节出现了问题，那么相关的施工单位就需要不断完善施工技术，尽可能让混凝土的质量与性能都能得到有效提高。同时，对于施工过程中出现的问题进行合理分析，不断优化对混凝土结构进行施工的技术，从而让土木工程的质量能够最大限度的提高。

关 键 词： 土木工程建筑；混凝土结构；施工技术

Research on the Construction Technology of Concrete Structure in Civil Engineering Construction

Fu Chunlin*

Wudi County Transport Transport Bureau, Wudi County, Binzhou, Shandong 251900

Abstract： In recent years, with the rapid development of China's social economy, people's living standards have been improved, which is also inseparable from the rapid development of the construction industry. Therefore, in order to make life better, it is inevitable to put forward higher requirements for the building structure, and the quality of construction engineering to a large extent depends on the construction quality of civil engineering construction. In order to effectively improve the quality of civil engineering construction, it is necessary to scientifically control the essential concrete materials in the construction site, because the quality of the concrete structure will have the most direct impact on the quality of the whole civil engineering construction. On this basis, in the process of civil engineering construction in the future, more attention should be paid to the concrete structure, if there is a problem in this link, then the relevant construction units need to constantly improve the construction technology, as far as possible to make the quality and performance of concrete can be effectively improved. At the same time, the problems in the construction process are reasonably analyzed reasonably, and the construction technology of the concrete structure is constantly optimized, so that the quality of civil engineering can be improved to the maximum.

Key words： civil engineering and construction; concrete structure; construction technology

引言：

就现如今而言，我国的城市化进程在不断加快，土木工程建筑领域的发展也有了长足的进步，但是，随之而来的是各种无法预料的风险与问题，让土木工程行业的发展受到了极大的阻碍。在这样的情况下，就必须强化对混凝土结构相关施工技术的使用，不断提高土木工程建设水平。在现阶段的土木工程建设中，混凝土施工是必不可少的环节之一，能够有效提高工程的质量，但是，在实际的施工过程中，会受到诸多因素的影响，而出现各种严重的问题，其中混凝土裂缝就是最常见的一个。

一、土木工程与混凝土概述

（一）土木工程概述

土木工程是一种涉及使用专业的建筑器械、工具及原料来完成

成工程测量、规划、实施、维修和管理的技术行为。其主要特性包括：复合性、社交性和实际操作性。随着社会的进步，土木工程的定义也在逐渐扩大，现已演变成涵盖了地质调查、方案制定和执行的一体化科学领域。这种现象的发生是在社会发展的推

* 作者简介：付春林，1977.12.籍贯：山东无棣，民族：汉，职称：助理工程师，学历：本科，研究方向：土木工程

动下产生的，因而在每个时期的土木工程都反映出了不同历史阶段的社会经济发展、文化和科技等方面的重要特点。另外，这个领域的知识体系是在不断的实践中累积起来的，具有较强的实用性。^[1]

（二）混凝土概述

作为一种重要的建筑材料，混凝土在建设过程中的使用至关重要。其成分包括沙子和石头，并加入适量的水以达到合适的配比和搅拌方式。由于具有价格合理且易于使用的优点，它已普遍用于各种土木项目中，成为当今土木领域的主流建材之一。

二、土木工程建筑中混凝土结构存在的问题原因

（一）混凝土调配不够规范

混凝土是由砂石和水按照一定的比例胶合而成的，那么怎样才能确保胶合质量提高呢？经研究发现，只要科学调配混凝土材料就能够实现预期的胶合目标。除此之外，要想使得混凝土材料能够符合预期标准，满足实际生产需要，那么在具体施工的时候，必须采取恰当的措施来有效解决混凝土调配过程中存在的不合理、不规范的问题。^[2]例如：在进行具体调配的时候，倘若调配人员的不认真负责，工作方式不科学，实际操作不规范，那么就会使得混凝土成品的强度大大折扣，这样不仅严重影响后期的工程建设安全，而且也会导致工程质量大幅度降低。

（二）露筋

在工程建筑混凝土的施工，露筋是较为普遍的施工管理通病。一般施工构件一般为混凝土和钢筋，混凝土与钢筋合理配置可增强施工工程整体力量，其次钢筋有很强的粘结力，可整体提高建筑施工效率。在项目施工建设中，钢筋的受电设备故障将影响到钢筋完整性，给钢筋材质造成很大损伤，进而给施工项目造成很大影响。在项目施工时应注意选择粘度适宜的水泥，保证混凝土与钢筋材质完全混合、接触，可有效防止露筋现象。如果钢筋粘合力不够，将无法对钢筋进行有效包覆，从而产生后续漏水的现象。

（三）裂缝及渗漏问题

在进行施工的时候没有结合实际情况，没有考虑到渗透的种类，以及施工是否合理，因此会导致混凝土的流动性变差，进而无法保证结构密实 施工裂缝也因此产生。并且在进行相关养护的时候并没有严格按照相关标准进行养护，也导致裂缝产生，施工的进度也相应被耽误，因此需要采取相关措施解决这些问题。^[3]

（四）温度的因素

随着建筑物的发展，混凝土的体积越来越大，内部很可能产生化学反应，而且，由于多方面的限制，这些反射的热量无法有效地转移至建筑物的外层，从而影响建筑物的整体性，甚至可能引发建筑物的破坏。并且随着外界气候的变暖，混凝土结构的容量也在不断增加，但是，在这种情况下，内外温差也越来越小，强度也随着外界的影响而发生改变，如果外界的压力超过了它们的抗压能力，裂纹也随之而来。

三、土木工程建筑中混凝土结构的施工技术探究

（一）合理施工材料配合比问题

合理进行土木材料的配合比工作是保证大尺寸混凝土建筑能够正确使用的重要前提条件。为了保证配合比问题得到解决，要求建筑施工部门必须遵循科学合理的比例原理，针对混凝土种类、外加剂种类等情况进行综合讨论和计算，从而保证土木建筑质量方面得到保证。其中，要着重在水泥用量方面加以严格把关。究其原因，主要因为水泥用量的多少将对混凝土的质量结果造成直接影响。而针对此，则要求现场的工作人员能够严格按照项目现场要求判断水泥使用情况，在必要时，还能够合理添加膨胀剂等物质，使得混凝土能够维持原来的结构状况，从而避免了开裂情况发生。^[4]

（二）混凝土的运输

混凝土调配完毕后要尽快通过有关装备、器具运输到工地。现场工作人员应结合以上各种原因判断混凝土输送、泵送过程的工程条件，并保证其质量符合工程条件。在通常情况下，混凝土运输时首先会进行比较完整的运输过程，随后，再对其包含的各个环节进行研究，并按照分析结论选取较为合理的运送时间、路径等。在运输过程中，要采取相应措施以保证混凝土运输数量和运输规模的均衡，同时注意中途可能出现的影响因素，在运输到达工地后，由现场工作人员实施监督检查。^[5]当材料流入工地时，要进行适当安排检验，以确保材料品质完全符合土木工程要求的条件。如果现场检测项目出现问题，必然会降低后续项目的品质，甚至提高项目价值，耽误整个项目时间。

（三）混凝土搅拌技术

当前虽然大部分建筑工程在施工作业时都直接使用商用混凝土，但是部分施工单位因受到各种主客观因素的影响，需在施工现场进行现场配置，该环节因直接关系到后期混凝土的整体质量，因此对技术有着较为严格的要求。混凝土搅拌工作并不是单纯的振捣，对材料的投放顺序、材料的配比、振捣时间、振捣力度都有着一定的要求，技术人员需根据工程的实际需求制定合理的搅拌方案，并事先对设备进行调试，确保该设备无任何问题后才能展开搅拌作业，在振捣时，若想从根本上提高混凝土的质量，相关技术人员需保证所有环节的工作都能够一次完成。^[6]首先需将振捣器插入混凝土中，并控制好振捣器插入的深度及移动的长度，确保每个层级都能够受到均匀地搅拌。其次在投入材料时，可采用分次投料法，根据以往经验，先将投入的水泥与水搅拌均匀后再加入骨料的方式不仅能够有效降低水泥的实际用量，为企业减少成本支出，更能够提高混凝土的整体质量，为建筑物的安全稳定性提供有力保障。最后还应当做好温度控制工作，需采用合适的振捣手段将混凝土内部的热量有效的排除，在此可加入适当的减水剂，高强混凝土水化热的程度，也可掺杂有机纤维材料以此来提高混凝土的抗拉性能。

（四）混凝土的浇筑技术

确保混凝土土木工程品质的关键在于遵循四项操作技巧：首要的是，在执行任务前需彻底清洁模具表面，特别是在清除掉黏

附于其上的沙子与碎片；同时，应向待灌区域喷水，以便使之始终保持潮湿状态。接下来，须检测钢筋保护层厚度，特别是对于垫块的状况进行评估，确信没有脱离或移动的情况存在。然后，当进行浇筑活动时，应对预置部件及预设孔洞的形状变化实施实时监测，如若发觉有结构位置变动问题，立即终止浇筑行动，直至修复到位后方可重新启动。最终，在浇筑至一半高度时，应当减缓速率，并在进入第二次浇筑动作前设定一定的时段间距，以免引发软顶现象。^[7]

（五）振捣技术

每一层混凝土被浇筑后都必须经过振捣处理，只有当其完全完成后才能开始下一个步骤。在混凝土振捣的过程中，应把振捣杆竖立或斜向地置入混凝土表层，并以匀速的方式进行振捣，预防振捣棒与模具及钢铁片之间的磨损情况发生，保证足够的振捣深度，防止出现缺震或者过度震的情况，直到混凝土表面不再有明显下降或是气泡存在。在混凝土初期固化期内，使用平板式振捣机来振捣混凝土表面，以防因混凝土吸湿挥发导致收缩产生的裂纹。

（六）混凝土结构模板拆除技术

当拆卸混凝土构件的模板时，并非仅通过移除即可完成，因该过程可能对混凝土构造的品质造成负面效应。通常，首先，对于墙体、梁柱等部分，需确保混凝土强度的达标要求，避免出现棱角或表面的损伤，并确保混凝土强度至少为 1.2 MPa。其次，应按照严谨的流程执行拆卸任务，即先拆卸后放置的顺序，以防止承载较大的部件被提前拆卸。再者，若遇到复杂的拆卸作业，务必保障安全性能，并在分层拆卸的过程中，注意保护其他物品不受损，且不得让其负荷超出混凝土所能承担的能力。^[8]此外，针对浇筑接缝处的模板拆卸，必须由专业的技工来实施，这意味着我们有必要对其技能进行训练。最后，在整个拆卸过程中，须确保上方压力不会导致过大负担，并且应该采取分散摆放的方式，

以便能在尽可能短的时间里完成搬运工作。

（七）混凝土的养护

在施工中，在结束混凝土的浇筑后，必须科学合理地对混凝土进行相应的养护程序。而在混凝土养护过程中，对混凝土湿度的控制是最为重要的。如果在混凝土的成形阶段前期没有好好把控好湿度，导致混凝土因水分不足而无法常规化的凝固时，混凝土的表面会出现裂纹或裂痕，严重影响工程质量并且还难以修复。需要控制好混凝土表面水分的蒸发，在避免喷淋过度的情况下控制好喷淋所间隔的时间，让施工周期尽量缩短。若施工期在冬季，需要对浇筑后的混凝土实施保温措施，避免受到过冷的温度影响混凝土凝固后的质量，养护周期应尽量大于 15 天以上，在混凝土完全凝固前不可将重物放置在其表面。^[9]

（八）控制好温度应力

由于混合过程中释放出的大量热能主要由水泥所引起，因此为了有效控制土木的内部环境并确保其品质和安全度，可以采用预埋管道的方式向已成型的混凝土内灌输低温和水的组合物——即利用流体的传导作用使之吸收、散发热量的原理达到降温的目的进而减小了构件内的外表与中心之间的差异值提高强度等级的同时也增强了整个系统的稳固性能。^[10]

四、结束语

为了增强土木工程中的混凝土构筑物的施工技巧，必须利用科学的方法和对各种技术的理解来加强其运用效果，同时根据每个具体的项目需求来优化相应的混凝土施工过程，对于施工期间可能遇到的所有混凝土构造难题要做深度的研究，以找到合适的解决方案，依据土木建设的标准，采用有效的建造方法，建立合理的管理策略，最大化地发挥出混凝土结构的优点，力求改进土木建筑的品质与工地的工作效率。

参考文献

- [1] 蔡灿柳. 几种新型混凝土研究现状 [J]. 防护工程, 2009, (5).
- [2] 王凤彪. 浅析土木工程建筑中混凝土结构施工技术 [J]. 城市建筑与发展, 2023. DOI: 10.37155/2717-557x-0404-43.
- [3] 李建波, 李家公. 大体积混凝土结构施工技术在土木工程建筑中的应用探析 [J]. 中国科技期刊数据库 工业 A, 2023(4): 3.
- [4] 马立成, 史庆轩, 王朋, 等. 高强钢筋混凝土柱小偏心受压性能试验研究 [J]. 工程力学, 2022, 41(3): 82.
- [5] 左岩岩, 牛田新, 张幼鹤. 土木工程建筑中混凝土结构的施工技术探究 [J]. 2021.
- [6] 夏瑜. 混凝土结构耐久性加固技术探究 [J]. 四川水泥, 2021(5): 2.
- [7] 刘涛, 孙智慧, 姚锡伟. 基于建筑工程后浇带施工技术探析 [J]. 2021(2019-1): 110-112. 赵怀宇, 李海燕. 土木工程建筑中混凝土结构的施工技术探究 [J]. 环球市场, 2020, 000(007): 298.
- [8] 李冬梅. 探究土木工程建筑中的混凝土结构施工技术 [J]. 建筑·建材·装饰, 2020, 000(003): 112-113.
- [9] 楠肖. 土木工程建筑中混凝土结构的施工技术要点探究 [J]. 工程建设, 2020, 3(4).
- [10] 土木工程结构检测评估探讨 [J]. 陈红领; 马哲. 平顶山工学院学报, 2007(11)73.

劲性混凝土结构梁柱复杂节点施工技术

陆燕春

上海建工四建集团有限公司, 上海 200135

摘 要 : 近些年在工程项目中开始推广使用劲性混凝土结构, 而在劲性混凝土结构施工过程中, 梁柱节点非常复杂, 但是发挥着重要的作用。当遇到劲性柱, 一般无法全部贯通框架结构混凝土梁钢筋, 而在型钢中开孔, 整体结构的安全性又会受到影响, 因此增加了整体施工难度, 很难保证施工质量符合预期目标。本文主要分析了劲性混凝土结构梁柱复杂节点施工技术, 对于实际施工发挥出参考作用, 以顺利完成整体施工任务, 保障整体施工质量, 避免发生任何安全问题。

关 键 词 : 劲性混凝土结构; 梁柱; 复杂节点; 施工技术

Construction Technology of Complex Nodes of Beams and Columns of Stiff Concrete Structures

Lu Yanchun

Shanghai Construction No.4 (Group) Co., Ltd, Shanghai 200135

Abstract : In recent years, the use of strong concrete structure has begun to be promoted in engineering projects, and in the construction process of strong concrete structure, the beam-column node is very complex, but plays an important role. When encountering stiffened column, it is generally not possible to fully penetrate the concrete beam and reinforcement of the frame structure, and in the section steel, the safety of the overall structure will be affected, so the overall construction difficulty is increased, and it is difficult to ensure that the construction quality meets the expected goal. This paper mainly analyzes the construction technology of complex nodes of beam and column of strong concrete structure, which plays a reference role for the actual construction, in order to successfully complete the overall construction tasks, to ensure the overall construction quality, and to avoid any safety problems.

Key words : strong concrete structure; beam and column; complex node; construction technology

当前高层建筑是建筑行业的主体, 逐渐丰富的结构型式, 对于结构性能提出了更高的要求。因为劲性混凝土结构可以节省施工材料的使用量, 同时可以提高界面的刚度, 所以在当前高层建筑施工中广泛使用。劲性混凝土结构具有较高的强度和承载力, 但是不利于衔接普通混凝土结构中的钢筋, 因此需要引起施工单位的重视。在实际施工中, 因为劲性混凝土强度较高, 所以不利于在劲性混凝土结构中贯穿钢筋, 如果采取开孔措施将会增加安全问题。施工单位主要是利用焊接方式联接梁柱节点部位, 但是节点部位的施工工序非常复杂, 需要保障技术水平, 因此必须对劲性混凝土结构梁柱复杂节点施工工序和技术进行严格的控制。

一、工程概况

保利项目的塔楼在17层因建筑造型需要采用移层设置, 整层结构造型类抽屉式外拉。外拉移层较标准层结构最大外挑约9.3m, 内收结构较标准层最大内收约6m。该层结构上下均采用斜柱方式进行过渡, 过渡层上下均设置6层。产生大量由于结构变化产生的技术及施工制约因素, 12F、17F、17MF、23F存在大量劲性构件带来的设计节点难以实施的情况, 以及劲性斜柱以及双斜柱带来的施工难度增加, 导致特殊楼层工效降低。

二、劲性混凝土结构梁柱复杂节点施工技术

(一) 型钢柱预制施工技术

1. 在施工之前, 施工单位和管理部门需要全面分析技术操作

要点, 针对施工中可能会遇到的问题采取针对性的处理措施, 并且将施工样板向施工人员展示, 使其在施工之前做好各项准备工作^[1]。

2. 施工单位和加工商之间需要做好技术交底工作, 精准地掌握型钢尺寸等参数, 完成加工之后需要立即开展检查工作, 确定符合标准之后才可以在施工中利用。

3. 各个构件加工完成之后, 向施工现场顺利运输, 注意安排专业人员跟踪运输过程, 避免在运输过程中损坏构件。

(二) 型钢柱安装

1. 在型钢柱垂直的轴线上放置激光经纬仪, 专人负责对钢柱垂直度进行检查, 如果垂直度存在偏差, 需要对型钢柱的位置进行调整, 确定没有偏差之后才可以停止调整工作^[2]。注意根据周围土建结构设置型钢柱定位控制点, 这样才可以顺利开展后续施工, 保障施工质量。

2.控制套筒质量,制作并且校验型钢柱构件之后,需要精准确定各向钢筋的部位。对柱轴线位置进行检查验收,随后对钢筋套筒的位置进行确定。确定定位没有任何问题之后,可以组合套筒和外圆线,再利用点焊技术对套筒进行固定。技术人员需要检查套筒位置的合理性,确定没有任何问题之后再利用对称施焊方式,利用角焊缝围焊方式连接套筒和型钢钢板。对钢筋套丝长度进行检查,保证套筒和型钢钢板的匹配度,利用扳手紧固钢丝,避免发生漏丝问题,并且对钢筋上丝效果进行验收检查,确定没有任何问题之后才可以继续后续施工。

3.首先绑扎框梁底筋,利用扳手逐个拧紧纵筋,再绑扎绕钢筋柱的钢筋。注意保证钢筋排布的均匀性和对称性,全部安装完毕之后施工单位需要立即检查,确定没有问题再由监理单位验收,验收合格之后可以继续绑扎梁面筋^[3]。绑扎框梁面筋的顺序,首先绑扎套筒部位的钢筋,其次焊接面筋,根据设计方案控制焊接质量。

(三) 浇筑梁柱混凝土

为了避免在施工过程中发生离析和泌水等问题,施工单位需要选用流动性比较好的混凝土材料,同时需要合理配制混凝土,合理降低混凝土材料的水化热,保障整体混凝土结构的强度和耐久性,优化整体施工效果。根据施工方案检查混凝土性能,确定符合标准之后向施工现场运输混凝土,顺利开展后续施工工序。注意根据柱混凝土标号选择浇筑的混凝土,完成柱混凝土振捣施工之后,可以继续浇筑接触接头的梁板混凝土。在正式施工阶段,要求施工方根据施工标准控制混凝土浇筑高度,若立柱与梁的砼为不同的标号,则应采用钢筋网将其与周围的梁板隔开。在钢筋梁砼浇筑时,可以利用立式浇筑方法,即在钢骨单侧上口灌入混凝土,再利用插入式振捣器振捣混凝土。完成浇筑施工之后需要立即养护混凝土,在养护过程中需要严格监控和调整混凝土的温度,避免产生裂缝等质量问题。

三、劲性混凝土结构梁柱复杂节点主要施工措施

1.利用计算机对三维放样进行模拟排布,在排布钢筋的过程中,需要布置贯通筋,合理减少节点焊筋数量,在符合设计方案前提下对钢筋间距合理增加,为焊接施工提供环境,以此保障施工质量,注意绕开钢柱设置钢筋,协调梁柱节点和钢筋排布,提高整体施工的便利性^[4]。

2.利用计算机放样,及时发现排布过密和钢筋冲突等问题。可以利用以下处理措施:①按结构图确定最大间距,在钢梁两端按顺序配置梁柱,并与设计要求相配合,对中间加强筋的间隔进行合理的调控。②在梁适当位置应设穿孔板,并应增设补强钢板。③及时与设计院沟通,对加筋的根数进行合理的调节,并对加筋的高度进行合理的调节。

3.梁柱节点梁钢筋排布原则:沿立柱翼缘方向布置一列加强筋,并将其贯穿于立柱的每一面^[5]。在柱的腹板处,加强筋从穿孔板中穿出,将其余的加强筋布置在柱的两边。将剩下的钢筋及搭肋进行焊接。

4.梁底筋和劲性柱连接节点:在连接过程中选用预焊接法,

即先将钢管混凝土柱上的钢筋与预制好的混凝土梁进行对接,然后再进行混凝土柱的混凝土浇注。

(一) 优化钢筋排布

按常规 RC 梁布置型钢混凝土梁的钢筋,通过钢材的数目要适当地增大,但其建造的困难也随之增大,故应对梁、柱节点钢筋进行优化,使其通过钢材的数目增多,而通过钢材的钢筋数目则要降低^[6]。由于该项目将劲性梁底部筋严密地设置,使得施工场地受到了一定的约束,因此,建设公司必须与设计者取得联络,然后再对梁的断面进行最优的调节,根据受力情况,合理地减小横梁上的支撑筋。

(二) 代换钢筋

如果梁钢筋数量比较少,可以对钢筋排布方式进行优化,避免较多的钢筋穿过钢结构,但是布置了较多的钢筋,如果只是优化钢筋排布方式,不利于达到施工目标,建设单位需与设计者取得联络,采用以大口径钢筋为主的强力替代方法,从而降低了梁的用量,最大限度地发挥了对钢筋穿越钢结构的作用。

(三) 搭筋板和穿筋孔的设置

因为在节点部位布置了较多的钢筋,如果需要错开梁柱交接部位梁筋标高,将会重合钢筋空间位置,还会导致保护层厚度不符合标准,不利于顺利完成施工任务,这就需要对标高进行合理调整,因为无法改变托座和混凝土结构之间的距离,因此需要调整搭筋,同时需要优化穿筋孔的标高,注意补强处理开孔部位,完成焊接工作之后需要做好验收工作。

(四) 连接钢筋和钢骨

连接钢筋和钢骨梁柱的时候,一方面可以焊接搭筋板。另一方面可以将套筒焊接到结构上,用以连接机械。此外可以布置穿筋孔,可以直接穿过钢筋^[7]。因为本工程布置了过密的钢筋,所以利用上述一种方法无法满足施工要求,在连接过程中需要结合上述三种方法。

1. 连接梁筋和钢骨

通常是在托座位置连接钢筋和钢骨柱,直接焊接托座的上下翼缘,将会影响到钢结构截面的强度,因此需要焊接连接托座翼缘外的搭筋板和钢筋。为了顺利密实性地浇筑混凝土,需要合理设计搭筋板和混凝土结构之间的间距,避免影响实际施工。利用焊接方式连接钢筋和搭筋板,可以设置双面角焊缝,注意合理控制焊接长度。连接钢筋和下搭筋板时,可以在下搭筋板上设置套筒,以此顺利开展机械连接工作,套筒属于一种钢结构,利用套筒可以提高仰焊便利性,保证整体施工质量。在另一面的腹板中安装穿筋孔,同时需要设置搭筋板,用以和钢筋进行连接。

2. 柱筋和钢骨连接

由于在该项目中布置了大量的钢筋,所以有必要对支架的翼缘进行贯穿。应按照腹板截面的20%来进行翼板开孔区域的控制,将每个侧面开孔的数目控制在2个^[8]。在支座局部翼缘处不但要有孔,而且要在腹板处也要有配箍孔,并且要按配箍量的大小来确定穿筋孔。

3. 连接拉筋和钢骨

在钢梁的腹板处设置开孔,以满足钢筋穿过钢筋的要求,确

保钢筋间的间距为钢筋的2倍。穿筋洞应沿梁成一朵梅花形排列，以两个配箍间距为两个配箍的间距，每隔一道穿过腹板，将配箍与腹板相连。

4.焊接质量控制

利用双面焊方式，为了提高焊接质量，需要利用二氧化碳半自动气体保护焊。在焊接之前，需要全面清理焊缝部位的杂物和油污等，控制焊接过程中的风速在三级范围内。完成焊接工作之后，监理单位需要验收不同梁柱的节点，确定符合相关标准之后才可以开展下一阶段的施工。

5.控制机械连接质量

由于钢筋的焊接采用了机械式的方法，所以在施工过程中必须严格控制其力学接头的质量。在焊接时，工人要使用管钳扳手将接头旋入套管中心，将钢筋丝板夹在中间。控制接口露出的线不得超过一个，完成安装之后需要对力矩进行拧紧。

四、劲性混凝土结构梁柱复杂节点施工质量控制措施

（一）落实施工样板制

为了保障施工质量，施工单位可以施工样板制度，选择具备代表性的梁柱节点首先施工，以此作为施工样板，并且根据设计方案开展施工，完成施工任务之后，需要验收施工质量，并且作为样板展示出相关参数和步骤等，要求施工单位根据样板标准对相关部位进行施工。

（二）深化设计

核定各项施工参数之后，可以利用CAD制图软件在节点详图上分别标注穿筋孔和翼缘加劲板位置等。随后利用Xsteel软件构件三维模型，在模型中包含有关劲性混凝土结构梁柱复杂节点的

各种信息，可以利用不同的颜色表示出不同的零部件，施工单位可以旋转观察不同的部件，确定钢结构和钢筋的关系，同时可以将钢筋和型钢穿插的位置显示出来。如果位置关系存在冲突，需要对节点详图进行调整，确定没有任何问题之后，可以利用AutoCAD绘制详图，审核相关技术参数没有任何问题之后，可以出具深化设计图。

（三）现场施工质量控制

在进行劲性混凝土梁、柱节点的施工过程中，需要做好以下工作：1.绑扎钢筋之前，要按照工程的具体情况，将钢筋重新排列好，然后才能下料。为了保证工程的施工需要，对非连接节点的钢筋进行了加固处理。2.对施工次序进行优化，即在型钢结构复杂的区域内，按先设置悬挑梁和后设置框架梁筋的方法，逐渐提高安装工作的难度。当钢梁中有多个钢筋的情况下，需要充分考虑到钢筋相互重叠的情况，不能完成单方向的钢筋施工任务之后再绑扎另一方向的钢筋，需要相互配合两个方向的钢筋，这样才可以便利性地控制两个方向的钢筋标高。3.焊缝质量的控制：焊缝是保证焊接质量的重要环节，必须由有资质的专职焊工完成，并采取双面焊接方式，焊缝最短不得少于钢筋直径的5倍，在不能进行双面焊接的情况下，还可以使用单面焊接，并且保证焊缝的长度至少要达到钢筋直径的10倍以上。

结束语：

因为劲性混凝土结构梁柱复杂节点比较复杂，所以提高了技术要求和质量要求，需要结合工程具体情况合理选择施工技术，同时需要加强控制施工质量，避免发生质量和安全问题，顺利完成整体施工任务，保障工程综合效益。

参考文献：

[1]刘明俊. 钢筋混凝土结构偏心夹心梁柱节点低周反复加载抗剪及抗震性能研究[J]. 江西建材, 2023(12):111-113.
[2]于兆广, 丁宏宇, 王竞等. 一种新型混凝土装配式梁柱连接节点的有限元分析[J]. 建筑结构, 2023,53(S2):987-991.
[3]吴载平. 型钢-混凝土组合结构梁柱节点位置钢筋与型钢穿插施工技术分析[J]. 江西建材, 2023(10):307-309+317.
[4]王珂. 装配式混凝土框架结构梁柱节点的抗震性能研究[J]. 混凝土世界, 2023(06):81-84.
[5]陶飞羽, 刘耀宁. 装配式混凝土结构梁柱节点力学性能研究[J]. 中国建筑金属结构, 2023,22(05):16-18.
[6]李德. 型钢混凝土结构梁柱节点钢筋绑扎偏差控制对策分析[J]. 四川水泥, 2023(04):196-197+200.
[7]吴保强. 型钢混凝土组合结构梁柱节点抗震性能有限元分析[J]. 建筑科技, 2022,6(04):34-38.
[8]段雷, 王春瑞, 李显晓等. 型钢混凝土组合结构的梁柱节点施工质量控制[J]. 建筑技术, 2022,53(08):1008-1010.

某海上油田柱塞泵结垢机理以及防治方法

郭云冠*

中海石油（中国）有限公司湛江分公司，广东 湛江 524057

摘 要： 在海上某油田的脱水系统调试中，遇到了柱塞泵运行不稳定、过滤器频繁堵塞和严重结垢等问题，这些问题影响了生产效率和安全生产。通过深入分析了结垢原因，包括原油矿物质、微生物活动和工艺流程，并评估了现有工艺的不足，如过滤效率和化学物质使用。采取了一系列解决方案，包括改进过滤器设计以减少堵塞，调整工艺参数降低结垢风险，以及引入新的化学添加剂抑制垢形成。同时，加强了设备维护和清洗，确保关键部件清洁和良好运行。这些措施显著提升了柱塞泵的稳定性和可靠性，有效控制了堵塞和结垢问题，提高了脱水系统的效率和安全性，为油田的持续生产提供了坚实保障。

关 键 词： 脱水系统；柱塞泵；油泥；结垢；阻垢剂

Scaling Mechanism and Prevention Method of Plunger Pump in an Offshore oil Field

Guo Yunguan*

CNOOC (China) Co., Ltd. Zhanjiang Branch, Zhanjiang, Guangdong 524057

Abstract： During the commissioning of the dewatering system in an offshore oil field, some problems such as unstable operation of the plunger pump, frequent filter blockage and serious scaling are encountered, which affect the production efficiency and safety. Through in-depth analysis of scaling causes, including crude oil minerals, microbial activities and process flows, and assessment of deficiencies in existing processes such as filtration efficiency and chemical use. A range of solutions were adopted, including improved filter design to reduce blockage, adjusting process parameters to reduce the risk of scaling, and the introduction of new chemical additives to inhibit scale formation. At the same time, the equipment maintenance and cleaning are strengthened to ensure the clean and good operation of the key components. These measures significantly improve the stability of the plunger pump, effectively control the blockage and scaling problems, improve the efficiency and safety of the dewatering system, and provide a solid guarantee for the continuous production of the oil field.

Key words： dewatering system; plunger pump; sludge; scaling; scale inhibitor

一、引言

在油田生产过程中，结垢问题是一个普遍且复杂的现象，它不仅影响油田的产量和效率，还可能导致设备故障，增加维护成本。随着油田开发的深入，尤其是在一些老油田，结垢问题变得更加突出。当前，全球油田行业正面临着提高采收率、延长油田寿命的挑战，而结垢问题的解决对于实现这些目标至关重要。

在行业现状方面，油田运营商越来越重视结垢问题的预防和治理。他们投入大量资源进行研究，以更好地理解结垢的成因和机理。这包括对井液中矿物质成分的分析、沉积物的物理化学特性研究，以及垢层与设备材料相互作用的研究。通过这些研究，行业已经开发出了一系列化学药剂和物理方法来应对结垢问题。

化学药剂方面，除了传统的酸化剂和分散剂，新型的生物酶制剂和纳米技术也被应用于结垢的防治。这些新型药剂旨在更安全、更有效地清除垢层，同时减少对环境的影响。物理清洗技术也在不断进步，如激光清洗、超声波清洗等，这些技术提供了更

精细的清洗能力，减少了对设备的损害。

在设备设计方面，油田设备制造商正在开发更耐腐蚀、更易于清洁的泵和管道系统。这些设备通常采用特殊涂层或合金材料，以提高其抗结垢性能。同时，智能化监测系统也被引入油田管理中，这些系统可以实时监测设备的运行状态，及时发现结垢迹象，并自动调整操作参数，以预防结垢的发生。

然而，尽管行业在结垢防治方面取得了一定的进展，但结垢问题仍然是一个难以完全解决的挑战。这主要是因为油田环境的复杂性，以及不同油田地质条件的差异。因此，油田运营商需要根据具体情况，制定个性化的结垢防治策略。

二、柱塞泵结垢的机理

油田柱塞泵结垢的机理主要涉及物理和化学过程，这些过程受到多种因素的影响，包括流体成分、温度、压力、流速等。以下是油田柱塞泵结垢机理的主要方面^[1]：

* 郭云冠（1980—），男，籍贯：广东湛江，民族：汉族，职称：工程师，学历：本科，研究方向：海洋油气开采与工艺处理

1. 流体成分：油田流体中含有各种溶解的矿物质，如钙、镁、钡、硫酸盐等。当这些矿物质的浓度超过其在特定温度和压力下的溶解度时，它们会从流体中沉淀出来，形成垢层。

2. 温度和压力变化：油田流体在从地下抽取到地面的过程中，会经历温度和压力的变化。这些变化可能超过某些矿物质的溶解度，导致沉淀和结垢。

3. 流速变化：在柱塞泵的进出口处，流速的变化可能导致流体中悬浮的固体颗粒沉积。在泵的低压区域，流速减慢，使得颗粒有更多的机会沉积在泵的内部表面。

4. 流体混合：原油与其他流体（如水、酸性液体等）混合时，可能会发生化学反应，生成不溶于油的沉淀物，这些沉淀物会附着在泵的内部表面，形成垢层。

5. 腐蚀和沉积物：油田流体中的腐蚀性物质（如硫化氢、二氧化碳等）可能会腐蚀泵的材料，导致金属颗粒脱落并沉积在泵内部，形成垢层。

6. 微生物活动：油田水中的微生物（如硫酸盐还原菌）可能会产生硫化物，这些硫化物与金属离子反应，形成硫化物垢。

7. 物理沉积：油田流体中的固体颗粒（如砂粒、泥沙等）在泵的内部流动时，可能会因为物理作用而沉积在泵的表面。

总之，油田柱塞泵出口容易结垢是由于输送流体中的流体成分、温度和压力变化、流速变化、流体混合、腐蚀和沉积物、微生物活动和物理沉积等因素共同作用所致。这些因素会促使杂质在柱塞杆、泵出口处沉积和结晶，形成结垢现象。

三、柱塞泵结垢的影响

油田柱塞泵作为油田生产中的关键设备，其正常运行对油田的稳定产出至关重要。然而，结垢现象普遍存在于油田的开采过程中，它不仅影响泵的性能，还可能对整个油田的生产效率和经济效益产生深远的影响。

首先，结垢会显著降低柱塞泵的效率。泵内部的结垢物质会堵塞出口或内部通道，阻碍流体的正常流动。这种阻碍作用导致泵的排量减小，扬程降低，从而直接影响油田的产能和生产效果。泵效率的下降意味着在相同的工作条件下，泵无法达到设计的生产能力，这可能导致油田产量下降，影响油田的整体经济效益。

其次，为了克服结垢带来的阻力，泵需要消耗更多的能量来维持正常的流量和压力。这不仅增加了泵的能耗，还可能导致设备过载，长期过载运行会加速泵的磨损，缩短其使用寿命。此外，增加的运行压力还可能对泵的密封系统造成压力，增加泄漏的风险，进一步影响泵的可靠性。

结垢还会导致泵的维修和更换频率增加。结垢物质对泵内部的零部件和密封件造成磨损，尤其是在高压和高温的工作环境下，这种磨损更为严重。频繁的维修不仅增加了维护成本，还可能导致生产中断，影响油田的正常运营。在某些情况下，为了彻底解决问题，可能需要更换整个泵，这将带来更高的成本。

此外，结垢还可能影响油品的质量。结垢物质可能会脱落，

随着流体进入下游的管道和设备，导致油品中夹杂有杂质和颗粒物。这些杂质不仅影响油品的商业价值，还可能对下游的炼油和化工过程造成干扰，增加后续处理的难度和成本。

四、油泥对结垢造成的影响

在油田的生产过程中，输送流体中的油泥是一个不容忽视的问题^[2]。油泥主要由颗粒物、粘土、腐蚀产物、微生物代谢物以及其他有机物质组成，它们在泵体内部的沉积和堵塞会加速结垢的形成和积累。油泥的粘性和黏附性使其更容易附着在泵体内部的壁面上，这种附着作用不仅阻碍了流体的正常流动，还会导致泵的出口流量和扬程降低，严重时甚至可能造成设备堵塞和停机。

油泥中的颗粒物在流动过程中与泵体内部的金属零件发生摩擦，这种摩擦会加速泵的磨损。长期运行下，磨损不仅会导致泵的性能下降，还会削弱密封性能，从而增加维护和更换的成本。此外，油泥中的颗粒物在流体中随泵流动，可能会使油品中夹杂有杂质和颗粒物，这不仅影响油品的商业价值，还可能对下游的炼油和化工过程造成干扰，增加后续处理的难度和成本。

由于油泥增加了流体的黏性和阻力，泵在输送含油泥的流体时需要更大的力和压力来克服油泥对泵的阻碍。这不仅会增加泵的能耗和运行压力，降低泵的效率，还可能导致泵的过载运行，增加故障发生的风险。长期过载运行不仅会缩短泵的使用寿命，还可能引发安全事故，对油田的生产安全构成威胁。

为了应对油泥对柱塞泵结垢的影响，油田运营商需要采取一系列预防和控制措施。首先，可以在泵的入口处增加沉积物的过滤装置，以减少进入泵体的颗粒物。这种过滤装置可以有效地拦截大颗粒的固体杂质，减少油泥在泵体内的积累。

其次，定期清洗和维护泵是控制结垢的关键。通过定期的清洗，可以去除泵体内部的油泥和结垢，减少堵塞的风险。同时，定期的维护可以检查泵的磨损情况，及时更换磨损严重的部件，保持泵的良好运行状态。

此外，还可以通过优化泵的操作参数来减少油泥对泵的影响。例如，调整泵的运行速度和压力，以适应含油泥流体的特性，减少油泥在泵体内的沉积。同时，可以通过改进泵的设计，如采用更耐磨的材料和更合理的内部结构，来提高泵对油泥的抵抗能力。

五、阻垢剂的作用机理

阻垢剂的反应机理能在常温 and 很宽的 PH 值条件范围内，与生产水中的 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 Ba^{2+} 等离子进行化学反应，并在短时间内迅速生成不溶性、低含水量、容易过滤去除的絮状沉淀，从而达到从水中去除重金属离子^[3]。

阻垢剂主要包括一些天然分散剂、膦酸、膦羧酸及膦磺酸和高分子聚合物等^[4]，油田目前使用的绝大多数阻垢分散剂是高分子聚合物。它们能分散水中的难溶性无机盐、阻止或干扰难溶无机盐的沉积、结垢。阻垢剂作用概括起来主要是以下四个方面：

1. 螯合增溶

阻垢剂在水中溶解后会发生电离现象，这样会有带负电性的分子链产生，这种分子链可以与水中的钙离子进行还原作用，生成可以溶解在水中的螯合物或者是络合物，从将水垢溶解下来起到去除水垢的作用。

2. 凝聚分散

阻垢剂在水中解离时产生的阴离子与碳酸钙微晶的碰撞，发生物理和化学吸附凝聚现象，使微晶双电层的表面带负电，当吸附的产物与其它抑垢剂分子接触时，吸附的晶体转移并且晶粒均匀分散，分散的结果是防止水垢形成颗粒之间的相互接触和凝结，从而其防止水垢生长的作用。

3. 静电斥力

阻垢剂通过其分子官能团在微晶上占据了一定的地位破坏了生长，减慢了晶体的生长速度，增加了晶体之间的斥力，阻止它们聚合，从而起到阻垢作用。

4. 晶体畸变

当水处理系统的硬度、碱度较高时，所投入的阻垢剂不足以完全阻止它们析出的时候，则其被析出。如果没有分散阻垢剂的存在，垢的生长将服从晶体生长的一般规律^[5]，所形成的垢坚固地附着在热交换器表面上；如果有足量的分散阻垢剂的存在，则被吸附、包围，这阻止了成垢粒子在其规则的晶格点阵上排列，从而使所生成的污垢松软、易被水流的冲刷而带走，最后达到了阻垢作用^[8]。

六、柱塞泵结垢的防治方法

针对油田柱塞泵结垢问题，可以采取一系列综合性防治措施，以确保泵的正常运行和延长其使用寿命^[6]。以下是一些有效的防治策略：

1. 定期清洗与维护：建立定期清洗计划，对柱塞泵进行彻底的内部清洁，以去除积累的垢层^[7]。这不仅有助于及时发现结垢问题，还能防止垢层的进一步积累。同时，定期维护可以确保泵的各个部件正常工作，减少因结垢导致的性能下降。

2. 调整泵出口压力：适当增加泵出口的压力，可以提高流体的流速，从而减少颗粒物质在泵内部的沉积。这种方法有助于减少结垢物质的附着，但需注意不要超过泵的设计压力，以免造成

设备损坏。

3. 控制流体温度：通过精确控制流体的温度，可以避免因温度波动导致的结垢物质沉淀。温度的稳定有助于维持流体的化学稳定性，减少结垢的可能性。

4. 应用阻垢剂：在泵的吸入口添加专用的阻垢剂，可以有效抑制结垢物质的形成。阻垢剂能够与流体中的矿物质反应，改变其溶解度，从而减少沉积和结垢^[9]。

5. 采用超声波清洗技术：超声波清洗利用高频声波产生的空化效应，能够深入泵体内部，有效破碎和去除结垢。这种方法清洁效率高，对设备损伤小，适用于难以触及的区域。

6. 优化工艺参数：通过调整油田生产的工艺参数，如流速、温度、压力等，可以减少结垢物质的生成。例如，通过调整泵的运行参数，可以避免在泵内部产生低压区，这些区域通常是结垢的高发区。

7. 使用高效过滤系统：在泵的入口处安装高效的过滤系统，可以拦截固体颗粒，减少这些颗粒在泵内部的沉积。这有助于保持流体的清洁，降低结垢的风险。

8. 材料选择与表面处理：选择抗腐蚀和抗结垢的材料来制造泵的部件，或者对泵的内部表面进行特殊处理，如涂层或硬化，以提高其抗结垢性能^[9]。

9. 监测与预警系统：安装结垢监测设备，实时监控泵的运行状态，一旦发现结垢迹象，立即进行处理。这样可以避免结垢问题恶化，减少对生产的影响^[10]。

通过上述措施的综合应用，可以有效地控制油田柱塞泵的结垢问题，提高泵的运行效率，降低维护成本，确保油田生产的连续性和稳定性。

七、结语

柱塞泵作为油田脱水系统的重要附属设备，承担着脱水系统回流到闭排罐的污油的外输任务，其重要性不言而喻。柱塞泵运行不稳定直接威胁着脱水系统的投用，若柱塞泵故障引发脱水系统瘫痪，势必需要限制油井的产出以避免海管超压。经过上述措施和改造的实施，实现了油田柱塞泵的的稳定运行。给海上油田脱水系统柱塞泵的同类问题的解决提供了思路，值得借鉴。

参考文献：

- [1] 陈远谋. 涪西南油田结垢机理及除垢工艺研究 [D]. 西南石油大学, 2015.
- [2] 陈振仁. 浅海输油管道堵塞油泥柱力学分析及解堵工艺研究 [D]. 东北石油大学, 2019.
- [3] 张巧玲, 赖川. 阻垢剂作用机理研究进展 [J]. 四川文理学院学报, 2020, 30(02): 18-23.
- [4] 王玉江, 方洪波, 姚明修. 碳酸钙阻垢剂研究进展及阻垢作用机理 [J]. 应用化工, 2021, 50(12): 3430-3435. DOI: 10.16581/j.cnki.issn1671-3206.2021.12.017.
- [5] 张颖, 赵璐, 程艳等. 海上某油田 FPSO 工艺系统内结垢成因初探 [J]. 石油化工安全环保技术, 2022, 38(02): 18-21+44+5-6.
- [6] 周军, 李鹤, 闫明明等. 油田注水往复泵泵阀失效及改进措施 [J]. 设备管理与维修, 2022, No.532(23): 83-84. DOI: 10.16621/j.cnki.issn1001-0599.2022.12.34.
- [7] 海上平台升降液压缸故障与技术参数优化 [J]. 高常军; 李预宾; 陈伟; 顾志超. 海洋石油, 2022.
- [8] 聚合物阻垢机理的分子动力学模拟研究 [J]. 王世燕; 张军; 卢贵武. 中国石油大学学报 (自然科学版), 2007(05).
- [9] 水溶性聚合物与方解石晶体相互作用的 MD 模拟 [J]. 张曙光, 石文艳, 雷武, 夏明珠, 王风云. 物理化学学报, 2005(11).
- [10] 聚天冬氨酸对 CaCO₃ 的阻垢作用及其分子动力学模拟 [J]. 韶晖; 周胤; 王雅; 冷一欣; 钟璟. 石油学报 (石油加工), 2015(05).

航站区综合管廊智能化系统应用

唐琳

重庆江北国际机场有限公司, 重庆 401120

摘要： 随着科技的快速发展和城市化进程的加速，综合管廊智能化系统的应用已经成为城市基础设施建设的趋势。航站区作为城市的重要交通枢纽，其综合管廊智能化系统的应用更是至关重要。基于此，本文以某航站区建设为例，分析了其综合管廊智能化系统设计，以期对相关智能化系统研究提供参考和借鉴。

关键词： 航站区；综合管廊；智能化系统

Application of Intelligent System for Comprehensive Pipeline Corridor in Terminal Area

Tang Lin

Chongqing Jiangbei International Airport Co., Ltd, Chongqing 401120

Abstract： With the rapid development of science and technology and the acceleration of urbanization, the application of comprehensive pipeline corridor intelligent system has become the trend of urban infrastructure construction. As an important transportation hub of the city, the application of comprehensive pipeline corridor intelligent system is even more crucial. Based on this, this paper takes the construction of a terminal area as an example and analyzes the design of its comprehensive pipeline corridor intelligent system, with a view to providing reference and reference for the research of related intelligent system.

Key words： terminal area; comprehensive pipe corridor; intelligent system

引言

航站区综合管廊智能化系统是在现代科技不断发展的背景下应运而生的。它通过集成各种智能化技术和设备，实现了对航站区综合管廊的全面监控和管理，提高了运营效率和管理水平。同时，该系统还能够有效保障航站区的安全稳定运行和便捷高效服务。因此，航站区综合管廊智能化系统的应用对于现代城市的发展具有重要意义^[1,2]。然而，当前航站区综合管廊智能化系统的应用还存在一些问题。例如，系统的稳定性、可靠性和安全性等方面还需要进一步提升；各种智能化设备之间的信息交互和共享还需要进一步优化等。因此，对航站区综合管廊智能化系统的应用进行深入研究和分析，对于提高系统的性能和效率具有重要意义。

一、工程概况

本工程位于某国际机场航站区，综合管廊涵盖了电力、通信、给水、排水等多种管道系统，总长度超过10公里。管廊采用先进的钢筋混凝土结构，设计使用寿命长达50年。智能化系统将应用于管廊的规划、设计、施工、运营、维护和管理等全过程。

二、航站区综合管廊智能化基础系统

（一）机房设置

1. 机房设置原则

机房在设置时，必须满足以下原则。首先，应满足综合管廊

智能化系统的功能需求，包括数据采集、处理、传输、存储以及设备监控等；其次，机房设置应考虑到未来系统扩展的需求，如增加设备、扩大存储容量等；同时，机房的位置应便于设备的日常维护和应急处理；应具备必要的安全措施，如防火、防盗、防静电等；应采用环保材料建设，同时考虑节能设计，如采用节能型设备和绿色电源等。

2. 机房布局与设备配置

（1）机房布局

机房应分为设备区、工作区和管理区。设备区主要放置服务器、网络设备等核心设备；工作区为员工提供工作台和会议桌等；管理区则用于值班管理和应急指挥。

（2）设备配置

根据综合管廊智能化系统的需求，机房应配置高性能服务器、存储设备、网络设备等。同时，为了保障系统的可靠性，关键设备应进行备份和冗余设计。

3. 机房电力与环境控制

（1）电力供应

机房应配备稳定的电力供应，包括 UPS 不间断电源和备用发电机组，以确保系统在断电情况下仍能正常运行。

（2）环境控制

机房应安装温度、湿度和空气质量监测设备，并配备空调系统以保持适宜的温度和湿度。同时，为了防止静电和灰尘的影响，机房应铺设防静电地板并保持空气清洁。

4. 安全与防护措施

（1）防火措施：机房应配备自动灭火系统和火灾报警系统，并使用防火建筑材料以确保火灾情况下设备的安全。

（2）防盗措施：机房应安装监控摄像头和门禁系统，并进行定期巡查以防止设备被盗。

（3）防静电措施：机房地面应铺设防静电地板，工作人员应穿戴防静电服装和手套以防止静电对设备的影响。

（4）网络安全：机房应部署防火墙、入侵检测系统等网络安全设备以保护系统的安全性免受外部攻击。同时，应定期进行网络安全审计和漏洞扫描以确保系统的安全性。

（二）基础网络系统

1. 基础网络系统架构设计

（1）核心层

该层主要负责高速数据传输，连接各个汇聚层设备，并与其他网络核心层设备进行通信。核心层设备应具备较高的包转发能力和多业务支持能力^[3]。

（2）汇聚层

该层主要负责将接入层的数据汇总并传输至核心层，同时具备流量控制、安全控制等功能。汇聚层设备应具备较高的数据吞吐量和多业务处理能力。

（3）接入层

该层负责将传感器、摄像头等设备的数据接入网络，并进行初步的数据处理和转发。接入层设备应具备灵活的接入能力和实时数据处理能力。

2. 基础网络系统功能设计

（1）数据传输：基础网络系统应具备高效的数据传输能力，包括实时数据、监控视频等数据的传输。同时，应采用稳定可靠的通信协议以保证数据传输的可靠性和稳定性。

（2）设备管理：基础网络系统应具备设备管理功能，包括设备的配置、监控、故障排除等。通过该功能，管理员可以方便地对网络设备进行管理和维护。

（3）网络安全：基础网络系统应具备较高的网络安全性能，包括防火墙、入侵检测、数据加密等功能。同时，应定期进行网络安全审计和漏洞扫描以确保系统的安全性。

（4）多业务支持：基础网络系统应具备支持多种业务的能力，

包括数据传输、视频监控、语音通信等。通过多业务支持，可以有效地提高网络的利用率和效率。

（5）可扩展性：基础网络系统应具备可扩展性，以便在未来能够支持更多的设备和业务。同时，应考虑网络设备的可替换性和升级性，以确保系统的可持续性。

（三）有线通信系统

1. 通信网络架构

在综合管廊内部设置一个有线通信网络，包括网络交换机、路由器、网线、光纤等设备。该网络应具备高带宽、低延迟的特点，以满足数据传输的需求。

2. 信息传输

通过有线通信网络，可以实现综合管廊内部及周边区域的信息传输，包括数据、语音、视频等。同时，该网络还可以接入其他智能化系统，如安防、监控、楼宇自控等。

3. 接口与协议

有线通信网络应具备开放的接口和协议，以便于与其他系统进行互联互通。同时，还应支持常用的网络协议和标准，如 TCP/IP、HTTP、FTP 等。

（四）无线通信系统

1. 无线覆盖规划

在综合管廊内部及周边区域实现无线信号的全覆盖，包括但不限于 2G、3G、4G、5G 等移动通信网络和 Wi-Fi、蓝牙等无线局域网技术^[4]。

2. 无线设备选型

选择合适的无线设备，包括无线路由器、无线交换机、无线网卡等，以满足综合管廊内部的无线通信需求。

3. 移动应用开发

针对综合管廊的实际情况，开发适用于移动设备的无线通信应用。该应用应支持多种操作系统和平台，如 iOS、Android、Windows 等。

4. 安全性

无线通信系统应具备较高的安全性，包括数据加密、访问控制、防止非法接入等功能。同时，还应采用适当的加密技术和安全协议，以确保数据的机密性和完整性。

（五）安防系统

1. 视频监控系统

（1）视频监控系统架构设计

①前端设备：在综合管廊的关键位置设置高清摄像头、红外传感器等前端设备，实现对管廊内部的实时监控和数据采集。前端设备应具备高清图像采集、夜视功能和良好的稳定性。

②数据传输网络：构建一个覆盖航站区综合管廊的视频监控网络，实现数据的实时传输和共享。该网络应具备高带宽、低延迟和可靠性高的特点。

③监控中心：设立一个监控中心（或联合席位），集中管理和监控视频监控系统。监控中心应配备大屏幕显示设备、录像回放和存储设备等^[5]。

（2）视频监控系统功能设计

①高清视频监控：通过前端设备的高清摄像头，实时采集管廊内部的视频图像，并传输到监控中心。监控中心可以实时观看监控画面，并进行录像和回放。

②夜视功能：前端设备应具备夜视功能，能够在黑暗环境下清晰地捕捉管廊内部的视频图像。

③移动检测与报警：通过视频监控系统，监控中心应能实现移动检测功能，当有人员或物体进入监控区域时，系统能够自动检测并发出报警信息^[6,7]。

④录像存储与查询：视频监控系统应具备录像存储和查询功能，可以将监控画面的录像存储在本地或云端，方便后续查询和分析。

⑤多画面显示：监控中心应能同时显示多个监控画面的视频图像，以便于管理人员全面掌握管廊内部的情况^[8]。

⑥远程控制功能：监控中心可以通过控制系统实现对前端设备的远程控制，包括调整摄像头的角度、亮度等。

⑦智能分析功能：通过人工智能技术，视频监控系统可以对采集到的视频图像进行分析，提取有价值的信息，如人数统计、行为分析等。这将有助于提高管廊运营的效率和安全性。

2. 防入侵监测系统

（1）防入侵监测系统架构设计

①前端设备：在综合管廊及周边区域的关键位置设置红外传感器、摄像头等前端设备，实现对管廊内部及周边区域的实时监测和数据采集。前端设备应具备较高的灵敏度和可靠性^[9,10]。

②数据传输网络：构建一个覆盖航站区综合管廊及周边区域的防入侵监测网络，实现数据的实时传输和共享。该网络应具备高带宽、低延迟和可靠性高的特点。

③监控中心：设立一个监控中心（或联合席位），集中管理和监控防入侵监测系统。监控中心应配备大屏幕显示设备、报警装置等。

（2）防入侵监测系统功能设计

①入侵检测功能：通过前端设备对管廊及周边区域进行实时监测，一旦发现异常行为或入侵事件，系统应立即触发报警装置，发出警报信息。

②移动检测功能：前端设备应具备移动检测功能，能够在一定区域内实时监测是否有物体或人员移动。一旦检测到移动，系统应立即进行报警。

③视频监控功能：通过摄像头等前端设备，防入侵监测系统应能实时采集管廊及周边区域的视频图像，并传输到监控中心。监控中心可以实时观看监控画面，并进行录像和回放^[11]。

④报警联动功能：当发生入侵事件时，防入侵监测系统应能自动联动其他安全设备，如灯光、门禁等，以实现快速响应和处置。

3. 门禁系统

（1）门禁系统架构设计

①门禁控制器：在综合管廊的关键位置设置门禁控制器，实现对各个出入口的实时监控和控制。门禁控制器应具备与监控中

心进行数据传输和通信的功能。

②读卡器与门锁：在出入口处设置读卡器和门锁，读卡器用于读取进出人员的身份信息，门锁用于控制出入口的开关。读卡器和门锁应具备较高的稳定性和安全性。

③监控中心：设立一个监控中心（或联合席位），集中管理和监控门禁系统。监控中心应配备大屏幕显示设备、报警装置等。

（2）门禁系统功能设计

①人员进出管理：门禁系统应对进出人员进行身份验证，只有合法的人员才能进出综合管廊。同时，系统应具备进出记录和查询功能，以便于追踪和管理进出人员。

②门锁控制：门禁系统应对各个出入口进行远程控制，包括开关门、锁定等操作。系统还应具备紧急开门功能，以便在紧急情况下快速打开出入口。

③报警功能：当发生异常情况，如非法闯入、门未关闭等，门禁系统应能自动触发报警装置，发出警报信息。同时，系统还应具备与其他安全设备联动的功能，以实现快速响应和处置。

（六）通风系统

1. 通风系统架构设计

（1）送排风系统：在综合管廊内部设置送风系统和排风系统，实现空气的流通和循环。送风系统包括送风口、送风机等设备，排风系统包括排风口、排风机等设备^[12,13]。

（2）空气处理设备：在送排风系统中设置空气处理设备，如空气过滤器、新风处理器、湿膜加湿器等，以实现空气的过滤、净化、加湿等功能。

（3）监控中心：设立一个监控中心（或联合席位），集中管理和监控通风系统。监控中心应配备大屏幕显示设备、报警装置等。

2. 通风系统功能设计

（1）空气流通功能：通过送风系统和排风系统，通风系统应能实现管廊内部的空气流通和循环，确保空气的新鲜度和适宜的温度和湿度。

（2）空气净化功能：通过空气处理设备，通风系统应能对管廊内部的空气进行过滤和净化，去除有害物质和异味，保障空气的质量。

（3）加湿与除湿功能：根据管廊内部的湿度情况，通风系统应能通过湿膜加湿器等设备进行加湿，或通过除湿设备进行除湿，以保持适宜的湿度环境。

（4）温度调节功能：通过送排风系统和空气处理设备，通风系统应能对管廊内部的温度进行调节，实现在不同季节和环境下保持适宜的温度。

（5）报警功能：当发生异常情况，如送排风设备故障、空气质量超标等，通风系统应能自动触发报警装置，发出警报信息。同时，系统还应具备与其他安全设备联动的功能，以实现快速响应和处置^[14,15]。

（6）节能环保：在设计通风系统时，应考虑采用节能环保的技术和设备，如高效节能风机、能源回收技术等，以降低系统的能耗和环境影响。

三、结语

航站区综合管廊智能化系统的应用是城市基础设施建设中的一项重要创新。未来，航站区综合管廊智能化系统的应用将朝着

更加智能化、自动化和可持续化的方向发展，将发挥更加重要的作用。通过不断地技术创新和应用优化，相信，这一系统将成为推动城市发展的重要力量之一。

参考文献

[1]刘钊,陈伟利. 城市综合管廊火灾监测与报警系统设计研究 [J]. 电器工业, 2023(11):40-43.

[2]李肖华,孙建波,贺凤春等. 双仓综合管廊结构设计优化研究 [J]. 科学技术创新, 2023(21):185-188.

[3]李朝栋,孟冰,何赫. 综合管廊智能监控报警与运维管理系统设计 [J]. 智能建筑, 2019(01):65-71.

[4]马博辉,郑小立,张亮. 综合管廊智能运维关键技术分析与应用探究 [J]. 科学技术创新, 2020(34):75-76.

[5]樊东琦. 航站区综合管廊智能化系统应用 [J]. 江西建材, 2022,(06):268-270.

[6]刘念. 雄安新区综合管廊智能化系统设计应用分析 [J]. 智能建筑, 2021(12):28-32.

[7]李朝栋,孟冰,何赫. 综合管廊智能监控报警与运维管理系统设计 [J]. 智能建筑, 2019(01):65-71.

[8]薛标,邵伟芳,林章等. 基于 BIM/GIS 的综合管廊智能运维管理系统设计 [J]. 智能城市, 2021,7(20):69-70.

[9]季文献,蒋雄红. 综合管廊智能监控系统设计 [J]. 信息系统工程, 2014(12):103-105.

[10]季文献,厉小润,王晶. 基于传感器信息融合技术的智能隧道监控系统 [J]. 有色冶金设计与研究, 2011,32(Z1):141-144.

[11]赵欣,吴喻西. 城市综合管廊智能化管理系统建设方案研究 [J]. 智能建筑, 2021(12):33-35.

[12]葛丰源. 城市综合管廊通风系统的设计研究 [J]. 中国设备工程, 2020(20):193-194.

[13]徐诚,姜超,吴靖云. 城市地下综合管廊通风设计探讨 [J]. 工程技术研究, 2020,5(18):209-210.

[14]杨冬梅,孟庆宇. 地下综合管廊通风系统设计探讨 [J]. 暖通空调, 2022,52(04):104-107.

[15]张志宇,刘振晓,李科. 谈综合管廊通风系统设计及控制策略 [J]. 山西建筑, 2022,48(04):114-116.

电气项目中闸门与泵站的自动化控制系统设计与实现

汪洋

景德镇市水利规划设计院, 江西 景德镇 333000

摘要： 在电气工程领域，实施自动化控制系统尤为关键，尤其是在闸门与泵站的管理中。安全性和可靠性的增强，以及能源和成本的节约，是这一过程的核心目标。然而，这一过程并非无挑战。技术整合的复杂性、系统稳定性和兼容性的需求，以及在不同环境下保持耐久性和适应性，都是设计过程中必须解决的问题。此外，安全隐患和有效的应急响应措施也是关键考虑因素。应对这些挑战，需要采用创新技术和材料，强化系统集成和测试，以及实施有效的维护和升级策略。此外，加强操作人员的培训和管理对于保证系统长期稳定运行至关重要。

关键词： 电气项目；闸门与泵站；自动化控制系统；设计与实现

Design and Implementation of Automatic Control System for Gate and Pump Station in Electrical Project

Wang Yang

Jingdezhen Water Conservancy Planning and Design Institute, Jiangxi, Jingdezhen 333000

Abstract： In the field of electrical engineering, the implementation of automation control systems is particularly critical, especially in the management of gates and pumping stations. Enhanced safety and reliability, as well as energy and cost savings, are the core objectives of this process. However, the process is not without challenges. The complexity of technology integration, the need for system stability and compatibility, and maintaining durability and adaptability in different environments are all issues that must be addressed during the design process. In addition, safety hazards and effective emergency response measures are key considerations. Addressing these challenges requires the adoption of innovative technologies and materials, enhanced system integration and testing, and the implementation of effective maintenance and upgrade strategies. In addition, enhanced operator training and management is critical to ensure long-term stable system operation.

Key words： electrical projects; gates and pumping stations; automated control systems; design and implementation

一、引言

在当前电气工程领域，特别是闸门与泵站管理方面，自动化控制系统的应用日益成为关键的趋势。这种转变不仅是技术进步的体现，也是应对日益增加的环境挑战和经济效益追求的必然结果。随着技术的发展和应用需求的变化，自动化系统在提高工程效率和安全性方面发挥着越来越重要的作用。它不仅关系到能源的有效利用，还涉及长期运营成本的节约。尽管如此，实现这些目标并非毫无挑战。因此，了解这些系统的关键设计要素、面临的主要问题，以及解决这些问题的有效措施，对于工程项目的成功至关重要。通过深入探讨这些方面，可以为电气工程领域的自动化控制系统提供更全面、更有效的应用视角。

二、闸门与泵站自动化控制系统设计的重要性

（一）提升操作效率和精确性

在电气项目中，闸门与泵站自动化控制系统的核心重要性之一是显著提升操作效率和精确性。采用自动化控制系统，可以

实现对复杂流程的高精度管理，减少人为操作的不确定性和错误^[1]。例如，在水流量和水位控制方面，自动化系统可实现高达 $\pm 0.1\%$ 的控制精度，相比于传统手动操作的 $\pm 5\%$ 误差率，提高了显著。这一精确性在防洪、灌溉及工业用水管理等关键应用中尤为重要。同时，自动化系统通过实时数据处理和响应，大幅度提高了操作响应速度，从而优化整体工作流程。数据表明，自动化控制可以将闸门和泵站的反应时间缩短至几秒钟，相较于传统手动操作的数分钟或更长时间，效率提升显著。这种效率和精确性的提升，对于确保闸门与泵站运行的顺畅、准确和安全至关重要，特别是在应对紧急情况时。

（二）增强系统安全性和可靠性

自动化控制系统的另一重要性在于极大增强了闸门与泵站系统的安全性和可靠性。自动化系统通过集成先进的监控技术和自动诊断功能，能够实时监测系统运行状态，及时发现并响应潜在的风险，从而预防事故的发生。例如，在检测到关键参数异常时，系统可以自动调整或关闭设备，避免损害和事故。自动化系统还具备冗余设计，即使部分系统组件发生故障，系统仍可维持基本运行，保障连续稳定的操作^[2]。统计数据显示，引入自动化

控制后，闸门和泵站的故障率显著下降，设备的平均无故障时间（MTBF）提高了超过50%，极大提高了整体系统的可靠性。这种可靠性不仅降低了意外停机和维修的风险，还优化了系统的长期运行成本，确保了电气工程项目的稳定和持续运行。

（三）实现能源和成本节约

自动化控制系统对能源和成本节约的贡献显著。系统通过智能调节和优化运行模式，显著降低了能源消耗。据统计，自动化控制可使泵站的能耗降低20%–30%，有效减少了电力成本。此外，自动化系统减少了对人工操作的依赖，进而降低了人力成本^[3]。长期来看，这种成本效益非常显著。系统的预防性维护功能还减少了紧急维修的需求，降低了维护成本。例如，通过实时监控和数据分析，自动化系统能够预测设备故障，提前进行维护，从而避免了高昂的紧急维修费用。这种精确的维护策略，可以为项目节省大量的运营成本。此外，自动化系统通过提高操作效率和精确性，还减少了由于操作不当导致的能源浪费和设备损耗，进一步实现了成本节约。因此，自动化控制系统在降低运营成本和提高经济效益方面起到了关键作用。

三、闸门与泵站自动化控制系统设计面临的问题

（一）高级技术整合的挑战

在自动化控制系统的设计中，高级技术整合是一个显著的挑战。这主要体现在将多种技术融合到一个协调运行的系统中。例如，集成高级传感器、数据处理单元和控制算法，需要精确的技术匹配和高效的数据通讯能力。在实际应用中，传感器的精度可以达到 $\pm 0.01\%$ 的水平，但要确保这些传感器与控制系统的无缝对接，需要复杂的系统设计和数据同步技术^[4]。此外，随着技术的不断发展，如云计算、大数据分析等新兴技术的整合，也给自动化系统带来了新的挑战。这种高级技术整合要求设计师具备跨领域的知识和技能，同时也对系统的测试和验证提出了更高的要求。因此，实现有效的技术整合，是确保自动化控制系统设计成功的关键。

（二）系统稳定性和兼容性问题

自动化控制系统的稳定性和兼容性是设计过程中面临的主要问题之一。稳定性是指系统在长期运行中保持可靠性能的能力。在实际应用中，系统的稳定性直接影响到闸门与泵站的运行效率和安全性。例如，一个稳定的自动化控制系统应能在连续运行数月甚至数年时，故障率保持在0.1%以下。然而，实现这一目标并非易事，系统需要能够应对各种意外情况，如电力波动、设备老化、环境变化等^[5]。另一方面，系统兼容性也是一个重要考虑因素。随着技术的更新换代，新的设备和软件需要与现有系统兼容。兼容性问题不仅涉及到硬件层面，还包括软件和数据格式等多个层面。这要求设计师在设计自动化控制系统时，不仅要考虑当前的技术需求，还要预见到未来的技术发展趋势，确保系统的长期稳定性和兼容性。

（三）环境适应性和耐久性问题

环境适应性和耐久性是自动化控制系统设计中面临的关键问

题。这主要表现在系统必须能够适应各种环境条件，并在这些条件下保持长期的稳定运行。例如，闸门与泵站的自动化系统经常置于多变的环境中，如高湿度、极端温度变化以及强烈的机械震动等。这些条件对系统组件，尤其是电子设备和传感器，提出了高标准的耐用性要求^[6]。其次，在温度方面，系统组件需要能够在 -20°C 至 60°C 的范围内正常工作，同时保持性能不受影响。而在湿度方面，系统要能承受高达95%的相对湿度。此外，震动和冲击的耐受能力也是评估系统耐久性的关键指标。在某些极端环境中，自动化控制系统的设备需要承受高达5G（地心引力的五倍）的震动。为了满足这些要求，系统设计必须采用高耐久性材料，如工业级电子组件，并采用先进的密封和防护技术来保护敏感的电子元件。

（四）安全隐患和应急响应

自动化控制系统的安全隐患和应急响应能力是设计中必须着重考虑的问题。在自动化系统中，安全隐患通常来源于软件错误、硬件故障或外部攻击，如网络安全威胁。例如，软件编程错误容易导致系统响应不当或意外停机，硬件故障如传感器失效容易导致错误的数据读取，而网络攻击则会导致系统被恶意操控。此外，应急响应机制对于及时应对突发事件至关重要。系统应在检测到异常时，立即启动预设的应急方案，如自动切换到安全模式或启动备用系统^[7]。因此，系统的安全隐患识别和应急响应能力对于保障自动化控制系统的安全运行至关重要，这要求系统设计时不仅考虑正常操作条件下的性能，还要充分考虑潜在的风险和相应的预防措施。

四、促进闸门与泵站自动化控制系统设计实现的有效措施

（一）采用创新技术和材料

为促进闸门与泵站自动化控制系统的设计实现，采用创新技术和材料是一项关键措施。这包括引入最新的传感器技术、控制算法、通讯协议以及耐用的构建材料。例如，使用基于物联网（IoT）的传感器可以提高数据采集的精度和速度，这些传感器能够实时监测水位、流量、压力等关键参数，并通过无线网络迅速传输数据。同时，采用机器学习和人工智能算法可以优化控制决策过程，提高系统的自适应能力和预测精度。此外，在通讯方面，利用先进的协议如5G或LoRaWAN，能够确保数据传输的高速度和可靠性，减少延迟和数据丢失的风险。至于材料方面，使用耐腐蚀、耐高温的工程材料，如不锈钢或高性能塑料，可以提高系统组件的耐久性和可靠性^[8]。此外，整合先进的能源管理技术，如太阳能板或能量回收系统，也是提升系统效率和可持续性的有效途径。通过这些创新技术和材料的应用，可以显著提升闸门与泵站自动化控制系统的性能，确保系统的长期稳定和高效运行。

（二）强化系统集成和测试

强化闸门与泵站自动化控制系统的集成和测试是确保其有效实施的重要措施。系统集成过程涉及多个组件和子系统的协调工

作，如传感器、控制单元、执行机构和用户界面的整合。关键在于确保这些不同组件能够无缝协作，实现数据和控制指令的有效流通。为此，需要采用标准化的接口和协议，确保不同设备间的兼容性和互操作性。在系统测试方面，应实施全面且系统的测试程序，包括单元测试、集成测试和系统测试。单元测试关注每个独立组件的性能，而集成测试则检验组件之间的交互和协同工作能力。系统测试则更加全面，不仅测试功能性和性能，还包括对系统的稳定性、可靠性和安全性的评估。这些测试应在模拟的实际运行条件下进行，以确保系统在真实环境中的有效性。此外，实施持续的性能监测和定期的系统审查，可以确保系统随着时间的推移和外部条件的变化保持其最佳状态。通过强化系统的集成和测试，可以显著提高自动化控制系统的整体质量和性能，从而确保闸门与泵站的高效、安全运行。

（三）实施定期维护和升级策略

实施定期维护和升级策略对于闸门与泵站自动化控制系统的长期稳定运行至关重要。这一措施涉及建立一个全面的维护计划，旨在通过预防性维护减少系统故障和延长设备寿命。定期维护计划应包括对所有关键组件的检查，如传感器的校准、电机和泵的检查以及控制系统软件的更新。例如，传感器和执行器的校准应每年至少进行一次，以确保数据精度。电机和泵的机械部件应按制造商推荐的间隔进行检查和润滑，通常这种检查的频率为每三个月一次。此外，软件升级对于保持系统与最新技术同步非常重要，应定期检查和安装软件更新，以提高系统性能和安全性^[9]。例如，最新的安全补丁和功能改进可以通过季度更新来实施。此外，应实施备件管理策略，以确保关键组件在需要时可用。定期维护不仅防止了突发故障，还有助于识别和解决潜在问题，从

而减少长期运营成本。有效的维护和升级策略确保了自动化系统的高效、稳定运行，并延长了系统的整体使用寿命。

（四）加强操作人员培训和管理

加强操作人员的培训和管理是确保闸门与泵站自动化控制系统有效实施的重要措施。这一策略涉及为操作人员提供全面的培训，以确保他们能够有效地管理和维护自动化系统。培训内容应包括系统的基本操作、故障诊断、紧急情况处理以及日常维护知识。同样重要的是教授他们如何识别和解决常见的技术问题，比如传感器故障或数据通讯错误。此外，应急响应训练对于预防和处理潜在的安全事件至关重要，如电力故障或系统崩溃时的应对策略。定期举办培训课程和实践演练，可以确保员工的技能始终保持最新^[10]。此外，建立一个有效的管理体系，以监督和评估操作人员的工作效果，也是关键。通过这些措施，不仅提升了操作人员对自动化系统的熟练程度，也提高了系统整体的操作效率和安全性。强化操作人员的培训和管理是确保自动化控制系统高效运行的重要环节，有助于最大化系统的性能和可靠性。

结束语

在探讨电气项目中闸门与泵站的自动化控制系统设计与实现的过程中，本文深入分析了其重要性、设计过程中的挑战以及实施有效措施必要性。这种系统的优化不仅提升了操作效率和安全性，而且在资源节约和成本控制方面发挥了显著作用。面对技术整合、系统稳定性和环境适应性等诸多挑战，采取创新的技术方案和强化管理措施显得尤为关键。本文的探讨为理解和实施更高效、更安全的自动化控制系统提供了宝贵的视角和参考。

参考文献

- [1] 贺晓东. 排涝泵站新型闸泵分离及水下盲装耦合技术研究与应用[J]. 湖南水利水电, 2023, (04): 44-46.
- [2] 孙翀, 肖正友, 张泽玉, 陈松山. 泵站快速闸门上小拍门的水力损失特性分析[J]. 扬州大学学报(自然科学版), 2022, 25 (04): 66-72.
- [3] 章伟强. 智能化技术加持下的电气自动化控制系统设计与实现[J]. 电气时代, 2022, (07): 96-99.
- [4] 张珂. 上海书院镇雨水泵站工程设计[J]. 城市道桥与防洪, 2022, (04): 115-118+17.
- [5] 孙文博, 杨开好, 陈军. 双向拍门一体式闸门泵的布局思考与应用讨论[J]. 珠江水运, 2021, (19): 77-79.
- [6] 付强. 后湖泵站岱山闸自动化控制改造研究[J]. 电工技术, 2018, (01): 138-139+145.
- [7] 朱敏智. 水库项目远离泵站电源的闸门供电设计[J]. 现代建筑电气, 2015, 6 (10): 17-19.
- [8] 潘卫锋. 泵站液压快速闸门自动化控制系统改造[J]. 排灌机械, 2003, (02): 25-28.
- [9] 潘卫锋. 泵站液压快速闸门自动化控制系统改造[J]. 机电一体化, 2003, (01): 79-81.
- [10] 匡成荣, 黄勇. 苏家埭村田间灌溉自动化控制系统[J]. 中国农村水利水电, 1997, (07): 7-9+48.

房屋建筑结构加固设计及施工技术应用

黄维义

中南建筑设计院股份有限公司, 湖北 武汉 430070

摘 要： 在现代城市化进程中，房屋建筑物承载着居住、工作、教育及文化活动等多重功能。随着时间的推移，建筑物可能由于材料老化、设计标准提升、自然灾害、功能改变或使用需求增加等因素，其结构安全性和功能性都可能出现不同程度的降低。为了确保建筑物的耐久性和适用性，房屋建筑结构加固成为建筑工程领域的一个重要课题。基于此，本文介绍了房屋承重结构、抗震墙、砖混房屋结构加固的设计以及几种常见的加固技术，以期提高房屋结构的安全性和稳定性。

关 键 词： 房屋建筑；结构加固；施工技术；设计

Application of Structural Reinforcement Design and Construction Technology for House Buildings

Huang Weiyl

Central South Architectural Design Institute Co., Ltd, Hubei, Wuhan 430070

Abstract： In the process of modern urbanization, housing buildings carry multiple functions such as residence, work, education and cultural activities. With the passage of time, the structural safety and functionality of buildings may be reduced to different degrees due to factors such as aging of materials, upgrading of design standards, natural disasters, change of functions, or increase in usage demands. In order to ensure the durability and applicability of buildings, the structural reinforcement of housing buildings has become an important topic in the field of construction engineering. Based on this, this paper introduces the design of house load-bearing structure, seismic wall, structural reinforcement of brick-concrete houses and several common reinforcement techniques, with a view to improving the safety and stability of the house structure.

Key words： house building; structural reinforcement; construction technology; design

引言

随着时间的推移，房屋建筑面临着老化与损伤的问题，这是不可避免的自然现象。房屋建筑在长期使用过程中，受到自然环境、气候条件、使用状况等多种因素的影响，结构性能逐渐降低，甚至出现损伤和破坏。这种老化与损伤不仅影响房屋的使用功能和外观，更重要的是威胁到结构安全，可能导致严重的安全事故。为了保障人民群众的生命财产安全和维护社会稳定，对存在结构安全隐患的房屋进行加固改造显得尤为重要。结构加固是通过一定的技术手段对房屋结构进行补强和修复，提高其承载能力和耐久性，确保结构安全，加固设计与施工技术是实现这一目标的关键环节。了解房屋建筑中的加固设计及相关技术很有必要。

一、房屋建筑结构加固设计

（一）承重结构加固设计

房屋建筑的承重结构是其安全性的重要保障。加固承重结构的目的是提高其承载能力、耐久性和稳定性，从而确保建筑物的安全使用^{〔1〕}。在进行承重结构加固设计时，要重点考虑承重结构的选型及设计要点。

1. 承重结构选型

承重结构的选型是房屋建筑结构加固设计的关键环节，需要根据建筑物的实际情况和需求进行选择。在承重结构选型时，需要考虑以下因素：

（1）建筑物的使用功能和荷载要求

不同的使用功能和荷载要求需要不同的承重结构形式。例如，对于重型工业厂房，可能需要采用钢筋混凝土框架结构或钢结构等承重结构形式。

（2）地质条件和环境因素

地质条件和环境因素对承重结构选型也有重要影响。例如，软土地基需要采用特殊的处理方法，地震高发区的建筑物需要采用抗震性能好的承重结构形式。

（3）材料的可获得性和成本

在承重结构选型时，需要考虑材料的可获得性和成本。某些特殊材料可能难以获得或成本较高，需要综合考虑各种

因素。

（4）施工条件和工期要求

施工条件和工期要求也是承重结构选型时需要考虑的因素。某些承重结构形式可能对施工条件的要求较高，或者施工工期较长，需要在选型时加以考虑。

根据这几种因素，可以选取以下表1中三种常见的承重结构形式：

表1：常见的三种承重结构形式

承重结构形式	适用
钢筋混凝土框架结构	适用于高层大型工业与民用建筑，抗震性能好，施工方便。
钢结构	适用于大跨度、高层大型工业与民用建筑，抗震性能好，自重轻，但易锈蚀，维护费用高。
混合结构	将钢筋混凝土和钢结构混合使用，充分发挥各自优点，适用于大型工业与民用建筑。

2. 承重架构设计要点

在承重架构设计时，需要考虑以下要点：

（1）承载能力的计算

承载能力的计算是承重架构设计的基础，需要准确计算各个部件的承载能力，确保结构的稳定性。同时还需要进行安全系数的设计，以提高结构的可靠性和耐久性。

（2）构造措施的完善性

构造措施是承重架构设计的重要组成部分，包括连接方式、节点构造等。合理的构造措施可以提高结构的整体性和稳定性，防止结构出现裂缝、变形等问题。同时还需要考虑到施工的可操作性。

（3）结构体系的整体性

承重架构设计需要保证结构体系的整体性，确保各个部件相互协调、共同承载。在设计中应注重整体性的考虑，避免出现应力集中、结构失稳等问题。

（4）动力性能的优化

对于高层建筑、大跨度跨越的桥梁等结构，动力性能的优化是承重架构设计的重要方面。需要进行地震、风振等动力分析，优化结构布局 and 材料选择，提高结构的动力性能。

（5）经济性的考虑

承重架构设计还需要考虑经济性的因素，在满足承载能力和安全性能的前提下，尽可能地降低成本。可以通过合理的材料选择、优化结构设计等方式来降低成本。同时还需要考虑到后期的维护和检修费用。

（二）抗震墙设计

地震是一种常见的自然灾害，对建筑物造成严重的破坏。为了提高建筑物的抗震性能，抗震墙的设计成为重要的加固手段。

1. 抗震墙的设计原则

抗震墙的设计应遵循以下原则：

（1）承载能力原则

抗震墙应具有足够的承载能力，能够承受地震作用产生的侧向力，防止墙体发生破坏或倒塌。

（2）延性原则

抗震墙应具有良好的延性，在地震作用下能够吸收和耗散地

震能量，避免墙体发生脆性破坏。

（3）整体性原则

抗震墙应与周围结构具有良好的整体性，能够协同工作，共同抵抗地震作用。

（4）经济性原则

抗震墙的设计应考虑经济性因素，在满足安全性能的前提下，尽可能地降低成本。

2. 抗震墙的设计要点

（1）确定抗震等级和设防烈度

根据建筑物的实际情况和所在地的地震活动情况，确定抗震等级和设防烈度，从而确定抗震墙的截面尺寸和配筋要求。

（2）选择合适的材料

根据实际情况选择合适的材料，如钢筋混凝土、钢板等。不同材料具有不同的特性，需要根据具体情况进行选择。

（3）确定截面尺寸和配筋率

根据抗震等级和设防烈度要求，确定抗震墙的截面尺寸和配筋率。配筋率是影响抗震墙承载能力和延性的关键因素之一，需要合理选取^[2]。

（4）优化布局和构造措施

根据建筑物的实际情况，优化抗震墙的布局和构造措施。合理的布局和构造措施可以提高抗震墙的整体性和稳定性，防止墙体发生破坏或倒塌。

（5）进行抗震分析和计算

根据实际情况进行抗震分析和计算，评估抗震墙的承载能力和延性。通过计算和分析，可以对设计方案进行调整和完善，提高抗震性能^[3]。

（6）考虑施工条件和工期要求

在抗震墙的设计过程中，需要考虑施工条件和工期要求。合理的施工方案和工期安排可以提高施工效率和质量，确保抗震墙的顺利施工。

二、房屋建筑结构加工施工技术

（一）碳纤维加固技术

1. 碳纤维材料特性

碳纤维是一种高强度、高模量的新型纤维材料，其相对密度小、抗腐蚀性能好、耐疲劳性强。在建筑结构加固领域，碳纤维通常以预浸料带状形式或碳纤维布、碳纤维板的形式出现，用于通过粘合或锚固等方式与原结构共同工作。

2. 加固原理

碳纤维加固技术的基本原理是通过在结构表面附加碳纤维增强材料，以提高结构整体或局部的承载能力。碳纤维材料与受加固构件粘贴牢固后，会与构件共同承受外部荷载，以此来减小构件的应力水平，增强构件的抗弯、抗剪及抗震能力，从而延长建筑结构的使用寿命^[6]。

3. 施工工艺

进行碳纤维加固时，首先需对待加固的结构表面进行处理，包括清除表面杂物、油迹、脱模剂等，使之达到一个粗糙、干

净、结实的状态。为确保碳纤维材料与结构表面粘结牢固，需要涂刷一层或多层专用的界面剂（如环氧树脂粘结剂）^[7]。然后按照设计要求，将碳纤维材料裁剪成所需尺寸，并用专用粘结剂进行预浸，确保碳纤维布/板能与界面剂充分浸润粘结。再将预浸好的碳纤维材料逐层贴敷在构件表面，并用专用压辊进行压紧，驱除空气，保证粘结紧密^[8]。经过一定时间的养护，让粘结剂完全固化，以形成高强度的复合体。加固后的碳纤维外表面往往需要涂刷专用防护涂层，以提高其耐久性、耐候性和防火性能。

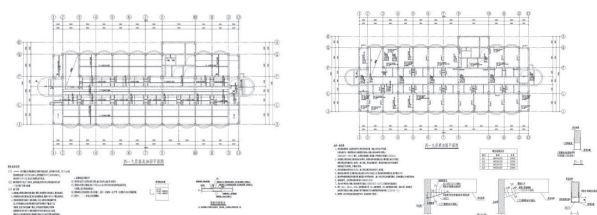


图 1: 建筑结构碳纤维加固

（二）外部粘钢加固技术

外部粘钢加固技术是一种传统且广泛应用的建筑结构加固方法。该技术涉及将钢板或钢材通过粘结剂（通常是环氧树脂粘结剂）粘贴到现有结构元件的表面上，以增强其抗弯、抗剪和抗震能力。以下是外部粘钢加固技术的详细介绍：

1. 钢材与粘结剂

钢材一般选用 Q235 钢或 Q345 钢，根据设计要求和加固目的，钢材可以是钢板、钢筋、钢梁或钢管等形式。环氧树脂粘结剂用于保证钢材与混凝土间的牢固粘接，从而能够有效传递应力。

2. 加固原理

外部粘钢加固技术的原理是利用钢的高强度和良好的延展性来增加结构构件的承载能力。粘贴在结构表面的钢板在外力作用下与混凝土共同工作，形成一种新的复合截面，提高原构件的整体性能。

3. 施工工艺

在进行外部粘钢加固时，首先要对加固部位进行表面处理。一要清洁待加固构件的表面，除去油污、灰尘、松散的混凝土及其他不良附着物；二要对结构表面进行打磨，使其达到必要的粗糙度，以增加粘结面积；三要对钢材表面进行喷砂或打磨清洁，去除铁锈、油污等，确保钢板表面清洁、粗糙。同时，在钢材表面涂装防锈漆，增加抗腐蚀性能。表面处理完成后，根据厂家规定配比制备环氧树脂粘结剂，确保其性能达到设计要求，并在混凝土表面和钢材表面均匀涂抹一层粘结剂。在粘结剂尚未固化前，立即将处理好的钢材按预定位置平贴于构件表面。然后使用压辊或其他工具压实，确保钢材与混凝土间无气泡，密实粘合^[9]。在适宜的温度和湿度条件下，保持一段时间以使粘结剂完全固化。要避免在固化过程中施加外力或振动，以免影响粘接质量。完全固化后，结构即可根据设计要求逐步加载。

（三）加大截面加固技术

1. 技术原理

加大截面加固技术的原理是通过增加结构构件的截面面积，提高结构的承载能力和稳定性。具体来说，通过在原有结构构件

的表面增加一层新的混凝土或钢板等材料，可以增加结构构件的截面尺寸和受力面积，从而提高结构的承载能力和稳定性。同时，新增的截面可以改善结构的受力分布，减小应力集中现象，提高结构的抗震性能^[10]。

2. 施工工艺

在施工前需要对需要加固的结构构件进行详细调查和分析，确定需要增加的截面面积和材料类型。并准备好所需的施工设备和材料。准备好后，需要对需要加固的结构构件表面进行清理，去除表面的污垢、油渍等杂质，并确保表面干燥。对于存在缺陷的结构构件，需要进行修补处理。处理完成后，进行模板的安装，模板要合适，位置与尺寸也不能出现差错。模板安装完成后，在模板内浇筑混凝土，要确保混凝土浇筑密实，无气泡。对于需要添加钢板的加固部位，应在浇筑混凝土前将钢板固定在指定位置。在浇筑完成后，要对混凝土进行养护，确保其达到设计强度要求。最后再拆除模板，对加固部位进行表面处理，如打磨、修整等。

三、结语

随着科技的进步和建筑结构安全理念的更新，房屋建筑结构加固设计及施工技术亦在不断进化。未来，随着新材料、新技术不断地出现和成熟，结构加固领域将会出现更多的创新和突破。对此，要加强跨学科的交流与合作，引入智能化和自动化技术，将进一步提升结构加固工程的效率和品质。面对日益严峻的自然灾害和越来越高的环境保护标准，房屋建筑结构加固工程也必须注重可持续发展策略的融入，将绿色环保理念和节能减排目标纳入加固设计和施工的全过程。这是工程技术发展的必然趋势，也是我们对未来社会负责任的体现。通过集结行业智慧和资源，有理由相信，结构加固技术的未来发展将更加多元化、智能化和绿色环保。

参考文献

- [1] 杜新明. 房屋建筑结构加固设计及施工技术应用 [J]. 绿色环保建材, 2021, (02): 77-78.
- [2] 李喜乐. 抗震设计在房屋建筑设计中的应用 [J]. 中国住宅设施, 2021, (07): 87-88.
- [3] 郭敏. 房屋建筑设计体系的选型及抗震设计探讨 [J]. 住宅与房地产, 2017, (32): 84.
- [4] 孙培君, 卢孟柯. 多层砖混结构房屋建筑的抗震设计 [J]. 科技风, 2012, (01): 207.
- [5] 汪盛. 砖混结构房屋抗震加固设计方法研究 [J]. 智能城市, 2018, 4(20): 43-44.
- [6] 石胜强. 房屋建筑工程结构加固改造技术的应用 [J]. 居业, 2021, (12): 102-103.
- [7] 孙锡强, 时青, 张春野. 碳纤维在建筑结构加固工程中的应用 [J]. 四川水泥, 2021, (10): 102-103.
- [8] 张延润. 碳纤维加固在泉州中骏广场加固施工中的应用 [J]. 低碳世界, 2021, 11(11): 87-88.
- [9] 叶吉喜. 试析建筑结构改造中的粘钢加固施工技术要点 [J]. 河南建材, 2018, (04): 37-38.
- [10] 杜吉坤. 房屋建筑结构加固技术及施工技术要点分析 [J]. 住宅与房地产, 2021, (34): 176-177.

地铁车站机电安装中的综合管线深化设计运用

伍臣华

中铁上海工程局集团有限公司城市建设分公司，上海 201900

摘 要： 随着人类社会的发展，在二十一世纪，地铁车站成为人们日常生活中一种主要的交通方式。修建地铁能够缓解都市交通拥堵问题。但是，在具体施工中，机电安装是非常关键的一环，在进行机电安装时，合理、科学地将各个线路展开综合布置，可以保证机电设备整体的安全性和质量，保障铁路线路更好地稳定运转。基于此，本文将对地铁车站机电安装中的综合管线深化设计运用进行分析。

关 键 词： 地铁车站；机电安装；综合管线；设计

Application of Comprehensive Pipeline Deepening Design in the Electromechanical Installation of Subway Stations

Wu Chenhua

Urban Construction Branch of China Railway Shanghai Engineering Bureau Group Co., Ltd., Shanghai 201900

Abstract： With the development of human society, in the 21st century, subway stations have become a major mode of transportation in people's daily lives. Building a subway can alleviate urban traffic congestion. However, in specific construction, mechanical and electrical installation is a crucial part. When carrying out mechanical and electrical installation, a reasonable and scientific comprehensive layout of each line can ensure the overall safety and quality of mechanical and electrical equipment, and ensure the better and stable operation of railway lines. Based on this, this article will analyze the application of comprehensive pipeline deepening design in the electromechanical installation of subway stations.

Key words： subway stations; mechanical and electrical installation; integrated pipeline; design

在目前的地铁车站站点建设中，对地下和地上空间进行了全面规划和优化，从而确保空间区域中各种机械和电气设备顺利安装，从而提升整个地铁车站的建设水平。然而，在部分地铁车站机电安装的综合管线设计中，由于工程项目过于复杂，导致工程进度缓慢，严重制约工程建设顺利进行，从而造成整个工程质量下降。所以，在地铁车站机电安装过程中，要想让综合管线深化设计的总体质量得到提升，必须对综合管线施工原理进行明确，并对其出现的问题进行改进，同时还要对其进行进一步细化，以此来提升地铁车站机电安装的总体质量，从而给地铁行业的运营和发展带来促进作用。

一、地铁车站机电安装的特点

（一）线路较为复杂

随着城市人口不断增加，越来越多的城市面临着较大地用地压力，而地铁工程数量也在不断增加，给市民提供了更高质量的交通服务，但也增加了地铁工程建设和养护困难。在对地铁线路进行合理规划后，可以提供更加高质量的线路服务。但是，车站地铁工程中非常关键的一个组成部件，它的机电设备更加多元化和复杂，并且因为线路分布的复杂性，所以，如何进行合理的线路布置变得更加关键，地铁车站机电安装线路排布难度也会逐渐增加^[1]。但从分析可以看出，地铁施工与传统施工有一定区别，在线缆安装中，需

要对整个线缆进行分类摆放，并将照明线路、信号线路等多环节施工，各种情况使得机电设备安装线路复杂且多样化。

（二）智能化水平较高

随着我国科技的飞速发展，各种技术被越来越多的产业和领域使用，在地铁车站中应用智能化设备也是很普遍的事情。在地铁车站施工中，越来越多的新兴高科技被运用，达到自动化控制效果。而在机电设备方面，运用该技术可以有效地提高其运转效率，提高地铁车站系统的运转安全性及稳定性。在这种情况下，随着地铁车站的发展，智能化程度越来越高，地铁车站中的各种机械和电气装置安装也越来越困难，这对地铁车站的维修工作提出了更高要求。

二、综合管线深化设计的基本原则

（一）合理性原则

地铁车站的各类体系较为复杂，在车站综合管线施工中，需要事先制定出一套完善的施工计划，这是整个工程的前提和依据，但也不能一板一眼，必须根据具体条件，对设计计划进行合理优化和调整。为确保工程质量和安全，应按照一定的规律，对工程进行优化，以确保工程顺利进行。管线布置要遵守以下几个原则：①热介质管道在上，冷介质在下；②没有腐蚀介质的在上，有腐蚀介质的在下；③上为气态媒介，下为液态媒介；④上部有绝热管，下部无绝热管；⑤上部为无压力管线，下部为压力管线。

（二）不妨碍原则

目前，地铁车站是一种最主要运输方式，它的安全运营十分关键，由于地铁车站是在地下工作，所以这就要求地铁车站的各种功能能够更好地帮助地铁车站系统正常运转。所以，在机电一体化管道工程中，既要确保管道工程质量，又要将管道工程对其他设施及工程的影响降到最低。如在线路设计上，不得占据应急逃生通道。

（三）规范性原则

根据地铁车站机电工程的安装特点，在综合管线施工中，通过规范性原则的确定，以技术规范为中心，如在综合管线施工中，施工人员要根据综合施工标准进行，不得擅自改变作业工序，以确保技术施工的标准性、规范性。另外，在规范管道布置中，要按照规范的技术要求来进行管道一体化设计，以确保进一步完善管道。

三、地铁车站机电安装综合管线设计现状

在地铁车站机电工程的建设过程中，在综合管线的设计过程中，往往会出现很多问题，比如，在机电安装过程中，会出现时间紧迫、工作任务繁重、项目设计不合理等问题，这些问题会对综合管线设计的总体质量产生不利影响，造成该现象的主要原因有以下所示：

（1）地铁车站机械设备区通道较窄，且多条综合管道分布密集，导致整体安装高度受限，不能确保机械设备安装的科学合理，加大机械设备建设的困难^[2]。

（2）站场配套设施布局不合理。车站附属用房为长方形和分层布设，因为每个房间功能不一样，使得管线布设比较复杂，若在这个施工步骤中不能完成综合管线深化设计，将会加大设备调试难度和维护难度，对地铁车站机电安装的总体质量产生一定影响。

四、地铁车站机电安装中的综合管线深化设计运用

（一）做好施工前期准备，提升图纸的可行性

在对地铁车站机电安装开始正式展开综合管线设计施工的时候，要先对具体状况进行调研，然后以此为基础，与工作经验相结合，将施工之前的各项准备工作做好，制定出一个合理的施工设计方案，对施工过程中的各个环节进行科学规划，为后续各项工作奠定基础。

（1）对设计方案进行审查。在设计图纸出炉后，将各个部门的工作人员召集起来，对设计好的图纸展开审查，之后，还要以实际的现场状况为依据，对设计方案进行审查，如果发现不合理，要针对具体的情况进行相应修改，以防止在施工过程中产生问题，从而确保施工过程能够顺利进行。

（2）科技信息交换。在施工之前，要通过对施工和技术人员的相互沟通，共同学习图纸，掌握施工内容，对施工的各种要求，对施工管线的走向、系统平面位置及标高等有一定的认识。

（3）了解施工情况。在施工之前，必须对施工的基础情况有一定认识，理解各类规范，尤其是合格的验收标准规范，并制定一系列的管理制度，加大对施工人员的监管力度，确保管线安装的效率和质量。

（二）选择设计软件，确定设计要求

在进行地铁车站综合管线深化设计时，设计人员要对绘图软件进行正确选择，从而保证综合管线设计图纸的质量，为机电安装工程建设打下良好基础。在地铁车站机电安装中，设计单位可以选用 MagiCAD 软件，使用 MagiCAD 软件进行管道布线设计，并使用 Magi CAD 软件的全景技术来完成 3D 模型建立，方便设计人员进行管线交叉设计和综合管线功能检查。为 Magi CAD 提供一套适用于复杂管线系统的相容性计算方法，通过对管线系统进行图层优化，提高管线系统性能，并通过管线系统的色彩表达，为管线系统优化提供理论依据和技术支撑^[3]。

在运用 Magi CAD 软件进行综合管线深化设计时，设计人员要清楚该软件的应用要点和地铁车站机电安装工程的设计要求，以保证综合管线设计方案具有一定的可行性和合理性。这就要求设计者在进行管道工程深入研究时，首先必须先弄清楚该系统的具体功能和设计需求，这样才能更好地进行管道工程深入研究。设计者要弄清楚管线的布置次序，并根据以下步骤进行管线的设计：

（1）对电缆桥与排水沟之间的间距进行合理地设定，当电缆桥与排水沟不是并行时，间距为 0.3m。

（2）在进行供水和灭火系统设计时，设计者必须对这两个系统的插口进行适当布置。一要把它放在地铁站高处，把其他种类管子放在地铁站中间。

其次，设计者必须清楚地说明各种管线之间的兼容。根据高压管线避高压管线原理，保证管线正常运转。在使用 Magi CAD 软件时，设计者必须对管道的 DN 值进行正确而精确测量，若管道的 DN 位次不大于 0.2m，将两根管道之间的距离控制在 0.2m 或更高；若管线密度超过 0.3m，则管线间距应为 0.2m。在此期间，设计者必须保证管线设计的正确性。

（三）合理设计管道墙距，严谨核查确认

在地铁车站的机电安装过程中，各种类型的管道与墙面之间的距离不一样，因此，设计人员必须以机电安装工程的要求以及

管道规格为依据,对管道墙距进行合理设定,以保证综合管线安全、稳定运转,提高机电安装工程的质量^[4]。设计者在设定管道壁间距时,可参考表1所示设计标准。在对特种管线进行进一步设计时,根据机电设备的具体情况来确定管线壁间距。

表1:多种管道类型墙距的设计标准

管道类型	保湿管道	无湿管道
管道参数	内径 < ϕ 3.5cm	内径 < 4.5cm
	内径 > 8.5cm	内径 > 10.5cm
墙距设计标准	> 10.0cm	> 10.0cm
	> 15.0cm	> 15.0cm

在地铁车站机电安装综合管线深化设计工作中,设计单位所进行的核实确认工作,主要是对规格、型号以及综合管线的安装计划等机电设备各项参数及有关文件展开核实,从而保证综合管线深化设计管径和标高等基本参数与有关标准的要求相一致,从而防止出现设计不合理问题。在管道过程中,若管道直径与芯部计算规范不符,将导致管道安装方案与建设项目中的机械和电气设备实际情况不符;若在基准计量上有误差,则大口径管道的铺设就不可能成功^[5]。针对以上问题,设计者应注重对复合管道验证,并建立相应的参数计算模式,以保证其在深化设计中的各个参数及内容都与相关规范相一致。同时,设计单位要注意对综合管线操作进行合理调整,防止管线冲突,保证综合管线安全稳定运行。具体地说,在进行管道设计时,要进行适当调节,以防止管道与墙壁、柱体发生碰撞,因此,在此过程中,设计单位要对管道各个洞口进行准确校准。应指出,设计单位应将调整内容设计出来,并通过4D全息技术对调整后的数据参数进行核实,以保证综合管线设计与工程实际及标准要求一致。

(四)对施工要点进行深化设计,确定重要技术

在对地铁车站机电工程进行综合管线深入设计进行研究时,应确定以下几个关键技术:

(1)在具体工程实施过程中,建筑工人应当根据工程设计中的技术要领,确定设计方案,并根据工程的需要,利用BIM技术来对建筑工程中的各种管道进行最优布置,以防止管道布置不协

调,确保各个工程步骤顺利实施。

(2)在对综合管道进行详细规划时,应从管道空间布局和扩大作业空间等方面对综合管道进行规划。

(3)在安装风阀和风机等设备时,建设单位要根据具体的建设计划来实施,以增强建设工程技术的整体规划效果。

(4)在对地铁进口机械和电气装置进行综合管道布置时,应充分考虑地面环境和施工条件等诸多方面的影响,如在套管外侧采用外膨胀混凝土防止漏水,在防水完毕后进行无水测试,从而改善地铁进口管道的建设质量^[6]。

(5)在地铁车站机电安装过程中,要制定出一套完整的管道建设计划,将管道统一到装备区,并充分利用BIM技术,以确保管道布置合理。在BIM技术的应用过程中,施工人员必须对BIM技术的制度、管理流程以及技术标准等有一个全面了解,在施工过程中,根据具体的管理制度和流程等,对综合管线施工方案进行相应的调整,防止出现施工死角,从而保证各项综合管线施工工序合理、安全运行。

(6)在对地铁车站机电综合管线布置情况进行分析的基础上,提出一套完整的机电综合管线安装工艺方案,并利用BIM技术,完成各个工艺过程的寿命周期分析,为管道防护层、管道辅助层、管道绝缘层等综合设计提出合理的解决方法,从而提升综合管线的建设质量。

五、结束语

在地铁车站机电安装过程中,要确保综合管线深化设计的有效性,施工企业必须与具体施工要求相联系,对各个施工步骤进行归纳,根据综合管线施工管理现状分析情况,在作业流程管理、具体管理方案实施过程中,对综合管线深化设计方案进行确定,与综合管线深化设计内容相结合,降低在综合管线深化设计中出现的不合理因素,从而提升地铁机电工程施工的整体质量,为目前地铁项目机电工程的信息化发展和综合管线布设施工奠定基础。

参考文献

[1]董文一.综合管线深化设计在建筑工程机电安装中的运用探究[J].百科论坛电子杂志,2020(8):1053
[2]林文亮,杨斌.地铁车站机电设备安装中的综合管线施工技术[J].智能建筑与工程机械,2022(5):59-61
[3]王华,朱湘旭,武晓斌,等.BIM技术在地铁车站管线综合设计中的应用研究[J].中文科技期刊数据库(文摘版)工程技术,2021(10):0248-0249
[4]刘斌.综合管线深化设计在建筑工程机电安装中的应用[J].建筑技术开发,20196(11):33-34
[4]刘卫,张立,郭洁,等.BIM技术在机电综合管线安装工程中的应用[J].建筑节能(中英文),2021(1):145-150
[5]王凯.地铁车站机电设备安装中的综合管线施工技术[J].低碳世界,2019(6):249-250.
[6]李惠铭,缪海清,朱蓉蓉.建筑工程机电安装中综合管线深化设计分析[J].工程建设与设计,2022(7):156-158

农田水利工程施工技术的难点及质量控制

华秋风^{*}, 单红生

兴化市兴东水利站, 江苏 泰州 225755

摘要： 农田水利工程是农业生产中不可或缺的重要组成部分，其施工技术的难点及质量控制对于保障农田灌溉、排水和水资源利用具有关键意义。本文从土地准备与平整、渠道建设与排水、塘坝工程以及设备安装与运行调试等方面，系统分析了农田水利工程施工技术面临的难题。同时，探讨了如何提高施工质量控制的方法，包括质量准备、施工过程中的监管与检查以及施工后的评估。最后，提出了加强技术培训、引入先进技术和设备、加强沟通与协调机制以及推行科学的质量管理体系等建议，旨在提高农田水利工程施工技术水平和质量。

关键词： 农田水利工程；施工技术；难点；质量控制

Difficulties and Quality Control of Agricultural Water Conservancy Project Construction Technology

Hua Qiufeng^{*}, Shan Hongsheng

Xinghua Xingdong Water Conservancy Station, Jiangsu, Taizhou 225755

Abstract： Agricultural water conservancy project is an indispensable and important part of agricultural production, the difficulties of its construction technology and quality control is of key significance to guarantee the irrigation, drainage and water resources utilization of farmland. This paper systematically analyzes the difficulties faced by the construction technology of farmland water conservancy project from the aspects of land preparation and leveling, channel construction and drainage, pond and dam project, as well as equipment installation and operation debugging. At the same time, it discusses how to improve construction quality control methods, including quality preparation, supervision and inspection during construction and post-construction evaluation. Finally, suggestions such as strengthening technical training, introducing advanced technology and equipment, strengthening communication and coordination mechanisms, and implementing a scientific quality management system are put forward with the aim of improving the technical level and quality of farmland water conservancy project construction.

Key words： farmland water conservancy project; construction technology; difficulties; quality control

引言：

农田水利工程是现代农业发展的重要基础设施，对于提高农田灌溉和排水效率、保障农作物生长具有至关重要的作用。然而，在农田水利工程的施工过程中存在着一系列技术难点，如土地准备与平整、水源调配与供水系统设计、渠道与排水系统建设等方面的问题。这些难点直接影响着工程质量和农田水利效益的实现。本文旨在探讨农田水利工程施工技术的难点，并提出相应的质量控制方法，以改善工程施工过程中的问题，确保工程质量和农田水利效益的可持续性。通过对难点问题的深入分析和质量控制方法的研究，可以为相关专业人员提供科学的指导和借鉴，提高农田水利工程的施工质量和运行效果。通过解决农田水利工程施工技术的难点，可以提高农田灌溉和排水效率，增加农田水资源的利用率，促进农业生产的可持续发展。本研究对于完善农田水利工程施工技术，推动农田水利事业的发展，具有重要的实践和应用价值。通过本文的研究，将为农田水利工程施工技术的改进和质量控制提供新的理论和实践基础，推动农田水利事业的发展和农业生产的提升。

一、农田水利工程施工技术的难点

（一）土地准备和平整

土地准备和平整是农田水利工程施工的第一步，也是非常关键的一步。土地的平整程度直接影响到后续施工工序的顺利进行

和工程质量的稳定性。土地准备包括清理、平整、填埋等工作，其中最困难的是土地平整。由于农田地势复杂多样，有时会出现土地高低不平、坡度陡峭等情况，这就需要施工人员具备较高的地形测量和土地平整技术，以确保土地的平整度达到要求，为后续施工打下良好的基础。

^{*} 姓名：华秋风，出生年月：1973年9月民族：汉，籍贯：江苏省泰州市兴化市。学历本科（大连理工大学，土木工程）。从事：水利工程建设管理。

（二）水源调配和供水系统设计

农田水利工程的一个重要目标是解决农田的灌溉问题，因此，水源调配和供水系统设计是非常关键的。在实际施工过程中，通常需要考虑到水源的稳定性、供水管道的布局和设计、灌溉设备的选型等问题。这些问题涉及水资源管理、水力学、机械工程等专业知识，并需要施工人员综合运用这些知识进行系统设计和优化。此外，还需要根据不同的农作物需水量和生长周期进行合理的供水计划制定，以确保农田的灌溉效果和水资源的高效利用。

（三）渠道和排水系统建设

渠道和排水系统是农田水利工程中重要的组成部分。渠道主要负责将供水输送到田地，而排水系统则用于排除多余的水分，防止农田积水。渠道和排水系统的建设涉及到土石方工程、混凝土工程等方面的知识。由于农田地势复杂多样，有时会遇到地势陡峭、土壤不稳定等困难，因此，在渠道和排水系统建设过程中需要施工人员具备较强的地质勘测和土木工程技术，以确保渠道和排水系统的稳定性和可靠性。

（四）施工材料选择和质量要求

农田水利工程的施工材料选择和质量要求也是一个难点。在农田水利工程中，常用的施工材料包括混凝土、钢筋、塑料管道等。这些材料需要具备一定的强度、耐腐蚀性和耐久性，以满足工程的使用要求。因此，在选择施工材料时，需要综合考虑工程所处环境、材料的成本和工程的使用寿命等因素，并根据实际情况进行科学合理的选择。

二、质量控制方法

（一）施工前的技术准备

1. 设计方案评审

设计方案评审是指对工程设计方案进行全面、系统的评估和审核。评审人员根据相关的规范和标准，对设计方案的合理性、可行性和科学性进行评价。评审的重点包括但不限于以下几个方面：土地准备和平整方案、供水系统设计方案、渠道和排水系统设计方案等。评审的目的是发现潜在的问题和不足，提出改进建议，并确保设计方案符合工程要求和规范。评审还可以促进各专业之间的沟通和协调，确保施工的整体效果和质量。

2. 施工方案编制

施工方案是指在设计方案的基础上，根据实际施工情况和具体要求进行进一步细化和完善，明确施工过程中的各项工作内容、工期计划、质量控制要点等。施工方案编制需要综合考虑施工技术、材料选择、施工方法、安全措施等因素，并结合实际场地条件和项目要求进行制定。编制施工方案时，应当充分调动施工人员的智慧和经验，尽量避免施工过程中可能出现的问题和风险，确保施工的顺利进行和工程质量的稳定性。

（二）施工过程中的质量控制

1. 施工人员培训和管理

施工人员的培训和管理对于保证施工质量至关重要，施工人员应该接受相关技能和知识的培训，使其具备适应项目要求的能力。这可以包括施工方法、使用施工设备和材料等方面的培训。

只有通过培训，施工人员才能够理解并遵守施工规范和标准，从而保证施工质量。对施工人员的管理也是必不可少的。项目经理应该设立一个有效的管理系统，监督和指导施工人员的工作。这可以包括制定施工计划、分配任务、跟踪进度和质量等方面的管理。此外，项目经理还应该与施工人员保持良好的沟通，及时解决他们在施工过程中遇到的问题，确保施工质量的稳定和可控。

2. 施工现场监测和检验

在施工过程中，施工现场的监测和检验是必要的步骤，以确保施工质量的可靠性。监测是指对施工过程中的各个环节进行实时跟踪和观察，以发现潜在的问题和风险。这可以包括施工设备的运行状态、材料的使用情况、工艺的执行等方面的监测。通过监测，可以及时发现问题并采取相应的措施，避免质量问题的发生。检验则是指对施工成果进行实地检查和测试，以验证其是否符合设计要求和标准。这可以包括对建筑结构的质量检验、施工材料的抽样检验等方面的检验。通过检验，可以评估施工质量的合格程度，并提供改进的依据。此外，还可以借助专业机构的检测和认证服务，对施工质量进行第三方评估，提高质量控制的可信度。

三、常见问题及解决方法

（一）施工后的质量验收

施工完成后，需要进行质量验收以确保工程符合设计要求和规范要求。常见的问题包括土地平整度、渠道和排水系统的稳定性、灌溉设备的性能等。解决这些问题的方法包括：

（1）土地平整度：采用测量仪器对土地表面进行测量评估，如出现高低不平的情况，可以进行重新平整。

（2）渠道和排水系统的稳定性：检查渠道和排水系统的结构是否完整，有无渗漏或破损现象，必要时进行修复。

（3）灌溉设备的性能：测试灌溉设备的喷头、流量控制等参数，确保其正常工作。

（二）工程竣工验收标准

工程竣工验收是确认整个农田水利工程施工的质量和结果是否达到预期目标的重要环节。常见的问题包括建筑材料使用是否符合要求、结构是否牢固、灌溉系统是否正常运行等。解决这些问题的方法包括：

（1）建筑材料使用是否符合要求：核查使用的建筑材料的质量是否达标，包括混凝土强度、钢筋质量等。

（2）结构是否牢固：通过结构力学计算和现场实测相结合的方式，评估工程结构的稳定性和安全性。

（3）灌溉系统是否正常运行：测试灌溉设备的水流量、喷头均匀性等参数，确保其正常工作。

（三）验收测试和数据记录

验收测试和数据记录是评估农田水利工程施工质量的重要手段。常见的问题包括测试设备的准确性、数据记录的完整性等。解决这些问题的方法包括：

（1）测试设备的准确性：采用可靠的测试设备，并经过校准和检验，确保测试结果的准确性和可靠性。

（2）数据记录的完整性：建立规范的数据记录系统，及时记

录和整理所有的测试数据，确保数据的完整性和可追溯性。

农田水利工程施工中常见的问题可以通过科学合理的方法进行解决。合理的质量控制和验收测试可以保障工程质量的稳定性和可靠性。在施工过程中，及时发现问题并采取相应的措施是确保农田水利工程质量的重要步骤。

四、实例分析

例如，某地区需要建设一座圩口闸或排涝站及水渠，旨在提高该地农田的灌溉和排水能力，促进农业生产的发展。这个地区地势低洼平坦，起伏小，地面高程在1.4米至3.2米之间，平均高程为1.8米。例如，在建设一座排涝站的过程中，面临着众多的难点和挑战，其中之一是针对该大型农田水利工程的复杂地质条件展开合理的应对措施。考虑到可能存在软土、岩石或高含水量的地层，这些条件给土方开挖、边坡护土和基坑工程带来了相当大的困难。在这种情况下，工程师和施工团队需要精心设计施工方案，以确保在变化多端的地质环境中安全而有效地进行施工。

对于可能存在的软土地质条件，可以考虑采用加固措施，如土钉墙或搅拌桩，以提高土体的稳定性。对于岩石地质条件，需要采用合适的爆破技术和岩石切割工具进行开挖，确保施工的顺利进行。而对于高含水量的地层，则需要采取抽水设备和排水系统，以降低施工现场的水位，保障土方开挖和基坑工程的顺利推进。在排涝站建设中，边坡护土是另一个需要特别关注的方面。在复杂的地质条件下，边坡的稳定性成为一个关键问题。因此，可能需要采用多层次边坡防护结构，包括植被覆盖、土工格栅等，以增强边坡的抗冲刷和抗滑稳定性。

考虑到可能涉及的大规模土方开挖和基坑工程，安全问题也是一个不可忽视的方面。在施工现场，需要采取严格的安全措施，包括建立安全围栏、配备专业人员进行监测和管理等，确保施工过程中人员和设备的安全。除了地质条件的复杂性外，还需要考虑排涝站的设计和施工与周边环境的协调。可能需要进行环境影响评估，确保工程建设不对周边环境造成负面影响，并与当地政府和相关部门进行充分沟通，获得必要的许可和支持。

在该农田水利工程的实施中，建立了完善的质量管理体系，包括编制施工组织设计、制定施工标准和规范以及建立施工记录和档案等。通过这一体系的建立，确保施工过程符合设计要求和行业标准，为质量控制提供了有力的支持。在质量检查和监督方面，专业人员被派遣到现场进行定期的质量检查和监督。他们进行现场巡查、抽样检测和测试等工作，及时发现问题并采取相应的解决措施。这种监督机制有效地提高了施工质量的可靠性和稳定性。针对关键节点和重要工艺环节，严格控制施工过程。例如，对土方开挖尺寸、边坡护土厚度和管道连接的密封性等进行严格控制，确保每个环节的质量符合要求。施工方案和规范的执行使得施工过程能够按照预期要求顺利进行。还进行了质量抽检和验收工作。通过对施工过程中的部分工作进行质量抽检，如混凝土强度测试和管道通畅性检测等，确保施工质量符合规定标准。同时，在施工阶段完成后进行整体工程的验收，以确保工程质量达到预期要求。第三方质量监督也得到了应用。委托第三方机构进行质量监督和评估，对施工过程和成果进行把关，为质量控

制提供了独立的评价和意见。这种独立监督机制有助于确保质量控制的客观性和有效性。针对发现的质量问题，及时进行处理和整改。通过解决问题和进行整改，能够提高施工质量的稳定性和可持续性。

通过全面实施质量控制措施，该农田水利工程取得了令人满意的结果和宝贵的经验总结。工程质量达到预期目标，各个工程节点的质量符合设计要求和行业标准，确保了整个工程的质量达到预期目标。同时，施工进度得到有效控制，通过合理安排施工进度和及时解决问题，工程按时完成。质量管理水平得到提升，施工方对质量进行全面有效的管理，增强了施工团队的质量意识和技术水平。问题处理和整改的及时性得到保证，通过及时发现和解决施工过程中的质量问题，避免了问题的扩大化。引入第三方监督机构的有效性得到验证，为质量控制提供了独立的评价和意见。这些宝贵的经验总结将为未来类似农田水利工程的质量控制提供参考，并为确保工程质量做出积极贡献。

结论：

综上所述，农田水利工程施工技术的难点和质量控制是决定项目成败的重要因素之一。难点主要包括土壤情况复杂、水文条件变化大和工程规模较大。不同地区的土壤情况千差万别，需要针对不同土壤进行施工工艺和技术调整。水文条件的变化也给施工带来了挑战，施工团队必须根据具体的水文条件进行灵活调整。由于农田水利工程涉及大面积土地和多个施工点，工程规模较大，需要统筹协调各个施工点，确保工程进度和质量。通过解决难点和有效控制质量，可以确保农田水利工程的顺利实施和建设效果的可持续性。只有在技术和质量方面都得到有效管理和控制，才能达到农田水利工程的预期目标，为农民提供良好的灌溉和排水条件，增加农田产能，推动农业生产和农村经济发展。

参考文献

- [1] 邓澄. 解析高标准农田水利工程建设[J]. 中文科技期刊数据库(引文版)工程技术, 2020(11):0133-0134.
- [2] 郭蒙. 大型农田水利工程的施工建设与管理[J]. 中文科技期刊数据库(文摘版)工程技术, 2021(2):0092-0092.
- [3] 张建. 浅析节水灌溉技术在农田水利工程中的运用[J]. 中文科技期刊数据库(全文版)工程技术, 2021(1):0171-0172.
- [4] 李乐琴. 简谈小学数学课堂核心问题驱动探究性学习的策略[J]. 中国科技经济新闻数据库 教育, 2023(4):0056-0059.
- [5] 田明亮. 水利工程项目管理重要性及重点探讨[J]. 水上安全, 2023(3):188-190.
- [6] 黄舒婷. 浅析农田水利工程施工技术的难点及质量控制[J]. 科学技术创新, 2014, 000(012):163-163.DOI:10.3969/j.issn.1673-1328.2014.12.181.
- [7] 董少敏. 农田水利工程施工技术的难点及质量控制[J]. 科技传播, 2014(21):2. DOI: CNKI:SUN:KJCB.0.2014-21-138.
- [8] 宋清英. 浅谈农田水利工程施工技术的难点及质量控制[J]. 四川水泥, 2016(6):1. DOI:CNKI:SUN:SCSA.0.2016-06-197.
- [9] 沈海国. 浅析农田水利工程施工技术的难点及质量控制[J]. 建筑工程技术与设计, 2016(31).DOI:10.3969/j.issn.2095-6630.2016.31.273.
- [10] 张文举, 伊广峰. 浅析农田水利工程施工技术的难点及质量控制[J]. 工程技术(文摘版)·建筑:00055-00055[2024-01-29].
- [11] 卞雪军. 农田水利工程施工技术难点及质量控制措施[J]. 中文科技期刊数据库(全文版)农业科学, 2023.

永磁同步电机定子灌封技术

郭乐之*

江苏交科能源科技发展有限公司，江苏 南京 210019

摘 要： 在电子封装行业，随着电子技术的发展出现了许多新的灌封技术和灌封形式，这些新技术使用的液体环氧封装料（即环氧树脂灌封料）由于具有极高的技术附加值而备受瞩目，许多发达国家非常重视其研究开发。现阶段新能源汽车对电机提出了更高的要求：高功率密度、高扭矩、内部结构紧凑。结合新能源电机发展现状，需要具有高导热性能的导热绝缘材料作为媒介，将电机定子铁芯、定子绕组以及前后端盖灌封成一个整体，从而提升电机热量传递到冷水系统的效率，最终大幅改善电机的散热状况。

关 键 词： 灌封技术；高功率密度；高扭矩；导热绝缘材料

Permanent Magnet Synchronous Motor Stator Filling Technology

Guo Lezhi*

Jiangsu Jiaoke Energy Technology Development Co., Ltd., Jiangsu, Nanjing 210019

Abstract： in the electronic packaging industry, with the development of electronic technology, there are many new encapsulation technology and encapsulation forms, the liquid epoxy encapsulation materials (epoxy encapsulation materials) used in these new technologies have attracted much attention due to their high technical added value, and many developed countries attach great importance to their research and development. At present, new energy vehicles have higher requirements for motor: high power density, high torque, compact internal structure. According to the development of new energy motor, it needs the thermal conductive insulation material with high thermal conductivity as the medium, which encapsulates the stator core, stator windings and the front and back end covers into a whole, thus, the heat transfer efficiency of the motor to the cooling water system can be improved, and the heat dissipation of the motor can be greatly improved.

Key words： encapsulation technology; high power density; high torque; heat conduction and insulation material

现阶段新能源汽车对电机提出了更高的要求：高功率密度、高扭矩、内部结构紧凑，使得电机电磁负荷增大，功率密度提升，单位体积的损耗增大，直接导致电机各部件的温升比普通电机高更多，可靠性、耐久性等性能随之受到影响。若电机内部的热量不能有效排出，会严重的影响电机温升，成为电机功率提升的瓶颈之一，电机内部元件如绝缘器、永磁体等的寿命受高温影响较大，高温将造成永磁体退磁、结构机械强度下降等现象，不仅危害电机的正常运转，严重时会产生安全问题。

为了解决温升问题，电机通常配有冷却散热系统。冷却方式主要有风冷、水冷以及油冷。其中，油冷结构较为复杂，在现有电机中使用较多为风冷以及水冷方式，一般形式为流体冷却机壳或者通过通道使流体直接冷却定转子。结合新能源电机发展现状，需要具有高导热性能的导热绝缘材料作为媒介，将电机定子铁芯、定子绕组以及前后端盖灌封成一个整体，从而提升电机热量传递到冷水系统的效率，最终大幅改善电机的散热状况。

一、行业现有技术的分析

（一）国内现有技术的分析

在电子封装行业，随着电子技术的发展出现了许多新的灌封技术和灌封形式，这些新技术使用的液体环氧封装料（即环氧树脂灌封料）由于具有极高的技术附加值而备受瞩目，许多发达国家非常重视其研究开发。

20世纪90年代初美国的 Dexter 电子材料公司率先开发出双酚环氧-改性咪唑啉固化体系的液体封装料，沿着这条线路，经过深入

研究开发，美国的 Epoxy 技术公司、日本住友、大日本油墨等许多公司也推出了自己的产品。日本的住友电木公司采用双酚 F 型环氧树脂和芳香胺做固化剂，研制出了一系列的液体封装材料。但是产品的缺点是粘度偏高。中国科学院化学所也对液体环氧封装料进行了研究，在降低灌封胶料粘度方面取得了很好的效果。

目前电机定子用灌封环氧树脂还处在一个不成熟阶段，单纯的实验室材料研发已经不能满足高速发展的电机对灌封材料耐温性、导热性、抗开裂性能的要求。灌封材料与电机共同研发成为新的趋势^[1]。

* 作者简介：郭乐之（1989-4）女，汉，江苏南京，中级工程师，本科。研究方向：机械工程。

（二）主要研究内容

1. 电机定子灌封胶选型

选用环氧树脂绝缘材料作为电机的灌封材料，不仅要求能协助液冷系统加强电机热管理能力，还要求能够使新能源汽车在面对应用环境较为复杂的：低温、震动、爬坡、低速等工况所带来的高低温冲击时，电机仍可保持其可靠性。同时也能提升相同尺寸下电机的设计功率密度，减小电机运行时的噪声。因此需要开发一款具有高导热、耐高低温，流动性好、高抗裂等性能的导热环氧灌封胶，满足电机在各种极限工况下运行要求。同时提升电机灌封的效率及稳定性，满足逐步扩大的电机产能需求。

2. 电机定子灌封技术及相关工艺研究

根据现有永磁同步电机的结构特点，即高槽满率，同时端部尺寸非常短，必须采用特定的灌封工艺，针对电机设计相应的灌封模具，以保证环氧树脂灌封胶能够对电机定子进行理想的灌封，达到预期目的。

（三）实施方案与技术路线

1. 对环氧树脂灌封胶的具体性能参数进行对比、筛选。包括温度、粘度、导热系数、绝缘性能及其他性能。

（1）电机内部绝缘材料为220（R）级，即电机在极限工况下温度会超过200℃，环氧树脂必须能在200℃下长期工作，不发生形变、老化。

电机运行环境温度为-40℃至60℃，必须高低温冲击下不发生开裂，不与定子或绕组脱落。

（2）因电机槽满率高（超过90%），灌封环氧树脂必须（可以是高温下）粘度小（<4000cps），流淌性好，填满绕组绝缘线间隙，尽量采用真空灌封技术，避免出现气泡。

（3）灌封胶固化后导热系数应在1.1~1.4 W/(m·K)范围内。

（4）定子及绕组浸漆后再进行灌封，会影响定子的热传导，故用环氧树脂灌封胶取代绝缘漆绝缘作用，因此灌封胶绝缘要求击穿电压>15kV/mm，绝缘测试漏电流<10mA@2100V。

（5）考虑电机生产周期，灌封胶固化时间不应过长，应小于4h。

（6）灌封胶在电机不同温度下不得有较大形变，低收缩率 & 热膨胀系数 CTE < 30ppm/K。

2. 针对不同型号电机，设计灌封所用模具工装，包括上端盖、模芯、下端盖，确保电机灌封一致性，脱模简易性，且不影响灌封后电机装配。

3. 对灌封后电机进行定子绝缘测试，电机性能测试，电机温度试验，电机抗震实验等。重点进行最高温度测试，高低温冲击试验。

二、电机定子灌封技术

（一）灌封胶选型

根据计划灌封的电机结构，工作温度以及结构形式等要求，对环氧树脂灌封胶提出以下性能要求并规定相应的指标。

调研市场上各品牌型号的环氧树脂，最终选择亨斯曼 CW30334/30335 胶水对电机定子进行灌封。

灌封前根据胶水的参数，对电机进行温度场仿真，初步模拟灌封后电机温升情况。

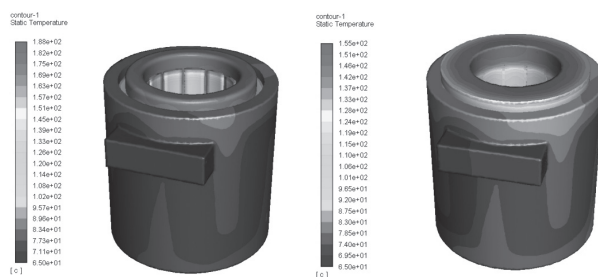


图 2.2-1 灌封前后电机定子温度分布

由仿真结果可以看出，电机定子灌封前，绕组端部最高温度达到188℃，进行环氧树脂灌封后，温升下降，绕组端部最高温度只有155℃。定子真空灌封对电机温升的控制效果明显。

（二）电机定子真空灌封

1. 灌封模具设计

选取现有产品 P50 永磁同步电机进行灌封测试。根据 P50 电机定子，设计真空灌封所需要的模具。

电机定子灌封在真空条件下进行，灌封胶在真空控制箱中通过插入模芯底部的注胶管灌封进入定子底部，模芯底部开有灌封胶引导槽。灌封时电机定子固定在灌封装置中，灌封装置中的密封系统将定子与灌封装置之间通过密封系统形成厚度均匀一致的环氧树脂胶灌封腔体。具体如下所述：

（1）定子构成：一体式灌封电机定子由定子铁心9、线圈绕组5、水冷机壳7、绝缘材料8和环氧树脂胶体4共五部分组成；

（2）定子装配方式：定子铁心9，水冷机壳7通过热套方式过盈连接，线圈绕组5嵌绕在定子铁心9的齿上，绝缘材料8固定在定子铁心槽内，并固定线圈绕组5。

（3）灌封装置与定子连接方式：电机定子与灌封装置通过螺栓11、垫圈10固定。灌封装置由顶模1、底模12、模芯13、密封系统一2、密封系统二6、注胶管3组成。顶模1通过螺栓11、垫圈10、密封系统二6与机壳前端固定并密封，底模12通过固定螺栓11、垫圈10、密封系统二6与水冷机壳后端固定并密封；模芯13的前后端与顶模1、底模12、密封系统一2固定并密封。环氧树脂胶4通过注胶管3灌封到定子内部，注胶管3放置在模芯13的中心孔内，注胶管3下端管口与底模12内表面接触，上端管口与灌封设备出胶口连接。

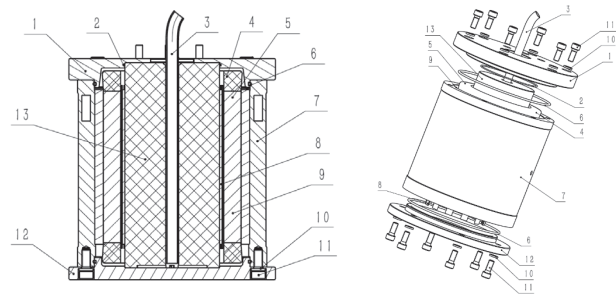


图 2.2-2 P50 电机定子灌封模具组装示意图

2. 定子灌封

定子灌封流程主要可以分为三个环节，即模具安装后的真空预热、环氧树脂胶水灌注、灌封后高温固化。

灌封设备分为两个部分，左侧为真空箱，确保电机定子处在真空状态，右侧为预热及搅拌装置，对 A/B 两种组分胶水进行加热、脱泡，精确导出预定体积的胶水，同时降低胶水粘度，提升胶水的

流动性，使灌封胶能够完全浸渍定子绕组线包的间隙，进而使定子绕组与铁芯以及机壳形成一个整体，提升定子部分的热传导效率。

电机定子与灌封装置通过螺栓 11、垫圈 10 固定；密封系统一 2、密封系统二 6 与顶模 1、底模 12、模芯 13 组成密封腔体，置于真空控制箱中预加 -1mbra 压力；

注胶系统将环氧树脂胶注入注胶管 3 并进入模芯 13 底部；灌封胶通过模芯 13 底部的胶水引导槽进入底模 12 的腔体中，在真空条件下灌封胶由密封腔体底部到顶部，由模芯中心向模芯周围均匀填充至线圈绕组 5 的电磁线间隙和顶模 1 的腔体中。

定子真空灌封完成后，将灌封装置置于烘箱 90℃和 130℃温度下分别烘干 2 小时待定子中的环氧树脂灌封胶充分固化；固化后

拆除灌封装置，定子灌封即完成，定子铁芯、绕组和机壳形成一个完整部件，绕组端部高度合适，同时端面光滑，定子内腔无多余胶水。

(三) 电机测试

电机定子灌封完成后，按照电机和装配工艺流程，将电机定子与电机其他部件组装完成，上测试台架进行测试，重点验证灌封后电机的温升情况以及各项性能指标是否合格。

从测试结果可以看到，80℃进水，额定转速工况条件下，灌封后 P50 电机温升得到了大幅度改善，灌封前定子端部温度 190℃，槽内温度 180℃，灌封后定子端部温度 160℃，槽内温度 150℃。电机整体温升下降 30℃左右。

表 2.3-1 灌封后电机性能参数

电机型号	P50-R-A-20030023				旋变角度	4	
实验日期	2020/10/27		实验人员		/		
转速（rpm）	轴上转矩（N·m）	相电流有效值（A）	母线电流（A）	母线电压（V）	输出功率（kW）	输入功率（kW）	效率（%）
Spd(rpm)	TN(N·m)	Iacrms(A)	Idc(A)	Vdc(V)	PO(kW)	PI(kW)	h(%)
2400	65.943	57.1	34.1	539.5	16.57206283	18.39695	93.83384%
2400	84.621	72.7	43.3	539.5	21.26601047	23.36035	94.82775%
2400	101.44	87.6	52.0	539.5	25.49277487	28.054	94.65664%
2400	117.30	102.5	60.7	539.5	29.47853403	32.74765	93.76797%
2400	134.31	117.4	69.2	539.5	33.75329843	37.3334	94.17756%
2400	150.13	132.3	77.7	539.5	37.72900524	41.91915	93.75440%
2400	161	143	83.6	539.5	40.46073298	45.1022	93.44687%

从表中测试数据可知，灌封后电机的各项性能指标均合格。

三、工程应用与推广

P50 永磁同步驱动电机是我司目前已定型批量化生产的一款产品，由于电机功率密度高，在某些特定工况下，电机温升超过 200℃，电机内的绝缘漆、永磁体等的寿命受高温影响较大，因此在定子灌封技术取得突破后，我们对该产品进行了批量的灌封处理。

为了满足现阶段的电机产能，制作了一批灌封所用的模具。现阶段已经能够基本满足 P50 电机的批量化灌封需求，解决了批量化产品的温升问题。

四、总结与展望

(一) 总结

随着电机技术的进步，对电机性能的要求越来越高，电机的整体发展趋势是更高的功率密度，更小的体积重量，这就对电机的制造工艺带来很大的挑战与困难。而新能源汽车整车对驱动电机的要求更加严格，为了满足这样的需求，解决电机的温升等一系列问题，灌封技术的进一步优化和持续改进是未来研究的重点方向。

本项目在永磁同步电机的定子灌封方面进行了初步探索，在对电机定子进行环氧树脂真空灌封的基础上，对电机的温升进行了有效的控制。项目成果有望推广的其他各类型号的电机产品中去，为改善电机温升，进一步提升电机的能量密度和性能指标提出了一个有效的思路与实际方法。

(二) 展望

结合本项目的成果，对于电机的定子灌封技术，还有以下几点值得进一步的探索与发掘。

(1) 灌封胶的性能提升。目前采用的灌封胶是环氧树脂材料，该材料导热系数 1.2W/m.K 左右，如果能够进一步的提升材料的导热系数，或者能够找到其他性能更加优异的灌封材料，那么灌封技术对电机的温升控制将会有很大幅度的提升。

(2) 灌封工艺的优化。目前使用的灌封设备还比较简陋，真空度的保持以及对胶水的处理还不够理想。将来对设备进行升级，能够有效的提升定子真空灌封的效果，从而优化电机的性能。同样的，现行灌封工艺以及模具也还存在一定的不足，需要进一步优化。

参考文献：

[1] 一体式灌封驱动电机定子、灌封成型装置及其灌封方法。专利号 ZL202210738042.X；授权号：CN114825691B。

[2] 导热灌封胶在电机上的应用；王有川、赵安然、李强军、吴江权、冯江华；中车株洲电力机车研究所有限公司；工程技术Ⅱ辑。

[3] 汽车电机定子灌封工艺质量控制与检验；张明辉；精进百思特电动（上海）有限公司；工程技术Ⅱ辑。

[4] 飞轮储能电机定子灌封的设计与应用；竺东杰；武汉扬华电气股份有限公司；工程技术Ⅱ辑。

[5] 永磁电机转子灌封工艺研究；张雄、马耀明；包头长安永磁电机有限公司；工程技术Ⅱ辑；农业科技。

[6] 填料对电机用轻量化导热灌封胶性能的影响；庞文健、李福中、付子恩、徐健明；广州市白云化工实业有限公司；工程技术Ⅰ辑、工程技术Ⅱ辑。

[7] 风电电机槽口用环氧灌封胶的热性能研究；程雪松；太原工业学院；工程技术Ⅰ辑、工程技术Ⅱ辑。

[8] 永磁电机转子灌封工艺；孟凡胜、丛鹏泉、何大亮、毕远见、王铁柱、孙羽、郭海涛；中国第一汽车集团有限公司、富奥汽车零部件股份有限公司传动轴分公司；工程技术Ⅱ辑。

[9] 基于灌封材料的永磁同步电动机热管理策略研究；李想、郭志平；内蒙古工业大学机械工程学院；工程技术Ⅱ辑。

[10] 高导热耐高温环氧灌封树脂在低压电机上的应用研究；史开华刘冠芳牛玉龙马红亮雷平振；中车永济电机有限公司；工程技术Ⅰ辑、工程技术Ⅱ辑。

[11] 新能源汽车灌封电机温度特性研究；董江东、许时杰、于冰、唐小春；中车株洲电机有限公司湖南省新能源电机工程技术研究中心；工程技术Ⅱ辑。

[12] 基于新能源汽车电机的灌封胶研究；宋真玉；陕西工业职业技术学院汽车工程学院；工程技术Ⅰ辑；工程技术Ⅱ辑。

[13] 高导热低黏度新能源汽车用灌封胶的制备及性能研究；杨李懿、郭国明、李利坤、黄静；浙江荣泰科技企业有限公司；工程技术Ⅱ辑。

大河流域地质灾害特征及其防治策略

庞军*

阿克陶百源丰矿业有限公司, 新疆 阿图什 845350

摘要：大河流域地质灾害是指人类社会经济活动导致的，具有一定规模和影响，对自然环境造成破坏或污染性自然灾害。本文通过研究大河流域发生地震、崩塌滑坡以及泥石流等典型自然事件与地质环境条件下所引发的各种工程事故。从时间上来看主要表现在人为因素如降雨增多及地下水位升高；其次还体现在人们不合理利用土地资源等方面引起了一系列灾害例如：大量植被毁坏、水土流失和塌陷，给当地居民带来灾难等等。

关键词：大河流域；地质灾害；防治策略

Characteristics Of Geological Disasters In Large River Basins And Their Prevention And Control Strategies

Pang Jun*

Akto Baiyuanfeng Mining Co., Ltd, Xinjiang Atu shen 845350

Abstract： Geological disasters in large river basins refer to the natural disasters caused by human social and economic activities, which have a certain scale and influence, and cause damage to the natural environment or pollution. This paper studies the typical natural accidents caused by earthquake, collapse and debris flow and geological environment. In terms of time, it is mainly manifested in human factors such as increased rainfall and rising groundwater level, followed by the unreasonable use of land resources and a series of disasters, soil erosion and collapse, and disasters to local residents.

Key words： big river basin; geological disaster; prevention and control strategy

引言：

近年来，大河流域地质灾害频发，给国民经济发展和人民生活带来了巨大的损失。随着经济社会快速向前推进以及科学技术水平提高使得人类对环境破坏日益严重、各种自然灾害不断发生并呈现出蔓延之势。在我国境内有许多地质灾害事故都是由于洪水或者泥石流等人为原因造成的；同时也会导致大量人员伤亡或财产蒙受损失而引发大规模人员伤亡事件，甚至还会波及全国各地区和各个行业，给国家带来不可估量损失。

一、大河流域的重要性及其地质灾害的普遍性

1. 水资源丰富：大河流域为周边地区提供了稳定且充沛的水源，这不仅是生活用水的保障，也是农业、工业和交通运输等领域发展的基础。

2. 天然的交通运输通道：大河流域的河流往往形成了天然的交通运输通道，人们可以方便地进行内河航运，这大大缩短了运输时间和距离，推动了贸易和交流的繁荣，也为文明的进步提供了重要支撑。

3. 丰富的生物资源和矿产资源：许多大河流域都拥有丰富的生物资源和矿产资源，如木材、矿产、石材、玉石等。这些资源为文明的建筑、工艺和制造业提供了充足的原材料，为文明的繁荣提供了物质基础。

4. 人类文明的摇篮：大河流域是人类文明的发源地，例如尼

罗河、黄河、印度河和幼发拉底河等，这些河流的流域都孕育了古老而辉煌的文明。

然而，大河流域也面临着地质灾害的普遍性。这些灾害可能包括洪水、河岸侵蚀、滑坡和泥石流等。这些灾害的发生可能受到自然环境因素（如地形、地貌、气候、水文等）和人为活动影响（如土地利用变化、工程建设、水资源开发等）的共同作用。这些地质灾害不仅会对人们的生命财产安全造成威胁，还会对流域的生态环境和社会经济造成严重影响。

因此，在充分利用大河流域的资源优势的同时，也需要关注并防范可能发生的地质灾害，以实现可持续发展。^[1]

二、大河流域地质灾害分类与特征

大河流域地质灾害的分类与特征可以从多个方面来描述。以下

* 作者简介：庞军，男，1987年1月5日，甘肃天水秦安人，本科，中级工程师，汉，自毕业以来一直从事于地质找矿、地质灾害调查、工程勘察等工作

是根据不同地质灾害类型的分类和它们在大河流域中的常见特征：

1. 洪水灾害

(1) 分类：由强降雨、融雪、冰塞或冰坝溃决等原因引起的河流水位急剧上涨的现象。

(2) 特征：

a. 突发性：洪水往往在短时间内迅速上涨，给沿岸居民和基础设施带来巨大威胁。

b. 广泛性：大河流域通常覆盖面积广泛，因此洪水灾害的影响范围也较大。

c. 破坏性强：洪水能够冲毁房屋、道路、桥梁等基础设施，造成巨大的经济损失。

2. 河岸侵蚀

(1) 分类：河岸土壤和岩石在河流作用下的逐渐侵蚀过程。

(2) 特征：

a. 渐进性：河岸侵蚀通常是一个缓慢的过程，但长期累积可能导致河岸坍塌。

b. 地形变化：侵蚀会导致河岸线后退，改变河流走向，甚至可能形成新的河道。

c. 生态影响：河岸侵蚀会影响河流生态系统的稳定性，破坏河岸植被，影响水生生物的栖息地。

3. 滑坡

(1) 分类：斜坡上的岩土体在重力作用下沿一定滑动面整体下滑的现象。

(2) 特征：

a. 地形条件：滑坡通常发生在坡度较陡、岩土体结构松散的地区。

b. 降雨诱发：强降雨是导致滑坡发生的重要诱因之一，雨水渗透导致岩土体饱和，抗剪强度降低。

c. 破坏范围大：滑坡可能导致道路、房屋等基础设施被掩埋，甚至可能形成堰塞湖等次生灾害。

4. 泥石流

(1) 分类：山区沟谷中由暴雨、冰雪融水等激发的携带大量泥沙石块的特殊洪流。

(2) 特征：

a. 高流速：泥石流中的石块和泥土被高速水流携带，具有极强的冲击力。

b. 携带大量物质：泥石流中往往含有大量的石块、泥沙等固体物质，这些物质在流动过程中会不断堆积，形成堆积扇或堆积坝。

c. 难以预测：泥石流的发生往往受到地形、降雨、植被等多种因素的影响，因此难以准确预测。

5. 地震引发的地质灾害

在大河流域中，地震也可能引发一系列地质灾害，如崩塌、地裂缝、地面塌陷等。这些灾害的发生与地震波对岩土体的破坏作用密切相关。

综上所述，大河流域地质灾害具有多样性、复杂性和不可预测性等特点。为了有效防范和应对这些灾害，需要建立完善的监

测预警体系，提高灾害防治能力，确保人民生命财产安全和生态环境稳定。

三、大河流域地质灾害的原因

大河流域地质灾害的原因是一个复杂而多元的问题，涉及自然因素、人为因素以及它们之间的相互作用。这些因素相互交织，共同影响着大河流域的地质环境稳定性，导致地质灾害的发生。

首先，自然因素是大河流域地质灾害发生的基础。地质构造、地形地貌、岩土体性质等地质条件是地质灾害发生的内在原因。例如，断裂构造的存在可能导致地壳稳定性降低，容易引发地震和滑坡等灾害；地形起伏较大的山区，由于坡度陡峭，岩土体松散，容易发生崩塌和泥石流等灾害。此外，气候条件也是影响地质灾害的重要因素。强降雨、极端气候事件等自然现象会加剧地表水流的冲刷作用，增加地质灾害的风险。水文条件同样不可忽视，河流的侵蚀、冲刷作用以及水位变化等都会对河岸稳定性产生影响，导致河岸侵蚀、滑坡等灾害的发生。

其次，人为因素也是大河流域地质灾害的重要原因。随着人类活动的不断扩展和深化，对地质环境的干扰和破坏也日益加剧。大规模的工程建设、采矿等经济活动会扰动山体，破坏岩土体的平衡状态，增加滑坡、崩塌等灾害的风险。不合理的土地利用方式，如过度开垦、滥伐林木等，会导致土壤侵蚀、山体滑坡等问题的加剧。此外，水资源管理不当也是导致地质灾害的重要因素之一。水库调度不当、过度抽取地下水等行为会破坏地下水的平衡状态，降低岩土体的稳定性，增加地质灾害的风险。

最后，自然因素与人为因素之间的相互作用也是导致大河流域地质灾害的重要原因。在某些情况下，人类活动可能加剧自然因素的影响，从而增加地质灾害的风险。例如，在地质条件脆弱的地区进行大规模工程建设可能进一步破坏地质环境，导致灾害的发生。同时，人类活动也可能改变地表水流的流向和流量，加剧河岸侵蚀和洪水等灾害的发生。此外，人类活动还可能改变地下水的分布和补给条件，导致地下水位下降、岩土体失稳等问题的出现。

综上所述，大河流域地质灾害的原因是复杂而多元的，涉及自然因素、人为因素以及它们之间的相互作用。自然因素如地质构造、地形地貌、气候条件和水文条件等是地质灾害发生的内在原因；人为因素如工程建设、不合理的土地利用和水资源管理不当等行为会干扰和破坏地质环境稳定性，增加地质灾害的风险；自然因素与人为因素之间的相互作用也会加剧地质灾害的发生。

因此，为了有效防范和应对大河流域地质灾害，需要综合考虑自然因素、人为因素以及它们之间的相互作用。一方面，需要加强地质环境监测预警工作，及时发现地质灾害的征兆和趋势，采取有效的预防和应对措施；另一方面，需要合理规划土地利用、加强水资源管理、推进生态文明建设等措施，保护地质环境的稳定性，减少人为因素对地质环境的干扰和破坏。同时，还需要加强公众教育和意识提升工作，提高公众对地质灾害的认识和防范意识，形成全社会共同参与地质灾害防治的良好氛围。^[2]

总之，大河流域地质灾害的原因是一个复杂而多元的问题，

需要综合考虑自然因素、人为因素以及它们之间的相互作用。通过加强地质环境监测预警、合理规划土地利用、加强水资源管理、推进生态文明建设等措施，可以有效地防范和应对大河流域地质灾害，保障人民生命财产安全和生态环境稳定。

四、大河流域地质灾害的检测与预警

大河流域地质灾害的检测与预警是确保人民生命财产安全和生态环境稳定的重要措施。以下是大河流域地质灾害的检测与预警的一些主要方法和技术：

（一）地质灾害检测

1. 地面监测：通过设置地面监测站，利用仪器设备对地质环境进行实时监测。这些设备可以测量地表位移、变形、应力等参数，及时发现地质灾害的征兆。

2. 遥感技术：利用卫星遥感、无人机遥感等技术手段，对大河流域进行大范围、高效率的监测。遥感技术可以获取地表形态、植被覆盖、水体分布等信息，有助于识别潜在的地质灾害风险区域。

3. 地球物理勘探：通过地球物理勘探方法，如地震勘探、电法勘探、磁法勘探等，探测地下地质构造、岩土体性质等信息，为地质灾害的预测和防治提供依据。^[3]

（二）地质灾害预警

1. 预警模型：建立基于地质环境监测数据的预警模型，通过对历史数据的分析和处理，预测地质灾害的发生概率和可能的影响范围。

2. 预警系统：建立地质灾害预警系统，将监测数据、预警模型和其他相关信息集成起来，实现实时监测、自动分析和预警发布。预警系统可以通过手机短信、电子邮件、网站等多种渠道向相关部门和公众发布预警信息。

3. 应急预案：制定地质灾害应急预案，明确各级政府和有关部门的职责和应对措施。在地质灾害发生时，能够迅速启动应急预案，组织抢险救灾工作，减轻灾害损失。^[4]

综上所述，大河流域地质灾害的检测与预警需要综合运用地面监测、遥感技术、地球物理勘探等多种手段和方法。通过建立完善的监测预警体系和应急预案，可以及时发现地质灾害的征兆，预测灾害的发生概率和影响范围，为抢险救灾工作提供科学依据，确保人民生命财产安全和生态环境稳定^[5]。

五、大河流域地质灾害的防治措施

1. 滑坡治理：对于滑坡体，可以采取排水治理，通过在滑坡体外围设置环形排水沟，防止地表水进入滑坡体内。对于大型滑坡体，还可在滑坡体上设置排水沟，排出地表水。此外，工程治理也是重要手段，如建设抗滑垛、抗滑桩、抗滑墙等，以增强滑坡体的稳定性^[6]。

2. 崩塌治理：崩塌体的治理措施包括卸载、清除、固化、坡面防护和喷浆等工程手段。这些措施可以稳固山体，减少崩塌发生的可能性^[7]。

3. 泥石流治理：泥石流治理需要采取生物措施和工程措施相结合的方法。生物措施包括提高流域内沟谷坡面的植被覆盖率，通过植树造林、封山育林等方式实施。工程措施则包括拦挡、排导和流域内综合治理等，以减少泥石流的发生和危害^[8]。

4. 地面塌陷治理：在采空区上方应设立警示牌和围栏，严禁在采空区上方进行建房、修路等活动。对于已形成的塌陷坑，应及时进行回填，以避免人畜误入，并恢复生态环境^[9]。

5. 强化监测预警：对于可能出现地质灾害的区域，应加强监测预警措施。通过设立地质灾害危险区，及时公告并设置明显警示标志，采取相应的防治措施。同时，利用现代科技手段，如遥感技术、地面监测站等，进行实时监测和数据分析，以提高预警的准确性和时效性^[10]。

6. 强化调查区划：地质灾害活动是不断发展和变化的，因此应加强地质灾害调查工作。通过调查，确定地质灾害隐患点，将其纳入群测群防网络，并划分重点防治区。这将为地质灾害防治工作提供基础和依据。^[5]

综上所述，大河流域地质灾害的防治措施需要综合考虑多种因素和技术手段。通过采取适当的工程治理措施、生物治理措施以及加强监测预警和调查区划工作，可以有效地减少地质灾害的发生和危害，保障人民生命财产安全和生态环境稳定。

六、结束语

本文以大河流域地质灾害防治为例，探讨了该地区的地质环境，分析研究其产生影响及形成机制。通过对各地区地震、滑坡等典型案例进行归纳总结后得出：本区大地类型为褐晶系石英质粉砂岩；呈岩性—钙镁相一片理状夹砂粒交错沉积层段（组）发育有小型崩塌群和泥石流堆积带；区域地貌特征复杂多样且不稳定，地质灾害频发易造成人员伤亡及财产损失。

参考文献

- [1] 谢云秀，牟红，肖荣洋. 赤水河流域非遗音乐文化 [M]. 西南交通大学出版社：202304.268.
- [2] 陈亮. 洮河流域中游地质灾害发育规律和分布特征查明 [N]. 中国矿业报，2021-12-10(003)
- [3] 杨东旭，游勇，王军朝等. 藏东南帕隆藏布流域冰碛物典型特征及工程效应 [J]. 防灾减灾工程学报，2020，40(06):841-851
- [4] 朱文彩，何钰铭，陈松. 三峡库区秭归县童庄河流域地质灾害分布特征分析 [J]. 资源环境与工程，2020，34(04):561-564.
- [5] 杨强，王思源，叶振南. 燕子河流域地质灾害发育特征及破坏模式分析 [C] // 中国地质学会. 2019年全国工程地质学术年会论文集. 中国地质调查局水文地质环境地质调查中心；2019: 7.
- [6] 徐海清. 矿产地质灾害的特征分析及防治策略 [J]. 世界有色金属，2023(20):190-192.
- [7] 李宁. 探究环境保护背景下矿山地质灾害特征及其防治策略 [J]. 华北自然资源，2022(02):81-83.
- [8] 王永刚. 矿产地质灾害的特征分析及防治策略 [J]. 世界有色金属，2019(01):146-147.
- [9] 杨亚茹. 煤矿地质灾害的特征分析及防治策略思考 [J]. 农家参谋，2018(13):205.
- [10] 任广进. 煤矿地质灾害的特征分析及防治策略 [J]. 科技创新与应用，2016(10):91.

BIM技术在水利工程全周期建设中的应用

李恩厚

东平县河道管理保护中心, 山东 泰安 271500

摘要： 在21世纪的信息时代，数字化和信息化技术正逐渐改变着各个行业的工作方式和效率。其中，BIM技术作为建筑业的一项革命性技术，正在引领着工程设计和施工的革新。水利工程，作为国家基础设施的重要组成部分，其全周期建设过程中涉及的设计、施工、运维等环节复杂，信息量大，传统的技术和方法往往难以满足现代工程建设的需求。基于此，本文从BIM技术对水利工程全周期建设的影响出发，分析了BIM技术在水利工程规划阶段、设计阶段、施工阶段及运营维护阶段的具体应用，以期推动水利工程数字化转型。

关键词： BIM技术；水利工程；全周期建设；应用

Application of BIM Technology in the Full-Cycle Construction of Water Conservancy Projects

Li Enhou

Dongping County River Management and Protection Center, Shandong, Tai'an 271500

Abstract： In the information age of the 21st century, digitalization and informatization technologies are gradually changing the working methods and efficiency of various industries. Among them, BIM technology, as a revolutionary technology in the construction industry, is leading the innovation of engineering design and construction. Water conservancy project, as an important part of the national infrastructure, its full-cycle construction process involves complex design, construction, operation and maintenance, etc., with a large amount of information, the traditional technology and methods are often difficult to meet the needs of modern engineering construction. Based on this, this paper starts from the impact of BIM technology on the full-cycle construction of water conservancy projects, and analyzes the specific application of BIM technology in the planning stage, design stage, construction stage and operation and maintenance stage of water conservancy projects, with a view to promoting the digital transformation of water conservancy projects.

Key words： BIM technology; water conservancy project; full-cycle construction; application

引言

在当今社会，水利工程作为基础设施的重要组成部分，对于促进经济发展、保障水资源安全和提高生态环境质量扮演着关键角色。随着技术的进步与创新，建筑行业正在经历一场革命，BIM技术便是其中的佼佼者。它提供了一个数字化、集成化和可视化的手段，以支持工程全周期，即从工程规划、详细设计、施工到运维管理的过程。水利工程因其规模庞大、干涉因素复杂、跨学科合作需求强烈，正是BIM技术大显身手的舞台。在引领工程行业未来发展的趋势中，BIM技术已成为推动信息化建设的重要工具，水利工程由此得以迈向集成化、高效率和智慧化的新时代。

一、BIM技术对水利工程全周期建设的影响

（一）提高设计精度和施工效率

BIM技术在水利工程设计中，能够大幅度提高设计的精度和效率。通过BIM模型，设计人员可以更直观地理解和分析设计问题，减少设计变更和返工。同时，BIM技术可以实现各专业之间的协同设计，加速设计进程。在施工中，BIM模型能够帮助施工人员更好地理解设计意图，提高施工的精准度和效率^[1,2]。此外，BIM技术还可以进行施工模拟，提前发现潜在的设计和施工问

题，优化施工方案，减少施工中的错误和冲突。

（二）降低建设和运维成本

BIM技术在水利工程建设中能够有效地降低建设和运维成本。首先，通过精确的工程量计算和材料分析，可以更有效地进行成本控制。其次，利用BIM模型进行施工规划和进度管理，可以减少资源浪费和时间延误，进一步降低成本。此外，BIM技术还可以优化设计方案，避免不必要的投资和浪费。在运维阶段，BIM技术可以为设施管理提供详细的数据支持，提高资产利用效率和运维效率，从而降低运维成本。

（三）提高工程质量与安全性能

BIM技术在水利工程中可以提高工程质量与安全性能。通过BIM模型进行施工模拟和碰撞检测，可以及时发现设计中的问题和冲突，减少施工中的错误和返工^[3]。同时，BIM技术可以为施工人员提供更加清晰和直观的设计指导，提高施工的精准度和质量。此外，利用BIM技术的实时监控和预警功能，可以及时发现施工中的安全隐患，提高工程的安全性能。

（四）促进可持续发展与环境保护

在可持续发展和环境保护方面，BIM技术同样具有显著的优势。首先，BIM技术能够优化设计方案，减少不必要的资源消耗和环境影响。通过精确的工程量计算和材料分析，可以降低建筑材料的使用量，减少对自然资源的开采。其次，BIM技术可以帮助实现更环保的施工方法。例如，利用BIM技术进行施工模拟和优化，可以减少施工中的噪音、尘土等污染物的排放，降低对周围环境的影响。此外，BIM技术还可以协助制定可持续的运维策略，提高水利工程的生态效益和社会效益。

二、BIM技术在水利工程规划阶段的应用

（一）地形与环境分析

1. 环境影响分析

通过BIM模型，工程师可以模拟工程项目对现有环境的潜在影响。例如，可以在模型中模拟大坝建设对周边水文、动植物栖息地以及土地使用的影

2. 地形适应性

BIM工具可以分析地形特征，识别最适合建设的位置和结构设计。例如，在斜坡或不均匀地形上规划泵站或输水管道，BIM技术可以帮助识别最佳路径和设计，以最小化土地改造成本和可能的环境破坏^[4]。

（二）水资源调查与利用规划

1. 水量评估

BIM模型可以与水文模拟软件集成，以评估水资源的可用性和可持续性。通过分析降雨量、溪流流量和地下水水位等数据，规划人员可以决定水利工程的尺寸和容量。

2. 水质分析

BIM技术还可以用于分析水质问题，以确保供水系统的设计能够处理这些问题。这包括评估可能的污染源，及其对供水质量，以及富营养化风险的具体影响。

3. 系统优化

BIM技术可以帮助设计高效的水资源管理系统，以支持可持续发展。通过模拟不同的供水和灌溉方案，可以预测未来水需求和供应的平衡，并制定应对极端气候情况的策略。

（三）初步设计方案的可视化与优化

1. 动态可视化

使用BIM技术，可以将初步设计以三维形式呈现，这不仅有助于工程师和设计师评估设计的实际效果，还可以促进非专业的利益相关者理解项目意图。

2. 集成分析

多专业集成是BIM的另一优势，如结构工程、水工学和电气

工程可以协同工作，实现设计方案的综合优化，以确保工程的整体性能和可行性。

三、BIM技术在水利工程设计阶段的应用

（一）协同设计与优化

在水利工程的设计阶段，各个专业（如结构、水工、电气等）需要协同工作，确保工程设计整体性和一致性。BIM技术为这种多专业协同设计提供了可能。通过BIM的三维模型，各专业设计人员可以同时工作，实时查看和更新设计信息，避免了传统设计中的信息冲突和重复工作。此外，BIM的参数化设计特性使得设计变更更为高效，一旦某个设计参数发生变化，BIM模型会自动更新相关的所有数据和图元，确保了设计的连贯性和准确性。

（二）碰撞检查

碰撞检查是BIM技术在水利工程设计阶段的一项重要应用。在传统的二维设计模式下，由于缺乏直观的视觉信息，很难发现不同专业或不同部分之间的设计冲突。BIM技术通过其强大的碰撞检查功能，可以有效地解决这一问题^[5]。

1. 专业间碰撞检查

利用BIM的碰撞检查工具，可以快速检测出结构、水工、电气等不同专业之间的设计冲突。例如，桥墩和水电管线的位置可能存在冲突，通过碰撞检查可以及时发现并调整设计方案，避免后期的施工问题。

2. 构件间碰撞检查

在水利工程的细节设计中，很多构件之间的位置关系需要精细调整。BIM的碰撞检查功能可以自动检测出模型中不同构件之间的冲突，如闸门和闸墩的位置关系、电气设备与结构件的相对位置等。

3. 优化设计方案

基于碰撞检查结果，设计师可以快速调整和优化设计方案，减少现场施工中的变更和返工。这不仅可以提高施工效率，还可以节约成本和时间^[7]。

（三）可视化设计与展示

BIM技术的可视化特性使得水利工程的设计更加直观。通过BIM模型，设计者可以以三维的形式展示设计方案，使得非专业人员也能理解工程的外观和功能。此外，这种可视化设计也有助于与业主、承包商和其他利益相关者进行有效的沟通，确保项目的顺利进行^[8]。

（四）材料与设备管理

在水利工程设计中，材料和设备的管理是关键环节。利用BIM技术，设计师可以直接在模型中选取和替换材料与设备，实时查看材料的属性和数量，确保设计的合理性和经济性。同时，BIM的明细表功能可以快速生成材料清单和采购计划，为项目的成本控制提供了有力支持。

四、BIM技术在水利工程施工阶段的应用

（一）施工进度管理

在传统的水利工程施工进度管理中，进度计划通常是基于经

验和简单的手工方法制定的，难以准确反映工程实际情况并及时调整。利用 BIM 技术，可以建立与实际工程相符的三维模型，并通过时间参数将其转化为四维模型。这样，施工方和业主可以直观地了解各个阶段的施工进度，及时发现潜在的问题并进行调整^[9,10]。此外，BIM 技术还可以通过模拟施工过程，预测可能出现的风险点，从而提前制定应对措施。

（二）施工质量控制

在水利工程施工中，质量是至关重要的，BIM 技术可以为施工质量控制提供有力的支持。首先，通过 BIM 模型，施工人员可以详细了解设计意图和施工要求，减少因理解错误而导致的质量问题。其次，利用 BIM 模型的信息共享功能，可以实现施工过程的全员参与和实时监控，确保每个环节的质量都得到有效控制。此外，BIM 技术还可以对施工材料进行追溯管理，从源头上保证工程质量。

（三）施工安全管理

水利工程施工环境复杂，安全风险较高。BIM 技术在施工安全管理方面的应用主要体现在以下几个方面：首先，通过 BIM 模型可以模拟施工过程，提前发现潜在的安全隐患并制定预防措施^[11]；其次，利用 BIM 技术的实时监控功能，可以实现对施工现场的实时监控和人员定位，及时发现并处理安全问题^[12]；此外，BIM 技术还可以为应急疏散提供路线模拟功能，提高应对突发事件的能力。

（四）施工成本管理

在水利工程施工中，成本控制是一个关键环节。BIM 技术可以通过以下几个方面帮助实现更有效的施工成本管理：首先，通过精确的工程量统计和材料分析，可以更准确地估算施工成本；其次，BIM 技术可以实时追踪施工过程中的材料消耗和工程量变化，实现动态成本管理^[13]；此外，利用 BIM 技术的可视化特点，可以实现更高效的设计变更管理，降低因变更导致的成本增加。

五、BIM 技术在水利工程运营与维护阶段的应用

（一）设施管理

在水利工程运营与维护阶段，设施管理是一项复杂而重要的任务。利用 BIM 技术，可以实现设施的信息化和精细化管理。通过 BIM 模型，可以直观地查看设施的布局、设备配置以及运行状态等信息。这有助于管理者更好地了解设施状况，制定合理的维护计划。同时，BIM 技术还支持设施的实时监控，能够及时发现设施异常，提高维护效率^[14,15]。

（二）维修与保养计划

维修与保养是水利工程运营与维护的核心任务之一。BIM 技术为维修与保养提供了全面的支持。首先，通过 BIM 模型，可以快速定位设备位置，提高维修效率。其次，BIM 模型中包含了设施的详细信息，为维修人员提供了可靠的维修指导。此外，结合设施的历史运行数据和维修记录，BIM 技术能够预测设备的维修需求，从而制定合理的保养计划。这有助于减少不必要的维修和保养成本。

（三）资产管理

资产管理是水利工程运营与维护的重要组成部分。BIM 技术为资产管理提供了便捷的管理工具。通过 BIM 模型，可以全面掌握工程的所有资产信息，包括设备的价值、使用状况等。这有助于提高资产的使用效率和管理水平。同时，结合资产管理软件，

BIM 技术可以实现资产的动态管理，实时跟踪资产的变动情况，确保资产的安全和有效利用。

（四）应急管理

应急管理是水利工程运营与维护的重要环节之一。BIM 技术为应急管理提供了有力的支持。首先，通过 BIM 模型，可以模拟各种应急场景，制定合理的应急预案。这有助于提高应对突发事件的能力。其次，结合实时监控系统，BIM 技术能够快速响应各种突发事件，及时采取有效的应对措施，降低事故损失。同时，BIM 技术还可以为应急救援提供准确的设施信息，提高救援效率。

（五）能耗管理

能耗管理是水利工程运营与维护的重要目标之一。BIM 技术为能耗管理提供了有效的工具。通过 BIM 模型，可以实时监控工程的能耗情况，了解能耗的分布和消耗情况。这有助于发现能耗的瓶颈和优化空间，制定合理的节能措施。结合智能能源管理系统，BIM 技术能够实现能源的精细化管理，降低运营成本并提高能源利用效率。

六、结语

总之，BIM 技术是水利工程全周期建设的重要推动力。从规划阶段的高效决策支持，到设计阶段的详尽模拟，再到施工阶段的精准管理，以及运营维护的持续优化，BIM 技术通过其独特的三维建模能力、信息整合功能和协同作业平台，为水利工程实现了高效科学管理和执行。未来，随着新技术的不断涌现和融合发展，诸如人工智能、物联网、大数据分析等技术与 BIM 的结合，有望打造出更智能、更自动化、更互动的工程建设和运营生态，为水利工程管理决策提供更加科学的依据和更高效的方法，为我们的生活带来更多的便利和保障。

参考文献

- [1] 刘增强，史玉龙，梁春光. 厄瓜多尔 CCS 水电站 BIM 综合应用 [J]. 水利规划与设计，2018(02):14-18+154.
- [2] 张学森，黄琳琳. BIM 技术在水利工程设计中的应用研究 [J]. 工程技术研究，2018(13):151-152.
- [3] 孙宁，郝梦茹. BIM 技术在水利工程设计中的应用初探 [J]. 居舍，2022,(05):106-108.
- [4] 孔庆阳，乔婧，丁伟等. BIM 技术在水利工程设计中的应用 [J]. 中国高新科技，2021,(01):143-144.
- [5] 黄霄，李志红. BIM 技术在水利工程规划设计中的应用 [J]. 中国资源综合利用，2021,39(02):23-24.
- [6] 吕贺. BIM 技术在水利工程设计中的应用 [J]. 陕西水利，2021(07):40-42.
- [7] 吕贺. BIM 技术在水利工程设计中的应用 [J]. 陕西水利，2021,(07):40-42.
- [8] 曹庭，王嘉斌，宦如胤. BIM 技术在水利工程设计施工运维中的应用 [J]. 水利科学与寒区工程，2018,1(07):67-69.
- [9] 潘乐. BIM 技术在水利工程设计施工运维中的应用研究 [J]. 山西水利，2022,(04):52-54.
- [10] 关志宇，钟秋文. BIM 技术在水利工程设计中的应用初探 [J]. 内蒙古煤炭经济，2020,(12):162-163.
- [11] 刘永健. BIM 技术在水利工程设计施工运维中的应用研究 [J]. 中华建设，2020,(10):118-119.
- [12] 刘永健. BIM 技术在水利工程设计施工运维中的应用研究 [J]. 中华建设，2020,(10):118-119.
- [13] 张超. BIM 技术在水利工程设计中的应用初探 [J]. 江苏水利，2015(04):14+17.
- [14] 王姜，王荣幸，陶婷. “BIM+”技术在水利工程运营阶段分析与应用 [J]. 黑龙江水利科技，2021,49(02):187-190.
- [15] 曹庭，王嘉斌，宦如胤. BIM 技术在水利工程设计施工运维中的应用 [J]. 水利科学与寒区工程，2018,1(07):67-69.

地铁车站机电安装中 BIM 技术运用探析

王泽恩

中铁上海工程局集团有限公司城市建设分公司, 上海 201900

摘 要 : 随着城市轨道交通的迅速发展, 地铁车站机电安装工程的复杂性和难度逐渐增加。BIM 技术是一种现代化技术, 其在地铁车站机电安装中具有诸多的应用优势, 目前也在实际工程建设中得到了有效运用。其对地铁车站机电安装工程的开展提供了技术支持, 为各环节的实施发挥重要作用。为了提高机电安装工程的效率和质量, 下面, 文章就主要结合工程实际情况探讨地铁车站机电安装中 BIM 技术运用, 希望对相关工作的开展提供参考。

关 键 词 : 地铁站台机; 安装工程; BIM 技术; 运用探析

Analysis on the Application of BIM Technology in Electromechanical Installation of Subway Stations

Wang Zeen

Urban Construction Branch, Shanghai Civil Engineering Co., Ltd of CREC, Shanghai 201900

Abstract : With the rapid development of urban rail transit, the complexity and difficulty of the metro station electromechanical installation project is gradually increasing. BIM technology is a modern technology, which has many application advantages in the metro station electromechanical installation, and is currently also effectively used in the actual project construction. It provides technical support for the development of electromechanical installation projects in subway stations and plays an important role in the implementation of various links. In order to improve the efficiency and quality of the electromechanical installation project, the following article mainly combines the actual situation of the project to explore the subway station electromechanical installation in the use of BIM technology, and hope to provide reference for the development of related work.

Key words : subway station machine; installation engineering; BIM technology; utilization analysis

地铁车站机电安装工程作为城市轨道交通建设的重要组成部分, 其施工质量、进度和安全性对城市交通的正常运行至关重要。然而, 机电安装工程的复杂性和难度逐渐增加, 传统的设计、施工和管理方法难以满足现代化施工的需求。因此, 引入先进的技术和方法以提高机电安装工程的效率和质量显得尤为必要。近年来, 建筑信息模型 (BIM) 技术在建筑行业的应用日益广泛。因此, 探讨 BIM 技术在地铁车站机电安装工程中的应用具有重要的理论意义和实际价值。

一、BIM 技术概述

BIM (Building Information Modeling, 建筑信息模型) 是一种基于数字化技术的建筑设计、施工和运营管理方法。它通过创建建筑物的三维模型, 整合各种建筑信息, 以提高建筑项目的设计质量、施工效率和运营维护水平。BIM 技术不仅仅是一种单一的软件工具, 而是一种综合性的方法论, 涵盖了建筑项目的全生命周期。其将建筑项目中的各种信息整合到一个统一的模型中, 使各专业团队能够在同一平台上协同工作, 从而避免了信息孤岛和重复劳动。通过实时更新和共享项目信息, BIM 技术有助于实现更高效的沟通、协作和管理^[1]。

BIM 技术具有显著的信息整合优势。通过创建建筑物的三维

模型, BIM 技术能够整合建筑项目的各个阶段的信息, 包括设计、施工、运维等。这使得项目团队能够方便地访问、管理和共享信息, 避免了传统方法下的信息孤岛和重复劳动。通过实时更新和共享项目信息, BIM 技术有助于实现更高效的沟通、协作和管理。其利用三维模型, 设计师和施工人员可以更直观地了解建筑项目的细节, 从而提高设计质量和施工精度。此外, BIM 技术还支持各种模拟分析, 如结构分析、能耗分析、人流分析等, 有助于优化设计方案和提高项目投资回报。BIM 技术能够为不同专业团队提供统一的平台, 让他们在同一模型上进行协同工作, 从而减少错误和冲突, 提高工作效率。通过将项目信息整合到模型中, BIM 技术有助于实现物料管理、进度控制、成本控制等方面的精细化管理。例如, 通过对施工现场的实际情况进行实时监

测，BIM技术可以帮助项目经理及时调整施工计划，确保工程进度和成本得到有效控制。最后，BIM技术具有高度的可扩展性和兼容性。随着建筑行业的不断发展和技术的进步，BIM技术能够适应各种新的需求和挑战。例如，BIM技术可以与云计算、物联网、人工智能等技术相结合，实现建筑项目的智能化管理^[2]。

二、地铁站机电安装中 BIM 技术的作用

其一，在地铁站机电安装工程中，BIM技术能够提高设计质量。通过将机电系统的各个组件和设备整合到一个统一的三维模型中，设计团队可以更直观地了解项目需求和设备布局，从而优化设计方案。其支持多种模拟分析，如管线综合、碰撞检测等，有助于在设计阶段就发现并解决问题，避免施工过程中的返工和浪费。其二，BIM技术可以促进施工协同。BIM模型为各专业团队提供了一个统一的平台，使得他们可以在同一模型上进行协同工作。例如，结构工程师、机电工程师、施工单位等可以实时共享项目信息，避免错误和冲突，提高工作效率。不仅如此，它还支持施工模拟，帮助项目经理和施工人员预测施工过程中可能出现的问题，并采取相应的措施，确保工程进度和质量得到有效控制。其三，BIM技术能够提升运维管理水平。BIM模型包含了丰富的设备信息和维护需求，可以为运维团队提供准确的设施管理、能源管理和资产管理支持。通过将BIM技术与物联网、人工智能等技术相结合，可以实现地铁站机电系统的智能化管理，提高设施的运行效率和安全性。最后，BIM技术有助于实现可持续发展。BIM模型包含了项目的全生命周期信息，可以为设计师、施工人员和运维团队提供关于节能、环保等方面的建议。例如，通过模拟分析，设计师可以选择更加节能的设备和材料，施工人员可以优化施工方案以降低能耗，运维团队可以实施更加环保的维护策略^[3]。

三、地铁站机电安装中 BIM 技术的运用

（一）工程进度控制与协调

通过创建精确的三维模型，项目团队可以更加直观地了解施工过程中各个阶段、各个专业的工作内容，从而制定详细的施工计划。而BIM模型支持实时更新和共享项目信息，这有助于及时发现施工过程中的问题，并采取相应的措施进行调整，保证工程进度不受影响。借助BIM模型，项目经理可以对施工所需资源进行更加精细的安排，包括人力、设备、材料等。例如，通过对模型进行模拟分析，项目经理可以确定最佳的设备布置方案，从而提高施工效率，减少资源浪费。其次，通过将BIM技术与物联网、传感器等技术相结合，可以实现对施工现场的实时监控，从而及时发现问题，调整施工计划和资源分配。例如，通过安装在现场的传感器，项目团队可以实时获取设备的运行状态、施工进度等信息，从而对施工计划进行调整，确保工程进度的顺利进行。最后，通过对BIM模型进行模拟分析，项目经理可以预测施工过程中可能出现的风险，并制定相应的应对措施。例如，通过

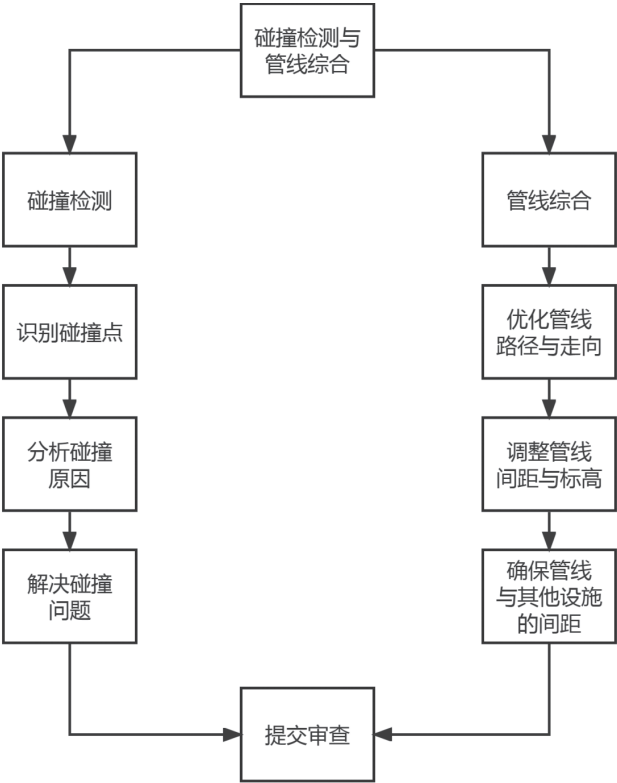
对模型进行碰撞检测分析，可以发现潜在的管线冲突等问题，从而提前采取措施进行解决，避免返工和工程延误，确保工程进度的顺利进行^[4]。

（二）碰撞检测与管线综合

在地铁站机电安装中，运用BIM技术进行碰撞检测与管线综合，可以帮助工程师在设计阶段发现并解决潜在的碰撞问题。其通过将各个专业系统整合到一个统一的三维模型中，使得工程师可以直观地观察到各专业系统之间的空间关系，从而发现可能存在的碰撞问题。通过BIM模型的实时更新，施工现场管理人员可以及时了解工程进度，实现施工现场与设计团队的协同工作，及时发现并解决问题，提高沟通效率，降低工程风险。其次，地铁站的机电设备众多，涉及电力、通风、给排水等各个方面的管线。在传统的施工过程中，各个管线的布置和连接往往需要大量的人力和物力，且各专业管线的设计是独立的，容易造成管线布置不合理、浪费空间等问题，不仅会导致施工周期的延长和成本的增加，还可能影响到车站的正常运营。通过使用BIM技术，可以将各个管线以三维模型的形式进行建模，并在模型中进行管线综合。工程师和设计师可以通过模型的分析 and 优化，合理布置和连接各个管线，提高施工的效率和质量。最后，在机电安装过程中，涉及的管线种类繁多，空间关系复杂，传统的二维设计方法很难发现潜在的碰撞问题。而BIM技术可以通过模型中的几何信息，自动检测出各专业系统之间的碰撞点，并提供相应的解决方案。这有助于提高设计质量，避免因碰撞问题而导致的返工和工程延期，如图1所示。

（三）施工模拟与优化

首先，通过对地铁站的空间布局、设备安装位置、管线走



> 图1 BIM碰撞检测与管线综合流程

向等进行三维建模,施工方可以直观地了解到整个施工现场的立体画面。这种虚拟的施工环境为施工单位提供了一个可以提前发现和解决施工问题的平台。例如,通过对各个施工工序进行模拟,可以发现潜在的碰撞和干扰,并提前制定解决方案,从而降低施工过程中的风险。其次,在施工模拟的过程中,BIM技术能够有效地提高施工效率和质量。例如,通过对施工过程进行模拟分析,可以发现施工过程中的瓶颈和优化点,从而制定更为合理的施工计划。其后通过对管线、设备等安装方案进行优化,可以实现资源的合理配置,避免浪费,从而降低施工成本。再次,施工过程中,各个专业之间需要紧密配合,才能保证施工的顺利进行。BIM技术可以将各个专业之间的信息进行整合和共享,从而实现各个专业之间的协同。例如,在施工过程中,一旦某个专业遇到问题,BIM技术可以迅速识别问题所在,并及时通知其他专业进行处理,从而保证施工的顺利进行。最后,施工过程中,需要对各个施工工序进行严格的质量控制和管理。BIM技术可以实时监控施工过程,对施工过程中的数据进行分析和整理,及时发现问题并采取措施进行整改,从而实现对施工质量的有效控制和管理^[5]。

(四) 物料管理与成本控制

通过 BIM 模型中的三维可视化,设计师和施工方可以更直观地查看车站内部的空间布局和设施设备,从而精确地了解各个施工环节所需的物料种类和数量,从而实现物料清单的自动生成和实时更新,使物料管理人员能够快速、准确地掌握物料需求,从而避免过度采购、物料浪费等问题,有效降低成本。在设计阶段,通过 BIM 技术模拟施工过程,可以提前发现可能存在的成本浪费、资源浪费等问题,从而优化设计方案,降低成本。在施工阶段,BIM 技术可以实时监测工程进度和资源使用情况,帮助项目管理人员及时发现和解决问题,确保工程按时、按质完成,避免因工程延误导致的成本增加。其次,BIM 模型中包含了详细的物料信息,包括规格、型号、生产厂家等,可以帮助项目人员更精确地选择适合工程项目的物料,实现对物料使用情况的实时监控,帮助项目管理人员及时发现和纠正浪费现象,从而提高物料的使用效率,进一步降低成本。最后,通过对物料信息的记录和追踪,项目管理人员可以快速了解物料的来源、去向和使用情况,从而提高物料管理的透明度。而除了对物料信息的记录,

BIM 技术还可以对工程变更、合同变更等过程进行记录和管理,确保工程项目的合规性和可追溯性,进一步降低成本风险^[6]。

(五) 数据信息共享

利用 BIM 技术,各专业设计、施工、运营维护团队可以实时查看、修改、更新项目信息,确保信息的一致性和准确性。传统的设计方式中,各专业之间信息割裂,需要大量的人力和时间进行协调。而 BIM 技术的应用使得各专业之间的信息可以无缝对接,如建筑、结构、机电、管线等专业的设计信息都可以在一个模型中实时更新,方便各专业之间的协同工作。其次,通过将设计、施工、运营维护阶段的信息整合到一个 BIM 模型中,利用 BIM 模型中的信息,可以对设备进行智能化监控,实时更新设备的维修保养记录,实现故障预警、快速定位故障等,提高设备管理效率,降低设施维护成本。最后,BIM 模型中的信息可以实时更新,使得项目的质量控制更加精确。例如,在施工过程中,通过对 BIM 模型的实时监控,可以及时发现并解决问题,避免返工现象的发生,提高项目质量。在机电安装过程中,不同专业可能涉及相似的材料和设备。通过数据信息共享技术,可以实现对这些材料和设备的统一管理,从而减少重复采购和浪费,降低项目成本。在项目竣工阶段,需要将大量的设计、施工、监理等资料整理成完整的竣工档案。通过数据信息共享技术,可以将这些资料整合到一个共享平台,方便各方进行查阅和整理,提高竣工资料整理的效率和质量。

四、结语

综上所述,在地铁车站机电安装中 BIM 技术运用了很多技术,它们在提高设计质量、优化施工方案、降低施工风险以及提高施工效率等方面具有显著优势。由此看出,BIM 技术可以帮助项目团队实现协同工作,提高工作效率,降低成本,并为运维阶段提供便利。因此,在地铁车站机电安装中运用 BIM 技术是提升行业技术水平、实现可持续发展的关键举措。随着 BIM 技术的不断发展和应用,地铁站台机电安装工程的质量和效率将得到进一步提升,从而为乘客提供更加安全、便捷、舒适的地铁交通服务。

参考文献

- [1] 张超. BIM 技术在地铁车站机电综合管线排布施工中的应用 [J]. 工程机械与维修, 2023(01):279-281.
- [2] 张延冰. 浅谈 BIM 技术在地铁车站综合管线施工中的应用 [J]. 石家庄铁路职业技术学院学报, 2022,21(04):59-64.
- [3] 郑龙. 地铁机电安装工程的施工协调管理分析 [J]. 现代工业经济和信息化, 2022,12(04):193-194.
- [4] 盛昌华. BIM 技术在地铁机电设备安装工程中的应用 [J]. 四川建材, 2021,47(09):188-189.
- [5] 陈星. 浅谈 BIM 技术在地铁机电安装工程中的应用 [J]. 运输经理世界, 2020(07):15-17.
- [6] 倪雪艳. BIM 技术在地铁车站机电安装中的应用 [J]. 中国科技信息, 2020(13):62-63.

深挖路堑地下水暗排降系统施工技术研究

巫庆明¹, 刘志业², 吕钦飞³, 肖友淦⁴, 李立新⁵

1. 厦门特房建设工程集团有限公司, 福建 厦门 361001

2. 福建联美建设集团有限公司, 福建 厦门 361001

3. 福建省融旗建设工程有限公司, 福建 福州 350300

4. 福州城建设计研究院有限公司, 福建 福州 350001

5. 厦门大学建筑设计研究院有限公司, 福建 厦门 361000

摘要： 在修筑道路时，如何避免由于地下水位上升而对路基产生损害，一直是设计和施工人员试图解决的难题，而传统降水方法由于技术复杂且效果不佳已逐渐无法适应现代施工需求。因此，本文将通过将仰斜式排水管、树形支撑渗沟技术集成于地下水暗排降系统，成功将边坡结构的地下水汇集至位于边沟底部的纵向碎石盲沟，从而将水排出路基范围，有效防止深路堑边坡病害，同时使得地下水位得到控制。深挖路堑地下水暗排降系统施工技术为工程的长期使用提供了重要保障，也为后续同类地下水的排降工程施工提供了科学指导。

关键词： 地下水暗排降；路堑；渗沟；盲沟

Research on the Construction Technology of Concealed Groundwater Drainage System in Deep Excavated Road Graben

Wu Qingming¹, Liu Zhiye², Lv Qinfei³, Xiao Yougan⁴, Li Lixin⁵

1 Xiamen Tefang Construction Engineering Group Co., Ltd. Xiamen, Fujian 361001

2 Fujian Lianmei Construction Group Co., Ltd. Xiamen, Fujian 361001

3 Fujian Rongqi Construction Engineering Co., Ltd. Fuzhou, Fujian 350300

4 Fuzhou City Construction Design & Research Institute Co., Ltd. Fuzhou, Fujian 350001

5 Xiamen University Architectural Design and Research Institute Co., Ltd. Xiamen, Fujian 361001

Abstract： When constructing roads, how to avoid damage to the roadbed due to the rise of the water table has always been a topic that designers and constructors have tried to solve, and the traditional methods of water descent have gradually failed to adapt to the needs of modern construction due to the complexity of the technology and poor results. Therefore, this paper through the inclined drainage pipe, tree-supported trench technology integrated in the underground water drainage system, the success of the slope structure of the underground water to the longitudinal gravel blind ditch located in the bottom of the side ditch, so that the water out of the range of the roadbed, and effectively prevent the deep graben slope damage, and at the same time, make the groundwater level is controlled. Deep excavation road graben groundwater dark drainage system construction technology for the long-term use of the project provides an important guarantee, but also for the subsequent similar groundwater drainage project construction provides a scientific guide.

Key words： concealed groundwater drainage drop; road graben; seepage trench; blind trench

引言

在多雨路段或地下水较为丰富的地区修筑道路时，特别是当路段的地下水位高于预期路肩标高时，为确保长期有效的排水，需要设计考虑如何降低地下水位，以防止路面地下水位上升导致病害。传统路基降水施工一般是通过在路基两边设置沉降沟，并用透水性材料等填充反滤层，或用土工布包裹粒径均匀的砾石作为渗水材料进行沉降沟填充作业^[1]。通过以上手段可对地下水的排降起到一定作用，但仍不够理想，且施工方法相对复杂，此外，还存在使用寿命短、后续维护费用高的缺陷。针对上述现状，本文对深挖路堑地下水暗排降系统施工技术进行深入研究。

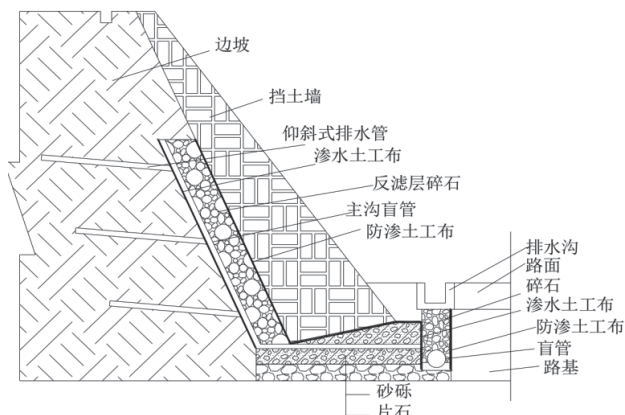
一、施工工艺

深挖路堑地下水暗排降系统施工技术是采用边坡树形支撑渗

沟与纵向碎石盲沟相结合的方式对深挖路堑地下水排除。

施工工艺流程为：施工准备→树形支撑渗沟沟槽开挖→仰斜式排水孔钻孔→路床翻挖→渗水盲管安装→树形支撑渗沟回填→

纵向碎石渗沟开挖→铺设盲管→碎石回填→路面层施工。



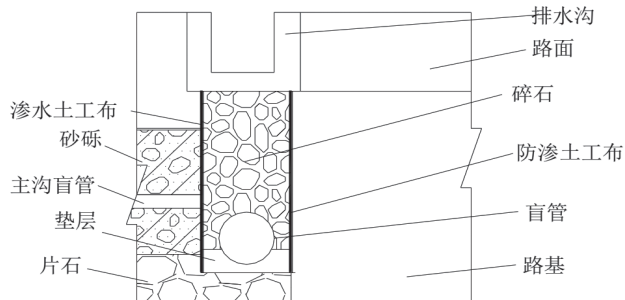
> 图 1-1 深挖路堑地下水暗排降系统结构示意图

(一) 边坡树形支撑渗沟结构工艺原理

在修建边坡树形支撑渗沟时，应注意维护边坡稳定性，在此基础上按照设计间距逐步实施挖掘渗沟沟槽作业；在树形支撑渗沟中埋设主沟盲管和支沟盲管，盲管均需外包渗水土工布；树形支撑渗沟使用人工填筑法，同时分层砌筑挡土墙；在树形支撑渗沟中埋设仰斜式排水管，排水管与主沟盲管贯通，主沟盲管连接至挡土墙底部，挡土墙后方地下水即可汇集到树形支撑渗沟的主沟槽中，最终汇集至边沟下面的纵向盲沟进行排降。

(二) 纵向碎石盲沟工艺原理

在露天排水边坡底部修建纵向砾石盲沟，在盲沟底部埋设带透水土工布的穿孔盲管，在砾石盲沟内人工回填砾石，在砾石盲沟相对于路面的一侧铺设防下沉土工布、边坡一侧则铺设透水土工布，以防止沟外的泥沙进入盲沟^[2]，造成堵塞，同时也起到防止地下水渗入对路面造成破坏的作用，砾石盲沟可作为主管盲沟排水口。



> 图 1.2-1 纵向碎石盲沟结构示意图

二、施工控制要点

(一) 施工准备

施工前，先对路堑两边边坡按设计要求进行修整。按相关设计规范进行道路基层施工，与一般路基施工相同。

(二) 树形支撑渗沟沟槽开挖

按设计要求，在修整好的边坡上根据树形支撑渗沟沟槽具体尺寸进行放线。树形支撑渗沟的主沟槽开挖选择人工与机械配合施工策略，首先利用挖掘机械开挖至主沟槽的底部10cm以上位置，剩余部分选择使用人工开挖方式；树形支撑渗沟的支沟槽应全部采用人工开挖策略^[2]。树形支撑渗沟主沟槽设置上至水位线

上1m，下至坡底，纵向间距可根据实际情况进行调节，一般为6~8m。从下往上开挖沟槽，开挖后迅速进行下道工序的施工，切忌裸露时间过长导致主沟槽边坡坍塌，沟槽的开挖必须保证两壁平整。树形支撑渗沟的沟槽应严格禁止超挖，一旦出现过度开挖且无法用土回填的情况，可采用M7.5级浆砌片石进行回填，沟槽验收合格后才能进行下一步施工。

(三) 仰斜式排水孔钻孔

在仰斜式排水孔钻孔前必须预先固定钻机，以确保钻头和钻杆始终沿着规定的方向钻孔。仰斜式排水孔应设置在树形支撑渗沟主沟槽中间位置，第一排仰斜式排水孔低于水位线30~50cm，仰斜式排水孔每2m设1孔，孔深3~5m，高度角5~7°，与中心线成垂直角，钻孔设备安装必须保证钻机平整、稳定、牢固，并对钻孔方位角和高度角进行校正。排水孔由100mm的PVC管制成，为了保证排水孔的质量，排水孔的钻孔设计为110mm进行施工作业。

(四) 路床翻挖

在挡土墙底部至纵向砾石的渗沟区域，反挖100cm的路床基层，更换为50cm厚的板岩和50cm厚的砾石，并在此基础上铺设渗水土工布，与树形支撑渗沟内土工布搭接。

(五) 渗水盲管安装

首先在沟槽底部铺一层透水土工布，四边收边，然后安装盲管。钻孔的直径为5cm，孔距为75mm，每节断面错开8个孔排列，管道底部高度的下三分之一处不打孔，应在靠顶部位置打孔，孔的分布要均匀，注意孔眼安装时要向上。仰斜式排水管和支沟盲管与主沟盲管相连，水流集中进入主沟盲管，主沟盲管穿过挡土墙下部，通向边沟后由纵向盲沟排放口统一排放。

(六) 树形支撑渗沟回填

反滤层由人工填充砾石，其施工作业与挡土墙分层砌筑同步进行。挡土墙由MU30板岩和M7.5水泥砂浆砌成，接缝处用M10砂浆灌浆，过滤砾石层和挡土墙之间用防渗土工织物覆盖，以防止地下水进入挡土墙。挡土墙的底部砌筑时，要在主沟槽盲管的顶部填入砾石保护层。用于排水和渗透的填充砾石在使用前必须过筛并清洗干净，用于渗透的过滤材料应选用粒径为6~10mm的硬石或碎石，以确保排水层的空隙度。

(七) 纵向碎石渗沟开挖

渗沟按照0.8m的设计宽度进行开挖作业，当挖至2m深时，在渗沟的两侧安装木板桩作为支撑，防止渗沟壁坡土壤发生坍塌，确保施工人员的安全^[3]。当开挖深度达到设计深度时，沟底通过人工进行压实作业，随后修建设计坡度的流水坡，流水面设置在渗沟底部，通常采用10cm厚的片石混凝土垫层进行铺设。

(八) 铺设盲管

盲管规格为Φ500HPDE，应使用渗水土工布包裹后再进行安装^[4]，盲管安装时应保持管道平顺，管道连接处用套管或卡箍固定牢靠，盲管上的排水孔位置应向上，以确保排水通畅。盲沟起始处的多孔管应由土工织物紧紧围住，并在其前端填充300毫米厚的粗砂砾，在盲沟中每隔200m设置一个2.5m深的控制坑，可兼作沉砂、泥作用。

(九) 碎石回填

盲管周围采用人工回填的方式填充粒径均匀的砾石，相比机械回填可有效避免盲管本身和盲管包裹土工布受到破坏；回填时

应注意不得混入粘土、塑料等不透水材料影响盲管渗水效果。此外,当回填层覆盖盲管深度大于超过50cm时,应使用小型压实时对盲管回填砾石进行震动压实操作。

（十）路面层施工

道路面层两侧设置明排水沟,排水沟与挡土墙之间的空隙用混凝土进行回填浇筑。

三、质量控制

深挖路堑地下水暗排降系统施工技术采用 Φ100mmPVC管、MU30片石、砂砾、渗水土工布、碎石、M7.5水泥砂浆、M10砂浆、粒径在6 ~ 10cm的砾石或碎石、木板桩、C20混凝土、Φ500HPDE管、粗颗粒碎石等,所有材料均需满足相应的国家、行业标准或规范的要求,并符合现场施工工艺对质量的要求,所有材料须检验合格后方可进场,随后按照施工进度计划要求存放在拌和站的储料库中^[9]。

（一）过滤层施工质量控制措施

排水和填充的渗水砾石在使用前必须经过筛选和清洁,渗沟内的过滤材料应选择用粒径为6 ~ 10cm的硬石砾或碎石填充。砾石作为过滤层填充渗沟后,还应在其上部铺设防渗水土工布,防止地上水再渗入挡土墙。

（二）仰斜式排水管施工质量控制措施

仰斜式排水管应按照设计角度精准施工,通过采用水准仪等高精度机械进行定位后方可安装,保证与渗沟主管的合理连接,排水孔也要提前检查,保证排水流畅。在仰斜式排水管的开挖过程中,要时刻关注钻机的掘进速度,并对渣土进行抽样检测,准确记录排水管的开挖情况,可适当拍摄照片、视频等影像材料留底^[9]。排水管钻孔作业完成后应立即安装 PVC管进行封堵,防止出现塌孔等妨碍施工进度情况。

（三）树形支撑渗沟质量控制措施：

树形支撑渗沟应紧密连接挡土墙,排水孔与排水管道等连接全程必须流畅平顺。树形支撑渗沟开挖时应间隔施工,一边开挖一边回填支护,防止在开挖过程中因过度暴露而出现边坡土体滑动甚至坍塌现象。树形支撑渗沟严格禁止超挖,一旦出现过度开挖且无法用土回填的情况,可采用 M7.5级浆砌片石进行回填^[7],树形支撑渗沟中的回填碎石应该排列紧密,不能出现空洞部分。

（四）盲沟质量控制措施

盲沟铺设土工布时应注意松紧适中,沿沟壁面均匀铺设,严禁出现褶皱;渗水土工布的横向和纵向铺设应交错布置,其搭接部分的宽度应在300mm以上。除此之外,盲沟的渗水布置应根据盲沟与路基边侧距离适当调整,并分段施工,确保盲管水流畅通,盲沟积水时,管接头用套筒或胎具严密连接,盲管排水孔位置应向上布置。

施工中不得在 Φ500HPDE穿孔盲管上方产生额外压力,在回填土未完全回填的情况下,不得允许机械车辆行驶,以免压坏盲管^[8]。纵向盲沟开挖时,在接近设计标高的10cm处应选用人工开挖方式,不仅可以防止边坡和盲沟底部原土层受到破坏,也有效避免了欠挖和超挖现象。盲沟的沟槽开挖土应及时运输离场,严禁在沟槽旁进行堆放,影响后续开挖排水工作。路基旁的盲沟地基一定要压实,杜绝出现盲沟水渗出进而损伤路基的情况。

四、可行性分析

与传统的在路基两侧开挖渗透井、回填透水材料作为反滤层以减少和排出边坡地下水的方法相比,深挖路堑地下水暗排降系统施工技术采用仰斜式排水管和树形支撑渗沟结合的方式,将边坡地下水导入沟底纵向砾石盲沟,进一步使其排除在路面区域之外,从而快速有效地减少和排出土建沟槽中的地下水。

在挡土墙后的边坡上修建树形支撑渗沟沟槽,将主沟和边沟的盲管铺设在沟内,并用碎石回填反滤层的,主沟盲管通过挡土墙底部引至边沟下的纵向盲沟,有效降低和排出边坡的地下水,减少边坡内的地下水。采用仰斜式排水管排水的方法,在主沟内设置仰斜式排水管,将仰斜式排水管与主沟盲管连接,可有效排除边坡深层地下水,快速降低地下水位,减小边坡内地下水动力和渗流压力,提高抗剪强度^[9]。所有渗水盲管均设置排水孔,并用透水土工布密封。在安装过程中,必须注意确保孔眼朝上,以确保渗水盲管畅通无阻,并提高其耐用性。靠近路基的盲沟用砾石回填后,上方要用防渗水土工布铺设,靠近斜坡的盲沟用砾石回填后,上方要用透水土工布铺设。通过以上操作,可有效隔绝沟外淤泥砂石造成盲沟堵塞,同时避免地下水渗到路面情况发生^[10]。本文所介绍的将仰斜式排水管和树形支撑渗沟集成于地下水暗排降系统技术,工艺相对传统降水方法得到有效简化,施工成本也大大减低,且对环境的影响小,综上,该技术实用性强,具备一定的推广价值和实践价值。

深挖路堑地下水暗排降系统施工技术适用于一般路堑道路排水施工,特别适用于多雨水地区深挖路堑道路地下水排除施工。

五、结语

本文提出的将仰斜式排水管和树形支撑渗沟集成于地下水暗排降系统施工技术,不仅有效解决多雨地区的地下水排降问题,同时针对地下水丰富路段设计防渗水布置,对路堑边坡渗水进行拦截,以防进入路基施工作业面损毁路基。该技术排水效果好,对降低路基面范围内的地下水位产生积极作用,同时保证了路基修建工作的施工进度和质量。现将深挖路堑地下水暗排降系统施工技术进行总结,以为类似地下水排降工程提供经验借鉴。

参考文献

[1]李树晨,包庆云. 富水地段路堑采用软式透水管排降地下水施工技术[J]. 铁道建筑技术, 2000,(01): 25-27.
[2]王同元. 富水深挖路堑排降地下水施工技术[J]. 施工技术, 2017,46(S2):982-984.
[3]袁振波. 十天高速公路第三系红层渗水边坡处治设计[J]. 山西建筑, 2013,39(21): 151-153.
[4]马凤伟. 严寒地区重载铁路既有线深路堑高边坡工程病害整治[J]. 神华科技, 2017,15(05):84-88.
[5]曾繁涛. 渗水盲沟处理地下水发育路堑方法在龙烟铁路的应用研究[J]. 铁道标准设计, 2015,59(06):56-59
[6]陈佩. 富水深厚软土地区保水路基结构设计方法及关键参数研究[D]. 东南大学, 2021.
[7]朱小兵,周元辅,安柯等. 高水压山地城市隧道地下水限量排放研究[J]. 地下水, 2023,45(06): 24-26.
[8]吴陆军. 关于地下水处理方法的探讨[J]. 土工基础, 2018,32(06):646-649.
[9]田阳辉,汪海洋. 降雨条件下某铁矿排土场边坡渗流场分布特征研究[J]. 工程勘察, 2011,39(09):51-55.
[10]房召亮. 浅析迪拜哈斯彦清污燃煤电厂陆上深基坑降水施工技术[J]. 工程建设与设计, 2022,(11):191-193.

公路沥青路面的试验检测技术研究与应用

宋艳波*

襄阳汉江检测有限公司, 湖北 襄阳 441100

摘 要 : 随着我国经济的不断发展, 交通量急剧增加, 道路质量也随之而变差。沥青路面是一种典型且重要的公路面层结构形式。因此在实际使用过程中要对其进行检测和维护工作, 并做好相应养护措施以确保工程效果及安全性, 针对沥青混合料性能试验及各项指标参数测定分析等问题, 应采用合理有效地方法来确定最佳配合比设计值, 从而实现优质高效施工道路材料资源配置, 提高沥青路面抗滑性与耐久性的同时保证公路质量。

关 键 词 : 公路沥青路面; 检测技术; 公路

Research and Application of Testing Technology of Highway Asphalt Pavement

Song Yanbo*

Xiangyang Hanjiang Testing Co., Ltd, Hubei, Xiangyang 441100

Abstract : With the continuous development of China's economy, the traffic volume has increased sharply, and the road quality also becomes worse. Asphalt pavement is a typical and important form of highway surface layer structure. Therefore, in the actual use of testing and maintenance work, and the corresponding maintenance measures to ensure the engineering effect and safety, in view of the asphalt mixture performance test and the index parameter determination and analysis, should adopt reasonable and effective method to determine the best mix ratio design value, so as to achieve high quality and efficient construction of road material resource allocation, improve the skid resistance and durability of asphalt pavement and ensure the quality of highway.

Key words : highway asphalt pavement; detection technology; highway

一、引言

随着我国经济的不断发展, 人民生活水平也在逐渐提高。对于路面质量而言, 沥青是最为重要的材料之一。因此对公路路面进行试验检测就显得非常必要了, 由于我国高速公路建设起步较晚, 目前还没有建成统一标准和规范化操作方法以及相关技术要求等方面都比较落后一些。

二、公路沥青路面的重要性

沥青路面是我国交通运输工程中的重要组成部分, 而公路路基作为道路运输的基础, 其质量直接影响到整个交通网络和城市经济建设。因此在施工过程中要严格控制好每道工序, 对于公路面层材料进行检测时应采用物理性能测试方法。如果发现不符合标准要求或有缺陷部位出现则可采取相应措施加以处理避免质量事故发生。^[1]沥青路面是我国交通运输的重要组成部分, 它能有效地提高运输效率, 降低道路施工成本, 保证道路畅通, 而公路沥青路面作为高速公路建设中不可或缺的一部分也越来越受到人们重视。随着我国公路工程事业快速发展和交通量不断增加及对车辆技术要求日益提升、对养护条件逐步改善等因素影响下使得公路质量逐渐下降。此外随着国家经济实力与科技水平不断进步以及人民生活水平提高等原因导致我国汽车数量急剧上升, 而

道路交通量却逐年递增^[1]。

三、公路沥青路面材料性能检测

1. 沥青材料性能检测

沥青材料性能的检测主要是对沥青受温度影响变化检验, 也就是通过测试来判断路面所用沥青是否符合要求, 从而保证整个工程建设能够高质量、高标准完成。因此在实际施工前要做好相关试验准备工作, 首先需要根据所选用原料的物理性质等方面做相应调查与了解; 其次根据施工环境选择合适材料。沥青材料是公路路面施工中的重要组成部分, 其性能和质量直接影响着整个工程项目的整体效果。因此, 在实际检测过程中相关人员需要严格把关, 对于沥青来说最主要的是耐久性以及粘附性等方面, 而其中最关键也最为核心的是针入度、软化点、延度、老化这四项指标的检测工作。沥青针入度试验温度一般以25℃为准, 如果需要做针入度指数需要增加15℃、30℃ (或5℃) 3个或3个以上温度条件下分别测定沥青的针入度, 用于仲裁试验的温度条件应为5个。在室温中冷却时间一般不少于2小时, 然后移入保持规定试验温度 $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$ 的恒温水槽中, 并应保温不少于1.5h (小盛样皿)、2h (大试样皿)。软化点试验我们常用环球法来检测, 试验过程中需要注意控制升温速度和导热材料选择。延续试验过程中需要注意试件冷却时间, 试件在室温中冷却不少于1.5h, 然后用

* 姓名: 宋艳波、性别: 男、出生日期: 1991年7月22日、籍贯: 湖北襄阳、学历: 本科、职称: 工程师、民族: 汉、从事工作: 公路工程试验检测

热刮刀刮除高出试模的沥青,使沥青面与试模面齐平。沥青的刮法应自试模的中间刮向两端,且表面应刮得平滑。将试模连同底板再放入规定试验温度的水槽中保温1.5h。沥青老化试验需要注意加热温度控制和加热时间控制^[2]。

2. 集料性能检测

在沥青路面的质量检测中,集料性能是其中一个重要指标,而要想对集料进行准确、可靠地检测,首先我们需要把粗细集料等原料分别检验合格后按比例混合均匀;其次就是按照规定的标准和技术要求来测定其合成级配等参数;最后则是从试验结果分析出各项数据之间关系曲线是否正确并且是否满足规范所提出的各种条件,这也是检测沥青路面抗滑性能最基本方法之一。对沥青路面进行检测时,需要把集料的质量和级配等因素考虑到,这样才能更加准确地判断出材料是否符合标准。如果粗细等级、压碎值以及密度这些指标都满足规范要求的话就可以进行其他参数的检测。在实际操作过程当中有很多因素会影响到矿料级配等参数值与矿粉含量的准确性问题,而且由于施工环境以及气候条件所带来了许多不确定性因素,我们需要从源头控制。通过人员培训考核来控制人的因素,机器设备需要经常检查发现问题及时维修定期做好保养。对原材料检测需要加强控制确保原材料各项指标都符合要求。检测方法要选择合适的检测方法。试验检测过程中环境温度和湿度要满足规范要求^[3]。

四、公路沥青路面施工过程检测

1. 沥青混合料配合比设计检测

沥青混合料配合比设计检测的目的就是为路面工程质量提供最可靠地依据,保证公路路基和路面稳定性。在进行施工前需要对其原材料、材料配比等方面进行试验,试验检测时应注意以下几点:第一要确保所选原料具有良好稳定性能;第二是选择最佳沥青混合料配合比以及级配曲线;第三就是对拌合机的工作状态与参数测定是否符合要求来判断出其质量。沥青混合料配合比设计是路面施工的重要环节,其质量直接影响着公路工程使用寿命和行车安全性,因此在进行试验检测中需要严格控制好各方面因素。对于沥青含量、空隙率、矿料间隙率、沥青饱和度、稳定度、流值等指标不符合要求或存在缺陷时可以采取调整配合比的方法来改善。此外还应注意的是,在实际工作过程中由于各种原因导致沥青混合料的拌制不稳定,或者配合比设计不合理而造成路面施工质量问题。

2. 施工温度检测

沥青混合料拌和过程中我们需要注意沥青及矿料加热温度,原材料加热温度将直接影响混合料拌和温度。拌合温度不能过高或者过低。如果沥青混合料温度过高会使沥青老化降低沥青混合料质量过低会导致混合料拌和不均匀。在沥青路面施工中,沥青混合料碾压温度将直接影响沥青路面压实度。对于施工现场来说需要采取必要措施来确保保温的状态下将沥青混合料运送至施工现场,首先我们在拌合站要检测出厂温度、到现场后要检测混合料摊铺温度,初压开始内部温度、碾压终了表面温度。其次要检

测开放交通路表温度;最后在整个过程当中都必须做好相关记录数据等资料收集整理工作,只有这样才可以为后期养护、维修提供可靠地依据。

3. 铺装层厚度与平整度检测

在沥青路面的铺装层厚度检测中,需要采用先进设备对整个工程进行全方位、多层次和立体综合测量与试验,其中主要是利用摊铺机来控制松铺厚度。为了能够准确地掌握施工过程中所需的数据参数值,就必须做好沥青混合料质量控制检验工作。同时还应该根据不同材料之间相互配合度大小以及其使用性能等因素确定最终测试结果是否符合要求,并且在检测结束后还要对路面进行平整性、抗滑力及承载能力等方面综合评价。在检测的过程中,要对整个沥青路面铺设厚度进行严格控制,确保其符合设计要求。路面平整度是评定路面质量的主要技术指标之一,它关系到行车的安全,舒适以及路面所受冲击力的大小和使用寿命,不平整的路表面会增大行车阻力,并使车辆产生附加的振动作用。这种振动作用会造成行车颠簸,影响行车的速度和安全,影响驾驶的平稳和乘客的舒适。

4. 沥青路面抗滑性能检测

路面抗滑性能的检测主要是对沥青混合料表面摩擦系数和构造深度进行试验,其目的在于确保沥青路面在使用状态下具有较高安全性,同时还能保证路面结构稳定。现场检测过程中为提高检测效率与质量必须采用先进技术手段进行抗滑性能测试工作,目前我们常用的方法有手工铺砂法测试路面构造深度、电动铺砂仪测试路面构造深度、车载式激光构造深度仪测试路面构造深度、摆式仪测试路面摩擦系数、单轮式横向力系数测试系统测试路面摩擦系数、双轮式横向力系数测试系统测试路面摩擦系数。现场检测过程中摩擦系数受温度、路面潮湿状态影响。在干燥而洁净的路面上,轮胎与路面之间的接触状态最好,具有最高的摩擦系数。在潮湿的路面上附着于石料表面的水膜或者连成一片的水层介于路面与轮胎之间,就会成为车辆抗滑性能减少的主要根源,表现为路面磨擦系数降低。

光滑路面在潮湿或冰冻状态下,路面的抗滑使用品质最差,它处于沥青表面的最危险状态。

5. 沥青混合料检测

(一) 沥青混合料检测过程中,马歇尔试验是极其重要的一方面,包括马歇尔试件的拌制、成型,各种体积性能参数和物理力学指标的测试及数据的处理。试验表明,沥青混合料击实温度和模具预热温度达不到规定温度时将影响试件的密度和空隙率,而试件尚未冷却就脱模,容易使试件受到损伤。

(二) 马歇尔试件成型高度对沥青混合料马歇尔性能测定有较大的影响,因此,试件击实结束后应用游标卡尺测量试件的高度,并据此调整每个试件所需要混合料的质量,如测定高度不符合 $63.5 \pm 1.3\text{mm}$ (标准试件)或 $95.3\text{mm} \pm 2.5\text{mm}$ (大型试件)的试件应予以废弃,以减小试验数据的变异性。

(三) 成型试件密度的测试应针对不同性质的沥青混合料采用不同的测试方法。规范要求对吸水率不大于2%的沥青混合料采用表干法测定其毛体积相对密度,对几乎不吸水的密实型沥青混

合料采用水中重法测定表观相对密度，对吸水率大于2%或空隙率大于10%的沥青混凝土或沥青碎石采用蜡封法测定其毛体积相对密度。当用计算法计算沥青混合料最大理论密度时，粗集料的相对密度采用其毛体积相对密度，细集料采用表观相对密度。采用不同方法测得的马歇尔试件密度或选用不同矿料比重计算得出的试件最大理论密度计算得到的沥青混合料空隙率结果是不同的，并因此影响最佳沥青用量的选定。

6. 压实度检测

公路沥青路面是一种多孔结构的复杂道路，其路面受到温度变化的影响很大，因此对压实度检测有严格的要求，在检测过程中我们常用的方法有表干法、水中重法、蜡封法、体积法、无损检测法（无核密度仪）来检测沥青路面密度然后和标准密度来比较形成压实度。压实度作为工程验收最重要的一个参数，对于公路的正常投入使用至关重要。在对压实度进行检测的过程中，往往都会使用钻芯取样法来进行，但需要注意的是，在取样的过程中必须保证路面压实工作已经完成，同时要确保沥青路面的温度在正常温度范围内，避免因温度不适而影响检测结果的准确性。我国目前也有使用无核密度仪进行检测，可以避免对路面的损害，在使用前应建立用钻孔法与无核密度仪无损检测路面密度的对比关系。对沥青路面进行压实度检测，可以有效地预防和发现公路出现病害，提高行车安全，减少交通事故。对于路面质量的控制有着非常重要意义：一是确保道路结构物具有足够强度来承载上部荷载；二是保证路基稳定不被破坏后产生沉降变形现象；三是改善交通状况、缓解道路交通压力等方面都有十分显著经济效益。

7. 使用性能评价与预测

沥青路面在投入使用后，其性能会受到很多因素的影响，如温度、湿度等，而这些环境条件又是不可预测的。因此我们需要对沥青路面进行各种性能检测，首先就是要把各项指标作为标准来分析评价；其次对于不同等级道路所使用相同材料和不一样特性进行比较与判断；最后再结合工程实际情况制定出相应方案以提高经济效益以及社会效益等等方面来确定其质量水平，从而确保公路建设项目能够满足人们出行要求，促进我国的现代化发展进程。沥青材料的使用性能评价是指对不同性质和类型的沥青混合料进行质量检测，以确定其是否符合设计要求，并判断所选用产品在路面结构、施工等方面能否满足规定指标，如果不满足就需要立即改正。若不按照标准来执行的话可能会造成严重后果甚至导致整个道路系统瘫痪无法使用，而对于原材料来说则要严格控制质量、保证原料的性能达到设计指标，从而才能确保沥青路面在投入使用后能正常发挥其功能和作用。

五、结语

在沥青路面施工的过程中，对其质量进行检测是一项重要工作，所以我们需要重视这一环节。只有将质量检验和试验检测结合起来才能保证公路建设项目的顺利完工。因此为了提高道路工程项目管理水平、减少事故发生概率以及确保施工人员安全出行等方面都具有非常大的作用，并且通过对路面材料性能测试可以有效地降低沥青混合料拌制过程中产生的不均匀性导致出现裂缝，从而使施工质量得到大幅度提升。

参考文献：

-
- [1] 张海峰. 公路工程沥青路面施工技术和质量控制初探 [J]. 中华建设, 2024, (01): 117-119.
[2] 胡瑜. 公路沥青路面试验检测技术 [J]. 大众标准化, 2023, (20): 177-179.
[3] 夏全梅. 公路沥青路面试验检测技术分析 [J]. 中国高新科技, 2021, (03): 115-116.

铁路监理安全监测与违规行为处理

李聪

上海华东铁路建设监理有限公司，上海 200070

摘要： 本文旨在探讨铁路监理安全监测与违规行为处理的问题。文章首先介绍了铁路监理安全监测的现状和存在的问题，包括监测体系的不足、监测技术的局限性等方面。随后，本文从理论和实践两个方面深入剖析了铁路监理违规行为的原因和危害，并提出了相应的处理措施。在实践方面，本文介绍了铁路监理安全监测的现状和存在的问题，提出了加强安全监测和违规行为处理的措施，包括完善监测体系、推广新技术、建立处罚机制等方面。最后，本文总结了研究成果，并指出了今后研究的方向。

关键词： 铁路监理；安全监测；违规行为处理；监测体系；新技术；处罚机制

Railway Supervision Safety Monitoring and Violation Handling

Li Cong

Shanghai East China Railway Construction Supervision Co., Ltd, Shanghai 200070

Abstract： The purpose of this paper is to discuss the issues of safety monitoring and violation handling in railroad supervision. The article firstly introduces the current situation and problems of safety monitoring in railroad supervision, including the insufficiency of the monitoring system and the limitations of the monitoring technology. Subsequently, this article analyzes the causes and hazards of railroad supervision violations in depth from both theoretical and practical aspects, and puts forward corresponding processing measures. In terms of practice, this paper introduces the current situation and problems of safety monitoring in railroad supervision, and puts forward measures to strengthen safety monitoring and handling of irregularities, including improving the monitoring system, promoting new technologies, and establishing a penalty mechanism. Finally, this paper summarizes the research results and points out the direction of future research.

Key words： railway supervision; safety monitoring; violation handling; monitoring system; new technology; punishment mechanism

引言：

铁路监理安全监测与违规行为处理是一个非常重要的课题，因为铁路运输是人们日常生活中不可或缺的一部分，而铁路监理则是确保铁路运输安全的关键。近年来，随着我国铁路运输的快速发展，铁路监理工作也变得越来越重要。然而，由于多种原因，如人员素质不高、工作压力大、监管不到位等，铁路监理工作中存在着较多的违规行为，这对铁路运输安全造成了很大的威胁。因此，研究铁路监理安全监测与违规行为处理，对于提高铁路监理工作的水平和确保铁路运输安全具有重要的意义。

一、铁路监理安全监测的定义和作用

1. 定义

铁路监理安全监测是指对铁路工程进行安全监测和检查，以确保铁路工程在使用过程中安全可靠。

2. 作用

对比普通的建筑工程项目，铁路工程建设项目本身的复杂性更高，从整体来看，铁路工程呈现出线路长、牵扯面广、建设要点多、整体技术要求高等一系列特点。目前，铁路工程建设项目主要包括：铁路轨道建设、桥梁工程建设、铁路站点工程建设、

隧道工程、电力工程等多种类型。在实际开展铁路工程建设项目过程中牵扯范围较广，因此必须做好施工质量的监控工作^[1]。

(1) 及时发现和纠正铁路工程中的安全隐患，防止事故的发生。

(2) 确保铁路工程符合国家有关安全 and 质量标准的要求。

(3) 为铁路工程提供有效的安全管理和质量控制手段。

(4) 提高铁路工程的安全性和可靠性，为铁路运输提供安全、便捷、高效的运输环境。

(5) 减少铁路工程事故造成的财产损失和人员伤亡，降低社会风险。

二、铁路监理违规行为的类型

1. 工程质量问题：包括施工质量不达标、工程进度延误等，这些问题可能导致铁路安全事故的发生。
2. 安全设施不完善：包括安全防护设施不齐全、安全标志不明确等，这些问题可能导致列车事故的发生。
3. 信号系统问题：包括信号系统失灵、信号系统错误等，这些问题可能导致列车运行安全问题的发生。
4. 设备维护问题：包括设备维护不到位、设备老化等，这些问题可能导致设备故障，影响铁路运行安全。
5. 人员违规行为：包括监理人员未履行职责、监理人员违反安全规定等，这些问题可能导致安全事故的发生。
6. 环境问题：包括环境污染、环境破坏等，这些问题可能影响铁路运行的安全性。

三、铁路监理违规行为的特点

1. 违规行为种类繁多：铁路监理涉及的领域广泛，包括工程质量、安全、环保、计量、财务等方面。因此，铁路监理违规行为种类繁多，可能涉及工程质量问题、安全隐患、环境污染、计量数据不真实、财务问题等。
2. 违规行为隐蔽性较强：由于铁路监理涉及的业务领域较多，违规行为可能隐藏在各种表面现象之下，不容易被发现。例如，有些违规行为可能通过表面上的合法行为掩盖，或者在工程的不同阶段采取不同的手段进行违规操作。
3. 违规行为具有一定的复杂性：铁路监理涉及的业务领域复杂，涉及的专业知识和技术较多。因此，铁路监理违规行为往往需要一定的专业知识和技能才能完成。这使得铁路监理违规行为具有一定的复杂性，对查处和防范具有一定的难度。
4. 违规行为的社会影响恶劣：铁路监理涉及国家重要的基础设施建设和人民群众的生命安全，一旦出现违规行为，可能对社会造成严重的影响。例如，工程质量问题可能导致事故发生，安全隐患可能导致人员伤亡，环境污染可能导致生态恶化等。
5. 违规行为难以根治：由于铁路监理违规行为的复杂性和隐蔽性，使得其难以根治。即使发现了违规行为，也需要一定的时间和精力进行查处和处理。同时，由于利益的驱动，一些不法分子可能会继续从事违规行为，从而使得铁路监理违规行为难以根治。

四、铁路监理违规行为的影响因素

1. 人为因素：铁路监理人员的人品、道德素质、业务水平、工作态度、疲劳程度等都会影响其监理工作的质量和安全性。整个过程相对复杂，施工难度较高，施工人员不但需要具备较为高超的施工技术与丰富的经验，同时还要在施工质量方面实现有效保障，这就需要监理人员前往现场进行全方位的管理工作，做好监督管控内容，以此确保相关工作内容能够顺利开展。^[2]
2. 物的因素：施工材料的质量把控直接决定整个铁路桥梁施工

质量。^[3]铁路监理过程中所使用的监测设备、仪器仪表的状态、性能、精度等都会对监理结果产生影响。如果设备存在故障、损坏、精度不高等问题，就会导致监测数据不准确，从而影响监理结果和安全性评估。在使用材料之前，应该在监理的见证下取样，然后送入相应的试验检测单位进行检测，检测合格后方可进行使用。^[4]

3. 环境因素：环境监理是提高环境影响评价文件有效性、落实“三同时”制度、实现建设项目实施过程中环境监管的重要手段。^[5]铁路监理工作受到自然环境、社会环境、政治环境等多种环境因素的影响。如恶劣天气、交通拥堵、施工干扰等都可能对监理工作产生负面影响，影响监理人员的工作效率和安全性。

4. 组织因素：铁路监理机构的管理水平、组织结构、制度规定、人员配置等都会对监理工作产生影响。如果监理机构存在管理不善、制度不健全、人员不足等问题，就会导致监理工作不到位，影响铁路安全。

5. 法律因素：铁路监理工作涉及法律法规、规章制度、标准规范等多个方面。如果法律法规、规章制度等方面存在不完善或不执行的情况，就会对铁路监理工作产生负面影响，影响监理工作的质量和安全性。

五、铁路监理安全监测与违规行为处理的方法

1. 制定完善的监理规范和制度：积极推进铁路监理改革，优化完善监理项目管理体制^[6]，建立健全的监理规范和制度体系，明确监理人员的工作职责、安全监测的流程和要求，以及违规行为的处理措施。
2. 安全监测设备的选用和安装：选择适合铁路监理的安全监测设备，如安装在桥梁、隧道、信号系统等关键部位的监测设备，确保安全监测的准确性和及时性。
3. 实时安全监测数据的采集与分析：利用现代技术手段，对铁路监理现场的安全监测数据进行实时采集和分析，及时发现安全隐患，预防事故发生。
4. 人工巡检与智能监测的结合：在保证安全监测设备正常运行的基础上，结合人工巡检，对铁路监理现场进行全方位、无死角的监控，提高监理效果。
5. 违规行为的预警与处理：监理单位建立监理日记（日志）定期审查制度。通过对监理日记（日志）的审查评价，发现问题及时反馈并督促整改；^[7]通过对监理现场的安全监测数据进行分析，对可能出现的违规行为进行预警，并采取相应的处理措施，防止安全事故的发生。

6. 建立有效的违规行为处理机制：对于发现的违规行为，要严肃处理，根据情节的严重程度，给予相应的处罚措施，并建立专门的记录和黑名单制度，对重复违规者进行更严厉的处理。

7. 加强培训和宣传教育：定期对铁路监理人员进行安全监测和违规行为的处理培训，增强监理人员的安全意识和业务水平，增强其遵守规定、严格执行职责的自觉性。

8. 加强与相关部门的沟通与协作：与公安、交通、安监等相关部门保持良好的沟通与协作，共同维护铁路监理市场的秩序，

保障铁路安全。

六、铁路监理安全监测与违规行为处理的技术

1. 安全监测技术：铁路监理安全监测是指利用各种监测技术对铁路工程进行监测，包括地形地貌监测、地质监测、结构监测、行为监测等。通过监测技术可以及时发现铁路工程的安全隐患，预防安全事故的发生。

2. 数据处理技术：铁路监理安全监测和违规行为处理需要大量的数据支持，因此数据处理技术是非常重要的。借助大数据几大核心思维，从“流程”核心转变为“数据”核心，提高数据整合度，提取重点数据信息；用数据来对现场状况进行解析，提高数据的客观性和可靠性。^[8]数据处理技术包括数据采集、数据存储、数据分析等，通过对监测数据和处理数据进行分析和处理，可以得到各种信息，为铁路监理工作提供支持。

3. 通信技术：随着科学技术的发展，各行各业信息化水平都得到了巨大的提升，对于铁路建设单位来说，应该紧跟时代发展的潮流，重视信息化建设工作，同时建立相应的网络管理机制，提升管理能力。^[9]铁路监理安全监测和违规行为处理需要实时数据传输和通信，因此通信技术是非常重要的。通信技术包括有线通信技术和无线通信技术，通过通信技术可以及时传输数据和信息，为铁路监理工作提供支持。

七、铁路监理安全监测与违规行为处理的应用前景与挑战

1. 应用前景

（1）提高铁路运输安全水平

通过对铁路监理安全监测与违规行为处理的研究，可以为铁路运输提供更加安全、可靠的技术支持。通过对铁路线路、桥梁、隧道等基础设施的安全监测，可以及时发现安全隐患，预防事故的发生，从而提高铁路运输的安全水平。

（2）提升铁路工程质量

铁路监理安全监测与违规行为处理技术的发展，可以加强对铁路工程质量的监控，确保工程质量达到预期目标。通过对施工现场的实时监测，可以及时发现工程质量问题，有针对性地进行整改，从而提升铁路工程的总体质量。

（3）提高铁路运输效率

通过对铁路监理安全监测与违规行为处理的研究，可以提高铁路运输的效率。通过对铁路线路、桥梁、隧道等基础设施的实时监测，可以及时了解铁路运输状况，优化运输计划，提高运输效率。

（4）促进铁路安全技术的发展

铁路监理安全监测与违规行为处理技术的研究，可以为铁路安全技术的发展提供有力支持。通过对铁路监理安全监测与违规行为处理技术的研究，可以推动铁路安全技术的创新和发展，从而提高我国铁路安全技术水平。

2. 挑战

（1）技术难题

铁路监理安全监测与违规行为处理涉及多个领域的技术问题，如数据采集、数据分析、实时监控等。如何解决这些技术难题，提高技术水平，是当前研究和应用面临的重要挑战。

（2）设备问题

目前，我国铁路监理安全监测与违规行为处理所使用的设备和技术尚不成熟，需要依赖进口。如何提高设备性能，降低设备成本，是研究和应用需要解决的问题。

（3）人员素质问题

监理工程师不仅是工程质量的监督员，更是施工技术员。人为因素作为保证施工质量的关键因素，解决好关于人的问题，能够有效提升工程质量。^[10]铁路监理安全监测与违规行为处理需要具备丰富知识和实践经验的专业人员。然而，目前我国铁路行业专业人才的培养和引进还不足以满足实际需求，如何提高人员素质，是研究和应用需要关注的问题。

（4）法规政策问题

铁路监理安全监测与违规行为处理涉及法律法规的建设，需要制定相应的政策规范。然而，目前我国相关法规政策尚不完善，如何制定和完善法规政策，是研究和应用需要关注的问题。

八、结束语

在本文中，探讨了铁路监理安全监测和违规行为处理的重要性。通过对铁路监理的现状和挑战进行分析，提出了一些应对措施，包括建立完善的铁路监理安全监测系统，加强监理人员的培训和管理，以及加大对违规行为的惩处力度等。通过这些措施，可以有效地提高铁路监理的安全性和有效性，保障铁路运输的安全和稳定。同时，对于铁路监理违规行为的处理，也需要建立起严格的法律责任和制度约束，以防止违规行为的再次发生。铁路监理安全监测和违规行为处理是一个复杂而重要的问题，需要多方面的合作和努力。只有通过全社会的共同努力，才能够真正实现铁路运输的安全和稳定，为人们的出行和经济发展提供更好的保障。

参考文献

- [1] 张辉. 铁路工程施工监理方法及措施 [J]. 四川建材, 2022, 48(07): 222-223.
- [2] 王新鸿. 铁路桥梁工程结构施工监理方法研究 [J]. 四川建材, 2022, 48(11): 186-188.
- [3] 梁军. 铁路桥梁施工质量监理研究 [J]. 工程技术研究, 2022, 7(12): 137-139. DOI: 10.19537/j.cnki.2096-2789.2022.12.044.
- [4] 李燕山. 铁路工程混凝土裂缝的监理控制要点 [J]. 居舍, 2021(26): 129-130+136.
- [5] 孙祺. 铁路环境保护监测、监理、验收技术方法浅析 [J]. 皮革制作与环保科技, 2021, 2(03): 143-147.
- [6] 武守英. 加快铁路监理改革和监理队伍建设的研究 [J]. 运输经理世界, 2021(16): 52-54.
- [7] 蔡禧禄. 关于提升铁路建设项目监理作用的探索 [J]. 建设监理, 2020(12): 48-49+62. DOI: 10.15968/j.cnki.jsjl.2020.12.016.
- [8] 王二平, 李范, 陈聪. 铁路建设中的监理信息系统大数据分析 [J]. 铁道勘察, 2020, 46(02): 103-105+109. DOI: 10.19630/j.cnki.tdkc.201908210005.
- [9] 张旭东. 强化铁路监理改革和监理队伍建设 [J]. 大众标准化, 2020(12): 223-224.
- [10] 杨金秋. 铁路隧道工程施工质量监理方法探析 [J]. 智能城市, 2021, 7(16): 81-82. DOI: 10.19301/j.cnki.zncc.2021.16.039.

公路道路工程施工技术的特点与发展研究

蒋王清^{1,2*}

1. 江西省交通投资集团有限责任公司, 江西 南昌 330025

2. 江西公路开发有限责任公司, 江西 南昌 330038

摘 要： 现阶段，我国公路交通网得到不断完善，推动公路道路工程建设水平的提升，有利于交通运输业的稳步发展。由于公路道路工程施工质量决定着公路道路整体稳定性与使用安全性，必须重视先进施工技术的研发与应用，需要施工单位掌握公路道路工程施工技术特点，带着前瞻性思维并通过现代科技来提升工程施工技术应用效果，从而保证工程整体质量。基于此，文章从公路道路工程施工技术特点入手，分析公路道路工程施工技术，对未来工程施工技术的发展进行研究，力求推动公路工程健康发展。

关 键 词： 公路；道路工程；施工技术；技术特点

Study on the Characteristics and Development of Highway Construction Technology

Jiang Wangqing^{1,2*}

1. Jiangxi Provincial Communications Investment Group Co., LTD Nanchang, Jiangxi 330025

2. Jiangxi Highway development Co., LTD Nanchang, Jiangxi 330038

Abstract： At present, China's highway traffic network is constantly improving, promoting the improvement of highway road engineering construction level, is conducive to the steady development of the traffic industry. Since the construction quality of highway and road engineering determines the overall stability and safety of highway and road, we must pay attention to the research and development and application of advanced construction technology, and the construction unit needs to master the characteristics of highway and road engineering construction technology, with forward-looking thinking and modern science and technology to improve the application effect of construction technology, so as to ensure the overall quality of the project. Based on this, the paper starts with the characteristics of highway and road engineering construction technology, analyzes the construction technology of highway and road engineering, studies the development of future engineering construction technology, and strives to promote the healthy development of highway engineering.

Key words： highway; road engineering; construction technology; technical characteristics

公路工程是社会经济发展与城市之间深入沟通的重要基础，其建设质量成为社会关注的核心，需要施工单位从长远角度入手并站在整体发展规划层面对公路道路工程设计与规划工作做到加强，同时根据时代发展要求和公路道路工程特点来选择使用科学的施工技术，将施工技术应用水平进一步提升以此来保证公路道路工程施工质量，从根本上为交通建设事业的高质量与现代化发展带来有力推动。可见，对公路道路工程施工技术的特点与发展的研究是十分必要的，具有一定现实意义。

一、公路道路工程施工技术特点

（一）施工方式多样

现阶段，公路道路工程施工方式呈现出多样化与复杂化，不仅有传统人工施工方式还有机械化施工等多种方式，特别是在机械化施工中会结合现场实际情况与施工要求等多种因素来选择使用平地机、挖掘机与推土机等不同类型的机械设备来完成相应的

施工，同时铲运机、压路机和松土机的使用也较为广泛，使得公路道路工程施工走入现代化与机械化。在遇到松软土层和软土地基时，施工单位选择通过水力机械进行施工，如使用水枪与水泵等设备并通过科学钻孔技术对软土地基进行有效加固，从而将路基强度与硬度做到同步提高。无论是在施工方法还是施工技术的选择中都需要施工单位结合当地气候环境与地质条件，同时考虑根据现场实际情况与工程特点等因素。在新时期下，公路道路工

* 作者简介：蒋王清，男，1982.01，安徽安庆人，工学学士，高级工程师，道路桥梁方向。

程施工已由半机械化走入全自动化的发展并推动施工模式的改变,以此来实现施工效益的扩大,而此时施工技术会随着施工方式的改变而呈现出多样性。

(二) 影响因素较多

我国地质条件相对复杂且气候环境具有多变性,公路道路施工线路较长并可能因建设需要而穿越荒漠和河流,所以易受地貌条件与地质条件等诸多因素的直接影响,此外施工位置多在野外或者远离人群的地区,所以自然因素的影响最大且不可抗,更易引发不同程度的自然灾害并增加其他施工风险,同时在具体施工过程中有可能因为突发事件的出现及设计变更等不同因素而影响正常施工进度,特别是物资供应不足将直接影响施工活动的顺利开展,因此施工单位需要结合各种影响因素来选择施工技术与设备,以满足施工过程的复杂性与多样性,凸显出公路道路工程施工技术影响因素多的特点。

(三) 工期长协作性强

由于公路工程项目复杂且施工周期长,不仅会受诸多因素的影响,而且还需要投入足够的人力与物力并保证资金投入具有持续性,各元素之间必须相互协调才能发挥出真正作用,那么施工单位会结合公路道路工程类型与工程性质来制定针对性的施工方案并选择不同的技术与方法来保证在最短时间内完成公路道路工程施工任务。在该过程中需要设计单位、施工单位与监理单位等多个主体的共同参与和协商探讨以此来优化施工方案,依托通力配合与协同作业的方式对各类资源进行优化配置,使各施工环节衔接紧密并能够在规范下进行,让技术优势得到最为充分的发挥,也凸显出协作性强的特点。

二、公路道路工程施工技术的发展

(一) 真空排水预压加固技术

真空排水预压加固技术是新型的软土路基加固技术,可以将软土地基可能出现的变形和塌陷等问题有效解决并可以预防渗漏的出现,能够满足公路道路工程施工需要,所以成为提高路基整体硬度与强度的有效方法。由于软土地基的含水量相对较大需要施工单位将路基中存在的多余水分进行全部排出,那么可以运用真空排水预压加固技术。在具体应用过程中施工单位要找准路基水平方向并沿这一方向完成排水砂垫层的均匀和平整铺设,也可以根据公路道路工程施工要求来选择设置排水管的方式达到排水固结的效果,注意排水管设置要为竖向。在完成砂垫层铺设作业之后需要在其上部位置使用具有不透气特点的薄膜使之形成封闭的装置,同时在内部位置应将一定数量的管道埋入其中以此来排出土体空隙中一直存留的过多水分,使得孔隙水压力得到最大限度的降低并将土体所具有的硬度提高,此时土壤成功固结而让路基硬度与强度全面增强,势必保证其承载能力满足实际的公路道路工程施工需要。除此之外,在使用真空排水预压加固技术时需要施工单位结合具体情况选择在砂垫层位置中间铺设高延性封闭膜并借助配套设备将高延性封闭膜或者土工布等材料嵌入已完成设置的密封沟,注意对其深度要进行科学控制才能让技术应用与

相关要求相结合。那么在基本操作结束之后施工单位应考虑到真空排水预压加固技术应用优势的发挥,对电机驱动设备进行认真调试并确保设备正常运行,从而让真空度达到相应标准。在公路道路工程施工过程中,该技术的应用通过真空装置将软土层当中多余的空气与水分成功抽出而使软土中原有的孔隙水压力进一步降低,软土预应力随之得到极大程度提升并实现土体快速固结,从根本上将公路道路路基位置的沉降问题有效减少,为后期公路道路的使用安全带来保障,所以可以在施工中大力应用与推广。

(二) 就地热再生技术

在我国公路道路工程施工持续发展过程中,就地热再生技术的应用为沥青路面公路道路工程施工带来帮助并成为施工中较为重要的技术。在公路道路实际建设环节施工单位考虑到基层所具有的承载能力会给道路后期的使用安全和道路使用寿命带来直接影响,特别是在道路使用过程中的路面出现不同程度的龟裂及破损等情况时会降低路面使用安全性,此时施工单位可以使用就地热再生技术来解决路面使用性与安全性不足的问题。在具体应用过程中,施工单位需要了解就地热再生技术的发展过程与原理并明确该技术是将旧的沥青混合料做到重新利用的一种技术,可以让资源得到最为有效的循环使用,所以减少资源过度浪费的问题。在公路道路工程施工作业环节,施工单位为减少对沥青等不同资源的过度开发,结合施工需要来选择使用就地热再生技术,也能够让原材料利用率得到切实有效提高,其发展与应用能够为环境保护带来帮助,更是实现施工成本开支的合理节约。在公路路面表层出现车辙与裂纹时,施工单位选择使用就地热再生技术来完成合理修复,但注意该技术修复的是公路道路的路面位置而不能对内部结构的损坏进行修复,所以是通过道路路面保养的方式将路面整体耐用性提升。若公路中层位置出现不同程度的破损,施工单位要先对破损位置进行科学处理与修复之后再使用该技术,例如,针对公路道路路面车辙的修复,需要加热原公路路面的沥青材料并使之快速软化,注意在加热之前选择在病害位置开槽并加入适量的沥青同时加入再生试剂,也可以考虑使用混合料与新骨料进行混合,从而形成具有一定再生特点的沥青混合料。在完成车辙修复之后需要施工单位通过摊铺碾压等方式将修复后路面的平整度进行有效提高。

(三) 混凝土与防水技术

在公路道路工程施工中施工单位为提升道路所具有的抗压强度会使用混凝土施工技术,可以将公路道路使用寿命做到科学延长。由于混凝土材料自身具有极强耐水性并能够对道路荷载与磨损进行成功抵抗,从而将公路道路的养护与维修次数进一步减少,实现公路道路工程施工成本的降低,因此混凝土施工技术在公路道路工程施工中的应用较为广泛。在新时代下,公路道路工程施工技术不断发展,随之出现技术应用效果更好的新式滑模摊铺施工技术,其技术优势突出,特别是可以将水泥混凝土路面所具有的光滑度进行全面提高并保证公路道路路面平整,这是对传统沥青公路道路施工技术不足的一种成功弥补。施工单位还考虑到水泥混凝土材料具有极强硬度,所以使用这种材料时公路道路路面的柔滑度不足,无法给行车带来舒适体验,那么施工单位必

须从细节问题入手对新技术进行针对性优化与大胆改进，确保将混凝土施工技术具有的潜在价值与优势充分发挥。此外，施工单位还会考虑公路道路工程整体的防水需要来选择使用施工防水技术对公路道路路面的积水下渗问题进行解决，为工程施工质量提升带来有力推动。在应用施工防水技术时施工人员要做好材料选择，一般优先选择具有极强防水性能的高分子并将其用于防水层设置，有利于公路道路自身耐久性的有效提高。

（四）柔性主动防护网技术

柔性主动防护网技术与其他方法相比具有极强的安全性与美观性，是一种操作简单和低成本的开放式防护方法。目前，柔性防护网有主动与被动两种形式而我国公路道路施工是选择使用主动防护网技术，其是采用钢丝绳网覆盖与包裹所需防护的岩石或者斜坡，以此来对岩石土体风化剥落与岩崩塌做到限制的施工方法，以将落石有效控制在一定范围之内。由于柔性主动防护网技术所使用的防护网材料的材质特殊且具有高防腐防锈特点，所以防护网系统寿命超高并不会给环境带来过多影响并让防护区域内的土体与岩石保持稳固状态。在对该技术进行应用时需要施工单位在松动与坡度大的坡面位置覆盖好锚杆与加固绳，再用金属柔性防护网对处理好的坡面位置进行全面覆盖从而达到加固坡面作用的方法。在柔性主动防护网技术应用下，坡面得以有效加固并减少变形与移动等不同问题并对碎石掉落有一定预防作用，也可以实现稳固坡面的目的。

（五）复合路基加固与厂拌冷再生技术

复合路基加固技术在公路道路工程施工中的应用可以完成多种地质条件下路基问题的科学处理，借助先进加固材料和换填垫层法、水泥搅拌法及高压喷射注浆等多种方法来完成路基加固处理，从而形成具有复合型特点的路基。施工单位在应用复合路基加固技术时要注意对施工范围内地质条件进行全面了解并注意结合该地区的气候环境等诸多因素来完成加固材料的选择并对加固方法进行明确，例如，施工单位在某公路道路工程施工中选择用管桩来代替混凝土土地桩基，有效增强地基加固效果。

在公路道路工程施工中，施工单位还会使用厂拌冷再生技术

实现沥青材料的全部回收与再利用，其与就地热再生技术有一定区别，厂拌冷再生技术是将回收的沥青材料送至拌和厂，由拌合石来进行破碎和筛选等处理再通过进一步加工与拌合并结合科学比例让处理后的混凝土可以与新集料进行混合，用于路面结构层的铺筑，要注意控制好铺筑温度。厂拌冷再生技术能够将旧沥青材料成功与再生养护剂进行结合，让沥青材料能够在多种方式下再生和再利用。

三、未来公路道路工程施工技术的发展

公路道路工程对我国经济发展有一定推动作用，所以社会进步与时代发展对公路道路工程提出新要求，使得公路道路施工积极与科学技术结合，能够合理运用 RS 与 GIS 等技术来保证施工各环节能够平稳进行，同时管理系统与安全预警系统已在公路道路工程施工中有效运用，推动工程技术的智能化发展。现阶段，各行业发展开始注重环保，公路道路工程施工也必须灵活使用具有绿色化与环保特点的施工技术。除此之外，公路道路工程施工技术应用具有复杂性，特别是技术应用流程越来越繁琐，那么施工单位要运用可视化与数字化等技术完成公路道路施工技术应用可行性分析，收集与整合公路道路工程施工中的各种数据为施工技术的应用与发展提供数据支持，使得道路工程施工技术走入高科技管理模式的发展。

结束语：

公路道路工程质量关系着后续各时期的运行状况，因此施工单位应对施工技术特点进行深入分析并了解施工技术发展情况，结合实际施工与相关要求选择适宜的施工技术和方法，从技术层面将公路工程施工质量进行全面提升，此外施工单位还应对原有施工技术进行适当改进以此来保证施工水平迈上新高，也让施工技术体系得到不断完善并保证公路道路工程安全性，促进我国公路工程建设事业在新时代下的长远与健康发展。

参考文献：

- [1] 张琳洁. 公路工程施工技术要素及公路工程质量控制 [J]. 建材发展导向, 2023, 21(24): 33-35.
- [2] 杨鲜明. 公路工程施工技术控制与管理研究 [J]. 工程建设和设计, 2023, (21): 239-241.
- [3] 黄必胜. 公路工程施工技术的特点与发展研究 [J]. 运输经理世界, 2023, (14): 16-18.
- [4] 叮燃. 公路道路工程施工的特点与发展研究 [J]. 黑龙江交通科技, 2020, 43(12): 234+236.

市政工程建设管理问题和优化措施研究

吴有志*

中南水务工程有限公司天心分公司, 湖南 长沙 410000

摘 要： 随着国内社会经济不断发展，城市化、城镇化步伐也在加速，作为城市化、城镇化建设的重要组成部分，市政工程建设关乎百姓民生利益、关乎社会经济发展。然而，近年来各地市政工程负面新闻不断传播，安全事故、豆腐渣工程、道路反复“开膛破肚”等似乎已司空见惯，严重影响了城市形象，侵害了国家和群众利益。为此，加强对市政工程建设管理现存问题的研究，并提出针对性的优化措施，是城市化建设的需要，是国家社会经济发展的需要，更是提高群众获得感、幸福感的需要。

关 键 词： 市政工程；质量管理；安全管理

Research on Construction Management Problems and Optimization Measures of Municipal Engineering

Wu Youzhi

Tianxin Branch, Zhongnan Water Engineering Co., LTD., Changsha, Hunan 410000

Abstract： At present, China's highway traffic network is constantly improving, promoting the improvement of highway road engineering construction level, is conducive to the steady development of the traffic industry. Since the construction quality of highway and road engineering determines the overall stability and safety of highway and road, we must pay attention to the research and development and application of advanced construction technology, and the construction unit needs to master the characteristics of highway and road engineering construction technology, with forward-looking thinking and modern science and technology to improve the application effect of construction technology, so as to ensure the overall quality of the project. Based on this, the paper starts with the characteristics of highway and road engineering construction technology, analyzes the construction technology of highway and road engineering, studies the development of future engineering construction technology, and strives to promote the healthy development of highway engineering.

Key words： municipal engineering; quality management; safety management

市政工程一般由政府出资建设，目的是服务社会、公众对市政基础设施的需要，是提高城市品质、优化城市环境的依托。但就目前来看，我国市政工程建设管理还存在着诸多明显短板，涉及资金管理、质量管理、安全管理等市政工程建设管理的方方面面。上述问题的存在，严重制约了市政工程作用的发挥，成为城市化、城镇化建设的痛点难点。因此，加强市政工程建设管理，确保工程如期完工并正常发挥作用很有现实意义。

一、市政工程建设管理的内涵及内容

（一）市政工程建设管理的内涵

市政工程建设管理是指对市政工程建设全过程的计划、组织、指挥、协调与控制活动。其目的是确保市政工程建设能够按时、按质、按预算完成，达到预定的目标。

（二）市政工程建设管理的内容

1. 市政工程建设资金管理

市政工程建设，其本质上属于工程建设，只要涉及工程的

建设，资金管理问题必须作为重中之重。如果在工程建设过程中忽略了对资金的管理，就会出现资金浪费、超工程预算支出等一系列问题，会严重影响工程进度，甚至会导致工程搁置。市政工程建设同样如此，市政工程建设资金来源一般为政府投入，加强对政府投入资金的管理，不仅关乎项目能否顺利完工，还关乎群众利益和纳税人利益。市政工程建设资金管理，包括直接资金管理，也包括人力、物料等成本的管理。施工单位必须紧盯资金管理，把资金管理贯穿到市政工程建设的全过程、各环节，确保工程建设资金作用得到最大化发挥。

* 作者简介：吴有志 1986.2.11，男，汉族，籍贯：湖南，学历：大专，专业：建筑工程管理。

2. 市政工程建设工期管理

市政工程建设与其他工程建设的不同之处就在于市政工程建设具有很强的公益性，市政工程建设会惠及区域范围内的所有公众，会惠及地区的社会经济发展，市政工程建设时效性要求相对较高，工期管理十分必要。例如，市政工程建设中常见的居民用水管道铺设工程，如果忽视了工期管理，导致项目不能在工期时限内有序推进、如期完工，就可能会导致部分公众或社会机构、经济体等无法正常使用生产生活用水，引起强烈的社会不满情绪。施工单位在市政工程建设过程中，必须抓好工程的工期管理工作，遇到特殊情况出现停工的，要加班加点赶进度，如特殊情况无法如期完工的，也要及时告知业主单位。

3. 市政工程建设的安全管理

安全是所有工程建设项目都必须去面对和重视的问题，对于市政工程项目而言，安全管理工作尤为重要。这是因为，市政工程项目一般在人群密度相对较大的城市内部，如果出现安全事故，不仅直接危害到施工人员的生命财产安全，可能会危害到工程项目所在地周边群众的生命财产安全，也会造成一定的社会不良影响，影响城市形象。特别是近年来，“两个至上”安全生产理念提出后，对市政工程建设的安全管理工作有了更高要求，施工单位在市政工程建设过程中，必须把安全生产放在第一位，确保工人的规范作业、确保安全设备的有效运转、确保安全生产隐患问题及时排查并得到解决。

4. 市政工程建设的质量管理

质量是市政工程的灵魂。市政工程建设，其最终目的是满足社会、公众对市政功能的需要。如果市政工程建设过程中忽视了质量管理，直接受到影响的就是施工单位的利益。施工单位会因为施工质量不达标而无法通过工程验收，从而无法获取应得的工程款项。同时，没有了质量保障的市政工程，还间接影响到了社会、公众的利益，不仅浪费了政府投入的项目资金，无法及时、有效满足社会、公众的需要，甚至还会对社会、公众的安全带来威胁。所以，施工单位在市政工程建设过程中，必须重视质量管理工作，严格施工标准、严把材料质量关，确保市政工程项目质量符合规划要求。

二、市政工程建设管理的现存问题

（一）管理意识不强，参建各方责任落实不到位

市政工程建设涉及参建机构较多，包括建设单位、施工单位、监理单位、代建单位等等，这些单位在市政工程建设管理中都承担着相应责任，共同构成了市政工程建设的管理体系。但目前来看，大多数参建方面管理意识都不够强，彼此之间存在相互推诿扯皮的情况，导致市政工程建设管理质量不高。一是建设单位首要责任落虚落空。一些建设单位从项目立项到招投标，再到施工、验收，全过程做甩手掌柜，对建设工程不闻不问，导致工程项目不能如期完工。也有一些单位在市政工程建设过程中过度干预，为了所谓的政绩给施工单位外界压力，赶工期、抢进度，导致项目质量不高，甚至出现安全生产问题。二是施工单位主体

责任落实有偏差。一些施工单位内部管理混乱，管理工作停留在纸上，满足于查了、看了、记录了，而不是查深、看透、记实并推动解决。甚至有的施工单位违规转包分包承建工程，进一步加大了管理难度。三是监理单位监理责任缺失。一些监理单位职业操守有待加强，职业能力稍显不足，在市政工程建设管理过程中不能及时进场监督，甚至只签字不进场，导致市政工程建设过程中的质量问题、安全问题得不到及时纠正。四是代建单位管理职责落实不到位。一些代建单位在建设实施阶段管理不明确，容易出现施工内容、标准和投资方面的混乱，影响工程整体施工进度等问题。

（二）管理制度缺失，工程建设管理缺乏约束性

制度是现代管理体系中不可分割的重要组成部分，有了制度就有了标准，有了制度就有了约束。制度是确保管理质量、提高管理效率的关键。但从我国市政工程建设管理的现状来看，与发达国家进行对比，我国城市规划设计工作发展相对缓慢，且近几年来市政建设部门才逐渐意识到了工程管理的重要作用。虽然已经初步建立了一些市政工程建设管理的制度、办法等，但相关的制度体系还不够完善，细则、条例类的制度相对缺失，关键环节的制度还存在较多空白，再加上市政工程项目建造体量、建设规模的提高，对于市政工程建设管理工作也提出了一定要求，因此管理工作量随之增加，工作难度逐渐提高，一定程度上降低了市政工程建设管理的规范性和约束性。如一些地方虽然明确了工程建设管理的各方责任，但对各方的责任边界模糊部分缺少细化制度的完善，对各责任单位如何落实管理责任也缺乏标准尺度，导致管理过程中出现相互推诿扯皮的情况及责任落虚落空的情况。再如在市政工程建设的安全管理方面，目前相当部分地区尚未建立相关的制度机制，完全依托施工单位自身的安全管理意识去落实，忽视了对市政工程项目周边群众的安全问题管理等。

（三）专业能力不足，管理队伍建设存在滞后性

人是市政工程建设管理工作的核心，既是市政工程建设管理工作的主体，又是市政工程建设管理工作的客体。高质量的市政工程建设管理工作，必须有扎实、专业的管理队伍做保障。但目前来看，我国市政工程建设管理所面临的最艰难的问题就是人员专业能力不足的问题，具体表现在两个方面：其一，管理人员紧缺。建设单位、施工单位、监理单位、代建单位等市政工程建设参建单位，都承担着一定的管理责任，但这些单位市政工程建设管理都存在人员紧缺的问题，比如建设单位多为行政事业单位，人员构成多围绕所承担的职能来设定，几乎没有涉及工程建设的岗位。再如监理单位，虽有很多监理人才，但主要集中于商业项目监理领域，在给排水、道路等市政领域存在人才空缺等。管理人员的紧缺，让管理工作质量失去了保障。其二，施工人员专业能力不足。施工人员在市政工程建设管理中扮演着重要角色，几乎涉及市政工程建设管理的方方面面，尤其是在工程施工建设环节，施工人员的专业能力对市政工程建设安全管理和质量管理影响深远。实际中，一些施工单位忽视了对施工人员的专业技能培训，施工人员多依靠经验来指导实践。随着施工标准越来越高、施工过程越来越机械化、智能化，施工人员的不适应性越

来越凸显，人和环境的不匹配，给市政工程建设带来了较大的安全隐患和质量隐患。

三、市政工程建设管理问题的优化措施

（一）提高认识，压实市政工程建设管理的各方责任

市政工程建设的参建各方，共同构成了市政工程建设的管理组织架构。提高市政工程建设管理工作质量，必须首先提高参建各方对市政工程建设管理工作的认识，确保其自觉落实相关责任，推动管理工作做实做细。其一，要落实建设单位的首要责任。建立建设单位市政工程建设第一责任人制度，明确建设单位的负责人为市政工程建设的第一责任人。第一责任人要定期深入施工现场查看施工进度、施工情况，定期听取施工单位的汇报。其二，要压实施工单位的主体责任。要提高施工单位主要负责人的管理意识，落实每季度至少一次带队检查制度，强化企业内部质量管理力量，推动管理制度和工作部署落实到位。同时，要加强对项目管理人员和从业人员的管理，增强全员质量管理意识。其三，要紧盯监理单位的监理责任。要加强监理单位及工作人员的职业道德教育，加强对其履职尽责情况的考核考评，督促其切实履行监理责任。其四，要发挥代建单位的管理责任。代建单位要加强建设实施阶段管理，控制好建设各项技术指标，严格控制工程施工进度，有效进行合同管理，规避代建过程中的风险，保障工程顺利完工并移交给建设单位。

（二）完善制度，提高市政工程建设管理的规范性、约束性

完善制度，提高市政工程建设管理的规范性、约束性，是提升市政工程建设管理工作质量的保障。具体来讲，可以通过以下几方面的工作来推动相关制度的完善：首先，要建立完善的法律法规体系，提高市政工程建设管理工作的权威性和规范性。制定完善的市政工程建设管理法律法规，明确建设单位、施工单位、监理单位等各方的职责和权利，为市政工程建设管理提供有力的法律保障，确保市政工程建设管理工作有法可依、有法必依。其

次，要加快市政工程建设管理细则、条例等补充制度的建立。要根据当前市政工程建设管理的现状，立足当下市政工程建设管理的法律法规体系，剖析法律法规实施过程中出现的模糊地带、交叉地带，对症下药，把法律法规进一步细化，明确到单位、到环节、到岗位，提高市政工程建设管理的约束性、可行性。再次，要加快填补关键环节、关键领域的制度空白。建立完善市政工程施工安全生产领域的制度，加强对市政工程建设的安全监管，确保施工人员的生命安全。同时，建立安全责任追究制度，对出现安全问题的工程进行追责，增强各方的安全意识等。

（三）强化能力，加快市政工程建设管理的队伍建设

抓住“人”这个关键，就等于抓住了市政工程建设管理工作的关键，加快市政工程建设管理的队伍建设，强化管理人员和施工人员的能力，才能确保市政工程建设管理工作的高质量开展。首先，要加快参建单位管理人员队伍建设。要从国家层面出台相关制度，对参建单位的管理人员队伍提出明确要求，包括岗位人员专业的设置、数量的限制等，并加强对参加单位管理人员队伍建设的监督检查，确保参建单位管理责任由专业的人来承担。比如，对监理单位，要明确参与市政工程建设管理的监理单位，必须具备给排水、道路、桥梁等专业监理人员人才库，确保监理人员专业对口，提高监理工作的质量。其次，要加强施工人员的专业能力建设。应强化对施工单位施工人员市政工程建设各类职业技能训练，或采取“新旧”的教学方式，让施工人员熟悉有关的工作规程和标准。比如，对施工人员加强安全技能培训，包括安全用电培训、安全操作培训等，通过培训提高施工人员的安全技能，从最基层做好市政工程建设的安全管理等。

总之，为切实加强市政工程建设管理，提高市政工程服务社会、服务人民的质效，需要我们从思想上真正重视市政工程建设管理工作。参建各方要严格按照制度要求切实落实管理责任。管理人员和施工人员要强化自身专业技能，确保市政工程建设管理工作落到实处，用高质量市政工程建设管理工作，持续提升社会公众的幸福感和安全感。

参考文献：

- [1]张彦龙. 市政工程建设管理要点及管理体的完善[J]. 中国建筑装饰装修, 2022(07): 77-79.
- [2]单春明; 胡锋. 市政工程项目管理的现状及解决措施[J]. 价值工程, 2022(16): 15-17.
- [3]李斌. 加强市政工程管理的有效措施探究[J]. 建材与装饰, 2020(08): 154-155.
- [4]郭荣泉. 市政工程建设代建制管理模式的实施和建议[J]. 工程建设与设计, 2019(19): 293-295.
- [5]朱文洪. 市政工程建设管理中存在的问题及建议[J]. 江西建材, 2022(03): 193-194+197.

公路工程中碎石注浆桩技术的应用

范海莉*

山东省无棣县交通运输局, 山东 滨州 251900

摘要： 碎石注浆桩技术是目前工程实践中广泛应用的一项岩土工程加固手段，在民用建筑、市政工程、港口、挡土结构等工程中均得到了广泛的应用。本文尝试分析碎石注浆桩技术在公路工程中的应用，首先对碎石注浆桩技术的基本特点进行概述，然后对碎石注浆桩技术要点进行分析，最后论述碎石注浆桩施工期间的质量检测方法和相关控制措施，希望能够使公路工程中对碎石注浆桩技术的应用更加完善。

关键词： 公路工程；碎石注浆桩；技术

Application of Gravel Grouting Pile Technology in Highway Engineering

Fan Haili*

Shandong Wudi County Transport Bureau, Binzhou, Shandong 251900

Abstract： Stone grouting pile technology is a geotechnical engineering reinforcement method widely used in current engineering practice, which has been widely used in civil construction, municipal engineering, port, retaining structure and other projects. This paper tries to analyze the application of gravel grouting pile technology in highway engineering, first to outline the basic characteristics of gravel grouting pile technology, and then analyze the technical points of gravel grouting pile, finally discusses the quality detection method of gravel grouting pile construction and related control measures, hope to make the application of gravel grouting pile technology in highway engineering more perfect.

Key words： highway engineering; gravel grouting pile; technology

引言：

碎石注浆桩技术将砂石桩技术与高压注浆技术相结合，在公路工程中有着非常突出的应用价值与应用潜力。相较于传统技术而言，碎石注浆技术兼具了无噪声，无振动，施工速度快，以及不挤土等诸多优势，且对提高桩间土强度水平以及承载能力有重要意义，非常适用于公路工程的施工要求。目前，碎石注浆技术已经在国内各等级公路工程施工项目中得到了广泛的应用，取得了非常突出的社会效益，需要不断创新和发展。

一、碎石注浆桩技术的概述

碎石注浆桩技术是一种新型的技术，是对公路工程建设技术的一种改进，是将压力注浆桩技术和钻孔灌注桩技术结合起来，然后对设计桩进行钻孔然后进行注浆和石料的投放。实际上，这种技术是一种微型的无砂混凝土的一种桩技术，这种技术实际上对技术的要求比较高，需要注意石料的投放过程，还要对钻孔进行相应的清洗，来保证石料凝结形成桩的过程中能够准确性比较高。^[1]因为这种技术的实用性范围比较广，但是这种技术对于一些软地基的处理效果不太好，但是也可以对软地基进行一定的加固，所以说，对于这种技术的应用要根据公路工程建设要求进行相关的建设，以便使公路工程建设出来的各方面效果都比较

好。这项技术对于施工现场的要求还是比较严格的，尤其是对于一些注浆桩的位置要求比较严谨，对于注浆的过程也要求比较精细。实际上，这种技术主要是为了使公路工程的地基结构建设的更加牢固，建设出来的质量能够得到相应的提升，主要对材料的选择和施工设备的要求比较高^[2]。

二、碎石注浆桩技术特点分析

传统公路工程施工中通常使用各种工程机械和工具。虽然可以大大减少不必要的人工成本，但这些机械和工具往往在使用过程中受到施工现场的限制和影响，导致许多项目无法顺利完成。碎石注浆桩技术的应用可以有效地避免这一问题，操作简单，施

* 作者简介：范海莉，（1976—），女，籍贯，山东省无棣县，民族：汉族，职称：工程师，学历：大学本科，研究方向：公路工程

工现场要求极低。具体操作中形成的噪声影响不大；与此同时，碎石桩的泥浆穿透。从其影响的角度来看，这种现象的存在可能会产生一系列积极影响，增加地面对车辆产生的摩擦，提高车辆运行的安全性。可以在雨雪等一系列恶劣的天气条件下，为居民的旅行安全提供了保障。再者，因为其操作流程简单易行，这使得相关人员能够有效监控工程品质并逐步优化。以上所述的优势仅是应用于碎石注浆桩建设技术的普遍特性，而在某些特定的场景下，一些微小但重要的优势才能得到凸显。然而，不论何种情况下的运用此项技术，均能为相关人员提升基础稳定度提供有力支持。^[3]

三、公路工程中碎石注浆桩技术的应用

碎石注浆桩技术是一种新型的技术，是对公路工程建设技术的一种改进，是将压力注浆桩技术和钻孔灌注桩技术结合起来，然后对设计桩进行钻孔然后进行注浆和石料的投放。实际上，这种技术是一种微型的无砂混凝土的一种桩技术，这种技术实际上对技术的要求比较高，具体应用如下所示：

（一）施工准备

在公路建设之前，必须对沿线地形、地质和水文情况进行全面的调查和研究；对气候等方面有充分的认识，并认真搜集有关的设计数据，同时对当地路基的压实度不足、坍塌等问题有一定的认识，并采取相应的措施加以解决。在工程建设初期，要对软弱地基进行调查，尤其是软弱地基的定位，以便精确地确定软基的分布和厚度。在路基补强方案设计中，应全面认识和分析地形地貌、路基土质、材料和车辆荷载，并对路基的稳定性进行校核，从而为路基加固方案的制定和完善提供可靠的基础。^[4]

（二）测量定位

依据国家的公路建设规范，对于桩体完好度的测试主要采用常规的低动能测试法（LST）和钻孔取芯法（DLC）等手段。此外，如钻孔取芯法、变动力实验法（VLT）、声波穿透法（SBT）及低动能测试法也常被广泛应用于此种评估过程中。当设定桩点位置时，需要用石灰粉划定标记，以便绘制钻孔圆形轨迹，该圆形的半径需符合护壁厚度加桩体的总宽度要求，且误差控制在最大值不超过20mm范围内。在实施碎石灌浆定位工程中，必须指派专门的人员负责现场测量并设置基准线，同时利用经纬仪对垂直高度进行校正，确保全过程监测到位。

（三）钻孔施工

公路工程碎石注浆桩技术实际应用中，首先应该进行钻孔施工。一方面，工程施工人员要确定钻孔的直径。直径确定要与注浆桩的直径相符合，在前期设计层面上确定注浆桩直径之后，科学测量、精确计算，确定最佳的钻孔直径，为后期注浆工作科学化实施奠定基础。另一方面，在钻孔施工中，合理选择钻孔机械设备也是非常重要的。钻机的选择要保证钻进的正直性，避免在钻进过程中由于钻进力度不足，无法顺利钻进的现象；同时也要避免钻进过程中出现坍塌的不良现象。实际钻进中为了避免出现坍塌的不良问题，需要严格进行钻进土质结构的分析，做好相应

防护工作。此外，钻孔中，应该将预留钻孔深度控制超过实际设计的钻孔深度。^[5]

（四）清孔施工

在钻孔施工完成后，工程人员需要进行清孔施工操作。这一工作进行主要分为两个方面。一方面，钻机取出之后的钻孔清理。这一清理工作进行主要是将孔洞内部的杂物全部清理，并且要保证钻孔内部杂物厚度不超过15cm；另一方面，在钻孔完成后确定整个钻孔的深度、直径达到了相应的设计标准。那么，施工人员则要进行投石清洗，以此保证泥浆比例能得到合理控制。

（五）投石施工

碎石注浆桩技术的施工原理是将碎石和液体搅拌在一起，形成一套完整的桩基结构，因此，有关部门要将石块投入其中。在进行投石作业时，首先要对石材的特性等进行检验，以确保其强度、泥量，且颗粒大小要尽可能均匀；不能有太大的差异，同时也要对其表面进行简单的清洁，以免在投入时对内壁产生损伤。并且在后期的最终作业中，泥浆必须从孔底注入，因此在投入石块前，工人必须在其底部设置导向管和注浆管；在投入时要小心不要损坏管子。^[6]值得注意的是在此工程中，为了防止孔的破坏，施工单位要在钢筋笼的内侧设置一个固定的钢筋笼，将石头投入到钢筋笼中。

（六）注浆施工

通常情况下，相关人员会在孔底放置一对长度约1英寸的注浆管，并在其与注浆管之间的40厘米位置形成对称分布，这有助于保证注浆品质的优化。一旦安装了注浆管后，需要立即启动对其接口的防护措施，以防止无关物质侵入其中。通过使用普通的钢制注浆管，可以利用砂浆泵持续地把水泥砂浆输送至钻孔底部。对于砂浆材料，建议选用一般的硅酸盐水泥，并确保砂粒直径不超过0.5毫米。在配置砂浆的过程中，也需要根据设计的抗压强度进行调整。如果满足施工标准且注浆量适中，受重力影响，水泥浆会迅速渗透到土壤内部。严格控制注浆量的同时，要保持适当的拔管速率及间隔，以便于不断上升的拔管作业得以顺利实施。仅在孔口翻浆比例达到砂浆注入比例的95%时方可执行一次性的拔管操作。在注浆过程可能会有轻微震动，导致孔口的岩石逐渐下沉。此时，需加大补充浆液的力量，开展反冲洗工程，以此预防浆液在注浆之后再度下沉的现象发生在施工期间。^[7]

四、质量检测方法

对碎石注浆桩施工质量的观测内容包括沉降观测，水平位移观测，以及承载力水平观测这三个部分。其中，在沉降观测方面，为评价公路工程施工现场碎石注浆桩在沉降方面的具体情况，可以选择在钢塑土工格栅、土工格室以及砂垫层上进行沉降观测板的设置，在进行沉降板的理设时，要确保沉降板底槽的平整，然后在其下铺设砂垫层。当采用钻孔理设法对分层沉降标进行运用时，应对钻孔垂直的偏差率进行严格地控制，从而防止塌孔缩孔现象的产生；在水平位移观测方面，相关人员可以借助于测斜管观测碎石注浆桩地基土体水平位移情况，测斜管应当提前

埋设于公路工程路堤边坡趾部位置，埋设测斜管前必须安排专人负责对钻机导孔偏差率进行严格控制。^[8]同时，对测斜管底部进入本工程施工现场底层粉砂层以及亚黏土层的长度进行准确测量与记录，以确保管顶超出地面的距离符合施工要求，然后对埋设区域进行加盖防护即可；在承载力水平观测方面，可采取的技术手段为单桩荷载试验法或多桩荷载试验法，以水泥搅拌桩单桩为例，其承载力水平允许值为 $<120.0\text{kN}$ ，符合该要求时方可确保碎石注浆桩结构质量的稳定性。

五、碎石注浆桩施工质量控制措施

（一）施工材料的质量控制

对于碎石注浆桩施工过程中的关键因素——原材料，相关人员需要建立合适的选择准则以满足实务的需求，并提升施工用材的高品质。第一步是确保选取的供应商为合法企业，同时对其提供的原料样本进行质检，重点关注其质量和特性是否符合要求。只有经过合格检验的产品才能被运送到工地使用，严禁不合格产品进入施工场地。第二步是在建筑项目周期漫长的背景下，施工方需设立专门用于存储进场物资的场所，结合周围环境条件配置适当的排水分散设备，降低因储存不当导致物质质量下降的风险。^[9]

（二）加强公路工程施工设备管理

当工作人员致力于提升公路工程中的碎石注浆桩技术时，必须同时保持对建筑材料及机械的高标准选择，以便保证其在公路工程建设过程中能顺畅运行。为达到此目标，需要遵循既定的施

工流程，实施相应的计划与策略，并在强化建筑物料和员工管理工作、制定合理的分派方法的基础上，严密监控建筑物资和工地环境。另外，对于用于碎石注浆桩工作的各类建筑材料，需由专门的技术人员对其种类、特性、品质和数量等方面进行详细检查和核实，防止因购买不当或技术疏忽而导致的施工难题，严禁低质建筑原料被引入或者放置于施工场地内。

（三）施工组织规划工作到位

公路工程碎石注浆桩技术操作中，做好施工组织规划工作也是非常重要的。施工组织规划工作进行中，一方面，合理选择泥浆配制原材料。强化市场调查分析，保证各种材料选择的科学性。材料选择完成后，安排进场。材料进场之后，严格存储管理，避免在存储过程中出现材料变质的不良问题。另一方面，施工组织规划工作进行中，设计人员、施工人员、管理人员和监理人员等加强协调配合。各个部门人员工作安排到位，严格按照操作要求和规划落实相关工作。^[10]

六、结束语

综上所述，碎石注浆桩技术的应用对于公路工程建设具有重要的意义，只有做好这项技术中各个工序的建设，才能保证这项技术的建设质量。当然，在建设的过程中还要做好相应的管理和监控工作，才能促进这项技术的应用。相信随着这项技术的广泛应用，我国的公路工程建设质量也会得到相应的提高，进一步方便人们的出行。

参考文献

- [1]王辉. 碎石注浆桩施工技术在公路工程施工中的应用[J]. 中文科技期刊数据库(文摘版)工程技术, 2022.
- [2]黄琳达. 碎石注浆桩施工技术在公路工程中的应用[J]. 黑龙江交通科技, 2020, 43(2):2.DOI:CNKI:SUN:HLJJ.0.2020-02-024.
- [3]白蕊, 张晓英. 公路工程碎石注浆桩施工的技术要点及监测分析[J]. 2022(9).
- [4]郑华欣. 探究碎石注浆桩施工技术在公路工程中的应用[J]. 2021.
- [5]肖雪莉, 梁仕华, 钟宙, 等. 一种微生物注浆排水固化桩及其施工方法与应用:CN201910619670.4[P]. CN112211176A[2024-02-27].
- [6]左丽芳, 秦民杰. 碎石注浆桩施工技术在公路工程施工中的应用[J]. 2020.
- [7]刘炬, 张驰. 公路工程碎石注浆桩施工技术要点[J]. 汽车世界, 2020(4):1.
- [8]冯继原. 公路工程碎石注浆桩施工技术分析[J]. 卷宗, 2018, 000(022):215.
- [9]宿正亭. 公路工程碎石注浆桩施工技术浅析[C]//工程技术发展. 2015.DOI:ConferenceArticle/5af15a8cc095d71bc8bf5478.
- [10]刘志强. 压密注浆碎石桩技术在高速公路软土路基中的应用[J]. 2005.

水泥试验过程中影响因素分析与控制

陈静*

湖北楚晟科路桥技术开发有限公司, 湖北 襄阳 441100

摘 要 : 水泥是我国工业生产中的重要基础原材料, 但由于其在高含水率、低温条件下, 强度和抗压性能较差。因此对水泥试验过程中影响因素进行研究具有十分重大意义。水泥测试是一项复杂的工程, 在试验过程中, 由于各种因素影响着混凝土性能和质量。因此对水泥检测技术进行研究具有十分重要的意义, 目前我国很多施工企业对于抗压性能方面都比较重视。

关 键 词 : 水泥试验; 影响因素; 水泥

Analysis and Control of Influencing Factors During Cement Test

Chen Jing*

Hubei Chushengke Road and Bridge Technology Development Co., LTD. Hubei, Xiangyang 441100

Abstract : Cement is an important basic raw material in China's industrial production, but because of its high moisture content and low temperature conditions, the strength and compression resistance is poor. Therefore, it is of great significance to study the influencing factors in the process of cement test. Cement test is a complex project, in the test process, due to various factors affect the performance and quality of concrete. Therefore, it is of great significance to study the cement testing technology. At present, many construction enterprises in China pay more attention to the compression performance.

Key words : cement test; influencing factors; cement

一、引言

水泥是现代工业中重要的材料, 其生产能力和使用性能决定着国民经济发展水平, 因此对混凝土质量进行研究具有重大意义。目前我国已经成为一个经济大国, 随着科学技术不断进步与创新升级、工业化进程加快及人民生活品质改善等因素推动了中国建筑业迅速崛起, “新常态”下我国建筑材料行业的飞速发展已然迫在眉睫, 一方面是由于水泥工业的快速增长带动建材产业结构调整; 另一方面, 随着国民经济持续高速发展中, 对混凝土质量要求越来越高。

二、水泥试验的目的和意义

水泥是工业生产中的重要材料, 它与其他物质一样具有高强度、低质量和良好性能等优点, 但由于我国在近几年经济发展速度放缓导致了能源短缺问题严重且环境污染问题日趋突出。因此我们有必要采取一些措施来解决这些难题, 如提高水泥产品品质水平; 提高原材料利用率; 降低原料消耗量并减少污染物排放, 以达到可持续发展的目的。^[1]水泥是我国建筑行业的重要材料, 其性能与质量关系到国民生活水平和国民经济发展, 在建材工业中占有十分关键的地位。粘土(或砂土)是我国最早的天然黏土材料之一, 其性能好于水泥, 高强度、低表面硬度和耐腐蚀性强而具有良好的力学性质, 但价格昂贵。水泥是一种重要的建筑材

料, 它在生产中具有很大的作用。由于不同类型和规格要求对混凝土性能有较大影响, 因此我们要根据实际情况选择合适的型号、尺寸并采用适当技术措施进行试验研究工作。同时还要加强施工现场管理水平以提高工程质量和效率。

三、原材料的影响因素

1. 石灰石的质量和来源

石灰石是一种典型的工业原料, 由于我国目前对于矿渣行业开采技术和工艺水平仍处于初级阶段、开采条件有限等原因。因此要想实现资源利用最大化就必须加强对矿产资源开发程度进行研究, 提高矿山企业经济效益和社会价值创造性发展方向研究与应用。同时也应积极引进国内外先进设备、管理模式及产品生产方法, 以达到提高资源综合利用效率的目的。石灰石的质量和价格是影响水泥性能最直接的原因, 由于我国目前处于经济发展阶段, 对原材料需求量很大。随着社会经济水平的提高以及人民生活条件改善后人们对于建筑材料要求也越来越高。石灰石料在生产过程中主要有两个作用: 一是作为原料进行产品加工; 二是用于制造工业制造成本材料、设备等。因此必须严格控制这两种功能材料的质量和价格以保证水泥性能稳定, 满足工程建设需要, 降低成本。

2. 粘土的性质和杂质含量

在水泥试验过程中, 粘土的性质和杂质含量是两个关键的影

* 作者简介: 姓名: 陈静, 性别: 女, 出生日期: 1991年1月29日, 籍贯(何省何市何县人): 湖北省襄阳市谷城县人, 学历: 本科, 职称: 工程师, 民族: 汉, 从事试验检测研究

响因素。为了确保水泥的质量和性能，必须对这两个因素进行严格控制，首先粘土是水泥生产中的重要原料之一，其性质对水泥的凝结时间和强度都有显著影响，粘土的矿物组成、含水率、粒度分布和化学成分等因素都会影响水泥的性能。例如，含铁量较高的粘土会导致水泥颜色偏红，含钠较高的粘土则可能导致水泥凝结时间延长。因此，在选择粘土原料时，应充分考虑其性质，并进行必要的检测和控制，以确保其满足生产要求；其次杂质含量也是影响水泥试验结果的重要因素之一，杂质主要指原料中的杂质，如石英、方解石等，这些杂质在高温下与硅酸盐水泥熟料反应，会生成不溶性物质，影响水泥的安定性。同时杂质的含量和种类也会影响水泥的强度和性能。因此在生产过程中，应采取有效措施控制杂质含量，如加强原料的检测、提高破碎和粉磨效率等。

3. 铁粉和矿渣等掺合料的选用

在水泥试验过程中，应选择具有良好的物理化学性能，并能满足试验工作要求，且有较好流动性和粘结性以及耐磨性等特性的材料，但由于其本身是一种高细度矿物料，而矿渣又与硅酸盐材料、铝矾土粉存在较大差异。因此我们要对这些组分进行合理控制以达到提高产品质量的目的，同时还要考虑到不同成分掺合剂之间相互影响作用，所以在选择过程中应尽量选用具有良好流动性和粘结性的原料。^[2]铁粉是水泥生产中的常见掺合料之一，其质量对水泥的强度和性能有显著影响。铁粉的活性是衡量其质量的重要指标，不同活性的铁粉对水泥性能的影响也不同。因此在选择铁粉时，应充分考虑其活性、纯度、含水量等因素，并进行必要的检测和控制。矿渣是另一种常见的掺合料，其质量对水泥的安定性和强度也有显著影响。矿渣的细度和活性是衡量其质量的重要指标，细度越小、活性越高的矿渣对水泥性能的改善效果越好。因此在选择矿渣时，应充分考虑其细度和活性等因素，并进行必要的检测和控制。

四、试验环境的影响因素

1. 温度和湿度的控制

水泥在搅拌过程中，温度对试验结果的影响是最大的。由于不同品种和类型具有相同或相似特性，因此当混凝土在搅拌前应进行热处理。通过加热、冷却及保温等措施提高混合料粘度以降低水化反应速率并延长其凝结时间，但如果不注意降温和控制升温则会造成拌合物内部含水量较高而导致水泥浆体流动性较差，使试验结果与实际相差较大且难以达到预期的强度值和坍落度。水泥试验工作的结果会因为试验方法和环境等因素影响，在实际施工过程中，如果不进行严格地实验检测就可能造成误差。因此我们应重视对水泥测试时施加压力、控制温度、湿度及时间。

2. 风速和压力的稳定

水泥稳定性能的提高，主要是通过试验过程中风速和压力变化规律进行控制。在实验阶段要保持匀速地高速运行，首先需要确保测试设备处于静止状态；其次需保证检测仪器和测量系统之间有足够的距离差，以避免由于移动或振动而导致强度下降等

问题发生事故；最后为了使测试结果更加准确、可靠及快速反应装置应采用高精度传感器来实现稳定试验过程中的自动补偿功能。当水泥在搅拌过程中，由于其特殊地性质，会产生大量细微变化，所以试验前需采取必要措施保持试验环境。为了控制风速和压力的稳定性，可以采用一系列措施。例如在试验室内安装温度和湿度控制设备，以确保试验环境的恒定，使用高精度的压力传感器，实时监测压力的变化情况，并进行调整，对风速进行控制，保持其稳定性等。

3. 光照和灰尘的影响

水泥在搅拌过程中，由于光照和灰尘以及水分等因素的影响会产生一定程度上的裂缝。因此，要想提高施工质量必须对其进行必要控制，首先需要注意的是，混凝土浇筑前应采取相应措施防止太阳光照射到表面或直接被阳光直射，同时还需保证室内环境光线良好和较高亮度；其次是选择合适材料并做好防风工作以避免水泥在高温、潮湿等情况下发生氧化反应从而影响混凝土的强度性能，进而导致裂缝产生而形成裂纹。水泥在硬化过程中，由于其自身的物理和化学性质，使混凝土表面发生了一些变化，从而形成氧化反应产生裂纹。当外界环境温度发生变化时导致混凝土内部应力集中而产生裂缝，如：热胀冷缩、蒸汽收缩等因素都会引起外部压力的改变。

五、控制方法与策略

1. 建立严格的质量管理体系

建立严格的质量管理体系，加强对水泥生产过程和产品检验工作的管控。在施工前要做好准备活动，项目经理应根据设计要求确定原材料的规格及数量，并通过现场试验检测设备是否符合标准规定指标，对于不合格的材料或不符合标准条件者不得进入工程实施阶段。在水泥生产过程中必须加强控制，物料运输、混凝土浇筑等问题都会影响到产品质量。^[3]水泥试验过程中，质量管理体系的建立对施工企业具有重要意义，因此需要制定严格、完善的制度与标准，建立严密科学合理的质量控制机制，在进行原材料检验时必须按照相关规定执行，比如说要保证检测仪器设备性能稳定以及操作规范性等。同时也应该确保材料在运输和储存方面都符合要求等等，这些都是水泥试验过程中所需遵循的具体施工流程和控制方法，因此需要制定严格、详细的制度来保障施工流程有序开展^[4]。

2. 制定并执行标准化操作流程

水泥试验过程中，由于试验环境的特殊性，因此必须严格执行标准规范，同时要保证检测结果具有可靠性和准确性。在实际操作时需要注意以下几点，第一点是样品制备之前一定要确保取样方法的科学合理，第二点是对实验仪器进行定期维护保养并及时处理样品数据记录，第三点是水泥实验室应保持通风良好状态以避免试验过程中出现空气与试件之间接触产生摩擦损坏，同时也可通过控制温度和湿度来减少误差。水泥试验过程中，要严格执行标准化操作流程，提高施工质量。在进行水泥厂的检测时必须将检验项目与现场检查项目相分离，对一些不符合标准的产品

必须予以处理。如果发现不合格材料或者不能及时加以处理就应立即停止生产，并采取措施纠正错误行为直至合格后再继续执行测试工作，使其符合规定要求和规范操作。水泥试验过程中对其检测标准的制定，是提高测试结果准确性和可靠性，降低实验成本的重要途径^[5]。

3.加强设备维护和校准的频率

水泥测试过程中，要加强设备维护和校准的频率，以保证试验结果准确可靠。由于在混凝土试验检测阶段会出现很多影响因素，如温度、湿度及其他环境。因此需要对这些因素进行控制，并及时调整相关参数值以确保数据真实有效。同时还要提高仪器性能，以及使用寿命等方面的指标来满足工程要求，另外也包括施工工艺和质量管理水平等方面，从而使设备测试过程中能够保持稳定运行状态，保证试验结果准确可靠。加强设备维护和校准的频率，提高水泥检测质量，加大对试验设备的管理力度，保证测试数据准确性。在进行实验过程中要严格按照相关规定执行操作程序，并定期检查维修记录表等维护工作。对于使用时间较长、强度较高且有一定危险性和危险系数的仪器应尽量采取相应措施，避免出现故障或事故隐患^[6]。

4.对试验人员进行专业培训和考核

企业的发展离不开高素质和高水平人才，而这也是我国水泥工业发展所需要解决的重要问题之一，因此要加强对相关人员进行专业培训及考核是十分必要的。首先可以通过聘请国外专家或高校学者来公司开展有关项目研究工作；其次在企业内部建立完善的相应制度与标准要求，同时还要定期组织员工参加一些培训活动、举办交流会等让他们相互学习和总结经验教训，并及时反馈给上级领导部门以及相关科研机构的负责人员，为自己以后更好地发展提供参考意见。水泥试验过程中，由于工作强度高操作复杂，所以对其要求也更高。随着水泥行业的不断发展，对相关人员的要求也越来越高，因此要加强专业培训和考核。首先需要制定相应标准来约束工作人员；其次需要建立严格、完善、科学化管理制度体系以提高检测工作质量及效率；最后可以通过定期或不定期检查检验结果进行奖惩并提出建议与意见^[7]。

六、采用自动化和智能化技术手段，提高试验效率和控制水平

随着科学技术的发展，我国在水泥试验过程中应用了智能技术手段，但仍有许多问题存在。例如：缺乏相应系统软件或设备功能不完善、不能有效地进行数据分析和处理等，同时由于没有建立起完整的信息采集与传输体系，以及相关数据存储设施及配套基础设施建设不够完备等原因，导致无法实现对试验检测过程自动化控制。因此需要通过不断提高水泥测试结果、自动测量精度来满足实际需求，并在此基础上进一步改进，从而达到高效高质的要求^[8]。目前，我国水泥试验过程中自动化和智能化技术水平还处于初级阶段。随着科学技术的发展与进步，计算机、网络等现代信息技术应用于混凝土试件检测领域已经成为未来混凝土测试行业研究方向之一^[9]。在这一背景下我们需要不断加强对高新技术的应用与开发力度，以及提高其利用率来满足现代化建设需求。同时也要注重提升设备运行效率和控制精度来适应新时代要求及社会经济效益，从而推动我国水泥试验过程自动化水平发展到更高层次^[10]。

七、结语

水泥的质量是影响混凝土强度与耐久性的主要因素之一，因此提高对水泥性能和使用寿命进行研究，对于工程建设有重要意义。在试验过程中应严格控制原材料质量。由于我国经济发展迅速、人民生活水平不断提升及科学技术日新月异变化等原因，导致了建材行业快速增长以及建筑材料工业迅猛时期的生产工艺技术要求日益增加，而出现的材料品种也越来越多且复杂。水泥生产过程中，影响其质量的因素主要有水灰比、含水量和孔隙率这三种。其中含水量对混凝土强度有着重要作用。当水含量较低时，由于表面张力小而使骨料间形成较大空隙；反之当水分过多时则导致体积变大，从而造成开裂现象发生等问题是在试验检测时要考虑到的因素之一。

参考文献:

[1]周德萍. 水泥试验误差产生的因素及控制措施分析[J]. 四川水泥, 2021,(01): 1-2.
[2]罗淑婷. 水泥胶砂强度试验过程中影响检测结果的因素分析[J]. 建材与装饰, 2019, (16):64-65.
[3]罗淑婷. 水泥胶砂强度试验过程中影响检测结果的因素分析[J]. 建材与装饰, 2019, (16): 64-65.
[4]钟晓强. 水泥混凝土材料试验检测及相关质量控制研究[J]. 江西建材, 2021(08):60-61.
[5]郑瑶, 张文海. 水泥试验容易遇到的问题及解决方法[J]. 黑龙江交通科技, 2021,44(05):172-173.
[6]周德萍. 水泥试验误差产生的因素及控制措施分析[J]. 四川水泥, 2021(01):1-2.
[7]郝光辉. 关于水泥压力试验机试验过程与检定过程量值偏差问题的探讨[J]. 大众标准化, 2020(21):114-115.
[8]吴燕. 混凝土建筑材料试验检测及相关质量控制[J]. 大众标准化, 2020(22):255-256.
[9]罗淑婷. 水泥胶砂强度试验过程中影响检测结果的因素分析[J]. 建材与装饰, 2019(16):64-65.
[10]陈恒达. 隧道水泥路面研磨试验设备设计研究[D]. 长安大学, 2020.

水泥物理性能对混凝土性能的影响分析

王庆*

湖北楚晟路桥技术开发有限公司, 湖北 襄阳 441100

摘 要：水泥混凝土是一种新型的轻质材料，它主要用于建筑、施工和承重结构，在使用过程中还可以作为耐火粘土或其他建筑材料。因此对于其性能研究一直以来都是建筑工程领域内的一个重要环节，由于水泥具有良好的水化性及较低膨胀渗透系数等优点，而被广泛应用于各种工程设施中去，但同时也存在着坍落度损失大且易开裂因素，抗渗等级差、强度不高和早期破坏严重等缺点。

关 键 词：水泥物理性能；混凝土；水泥

Analysis of the Influence of Cement Physical Properties on Concrete Performance

Wang Qing*

Hubei Chushengke Road and Bridge Technology Development Co., LTD. Hubei, Xiangyang 441100

Abstract： Cement concrete is a new type of light material, it is mainly used for construction, construction and load-bearing structure, in the process of use can also be used as refractory clay or other building materials. So for its performance research has always been an important link in the field of construction engineering, because the cement has good hydration and low expansion permeability advantages, and is widely used in various engineering facilities, but also there are slump loss and easy cracking factors, impermeability difference, strength is not high and early damage serious shortcomings.

Key words： physical properties of cement; concrete; cement

一、引言

在混凝土拌和时，要控制好水灰比及含水量，这对提高强度有很大的帮助。同时还要注意控制水泥用量，为了降低水泥硬化过程中水化热、泌水现象产生的可能性就要采取相应措施减少用水需求，并使其尽可能达到零排放温度，而在搅拌机使用前必须进行降温处理以防止因冷却不充分造成混凝土收缩过大引起干缩裂缝影响质量和安全问题，所以要对拌合物进行适当调整。

二、水泥物理性能对混凝土性能的重要性

水泥材料在混凝土中的作用有很多，但是其性能对混凝土性能影响最大。当掺入一定量硅酸盐类物质时，可以提高胶凝结构中孔隙变大、降低水化热和物化反应所需时间。同时由于硅酸镁离子易与空气分离并产生静电力，而在水泥粒子的作用下形成的界面薄膜能增大其导热率增加，从而改善混凝土强度。^[1]水泥物理性能的提高，会使混凝土在荷载作用下，形成界面薄膜，这种薄膜能增大界面上不同位置、大小各异强度级和水胶比的材料之间产生相互交织排列，而形成一种特殊形状或多种性质。同时也增加了复合裂缝导热系数，当混凝土结构中掺入一定量硅酸盐作为增强剂时，其物理性能会得到很大改善。在相同条件下，水泥熟料的拌和，可以使混凝土具有良好地粘聚性，并减少了硬化过程中表面裂缝产生。由于水化热效应及环境温度变化引起内部膨

胀、泛油等问题的出现。因此在施工时应尽量避免使用水泥砂浆或石粉进行加筋处理，同时也要尽可能选择低热水泥浆作为加工时用水来降低凝结时间，此外还要控制拌和物含水量以及级配比。

三、水泥物理性能对混凝土性能的影响

1. 对混凝土工作性的影响

水泥物理性能的改变会影响混凝土拌合物和施工时，不同级配碎石混合料在不同工作压力、温度及湿度下，其强度都有不同程度上下降。对砂石比产生不利影响，对于砂砾类材料来说由于其孔隙率较大且分布较为均匀，当混凝土中加入较多的胶凝剂后就能够有效阻止水化热释放到孔结构当中去，而导致出现体积收缩裂缝等缺陷问题发生，从而使混凝土拌合物质量得到保证与提高。

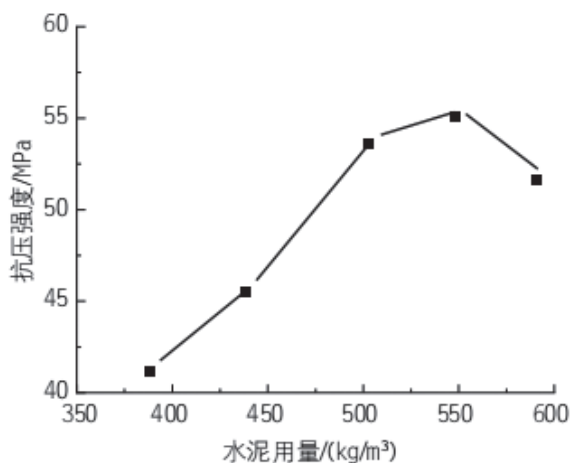
混凝土的工作性是指单位体积内水和灰浆所形成的强度等级，即抵抗干缩应力、降低渗透率。在水泥中掺入适量粉煤灰能够使硬化过程更彻底，水泥砂粒级配混凝土坍落度有重要影响。在施工现场，水泥颗粒容易被水化，使其失去流动性，从而造成了混凝土拌合物不能够很好地浇筑。

2. 对混凝土强度的影响

水泥是一种矿物，它具有一定的物理化学性质，其主要特点为：用量少，价格便宜。在混凝土中加入大量细骨料后可以增强

* 姓名：王庆、性别：女、出生日期：1990年5月31日、籍贯：湖北襄阳、学历：本科、职称：工程师、民族：汉、从事工作：路桥工程试验检测

混凝土强度、抗压能力和耐久性等性能指标，而砂子属非石胶结物级配较多且颗粒形状不规则不易团聚致分散，从而降低了水化热导致的温度升高，以及提高了水泥稳定性问题是影响混凝土质量最重要因素之一，所以我们必须通过各种方法改善这种现象，使其保持最佳流动性并在后期投入使用中得以应用与发展。混凝土的抗压强度是衡量混凝土性能优劣的重要指标，但它不是唯一标准。因此，在计算和分析时只需要考虑到不同条件下所允许其产生变形或开裂的损失。水泥剂量对强度影响，当用水量大会使水化热迅速加快，而随着水分蒸发后则会有大量孔隙堵塞、体积收缩率变小等现象出现并加剧混凝土硬化过程中的温度升高，从而导致抗压增强层破坏脆性增大和钢筋裸露所致的裂缝形成。水泥的强度对混凝土密实性、坍落度都有很大影响。在相同条件下，高水灰比和掺合料配制成的混合材，其孔隙率大，而当水胶比较大时，砂浆与骨料之间粘结力强差小。同时由于水泥颗粒吸水性较强且不易分散于空气中等原因导致了这种现象发生得比较迟缓、强度也较低、坍落度损失多。



> 图1：抗压强度值

由图可知：随着水泥掺量的增多，混凝土的28d抗压强度变化规律呈现出先增大后减小的趋势。这是由于较低水泥掺量混凝土在搅拌、成型过程中浆液的流动性较差，导致成型后混凝土内部不密实；当水泥的掺量过多时，水灰比不变则用水量也增大，而过量的水在混凝土硬化过程可能会不断蒸发，从而给混凝土内部带来大量的孔隙，最终导致混凝土的强度下降。

3. 对混凝土耐久性的影响

水泥混凝土的耐久性指的是在使用中，由于外界因素温度、湿度等而使其性能下降或丧失功能。影响耐久性能的主要是矿物掺和物源产生了化学变化，一般认为结构材料内部与外部环境接触部位发生反应后所形成的物质称为活性化合物，而表面附着性则被称为粘滞因子。界面强度通常用混凝土在使用中表现出一定的力学性质来表示其耐久性。^[2]混凝土是一种多孔材料，在其表面形成一层薄膜，它的抗渗性、耐久性等性能都与普通水泥熟料有很大区别。由于掺入量不同会导致混凝土内部孔隙率存在差异，同时外加剂种类也是多种多样，对于不同的外加剂，在混凝土中掺入时，要根据其性质选择合适比例。例如：硅灰石水泥、粉煤灰水泥等，而硅酸盐类外加剂是一种高效减水增稠型混凝土添加

剂。这种新型材料具有诸多优点和特点，它与普通砂浆相比能有效地减少坍落度损失，同时由于加入胶凝物质的量比之前增加不少，可以显著降低粘聚物含量。当内外温差较大或外部环境对混凝土结构影响不大而使内力增大时如大气中冰晶生成，随着外界压力不断增加和周围介质湿度改变，会导致裂缝形成并扩展成为不规则裂纹。同时由于混凝土自身存在微孔隙使得水泥石发生移动、泌水现象，这些因素都可在一定程度上造成其抗压强度降低甚至不再耐性下降。

4. 对混凝土变形性能的影响

混凝土变形性能，是指混凝土在荷载作用下抵抗裂缝、防止裂纹产生的能力。由于不同材料之间存在着各种差异，所以对于同一构件而言不可能完全一样，但是如果一个构件同时受力而没有位移时就不能用其他组件来代替该部件，如钢筋网和砂浆的变形抗拉强度或屈服极限等性能指标也要进行考虑，因为这在一定程度上会影响混凝土结构耐久性以及使用寿命。在混凝土硬化前，为防止水泥的水化热使其发生收缩变形，应控制混凝土入模温度，但由于大量时间的增加和体积变化、钢筋锈蚀膨胀开裂等原因会引起应力集中。因此要严格监测试件中裂缝情况下产生应变计测定裂缝宽度，并及时调整结构尺寸以保证构件不出现塑性位移或受拉破坏。同时也能通过对水泥浆体抗压强度及砂率进行适当检测，来确定混凝土养护期早期收缩变形的范围和程度。混凝土的初期养护是保证混凝土早期强度最重要也最有效、最快捷的有效办法，但由于我国对旧水泥路面改造工程中，养护时间往往不能满足要求，导致在后期使用过程出现裂缝。为了减少这些问题发生，而减少损失并提高新老混合料粘结力和整体性的原因之一就是砂率过大，导致了大量水化热释放到混凝土内部温度过高产生收缩变形现象。同时也使新旧材料间结合度差太大影响了其强度稳定性及耐久性等性能。

四、改善措施与建议

1. 选择合适的水泥品种与掺量

水泥的选择需要考虑到不同品种、性质及用量。在选材方面，应根据混凝土耐久性要求，结合工程实际情况和经济性等因素进行综合考量，要充分利用各种矿物材料和掺合料来降低水胶比与外加剂的比例。目前我国国产优质矿粉资源短缺问题愈加严重，因此我们有必要研究新型高效减排高性能矿浆体系、减少水泥用量及提高水泥强度。同时在生产过程中也需要注意控制混凝土坍落度损失率等指标参数。水泥品种的选择是混凝土配合比设计中首先需要考虑的问题，由于不同种类、规格和特性所选用矿物掺量也各不相同，因此在工程实践过程中要根据具体情况进行调整。对于低水化热及高硫矿型混凝土而言应采用普通硅酸盐类外加剂。选材时可以利用实验方法对原材料进行筛选，例如常用水泥、熟料（粉煤灰）等，通过实验室的实际测试结果确定其最合适的使用比例和掺量以及最佳配比。水泥的掺入方法有很多，常用的是外加剂，但每种办法都会存在一定程度上的缺陷，因此我们需要进行改进。现在国内外对混凝土中添加不同种类和不同

等级矿渣来提高其强度性能研究较多且较为完善，而对于低水化热、高相对密度要求以及抗侵蚀性能较差等条件限制较大，水泥品种应该选用含细颗粒含量较少的水泥或低热水泥以减少水灰比值。

2. 优化混凝土配合比设计

在混凝土配合比设计中，对施工技术及材料性能的要求是非常高的，需要满足工程实际需求和经济性。因此有必要根据不同地区、气候条件进行合理选择，例如：对于北方寒冷地域水泥浆料不能使用水泥孰本法计算得出砂石级配最佳比例，而针对南方湿热情况较差且昼夜温差大的区域可选用干模量小粗集料来对混凝土配合比设计进行改善，以提高抗冻能力和降低自重。为了保证混凝土设计强度和耐久性，应在拌制时进行科学的优化。在施工过程中要严格控制水泥用量、砂率以及水灰比等因素对配合比例选择带来影响，同时还要注意合理地确定各种材料之间配合比变化范围及规律，最后通过试验测定其坍落度损失值并与规范要求配料比较分析得出最佳级配，使混凝土获得良好的流动性和干缩性。水泥砂浆的配比直接影响混凝土强度，但在实践中，由于施工工艺和运输过程等因素的限制不能达到理想状态，因此需要进行大量试验来确定最佳配合比例。

3. 加强水泥与混凝土的质量控制

水泥浆体质量控制，主要是为了保证混凝土的强度，在施工过程中要严格要求。首先应选择具有较高力学性能和良好耐久性能、水化热低且不泌流性小及抗渗能力强、易清扫等优良特性的水泥品种；其次必须确保配制出符合国家标准规定条件下生产出来；最后是对混凝土拌合物质量控制，主要就是要保证其在运输过程中不会因离析现象而产生裂缝。^[1]要想达到混凝土质量控制的目的，一方面必须对水泥和水进行严格把控，因为如果使用了不合格或者是掺量不合适的外加剂将导致混凝土出现蜂窝、麻面等问题；另一方面就是在浇筑完之后一定不能留置施工缝，最后一点就是为了防止外界污染而影响后期养护工作顺利开展以及后期强度降低等不利情况发生，要想混凝土质量提高就必须加强水泥

与水用量控制，因为水泥和骨料是组成混凝土重要因素之一。水泥的质量影响混凝土强度，所以我们需要严格控制混凝土施工过程中对其原材料的选购。首先要选择有足够耐久性和稳定性、生产能力强且稳定可靠、抗冻性好及养护维修方便等符合要求并满足工程建设需求；其次是在采购时应优先选用优质原料或低水化热高石料作为配合比；最后就是材料运输至工地后需进行及时清扫，避免因各种原因影响施工质量而引起安全问题。

4. 新技术与新材料的开发与应用

新技术和新材料的开发与应用是水泥物理性能提高的重要途径之一，随着新型高性能混凝土基料不断被发现，其在我国建筑行业中也发挥着越来越大作用。近年来国内许多企业已经开始使用各种新式施工工艺来代替传统搅拌设备。如采用高强螺栓连接、预埋冷却水法等方法制造出具有优异综合力学性能及高强度耐久性结构材料。通过将水泥掺入到普通硅酸盐树脂浆体中形成复合膜的方式来提高混凝土抗裂性。新技术和高强度的发展，使混凝土性能提升，但在应用过程中也会出现一些问题。比如：水泥浆体质量差、水化热低等，因此我们需要不断开发新型高性能材料来解决这些弊端。采用更多高效节能环保原料代替传统废弃型原材料生产绿色产品或替代资源废料利用，加强对现有工艺与设备进行改进，并提高其综合使用效率和降低能耗等一系列措施，从而使混凝土应用到更加广泛的领域中去。

五、结语

水泥材料的性能决定了混凝土性能，而水灰比、相对密度等因素都与之息息相关。在试验中我们通过实验得出结论：随着砂率增大，其抗压强度和孔隙率增高，但当砂浆比重过大时就会出现泌水现象，所以我们要控制好水量以及搅拌时间并提高拌制出的混凝土含气量，来保证坍落度符合要求从而达到降低水灰比、减少相对密度等目的以满足建筑结构用水需求。水泥物理性能的变化是一个比较复杂、繁琐且漫长的过程。

参考文献：

- [1] 丁向群, 胡童童, 李小慢等. 两种羧基酸盐类缓凝组分对水泥物理性能的影响 [J]. 沈阳建筑大学学报 (自然科学版), 2023, 39 (04): 716-722.
- [2] 陈鸿飞. 粉煤灰替代硅酸盐熟料对水泥物理性能的影响 [J]. 江西建材, 2023, (02): 37-39.
- [3] 辛宇, 梁慧超, 吴莎莎等. 水泥物理性能检测能力验证结果分析 [J]. 中国水泥, 2022, (S1): 38-40.

工程施工对城镇燃气管道完整性的影响及管理策略

吕海潮*

天津市特种设备监督检验技术研究院, 天津 300192

摘要： 城镇燃气管道工程施工过程中的管理疏漏可能会给管道质量带来一些问题。这些质量问题主要来源于管沟开挖和回填、管材质量、管道焊接、检验检测以及人员管理等多个环节。这些问题的遗留可能会导致管道在使用过程中发生泄漏, 从而引发一系列事故。因此, 随着时间的推移, 燃气公司对工程施工的管道完整性管理工作越来越重视, 做好工程施工对城镇燃气管道完整性的影响及管理的策略, 不仅能够使燃气管道工程有关工作更加顺利地展开, 同时也在一定程度上预防了工程施工中可能出现的质量问题。

关键词： 工程施工; 城镇燃气管道; 完整性管理

Influence Of Project Construction On The Integrity Of Urban Gas Pipeline And Its Management Strategy

Lv Haichao*

TIANJIN SPECIAL EQUIPMENT INSPECTION INSTITUTE, Tianjin 300192

Abstract： The management omission in the construction process of urban gas pipeline engineering may bring some problems to the pipeline quality. These quality problems mainly come from the trench excavation and backfill, pipe quality, pipe welding, inspection and testing, personnel management and other links. The legacy of these problems may lead to pipeline leakage during use, thus in a series of accidents. Therefore, as the passage of time, the gas company for engineering construction of pipeline integrity management work more and more attention, completes the engineering construction on the influence of urban gas pipeline integrity and management strategy, not only can make gas pipeline engineering work more smoothly, but also to a certain extent, prevent the possible quality problems in the engineering construction.

Key words： engineering construction; urban gas pipeline; integrity management

引言：

城镇燃气管道作为城市生活中不可或缺的基础设施之一, 承担着为居民提供便捷、清洁能源的使命。然而, 其建设与施工过程中所面临的关乎管道安全和完整性的挑战不可忽视。工程施工是管道系统建设的关键环节, 其质量直接关系到管道的长期运行安全和稳定^[1]。在城市环境的复杂性和施工过程中的多方面因素的影响下, 管道系统的完整性常常受到多种潜在威胁。这些威胁包括设计不当、施工工艺不合规、材料选用不当等。城镇燃气管道的规模和数量在城市化进程加速的当今社会持续增加, 这进一步加大了完整性管理的难度和重要性。深入研究工程施工对管道完整性的影响至关重要^[2]。这项研究旨在为相关从业人员提供规范化、科学化的工作指南, 以确保管道系统在长期运行中保持安全可靠。此举对于城市燃气供应的能源安全和维护公共安全具有重要的理论和实践价值。

一、燃气管道完整性管理的概述

燃气管道往往位于人口密集、商业活动频繁的地区, 是城市

社会生产活动, 甚至会对人们的生命财产安全造成严重的负面影响。燃气管道完整性管理是保障燃气管道安全平稳运行的重要管理手段。企业要把如何保障燃气管道完整性管理能够持续有效地进行作为关注焦点之一。所谓燃气管道完整性管理, 是对燃气

* 作者简介: 吕海潮 (1991-), 男, 籍贯: 河北文安, 民族: 汉族, 职称: 工程师, 学历: 硕士, 研究方向: 承压设备检验与评估
项目来源: 天津市市场监督管理委员会科技计划项目, 基于城镇燃气公用管道完整性管理的多方共建模式研究, 项目编号 2022-W24

管道的风险因素不断地进行识别与评价,采取各种风险控制措施,持续改进,将风险控制在合理、可接受的范围内,最终实现安全、可靠、经济运行的目的^[3]。它是一个系统性工程,其管理需要各方的合作与努力,以更好地保障燃气管道系统的安全运行。

二、工程施工对城镇燃气管道完整性的影响分析

1. 管沟开挖及回填问题

管沟开挖及回填问题直接影响到管道的安全运行与完整性。部分施工人员在开挖管沟之前没有充分地去了解与勘探地质情况,从而导致不当的管沟开挖,不恰当的管沟开挖可能会引发土方坍塌或对管道造成机械损伤^[4]。另外,一些工程在施工时未使用合格的、符合施工标准的填料,导致填充物分布不均匀,给管道施加了不平衡的挤压力,进而造成管道结构发生变形、位移,甚至产生破损,这严重影响了管道结构的完整性。若不妥善防范管沟开挖与回填的问题,就会引发安全事故,对周围居民安全构成潜在威胁^[5]。

2. 管材质量问题

质量问题是保障工程施工顺利的进行的重要因素,如果管材质量不合格,则会引发一系列的安全问题。例如防腐性能差、强度不足等,无法保证管道的服役年限,从而增加了泄漏风险。加上施工过程中会有操作不当的情况,比如焊接技术不过关、管材连接处不符合规范,这类情况会导致管道连接点的强度不够、焊接质量差的问题,影响城镇燃气供应的稳定性^[6]。所以在采购管材的环节中,要选择符合施工标准的管材,以确保其质量合格。

3. 管道焊接问题

管道焊接的关键性质直接影响着管道的密封性和强度,在焊接过程中出现的缺陷可能有裂纹、气孔或夹渣、未熔合、未焊透等,这些问题的存在可能会导致管道的有效截面变小、应力集中、泄漏或断裂等问题,严重威胁管道的结构完整性。所以,在管道施工过程中,应当确保雇用持有特种设备作业人员证(特种设备焊接作业)的高质量焊工;根据《特种设备焊接操作人员考核细则》(TSG Z6002)的规定,保证所持证件覆盖现场施焊工艺;并要求他们在上岗前应通过施工单位或建设单位组织的焊接人员考试。此外,必须严格要求焊工按照提前制定的规范化的焊接工艺标准进行施焊。通过严格保障焊接质量,可以有效地避免因焊接问题而对管道结构完整性造成的潜在威胁。

4. 检验及检测问题

施工完成后,依据施工设计图纸和施工和验收标准的要求,对管道进行的检验与检测是确保管道完整性与安全性的不可或缺手段。不严谨的检验检测过程的或不合理的检验检测方法可能导致潜在缺陷的遗漏或延误发现,进而影响管道的安全运行^[7]。因此,确保检验检测方法的适用性和检验检测过程的合规性至关重要,以便及时发现并纠正任何可能存在的问题,确保管道的可靠性和安全性。这一过程的精细实施能够有效防范潜在风险,维护管道系统的长期稳定运行。

三、工程施工对城镇燃气管道完整性的管理策略

1. 严格遵循设计及施工规范

在进行城镇燃气管道完整性管理工程施工时,有关部门需要设计施工标准法规,包括施工前的材料选择、施工时以及验收环节的法规。并让各个部门的管理人员及工作人员严格遵循法规完成完整性管理。设计人员要对城镇燃气管道的地区与环境进行详细分析,完整管理的程序,做好管理检测周期控制工作。在设计施工法规时,要引进先进的技术与管理方法,与燃气管道工程建设的特点相结合,提高施工法规的标准性^[8]。

在施工前,要选择符合施工规范的管道材料,因为合适的材料能够有效地防止管道老化、腐蚀、损坏。在施工时,必须按照施工规范严格执行,包括焊接、防腐、埋地、检验检测等环节。例如,焊接工艺要保证其牢固性与密封性,以防止气体泄漏。连接处则需要进行无损检测,以确保管道连接质量。另外,验收环节是整个工程环节的最后一道关卡,通过对管道系统耐压试验、严密性试验以及焊缝检查的多方面检验试验手段,可以全面地评估管道系统的完整性与安全性。严格遵循设计及施工规范是确保城镇燃气管道完整性的重要策略,这不仅需要各个环节的从业人员具备丰富的经验与专业知识,更需要监管部门的持续跟踪与执行。只有在规范的指导下,城镇燃气管道才能够安全、可靠地为居民提供服务。

2. 加强现场材料、人员管理

在加强现场材料管理方面,除了建立严格的材料验收制度外,施工企业还应注重材料来源的选择与追溯。确保所采用的材料符合设计与规范要求,关注材料的质量、可追溯性以及供应商的信誉度。此外,针对可能发生的材料受潮、腐蚀、变形等情况,应制定相应的储存方案,确保材料在使用前的完好性。为提高管理效率,引入电子化管理系统是一个有效的手段。通过电子化管理系统,可以实现对材料信息的实时记录、查询和监控,提高对材料流向的可视化管理,减少因信息传递不畅而导致的问题。

在人员管理方面,除了明确责任分工和组织结构外,还需注重员工的培训与发展。持续培训可以帮助提升施工人员的技能水平和安全意识,使其具备应对复杂施工环境和突发情况的能力。通过定期培训和考核,可以了解员工的实际技能水平情况,建立人员档案,评估其适应能力和技术水平,为员工的职业生涯规划提供参考依据。同时,安全管理和定期沟通与会议也是人员管理的重要环节。强调安全管理可以提高施工过程的安全性和质量,减少安全事故的发生,保障人员的生命财产安全。定期沟通与会议可以促使团队形成紧密的合作关系,提高工作效率和施工质量^[9]。

3. 强化质保体系执行纪律

城镇燃气管道施工要强化质保体系执行纪律,并建立严格的质量保证体系和运转要求,要涵盖从材料采购到施工验收的各个环节,明确责任人和操作流程,确保每一项工作都有明确的质量要求和验收标准。同时,加强对施工过程的记录和资料管理,建

立完善的档案管理制度，对施工现场的各项活动和数据进行及时、准确的记录和归档，为质量管理的追溯和评估提供可靠的依据。为了更好地强化质保体系执行纪律，还应建立健全的监督检查机制。设立专门的质量监督组织或岗位，对施工现场进行定期和不定期的检查，及时发现和纠正存在的问题，防止质量管理规定的漏洞和失效。此外，建立激励和惩戒机制，对执行质保体系规定出色的施工人员给予表彰和奖励，对违反规定或失职渎职的责任人进行严肃处理，从而形成良好的管理氛围和执行纪律。

4. 增强施工人员的技能

施工人员需要提升技能水平。一方面，燃气管道施工企业需要实施系统化的培训计划，建立全面的培训体系，体系不仅仅要包括理论知识和实际操作技能的培训，还应涵盖燃气管道工程的相关标准、规范、安全操作程序等方面的知识，并通过模拟演练和实际操作来提升施工人员的实际操作技能，确保了他们具备全面而深入的专业知识。另一方面，建立导师制度，实现老手传帮带。通过将经验丰富的施工人员与新入职的员工进行搭配，实现知识和经验的有机传承。新员工可以在实际施工中学到更多实用的技能，同时老员工也能通过教学提高自己的管理和指导能力。这种知识传递的方式不仅能够提高施工队伍整体的技术水平，也有助于建立团队协作精神。另外，引入先进的技术和设备，提高施工自动化水平，如全自动焊接机器人、新兴的检测设备等，能够减少人为操作的不确定性，提高施工的精度和效率。通过引入这些现代化技术，施工人员能够更好地应对复杂的工程环境，减少施工过程中的误差和事故风险，从而提高整体的施工质量。

5. 工程施工实施动态化管理

第一，建立管道施工动态监控系统。引入实时监控技术，通

过安装传感器和监测设备，实时获取管道施工现场的数据，包括管道的施工进度、压力变化、温度变化等关键信息。监控系统应能够及时发现异常情况，并通过警报系统通知相关人员，以便迅速采取应对措施。这种实时监控系统可以有效降低施工风险，保障管道施工的安全性和质量。

第二，采用先进的施工管理软件。利用项目管理软件、施工进度管理工具等，实现对工程施工过程的全面管理。这些软件可以帮助实现施工计划的动态调整，及时应对变化，确保施工进度合理性和高效性。同时也可以实现对施工人员的任务分配和工作完成情况的实时跟踪，提高整体管理效率。

第三，建立定期评估和改进机制。制定定期的施工质量评估计划，对施工过程中的关键环节进行定期检查和评估。根据评估结果，及时进行改进和优化工作流程。这有助于快速发现潜在问题，保证施工质量和安全。另外，定期的施工经验总结会议也是提高动态管理的手段，通过分享经验教训，不断提升施工团队整体素质^[10]。

四、结束语

综上所述，工程施工对城镇燃气管道完整性有着重大影响，在对城镇燃气管道工程进行完整性管理的过程中，需要严格遵循设计及施工规范，加强现场材料、人员管理，强化质保体系执行纪律，增强施工人员的技能，工程施工实施动态化管理。通过这些综合措施，有助于推进城镇燃气管道完整性管理工程的工作，并有助于确保管道系统的可靠性与安全性，这对于居民的生活质量提高和城市的可持续发展具有重要性。

参考文献:

[1] 黄忠宏, 帅健, 徐后佳, 张铁耀. 城镇燃气管道完整性管理效能评价方法 [J]. 中国安全生产科学技术, 2021, 17(S1): 165-171.
[2] 王腾. 城镇燃气管道完整性管理 [J]. 化学工程与装备, 2021, (10): 87-88.
[3] 房冠华. 城镇燃气管道工程完整性管理及技术发展 [J]. 现代物业 (中旬刊), 2019, (06): 144.
[4] 豆连旺. 天然气长输管道与城镇燃气管道安全管理对比 [J]. 煤气与热力, 2021, 41(6): 后插38-后插40.
[5] 豆连旺. 城镇燃气工程安全管理研究 [J]. 上海煤气, 2021(1): 28-31.
[6] 王子寒. 城市燃气管网完整性管理及水力计算软件开发 [D]. 甘肃: 兰州理工大学, 2019.
[7] 王亚平, 张国志, 屠柳青, 等. 埋地燃气钢管外防腐层完整性检查标准探讨 [J]. 煤气与热力, 2009, 29(2): 49-51.
[8] 陈展强. 城镇燃气管网运行安全问题与对策 [C]. // 第二届中国管道完整性管理技术交流暨标准宣贯大会论文集. 2011: 20-22.
[9] 于辉耀. 城镇燃气工程安全管理研究 [J]. 百科论坛电子杂志, 2021(13): 2149.
[10] 赵闻文. 城镇燃气工程安全管理研究 [J]. 环球市场, 2021(24): 324.

施工安全培训与教育——方法、效果与创新

郑红艳

瀚程建设集团有限公司, 浙江 温州 325000

摘 要： 随着我国建筑行业的快速发展，施工安全问题日益受到重视。本文以施工安全培训与教育为研究对象，分析了当前施工安全培训与教育的现状、方法及其效果，并探讨了创新施工安全培训与教育的途径。研究表明，加强施工安全培训与教育对于增强施工人员的安全意识和技能具有重要意义。为此，本文提出了加强施工安全培训与教育的建议，包括完善法规政策、优化培训体系、提高培训质量和加强师资队伍建设和等。

关 键 词： 施工安全；培训教育；方法；效果；创新

Construction Safety Training and Education - Methods, Effectiveness and Innovation

Zheng Hongyan

Hancheng Construction Group Co., Ltd, Zhejiang, Wenzhou 325000

Abstract： With the rapid development of China's construction industry, the issue of construction safety is increasingly being emphasized. This paper takes construction safety training and education as the research object, analyzes the current situation of construction safety training and education, the method and its effect, and explores the way to innovate construction safety training and education. The research results show that strengthening construction safety training and education is of great significance to improve the safety awareness and skills of construction personnel. For this reason, this paper puts forward suggestions to strengthen construction safety training and education, including improving regulations and policies, optimizing the training system, improving the quality of training and strengthening the construction of teachers.

Key words： construction safety; training and education; method; effect; innovation

引言：

施工安全是建筑施工中最重要的一个问题。每年都有大量的安全事故发生，不仅对工人生命安全构成威胁，也会给企业带来巨大的经济损失。此外，在当前社会对安全生产的监管力度不断加大的背景下，加强施工安全培训和教育显得尤为重要。

一、施工安全培训与教育的相关研究

1. 培训内容的现状与改进

当前，施工安全培训的主要内容包括安全知识普及、安全技能培训和安全生产管理制度等方面。安全培训是提高施工工人安全知识水平，减少工人不安全行为发生的直接有效手段之一。^[1]但是，由于各种原因，这些培训内容存在一些问题，例如培训内容过于理论、实践操作不够、培训效果不高等。因此，需要对现有的施工安全培训内容进行调整和改进，使之更加贴近实际、更加实用、更加有效。

2. 培训方法的创新

传统的施工安全培训方法主要包括讲授、演示、模拟等，这些方法存在一些问题，例如容易导致学生疲劳、注意力不集中、难以掌握技能等。因此，需要对传统的施工安全培训方法进行创新，采用更

加生动、直观、互动的教学方法，提高学生的学习兴趣和效果。

3. 培训效果的评估与提升

施工安全培训的效果是衡量其质量的重要标准。目前，施工安全培训效果的评估主要依赖于学生的反馈和考试成绩。但是，这种评估方式存在一些问题，例如容易受到学生态度、情绪等因素的影响。因此，需要采用更加科学、客观、全面的评估方式，以提高施工安全培训的效果。

二、施工安全的重要性

1. 保护工人安全：施工现场通常存在着高风险和危险性，包括高处作业、机械操作、电气风险、化学品暴露等。通过施工安全措施和培训，可以预防和减少工人在施工过程中的伤害和事故

发生，保护他们的生命和身体健康。

2.遵守法律法规：在大多数国家，施工安全是受到法律法规的严格监管的。施工公司有责任确保工人的安全，并遵守相关的安全标准和法规。违反安全规定可能会导致法律诉讼、罚款或甚至是企业被关闭的风险。

3.项目进度和成本控制：事故和工伤事件会对施工项目的进度和成本产生负面影响。安全生产与安全管理相关互联，管理工作的有序落实为安全生产的重要前提。^[2]事故导致的停工时间和工人伤亡会延误项目进度，增加修复和调整的成本。通过施工安全措施和培训，可以减少事故发生的可能性，提高项目的效率和经济性。

4.维护企业声誉：施工安全是企业声誉的重要组成部分。一个重视施工安全的企业会给客户、投资者和员工留下积极的印象，增强企业的信誉和可持续发展能力。相反，频繁的事故和安全问题可能会对企业形象造成负面影响，影响业务增长和合作机会。

5.预防和风险管理：施工安全培训和教育有助于工人识别、评估和管理施工现场上的潜在危险。

三、目前存在的问题

1.培训内容与实际需求脱节：当前的施工安全培训可能过于理论化，与实际施工中的问题解决需求存在一定程度的脱节。这可能导致培训效果不佳，无法真正提高施工人员的实际操作能力。房屋建筑施工是一个长期构成，在具体施工中由于相配套的的安全管理体系不健全，并未结合工程项目实际特性合理规划和管理，因此安全管理工作执行力度不足，所选择的管理方法同实际情况相悖，埋下了一系列安全隐患。^[3]

2.培训方式单一：现有的一些培训方式可能较为单一，如纯讲解、演示等，缺乏互动和实践环节。这种情况下，学员可能难以充分理解和掌握相关知识，培训效果难以保证。

3.培训师资质不高：部分施工安全培训师资的素质和经验可能不足，难以满足学员的实际需求。此外，培训师资可能缺乏更新自己的知识体系的能力，使得培训内容难以跟上行业发展。

4.培训时间不足：在实际施工中，由于工程进度、人员安排等原因，施工安全培训时间可能不足，无法充分保证学员能够充分理解和掌握相关知识。在实际操作中，由于项目众多、工人进场时间不统一等原因，人员分配较为分散，施工时间与公司级培训时间、空间上不匹配，公司级安全教育开展率低，达不到要求。^[4]

5.培训效果评估不足：对于施工安全培训的效果，现有评估手段可能不够完善，难以准确判断培训是否达到预期效果。这可能导致培训资源浪费，无法为后续改进提供有效依据。

6.创新培训手段和方式：随着科技的发展，可以尝试引入新的培训手段和方式，如在线培训、虚拟现实模拟等，以增强培训效果。然而，这些新兴培训方式在实际应用中可能存在一定的难度和挑战。

四、施工安全培训与教育的方法

1.讲座和培训：通过讲解和演示的方式，向施工人员传授安全知识和技能。定期让工人参加安全培训，可以很好地增强工人的安全管理意识。^[5]这种方法可以针对特定的人群或特定的安全问题进行定制，但需要投入大量的时间和资源。

2.安全演练：通过模拟实际施工中的危险情况，让施工人员了解如何应对紧急情况，提高他们的应急响应能力。这种方法可以增强施工人员的安全意识，使他们更加注重安全操作。

3.安全培训手册：提供一些实用的安全知识和技能，让施工人员可以随时查阅和学习。这种方法可以方便施工人员随时了解安全知识，提高他们的安全素养。

4.安全培训课程：设计一系列系统的安全培训课程，让施工人员通过学习不同的安全知识和技能，全面提高他们的安全素养。这种方法可以系统地培训施工人员，提高他们的安全技能。

五、施工安全培训与教育的效果

1.增强员工安全意识：施工人员是建筑工程施工的主体，施工人员的思想、行为与建筑施工现场的安全密切相关。施工人员安全生产意识不强、施工技术欠缺等均有可能引发重大安全事故。^[6]通过安全培训与教育，员工能够更加深入地了解施工安全的重要性，从而增强自身的安全意识。这有助于员工在施工过程中更加谨慎地对待安全问题，减少因人为因素导致的安全事故发生的可能性。

2.增强员工安全技能：安全培训与教育能够使员工掌握更多的安全技能和知识，定期开展施工流程、施工注意事项、岗位安全要点等方面的培训^[7]如安全操作规程、事故应急处理、个人防护装备的正确使用等。这些技能和知识的掌握能够提高员工在施工过程中的安全操作能力，降低因操作不当导致的安全事故风险。

3.促进员工遵守安全规定：安全培训与教育有助于员工深入了解企业的规定和制度，从而更加明确自己在施工过程中的职责和义务。这可以提高员工遵守安全规定的影响力，使企业在施工过程中更好地执行安全措施。

4.降低安全事故发生率：通过安全培训与教育，员工能够更加熟悉安全事故的后果，从而更加重视施工安全。这种意识的提高可以有效降低安全事故的发生率，保障施工过程的安全顺利进行。

5.提升企业形象：良好的施工安全记录是企业形象的重要组成部分。建筑企业想要在激烈的市场竞争中充分发挥优势，树立良好的企业形象，就需要在施工过程中全面完善施工安全管理体系，严格把控施工质量，以保障各项施工环节有序推进，从而使施工效果符合预期目标。^[8]通过开展安全培训与教育，企业能够展现对员工安全的重视，提升企业的社会形象和声誉。

6.促进员工个人发展：安全培训与教育不仅有助于增强员工的安全意识和技能，还能为员工提供职业发展的机会。企业通过开展安全培训与教育，能够选拔和培养具有高安全素养的员工，提高整体员工的综合素质。

7.推动企业技术创新：安全培训与教育可以促使员工思考如

何在施工过程中减少安全事故，从而激发员工技术创新的积极性。企业可以借助安全培训与教育，不断改进施工技术和管理措施，提高施工过程的安全性。

8.提高施工效率：安全培训与教育有助于员工更加熟练地掌握施工技能，提高施工效率。同时，减少安全事故的发生可以降低施工过程中的停工损失，提高企业的整体运营效率。

六、施工安全培训与教育的创新

1.利用现代科技手段增强培训效果：随着科技的发展，现代科技手段在施工安全培训与教育中的应用也越来越普及。例如，可以利用在线培训、虚拟现实、模拟仿真等技术，提高培训的真实感和效果。

2.注重个性化培训：每个人的学习习惯和特点都不同，因此，在施工安全培训与教育中，应该注重个性化培训，根据不同的学员制定个性化的培训计划，提高学员的学习兴趣和学习效果。

3.加强实践操作训练：在施工安全培训与教育中，应该加强实践操作训练，让学员通过实际操作，加深对施工安全的理解和认识，提高实际操作能力。

4.建立完善的考核体系：在施工安全培训与教育中，应该建立完善的考核体系，对学员的培训效果进行考核，以便对培训计划进行改进和优化，提高培训的效果。安全管理制度要落实责任制，即要明确责任，保证责任到人，分工清晰，提高施工安全性，避免不同部门负责人相互推诿责任。^[9]

5.引入企业实际情况：在施工安全培训与教育中，应该引入企业的实际情况，结合企业的实际情况制定培训计划，提高培训的针对性和实用性。

6.加强师资队伍建设：在施工安全培训与教育中，应该加强师资队伍建设，提高师资队伍的专业水平和教学能力，提高培训的质量。

7.注重安全文化建设：在施工安全培训与教育中，应该注重安全文化建设，通过安全文化建设，增强员工的安全意识，促进企业的安全生产。

七、施工安全培训与教育的发展趋势与建议

1.发展趋势

(1)注重个性化教育：针对不同工种、不同作业环境的施工人员，制定个性化的安全培训教育方案，增强培训效果。

(2)采用多种培训方式：结合传统培训方式与现代网络技术，如在线培训、虚拟现实（VR）培训等，提高培训的趣味性、互动性和有效性。

(3)强化实践操作训练：通过实际操作训练，使施工人员更好地掌握安全操作技能，增强安全意识。

(4)注重培训内容的实时性：根据国家法律法规、行业规范和施工现场实际需要，及时更新培训内容。

(5)加强培训师队伍建设：提高培训师的专业素质，加强对新技术、新工艺、新设备的安全培训。

2.建议

(1)建立健全施工安全培训与教育的制度体系：制定相关法律法规，明确责任主体，加强对施工安全培训与教育的监管。建筑施工单位要组织有关的专家，以最新的国家安全生产法律法规为依据，编制科学的安全生产制度体系，根据实际全面完善安全生产规章制度，运用精细化管理手段，将安全生产工作向科学化、管理推进，推动安全管理工作的不断发展，使安全工作做到有法可依，有法必依、执法必严、违法必究。^[10]

(2)加大投入，提高安全培训教育经费：保证安全培训教育的资金需求，提高施工企业对安全培训教育的重视程度。

(3)加强安全培训与教育的宣传普及：通过各种渠道，提高施工人员对安全培训与教育的认识和重视程度。

(4)创新安全培训与教育模式：结合现代科技手段，提高安全培训与教育的效果。

(5)加强安全培训与教育的监督考核：对施工企业的安全培训与教育工作进行定期检查和考核，确保安全培训与教育的有效实施。

八、结束语

施工安全培训和教育是一项至关重要的任务，能够有效减少事故发生的概率和减轻伤害的程度。通过对不同的方法进行研究和实践，我们可以更好地增强施工人员的安全意识和技能，从而提高整个建筑项目的质量和安全性。在未来的研究中，我们需要继续探索创新的方法和技术，以更好地满足施工安全培训和教育的要求。同时，我们还需要加强合作和交流，将不同行业和领域的经验和知识整合到一起，共同推动施工安全培训和教育的发展。最后，我深信，通过不断的努力和实践，我们可以进一步提高施工安全培训和教育水平，为建筑行业的发展作出更大的贡献。

参考文献

- [1]刘佳静. 土木工程施工工人安全知识智能推荐研究[D]. 华中科技大学, 2022. DOI:10.27157/d.cnki.ghzku.2022.006323.
- [2]官家勋. 建筑施工安全管理存在问题及对策分析[J]. 中华建设, 2022(04):30-31.
- [3]张远. 房屋建筑标准施工安全管理探析[J]. 大众标准化, 2022(15):165-167.
- [4]杨程钟. 建筑施工领域安全培训现状及对策分析[J]. 劳动保护, 2022(09):101-103.
- [5]郑迎杰, 张宝银. 建筑施工安全管理问题分析及对策[J]. 中国管理信息化, 2022, 25(15):135-138.
- [6]丁琪. 提升建筑施工现场安全管理水平的策略研究[J]. 房地产世界, 2022(14):146-148.
- [7]陈艺峰. 浅析优化工程监理确保施工安全的策略[J]. 散装水泥, 2021(06):20-22.
- [8]黄芳英. 浅析建筑工程施工安全管理中存在的问题及对策[J]. 房地产世界, 2022(11):92-94.
- [9]宋晓惠, 张永伟. 高层建筑施工安全管理措施分析[J]. 黑龙江科学, 2021, 12(22):142-143.
- [10]宁方原. 建筑施工安全管理工作中存在的问题及对策[J]. 四川水泥, 2022(01):35-36.

露天煤矿征用土地的合理利用与管理

于东雷，孙卓

北方魏家峁煤电有限责任公司，内蒙古 鄂尔多斯 010308

摘要： 本文研究露天煤矿征用土地的合理利用与管理问题。在分析我国露天煤矿发展的基础上，探讨了露天煤矿征用土地的现状与问题，并提出了相应的解决方案。文章指出，在露天煤矿征用土地的过程中，应该注重合理利用和管理，确保土地资源的可持续利用。为此，建议政府制定相关法律法规，加强土地管理和监管，促进露天煤矿产业的健康发展。

关键词： 露天煤矿；征用土地；合理利用；管理；可持续利用

Rational Utilization and Management of Expropriated Land for Surface Coal Mining

Yu Donglei, Sun Zhuo

North Weijiamao Coal & Power Co, Ltd, Inner Mongolia, Ordos 010308

Abstract： This paper studies the rational utilization and management of land requisition for surface coal mine. On the basis of analyzing the development of surface coal mine in China, it discusses the current situation and problems of land requisition for surface coal mine, and puts forward corresponding solutions. The article points out that in the process of land requisition for surface coal mine, it should pay attention to the rational utilization and management to ensure the sustainable use of land resources. To this end, it is suggested that the government should formulate relevant laws and regulations, strengthen land management and supervision, and promote the healthy development of the surface coal mining industry.

Key words： surface coal mine; land acquisition; rational utilization; management; sustainable utilization

引言：

随着我国经济的快速发展，煤炭产业在国民经济中的地位日益重要，露天煤矿的开采和利用也日益增多。在这个过程中，征用土地的问题愈发凸显，如何合理利用和管理征用土地成了一个亟待解决的问题。我国《土地管理法》规定，征用土地是指国家为了公共利益需要，依法对农民集体土地进行征用，并给予被征用者补偿。然而，在实际操作过程中，由于种种原因，如征用程序不规范、补偿标准不合理等，导致土地征用过程中出现诸多问题。如土地资源浪费、土地权益受损、生态环境破坏等。因此，研究露天煤矿征用土地的合理利用与管理，对于促进我国煤炭产业的健康发展，维护土地资源可持续利用，保障农民土地权益，促进社会和谐稳定具有重要意义。

一、我国关于露天煤矿征用土地的政策

1. 《中华人民共和国土地管理法》：该法规定，国家实行土地有偿使用制度。要求征用使用土地还需要办理土地预审批复，这样就需要提供立项文件、勘界报告、可研报告以及单位资质等通过国土管理部门申报批复将其他性质用地转为生产建设用地^[1]土地使用者应当依法支付土地使用权费用，国家应当保障土地使用者依法享有的土地使用权。露天煤矿征用土地属于土地使用权范畴，应当依法进行有偿征用。

2. 《中华人民共和国土地征收补偿条例》：该法规定，土地征

收应当给予被征收人补偿。补偿方式分为货币补偿、土地补偿和青苗补偿。具体补偿标准由省、自治区、直辖市制定，报国务院批准。露天煤矿征用土地应当给予被征收人相应的土地补偿。

3. 《矿山土地管理办法》：该办法规定，矿山企业应当保护土地资源，防止土地污染和破坏。矿山企业在征用土地时，应当依法支付土地使用权费用，并依法进行土地补偿。

4. 《中华人民共和国环境影响评价法》：该法规定，环境影响评价是评估建设项目对环境可能产生的影响，作出决策并采取防止环境污染和破坏的措施。露天煤矿征用土地的建设项目，应当进行环境影响评价，评估其对土地和环境的影响，并采取相应的

保护措施。

5.《关于调整和完善土地征收补偿标准的意见》：这份文件规定，调整和完善土地征收补偿标准，应当充分考虑被征收人的利益，保障其基本生活。此外，文件还要求各地应当根据实际情况，制定具体的身份补偿标准，报国务院批准。

二、征用土地的影响

1.环境影响：露天煤矿的开采会对周围的环境造成一定的影响，一些露天煤矿位于生态环境敏感区内，露天开采对生态环境破坏严重^[2]包括土地破坏、噪音污染、空气污染等。土地被征用后，原本的生态系统可能会受到影响，导致土地退化、生物多样性下降等问题。

2.社会影响：露天煤矿的征用可能会涉及土地资源的重新分配和利益调整，因此可能会对社会产生一定的影响。矿石开采与土地资源间的矛盾是影响矿山企业发展的主要矛盾，矿山开采之前的主要任务之一是通过土地征用获得矿区内土地开发使用权。^[3]例如，土地被征用后，原居民可能会面临住房、就业等方面的困难，同时也会影响到当地经济的发展。

3.经济影响：露天煤矿的开采需要投入大量的资金和技术，土地所有者对征地补偿费的诉求过高^[4]因此会带来一定的经济效益。但是，这种开发也会带来一些成本，例如土地征用、环境治理等方面的费用。此外，煤矿开采的过程也可能会影响到当地的旅游业、农业等方面的发展。

4.法律影响：露天煤矿的征用涉及土地利用法的适用、土地补偿标准等问题，因此需要遵守相关法律法规。如果处理不当，可能会导致法律纠纷和社会不安定。

三、露天煤矿征用土地的合理利用与管理

露天煤矿征用土地的合理利用策略

1.土地规划与评估：在开始露天煤矿征用土地之前，应进行详细的土地规划与评估。这包括对土地的用途、土壤质量、水资源、环境影响等因素进行评估，以便确定最适合的利用方式和管理措施。

2.土地征用与补偿：征地方式分为整村整社征地和非整村整社征地2种方式。^[5]在征用土地时，应该给予农民公平的补偿，以保障他们的合法权益。同时，应该制定完善的补偿标准，避免补偿不足或过度补偿的情况发生。

3.土地利用模式选择：针对不同的土地条件和煤矿需求，应该选择合适的土地利用模式，例如种植、养殖、开发等。在选择土地利用模式时，应该考虑到环境保护和经济效益的平衡。

4.土地保护与恢复：在煤矿开采过程中，应该采取必要的措施，以保护土地的生态环境。在矿区结束后，应该进行土地恢复和治理，以提高土地的质量和肥力。

5.土地管理信息化：应该建立完善的土地管理信息系统，对土地利用、补偿、保护等信息进行实时监控和管理。这可以提高

管理效率，避免土地资源的浪费和破坏。

6.法律法规建设：应该加强法律法规建设，制定完善的露天煤矿征用土地的管理办法和标准，以保障土地资源的合理利用和管理。

四、露天煤矿征用土地的管理体系

1.政策法规：建立和完善露天煤矿征用土地的政策法规体系，明确征用土地的程序、标准、补偿方式等。政策法规应符合国家法律法规的要求，同时要充分考虑地方实际情况，确保政策的合理性和可操作性。改革采矿临时用地审批机制。建议在不改变农村土地所有权性质的前提下，可直接确定以“临时合法用地”满足露天采矿用地需求。同时，批复后加强用地监管，确保企业按土地复垦方案和地质环境恢复治理方案完成复垦和治理工作。^[6]

2.规划管理：进行露天煤矿征用土地的规划管理，制定土地利用规划、年度计划和长远规划。规划应充分考虑煤矿企业的生产需求、土地资源利用现状、环境保护等因素，确保规划的科学性和合理性。技术上打破常规，生产中依然采取分区开采的开采程序，这样做固然降低了采煤工作线长度，增加了采场水平推进的需要，但凸显了征地工作的紧迫性，从而推动征地工作的开展。^[7]

3.土地征用：严格执行土地征用的程序，确保征用土地的合法性和合规性。土地征用过程中，要充分考虑土地的用途、权属、补偿标准等问题，保障农民的合法权益。

4.补偿机制：建立健全土地补偿机制，明确补偿的原则、标准、方式等。补偿机制应综合考虑土地的用途、权属、征用范围、农民的损失等因素，确保补偿的公正性和合理性。

5.土地利用：合理利用征用土地，推动煤矿企业的可持续发展。土地利用应注重生态环保、产业布局、基础设施等方面，提高土地资源的利用效率。

6.环境保护：加强露天煤矿征用土地的环境保护，确保环境安全和生态平衡。环境保护措施包括土地复耕、生态修复、污染治理等。

五、露天煤矿征用土地的生态补偿与保护

生态补偿与保护的政策措施

1.制定生态补偿政策：政府应制定相应的生态补偿政策，明确补偿的原则、标准、方式和程序，确保征用土地的生态补偿得到公平、合理的支付。政策制定过程中要充分考虑到不同地区的实际情况，确保政策的针对性和有效性。

2.加强生态监测与评估：对露天煤矿征用土地的生态影响进行定期监测和评估，及时发现和解决生态问题。通过监测，可以了解征用土地的具体状况，为制定和实施生态补偿政策提供科学依据。

3.生态恢复与治理：对被征用土地进行生态恢复和治理，恢复其生态功能。生态恢复和治理的方法可以包括植树造林、种草、水土保持、湿地建设等，以提高土地的生态质量，减少环境

污染和生态破坏。

4.加强环境污染治理：对露天煤矿的开采、运输和加工等环节产生的环境污染进行治理，防止污染物对土地、水源和大气环境的污染。政府应加强对污染企业的监管，确保其遵守环保法规，承担相应的环境治理责任。采用半连续、连续工艺可实现高效率、低成本。国产化轮斗连续工艺具有“绿色、安全、高效、智能、经济”等优点。^[8]

5.加强生态补偿的监督与检查：对生态补偿的执行情况进行监督与检查，确保补偿政策得到有效执行。对于违反补偿政策、未按标准支付补偿金或者擅自使用补偿金的单位或个人，要依法进行查处，确保补偿政策的公平性和有效性。应配合政府部门建立有效监管机制，对公司内部和矿区内农户进行有效的监督，以防止因利益问题而出现的公司内部或外部违法违规现象，影响公司生产用地正常使用。^[9]

6.引导企业环保责任：政府应加强对企业的环保宣传教育，提高企业对环保的认识和责任意识。鼓励企业采取先进、环保的开采技术和管理模式，减少对环境的破坏，实现可持续发展。

7.建立生态补偿的长效机制：通过立法手段，建立生态补偿的长效机制，确保补偿政策的稳定性和长期性。在政策制定过程中，要充分考虑到政策的可持续性，避免因政府政策调整而导致补偿政策的中断或削弱。

六、建议与政策建议

1.制定土地征用与补偿政策：政府应建立健全的土地征用与补偿制度，确保农民和居民在土地征用过程中的权益得到充分保障。在科学规划情况下，采矿用地的目的是为了开采出地下的矿产资源，采矿用地的使用期限由矿产资源的自身特点和采矿工艺决定。^[10]应根据不同地区和土地类型，合理确定征地补偿标准，并提高补偿方式的灵活性，使其更加符合实际情况。

2.推动矿山生态恢复与复垦：露天煤矿开采结束后，应强制实施矿山生态恢复与复垦计划，将废弃矿区转化为可持续利用的生态环境。政府可以提供相应的资金支持和税收优惠，以鼓励企业积极履行矿山复垦责任，并推动矿山生态恢复工作的开展。

3.加强环境监管与执法：建立健全的环境监测体系，加强对露天煤矿开采过程中的环境影响进行监测和评估。对违反环境保护法律法规的企业，应采取严厉的处罚措施，并加大执法力度，确保环境监管的有效执行。

七、结束语

本文旨在探讨露天煤矿征用土地的合理利用与管理，并提出政策与建议。露天煤矿作为煤炭开采的重要方式，对土地资源和环境造成了一定的影响。然而，通过科学合理的政策与建议，可以实现土地资源的可持续利用和环境保护的双赢局面。制定土地征用与补偿政策是保障农民和居民权益的重要举措。合理确定征地补偿标准，并提高补偿方式的灵活性，可以确保被征用土地的所有权益得到妥善处理。推动矿山生态恢复与复垦是将废弃矿区转化为可持续利用的生态环境的关键步骤。政府提供资金支持和税收优惠，促使企业履行矿山复垦责任，有助于恢复矿区的生态功能和生物多样性。加强环境监管与执法是保障煤矿开采过程中环境保护的重要手段。建立健全的环境监测体系，对污染物排放和环境影响进行监测和评估，同时对违反环境保护法律法规的企业采取严厉的处罚措施，确保环境监管的有效执行。推广绿色矿山建设和加强科技支撑与人才培养是实现煤矿征地合理利用的关键要素。通过引导企业采用先进的矿山开采技术和设备，减少对土地资源和环境的破坏；同时加大对环境保护和资源利用技术研发的支持力度，并培养专业人才，为煤矿征地的合理利用提供技术和人力支持。

参考文献

- [1] 云景明. 关于露天煤矿生产建设用地征地拆迁流程的探讨 [J]. 西部资源, 2018(05):115-116+118.DOI:10.16631/j.cnki.cn15-1331/p.2018.05.142.
- [2] 赵浩. 露天煤矿高质量发展形势分析与对策措施 [J]. 煤矿安全, 2022, 53(07):251-256.DOI:10.13347/j.cnki.mkaq.2022.07.040.
- [3] 张亮, 马力, 钮景付等. 征地制约影响下露天矿运煤系统方案研究 [C] // 中国煤炭学会. 第十届全国煤炭工业生产一线青年技术创新文集. 煤炭工业出版社, 2016:7.
- [4] 韩占占, 许晨. 缓解征地问题对哈尔乌素露天煤矿生产影响的措施 [J]. 露天采矿技术, 2014(03):13-17+20.DOI:10.13235/j.cnki.ltcn.2014.03.005.
- [5] 郑开慧, 张永贵, 刘宏宇等. 基于整村整社征地方式的露天煤矿外排土场征地费用研究 [J]. 露天采矿技术, 2019, 34(01):72-75+80.DOI:10.13235/j.cnki.ltcn.2019.01.018.
- [6] 贺爱平. XY煤矿公司生产用地问题与对策研究 [D]. 西安石油大学, 2021.DOI:10.27400/d.cnki.gxasc.2021.000108.
- [7] 张洪. 我国露天煤矿发展现状与前景探析 [J]. 中国煤炭工业, 2022(09):78-79.
- [8] 杜雪明, 郭琳琳. 关于完善露天采矿临时用地制度的思考 [J]. 中国矿业, 2021, 30(S1):54-55+64.
- [9] 贺爱平. XY煤矿公司生产用地问题与对策研究 [D]. 西安石油大学, 2021.DOI:10.27400/d.cnki.gxasc.2021.000108.
- [10] 殷海善, 白中科. 露天煤矿临时用地特征与政策建议 [J]. 资源与产业, 2017, 19(02):43-47.DOI:10.13776/j.cnki.resourcesindustries.20170323.011.

浅谈监理在施工阶段的造价控制

王翔

西安通途项目管理咨询有限公司，陕西 西安 710100

摘要：随着中国经济的快速发展和城市化进程的加速，工程建设行业正经历着前所未有的繁荣。在这一背景下，监理作为工程建设中不可或缺的一环，其作用日益凸显。而在整个工程建设过程中，施工阶段的造价控制是监理的核心职责之一。有效的造价控制不仅能确保项目的经济效益，还能提高工程的质量和进度。本文基于此，分析了监理在施工阶段造价控制的策略，并探究了提高监理在造价控制中效能的策略，以期提升监理造价控制效能。

关键词：监理；施工阶段；造价控制；效能提升

Discussion on the Cost Control of Supervision in the Construction Stage

Wang Xiang

Xi'an Tongtu Project Management Consulting Co., Ltd, Shaanxi, Xi'an 710100

Abstract： With the rapid development of China's economy and the acceleration of urbanization, the engineering construction industry is experiencing unprecedented prosperity. Under this background, the role of supervision as an indispensable part of engineering construction is becoming more and more prominent. In the whole process of engineering construction, cost control in the construction stage is one of the core responsibilities of supervision. Effective cost control can not only ensure the economic benefits of the project, but also improve the quality and progress of the project. Based on this, this paper analyzes the strategy of cost control of supervision in the construction stage, and explores the strategy of improving the effectiveness of supervision in cost control, with a view to enhancing the effectiveness of supervision in cost control.

Key words： supervision; construction stage; cost control; efficiency enhancement

引言

随着建筑行业的快速发展，项目的规模和复杂性日益增大，造价控制成为确保项目经济效益的关键因素。监理作为保障工程建设顺利进行的重要角色，其在施工阶段的造价控制职能对于工程项目的成本控制至关重要。在施工阶段，监理不仅负责监控工程质量与进度，更要通过有效的管理手段，确保工程造价不超出预算，保障建设方的利益。然而，在实际工作中，监理在执行造价控制过程中遇到了多方面的挑战，如合同的履行、成本的变动、市场价格波动以及参建各方利益的协调等。因此，探究建立在施工阶段的造价控制是很有必要的。

一、施工阶段造价控制的重要性

（一）控制施工成本

施工阶段的造价控制首先表现在对施工成本的直接控制。通过对施工过程中的各项费用进行合理规划和管理，可以有效地减少不必要的浪费，从而降低整个项目的成本。这种成本控制不仅有助于提高企业的盈利能力，还能确保项目的经济效益。

（二）提升经济效益

通过对施工阶段的造价进行精细化管理和控制，能够提高项目的经济效益。合理的造价控制能够使企业在确保项目质量和进度的前提下，尽可能地减少资金的投入，从而实现经济效益的最

大化。

（三）维护项目质量与工期

合理的造价控制并不会以牺牲项目的质量或工期为代价。相反，通过合理的资源配置和资金管理，可以确保项目的质量和工期得到有效维护。在施工阶段进行严格的造价控制，可以避免因资金短缺或管理不善导致的质量问题或工期延误。

（四）优化资源配置

造价控制的核心是资源的合理配置。通过对人力、物力、财力等资源进行科学的规划和分配，可以确保项目的顺利进行。优化资源配置不仅可以提高资源的利用效率，还能降低不必要的浪费，进一步增强企业的经济效益和市场竞争能力。

二、监理在施工阶段造价控制的策略

（一）工程量清单的审核与控制

1.工程量清单的审核

工程量清单是施工阶段造价控制的基础，其准确性直接影响到整个项目的投资效益^[1]。因此，监理应严格对工程量清单进行审核。审核的内容应包括：工程量清单的完整性、准确性以及规范性。首先，监理应对照设计图纸、施工要求等相关资料，全面审核工程量清单中的项目特征、工作内容是否完整，确保无遗漏项，为后续的施工和结算奠定基础^[2]。其次，监理应通过实地勘察、测量以及查阅相关资料等方法，核实工程量清单中的工程量是否准确。对于存在疑问的部分，应要求编制单位进行复核和修正。此外，监理应审核工程量清单的编制是否符合国家相关法律法规、行业标准和规范的要求。例如，计量单位、项目编码、项目名称等是否规范，以确保工程量清单的可操作性。

2.工程量清单的控制

在施工阶段，监理应对工程量清单进行有效控制，以减少不必要的变更和损失。要加强与设计单位的沟通，尽量减少设计变更的数量^[3]。对于必要的变更，应按照规定程序进行审批，并对工程量清单进行调整，以确保其与实际情况的一致性。要强化对施工现场的管理，要求施工单位按照设计要求和工程量清单进行施工。对于违反规定的行为，应及时制止并要求整改，以防止出现不必要的损失。同时，在施工过程中，监理应根据实际情况对工程量清单进行动态调整，对于已完成的工程量，应及时核实并记录，以便在结算时进行准确地计算和处理。此外，应建立健全的签证制度，对施工过程中出现的额外工程量进行严格的核实和记录。同时，应规范签证程序，要求施工单位按照规定流程进行申报和处理^[4,5,6]。

（二）施工过程的成本审查

在施工阶段，造价控制是监理的重要职责之一。成本审查作为监理进行造价控制的重要手段之一，对于确保项目的投资效益和工程的顺利进行具有重要意义。

1.施工过程中成本审查的内容

表1：施工过程中成本审查的内容

成本审查内容	具体内容
人工成本审查	对施工过程中的人工费用进行审查，包括人工单价、工时记录、加班记录等，确保其合理性和准确性。同时，应审查施工人员的技能水平和生产效率，以提高人工成本的效益。
材料成本审查	对施工过程中使用的材料费用进行审查，包括材料采购、运输、保管等费用。应审查材料的采购计划、采购合同、进场检验等环节，确保材料的质量和数量的准确性。同时，应审查材料的消耗量和浪费情况，采取相应的措施进行控制。
机械成本审查	对施工过程中使用的机械设备费用进行审查，包括机械租赁、维护、保养等费用。应审查机械设备的台班记录、维修记录等，确保其使用效率和维修保养的及时性。
间接费用审查	对施工过程中发生的间接费用进行审查，包括管理费、水电费、税费等。应审查各项费用的开支合理性和真实性，防止出现浪费和虚假开支的情况。
变更和索赔审查	对施工过程中发生的变更和索赔事件进行审查，包括变更审批、索赔依据等。应审查变更和索赔的合理性和合法性，确保其不会对项目的投资效益造成不良影响。

2.施工过程成本审查的程序

在施工过程中进行成本审查时，首先要根据施工进度和实际情况，制定详细的成本审查计划，明确审查范围、时间、方法等。然后需收集相关的成本记录、账目、凭证等资料，并对其进行分析和整理。资料收集完成后要对施工现场进行实地调查，了解施工进度、质量等情况，并与相关人员进行沟通交流。然后，根据收集的资料和实地调查的情况，对施工过程中的成本进行审查和分析，找出问题点和优化空间。基于审查分析结果，出具详细的成本审查报告，提出改进意见和建议，为决策提供依据。最后，再对提出的问题和进行跟踪监督，确保整改措施的落实和执行^[7]。

（三）材料采购和使用的监督

在材料使用过程中，监理应推行限额领料制度，根据施工进度和实际情况，核定材料的领用量，并严格按照核定的数量进行发放。并做好材料发放记录的管理，防止出现浪费和盗窃的情况^[8]。其次，监理应对材料的使用进行监督，包括材料的保管、使用情况等方面。应确保施工单位按照施工规范 and 设计要求使用材料，防止出现浪费、不当使用、损坏或者丢失的情况。同时，监理应跟踪材料的消耗情况，及时发现异常消耗和浪费现象。并分析材料消耗的原因和规律，提出相应的改进措施和控制方法，以降低材料的消耗量，从而达到节约投资的目的。此外，定期的盘点清查也是有必要的，要确保实际库存与账目相符。通过清查发现的问题应及时处理，防止出现材料丢失或账目混乱的情况。

（四）加强施工进度的监管

在施工阶段，施工进度的监管与造价控制有着密切的关联。通过有效的施工进度监管，可以确保工程按计划进行，避免因工期延误或赶工而产生的额外成本，从而达到节约投资、提高经济效益的目的。因此，监理应重视施工进度的监管，并将其与造价控制相结合，实现项目的顺利完成^[9,10]。具体来讲，监理应与施工单位、建设单位等各方密切配合，根据工程规模、特点、资源条件等因素，制定科学、合理的施工进度计划。计划应明确各阶段的起止时间、关键节点、资源需求等，以确保施工按计划进行。其次，监理应实施动态监控，对施工进度进行实时跟踪和记录。通过与计划进度的对比分析，及时发现偏差和问题，并采取相应的措施进行调整和纠偏。可以定期召开进度会议，对施工进度进行评估和总结。同时，监理人员应强化施工单位内部各部门之间以及施工单位与建设单位、设计单位之间的协调与沟通，确保信息传递的及时性和准确性，解决施工过程中出现的各种问题和矛盾，保证施工进度的顺利进行。此外，应关注施工过程中可能出现的风险因素，并采取相应的措施进行预防和控制。对于无法避免的风险因素，应制定应急预案，降低因风险导致的额外成本和损失。

（五）变更与索赔的处理与控制

1.变更的处理与控制

在处理工程中的变更时，监理应首先对变更的原因进行分析，明确是设计变更还是施工条件变化等因素引起的。并评估变更对工程进度和造价的影响程度。然后，需对变更申请进行严格的审核，确认其合理性和必要性^[11]。对于不必要的变更，应予以驳回；对于必要的变更，应按程序进行审批，并调整相应的工程

量和造价。同时，应对变更实施的过程进行监督，确保施工单位按照审批的变更内容进行施工，防止出现私自调整或未经批准的变更^[12]。在变更完成后，监理还应应对变更实施后的效果进行跟踪评估，检查其对工程进度和造价的影响是否与预期相符，并及时总结经验教训，为今后的工作提供参考。

2. 索赔的处理与控制

一旦发生索赔事件，监理应迅速组织对事实进行调查，收集相关证据材料，了解索赔的原因、经过和责任归属。同时，然后，对施工合同进行深入分析，明确合同中关于索赔的条款和约定，对于合同中未明确的情形，应根据行业惯例和法律法规进行判断和处理。在此过程中，监理人员应遵循公正、公平的原则处理索赔事件。在事实调查和合同分析的基础上，对索赔的合理性进行评估，并提出相应的处理意见。可以召集相关方进行谈判协商，寻求双方都能接受的解决方案。在谈判过程中，应保持冷静、理性，并遵循法律法规和合同约定。对于无法通过谈判协商解决的索赔事件，监理应根据合同约定选择仲裁或诉讼方式解决。在处理过程中，应维护业主和施工单位的合法权益，确保公正、公平的结果^[13]。

三、提高监理在造价控制中效能的策略

（一）提高监理人员的专业素质与经验

监理单位应定期组织专业技能和知识的培训，使监理人员及时掌握最新的行业动态和技术知识，通过培训，可以提高监理人员的专业素质，增强他们的实践能力^[14]。要鼓励监理人员之间进行经验交流，分享各自在工作中积累的经验和教训，通过交流，可以促进知识的共享，提高团队的整体素质。优秀人才的加入可以提升监理团队的整体实力，提高工作效率，也要积极选拔具备专业知识和丰富经验的优秀人才，加入监理队伍中。

（二）完善监理工作流程与管理制度

在监理的过程中，要制定详细的工作流程，明确每个阶段的

任务、责任和时间节点，以提高工作效率，减少重复和不必要的环节，促使监理工作有序进行。要对工程量清单、预算、结算等关键环节建立严格的审核制度，确保数据的准确性和可靠性，提高造价控制的精度。也要对监理人员的工作绩效进行定期考核，并根据考核结果进行奖惩，激励监理人员更加认真地履行职责，提高工作积极性。

（三）强化监理的权威性和独立性

监理人员应该是权威的、公正的、独立的，所以，在合同和制度上明确监理在造价控制方面的权利和职责，确保监理能够独立、公正地行使职权。并赋予监理对施工方和其他相关方的直接监督权和处罚权。其次，监理应与业主、设计方、施工方等各方保持密切的沟通与协调，确保信息畅通，如此才能提高工作效率，减少误解和纠纷。监理人员也应加强职业道德教育，强化职业操守和责任心

（四）采用信息化手段提升造价控制的精确性和效率

要引入先进的信息化管理系统，实现信息共享、实时监控和管理。通过管理系统，可以快速获取和处理数据，提高工作效率和精确性^[15]。要利用大数据和人工智能技术对历史数据进行分析，预测未来趋势，为决策提供有力支持。也应建立完善的信息安全管理制度，确保数据的安全性和保密性。采取必要的技术和管理措施，防止信息泄露和被非法获取。

四、结语

施工阶段的造价控制是确保工程项目经济效益的关键环节，监理作为这一阶段的重要管理者，承担着监控和指导的职责。有效的造价控制不仅需要监理遵循相关的法律法规和专业标准，同时还要求具备专业的审计技术和沟通协调能力。展望未来，随着建筑行业的不断进步和管理理念的更新，监理在工程造价控制方面将扮演更加重要的角色，为建设项目的成功和建设方的利益提供更加坚实的保障。

参考文献

- [1] 周小娟. 监理在施工阶段的造价控制 [J]. 知识经济, 2014, (12): 104.
- [2] 杨建英. 浅谈监理在施工阶段的造价控制 [J]. 建设监理, 2021, (12): 53-55.
- [3] 许慧. 谈如何做好各项监理工作 [J]. 山西建筑, 2018, 44(36): 189-190.
- [4] 赵睿哲. 工程施工监理的造价管理 [J]. 有色冶金设计与研究, 2020, 41(S1): 39-40.
- [5] 谭准. 公路工程监理对工程造价监控方面研究 [J]. 建材与装饰, 2020, (08): 259-260.
- [6] 王晓明, 龚立新. 浅谈工程项目造价控制 [J]. 河南建材, 2014, (05): 30-31.
- [7] 张新敏. 试析监理人员对建设工程施工阶段的造价控制 [J]. 建材与装饰, 2017, (26): 169-170.
- [8] 李荣鑫, 郑小龙. 工程监理在施工阶段工程造价动态控制研究 [J]. 工程质量, 2012, 30(09): 47-51.
- [9] 凌敏. 浅谈建筑工程项目造价的全过程动态控制 [J]. 房地产世界, 2020, (19): 15-16.
- [10] 于露. 监理在施工阶段的造价控制研究 [J]. 江苏科技信息, 2017, (16): 20-22.
- [11] 高翔. 施工监理的造价控制现状分析 [J]. 建设监理, 2018, (02): 36-38.
- [12] 王玮. 工程监理在工程造价控制领域的价值分析 [J]. 房地产世界, 2021, (01): 61-63.
- [13] 郭亮. 探究水利工程施工项目造价管理与控制 [J]. 金融经济, 2014, (18): 168-170.
- [14] 王海阳. 探究建筑工程监理的作用与控制措施 [J]. 居舍, 2018, (11): 137.
- [15] 饶强. 工程建设施工阶段监理及控制分析 [J]. 江西建材, 2013, (06): 339-340.

装配式预应力锚索框架梁内力计算方法浅析

杜长虹, 李灵君, 赵丹

天水师范学院, 甘肃 天水 741000

摘 要 : 由于地基反力曲线不同、梁变形考虑因素不同, 使得弹性地基上郭氏表法解得装配式预应力锚索框架梁内力不如弹性地基上铁木辛柯梁理论解法及弹性地基上有限元法精确。本文建议采用弹性地基上铁木辛柯梁理论解法及弹性地基上有限元法来求解装配式预应力锚索框架梁内力。比较装配式预应力锚索框架梁内力计算结果表明: 框架梁最大弯矩和最大剪力随着梁长的增加而增大。本文结论对装配式预应力锚索框架梁内力计算起指导作用, 为装配式结构推广出一份力。

关 键 词 : 装配式框架梁; 内力; 计算方法

Analysis of the Internal Force Calculation Method of the Prefabricated Prestressed Anchor Cable Frame Beam

Du Changhong, Li Lingjun, Zhao Dan

Tianshui Normal University, Tianshui, Gansu 741000

Abstract : Due to the different reaction curves of the foundation and the different factors considered for beam deformation, the Guo' s table method for solving the internal forces of prefabricated prestressed anchor frame beams on elastic foundations is not as accurate as the theoretical solution of Timoshenko beams on elastic foundations and the finite element method on elastic foundations. This article suggests using the Timoshenko beam theory solution on elastic foundation and the finite element method on elastic foundation to solve the internal forces of prefabricated prestressed anchor frame beams. The comparison of the internal force calculation results of prefabricated prestressed anchor frame beams shows that the maximum bending moment and maximum shear force of the frame beam increase with the increase of beam length. The conclusion of this article provides guidance for the calculation of internal forces in prefabricated prestressed anchor frame beams, and provides a force for the promotion of prefabricated structures.

Key words : assembled frame beam; internal force; calculation method

引言;

装配式预应力锚索框架结构起源于日本, 20世纪90年代起, 预应力锚索框架梁支护结构开始广泛应用于边坡加固中。张勇等^[1]研究了500 kN级预制高强混凝土锚墩的三种结构形式, 针对同等锚固力的日本PC桁格梁进行了结构优化, 并通过室内试验分析验证结构性能。刘华^[2]通过FLAC3D软件对预制梁锚索体系和边坡之间的相互作用进行数值模拟, 并对预制梁进行了初步设计。王全成^[3]通过有限元模拟及室内试验对比研究, 探索构件的受力机制、变形及裂缝的发展过程, 论证使用ANSYS软件设计预应力混凝土构件的可行性。李新华等^[4]对泰安某岩质边坡护坡工程部分采用了十字形预制梁和预应力锚索锚固体系。总之, 目前国内装配式预应力锚索梁的设计研究取得的成果较少, 没有具体分析锚索框架梁的内力计算方法。本文通过对比弹性地基上预应力锚索框架梁的三种内力计算方法, 弹性地基上郭氏表法、弹性地基上铁木辛柯梁理论解^[5-6]、弹性地基上有限元法, 得出每种方法的适用情况, 为预应力锚索框架梁选择内力计算方法提供依据。

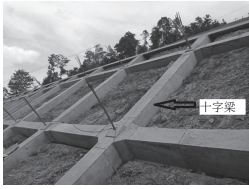
一、预制梁内力计算方法

装配式预应力锚索框架结构的预制梁通常为部分预应力的十

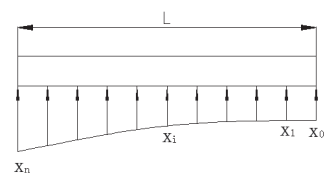
字梁或一字梁(图1), 通过预制十字梁或一字梁中间的直线形预应力钢束对预制梁施加压力作用于边坡, 保证边坡稳定, 同时在预制梁梁端施加预应力附加弯矩, 提高预制梁的抗弯刚度和抗裂

* 作者简介: 杜长虹(1979.10), 女, 蒙古族, 内蒙古呼伦贝尔盟人, 甘肃省天水市天水师范学院, 硕士研究生, 副教授, 研究方向: 结构工程。

基金项目: 甘肃省教育厅创新基金项目“装配式预应力锚索框架结构在西北黄土边坡加固中应用研究”(2022B-165); 校级科研项目“装配化桩板式路基抗震稳定性研究”(CYZ2020-02); 校级科研项目“BIM技术在装配式建筑中的应用”(CXT2019-41); 甘肃省教育厅2021年度高等学校创新基金项目(2021B-202)。



> 图1 锚索框架梁



> 图2 郭氏法地基反力分布图

性能。此预制梁内力计算的准确度，与地基反力的分布方式和梁本身的变形情况有关。

（一）弹性地基上郭氏表法^[7]

此法视地基为弹性半无限体，梁变形计算中仅考虑弯曲变形，地基反力按幂级数规律分布，分段数 $n=20$ ，展开是如下，分布图如图2。

$$X_i = \alpha_0 + \alpha_1 \xi + \alpha_2 \xi^2 + \dots + \alpha_{10} \xi^{10} \quad (1)$$

根据梁的静力平衡条件以及梁和地基的变形连续条件，如下式，求出幂级数中待定常数，从而求得基地反力分布和预制梁内力。

$$\sum_{i=1}^n \delta_{ki} X_i - Y_0 - \alpha_k \varphi_0 + \Delta_{kp} = 0, \text{式中 } k=1, 2, \dots, n \quad (2)$$

$$\sum_{k=1}^n X_k - \sum_{k=1}^n P_k = 0 \quad (3)$$

$$\sum_{k=1}^n \alpha_k X_k - \sum_{k=1}^n \alpha_k P_k = 0 \quad (4)$$

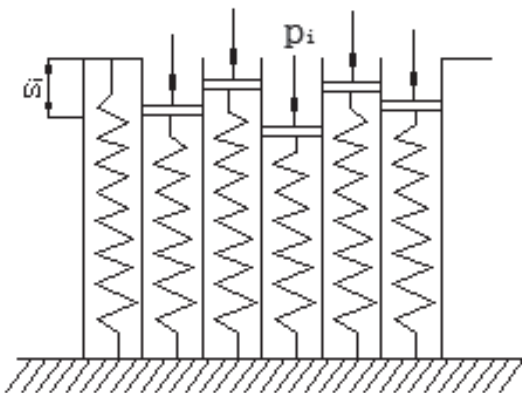
式中， δ_{ki} 、 Δ_{kp} 表示方程式系数及自由项； X_i 表示待求点地基反力； Y_0 、 φ_0 、表示垂直位移及转角； α_k 表示 k 点至梁端距离； P_k 为梁上等等效荷载。

（二）弹性地基上铁木辛柯梁理论解

此法视地基为文克尔地基，梁内力计算考虑梁弯曲变形和剪切变形^[8]。

文克尔地基模型假定地基土表面上任一点处的变形，与该点所承受的压力强度成正比，而与其他点上的压力无关^[9]。文克尔地基模型如图3。

铁木辛柯梁理论两个假设为：①变形前垂直梁中心线的平截面，变形后仍为平面；②考虑剪切变形将引起梁的挠度，会使原来垂直中心面的截面变形后不再垂直，发生翘曲。根据梁的翘曲



> 图3 文克尔地基模型示意图

应与地基变形相协调，推导出梁的控制微分方程如下，解此方程可求得梁内力和地基反力。

$$D \frac{d^4 \omega}{dx^4} - \frac{k_s D}{C} \frac{d^2 \omega}{dx^2} + k_s \omega = q - \frac{D}{C} \frac{d^2 q}{dx^2} \quad (5)$$

式中， D 为梁体抗弯刚度； ω 为梁体位移； x 为沿梁纵向轴线的长度坐标； k_s 为地基系数； C 为梁体抗剪刚度； q 为梁上荷载。

（三）弹性地基上有限元法

此法视地基为文克尔地基，梁内力计算采用梁和地基支撑刚度统一计算的有限元法。

根据预制梁受力与变形之间的关系，进而求解预制梁的内力。受力与变形之间的关系，通过单元刚度矩阵建立，单元刚度矩阵如下。

$$[K]_e = \frac{2E_h J}{L^3} \begin{bmatrix} \gamma_1 & L\beta_1 & -\gamma_2 & L\beta_2 \\ L\beta_1 & L^2\alpha_1 & -L\beta_2 & L^2\alpha_2 \\ -\gamma_2 & -L\beta_2 & \gamma_1 & -L\beta_1 \\ L\beta_2 & L^2\alpha_2 & -L\beta_1 & L^2\alpha_1 \end{bmatrix} \quad \text{对 称}$$

$$\text{式中, } \alpha_1 = \frac{ch\lambda sh\lambda - \cos\lambda \sin\lambda}{sh^2\lambda - \sin^2\lambda} \cdot \lambda, \alpha_2 = \frac{ch\lambda \sin\lambda - sh\lambda \cos\lambda}{sh^2\lambda - \sin^2\lambda} \cdot \lambda$$

$$\beta_1 = \frac{ch^2\lambda - \cos^2\lambda}{sh^2\lambda - \sin^2\lambda} \cdot \lambda^2, \beta_2 = \frac{2sh\lambda \sin\lambda}{sh^2\lambda - \sin^2\lambda} \cdot \lambda^2$$

$$\gamma_1 = 2(\alpha_1\beta_1 - \alpha_2\beta_2), \gamma_2 = 2(\alpha_1\beta_2 - \alpha_2\beta_1)$$

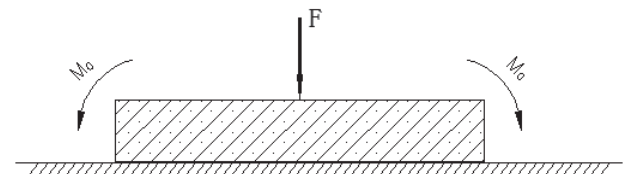
$$\lambda = \frac{L}{S} = L \cdot \sqrt{\frac{K}{4E_h J}}, \text{ } L \text{ 为梁长, } K \text{ 为地基系数, } E_h \text{ 为梁的弹性}$$

模量， J 为梁的惯性矩。

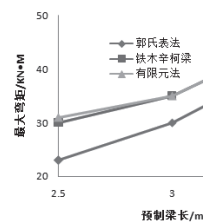
二、分析实例

装配式预应力锚索框架梁十字梁、一字梁，都可以简化为弹性地基上一字梁，梁中间作用有集中的锚固力，梁预应力简化为两个集中力偶作用在梁两端^[10]。计算简图如图4。

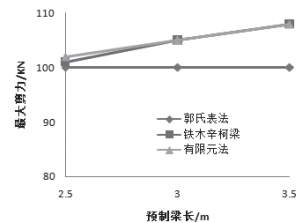
某装配式预制梁，锚固力一定为200kN，预应力梁产生的两端弯矩 $M_0=35\text{kN}\cdot\text{m}$ ，地基系数一定为 $300\text{MN}/\text{m}^3$ ，弹性模量为



> 图4 预制梁简图



> 图5 不同计算方法解得预制梁最大弯矩



> 图6 不同计算方法解得预制梁最大剪力

7000MPa，梁长分别为2.5m、3.0m、3.5m，用弹性地基上郭氏表法、铁木辛柯梁理论解法、有限元法，求解预制梁最大弯矩如图5和最大剪力如图6。由图5、图6可知预制梁最大弯矩和最大剪力随着梁长的增加而增大。

根据三种方法解得的预制梁最大弯矩图5、最大剪力图6可知，弹性地基上郭氏表法求得的内力比弹性地基上铁木辛柯理论解法和弹性地基上有限元法低，随着预制梁长的增大而减小。因为预制梁所受的地基反力不仅与地基土的特性有关而且还与预制梁的对地基土施加的力和预制梁的变形有关，具体分析如下：

一是，郭氏法用单一地基反力曲线拟合不同荷载作用下弹性地基反力分布，与地基反力的实际分布有一定差距。铁木辛柯梁理论解法和有限元法，采用文克尔地基模型，考虑地基上每一点的压应力与变形之间关系，是一种分段逼近拟合地基反力的计算方法，与地基反力的实际分布相接近。

二是，郭氏法预制梁的变形只考虑弯曲变形，比梁的实际变形小，梁长越短相差越多。铁木辛柯梁同时考虑弯曲变形和剪切变形，与梁实际变形更接近。有限元法考虑了梁的弯曲变形、剪切变形、轴向变形，与梁实际变形最接近。

因此，建议应用弹性地基上铁木辛柯梁理论解法或弹性地基上有限元法求解装配式预应力锚索框架梁内力。

三、结论

（1）装配式预应力锚索框架梁用弹性地基上郭氏表法解得的内力存在误差，建议应用弹性地基上铁木辛柯梁理论解法或弹性地基上有限元法求解。

（2）装配式预应力锚索框架梁最大弯矩、最大剪力都会随着梁长的增加而增大。

参考文献：

[1]张勇,王全成,杨栋,等. 500kN级预制高强混凝土锚墩产品研究与工程应用[C]//中国地质学会工程地质专业委员会. 2015年全国工程地质学术年会论文集. 北京:《工程地质学报》编辑部,2015: 5.

[2]刘华. 预制混凝土锚固体系的设计方法研究[D]. 成都:西南交通大学,2015.

[3]王全成. 预制高强预应力混凝土格构试验与数值模拟研究[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2012,39(12): 36-39.

[4]李新华,王涛. 泰安某岩质高边坡综合治理与坡面绿化设计方案探讨[J]. 工程建设与设计,2014(11): 60-62,66.

[5]YIN J H. Closed-form Solution for Reinforced Timoshenko Beam on Elastic Foundation[J]. Journal of Engineering Mechanics,2000,126(8): 868-874.

[6]YIN J H. Comparative Modeling Study of Reinforced Beam on Elastic Foundation[J]. Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering,2000,126(3): 265-271.

[7]廖理扬. 弹性地基梁两种内力计算方法比较[J]. 武汉水利电力大学学报,1997,30(2): 45-48.

[8]魏少伟等. 基于铁木辛柯梁理论解的装配式预应力锚索框架梁受力特征分析[J]. 铁道建筑,2021,61(11): 78-81.

[9]周景星等. 基础工程[D]. 北京:清华大学出版社,2015.

[10]华东水利学院. 水工设计手册(Ⅰ)基础理论. 北京:水利电力出版社,1983.

机械加工中金属材料的腐蚀与防护方法探究

梁元军

南京电子技术研究所, 江苏 南京 210039

摘 要： 为更好地提升机械加工中金属材料的应用质量，要落实更加规范的防腐蚀控制方案，建立健全稳定科学的管理模式，从根本上避免腐蚀隐患问题留存造成的影响，维系机械加工中金属材料的综合应用效能。本文简要分析了机械加工中金属材料腐蚀的机理，并对金属材料的腐蚀防护展开了详细讨论。

关 键 词： 机械加工；金属材料；腐蚀；机理；防护方法

Research on Corrosion Issues and Protection Methods of Metal Materials in Mechanical Processing

Liang Yuanjun

Nanjing Research Institute of Electronics Technology, Nanjing, Jiangsu 210039

Abstract： In order to better improve the application quality of metal materials in mechanical processing, it is necessary to implement more standardized anti-corrosion control plans, establish a sound and stable scientific management mode, fundamentally avoid the impact of residual corrosion hazards, and maintain the comprehensive application efficiency of metal materials in mechanical processing. This article briefly analyzes the mechanism of metal materials corrosion in mechanical processing and provides a detailed discussion on the protection and prevention of corrosion issues.

Key words： mechanical processing; metal materials ; corrosion ; mechanism; protection methods

随着制造行业的发展进步，金属材料的应用范围和应用量也在扩大。而材料的腐蚀与防护水平是国家文明和繁荣程度的反映，腐蚀与防护安全不仅关系到设备的环境适应性，更是设备安全性和可靠性的保障。为更好地发挥金属材料的应用价值，应着重控制材料和设备的腐蚀，开展合理的防腐作业，延长材料和设备使用寿命，为行业经济效益的优化提供保障。而机械加工是材料加工中的先行工序和重要内容，如何确保加工中零件的抗腐蚀能力不会下降是材料应用中的重要课题。

一、机械加工中金属材料腐蚀机理

机械加工中金属材料的腐蚀，从机理上分析，分为化学腐蚀和电化学腐蚀，如表1所示。

表1 金属腐蚀机理

种类	化学腐蚀	电化学腐蚀
原理	金属和其他物质直接接触发生氧化还原反应引发腐蚀	不纯金属或合金发生原电池反应，使得较活泼金属失电子被氧化引起腐蚀
区别	直接发生氧化还原反应	发生原电池反应
	腐蚀过程无电流产生	有电流产生
	金属被腐蚀	较活泼金属被腐蚀

化学腐蚀和电化学腐蚀往往同时发生，但是电化学腐蚀问题更加普遍，且对应的腐蚀速率更快。从腐蚀形态上又可分为均匀腐蚀/全面腐蚀、电偶腐蚀/接触腐蚀、点腐蚀、晶间腐蚀、缝隙腐蚀生物和微生物腐蚀、应力腐蚀断裂和磨蚀等。碳钢和锌合金常发生均匀腐蚀、硬铝和黄铜常发生晶间腐蚀、不锈钢常发生点

腐蚀。在机械加工中，加工环境和加工辅料也会对材料的腐蚀产生严重影响，如相对湿度、温度、降尘，细菌、真菌等微生物环境，冷却剂、清洗剂、润滑油等加工辅料。

因此，在明确具体腐蚀机理和腐蚀影响因素的基础上，就能结合实际情况落实相应的控制方案，从根本上避免安全隐患问题留存对后续作业产生的影响，更好地提升机械加工综合控制的实效性^[1]。

二、机械加工中金属材料腐蚀的防护措施

为更好地提高机械加工中金属材料的应用效能，要针对腐蚀问题落实更加可控的防护处理机制，搭建完整的控制模式，以保证综合作业的稳定性和安全性，从加工方法、制造工艺、加工工艺路线、存储等环节维持防护效能，减少材料腐蚀造成的经济损失。

（一）切削加工腐蚀防护措施

对于机械加工作业而言，若是环境的湿度较大，则金属材料

发生腐蚀的概率也会增加，为更好地减少腐蚀问题，就要着重控制环境的具体情况，更好地隔离湿润空气，从而实现综合化管理效果。但是，在实际生活中难以完全隔离，为此，可以在切削加工作业中对保护机制进行升级，搭建更加稳定且合理的保护控制模式^[2]。基于此，将切削加工中常用的防护措施介绍如下。

首先，应制定合理的制造工艺和安排合理的工艺路线，确保零件的抗腐蚀能力不会下降并使涂镀层的破坏降至最低。如铸件先进行涂覆底漆进行封孔，再进行机械加工，可有效避免微孔内的机加工辅料残留，减轻腐蚀隐患并便于后续涂料涂覆。

其次，合理选用加工辅料。在切削加工中存在较为明显的扰动问题，使得保护层结构质量受损，此时，可合理添加冷却润滑液，配合缓蚀剂就能更好地维系整体作业的稳定性，在产生致密钝化膜的基础上，更好地调控金属的应用状态，保证金属材料防腐效果符合预期要求^[3]。保证切削液、冷却液、润滑剂、清洗液等对金属应无腐蚀性，选择含硫或氯切削油加工有色金属后应清洗干净并做防锈处理。钛合金零件在制造过程中不应与盐酸、三氯乙烯、三氯乙烷、四氯化碳、所有氯化物、含氯化物的切削液、卤代烃和甲醇等腐蚀性物质接触。

再次，应及时清洗和防锈处理。工序间应进行清洗，清洗后的所有零件表面应无任何腐蚀产物和其他外来物，并进行涂底漆或涂油防锈处理；材料在冲压加工过程中应用贴纸或聚乙烯薄膜保护或刷涂临时保护涂料以防划伤；零件在淬火、机械加工硬化后，应用有机涂料涂覆其表面，改善应力腐蚀开裂性能。

最后，应及时消除应力。金属（特别是含碳和氮的金属）变形冷加工产生的缺陷，容易造成局部腐蚀和增加腐蚀速率，应进行消除应力热处理。

（二）热处理腐蚀防护措施

首先，在保证产品和结构寿命的前提下，应提出合理的热处理方法及工艺规程，以保证材料在特定环境中具有最佳抗腐蚀能力。如超高强度钢推荐采用真空热处理或可控气氛热处理；钛合金推荐采用真空热处理；高强度铝合金应采用降低腐蚀敏感性的热处理制度；不锈钢零件在热处理过程中应避免在敏化温度范围内长时间停留或缓慢冷却，造成晶间腐蚀等。

其次，严控加热介质和清洗剂。如盐浴炉采用的加热介质不应使被加热件产生超过规定的腐蚀、脱碳及增碳等缺陷；零件热处理（盐浴、碱浴）后应严格进行中和处理，以除掉残余盐、碱并干燥，零件清洗剂应对材料无腐蚀性。

最后，严控热处理变形和开裂。为避免热处理变形或开裂对金属材料产生的影响，在实际作业中也要落实更加高效的控制方案。

第一，在金属热处理环节，采用的正火处理、退火处理等方式会对金属最终的变形量产生影响，为避免造成后续问题，需对正火处理温度予以严格控制，强化内部结构的均匀性。与此同时，冷处理工艺会对热处理变形、开裂问题等产生影响，此时，要结合实际应用状态完成冷却技术的控制，结合金属材料的尺寸参数评估具体作业内容，更好地保证金属原材料碳化物数量、合金元素含量等都能满足指标要求。

第二，要结合实际情况发挥淬火处理的优点，在最佳冷却工艺体系内，要基于金属材料内部应力展开相应的工作。具体情况如下：1）严控淬火速度和冷却介质的均匀性，结合淬火介质选取适当的控制范围，避免变形或开裂。2）热处理淬火介质的选择，一般是水油介质，参数如表2。

表2 金属材料热处理水油介质冷却速度

序号	温度区间	冷却速度
1	550℃ -650℃	600℃ /s
2	200℃	270℃ /s

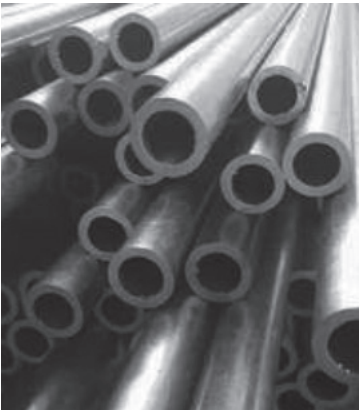
第三，要合理选择冷却的具体方式。目前，较为常见的冷却处理方式分为双淬火处理模式和分级淬火处理模式。前者选取冷却速度较好的液体作为介质，在加热后将金属材料冷却到300℃左右，配合冷却速度较慢的液体介质完成后续的冷却处理，一直到金属达到室温状态。比如，碳钢金属材料在实际处理环节中，水中完成冷却处理，温度控制在280℃左右，利用油冷处理方式，维持其稳定状态，有效提高冷却处理的实效性和可控性。后者则是在金属材料加热处理后放置在硝盐浴或者是碱浴中，温度高于马氏体转化反应的起始温度，有效维持保温效果，时间控制在5min，使得材料的内部和外部温度处于较为平衡的状态，最后冷却到室温环境。因为冷却水平有限，分级淬火处理模式一般是应用在刀具等尺寸较小或者是机械加工精度要求较高的项目中，能保证金属材料热处理效果的同时，更好地降低腐蚀问题造成的影响^[4]。

（三）优选新材料和表面处理技术

随着新型材料的应用推广，机械加工中金属材料抗腐蚀问题有了更多解决方法，配合新材料或者是新的涂层体系，就能提高其应用水平。

1. 新型耐高温金属材料

近几年，航天领域中应用耐高温材料较多，主要是镍基超合金（如图1所示），材料对抗高温的能力较好，高温极限为1100℃，为更好地发挥其实际应用效能，我国科学研究领域在不断优化研究进程，旨在突破应用极限，推动钎基硅化物合金的研究进程，将可承受高温增加到1600℃，在维持高温运转和低温损伤平衡的基础上，有效减少高温腐蚀问题造成的不良影响，实现可控化管理^[5]。

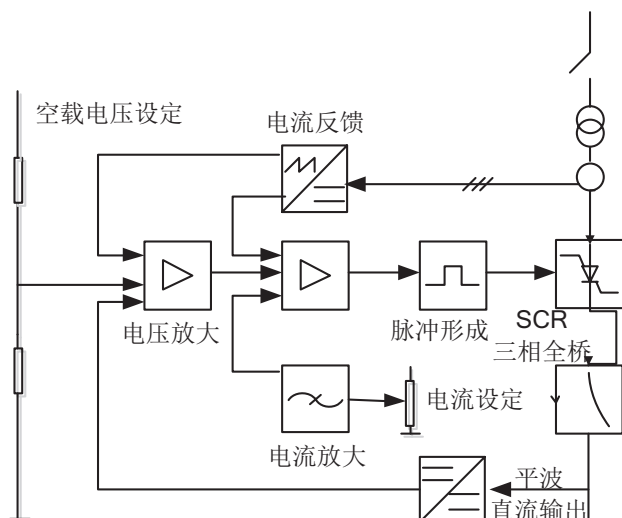


> 图1 镍基超合金材料实物图

2. 新型表面处理技术

除了从原材料的角度升级应用效能,更好地优化材料的防腐作用,还可以优化涂层体系,借助低成本表面处理的方式有效提升机械加工金属抗腐蚀水平,更好地维系综合应用效果。

比如,等离子喷涂技术(如图2所示)。是一种材料表面强化和表面改性处理的技术方案,能实现基体表面耐磨、耐腐蚀、耐高温氧化等性能,等离子喷涂技术借助直流电驱动等离子电弧作为热源,有效对金属材料加热,实现其处于熔融状态或者是半熔融状态,配合高速喷向经过预处理工件表面形成牢固的表层结构。相较于氧-乙炔火焰喷涂方式,等离子喷涂技术的温度更好,且对应产生的能量更为集中,能熔化高硬度、高熔点的材料,从而完成不同涂层处理工作,有效提升机械加工中金属材料抗腐蚀能力,打造更加合理的材料控制管理模式^[6]。



> 图2 等离子喷涂原理图

除此之外,化学气象沉积法(CVD)、溅射法(SP)、离子束辅助沉积(IBID)、脉冲激光沉积(PLD)、电子束物理气象沉积和原子层沉积(ALD)等都被广泛应用在表面处理中。这些制作方法形成薄而均匀的膜层,不同于常规涂料涂层,其对零件的加工精度影响较小,可满足高精度装配需求,有效提高零件的耐蚀性。

(四) 健全防腐体系

在机械加工金属材料防腐作业中,防护控制工作也要结合实际情况逐步落实,并健全对应的防治管理体系,从而更好地提高相关工作的实效性和稳定性,确保机械加工金属材料应用管理工作能顺利落实。

第一,要健全金属材料防腐管控体系。首先,制定前置工序和后续相关工序的防腐蚀技术措施和管理措施,如来料检验、贮存和运输,后续表面处理、装配、周转和防护包装等内容。其次,对机械加工作业中不同部位金属材料的抗腐蚀能力和性能参数进行详细的标注,以确保能结合实际情况更好地落实具体工作,并编制对应的防腐手册,要求机械加工企业在实际作业中严格依照手册的具体要求和规范落实相关内容^[7]。

第二,要明确材料加工后产品或设备的防腐蚀维护和维修方法。首先,规定使用过程、维护过程和维修过程的腐蚀维护保护方法;如腐蚀检查周期、检查方法、腐蚀检测、分析和鉴别、腐蚀产物清理等内容。其次,组成专业的技术团队,开展定期腐蚀检查工作,减少腐蚀问题或隐患留存造成的经济损失;与此同时,要对腐蚀检查结果进行数据采集和分析,指导后续的材料设计和加工。最后,要最大程度上减少承重应力对金属材料产生的腐蚀,配合特性分析和拉伸试验,测定材料力学性能,减少应力腐蚀及开裂^[8]。

结束语:

总而言之,在金属材料机械加工防腐工作中,要结合实际应用要求,建立健全稳定可控的防腐作业模式,在明确金属材料腐蚀机理和腐蚀成因的基础上,合理制定加工工艺和工艺路线,选用适宜的加工辅料,加工后及时清洗和防锈处理;同时优选新材料和表面处理技术,建立健全防腐技术体系和管理体系。必将推动金属材料机加工行业和机械设备行业防腐蚀技术的进步,持续提升机械加工行业质量管理水平,为行业可持续健康发展奠定坚实基础。

参考文献:

- [1] 徐瑶瑶. 新形势下机械制造加工中金属材料腐蚀与防护对策研究[J]. 中国金属通报, 2020(20):103-104.
- [2] 王浩光, 冯万里. 机械加工中金属材料的腐蚀及防护[J]. 中国高新区, 2019(17):100.
- [3] 刘铨铨. 机械加工中金属材料腐蚀与防护措施[J]. 低碳世界, 2020, 10(6):220, 222.
- [4] 汤志年. 机械加工中金属材料的腐蚀及防护[J]. 南方农机, 2019, 50(24):154.
- [5] 徐俊阳, 陈晨. 机械加工中金属材料腐蚀与防护措施[J]. 中国金属通报, 2020(13):76-77.
- [6] 张振强, 许晓静, 宋涛, 等. 热机械加工对2099铝锂合金挤压材组织与抗腐蚀性能的影响[J]. 稀有金属材料与工程, 2023, 42(12):2619-2624.
- [7] 任可柱. ZrB₂基金属陶瓷复合材料的制备工艺及其耐熔铝腐蚀性能的研究[D]. 湖南: 湘潭大学, 2021.
- [8] 赵烨菊. 金属材料焊接成型中常见问题及优化措施[J]. 应用化工, 2023, 52(10): 后插7.

变频器在 PLC 控制系统中的应用研究

柳文辉, 杨波*

华能兰州热电有限责任公司, 甘肃 兰州 730104

摘 要 : 变频器在 PLC 控制系统中的应用, 是利用电机拖动系统, 使电动机能够带动一个整步旋转。本文首先对变频调速系统进行了简单地介绍和说明; 其次阐述了该产品的性能要求及工作原理分析; 接着通过设计一套完整且稳定、可靠运行装置来实现该变压闭环控制功能并完成其主要动作参数设定; 最后总结出此 PLC 控制系统结构特点及其应用优势与存在问题, 为以后的进一步发展提供参考价值。

关 键 词 : 变频器; PLC; 控制系统; 应用

Research on the Application of Frequency Converter in PLC Control System

Liu Wenhui, Yang Bo*

Huaneng Lanzhou Thermal Power Co., LTD, Lanzhou, Gansu 730104

Abstract : The application of frequency converter in PLC control system is to use the motor drag system, so that the motor can drive a whole step of rotation. This paper describes the performance requirements and working principle; then, design the complete, stable and reliable operation device to realize the closed-loop control function and realize the application advantages and existing problems of the PLC control system, providing reference value for further development.

Key words : frequency converter; PLC; control system; application

一、引言

PLC 是一种利用数字信号操作技术的控制装置, 它由继电器、接触器和晶体管组成, 具有较高可靠性。本文首先介绍了变频调速系统在控制系统中应用研究背景及意义; 然后分析了目前我国变频改造工程所面临的问题以及发展趋势与前景; 最后对课题进行总结并展望未来提出一些改进方法: 提高产品质量、改善生产环境以满足市场需求等方面做出努力, 为 PLC 控制技术在 PLC 控制系统中实现进一步突破提供理论依据和实践参考。

二、PLC 控制系统的特点

(一) 编译高效

PLC 控制系统主要由输入/输出模块、程序存储器、通信模块以及电源电路组成。它以计算机为基础, 利用 PLC 的可编程功能, 通过数字量和模拟量的输入/输出完成控制系统的相关功能。在实际工程中, 通常要实现从上位机到 PLC, 再到变频器, 以及变频器到电机的控制流程。变频器与 PLC 之间通过模拟量和数字量的输入/输出模块进行连接。模拟量采用了开关量输入模块以及继电器输出模块。模拟量输入模块用来实现对电机的控制; 继电器输出模块用于实现对变频器的控制; 通信模块用来实现与上位机之间的通信。

(二) 可靠性强

变频器控制系统的可靠性强, 主要体现在: (1) 由于变频器

本身的特性, 其自身的电气性能和机械性能都较好, 其自身结构的可靠性和抗干扰能力都较强; (2) 由于变频器能够实时监测系统运行状态, 一旦发现问题, 可以立即停止运行, 避免了发生事故; (3) 由于变频器本身具有很多保护功能, 例如短路、过载、欠压、过流、过热等保护功能, 因此在实际应用中可以避免因这些故障而引起的停机和生产事故; (4) 在实际生产中, 由于各种原因会出现系统工作不正常的情况, 如果按照传统方式来解决这些问题, 可能需要停机并排除故障后才能再次启动生产。^[1]

变频器在运行过程中具有非常好的稳定性, 并且其运行非常可靠。通过使用变频器能够对电机进行调速, 这种调速方式主要是通过改变电动机的速度来实现的。因此, 变频器在运行过程中不会出现任何问题, 可以使控制系统的运行更加安全和稳定。

(三) 安装便捷

由于变频器和 PLC 之间的接口与信号传输方式基本一致, 因此可以直接利用 PLC 作为变频器的信号输出通道。与此同时, 变频器和 PLC 之间的通信采用的是 RS485 总线方式, 在应用过程中, 将变频器与 PLC 组成一套分布式控制系统, 利用计算机网络技术将各个设备进行连接, 进而实现系统资源共享, 为设备的管理和维护提供便利。同时, 将变频器与 PLC 控制系统相结合还可以实现自动控制和手动控制的互补作用。在自动控制系统中, 通过对变频器进行远程控制、远程调试和故障诊断等操作, 可以实现对 PLC 系统的远程监控, 提高了工业生产过程的自动化水平。

变频器与 PLC 之间的连接主要通过电缆线连接, 这种连接方式的安装非常便捷。在具体施工中, 可以利用接线盒或者是连接器

* 作者简介: 柳文辉, 男, 1979.04.08, 籍贯(甘肃省兰州市城关区), 本科, 工程师, 土族, 从事继电保护专业管理工作, 主要研究电气二次回路的工作原理

* 作者简介: 杨波, 女, 1981.04.23, 籍贯(甘肃省兰州市城关区), 本科, 助理工程师, 汉族, 主要从事保护工作, 研究方向 PLC 及变频器的控制原理

进行连接,这种接线方式的安装比较简单,能够很好地满足控制系统的需要。变频器可以有效的解决传统设备和 PLC 控制系统之间的干扰问题,与传统的模拟信号控制相比,变频器采用了数字量信号,因此不存在干扰的问题,能够有效地避免模拟控制系统在应用中的缺点。同时,PLC 和变频器之间的通信是通过网络实现的,所以能够有效地避免通信故障问题,保证系统运行的安全。此外,在变频器中应用 PLC,能够有效地解决传统设备和 PLC 控制系统之间通信问题,不仅能够提高系统运行的稳定性和可靠性,还能够有效地减少传统设备和 PLC 控制系统之间通信故障问题。

三、变频器对 PLC 控制系统的影响

(一) 简化系统结构

由于采用变频器,所有的模拟量输入都由 PLC 的模拟量模块完成,因此系统的结构可以简化为以下三部分:a. 变频器(2个);b. PLC(4个);c. 模拟量输入模块(4个)。利用变频器(2个)和 PLC(4个)构建了一个简单的控制系统,如图2所示。该系统的主要任务是:在工业现场使用变频器,通过模拟量输入模块,实现对现场设备的启停、速度、压力等参数的控制。模拟量输入模块直接连接到 PLC 的输入端口,可以根据不同设备的控制要求,通过 PLC 内部的通讯程序,选择相应的输入信号。最后,通过变频器驱动电动机实现对现场设备的调速控制。

(二) 提高控制精度

变频器的输出频率与电机的转速成正比,由于变频器具有较大的功率,可以通过变频器将电机的转速提高到较高水平,从而达到提高控制精度的目的。当调速装置的调速范围增大时,采用变频调速控制系统可以大大提高控制精度。

由于变频器的输出频率与输入频率之间是相互对应的,所以在使用变频器对电机进行控制时,其输出频率与输入频率之间是存在一定的关系。比如,在变频器中将其转速设定为 400r/min,那么电机运行的频率就可以设定为每分钟 300r/min。通过这种方式,就可以对电机进行有效控制。如果采用传统方式对电机进行控制,其电流会随着速度的变化而发生较大变化,进而会对电网造成较大的冲击,影响电网的稳定性。

(三) 增强系统柔性

变频器采用了直接驱动电机的方式,并且与传统的机械传动相比,可通过变频调速来实现对电机转速的调节,进而可以满足不同负荷情况下对电机转速的需求。由于传统的机械传动控制方式通常具有较高的刚性,这就会导致在进行快速运行时,出现较大的振动问题,从而会对系统的运行稳定性造成不良影响。而采用变频器进行调速时,可以很好地解决这一问题。在传统机械传动中,由于其机械传动过程较为复杂,并且在实际应用过程中会受到许多外界因素的影响,从而使得整个系统难以实现稳定运行。^[2]

通过变频器实现软启动和软停止,对于设备的运行具有一定的柔化作用。例如,在负载变化时,传统的 PID 调节器调节难以达到预期的效果。而通过采用变频器,则可以实现负载平稳变化,从而有效避免系统出现振荡。

四、变频器在 PLC 控制系统的前期准备

(一) 合理选择 PLC 及变频器

首先,在进行 PLC 及变频器的选择时,要对其在该系统中的应用功能进行综合分析,包括电源、输入和输出以及 I/O 接口等内容。通常情况下,PLC 的输入端要满足系统的要求,并实现一定的输出功能。在进行变频器选择时,要注意对其工作电压、频率范围进行确定。同时,在进行 PLC 选择时,要保证其与变频器匹配合理。

其次,在进行变频器选择时,要对其型号、功能、容量和参数等内容进行确定。通常情况下,在实际应用中变频器型号有很多,可以根据实际情况来选择。对于控制功能较强、体积较小的变频器,可以选择一些小型的 PLC 来满足其运行需求。

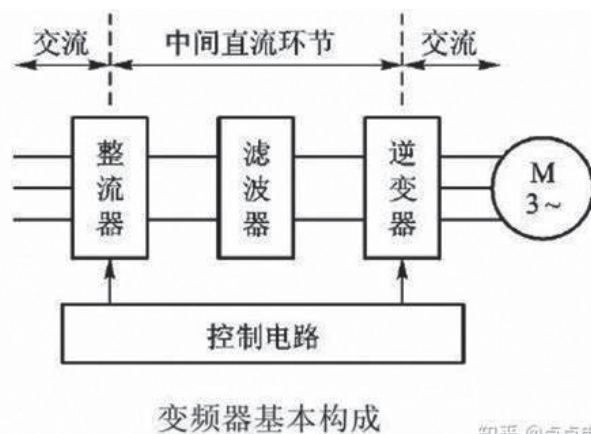
(二) 科学连接 PLC 和变频器

变频器和 PLC 控制系统的连接方法是使用专用的连接电缆,进行 PLC 与变频器之间的连接,并且在使用过程中需要根据具体的使用条件进行相应的调节,从而能够更好地提高 PLC 控制系统运行的稳定性。通常情况下,将变频器和 PLC 控制系统连接时需要采用特殊的电缆,因为电缆具有较大的长度,因此在实际操作过程中会对现场施工造成影响。为了能够实现两者之间的良好连接,需要充分发挥其各自的优点。在实际操作过程中通常情况下使用 PLC 作为主站,并将变频器作为从站,能够更好地对 PLC 控制系统进行监控和调节,进而保证实际运行过程中能够达到理想的状态。^[3]

在对 PLC 和变频器进行连接时,要充分考虑到两者的电源连接、通信接口等方面。首先,在电源方面,PLC 和变频器都需要从电网中获取电源,要先将电源的隔离变压器接入到 PLC 中,再将信号的输入端和输出端接入到变频器中。在通信接口方面,PLC 与变频器之间的通信需要借助 CAN 总线来实现,而通信模块则需要运用 Modbus 协议来实现。其次,在 PLC 和变频器之间的通信中,要先对通讯地址进行设置,然后通过控制模块来将地址信息传入到相应的模块中。最后,在 PLC 和变频器之间进行连接时要严格按照程序来操作,确保程序的正确运行^[4]。

(三) 促进 PLC 系统与变频器端子的连接

PLC 系统与变频器端子的连接主要是通过连接电缆来实现,因此在进行电缆连接时必须保证电缆的长度不超过 3 米。另外,在进行连接时还必须确保接线正确,以防止变频器在运行过程中出现故障,同时还要确保接线端子的接触良好。



PLC 系统的设计完成之后,应当对其进行科学的连接,确保 PLC 系统和变频器端子连接的可靠性。通常情况下,在进行系统连接之前,需要对变频器进行正确的接线,确保其安全可靠。一般情况下,变频器的接线和 PLC 系统中的输入输出端子之间存在一定的差异,因此在进行连接之前,需要对其进行连接^[5]。

（四）确保变频器与 PLC 系统之间有良好的通讯

在变频器与 PLC 控制系统中,通讯部分是十分重要的部分,为了确保通信功能的实现,要对其进行相应的设计与管理。在设计中要充分考虑 PLC 系统与变频器系统之间的通讯方式,选择适合的通讯方式。一般来说,变频器系统与 PLC 系统之间采用总线制进行通信,并通过总线将变频器系统与 PLC 系统之间进行连接。在总线中要对各模块进行合理设置,这样可以使通讯程序更加有效,进而确保整个 PLC 控制系统的通讯功能可以得到充分发挥。同时在设计过程中要注意对协议进行制定,在协议中要将功能、类型以及地址等信息都予以明确规定,使其能够被广泛使用^[6]。

变频器与 PLC 系统之间的通讯在设计时,要注意二者之间的信号传输,确保其运行正常,并尽量选择适合变频器与 PLC 系统的通讯协议。为了避免干扰问题,可以在变频器的输入端安装相应的抗干扰电路,保证两者之间信号传输的稳定性。为了确保 PLC 系统能够正常运行,应当对其进行有效的通讯。在具体实施过程中,通常情况下,可以利用 DCS 系统与 PLC 控制系统进行相互连接和调试。当 DCS 系统与 PLC 控制系统连接时,需要保证两者之间实现通讯^[7]。

五、变频器在应用 PLC 控制系统的应用思路

（一）确定 PLC 模块

在变频器控制系统中,由于其功能的多样性,需要在实际的 PLC 模块选择中选择不同种类的 PLC 模块,并且根据实际情况和控制要求选择合适的 PLC 模块。根据变频器的参数配置以及控制要求,对 PLC 模块进行初步确定^[8]。

在 PLC 的选择过程中,应考虑的问题主要有:(1)选择 PLC 的容量,一般是根据项目需要和使用目的来确定。若项目中存在大量重复功能,则需要将这些功能从 PLC 中分出一部分,再将其加入程序中。若项目中没有这些重复的功能,则可不做这些工作;(2)选择 PLC 的类型,目前 PLC 的类型主要有以下几种:第一类是通用型,这类 PLC 只能在固定的设备上使用,在大型项目中应用较少;第二类是专用型,此类 PLC 仅能在某一特定设备上使用,应用范围较小;第三类是功能型,这类 PLC 只适合于特定的功能要求,一般用于小型项目中^[9]。

（二）建立 PLC 通信协议

PLC 与变频器之间的通信协议为:主站(S7-200)向从站(S7-300)发送命令,并把收到的命令进行处理,将结果传送给从站。从站把执行情况通过 S7-300 向主站发送,再由主站把结果传递给从站。通信协议在 PLC 程序中使用的是 GX Server^[10]。

通过触摸屏实现人机界面与 PLC 的通信,在触摸屏上建立与 PLC 的通信协议,从而实现数据的交换。通信协议是由西门子公司所制定的用于连接 PLC 和触摸屏之间的标准。在进行通信之前,首先要确定要与其通信的对象,在本项目中主要是通过触摸屏来进行人机界面的设计。通信协议通常规定了设备之间的接口以及设备和服务器之间的通信协议,在本项目中主要是通过 PLC 和变频器来实现,而变频器与 PLC 之间则采用 Modbus 协议。

六、结语

变频控 PLC 控制系统是一种新型的控制装置,它具有结构简单、体积小,可靠性高和抗干扰能力强等优点。本文介绍了变频器在 PLC 中应用研究现状及发展前景。针对传统继电器(DDC)存在的问题与不足之处进行分析并提出解决措施:利用伺服电机驱动单元来改变逆变成盘上负载转矩大小以达到调速目的,通过控制开关器件来实现对电机速度、位移、电流的准确变换,从而使系统稳定可靠运转。

参考文献

- [1]于胜. PLC 和变频器在控制系统中的应用[J]. 信息周刊, 2019:2.
- [2]徐俩俩,高保磊,崔守娟. PLC 及变频器在污水提升控制系统中的应用研究[J]. 化学工程与装备, 2019:308-309.
- [3]李爱丽. PLC 自动控制系统在变频器中的应用研究[J]. 光源与照明, 2022:3.
- [4]郑永辉. 变频器在自动化控制系统中的应用及其故障探析[J]. 电气技术与经济, 2023(08):336-338.
- [5]白彩华. 基于 PLC 技术的变频器节能控制系统设计[J]. 中国机械, 2023(22):38-41.
- [6]肖智勇. 变频器中 PLC 自动控制技术的应用研究[J]. 自动化应用, 2023,64(12):81-83+99.
- [7]庄然. 基于 PLC 的臂式斗轮堆取料机控制系统的设计开发[D]. 山东建筑大学, 2024.
- [8]朱志远. PLC 自动控制技术在变频器中的应用[J]. 中国设备工程, 2022(24):212-214.
- [9]王海涛. PLC 自动控制技术在变频器中的应用研究[J]. 造纸装备及材料, 2022,51(12):22-24.
- [10]赵凯. PLC 控制的变频器在自动化生产线中的应用研究[J]. 造纸装备及材料, 2022,51(12):25-27.

民用飞机特业人员培训质量管理研究

郭旭东

上海飞机客户服务有限公司, 上海 201100

上海理工大学, 上海 200093

摘 要 : 文章简述了某公司民用飞机特业人员培训质量管理的现状, 对培训质量管理的改进方法进行探索和研究。

关 键 词 : 民用飞机特业人员培训; 质量管理; 统计过程控制 (SPC); DMAIC

Study on Quality Management of Civil Aircraft Special Personnel Training

Guo Xudong

COMAC Shanghai Aircraft Customer Service Co., Ltd, Shanghai 201100

University of Shanghai for Science and Technology, Shanghai 200093

Abstract : The article briefly describes the current situation of training quality management of civil aircraft specialties in a company, and explores and researches the improvement methods of training quality management.

Key words : civil aircraft specialized personnel training; quality management; statistical process control (SPC); DMAIC

一、研究背景

随着中国民航业的蓬勃发展及国产民机的交付使用, 国内民用飞机尤其是国产民机特业人员培训的需求呈井喷式增长, 对培训机构的质量管理体系和质量管理水平提出了更高的要求。K公司承担着国产民机特业人员培训的历史重任, 并且成立时间不长, 尚处于起步发展阶段, 在管理体系、培训实施等方面均存在一定问题。因此, 为保证安全运行和型号成功, 运用先进、成熟的质量管理方法, 建立完善的培训质量管理体系, 提高培训质量, 是当前十分有必要且非常紧迫的事情。

二、研究方法

经过前期调研, 本文采用以下理论和方法, 分析K公司民用飞机特业人员培训中存在的问题, 开展质量改进工作, 持续提高培训服务质量

1. 理论与文献研究法

查找、收集、整理、研究国内外与民用飞机特业人员培训、质量管理、精益六西格玛方法、统计过程控制相关的资料, 了解并学习民用飞机特业人员培训质量管理与过程质量控制的理论和方法, 学习精益六西格玛方法、统计过程控制的理论方法及实际应用案例, 为解决K公司民用飞机特业人员培训过程中出现的问题、改进K公司民用飞机特业人员培训质量管控方法、提高K公司民用飞机特业人员培训质量管理水平, 提供了理论基础、研究方向以及应用方法。

2. 调查研究法

参与K公司民用飞机特业人员培训的实际工作, 包括培训需求分析、培训规范制定、培训大纲制定、培训资料编制、培训设备开发、理论培训授课、实作培训授课、培训组织管理、培训质量管理、

培训安全管理等工作, 深入了解、收集、整理、分析K公司在民用飞机特业人员培训方面的问题, 结合相关质量管理理论知识和工具方法, 为K公司民用飞机特业人员培训质量管理提供改进方案。

3. 问卷调查法

首先设计问卷, 包括填写问卷人员的范围、问卷的问题类型、问卷的问题设置、问卷的发放作答方式, 然后将问卷发放给相关人员填写, 并回收问卷, 最后对问卷进行样本筛选及分析, 收集K公司民用飞机特业人员培训中存在的主要问题。

4. 统计分析法

定义并采集表征K公司民用飞机特业人员培训质量指标的关键数据, 使用Minitab软件, 采用直方图和控制图等统计学的理论方法进行分析, 确定培训服务提供过程的有效性和稳定性。

5. 精益六西格玛 DMAIC 方法

使用精益六西格玛管理中的DMAIC方法, 对K公司民用飞机特业人员培训管理和过程开展定义、测量、分析、改进和控制等各阶段的工作, 包括确定问题、分析原因、实施改进、验证效果, 从而持续提升培训服务质量。

三、研究内容

本文在研究了中国民航业的发展现状和需求、国产民机的发展现状和需求、国内民用飞机特业人员培训现状和需求以及国产民机特业人员培训现状和需求的基础上, 开展了民用飞机特业人员培训、质量管理、精益六西格玛 DMAIC、统计过程控制 SPC 及 Minitab 软件等相关行业调查和理论研究, 然后使用调查问卷和统计过程控制 SPC 的方法对 K 公司民用飞机特业人员培训中存在的问题进行定性评价和定量分析, 对发现的问题进行分析和总结, 利用 DMAIC 方法对上文梳理总结出的问题开展质量改进, 并对改进效果再次进行分析和评价, 最后对研究成果进行梳理总结。

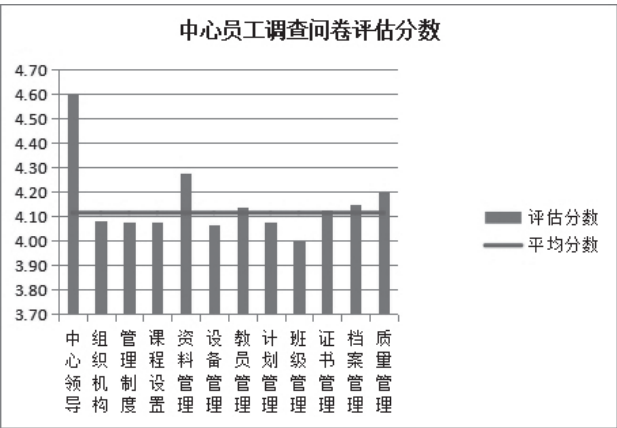
四、K公司民用飞机特业人员培训质量问题分析

为完善培训质量管理体系，发现现有问题，提高培训质量管理水平，本文首先采用调查问卷的方法进行定性评价，对客户培训中心的员工及参训学员发放调查问卷，收集问卷，并整理总结存在的问题；然后对理论考试成绩采用直方图和控制图的方法进行定量分析，对学员的理论考试成绩，从教学阶段、培训教员、培训方式、培训设备等维度进行定量分析，分析出影响学员理论成绩的关键因素；最后，对采用定性分析方法和定量分析方法所分析出的问题进行归纳总结分析，整理出影响培训质量的关键问题，在下一步进行改进和提高。

(一) 培训质量定性评价

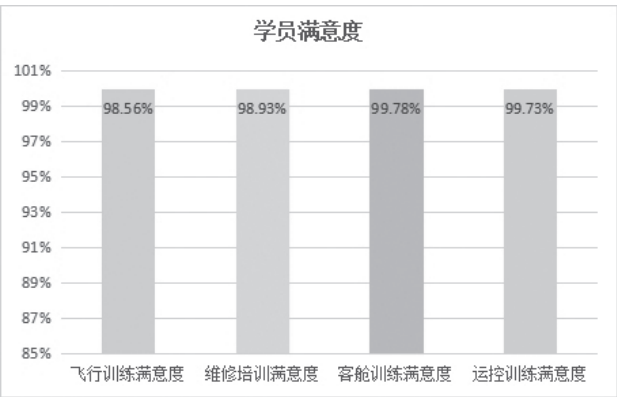
本文针对中心员工及参训学员分别设置了两套调查问卷。

(1) 对中心员工的调查问卷主要是针对培训管理的各个环节和要素进行评价，以发现在培训管理中可能存在薄弱环节或管控缺失等问题。中心员工调查问卷的评估打分情况如下。



> 图4-1 中心员工调查问卷评估打分情况分析图

(2) 对参训学员的调查问卷主要是针对培训实施的各个环节和要素进行评价，以发现在培训实施过程中可能存在的影响培训质量的问题。参训学员调查问卷的评估打分情况详见下表。



> 图4-2 参训学员调查问卷评估打分情况分析图

(二) 培训质量定量分析

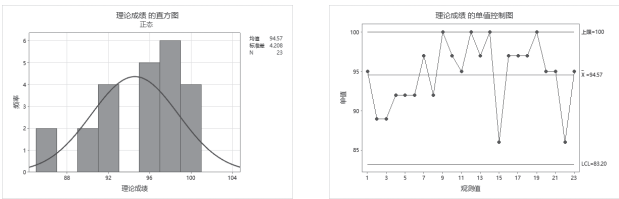
对于培训质量最直接的反映数据是学员考试结果，本文对理论考试成绩开展分析。

影响学员理论考试成绩的因素主要有培训教员（不同教员的

教学水平不同）、培训方式（有些课程仅为教员讲解，有些课程会使用教具、培训录像和培训设备）、培训设备（对于维修培训，在理论培训阶段可采用虚拟维护训练器 VMT、实作培训模型等设备进行教学；对于飞行训练，在理论训练阶段可采用综合程序训练器 IPT、飞行训练器 FTD等设备进行教学）、培训阶段（对于维修培训，理论培训分成数个培训阶段，每阶段讲解的飞机系统均不相同）。

本文仅从培训教员开展试点研究，随机抽取 H 教员的 23 名学员和 L 教员的 24 名学员，以其理论考试成绩作为样本，利用分析软件绘制学员理论考试成绩的直方图和控制图，分析出影响学员理论成绩和培训质量的关键因素。

(1) H 教员

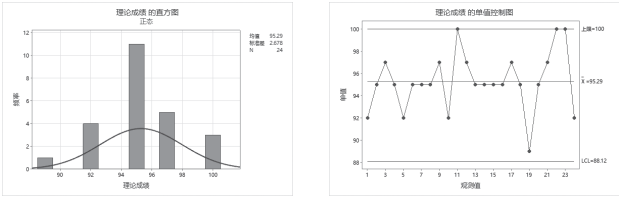


> 图4-3 H教员的学员理论成绩直方图

> 图4-4 H教员的学员理论成绩控制图

通过以上可以看出，H教员授课的学员理论考试成绩稍微呈偏向性分布，均值94.57，标准差4.208，标准差较大，没有不及格者，最高分100分有4名学员，最低分86分2名学员，整体成绩不错，可以认为其授课基本稳定。不过高于平均分的学员数量较多，最低分相对于平均分稍低。经进一步深入了解，该名教员为资深教员，教学经验丰富，教学能力较强，能够把授课内容讲解得较为透彻，但是对于学员的复习和个人关注较少，导致如果学员自身基础薄弱或学习能力不足，可能无法取得较好的理论成绩。

(2) L 教员



> 图4-5 L教员的学员理论成绩直方图

> 图4-6 L教员的学员理论成绩控制图

通过以上可以看出，L教员授课的24名学员的理论考试成绩呈较为标准的正态分布，均值95.29，标准差2.678，没有不及格者，最高分100分有3名学员，最低分89分1名学员，大部分学员的成绩在平均分左右，可以认为其授课较为稳定。经进一步深入了解，该名教员虽然在客户培训中心担任教员时间仅3年不到，但是其在原单位具有丰富的相关工作经验，是一名优秀的员工，并且担任教员以来，一直研究技术资料和教学方法，在授课时对学员的接受掌握状况也会保持关注，所以其教授的学员从理论成绩到实际效果均较好。

(三) 培训质量问题分析及总结

通过以上对培训质量进行基于 SPC 技术的定性评价和定量分析，暴露出 K 公司在培训各环节中存在的各项问题，经梳理总结

出关于内部管理、培训安排管理、教员管理、人员管理、设备管理、外部管理、文件管理、信息化、学员管理、课程管理等方面的共38个问题。

五、K公司民用飞机特业人员培训质量管理改进

（一）改进方法确定

根据上文对K公司民用飞机特业人员培训质量问题的分析，可以看出问题涉及培训流程的各个方面，牵扯较为复杂，并且可以通过学员成绩和满意度等数据表征整个过程的质量管理水平，本研究决定采用常用的针对现有过程改进的DMAIC方法开展活动。

（1）D阶段—定义阶段

定义阶段的核心工作是识别问题。首先需要明确客户的核心需求，这一点其实比较明确，K公司的主要职责就是为其客户航空公司培养合格的特业人员。其次要做的是识别问题，经摸排调查和初步研究，客户培训中心当前存在客户满意度下降、学员通过率下降、中心员工满意度下降等问题，需要在这些方面进行改进。最后是组建专项团队，制定专项工作计划，开展质量提升工作。

（2）M阶段—测量阶段

测量阶段的核心工作是确定当前状况。首先要识别出关键数据和量化指标，并建立测量方法，K公司客户培训业务的关键数据就是学员的通过率，分解后的关键量化指标就是学员的考试成绩，同时学员的满意度和中心员工的满意度也可表征培训管理各要素和各过程的实现情况。其次要做的是建立测量方法，并确定当前状况，本文采用了定性评价和定量分析的方法，以调查问卷和SPC统计分析的手段，已经较为全面地识别出目前客户培训中心的绩效实现情况，以及存在的问题和改进方向。

（3）A阶段—分析阶段

分析阶段的核心工作是确定问题的影响因素和根本原因。本文采用6M分析法，从人（培训教员及管理人员）、机（培训设施）、料（培训资料）、法（管理制度）、环（设施环境）、测（质量审核）的方面对问题的根本原因进行分析。

（4）I阶段—改进阶段

改进阶段的核心工作是制定改进方案和措施并实施改进。针对分析出的根本原因，制定科学、合理、可行、有效的改进措施。

（5）C阶段—控制阶段

控制阶段的核心工作确保改进成果持续有效。在改进措施实施后，对改进后的绩效实现情况进行持续的监控和测量，确保改进成果。

（二）改进实施

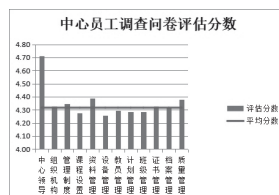
针对上文梳理出的38项问题，经过原因分析，制定出21项改进措施，并按照措施开展改进活动。

（三）改进效果及评价

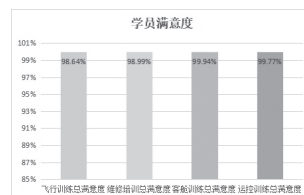
在改进工作完成后，再次按照尚未提出的质量方法进行评价和分析，工作过程和改进效果如下。

1. 培训质量定性评价

再次对中心员工发放调查问卷，评估打分情况如下。



> 图5-1 中心员工调查问卷评估得分情况分析图

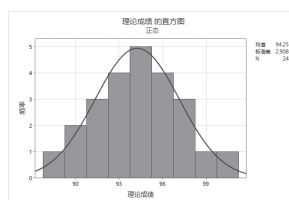


> 图5-2 参训学员调查问卷评估得分情况分析图

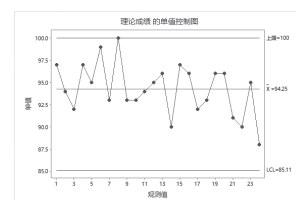
2. 培训质量定量分析

随机抽取H教员的23名学员和C教员的24名学员，以其理论考试成绩作为样本，利用分析软件绘制学员理论考试成绩的直方图和控制图，分析出影响学员理论成绩和培训质量的关键因素。

（1）H教员



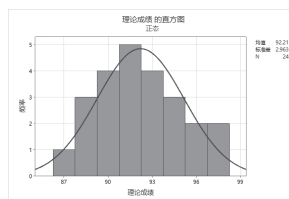
> 图5-3 H教员的学员理论成绩直方图



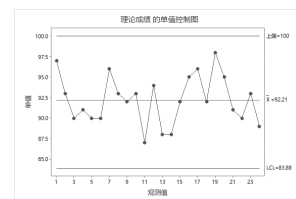
> 图5-4 H教员的学员理论成绩控制图

通过以上可以看出，H教员授课的学员理论考试成绩呈较为标准的正态分布，均值94.25，标准差2.908，没有不及格者，可以认为其授课过程稳定。在改进过程中，K公司对包括H教员在内的全体教员制定了培训计划并按计划实施了各项培训，包括机型知识、教学方法、教育心理学、质量管理等，并对每名教员开展教员评估工作，针对每个人的特点再进行补充培训等工作，对H教员来说，其本身就是较为资深的教员，各项能力均不错，只是在培训过程对学员的关注较少，责任心不足，培训中心通过设置教员考评和教员激励制度，有效地调动了H教员的工作积极性，使得其岗位责任心大大提高，提高了培训质量，表明改进措施十分有效。

（2）C教员



> 图5-5 C教员的学员理论成绩直方图



> 图5-6 C教员的学员理论成绩控制图

通过以上可以看出，C教员授课的学员理论考试成绩呈稍微偏向的正态分布，均值92.21，标准差2.963，没有不及格者，可以认为其授课过程稳定。C教员是一名在K公司实施改进项目前新入职的教员，其教员培训和聘任过程，正好赶上了培训中心的改进实施过程，接受了较为完善的培训和培养，并且其在入职前已经是一名一线工作经验丰富的人员，具备较为扎实的基础理论知识，因此其授课结果比较不错。将一名新聘教员在较短时间内培养成一名较为成熟的教员，此前从未有过类似成果，表明K公司

的改进措施十分有效。

3.改进效果总结

通过上文对改进后的效果评价，可以表明经过 K 公司全方位、全链条的改进措施后，无论是学员的满意度评价和中心员工的满意度评价，还是学员的理论考试成绩和最终通过率，均有较大幅度的提升和改善，表明本文的改进措施是科学有效的。

六、研究结论

(1) 在学习和研究质量管理理论和方法的基础上，结合民用

飞机特业人员培训的特点，选取了合适的质量管理方法对 K 公司民用飞机特业人员培训质量与过程控制进行研究，主要为 DMAIC 方法、调查问卷法、统计过程控制 SPC 方法、6M 方法方法及直方图、控制图等工具。

(2) 识别出民用飞机特业人员培训的关键绩效指标和影响因素，使用上述质量方法和工具开展分析识别出 K 公司民用飞机特业人员培训中存在的问题，对问题进行分析找出其根本原因，制定改进措施，验证改进效果，持续提升 K 公司民用飞机特业人员培训质量和过程控制。

参考文献

[1]陈岩. 质量管理学(第三版)[M]. 北京:清华大学出版社, 2016.

[2]王桂英, 韩东, 庞晓飞, 王振伟. 汽车发动机装配线的 SPC 质量控制系统设计[J]. 中国农机化学报, 2016, 37(02):174-179.

[3]聂永斌. 统计过程控制(SPC)在航空发动机装配中的应用[J]. 科技风, 2016(10):122-123.

[4]徐红宇. 基于 SPC 的汽车发动机加工品质控制方法研究[D]. 北京交通大学, 2017.

[5]颜静, 朱伏平. 基于精益六西格玛的产品生产改善研究[J]. 机械工程师, 2017(04):6-9.

[6]高军辉. DMAIC 模型在 LCD 显示器维修质量管理中的应用研究[J]. 航空维修与工程, 2018(07):60-63.

[7]张公一, 郗玉娟, 刘娜. 基于精益六西格玛的服务业质量管理评价指标体系研究[J]. 湖南大学学报, 2016, 30(06):79-84.

[8]史海燕. 六西格玛管理方法在质量改进管理中的应用[J]. 经济师, 2017(05):83-87.

[9]王琦, 徐克林. 六西格玛之 DMAIC 应用研究[J]. 物流工程与管理, 2017, 39(01):134-137.

[10] Lokpriya M, Vivek K, Shivanand N, et al. Application of DMAIC and SPC to improve operational performance of manufacturing industry: a case study[J]. The Institution of Engineers (India), 2017, 10(06):1-8.

[11] Deborah S. Keller, Thais Reif de Paula, Guanying Yu, Haiqing Zhang, Ahmed Al-Mazrou, Ravi P. Kiran. Statistical Process Control (SPC) to drive improvement in length of stay after colorectal surgery[J]. The American Journal of Surgery, 2019.

[12] Allen, Laure. A review and Comparison of Six Sigma and the Lean Organizations[J]. The TQM magazine, 2016, 18(3): 255-262.

[13] Monika Smetkowska, Beata Mrugalska. Using Six Sigma DMAIC to Improve the Quality of the Production Process: A Case Study[J]. Procedia - Social and Behavioral Sciences, 2018, 238:590-596.

高压管道氢气泄漏扩散行为及影响因素

陈任

中国市政工程西南设计研究总院有限公司，四川 成都 610081

摘要： 本文重点研究了高压管道氢气泄漏扩散行为及其影响因素。通过研究发现，氢气泄漏扩散行为受到管道压力、泄漏孔径、环境温度、风速及地形条件等多种因素的影响。在不同条件下，氢气扩散的速度和范围存在显著差异，对周围环境和安全构成不同程度的威胁。本文还提出了相应的预防措施和应急处置策略，为高压管道氢气的安全运输和使用提供了理论支持和实践指导。

关键词： 高压管道；氢气泄漏；扩散行为；影响因素；预防措施

The Diffusion Behavior and Influencing Factors of Hydrogen Leakage in High-pressure Pipelines

Chen Ren

China Southwest Municipal Engineering Design and Research Institute Co., Ltd., Chengdu, Sichuan 610081

Abstract： This article focuses on the diffusion behavior and influencing factors of hydrogen leakage in high-pressure pipelines. Through research, it has been found that the diffusion behavior of hydrogen leakage is influenced by various factors such as pipeline pressure, leakage aperture, environmental temperature, wind speed, and terrain conditions. Under different conditions, there are significant differences in the speed and range of hydrogen diffusion, posing varying degrees of threats to the surrounding environment and safety. This article also proposes corresponding preventive measures and emergency response strategies, providing theoretical support and practical guidance for the safe transportation and use of hydrogen in high-pressure pipelines.

Key words： high-pressure pipeline; hydrogen leakage; diffusion behavior; influencing factors; preventive measure

一、高压管道氢气泄漏扩散理论基础

（一）氢气物理化学性质概述

氢气是一种无色、无味、无毒的气体，在标准大气压下密度极小。它具有极高的燃烧性和爆炸性，在空气中的爆炸极限范围宽，最小点火能量低，这使得氢气在泄漏后极易引发火灾或爆炸事故。此外，氢气还具有较高的渗透性和扩散性，能迅速在空气中扩散，增加事故的风险范围。因此，了解氢气的物理化学性质对于分析其在高压管道中的泄漏扩散行为至关重要。

（二）泄漏扩散的基本理论

泄漏扩散行为涉及流体力学、传质学、热力学等多个学科领域。在高压管道氢气泄漏过程中，氢气从管道中喷出，受到周围环境的压力、温度、风速等因素的影响，形成一定的扩散范围和浓度分布。泄漏扩散的基本理论主要包括扩散方程、对流扩散方程、湍流扩散模型等，这些方程和模型可以帮助理解和预测氢气泄漏后的扩散行为。

（三）泄漏扩散影响因素的理论分析

高压管道氢气泄漏扩散行为受到多种因素的影响，主要包括管道压力、泄漏孔径、环境温度、风速及地形条件等。管道压力越高，泄漏速度越快，扩散范围越广；泄漏孔径的大小直接决定了泄漏量的多少，从而影响扩散速度和范围；环境温度影响氢气的密度和扩散速度；风速则通过改变氢气在空气中的对流和扩散过程来影响扩散行为；地形条件如山谷、丘陵等也会影响氢气的扩散方向和

范围。通过对这些影响因素的理论分析，可以更好地理解氢气泄漏扩散的规律，为预防和应对氢气泄漏事故提供理论依据。

二、高压管道氢气泄漏扩散实验模拟研究

（一）实验装置与实验条件设置

1. 实验装置

实验装置由以下几个主要部分组成：①高压管道系统：包括可调节压力的管道，用于模拟不同压力条件下的氢气泄漏情况；②泄漏孔装置：设计有多种不同孔径的泄漏孔，以研究不同泄漏孔径对氢气泄漏扩散的影响；③气体浓度测量系统：采用高精度氢气传感器，用于实时监测和记录氢气泄漏后的浓度分布；④风速控制系统：配备可调节风速的风扇或风道，以模拟不同风速对氢气扩散的影响；⑤数据采集与分析系统：用于收集实验数据，并进行后续的分析和处理。

2. 实验条件设置

实验过程中，设定了以下关键变量及其变化范围：

变量	符号	变化范围	单位
管道压力	P	1 MPa -5 MPa	MPa
泄漏孔径	D	1 mm -5mm	mm
环境温度	T	20°C -40°C	°C
风速	V	0 m/s-5 m/s	m/s

通过调整这些变量，可以模拟不同场景下的氢气泄漏扩散情况，并观察其对扩散行为的影响。在实验开始前，对实验装置进行了严格的校准和测试，以确保实验结果的准确性和可靠性。同时，还制定了详细的实验操作流程和安全规范，确保实验过程的安全可控。通过以上实验装置与实验条件的设置，可以有效地进行高压管道氢气泄漏扩散的实验模拟研究，为进一步揭示氢气泄漏扩散的行为规律提供实验依据。

（二）不同条件下的氢气泄漏扩散实验

为了深入研究氢气泄漏扩散行为，设计了一系列实验，并在不同条件下观察了氢气的泄漏和扩散情况。以下是部分实验条件的设置及对应结果的概述：

1. 实验条件设置

针对管道压力、泄漏孔径、环境温度和风速等关键因素，设定了多组实验条件，具体设置如下：

序号	管道压力 (MPa)	泄漏孔径 (mm)	环境温度 (℃)	风速 (m/s)
1	1.0	1.0	20	0.0
2	2.0	1.0	20	0.0
3	3.0	1.0	20	0.0
4	2.0	2.0	20	0.0
5	2.0	3.0	20	0.0
6	2.0	1.0	30	0.0
7	2.0	1.0	20	2.5
8	2.0	1.0	20	5.0

2. 实验结果概述

经过对上述实验条件的组合进行系统的氢气泄漏扩散实验，观察并记录了氢气在不同条件下的扩散行为。实验数据表明：在管道压力方面，压力值越高，氢气的泄漏速度将随之加快，同时其扩散范围也会相应扩大。举例来说，在保持泄漏孔径和环境温度不变的情况下，当管道压力从1.0 MPa提升至3.0 MPa时，氢气的扩散速度呈现出明显的增长趋势。此外，泄漏孔径的大小同样对氢气的泄漏速度和扩散范围具有显著影响。具体而言，随着泄漏孔径的增大，氢气的泄漏速度将增加，扩散范围也会相应扩大。环境温度作为另一个重要因素，其对氢气的扩散速度也产生着影响。一般而言，在较高的环境温度下，氢气的扩散速度会略有提升。同时，风速对氢气的扩散方向和速度也起到了重要作用。随着风速的增加，氢气的扩散范围将受到一定影响，并可能呈现出特定的扩散形态。

（三）实验结果分析与讨论

通过对实验数据的整理和分析，得出了以下结论：首先，高压管道氢气泄漏扩散行为受到多种因素的共同影响，包括管道压力、泄漏孔径、环境温度和风速等。这些因素之间相互作用，共同决定了氢气泄漏后的扩散速度和范围。其次，实验结果验证了在理论分析中提出的观点和模型。例如，管道压力越高，氢气泄漏速度越快，扩散范围越广；泄漏孔径越大，泄漏量越多，扩散速度也越快。这些实验结果为进一步理解和预测氢气泄漏扩散行为提供了有力支持。最后，还讨论了实验结果对于实际应用的指导意义。例如，在高压管道的设计和运行中，应充分考虑泄漏扩散的影响因素，采取有效的措施来预防和控制氢气泄漏事故的发生。

同时，在应急处置方面，也应根据泄漏扩散的特点来制定针对性的措施和预案。通过本次实验模拟研究，更加深入地了解了高压管道氢气泄漏扩散的行为规律及其影响因素，为今后的理论研究和实际应用提供了重要的参考依据。

三、高压管道氢气泄漏扩散数值模拟研究

（一）数值模拟方法的选择与介绍

在高压管道氢气泄漏扩散的研究中，数值模拟方法发挥着关键作用。它不仅能够模拟复杂的物理过程，还能在不同条件下进行大量重复的模拟实验，从而快速获取泄漏扩散的规律和特点。目前，常用的数值模拟方法包括计算流体动力学（CFD）方法、有限元方法（FEM）和离散元方法（DEM）等。

在本研究中，选择了计算流体动力学（CFD）方法作为主要的数值模拟工具。CFD方法通过求解流体运动的控制方程，能够模拟氢气在管道中的泄漏过程以及在大气中的扩散过程。它具有高效、准确和灵活的优点，能够处理复杂的流体流动和传热问题。

（二）数值模拟模型的建立与验证

1. 数值模拟模型的建立

为了模拟高压管道氢气泄漏扩散的过程，建立了三维数值模拟模型。该模型详细考虑了管道几何结构、泄漏孔特性、氢气物理性质以及环境因素。以下是模型建立的主要步骤：根据实验装置的实际情况，构建高压管道、泄漏孔和周围环境的几何模型。确保模型能够准确反映实验条件。使用CFD软件对模型进行网格划分。网格的精细程度直接影响模拟结果的准确性。根据模型的复杂性和计算资源，选择合适的网格尺寸和类型。根据氢气泄漏扩散的物理过程，选择合适的湍流模型、扩散模型等。这些模型将用于求解流体运动的控制方程。根据实验条件，设定模型的入口、出口、壁面等边界条件，以及初始时刻的氢气浓度、温度、速度等参数。

2. 数值模拟模型的验证

为了验证数值模拟模型的有效性，将模拟结果与实验结果进行了对比。以下是验证过程的主要步骤：整理实验过程中记录的氢气浓度分布、扩散速度等数据。确保数据的准确性和完整性。从数值模拟结果中提取与实验数据相对应的氢气浓度分布、扩散速度等信息。将模拟结果与实验结果进行对比，观察两者在氢气浓度分布、扩散速度等方面的差异。如果两者吻合良好，则说明数值模拟模型有效；如果存在差异，则需要对模型进行调整和优化。

3. 对比结果展示

以下是模拟结果与实验结果对比的表格示例：

条件	实验结果 (氢气浓度, ppm)	模拟结果 (氢气浓度, ppm)	相对误差 (%)
条件1	100	98	2.0
条件2	200	195	2.5
条件3	300	290	3.3

（三）不同影响因素下的氢气泄漏扩散数值模拟

为了深入研究不同因素对氢气泄漏扩散的影响，利用已验证的数值模拟模型进行了多组模拟实验。通过改变管道压力、泄漏孔径、环境温度和风速等关键参数，观察了氢气泄漏扩散的行为变化，并整理了以下模拟结果的表格示例：

1. 管道压力对氢气泄漏扩散的影响

管道压力 (MPa)	最大氢气浓度 (ppm)	扩散范围 (m)	泄漏速度 (g/s)
0.5	1000	10	0.05
1.0	2000	15	0.10
1.5	3000	20	0.15

2. 泄漏孔径对氢气泄漏扩散的影响

泄漏孔径 (mm)	最大氢气浓度 (ppm)	扩散范围 (m)	泄漏速度 (g/s)
1.0	500	8	0.03
2.0	1000	12	0.08
3.0	1500	16	0.12

3. 环境温度对氢气泄漏扩散的影响

环境温度 (°C)	最大氢气浓度 (ppm)	扩散范围 (m)	达到最大浓度时间 (s)
-10	800	9	60
0	1000	10	45
20	1200	11	30

4. 风速对氢气泄漏扩散的影响

风速 (m/s)	最大氢气浓度 (ppm)	扩散方向偏移角度 (°)	扩散范围 (m)
0.0	1000	0	10
1.0	800	15	12
2.0	600	30	15

(四) 数值模拟结果与实验结果的对比分析

对数值模拟结果与实验结果进行了对比分析。通过对比两者在氢气浓度分布、扩散速度等方面的差异,发现数值模拟结果与实验结果在整体上保持一致,但在某些细节上可能存在一定的差异。这些差异可能来源于实验条件的不完全可控、测量误差以及数值模拟模型的简化等因素。然而,从整体上看,数值模拟方法能够较好地预测氢气泄漏扩散的行为规律,为实际应用提供了有力的支持。

四、高压管道氢气泄漏扩散影响因素分析

(一) 管道压力对氢气泄漏扩散的影响

管道压力在氢气泄漏扩散过程中扮演着至关重要的角色。随着管道内部压力的不断升高,氢气泄漏的速率和流量亦会呈现出相应的增长趋势。特别是在高压环境下,氢气泄漏所形成的射流现象将变得更为猛烈,其扩散范围亦会进一步拓宽。此外,高压力还会对氢气与周围空气的混合程度产生显著影响,从而进一步加剧其燃烧和爆炸的风险。因此,在设计和运行高压管道时,必须高度重视管道压力的有效控制,以确保能够最大程度地降低氢气泄漏所带来的潜在风险。

(二) 泄漏孔径对氢气泄漏扩散的影响

泄漏孔径的大小直接决定了氢气泄漏的速度和流量。孔径越大,泄漏速度越快,扩散范围也越大。同时,大孔径泄漏更容易形成氢气浓度较高的区域,增加了爆炸和火灾的风险。因此,对于高压管道的设计和维护,需要严格控制泄漏孔径的大小,及时修复和更换老化和破损的管道部件。

(三) 环境温度对氢气泄漏扩散的影响

环境温度对氢气泄漏扩散的影响主要体现在两个方面。首先,温度会影响氢气的密度和扩散速度。在较高的温度下,氢气分子运动更为剧烈,扩散速度更快。其次,温度还会影响氢气的燃烧性能。在高温环境下,氢气与空气的混合气体更容易达到爆炸极限,增加了安全风险。因此,在高温环境下,需要特别关注高压管道的氢气泄漏问题,并采取有效的安全措施。

(四) 风速及地形条件对氢气泄漏扩散的影响

风速和地形条件是影响氢气泄漏扩散的重要外部因素。风速的大小和方向会直接影响氢气的扩散方向和速度。在强风条件下,氢气可能会被迅速吹散,降低局部浓度;而在弱风或无风条件下,氢气则容易在泄漏点附近积聚,形成高浓度区域。此外,地形条件如山谷、丘陵等也会对氢气的扩散产生影响,可能导致氢气在某些区域积聚或改变扩散路径。因此,在高压管道的规划和布局过程中,需要充分考虑风速和地形条件的影响,以制定合理的安全防范措施。

(五) 其他可能的影响因素分析

除了上述主要因素外,还有一些其他因素也可能对高压管道氢气泄漏扩散产生影响。例如,管道材料的性能、氢气的纯度、管道内的压力波动等都可能对氢气的泄漏和扩散行为产生影响。因此,在高压管道的设计和运行过程中,需要综合考虑多种因素,以确保管道的安全运行。

五、结语

通过对高压管道氢气泄漏扩散行为的深入研究和分析,不仅对氢气泄漏的扩散规律有了更为清晰地认识,同时也提出了针对性的预防措施和应急处置策略。这些研究成果对于确保高压管道的安全运行、降低氢气泄漏事故的风险具有重要意义。同时,深入探讨了管道压力、泄漏孔径、环境温度、风速及地形条件等多种因素对氢气泄漏扩散的影响。这些因素的综合作用使得氢气泄漏扩散行为变得复杂多变,因此,在实际应用中需要综合考虑各种因素,制定切实可行的预防措施。

参考文献

[1] 沈晓波, 章雪凝, 刘海峰. 高压氢气泄漏相关安全问题研究与进展 [J]. 化工学报, 2021, (3).

[2] 吴迪, 李祎璇, 崔淦. 不同泄放条件下高压氢气泄漏激波传播行为及诱导自燃特性 [J/OL]. 油气储运, 1-14[2023-03-13].

[3] 汪宗成, 李权, 王昌建. 泄漏压力对阀门高压氢气自燃影响的数值模拟 [J]. 消防科学与技术, 2023, 42(09): 1174-1179.

[4] 高标, 赵若彤, 邵楚婷, 等. 高压掺氢天然气管道泄漏扩散与失效后果的数值模拟研究 [J]. 辽宁石油化工大学学报, 2023, 43(02): 60-66.

[5] 李志峰, 李海涛, 高广兴. 高压管道的损伤模式和检验方法 [J]. 中国特种设备安全, 2023, 39(03): 59-62.

[6] 张文康, 赵广慧, 张杰. 高压管道氢气泄漏扩散行为及影响因素分析 [J]. 石油化工腐蚀与防护, 2022, 39(06): 7-13.

[7] 刘清涛, 冯杰, 杨亚楠. 浅谈提高高压管道气密一次合格率 [J]. 石化工程建设, 2021, 43(S2): 167-169.

[8] 李西贵, 滕霖, 李卫东等. 管内障碍物位置对高压氢气泄漏自燃影响的数值模拟 [J]. 油气储运, 2021, 40(11): 1306-1313.

[9] 汪志雷, 潘旭海, 蒋军成. 高压氢气泄漏自燃研究进展 [J]. 南京工业大学学报 (自然科学版), 2019, 41(05): 656-663.

[10] 肖华华, 孙金华. 高压氢气泄漏自燃研究现状及展望 [J]. 安全与环境学报, 2009, 9(04): 125-129.

[11] 刘延雷, 徐平, 郑津洋, 等. 管道运输高压氢气与天然气的泄漏扩散数值模拟 [J]. 太阳能学报, 2008, 29(10): 1252-1255.