

ISSN 2591-7153(Print) 2591-7161(Online)



Volume 8  
Issue **14**  
November 2024

# 工程技术与管理

ENGINEERING TECHNOLOGY & MANAGEMENT

工程技术与管理 ENGINEERING TECHNOLOGY & MANAGEMENT

Volume 8 • Issue 14 • November 2024 • ISSN 2591-7153(Print) 2591-7161(Online)

  
SYNERGY  
PUBLISHING PTE. LTD.  
Tel: +65 65881289  
E-mail: [contact@s-p.sg](mailto:contact@s-p.sg)  
Website: [ojs.s-p.sg](http://ojs.s-p.sg)

ISSN 2591-7153



9 772591 715243 14 >

中文刊名: 工程技术与管理  
ISSN: 2591-7153 (纸质) 2591-7161 (网络)  
出版语言: 华文  
期刊网址: <https://ojs.s-p.sg/index.php/gcjsygl>  
出版社名称: 新加坡协同出版社

Serial Title: Engineering Technology & Management  
ISSN: 2591-7153 (Print) 2591-7161 (Online)  
Language: Chinese  
URL: <https://ojs.s-p.sg/index.php/gcjsygl>  
Publisher: Synergy Publishing Pte. Ltd.

## 《工程技术与管理》征稿函

### Database Inclusion



China National Knowledge Infrastructure



Superstar Journals Database



Crossref



Google Scholar



Asia & Pacific Science Citation Index

### 版权声明 / Copyright

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

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

Synergy Publishing Pte. Ltd.

电子邮箱 /E-mail: [contact@s-p.sg](mailto:contact@s-p.sg)

官方网址 /Official Website: [www.s-p.sg](http://www.s-p.sg)

地址 /Address: 12 Eu Tong Sen Street, #07-169, Singapore 059819



#### 期刊概况:

中文刊名: 工程技术与管理

ISSN: 2591-7153 (Print) 2591-7161 (Online)

出版语言: 华文

期刊网址: <https://ojs.s-p.sg/index.php/gcjsygl>

出版社名称: 新加坡协同出版社

#### 出版格式要求:

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

#### 出刊及存档:

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

#### 作者权益:

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

#### 评审过程:

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

# 工程技术与管理

ENGINEERING TECHNOLOGY & MANAGEMENT

国际标准刊号/ International Standard Serial Number

ISSN : 2591-7153 ( 纸质版 ) / 2591-7161 ( 网络版 )

2024 年 11 月 第 8 卷第 14 期

## 编委会 / Editorial Team

### 主 编 / Editor-in-chief

刘国富 Guofu Liu

齐鲁工业大学 ( 山东省科学院 ) Qilu University of Technology (Shandong Academy of Sciences)

### 编 委 / Editorial Board

朱玉华 Yuhua Zhu

新疆兵团勘测设计院集团股份有限公司 Xinjiang Corps Survey and Design Institute Group Co., Ltd.

姚立东 Lidong Yao

安徽省特种设备检测院 Anhui Special Equipment Inspection Institute

冯瑞 Rui Feng

核工业西南勘察设计研究院有限公司 Nuclear Industry Southwest Geotechnical Investigation & Design Institute Co., Ltd.

卢灵龙 Linglong Lu

浙江广聚建设有限公司 Zhejiang Guangju Construction Co., Ltd.

章瑾 Jin Zhang

同济大学浙江学院 Tongji Zhejiang College

曹江涛 Jiangtao Cao

中国电科网络通信研究院 China Electronics Technology Group Corporation

赵雨 Yu Zhao

中能智新科技产业发展有限公司 Zhongneng Zhixin Technology Industry Development Co., Ltd.

1	关于房屋建筑工程施工现场管理的几点思考 / 韩秉章	34	住宅建筑工程旋挖钻孔灌注桩施工技术的应用研究 / 刘盛
4	柔性支架与刚性支架光伏板风荷载对比研究 / 任磊 闫亚光 程少博 蒋明敏	37	工业企业生产现场质量管理的重要性与有效措施研究 / 姚小强
7	水电工程施工中的质量控制与管理 / 马战文	40	道路建设中软土地基加固技术与施工要点管理 / 陈嘉驰
10	大数据在铁路工程造价管理中的应用及效益分析 / 薛强强	43	高速公路项目中 HET 高性能抗滑表层施工工艺的应用研究 / 胡会茂
13	生态建设与环境工程投融资模式创新研究——绿色金融的应用 / 陆廷谕	46	环氧树脂化工材料生产中的安全与劳动保护 / 李英刚
16	项目管理在房屋建筑工程管理中的重要作用 / 张朋	49	沉井法与倒挂井壁法施工技术经济分析 / 马飞云
19	预应力混凝土筒支梁桥快速施工中预应力损失研究 / 向广林	53	配网调控运行故障处理及恢复技术研究 / 石硕 周治励
22	精镗刀导条材质选择与性能优化研究 / 张天响	56	消防机器人在智慧消防中的应用研究 / 张东辉 戴航 刘金龙 董岩
25	排水工程中新型过滤工艺的应用前景 / 窦耀文	59	地铁盾构施工过程中的地层扰动影响研究 / 何俊峰
28	石化试验装备改造项目施工管理的精益化策略研究 / 高建新	62	新形势下电力工程造价管理与控制分析 / 王兴
31	矿山复杂环境下无人驾驶车辆的障碍物实时检测与避障策略 / 刘闯 周欣欣 马跃 宋兴伟 张天龙	65	输变电工程施工中工程质量管理探讨 / 赵良芳

- 1 Several Thoughts on Construction Site Management of Housing Construction Projects  
/ Bingzhang Han
- 4 Comparison of Wind Load between Flexible and Rigid Supports for Photovoltaic Panels  
/ Lei Ren Yaguang Yan Shaobo Cheng Mingmin Jiang
- 7 Quality Control and Management in Hydroelectric Engineering Construction  
/ Zhanwen Ma
- 10 Application and Benefit Analysis of Big Data in Railway Engineering Cost Management  
/ Qiangqiang Xue
- 13 Research on Innovative Investment and Financing Models for Ecological Construction and Environmental Engineering—The Application of Green Finance  
/ Tingyu Lu
- 16 The Important Role of Project Management in the Management of Housing Construction Projects  
/ Peng Zhang
- 19 Research on Prestress Loss in Rapid Construction of Prestressed Concrete Simply Supported Beam Bridges  
/ Guanglin Xiang
- 22 Research on Material Selection and Performance Optimization of Fine Boring Tool Guide Bar  
/ Tianxiang Zhang
- 25 Application Prospect of the New Filtration Process in Drainage Engineering  
/ Yaowen Dou
- 28 Research on the Lean Strategy of the Construction Management of the Petrochemical Test Equipment Transformation Project  
/ Jianxin Gao
- 31 Real-time Obstacle Detection and Obstacle Avoidance Strategy of Unmanned Vehicles in Complex Mine Environment  
/ Chuang Liu Xinxin Zhou Yue Ma Xingwei Song
- 34 Research on the Application Technology of Rotary Excavation Bored Pile in Residential Construction Engineering  
/ Sheng Liu
- 37 Research on the Importance and Effective Measures of Quality Management in Industrial Enterprise Production Sites  
/ Xiaoqiang Yao
- 40 Management of Soft Soil Foundation Reinforcement Technology and Construction Points in Road Construction  
/ Jiachi Chen
- 43 Application Research of HET High Performance Anti-skid Surface Construction Technology in Expressway Project  
/ Huimao Hu
- 46 Safety and Labor Protection in the Production of Epoxy Resin Chemical Materials  
/ Yinggang Li
- 49 Economic Analysis of Construction Techniques for Sinking Well Method and Inverted Wall Method  
/ Feiyun Ma
- 53 Research on Fault Handling and Recovery Technology for Distribution Network Control Operation  
/ Shuo Shi Zhili Zhou
- 56 Research on the Application of Firefighting Robots in Intelligent Firefighting  
/ Donghui Zhang Hang Dai Jinlong Liu Yan Dong
- 59 Research on the Influence of Geological Disturbance during Subway Shield Tunneling Construction Process  
/ Junfeng He
- 62 Analysis of Cost Management and Control in Power Engineering under the New Situation  
/ Xing Wang
- 65 Discussion on Engineering Quality Management in Power Transmission and Transformation Engineering Construction  
/ Liangfang Zhao

# Several Thoughts on Construction Site Management of Housing Construction Projects

Bingzhang Han

Qingdao Gaoshi Real Estate Co., Ltd., Qingdao, Shandong, 266109, China

## Abstract

With the increasing complexity of construction projects, construction site management is facing unprecedented challenges. Reasonable arrangement of construction processes plays a crucial role in improving project management efficiency, ensuring project quality, and reducing construction risks. This paper explores the scientific arrangement of construction processes, analyzes current problems, and proposes targeted optimization strategies. Through in-depth analysis of resource allocation, process coordination, and dynamic adjustment, clarify the importance of reasonable arrangement of construction processes and their practical application value in engineering.

## Keywords

building construction engineering; construction process; resource allocation; on-site management

## 关于房屋建筑工程施工现场管理的几点思考

韩秉章

青岛高实置业有限公司, 中国·山东 青岛 266109

## 摘要

随着建筑工程项目的日益复杂化, 施工现场管理面临前所未有的挑战。合理安排施工工序在提高项目管理效率、保障工程质量和降低施工风险中起到至关重要的作用。论文围绕施工工序的科学安排进行探讨, 分析当前存在的问题, 提出针对性的优化策略。通过对资源配置、工序协调及动态调整的深入分析, 阐明施工工序合理安排的重要性及其在实际工程中的应用价值。

## 关键词

房屋建筑工程; 施工工序; 资源配置; 现场管理

## 1 引言

随着城市化进程的加速和建筑行业技术的快速发展, 房屋建筑工程项目逐渐呈现出规模大、工序复杂、专业交叉密集的特点。施工现场管理已不再是单一的技术操作, 而成为涉及多个环节的系统化管理活动, 其中施工工序的安排对工程质量和进度起到了决定性的作用。然而, 传统的施工管理方法在面对不断变化的施工环境和复杂的项目需求时, 难以有效协调各类资源和工序。

## 2 加强施工现场管理制度建设

### 2.1 建立健全施工管理制度

在房屋建筑工程施工现场, 管理制度的建立要符合项目的实际需求, 应从施工现场的动态性和复杂性出发, 制定细化到施工各个阶段的管理规范<sup>[1]</sup>。具体而言, 管理制度需

要涵盖施工进度控制和质量的监督, 更需融入风险管理和应急措施的执行标准, 如在高风险工序施工前, 提前设置详细的安全检查清单和应急预案, 通过技术交底和安全教育, 确保每位工人都清楚操作要点和应对措施, 同时, 在制度执行过程中, 要采取实时反馈机制, 以动态调整的方式对制度内容进行优化, 使其始终适应施工现场的实际情况。这样, 管理制度能防范可能出现的问题, 还可以为管理人员提供有效的决策支持, 提升管理的精细化水平。除此之外, 通过制度化的管理流程, 将人、材、机等资源的使用情况与工程进度紧密结合, 可以有效减少资源闲置或重复投入的现象, 例如, 资源调配制度需明确各类资源在不同施工阶段的具体需求量和调度顺序, 并在制度中设定资源使用的检查和审批流程, 保证资源的合理配置。在施工资源调度的关键节点, 如大型设备进场或材料集中采购时, 可通过制度性约束, 要求管理人员提前组织协调, 并定期检查资源消耗情况和库存状况, 确保资源利用率始终处于较高水平。通过针对性地优化施工管理制度, 可以使管理从被动应对向主动管控转变, 确

【作者简介】韩秉章(1996-), 男, 中国山东青岛人, 本科, 从事建筑工程研究。

保制度能够落到实处并产生实际效果。

## 2.2 推行标准化施工流程

标准化施工流程应当细化到每个工序、每个工种的操作规范，并且在实施过程中需建立严格的监督机制，标准化的实施并不只是制定一套统一的工作规程，更需要在执行中通过细化操作流程来应对施工现场的不确定性。例如，在混凝土浇筑作业中，标准化流程应当明确浇筑的顺序和工艺参数，规范浇筑前的材料检查、模板安装的紧固性，以及每个工序间的衔接方式和时限要求，为了确保标准化的效果，这些细节的把控应由专门的质量控制人员通过现场巡查和记录分析的方式来实施，定期进行反馈和调整。推行标准化施工流程还需要对不同项目的特点进行适应性调整，并非一味追求“全局通用”。每个工程项目因规模、环境、施工难度等因素的差异，在实际操作中不可避免地会面临特殊的施工条件。例如，地下室结构施工由于涉及地下水、土层稳定性等问题，其标准化流程应当包含土方开挖的控制、支护结构的加固及防水施工的特别工序设置<sup>[2]</sup>。这种针对性调整的意义在于，使标准化符合技术规范的基本要求，能有效应对施工现场的实际挑战。在此基础上，通过对不同类型项目的流程优化和经验积累，可以逐步形成具有指导意义的标准化施工模板，为后续类似工程提供精细化的流程借鉴和管理方案。

## 2.3 强化安全生产管理

在风险预控方面，应对施工过程中的关键工序和高危作业进行系统性梳理，并建立完善的风险评估机制，风险预控需要落实到现场的实际操作中，通过技术交底、详细的安全操作规程和专门的风险清单，将潜在的危险点逐项识别，并提前制定应对措施。例如，对于高空作业和深基坑施工这样的高危工序，应在实施前进行详细的安全技术交底，明确具体操作步骤、危险源及应急处理方法，同时，要对施工人员进行专项培训，使他们能熟知操作规程，掌握必要的紧急避险技能，这种“过程前置”的安全管理，使得施工安全从事后管理转向事前预防，减少了意外事件的发生概率。

动态监管是强化安全生产管理的另一个关键点。施工现场情况瞬息万变，单靠固定的制度和流程难以应对各种突发情况，因此必须通过实时的现场巡查与监控手段，确保安全管理的灵活性和有效性。在具体操作上，可以建立多层级的现场巡查机制，包括项目管理层、现场管理人员和专职安全员的多级检查制度。每一级检查人员要根据预设的巡查计划对施工安全进行例行检查，具备灵活应对突发问题的能力。例如，管理人员可以借助施工安全监控系统，通过实时监控和数据分析，对关键区域和高危操作进行持续跟踪。一旦发现异常情况，立即启动应急响应机制，通过无线通讯设备指挥现场的安全人员采取措施。

## 3 提高施工人员素质与管理水平

### 3.1 加强人员培训和考核

在培训内容上，应避免泛泛的理论讲解，而是要针对工程中的高风险工序、关键技能和管理要点制定精细化的课程设计，培训的过程需结合具体的工程实际，以案例分析和现场演示为主要形式，使施工人员能够通过真实情境的模拟了解潜在问题和解决方法。尤其是对于新工艺、新设备的使用培训，应做到逐步深入、层层递进，确保每一位参与者能够完成标准操作，理解背后的原理和注意事项。这样的培训体系可以提升技能的应用性，并通过现场互动和答疑，使施工人员在思想上对施工规范有更深刻的认知，真正将培训的效果落实到日常工作中。

考核作为培训的延续，应当将其视为对培训效果的检验和监督机制，简单的纸面考核或操作演示难以全面反映施工人员的实际能力，考核体系需要结合实际施工现场的表现与培训考核结果进行综合评价。尤其是在现场考核中，管理人员可以通过不定期的抽查、实地操作的观摩，评估人员在真实工作场景中的应变能力和操作规范程度。考核结果应作为施工管理优化的依据，例如，通过分析考核中暴露的问题，可以发现培训内容的不足之处，进而调整培训重点，提高培训的针对性和实效性。

### 3.2 实施持证上岗制度

持证上岗制度的意义在于证明施工人员具备必要的技能水平，还在于通过有效的资质管理，建立一套动态的安全保障机制，使施工人员的专业素养和现场要求保持一致。当前，施工现场涉及多种复杂作业，高空、吊装、深基坑等特殊工序频繁交叉，任何人员操作的失误都可能导致重大安全隐患，因此，持证上岗应当严格覆盖所有涉及安全与质量的关键岗位，并建立动态的资质审查与更新机制，以确保施工人员技能水平与实际工程需求相匹配。

在实施过程中，施工技术的快速发展要求持证上岗的标准不断升级，这就意味着，施工人员的资质证书必须定期复审，并接受持续的专业技术培训，以确保其技能水平与最新的施工技术和安全规范同步，例如，针对特种设备操作和危险作业，应要求操作人员在证书到期前进行再培训和考试，以重新评估其操作水平和风险应对能力，这种周期性的资质更新可以促使施工人员不断学习新的技术规范和安全标准，使施工操作始终符合行业的发展要求。

最后，持证上岗制度的实施应当与施工现场的动态管理紧密结合，通过实时的检查和核查机制来监督持证上岗的执行情况，现场管理人员应定期对所有上岗人员的证书进行核验，尤其是在高风险工序和特殊作业的实施前，严格确认施工人员的操作资质和应急处理能力<sup>[3]</sup>。同时，为了防止“持证不持责”的现象发生，应明确规定持证人员在操作过程中的责任界限，如因不当操作或违规行为引发的安全事故，应

追究相关人员的直接责任。

### 3.3 提高管理人员现场管理能力

管理人员的现场决策与执行力,直接影响着工程的质量、安全和进度,因此,提高现场管理能力需要对其专业技能的提升,注重其在复杂施工环境中的应变能力和统筹协调能力,使管理人员能够在面对多变的现场状况时迅速作出合理的判断,并有效组织各项资源和人员,以确保施工活动的有序推进。针对当前现场管理中存在的挑战,管理人员的培养需要从系统化的技术提升和现场应急处置的能力强化两个方面入手,形成长期的能力发展机制。

在技术提升方面,管理人员应具备多领域的专业知识与实践经验,而不应仅局限于某一单一领域的深耕,现场管理中的问题往往涉及多个工种和工序之间的协调,管理人员需要了解工程结构、设备运行、材料特性等多方面的知识,才能有效识别潜在的风险和工序中的瓶颈。这种知识的跨界融合,可以通过持续的技术培训和岗位轮换来实现,使管理人员在不断接触新的施工方法和工艺流程中积累经验,同时,借助于现代化的管理工具,如BIM(建筑信息模型)技术和项目管理软件,能够提升其对工程整体状况的掌握和动态监控的能力。通过在施工方案制定、资源调配以及工程进度控制中的应用,管理人员可以更精确地进行决策,有效减少现场管理中的盲区和信息误差。

在应急处置能力的强化上,则需要管理人员能应对施工过程中的常规问题,在突发情况下的快速反应和协调能力,管理人员在日常的管理中,应通过演练和情景模拟的方式,提升对突发事件的预判和应急决策水平,例如,高风险工序的开展前,可以定期组织管理团队进行应急预案的演练和场景推演,使每位管理人员在不同类型的风险情境中熟悉应对措施,从而在实际事件发生时能够迅速组织人员、调配资源,最大限度降低事故影响。

## 4 优化施工技术与工艺

### 4.1 引入先进施工技术

当BIM技术与装配式建筑工艺结合时,其优势尤为显著,装配式建筑需要高度精确的构件预制和现场快速组装,而BIM技术能够在设计阶段对构件的尺寸、连接节点和工序进行全面的碰撞检测和模拟分析,确保预制构件的精度和施工的顺畅性。同时,BIM还可通过数据共享和实时更新,实现多专业协同设计和施工人员的无缝对接,大幅减少因信息不对称引发的工序返工或延误问题。这种技术集成可以提高施工效率,降低施工过程中的风险和不确定性,确保项目质量的稳定性和可控性<sup>[4]</sup>。引入先进的施工技术还需要与施

工现场的管理机制相适应,随着人工智能和物联网技术的发展,智能化监控系统可以实现对施工现场设备运行状况、材料消耗以及人员作业的实时监测。这种监控不仅限于安全风险的预警,还可以通过对数据的分析和反馈,动态调整资源分配和施工进度,从而提高管理的精细化水平。通过智能监控系统,可以将过去依赖于管理者经验的调度和决策,转化为基于数据的科学管理。

### 4.2 合理安排施工工序

在工序安排上,需充分考虑施工环境、工序间的前后关系以及资源的可获得性。例如,在地下室结构施工中,土方开挖、支护结构和基础施工需要依次进行,但每道工序的推进速度和具体安排应根据实际的土质情况、天气变化以及机械设备的配置情况进行动态调整。若土方开挖过程中遇到地下水或岩石层等意外情况,就必须立即重新评估支护结构的方案并适时调整工序顺序,以避免因条件变化导致工期拖延或安全事故<sup>[5]</sup>。这种动态的工序管理要求在项目启动时进行详尽的施工计划编制,也要在施工过程中保持对现场条件的实时监测和反馈,迅速做出响应措施以优化工序流程,保证施工的顺利衔接和高效完成。同时,不同的工序对人力、机械和材料的需求存在差异,如果安排不当,容易导致资源的闲置或冲突。为避免这些问题,可以采用精益施工管理的方法,将材料供应和机械设备调配与工序进展紧密结合,通过信息化的资源调度系统实现对施工全过程的资源优化。

## 5 结语

综上所述,合理的施工工序安排是建筑工程顺利推进的保障。通过科学规划和动态管理,能够有效解决传统施工管理中的资源浪费和工序冲突问题。随着信息化管理技术的发展,施工工序的安排将朝着精细化和智能化的方向发展。未来,施工现场管理需要进一步深化对工序安排的认识,不断总结实践经验,优化调度策略,以应对日益复杂的工程需求,实现高质量的工程管理目标。

### 参考文献

- [1] 张琦.房屋建筑工程监理现场质量管理研究[J].城市建设理论研究(电子版),2024(23):40-42.
- [2] 宋海鹏.房屋建筑工程施工技术及现场施工管理[J].四川建材,2024,50(7):153-155.
- [3] 金波.房屋建筑工程施工技术及现场施工管理研究[J].中国住宅设施,2024(6):163-165.
- [4] 谢小仙,惠德渊.房屋建筑工程施工现场有效管理[J].工程建设与设计,2024(11):256-258.
- [5] 王屹航,耿杰,张肖,等.房屋建筑工程施工现场安全监督管理措施分析[J].工程抗震与加固改造,2024,46(3):195.

# Comparison of Wind Load between Flexible and Rigid Supports for Photovoltaic Panels

Lei Ren<sup>1</sup> Yaguang Yan<sup>1</sup> Shaobo Cheng<sup>1</sup> Mingmin Jiang<sup>2</sup>

1. School of Civil Engineering, Hebei University of Engineering, Handan, Hebei, 056000, China

2. China Construction Road & Bridge Group Co., Ltd., Shijiazhuang, Hebei, 050001, China

## Abstract

In the context of the growing global demand for renewable energy, the photovoltaic industry is developing rapidly. However, with the expansion of the installation scale, the impact of wind load on photovoltaic systems, especially bracket systems, has become increasingly prominent. Flexible bracket and rigid bracket are the two main structural forms of the current photovoltaic bracket, and they show obviously different characteristics when bearing the wind load. Studying the mechanical properties under different wind load conditions is important to improve the safety and stability of photovoltaic systems. By analyzing the structural characteristics and wind load reaction of the two supports, this paper puts forward feasible design optimization and protection measures to guide the selection and installation of photovoltaic system.

## Keywords

flexible support; rigid support; photovoltaic panel; wind load

## 柔性支架与刚性支架光伏板风荷载对比研究

任磊<sup>1</sup> 闫亚光<sup>1</sup> 程少博<sup>1</sup> 蒋明敏<sup>2</sup>

1. 河北工程大学土木工程学院, 中国·河北 邯郸 056000

2. 中建路桥集团有限公司, 中国·河北 石家庄 050001

## 摘要

在全球可再生能源需求不断增长的背景下, 光伏产业发展迅速, 然而随着安装规模的扩大, 风荷载对光伏系统尤其是支架系统的影响日益凸显。柔性支架与刚性支架是当前光伏支架的两种主要结构形式, 它们在承载风荷载时表现出明显不同的特性。研究两者在不同风载条件下的力学性能对于提高光伏系统的安全性与稳定性具有重要意义。论文通过分析两种支架的结构特点与风荷载反应, 提出切实可行的设计优化及防护措施建议, 以指导光伏系统的选型与安装。

## 关键词

柔性支架; 刚性支架; 光伏板; 风荷载

## 1 引言

光伏发电作为一种清洁能源技术, 已被广泛应用以应对全球气候变化挑战和能源危机问题。然而, 光伏系统的安全性和效率与其抗风表现密切相关。柔性支架和刚性支架各自在适应风荷载方面有着不同的结构特性与响应机制, 前者以轻量化和变形能力见长, 后者则凭借坚固与稳定确保系统安全。研究柔性与刚性支架在风荷载下的力学行为对比, 不仅为支架设计与选型提供理论依据, 还对提高光伏系统在复杂环境下的运行可靠性具有显著意义。通过系统的理论分析, 本研究关注不同支架在承载风荷载时的效能表现, 强调合理选型和防护措施对增强光伏系统耐久性的重要性。

## 2 柔性支架与刚性支架的结构特点

### 2.1 柔性支架的结构特点

柔性支架作为光伏支架的一种创新设计, 以其独特的结构特点在风荷载的适应性上展现了显著优势, 其轻量化结构设计使得柔性支架在面对变幻莫测的风流中能够实现自如的顺应与调整, 有效降低了风载冲击带来的结构应力集中。这种灵活性来自支架材料的高强度与高延展性结合, 使得柔性支架在风荷载作用下通过适度变形实现能量的分散与吸收, 从而保护光伏组件免受结构性损害。同时, 柔性支架的模块化设计为运输和安装提供了便捷, 大幅简化了施工过程, 并降低了人力与时间成本。值得注意的是, 尽管柔性支架在动态环境中具有良好的适应性, 其稳定性需要通过科学的工程设计来确保, 尤其是在极端气候条件下的持久表现。为了充分发挥柔性支架的优势, 工程师在设计时需综合考虑当地风况以及光伏系统的实际需求, 以实现结构系统的

【作者简介】任磊 (1998-), 男, 中国四川南充人, 硕士, 从事结构风致振动与控制研究。

最优性能。柔性光伏支架的生产工艺的制作方法如图1所示。

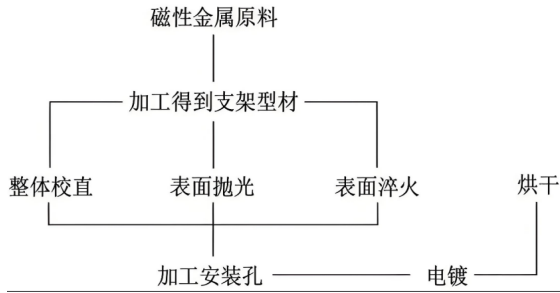


图1 柔性光伏支架的生产工艺的制作方法

## 2.2 刚性支架的结构特点

刚性支架在光伏系统中扮演着基础而关键的角色，其结构特点以稳固和耐久为核心，这类支架通常采用高强度金属材料，如钢或铝合金，以确保在极端气候条件下能够提供足够的支撑与抵抗力。刚性支架的设计重点在于通过稳固的结构框架和坚实的连接确保光伏板在风荷载作用下不发生位移或倾斜。如此设计能够极大地减少由于强风引起的振动和疲劳效应，从而延长系统的使用寿命。从工程视角看，刚性支架的核心优势在于其卓越的抗变形能力，这使得它们在高风速环境中依旧能维持形状和功能的完整。与此同时，这种支架的高承载力和低维护需求进一步突出其在长时间应用中的经济性和可靠性。然而，任何设计均需权衡，刚性支架往往较重且安装相对复杂，可能带来较高的初始成本。考虑其整体优越性，刚性支架尤为适合于需要长期稳定性能的高价值光伏项目<sup>[1,2]</sup>。

## 3 柔性支架与刚性支架的风荷载对比

### 3.1 风荷载作用机制分析

在分析风荷载对柔性支架和刚性支架的作用机制时，必须深刻理解风力与结构之间的复杂互动。对于光伏系统，风荷载是关键的外部力，特别在高风速区域，其作用可能导致结构失效。柔性支架之所以能够在风荷载下发挥优势，主要在于其结构设计允许适度变形和转动，从而有效地分散和吸收风力冲击，这一性质使柔性支架在遇到不稳定的风流时能够迅速进行自适应调整，减少了因风-induced 振动而导致的应力集中现象。相较之下，刚性支架依赖于其坚固的框架来抵抗风荷载，其设计旨在最大限度地减少变形，这种设计策略在面对持续和强烈的风力时能够有效保持光伏板的物理位置和角度，从而确保发电效率。然而，这种坚硬的结构也意味着一旦风力超过某一阈值，有可能会引发突然的应力失衡，导致结构部件的损坏。探讨风荷载对两类支架的影响不仅涉及力学性能，还与空气动力学密切相关。风荷载生成过程中，流体动态行为显著影响着支架的反应。对于每种支架，该反应取决于其固有的结构特征和材料属性。柔性支架适合于风向多变的地形，因为其自适应性可以减少动态压力，而刚性支架则更适用于风向主要一致的区域，通过优化

气动外形以减少阻力和涡流形成，从而降低负面影响。最终，如何选择支架需要从功能、成本和环境特性多角度综合评估，以达到性能的优化和平衡，确保光伏系统的长效可靠，这种复杂动力学机制的剖析有助于指导更科学的支架设计和应用<sup>[3]</sup>。

### 3.2 优缺点分析

在对比柔性支架和刚性支架承受风荷载的优缺点时，可以更深入地剖析它们在不同环境和应用场景中的表现，柔性支架的主要优点在于其卓越的适应性和动态响应能力。面对风荷载的突然变化，柔性支架能够通过自身的结构变形来消散和分配风压，减少了整体结构的应力集中。这种自适应性使其特别适合于存在频繁且不可预测风况的区域，大幅降低了风荷载对光伏板及其连接部分的损害风险。柔性支架的缺点在于其对材料的性能要求较高，以确保其在长时间的动态应力下仍能表现出色的耐久性。在极端风条件下，这种支架可能会面临结构稳定性挑战，尤其在缺乏有效设计和使用次优材料的情况下。刚性支架则以其优越的结构稳定性而受到青睐。其坚固的设计和承载能力能够在较高风荷载作用下保持光伏面板的位置和角度，从而保障长期的发电效率。这种特性使其在稳定一致的风环境下非常可靠。此外，刚性支架通常可容纳更复杂的光伏系统布局，以实现更高的发电效率。缺点则是刚性支架在强风中易产生大的应力集中区域，这可能导致结构的疲劳损坏和安全风险。同时，其较高的重量意味着施工安装过程通常更为复杂，需投入更多的时间和人力成本。

## 4 优化设计与防护措施

### 4.1 支架选型建议

在光伏系统设计中，支架选型不仅影响发电效率，还关系到系统整体寿命和安全性。针对柔性支架与刚性支架的选型，需从环境特性、项目规模、成本控制及长远稳定性等多维度进行综合判断。地理环境因素是选型中的首要考虑。对于多风且风向变化频繁的区域，柔性支架凭借其灵活的结构特点，能够有效应对风压变化，分散和吸收瞬间的冲击力，减少结构疲劳和位移。这样的特性使其在风荷载较大但不稳定的地区表现优异。然而，需要指出的是，在极端风环境下，柔性支架的耐久性和稳定性会受到限制，因此在设计和制造过程中，必须选择高质量的材料，确保其弹性和强度的长期有效性。在风向较为固定且强烈的区域，刚性支架更显优势。其坚实设计使其能够在高风荷载下维持光伏板的高度和角度稳定，防止损坏风险，保障持续的高效率发电。其固有的刚性结构提供了额外的安全保障，使其成为长期项目的理想选择。然而，该类型支架在施工期间需要更多的策划和资源，尤其在地形复杂的场地上，可能面临较高的基础设施成本。从经济视角考虑，选择支架类型还应基于全生命周期的经济性评估。短期来看，柔性支架的初始安装成本可能较低，但

长期维护需要精细的监控以防范结构松动和疲劳。刚性支架的前期投资较大,但其低维护需求和稳定的表现可能在较长时间内带来更大的经济回报。在选型过程中,最终决策需根据具体项目的需求权衡多方面因素,结合专业的工程评估与风险分析,以实现经济效益和运行可靠性的平衡。

#### 4.2 风荷载减缓措施

为了减缓风荷载对光伏支架系统的影响,设计师们必须采用一系列创新的工程技术和策略,风洞实验和计算流体力学分析为设计提供了重要的理论支撑,这些工具使设计师能够模拟各种风力条件下的气流模式,从而优化光伏板和支架的形状,减少风阻和涡流形成。通过调整光伏板的倾斜角度和相对布局,能有效地降低风荷载对整个结构的冲击,合适的角度能够将风力分散,从而减少面板和支架上承受的直接压力。支架材料上,既要考虑重量轻便以减少施工成本,又需保证足够的强度和韧性以承受持续的风力冲击。创新材料如高强度合金和复合材料,提供了很好的选择。这些材料不仅能够承受极端条件下的大风荷载,还具备优异的抗腐蚀性能,适应不同的环境因素。采用加固的连接方式和可调节的节点设计也使得整个支架系统在风力作用下能稍微变形,以吸收和缓解压力,而不至于伤害其整体结构,这种动态应变设计有助于延长系统的使用寿命,并提高抗风性能。在风较大的地区,可通过调整安装的高度或在结构周围设置风屏障,如树木和人工屏风,这些自然和人造屏障能有效削弱风速,使其影响到达光伏系统时显著降低,从而减少风荷载对其工作性能的负面冲击。

#### 4.3 安装与维护策略

在光伏系统中,支架的安装和维护策略对于确保其在风荷载下的稳定性和长期性能至关重要,针对不同的支架类型,这些策略需要因地制宜以适应特定的环境和风力条件。安装过程中,明确地面基础的处理尤为重要。对于刚性支架而言,坚实稳定的基础能够提供必要的支撑力,以抵御强风直接施加的荷载。通常,预制混凝土块或螺旋桩基础常被采用,以增加结构的稳固性和重量。此外,合理的地桩设计及

布置有助于提升整体系统的抗风能力,这对于经常风力强劲的地区尤其关键。相较之下,柔性支架的安装需要更多的灵活性和适应性,由于其结构本身具有一定的弹性,应注重安装角度和方位的调整,以最佳方式缓解风力的影响。确保连接件的牢固性,避免因频繁动态加载导致的松动,是柔性支架安装中的重要环节。抗拉型锚固技术常被应用,以确保结构在遭遇强风时能够保持稳定。在日常维护策略上,定期检查和优化调整是保持光伏系统持久性能的关键。对于刚性支架系统,需定期检查焊接点和螺栓连接处,以确保没有因持续风荷载引发的松动或疲劳现象。还应及时清除支架表面的污垢和腐蚀物,以防止结构材质的劣化。而柔性支架的维护则偏重于对系统动态特性的监控。由于其结构的可动性,需确保所有的移动连接件和滑动部位能够自由运作且无异常磨损,适时润滑和更换磨损部件,可以极大地提升其使用寿命和可靠性,无论支架的具体类型如何,实施智能化的监测系统可以自动检测和报警潜在问题,能在维护策略中提供巨大的优势。

## 5 结语

在光伏系统设计中,合理选择支架类型及优化风荷载防护措施具有重要意义。柔性支架的灵活性和适应性使其在特定条件下能够有效缓解风荷载冲击,而刚性支架因其结构稳定性在高风速情况下显得尤为重要。研究显示,不同的支架结构在抵御风荷载时各具优缺点,应结合实际环境进行综合评估,并通过科学的设计和定期维护确保系统长期安全稳定运行。

#### 参考文献

- [1] 蔡凌飞,朱卫兵,汪秒.浅谈柔性光伏支架的应用[J].工程建设与设计,2024(11):108-110.
- [2] 潘启科,李根森,陈春华,等.光伏支架刚性桩基础设计方法分析[J].武汉大学学报(工学版),2021,54(S2):207-210.
- [3] 郭艳.模板支架承载特性及其节点半刚性研究[D].西安:西安建筑科技大学,2016.

# Quality Control and Management in Hydroelectric Engineering Construction

Zhanwen Ma

School of Mechanical and Electrical Engineering, Foshan University, Foshan, Guangdong, 528000, China

## Abstract

Quality control and management in hydropower project construction is the key to ensure the safe and efficient operation of the project. This paper discusses the current situation of quality control of hydropower projects, including existing problems such as weak construction process and inconsistent quality standards. In order to solve these problems, the paper puts forward the strategies of making fine construction process, formulating strict quality standards, strengthening the training of construction personnel and adopting information means. Through the application of BIM technology, sensors and intelligent management platform and other tools, the all-round monitoring and data collection of the construction process are realized, and the quality and efficiency of the project are significantly improved. This paper provides guidance for the quality control and management of hydropower projects.

## Keywords

hydropower project; quality control; information quality supervision; construction process refinement

## 水电工程施工中的质量控制与管理

马战文

佛山大学机电工程学院, 中国 · 广东 佛山 528000

## 摘 要

水电工程施工中的质量控制与管理是确保工程安全、高效运行的关键。论文探讨了水电工程质量控制的现状, 包括存在的问题如施工流程薄弱、质量标准不统一等。为解决这些问题, 提出了精细化施工流程、制定严格质量标准、加强施工人员培训以及采用信息化手段等策略。通过BIM技术、传感器和智能管理平台等工具的应用, 实现了施工过程的全方位监控和数据采集, 显著提高工程质量和效率。论文为水电工程的质量控制与管理提供指导。

## 关键词

水电工程; 质量控制; 信息化质量监督; 施工流程精细化

## 1 引言

近年来, 随着现代化建设的加速推进和社会对经济效益的追求, 水电工程施工中的质量问题日益凸显, 成为业内关注的焦点。当前, 中国水电工程施工仍存在诸多质量问题, 诸如施工流程薄弱、质量标准不严以及质量事故频发等, 这些问题对工程的长期安全运行构成了严重威胁。然而, 随着管理理论的不完善和科技的广泛应用, 完全有能力针对这些问题进行科学整改和优化, 从而有效提升水电工程施工的质量水平。

## 2 水电工程质量控制与管理现状

### 2.1 中国现存水电工程的质量管理概述

水力发电的工程项目在国家的能源布局中占据核心地

位, 其质量管理的实施关乎每一个工程的安全、高效运行。我国已经在这方面构建了一套跨越设计、建造、运营的全生命周期的质量管理体系, 虽然在实践中仍需面对种种挑战。而这套体系的制定, 离不开国家及地区标准的引导和保障。一般而言, 质量保障体系会包含设定工程质量目标、制定质量保证方案、施工过程的质量管控, 以及项目竣工后的质量检查和验收环节。

在水电工程的管理制度上, 工程质量责任制成为普遍采纳的方式, 确立了各环节责任的主要承担者, 旨在推动各方根据合同及规范要求前进项目。工程监理, 作为第三方的独立监督机构, 在施工进程中实施质量监督与评估, 其角色是无法或缺的。现代水电工程的质量管理逐步引入新科技, 借助信息化的手段, 以提高质量管理的准确性和效益。虽有一定成就, 仍需对质量管理过程中的统一标准的执行、施工环境的复杂性以及技术创新的适应性问题进行深入的探讨, 同样为了不断提升水电工程的质量水准。

【作者简介】马战文(1966-), 男, 中国广东清远人, 本科, 实验师, 从事机电工程实训与教学研究。

## 2.2 水电工程施工中存在的质量控制问题

水电工程施工过程中的质量控制问题主要体现于几个方面。工程设计与实际施工之间的差距常导致施工过程中的质量偏差,这可能源于前期设计图纸的不够详细,或者地质条件的预估不足。施工材料的质量不稳定也对工程质量构成了威胁,供应商资质不一、材料控制不严都可能导致不合格材料的使用。质量控制标准不统一亦是常见问题。不同地区和单位制定的标准存在差异,执行力度也不尽相同,影响了整体工程质量的稳定性。施工人员的技能水平参差不齐亦会对质量产生负面影响,部分从业人员缺乏足够的质量管理意识和专业技术。部分工地信息化程度较低,缺乏实时质量监控手段,使得质量问题难以及时发现与解决。这些因素共同导致了当前水电工程施工质量问题的复杂性和多样化。为确保工程质量,亟需针对这些问题进行系统而科学的整改与优化。

## 2.3 水电工程施工中的问题分析

当前,水电工程施工中,施工规范执行不到位、质量检测体系不完善、施工队伍技艺水准参差不齐等问题广泛存在,这些问题直接影响了施工质量,并导致隐患积累。部分工程采用的传统管理方法已难以应对现今工程的规模、复杂性以及动态变化,显得力不从心。同时,信息化程度不足也导致信息流通不畅,成为妨碍质量管理及时反馈的重要因素。应对这些问题,对所有参与者来说,需要更高的重视与运用更科学的管理方式,以便工程质量能有稳定的提高。

## 3 水电工程质量控制与管理策略

### 3.1 施工流程精细化的意义与实施

水电工程质量管理中,精细化施工流程的重要性不可忽视。借助精细化流程,各项施工环节能紧密连贯,对质量风险的控制显得更为有力。在具体操作中,精细化管理推行对施工各环节的详尽规划,明晰的职责划分,同时必须设定严厉的操作规程和质量规范。这不仅关乎施工方式的优化,还涉及资源的恰当分配和时间的准确掌控,人为失误的概率也将因此降至最低。

要实现精细化施工流程,先进的技术应用显得尤为重要,如BIM(建筑信息模型)技术,它能为工程的各个方面提供全方位的信息支持。借助信息的整合和动态管理,施工者能随时准确获知工程的进度和质量现状。使用传感器和无人机等技术实施现场监控和数据采集,可以进一步提高施工的精确度与安全性。

精细化流程的实施还需高效的沟通与协调机制,以确保各部门、各工种之间信息畅通,提高整体施工效率。在这种综合管理体制的支持下,水电工程施工将能够更好地满足质量标准,为工程的长久使用奠定坚实基础。

### 3.2 实行严格的质量标准与效果验证

对提高水电工程施工质量,制定严格的质量标准可视

为关键。此标准源于对现有质量标准的深究,识别出深度影响工程质量的因素,从而引出施工规范实质。这些多角度的标准,覆盖了从材料选择,施工工艺到检测方法等环节,都明确列出了每个阶段的操作指南和规定约束。施工生产全过程都渴求严紧贯彻这些标准,并应搭配实时监视和阶段性审查以保证标准的真实执行。效果的检验显然是确认质量标准的有效手段,也是必不可少的环节。阶段性的质量评估和最终的项目验收,有助于及时发现问题且进行更改,保证每个阶段都细致到达预期的质量水平。通过历史工程数据的分析,可以验证质量标准的适用性和有效性,从而为后续项目提供有力的经验支持。如此明确的质量标准和科学的验证方法,形成一套稳固的质量管理体系,为水电工程的持续高质量奠定基础。

### 3.3 施工人员的质量管理培训与效果评估

施工人员的质量管理培训是确保水电工程质量的重要环节。通过系统化的培训计划,施工人员能够掌握最新的技术规范和质量标准,从而在实际操作中有效落实质量控制措施。培训内容通常包括工程施工质量标准、常见质量问题及其防控措施,以及应急处理技术等。定期组织质量管理培训,还能提高施工团队的整体素质和协作能力,从而减少施工过程中可能出现的质量问题。培训效果的评估则可通过施工质量检测数据、返工率及工程验收合格率等指标来进行,以确保培训内容的实效性与针对性。

## 4 信息化在水电工程质量控制中的应用

### 4.1 信息化质量监督的内容与形式

运用现代科技和信息技术发展的精华,水电工程的质量管理水平已得到了大幅度的提升。信息化手段实时监测水电工程施工现场,包括材料使用、施工进度和天气条件等,以数字形式展现重要数据。这不仅能及时发现潜在质量问题,还为后续施工改善提供科学依据。信息化的反馈机制确保信息快速传播,使施工者能迅速应对问题。

信息化质量监督的形式多样,包括使用传感器、无人机和智能管理平台等。这些技术工具协同工作,以实现施工现场的全方位监控。传感器可以无缝集成到建筑材料中,实时提供质量数据。无人机技术则可以从空中掌握施工全景,提供现场的直观信息。智能管理平台汇总并分析各种数据,生成可视化报告,为决策提供科学依据。

### 4.2 信息化管理提高工程质量与效率的案例分析

信息化管理通过实时监测系统,可以全面掌握施工过程中的各项参数,确保施工活动在受控状态下进行。施工中的数据可以通过信息化平台进行集成和分析,为质量分析与决策提供可靠的依据。信息化工具还能够优化资源配置,减少人为失误,提高施工过程的透明度和可追溯性。在国内某大型水电工程项目中,应用信息化管理系统后,工程质量合格率显著提高,施工周期缩短近20%。此案例充分证明了

信息化管理在水电工程质量控制中的重要性及实效性，并为行业未来实现智能化转型提供了有力支持。

### 4.3 信息化质量监督在现代水电工程中的挑战与对策

信息化质量监督在现代水电工程中面临多重挑战。这些挑战包括技术系统的不稳定性和复杂性，导致数据采集和监控的准确性问题。不同信息化系统之间的兼容性不足，也限制了有效的数据共享与综合分析。信息化技术在现场实施过程中，能力培训不足可能造成使用不当。针对这些挑战，应采取多方面的对策。需加强技术支持和服务体系的建设，确保技术系统的稳定性与可靠性。推动标准化数据接口的开发，以实现系统间的数据无缝对接和整合。通过持续的人员培训与技术指导，提升施工人员的技术操作能力，从而更有效地利用信息化手段进行质量监督。

## 5 水电工程质量控制与管理的未来发展

### 5.1 未来水电工程质量管理的新需求

随着社会的发展和技术的进步，水电工程质量管理面临新的需求。这些新需求不仅源于工程规模和复杂性的增加，还由于公众对环境保护和工程安全的关注度提升。在未来的水电工程中，更加个性化、复杂化的设计方案将被广泛应用，这要求质量管理策略能够灵活应对不同项目的特殊需求。气候变化带来的不确定性以及极端天气频发也对水电工程的耐久性和风险控制提出了更高要求。为此，质量管理需要整合多项先进技术手段，如大数据分析、人工智能以及物联网技术，从而实现施工全过程的实时监控和动态调整，以保证在任何条件下均能保持工程质量的稳定性和可靠性。

### 5.2 提出更高层次的水电工程质量管理策略

在追求更高层次的水电工程质量管理策略中，需考虑充分引入先进的工程管理理论和智能化技术。通过引进全球领先的工程质量管理体系，加强与国际标准的接轨，推动水电工程完工质量的提升。大数据和人工智能技术的有效结合，将实现施工质量的实时监控和预测分析，从源头上控制质量问题的发生。强调构建全员参与的质量文化，使质量管理从专人负责扩展到全体工作人员的日常实践中，而非简单的流程监督。重视生态环境的保护和工程可持续发展的要求，建立绿色工程评估标准，把绿色建筑理念融入质量管理体系。有效协调与各方利益相关者的关系，实现多方共赢，

借助信息化平台，促进透明化管理，以提升整体工程效率与质量水平。质量管理水平的提升还需政策法规的明晰与支持，确保先进策略的落地实施。在此基础上，实现水电工程质量目标与社会责任的双重平衡。

### 5.3 对未来水电工程质量管理期望与建议

未来水电工程的质量管理应满足更高的标准，以适应生态环境、技术创新和人力资源发展的新需求。应不断加强先进材料和工艺的研究与应用，推动由传统经验管理向数据驱动的智能管理过渡。施工单位应致力于优化人才梯队结构，提升从业人员的整体素质，以确保高水平的质量控制。同时，建立涵盖工程设计、施工到运维监测的全生命周期质量管理体系至关重要，以实现全过程的质量保障。此外，政府与行业协会应制定更为完善的法律法规，推动行业内的合作与创新，并通过国际合作汲取先进管理经验，共同提升我国水电工程的全球竞争力。

## 6 结语

本研究着重探讨了水电工程施工中的质量控制与管理问题。我们从真实工场的问题出发，深入探讨了如何使用科学的管理理论和方法对水电工程质量进行更好的管理与控制。研究发现，通过细化施工流程、设置严格质量标准、加强施工人员的培训，以及采用信息化手段进行质量监督和管理，都能有效提高工程质量和工程效率。然而此研究也有其局限性。对于特定工程条件下的具体质量控制与管理策略，仍需具体问题具体分析。未来的研究将在此基础上，逐一探索多种工程环境下的最优质量管理方案。总的来说，当前的研究为水电工程的质量控制与管理提供了新的理论依据与实践手段。在未来，我们需要大量的工程实例去检验、修正我们的研究成果，以形成更符合中国水电工程的质量控制与管理模型。这项工作将为满足更高的水电工程质量保证和使用需求，提供强有力的支持。

### 参考文献

- [1] 张春红. 水利水电工程施工质量控制与管理[J]. 科学与财富, 2019(5):219.
- [2] 黄卓. 水电工程质量监督信息化管理[J]. 低碳世界, 2020, 10(9): 100-101.
- [3] 王吉. 水利水电工程质量控制探讨[J]. 中国科技期刊数据库工业 A, 2020(1).

# Application and Benefit Analysis of Big Data in Railway Engineering Cost Management

Qiangqiang Xue

China Railway Bureau Line Bridge Company, Langfang, Hebei, 065200, China

## Abstract

With the continuous development of science and technology, big data technology has become an important tool for all walks of life, and railway engineering cost management is no exception. The paper explores the application of big data in railway engineering cost management, collects and analyzes numerous railway engineering cost data using big data technology, and establishes an accurate cost prediction model; Introducing big data technology into railway engineering for real-time monitoring of project progress has improved engineering efficiency and reduced engineering risks. The results show that the application of big data technology in railway engineering cost management can not only improve the accuracy and efficiency of railway engineering, but also help to reduce the engineering cost and risk, and realize the optimal management of engineering projects. Through the analysis of the benefits of project cost management, we find that big data technology can bring significant economic and social benefits, and provide strong technical support for the sustainable development of railway engineering.

## Keywords

big data; railway project; cost management; project progress monitoring; project optimization; economic and social benefits

# 大数据在铁路工程造价管理中的应用及效益分析

薛强强

中铁三局线桥公司, 中国·河北 廊坊 065200

## 摘要

随着科技的不断发展, 大数据技术已经成为各行各业的重要工具, 铁路工程造价管理也不例外。论文针对大数据在铁路工程造价管理中的应用进行探究, 利用大数据技术收集并分析了众多的铁路工程造价数据, 并建立了精确的造价预测模型; 将大数据技术引入铁路工程中进行工程进度的实时监测, 从而提高了工程效率并减轻了工程风险。结果表明, 大数据技术在铁路工程造价管理中的应用不仅可以提高铁路工程的精确度和效率, 也有助于降低工程成本和风险, 实现工程项目的优化管理。通过对工程造价管理的效益分析, 我们发现大数据技术能带来显著的经济效益和社会效益, 为铁路工程的持续发展提供强有力的技术支撑。

## 关键词

大数据; 铁路工程; 造价管理; 工程进度监测; 工程项目优化; 经济社会效益

## 1 引言

当前, 随着科技的快速发展和智能化水平的提升, 大数据技术日益成为现实生活中不可忽视的一部分。大数据技术以其独特的优势在各行各业中找到了广泛的应用, 铁路工程造价管理领域也开始逐步引入大数据技术。这一技术的引入, 不仅可以提高铁路工程的精度, 提升效率, 而且还可以帮助降低工程施工成本和风险, 实现铁路工程项目的优化管理。在铁路工程造价管理中, 预测准确是至关重要的, 利用大数据技术收集和分析大量的铁路工程造价数据可以为造价预测提供坚实的支撑, 建立精准的造价预测模型。此外,

大数据技术还可以实现铁路工程的实时监控, 及时发现并应对工程进度中可能出现的问题, 从而有效地提高工程效率, 降低工程风险。尽管大数据在铁路工程造价管理中的应用为提升工作效率和精度提供了可能, 但对其效益的科学和实证辩证分析仍是迫切需要的。

## 2 大数据技术与铁路工程造价管理

### 2.1 大数据技术概述

大数据技术作为现代信息技术的核心组成部分, 正在以迅猛的速度推动各个行业的创新性发展<sup>[1]</sup>。其基本特征体现在数据规模的大量性、数据类型的多样性、处理速度的高效性和数据价值的深度挖掘能力上。随着数据的快速积累和计算能力的提升, 大数据正在从传统的静态数据分析向动态、实时的数据处理转变, 这为铁路工程造价管理带来了新

【作者简介】薛强强(1989-), 男, 中国甘肃通渭人, 本科, 工程师, 从事铁路工程造价研究。

的机遇和挑战。

大数据技术主要包括数据采集、存储、分析和可视化等环节。在数据采集阶段,高效的数据采集工具和传感器网络能够获取广泛的数据来源,为后续分析提供基础。数据存储方面,云计算和分布式存储技术的应用使得大规模数据的存储成为可能,为铁路工程项目提供了可靠的数据基础设施。分析环节中,机器学习和数据挖掘技术通过对海量数据的分析和处理,揭示数据背后的规律趋势,为工程管理决策提供科学依据<sup>[2]</sup>。可视化手段则通过直观的数据展示,帮助工程管理者更好地理解 and 利用数据,提高决策的准确性和效率。

在铁路工程造价管理中,大数据技术不仅仅是一个技术工具,更是变革和优化管理流程的关键推动力。它的应用促进了更精确的造价预测、优化了资源配置、提高了风险监测能力,为铁路工程项目的成功实施提供了重要的技术保障。

## 2.2 铁路工程造价管理的发展与挑战

铁路工程造价管理是确保铁路项目经济性、可行性和顺利实施的重要环节<sup>[1]</sup>。随着铁路工程的规模不断扩大和复杂性增加,造价管理面临着诸多挑战。传统造价管理方法往往依赖于经验判断和历史数据,难以应对现代铁路工程中大量且复杂的数据处理需求,这可能导致造价估算不准,造成资金浪费或者预算超支。工程项目的动态变化也使得实时监控和调整造价成为必要,这对信息传递的及时性和准确性提出了更高的要求。而且,铁路工程涉及多个利益相关者,各方的协调和信息共享对于造价管理的透明性和科学性也提出了挑战。信息孤岛、数据不一致和沟通不畅的问题,可能导致决策延误和造价偏差。通过大数据技术,能够更有效地克服这些挑战,提高造价管理的精度与效率,将这些挑战转化为发展机遇,为铁路工程的持续创新提供支持。

## 2.3 大数据在铁路工程造价管理中的应用

大数据技术在铁路工程造价管理中的应用主要体现在数据收集、分析和决策支持等方面<sup>[3]</sup>。在数据收集阶段,通过物联网设备和传感器网络,可以获取工程项目全过程的大量数据,包括材料使用情况、施工进度、设备运行状态等。这些数据经过清洗、整合和分析后,形成了完善的数据基础支持铁路工程造价的精细化管理。利用大数据分析工具,实现对历史造价数据的深度挖掘,建立预测模型,提高造价预测的准确性和可靠性。在决策支持层面,基于实时更新的数据和预测分析,有助于工程各方及时进行决策调整,优化资源配置,减少成本浪费,提高管理效率和施工质量。这些应用显著提升了铁路工程造价管理的科学性和有效性。

# 3 大数据在铁路工程造价预测和进度监测中的应用

## 3.1 基于大数据的铁路工程造价预测

基于大数据的铁路工程造价预测在铁路工程项目管理

中已成为关键环节。大数据技术通过对海量历史数据的收集、整理和分析,可以有效提高造价预测的准确性。在铁路工程中,造价预测是项目决策和成本控制的重要依据,而传统的预测方法往往受限于数据样本的规模和建模方法的复杂性。大数据技术的引入则突破了这些限制。

通过对不同项目数据的全面收集和挖掘,发现隐藏在大数据中的规律成为可能。机器学习和数据挖掘技术在大数据中广泛运用,尤其是在非线性关系的处理方面,能通过算法自动识别复杂的模式和趋势。利用这些模型进行造价预测时,不仅考虑到项目本身的特性与需求变化,还能综合地分析外部环境因素,如市场波动、政策变化等,从而使预测结果更贴合实际。

大数据技术还能对实时输入的数据进行动态更新,使造价预测具备实时调整的能力。这有助于及时纠偏原有预算,避免造价的超支风险,提高预算管理的科学性和灵活性。通过大数据驱动的预测系统,企业可以更加从容地应对铁路工程项目中的各种不确定因素,确保项目在预算范围内高效推进。

## 3.2 利用大数据进行工程进度的实时监测

大数据技术在铁路工程进度实时监测中发挥了显著作用,通过对各类传感器设备、地理信息系统及其他数据来源的集成与分析,实现对工程进度的精准监控。实时数据采集与传输技术使得施工现场的实际进度可以被即时捕捉,并通过大数据平台进行分析。数据分析模型能够有效识别施工过程中的潜在问题,为工程管理者提供预警信息,从而及时调整施工计划,确保项目的如期推进。

通过对历史数据及现状数据的对比分析,大数据技术能够揭示影响工程进度的关键因素,如材料供应、设备可用性以及人员配置等。这种动态的监测方式不仅提升了对工程进度的把控精度,也显著减少了由于信息滞后或不完整造成的管理风险。实时监测系统可以通过数据可视化技术,提供直观的施工进度展示,方便各层级管理人员快速掌握工程动态。大数据在工程进度监测中的应用,不仅提高了整体工程管理的效率,还为铁路工程的规范化、智能化发展奠定了基础。

## 3.3 大数据对铁路工程效率和风险的影响

大数据技术在铁路工程造价管理中显著提升了工程效率和降低了风险,通过对海量数据的深入分析,大数据能够优化资源配置,提升决策精度,有效减少建设周期和成本投入。实时数据监测系统使得工程进度得以动态调整,能够快速识别和解决潜在问题,减少延误和超支的可能性。大数据技术促进了施工过程的透明化,降低了信息不对称的风险,有助于增强各方协作,确保工程顺利推进。在风险控制方面,通过对历史数据的分析,大数据技术能够预测潜在风险,实现风险的早期识别和预防措施的及时实施,从而保障工程的安全与稳健发展。

## 4 大数据在铁路工程造价管理中的效益分析

### 4.1 基于大数据的铁路工程造价管理经济效益分析

大数据技术在铁路工程造价管理中带来了显著的经济效益。通过应用大数据技术,铁路工程造价管理的精确度得到了极大提升。大数据能够快速处理和分析大量的历史造价数据,建立起精确的造价预测模型。这种高精度的预测能力有效减少了工程预算的误差,从而降低了工程超支的风险。工程成本得以显著控制,预算得以优化配置,达到了经济效益的最大化。

在施工过程中,大数据技术同样发挥了重要的作用。工程进度和资源消耗的实时监测通过大数据平台进行,使得项目管理者能够及时获取工程动态信息,做出迅速反应。这种实时监控大大降低了由于施工延误造成的经济损失,保证了施工的顺利进行。通过大数据分析所获得的优化方案,有效提升了资源调配效率,降低了不必要的消耗,进而进一步削减了工程成本。

对于大型铁路工程项目而言,施工过程中的风险一旦转化为现实问题,将会导致巨大的经济损失。大数据技术提供的风险预测和分析工具可以提前识别潜在风险,制定相应的预防措施,从而显著降低了风险发生的概率。大数据在铁路工程造价管理中的应用不仅提升了项目的经济效益,也是实现项目总体目标的有力保障。

### 4.2 大数据带来的社会效益分析

大数据技术在铁路工程造价管理中的应用,不仅在经济方面产生显著效益,还带来了重要的社会效益<sup>[1]</sup>。通过提高铁路工程的透明度和精确度,大数据增强了公众对铁路建设项目的信任感,改善了政府、施工单位与公众之间的沟通。这种透明度有助于减少腐败现象,并提高管理决策的科学性和公信力。

大数据技术的应用提升了铁路建设工程的安全性。实时监测和数据分析帮助提前预警潜在风险,减少事故发生率,保障了施工人员与公众的人身安全。这种安全性提升不仅直接保护了生命财产,还间接减少了社会因事故造成的经济负担。

通过优化资源配置和环境监测,大数据技术促进了绿色施工。能源和材料的高效利用减少了环境污染,符合可持

续发展的社会需求。铁路作为公共交通的重要组成部分,其建设效率的提升促进了交通便捷性,拉动了区域经济发展,提高了人民生活水平。

### 4.3 工程项目优化与大数据的关系

大数据在铁路工程造价管理中的应用,通过其数据分析和模式识别能力,推动了工程项目的优化。大数据技术能够迅速整理和分析庞杂的数据集,提供准确的成本和进度预测,为工程决策提供科学依据。这种能力显著改善了资源分配和风险控制,提升了项目实施的灵活性和适应性。通过对历史数据的挖掘和分析,能够识别潜在的问题和优化空间,从而有效减少浪费,降低成本。在项目管理中,借助实时数据监测,可以实现动态调整,确保项目按期高效完成。

## 5 结语

本次研究对大数据技术在铁路工程造价管理中的应用展开深入探讨,通过构建精确的造价预测模型和引入大数据技术进行实时监测,得出大数据技术可显著提升铁路工程的精确度和效率,降低工程风险并优化管理的结论。此外,结果表明,大数据技术在铁路工程造价管理中的应用能带来显著的经济效益和社会效益,为铁路工程的持续发展提供了强有力的技术支撑。然而,值得注意的是,尽管大数据技术在铁路工程造价管理中的应用已取得明显成效,但如何保障数据的真实性和完整性,以及如何解决数据分析过程中的复杂问题等,都是目前研究还需进一步探讨和解决的问题。未来,我们将在此研究基础上继续深化对大数据技术在铁路工程造价管理中的应用研究,寻求更为精细化和高效的管理方法,希望能为我国铁路工程的高效管理和持续发展贡献更多智慧和力量。

### 参考文献

- [1] 《铁路工程技术与经济》编辑部.《铁路工程造价管理》刊名变更为《铁路工程技术与经济》[J].铁路工程技术与经济,2022,37(2):F0002.
- [2] 郝嘉璐.铁路工程造价管理措施分析[J].百科论坛电子杂志,2019(24):543-544.
- [3] 尹松久.铁路工程造价管理与控制分析[J].建筑技术开发,2019,46(2):102-104.

# Research on Innovative Investment and Financing Models for Ecological Construction and Environmental Engineering—The Application of Green Finance

Tingyu Lu

Beijing Jinzhun Consulting Co., Ltd., Nanning, Guangxi, 530029, China

## Abstract

Green finance, as an important tool for promoting environmental protection and sustainable development, is increasingly being applied and influenced in the fields of ecological construction and environmental engineering. This paper discusses in detail the definition, role, and practical application of green finance in environmental protection projects, especially how to effectively promote the fundraising and implementation of ecological projects through innovative financial tools and investment and financing models such as green bonds and green funds. At the same time, the paper also analyzed the main challenges faced by green finance, including insufficient funding, regulatory deficiencies, and technological risks, and proposed multiple strategies to promote its development, such as improving policy driven and market mechanisms, innovating risk assessment and management, and establishing diversified financing platforms. These measures aim to provide more stable and sustainable support for environmental protection and sustainable development, and promote coordinated progress between the economy, society, and the environment.

## Keywords

ecological construction; environmental engineering; investment and financing mode; green finance

# 生态建设与环境工程投融资模式创新研究——绿色金融的应用

陆廷谕

北京金准咨询有限责任公司, 中国·广西南宁 530029

## 摘要

绿色金融作为推动环境保护与可持续发展的重要工具, 其在生态建设与环境工程领域的应用和影响日益显著。论文详细探讨了绿色金融的定义、作用及其在环保项目中的实际应用, 尤其是如何通过创新的金融工具和投融资模式, 如绿色债券、绿色基金等, 有效推动生态项目的资金筹集与实施。同时, 论文也分析了绿色金融面临的主要挑战, 包括资金不足、监管缺失及技术风险等, 并提出了多项策略以促进其发展, 如完善政策驱动与市场机制、创新风险评估与管理, 及建立多元化融资平台。这些措施旨在为环境保护和可持续发展提供更为稳定和持久的支持, 推动经济、社会与环境的协调进步。

## 关键词

生态建设; 环境工程; 投融资模式; 绿色金融

## 1 引言

绿色金融是近年来备受关注的热门话题, 它旨在通过资金的有效配置和引导, 推动环保产业的发展, 促进生态保护和可持续发展<sup>[1]</sup>。同时, 生态建设与环境工程领域的投融资模式也日益受到重视, 其对于生态环境的改善和可持续发展起着至关重要的作用<sup>[2]</sup>。论文旨在探讨绿色金融在生态建设与环境工程领域的应用, 深入研究其投融资模式创

新, 并总结未来发展的趋势与挑战。

随着全球环境问题日益严重, 绿色金融作为支持生态保护和可持续发展的有效金融工具正逐渐崭露头角。绿色金融在引导资金向清洁能源、环境保护等领域投向方面发挥着重要作用, 为实现绿色发展目标提供了重要支持。同时, 生态建设与环境工程的投融资模式创新也成为行业内的热点议题, 促进了生态工程项目的推进和实施, 为改善环境质量和保护生态环境提供了新的路径和思路。

论文旨在深入分析绿色金融在生态建设与环境工程领域的应用, 探索其对投融资模式的影响和促进作用, 旨在为相关研究和实践提供新的思路 and 方向。通过对绿色金融和生态工程投融资模式的研究, 有助于完善相关政策和机制, 促

【作者简介】陆廷谕 (1988-), 男, 侗族, 中国广西来宾人, 本科, 工程师, 从事政府/企业投资项目评估咨询、片区开发研究。

进生态建设和环境工程领域的可持续发展,实现经济增长与环境保护的双赢局面。

## 2 绿色金融概述

### 2.1 绿色金融的定义和范围

绿色金融,指的是支持环境改善、气候变化缓解与适应措施,以及促进可持续经济和社会发展的金融活动<sup>[1]</sup>。这些活动包括投资于可再生能源、节能减排项目、清洁交通系统、水资源和废物管理等领域。绿色金融的工具和产品涵盖了绿色债券、绿色基金、绿色信贷以及环境风险评估服务等,旨在通过金融市场力量解决环境问题。

### 2.2 绿色金融在环境保护和可持续发展中的作用

在环境保护和可持续发展方面,绿色金融发挥着重要作用。其一,绿色金融有助于解决环境问题,促进生态环境保护。通过将资金投向环保技术研发、污染治理和资源循环利用等项目,绿色金融可以有效减少大气污染、水土流失等环境问题,改善生态环境质量。其二,绿色金融推动了可持续发展目标的实现。投资于可再生能源、能效改进等项目不仅可以减少对有限资源的依赖,还可以促进经济的绿色转型,推动实现经济增长与环境保护的双赢。

### 2.3 绿色金融的发展现状及趋势

全球绿色金融市场正在快速发展中。根据国际能源机构的数据,绿色投资正在增长,尤其是在可再生能源和能效项目方面。国际合作也日益加强,如巴黎协定下的绿色气候基金(GCF)和多边开发银行的各种绿色融资计划。此外,一些国家和地区已经建立了完善的绿色金融体系和政策框架,如中国的绿色信贷指导原则和欧洲联盟的可持续金融策略。然而,绿色金融的发展也面临诸多挑战,包括资金不足、缺乏统一的评估标准以及市场和政策的不确定性。

## 3 生态建设与环境工程投融资模式创新

### 3.1 生态建设与环境工程投融资模式的基本特点

生态建设与环境工程投融资模式具有几个显著特点:首先,这类投融资通常需要大规模的资金投入,且投资回报周期较长。其次,由于涉及的项目常常与公共利益密切相关,因此政府的参与和政策支持是不可或缺的。最后,这些项目往往具有较高的社会和环境效益,但经济回报可能不如传统投资项目直接。因此,创新的财务结构和激励机制是推动这些项目成功的关键。

### 3.2 投融资模式在环境工程领域中存在的问题和挑战

当前环境工程投融资模式面临多重挑战。资金不足是一个主要问题,尤其是在发展中国家,由于资本市场不成熟,难以吸引足够的私人资金。此外,缺乏风险分担机制也使得私人投资者对高风险的环境项目望而却步。再者,环境项目的复杂性和不确定性增加了评估和管理的难度,这对投融资决策构成了额外挑战。

### 3.3 通过绿色金融手段创新生态建设与环境工程投融资模式

绿色金融提供了多种工具和机制,可用于创新和优化生态建设与环境工程的投融资模式。首先,通过发行绿色债券和绿色基金,可以为这些项目提供稳定的资金来源。此外,实施结果导向的融资策略,如通过绩效挂钩的贷款和补贴,可以激励项目的高效执行和创新。最后,建立专门的绿色投资银行或基金,可以专注于为环境和生态项目提供专业化的金融服务和管理。

通过以上措施,可以有效地解决当前环境工程投融资领域的诸多问题,推动生态建设与环境工程的可持续发展。这不仅有助于加速环境保护项目的实施,还可以促进相关行业的经济增长和技术创新。

## 4 绿色金融在生态建设和环境工程中的应用

### 4.1 绿色金融在生态建设和环境工程项目中的具体应用案例分析

绿色金融在生态建设和环境工程领域的应用展现了显著的效果和积极的影响,具体体现在以下几个方面:①绿色债券项目:政府和企业通过发行绿色债券筹集资金,投向如可再生能源、水资源管理等生态建设和环境工程项目。这类债券不仅吸引环保投资者,也为生态保护和可持续发展提供必要的资金支持。②绿色基金投资:众多绿色金融机构设立了专门的绿色基金,专注于生态环保和环境工程项目的投资。这些基金促进了技术创新和资源的优化配置,加速了项目的实施和发展。

总体而言,绿色金融在推动生态环境保护 and 可持续发展方面发挥了重要作用。通过引导资金流向绿色产业,不仅提高了环境保护的效益,还促进了环保技术的创新和应用,进一步推动了生态建设和环境工程的发展。

### 4.2 绿色金融的优势和潜力

绿色金融作为推动生态建设与环境工程领域发展的重要工具,其潜力在多个方面得到了体现,尤其是在促进可持续发展、提高投资效益及推动技术创新等关键领域。

首先,绿色金融通过资金的有向引导,强化了对环保和可持续项目的支持。这种金融模式不仅关注经济回报,更加重视社会责任和环境保护,推动经济、社会和环境三者的协调发展。通过支持例如清洁能源、水资源管理以及废物循环利用等项目,绿色金融助力实现了全球可持续发展目标。

其次,绿色金融为投资者提供了具有吸引力的投资机会。这些投资不仅响应了全球环保趋势,还能带来稳定的回报和长期的盈利空间。随着社会各界对环境问题的重视日益增加,绿色项目投资的市场需求持续扩大,使得绿色金融成为资本市场中一块增长迅速的领域。

最后,绿色金融激励了环保技术的研发和商业化应用。

特别是在清洁能源、节能减排等关键领域，绿色金融的资助和投资推动了新技术的开发和应用，不断提升产业的整体竞争力。例如，通过绿色债券和绿色基金等金融产品，可以为开发新的节能材料或者提升现有能源效率的技术提供资金支持。

### 4.3 面临的挑战

绿色金融作为推动可持续发展的关键工具，在全球范围内逐渐受到重视。然而，在推广过程中也遇到了一系列复杂的挑战，这些挑战需要系统的解决策略来克服。

#### 4.3.1 资金不足

许多环保和可持续发展项目通常需要巨额的初期资金投入，而这些投资往往在短期内无法产生直接的经济回报。例如，建设大型太阳能发电站或风力发电场不仅成本高昂，而且从投资到产出有一个较长的时间跨度。这种高投入与慢回报的特点使得许多传统投资者在风险与收益之间难以做出决策，从而犹豫不决。为了缓解这一问题，需要更多创新的金融工具和政府激励措施来降低前期投资的经济压力。

#### 4.3.2 缺乏有效监管

尽管绿色金融市场在扩张，但全球尚缺乏一个统一且有效的监管框架来规范和认证绿色金融产品。不同国家和地区在绿色金融的标准和认证方面存在差异，这不仅限制了投资者对这类金融产品的信任度，也使得市场在监管上存在漏洞。例如，“绿色洗钱”现象时有发生，其中一些项目或企业虚假宣称自己的活动是“绿色”的，以获取资金或税收优惠。这种现象削弱了真正的绿色金融项目的效力和公信力。

#### 4.3.3 技术风险

在生态建设和环境工程项目中，许多都依赖于先进的技术解决方案，如清洁能源技术和高效节能材料。这些技术往往具有较高的失败风险，尤其是在新技术初期阶段。技术的不成熟可能导致项目成本超支、效率低下甚至项目失败，增加了金融产品的不确定性和投资者的顾虑。

## 5 投融资模式创新策略

在绿色金融框架下，针对生态建设与环境工程的投融资模式，本节探讨三个主要方面：政策驱动与市场机制的完善、风险评估与管理机制的创新，以及多元化融资平台与合作机制的建立。通过这些策略，旨在为环境项目提供稳定、可持续的资金来源，并促进生态环境保护的长远发展。

### 5.1 政策驱动与市场机制的完善

政策支持是推动绿色金融发展的关键因素。政府应制定具体政策，鼓励金融机构和投资者向绿色项目投资。这包括提供税收优惠、财政补贴和低利率贷款等激励措施。此外，建立健全的绿色评级系统能有效提高项目的透明度和吸引力，使投资者能够准确评估项目的环境效益及经济回报。

市场机制的完善则需通过建立和优化绿色债券市场、绿色基金和其他金融产品来实现。这不仅提高资金的流动

性，还能扩大绿色金融的影响力。同时，应推动绿色金融产品的创新，探索如绿色信托、绿色租赁等新型金融工具，为不同的环境项目提供定制化的融资解决方案。

### 5.2 风险评估与管理机制的创新

环境项目特有的长周期和高风险性质要求创新和完善风险评估与管理机制。开发专门针对环境项目的风险评估模型，可以帮助投资者和融资方更准确地识别和评估潜在的环境、社会及治理（ESG）风险。此外，金融机构应与第三方评估机构合作，定期对环境项目进行风险评估和审计，确保项目的持续合规性和生态效益。

为了进一步管理和分散风险，可以设立绿色保险产品，为项目方在面对不可预见的环境风险时提供保障。同时，通过构建风险共担机制，如政府与私营部门的风险共担协议，可以降低单个投资者的风险承担，吸引更多的私营资本投入绿色项目中。

### 5.3 建立多元化融资平台与合作机制

建立多元化的融资平台，是实现绿色金融深度与广度发展的关键。这些平台可以是专门的绿色投资基金，也可以是绿色项目的众筹平台，使得小额投资者也能参与到环境保护项目中来。通过这种方式，不仅可以增加环境项目的资金来源，还可以提高公众对环保项目的关注和参与度。

此外，跨行业、跨领域的合作机制对于资源的整合和优化配置也至关重要。通过建立政府、金融机构、环保组织和科研机构之间的合作框架，可以共享资源、信息和技术，共同推动绿色项目的实施和成功。

## 6 结语

绿色金融已成为推动生态建设与环境工程领域发展的关键驱动力，有效整合和引导资金流向生态和环保项目。本文通过详细分析了绿色金融的概念、实践应用和所面临的挑战，强调了其在促进环境保护与可持续发展中的独特作用。创新的投融资模式如绿色债券、绿色基金已证明能有效促进资金的稳定流入到必要的环保项目中。然而，为了克服资金不足、监管缺失和技术风险等挑战，需要进一步完善政策和市场机制，创新风险评估与管理，并建立多元化融资平台。这些措施不仅能加速环境保护项目的实施，还有助于实现经济增长与环境保护的协同进步，推动全球可持续发展目标的实现。未来，随着全球对环保标准的统一和绿色金融政策的进一步完善，预计绿色金融将在全球经济体系中扮演更加核心的角色。

### 参考文献

- [1] 吴晓洁.绿色金融对区域环境污染的影响研究[D].石家庄:河北地质大学,2024.
- [2] 闵建锋.生态城市建设中环境工程技术的运用分析[J].工程建设与设计,2024(3):115-117.
- [3] 刘佳奇.绿色金融改革创新试验区政策对企业绿色创新的影响研究[D].济南:山东财经大学,2024.

# The Important Role of Project Management in the Management of Housing Construction Projects

Peng Zhang

Beijing Engineering Consulting Co., Ltd., Beijing, 101100, China

## Abstract

Project management plays a vital role in the management of housing construction projects. Through effective control, the construction level of construction projects can be improved, the construction quality can be ensured, and the efficiency of cost control can be improved. In order to achieve these goals, it is necessary to change the traditional concept of management and control, strengthen the awareness of management responsibility, enhance the importance of project management, and build a scientific and reasonable management system. In addition, improving the comprehensive ability of project managers is also the key to improve the effectiveness of project management. Through systematic project management strategy, we can better cope with various challenges in construction engineering and promote the efficient implementation and sustainable development of the project.

## Keywords

project management; building construction works; important role

## 项目管理在房屋建筑工程管理中的重要作用

张朋

北京市工程咨询股份有限公司, 中国·北京 101100

## 摘要

项目管理在房屋建筑工程管理中起着至关重要的作用。通过有效的管控,可以提升建筑项目的建设水平,确保施工质量,提高成本管控效率。为实现这些目标,需改变传统管控观念,强化管理责任意识,提升项目管理的重视程度,并搭建科学合理的管理制度。此外,提高项目管理人员的综合能力也是提升项目管理成效的关键。通过系统化的项目管理策略,可以更好地应对建筑工程中的各种挑战,推动工程的高效实施与可持续发展。

## 关键词

项目管理; 房屋建筑工程; 重要作用

## 1 引言

随着城市化进程的加快,房屋建筑工程的规模和复杂性不断增加,项目管理在其中的作用愈发凸显。有效的项目管理不仅关乎工程的顺利实施,还直接影响到建设质量、成本控制和工期进度。然而,许多建筑项目在管理过程中仍存在诸多问题,如责任不明、沟通不畅和管理制度不完善,导致工程进展缓慢和资源浪费。因此,探讨项目管理在房屋建筑工程中的重要作用及其管理策略,具有重要的现实意义。通过优化项目管理,可以提升建筑工程的整体水平,提高施工质量,实现成本的有效控制,从而推动建筑行业的健康发展。

## 2 项目管控在建筑工程管控过程中的重要作用

### 2.1 提升建筑项目的建设水平

在当今社会与时代持续发展的背景下,建筑项目的特征与重要内容也在不断演变。当前,建筑行业面临着诸多挑战,如施工成本居高不下、工作人员管理难度加大、施工复杂性增加以及各部门之间协调不畅等问题。这些因素都对建筑项目的实施提出了更高的要求,因此如何有效落实项目管控显得尤为重要。通过有效的项目管控,各个部门之间的工作分配能够实现更高的协调性,从而在根本上提升工作的效率和质量。例如,项目管理团队可以通过合理的资源配置和科学的管理方法,确保每个环节都能顺利衔接,减少因沟通不畅导致的延误和资源浪费。在这个过程中,各个工作人员必须主动配合,充分发挥各自的专业特长,形成合力,共同推动项目的顺利进行。此外,项目管控还强调了团队协作的重要性。在管控过程中,通过明确各自的职责和分工,建立高效的沟通机制,可以有效提升整个项目团队的协作水平。

【作者简介】张朋(1986-),男,中国北京人,本科,工程师,从事建筑工程管理(全过程项目管理)研究。

定期召开协调会议、制定详细的进度计划以及实时跟踪项目进展,都是提升团队协作的有效措施。这样,整个项目的建设水平不仅能得到提升,还能确保施工过程中的安全和质量,从而在激烈的市场竞争中占据优势。

## 2.2 提高整个项目的施工质量

施工质量不仅关乎项目建设企业的经济效益,还直接影响当地居民的生活安全和身体健康。因此,提高施工质量在建筑项目管理中显得尤为重要。施工质量的优劣,会在很大程度上决定企业的市场竞争力和社会形象,若出现质量问题,企业不仅可能面临经济损失,还会遭受信誉的重大损害,甚至影响到居民的生活环境 and 安全。为了确保施工质量,工程管控工作人员必须从多个方面强化质量管理,切实解决后期可能出现的问题。一方面,项目管控人员需要充分运用其专业知识和丰富的工作经验,确保各项建设规划的有效实施。这包括制定切实可行的施工计划、明确施工标准以及细化工作流程,以确保每一个环节都能按预定目标顺利进行。另一方面,工程项目管控工作人员应增强对项目的监督力度。通过对项目实际建设情况与既定施工方案的对比分析,及时识别并解决出现的问题。例如,定期进行现场检查、抽样检测和质量评估,能够及时发现施工过程中的隐患,并采取针对性的处理措施。通过这些措施,不仅能够确保各项施工活动的顺利进行,还能有效提升整体工程的施工质量。

## 2.3 提高工程的成本管控效率

在建筑工程正式建设之前,相关工作人员需根据项目的具体情况进行科学设计。这一过程不仅涉及技术和美学的考虑,还关系到项目的经济效益。在当前社会与时代持续发展的背景下,建筑项目的施工量显著增加,而施工前的成本投入也在逐渐上升。因此,为了提高项目的经济效益,各企业通常会尽量缩短施工工期。这种做法虽然在短期内能提升项目的周转速度,却使得工程成本更容易受到其他因素的干扰,导致成本控制的难度逐渐上升。为了提高成本管控的效率,工程的相关负责人在施工前必须熟悉项目的投资状况、市场发展趋势、资源成本以及项目质量标准等多个方面的信息。这种全面的了解为后续的成本管理奠定了坚实的基础。在施工过程中,若发现项目成本出现显著波动,项目管控工作人员应立即前往施工现场进行实地勘查。这不仅有助于快速识别成本变化的原因,还能够确保所有成本支出都得到有效落实。同时,建立科学的成本控制体系也是提升成本管控效率的关键。通过制定详细的预算和成本监控计划,可以有效预防和应对可能出现的成本超支问题。项目管理团队应定期对成本进行审计和评估,及时发现异常情况,并采取必要的调整措施<sup>[1]</sup>。

# 3 项目管理在房屋建筑工程管理策略

## 3.1 改变管控观念,强化职责意识

在现代房屋建筑工程管理中,项目管理的有效实施至

关重要,特别是在涉及公共服务机构的建设时,如学校、公安局、法院、医院和疾病预防控制中心等。这些项目通常包括新建和室内装修的复杂过程,涉及多方协作与监管。因此,改变传统的管控观念和强化各参与方的职责意识显得尤为重要。首先,项目的核心在于明确各方的角色与责任。以以往的施工经验为基础,施工单位在承担社会投资项目时,必须对涉及的公共建筑有更深刻的理解。学校的建设需要满足教育功能的特殊需求,而医院则必须兼顾医疗安全与患者体验。因此,项目管理者应确保各方在项目初期就明确自身的职责,避免在施工过程中出现模糊和推诿现象。其次,加强沟通与协作是提升项目管理效率的关键。面对写字楼、住宅及养老院等不同类型的建筑项目,施工单位应与设计师、业主及相关监管部门保持密切联系,及时反馈施工进度与质量问题。定期召开项目进度会议,确保信息透明,使各方能够及时调整策略,应对突发状况。再次,项目管理还应注重风险控制。在社会投资项目中,风险管理不仅涉及资金和时间的控制,还包括对建筑安全、环境影响及社会效益的评估。通过制定详尽的风险评估计划和应急预案,能够最大程度地降低潜在风险,确保项目顺利推进。最后,施工单位在实际操作中还应借鉴以往成功项目的经验,持续改进管理策略,培养团队的责任感和服务意识。通过项目总结与反思,不断提高管理水平,为未来的建筑工程奠定坚实的基础<sup>[2]</sup>。

## 3.2 提升项目管理的重视力度

在房屋建筑工程管理中,提升项目管理的重视力度是确保项目成功的关键。尤其是在当前数字化转型的背景下,项目管理信息化系统的应用不仅是传统施工企业管理的延伸,更应从更高的视野出发,涵盖前期管理策划、实施期设计管理、投资管控、进度与质量安全等多个维度,特别是建设单位或代建单位的角度。前期管理策划阶段是项目管理的基础,合理的策划能够为项目的顺利实施奠定坚实的基础。在此阶段,借助信息化系统,建设单位可以进行全面的数据分析与需求评估,确保项目目标的科学性与可行性。例如,通过对以往项目的数据进行分析,系统能够为新项目提供准确的预算、资源配置和时间安排建议,从而降低项目风险。在实施阶段,设计管理显得尤为重要。项目管理信息化系统可以实时跟踪设计进度,确保各阶段设计与项目目标保持一致。同时,系统可以通过信息共享,提高各参与方的协作效率,确保设计变更及时反馈给所有相关人员,避免因信息滞后导致的施工延误和资源浪费。投资管控也是项目管理中的重要环节。在信息化系统的支持下,建设单位能够对项目的资金使用进行全面监控,通过实时数据分析,及时发现资金使用中的问题并采取相应措施。这种动态监控不仅提升了资金使用效率,还能有效避免财务风险,为项目的可持续发展提供保障。此外,信息化系统在进度、质量和安全管理方面的应用,也为项目的顺利实施提供了重要支持。系统可以实时监控施工进度,确保各项工作按计划推进;同时,通过

引入质量管理模块,建设单位可以对材料质量、施工工艺等进行全程监控,确保工程符合标准。此外,安全管理模块的应用,能够及时识别潜在安全隐患,采取预防措施,保障施工人员的安全。提升项目管理的重视力度不仅仅是技术的应用,更是管理理念的转变。建设单位和代建单位应在信息化背景下,重新审视项目管理的重要性,建立系统化、规范化的管理流程。通过提升项目管理的重视程度,能够更好地应对复杂的市场环境与行业挑战,为建筑工程的高效、安全和可持续发展提供有力支持<sup>[3]</sup>。

### 3.3 搭建科学合理的管理制度

在房屋建筑工程管理中,尤其是涉及政府投资项目时,搭建一套科学合理的管理制度至关重要。针对学校、公安局等公共建筑的全过程项目管理,我们可以探索全咨询模式(如1+n模式)的应用,结合新质生产力推动行业的变革。首先,实施全过程项目管理要求我们在项目的每个阶段都制定明确的管理制度。在项目初期,必须进行全面的的需求分析和可行性研究,以确保项目目标的科学性与合理性。在这一过程中,采用全咨询模式能够集聚各方专业意见,确保决策的科学性。例如,1+n模式将主要咨询单位与其他专业顾问相结合,使得项目能够在技术、法律、财务等多方面获得支持,从而提高项目的整体质量。其次,随着新质生产力的发展,建筑行业正面临转型与升级的压力。利用新技术、新材料和新工艺,可以有效提升建筑工程的效率和质量。例如,BIM(建筑信息模型)技术的应用,不仅能够在设计阶段提高精确度,还能在施工过程中实现实时监控与管理。这要求项目管理制度中明确规定技术应用的标准与流程,确保各参与方能够熟练掌握并有效应用新技术。最后,管理制度的科学性还体现在对风险管理的重视。政府投资项目通常涉及公共利益,因此,在项目实施过程中,必须建立健全的风险评估与应急处理机制。在全过程管理中,项目团队应定期对项目进行风险评估,及时识别潜在问题并制定应对措施。通过建立信息共享平台,各方能够实时获取项目进展及风险信息,提高决策的及时性和有效性。项目管理制度还应注重人才培养与团队建设。随着行业的不断变革,对专业人才的需求愈发迫切。通过定期的培训与考核,提升项目团队的专业素质与管理能力,能够为项目的顺利实施提供有力保障<sup>[4]</sup>。

### 3.4 提高项目管理人员的综合能力

要有效提升项目管理的水平,首先,需要将项目管理工作贯穿于建筑工程施工的每一个环节。这不仅意味着要提升项目管理人员的综合能力和专业素质,还需确保他们能够及时识别和解决管理过程中出现的问题与不足。因此,建筑企业应定期开展各类教育培训,以增强项目管理人员的专业知识和实操能力,从而为项目推进提供有力支持。其次,建筑工程项目管理人员必须树立正确的工作责任意识。只有明确自己的职责,才能在面对各种挑战时,做出迅速而有效的反应。最后,深化安全管控的认知也是极为重要的一环。项目管理人员应全面了解安全管理的基本理论及实施细则,并熟练掌握与项目管理相关的法律法规。这种知识储备不仅能够帮助他们在日常工作中更好地落实安全管理,还能提升整个建筑工程的管控效果,降低风险。在工程管理工作开展期间,建筑公司还应建立完善、合理的激励体系,以有效激发项目管理人员的工作热情和积极性。通过明确的考评标准和激励措施,可以鼓励项目管理人员不断提高自身能力与业绩。

## 4 结语

在房屋建筑工程管理中,科学合理的项目管理策略至关重要。通过提升项目管理人员的综合能力、构建完善的管理制度,以及增强各部门间的协调与配合,建筑企业不仅能够提高施工质量和成本控制效率,更能在激烈的市场竞争中占据优势。最终,强化项目管理不仅是实现工程顺利实施的保障,更是推动行业可持续发展的重要动力。通过不断优化管理实践,我们将迎来更加安全、高效和环保的建筑未来。

### 参考文献

- [1] 李泽民.试论项目管理在房屋建筑工程管理中的重要作用[J].居业,2024(5):180-182.
- [2] 邵军.项目管理在建筑工程管理中的重要作用[J].大众标准化,2022(10):52-54.
- [3] 杨国争.项目管理在建筑工程管理中发挥的重要作用探析[J].绿色环保建材,2021(10):159-160.
- [4] 程义华.项目管理在建筑工程管理中发挥的重要作用探讨[J].中华建设,2019(8):94-95.

# Research on Prestress Loss in Rapid Construction of Prestressed Concrete Simply Supported Beam Bridges

Guanglin Xiang

Sichuan Luqiao Shengtong Construction Engineering Co., Ltd., Xichang, Sichuan, 615000, China

## Abstract

Based on the exploration of the excessive effect of prestress loss in simply supported beam bridges, this paper combines theoretical analysis with experimental testing to analyze the specific effects and numerical results of various factors on prestress loss. Three main factors are analyzed: frictional prestress loss, temperature difference prestress loss, and elastic compression prestress loss. In addition, through in-depth analysis of experimental data, it was pointed out that the amount of prestress loss in the rapid construction method of simply supported beam bridges exceeded expectations. Based on this, corresponding optimization measures were proposed for situations such as early age tensioning and steam maintenance that have adverse effects on the crack resistance performance of the structure. The results of this study emphasize that in order to improve the structural safety of simply supported beam bridges during rapid construction, measures such as delayed tensioning, switching to roller deflectors, and adjusting maintenance systems are adopted.

## Keywords

prestressed concrete; simply supported beam bridge; rapid construction; prestress loss

## 预应力混凝土简支梁桥快速施工中预应力损失研究

向广林

四川路桥盛通建筑工程有限公司，中国·四川西昌 615000

## 摘要

论文以探讨简支梁桥预应力损失超量效应为依托，通过理论分析与试验测试相结合，对各种因素对预应力损失的具体影响及其数值结果进行了分析，分析了三个主要因素：摩擦预应力损失、温差预应力损失和弹性压缩预应力损失。此外，经深入分析试验数据，指出简支梁桥快速施工工法中预应力损失额度超出预期，在此基础上对结构抗裂性能产生不利影响的早龄期放张及蒸汽维修等情况，提出了相应的优化措施。本研究结果强调，为了在简支梁桥快速施工时提高结构安全性，采用延迟放张、改用滚轮转向器、调整维修系统等措施。

## 关键词

预应力混凝土；简支梁桥；快速施工；预应力损失

## 1 引言

随着施工进程的迅速，直接影响到桥梁安全和耐久性的预应力损失问题越来越突出。由于外部环境和施工工艺的改变导致超量的预应力损失，尤其是施工过程中，由于预应力损毁造成的预应力筋抗裂性的损毁，预应力损失主要包括混凝土的摩擦、温差的预应力以及弹性压缩预应力，对结构的抗裂性能和承载力提出了更高的要求，尤其是施工过程中外部环境和施工技术的变化会导致预应力损毁造成的预应力损伤<sup>[1]</sup>。论文围绕在环境中所带来的技术形式的冲击，以及由于破坏而产生的损失效应，借助于后张法预应力混凝土梁，以增强结构本身的承载力和抗裂作用。

【作者简介】向广林（1986-），男，中国四川蓬溪人，本科，工程师，从事道路桥梁项目施工研究。

## 2 混凝土简支梁桥快速施工预应力损失的内在机理

混凝土简支梁桥在快速施工过程中，预应力损失的内在机理是一个复杂的过程，涉及多方面的因素。预应力损失主要指的是施加在预应力混凝土梁上的预应力随时间的变化而逐渐减少的现象，这种现象在简支梁桥的施工中尤为突出。

预应力损失通常由于混凝土和钢筋在预应力施加后的弹性变形所造成的，一般发生在初期，主要取决于混凝土的模量、梁的尺寸以及施加的预应力度。此外，混凝土在硬化过程中会经历收缩，这一过程导致梁体的体积减小，从而产生拉力，导致预应力钢筋的应力释放。尤其是在快速施工的情况下，由于混凝土的水泥水化反应尚未完全进行，收缩现象更加明显，造成预应力损失。

### 3 工法布置方案

对快速施工中发生的梁体预应力变化进行监测,对超出预应力损失量进行限额探查,快速施工阶段的梁体预应力变化及其影响因素的监测是该方案的核心。在试验梁的设计上,选择了3根不同编号的梁(1#、2#、3#),进行对比分析,在设计时,对其进行了分析。每梁配置直线钢绞线36根,折线钢绞线10根,保证样本整齐划一,不相上下。选择合适的测点位置,以探求钢绞线的预应力损失情况。在钢绞线张拉过程中,为保证各梁的预应力均匀地施加,采用对称同步张拉。测试中使用的张拉控制应力为1395MPa,张拉过程遵循的步骤是:最初将压力加压到0.25 $\mu$ con,然后达到最终张拉值并在保持荷载2min后进行锚固。布置了磁通量传感器,通过观察钢绞线磁通量的变化推测其预应力状态,以便对钢绞线的预应力进行实时监测。另外,在7号和8号测点之间设置温度传感器,用于分析温度对预应力损失的影响,记录维修过程中梁体内部的温度变化情况。这一温度监测将有助于探讨由于温度差异导致的梁体预应力损失在蒸汽维护和自然维护条件下的问题。测试结束后,将统计分析不同梁体的有效预应力,形成后续建筑工艺优化提供理论依据的翔实数据报告。期望通过这一系统的测试安排计划,对预应力损失的所有因素进行综合评估,从而有针对性地提出优化意见。因此,钢绞线预应力监测采用磁通量传感器,用于两端对称同步张拉试验梁钢绞线,如图1所示的工程布置方案。

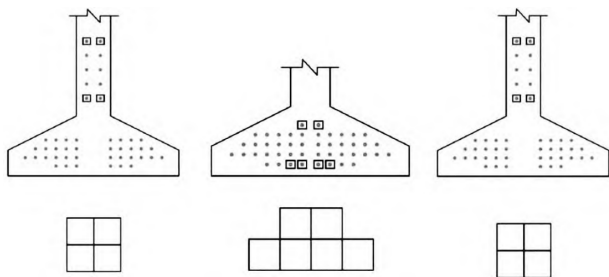


图1 工法布置方案

### 4 超量预应力损失额度

#### 4.1 摩阻预应力损失

张拉试验梁预应力后,有效预应力的测试结果见表1。在预应力混凝土简支梁桥)的施工过程中,摩阻预应力损失是一个不可忽视的因素,损失主要是由于钢绞线在张拉过程中与混凝土及其他组件之间产生的摩擦力所致,在长线法施工中,由于钢绞线穿越端模板和转向器时,摩擦力会导致部分预应力损失。

长线法在建造时将多个端模及转向器从张拉端至2号和2#梁之间布置,较短的线缆相比在缩短3倍的长度,并

且由于结构布置使在张拉时的钢绞线与构件间的接触面积和摩擦力都增大,继而导致摩阻的预应力损失是显著的,而根据所测资料,第2#梁的折线钢绞线的预应力平均超过了62MPa,而直线钢绞线的预应力损耗却相对更低,但是仍然表现出摩阻现象的影响。为了量化这种摩阻的损耗,实验和资料的分析也是有必要的。摩阻对预应力的影响可以通过对不同梁体预应力损失的对比而更加清楚,并为后续的施工工艺优化、降低端模板和转向机数量,或者采用低摩擦式转向器、提高预应力的有效性、钢绞线张拉方式和顺序的调整等提供依据,同时也有助于降低由于摩擦造成的损失,从而增强了梁体整体结构性能的提高,从而达到降低摩擦力而造成的损失的目的。

#### 4.2 温差预应力损失

1号梁在蒸汽保养条件下,内部温度比其他梁明显偏高,造成钢绞线升温较快,热胀感较大。根据有关公式,可以通过下列公式计算出温差预应力损失,其数值为 $\alpha s$ ,其中 $\alpha s$ 是钢绞线的热膨胀系数, $\alpha s$ 是温度变化量,而 $E_s$ 是钢绞线的弹性模量。

在此试验中,1号梁在蒸汽养护下,因其内部温度升高,导致钢绞线的温差预应力损失达到50MPa,相较于自然养护的2号和3号梁,预应力损失明显增加。过高的温度不仅影响混凝土的固化速度,还可能导致预应力的过早释放,在实际施工中,合理控制养护方式及其温度变化,将有助于降低温差预应力损失。

#### 4.3 弹性压缩预应力损失

通过对比蒸汽养护组与自然养护组的试件,在混凝土龄期达到4天时,两组的抗压强度均超过设计强度的90%。

然而,混凝土早期虽然具有较好的强度性能,但由于相对而言,它的弹性模量比较低,从而在张拉钢绞线的时候,弹性压缩预应力损失非常突出,所以它产生了很大的弹性压缩。根据有关的公式,由弹性压缩预应力损失与混凝土的弹性模量的EEC的直接关系为: $I_4=(E/EC)$ ,即EJ越低,其损耗越大。在试验中了解到,混凝土在放张时它的弹性模量只有26GPa,要比设计的37GPa要低很多,也就是说,在早期的条件下,它的预应力损失大概是133MPa,而它的实际损耗又超过了预定的数值,所以它的减量预应力损失会影响到它的抗裂性能。

### 5 超量预应力损失效应

张前后钢绞线预应力变化如表2所示,超量预应力损失效应是指由于各方面的因素作用,使混凝土结构的预应力实际有效值低于设计期望值,从而在预应力混凝土结构中的结构性能的减小程度。这一现象在混凝土结构抗裂、承载及耐久性方面的影响是深远的,所以我们在进行结构的设计以及施工时,一定要关注。

表 2 放张前后钢绞线预应力变化量

梁编号	测点	有效预应力
1#	1	1000
2#	1	942
3#	1	1007

首先,预留同期试块,分蒸汽养护组和非蒸汽对照组进行试验,探讨混凝土强度变化趋势。在预应力混凝土中,预应力的目的是在预应力损耗过大的情况下,结构内部的拉应力会超过混凝土的抗拉强度,造成裂缝,从而通过压缩应力来抵消拉应力,从而提高其抗裂能力。如部分桥梁在施工中,实际预应力水平因摩擦阻预应力损耗与温差预应力损耗叠加而降低到设计数值 70% 以下,最终导致桥面出现裂纹。这样既影响了结构美观,又可能造成使用寿命的降低和后续保养费用的增加。其次,混凝土的承载力也会受到超量预应力损失的影响。在设计阶段,为了增强承载能力和结构的使用性能,引入了预应力<sup>[2]</sup>。混凝土结构在承载荷载时,由于各种损耗现象导致预应力无法有效传递,其性能会大打折扣。最后,混凝土结构的耐久性也会受到超量预应力损失的影响。在预应力混凝土中,适当的预应力水平不仅对提高抗裂性能有一定的帮助,而且可以防止疲劳,防止由于外界环境的影响而造成老化的情况发生。但是,当预应力损耗过大,造成结构裂缝时,水分和有害物质可能会渗透到混凝土内部,加速钢筋锈蚀,加速混凝土劣化。

## 6 预应力混凝土筒支桥梁快速施工优化措施

### 6.1 采用低摩擦转向器

原有项目平板式的转体主要是滑动摩擦式转体,因而预应力损失比较高,摩擦作用很大。滚轮式的转向机通过机械滚动的方法使摩擦系数大为降低,从而使钢绞线在拉动的过程中可以更顺畅地通过转向机,使钢绞线通过机械振动的方式使钢绞机通过这种结构在张拉过程中得到有效的减小摩擦损失。低摩擦转向器在拉伸过程中可以较好地使钢绞线保持平稳,使直线性得到很好的保证,从而有效地将所受到的力传递到混凝土当中。而且相对于简单的滚轴式的转向机维护和保养,在较长的使用周期内,滚轴式转向机的维护与保养是可以达到很好的表现的。简单地说,就是为了帮助减小摩擦阻预应力损失,提高预应力混凝土结构的整体性能与耐久性,采用低摩擦式转向是切实可行的优化措施。

### 6.2 延长静置时间及二次升温

将混凝土静置时间延长以后,在蒸养、升温之前,可使混凝土黏结于钢绞线前部,并对钢绞线的热变形起到一定的约束作用。使混凝土的静态停留时间得到延长,从而达到提高混凝土强度和耐久的目的,有利于加强水泥的水化过程。特别是初期强度不够的时候,适当的延长静态停留可以

使混凝土和钢绞线的黏结强度得到有效的提高,预应力损失也会随之减少,从而使混凝土与钢绞线之间达到一定的黏结强度的提高是有效的;此外,二次温度的执行也是有效地提高黏结力度的办法。混凝土达到一定的强度以后,水泥的水化反应就会随着时间的推移而加速,混凝土的强度就会随之提高,从而达到一定的黏结强度的目的。该方法是特别是冬季施工或在低温环境下预应力施工中的一种方法,可以有效地克服由于混凝土强度受低温的消极影响而使混凝土受力减小的负面影响。具体而言,先将蒸汽温度由线性上升到 35℃,在结构整体性能和安全性的约束下,将钢绞线与混凝土之间产生一定的黏结作用。

### 6.3 延后放张

压缩模量预应力损失超量的主要原因是钢绞线放张时混凝土弹性模量不足。在预应力混凝土的建设中,预应力的损耗会明显地影响到放张时间的选择。建议在混凝土的弹性模量达到设计值时再进行放张,这样可以有效减少弹性压缩的预应力损失,这一点在混凝土的弹性模量达到设计值的情况下,可以起到有效降低弹性压缩预应力损失的作用。通常情况下,混凝土的弹性模量会随着强度的增加而增加,而延长后放张的做法能够保证放张时混凝土有足够的承重能力,从而减少预应力的损失,这是由于混凝土的塑性变形造成的。在初期强度不足时,若过早放张,在荷载作用下,可能会造成混凝土不可逆变形,从而使整体结构性能受到影响。考虑到混凝土压缩模量的预应力损失会随着时间不断增长,故建议钢绞线延长后再进行放线处理。

## 7 结语

通过理论分析和试验测试研究,首先对预应力损失超量的预应力混凝土梁进行了预应力损失。采用滚轮式转向机等低摩擦转向机,使钢绞线的拉伸效率明显降低,降低摩擦损失。延长混凝土的静置时间和二次加温措施的实施,有助于早期强度不足造成的混凝土黏结强度的增强和预应力损失的降低。另外,延长后放张策略确保混凝土再施加预应力,以达到设计弹性模量,可有效降低混凝土因塑性变形而造成的损耗。通过这些优化措施,使结构在长期使用中的安全性和可靠性得到有效提升,预应力混凝土结构的整体性能和耐久性得到有效提升。总之,长线法施工和蒸汽养护的早龄放张会造成预应力损失过大,造成梁体抗裂性能下降,建议施工时通过滚轮转向机优化施工工艺,调整养护系统和延长放张,以保证结构安全,实现快速施工。

### 参考文献

- [1] 马彦阳,刘小燕,张峰,等.大跨混凝土斜拉桥预应力损失的长期动态监测及时变模型[J].工业建筑,2023,53(S1):182-185.
- [2] 周毅.先简支后连续预应力混凝土箱梁桥施工力学性能研究[D].南京:东南大学,2022.

# Research on Material Selection and Performance Optimization of Fine Boring Tool Guide Bar

Tianxiang Zhang

Wuhu Eketek Powertrain Co., Ltd., Wuhu, Anhui, 241009, China

## Abstract

With the continuous development of mechanical processing technology, the importance of fine boring processing in the manufacturing industry is increasingly prominent. The selection of the material of fine boring cutter guide strips directly affects the processing accuracy, tool life, production cost and efficiency. This paper comprehensively analyzes the selection issue of the material of fine boring cutter guide strips, expounds the key factors affecting the selection, including the characteristics of the processed materials, cutting parameters, processing environment and the physical and mechanical properties of the guide strip materials themselves. It also analyzes in detail the performance characteristics of different materials (such as cemented carbide, ceramics, superhard materials, etc.) and their applicability in specific scenarios. Meanwhile, combined with practical cases, it discusses how to reasonably select the material of fine boring cutter guide strips according to specific processing requirements, providing a reference basis for improving the quality and economic benefits of fine boring processing.

## Keywords

fine boring cutter; guide strip material; performance characteristics; applicability

## 精镗刀导条材质选择与性能优化研究

张天响

芜湖埃科泰克动力总成有限公司, 中国 · 安徽 芜湖 241009

## 摘 要

随着机械加工技术的不断发展, 精镗加工在制造业中的重要性日益凸显。精镗刀导条材质的选择直接影响加工精度、刀具寿命、生产成本和效率。论文全面分析了精镗刀导条材质的选择问题, 阐述了影响选择的关键因素, 包括被加工材料的特性、切削参数、加工环境以及导条材质自身的物理和机械性能。还详细分析了不同材料(如硬质合金、陶瓷、超硬材料等)的性能特点及其在特定场景中的适用性。同时, 结合实际案例, 探讨了如何根据具体加工要求合理选择精镗刀导条材质, 为提高精镗加工质量和经济效益提供参考依据。

## 关键词

精镗刀; 导条材质; 性能特点; 适用性

## 1 导条的定义与作用

导条是精镗刀的一个关键部件, 它通常是安装在精镗刀上与已加工孔壁接触的条状结构, 主要起到导向和支撑作用, 能帮助精镗刀在镗削加工过程中保持正确的进给方向和稳定的切削姿态, 减少刀具的振动和偏摆, 从而提高加工精度、表面质量和刀具寿命, 确保镗孔加工的准确性和可靠性。

其主要作用包括: ①导向作用: 在镗削过程中, 导条与已加工的孔壁接触, 保证孔的直线度、圆柱度和同轴度等形位公差要求。②增强刚性: 有助于提高刀具整体的刚性, 减少加工过程中的振动和变形, 使加工过程更平稳。③改善表面质量: 有助于获得较好的孔壁表面粗糙度。④提高加工

精度: 通过精确的导向和稳定, 有效提升镗孔的尺寸精度和几何精度。⑤提高加工效率: 稳定的导向能使加工更顺畅, 减少废品率, 间接提高生产效率。

## 2 导条材质的种类特性

### 2.1 高速钢 (HSS)

①高韧性: 在恶劣的加工环境下, 能抵抗冲击和振动, 减少崩裂等情况发生。②良好的可加工性: 相对比较容易进行各种机械加工, 以形成精确的导条形状。

### 2.2 硬质合金

①高硬度: 具有很高的硬度, 能够有效切削和耐磨, 可加工硬度较高的材料。②高强度: 具备较高的抗弯强度和抗压强度, 能承受较大的切削力。③耐高温: 可以在较高温下保持其力学性能和硬度, 适应高速切削时产生的高温。④较好的韧性: 虽然相对脆性, 但仍有一定的韧性, 在合理

【作者简介】张天响(1984-), 男, 中国安徽芜湖人, 本科, 工程师, 从事汽车制造行业机加工刀具领域研究。

应用下不易崩裂。

### 2.3 陶瓷

①高硬度：具有非常出色的耐磨性能，能长时间保持良好状态。②耐高温性强：可以在高温环境下稳定工作，适合一些高温加工环境。③化学稳定性良好：不易受化学物质侵蚀，抗腐蚀性好。④重量轻：相对其他一些材质更轻巧。⑤摩擦系数低：可减少摩擦阻力，有利于提高加工效率和精度。⑥绝缘性好：在一些需要绝缘的场合有优势。

### 2.4 立方氮化硼 (CBN)

①高硬度：仅次于金刚石，具有很强的耐磨性，能长时间保持良好的导向精度。②热稳定性好：可在较高温度下保持性能稳定，适合高速切削等工况。③化学惰性：不易与其他物质发生化学反应，耐腐蚀性强。④良好的切削性能：可获得较高的加工精度和表面质量。⑤可干式切削：在某些情况下可实现干式切削，减少切削液的使用和污染。

### 2.5 聚晶金刚石 (PCD)

①极高的硬度：是目前已知的最硬材料之一，耐磨性极其出色。②低摩擦系数：可减少摩擦阻力，有利于提高加工效率和精度。③高导热性：能快速传导热量，降低切削区温度，减少热变形。④化学稳定性好：不易与大多数材料发生化学反应、不易受酸碱等物质侵蚀。⑤出色的切削性能：能够实现高速、高精度切削，获得非常光洁的加工表面。

## 3 选择导条材质的考虑因素及方法

### 3.1 被加工材料的特性

①硬度：如果被加工材料硬度高，如高硬度合金等，可能需要选择硬度更高、耐磨性更好的导条材质。对于较软的材料，则可以选择成本相对较低的材质。②韧性：对于韧性较好的材料，导条材质需具备一定的抗冲击能力，避免在加工中受损；而对于脆性材料，要避免选用过于脆性的导条材质以免相互影响。③热导率：如果被加工材料热导率低，加工时容易产生高温，导条材质应具备较好的耐热性和热稳定性。④化学性质：考虑被加工材料的化学活性，避免导条材质与之发生化学反应而影响性能和寿命，如在加工一些腐蚀性材料时要选择耐腐蚀性较好的材质。⑤加工难度：如果被加工材料加工难度大、对精度要求高，就需要导条材质能与之匹配，保证加工的顺利进行和良好的加工质量。

### 3.2 加工工艺要求和条件

加工工艺要求：①精度要求：如果对加工精度要求非常高，可能需要选择硬度高、尺寸稳定性好的材质，以减少磨损对精度的影响。②表面质量要求：对于需要获得高表面光洁度的加工，应选择能减少摩擦、不易产生划痕的导条材质。

加工条件：①切削速度：高速切削时需要导条材质有良好的耐热性和耐磨性，低速切削时要求相对较低。②切削力：在大切削力的工况下，导条材质需具备足够的强度和韧性来抵抗变形和损坏。③冷却方式：不同的冷却方式（如油冷、水冷等）可能对导条材质的性能有不同要求，如耐腐蚀性等。④加工持续时间：长时间连续加工对导条材质的耐用

性要求更高，需选择耐磨性能好、疲劳强度高的材质。

### 3.3 加工环境和条件

①温度条件：如果加工环境温度较高，应选择耐高温性能好的材质，如陶瓷、超硬等材质，它们在高温下仍能保持较好的性能。低温环境可能对某些材质的脆性有影响，要注意材质的低温特性。②湿度条件：高湿度环境下，要考虑材质的抗腐蚀性，防止生锈等问题，耐蚀性较好的材质可能更合适。③污染情况：若加工环境存在较多粉尘、杂质等，选择不易受污染且易清理的材质，避免杂质嵌入影响导条性能。④振动情况：在振动较大的环境中，需要选择强度高、韧性较好的材质，以减少因振动导致的损坏。⑤空间限制：若加工空间较为狭小或有特殊布局要求，要考虑导条材质的尺寸适应性和安装便利性。⑥加工时长：长期连续加工时，要求导条材质有良好的耐久性和稳定性，以保证长时间可靠的加工运行。

### 3.4 成本因素

①材料本身价格：不同的导条材质价格差异较大。例如硬质合金相对较为经济实惠，而陶瓷、超硬材质成本相对较高。②加工难度和成本：有些材质加工难度大，需要特殊的工艺和设备，会增加整体成本。③使用寿命：虽然某些高价材质初始成本高，但如果其使用寿命长，分摊到单位加工量的成本可能反而较低。需要综合考虑材质的耐久性和更换频率带来的成本影响。④通用性和可替换性：选择较为通用的材质，在采购和更换时会有成本优势，而且更容易找到替代品，避免因特殊材质供应问题导致成本上升。

### 3.5 参考对标成功案例和经验

①行业内知名企业或先进工厂：调研同行业中的那些在生产效率、产品质量等方面表现出色的企业，了解他们在类似加工中所使用的导条材质，借鉴其经验。②相似工艺和产品的案例：寻找与自身加工工艺、被加工材料相似的成功案例，看他们选用了何种导条材质以及取得了怎样的效果，总结分析优劣势。③技术交流和研讨会：参加相关的技术交流或研讨会，与同行们分享和交流导条材质选择的成功经验和教训。④咨询供应商和专家：刀具供应商通常接触大量用户，他们知道在某些特定情况下哪种导条材质表现较好，可以向他们咨询相关案例和建议。⑤专业文献和数据库：查阅专业的技术文献、行业报告或相关数据库，查找关于导条材质在特定场景下应用成功的案例信息。⑥合作伙伴和客户：如果有长期合作的伙伴或对产品有特定要求的客户，了解他们以往合作对象在导条材质选择方面的经验，看是否有可参考之处。

## 4 实际应用案例分析

①加工工件：压铸铝合金壳体；工件材质：ADC12；工件硬度：HB80。②产品要求精度：孔径精度 IT6 级、圆柱度 0.01mm、同轴度 0.05mm、表面粗糙度  $Ra \leq 1.6$ ；切削速度和进给量： $V=600\text{m/min}$ 、 $f=0.1\text{mm/r}$ 。③根据以上加工工件的材质、硬度、精度和加工参数的要求对各常用的导

条材质进行选型分析。

#### 4.1 硬质合金导条可以加工铝件，但不是最理想的选择

硬质合金具有较好的硬度和耐磨性，能够对铝件进行加工。然而，由于铝的粘性较大，在加工过程中容易产生积屑瘤，影响加工表面质量和尺寸精度。但如果对加工要求不是特别高，或者在一些特定的条件下，硬质合金导条也是可以用于加工铝件的。

#### 4.2 陶瓷导条一般不适合加工铝件

陶瓷具有高硬度、耐高温、耐磨等优点，但相对较脆，韧性较差。在加工铝件时，通常需要刀具或导条具有一定的韧性和切削性能，以适应铝件的加工特点。

然而，在某些特定的高精度、高耐磨要求的特殊加工场景下，经过特殊设计和处理的陶瓷导条或许可以用于铝件加工，但这不是常见的普遍选择。

#### 4.3 CBN 导条不适合加工铝件

CBN 具有很高的硬度，适合加工硬度大于 HRC50 以上和耐磨性强的材料，如淬硬钢（轴承钢、模具钢等）、铸铁（灰铸铁、球墨铸铁、高铬铸铁、合金耐磨铸铁等）、高速钢、硬质合金、高温合金等黑色金属材料。然而，铝件的硬度相对较低，使用 CBN 加工铝件并不合适，反而会加快 CBN 材料的磨损。

#### 4.4 PCD 导条可以加工铝件，是加工铝件的理想选择

PCD 具有高硬度、高耐磨性、低摩擦系数和良好的热稳定性等特点。在加工铝件时，能够有效地减少积屑瘤的产生，提高加工表面质量和尺寸精度，延长刀具的使用寿命，并且能够实现较高的切削速度和进给速度，提高加工效率。

所以，加工有色金属和非金属类材料，如铝、铜、石材、木材、玻璃等材料通常推荐优先使用 PCD 材质导条，其次使用硬质合金材质导条。

硬质合金和 PCD 导条的成本差异约在 5%~10% 左右，为了验证理论同时与实际相结合，分别用硬质合金和 PCD 导条精镗刀进行实际应用对比分析。

①硬质合金导条精镗刀验证结果：硬质合金导条精镗刀使用  $V=600\text{m/min}$ 、 $f=0.1\text{mm/r}$  参数加工工件外观有积屑刮痕，检测粗糙度不合格，检查导条有明显积屑瘤。（如图 1 所示）二次验证使用  $V=260\text{m/min}$ 、 $f=0.1\text{mm/r}$  参数加工外观合格，经检测各项加工精度符合产品尺寸要求。



图 1 硬质合金导条有积屑瘤产生

通过实际加工与理论的相结合，充分证明了硬质合金导条精镗刀在切削铝件时容易发生“胶焊”或粘连，在加工过程中产生积屑瘤，从而影响加工表面质量和尺寸精度。但如果对加工参数没有较高范围的限制，硬质合金导条也是可以在低速加工中使用的。

② PCD 导条精镗刀验证结果：PCD 导条精镗刀使用  $V=600\text{m/min}$ 、 $f=0.1\text{mm/r}$  参数加工工件外观合格，检查导条外观无痕迹（如图 2 所示），经检测各项加工精度符合产品尺寸要求。



图 2 PCD 导条无积屑瘤

通过实际加工与理论的相结合，充分证明了 PCD 导条精镗刀在加工铝件时，能够有效地减少积屑瘤的产生，提高加工表面质量和尺寸精度，因为其具有更低的摩擦系数和更高的耐磨性，并且能够实现较高的切削速度和进给速度，提高加工效率。

## 5 结论

在选择精镗刀导条材质时，需综合考虑多个关键因素。首先，评估加工材料的特性，如硬度、韧性等，确保导条材质与之相匹配，能有效应对磨损和冲击，高硬度的材质往往适合加工较硬的工件。其次，要关注导条的耐磨性，这直接影响其使用寿命和加工精度的保持，耐磨性能良好的材质可减少更换频率。强度也是重要考量因素，以保证在加工过程中能稳定支撑和导向。最后，还需考虑材质的热稳定性，尤其在高速加工或高温环境下能保持性能稳定。成本因素同样不可忽视，需在满足性能要求的前提下选择经济合理的材质。同时，要结合具体的加工工况，如加工参数、环境、质量、切削力等，使导条材质适应实际作业条件。对不同材质的性能特点要有深入了解，并通过实际应用经验和测试数据来辅助决策，从而选出最适合特定加工需求的精镗刀导条材质。

## 参考文献

- [1] 刘俊超,严伟宏.轻量化大直径导条镗刀制造技术[P].2023.
- [2] 黄幸周,李华洁,唐宗智,等.一种加工凸轮轴底孔的导条式复合阶梯镗刀及方法[P].2017.
- [3] 周强,丁小刚,吴继波,等.一种硬加工用导条刀制造技术[P].2024.
- [4] 吴峰.刀具材料及镗、铣刀具介绍及选择[P].2019.
- [5] 范才福.一种凸轮轴孔导条精镗刀制造技术[P].2019.

# Application Prospect of the New Filtration Process in Drainage Engineering

Yaowen Dou

Xinzhou Shenda Jieyuan Environmental Technology Group Dai County Water Purification Co., Ltd., Xinzhou, Shanxi, 034200, China

## Abstract

This study deeply discusses the new filtration process in drainage engineering. Laboratory tests showed that a new filtration process performed well in removing solid impurities, organic matter and heavy metals, far more efficient than traditional techniques. In practical application, the process has significantly improved the treatment of municipal, industrial and agricultural drainage, effectively improving the water quality and treatment efficiency. At the same time, the process also has the advantages of economic feasibility, low maintenance cost and significant ecological benefits. This research result has important guiding significance for the upgrading of filtration technology in drainage engineering.

## Keywords

drainage engineering; new filtration process; filtration efficiency

## 排水工程中新型过滤工艺的应用前景

窦耀文

忻州市神达洁源环境科技集团代县水净化有限公司, 中国 · 山西 忻州 034200

## 摘 要

本研究针对排水工程中的新型过滤工艺进行了深入探讨。实验室测试显示, 某种新型过滤工艺在去除固态杂质、有机物和重金属方面表现出色, 过滤效率远超传统技术。在实际应用中, 该工艺对市政、工业和农业排水的处理均展现出显著提升, 有效提高了水质和处理效率。同时, 该工艺还具备经济可行、维护成本低和生态效益显著等优势。这一研究结果对排水工程过滤技术的更新升级具有重要指导意义。

## 关键词

排水工程; 新型过滤工艺; 过滤效率

## 1 引言

水资源保护很重要, 排水工程可以帮助我们清理水质, 保护环境。现在我们需要更新和改进排水工程的方式, 使其更有效, 才能更好地清理水源。论文研究了几种新的清理方法, 并发现一种新技术十分有效, 不仅能清理水中的脏东西, 还能大大提高清洗效率, 而且易用且环保。希望通过进一步研究这种技术, 推动排水工程的更新, 让我们的水资源和环境得到更好的保护。

## 2 排水工程和过滤工艺概述

### 2.1 排水工程的基本概念和重要性

排水工程是指通过系统化的设计和技术手段来收集、输送和处理废水及雨水, 以保障公共卫生、环境保护及水资源

源高效利用的工程领域<sup>[1]</sup>。其基本概念涉及污水雨水管道的规划、泵站的布置、污水处理设施的建设以及最终水体的排放和再利用等多方面。长久以来, 排水工程在城市发展和农业生产中扮演了不可或缺的角色。它不仅维护了公共卫生, 通过有效的污水处理减少了疾病的传播, 还在防汛抗洪中发挥了重要的作用, 减少了洪涝灾害对人类生产生活的影响。

排水系统的效率和可靠性直接关系到城市的生活质量和工业的生产能力。随着城市化进程的持续推进, 城市人口密度的增加对排水系统的承载能力提出了更高的要求。工业排放的复杂化和农业排灌需求的日益增长, 也使得排水工程的重要性愈加凸显<sup>[2]</sup>。新型污染物的出现以及水资源的日益紧缺, 进一步强调了排水系统在可持续发展中的基础地位。

### 2.2 现有过滤工艺的主要问题及改进需求

过滤技术在现行的排水工程中是得到广泛使用的, 然而它存在一些固有的问题, 这些问题制约着排水效率和出水水质的进一步提升。传统的过滤方式, 如砂滤法和膜过滤法, 对于处理挂浮固体效果甚佳, 但在面对更多样化、更复杂的

【作者简介】窦耀文(1995-), 男, 中国山西忻州人, 本科, 助理工程师, 从事给排水工程研究。

污染物组合，特别是有机物和重金属离子，它们的过滤效率往往难以达到理想的运行状态。污染物性质的多样性使一个单一的过滤方法难以满足所有污染物的去除，这或许会对出水水质不利。

高运行能耗和高维护成本也是传统过滤方式普遍存在的问题。以膜过滤系统为例，虽然其过滤精度其实相当高，然而膜污染现象却是几乎难以避免的，因而需要较频繁地更换或清洗膜部件，这无疑增大了运作与维护的费用。许多工艺在处理过程中更是未能避免产生一些二次污染，如化学絮凝剂的使用一般会导致水中化学物质浓度升高，这也同样给后续的处理工作带来了额外的负担。

以往的过滤技术在面临水量和水质波动挑战时常显不足，处理应变能力欠佳，对于偶然性污染负荷的应对手段缺乏有效性。为解决这些困扰，对现行过滤手段进行科技的革新及优化升级变得迫在眉睫。更新后的过滤技术，需要展现出优于过去的污染物剔除效能及较为节俭的运作花费，并且，应有更为强大的应变能力以驰骋在多变的水质情况中。创新应在增强过滤材质的举足轻重的选择性和再生能力上矢志不渝，以便提升对细颗粒的去除及污染物剔除能力。

### 2.3 新型过滤工艺的发展及其重要性

新兴的过滤技术在废水处理工程中扮演着关键的角色。传统的过滤方案无疑在处理速度、消耗量和移除某些特定污染物上存在劣势。随着材料科学的突破，纳米技术的升级，以及生物科技的发展，新式的过滤工艺被赋予了生命，包括膜层过滤、生物过滤，以及高效吸附材料的运用等技术，进一步提高了处理固体杂质、有机物及重金属的效率。这些新颖的过滤方法不仅增加了水质处理的良好效果，减轻了能源消耗，而且减少了对生态环境的二次污染，为持续发展的排放工程奠定了坚实基础。这种技术革新对于满足现代社会对排水处理的高标准要求至关重要。

## 3 新型过滤工艺的原理和性能评估

### 3.1 新型过滤工艺的工作原理

改进和革新是推动过滤工艺发展的主要动力，新型过滤技术的诞生背后，是对传统方法的优化升级，它较之前更行之有效，可以有效提高过滤效率，改善水质。需要提到，该工艺采用了多种先进技术，涵盖了固态杂质、有机物以及重金属的去除，并引入了微滤、超滤和纳滤膜技术。它们的关键在于利用微观孔径结构，可以割除悬浮颗粒、胶体和大分子有机物，纳米级膜过滤则对离子和重金属部分去除大显神威。除此之外，新的过滤工艺中采用吸附材料，如活性炭、石墨烯基材料或赋予新功能的滤料，它们在过滤时通过化学或物理方式吸附目标物质，将清除效果提升至新境界。生物过滤技术在新型过滤工艺中也占据重要地位。通过微生物的代谢作用，能够分解复杂有机物，减少总有机碳含量。结合催化氧化技术，能够将某些难降解有机物转化为简单分子，

从而进一步净化水质。

工艺的自动化与智能化也是其核心组成部分。通过在线监测与调整功能，过滤系统能够根据进水水质变化，自动调整操作参数，确保出水水质的稳定。新型过滤工艺综合了物理、化学及生物三方面的技术优势，形成一套高效的污水处理解决方案。这一原理的应用使其在多种排水场景中均展现出良好的适用性。

### 3.2 实验室环境下的新型过滤工艺测试与评估

对于新型过滤工艺，实验室环境设定中的测试与评估步骤主要是为了验证其高效性和可靠性。利用实验室环境，对过滤工艺在清除固体杂质、有机污染、重金属等方面的效能，进行深度探究。注入模拟废水的实验中，预设了各类型、各浓度的污染物，以确保测试能够全方位地评估新型过滤工艺的性能。

在新型过滤工艺的测试阶段，为了准确监测其过滤效果，研发团队采用了一系列精密仪器，包括颗粒计数器、化学需氧量分析仪（COD）及重金属分析仪等。数据采集过程严格按照操作规程进行，确保结果的准确性和可重复性，为评估新型过滤工艺的性能提供了可靠的数据支持。测试结果显示，该新型过滤工艺在去除固态杂质方面，能够有效过滤掉直径在微米级别的颗粒，大幅度降低水中的浊度；在有机物去除方面，COD 值显著下降，表明新型过滤工艺具备优良的有机物降解能力。在重金属去除测试中，过滤工艺表现出对多种重金属离子的高效去除能力。

综合性能评估表明，该新型过滤工艺在多种检测指标上均优于传统过滤方法，具有更高的过滤效率和更低的能耗。其在操作稳定性和可维护性方面也表现出显著优势，为实现更高效、更环保的水处理提供了技术支持。

### 3.3 新型过滤工艺的性能比较和优势分析

新型过滤工艺的性能在多方面表现出显著优势。在固态杂质的去除方面，新型工艺借由创新的物理过滤材料和独特的层级结构设计，显著提高了过滤精度和通量，减少了堵塞的可能性。对于水中有机物，该工艺采用高效吸附材料，提升了有机物去除率，降低了处理成本。另外，重金属去除能力的增强归因于其引入的特定化学试剂或纳米材料，能够与重金属离子稳定结合，从而实现高效去除。

与传统工艺相比，新型过滤工艺展现了更低的能耗和更少的化学试剂使用，对环境更为友好。其模块化设计提供了更高的灵活性，适用于不同规模和复杂程度的排水处理需求<sup>[1]</sup>。

## 4 新型过滤工艺在排水工程中的应用前景

### 4.1 市政排水工程中新型过滤工艺的应用前景

市政排水工程中，新型过滤工艺展示出了显著的应用前景。随着城市化进程的加快以及人口的增加，市政排水系统面临着越来越大的压力。传统过滤工艺难以高效处理日

益复杂的污染物组合，而新型过滤工艺能够有效克服这一挑战。

这种新型工艺在城市排水处理中表现出色，其先进的过滤机制能够实现对多种污染物的高效去除，包括固态杂质、有机污染物以及重金属离子。过滤材料的创新和工艺设计的优化，不仅提高了过滤的精确度，也大大降低了能耗和运行成本。新型过滤设备的紧凑设计和模块化特点，使其易于在现有系统中集成和升级，节省空间，减少了施工的复杂性。

经济和环保效益的结合是其一大优势。通过合理应用新型过滤技术，市政排水工程能够提高污水处理的效率和质量，减少对自然水体的污染。长期来看，这有助于降低市政管理部门的运行开支，并提升水资源管理的可持续性。

#### 4.2 工业排水工程中新型过滤工艺的应用前景

工业废水成分复杂多样，含有有机污染物、重金属及悬浮固体颗粒等难以处理的杂质，给传统滤水技术带来巨大挑战。新型过滤工艺借助其高效的分离功能和出色的处理性能，为工业废水带去了实际的处理方案。以纳米材料和复合膜技术为主体的新型过滤工艺，具有化学抵抗性和物理稳定性，成功清除了废水中的各种污染物，有效提升了水质。在工业废水处理中，新型过滤工艺表现出的经济和可行性是显著的。

相较于传统过滤方式，新型过滤工艺凭借更低的能量消耗实现了更高的处理效率，大幅削减了运营成本。其模块化和可扩展性的设计，使该工艺能够灵活适应不同规模的工业废水处理需求。此外，新型过滤工艺维护需求小，有助于企业在长期运营中进一步节省成本。

从生态利益出发，新型过滤工艺在工业废水处理中展现出了卓越的能力，它不仅能显著降低废水对环境的污染压力，还提高了将废物转化为资源的可能性。该工艺在去除各种污染物方面表现出色，轻松达到了环保法律更为严格的要求，为工业废水处理带来了新的解决方案。当新工艺成功融入现有废水处理系统之后，它们能够有效降低废水排放对周围生态造成的负面影响，助力绿色工业的进一步发展。由此可见，新型过滤工艺在工业排水工程中的应用前景广阔，具有深远的社会和环境意义。

#### 4.3 农业排水工程中新型过滤工艺的应用前景

在现代农业排水工程中，水体污染与资源利用效率的

矛盾日益加剧。新型过滤工艺的应用，可为减轻农业排水所带来的环境负担提供有效的解决方案。农业排水中普遍存在的有机物、化肥残留及病原微生物，若未能得到及时且高效的处理，不仅会污染水体，还可能对农作物生产带来负面影响。新型过滤工艺能够表现出较高的去除效率，特别是在有机物和微生物方面，显著改善农业排水的水质。其独特的过滤介质和创新性的工艺流程，使其能够适应多样化的农业排水特征，满足不同地区和作物种类的排水需求。相较于传统过滤工艺，该新技术在经济投入和设备维护方面更具优势，有助于降低农业经营者的运行成本。该技术的生态兼容性，为促进农业的可持续发展提供了有力保障。新型过滤工艺在农业排水处理中的推广与应用，不仅助力于提高农业水资源的再利用率，也为实现水体环境的友好发展贡献了关键力量。

## 5 结语

论文针对排水工程中新型过滤工艺的应用前景进行了详细的研究与探讨。实验室实验结果表明，这种新型过滤工艺在固态杂质、有机物和重金属的去除方面明显优于其他过滤技术，其优良的过滤效果为提高排水工程的处理效率打开了新的途径。实际工程应用表明，这一新型过滤工艺在处理市政、工业及农业排水方面具有显著提升，且在经济性、可行性和生态效益方面也展现了明显优势。研究结果强调了新型过滤工艺在排水工程中的重要性和卓越的实用价值，将对当前排水工程过滤技术的更新和提升产生推动作用。总的来说，论文对新型过滤工艺在排水工程中的应用前景进行了有意义的研究，对于指导相关技术的发展和推动排水工程领域的技术进步具有现实意义，也为未来的深入研究与应用提供了理论基础和实践参考。

## 参考文献

- [1] 李骞.给排水工程中新型管材的调试安装[J].新材料·新装饰,2020,2(2):23-23.
- [2] 王春华.新型管材在建筑给排水工程中的应用[J].市政设施管理,2020(3):41-42.
- [3] 徐文侠.市政给排水工程建设的道路雨水排水工程施工[J].中文科技期刊数据库(全文版)工程技术,2022(12):98-101.

# Research on the Lean Strategy of the Construction Management of the Petrochemical Test Equipment Transformation Project

Jianxin Gao

SINOPEC Engineering Group Luoyang R&D Center of Technologies, Luoyang, Henan, 471003, China

## Abstract

Petrochemical test equipment transformation project is an important way for the continuous development and upgrading of petrochemical industry, and its extremely high technology and complexity determine the difficulty of construction management. This paper explored the lean construction theory and applied it to the construction management of petrochemical test equipment transformation project, aiming to make full use of resources, reduce waste and improve the construction efficiency and quality. By analyzing the existing construction management mode, the lean construction strategy for petrochemical test equipment transformation project, including improvement measures for lean design, lean construction, lean maintenance, etc. These innovative schemes have been verified in practice. Compared with the traditional construction management methods, they not only save the cost and improve the construction efficiency, but also greatly improve the completion quality and investment efficiency of the project.

## Keywords

petrochemical test equipment; lean construction; construction management; resource optimization; investment benefit

## 石化试验装备改造项目施工管理的精益化策略研究

高建新

中石化炼化工程集团洛阳技术研发中心, 中国·河南 洛阳 471003

## 摘要

石化试验装备改造项 目是石化产业不断发展和升级的一种重要方式, 其极高的技术性和复杂性决定了施工管理的难度较大。论文对精益施工理论进行了探究, 并将其应用于石化试验装备改造项 目的施工管理中, 旨在充分利用资源、减少浪费, 提高施工效率和质量。通过分析现有的施工管理模式, 提出针对石化试验装备改造项 目的精益施工策略, 包括精益设计、精益施工、精益维护等方面的改进措施。这些创新性方案在实践中得到了验证, 与传统的施工管理方法相比, 不仅节约了成本, 提高了施工效率, 同时也大幅提升了项 目的完成质量和投资效益。

## 关键词

石化试验装备; 精益施工; 施工管理; 资源优化; 投资效益

## 1 引言

随着石化工业的迅速发展和全球化进程, 石化试验装备的技术要求越来越高, 各类改造项 目层出不穷。然而, 石化试验装置改造项 目的技术性和复杂性都比普通建设项 目高很多, 施工管理的难度自然也就大了许多。为了解决这个问题, 本研究提出并探讨了精益施工理论和应用在石化试验装备改造项 目中的实际经验。精益施工理论的核心理念就是最大限度地提高资源的使用效率, 提供一流的产品和服务, 同时还要追求最低的成本和浪费, 从而能够提高施工效率和质量, 提升项 目的投资效益。在本研究中, 我们不仅对现行的施工管理模式进行了深入的分析, 还提出了一系列针对石化试验装备改造项 目的精益施工策略, 涵盖了精益设计、精

益施工, 以及精益维护等所有的施工流程, 为石化试验装备改造项 目提供了切实可行的解决方案。

## 2 石化试验装备改造项目施工管理概述

### 2.1 石化试验装备改造项目介绍

石化试验装备改造项 目是石油化工产业链中一个重要的环节, 通过对现有装备进行创新和升级, 以适应不断变化的市场需求和技术进步<sup>[1]</sup>。此类项 目通常涵盖广泛, 包括石化试验装备的更新、技术革新以及工艺流程的优化。这些改造工程的必要性主要源于设备老化和工艺落后带来的生产效率低下、资源消耗过高以及环境治理压力增大的问题。新技术和新材料的应用, 使得石化试验装备的改造成为可能, 依托先进的技术手段, 不仅能够提升生产力, 还能够减少对环境的负面影响, 从而实现可持续发展。

石化试验装备改造项 目的实施过程中, 需要面对大量的技术挑战和管理难题。项 目范围广, 涉及多个技术领域和

【作者简介】高建新(1969-), 男, 中国河南洛阳人, 本科, 工程师, 从事项 目施工管理研究。

专业团队的合作,这就要求有高效的施工管理模式来协调各方资源,使改造项目得以顺利推进。由于石化试验装备的复杂性,施工管理不仅需要关注单个设备的优化,还需要全面统筹,确保各环节的无缝衔接和整体效率的提升。施工过程中还需严格遵循安全和环保标准,以保障项目的稳步推进。通过对石化试验设备的精心改造,企业可以有效降低生产成本,提高市场竞争力,为行业的整体技术进步提供示范和借鉴。

## 2.2 施工管理的重要性

施工管理在石化试验装备改造项目中具有重要性,不仅影响项目的进度和成本,还直接关系到施工质量和安全<sup>[2]</sup>。石化行业的高技术性和复杂性决定了其施工管理必须具备高度的专业性和精准性,以应对多变的施工环境和严格的技术要求。有效的施工管理能确保资源的合理利用,降低施工过程中各类浪费,优化施工流程,提高整体效率。这对于控制项目预算、保持工期和提升工程质量至关重要。施工管理的优劣还直接影响石化试验装备的改造效果,关系着项目的长期经济效益和设备的使用寿命。有效的管理策略能够降低安全隐患,提高施工现场的安全性,从而保障施工人员的健康和生命安全。施工管理在石化试验装备改造项目中不只是一个执行环节,更是提升项目价值的重要手段<sup>[3]</sup>。

## 2.3 现有施工管理模式的分析

当前石化试验装备改造项目的施工管理模式主要依赖于传统项目管理方法,这些方法往往侧重于时间、成本与质量三者之间的权衡。在实践中,这些管理模式普遍存在规划不足、资源浪费、响应不及时等问题,致使施工效率低下,项目周期容易延长,成本也难以得到有效控制。传统的施工管理多沿用自上而下的决策方式,忽视了现场操作人员的反馈与参与,导致实际操作与规划设计不符,容易引发质量问题。由于石化试验装备改造项目的特殊性和复杂性,传统模式在应对其不确定性和高技术要求时力不从心。信息传递不畅、缺乏系统化的协同管理手段,也限制了施工流程的优化。在这一领域亟须一种更高效、灵活且集成化的管理方法,以更好地满足石化产业的发展需求。精益施工理论在资源优化和流程改进方面的优势,为传统施工管理模式提供了有力的补充和革新方向。

# 3 精益施工理论及其在施工管理中的应用

## 3.1 精益施工理论的提出和发展

精益施工理论源于20世纪中期的精益生产理念,其初衷是通过减少浪费、提高效率来优化制造流程。随着时间的推移,这一理论逐步扩展至施工管理领域。精益施工理论强调通过系统分析识别浪费环节,主动采取措施减少不必要的资源耗费,从而提高施工项目的整体效率和效益。这一理念包罗了精益生产中的核心要素,如价值流分析、拉动系统和持续改进等。

在发展过程中,精益施工不仅仅关注生产环节的优化,还强调全生命周期内的改善策略。其应用范围包含设计、采购、施工及维护多个阶段,力求在整个项目周期中实现资源的最优配置。尤其是在建筑和工程管理中,精益施工注重通过集成项目交付、协同工作方式以及先进的管理工具,来促进各子系统之间的协调与合作,减少信息孤岛效应和资源浪费。

伴随着信息技术的发展,精益施工理论通过模型化和信息化手段得到了更广泛和深入的应用。使用如BIM(建筑信息模型)等工具来模拟和优化施工过程,已经成为提升精益施工实施效果的必备条件。通过不断的理论创新和实践验证,精益施工已逐渐成为提升施工效率和项目质量的关键理论框架之一。

## 3.2 精益施工理论在施工管理中的应用

精益施工理论在施工管理中的应用主要体现在资源优化配置、流程标准化和持续改进上。通过资源优化配置,确保项目资源的合理分配和有效利用,减少浪费,提高施工效率。采用基于数据分析和精准预测的资源调度方法,可以实现人力、材料和设备资源的最佳配置,降低资源闲置和过度使用的风险。

精益施工强调流程标准化,通过明确施工流程和制定详尽的工作标准,减少变异和返工,提高施工过程的稳定性和可控性。标准化施工流程不仅可以提高施工速度,还能确保施工质量的一致性,使项目在实施过程中更加高效和可靠<sup>[4]</sup>。

精益施工理论重视持续改进,通过不断地监测和评估施工过程中的各类指标,识别瓶颈和问题,进而采取改进措施。持续改进机制不仅可以优化当前项目的施工管理,也为未来项目提供可借鉴的经验和方法,提高整个施工管理体系的效率和效益。精益施工理论的应用能够显著提高施工管理的科学性和系统性,为项目成功实施提供有效保障。

## 3.3 精益理念对施工管理改善的影响

精益理念是一种关注价值最大化和浪费最小化的管理思想,对施工管理的改善具有深远影响。在石化试验装备改造项目的施工管理中,应用精益理念能够有效提升资源利用率,通过流程优化和标准化减少不必要的流程浪费。在技术复杂且高要求的环境中,精益理念促进了更高效的团队协作和信息流动,使得项目各阶段的决策更加精准。精益理念提倡的持续改进文化,推动施工团队不断优化工作流程,提高质量和效率。这种改变不仅缩短了施工周期,还显著提高了项目的整体完成质量和投资回报率。

# 4 石化试验装备改造项目施工管理的精益化策略

## 4.1 精益设计对施工管理的改进

精益设计作为精益施工理论的重要组成部分,在石化试验装备改造项目的施工管理中起到了关键作用。精益设计

强调设计过程中资源的高效利用和价值的最大化,力求通过合理优化设计流程,确保施工过程顺畅且无浪费。通过对设计方案的反复推敲与精细化修正,可以减少不必要的设计变更,从而降低施工过程中的返工概率,优化施工资源配置。

在石化试验装备改造项目中,精益设计通过多方协作,推动设计与施工环节的无缝衔接。在项目初期,充分组织设计者、施工者以及其他利益相关者进行协同设计,借助现代化的设计工具与方法,如BIM技术,实现信息的共享和设计方案动态调整。这种全局化设计视角使得各个环节间的沟通更为顺畅,有效减少了因信息不对称导致的施工延期和成本超支<sup>[5]</sup>。

精益设计还强调信息流的畅通,以确保各阶段工作的明确性和精准性。通过建立严格的信息管理体系和反馈机制,可以有效捕捉和解决设计过程中可能出现的问题,提升设计的精准度和施工的可预见性。这种基于价值流动最大化的精益设计方法,不仅提升了石化试验装备改造项目施工管理的效率和质量,也为进一步实施精益施工和维护奠定了坚实基础。

#### 4.2 精益施工对施工效率和质量提高

在石化试验装备改造项目中,精益施工策略通过优化资源配置和减少施工过程中的浪费,显著提高了施工效率和质量。采用精益施工方法有助于精确地计划和控制施工进度,减少不必要的等待时间、降低计划外的中断和返工,从而实现时间和成本的高效利用。引入规范化和标准化施工流程,通过持续监测和反馈机制,施工现场能够快速识别潜在问题并加以整改,保障施工质量的稳定性和一致性。通过精益施工策略,运用精益生产的5S管理方法,有效地整理和保持现场整洁,确保作业环境安全,减少安全隐患和可能导致质量问题的变量,从而提升整体施工质量。精益施工还强调团队协作和有效的沟通,通过看板系统等工具,提高信息交流的透明度,确保施工参与者对项目状态的清晰理解,便于及时调整和优化资源配置。在多个石化试验装备改造项目中的实践结果显示,精益施工策略不仅实现了显著的效率提升,还提高了项目的质量水平,为建设单位创造了更高的经济和社会价值。

#### 4.3 精益维护对项目完成质量和投资效益的提升

精益维护通过系统化的计划和管理方法,有效提升石化试验装备改造项目的完成质量和投资效益。其核心在于对装备生命周期内各环节的持续改进和优化。通过严格的维护计划,确保设备处于最佳运行状态,减少停机时间和维修成本。运用数据分析和预测性维护技术,可提前识别潜在问题,避免突发故障对施工进度的影响。综合这些措施,精益维护不仅提高了项目的整体质量,还提高了资金使用效率,为石化产业的长远发展奠定了坚实基础。

### 5 结语

论文针对石化试验装备改造项目的施工管理进行了探究,并提出了一套精益化施工策略,该策略集成了精益设计、精益施工和精益维护等维度,旨在充分利用资源、节约成本,提高施工效率和质量。此外,这些创新方案在实践中得到了验证,与传统施工管理方法相比,较大幅度提高了项目的完成质量和投资效益。然而,论文中仍存在诸多局限性。首先,虽然对精益施工理论进行了更深入的研究,但目前的研究更侧重于石化试验装备改造项目,适用性可能会因项目具体情况而异。其次,关于如何实施精益施工策略的具体方案,需要根据实际项目及其环境进行具体设计和调整。展望未来,我们将更进一步地开展基于石化试验装备改造项目的施工管理的研究,争取降低精益施工策略在实施过程中的困难和风险,提高其在不同项目中的适用性和健壮性。同时,我们也希望能够探索更多的精益施工策略,丰富现有的精益施工理论,为石化领域提供更具价值的精益施工策略。

#### 参考文献

- [1] 周洪.石化项目EPC总承包精益管理研究[J].中国科技投资,2021(1):39-40.
- [2] 朱好生.中国石化“1236”精益改善管理[J].企业管理,2023(6):68-70.
- [3] 陈波.装备制造业精益化管理研究[J].现代制造技术与装备,2020,56(3):213-214.
- [4] 曾丽琳.施工精益管理分析[J].装饰装修天地,2019(9):164.
- [5] 祝敬毅.基于“精益项目管理”理念的施工项目管理探讨[J].中国房地产业,2020(19):87.

# Real-time Obstacle Detection and Obstacle Avoidance Strategy of Unmanned Vehicles in Complex Mine Environment

Chuang Liu Xinxin Zhou Yue Ma Xingwei Song Tianlong Zhang

Mongolia Baiyinhua Mengdong Open-pit Coal Industry Co., Ltd., Xilin Gol, Inner Mongolia, 026200, China

## Abstract

The mine geological environment is complex and changeable, which poses a severe challenge to the application of driverless vehicles. This paper focuses on the real-time obstacle detection and obstacle avoidance strategy of unmanned vehicles in the mine environment. First, the key technologies of obstacle detection are analyzed, covering sensor technology, environment perception and modeling, obstacle recognition and classification, etc. Secondly, the obstacle detection algorithm based on machine vision, lidar and multi-sensor fusion is deeply discussed. Finally, obstacle avoidance strategies including path planning, perception-inference-control framework and collaborative obstacle avoidance techniques are proposed. These studies provide theoretical support and technical guidance for the safe driving of driverless vehicles in the complex environment of mines, and help to promote the wide application of driverless technology in the field of mining, and improve the safety and efficiency of mine operations.

## Keywords

mine environment; driverless vehicle; obstacle detection; obstacle avoidance strategy

## 矿山复杂环境下无人驾驶车辆的障碍物实时检测与避障策略

刘闯 周欣欣 马跃 宋兴伟 张天龙

蒙古白音华蒙东露天煤业有限公司, 中国·内蒙古 锡林郭勒 026200

## 摘 要

矿山地质环境复杂多变, 对无人驾驶车辆的应用构成严峻挑战。论文聚焦于矿山环境下无人驾驶车辆的障碍物实时检测与避障策略。首先, 分析了障碍物检测的关键技术, 涵盖传感器技术、环境感知与建模、障碍物识别与分类等方面。其次, 深入探讨了基于机器视觉、激光雷达及多传感器融合的障碍物检测算法。最后, 提出了包括路径规划、感知—推理—控制框架及协同避障技术在内的避障策略。这些研究为无人驾驶车辆在矿山复杂环境下的安全行驶提供了理论支撑和技术指导, 有助于推动无人驾驶技术在矿山领域的广泛应用, 提升矿山作业的安全性和效率。

## 关键词

矿山环境; 无人驾驶车辆; 障碍物检测; 避障策略

## 1 引言

在矿山这一复杂多变的地质环境中, 无人驾驶车辆的应用面临着诸多挑战。为了确保无人驾驶车辆在矿山环境下的安全行驶, 关键技术的研究显得尤为重要。其中, 障碍物检测与避障策略是实现无人驾驶车辆自主导航和安全运行的核心。矿山环境中的障碍物种类繁多, 形态各异, 要求无人驾驶车辆具备高效的障碍物检测能力。通过集成先进的传感器技术、环境感知与建模方法, 以及精准的障碍物识别与分类算法, 无人驾驶车辆能够实时感知周围环境, 准确识别障碍物。同时, 结合科学的路径规划、感知—推理—控制框架及协同避障技术, 无人驾驶车辆能够在复杂多变的矿山环境中灵活避障, 确保行驶安全。

【作者简介】刘闯(1987-), 中国河北玉田人, 本科, 工程师, 从事机械研究。

## 2 矿山环境下无人驾驶车辆障碍物检测关键技术

### 2.1 传感器技术

传感器技术在无人驾驶车辆的环境感知中发挥着至关重要的作用。其中, 激光雷达通过发射激光束并接收反射信号, 能够高精度地测量周围环境的距离和形状, 生成详细的三维点云数据, 为构建矿山精确地图和实时障碍物检测提供了有力支持。激光雷达以其高精度和广覆盖范围, 在矿山复杂地形和地貌中的环境感知方面展现出独特优势。同时, 摄像头通过捕捉图像信息, 并利用图像分析和计算机视觉算法, 有效检测到障碍物的位置和类型, 特别是在识别交通标志、车道线、行人等方面具有显著优势, 成为无人驾驶车辆环境感知的重要补充。此外, 雷达通过发射微波信号并接收反射信号, 能够穿透烟雾、尘埃等障碍物, 准确探测障碍物的距离、速度和方向, 适用于矿山环境中可能存在的大量

粉尘和雾气。而超声波雷达则通过发射超声波并接收反射信号,实现近距离障碍物的测量,在倒车雷达、自动泊车等功能中广泛应用,尽管其探测距离有限且精度受车速影响。

## 2.2 环境感知与建模

环境感知与建模对于无人驾驶车辆在矿山等复杂环境中的障碍物检测至关重要。这一环节主要依赖于传感器收集的环境数据,实时构建并不断更新周围环境的模型。无人驾驶车辆通过激光雷达生成的三维点云数据,能够精确地描绘出矿山地形地貌、障碍物、道路及建筑物等详细信息,形成高精度的三维地图。在此基础上,利用先进的图像处理和计算机视觉算法,无人驾驶车辆能够进一步提取出障碍物的形状、大小、位置等关键环境特征。这一过程使得无人驾驶车辆能够实时掌握周围环境的变化,并据此做出快速而准确的应对,从而确保行驶的安全性和效率。环境感知与建模技术的不断发展和完善,将为无人驾驶车辆在复杂环境中的应用提供更加可靠的技术支持。

## 2.3 障碍物识别与分类

障碍物识别与分类是无人驾驶车辆障碍物检测的核心。借助传感器数据,无人驾驶车辆能够精准识别环境中的障碍物,如车辆、行人、建筑物和岩石等。这一识别过程依赖于先进的图像识别、点云匹配等算法,确保车辆能够迅速捕捉并分析周围环境。识别障碍物后,车辆还需对其进行细致分类。分类依据包括障碍物的形状、大小、运动状态等关键信息。通过分类,无人驾驶车辆能够更准确地理解周围环境的动态变化,从而针对不同类型的障碍物制定并执行更为合理的避障策略。这一过程不仅提升了无人驾驶车辆的避障能力,也为其在复杂环境中的安全行驶提供了有力保障。

# 3 矿山环境下无人驾驶车辆障碍物检测算法研究

## 3.1 基于机器视觉的检测算法

机器视觉是无人驾驶车辆障碍物检测的关键技术之一,它依赖于摄像头捕捉的图像信息,并结合图像处理和计算机视觉算法来实现障碍物的有效检测。在图像处理阶段,一系列算法被应用于图像预处理、特征提取和目标检测等环节。图像预处理旨在去除图像中的噪声和干扰,提升图像质量,为后续处理奠定坚实基础。特征提取则是从图像中抽取与障碍物紧密相关的特征信息,如边缘轮廓、纹理细节等,这些信息对于障碍物的准确识别至关重要<sup>[1]</sup>。而目标检测则是利用这些特征信息,在图像中精确地定位并识别出障碍物的位置和类型。进一步地,计算机视觉算法如深度学习、卷积神经网络(CNN)以及目标跟踪等,为机器视觉提供了更为强大的处理能力。深度学习算法通过训练大量图像数据,能够实现对障碍物的精确识别和分类,显著提升检测的准确性。卷积神经网络作为一种高效的深度学习算法,凭借其强大的图像处理能力,在障碍物检测中发挥着重要作用<sup>[2]</sup>。此

外,目标跟踪算法能够在连续图像帧中持续跟踪障碍物的运动轨迹,从而进一步提高障碍物检测的准确性和实时性,为无人驾驶车辆的安全行驶提供有力保障。

## 3.2 基于激光雷达的检测算法

激光雷达作为无人驾驶车辆障碍物检测的关键传感器,其生成的三维点云数据为障碍物的精准识别提供了有力支持。这一过程中,点云处理算法发挥着至关重要的作用。该算法包含点云滤波、点云分割和特征提取等多个核心步骤。点云滤波通过有效去除点云数据中的噪声和干扰,显著提升了点云的质量,为后续处理奠定了坚实基础。点云分割则将复杂的点云数据有序地分割成不同的区域或物体,使得后续的障碍物检测工作得以更加精准地展开。特征提取则是从点云数据中提取出与障碍物紧密相关的特征信息,如形状、大小等,这些信息对于障碍物的准确识别至关重要。在点云处理的基础上,点云匹配算法进一步提升了障碍物检测的精度和实时性。该算法通过将实时获取的点云数据与预先构建的三维地图进行匹配,能够精确地识别出环境中的障碍物。根据匹配范围的不同,点云匹配算法可以分为全局匹配和局部匹配两种。全局匹配适用于大范围的环境感知,能够全面把握周围环境的变化;而局部匹配则更侧重于实时障碍物检测,能够在复杂多变的驾驶环境中迅速响应,确保无人驾驶车辆的安全行驶<sup>[3]</sup>。这一系列算法的综合应用,为无人驾驶车辆的障碍物检测提供了强大的技术支持。

## 3.3 多传感器融合算法

多传感器融合算法在提升无人驾驶车辆障碍物检测的准确性和鲁棒性方面扮演着至关重要的角色,尤其在矿山这一复杂环境中,无人驾驶车辆需依赖多种传感器来全面感知周围环境,因此多传感器融合算法显得尤为重要。该算法主要通过将来自不同传感器的数据进行综合处理,以实现更精确、更可靠的障碍物检测。在数据融合的过程中,主要存在数据级融合、特征级融合和决策级融合三种方法。数据级融合直接对多种传感器的原始数据进行融合处理,有助于对传感器数据进行预处理和降噪。特征级融合则侧重于将不同传感器提取的特征信息进行整合,以提升障碍物识别的准确性。而决策级融合则是对不同传感器的检测结果进行综合考量,从而得出最终的障碍物检测结果。为了进一步提升多传感器融合算法的性能,还需要对其进行优化处理。优化方法主要包括权重分配、滤波处理以及卡尔曼滤波等。权重分配根据各传感器的可靠性和准确性,对融合结果进行加权处理,以确保结果更加合理。滤波处理则利用滤波器对融合结果进行平滑处理,有效去除噪声和干扰。而卡尔曼滤波作为一种先进的动态数据融合算法,能够实时更新和修正融合结果,进一步提高障碍物检测的实时性和准确性。这些优化方法的综合应用,使得多传感器融合算法在无人驾驶车辆的障碍物检测中发挥了更加出色的作用。

## 4 矿山环境下无人驾驶车辆避障策略研究

### 4.1 路径规划

路径规划是无人驾驶车辆实现避障的关键策略，其核心在于为车辆规划出一条既安全又高效的行驶路径，从而有效避开障碍物，确保行驶过程的安全无虞。在路径规划的过程中，多种算法发挥着重要作用。A 算法作为一种常用的路径规划算法，凭借其强大的搜索能力，能够在复杂多变的环境中迅速找到最短路径，为无人驾驶车辆的行驶提供有力支持。Dijkstra 算法则更侧重于求解单源最短路径问题，通过计算从起点到所有其他节点的最短路径，为车辆提供全面的路径选择方案。而遗传算法则是一种基于生物进化原理的优化算法，它能够在全局范围内进行搜索，找到最优路径，为无人驾驶车辆的行驶提供更加精准和可靠的规划方案。在矿山这一复杂环境中，无人驾驶车辆需要面对不断变化的障碍物和道路条件，因此动态路径规划算法显得尤为重要。该算法能够根据实时获取的障碍物信息和道路条件，对行驶路径进行动态调整，确保车辆能够在复杂环境中始终保持安全行驶。通过综合考虑多种因素，动态路径规划算法能够为无人驾驶车辆提供一条既安全又高效的行驶路径，从而有效应对矿山环境中的各种挑战，确保无人驾驶车辆的行驶安全。

### 4.2 感知—推理—控制框架

感知—推理—控制框架是一种高效且系统化的方法，旨在实现无人驾驶车辆的避障功能。这一框架将无人驾驶车辆的避障过程精心划分为感知、推理和控制三个紧密相连的阶段，以确保车辆能够在复杂多变的道路环境中安全行驶。在感知阶段，无人驾驶车辆充分利用其搭载的多种传感器，实时且全面地感知周围环境的信息。这些信息涵盖了障碍物的位置、类型、速度以及道路条件等诸多方面，为后续的推理和控制提供了至关重要的输入数据。通过高精度的传感器和先进的信号处理技术，无人驾驶车辆能够准确捕捉周围环境的细微变化，为避障决策提供坚实的基础。进入推理阶段，无人驾驶车辆将根据感知阶段获取的信息，进行深入的逻辑推理和决策。这一阶段的任务是全面分析障碍物的运动轨迹和潜在危险，结合车辆的行驶目标和道路条件，制定出合理的避障策略。通过先进的算法和计算技术，无人驾驶车辆能够在短时间内迅速做出决策，确保避障行为的及时性和准确性。最终，在控制阶段，无人驾驶车辆将根据推理阶段制定的避障策略，执行相应的控制指令。这些指令包括转向、加速、刹车等一系列精细的操作，旨在实现避障行为的具体执

行。通过精确的控制系统和高效的执行机构，无人驾驶车辆能够迅速响应避障策略，确保在复杂多变的道路环境中安全行驶。这一框架的综合应用，使得无人驾驶车辆在面对各种挑战时都能表现出色，为未来的智能交通系统提供了有力的支持。

### 4.3 协同避障技术

在矿山这一复杂多变的环境中，无人驾驶车辆往往需要面对多车辆协同行驶的挑战，这使得协同避障技术显得尤为重要。协同避障技术是一种先进的解决方案，它允许多个无人驾驶车辆之间通过通信和协作，共同实现避障行为，从而确保行驶的安全性和效率。车辆间通信技术是实现协同避障技术的基础。通过这一技术，无人驾驶车辆能够实时获取其他车辆的位置、速度以及运动轨迹等关键信息。这些信息为车辆间的协同避障提供了必要的技术支持，使得无人驾驶车辆能够更加精准地判断周围环境和其他车辆的状态，从而做出更为合理的避障决策。在协同避障的过程中，协同避障算法发挥着至关重要的作用。该算法需要综合考虑多个无人驾驶车辆之间的相互影响和制约关系，通过协作和协商，共同制定出最优的避障策略。这一策略旨在确保各个车辆能够在保持安全距离的同时，高效地避开障碍物，实现协同行驶。通过协同避障算法的应用，无人驾驶车辆能够在复杂多变的环境中展现出出色的避障能力，为矿山等复杂环境下的智能交通系统提供了有力的支持。

## 5 结语

矿山复杂环境下的无人驾驶车辆障碍物实时检测与避障策略是实现无人驾驶技术在矿山中应用的关键。通过深入研究矿山环境下无人驾驶车辆障碍物检测的关键技术、算法和避障策略，可以为无人驾驶车辆在矿山中的应用提供理论支持和技术参考。未来，随着传感器技术、计算机视觉算法、路径规划算法等技术的不断进步，无人驾驶车辆在矿山中的应用将更加广泛，其安全性、可靠性和效率也将得到显著提升，为矿山行业的智能化转型和可持续发展注入新的活力。

### 参考文献

- [1] 刘伟,黄树巍,魏琪嘉.无人驾驶在露天煤矿的应用研究[J].信息通信技术与政策,2024,50(10):21-27.
- [2] 石昌景,刘光,葛继平等.露天矿山运输车辆无人驾驶系统研究[J].价值工程,2024,43(25):152-155.
- [3] 曾姣妮,王立群,杨薇,等.矿山无人驾驶自卸车装料区路径规划算法研究[J/OL].汽车实用技术,1-6[2024-11-14].

# Research on the Application Technology of Rotary Excavation Bored Pile in Residential Construction Engineering

Sheng Liu

Dongguan Qichuang Industry Investment Co., Ltd., Dongguan, Guangdong, 523000, China

## Abstract

The construction technology of rotary drilling and grouting pile is a commonly used technique in construction, which has a relatively significant impact on the construction efficiency and quality of building projects. It is necessary to strengthen technical control and management, and ensure the scientific and effective application of technology. The paper also focuses on this, analyzing the technical points from the entire process of rotary drilling and grouting pile construction. It is hoped that through exploration and analysis, more references and inspirations can be provided for relevant construction units. Through technical control and management, the technical advantages of rotary drilling and grouting pile construction technology can be better utilized, and the effectiveness and scientific application of technical management can be improved, thereby effectively enhancing the construction quality and level.

## Keywords

construction engineering; rotary excavation bored pile; key technical points; construction quality

# 住宅建筑工程旋挖钻孔灌注桩施工技术的应用研究

刘盛

东莞市旗创产业投资有限公司, 中国 · 广东 东莞 523000

## 摘要

旋挖钻孔灌注桩施工技术是建筑施工中的常用技术, 对于建筑工程施工效率和施工质量影响相对较大, 加强技术控制和技术管理、保障技术应用的科学性与有效性是十分必要的。论文也将目光集中于此, 从旋挖钻孔灌注桩施工的全过程出发分析技术要点, 希望通过探讨和分析可以为相关施工单位提供更多的参考与借鉴, 通过技术控制和技术管理更好地发挥旋挖钻孔灌注桩施工技术的技术优势, 提高技术管理的实效性和应用的科学性, 进而有效提升施工质量和施工水平。

## 关键词

建筑工程; 旋挖钻孔灌注桩; 技术要点; 施工质量

## 1 引言

经济社会的迅速发展、城市化的加剧, 让现阶段社会对于建筑工程的需求变得越来越大, 建筑工程施工规模也因此不断扩张, 在这样的背景下合理应用旋挖钻孔灌注桩施工技术是十分必要的, 相较于其他灌注桩施工技术, 旋挖钻孔灌注桩施工技术的适配性强, 可以更好地保障建筑工程的整体结构和功能进而有效提升建筑施工质量, 同时在建筑施工过程中科学应用旋挖钻孔灌注桩技术对于周边环境所产生的影响和扰动也是相对较小的, 因此必须加强旋挖钻孔灌注桩施工技术控制和技术管理, 保障技术应用的科学性与有效性, 相关施工团队可以紧盯如下几个要点加强技术控制和技术管理。

## 2 落实准备工作

现阶段建筑工程的施工规模越来越大, 在旋挖钻孔灌注桩施工过程中的施工任务越来越重, 在这样的背景下想要在规定的周期内保质保量地完成旋挖钻孔灌注桩施工任务就必须提前落实准备工作, 具体可以从如下几个维度做出优化和调整, 如图 1 所示。

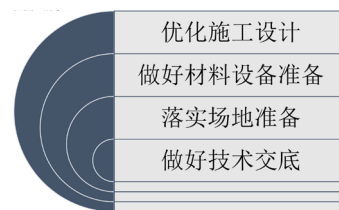


图 1 准备工作落实要点

**【作者简介】**刘盛 (1988-), 男, 满族, 中国辽宁岫岩人, 硕士, 工程师, 从事工程管理、土建专业的工程技术应用研究。

首先, 必须优化施工设计图纸, 保障施工设计的科学性、有效性和针对性, 而在施工设计图纸优化和调整的过程中则需提前落实实地勘测工作, 对于拟建区域的地质特点、气候

特点甚至交通和人文特点都有较为全面的认知和了解,明确哪些因素可能会影响旋挖钻孔灌注桩施工的正常开展,分析在 施 工 建 设 过 程 中 可 能 存 在 的 质 量 隐 患 安 全 隐 患 以 及 施 工 成 本,建 立 多 套 施 工 设 计 方 案,优 中 选 优,在 此 基 础 之 上 明 确 施 工 顺 序,确 保 施 工 建 设 工 作 能 够 顺 利 开 展。

其次,需落实材料设备的准备工作,这对于施工效率和施工质量也会产生至关重要的影响,而在材料设备准备工作落实的过程中必须结合施工设计图纸明确在 施 工 建 设 时 对 于 材 料 和 机 械 设 备 的 实 际 需 求,撰 写 材 料 设 备 使 用 清 单,在 材 料 设 备 正 式 进 场 之 前 需 对 设 备 进 行 调 试,并 对 材 料 进 行 二 次 检 验,确 保 材 料 设 备 的 质 量 性 能 符 合 施 工 建 设 需 求,保 障 施 工 设 备 处 于 最 佳 运 行 状 态,为 施 工 建 设 工 作 的 正 常 开 展 提 供 物 质 基 础 和 资 源 保 障。

再次,须落实场地准备工作,结合施工设计图纸以及拟建区域的实际情况做好场地规划,分析施工场地是否符合于旋挖钻孔灌注桩施工的实际需求,在此基础之上落实场地准备工作,为后续工作的高效开展提供更多的助力。

最后,需落实技术交底工作,明确旋挖钻孔灌注桩施工过程中的技术要点以及在 施 工 建 设 过 程 中 可 能 存 在 的 问 题,并 且 借 助 BIM 技 术 等 相 应 现 代 化 技 术 得 出 具 体 的 施 工 参 数,为 施 工 建 设 工 作 的 开 展 提 供 更 多 指 导<sup>[1]</sup>。

### 3 埋设护筒

一般情况下,在旋挖钻孔的过程中很容易会出现孔壁坍塌问题,为了更好地应对和避免该类问题影响施工质量和施工效率,就需要做好护筒埋设,而在护筒埋设的过程中相关工作人员需着重引起关注和重视的则是确保孔壁与地下水的水位差符合设计标准和设计要求,并且通过埋设护筒来提高孔内的静水压,提高孔壁的坚韧性和稳定性。在护筒埋设的过程中,需确保护筒顶端超过施工地面 0.3cm,在此基础之上借助分层夯实的方法提高密实度。此外,在护筒埋设的过程中垂直度问题也是较为常见的问题,这很容易会导致后续施工难以正常开展,因此需通过现场测量保障护筒垂直度。就现阶段来看,在护筒埋设过程中可以采用钢筋护筒、混凝土护筒和木质护筒等不同类型的护筒,相关工作人员需结合施工设计图纸明确对护筒的要求,对护筒类型作出科学选择,在此基础之上还需做好护筒的直径和每节长度的控制,一般情况下需确保直径相对较大且长度在 2~3m,在护筒埋设之前需在孔底铺设 400mm 厚的粘土,避免出现护筒底部坍塌、渗漏等相应问题影响施工质量<sup>[2]</sup>。

### 4 钻孔施工

在护筒埋设结束以后则进入了钻孔施工环节,而在钻孔施工过程中需抓住如下几个要点。

首先,需结合设计图纸,做好现场标识明确钻孔的具体位置安放钻机,在这个过程中可以借助经纬仪确保钻机安放的位置正确、精准,控制钻机位置误差,确保其误差小于

5cm,在此基础之上引入枕木对钻机进行固定,观察钻机是否出现位移或倾斜等相应问题,及时加以处理。

其次,在 施 工 建 设 过 程 中 需 结 合 施 工 设 计 图 纸 明 确 钻 机 钻 头 的 直 径 要 求,做 好 钻 头 检 查 并,分 析 其 磨 损 程 度 是 否 会 影 响 施 工 工 作 的 正 常 开 展,判 断 是 否 需 要 更 换 钻 头。在 正 式 施 工 的 过 程 中 相 关 工 作 人 员 需 紧 抓 钻 进 深 度 设 备、地 质 特 征 等 相 应 关 键 要 点 做 好 信 息 记 录。

再次,在 钻 孔 施 工 过 程 中 需 着 重 引 起 关 注 和 重 视 的 则 是 加 强 对 钻 进 速 度 和 钻 进 力 度 的 管 理,在 速 度 和 力 度 控 制 上 应 当 坚 持 从 慢 到 快、从 小 到 大 的 原 则 针 对 性 地 作 出 调 整,当 然 这 需 结 合 施 工 区 域 的 地 质 情 况 具 体 问 题 具 体 分 析。例 如 从 硬 地 层 钻 到 软 地 层 则 需 适 当 的 提 高 钻 进 速 度,而 如 果 从 软 地 层 钻 到 硬 地 层 则 需 适 当 减 缓 钻 进 速 度<sup>[3]</sup>。

最后,在 钻 孔 前 需 按 要 求 加 水,调 节 孔 口 泥 浆 比 重,保 障 孔 壁 稳 定 性,有 效 避 免 塌 陷 等 相 应 问 题 的 出 现。

### 5 钢筋笼施工

在钢筋笼施工过程中需注意如下几点问题,如图 2 所示。



图 2 钢筋笼施工技术要点

首先,需紧抓钢筋笼制作环节加强技术控制和技术管理,一般情况下,钢筋笼制作多为现场制作,为了更好地保障钢筋笼制作质量,应通过空间规划的方式确保钢筋笼制作区域平整整洁,在钢筋笼制作结束之后需结合施工设计图纸和质量验收标准加强对钢筋笼的质量,检验分析钢筋笼的制作质量是否达标。此外,在钢筋笼制作过程中主筋选择是十分考究的,这会直接影响钢筋笼的强度和性能,一般情况下应当选用整根钢筋,而钢筋笼搭钢筋的搭接长度应超过 5cm,连接误差应控制在 20mm 以内。

其次,在钢筋笼安装的过程中需充分考量不同起吊方式对于施工效率和施工质量所产生的影响。例如可以通过钢筋笼全笼一次起吊的方式提高施工效率,但在该过程中需避免钢筋笼变形等相应情况,可以在钢筋笼变截面位置加设杉木杆,并与主筋绑扎,在此基础之上结合钢筋笼的形状特点合理选择吊点位置。再例如可以引入钢筋笼分段起吊的方式将钢筋笼分为两段,将第一段下放至指定位置并固定以后将第二段吊装至孔口,用加锁母型套筒连接,相关工作人员须具体问题具体分析,合理选择吊装方式。

最后,在钢筋笼安装的过程中应当提前做好探孔检测工作,避免钢筋受外力影响出现变形、质量受损等相应问题,

同时在吊装及安装的过程中需加强现场管理，避免磕碰影响钢筋笼施工的施工质量<sup>[4]</sup>。

## 6 清孔作业

在清孔作业的过程中相关工作人员需要着重引起关注和重视的则是做好钻头与孔底间距的控制，一般情况下可以将其距离控制在 50~80mm，在此基础之上则需关注泥浆含沙量及返浆比重以及孔底沉渣厚度，确保厚度数值小于 50mm，及时排空孔洞中的泥浆。

为了更好地提高清孔工作的工作效率和工作质量，在清孔作业的过程中可以引入吸泥机，这种清孔方式不仅操作难度相对较低且清孔质量相对较好，清孔效率相对较高，因此在旋挖钻孔灌注桩施工中得到了广泛应用，同时采用吸泥机落实清孔作业也可以更好地保障下土层的稳定性。

## 7 混凝土灌注

在清孔作业结束以后则需进入混凝土灌注环节。在混凝土灌注的过程中需注意如下几个问题。

首先，需做好钢筋笼的检查工作，分析钢筋笼是否严格按照设计要求和施工规范放置在孔内，在此之后对钢筋笼进行加固处理。

其次，需落实混凝土灌注，借助导管保障混凝土灌注的连续性，避免在混凝土灌注过程中出现断桩等相应问题，在这个过程中相关工作人员需通过加强现场观察的方式定期对导管进行清洁，因为在混凝土灌注过程中很有可能会有残渣滞留于导管当中，进而导致混凝土灌注效果受到一定的影响，甚至出现断灌问题，因此必须定期做好导管清洁工作。可以引入钢筋材料，结合施工现场实际需求来制作导管，在导管制作的过程中需确保导管内壁平整，进而确保混凝土在导管内的流动效果。在导管使用的过程中，需确保其埋深在 2~6m，在灌注期间严禁拔出导管<sup>[5]</sup>。

再次，在混凝土灌注过程中需做好混凝土的深度测量，可以引入测锤来获得深度数值，记录混凝土的用量和深度信息，在混凝土灌注过程中还会涉及导管拆卸及桩顶处理工作，在导管拔出的过程中施工工作人员应当坚持勤拔、勤拆

的原则，有效避免断桩等问题。而在导管拆卸的过程中需根据导管理深来确定卸管长度，并且在卸管的过程中确保混凝土始终处于流动状态。

最后，为了更好地提高混凝土灌注质量和效果，相关工作人员还需加强对于混凝土制作环节的控制，尤其需引起关注和重视的则是加强原料控制及混凝土拌合管理。在混凝土原料控制的过程中需结合混凝土质量验收标准，明确对于不同混凝土的质量性能要求。在此基础之上则需根据质量验收标准落实现场实验工作，明确各原料的比例，可以通过现场实验的方式测定不同比例下混凝土的强度，得出最佳比例，在混凝土拌合过程中严格按照设定的比例落实拌合工作，避免因混凝土拌合管理不到位，进而导致混凝土的质量性能受到较大的影响，最终影响建筑工程的施工质量<sup>[6]</sup>。

## 8 结语

在建筑工程施工中合理应用旋挖钻孔灌注桩施工技术是十分必要的，这对于提高施工效率和施工质量甚至控制施工成本都可以起到至关重要的影响，必须引起关注和重视，相关工程施工单位需抓紧准备工作、护筒埋设、钻孔施工、钢筋笼施工、清孔施工、混凝土灌注等相应关键点加强技术控制和技术管理，确保旋挖钻孔灌注桩技术能够有效应用并发挥其应有的作用和影响，提高施工质量和施工效果。

### 参考文献

- [1] 陈文杰,傅建忠.高层住宅建筑工程后注浆钻孔灌注桩施工技术应用研究[J].中国住宅设施,2022(2):154-156.
- [2] 林锦东.旋挖钻孔灌注桩后注浆法在建筑工程桩基础施工中的运用分析[J].四川水泥,2021(3):87-88.
- [3] 李林桑.建筑工程旋挖钻孔灌注桩施工技术及其质量控制[J].住宅与房地产,2020(27):164-165.
- [4] 韩永飞.旋挖钻孔灌注桩后注浆法在建筑工程桩基础施工中的运用分析[J].四川水泥,2020(3):262.
- [5] 方勇.建筑工程旋挖钻孔灌注桩施工技术及其质量控制分析[J].中国住宅设施,2018(12):117-118.
- [6] 李凌锲.建筑工程旋挖钻孔灌注桩施工技术及其质量控制[J].太原市职业技术学院学报,2018(9):173-174.

# Research on the Importance and Effective Measures of Quality Management in Industrial Enterprise Production Sites

Xiaoqiang Yao

Chifeng Enterprise Innovation Incubation Center, Chifeng, Inner Mongolia, 024099, China

## Abstract

In the development process of industrial enterprises, it is necessary to process various industrial products in the production process, and on-site quality management is essential to avoid quality hazards in the production process and promote the development of the industry. Therefore, in the process of industrial development, management personnel are required to conduct in-depth analysis of production site quality management, analyze the necessity of on-site management, and explain the difficulties of on-site quality management, and formulate targeted strategies. However, industrial enterprises are generally large in scale, and on-site management requires consideration of multiple objects and high technical requirements, which presents some difficulties in implementing management. The paper starts with the management of production sites in industrial enterprises, elaborates on its importance, and based on the above data, formulates appropriate development strategies to ensure the smooth implementation of quality management.

## Keywords

site quality management; safety risks; development strategy

# 工业企业生产现场质量管理的重要性与有效措施研究

姚小强

赤峰市企业创新孵化中心, 中国·内蒙古 赤峰 024099

## 摘要

工业企业发展环节, 其生产环节需要对各种工业产品进行加工, 现场质量管理就十分必要, 可以规避生产环节的质量隐患, 推动行业的发展。所以工业发展环节, 就要求管理人员深入分析生产现场质量管理, 对现场管理的必要性进行分析, 并且阐述现场质量管理的难点, 制定针对性地开展策略。然而工业企业一般规模较大, 现场管理需要考虑的对象较多, 技术要求也较高, 管理的落实就存在一些难点。论文就从工业企业生产现场管理入手, 对其重要性进行阐述, 并且综合上述数据, 制定合适的开展策略, 保证质量管理的顺利开展。

## 关键词

现场质量管理; 安全隐患; 开展策略

## 1 引言

工业企业生产现场质量管理作为对工业现场进行管理的作业, 需要对整个生产流程进行管理, 包括生产人员、生产设备、生产技术以及协调调度等, 任务量较多而且技术要求较高。所以实际开展环节, 工业企业生产现场的质量管理就存在诸多难点, 影响管理的开展。此背景下, 就要求相关人员加强对现场质量管理的研究, 借助先进的技术设备, 合理开展现场管理, 对生产可能存在的安全隐患进行分析, 并且结合相关数据制定针对性的解决策略, 保证生产的安全性。

## 2 工业企业生产现场质量管理概述

工业企业生产现场质量管理是指在生产过程中对产品质量进行有效监控、控制、保证和提升的各项活动和措施。质量管理的目标是确保最终产品符合客户的需求、技术标准以及相关法规要求。为了实现这一目标, 生产现场的质量管理通常涉及多个方面, 主要包括质量管理体系(图1)、质量控制、质量改进、员工培训与意识提升、生产过程控制、供应链管理、质量数据分析与报告以及风险管理等<sup>[1]</sup>。综上所述, 工业企业的生产现场质量管理是一个系统工程, 涉及生产、供应链、设备、人员等多个方面。通过全面的质量管理体系、严密的过程控制、有效的质量改进措施, 企业可以提升产品质量、提高生产效率, 并满足市场需求。

【作者简介】姚小强(1988-), 男, 蒙古族, 中国内蒙古赤峰人, 硕士, 工程师, 从事技术监督、产品质量、安全生产研究。

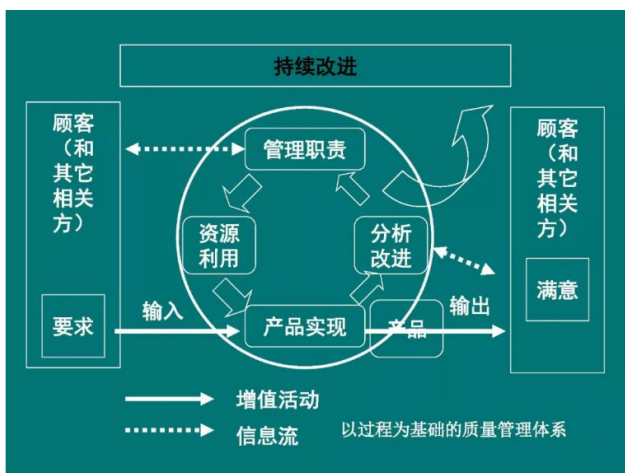


图1 质量管理体系

### 3 工业企业生产现场质量管理的重要性

#### 3.1 可以确保产品质量符合标准

质量管理的核心目标之一是确保产品在生产过程中符合既定的质量标准和技术要求。生产现场质量管理通过严格的质量控制和检测，能够及时发现和纠正生产过程中出现的质量问题。确保产品的尺寸、性能、外观等指标在标准范围内。并且减少不合格产品的数量，降低返工、报废和退货的风险，确保产品能够满足客户的期望和法规要求。

#### 3.2 提高生产效率，降低生产成本

有效的质量管理可以通过标准化操作、减少浪费和优化流程提高生产效率。生产现场质量管理帮助及早发现问题，减少了不合格品的产生，避免了返工和报废的浪费，进而降低生产成本。通过改善质量管理，企业能够更好地控制原材料和生产资源的使用，从而降低浪费，提升资源的利用率。而且质量管理与精益生产理念结合，通过减少不必要的工序、提高作业效率，能够降低生产成本，提高企业的盈利能力。

#### 3.3 增强客户满意度和市场竞争力

随着客户对产品质量的要求越来越高，优质的产品不仅能够提升客户满意度，还能增强客户忠诚度。有效的生产现场质量管理可以在质量管理过程中，生产现场通过严格的控制，确保每批次产品的质量都能保持一致，避免由于质量波动而影响客户体验。而且通过对产品质量的持续改进，满足客户的定制化需求，提高客户满意度。

#### 3.4 降低质量风险，预防质量问题

质量管理不仅是检查和控制，它还包括风险预测和问题预防。通过质量管理，企业能够通过实施故障模式与效应分析（FMEA）、统计过程控制（SPC）等方法，预测和识别潜在的质量风险和问题。然后通过标准化操作、设备定期维护、人员培训等措施，防止因人为失误、设备故障等原因导致的质量问题。而且在出现质量问题时，能够快速定位并采取有效的应对措施，避免问题扩大化。

综上所述，工业企业生产现场的质量管理不仅仅是技术层面的控制，更是全方位的系统工程。因此，生产现场质量管理在现代工业企业中具有至关重要的战略地位，需要企业工业管理者加强对其的重视。

### 4 工业企业生产现场质量管理的难点

在工业企业的生产现场，质量管理面临着许多挑战和难点。首先，在生产过程中，员工的操作是否规范直接影响产品的质量。然而，由于人员流动、培训不充分或个别员工的操作习惯不同，规范操作难以落实。其次，生产现场的设备故障、技术水平不足或设备老化会影响生产效率和产品质量。设备维护不及时、缺乏有效的设备管理，也会导致质量波动。然后，生产现场的质量控制和检测往往局限于最终产品，缺乏对生产过程的实时监控，导致质量问题未能及时发现和纠正。最后，原材料的质量波动会直接影响到最终产品的质量，而供应商的管理不善、采购环节的控制不足，往往导致原材料质量难以稳定<sup>[2]</sup>。综上所述，生产现场质量管理的难点较多，很大程度上制约现场质量管理作业的落实，需要管理者进行深入分析，制定针对性的解决策略。

### 5 工业企业生产现场质量管理的有效措施

#### 5.1 建立健全质量管理体系

建立一个全面、规范的质量管理体系是确保生产现场质量管理有效实施的基础。实际管理环节，需要相关人员通过专业的技术手段进行设计。首先要引进 ISO 9001 体系，这是最广泛应用的质量管理体系标准，能够帮助企业建立有效的质量控制流程，确保产品和服务的质量。还需要遵循行业标准和法规。例如，食品、药品、汽车等行业有各自的质量管理标准，企业应根据所处行业的特定要求进行管理<sup>[3]</sup>。而且实际设计环节，质量管理体系应涵盖、质量目标设定、质量计划和操作规程、质量审核和评估以及持续改进机制等，充分发挥体系的功能。

#### 5.2 制定标准化的作业流程

标准化是确保生产过程中各环节质量一致性的关键。通过标准化作业流程，能够有效减少因人员操作不当、流程不规范而导致的质量波动。实际设计环节，就需要相关人员通过以下手段进行设计：首先，要制定标准作业指导书（SOP），明确每个操作环节的标准化操作步骤，确保员工在生产过程中按标准执行；其次，要开展作业培训和认证，需要对生产线员工进行定期培训，确保他们熟练掌握标准操作流程；最后，还需要实现工作环境和工具的标准化，确保生产现场的工具、设备和工作环境符合规范，避免因环境或工具问题影响产品质量。

#### 5.3 需要实施过程控制和在线监测

实时的过程控制和监测可以及时发现和纠正潜在的质量问题，避免问题蔓延。常用的过程控制措施包括以下几种：一是统计过程控制（SPC），通过数据采集和统计分析，实

时监测生产过程中的关键质量指标(如尺寸、温度、压力等),确保其处于预定的控制范围内;二是引进自动化检测系统,需要在生产过程中部署传感器、摄像头等设备,实时监测产品质量或生产过程,及时发现偏差,进行调整;三是要实现关键控制点监控,对于影响质量的关键环节,如原材料入库、加工、包装等,进行重点监控,确保每个环节的质量都符合要求。

#### 5.4 积极开展质量检验与测试

在生产现场环节,质量检查和测试是确保产品符合质量要求的重要环节,要求相关人员通过以下手段进行设计。首先,开展原材料和零部件检验,确保所有投入生产的原材料和零部件符合质量标准。可以通过外部供应商审核、进货检验、物料抽检等手段进行控制;其次,重视中间产品检查,应在生产过程中对各个工序进行质量检查,确保每道工序的产出符合质量要求,避免缺陷积累到最后阶段;最后,开展成品检验,应对最终产品进行全面的质量检验,确保产品符合客户要求和行业标准。检验项目可以包括外观、尺寸、性能、功能等多个方面。

#### 5.5 重视问题追溯以及源头控制

当质量问题发生时,及时追溯并找到问题的根本原因至关重要,可以帮助相关人员迅速查找故障原因,方便后续的治理。所以质量现场管理环节,就需要建立起问题追溯机制,寻找隐患的源头。作业环节,要求相关人员通过建立质量问题追溯系统,追溯到生产过程中的每个环节,找出质量问题的来源。可以使用工具如“5 Why 分析法”或“鱼骨图(Ishikawa图)”等,深入分析质量问题的根本原因,避免问题的重复发生<sup>[4]</sup>。然后,对于识别出的质量问题,就需要采取相应的纠正和预防措施,防止类似问题的再次发生。

#### 5.6 强化员工参与和质量文化建设

员工是质量管理的执行者,建立良好的质量文化,激发员工的参与意识,能够大大提高质量管理的效果。就要求相关人员通过以下手段进行设计:一是要重视员工培训和意识提升,企业需要定期组织员工进行质量管理相关培训,提高员工对质量标准、质量控制方法及质量目标的理解;二是要完善质量激励机制,可以通过设立质量奖励或激励措施,鼓励员工提出改进建议,参与质量改进活动;三是要开展质量小组活动,通过组建质量改进小组,让一线员工参与到质量管理的各个环节中,发挥其现场经验,提升产品质量。

#### 5.7 重视供应商的管理

产品质量不仅与生产环节有关,还与供应商提供的原材料和零部件的质量密切相关。供应商在产品生产环节也可

能存在质量问题,现场质量控制也需要强化对供应商的控制。首先,需要定期对供应商进行质量评估,确保其提供的原材料、零部件等符合质量要求;其次,需要建立与供应商的战略合作伙伴关系,共同提升质量管理水平,实现双赢<sup>[5]</sup>;最后,要对供应商交付的原材料进行严格的质量检验,确保其符合标准要求。

#### 5.8 应定期进行质量审查和绩效评估

定期的质量审查和绩效评估可以帮助企业发现质量管理中存在的问题,及时调整策略,需要相关人员通过以下手段进行设计:一是要定期进行内部质量审核,检查质量管理体系的有效性和执行情况,发现问题并加以改进;二是需要通过量化的质量指标(如不合格品率、返工率、客户投诉率等)进行绩效评估,帮助管理层了解质量管理的实际效果,制定进一步的改进计划。

#### 5.9 加大质量安全风险隐患监控力度。

监管部门要坚持企业现场指导企业高效落实“两个责任”,从监督抽查、生产许可、认证监管、执法打假、缺陷召回、投诉举报、舆情事件等日常监管中发现和反馈风险隐患信息,建立风险管控清单,实现动态监测。结合“双随机、一公开”抽查,对工业产品生产经营单位开展监督检查,对未落实质量安全主体责任的生产销售单位给予警告责令整改,对违法违规行为依法予以处置。制定发现风险预警响应和处置预案,做好风险预警、分析研判。

### 6 结语

综上所述,工业企业生产现场的质量管理是一项系统工程,涵盖了从原材料采购、生产过程控制到成品出厂的各个环节。通过建立健全的质量管理体系、实施标准化作业流程、加强质量检测与过程控制、强化员工参与、部门监管等多方面措施,企业能够有效提升产品质量、降低生产成本、提高生产效率,从而增强市场竞争力,实现可持续发展。

#### 参考文献

- [1] 蔡振洪.工业与民用建筑施工现场质量管理的完善策略探讨[J].中国建筑金属结构,2022(10):71-73.
- [2] 杨金泽,仲瑞亮,廖通才,等.质量风险体系的现场应用研究[J].大众标准化,2022(9):25-27.
- [3] 刘岳,康凤翠,耿世忠.中小企业生产现场质量管理优化措施探究[J].中小企业管理与科技(下旬刊),2021(12):34-36.
- [4] 陈文千.G公司生产现场质量管理改进研究[D].南京:东南大学,2021.
- [5] 曾春水.工业与民用建筑施工现场质量管理的完善策略探讨[J].中国建筑金属结构,2021(2):40-41.

# Management of Soft Soil Foundation Reinforcement Technology and Construction Points in Road Construction

Jiachi Chen

Shanghai Baojian (Group) Co., Ltd., Shanghai, 201900, China

## Abstract

With the support of rapid economic and social development, the process of urbanization is constantly accelerating. In order to meet the daily travel and transportation needs of residents, it is necessary to strengthen road construction, select corresponding construction techniques and processes according to the specific situation of the project, ensure construction quality and efficiency, and improve road safety and service life. Due to the differences in geological and hydrological conditions in the areas where road construction is located, especially in terms of foundation, some areas have soft soil foundations, which have serious adverse effects on subsequent construction and also affect the application of subsequent roads. Based on this, the paper explores the construction of soft soil foundation roads through practical projects, discusses the application of foundation reinforcement technology, and analyzes the key management points of construction, in order to provide experience and support for similar constructions.

## Keywords

road construction; soft land foundation; reinforcement technology; construction key points; management analysis

## 道路建设中软土地基加固技术与施工要点管理

陈嘉驰

上海宝建(集团)有限公司, 中国·上海 201900

## 摘 要

在经济社会飞速发展的支持下,城市化进程不断加快,为满足居民日常出行以及交通出行的需求,需强化道路建设,根据项目具体情况,选择相应的施工技术以及施工工艺,保证施工质量与效率,并提升道路安全性以及使用年限。由于道路建设所处区域存在差异性,地质条件以及水文条件不同,尤其是地基方面,部分区域为软土地基,对后续施工造成严重不良影响,也影响后续道路应用情况。论文基于此,以实际项目为案例,对软土地基道路建设进行探究,对地基加固技术的应用进行讨论,并分析施工要点管理,以期对相似施工提供经验与支持。

## 关键词

道路建设; 软土地基; 加固技术; 施工要点; 管理分析

## 1 引言

现阶段,为满足城市经济的发展,道路建设尤为重要,需将其作为重点建设内容之一,因此相关部门需重视此项建设,并对施工技术以及施工工艺等进行探究与分析。在开展道路建设的过程中,面临软土地基问题,地基较为松散,地基内含水量比较大,对地基结构造成严重不良影响,存在地基不稳固的情况,严重威胁道路运行的安全性与稳定性。因此,针对此情况,在开展施工的过程中,需做好地基加固处理,以此提升地基结构的牢固性,地基加固过程中包含众多内容与流程;还需做好施工要点管理,以此保证施工质量与施工效率,进一步提升道路质量,有效避免在道路运行中发生安全事故。

【作者简介】陈嘉驰(1990-),男,中国上海人,本科,工程师,从事土建施工及工程管理研究。

## 2 软土地基特性

### 2.1 压缩性强

对于软土地基来说,其内部含水率不低于 40%,尤其是淤泥质地基,其内部结构的含水率高达 80%,因此其与普通地基相比,其压缩性比较强,而通常情况下来讲,软土地基自身液限保持在 35%~60% 的范围内。对软土地基结构进行探究,其内部含水量较高,对地基孔隙率造成影响,其孔隙率高于普通地基,且土壤饱和度也强于普通地基,而此时在外部因素的影响下,土壤结构出现严重变形的情况,随后出现压缩现象,最终导致道路无法应用,威胁道路运行的安全性与稳定性。

### 2.2 含水量高

对 JGJ83—2011《软土地区工程地质勘察规范》进行研究,软土地基主要是指地基土壤内细砂、粉土含量较高,且土壤内含水量高于液限参数规范<sup>[1]</sup>。同时,对软土地基进行

探究与分析,黏土层在水分子的影响下,出现带电(负电荷)情况,受分子间作用力以及带电电荷立场的影响,土壤吸水性增强,可吸收更多的水分子,且水分子无法自主排出,最终对土壤结构的黏结性造成严重不良影响,也威胁后续施工以及道路运行的安全性与稳定性。

### 2.3 抗剪能力低

在对软土进行加压处理的过程中,导致土壤压缩指标提升,而这主要是因为土壤内部结构密度较小,但是由于土壤结构内部孔隙间距比较大,这也在一定程度上对土壤压缩参数造成影响,参数较高,最终对土壤抗剪力较差。因此,需对此种情况进行相应的处理,进而保证地基功能性、安全性以及强度参数,通过提升抗剪能力,可有效避免出现道路坍塌的情况。

## 3 道路建设中软土地基加固原则

本文在对软土地基加固的过程中,以江扬南路(S20-呼兰路)道路大修工程以及丰翔路(祁连山路-S20)道路改建工程I标为案例,对加固技术的应用进行讨论,探究软土地基加固原则,以此为基础为后续施工技术的应用提供保障,也可保证施工质量以及施工。

### 3.1 综合与整体处理原则

对两个工程项目进行研究与分析,区域内为软土地基,工作人员进行文献查阅,软土地基对道路运行造成严重不良影响,因此需有效开展加固处理,在软土地基加固技术的支持下,可进一步提升地基结构的稳定性,同时也对后续施工建设提供保障<sup>[2]</sup>。在开展软土地基加固施工的过程中,技术人员提出了多种加固技术,但是不同技术存在一定的优势与缺点。因此,在开展施工的过程中,需坚持综合与整体处理原则,并对区域内的地质与水文条件进行勘测勘察,有针对性地选择软土地基加固技术,以此保证施工质量,并实现成本控制的目的。

### 3.2 经济、安全与环保原则

在开展项目施工之前,施工人员需做好综合性考量,需结合工程项目的实际情况,结合软土地基处理原则,以此保证施工规范性与施工质量。在开展设计阶段,工作人员需以工程项目为基础,并对市场开展调查,讨论工程费用,估算项目成本,同时还需针对周围环境进行调查,了解影响因素。此外,事项项目环节较多,工期相对来说比较长,因此需规划地基处理工期,并给出设计图纸以及施工方案,有计划地计算地基处理所需时长,同时还需对各部门进行协调,保持良好的沟通与交流,避免出现对冲问题,以此保证按照要求工期完成工程项目施工。

## 4 道路建设中软土地基加固技术与施工要点管理分析

现阶段,在科学技术的支持下,相关技术人员提出了多种加固技术,以此保证地基基础的稳定性,避免出现道路

坍塌、裂缝等问题,保证交通运行的安全性,避免对人员人身安全造成影响,为保证施工技术的有效性,还需明确施工要点,并做好安全管理,进一步提升施工质量,保证施工安全,保证施工效率<sup>[3]</sup>。论文在进行研究与分析的过程中,将实际工程案例作为案例,以此为基础对软土地基加固技术进行讨论,具体如下所示。

### 4.1 换填加固技术

丰翔路(祁连山路-S20)道路改建工程I标工程项目位于宝山区丰翔路,本项目主要是对既有公路进行改建,以此满足本区域内交通运行的要求。在开展工程建设之前,对工程项目进行探究,以此为后续工程提供保障,通过探究与分析,本次工程建设存在两个难点:①对于丰翔路改建来说,其作为区域重要通道,在施工进行的过程中,需维持一定的交通流量,因此对施工提出了更高的要求,尤其是旧路拆除与新路铺设的时效性和精准度需要在确保施工安全的同时,最小化对交通的影响;②对于本次工程项目来说,部分路段地基存在软弱层,若处理不当,将严重影响新建道路的稳定性和使用寿命,因此如何有效加固地基,成为另一大技术难题。

#### 4.1.1 施工现场勘察

在开展施工之前,对施工区域内进行勘察,包括道路现状、交通流量数据以及施工资源,以及施工质量,尤其是区域内地质。在开展地质勘察的过程中,通过钻孔取样、地质雷达探测等手段,准确识别软弱层的分布范围与性质,随后以此为基础制定针对性地基处理方案。本次工程项目长度较长,而且通过地质条件勘察,发现本次项目部分路段为软土地基,因此需对地基结构进行加固处理,以此为后续施工的顺利开展提供保障,也可保证道路后续运行的安全性以及稳定性。

#### 4.1.2 制定施工方案

对本次施工项目进行讨论与分析,本次施工存在两项施工难点,为解决施工存在的难题,保证施工效率与施工质量,在施工之前对项目要求以及难点进行分析,本次决定应用换填加固技术,实现软土地基加固的目的。为保证施工效率,设计人员决定将整条路段分为若干施工单元,采用“夜间施工+白天恢复通行”的模式,确保每个施工单元在夜间完成旧路面破除、基础处理及部分新路面铺设工作,白天则进行剩余路面铺设及交通恢复,以最大程度减少施工对日间交通的影响<sup>[4]</sup>。为实现本次工程目标,对部分既有公路进行查处,并建设新路面,新路面的铺设采用预制混凝土板块和滑模摊铺技术,以此保证施工效率,同时也可保证道路运行的安全性与稳定性。

#### 4.1.3 机械与换填材料准备

本次为既有公路改建,对于机械提出了更高的要求,因此开展施工之前需做好机械设备准备工作,包括液压破碎锤、铣刨机、车辆等,同时为了保证施工质量以及施工效

率,结合智能控制系统,实现旧路面的快速、精准拆除。同时,在开展准备工作的过程中,还需做好换填材料准备,此时需考虑施工项目的实际情况以及道路建设要求,选择高质量换填材料,以此保证加固质量。

#### 4.1.4 施工与管理

在完成上述工作之后即可开展软土地基加固处理,本次工程项目决定应用换填加固技术。换填加固技术的应用主要是挖除软弱土层,换填高强度、低压缩性的材料,如碎石、砂砾等,并进行分层压实,确保地基承载力满足设计要求,但是由于本次工程项目较为复杂,对于较深软弱层来说,结合应用深层搅拌桩技术,进一步提升加固质量与效果。换填加固技术的应用与管理如下所示:

首先,在地质勘察数据的支持下,明确施工现场实际情况,并采集各土层样本,对其进行分析与讨论,确定施工现场地层结构,随后以此为基础制定施工方案。其次,在开展施工之前,需对地基基础进行清理,并严格控制砂石与涂料规格,管理人员需按照规范与要求开展管理工作,为后续换填提供保障,同时还需控制换填材料混合比例,以此保证加固效果。最后,采用人工结合机械的方式开展施工,挖除规定区域内软土,但是需要注意的一点是需采用分层回填的方式开展,并在每层完成之后进行压实处理,以此保证地基结构的稳固性与紧固性。此外,在开展换填施工的过程中,还需对换填设施深度与范围进行计算,以此保证地基结构的稳定性,避免出现地基下沉的情况。

#### 4.2 深层搅拌桩加固技术

丰翔路(祁连山路-S20)道路改建工程I标工程项目来说,除应用换填加固技术以外,结合应用了深层搅拌桩加固技术,此项技术主要被应用深度较深的软土地基区域,进一步提升区域内地基稳固性。深层搅拌桩加固技术的应用如下所示:

深层搅拌桩加固技术的应用主要是通过外部添加的方式,实现地基加固处理的目的,在固定区域内添加外加剂,并对外加剂进行搅拌形成桩状体,实现地基加固的目的,提升地基强度。对于外加剂的选择来说,主要以石灰、水泥以及固化材料为主,随后在搅拌机的支持下,实现外加剂与软土混合的目的,保证材料充分交班<sup>[5]</sup>。在实际开展施工的过程中,首先需对加固部位开展土方挖掘,需保证挖掘量以及深度的精准性,进而保证整体加固效果,提升地基承载力,在进行挖掘的过程中,主要考虑搅拌机体积,为搅拌机运行提供充足的空间,随后将搅拌机下沉至固定区域,并启动搅拌机。在进行操作的过程中,需保证搅拌机翼片始终处于高速旋转的状态,通过此种方式,可保证外加剂与土壤内原有软土粒子充分融合,随后按照区域内要求,在软土地基内增加适量的固化剂,并适当保持静置,使得原有土壤与外加剂充分固化,形成柱状体,最终实现软土地基保护与加固的目的。

虽然深层搅拌桩加固技术在实际应用的过程中,存在

一定的限制性,其加固深度 $> 10\text{m}$ ,但是适用于本次工程项目。在本次施工项目中,将深层搅拌桩加固技术与换填加固技术进行有效融合,进一步提升了软土地基的承载能力以及强度,为后续施工提供保障,同时综合加固技术的应用,可降低噪声、缩短工期,而且成本相对来说比较低,满足了本次工程软土地基加固的目的,也与绿色环保理念相吻合。

#### 4.3 分段加固技术

江扬南路(S20-呼兰路)道路大修工程项目位于宝山区杨行镇和淞南镇,北起S20、南至呼兰路,全长约1230m,其中主线长约873m,江杨南路两侧辅道长约357m,不含江杨北路桥。开展本次项目之前,利用地质雷达、电磁探测仪等设备进行地质勘察,区域内地下管线密布,包括供水、排水、电力、通信等多种类型,而且本项目处于中心区域,在开展施工的过程中,需降低对周围居民的影响。

因此,在开展施工的过程中,本工程项目决定采用分段加固的方式对软土地基进行处理。对于老旧、脆弱管线的位置进行严格控制与管理,利用人工开挖探坑的方式填补资料,并开展地基开挖工作,随后为降低对区域内管线的影响,设计并采用钢管支架、钢板护罩等临时支护结构,通过此种方式,不仅可确保管线在施工过程中的稳定与安全,同时也实现了软土地基加固的目的。此外,在开展施工的过程中,还针对无法迁移的管线增设保护套管、注浆处理等,以此是此案加固的目的。在开展管理与控制的过程中,主要在区域内安装振动监测仪、位移传感器等设备,对关键管线进行24小时实时监测,一旦发现异常,立即采取措施处理,进一步提升软土地基加固处理的有效性与质量。

### 5 结语

综上所述,在进行道路建设的过程中,面临软土地基情况,其不仅对道路建设施工造成影响,同时也影响后续行车的安全性与稳定性,因此在开展施工之前,需强化基础施工,做好软土地基加固处理。现阶段,在科学技术以及经济飞速发展的支持下,可应用多种软土地基加固技术,如换填加固技术、深层搅拌桩加固技术以及分段加固技术,实现提升地基强度以及承载能力的目的,为后续施工工作的开展提供保障,提升施工与后续道路运行安全性与稳定性。

#### 参考文献

- [1] 周方源.软土地基加固技术在市政道路施工中的应用分析[J].新材料·新装饰,2023,5(3):155-158.
- [2] 薛强,姜元彩,徐先卓.市政道路工程软土地基沉降加固技术[J].中国厨卫,2023,22(11):117-119.
- [3] 汪惠强.道路施工技术中软基施工加固技术的运用探讨[J].中国科技纵横,2023(5):88-90.
- [4] 马晓晓.软基加固施工技术在市政道路施工中的应用探究[J].中国设备工程,2023(11):254-256.
- [5] 杨国生.城市道路建设施工中的软基加固技术要点探究[J].产城(上半月),2022(6):191-193.

# Application Research of HET High Performance Anti-skid Surface Construction Technology in Expressway Project

Huimao Hu

Poly Changda Engineering Co., Ltd., Guangzhou, Guangdong, 510630, China

## Abstract

Expressway project is an important part of the traffic system, so the overall quality has high requirements. HET high-performance anti-skid surface construction technology has a series of excellent properties such as anti-high temperature, anti-cracking, anti-aging, etc., and has been widely used in many highway pavement and bridge deck pavement, and has achieved remarkable results. In the specific application, the construction unit needs to grasp the key points of the construction technology, strengthen the quality management, so as to achieve the expected goal of the highway project. In view of this, the research work of this paper mainly analyzes the application value of HET high-performance anti-skid surface, describes the specific process and key points, and puts forward several effective management measures for the reference of related projects.

## Keywords

expressway; HET high performance anti-slip surface; construction technology

# 高速公路项目中 HET 高性能抗滑表层施工工艺的应用研究

胡会茂

保利长大工程有限公司, 中国·广东广州 510630

## 摘要

高速公路项目属于交通系统的重要组成部分, 因此对整体质量有着较高的要求。HET高性能抗滑表层施工技术具有抗高温、抗开裂、抗老化等一系列优良性能, 在诸多高速公路路面、桥面铺装应用广泛, 取得了显著的成效。在具体应用中, 施工单位需要把握该施工工艺的要点, 加强质量管理, 从而实现高速公路项目的预期目标。鉴于此, 论文主要分析HET高性能抗滑表层的应用价值, 阐述具体的流程和要点, 并提出几点有效的管理措施, 以供相关项目参考。

## 关键词

高速公路; HET高性能抗滑表层; 施工工艺

## 1 引言

公路沥青路面的表层是重要的功能层, 可以提高路面抗滑性能, 降低噪声, 为行车提供安全舒适的条件。而随着施工技术工艺的不断研发, 性能更加优良, 研发了HET高性能抗滑表层施工工艺, 在表层施工中有着良好的应用效果, 可以保证抗开裂、抗高温、抗滑性能和耐久性能。因此, 在高速公路项目中, 可以应用该工艺, 优化路面设计。把握HET高性能抗滑表层施工工艺的要点, 按照流程进行操作, 层层把控, 提高工艺的质量。规范施工人员, 加强质量管控和安全管理, 发挥技术优势, 保障高速公路路面的施工质量。

## 2 项目概况

本工程为 K22+900~K40+046 路段的路面与绿化施工。

【作者简介】胡会茂(1988-), 男, 中国广东深圳人, 本科, 工程师, 从事机电工程研究。

起点为横栏中桥桥头, 终点为江鹤高速。路面工程中主要包括调平层、垫层、底基层、基层、沥青砼和水泥砼面层、桥面铺装及搭板、人行道铺设、路面排水、路肩、路缘石、中央分隔带、新旧路面拼接、交安工程和绿化工程等各项内容。在该路段桥面铺装使用 HET 高性能抗滑表层。

## 3 HET 高性能抗滑表层的应用价值

### 3.1 满足不同应用场景

HET 高性能抗滑表层主要使用了增强型骨架结构混合料, 有着良好的抗永久变形能力, 因此可以量身定做满足不同的应用场景。在具体应用过程中可以根据需求进行调试, 加入专用的特种沥青以及 0.2%~0.4% 的纤维, 增强材料本身的抗高温稳定性、水稳定性和抗裂性<sup>[1]</sup>。因此可以用于路面裂缝修补、坑槽修补等。也能用于墙面铺装。

### 3.2 抗滑耐久, 平整降噪

HET 高性能抗滑表层有着较为丰富的微观纹理和宏观构造, 选择使用耐磨的玄武岩、灰绿岩等, 可以提高路面的

抗滑性和耐久性。在具体应用中使用小型加速加载装备开展试验，然后使用摆式仪进行摆值测试，结果表明，HET 抗滑表层的初始抗滑性能比较优良，整体的性能比较稳定。而且应用 HET 高性能抗滑表层可以提高路面的平整度，降低行车颠簸和车辆的震动，整体比较平整降噪，可以使路面行车更加舒适安全<sup>[2]</sup>。

### 3.3 施工便利，效率高

HET 高性能抗滑表层使用的单挡集料占比达 70% 以上，选择的纤维稳定增强，并控制整体集料的选用，标准更为严格。这就使得混合料本身几乎没有离析空间，混合均匀，摊铺碾压后可以做到全断面表面均匀密实<sup>[3]</sup>。因此，该工艺施工十分便利，可以保障路面的施工质量。而且经济耐用，可以降低全生命周期养护成本，整体的效率比较高。

## 4 高速公路项目中 HET 高性能抗滑表层施工工艺

### 4.1 做好施工前准备工作

HET 高性能抗滑表层施工工艺对路面有着一定的要求，需要路面平整、粗糙、清洁，不能有杂物、油污、尘土。因此在施工前要做好一系列准备工作，彻底地清理路面浮浆。在本次项目施工中，主要是清理桥面，确保桥面干燥整洁，并使用构造深度仪，检测桥面构造深度，处理完成后符合施工要求。

进行测量放样。根据设计图纸测量放样，可以使用非接触式平衡梁感应控制摊铺层的纵断高程、平整度及纵横坡<sup>[4]</sup>。要保障抗滑表层施工高程、平整度和线型，与路基段面层衔接平顺，为后续的施工奠定良好基础。

根据 HET 高性能抗滑表层施工工艺的各项要求，选择合适的原材料，进行性能测试，确保混合集料、特种沥青等符合要求。开展配合比设计工作，优先采用增强型骨架结构体系，利用石料嵌挤形成的稳定骨架抵抗行车荷载。使用沥青胶浆填充矿梁空隙形成半开级配结构，掺入 0.3% 纤维稳定剂，从而增强整体的抗裂性能。使用马歇尔设计方法设计混合料的配合比，制作马歇尔试件进行实验，确保各项结果符合要求。施工工艺流程如图 1 所示。

### 4.2 混合料的拌合与运输

在混合料生产的过程中，根据设计要求选择合适的材料，使用沥青混合料搅拌设备，将温度控制在 175℃~185℃，拌合时间为 60s，确保搅拌均匀，没有纤维成团及混合料花白的情况，色泽较黑亮<sup>[4]</sup>。安排专门人员检查出厂混合料的质量。如果有异常问题立即废弃，不得使用查明原因调整混合料搅拌的过程。

质量合格后及时运输到施工现场，防止温度下降。要选择合适的运输设备，检查运输车辆的各项性能。

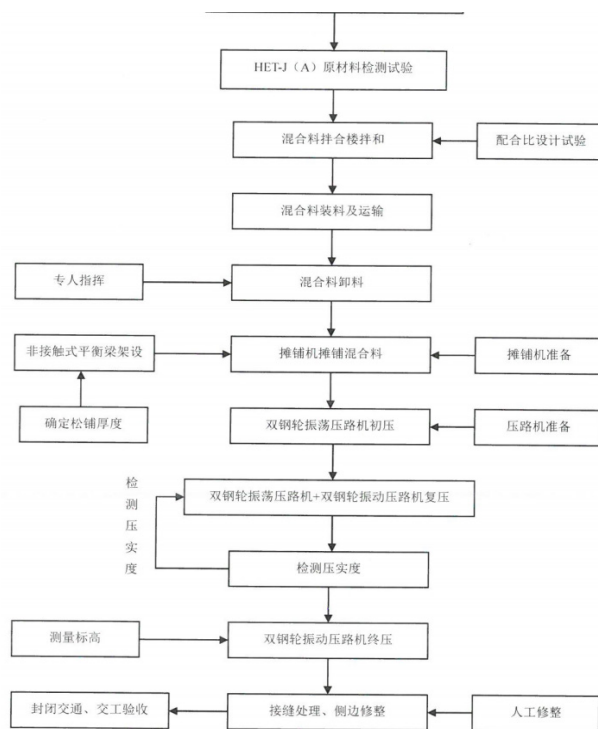


图 1 施工工艺流程

### 4.3 混合料的摊铺与碾压

在摊铺作业前，检查各车辆混合料的温度情况，做好记录。摊铺温度不低于 165℃~170℃，检测合格后，运料车倒退至沥青摊铺机前，缓慢匀速卸下混合料。

将材料运输到现场，开展混合料摊铺操作。可以采用同步摊铺机。同步摊铺防水粘接层与 HET 高性能抗滑表层。将 HET 高性能改性乳化沥青加热至 70℃~80℃，匀速喷洒在墙面上。使用同步摊铺机，分幅摊铺。摊铺后，人工采用竹爬修整边部，确保厚度均匀。

在摊铺机作业的过程中需要做好控制工作，缓慢匀速、连续不间断地进行摊铺，尽量减少收斗的次数。混合料摊铺面比较均匀，粗口料搭接紧密，可以形成较好的骨架结构。可以将摊铺速度控制在 6~8m/min，确保摊铺表面不会出现拉裂、拉毛和小坑洞的情况。

摊铺完成后进行混合料的碾压。可以使用 13t 双钢轮振动压路机和 13t 双高轮振荡压路机进行碾压作业。初压时可以使用 13t 双钢轮压路机静压一遍，负压时使用 13t 双钢轮振荡压路机碾压两遍，然后使用 13t 双钢轮振动压路机碾压一遍。终压时使用 13t 双钢轮压路机静压一遍。在每一遍碾压的过程中，都需要采取紧跟、慢压、高频、低幅的原则，做好控制工作，保障碾压的整体效果<sup>[5]</sup>。碾压路段的长度与速度相匹配，设置好每一段的起终点，避免出现漏压的情况。现场测温员要及时测量碾压作业段的温度，做好记录，指挥压路机进行碾压。碾压结束后尚未冷却的路面，要做好初期保护工作。

#### 4.4 养护

碾压结束后采取适当的养护措施。HET抗滑表层冷却前,任何车辆机械不得停放在路面上,也要防止各种杂物、矿料等落在铺筑好的路面上。摊铺层完全冷却混合料的表面温度低于50℃,方可开放交通。安排专门人员开展养护管理,保障铺筑后的整体质量。

### 5 高速公路项目中 HET 高性能抗滑表层施工的管理措施

#### 5.1 加强质量管控机制的建设

在高速公路项目中,为了充分发挥 HET 高性能抗滑表层施工工艺的优势,需要构建完善的质量控制机制。首先,可以引入先进技术,建立完善系统,开展全过程管控工作,明确各环节的施工要点,进行智能化和自动化的把控,使施工更加规范。例如,在路面碾压中构建路面压实质量智能控制系统,在物联网、卫星精确定位、传感器等先进技术的支持下,引导多台压路机同步作业,规范作业,控制各项参数,确保碾压次数、温度、速度等各项参数规范合理<sup>[6]</sup>。可以达到预期的目标要求,提高 HET 高性能抗滑表层的施工质量。其次,构建完善的质量管控体系。明确各环节的具体职责,落实到岗位中,由专人负责执行自身职责。可以确保各个环节施工更加规范,环环相扣,出现问题及时追责,保证施工质量。再次,重视技术交底,做好充足准备。在施工前通过技术交底,明确技术各项要点,编制计划,认真执行,使施工质量达到预期目标。例如,要重视混合料生产的管控工作,确保混合料生产的稳定性和均匀性。因此,要把控原材料的选择和投放顺序。在施工过程中,需要对桥面标高、横坡进行复测,减少其中的误差。最后,加强施工检测与验收管理。使用先进技术手段,检测路面的平整度表面构造和层间粘结性,能获得相关参数,分析判断 HET 高性能抗滑表层施工的具体质量情况。使用 G3 高精度手推式断面仪检测平整度。使用 TM2 路面激光纹理仪扫描路面,计算平均断面构造深度,可开展路面纹理的评价工作<sup>[7]</sup>。使用层间拉拔仪,测试路面层间连接强度。

#### 5.2 规范施工人员管理

在具体的项目中,人为因素是导致质量通病和安全隐患的主要因素之一,因此高速公路项目要重视人员管理,加强人员培训,提高施工队伍的综合素质,有效执行质量控制措施和安全防范措施,使施工更加规范。首先构建完善的培训机制,督促施工人员参与其中,加强自身学习,了解 HET 高性能抗滑表层施工工艺的各项要点、施工难点与可能出现的问题。落实技术规范,提高施工人员的重视。其次,加强施工过程中的监督管理。督促施工人员严格遵守相关制度,落实技术标准。在管理的过程中发现问题及时追责,形成一定的警示和约束。

#### 5.3 加强安全施工管理

安全生产是项目的前提,因此,在高速公路项目中要重视安全管理工作。保障环境安全与人员安全,减少安全隐患,规避安全事故的发生。第一,要建立完善的安全管理体系。设置专属的安全生产小组,明确其中具体职责,层层下达,提高各部门各工种的重视。全员参与齐抓共管,落实安全生产的法律法规,编制详细计划。第二,加强风险源识别分析与控制管理。建立相关机制,排查施工现场的风险源,并开展分析工作,采取适当的控制措施,可以有效规避安全事故的发生<sup>[8]</sup>。第三,采取适当的安全控制措施。将施工路段封闭,加入隔离措施,确保生物人员穿戴好安全护具,在各区域内放置安全标志,提醒人们要注意安全。摊铺机和压路机在操作时有一定的危险性,派遣专人管理,提高对危险性的重视,避免事故的发生。第四,建立应急预案。完善应急预案的编制工作,有效应对施工过程中的各种隐患因素和事故。出现问题后,及时响应应急预案机制,采取适当措施,排除隐患,将危害降到最低,从而实现高速公路项目的预期建设目标。

### 6 结语

综上所述,HET 高性能抗滑表层施工工艺具有诸多应用优势,有着良好的耐久性、抗滑性、抗高温,可以提高路面的整体性能,保障行车的安全舒适。因此,在具体的高速公路项目中,需要优化 HET 的设计与施工工作。编制详细的施工计划,明确施工的各项要点。例如,原材料的选择、混合料的生产管控、摊铺与碾压的规范操作。完善质量管控机制和安全生产机制的建设,落实计划,有效监管落实技术要点,排除各类隐患,从而充分发挥技术优势,实现预期的建设目标。施工单位也能积累更多的经验,对高速公路的表层施工提供支持和保障。

#### 参考文献

- [1] 李斌.HET高性能抗滑表层在特长隧道路面抗滑处治中的应用[J].广东公路交通,2021,47(6):1-6.
- [2] 邓星鹤,王志祥,肖凤.HET高性能抗滑表层技术在复合路面养护中的应用研究[J].广东交通职业技术学院学报,2024,23(1):1-4.
- [3] 吴传海,邓星鹤,李善强,等.HET系列高性能抗滑表层技术研发及应用[J].广东公路交通,2021,47(4):1-6.
- [4] 谢光宁,许新权,周勇,等.HET抗滑耐久薄层在广连高速公路的应用[J].广东公路交通,2022,48(5):1-7.
- [5] 许阳.高速公路路面抗滑施工技术应用[J].模型世界,2024(29):142-144.
- [6] 高德山.高性能经济型薄层HET沥青混合料[J].广东公路交通,2023,49(2):11-15.
- [7] 石定雄.高速公路交安工程快速施工生产管理体系搭建[J].运输经理世界,2024(26):13-15.
- [8] 向富超.山区高速公路施工安全问题及管理研究[J].现代工程技术,2024,3(14):117-120.

# Safety and Labor Protection in the Production of Epoxy Resin Chemical Materials

Yinggang Li

Linxi County Emergency Management Bureau, Chifeng, Inner Mongolia, 025250, China

## Abstract

Epoxy resin as a kind of chemical materials, has the characteristics of high chemical stability, at the same time, has good high temperature resistance and electrical insulation. Epoxy resin chemical materials are widely used because of their low production cost. However, epoxy resin has low mechanical properties, poor hydrophobic and oleophobic properties. In recent years, with the increasing requirements of the chemical industry for material performance, epoxy resin chemical materials have been modified on the original basis, and are more comprehensive and superior, and have been widely used in various fields of the national economy industry. Based on this, this paper mainly analyzes the safety and labor protection of epoxy resin chemical materials in the production process.

## Keywords

epoxy resin; production; protection; safe

## 环氧树脂化工材料生产中的安全与劳动保护

李英刚

林西县应急管理局, 中国 · 内蒙古 赤峰 025250

## 摘 要

环氧树脂作为化工材料的一种, 具有化学稳定性高的特点, 同时, 具有良好的耐高温性能和电绝缘性。环氧树脂化工材料由于其生产成本低廉, 因此被广泛使用。然而, 环氧树脂具有力学性能低、憎水和憎油性较差的问题。近年来, 随着化工行业对于材料性能的要求日益提升, 因此, 环氧树脂化工材料在原有基础上被进行了一定的改性, 综合性更加优越, 现已被广泛应用于国民经济产业的各个领域之中。基于此, 论文主要就环氧树脂化工材料在生产过程中的安全与劳动保护问题进行分析。

## 关键词

环氧树脂; 生产; 保护; 安全

## 1 引言

环氧树脂是一种具有重要价值的有机化工材料, 其具有粘性高、收缩性好、耐化学腐蚀和介电性能优良等特征。现阶段, 环氧树脂化工材料重要应用于涂料制造、粘合剂制作、浇铸材料制作等领域, 在国民经济产业中的汽车业、建筑业和食品包装行业等被广泛应用, 已然成为各领域不可或缺的重要材料。近年来, 国家对于安全问题的管理更加严格, 对于环保问题的重视程度显著提升。在这样的社会大背景之下, 清洁生产、绿色化工和低碳减排等逐渐成为主要的产业政策导向, 也成了化工材料生产的未来主要趋势。因此, 环氧树脂的生产工艺朝着更加安全、环保、节能、高效的方向发展。在环氧树脂生产过程中对工艺进行优化升级, 更加能

够满足政策和市场的发展要求。

## 2 环氧树脂化工材料简介

环氧树脂作为一种在化工生产中发挥着重要作用的高分子材料, 力学性能较为稳定, 在各类生产行业中被广泛应用。环氧树脂化工材料的结构特性主要展现在三个层面: 第一, 环氧树脂由环氧基和氨基等分子结构组成, 分子结构复杂。在这之中, 环氧基是主要的分子结构。由于环氧树脂在分子结构方面展现出了明显的复杂性, 因此, 当其被应用于不同生产领域时, 普遍能够表现出良好的反应活性。第二, 在多数情况下, 环氧树脂主要与固化剂发生反应, 因此, 其在网络结构方面强度较好。这种结构使得环氧树脂具有良好的耐化学性和热稳定性。第三, 在热性能方面, 环氧树脂化工材料由于其在分子结构方面表现出的鲜明特征, 因此, 在高温环境下具有良好的热稳定性。同时, 环氧树脂在阻燃性能方面也表现得较为优越, 能够在降低火灾事故危害等方面

【作者简介】李英刚(1985-), 男, 中国内蒙古赤峰人, 本科, 注册安全工程师, 从事劳动安全研究。

发挥重要作用。

### 3 环氧树脂化工材料生产中的安全问题

#### 3.1 对皮肤表面组织的刺激

环氧树脂化工材料受其分子末端化合物所表现出的化学特征的影响，因此，极易容易导致生产人员发生皮肤过敏的问题。大多数情况下，这种过敏症状表现为生产人员的眼睑水肿、结膜充血和角膜损伤。除此之外，固化剂中的毒性成分还会对生产人员的皮肤和黏膜造成一定的刺激。胺作为一种有机碱，能够溶于水和脂肪之中，因此，当其停留于人的皮肤表面时，会在人体的皮肤脂肪中发生溶解和渗透，进而导致生产人员发生皮炎。当其长时间停留于人的皮肤表面时，会对人的皮肤产生更为严重的刺激，进而导致生产人员发生泛发性强皮炎症。这种皮炎的症状主要表现为点状红斑，更有甚者，还会导致生产人员的皮肤产生水泡，导致局部皮肤组织坏死。倘若生产人员在高浓度的环境中与其长期接触，还会对生产人员的呼吸道产生严重的影响，导致生产人员患上气管炎或支气管炎。同时，环氧树脂作为一种化工材料，当其为一种溶剂时，生产人员一旦吸入，则会发生呼吸困难、眩晕和恶心等症状，当这种症状较为严重时，呼吸功能还会出现衰退的情况。

#### 3.2 极性毒性分析

当环氧树脂的相对分子质量较小时，其极性毒性就会越大。环氧树脂活性稀释剂中大多属于低相对分子质量的化合物，由于其挥发性极为活跃，因此，对生产人员造成的危害要明显高于双酚 A 环氧树脂。在生产过程中，其对人体产生的危害主要基于同人体之间的皮肤接触而发生。除此之外，在部分情况下，也会因呼吸道吸入而对人体产生危害。在环氧树脂生产过程中，当发生管道破裂等意外事故时，会导致生产人员误吸入大量的氧化乙烯，进而发生急性中毒的严重情况。而由于环氧树脂在固化之前尚未表现出一定的挥发性，因此，生产人员在常温环境下吸入，并不会产生明显的危害。

### 4 环氧树脂化工材料的安全生产

#### 4.1 硅氧键平衡

硅基化合物以其卓越的热稳定性和抗氧化特性而受到重视，这主要得益于其 Si-O 键所具备的高断裂能。这些键能够通过羟基或烷氧基团被整合入聚合物链中。此外，在特定的条件下，聚合物网络中的 Si-O-Si 键能够发生裂解与重组，这一特性为材料的自我修复、回收以及重复使用提供了可能。基于这一原理，科研人员已经研制出了众多可回收和可再生的环氧树脂产品。利用硅氧键的动态平衡特性，LIUQF 等人采用常见的 E44 型环氧树脂为基础材料，并以 KOH 作为触媒，成功研制出了一种可以回收的环氧树脂。在环氧树脂内部的交联网络中，KOH 催化使得硅醚键能够被再次重组，并具备了一定的动态可逆性，具体如图 1 所示。

由于硅醚键具有良好的重组性，因此，环氧树脂因此而具备了卓越的机械性能，同时能够在实际生产过程中得到再次重塑，且能够被再次加工，这使得环保型环氧树脂的生产具备了更加丰富的方向。然而，在这类环氧树脂系统中，KOH 作为催化剂始终以游离的形态而存在，同环氧树脂的基材尚不具备高度的亲合性，因此使得环氧树脂在二次利用的过程中，难以实现均匀地分布，会对材料的热分解温度产生负面影响。

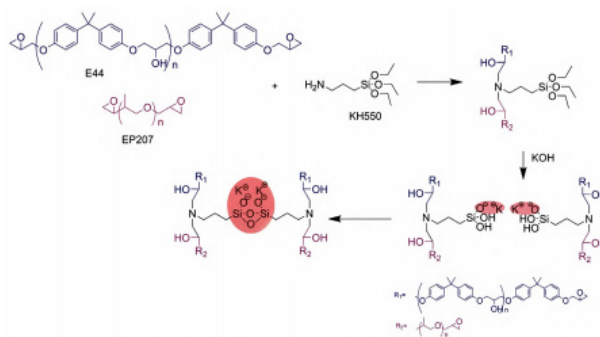


图 1 KOH 催化硅醚键的可逆断开和形成示意图

为克服催化剂分布不均的难题，增强可回收型环氧树脂的热解稳定性及其杨氏模量，使其能更好地适应热固性树脂的标准应用场景，科研人员采取了一种新策略，即在固化剂体系中引入活性硅氧烷键，进而实现环氧树脂的交联处理，从而显著提高了其耐高温性能和机械强度。有团队将硅氧烷低聚物作为催化剂和固化介质，由此生产出了具备良好性能，且可被循环使用的环氧树脂。在硅醇酸钾催化基团与聚硅氧烷主链的化学反应下，环氧树脂的基体内部实现了均匀地分布，使得硅氧键能够在良好的条件下再次充足，确保了环氧树脂化工材料在网络结构层面的稳定性。这种新型环氧树脂展现出优异的应力松弛特性（在 90℃ 下的松弛时间为 376.8s，而在 170℃ 下仅需 40.2s），同时保持了较高的力学性能（断裂应力达到 46.6MPa，杨氏模量为 2.2GPa）。受硅醇酸钾催化作用的影响，环氧树脂的内部结构会在一定时间内保持良好的硅氧烷动态平衡状态，在这种动态平衡状态下，环氧树脂具有良好的自我修复和回收能力。就当前环氧树脂的实际生产情况而言，可以进行二次回收利用的环氧树脂中，硅氧键分解和重构工作的完成，主要依赖于催化剂在其中发挥的促进作用。在催化剂的作用下，环氧树脂能够得到多次的修复和反复利用。在将其二次利用后，环氧树脂依然具有良好的力学性能。因此，环氧树脂的二次回收和利用极大程度上降低了生产人员在工作过程中所受到的危害，而环氧树脂在电气设备、绝缘材料等领域的反复利用，也使得生产人员在生产过程中不必再与挥发性物质产生多次接触，皮肤过敏等不良反应的发生概率能够得到明显降低。

#### 4.2 D-A 加成

D-A 加成作用指的是共轭二烯烃与取代烯类（通常作

为亲双烯体)相互作用,形成取代环己烯产物的过程。在温度受到一定限制的情况下,共轭二烯烃能够同取代烯烃之间相互进行交联,进而实现环氧树脂网络结构密度的提升。在较高温度的条件下,D-A反应的可逆性得到凸显,环氧树脂原本互相交联的网状结构会得到分解,这种主要依赖于温度的变化而发生的可逆反应,为环氧树脂材料的再次加工处理提供了新的策略。科研工作者将D-A反应的可逆性应用于环氧树脂,制成了具备重塑特性的环保型环氧树脂材料。

现阶段,研发含有D-A键的循环利用型环氧树脂主要采取两种策略:

其一,对固化剂进行化学改造,将D-A键置入改造后的固化剂内,使得经过改性的固化剂不仅能够与环氧基团发生开环聚合反应形成交联网络,而且D-A键还能够充当可逆键,以调控网络结构的断裂与重塑。BAIN团队采取二氨基辛烷、马来酸酐与糠胺为原料,通过反复的探索和实践,研制出了含有D-A结构的新型交联剂,并与二缩水甘油醚之间发生了化学反应,由此产生了含有D-A结构的环氧树脂材料。而KUAN GX小组通过将含有D-A结构的新型交联剂与聚醚胺之间相互作用,使得双酚A二缩水甘油醚发生了固化的现象,由此合成了同样包含D-A结构的环氧树脂材料。

其二,是将共轭双烯引入环氧树脂的反应单体当中,并由此生产出相应的低聚合物,并在此基础上,将其与相应的衍生物之间进行反应,进而生产出基本的环氧树脂网络结构。在这样的情况下,环氧树脂的内部会形成动态D-A键。且能够在多样化的温度和环境条件下得到再次的修复和二次利用。例如,FANMJ这类含有氧乙烯基团的双酚A型环氧树脂,在与糠胺发生化学反应之后,能够制备出含有咪唑功能团的聚羟基氨基醚预聚体。在此基础上,能够制备出具备良好可逆性的动态D-A键。含有上述成分的环氧树脂化工材料,能够在135℃及10MPa的压力环境下得以再次重塑,并在120℃的条件下再次被溶解和回收。ILORERO团队采用双酚A二缩水甘油醚、间二甲苯二胺、糠胺以及马来酰亚胺作为原料,研制出了一种新型的含D-A结构单元的环氧树脂。这种树脂在90℃~180℃的温度范围内能够进行再加工和重塑,而一旦温度降至60℃以下,其性能便会恢复至初始状态。与此同时,在室温环境下,丙酮等溶剂可在24h之内再次回收和利用。虽然D-A反应使得环氧树脂能够得以再次回收和利用,但是,D-A反应在一定程度上降

低了环氧树脂化工材料的力学性能,因此,需要在D-A反应的基础上,找到环氧树脂在力学性能保证和可回收性能实现二者之间的有效平衡,以此确保环氧树脂能够在化工生产过程中得到二次回收和利用。

在上述两种思路的基础上,环氧树脂包含动态D-A键网络结构。但是,D-A键的重生只能够发生在部分情况下,而不能在普遍情况下得到广泛使用,这使得环氧树脂的二次回收和自我修复依然存在一定的限制。只有将这种限制进行消除,才能够有效降低生产人员在从事环氧树脂生产过程中造成的安全危害。为解决这一问题,相关人员在反复的实验和探索过程中,发现了双重动态可逆键的方法。在这种情况下,环氧树脂的回收和自我修复成效能够得到明显提升。例如,ZHANGBR等通过实验发现,咪唑-马来酰亚胺基环氧树脂体系中引入氢键以后,环氧树脂能够在90℃的条件下,在7h内断裂面实现完全修复。

但是,这并不意味着D-A加成反应能够有效降低环氧树脂生产过程中危害情况发生的可能性。D-A加成反应合成简单,且需要的环境条件相对温和,且反应后的环氧树脂能够具备良好的再生和重塑性能,但是,其热稳定性相对较低,且极易容易受到高温环境的影响。因此,未来的探索和实践,仍然需要对其在高温条件下的稳定性进行更加深入的探索 and 实验,以此确保其能够在实践中得到更加广泛的应用,进而提升生产过程中的安全性。

## 5 结语

环氧树脂作为一种重要的化工材料,其在强度、硬度和耐腐蚀性等方面所表现出的良好性能,使其在多个领域中被广泛使用。然而,随着人们安全意识、环保意识的逐渐提升,因此,环氧树脂现阶段面临着显著的改进和优化问题,其中,着重需要解决环氧树脂的有毒性、易燃性和易挥发性等问题。在未来的发展过程中,要使环氧树脂能够得到更加广泛的应用,就需要在技术层面进行更加多元化的探索和创新。

## 参考文献

- [1] 伍云健,胡益然,林慧,等.基于席夫碱基的可降解环氧绝缘材料性能研究[J].高压技术,2023,49(11):4490-4497.
- [2] 郭鹏翔,李进,孔晓晓,等.混合酸酐固化双酚A环氧树脂介电性能研究[J].绝缘材料,2022,55(6):16-21.
- [3] 饶建波.一种新型氟化环氧树脂的制备及工艺研究[J].信息记录材料,2019,20(12):30-32.

# Economic Analysis of Construction Techniques for Sinking Well Method and Inverted Wall Method

Feiyun Ma

Tianyou Beijing Railway Engineering Construction Co., Ltd., Shijiazhuang, Hebei, 050000, China

## Abstract

With the rapid development of urban construction, power, gas, water conservancy and other pipeline networks have entered the ground one after another, and the number of underground pipeline projects crossing railways is gradually increasing. The non excavation pipe jacking construction technology, which has high construction efficiency, minimal land acquisition and demolition, low environmental pollution, and little impact on railway operation, is widely used in urban underground pipeline engineering. The paper selected two river alluvial terraces for railway pipe jacking projects. Starting from the similarity of geological and hydrogeological conditions, a comprehensive technical and economic analysis was conducted on the use of different construction methods for working well construction in terms of technology, construction period, cost, and other aspects. The advantages and disadvantages of using the sinking well method or the hanging wall method for construction were explored, and practical experience, solution ideas, and reliable suggestions were provided from different perspectives for the selection of similar engineering projects and investment decisions.

## Keywords

railway pipe jacking; working well; caisson method; hanging upside down wall method; technical and economic analysis

## 沉井法与倒挂井壁法施工技术经济分析

马飞云

天佑京铁工程建设有限公司, 中国·河北 石家庄 050000

## 摘要

随着城市建设的快速发展, 电力、燃气、水利等管网纷纷入地, 地下管线穿越铁路的项目逐渐增多。施工效率高、征地拆迁少、环境污染小、对铁路运营影响不大的非开挖顶管施工技术被广泛应用于城市地下管道工程中。论文选取了两个河流冲积阶地穿越铁路顶管工程, 从地层岩性及水文地质条件的相似性出发, 在工艺、工期、造价等多个层面上, 对其采用不同施工方法进行工作井施工做了充分的技术经济分析, 探究采用沉井法或倒挂井壁法施工的各自优缺点, 从不同角度为类似工程项目的方案选择和投资决策等提供实践经验、解决思路及可靠建议。

## 关键词

铁路顶管; 工作井; 沉井法; 倒挂井壁法; 技术经济分析

## 1 引言

工作井施工在整个顶管工程中至关重要, 它是工程能够顺利实施的第一个关键步骤。工作井为顶进设备进行安装和拆卸提供了空间, 为顶进完成后进行管道组装和连接创造了条件。工作井采用的结构形式、施工方法、对周围地层的变形控制等都对其施工质量有着重要影响。因此, 工作井只有采用合适的施工工艺、合理的工程造价才能保证良好的施工质量, 保证顶管工程的安全和稳定。

论文选取了两个河流冲积阶地穿越铁路顶管工程, 从地层岩性及水文地质条件的相似性出发, 在工艺、工期、造

价等多个层面上, 对其采用不同施工方法进行工作井施工做了充分的技术经济分析, 探究采用沉井法或倒挂井壁法施工的各自优缺点, 从不同角度为类似工程项目的方案选择和投资决策等提供实践经验、解决思路及可靠建议。

## 2 顶管项目概况

### 2.1 项目一

某地对流经城市的河流进行生态综合治理, 拟新建污水处理厂中水管网并沿河敷设, 中水管为 DN1000mm 焊接钢管, 实际工作压力为 0.64MPa, 拟定的穿越铁路里程为平定下行线 K1+662.1 和平定上行线 K1+392.87, 管道中心与平定下行线铁路夹角为  $57.2^\circ$ , 与平定上行线夹角为  $58.3^\circ$ , 穿越时采用  $1-\phi 1.55\text{m}$  铁路钢筋混凝土管进行防护。本项目采用了沉井法施工工艺。

【作者简介】马飞云 (1989-), 男, 中国河北石家庄人, 本科, 工程师, 从事工程建设技术与经济研究。

## 2.2 项目二

为解决城区燃气用气需求，某地计划增设城区天然气中压管网，根据管线规划，总体管线走向与锦承铁路交叉，交叉处铁路里程为 K343+590，管线中线与铁路中线交角为 90°，穿越处天然气管道管径为钢管 D426mm，设计压力为 0.4MPa，穿越时采用 1-φ1.55m 铁路钢筋混凝土管进行防护。本项目采用了倒挂井壁法施工工艺。

## 3 沉井法与倒挂井壁法技术经济分析

### 3.1 工艺方面

#### 3.1.1 沉井法工艺特点

沉井结构使用的机械设备简单、实用、常见，不需考虑井内是否排水才能施工的问题，能更好地适应不同地质和复杂地形；当场地狭小受限时，沉井法施工对周围建筑物和构筑物的影响较小；但其施工技术和质量要求较高、施工工序较多。

#### 3.1.2 沉井法施工重点：沉井下沉

沉井下沉时应勤观测、勤分析，应重点关注其水平和垂直度。如果沉井超出水平和垂直度的合理阈值，发生偏移、扭转等偏差时，要第一时间分析数据、查找原因，采取有效的纠偏手段，实际施工时，经常采取对一侧压重、不对称取土、对单侧地面加压等措施进行纠偏。基坑开挖不断深入，地面逐渐下降，当井身自重小于摩擦阻力时，可为其增加重量，使其沉至设计标高。

#### 3.1.3 倒挂井壁法工艺特点

倒挂井壁结构中，钢格栅、钢筋网、注浆锚杆、连接钢筋等焊接成一体，共同抵挡井壁四周土体的侧向压力及地面传递的荷载作用力，与达到设计强度的喷射混凝土形成联合护壁，大大提高了工作井支护的稳定性能，能够起到有效的止水作用，能防止井壁四周的土体流失，整体施工难度不大，易于实现，能节约工期。

#### 3.1.4 倒挂井壁法施工重点：喷射混凝土

喷射混凝土前应首先检查开挖断面尺寸，确认是否满足设计要求，要用高压风充分清理坑面的表层浮土，重点是与上一根钢格栅相连接的位置，应将上次喷射混凝土时的回弹料清扫干净，同时应埋设标志来控制混凝土的喷射厚度。喷

射混凝土时应按照自下而上的顺序分层、分段地依次进行。钢格栅的混凝土要先喷，然后喷射其之间的混凝土，一次喷射厚度不应超过 10cm，分次喷足、喷满，直至达到设计厚度。每次喷射之前，都应将上次喷射的接茬处进行凿毛处理，及时清扫表面附土，保证接茬部位混凝土的内部密实、表面平整。终凝 2h 后，要及时喷水养护，每次喷水时间间隔为 4~8h。

### 3.2 工期方面

#### 3.2.1 沉井法主要施工工序及工期

沉井法施工工序如下：①开挖基坑表面、施作混凝土垫层；②搭建脚手架、立内侧模板；③绑扎钢筋、安设预埋件；④立外侧模板；⑤浇筑井身混凝土；⑥混凝土养护，直至设计强度；⑦工作井开挖；⑧沉井下沉，直至设计标高；⑨封底施工。本项目工程实践中，沉井法施工工作井主要规格为：8×5×8.25m（长×宽×深），井壁厚度为 0.75m，最终工期为 25 天。

#### 3.2.2 倒挂井壁法主要施工工序及工期

倒挂井壁法施工工序如下：①开挖至井圈底设计标高后，支模板、绑钢筋、安设下部连接钢筋、浇筑混凝土并养护至设计强度；②在逐步向下开挖时，坚持一半断面开挖锚喷、一半断面作为支撑，挖深间隔建议 0.5~0.8m，交替进行直至设计井底标高；③开挖土方后应立即打设注浆锚杆并注浆，锚杆与井壁成 15°~20°，注浆压力建议 0.2~0.3MPa，然后安装钢筋网、钢格栅，用连接钢筋将其焊牢，再喷射混凝土至设计厚度；④开挖至设计标高后，要清扫井底，铺设混凝土垫层后，再浇筑底板。本项目工程实践中，倒挂井壁法主要规格为：8×5×6.68m（长×宽×深），井壁厚度为 0.4m，最终工期为 15 天。

### 3.3 造价方面

#### 3.3.1 造价分析主要编制依据

《铁路基本建设工程设计概（预）算编制办法》《铁路基本建设概（预）算费用定额》《铁路工程材料基期价格》《铁路工程施工机具台班费用定额》《铁路路基工程概（预）算定额》、施工项目设计图纸及项目所在地施工当月的主要材料信息价格等资料。

#### 2.3.2 沉井法及倒挂井壁法工程造价分析

沉井法及倒挂井壁法工程造价分析如表 1、表 2 所示。

表 1 沉井法工作井造价分析表

单价编号	工作项目或费用名称	单位	数量	费用（元）	
				单价	合价
	①井壁				171779
QY-282	重力式钢筋混凝土沉井 井身混凝土	10m <sup>3</sup>	18.34	906.26	16621
400000003	C35 混凝土	m <sup>3</sup>	183.4	400	73360
400000004	泵送混凝土	m <sup>3</sup>	183.4	20	3668
QY-290	沉井钢筋 陆上	t	23.82	3280.03	78130
	②封底及底板				22694
QY-886	垫层 混凝土	10m <sup>3</sup>	1.2	346.59	416
400000001	C15 混凝土	m <sup>3</sup>	12	350	4200

续表 1

单价编号	工作项目或费用名称	单位	数量	费用(元)	
				单价	合价
400000004	泵送混凝土	m <sup>3</sup>	12	20	240
QY-308	陆上沉井封底 水下混凝土	10m <sup>3</sup>	2.25	769.36	1732
400000002	C25 混凝土	m <sup>3</sup>	22.5	370	8325
400000004	泵送混凝土	m <sup>3</sup>	22.5	20	450
QY-290	沉井钢筋 陆上	t	2.235	3280.03	7331
	③后背梁				12655
QY-789	顶进框架式桥涵 后背梁 混凝土	10m <sup>3</sup>	1.5	456.13	684
400000002	C25 混凝土	m <sup>3</sup>	15	370	5550
400000004	泵送混凝土	m <sup>3</sup>	15	20	300
QY-947	陆上 机械拆除钢筋混凝土	10m <sup>3</sup>	1.5	1077.5	1616
LY-97	≤ 2.0m <sup>3</sup> 挖掘机装车 次坚石	100m <sup>3</sup>	0.15	174.26	26
LY-120	≤ 15t 自卸汽车运 次坚石运距 ≤ 1km	100m <sup>3</sup>	0.15	543.34	82
LY-121*4	≤ 15t 自卸汽车运 次坚石增运 1km	100m <sup>3</sup>	0.15	573.27	86
QY-790	顶进框架式桥涵 后背梁 钢筋	t	0.815	3099.81	2526
QY-792	顶进框架式桥涵 后背梁 钢构安拆	t	1.413	1262.96	1785
	④洞口加强				2171
QY-224	钢护筒埋设 桩径 > 3.0m	t	0.12	7856.68	943
QY-918	一般焊接结构	t	0.301	4079.88	1228
	⑤土方				66817
QY-301	陆上沉井下沉 起重机配抓土斗硬土	100m <sup>3</sup>	5.5	11270.6	61988
QY-37	基坑回填 原土	10m <sup>3</sup>	24.6	97.5	2399
LY-14	≤ 2.0m <sup>3</sup> 挖掘机装车 硬土	100m <sup>3</sup>	3.04	138.18	420
LY-32	≤ 15t 自卸汽车运土 运距 ≤ 1km	100m <sup>3</sup>	3.04	294.28	895
LY-33*4	≤ 15t 自卸汽车运土 增运 1km	100m <sup>3</sup>	3.04	366.89	1115
	一、定额直接工程费	元			276116
	三、价差合计	元			36209
	五、施工措施费	%	87012	7.2	6265
	七、间接费	%	87012	44.2	38459
	八、税金	%	357049	9	32134
	九、单项概算价值	元			389183

表 2 倒挂井壁法工作井造价分析表

单价编号	工作项目或费用名称	单位	数量	费用(元)	
				单价	合价
	①井圈				14924
PY-67	大口井及沉井 井壁混凝土	10m <sup>3</sup>	1.69	1446.88	2446
400000002	C25 混凝土	m <sup>3</sup>	16.9	370	6253
400000004	泵送混凝土	m <sup>3</sup>	16.9	20	338
PY-89	大口井及沉井钢筋	t	1.772	3322.36	5887
	②井壁及底板				124045
SY-84	喷射普通混凝土	10m <sup>3</sup>	7.84	4715.26	36967
400000002	C25 混凝土	m <sup>3</sup>	78.4	370	29008
SY-90	钢筋网	t	3.445	3767.96	12980
SY-91	格栅钢架	t	10.372	4347.27	45090
	③后背梁				12131
QY-789	顶进框架式 后背梁 混凝土	10m <sup>3</sup>	1.2	456.13	547
400000002	C25 混凝土	m <sup>3</sup>	12	370	4440

续表 2

单价编号	工作项目或费用名称	单位	数量	费用(元)	
				单价	合价
400000004	泵送混凝土	m <sup>3</sup>	12	20	240
QY-947	陆上机械拆除钢筋混凝土	10m <sup>3</sup>	1.2	1077.5	1293
LY-97	≤ 2.0m <sup>3</sup> 挖掘机装车 次坚石	100m <sup>3</sup>	0.12	174.26	21
LY-120	≤ 15t 自卸汽车运 运距 ≤ 1km	100m <sup>3</sup>	0.12	543.34	65
LY-121*4	≤ 15t 自卸汽车运 增运 1km	100m <sup>3</sup>	0.12	573.27	69
QY-790	顶进框架式桥涵 后背梁 钢筋	t	0.564	3099.81	1748
QY-792	顶进框架式桥涵 后背梁 钢构安拆	t	2.936	1262.96	3708
	④洞口加强				31116
SY-90	钢筋网	t	3.993	3712.38	14824
QY-918	一般焊接结构	t	3.993	4079.88	16292
	⑤临时支撑				6302
FY-346	大型支撑安装基坑宽 15m 以内	t	6.91	603.85	4172
FY-347	大型支撑拆除 基坑宽 15m 以内	t	6.91	308.28	2130
	⑥注浆止水				129242
SY-93	钻孔小导管	100m	1.34	2300.2	3082
SY-97	注水泥 - 水玻璃浆	10m <sup>3</sup>	19.5	6469.77	126160
	⑦土方				42595
QY-301	陆上沉井下沉起重机配抓土斗硬土	100m <sup>3</sup>	3.5	11270.6	39447
QY-37	基坑回填 原土	10m <sup>3</sup>	20	97.5	1950
LY-14	≤ 2.0m <sup>3</sup> 挖掘机装车 硬土	100m <sup>3</sup>	1.5	138.18	207
LY-32	≤ 15t 自卸汽车运土 运距 ≤ 1km	100m <sup>3</sup>	1.5	294.28	441
LY-33*4	≤ 15t 自卸汽车运土 增运 1km	100m <sup>3</sup>	1.5	366.89	550
	一、定额直接工程费	元			360355
	三、价差合计	元			21117
	五、施工措施费	%	112000	7.2	8064
	七、间接费	%	112000	44.2	49504
	八、税金	%	439040	9	39514
	九、单项概算价值	元			478554

#### 4 结语

从安全和节约投资的角度看,沉井法安全性更高、造价更低。

从工期的角度看,倒挂井壁法更能加快施工进度。

从建设单位的角度看,根据不同的需求选择确定不同的施工方法,为今后的投资决策提供了更有说服力的实际案例。在面对不同方案选择时,提供了一个很好的解决方法和思路,能在一定程度上指导实践,值得探究推广。

从施工单位的角度看,根据不同的要求在施工中确保技术水准和施工质量,针对容易出现、反复出现的安全问题进行预判,制定切实可行的预案能避免增加整体工程造价。

#### 参考文献

- [1] 肖辉.工程造价在桩基工程技术方案选型中的应用[J].建筑技术开发,2022(7):49.
- [2] 油芳芳.顶管施工中工作井支护方法与造价对比分析[J].江西建材,2022(8):3.
- [3] 舒小龙.平原地区铁路桥梁采用大直径管桩或钻孔灌注桩经济性对比研究[J].铁路工程造价管理,2020,35(6):42-45.
- [4] 何海江.顶管工作井施工工法在北京高水位地区的选择[J].冶金丛刊,2019(4):4.
- [5] TB 10001—2017 铁路桥涵设计规范[S].
- [6] TB 10093—2017 铁路桥涵地基和基础设计规范[S].

# Research on Fault Handling and Recovery Technology for Distribution Network Control Operation

Shuo Shi Zhili Zhou

State Grid Honghu Power Supply Company, Jingzhou, Hubei, 433000, China

## Abstract

The control operation and fault recovery of distribution network are important links in the stable operation of power system, especially in the case of sudden spatial failure. This paper is based on the distribution network fault processing and recovery technology for in-depth research, using the feasible calculation model and algorithm, deeply analyzes the fault type, characteristics and possible harm, and put forward the targeted processing solution. The results show that using the control mode and operation strategy proposed in this paper can effectively reduce the troubleshooting time, and help the distribution network to quickly restore the normal operation, and improve the efficiency by nearly 30% compared with the traditional measures. This result plays an important reference role for the fault handling and recovery of distribution network in actual operation, and has high practical value and wide application prospect.

## Keywords

distribution network regulation; fault recovery; calculation model; recovery speed; efficiency improvement

## 配网调控运行故障处理及恢复技术研究

石硕 周治励

国网洪湖市供电公司, 中国·湖北 荆州 433000

## 摘要

配电网调控运行和故障恢复是电力系统运行稳定的重要环节, 尤其是在突发空间故障情况下。论文基于配电网故障处理和恢复技术进行深入研究, 采用切实可行的计算模型和算法, 深入分析了故障的类型、特点及可能引发的危害, 并就此提出了针对性的处理解决方案。结果表明, 采用论文所提出的控制方式和运行策略, 能有效地减少故障排查时间, 并有助于配电网快速恢复正常运行, 比传统措施效率提高近30%。这一结果对于实际运行中的配电网故障处理及恢复起到重要参考的作用, 具有较高的实用价值和广泛的应用前景。

## 关键词

配电网调控; 故障恢复; 计算模型; 恢复速度; 效率提升

## 1 引言

随着社会经济的快速发展以及城市化进程的不断推进, 电力系统的安全稳定运行正在受到越来越大的挑战。尤其是配电网作为电力系统的末端, 其安全、稳定和高效的运行关系着社会经济活动的正常开展。其中, 配电网的调控运行和故障恢复则是配电网安全运行的关键环节。根据统计数据, 突发空间故障情况是配电网故障的一种常见类型, 处理不当可能会对电力系统的稳定性产生严重威胁。必要的配电网故障处理和恢复策略和技术能够有效应对这些突发情况, 保障配电网的稳定运行。在此背景下, 论文旨在对配电网调控运行和故障恢复技术进行深入研究, 提出一种实用的故障处理和恢复策略, 以期提高配电网的稳定运行水平。

【作者简介】石硕(1988-), 男, 中国湖北洪湖人, 硕士, 工程师, 从事电网运行研究。

## 2 配电网调控运行概述

### 2.1 配电网调控的基本原理和功能

配电网调控是电力系统中保证供电质量和运行稳定性的重要环节之一<sup>[1]</sup>。配电网调控的基本原理主要体现在对电力流动的实时监控、分析与调整上, 以实现供电的优化配置和故障状态下的快速反应。通过配电网调控, 可以实现对电网中电流、电压、频率等参数的精确管理, 以确保电力传输的安全性和高效性, 并维持电力系统供需平衡。

配电网调控的功能涵盖了多层次的管理与监控, 包括但不限于电网实时数据采集与分析、负荷预测与管理、异态条件下的协调控制等。重要的功能之一是实时监控, 该功能能够通过先进的传感器和通信技术获取全面的运行数据, 从而及时识别突发的异常情况。数据经过处理与分析后, 对于负荷变化、设备状态等细节进行精准预测与管理, 有效规避可能的供电风险。配电网调控功能还包括自适应保护与故障

隔离,通过设定灵活的保护策略来及时响应故障情况,在最短时间内进行隔离故障段并重新配置电网运行,从而减少停电时间和影响范围。

## 2.2 空间故障对配电网调控的影响

配电网调控运行中,空间故障的影响是一个不容忽视的因素<sup>[2]</sup>。空间故障通常指的是由于外部不可控因素,如自然灾害、设备老化或人为误操作等,导致线路或设备失效,从而引发电力系统的状态改变。空间故障的发生具有突发性和不可预见性,这增加了配电网调控的复杂性。空间故障对配电网调控的影响主要体现在以下几个方面:

空间故障会导致电力中断,影响电网的供电可靠性。电力中断不仅影响用户的正常用电,还可能对区域内的经济活动造成干扰。故障点的隔离和定位常常需要花费大量时间和人力,从而延长了故障恢复时间。

空间故障可能引发连锁反应,对电网的稳定运行构成威胁。这种连锁故障的扩散影响加大了调控运行的难度,需要更为快速和精准的响应策略,以防止故障由局部扩大至整个系统。

空间故障带来的不确定性使得电网的负荷预测和电压控制更加困难,可能导致电压偏差或频率偏移等问题。为了应对这些挑战,对配电网调控系统的灵活性和智能化提出了更高要求。通过引入先进的监测技术和智能算法,可以提高空间故障情况下电网的自愈能力,从而有效降低故障处理难度,提高供电稳定性和安全性。

## 2.3 配电网调控运行的重要性

配电网调控运行在电力系统中具有战略性的意义,是保障电力稳定供应和提升供电可靠性的基石。其重要性体现在多方面,不仅能够实时监测和调整电力传输和分配状态,确保电力负荷的动态平衡,还可以有效防止因突发性故障导致的大规模停电事件,通过快速的故障诊断和自愈机制,提高系统的恢复能力。调控运行对于电网资产的优化利用具有重要意义,可延长设备寿命,降低运行成本,也支撑了智能电网的发展需求,通过先进的监控技术,为分布式能源的接入以及未来智能化电网的广泛应用奠定了基础<sup>[3]</sup>。这种全方位的促进作用保障了电网运行的高效和稳定。

# 3 故障处理和恢复技术分析

## 3.1 配电网故障类型与特点

配电网故障的类型与特点是确保电力系统运行稳定的关键因素之一。配电网中,故障的发生是不可避免的,这些故障可以根据不同的标准进行分类,其中主要包括短路故障、接地故障、断线故障和设备故障等。

短路故障是配电网中常见且破坏性较大的故障类型,通常由导体间绝缘损坏引起。其特点是电流急剧上升,可能导致设备损坏、火灾等严重后果。接地故障则是由于导体与大地之间的绝缘失效,电流通过接地点流入大地。这种故障

通常会造成系统的不平衡运行,导致电压波动和设备过载。在一些情况下,接地故障还可能引发严重的单相接地短路,引起更大范围的电力设备损坏。

断线故障常发生在配电线路中,主要是由于外力(如树木倒伏、车辆撞击)或线路老化等原因引起。其主要特点是线路电流中断导致供电中断,影响范围取决于故障点的位置和电网的拓扑结构。设备故障则是指配电设备本身的部件失效,如变压器故障、开关设备故障等。这些故障可能源于设备老化、过载运行或者操作不当,直接影响设备的正常功能,进而影响整个配电系统的稳定性和可靠性。

配电网故障的发生往往是多因素共同作用的结果。自然因素、设备因素和人为因素都可能引发这些故障,如雷击、暴风雪等极端天气,自然灾害往往造成大范围、长时间的电力中断;设备老化与日常维护不到位也使得故障率增加;人为误操作、施工破坏则是影响配电网稳定运行的另一重要因素。

在分析以上故障类型时针对故障的共同特点,即迅速、高效地识别故障源以及判断故障波及范围显得尤为重要。理解故障的特性与影响是进行有效故障处理和快速恢复的前提,这样才能最大限度地减少故障对配电网乃至整个电力系统带来的不利影响。分析故障的类型和特点对于后续制定故障处理策略和恢复技术提供了坚实的基础。通过熟悉这些故障类型及其特性,可以更好地设计和研发适应各类故障的检测与控制技术,从而提高电网运行的安全性与可靠性。

## 3.2 可能引发故障的因素分析

配电网故障的诱因多样且复杂,深入分析这些因素对于制定有效的故障处理和恢复策略至关重要。环境因素是引发故障的一个主要来源,恶劣的天气条件,如雷电、暴风雪和台风,常会对配电设备造成直接损害。设备老化和维护不足亦是重要的影响因素,老旧的设备更易在高负荷和极端环境下失效,定期维护的缺失则可能导致潜在的系统隐患。

人为操作失误也是不可忽视的原因之一。不当的操作可能干扰正常的电力调控流程,进而导致系统运行不稳甚至引发大面积的停电事故。系统自身的设计缺陷和过载也可能成为故障的导火索。随着城市化进程的加快和电力需求的增长,许多配电网承受着超过其设计额定值的压力,增加了故障发生的概率。

自然灾害和外部事件,如地震、火灾或人为破坏,同样对配电网构成威胁。这些事件往往不易预测,但它们所造成的破坏通常是严重的,甚至可能导致长时间的电力中断。综合分析这些可能的故障因素,对于提升配电网的抗风险能力和故障恢复效率具有重要的指导意义。

# 4 效率提升及应用前景探讨

## 4.1 配电网故障处理控制方式与运行策略

配电网故障处理控制方式与运行策略的研究旨在提升

配电网在故障发生时的反应速度及恢复效率。这一过程主要涉及新型控制算法的应用及运行策略的优化,旨在通过技术手段缩短故障持续时间,提高系统可靠性。

采用先进的实时监测技术能够显著增强对配电网状态变化的感知能力。这些技术包括高精度传感器、智能电表和在线监测设备,这些设备共同构建了一个全面的监测系统。通过数据采集和分析,能够及时获取故障发生的具体位置及其严重程度,为后续的故障处理提供可靠的数据支持。

智能算法在故障定位和隔离中发挥关键作用。基于人工智能和机器学习的智能算法可以根据历史故障数据和实时监测结果进行快速计算和判断,从而实现故障点的精确定位。这种算法能够自动识别负荷转移路径,优化电力恢复过程,减少人工介入带来的延迟。

先进的自动化控制系统为故障处理提供了技术保障。自动化的开关控制、动态重构网络结构结合电力系统的状态估计,能有效隔离故障区域并恢复非故障部分的供电。自动化系统还能够根据实时网络状态调整运行策略,以确保网络的稳定性和安全性。

分布式能源的接入和储能技术的应用,为故障恢复提供了新的解决思路。通过合理配置分布式电源和储能装置,可以为故障恢复期间的电力供应提供支持,增强系统的韧性。储能设施的快速反应能力可以在故障发生后迅速补充供电,减少对用户的影响。

通过上述控制方式和运行策略的有效实施,配电网能够更快速地响应并恢复故障,大幅提升了故障处理的效率。结果表明,这一方法不仅加快了故障处理速度,还提升了整个电网的灵活性和可控性,展现出广泛的应用前景和实际操作价值。

#### 4.2 故障处理及恢复技术的应用前景

故障处理及恢复技术在配电网中的应用前景广阔,其发展潜力显著影响着智能电网的构建和电力系统的整体效率提升。随着科技的进步和电力需求的增加,电力系统对故障响应速度和恢复能力的要求不断提高,促使故障处理及恢

复技术逐步向自动化、智能化方向发展。

自动化技术的引入使得配电网故障处理能够在极短时间内完成故障定位、隔离及恢复供电过程,这不仅减少了停电时间,也降低了人工干预的需求。故障检测传感器与智能控制系统的结合提升了配电网的应变能力,能够在复杂的电力环境中迅速做出反应,使得故障恢复过程更加精准高效。

在应用前景方面,故障处理及恢复技术将在电网扩展与运行优化中发挥关键作用。智能配电终端、云计算、大数据分析等先进技术手段将在未来得到更加广泛的应用,这些技术为构建自适应、自愈合电力系统奠定基础。未来电网将更注重各个环节的信息共享与联动,故障处理时间的精准预测及恢复效率的提升将极大增强电网的稳定性与可靠性。

## 5 结语

我们对电力配电网故障怎么处理和恢复做了深入的研究。我们用真实的模型和方法,分析了各种故障的特点和可能带来的问题,然后根据这些特点,我们提出了一些解决方法和运行策略。我们的研究结果显示,这些新的处理方式可以大大减少应对故障的时间,帮助配电网在事故发生后快速恢复正常运行,比过去的旧方法效果更好。我们成功地改进了处理故障的流程,提高了效率,节约了大量的资源。但是,我们的研究也有一些局限性,需要更多的研究和探索。未来,希望能更深入地研究配电网故障处理和恢复的技术,如预防故障的技术、自动化处理的技术等,我们希望我们的研究在处理配电网故障和恢复方面发挥更大的作用,给社会和我们的生活带来更多的帮助。这些研究成果对于实际中电力系统的运行和处理故障具有重要的参考价值,展示了它们的实用意义和广泛的应用前景。

### 参考文献

- [1] 苑嘉航,刘春来,李赞,等.配电网故障恢复决策模型研究[J].杭州电子科技大学学报:自然科学版,2020(1):64-68.
- [2] 赵志军,姚国强,范骏杰,等.配电网故障快速恢复调控辅助决策技术[J].农村电气化,2020(3):42-44.
- [3] 李国臣.智能配电网故障恢复研究[J].商品与质量,2020(7):75.

# Research on the Application of Firefighting Robots in Intelligent Firefighting

Donghui Zhang Hang Dai Jinlong Liu Yan Dong

Beijing Guodianfutong Science and Development Co., Ltd., Beijing, 100000, China

## Abstract

Fire fighting robot is one of the key technologies of intelligent fire fighting, which has an important application value in improving fire safety and efficiency. This paper first introduces the definition and type of fire fighting robot, and then analyzes the application of fire detection, fire rescue and field cleaning after fire, and analyzes its performance and working principle in detail. The actual case shows that the fire fighting robot has a significant effect in improving the working environment of firefighters, reducing casualties and improving the efficiency of fire rescue. Finally, this paper proposes the challenges and future development direction of fire fighting robots in intelligent fire fighting. By applying the latest scientific and technological achievements to the research and development and improvement of fire fighting robots, its role in intelligent fire fighting can be further enhanced, and effective support can be provided for the realization of fire safety goals.

## Keywords

firefighting robot; smart firefighting; fire investigation; fire rescue; technology research and development

## 消防机器人在智慧消防中的应用研究

张东辉 戴航 刘金龙 董岩

北京国电富通科技发展有限责任公司, 中国 · 北京 100000

## 摘 要

消防机器人是智慧消防的关键技术之一, 在提高消防安全及效率方面有着重要的应用价值。论文首先介绍了消防机器人的定义和种类, 然后分析了消防机器人在火灾侦查、消防救援以及火灾后的现场清理等方面的应用, 并对其性能和工作原理进行了详细的解析。实际案例显示, 消防机器人在改善消防员工作环境, 降低人员伤亡, 提高火灾救援效率等方面具有显著效果。最后, 论文提出了目前智慧消防中消防机器人面临的挑战和未来的发展方向。通过将最新的科技成果应用于消防机器人的研发和改进, 可以进一步提升其在智慧消防中的作用, 为实现消防安全目标提供有效支持。

## 关键词

消防机器人; 智慧消防; 火灾侦查; 消防救援; 科技研发

## 1 引言

随着科技的发展, 我们开始关注一个叫作智慧消防系统的新东西。消防机器人是这个系统中很重要的部分, 他们不只会让消防工作变得更安全, 工作效率也能提高, 而且可以降低消防员的工作难度。消防机器人在处理火灾时表现出了很强的能力, 已经成为消防队伍的重要帮助。首先我们要明白消防机器人是什么, 他们能做什么。然后, 我们将详细探讨消防机器人在火灾现场侦查、施救操作和灾后清理等方面的作用, 看看他们如何改变了消防的工作方式。我们知道, 消防机器人已经能够帮助我们更好地进行消防工作, 能

减少消防员的伤亡和提高救援效率, 但是他们还有一些问题需要解决。继续研究这些问题, 找出解决方案, 可以让消防机器人更好地发展, 对智慧消防系统也有帮助。

## 2 消防机器人定义和种类

### 2.1 消防机器人的定义

消防机器人是指一种具备自主或远程控制功能, 专门用于执行各种消防任务的特殊机器人设备<sup>[1]</sup>。这些任务包括但不限于火灾探测、火势控制、救援人员安全保障以及灾后现场清理等。作为智慧消防系统的一部分, 消防机器人通过集成多种先进技术, 实现快速响应、准确定位和高效作业, 从而有效提高消防效率, 降低人员伤亡。

在结构和功能方面, 消防机器人通常配备强大的环境感知系统, 包括红外线监测装置、热成像仪、气体传感器和摄像头。这些设备使其能够在复杂和危险的火灾现场进行实时监测和数据采集。借助这些感知系统, 消防机器人不仅可

**【作者简介】**张东辉(1973-), 男, 中国浙江嘉善人, 本科, 高级工程师, 从事新能源储能电站消防、消防机器人、电力系统智慧消防研究。

以识别火源位置和火势发展情况,还能检测有毒气体浓度和结构稳定性,从而为火灾救援指挥提供科学依据<sup>[2]</sup>。

操作系统也是消防机器人重要的组成部分,通常包括远程控制和自主导航两大主要功能。远程控制系统利用无线通信技术,使消防员能够在安全区域内对机器人进行精准操作。自主导航系统则基于人工智能和机器学习算法,使消防机器人能够在无人操控的情况下自主完成任务,通过路径规划和障碍物识别等技术,实现高效的任务执行。

消防机器人的动力系统和机械装置设计,则确保其能够在各种复杂地形和极端环境下正常运作。这些系统包括耐高温材料、全地形履带或轮式底盘、强大爬坡能力及稳定的重心控制装置。具有较强的环境适应性,使其在火场中行走自如,避免因高温和不稳定地形导致的设备故障,从而保障任务的高效性和连续性。

消防机器人所应用的核心技术涵盖了机器人学、传感技术、远程通信、人工智能等多个高科技领域。这些技术的综合应用,使其具备了高度智能化和复杂任务执行能力<sup>[3]</sup>。不仅能够替代消防员进入高危险性的火场进行侦察和初步灭火操作,还能在灾后进行废墟中的搜救和物资搬运,从而减少人力资源的消耗和风险暴露。

在智慧消防体系中,消防机器人作为一项关键技术,其定义不仅限于物理设备的描述,还涵盖了其功能模块、操作系统和技术集成。通过不断的技术创新和应用,消防机器人在未来将扮演越来越重要的角色,为消防安全事业的发展提供坚实支持。

## 2.2 消防机器人的种类

消防机器人根据其功能和任务可分为多种类型。侦查型消防机器人主要用于火灾现场的初步勘探,配备了高灵敏度的传感器和摄像设备,能够在高温与浓烟环境下收集实时数据,并将信息传输回指挥中心。灭火型消防机器人则配备了多种灭火装置,如水枪、泡沫喷头等,能够在危险环境中精准操作,执行灭火任务。救援型消防机器人则注重于人员的搜救与撤离,通常配备了机械臂、担架等设备,能够在复杂地形中进行灵活操作。清理型消防机器人则用于火灾后的现场处理,能够清除残骸并检测隐患,帮助恢复安全环境。这些不同类型的消防机器人通过其专业化的功能设计,提高了消防工作的效率和安全性。

## 3 消防机器人在火灾任务中的应用及性能分析

### 3.1 消防机器人在火灾侦查中的应用

在火灾侦查过程中,火场的复杂环境和高温、高烟、毒气等因素,对消防员的安全构成极大威胁。消防机器人在火灾侦查中的应用为解决这些问题提供了有效的手段。消防机器人能够携带多种侦查设备,如热成像仪、红外传感器和烟雾探测器等,实时获取火场内的温度分布、烟雾浓度以及火灾蔓延情况。

消防机器人具备灵活性和机动性,能够深入高危区域进行侦查,避免了人员进入危险地带可能引发的安全隐患。其多重传感器协同工作,可以对火场进行全方位、多角度的实时监控,并将数据即时传输到消防指挥中心。基于这些数据,指挥中心能够迅速制定科学有效的行动方案,提高火灾处置的应急响应速度和准确性。

消防机器人不仅能够复杂地形下自主导航,还能够克服各种障碍,如楼梯、废墟等。这使得其在建筑物内部侦查中表现出色。在黑暗、烟雾弥漫等能见度低的条件下,消防机器人依靠热成像和红外技术,能够清晰定位火源和发现被困人员,为后续的消防救援行动提供了宝贵的先期信息。

在实际应用中,消防机器人显著改善了火灾侦查的效率和安全性。通过实时数据和视频传输,远程指挥和协同调度得以实现,有效提高了火灾现场的信息化和智能化水平。这不仅降低了消防员的执勤风险,还提升了火灾预警和早期灭火的成功率。

总的来说,消防机器人在火灾侦查中的应用,通过先进的技术手段和高效的设备配置,为消防工作带来了革命性的改变和巨大效益。

### 3.2 消防机器人在消防救援中的应用

在火灾救援任务中,消防机器人逐渐展现出其显著优势。消防机器人以其强大的机动性和耐高温能力,能够在高温、浓烟等恶劣环境中有效开展工作,这大大减少了消防员面临的风险。消防机器人配备了多种功能模块,如远程水炮、灭火剂喷射装置等,这些设备能迅速响应火灾,并精准进行灭火操作,有效遏制火势的蔓延。特别是在面对大型工业火灾、化学品火灾等危险性高的场景时,消防机器人能够高效执行复杂的救援任务。消防机器人可通过多种传感器对火场进行实时监控,提供准确的火情数据,帮助进一步制定救援策略。这不仅提高了灭火效率,也为指挥人员提供了科学决策依据,大幅提升了火灾救援的总体效能<sup>[4]</sup>。实际应用显示,在复杂多变的火灾现场,消防机器人的介入能够显著提升救援成功率和安全性,使得火灾损失降到最低。

### 3.3 消防机器人在火灾后现场清理中的应用

火灾后现场清理是消防任务中的重要环节,消防机器人的应用在此阶段发挥了显著作用。消防机器人可携带专门的清理工具,处理残留的火焰和高温,确保安全清理环境。消防机器人配备的传感器能实时监测空气质量和有毒气体浓度,降低作业人员的健康风险。自动化清理功能使得大面积清理工作变得高效且精准,缩短了清理时间,提升了整体灾后恢复效率。在实际应用中,消防机器人通过移除废墟、处理易燃物和清理污染物,有助于尽快恢复灾后秩序。

## 4 面临的挑战和未来发展方向

### 4.1 智慧消防中消防机器人面临的挑战

智慧消防中的消防机器人面临的挑战是多方面的,

需要从技术、应用环境以及标准和法规等多角度进行深入分析。

在技术层面,消防机器人通常工作在高温、有毒烟雾和复杂地形的环境中,对其传感器、动力系统及控制系统的整体性能提出了极高要求。现有技术难以完全保证机器人在恶劣条件下的稳定性和可靠性。为了在实际火灾现场中维持有效工作,消防机器人必须具备超强的抗干扰素质和自主决策能力,这一任务颇具挑战。

应用环境的复杂性也使消防机器人面临巨大的挑战。火灾现场往往情况复杂多变,可能出现多种不可预见的障碍。机器人需要具备高水平的环境感知能力,不仅要能迅速识别火源,还需能够避开倒塌的建筑物和可能爆炸的危险品。这对机器人的实时数据处理和智能决策系统提出了极高的要求<sup>[5]</sup>。

在标准和法规方面,消防机器人尚缺乏统一的行业标准和法规。这不仅影响到机器人的研发和生产,还影响其在不同领域的应用推广。由于标准化缺失,可能导致机器人在不同灾害应对过程中表现不一致,存在潜在的安全隐患。另外,法律法规的滞后性也限制了新技术的应用,亟须制定和完善相关法规以适应技术的发展。

消防机器人在智慧消防中的应用虽然前景广阔,但仍面临诸多挑战,亟须在技术研发、应用环境适应性以及标准法规建设等方面取得突破,以提升其在火灾应对中的实用性和可靠性。

#### 4.2 消防机器人的未来发展方向

消防机器人的未来发展方向主要集中在智能化、多功能化和协同作战能力的提升。智能化方面,未来的消防机器人将会更加注重人工智能技术的应用,能够自主识别火源、路径规划、避障及自主决策,以提高作业效率和安全性。多功能化是指机器人不仅具备单一的消防功能,还应整合侦查、救援、灭火及现场清理等多种功能,以应对多样化、复杂化的火灾现场。协同作战能力的提升意味着多个消防机器人能够在火灾现场进行协同工作,通过无线通信和数据共享,实现无人装备与消防员之间的高效配合,从而大幅提高救援效率和安全性。配合5G通信、大数据分析等前沿技术的发展,消防机器人将在未来智慧消防系统中发挥更加不可或缺的作用,从而全面提升火灾预防及控制的能力,有效降

低人员伤亡和财产损失。

#### 4.3 科技研发在消防机器人的作用及重要性

科技研发在推动消防机器人领域的发展中具有关键作用。进步的传感器技术可以提高火灾侦查的灵敏度和准确性,而先进的算法使得机器人能更高效地分析火情并做出决策。人工智能和机器学习的应用使消防机器人能自适应复杂环境并进行自主导航,从而在不稳定和危险的火灾现场表现更出色。材料科学的进步使得机器人更加耐高温、抗冲击,提升了其在极端环境中的寿命和稳定性。通过不断技术创新和技术融合,科技研发显著提升了消防机器人的性能和应用广度,增强了智慧消防系统的整体效能。

### 5 结语

论文详细介绍了消防机器人的定义和种类,并对其在火灾侦查、消防救援及火灾后现场清理等方面的应用进行了全面解析。实际案例证实,消防机器人在改善消防员工作环境,减少人员伤亡,提高救援效率等方面发挥了显著作用,对智慧消防具有重大的实用价值。然而,本研究也发现,当前智慧消防中消防机器人还存在一些挑战,包括工作环境的复杂性、寿命的有限性以及成本的高昂性等,这些都是未来研究和改进的方向。同时,我们也看到了消防机器人的广阔发展前景。新科技的引进和应用将进一步提升消防机器人的性能与效率,使其在智慧消防中发挥出更大的作用。总的来说,消防机器人在智慧消防中的应用对于提高消防安全起着至关重要的作用。未来,我们期望通过不断的科技创新和研发投入,使消防机器人在消防安全领域发挥出更为重要的影响力,为社会安全保驾护航。

#### 参考文献

- [1] 汪志明.消防机器人在灭火救援中的运用[J].消防界:电子版,2022,8(3):50-51.
- [2] 李凯.消防机器人在消防中的应用[J].装备维修技术,2020(15):81.
- [3] 谢永利.消防机器人在灭火救援中的研究[J].中国新技术新产品,2021(7):137-139.
- [4] 葛启发.消防机器人在灭火救援中的应用[J].消防界:电子版,2021,7(22):86-87.
- [5] 谢勇.品牌消防机器人在灭火救援中的应用研究[J].品牌与标准化,2022(4):102-104.

# Research on the Influence of Geological Disturbance during Subway Shield Tunneling Construction Process

Junfeng He

Shenzhen Metro Construction Group Co., Ltd., Shenzhen, Guangdong, 518038, China

## Abstract

Subway shield tunneling construction is a key technology in urban rail transit construction, but its disturbance to the ground during the construction process often becomes an important factor affecting construction safety, surrounding environment, and structural stability. This study focuses on the causes, scope, and potential impact of ground disturbance on the surrounding environment during subway tunnel construction. It elaborates on the main theories and characteristics of shield tunneling construction, and explores various factors that induce ground disturbance during the construction process, such as soil type, operating parameters, and shield tunneling machine operation conditions. Theoretical analysis and case study of geological disturbance, focusing on its potential impact on surrounding buildings and infrastructure, especially the causes and severity of surface settlement, cracks, and soil flow issues. By implementing scientific construction management and utilizing advanced technologies, the adverse effects caused by geological disturbances are significantly reduced, and the safety and operational efficiency of subway shield tunneling operations are greatly improved.

## Keywords

subway shield tunneling construction; geological disturbance; construction impact; soil reinforcement; safety management; monitoring technology

## 地铁盾构施工过程中的地层扰动影响研究

何俊峰

深圳地铁建设集团有限公司, 中国 · 广东 深圳 518038

## 摘要

地铁盾构施工是城市轨道交通建设中的一项关键技术, 但在施工过程中对地层的扰动影响常常成为影响施工安全、周围环境及结构稳定的重要因素。本研究聚焦于地铁隧道施工中地层扰动的成因、波及范围及其对邻近环境的潜在冲击, 对盾构施工的主要理论及其特性进行阐述, 并探讨施工环节中诱发地层扰动的多种要素, 诸如土壤类别、作业参数、盾构机作业状况等。对地层扰动进行理论剖析与案例研究, 聚焦于其对周边建筑及基础设施的潜在影响, 尤其是地表沉降、裂缝及土体流动等问题的成因及其严重性。通过实施科学施工管理及运用先进技术, 显著减少地层扰动带来的不良影响, 并大幅提升地铁盾构作业的安全及作业效率。

## 关键词

地铁盾构施工; 地层扰动; 施工影响; 土层加固; 安全管理; 监测技术

## 1 引言

随着城市化进程的加速, 地铁建设在现代城市交通中扮演着越来越重要的角色。地铁盾构施工作为城市地下轨道交通建设的主流技术, 以其高效、低噪音、适应性强等特点广泛应用。然而, 实施地铁盾构作业过程中, 不可避免地对周边地层造成不同幅度的扰动, 尤其当软土层或地质条件复杂时, 此类扰动有可能诱发地面沉降、建筑损毁以及地下管线位移等一系列问题, 严重者甚至可能阻碍施工进度, 危及周边环境的安全稳定性。在地铁建设领域, 迫切需要解决

的关键技术问题包括对盾构施工期间地层扰动的深入研究和寻求相应的有效控制与管理策略。

## 2 地铁盾构施工概述

地铁盾构施工是一种利用盾构机在地下进行隧道开挖的施工方法, 广泛应用于城市轨道交通和地下设施建设。盾构机是一种专门设计用于地下隧道开挖的设备, 通过其前端的刀盘旋转切割土层, 同时利用后方的推进系统和喷浆系统使土体稳定, 并通过其主机系统将泥水、渣土等输送至地面。地铁盾构施工具有较高的安全性、效率和适应性, 尤其适用于复杂的城市地质环境和有限空间内的隧道施工<sup>[1]</sup>。

在盾构施工这一复杂过程中, 涵盖了前期准备、盾构掘进、支护及衬砌等众多环节。施工过程中, 盾构机持续推

【作者简介】何俊峰(1995-), 男, 中国安徽安庆人, 本科, 助理工程师, 从事城市轨道交通研究。

进,逐步挖掘土层,与此同时,它还借助钢筋混凝土衬砌环对隧道实施加固措施,该种施工方法显著降低了作业面暴露所引致的风险,同时大幅削减了对周边地层及环境的干扰。在城市地下交通建设的施工领域,盾构机凭借其技术进步,已能高效应对软土、硬岩及复杂地质环境,成为一项至关重要的技术手段。

尽管盾构施工诸多优势显著,施工期间却不可避免地遭遇地层扰动。尤其软土及松散地质环境中,盾构掘进更易触发地层变形、地面沉降,并可能对建筑物及地下管线造成损害,诸多风险不容忽视。因此,探讨地铁盾构施工过程中的地层扰动现象,对保障施工安全与降低对周边环境破坏影响至关重要。

### 3 地铁盾构施工中的地层扰动机理

地铁盾构施工过程中,地层扰动是一个常见且复杂的现象。在盾构施工的挖掘作业中,常常对邻近的地层、建筑及基础设施等造成物理或动态性的扰动效应,所涉扰动形式涵盖地面沉降、土体流动、地下水位变动以及周边建筑物的倾斜与裂缝等现象。盾构施工过程涉及的土体切割、推进、支护等操作,与地层扰动的形成机理紧密相连。在盾构机实施掘进作业的过程中,刀盘用以对土层进行切割作业,带走部分土体并造成一定扰动。在施工区域内,土体的剪切应力和应变得以传播,进而引发局部地层的变形与位移。在盾构机推进过程中,不同土层的物理特性变化,尤其是在软土地带与不稳定土层,往往导致地层扰动加剧,进而引发明显沉降与位移现象。

盾构施工中的土壤改良与支护系统设计也会对地层扰动产生影响。支护系统的主要作用是为了保证盾构机掘进时的稳定性,防止土体坍塌。然而,如果支护系统设计不合理或施工质量控制不到位,可能导致支护效果不佳,从而加剧地层的变形和扰动,甚至导致隧道塌方等严重事故<sup>[2]</sup>。

## 4 地层扰动对周围环境的影响

### 4.1 对地表沉降的影响分析

地铁盾构施工过程中,地层扰动往往会直接导致地表沉降,尤其是在软土或松散地质条件下,沉降问题更加显著。在盾构机进行隧道挖掘过程中,土体结构发生变形,进而引发地面或地表建筑的下沉及倾斜现象,多种因素如土层性质、盾构机工作参数、施工速度、推进方式等,共同影响着沉降程度。在盾构机推进作业期间,其对周边土层将造成某些扰动现象。在盾构机刀盘对土层进行切割作业的过程中,土层的物理属性及结构亦随之发生变动,进而引发局部土层位移现象。地表沉降现象,系土体在固结、滑移与膨胀等作用产生的位移效应所致,在软土地层中,土体因其显著的塑性与流变性,其剪切变形与塑性流动均更易引发沉降现象。盾构机在推进过程中,其沉降范围与程度往往逐步扩大,特别是地层不均导致的影响,软土地段更是沉降明显加剧。

地表沉降的发生可能导致城市地面建筑、道路、桥梁等的下沉或倾斜,给城市基础设施的安全带来隐患。在人流车流众多的区域,地面沉降问题会直接影响道路与轨道交通安全顺畅运行,路面因沉降形成的高度差异,不仅会导致裂缝的产生,进而破坏道路的平整性,更甚者还可能引发路面塌陷的风险。在施工活动启动之前,为有效遏制并降低地表沉降现象,通常必须对地质状况进行详尽探测,以期精确预判沉降波及的区域及其可能造成的影响。

### 4.2 对周围建筑物与基础设施的影响

地铁盾构施工过程中,由于地层扰动和地面沉降,周围的建筑物和基础设施常常受到不同程度的影响。邻近现有建筑群的施工区域,地层扰动可能引发建筑沉降、裂缝、倾斜,乃至结构性损坏的风险,施工行为对邻近的建筑物及基础设施的安全稳定构成直接影响,因而对施工影响进行评估显得尤为关键。在盾构施工过程中引发的地面沉降,成为导致建筑物损害的主要因素,建筑物周围若遭盾构机掘进,地面沉降现象随之显现,此现象将直接作用于建筑物基础,进而诱发沉降或倾斜,甚至引起地基不均匀沉降。

在盾构施工过程中,不仅地面沉降效应不容忽视,土体扰动亦可能对地下构筑物及其支撑结构带来显著影响。在施工环节,若盾构机推进速度过快,或土层稳定性不足,将引发地下管线及基础设施的位移与损害。在众多城市密集地带,地下管网结构错综复杂,若遭遇破损,其修缮之难不言而喻,且极易对居民日常生活与生产秩序带来显著影响。为确保盾构施工前周围建筑与地下设施之稳定与安全,必须详尽评估,并在施工全过程中持续监控。在盾构施工过程中,为降低对周边建筑物的可能损害,必须借助精确的地质探测与施工监控技术,以辨认出潜在的隐患区域。在施工领域,微型盾构机、减震设备以及土层加固等先进技术手段的应用,旨在有效调控施工震动及沉降范围,从而有力保障建筑结构的安全可靠性。

### 4.3 对地下管线与其他设施的影响

地铁盾构施工对地下管线和其他设施的影响是一个不可忽视的工程问题。在城市中,地下管线包括水、电、气、通讯、排水等多个系统,这些管线贯穿于城市的各个区域。在盾构机实施掘进作业期间,对周边地层造成的影响可能导致地下管线位移、损坏乃至断裂,对市政基础设施的稳定运行产生重大不利影响。实施盾构作业,对埋设于地下的管道系统造成显著影响,其直接后果包括土层的垂直沉降及水平移动。在盾构机穿越地下管线周边区域的过程中,土层的形变效应会向管道邻近区域传递,进而引发管道结构的形变与位移。在软土分布区域,土体流动性较大,若地下管线遭受土体位移影响,其受力将出现不均衡状况,进而可能导致管道断裂或破裂现象的发生。此外,施工活动对老化且结构脆弱的地下管线产生显著影响,大幅提升了管道受损的风险。在盾构施工活动期间,振动与噪声现象亦可能对埋设于地下

的管道系统造成不良影响。在施工过程中，盾构机切割土层所引发的振动，或许会触发地下管道的震颤与位移，干扰管道的稳定性，从而引发管道破损或渗漏等一系列问题。

为了防止盾构施工对地下管线和其他设施的影响，应在施工前进行详尽的地下管线探测和风险评估，确保对地下设施的位置、性质和状态有充分的了解。在施工活动进行期间，必须采纳适宜的技术途径，诸如运用低振动盾构设备、强化周边土壤层、配置暂定支撑等策略，以降低对地下管线的干扰程度。在施工过程中，强化对地下管线的实时监控，一旦察觉到管线变化异常，即刻启动补救策略。在设计、施工以及运营阶段，对地铁盾构施工可能对地下管线及附属设施造成的影响进行系统评估与管控，旨在保障城市基础设施的安全稳定运行<sup>[3]</sup>。

## 5 地层扰动的监测与防控技术

地层扰动监测与防控技术在地铁盾构施工过程中具有至关重要的作用。随着城市地下轨道交通建设的不断深入，地层扰动带来的沉降、变形等问题愈发引起工程人员和相关部门的高度关注。有效的监测与防控技术能够及时发现地层扰动的迹象，预警潜在的风险，防止或减轻施工过程中可能出现的地表沉降、建筑物变形、地下管线损坏等不良后果。防控措施的落实，监测技术的应用，对于地层扰动的有效监管构成了不可或缺的根基。沉降观测、位移监测、应力与应变监测、地下水位监测等构成了现代地层监测的多样手段，实时监控地表沉降幅度与速度，沉降观测需设置地表标点，以确保施工区域地表沉降的精确掌握。在施工过程中，利用激光扫描、全站仪、GPS 等手段，对土体与结构进行位移监测，尤其是在地铁施工中的沉降池、地下建筑及其周边基础设施的位移状况进行精确监控，监测应力与应变，旨在实时追踪土体及建筑物结构的受力动态，从而预先识别潜在的形变隐患，对地下水位的监测有助于准确评估地下水变动对土体稳定性所产生的作用。

防控技术主要集中在施工过程中对地层扰动的有效减缓和调控。在降低地层扰动方面，普遍实施的技术策略涵盖了对盾构机运行参数的精准选取、施工进度有序调控、土

壤加固技术的应用以及对施工流程的持续改进等，对盾构机之刀盘类型及推进参数作出合理选择。施工过程中地层扰动得以有效缩减，沉降风险亦随之降低。在盾构机施工过程中，对推进速度及刀盘压力的精准调控。对于降低施工扰动至关重要，过度的推进速率将放大地层扰动，进而引发严重的过度沉降或位移现象；相反，推进速率过低亦将拖慢施工进度。在施工过程中，通过调整推进速度与压力，有效地实现地层扰动与施工效率的和谐平衡，对结构复杂的软弱土层或砂土层而言，注浆加固与地基处理等加固技术之运用，旨在提升土体的承载能力与稳定性，进而有效降低施工期间对周边环境的扰动。

防控技术还包括实时监测与应急处理。通过实时监控各类数据，施工方能够快速识别可能存在的异常现象，及时采取补救措施。在施工过程中若遭遇沉降异常，应及时对盾构机推进参数做出调整，抑或采取施工加固措施以限制扰动范围。施工前的风险预判与模拟剖析，对于施工阶段防控策略的实施具有显著支撑作用，并有助于预先锁定施工过程中可能遭遇的地质障碍。地层扰动的监测与防控技术是确保地铁盾构施工顺利进行的保障。通过多种监测手段和防控技术的结合，能够有效减少施工对地层的扰动，确保地表沉降、建筑物和地下管线的安全，为城市地下交通建设提供可靠的技术支撑。

## 6 结语

地铁盾构施工过程中的地层扰动影响不仅与土体条件、盾构机设计和施工工艺密切相关，还与周边环境的保护和建筑物安全息息相关。因此，研究并应用高效的监测与防控技术，不仅有助于减少地层扰动对施工安全的影响，也为保障城市基础设施的长期安全稳定提供了保障。

### 参考文献

- [1] 郭金英. 地铁盾构施工下穿既有铁路桥梁影响性分析[J]. 价值工程, 2024, 43(29): 117-120.
- [2] 雷文, 伍佳, 邱燕. 地铁盾构隧道自行式无轨施工台车的研究与应用[J]. 四川水力发电, 2024, 43(5): 135-139.
- [3] 鲍汝苍. 地铁盾构隧道下穿河流施工稳定性分析[J]. 科技创新与应用, 2024, 14(24): 106-108+113.

# Analysis of Cost Management and Control in Power Engineering under the New Situation

Xing Wang

State Grid Tianjin Electric Power Company East Power Supply Branch Company, Tianjin, 300000, China

## Abstract

Under the rapid development of China's social economy, the scale of electric power engineering construction is expanding day by day. By strengthening the management and control of the project cost, it is helpful to promote the long-term development of electric power enterprises. Electric power engineering enterprises can take effective measures to strengthen the control of the cost of the project, not only can promote the reduction of the project cost, but also can improve the economic benefits of the project, and promote the long-term development of the whole electric power industry. This paper mainly analyzes the main problems existing in the current power engineering cost management, and discusses the effective measures to strengthen the power engineering cost management and control under the new situation, for some reference for professionals.

## Keywords

new situation; power engineering; cost management; cost control; economic benefit

# 新形势下电力工程造价管理与控制分析

王兴

国网天津市电力公司城东供电分公司, 中国·天津 300000

## 摘要

在中国社会经济快速发展的形势之下, 电力工程建设的规模日益扩大, 通过强化对工程造价的管理与控制, 有助于推进电力企业的长远发展。电力工程企业通过采取有效措施, 强化对工程造价的控制, 不仅可以促进工程成本的降低, 更可以提高工程的经济效益, 促进电力整个行业的长远发展。论文主要分析了当前电力工程造价管理中存在的主要问题, 并探讨了新形势下加强电力工程造价管理控制的有效措施, 以供专业人士进行一定的参考与借鉴。

## 关键词

新形势; 电力工程; 造价管理; 成本控制; 经济效益

## 1 引言

在中国社会经济发展水平持续增长的形势之下, 推进了电力工程建设的蓬勃发展, 不仅是在工程规模上的不断扩展, 而且在资金与技术投入的日益增加, 然而在市场经济快速变化的形势之下, 电力建设中各种原材料成本日益上涨, 很大程度上加大了电力工程造价管理难度。特别是在全新的经济发展形势之下, 电力工程造价呈现出显著上涨的趋势。因此, 如何采取有效措施以实现对电力工程造价的控制, 尽可能地节约工程造价成本, 并提升工程项目整体经济效益, 是当前电力企业要重点研究的课题。

## 2 现阶段电力工程造价管理存在的问题

### 2.1 造价预算不精准

在电力工程项目开展的初期阶段, 保障造价预算的准确性和精确性, 对于推进电力工程项目有条不紊进行有着深远的意义。然而, 从目前电力工程项目的预算编制来看, 其主要存在的问题是对经验和历史数据过于依赖, 而缺乏对市场环境变化、政策变化以及供应链波动等不确定性因素的考虑。除此之外, 由于预算编制方式缺乏科学性与系统性, 很大程度上难以保障预算结果的准确性, 极易容易出现预算过低或者是预算偏高等问题。一旦出现预算过低的情况, 工程进度和质量会因资金短缺而受到不利影响, 而如果出现了预算过高这种情况, 将会造成对资源的严重浪费, 由此产生了许多不必要的成本。针对这种情况, 应当加强对现代化预算编制方式的应用, 积极开展市场调研, 建设专家评审团队以及运用现代化工具, 提升预算编制的可操作性和准确性, 同时对各方面因素展开全方位的考虑基础上制定预算方案,

【作者简介】王兴(1988-), 女, 中国河北石家庄人, 硕士, 经济师, 从事技术经济管理研究。

全面保障预算方案的科学性与合理性,实现将资金短缺或超支风险降至最低的目标,为电力工程项目的顺利实施奠定重要基础<sup>[1]</sup>。

## 2.2 造价控制不严格

从当前的电力工程项目造价控制来看,其中存在着造价控制不严这一问题。由于缺乏完善的监督机制和调整机制,造成预算和实际支出存在着巨大的偏差。此外,由于电力工程项目管理人员不能够及时地发现存在的偏差,也不能够及时采取有效的纠偏措施,极易造成造价超标的情况,很大程度上会使得项目的成本负担增加。对于这一问题,有必要对电力工程全过程造价进行严格控制,尤其是强化对预算执行的有效监控与调整,通过开展高效的预算管理工作以及对资金进行定期审查,实现对工程造价的全面控制。除此之外,要建立健全预警机制,确保能够及时地发现其中存在的问题,并采取有效的解决措施,尽可能地避免不必要的各项开支,减少对资源的浪费,实现对项目成本的有效控制。

## 2.3 责任不明确

在工程造价控制与质量管理过程当中,由于施工单位和监理单位的职责模糊,很大程度上给工程造价控制带来不利影响。一方面,施工单位为了追求最大化的经济效益,忽略了加强对成本的严格控制,很大程度上使得各项开支增加;另一方面,由于监理单位对施工单位缺乏有效的监督与管理,未能够及时地发现各项不合理的开支,使得成本膨胀的问题越来越严峻。对于这一问题的破解,要求明确施工单位和监理单位的责任。通过构建起完善的权责机制,明确各方的职责,强化监理单位对施工单位的监督与审查,保证施工单位按照预算编制开展各项施工。与此同时,要建立健全问责制度,对于各种违规行为进行严格处罚,强化各方对成本控制与管理的高度重视<sup>[2]</sup>。

## 2.4 缺乏先进工具

当前,在开展电力工程造价管理工作过程当中,依旧是采用以手工统计和纸质报表为主的方式,这种方式难以保障数据的准确性,管理的整体效率不高,无法实现对工程进度和预算执行情况的实时掌控。对于这种情况,有必要在工程造价管理中运用项目管理软件、数据分析工具等各种现代化造价管理工具,这样不仅可以提高管理人员的工作质量与效率,还能够实现对数据的高效处理,并展开对风险的有效预测。与此同时,针对项目管理人员,应当对其开展专业化与系统化的培训活动,提升项目管理人员专业技能水平和综合素质,使其在开展日常工程造价管理中能够熟练地运用现代化工具,通过各种现代化工具的应用,保障工程造价管理工作精确度,促进整体管理质量与水平的进一步提高。

## 2.5 外部环境不确定性

在开展电力工程造价管理工作中,很容易受到各种外部不确定性因素的影响,诸如经济形势的变动、政策法规的变化以及市场供需关系变化等。在各种不确定性因素的影响

下,会给原材料价格以及采购成本造成直接的影响,很大程度上会造成电力工程项目额外成本支出的增加。为了应对各项挑战,对于项目管理团队而言,应当对各项外部环境变化因素进行充分考虑,并适当地预留预算的弹性,科学合理地制定有效的应对方案。通过对预算进行更加灵活的调整,以免各种外部因素影响工程项目造价质量。除此之外,应当展开与承包商、供应商的深度合作与交流,一起应对市场变化所带来的各种潜在风险。与此同时,通过金融衍生品等现代化工具的应用,可以很好地规避原材料价格波动所带来的风险,最大程度地减少项目成本的不确定性。

# 3 新形势下加强电力工程造价的管理与控制对策

## 3.1 精确编制预算与成本预测

在电力工程项目造价管理中,预算编制属于至关重要的一个环节,通过保障预算编制的科学性与准确性,可以实现对电力工程项目资金流向的有效控制,尽可能地减少了对资源的浪费。在全新的发展形势之下,电力工程项目应当重视对预算编制的优化,全面保障预算编制的精确性和科学性。在开展预算编制过程当中,应当采用先进的估算方式,根据对历史数据、政策变化以及市场发展趋势等重要信息的分析,制定更加全面的预算规划。随着时代进步与发展,传统预算方式暴露出了许多问题,特别是在原材料价格波动、人力成本变化以及施工周期等不确定性因素影响之下,传统预算方式难以应对日益复杂的市场环境。因此,电力工程项目预算编制过程当中,有必要将敏感性分析融入其中,并适当地预留一定的成本弹性空间。这样一来,不仅可以最大程度地消除预算偏差,更可以保障项目成本控制的准确性。除此之外,通过构建起动态化的预算管理制度,在项目进展的过程当中,对预算进行及时与灵活的调整,以免出现资金短缺或者是资源浪费等情况,更好地适应于外部环境的变化<sup>[3]</sup>。

## 3.2 建立健全的造价控制机制

电力工程项目造价控制本身具有系统性和复杂性的特点,仅仅是采用单一的预算制定,很大程度上难以保障成本控制的最终效果。在电力工程项目造价控制过程当中,构建起完善的造价控制机制是极为重要的。因此,在电力工程项目实施过程当中,不单单要进行费用核算和预算审核,还要做好实时监控和动态调整的工作。在电力工程项目初期阶段,有必要设置专门的造价管理团队,明确各自的责任和职能,保障各项造价控制措施的落地与实施。在电力工程项目实施的过程当中,管理团队应当对资金和费用进行严格的核算与审查,确保能够及时地发现超预算的问题,并采取有效的纠正措施。除此之外,在信息化时代背景之下,借助现代化管理工具的应用,展开对电力工程项目的实时监控与调整。比如,通过云计算技术和物联网技术的应用,展开对材料采购、施工进度以及劳动力投入等环节的管理,保障资金

流向的透明度和清晰度，并对电力工程项目计划进行及时调整，以此更好地应对资金不足以及其他各种情况。通过制定全方位的造价控制制度，为电力工程项目的成本管理质量与效果提供重要保障。

### 3.3 加强项目管理团队的协作

电力工程造价管理具有系统性的特点，所涉及的人员和部门众多，为了推进电力工程项目造价管理的顺利开展，加强项目管理团队间的合作是至关重要的。然而，当前的电力工程项目中，由于施工单位、监理单位和业主之间缺乏有效的沟通与协调，使得各方对于造价控制的理解存在巨大偏差，很大程度上给项目的整体管理效果带来不利影响。因此，有必要明确各方的职能和责任，在工程造价控制中强化各单位之间的协同与配合。除此之外，要构建起完善的报告机制和沟通机制，定期地组织召开项目管理协调会议，对项目的进展具体情况进行及时的汇报，并围绕着预算执行中的各项问题展开深入的讨论，使各方能够全面了解项目造价控制的具体实施情况。与此同时，要充分发挥出监理单位的重要作用，对施工单位展开全方位的监督，使其能够严格地依照预算开展工程施工，确保能够及时发现各种成本异常情况并采取有效的解决措施。总之，通过推进各方之间的合作与交流，强化信息之间的共享，从整体上提高电力工程项目的造价控制质量与水平，以免由于职责模糊或者是信息不对称等因素而造成出现成本超支的情况<sup>[4]</sup>。

### 3.4 运用现代化造价管理工具

在信息化时代的背景之下，在开展电力工程造价管理工作中，通过现代化造价管理各项工具的有效应用，可以提升工作的质量与准确性。例如，在开展工程造价管理中，通过各种信息化技术手段的应用，包括大数据技术、人工智能技术以及云计算技术等，可以加快造价管理数字化转型的进程。除此之外，在工程造价管理中，通过运用现代化的各种造价管理软件，可以实现对项目全过程的数字化管理，包括原材料采购环节、进度管理环节、预算编制环节以及人力资源管理环节等。在数据采集和分析过程当中，通过现代化造价管理工具的应用，可以实现对数据实时的采集与分析，确保管理人员能够及时发现各种成本超支的迹象，并在此基础上对项目计划做出灵活的调整，以免造成对资源的不必要浪费。与此同时，通过各类现代化造价管理工具的有效应用，能够为电力工程项目提供细致的成本分析报告，为采购人员制定相关的决策提供重要的数据支撑。总之，在电力工程项目工程造价管理中，运用先进的造价管理工具，可以提升成本控制的科学性和精确性。

### 3.5 加强对外部环境的预判与应对

在开展电力工程造价管理工作过程当中，极其容易受

到各类外部环境因素变化的影响，因此，电力工程项目在全新发展形势之下，应当采取有效措施以应对各种外部环境因素，诸如市场价格变化、政策法规变化以及能源供给变化等。针对这一情况，对于电力工程企业而言，应当构建起有效的应对机制，对可能出现的成本变化做出提前的预判，并在此基础上采取有效的应对措施。例如，电力工程企业应当深入地开展定期的市场调研工作，对原材料价格、劳动力成本等重要因素的变化展开实时跟踪，并根据各项因素的变化对采购计划和施工方案做出灵活有效的调整，以免由于价格波动而带来巨大的成本压力。除此之外，各项政策的变化和调整，如税收政策、环保法规的变化，很大程度上会造成工程项目额外成本支出的增加。因此，有必要对政策动态变化进行实时的监测，对政策变化所带来的影响做出提前预判，并在此基础上针对可能增加的成本做好预算调整和资金储备等工作。总之，针对外部环境因素的变化，电力工程企业要进行有效的预判和灵活应对，为工程造价管理的质量与水平提供重要保障，尽可能地将各种外部不确定性因素对项目的负面影响降至最低<sup>[5]</sup>。

## 4 结语

随着中国社会经济建设的进步与发展，近些年来电力工程建设的规模日益扩大，强化对工程造价管理的重要性不断凸显出来。虽然当前电力工程造价管理取得了显著的成效，但是在具体实施过程当中依然面临着诸多挑战，需要对相关措施进行进一步的完善。在全新的发展形势下，电力工程企业应当在思想上提高对工程造价管理的重视，并优化与改进预算编制工作，建立健全工程造价控制机制，并加强对先进的造价管理工具应用，强化各方之间的配合与协作，从而确保工程造价控制在合理的范围之内。通过开展高效的造价管理工作，不仅可以帮助电力企业获得更加丰厚的经济效益，更可以为推进中国电力行业的可持续发展奠定重要基础。

## 参考文献

- [1] 臧祥庭,杨亚丽,匡晓辉.信息技术在电力工程相关管理中的应用[J].电力设备管理,2024(16):226-228.
- [2] 宣丹.电力工程造价管理的现状与发展趋势[J].中国招标,2024(8):120-122.
- [3] 王刚.基于大数据的电力工程造价信息化管理研究[J].活力,2024,42(12):163-165.
- [4] 鲍宁.电力工程造价的管理及控制方法分析[J].科技风,2024(14):73-74.
- [5] 于振中,于佩佩.浅谈如何加强电力工程管理及其造价控制[J].中国设备工程,2024(9):70-72.

# Discussion on Engineering Quality Management in Power Transmission and Transformation Engineering Construction

Liangfang Zhao

State Grid Tianjin Electric Power Company East Power Supply Branch Company, Tianjin, 300000, China

## Abstract

In power transmission and transformation projects, quality management is always a key and difficult point due to the multiple construction stages and high technical requirements. In actual construction, there are often deviations in the execution of design schemes or substandard construction materials, which can affect the overall operation of the project. Therefore, researching appropriate quality management strategies and improving the quality supervision system are the key to improving the quality of power transmission and transformation projects. The paper analyzes the key role of engineering quality management in power transmission and transformation projects, studies the current situation of construction quality management in power transmission and transformation projects, and finally explores management measures to improve the construction quality of power transmission and transformation projects. By exploring the quality management of power transmission and transformation engineering construction and combining it with industry development trends, systematic solutions are proposed, hoping to provide reference for relevant engineering practices.

## Keywords

power transmission and transformation project; construction; project quality management

## 输变电工程施工中工程质量管理探讨

赵良芳

国网天津市电力公司城东供电分公司, 中国·天津 300000

## 摘要

输变电工程中, 因为工程施工环节多、技术要求高, 质量管理始终是工程建设的重难点, 在实际施工中时常出现设计方案执行偏差或是施工材料不达标的问题, 这会影响工程整体运行效果, 因此研究合适的质量管理策略, 完善质量监督体系等才是提高输变电工程质量的关键。论文通过分析工程质量管理对输变电工程的关键作用, 研究了输变电工程施工质量管理的现状, 最后探讨了提高输变电工程施工质量的管理措施。通过围绕输变电工程施工的质量管理展开探讨, 结合行业发展趋势提出系统性解决措施, 希望可以和相关工程实践提供参考。

## 关键词

输变电工程; 施工; 工程质量管理

## 1 引言

输变电工程的施工质量关系到电网运行的稳定性, 在现代化电力需求日益增长的背景下, 输变电工程的质量管理非常值得重视, 但是施工过程中的环境复杂性、技术要求的精细化以及人员素质的多样性, 均对工程质量管理提出了挑战。如何在严格控制施工成本的同时保证工程质量达到设计和规范要求, 是行业内关注的核心问题。

## 2 工程质量管理对输变电工程的关键作用

在建设过程中, 工程质量管理贯穿于项目的各个环节,

从设计方案的优化到施工材料的选取, 从施工技术的实施到竣工验收, 每一步都要严格把控, 尤其在输变电工程中, 任何一个环节的质量缺陷都会引发连锁反应, 进而让电网运行故障或安全隐患, 因此工程质量管理是对工程本身的约束, 更是对电力系统整体安全和社会用电需求的责任担当。输变电工程是电力传输和分配的桥梁, 它的性能会影响到电能输送的效率, 要是施工阶段没有严格执行质量管理措施, 那么会出现设备安装误差、电气性能不达标等问题, 进而引发电能损耗或设备故障, 如变电站的母线连接处若出现质量问题将导致局部发热甚至短路, 因此利用系统化的质量管理, 才能让施工各环节精确执行设计标准, 提升工程的整体性能<sup>[1]</sup>。

质量管理体系可以预先制定施工方案、找准关键工序的质量控制要求以及实施现场监督, 以此降低风险发生的概率, 高压输电线路的架设过程中若没有严格执行质量标准就

【作者简介】赵良芳(1989-), 女, 中国河北保定人, 硕士, 经济师, 从事输变电工程施工建设管理研究。

会让线缆受力不均或塔基不稳,而这些问题一旦出现,后续的修复代价将极其高昂,科学的工程质量管理才能及时发现并解决潜在问题,从而减少返工和事故,提高施工效率。

工程质量管理的一个关键作用在于促进技术创新与管理优化,在输变电工程中,现代输变电工程中广泛使用的信息化管理平台,才能实时监控施工进度与质量状况,完成数据化、可视化的质量管理,这种技术手段的引入可以提高施工效率,还让工程质量管理更加精准科学,而且通过质量管理还可以总结以往项目的经验教训,形成一套行之有效的管理方法,为后续工程提供借鉴。

### 3 输变电工程施工质量管理的现状

#### 3.1 设计与施工衔接不畅

设计是施工的前提,施工是设计方案的具体实施,在实际工作中设计与施工经常出现脱节现象,部分工程项目在设计阶段未考虑施工现场的实际情况,导致设计图纸与施工环境不匹配,增加了施工的难度,尤其是输变电工程中涉及的大量跨越复杂地形或特殊环境的设计方案,若未实地勘察和数据分析就容易出现设计偏差,最终影响施工质量。同时,一些工程项目在施工过程中因外部条件变化或设计方案存在缺陷而进行频繁调整,这会增加施工单位的工作难度,还引发施工中的返工现象,某些输电线路的基础设计未考虑土壤承载力,在施工阶段发现问题后不得不重新加固或调整,这就直接影响了施工质量和进度<sup>[2]</sup>。

#### 3.2 施工人员专业素质参差不齐

目前输变电工程施工项目中,施工人员的专业技能和经验不足问题较为普遍,部分一线施工人员未经过系统化培训,对施工工艺和操作流程缺乏理解,让施工过程中容易出现质量隐患,特别是电气设备安装过程中若操作不当,会让设备连接不牢固或绝缘不达标,从而引发后续运行中的故障。而且在输变电工程中,施工项目常常跨区域展开,施工人员多以临时聘用为主,这种模式会让施工团队的稳定性较差,一些施工人员对工程的具体要求不够熟悉,工作质量难以保证。

#### 3.3 材料与设备质量管理薄弱

一些施工单位为了降低成本,采购低质量的材料或设备,让工程中使用的电缆、变压器等关键设备性能不达标,从而影响到工程质量,这种现象在施工市场竞争激烈、工程造价压缩严重的情况下尤为常见。而且输变电工程中的许多材料和设备对环境条件有严格要求,特别是电气设备对温湿度和振动的敏感性较高,但是在一些施工现场,材料和设备的存放方式不当,因此它在安装前已出现性能下降或损坏,特别是高压绝缘子在运输过程中因保护措施不充分而受损,但因未及时发现仍被安装使用,最终引发工程质量隐患。

#### 3.4 施工工艺控制不严

施工工艺控制不严的现象在实际工程中较为普遍,高

压线路架设中常见的导线拉线松紧不一致等问题,均因施工工艺未按标准执行所致,这些问题会影响输电线路的机械性能,让电力传输效率降低甚至出现安全隐患。在部分工程项目中,施工单位对关键工序的管控力度不足,并没有严格按照技术标准实施,而且一些工程中缺乏有效的工序验收制度,某些关键环节因验收不规范会留下质量隐患。

### 4 提高输变电工程施工质量的管理措施

#### 4.1 优化施工组织和技术方案

施工单位要根据工程特点制定施工计划,将各个环节紧密衔接,避免因计划不周而导致的资源浪费或工序中断,在高压输电线路的施工中,根据线路的走向、地形条件以及施工环境找准每个施工小组的任务分工,让各环节有条不紊地进行,同时综合考虑施工区域的气候条件、交通状况这类型的外部因素提前制定灵活的应对方案,减少因突发情况对工程进度造成的影响。在施工组织优化中,关键还在于对不同工序的合理安排和衔接,输变电工程的施工有多个阶段和专业领域,这些工序之间既相互独立又相互关联,在施工组织中要考虑工序之间的衔接,通过制定明确的时间节点和质量标准将每个环节的工作内容并完成要求具体化,同时对施工进度实时监控,及时调整不合理的安排,让每道工序的质量达标后再进入下一个环节。此外,技术方案也要根据工程的实际情况量身定制,既要体现设计意图又要满足现场施工的具体条件,在制定方案时,必须结合工程特点全面分析,例如在山区输电线路的施工中,因为地形复杂且施工条件恶劣,技术方案要针对每一段线路的具体情况来设计合理的塔位布置和基础施工方案,同时考虑施工机械的选型和运输路径的规划,以此最大程度降低因地形限制而产生的问题<sup>[3]</sup>。

#### 4.2 强化人员培训和考核

针对输变电工程的复杂性和技术要求,不同岗位的施工人员所需的知识和技能各不相同,因此培训内容应根据岗位特点进行定制化设计,对于从事电缆敷设的人员需重点培训电缆的敷设方法、弯曲半径的控制以及连接端子的制作工艺,针对从事高压设备安装的人员,就要注意重点掌握设备的组装机工艺、安装精度的控制方法,培训内容要注意覆盖施工安全管理,特别是针对高空作业、高压环境中的安全防护知识,让施工人员在工作中掌握正确的防护措施,降低安全事故发生的风险,为了提高培训的实用性,施工企业也要注意采用理论与实践相结合的方式将培训内容与实际施工需求紧密结合,在培训过程中组织模拟施工操作,结合实景演练的方式帮助施工人员加深对施工技术的理解,同时暴露和纠正操作中存在的问题。需要重视的是,强化人员培训要建立持续性的学习机制而非仅依赖一次性的集中培训,输变电工程施工技术随着行业的发展和设备的更新变化,施工人员的技能也要随着技术的进步而升级,施工企业应建立长期的培训制度,定期组织培训课程,将最新的施工技术以及质量

管理标准融入培训内容中,在引入新型设备或施工技术前可先对施工人员进行专门的技术培训,并邀请设备制造商或技术专家做好现场指导,以此帮助施工人员快速掌握新设备的操作方法,企业还可以设立内部技能提升计划,通过技术交流会、案例分析的形式鼓励施工人员不断学习,逐步形成持续学习的企业文化。对于培训效果的评估,施工企业要建立科学客观的考核机制,结合考核了解施工人员的技术掌握情况并根据考核结果调整后续的培训内容,在实际操作中,考核分为理论考试和实践考核两个部分,运用理论考试检测施工人员对施工规范、操作流程以及质量标准的理解,再结合实践考核评估施工人员在实际操作中的技术水平,针对电缆连接工艺的考核,就要注意要求施工人员在限定时间内完成特定的接线任务,考核内容可覆盖接线的质量以及任务的完成效率,考核内容也需要具有针对性和层次性,可以根据不同岗位设置不同的考核标准来反映施工人员的能力<sup>[4]</sup>。

#### 4.3 加快推行全过程的质量监督机制

从制度层面对全过程质量监督的范围、内容和职责分工做好规定,施工前的设计审查制度应明确所有施工图纸和方案需要经过多轮审核,并由设计、监理和施工方共同确认其可行性才能投入使用,在材料设备的采购环节建立严格的质量追溯制度,规定所有材料设备的供货商资质、技术参数和检测报告必须符合项目要求,并在进场后由专人复检,在施工过程中制定精细化的监督流程,让每一道工序完成后的验收标准和责任人,形成由点到面的全覆盖监督网络,在制度中还要对违规行为设立明确的处罚机制,以此保障监督的严肃性,例如对发现问题但未按程序反馈或隐瞒问题的行为需追究相关人员的责任,并将其纳入施工单位的绩效考核体系。现代输变电工程中,施工规模和技术复杂程度提高,仅依靠传统的人力检查并不能满足监督的全面性,因此要及时引入先进的智能化手段来做好监督工作,在变电站建设中,通过三维建模技术对施工方案进行数字化模拟将出现的质量风险直观地展现出来,从而为施工过程中的质量控制提供参考,在施工现场可部署传感器和监控设备,实时监测关键施工参数,及时发现异常时及时报警。此外,还要建立施工质量管理的信息平台,将设计、采购、施工、验收等各环节的数据统一整合,完成监督工作的可追溯性,如在电缆敷设工程中引入自动化测量设备,以此快速检查敷设路径的平整度、弯曲半径等关键指标,并将数据上传至管理平台,便于后续分析和处理。

#### 4.4 运用信息化技术助力质量管理

在施工环节中,信息化技术可以利用实时监控和动态记录施工现场的各项关键指标,做好对施工质量的全过程监

管,如在变电站建设过程中,关键设备的安装位置以及垂直度参数会影响施工质量,要是依赖人工测量会耗时耗力,还因为人为失误造成测量数据不准确,而引入高精度传感器和实时监测系统就能在施工现场实时采集关键施工数据,并将数据传输到中央监控平台做好分析和存储。例如,利用激光扫描技术,在设备安装过程中对其位置和角度做好高精度测量,并通过与设计数据进行比对,快速判断是否符合技术标准,同时在输电线路施工中,利用无人机巡检系统实时监测导线的架设状态如弧垂、张力等参数及时发现施工中存在的潜在问题,逐步提高施工质量的可控性,并大幅减少因问题发现不及时而造成的返工成本和时间浪费。在输变电工程施工中,通过信息化技术的应用可以做好数据的集中管理和高效共享,如建立一个集成化的工程质量管理平台,将施工过程中的所有数据上传至统一的数据库,完成数据的实时更新,在这一平台上,各参与方就能随时查看工程进展、质量检测结果以及整改情况等信息,避免因信息滞后或不对称带来的质量问题,如在变电站的电气设备安装环节中,施工方、监理方和设计方可以利用该平台实时共享设备安装的关键数据,并对数据做好联合分析。一旦发现数据异常就能快速定位问题所在,制定整改措施并监督落实,再结合对历史数据的分析总结出一些共性和质量控制的重点环节,从而为后续工程提供有针对性的质量管理建议<sup>[5]</sup>。

## 5 结语

综上所述,工程技术的进步和管理手段的优化,让质量管理的实施也逐渐向着更精细化的方向发展,面对复杂的施工环境仍然有很多问题需要解决,尤其是在施工过程中的监督等方面。为了提升工程质量,必须加强质量控制体系的建设,完善各项管理措施并加强信息化技术的应用,通过团队协作实现各方责任的落实,结合质量管理来提升输变电工程的施工质量,为行业的发展提供借鉴。

## 参考文献

- [1] 王珠玲.输变电工程施工现场的质量控制要点探讨[J].工程与建设,2022,36(5):1533-1535.
- [2] 郭卫兵.输变电工程的施工质量管理分析[J].电子技术,2021,50(3):70-71.
- [3] 陈喆.输变电工程建设项目施工质量管理探析[J].中国建筑金属结构,2020(8):78-79.
- [4] 殷晨明.项目质量管理在输变电工程施工监理中的应用分析[J].居舍,2019(36):164.
- [5] 李铁军.提高输变电工程施工质量的措施分析[J].现代制造技术与装备,2019(8):188+190.