

# 科海故事博览

KEHAI GUSHI BOLAN

(旬刊·1993年创刊)

2024年5月 第15期(总第568期)

主管：云南省科学技术协会

主办：云南奥秘画报社有限公司

编辑委员会：(按姓氏笔画为序)

马成勋 卢骏 刘杨 李鹏

杨璐 张乐 陈贵楚 陈洋

莫德姣 夏文龙 韩梦泽 蔡鹏

社长、总编：万江心

社长助理：秦强

编辑部主任：张琳玲

编辑：周翌 官慧琪 吴彩云

美术编辑：王敏

运营：李瑞鹏

外联：张娅玲

编辑出版：《科海故事博览》编辑部

地址：云南省昆明市坤盛路66号

邮编：650228

编辑部电话：0871-64113353 64102865

电子邮箱：khgsblzz@163.com

网址：http://www.khbl.net

国际标准连续出版物号：ISSN 2097-3365

国内统一连续出版物号：CN 53-1103/N

广告经营许可证：5300004000063

运营总代理：云南华泽文化传播有限公司

印刷单位：昆明滇印彩印有限责任公司

出版日期：2024年5月25日

邮发代号：64-72

定价：15元

## 版权声明：

稿件凡经本刊采用，如作者无版权特殊声明，即视作该文署名作者同意将该文章著作权中的汇编权、印刷权和电子版(包括光盘版和网络版等)的复制权、发行权、翻译权、信息网络传播权的专有使用权授予《科海故事博览》编辑部，同时授权《科海故事博览》编辑部独家代理许可第三方使用上述权利。未经本刊许可，任何单位或个人不得再授权他人以任何形式汇编、转载、出版该文章的任何部分。

# 目录 Contents

## 科技博览

- 001 新时期分布式光伏发电系统电气设计研究  
..... 范家将
- 004 建筑电气节能技术在城市亮化工程中的应用  
..... 后志雄
- 007 压力表示值误差测量结果的不确定度评定分析  
..... 次仁欧珠
- 010 红外测温技术在输电线路设备运行检修中的应用  
..... 鲁洋
- 013 沥青混凝土施工技术在高速公路路面施工中的应用  
..... 张继发

## 智能科技

- 016 机器人技术在机械设计制造中的应用  
..... 董海亮
- 019 大数据技术在电力系统中的应用研究  
..... 焦海莹
- 022 电气工程自动化技术在机械设备中的应用  
..... 冼军成
- 025 GPS和精密导线在轨道交通控制测量中的应用  
..... 郭玉波
- 028 信息化管理在500 kV输电线路运行中的应用研究  
..... 杜宪

## 工业技术

- 031 铝合金轮毂低压铸造工艺途径探讨  
..... 申兵芹
- 034 电站锅炉受热面不锈钢管道焊接工艺探究  
..... 任灵超, 王立群
- 037 市政工程施工中深基坑开挖支护关键技术  
..... 尹雪雪, 程涛
- 040 公路工程施工中水稳基层裂缝的防治技术  
..... 杨满红
- 043 输电线路设备运行检修中的红外测温技术应用探析  
..... 郝晨飞
- 046 EBZ280悬臂式掘进机在煤矿大断面岩巷快速掘进中的应用与优化  
..... 左国栋

# 目录 *Contents*

## 环境科学

- 049 火力发电厂水处理及水质控制策略探析..... 张 政  
052 地质勘查和深部地质钻探找矿技术研究..... 张 峰, 陈传浩, 樊明彬  
055 台州扩塘山厂址周边海域含沙量特征分析..... 吴春勇, 郑 汲  
058 湿陷性黄土地区岩土工程勘察和地基处理措施探讨..... 史志国  
061 我国亚热带地区沥青路面防水抗裂层开发及路用性能研究..... 李 敏

## 科创产业

- 064 电机制造中检测技术及设备应用分析..... 姜修宇  
067 润滑系统在钢铁企业除尘设备中的应用与分析..... 赵文东  
070 建筑工程造价超预算的原因及控制措施..... 祝 欢  
073 工程造价管理在建筑工程中的重要性及对策探讨..... 王 宁  
076 绿色建筑设计中的能源效率与环保材料应用..... 王亚琪  
079 光伏电站离网运行改造并网运行的设计研究——以杂多县为例..... 徐 剑

## 管理科学

- 082 市政工程 PPP 项目风险管理对策研究..... 郝长才, 孙 桐  
085 建筑电气施工技术要点及质量控制策略..... 胡方进, 杨慎清  
088 绿色建筑背景下的电气施工管理策略探讨..... 陆 谦  
091 市政道桥工程项目施工质量管理策略分析..... 张曹芳  
094 土地资源合理配置与批后监管的协同机制..... 于 洁

## 科教文化

- 097 下沉式绿化带在市政道路设计中的应用..... 迟建秋, 王成安, 周伟龙, 倪守增  
100 电扶梯设备故障原因与预防维护措施分析..... 高 杨  
103 中短波广播发射台的电磁干扰及解决措施探讨..... 萨仁格日乐  
106 基于 CDIO 模式的《控制工程基础》课程研究报告..... 吴雪花  
109 基于 BIM 技术下高职院校建筑工程类工程造价专业人才培养路径探析..... 吕 玮

## 科学论坛

- 112 供水管线材质的对比选择研究..... 晋浩然  
115 污水处理机电设备调试与技术应用路径..... 金 波  
118 地铁工程地下结构防渗漏关键技术研究..... 伍 浩  
121 地下室防水工程渗漏的原因与防治措施分析..... 王军印, 杜建峰  
124 建筑工程中高大模板的施工工艺和施工技术研究..... 李伯文

# 新时期分布式光伏发电系统电气设计研究

范家将

(中国能源建设集团山西省电力勘测设计院有限公司, 山西 太原 030001)

**摘要** 分布式光伏发电系统具有投资小、收益大、使用灵活、建设周期短等特点, 被广泛应用于商业建筑和居民住宅中, 在我国新时期的电力改革背景下, 分布式光伏发电系统在电网建设中的地位越来越重要。新时期的分布式光伏发电系统需要进行合理设计, 以此提高电网系统的运行效率。本文从分布式光伏发电系统的优点入手, 针对新时期分布式光伏发电系统电气设计要点进行了详细分析, 希望对促进我国新时期电力改革背景下的电力建设起到一定的参考作用。

**关键词** 分布式光伏发电系统; 电气设计; 光伏方阵; 并网逆变器; 并网方式

**中图分类号**: TM7

**文献标志码**: A

**文章编号**: 2097-3365(2024)05-0001-03

分布式光伏发电系统作为可再生能源的重要组成部分, 正日益受到广泛关注。它以其独特的优势, 如灵活布局、高效能源转换和环境友好性, 正在成为新时期能源革新的重要力量。然而, 随着技术的不断发展和市场需求的日益增长, 如何在保证系统稳定高效的同时, 优化其电气设计, 成为行业内的重要课题。这不仅涉及光伏组件的布局、逆变器的选择, 还包括智能化管理和能量效率的提升等多方面的技术挑战。

## 1 分布式光伏发电系统的优点

### 1.1 稳定高效

分布式光伏系统采用了先进的智能监控技术和高精度的数据处理能力, 能够实时监测环境变化和系统运行状态, 通过智能调节组件角度和工作模式, 最大限度地提升光伏组件的光电转换效率, 确保系统在不同天气条件和不同时间段内都能稳定运行。智能监控技术不仅可以对系统的电压、电流、功率等参数进行精确监测, 还能够根据实时数据分析对系统进行优化调整, 进一步提升系统的工作效率。系统的冗余设计和故障自愈能力也大大增强了其在面对极端天气或设备故障时的稳定性, 保证了电力供应的连续性和可靠性。例如, 在遇到雷雨、暴风雪等极端天气时, 系统能够自动检测并切换到备用模块, 避免因单一组件故障导致系统整体停机。分布式光伏发电系统的组件也具有高度的模块化设计, 使得每个组件在出现故障时都能被快速替换或维修, 降低了系统的维护成本和停机时间。分布式光伏发电系统在电力转换和传输过程中表现出了非常高的能量利用率。系统采用的高效光伏组件能够在各种光照条件下实现更高的能量捕获率和转换效率, 配合优化的系统设计和精确的最大功率

点跟踪技术 (MPPT), 最大化了每一束光能的利用。不仅如此, 由于分布式光伏发电通常就近接入负载或电网, 大大减少了电能在远距离传输过程中的损耗, 提升了整个供电系统的经济效益和能效比。相比传统集中式电站, 分布式光伏系统的就地消纳特性使其能够更有效地减少输电线路上的损耗, 特别是在负荷中心附近直接供电, 从而提高了能源的利用效率, 降低了输电成本, 进一步增强了供电系统的经济性和环境友好性。

### 1.2 绿色环保

分布式光伏发电系统将太阳能这一清洁、无尽的能源转换为电能, 其过程中不产生有害气体排放, 不涉及化石燃料的开采、运输和燃烧, 有效减少了二氧化碳、硫化物和氮氧化物等温室气体和污染物的排放, 对于缓解全球气候变化和改善地区环境质量具有重要作用。相比传统的化石燃料发电方式, 光伏发电不仅减少了温室气体的排放, 还避免了燃煤、燃油过程中产生的烟尘和废渣, 从源头上改善了空气质量, 减少了酸雨等环境问题的发生。分布式光伏发电系统的模块化和可扩展性特点使其能够灵活部署于城市屋顶和工业园区等多种环境中, 与建筑和自然环境高度融合, 充分利用空间资源, 而不占用大片土地资源, 避免了传统能源项目对生态环境的侵占和破坏。例如, 在城市建筑的屋顶上安装光伏系统, 不仅不占用地面空间, 还能为建筑提供一定的遮阳效果, 减少夏季空调的能耗, 达到节能的目的。在工业园区内部署光伏系统, 可以为园区提供清洁电力, 降低工业活动对环境的影响, 助力企业实现绿色生产。在技术层面, 分布式光伏发电系统采用的光伏组件和辅助材料日益向绿色、

环保、可回收方向发展。从光伏组件的生产过程到废弃组件的回收处理，行业正逐步建立起完善的环境管理体系和回收利用机制，降低了整个生命周期中的环境影响。例如，光伏组件的生产过程中，通过提高原材料的利用率、采用清洁生产技术和节能减排措施，不断降低对自然资源的依赖和生态环境的负担<sup>[1]</sup>。

### 1.3 电能损耗小

分布式光伏发电系统通常在电力消费的近端进行安装，例如建筑物的屋顶或者靠近用电点的开阔地区，这种就地发电和就地消费的模式大幅度降低了长距离传输电能时不可避免的线路损耗，尤其是在高负载需求时期，这种优势更为显著。传统的远距离输电会造成大量电能输电过程中以热能的形式散失，而分布式光伏系统有效地缩短了输电距离，减少了电能在输电过程中的损耗，提高了电能利用效率。从电能转换损耗的角度看，分布式光伏发电系统采用的是直接将太阳能转换为电能的方式，避免了传统发电方式中的热能转电能过程，减少了能量转换中的多次损耗。在分布式光伏系统中，通过优化组件材料和提高光电转换效率，进一步降低了系统内部的能量损耗。现代分布式光伏系统中智能化的能量管理和储能技术的应用，能够根据电网负荷和电力消费需求，动态调节发电和储能策略，减少了因发电与消费不匹配造成的额外能量损耗。分布式光伏发电系统在电气设计中还注重对逆变器和其他电气组件的优化，通过提高这些组件的工作效率和稳定性，减少了系统运行过程中的电能损耗。

## 2 新时期分布式光伏发电系统电气设计要点

### 2.1 光伏方阵的设计

光伏方阵的设计要充分考虑地理位置、气候条件以及日照特性，这些因素直接决定了光伏组件的日照接收量和发电效率。通过对安装地点的年平均日照时数进行精确测量，如我国北方地区年均日照时数可达1200小时以上，这对确定光伏组件的最佳朝向和倾斜角度具有指导意义。例如，考虑到我国北京地区的纬度约为 $40^{\circ}$ ，夏季倾斜角度可设计为 $20^{\circ}$ 至 $30^{\circ}$ ，而冬季则可调整至 $40^{\circ}$ 至 $50^{\circ}$ ，以适应季节变化对光照角度的影响。光伏方阵的设计还需要考虑光伏组件的串联和并联配置，这直接影响到系统的电压和电流特性，进而影响整个系统的发电性能和稳定性。在设计时，需要根据光伏组件的最大功率点电压和电流，合理配置串并联数量，确保在不同的温度和光照条件下，系统都能在接近最大功率点工作，从而提高整体的能量转换效率。还需考虑光伏组件之间的阴影效应和潜

在热点效应，合理布局光伏组件，避免由于部分组件受阴影遮挡或局部过热而造成的功率损失。例如，一个标准的光伏组件在标准测试条件下（STC：光照强度 $1000\text{ W/m}^2$ ，电池温度 $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ ）的最大功率点电压（ $V_{\text{mpp}}$ ）可能为 $55.55\text{ V}$ ，最大功率点电流（ $I_{\text{mpp}}$ ）为 $14.25\text{ A}$ 。如果系统设计的直流母线电压为 $1000\text{ V}$ ，则可能需要将18片这样的光伏组件串联以形成一个方阵。为了减少阴影效应对发电效率的影响，可通过计算机模拟的方式，预测不同时间段光伏组件的受光情况，从而优化组件的布局。在实际电气设计中，还要特别关注系统的温度控制和散热问题。因为光伏组件的发电效率与其工作温度密切相关，通常温度每上升 $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，光伏组件的电压会下降 $0.2\%$ 至 $0.5\%$ 。因此，设计时会采用带有散热通道的安装支架，保证空气流动可以带走组件背面的热量，或者在组件背面安装散热板以提高散热效率<sup>[2]</sup>。

### 2.2 并网逆变器的设计

一个优秀的并网逆变器不仅要能将直流电有效转换为符合电网要求的交流电，还要具备优良的电网适应性和智能控制功能。逆变器的核心是其转换效率和稳定性，现代高效逆变器的转换效率可达 $98\%$ 以上，这意味着转换过程中只有极少部分能量损失。例如，一台功率为 $30\text{ kW}$ 的逆变器，在满载工作时，其损耗功率可能低于 $100\text{ W}$ 。这种高效率的设计减少了能量的浪费，提高了系统的整体发电效率。在技术实现上，高效的并网逆变器通常采用先进的功率电子技术，如采用宽带隙半导体材料（如碳化硅 $\text{SiC}$ 、氮化镓 $\text{GaN}$ ）制作的功率器件，这些材料具有更高的热导率、电子迁移率和电场强度耐受能力，能在更高频率、更高温度和更高电压下工作，从而提高逆变器的效率和功率密度。现代并网逆变器的输出电压波形、频率和相位必须与电网完全同步，这需要逆变器具备精确的电网监测和快速的控制算法，以实时调整输出电流的幅值和相位，保证与电网的无缝连接。例如，逆变器可能采用先进的相位锁定环（PLL）技术，实时锁定电网频率，确保输出电流与电网电压同步。为应对电网故障和波动，高品质的并网逆变器还应具备良好的低电压穿越（LVVRT）和高电压穿越（HVVRT）能力，即在电网电压暂时低于或高于正常范围时，逆变器能维持运行一段时间，保障系统稳定。现代逆变器还应具备一定的电网支持功能，如无功功率控制、电压调节等，帮助稳定电网，提升系统的综合价值<sup>[3]</sup>。在安全性和可靠性设计上，逆变器应具备完善的保护机制，如过温、过载、短路保护等，确保在异常情况下能迅速脱网，避免对系统和电网造成损害。逆变器的设计还应考虑长期的

运行可靠性,选择耐高温、抗腐蚀的材料,采用防尘、防潮的结构,以适应各种恶劣环境。

### 2.3 并网方式的设计

在分布式光伏发电系统中,分布式光伏发电系统的并网设计不仅要符合理论和规范,还要结合具体的实际情况和技术数据进行优化。在直接并网模式下,电压匹配是一个核心的技术问题。光伏发电产生的直流电需要通过逆变器转换为交流电,而逆变器的输出电压必须与电网的电压完全匹配。例如,对于标准的 220 V/380 V 民用电网,逆变器的输出电压波形必须是精确的正弦波,频率为 50 Hz 或 60 Hz,电压有效值为 220 V 或 380 V。逆变器的总谐波失真(THD)要控制在国家标准规定的范围内,通常要求 THD 小于 5%,以确保电能质量。在实际的电网环境中,电压波动和频率波动是常见的问题,这就要求并网逆变器具备良好的电网适应性和调节能力。例如,一些高性能的并网逆变器能在电网电压波动  $\pm 10\%$  的范围内稳定工作,且可以在毫秒级别内响应电网频率的变化,动态调整输出频率和相位,确保与电网同步。对于通过储能系统间接并网的设计,技术数据的精确计算和智能控制策略的应用是提高系统性能的关键。例如,在设计储能系统的容量时,需要综合考虑光伏发电的波动性、电网的需求特性和储能系统自身的充放电特性<sup>[4]</sup>。通常会采用容量配置系数(如 1.2~1.5 倍)来决定储能系统的容量,以保证在光伏发电不足或电网需求高峰时,储能系统能提供足够的电能支持。储能系统的充放电策略也需要智能优化,例如,可以在电网需求低谷时充电,在需求高峰时放电,以实现经济效益最大化。在实际应用中,还需要考虑并网系统的可靠性和维护成本。并网设备,尤其是逆变器和储能设备,是系统中的关键组成部分,其性能和寿命直接影响系统的总体性能和运营成本。在设计中,除了选择高性能、高可靠性的设备外,还需要设计合理的维护策略,定期对系统进行检查和维护,以保证长期稳定运行。

### 2.4 电站电气组件的设计

电站电气组件的设计不仅需要理论上的精确和规范,而且需要根据现场的具体条件和长期运行的数据进行实际的优化。举例来说,在电气保护设计中,选择的断路器需要根据系统的峰值电流进行精确计算。如果一个光伏系统的最大输出电流是 100 A,那么断路器的选择可能是 125 A 的额定电流,确保在最糟糕的情况下也能有效断开电路。为了应对可能的电压冲击或短路,设计人员还需要在系统中加入避雷器和浪涌保护器,其保护等级和响应时间的选择需要根据现场

的实际测量数据和统计数据来确定。在能量监测方面,实践中通常会安装多个测量点,包括光伏板的直流侧、逆变器的交流侧以及并网点。每个测量点都需要安装高精度的电表,这些电表不仅能提供瞬时的电流、电压、功率等数据,还能记录能量的累计产出和消耗。例如,一些高级的电表能够记录每 15 分钟或每小时的能量数据,并通过 RS485 或以太网接口将数据传输到中央监控系统。这样的详细数据记录对于了解系统的运行状态、分析效率趋势以及预测维护需求至关重要。在系统控制方面,在实际设计中,不仅需要实时监测和控制,还需要具备远程控制和故障诊断的能力。例如,高级的控制系统能够通过互联网远程监控光伏系统的运行状态,自动调整工作模式以适应天气变化或电网需求,并在检测到异常时立即发出警报。这些控制系统还能够进行数据分析,预测系统的维护需求,甚至在某些情况下能够远程进行故障排除。在可维护性和可靠性设计上,实践中通常会选择冗余设计,尤其是对于关键组件如逆变器和控制系统<sup>[5]</sup>。又如,一个设计良好的光伏系统可能会安装两台逆变器,每台逆变器只承担一半的负载,这样在一台逆变器出现故障时,系统仍然能继续运行。

### 3 结束语

对分布式光伏发电系统电气设计研究的深入和发展,不仅是响应能源转型和绿色发展的时代呼声,也是推进可再生能源技术创新的关键所在。电力人员应致力于进一步优化电气设计方案,不断提高系统效率和稳定性,同时积极探索更加高效的能量管理和智能化控制技术,以应对不断变化的环境和需求。在确保经济效益的同时,更要注重环保效益,实现可持续发展。这将为分布式光伏发电在新能源领域中的广泛应用奠定坚实的基础,也为未来能源结构的优化和环境保护贡献重要力量。

### 参考文献:

- [1] 王珏.分布式光伏发电系统电气设计分析[J].现代工业经济和信息化,2023,13(10):109-111.
- [2] 项旭东,顾锦,刘宇.分布式光伏电站设计中电气设计方法[J].中国高新科技,2023(21):79-80,86.
- [3] 丁鹏飞,董恩丞,姜军,等.分布式光伏电站电气设备的选型和设计[J].光源与照明,2023(03):106-108.
- [4] 夏鼎.分布式光伏发电系统电气设计[J].中国科技信息,2021(16):54-55.
- [5] 胡继宗.分布式光伏发电系统电气设计分析[J].电力设备管理,2023(15):84-86.

# 建筑电气节能技术在城市亮化工程中的应用

后志雄

(北京建工集团有限责任公司总承包部, 北京 100055)

**摘要** 我国城市化进程不断推进, 城市亮化工程成为提升城市形象和居民生活品质的关键项目。为解决能源浪费和环境污染问题, 本文对建筑电气节能技术在城市亮化工程中的应用进行深入研究。通过以某城市亮化工程为例, 提出了智能照明系统优化、太阳能光伏集成、建筑外立面照明设计创新、能源管理与监控系统整合、供配电系统的节能设计等解决方案。研究成果旨在为相关工程提供科学参考, 推动城市亮化工程向更为智能、高效、节能的方向发展。

**关键词** 城市亮化工程; 建筑电气; 节能技术; 智能照明

**中图分类号**: TU998

**文献标志码**: A

**文章编号**: 2097-3365(2024)05-0004-03

城市亮化工程在城市建设中发挥着重要作用, 然而传统照明系统存在能源浪费和环境影响等问题。本文旨在通过创新建筑电气节能技术解决这些问题。在亮化工程中, 智能照明、太阳能光伏等技术的引入成为必然趋势, 而能源管理与监控系统整合以及供配电系统的节能设计也是关键环节。通过深入研究与实践, 本文致力于为城市亮化工程提供可持续、智能的解决方案, 以实现城市照明的高效能耗, 为城市可持续发展贡献力量。

## 1 电气节能设计在城市建筑亮化美化工程中的应用价值

电气节能设计在城市建筑亮化美化工程中的应用具有重要的价值, 不仅可以有效降低能耗、减少环境污染, 更能为城市打造独特的夜景, 提升居民生活品质。以下是这方面的三个应用价值。

### 1.1 能源消耗降低与环保效益提升

电气节能设计在城市建筑亮化美化工程中的首要价值体现在能源消耗的降低与环保效益的提升。在传统的城市亮化工程中, 常采用高能耗的传统照明设备, 如卤素灯、高压钠灯等。而通过采用先进的电气节能技术, 如LED照明、智能照明系统等, 能够显著降低能源消耗。LED灯具具有高效、长寿命、低能耗等特点, 相较传统灯具, 可将能源消耗降至最低。智能照明系统则通过感应、控制等技术, 实现对照明设备的智能管理, 精准控制光照强度和时长, 最大程度上避免了不必要的能源浪费<sup>[1]</sup>。通过电气节能设计, 城市建筑亮化工程能够实现节能减排的目标, 对于缓解城市能源压力、改善环境质量具有显著的环保效益。

### 1.2 城市夜景品质提升与城市形象打造

电气节能设计不仅关乎能源消耗的问题, 更在于其对城市夜景品质的提升以及城市形象的打造。随着城市化的发展, 夜晚的城市亮化工程已经成为展示城市独特魅力的重要手段之一。采用电气节能设计, 尤其是先进的LED技术, 能够更好地还原建筑的真实色彩, 使得城市夜景更加清晰、真实, 提升了城市夜晚的美感。此外, 电气节能设计也强调灯光的设计创新, 通过巧妙的灯光布局、颜色搭配等手段, 打造出独特、富有艺术感的城市夜景。这种独特的夜景不仅能够吸引游客、提升城市的知名度, 同时也为城市居民创造了更具品质感的夜间生活环境。

### 1.3 社会效益的提高

电气节能设计在城市建筑亮化美化工程中的应用, 还能够带来显著的社会经济效益。首先, 通过提高城市夜景的品质, 吸引了更多的游客和商业活动, 促进了城市旅游业和商业发展。其次, 由于电气节能设计能够减少能源开支, 进而减轻城市财政负担, 释放出的资金可以用于其他基础设施建设或社会福利事业, 推动城市经济的可持续发展。同时, 电气节能设计的推广和应用也会催生新的产业链, 促进相关产业的发展, 从而形成良性的经济循环。这一系列的社会经济效益不仅为城市创造了更多的就业机会, 也为居民提供了更加便利、宜居的生活环境。

综合来看, 电气节能设计在城市建筑亮化美化工程中的应用价值不仅局限于能源消耗的降低, 更体现在对城市形象、夜景品质以及社会经济的多方面提升。通过科学合理的电气节能设计, 城市建筑亮化工程能

够在实现节能减排的同时，为城市注入新的活力，提升城市的整体竞争力和吸引力。

## 2 城市亮化工程运用建筑电气节能技术的原则

### 2.1 灵活性原则

灵活性原则是城市亮化工程中运用建筑电气节能技术的基石。这一原则的核心在于系统的设计应具备高度的适应性，以应对城市环境的多变性和不确定性。采用非线性结构和灵活的控制策略，能够使系统更具弹性，适应不同时间、地点和需求的变化<sup>[2]</sup>。通过在亮化系统中引入智能化的控制单元，可以实现根据光照、环境和人流等因素的实时变化来调整照明效果，从而最大程度地提高能效。

### 2.2 可靠性原则

可靠性原则是确保城市亮化工程稳定运行的保障。在采用建筑电气节能技术时，必须保证系统的稳定性和可靠性，以防止因技术故障或其他原因导致的亮化系统中断或失效。采用先进的监测技术，如传感器网络和远程监控系统，可以实时监测亮化设备的运行状态，并及时发现并排除潜在问题。同时，引入自适应技术和备用能源系统，以应对突发情况，确保城市亮化在任何条件下都能够稳定、可靠地运行。

### 2.3 安全性原则

安全性原则在城市亮化工程中至关重要，尤其是在应用建筑电气节能技术时。这一原则强调在保证亮化效果的同时，要最大程度地降低潜在的安全风险。例如，LED 照明系统的低电压、低热量特性使其相对安全，但在设计和安装时仍需遵循相关的电气安全标准。安全性原则还包括在设备的布局与安装中考虑防水、防雷击等因素，确保在各种极端天气条件下都能保持正常运行。

在城市亮化工程中，安全性原则还要求充分考虑人员的安全。例如，在电缆布线设计中，需避免因电气设备而引发的电磁辐射，从而降低对周围居民的潜在危害。通过科学的电气布局和合理的设备安装，能够最大程度地保障城市亮化工程的安全性，为市民提供一个安全、可靠的夜间环境。

## 3 城市亮化工程中运用建筑电气节能技术的策略

### 3.1 智能照明系统优化策略

其一，在系统设计阶段，采用先进的光学控制技术，结合智能感知设备，以实现精准的光照调节。这种策略不仅仅是简单地控制灯光亮度，更是通过分析环境光照、人流等信息，实现动态调整，使照明系统更加智能化。其二，采用基于人工智能的算法，对照明系

统进行优化调度，根据城市活动和季节变化进行智能化的预测和调整。这样的策略能够最大限度地降低不必要的能耗，同时保证城市在不同场景下都能够获得适宜的照明效果。其三，采用先进的照明设备，如 LED 技术，结合智能控制系统，能够更加灵活地调整色温和色彩，提升城市夜间的美感。这一策略不仅在能效上有所提升，还能够满足市民对于城市夜间景观品质的追求。

以吉林省延吉亮化工程为例，该项目通过引入智能照明系统优化策略，采用先进的光感应设备和智能控制算法，实现了对路灯亮度和时间的动态调整。通过远程监控和大数据分析，能够实时了解照明设备的运行状态，并在不同季节、天气条件下进行智能调节，有效降低了能源消耗，同时提升了城市夜间照明效果。这一实例充分展示了智能照明系统优化策略的实施方法和取得的显著成果。

### 3.2 太阳能光伏集成方案

其一，在太阳能光伏集成方案的实施中，采用高效的太阳能光伏组件是关键一环。通过选择具有高转换效率和稳定性的太阳能电池板，可以最大限度地吸收和转化太阳能，为城市亮化系统提供可再生的电力<sup>[3]</sup>。其二，太阳能光伏集成方案还包括智能化的电能储存系统。通过采用先进的储能技术，如高容量的锂离子电池，能够将白天蓄积的太阳能转化为电能，并在夜间或低光照条件下供电。这种策略能够减少对传统电力网络的依赖，实现能源的自给自足。其三，太阳能光伏集成方案还涉及智能调控系统的应用。通过引入先进的电气控制技术和远程监测系统，实现对太阳能光伏系统的实时监测和调整。这种策略有助于优化太阳能能源的利用效率，提高系统整体性能。

以吉林省延吉亮化工程为例，该项目采用太阳能光伏集成方案，首先在城市主干道、广场等区域安装了高效的太阳能光伏组件。同时，在建筑物外立面、道路照明设备等位置集成了先进的储能系统。此外，通过智能调控系统，实现了对太阳能能源的实时监测和动态调整。这一综合的太阳能光伏集成方案使得延吉亮化工程在夜间能够以更为可持续和环保的方式提供照明，充分展现了该策略在实施中所取得的显著成果。

### 3.3 建筑外立面照明设计创新

其一，采用高效、低能耗的 LED 灯光源是该策略的核心。通过结合先进的光学设计和材料技术，实现灯具的精准照明和色彩表达，不仅可以提高照明效果，还能有效减少能耗，使建筑外立面在夜间呈现出更为引人注目的视觉效果。其二，创新的照明控制系统也

是该策略的关键步骤。引入智能感应技术、光感控制等先进技术,实现对建筑外立面照明的动态调整。通过对周围环境光照、人流等因素的实时监测,系统能够智能地调整灯光亮度和颜色,达到最佳的节能效果。其三,建筑外立面照明设计创新还包括充分考虑建筑结构和材料的特性。通过在建筑表面采用反光、透光等特殊材料,能够在最大程度上利用自然光,降低对电力能源的依赖。这一策略不仅在能源利用上具有潜在优势,还能够使建筑在白天和夜晚呈现出不同的视觉效果。

以吉林省延吉亮化工程为例,该项目在城市主要建筑物的外立面照明设计中采用了创新的策略。首先,选择了高效能耗比的LED灯具,通过独特的光学设计实现了建筑外立面的精准照明。其次,采用了智能感应技术,根据周围环境光照和人流情况智能调整灯光,实现了更为智能和节能的照明效果。这一策略的实施不仅使延吉的城市夜景更为璀璨,同时也在能源利用方面取得了显著的成果。

### 3.4 能源管理与监控系统整合

能源管理与监控系统整合是城市亮化工程中运用建筑电气节能技术的关键策略。第一,通过采用先进的能源管理系统,实现对城市亮化设备的集中监控和远程管理。这种系统能够实时监测亮化设备的运行状态、能耗情况以及环境参数,为城市亮化工程提供全面的数据支持。第二,整合智能化的监控系统,采用先进的传感器和监测设备,以实现对城市亮化工程的高精度监测。通过对光照、人流等因素的实时感知,系统能够根据实际情况智能调整亮化设备的运行状态,最大程度地提高能效,降低不必要的能耗。第三,采用大数据分析技术,对监测数据进行深度分析,挖掘潜在的能效优化策略。通过建立预测模型,系统能够在未来根据天气、季节等因素进行智能调整,进一步提高城市亮化工程的节能水平<sup>[4]</sup>。

以吉林省延吉亮化工程为例,该项目在能源管理与监控系统整合方面采取了多层次的措施。首先,通过引入先进的远程监测系统,实现了对城市亮化设备的全面监控。其次,整合了智能感知设备,实现了对环境参数的高精度感知。通过大数据分析,系统能够预测未来能源需求,实现智能调控。这一策略的实施使得延吉亮化工程在保障城市安全亮化的同时,取得了显著的能效提升。

### 3.5 供配电系统的节能设计

供配电系统的节能设计是城市亮化工程中建筑电气节能技术的重要策略。第一,采用高效能耗比的供

电设备是该策略的核心。选择先进的变压器、开关设备和电缆,以降低能源损耗,提高供配电系统的整体效能。第二,优化供电系统的拓扑结构。通过合理规划电力网络的布局,减少线路长度,降低电阻损耗,提高电能传输效率。这种策略有助于降低城市亮化工程的整体电能损失,实现节能目标。第三,引入智能化的供配电管理系统,实现对电力需求的精准调控。通过智能监测、遥测技术,实时了解城市亮化系统的电力需求,优化电能分配,避免过度供电或不足供电情况的发生,最大化提高电能利用率<sup>[5]</sup>。

以吉林省延吉亮化工程为例,该项目在供配电系统的节能设计上采取了一系列措施。首先,选择了高效的供电设备,包括先进的变压器和开关设备。其次,通过合理规划电力网络结构,降低线路损耗,提高电力传输效率。在实施智能化管理系统方面,通过引入先进的监测和控制技术,实现对城市亮化系统电能的实时监测和调整。这一综合策略的实施使得延吉亮化工程在电能利用效率方面取得了显著的节能成果。

## 4 结束语

随着建筑电气节能技术的推出和普及,城市亮化工程也需要在其应用中不断创新和优化,因此,构建智能、高效、节能的城市亮化体系成为当务之急。我们需要积极探索创新和应用建筑电气节能技术,加强智能照明系统的优化、太阳能光伏集成方案的推广,以提高整体能源利用效率。另外,建筑外立面照明设计的创新以及能源管理与监控系统的整合,都是推动城市亮化工程更为可持续发展的关键途径<sup>[6]</sup>。我们要加强技术研发,以更好地满足城市能源需求,提高照明效果,另外,也需要加强政策支持,为城市亮化工程的全面发展奠定基础。

## 参考文献:

- [1] 马丰杰.建筑电气节能技术在城市亮化工程中的应用[J].建材与装饰,2021,17(09):173-174.
- [2] 唐双全.建筑电气照明系统节能优化设计技术要点[J].中文科技期刊数据库(全文版)工程技术,2021(01):157-158.
- [3] 张阳.关于市政路灯照明电气系统补偿技术分析[J].中国科技期刊数据库工业A,2021(04):260-261.
- [4] 李德余.绿色节能技术在建筑电气设计中的应用研究[J].明日,2021(07):1.
- [5] 倪春洁.建筑电气节能设计及绿色建筑电气技术研究[J].工程技术研究,2022,07(11):185-187.
- [6] 闫沛颖.建筑电气设计中的节能技术研究[J].城市建设理论研究(电子版),2023(18):76-78.

# 压力表示值误差测量结果的不确定度评定分析

次仁欧珠

(西藏日喀则市市场监督管理局, 西藏 日喀则 857000)

**摘要** 压力表在工业生产、市场计量等领域应用较为广泛, 其检测准确性对维护各方合法权益、保障生产运营质量意义重大。为提升压力表测量数据的可靠性, 需通过不确定度评定, 控制压力表示值误差。因此, 文章结合压力表误差测量方法, 基于压力表示值误差测量结果, 对压力表测量结果的不确定度展开分析, 以通过不确定度评定结果, 确认压力表示值分散性, 总结压力表测定误差风险, 针对性改善压力表测量条件, 发挥压力表测定价值。

**关键词** 压力表; 示值误差; 误差测量; 不确定度

中图分类号: TH82

文献标志码: A

文章编号: 2097-3365(2024)05-0007-03

压力表是市场常用计量工具, 在各领域应用较为广泛, 其测量结果准确性会直接影响产品生产、产品检测质量。不确定度评定分析作为计量质量分析指标, 将其用于压力表检测可反映压力表示值误差测量结果是否可靠, 明确压力表检测时的误差控制要点, 促进压力表性能完善, 满足各项工况内压力表应用要求, 提升生产及检测效率, 为社会经济建设创造有利条件。

## 1 压力表示值误差测量方法

压力表示值误差是压力表计量性能指标之一, 常用于检测压力表质量。压力表示值合格时, 其表示值最大允许误差均符合表 1 要求。

表 1 压力表示值最大允许误差

压力表准确度等级	最大允许误差 (%)			
	零点		测量上限的 (90%~100%)	其余部分
	带止销	不带止销		
1.0	1.0	±1.0	±1.6	±1.0
1.6 (1.5)	1.6	±1.6	±2.5	±1.6
2.5	2.5	±2.5	±4.0	±2.5
4.0	4.0	±4.0	±4.0	±4.0

压力表示值误差检定方法如下: (1) 基于参比条件, 使用标准检测仪器示值对比分析抽检压力表示值。通过直接比较法检定压力表示值误差。(2) 选取带有数字的分度线, 按大气压 90% 以上选取真空表测量上限检定点<sup>[1]</sup>。从零点开始均匀加压, 压力值为第一个检定点后, 读取压力表示值。读值方法为估读, 可根据压力表分度值估读五分之一数据。检定后轻敲压力表外壳, 记录压力表示值, 数据记录时应记录轻敲前、轻敲后的数据。以此检定所选取检定点, 直至抵达压

力表测量上限。最后切断真空源、压力源, 持压 3min 后降压。(3) 测定压力表示值后, 检定其误差。根据压力表准确度等级和压力测量上限, 确定对应示值误差。

## 2 压力表示值误差产生原因分析

压力表示值误差原因较多, 具体可体现在以下内容中: (1) 压力表测量检定时, 其检定误差固定值增加、减少。原因是压力表指针安装不规范, 需重新调整指针安装位置或重新插针。(2) 压力表示值误差表现为按比例增加、减少。造成该误差的原因是压力表机芯放大比控制不到位, 应及时调整压力表示值区域的螺钉, 使其放大比符合压力表安装质量要求。(3) 压力表示值存在“非线性误差”。误差原因是压力表拉杆、机芯扇形夹角过大、过小引起的。对于该类误差, 应调整夹角值, 确认机芯安装位置准确、刻度盘无偏移情况<sup>[2]</sup>。(4) 卡异物、机芯齿轮损伤、拉杆不灵活、传动轴孔受阻同样会引起某一点示值误差、超差。应排查压力表各零件间隙, 确保压力表结构间隙符合标准值。

## 3 不确定度评定的相关概念

不确定度评定应用范围较广: (1) 可用于建设国家标准, 包括国家基准、计量标准、国际比对标准。(2) 可用于标准物质管理、标准物质测量参考。(3) 可用于规范物质测量方法、检定程序、校准流程。(4) 用于工程领域测量, 计量认证、计量确认或仪器设备质量认证。校准、检定各类测量仪器。

测量不确定度可定义为应用已知信息, 表征赋予被测量数据分散性的非负参数。标准不确定度为应用标准偏差表示测量不确定度。合成标准不确定度是基于测量模型中输入量标准测量数据, 分析已获得的不确定度输出量、标准测量不确定度<sup>[3]</sup>。不确定度评定

能够说明压力表示值误差测量置信水准区间的半宽度,一般可用两个数值表示,分别为不确定度的大小、置信区间,以及含有置信概率、置信水准的不确定度,可表示测量结果在该区间内的概率。

测量不确定度可理解为测量结果可信度和有效性的程度,是评价分析测量结果质量的基本参数。事实上,测量不完善会导致所测量值相对分散,每次测量结果存在差异,各个数值会以一定概率分散各个测量区间。测量不确定度虽然能够表示测量值的离散度的参数,但并不表示测量结果是否接近真实值。为表示测量数据的分散性,测量不确定度可用标准差值表示。实际应用中,应基于测量结果分析测量数据的置信区间,并利用标准差倍数、置信水平区间半宽度表示,评定标准不确定度、扩展不确定度<sup>[4]</sup>。

#### 4 压力表测量不确定度评定程序

不确定度是指压力表示值测量误差产生后,无法肯定被测量值的程度。可反映测量结果的可信赖程度,是评定测量结果质量的重要指标。压力表示值误差测量时,需评定压力表示值误差测量结果的不确定度。常用评定方法为GUM法,评定程序如下。

##### 4.1 分析不确定度来源

评定分析不确定度时,压力表示值误差测量结果的不确定度来源较多,具体包括被测量数据定义不完整、被测量数据定义复现性不理想、取样数据代表性不足、测量环境风险大、人员读书偏移、测量仪器计量局限性较强、测量方法及测量程序为假设、相同条件下被测主体观测值反复变化<sup>[5]</sup>。

##### 4.2 建立测量模型

基于评定主体,建立不确定度测量模型。被测量主体和不确定度影响量、测量输入量的函数关系为: $Y=f(X_1, X_2, X_3, \dots, X_N)$ ,  $X(i=1, 2, 3, \dots, 4)$ , 输入量不确定度为输出量不确定度来源。

##### 4.3 评定标准不确定度

标准不确定度评定方法包括“A类”“B类”两种。

1. A类标准不确定度评定方法有极差法、贝塞尔公式,是基于统计分析原理,测定不确定度分量。极差法计算时,其关键数据包括极差系数、极差,计算公式为 $U_A=R/C$ ,其中, $U_A$ 为不确定度, $R$ 为极差,即测量值中最大值、最小值的差, $C$ 为极差系数。A类评定开始后,评定条件重复时,应独立测量被测量数值,获取多个测量结果。

2. B类标准不确定度评定方法是基于相关信息、经验,获取被测量数据可能值区间,分析概率分布情况,根据概率 $P$ 、确定值 $K$ 评定标准不确定度。B类标准不

确定度信息来源为样本数据统计处理后分数据值,包含可能影响被测数据的所有信息,即先验信息。先验信息评定指标为置信因子、数据分布区间半宽度。数据分布区间半宽度产生于以往测量数据、被测主体校准证书、生产技术说明书、技术资料、仪器特性等。置信因子则需基于已知扩展不确定度合成标准确定,概率 $P$ 和置信因子 $K$ 的关系如表2所示。

表2 不确定度评定时概率 $P$ 和置信因子 $K$ 的关系

$P$	0.50	0.68	0.90	0.95	0.9545	0.99	0.9973
$k$	0.675	1	1.645	1.960	2	2.576	3

#### 4.4 合成标准不确定度

受多种因素影响,不确定度分量较多,合成标准不确定度时,应明确测量结果产生的不确定度分量,确定不确定度分量、测量结果作用关系、相关系数。最后给出各分量标准不确定度,合成标准不确定度。间接测量不确定度时,需考虑被测量数据的灵敏系数,假设直接测量值的标准不确定度,确定多个分量不确定度,并依据分量大小、自由度合成标准不确定度,如表3所示。

表3 某测量结果不确定度合成情况

序号	不确定度			自由度	
	来源	符号	数值	符号	数值
1	基准尺	$U_1$	1.0	$V_1$	5
2	读数	$U_2$	1.0	$V_2$	10
3	电压表	$U_3$	1.4	$V_3$	4
4	电阻表	$U_4$	2.0	$V_4$	16
5	温度	$U_5$	2.0	$V_5$	1
合成结果		$U_c$ (不确定度)	3.5	$V_n$ (合成自由度)	7.8

#### 5 压力表示值误差测量结果的不确定度评定

##### 5.1 压力表示值误差测量

(1)测定对象为常用压力表,压力表精密度等级一般为0.4、1.6。精密度等级为0.4级时,精度压力表测量压力值范围为0~400 kPa,1.6等级精密压力表压力值范围为0~1600 kPa。(2)测量范围以所选用压力表精密度等级为准。比如,0.4级压力表可采用0.05级仪表检定其示值误差。(3)测量依据为《弹性元件式精密压力表和真空表(JJG 49—2013)》,基本条件如下:温度 $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$ ,湿度小于85% RH。测量前应将被测压力表在试验环境内放置2 h。(4)测量方法。基于静力学平衡原理,比较法分析被检压力表、标准压力表。检定时应将标准表与被检表放在相

同一检定装置内,升压、降压测试后记录压力表示值,对比分析示值,计算示值误差。

## 5.2 不确定度评定分析

根据不确定度来源,分别测定不同示值误差造成的不确定度。(1)传递误差造成的不确定度。采用 B 类不确定度评定方法,测量范围为 0~1.6 MPa。测量过程中需计算多个测点误差,最后合成不确定度。(2)示值重复测量造成的不确定度。应用贝塞尔公式计算测量标准差,乘以安全因子系数后,计算不确定度。可获取多个测量数据,计算多次测量后的误差平均值,重复性分析后计算不确定度。(3)温度造成的不确定度。测量活动符合压力表标准检定要求,测量稳定条件规范,不确定度为 0。(4)读数分辨误差造成的不确定度。应分析标准读数传递标准,计算读数分辨率、不确定度包含因子,后计算不确定度。(5)高度差造成的不确定度。高度差产生于标准压力表、被检压力表试验高度差,不确定度分量均匀分布,评定数据为高度差值。

最后,基于不确定度来源明确不确定度分量后,合成不确定度,扩展不确定度。扩展不确定度可明确测量数据区间内不确定度的分量,被测量值均可分布于扩展不确定度区间内。扩展不确定度由合成标准不确定度的倍数表示,标准不确定度扩展多倍后可产生扩展不确定度。扩展范围取决于压力表示值误差测量的重复性、风险、测量效益。

## 5.3 不确定度评定注意事项

1. 压力表示值误差测量结果是以数据为基础时,应及时评定测量不确定度。因条件问题无法评定时,应尽量尝试评估测量结果的不确定度。测量结果不是基于数据时,可暂时不给出不确定度,但需要检测数据变化,了解测量结果变动风险。

2. 合成不确定度时,不确定度分量为测量总量的  $1/5 \sim 1/3$  时,可忽略该不确定度分量。评定时包含多个小分量时,则不能忽略该分量。

3. 不确定度评定应适应压力表示值误差测量结果要求的准确度,以及不确定度评定程序、风险。高风险测量项目,还应考虑不确定度测量评定时安全性。

4. 不确定度测量精密度的产生于被测压力表重复测试结果,不确定度评定时应确保样品完整性,尽量选择标准样品。实验室现场评审不确定度时,应评价分析不确定度的评定结果。

5. 表述不确定度时,应多选取两位有效数字。末位数量级应与测量结果末位数量级相同,数值取大不取小,自由度取小不取大。合成不确定度时,应根据不确定度类别,分类合成,各类不确定度同时合成。

## 5.4 生成不确定度评定报告

根据压力表示值误差测量结果分析价值,评定测量结果不确定度,生成不确定度评定报告。不确定度评定报告需阐明测量结果分析时,按照实验观测值、输入量到测量结果计算其不确定度的具体方法。罗列所有不确定度分量,并明确不确定度分量评估过程和方法,包括各类数据分析、计算方法。同时给出不确定度分析中测量结果使用的全部修正因子和常数及其来源,包括被测量压力表不确定度的估计值、测量不确定度适宜值。

具体包括:(1)被测量压力表不确定度的明确定义、明确数值。(2)压力表误差示值测量结果核算时,测量数据输出、输入量的函数关系、灵敏度系数。(3)罗列测量结果输入量估计值、标准不确定度,并列出表格。(4)明确所有相关输入量协方差、相关系数、数据计算方法。(5)被测量压力表示值误差测量结果估计值、不确定度估计值、不确定度合成标准、扩展不确定度及其计算过程。(6)表示扩展不确定度时,应有包含因子、置信水平等相关数据。(7)不确定度修正值和相关测量常数、不确定度评定时来源信息。

(8)用  $Y=y \pm U$  表示压力表不确定度测量结果并配有单位。比如:压力表误差示值测量结果  $\pm$  扩展标准不确定度(单位),包含因子  $k$  为 2,对应置信水平  $P$  近似为 95%。结果数据中不确定度数值位数不宜过多。

## 6 结束语

压力表示值误差是评价分析压力表计量性能的关键指标,其测量结果的真实性关系着压力表计量质量。不确定度评定是通过规范测定程序,评估压力表示值误差测定结果,分析各项数值是否准确、有效,以此优化压力表计量程序,改善压力表整体性能。从而在社会生产中发挥压力表计量价值,确保各项机械设备压力值控制效果,满足生产设备标准化运行要求。

## 参考文献:

- [1] 王同宾,许瑞丰.精密压力表全省比对参考值示值误差测量不确定度评定[J].工业计量,2022,32(S1):45-47.
- [2] 粟正宇,杨修能.一般压力表示值误差测量结果的不确定度评定[J].工业计量,2020,30(06):64-65.
- [3] 孙书群.关于弹簧管式一般压力表示值误差测量结果的不确定度评定分析[J].现代制造技术与装备,2019(01):108-109.
- [4] 梁广超.精密压力表示值误差测量值的不确定度评定[J].计量与测试技术,2017,44(12):93-94.
- [5] 刘彩平.0.4级精密压力表示值误差测量不确定度评定[J].计量与测试技术,2016,43(06):117-118,120.

# 红外测温技术在输电线路设备运行检修中的应用

鲁 洋

(国网山西省电力公司超高压输电分公司, 山西 太原 030000)

**摘 要** 红外技术是目前电力行业广泛应用的一种设备故障诊断技术, 它可以直观、形象、准确地显示出故障点的状态, 同时不需要切断电源, 不需要取样, 不需要改变设备的运行参数, 就能准确地进行温度的测定, 判断设备的运行情况或定位故障的部位和性质, 是目前最有效的方式。本文研究了不同因素产生的热辐射效应, 同时针对这些问题提出了相应的应对措施。在应用过程中, 除尽量减少以上因素对试验人员的影响之外, 还要对试验人员进行培训, 选用适当的红外测试设备, 以便能更好地预防或早期发现此类故障。

**关键词** 红外测温; 测温原理; 设备分类; 电力设备缺陷; 状态检修

中图分类号: TM72; TN2

文献标志码: A

文章编号: 2097-3365(2024)05-0010-03

在红外测温技术的应用中, 当被测对象的温度发生变化时, 其所发出的辐射能量也会发生相应的变化, 从而利用红外技术得到被测物体的温度。在用电设备运行过程中, 往往会出现发热、升温等现象, 并且这些设备出现故障时, 大部分温度都超过了正常工作状态。用红外技术对电力设备进行故障诊断时, 由于测试环境、测试条件的差异, 导致对同一种电气设备的测试结果存在较大差异。总体上来说, 采用红外测温技术, 无需与被测物体直接接触, 而仅需感知其表面的温度即可达到良好的测量效果。另外, 这种方法可以实现远距离检测, 且检测速度快, 可以通过对红外图像的处理与传递, 迅速得到检测结果。红外测温技术同样具有高效性, 因为它可以同时探测各类不同性质的物体, 不管是高电压带电物体, 还是高速运动物体, 或者是不能直接接触的物体, 红外测温技术都具有较好的适用性。红外测温技术受外界干扰少, 广受业界欢迎。

## 1 红外测温原理与设备分类

### 1.1 红外测温原理

红外光谱是一种比可见光长、比微波短的电磁波, 其在空间中以横向波的形式传输, 在真空中以同样的速度传输。物体红外辐射能量和波长的关系。当被测物体在不同的温度下, 其所发出的辐射能量也会发生变化, 这样就可以利用被测对象的检测信号来获得被测对象的温度信息。<sup>[1]</sup>

### 1.2 红外检测成像常用设备分类

1. 红外测温仪。红外热像计主要用于对物体上某

个特定位置的温度进行测量, 即一定面积内的温度。这个红外线温度计只能在一段时间内对一个物体进行测量。当要测量大范围的温度时, 要做很多次试验, 也就是按照特定的路径, 在被测区域上进行多次扫描, 这是一种耗时较长的方法。但是, 由于其价格低廉, 结构简单, 便于携带, 因此很适合于电力设备的日常检查, 是巡检员必备的设备, 以此利用红外测温技术对电力设备进行巡视和维护。

2. 红外热电视。红外热电视大于红外线热成像探测范围, 是一种平面测温设备, 其探测速度远高于红外热像仪, 且成本低廉。虽然在一些探测方面无法与红外热成像相比, 但具有结构简单、无需制冷等优点。尤其是在对电力设备进行巡视的过程中, 在红外热像仪的检测结果上, 再利用红外热电视进行配合使用, 提高电力设备的巡检、检修与诊断的精确度。

3. 红外热像仪。红外线温度计一开始是为了军事目的, 后来在工业上得到了广泛的应用。近几年来, 红外热成像技术在国内外得到了广泛的应用。红外热成像技术具有温度敏感性高、空间分辨率高等诸多优势, 其成像结果可与可见光成像媲美<sup>[2]</sup>。该方法适用于多种复杂工况, 能很好地适应电力系统环境。

## 2 红外测温技术在设备检修中的应用意义

我国经济发展迅速, 直接促使居民用电量持续增长, 对电力系统的安全性和可靠性的要求也呈上升趋势。在电力系统中, 电气设备的运行状态直接关系到电力系统的供电可靠性。大部分用电设备都是常年工作的, 而且很多都是在很恶劣的环境下工作的, 这就

使得用电设备很容易出现故障,而这种故障往往是由设备或电力电缆接头接触不良而产生的局部过热,也有可能是因为设备的绝缘性能恶化而导致的介质损失增大而产生的非正常发热。因此,对频繁运转中的电气设备的状态进行监测与研究,是实现电气设备故障诊断、保障电网安全稳定的重要手段。但由于电网中用电设备较多、分布广泛,且普遍存在着高温、高压等特点,使得传统的方法很难实现对其温度的准确测量。

近年来,国际上的红外成像技术得到了飞速的发展,而红外图像温度探测装置因其不会对电力设备的正常工作产生影响,在输电线路的设备检修与维护中得到深度的应用。相对于以往的探测方式,该探测方式具有带电探测、非接触探测的特征,可实现大范围、多频次、高分辨率的成像,而且具备稳定、可靠的优点,能较好地解决传统的故障诊断方法的缺陷,是实现电网状态检修的最有效途径。同时,采用红外测温技术,能更准确地反映出电力系统中的某些故障。

### 3 电力设备红外诊断技术常规方法

#### 3.1 表面温度测定

按照已制定的有关技术规范,采用红外线测温装置测定装置的表面温度,如针对电力系统高低压设备的材质、绝缘介质和机械设备的工作条件,根据 GB/T11022《高压开关设备和控制设备标准的共用技术要求》,对相关设备运行情况展开详尽的分析,得出相关结论,并对检修流程进行改进,提出完善方案。这类方法通常适用于由电流产生的加热效应或由电磁装置的铁损耗造成的温度升高,但是,这种方法只能对设备目前的运行状况进行判断,而不能对其故障进行预测。<sup>[3]</sup>

#### 3.2 相对温差诊断法

考虑到用电设备在不同的工作条件下工作,分析用电设备工作条件下的各种不同情况。比如,在我国北方冬季,周围的空气温度很低,因此,当电气设备出现故障时,其表面温度一般不会超出电网规范的要求。然而,实践证明,在这样的条件下,用电设备本身就存在着一些缺陷和故障,当环境气温升高时,这些安全隐患将直接影响到电力系统的安全运行。<sup>[4]</sup>

相对温差的诊断方法,就是在相同的工况下,将两种不同型号的电器设备进行比较。用正常工作的电力设备为对比目标,对探测装置的温度差进行表征,如果温度差值达到某个阈值,则可以判断出设备是否有问题,需要进行追踪,如有必要,还要安排定期修理。

#### 3.3 同类比较法

同类对比法是对同类设备进行比较的一种方法。

所谓“同类”,是指同型号、同种装置的三相或同一回路,在操作条件与工作环境上大体一致。这种方法是通过设备检测点的温度进行对比,可以直接看出该设备的工作状况。

#### 3.4 历史档案分析法

历史档案分析法就是通过对电气设备的测试资料与该装置的历史测试资料进行对照分析,这种方法对于一些比较重要的或结构相对复杂的电力装置,具有很好的判别能力。这一方法是根据大量的历史资料进行分析的,通过与历史记录的对,可以找到这台设备的温度变化趋势,从而预测出它以后的工作状况。再辅以其它的测试和判定手段,可以最大程度上排除其运行过程中的故障情况。

### 4 影响红外诊断结果的因素及对策

借助红外技术对电力设备进行故障诊断时,由于测试环境、测试条件等因素的差异,会导致对同一种电气设备的测试结果存在较大差异。因此,要在实际测试中或在探测热图像进行处理时,针对相关的影响因素,在此基础上,针对不同的因素给出相应的对策,以降低数据的不确定性。在测试过程中,除加强对测试人员的培训、选用合适的红外测试仪器外,还要对测试过程中可能出现的各种客观影响进行预测。

#### 4.1 运行状态的影响与对策

在电力设备中,因电流的影响而使导电回路发热,其发热与电流平方成正比。而由电压作用引起的热故障,如绝缘体,产生的热量与电压平方相关。所以,用电装置的负荷电流、工作电压等因素对红外检测结果有很大的影响。当漏电流不正常地增加时,将导致电气设备的局部电压不均衡。在这种情况下,如果负载很少或者根本没有负载,电气设备的温升将不显著,即使存在较大的热故障,也不会表现出显著的温升特性。用电设备在大负载和额定电压下工作时,会出现明显的热象现象。所以,当在室外进行红外线检测时,电源装置必须保持在额定电压,并完全负载,才能获得较为精确的测试数据<sup>[5]</sup>,若无法达到满负荷,应制定适当的作业计划,如将电力设备挂载大负荷长期运转,从而使得电网设备的故障温度降至合理范围内。在对电力设备的红外测温中,通常采用的是额定电流下的测温方法,所以当测量到的电流低于额定值时,就必须对其进行相应的转换。

#### 4.2 电气设备表面发射率的影响及解决措施

所有的红外测温装置都是通过对动力装置的红外辐射功率进行测量,以此获得它的温度信息。即使是

同一功率的动力装置，因其组成材质的不同，红外发射率也存在差异，采用红外测温设备测量温度，其测量值也不尽相同。物体的红外辐射率受物体表面的污染程度和氧化程度的影响。因此，想要在探测时获得更精确的探测数据，就必须把被探测对象的红外辐射发射功率作为一个特定的参数，输入红外探测装置中，对其进行温度校正，以消除其影响。

#### 4.3 大气衰减的影响与对策

在对电气设备进行红外探测的过程中，其红外辐射通过大气传输至仪表，会被大气中的气体分子（如二氧化碳、氮气、水蒸气）的吸收或空气中的颗粒物的散射等因素所削弱，且该衰减随探测装置与被测装置之间的距离增大而增大。这样就会导致测量到的体温偏低，诊断结果的准确性下降，从而引起误诊、漏诊的情况。特别是在某些因设备故障而使温度降低的地方，其影响更为显著。为了解决以上问题，必须在干燥、通风良好的条件下进行检测；也可以减小检测仪器和被测试装置的间距，在保证安全的同时，还可以合理地校正测试结果，获得真实的温度数据。<sup>[6]</sup>

此外，在检测过程中，如果遇到雨天、大雾、日照、大风等情况，会对检测结果产生一定的影响。为消除上述干扰，应选择天气条件相对稳定、无特殊天气状况的夜间进行。

#### 4.4 环境及背景辐射的影响与对策

在对室外电气设备进行红外温度测量时，除接收被测物体发射的红外线外，还包括其他背景部分的红外辐射，同时还接受日间的太阳辐射。这两个方面的原因可能会影响到红外光谱的测量结果，从而导致测量结果的误差。为减少由这些因素引起的扰动，可采取如下措施：

对室外电源设备进行红外测温，应在无光照条件下，如傍晚、阴天等。如有必要，为得到更准确的试验结果，也应该关闭外部光源。当被测物体表面存在强烈的反射现象时，应采取适当的措施来降低其对周边装置的红外辐射或日光反射的影响。比如，寻找最佳的检测角度，避开反射的影响。针对本底辐射的影响，可采用遮挡、加装滤色镜等方法降低其影响，或选用高精度的温度计进行消除。

#### 4.5 电气设备的故障定位和定性

利用计算机对红外探测中的电力设备的热像进行分析与诊断，在最后判定为故障的情况下，还要对故障的性质、位置和严重程度进行进一步的检测，从而为技术人员提供合理的检修决策支持。在特点条件下，仅通过红外光谱来判断故障位置存在较大难度，这种

情况下，必须借助其它的辅助检测手段，比如与可见光图像进行对比。可以从不同的角度对相同的器件进行检测，确定其故障的实际位置；对于由于内部故障而产生的热量，按照热传导定律来分析和判定，或通过模拟实验加以判定。另外，如果有可供参考的历史测试文件，与历史数据进行比对，能有效提高红外诊断的精度，进而提供更准确的故障诊断和维护意见。

#### 4.6 强化人员培训工作

基于输电线路设备管理工作的条件，相关检修与管理作业人员的作业水平和素养十分关键，这需要针对相关技术、管理人员实施系统化培训，不仅需要其熟悉线路设备情况、运行特点、故障多发点以及检修要点，促使其正确运用红外测温技术，更要培养其安全意识、风险识别和应对能力。在具体的检修工作中，应将细节管理意识贯彻到作业操作中，提供检修队伍的整体素质，为传输线设备的检修工作提供人力保障。

### 5 结束语

利用红外测温技术对电力设备进行故障诊断时，由于测试环境、测试条件的差异，导致对同一种电气设备的测试结果存在较大差异。因此，本文从功率器件的表面发射率、大气衰减、环境与背景辐射、设备运行状况四个角度出发，为了提高红外测温的精度，对红外测温技术作了进一步的研究。因此，供电企业应加大对输电线路设备的红外检测的应用力度，以便在发生故障前，及时检测到隐患，更加准确地判断现场设备的工作状况，为实施视情检修提供更为准确的数据支撑。

#### 参考文献：

- [1] 张佳钰,蔡泽烽,冯杰.基于改进的CenterNet变电站设备红外温度检测方法[J/OL].计算机测量与控制,1-9[2024-02-26].
- [2] 黄天富,吴志武,王春光,等.基于红外测温技术的电能表电流采样回路失流故障分析[J/OL].无线电工程,1-8[2024-02-26].
- [3] 邹丹凤,刘星,蔡杰,等.基于改进卷积神经网络的电力设备红外图像分类识别方法[J].电力学报,2023,38(05):412-419.
- [4] 江飞,闫全全,王媚,等.基于无源无线红外测温技术的特高压电力设备监测系统[J].电力与能源,2023,44(04):370-372,375.
- [5] 贾涛.红外测温诊断技术在高压电力设备状态检修中的应用[J].光源与照明,2021(10):63-65.
- [6] 杨新伟.红外测温技术在输电线路设备运行检修中的运用[J].内蒙古煤炭经济,2020(17):158-159.

# 沥青混凝土施工技术在高速公路路面施工中的应用

张继发

(淄博市交通建设发展中心, 山东 淄博 255300)

**摘要** 沥青混凝土路面具有抗压强度高、使用寿命长、防水等优势, 在高速公路建设项目中得到普遍推广和应用。由于沥青混凝土施工需要经过拌合、运输、摊铺、碾压等多道工序, 如果施工单位无法熟练掌握沥青混凝土施工技术要点, 势必会影响高速公路路面的整体施工质量, 为此, 本文将结合工程实例对沥青混凝土施工技术要点进行全面阐述, 以强调和说明沥青混凝土施工技术在高速公路路面施工中所体现出来的实际应用优势。

**关键词** 高速公路; 路面施工; 沥青混凝土

中图分类号: U416

文献标志码: A

文章编号: 2097-3365(2024)05-0013-03

高速公路沥青混凝土路面在使用过程中常常出现密实度不足、横缝跳车、路面波浪、混凝土松散及隆起等缺陷, 为了避免这些缺陷的发生, 保障高速公路的行车安全, 在施工开始之前, 施工单位应当编制一套科学完整的沥青混凝土施工技术方案, 并充分考虑沥青混凝土的配合比、运输条件、摊铺碾压方法等影响施工质量的各种因素, 以确保高速公路路面施工质量达到建设标准要求。

## 1 工程概况

我国某条高速公路施工总长度为 175.655 km, 设计时速为 120 km/h, 沿线路基宽度为 24.5 m, 双向四车道。其中底基层采用 32 cm 的水泥稳定碎石、基层采用 16 cm 的级配碎石、上面层采用 4 cm 的 AC-13C 细粒式沥青混凝土、中面层采用 6 cm 的 AC-20C 中粒式沥青混凝土、下面层采用 12 cm 的 ATB-25 沥青稳定碎石。该条高速公路路面的设计使用年限为 15 年, 交通量设计年限内累计标准轴次为  $2.36 \times 10^7$  次。在外界温度为 20 °C 的情况下, 细粒式沥青混凝土的抗压模量为 1 400 MPa、中粒式沥青混凝土的抗压模量为 1 200 MPa、粗粒式沥青混凝土的抗压模量为 900 MPa。

## 2 沥青混凝土施工技术的应用优势

### 2.1 密实平整、抗磨性好

平整度是衡量高速公路路面施工质量的重要指标, 由于沥青混凝土本身属于柔性材料, 在受热的情况下, 自变形量增大, 因此在施工过程中无须设置伸缩缝, 这就使路面平整度得到大幅提升。另外, 沥青混凝土

主要由石子、细砂、矿粉、沥青等材料组成, 在配制过程中, 需要经过严格的筛分工序来确定合理级配, 然后通过马歇尔试验来确定最佳的使用量, 并且在拌合沥青混凝土时能够保证足够的拌合时间与材料的均匀性, 这就为沥青混凝土摊铺质量的提升提供了先决条件, 进而改善和提高了车辆行驶的舒适度。

### 2.2 防水性能优越

与水泥路面相比, 沥青混凝土路面具有较好的防水性能, 这主要是由于沥青本身由汽油、煤油提取, 这一类物质均属于烷类, 而烷类具有不溶于水的特性, 因此, 沥青混凝土路面可以有效防止积水的浸泡。尤其在大雨天气, 沥青混凝土路面不会产生大量的积水, 这就给行车安全提供了坚实保障<sup>[1]</sup>。

## 3 沥青混凝土施工技术要点

### 3.1 施工前的准备工作

在配制沥青混凝土时应当合理选用粗骨料、细骨料以及沥青材料, 首先, 高速公路路面的上面层的粗骨料多选择硬质岩, 中面层与下面层多选择石灰岩、砂岩, 骨料强度需要在 2 级以上, 并且直径为 0.075 mm 的颗粒含量应当在 1% 以下。选用的细骨料应当保持干燥、洁净, 并且骨料内部不掺杂任何杂质。由于沥青是混合料的重要组成部分, 因此, 在选择沥青材料时应当保持质地均匀、无水分, 在加热温度达到 180 °C 以上时, 沥青表面不会产生泡沫, 针对进场沥青, 施工单位应当严格审查出厂实验报告, 并通过实验的方法来测定沥青当中的含蜡量、针入度以及软化点等指

标, 确保含蜡量在 2% 以下、针入度不超过 90, 软化点介于 44 至 54 之间。在路面施工开始之前, 施工单位需要选择试铺路段, 为了验证沥青混凝土的各项性能指标是否满足标准要求, 试铺路段最好选择正线直线段, 路段长度应当在 200 m 以上, 在确定各项技术指标合格后方可进入正式施工阶段<sup>[2]</sup>。

### 3.2 沥青混凝土运输

沥青混凝土对运输条件提出了严格要求, 首先, 如果选用自卸汽车运输, 为了减少热量损失, 需要事先利用篷布等苫盖物进行覆盖处理, 在沥青混合料到达施工场地以后, 混合料温度不得低于 145 ℃。为了满足连续摊铺的需要, 施工单位至少需要配备 6 至 10 辆 10 ~ 15 t 的自卸汽车来运输沥青混合料, 否则极易出现混凝土离析现象, 进而给摊铺质量造成严重影响。如果运输路线出现陡坡或者道路不平的情况, 驾驶人员应当控制好车速, 确保车辆能够始终保持匀速运行状态, 以减少运输途中的颠簸次数。在沥青混凝土到达指定的施工场地以后, 技术人员需要测定混合料温度、查验混合料的坍落度等指标, 检验合格后方可卸车。为了确保沥青混凝土材料的各项技术指标满足施工需求, 在运输混合料时应当注意以下三个问题: 第一, 在装载沥青混合料时应当在自卸车的车厢底部与侧面涂刷一层油水混合液, 油和水的比例为 1:3, 这样能够有效地防止混合料与车厢发生黏结。第二, 为满足持续供料要求, 避免施工中断现象的发生, 自卸汽车的运输效率需要始终大于沥青混凝土的生产效率与摊铺效率。第三, 为了确保摊铺效果, 自卸汽车与摊铺机前侧的距离以 30 cm 为宜, 然后借助于摊铺机的推力来自行推动车辆移动, 这样可以有效减缓沥青混凝土在空间当中的暴露时间。

### 3.3 沥青混凝土摊铺

在摊铺施工开始之前, 现场施工人员需要对底层残留的渣土、碎石块等杂物进行集中清理, 以避免沥青混凝土与杂物结合而影响材料的力学性能。摊铺作业中的混合料温度最低值不得低于 135 ℃, 最高值不得高于 150 ℃, 因此, 技术人员需要对沥青混合料的温度进行现场检测, 如果发现超温料、花白料或者存在质量缺陷的材料应当作为弃料, 严禁在施工中使用。摊铺机在行进过程中应当始终保持匀速状态, 基层、透层与下封层摊铺结束后, 需要经过项目经理及监理单位的验收, 验收合格以后才能进行下面层的摊铺施工。在摊铺过程中, 摊铺机的熨平板温度应当始终保持在 65 ℃ 以上, 如果低于这一温度, 熨平板与沥青混合

料极易出现粘连现象, 进而对摊铺质量造成严重影响<sup>[3]</sup>。

### 3.4 沥青混凝土碾压

碾压是沥青混凝土施工中的一道关键工序, 碾压质量直接关系到高速公路路面整体质量的优劣。在沥青混凝土摊铺整平以后, 现场施工人员需要对一些凹凸不平的混合料进行修整, 然后利用双钢轮振动压路机对路面进行碾压施工。初压时, 沥青混合料的表面温度应当保证在 120 ℃ 以上, 这样更加有利于混合料的碾压成型, 在操作压路机时不得随意改变方向, 初压次数以 2 次为宜。复压应当接着第二次初压进行, 这时, 沥青混凝土的表面温度应当在 90 ℃ 以上, 复压施工多采用轮胎压路机与三轮压路机相结合的方法, 二者之间应当协调配合, 复压次数不得少于 4 次, 直到碾压面没有轮迹与车辙为止。复压施工结束后即行进行终压, 这时沥青混凝土的表面温度应当保持在 70 ℃ 以上, 终压时尽量使用轮胎压路机, 终压次数以 2 至 4 次为宜。

### 3.5 施工缝处理

在沥青混凝土路面施工过程中, 混合料与构造物接壤位置或者摊铺过程中出现的接缝应当及时进行修整, 以确保接缝处平整、密实, 最大限度地减少接缝的痕迹。如果是梯队作业应当选取热接缝的处理方式, 在摊铺过程中将已经摊铺的混合料预留 20 ~ 30 cm 宽的区域不进行碾压施工, 并将预留区域作为后续摊铺施工的参照基准面, 在接下来的碾压施工中, 应当骑缝碾压, 以消除施工缝留下的痕迹。如果高速公路路面采取半幅施工的方式则不宜进行热接缝, 一般情况下通过人工顺直刨缝或者切缝的方法来消除施工缝。在半幅施工任务结束以后, 施工人员需要对路面边缘处进行清理, 以除去残留在路面表面的杂物、沥青碎渣, 然后在洁净的表面涂抹少量的粘层沥青。在摊铺沥青混合料时可以重叠在已经摊铺的混合料层 5 ~ 10 cm 宽的距离, 并将残余的混合料清出摊铺场地。在碾压施工中, 首先在经过初压以后的路面上缓慢运行, 碾压新铺层 10 ~ 15 cm 之后再将其压实, 此时, 压路机应当超出已压实路面 10 ~ 15 cm 的距离, 以达到消除施工缝的目的。另外, 在处理路面横接缝时, 首先利用 3 m 的直尺对接缝端部的平整度进行检查, 然后垂直于路中线对多余的混合料进行切除, 使端部保证平齐状态, 并在接缝端部的位置涂刷一层粘层沥青, 然后继续摊铺。在对路面的横向接缝进行碾压施工时, 首先利用双轮双振压路机进行横压, 压路机伸入新铺层的宽度应当在 15 cm 左右, 每碾压一次应当向前行

驶 15 ~ 20 cm, 直到碾压至新铺层为止, 然后再通过纵向碾压的方式对施工缝进行处理<sup>[4]</sup>。

## 4 沥青混凝土路面质量控制措施

### 4.1 面层结构层材料的正确选择

沥青混凝土面层的厚度介于 15 ~ 18 cm 之间, 要想保证面层结构具有足够的抗压强度, 在施工过程中, 施工单位应当考虑以下四个问题: 第一, 由于半刚性基层极易出现反射裂缝, 这种情况会对面层结构造成影响, 为了将损害程度降到最低点, 面层厚度应当保持在 16 cm 以上。第二, 该沥青混凝土路面工程的面层主要分为上、中、下三层, 这种分层结构需要保证其中的一层结构为 I 型级配, 出于防水、防火的考虑, I 型级配层应当处于中面层, 如果将该层设置为上面层, 则很容易留下车辙印迹, 这就给路面质量大打折扣。第三, 在设置面层结构时, 避免选用沥青碎石层, 以防止沥青发生离析现象。

### 4.2 沥青混凝土面层与构造物的良好衔接

桥面沥青混凝土的铺装厚度以 5 cm 为宜, 如果小于 5 cm, 预应力桥梁在施加预应力以后, 桥梁跨中的位置会产生 20 ~ 30 mm 的反挠度, 挠度越大, 占用沥青混凝土的厚度也就越大, 这就给沥青混凝土的摊铺碾压施工增加了难度。其次, 如果沥青混凝土面层与半刚性基层全部铺装桥头搭板上, 然后再采取楔形过渡的方式进行铺装施工, 不仅会影响工期, 同时, 不等厚的楔形过渡面也将采用机械设备来完成。最后, 桥梁施工中会预留伸缩缝, 为了保证桥面的平整度, 在沥青混凝土施工过程中, 需要采取先铺装路面, 后留桥面伸缩缝的方法, 否则路面平整度将受到严重影响。

### 4.3 粗骨料与细骨料的合理选择

在选择沥青混合料的粗骨料与细骨料时应当严格遵照以下几点要求: 第一, 在选择沥青材料时, 应当选择黏度高、钎入度小的沥青, 这样可以大大增强沥青混合料的密实度。第二, 在选择粗骨料时, 应当以粗颗粒骨料为主, 与细颗粒骨料相比, 这种类型的材料具有较强的抗车辙能力, 但是, 如果沥青混合料中掺入过多的粗骨料, 混合料的防水性能将大幅降低, 因此, 在该工程当中, 路面的中面层选择 AC-20C 的中粒式沥青混凝土, 而下面层则采用 12 cm 的 ATB-25 沥青稳定碎石。第三, 为了避免离析现象的发生, 在拌合沥青混合料时可以加入一些矿粉, 以增强混合料的稳定性。第四, 一旦外界气温升高, 沥青将很容易出现融化现象, 这就很难保障通行安全, 为了提高沥青

的高温稳定性, 在配制沥青混合料时可以加入 5% 的改性剂聚乙烯 PE, 这种改性沥青具有较高的抗高温能力, 可以有效避免沥青在高温环境下发生融化的情况<sup>[5]</sup>。

### 4.4 合理选择配合比

在目标配合比阶段, 首先需要通过试验的方法来确定粗细骨料以及沥青的用量, 如果选择沥青选择 OAC(乙酰氧基), 则沥青碎石 AM-25 油石比为 34% ~ 35%, 粗粒式沥青混凝土 AC-25 II 油石比为 38% ~ 39%, 而沥青混凝土 AC-25 I 油石比为 44% ~ 45%。对粗集料而言, 如果表面孔隙较多, 在配制混合料时可以适当地提高油石比, 一般情况下, 油石比的增加量在 1% ~ 2% 之间。在生产配合比的试验阶段, 粗细集料需要经过筛分的过程, 并将集料划分为粗、中、细、砂 4 种规格, 然后根据目标配合比的级配曲线对 4 种规格的集料重新进行组配, 以配制出性能更好的沥青混合料, 为了验证混合料质量是否满足施工需求, 技术人员可以通过试拌的方法来确定最终的生产配合比。最后, 针对试验路面, 需要将生产配合比阶段配制出的沥青混合料进行现场试验, 如果沥青混凝土的各项技术指标满足标准要求, 便可以编制出一套完整的试铺报告, 然后根据报告当中所确定的生产配合比进行大批量生产。

## 5 结束语

沥青混凝土施工技术在高速公路路面施工中的有效应用, 一方面可以增强路面的防水能力、抗磨能力与抗车辙能力; 另一方面能够给车辆提供一个安全稳定的通行环境。基于此, 施工单位在沥青混凝土施工开始之前需要做好技术交底工作, 并通过对沥青混凝土运输、摊铺、碾压等施工全过程的监督与检查, 来防止各类质量缺陷的出现, 以修建出更多的优质工程与精品工程。

## 参考文献:

- [1] 季正龙. 高速公路沥青混凝土路面振荡压实施工技术研究[J]. 工程机械与维修, 2023(06):170-172.
- [2] 万桂军. 高速公路工程中的沥青混凝土路面上面层施工技术[J]. 运输经理世界, 2023(13):41-43.
- [3] 杨建锋. 沥青混凝土路面施工技术在高速公路中的应用[J]. 交通世界, 2023(30):56-58.
- [4] 覃军红. 高速公路沥青混凝土路面施工技术要点探讨: 以高东高速公路路面工程为例[J]. 工程技术研究, 2023, 08(08):83-85.
- [5] 杨凯. 公路工程中沥青混凝土公路施工技术[J]. 城市建设理论研究(电子版), 2023(05):47-49.

# 机器人技术在机械设计制造中的应用

董海亮

(陕西彬长矿业集团有限公司生产服务中心, 陕西 咸阳 713602)

**摘要** 机器人技术作为现代自动化技术的重要组成部分,在机械设计与制造领域中扮演着越来越关键的角色。本文主要探讨了机器人技术在机械设计制造中的应用情况,分析了机器人技术的特点及其在机械设计制造中的优势,同时也指出了存在的挑战和未来的发展方向。通过对机器人技术在设计、加工、组装、检测等环节的应用分析,阐述了机器人技术推动机械设计制造自动化、智能化的重要性。

**关键词** 机器人技术; 机械设计; 设计辅助系统; 加工自动化; 组装自动化

**中图分类号**: TP24; TH12

**文献标志码**: A

**文章编号**: 2097-3365(2024)05-0016-03

随着全球工业自动化水平的不断提升,机器人技术已成为推动机械设计与制造行业进步的关键力量。这一技术不仅提高了生产效率,降低了劳动成本,还极大地提升了产品的质量与制造过程的可靠性。在机械设计制造领域,机器人技术的应用涵盖了从设计辅助、模拟仿真到加工、组装乃至质量检测等多个环节,其高度的灵活性和智能化水平为实现制造业的数字化转型和智能化升级提供了强有力的技术支撑。

## 1 机器人技术的基本特点

### 1.1 高度自动化与灵活性

机器人技术的发展为机械设计和制造行业带来了前所未有的变革,其中高度自动化与灵活性是其最为显著的两大特点,对于提升生产效率和适应多变的生产需求具有重要意义。首先,高度自动化指的是机器人技术能够在极小的人工干预下完成复杂的生产任务。在传统的制造过程中,许多重复性高且劳动强度大的工作需要大量的人力投入,这不仅增加了生产成本,也限制了生产效率的提升。机器人技术的应用,特别是在机械加工、组装、焊接等环节的广泛应用,使得这些过程可以高效、准确地完成。例如,通过预编程,机器人可以无间断地进行产品的加工和装配,极大地缩短了生产周期,同时也降低了因人为操作失误导致的废品率。其次,灵活性体现在机器人技术能够迅速适应生产线上的变化,满足定制化和小批量生产的需求。随着市场竞争的加剧,消费者对产品的个性化需求日益增长,这要求生产线能够快速调整生产计划,以适应不同产品的制造。机器人技术通过更换末端执行器或调整软件程序,就能实现从一种产品到另一种

产品的快速切换,这种灵活性大大提高了企业对市场变化的响应速度,增强了市场竞争力。

### 1.2 智能化与集成化

机器人技术在智能化与集成化方面的特点,为机械设计与制造行业带来了深刻的影响,进一步推动了行业向智能制造的转型。

智能化是指机器人技术通过集成先进的传感器、人工智能算法和大数据分析等技术,实现对环境的感知、决策和学习能力的提升。在机械设计与制造领域,这种智能化使得机器人不仅能够执行预设的任务,还能根据生产环境和过程中发生的变化做出相应的调整或决策。例如,通过装配视觉识别系统的机器人可以实现对工件的自动识别、定位和质量检测,当检测到生产异常时,机器人能够即时调整作业策略或者向操作员发出警报,从而保证生产过程的稳定性和产品质量。

此外,借助人工智能算法,机器人还能通过持续学习优化其操作程序,以适应复杂多变的生产任务,这显著提高了生产的灵活性和效率。集成化则体现在机器人技术能够与其他工业自动化系统和信息技术系统无缝连接,形成一个高效、智能的生产系统。在现代制造业中,机器人技术往往不是孤立运用的,而是作为整个生产系统的一部分与计算机辅助设计(CAD)、计算机辅助制造(CAM)、企业资源规划(ERP)系统等集成使用,实现从设计到制造再到物流管理的全流程自动化和信息化。这种集成化不仅大大提高了生产效率,还增强了生产过程的可控性和透明度,使企业能够更加灵活地响应市场变化,提高了市场竞争力。

## 2 机器人技术在机械设计中的应用

### 2.1 设计辅助系统

机器人技术在机械设计中的应用，尤其是作为设计辅助系统的一部分，已经成为推动设计效率和创新能力提升的关键因素。设计辅助系统通过集成机器人技术，可以实现更加高效、精准的设计流程，为设计师提供了一个强大的工具，以应对日益复杂的设计需求。首先，机器人技术在设计阶段的应用，使得设计师能够利用机器人进行自动化的设计草图绘制、模型构建等初步设计工作，这不仅大大节省了设计时间，还提高了设计的精确度。例如，利用机器人自动绘图系统，可以根据设计参数快速生成设计图纸，减少人为错误，提高设计效率。其次，设计辅助系统还可以利用机器人进行复杂组件的装配和测试，这在设计复杂机械产品时尤为重要<sup>[1]</sup>。通过模拟真实的装配过程，设计师可以及时发现设计中可能存在的问题，如接口不匹配、结构稳定性不足等，从而在产品投入生产前进行必要的调整，降低返工率和成本。此外，机器人技术还支持高度定制化的设计需求。在传统设计流程中，针对特定客户的定制化设计往往耗时长、成本高。而机器人技术的应用，通过灵活调整设计参数和自动化生产流程，可以快速响应个性化设计需求，提供更加多样化和个性化的设计方案。

### 2.2 模拟与仿真

机器人技术在模拟与仿真方面的应用，为机械设计提供了强大的验证手段。通过高度精确的模拟和仿真，设计师能够在虚拟环境中测试和分析设计方案，预测产品在实际使用中的表现，从而确保设计的可行性和可靠性。首先，机器人技术可以协助进行动态仿真，通过模拟机械部件的运动学和动力学行为，评估设计方案的性能。这种仿真不仅包括机械运动的模拟，还能模拟负载条件下的应力、变形等参数，为设计优化提供科学依据。其次，模拟与仿真还可以应用于产品的整体性能评估，如耐久性测试、环境适应性分析等<sup>[2]</sup>。通过这种方式，设计团队可以在不制造实物原型的情况下，对产品的长期使用性能和可靠性进行全面评估，显著降低了研发成本和时间。最后，模拟与仿真技术还支持多学科的综合分析，如将机械、电气、控制等不同领域的设计参数整合在一起进行仿真分析，这对于复杂系统的设计尤为重要。这种跨学科的仿真分析，可以揭示不同系统间的相互作用和影响，确保整个系统的协调性和高效性。

## 3 机器人技术在机械制造中的应用

### 3.1 加工自动化

#### 3.1.1 高精度加工

高精度加工是现代制造业追求的重要目标之一，机器人技术的应用使得这一目标的实现变得更加可行。机器人具有稳定的操作性能和高重复定位精度，通过精确控制加工路径和速度，能够实现对材料的精细加工。此外，机器人系统通常集成有高精度的传感器和视觉系统，这些系统可以实时监测加工状态，确保加工过程中的每一步都能达到预定的精度要求。在微小零件的加工或者是需要极高表面光洁度的应用场景中，机器人技术展现出了其无可比拟的优势。例如，在半导体行业，机器人被广泛用于晶圆的打磨和抛光过程，通过精确控制加工力度和速度，确保晶圆表面的平整度和清洁度满足极高标准。

#### 3.1.2 复杂形状加工

复杂形状加工是传统加工技术面临的一大挑战，而机器人技术的灵活性和多轴工作能力为解决这一问题提供了有效途径。机器人能够执行多角度、多方向的操作，配合先进的计算机辅助设计（CAD）和计算机辅助制造（CAM）软件，可以精确地加工出复杂的三维形状。在航空航天、汽车以及模具制造等行业，对复杂曲面和非标准形状的零部件需求日益增长。利用机器人进行这些复杂形状的加工，不仅可以提高加工效率，还能保证加工质量。例如，机器人可以在单一的设置中完成多个加工步骤，如切割、打磨和抛光，这大大缩短了生产周期，降低了生产成本<sup>[3]</sup>。

### 3.2 组装自动化

#### 3.2.1 精密组装

精密组装主要涉及小型零件的高精度定位和固定，这对操作的精准度和稳定性提出了极高要求。机器人技术以其卓越的重复定位精度、灵活的操作能力和可编程性，在精密组装领域展现出巨大优势。首先，机器人能够实现高精度的动作控制，配合先进的视觉识别系统，可以精确识别零件位置和方向，实现微小零件的快速而准确的装配。这在电子行业的芯片安装、手机和计算机组装等领域尤为重要，这些领域的产品对组装精度有着极高的要求。其次，机器人还能够通过灵活的编程，适应各种复杂的组装任务。在许多情况下，精密组装过程需要在特定条件下进行，如在无尘室或特定气氛环境中。机器人可以被编程以在这些特殊环境下操作，保证组装过程的质量和安全性。此外，

机器人技术的应用还显著提高了精密组装的效率。通过自动化的流水线，机器人可以连续不断地执行组装任务，大幅度减少了人工操作所需的时间和成本，同时也降低了因人为错误导致的废品率。

### 3.2.2 大型设备组装

与精密组装相比，大型设备组装涉及的零部件更大、更重，组装过程更加复杂和多样。机器人技术在这一领域的应用，不仅提高了组装效率，还确保了组装过程的安全性和可靠性。首先，大型设备组装常常需要在特定的顺序和位置进行多个重量级零部件的搬运和固定。机器人具有高负载能力和多自由度的操作特点，可以精确地进行大型零件的搬运和定位，确保组装的精确性和效率。其次，对于一些特殊要求的大型设备组装，如航空航天器件的组装，需要在严格控制的环境和精确的操作下进行<sup>[4]</sup>。机器人可以通过精确的编程，执行复杂的组装程序，满足特殊环境下的组装要求。此外，机器人技术的应用还极大地提高了大型设备组装的安全性。在传统的人工组装过程中，大型零件的搬运和固定往往存在安全风险。机器人的使用，可以有效避免人员直接参与高风险的操作环节，降低了工作人员的伤害风险。

## 3.3 检测与质量控制

### 3.3.1 自动化检测

自动化检测通过使用机器人技术来自动执行检测任务，可以大幅提高检测的速度和精度。机器人可以配备各种传感器和检测装置，如视觉系统、激光扫描仪、力感传感器等，以适应不同类型的检测需求。首先，机器人技术在视觉检测中的应用尤其广泛。通过高精度的摄像头和图像处理技术，机器人可以快速识别产品上的缺陷，如划痕、裂纹、不良焊点等，甚至可以达到肉眼无法识别的检测精度。这种检测方式不仅效率高，而且避免了因人工疲劳导致的检测遗漏。其次，机器人还可以进行三维尺寸测量。通过激光扫描或其他非接触式测量技术，机器人可以对产品的尺寸和形状进行精确测量，确保产品符合设计规范。这种方法特别适用于复杂几何形状的零件检测，能够有效提高测量的准确性和重复性。此外，机器人的灵活性和可编程性使得自动化检测系统可以轻松适应多样化的产品和变化的检测要求，极大地提高了生产线的灵活性和适应性。

### 3.3.2 实时质量监控

实时质量监控是指在生产过程中持续监控产品质

量的过程，它要求检测系统能够即时反馈检测结果，并根据结果调整生产参数，以确保产品质量。机器人技术的应用使得实时质量监控成为可能。首先，通过集成高精度的传感器和实时数据处理系统，机器人可以在生产过程中持续监测产品的质量状态。例如，在自动化装配线上，机器人可以实时检测装配过程中的力度、位置等参数，一旦检测到异常，即可立即调整操作或报警，避免产生更多的不良品。其次，机器人技术的应用还支持生产过程的自适应调整<sup>[5]</sup>。通过实时分析检测数据，机器人可以自动调整生产参数，如改变加工速度、调整装配压力等，以适应产品质量的变化，确保最终产品的一致性和稳定性。此外，实时质量监控还有利于生产过程的优化和改进。通过收集和大量的生产和检测数据，企业可以发现生产过程中的潜在问题和改进空间，进而优化生产流程，提升产品质量。

## 4 结论

机器人技术在机械设计与制造领域的应用已经展现出巨大的潜力和价值。通过高度自动化与灵活性、智能化与集成化的特点，机器人技术不仅优化了设计和制造流程，提高了生产效率和产品质量，还为企业提供了强大的竞争优势。在设计阶段，机器人技术的应用使得设计更加高效、精准，支持复杂产品的快速开发；在制造过程中，无论是高精度加工、复杂形状的加工，还是精密组装和大型设备组装，机器人技术均能提供有效的解决方案。此外，自动化检测和实时质量监控进一步保证了制造过程的稳定性和产品的可靠性。

## 参考文献:

- [1] 杜民生,白兴东,周璋鹏,等.机械智能辅助带电作业关键技术与作业机器人设计[J].广东电力,2023,36(12):57-62.
- [2] 李款,许文正.自动化技术在机械设计中的应用[J].农机使用与维修,2023(09):79-81.
- [3] 李良,冯基钛,刘炜.人工智能在机械设计制造及其自动化中的应用[J].造纸装备及材料,2023,52(05):146-148.
- [4] 窦小刚.人工智能技术在机械设计制造中的应用[J].公关世界,2022(12):57-58.
- [5] 周莉萍,李召.机械结构设计技术与流程:《工业机器人机械系统》[J].铸造,2022,71(01):122.

# 大数据技术在电力系统中的应用研究

焦海莹

(国网陕西省电力有限公司西咸新区供电公司, 陕西 咸阳 712000)

**摘要** 电力行业是一项重要的公共事业, 它是支持现代化建设的一项重要工作, 必须跟上时代的步伐, 对其发展方式进行持续的优化和创新, 并利用信息技术来促进电力企业的创新发展。加大对电力系统大数据的利用, 使电力系统成为一种安全可靠、清洁高效的现代化能源, 这将有效地提升电网运行的效率与总体水平, 推动我国电力行业的快速发展。基于此, 本文对集成大数据的特征以及有关的技术进行了分析, 以期对推动大数据技术在我国的应用有所裨益, 从而使我国的电力事业得到更好的发展。

**关键词** 大数据技术; 电力系统; 集成管理技术; 数据分析技术; 数据处理技术

**中图分类号**: TM76

**文献标志码**: A

**文章编号**: 2097-3365(2024)05-0019-03

在我国电力事业发展过程中, 大量的新技术逐步被采用, 从而推动了我国电力事业的快速发展。同时, 通过构建智能电网, 将电力生产、销售和服务过程中产生的大量数据信息进行有效的利用, 从而提高电网的运行与管理水平。想要真正地提高资料分析与处理的效能, 就必须强化资讯科技的应用, 才能有效地克服传统方式的弊端。在提升资料处理效率的同时, 不仅可以提高数据的处理效率, 而且可以有效地提升过程中的代表性与时效性, 为决策者做出更加全面的决策提供相关的数据支撑。在这种情况下, 不管是落实国家的政策需求, 还是企业追求长远发展, 都必须对电力工业大数据的构建与应用给予足够的关注, 持续提升企业的经营能力与产业竞争力<sup>[1]</sup>。

## 1 电力大数据的概念

在传统的计算机技术中, 虽然能够在很短的时间内收集到大量的数据, 但却很难用成熟的软件技术来完成。在这样的背景下, 海量的数据为数据处理技术带来了新的挑战, 急需新的技术以适应目前电网对数据规模和处理时效性的要求。与计算机科学中已知的其它类型大数据相比, 电力大数据具有更大的弹性, 但目前尚无统一的规范。大数据在电力系统中的应用涉及数据的存储、管理、处理、分析, 以及对商业趋势进行预测、数据价值挖掘等方面。

## 2 电力系统中数据的特征和主要类型

### 2.1 电力系统中数据的特征

大数据是一种规模庞大的数据, 其获取、存储、管理和分析能力远远超过了传统数据库, 其特点是数

据规模巨大、流转速度快、种类繁多、价值密度低, 不但可以在海量数据的情况下, 还可以在指定的时限内获得完美的信息。考虑到电力企业的经营状况, 在电力系统中运用大数据技术, 它的核心是利用数据挖掘技术, 对电力工业的未来业务进行预测, 并集成数据计算、集成和存储等功能, 归纳出一套适合当前和将来的新的管理方式, 既能推动电力事业的发展, 又能有效地提升电网的内部管理水平。大数据具有以下几个显著特征: 第一, 体量大, 即各个行业的数据增长速度远远超过了预测; 第二, 数据种类繁多, 以半结构化与无结构化为主; 第三, 速度快, 就是对电网数据的采集、分析、处理技术的速度要尽可能的快; 第四, 安全, 无论在数据采集、处理、调用、分析等多个方面, 都要确保数据没有损耗, 确保数据的品质, 确保数据在各方面的安全, 对数据进行集中管理, 避免数据的遗失带来严重的后果<sup>[2]</sup>。

### 2.2 电力系统中数据的类型

电力系统数据主要有四类:

1. 基础类数据: 这种类型的数据是指与电力装置如变压器和发电机有关的数据, 根据电网的实际情况, 对基础数据进行规划和管理, 同时, 对电网进行实时的数据更新, 确保调度中心能够根据最新的数据做出正确的决策。

2. 实时数据: 这些数据是在整个电网运行期间产生的, 对大量实时数据的需求, 要求有大量的内存空间, 以实时的方式来反映电网的运行状况。

3. 日常管理数据: 这种类型的数据, 基本上都是由各个部门汇总后, 经过处理后的电力系统数据。在

特定的区域内生成了日常的管理数据,通过构建共享平台,可以对电力设施的运行状况进行实时的反馈,从而使电网内的各个部门能够获得所需要的数据资料,从而方便各个部门开展下一步的工作。

4. 外部数据:这些数据大多是在其他与电网相连的电网中生成的,其中包括物联网、一次能源网、Internet等。这些数据对电网的正常运营、维修都有很大的影响。例如:气象气温的改变会对风电、光伏电站造成影响,从而改变电网的运行计划。因此,在电网运行过程中,将这些外部信息综合起来,可以帮助调度人员作出更加综合的决策。

### 3 电力大数据的关键技术分析

#### 3.1 集成管理技术

构建在智能电网基础上的大数据平台,它具有丰富的信息存储能力,特别是在实际工程中,它可以将大量的信息直接传送给电网,提高了数据收集的效率。其中涉及的主要技术有:电网运行管理、数据信息管理、大数据分析应用等,通过对这些资料的分析与处理,可以进一步提高综合管理的水平<sup>[3]</sup>。

#### 3.2 数据分析技术

利用数据分析技术,可以使电力系统分析出海量的信息,经过分析,可以获得更有针对性的技术资料,从而使信息处理过程更加科学。以电力企业为例,要想提高其内部的竞争力,提高其经济效益,就必须制定出相应的措施,而这一措施的效果如何,直接关系到电力行业的发展。众所周知,德国是世界上先进的数据分析国家之一,德国利用更多的太阳能,将多余的电能输送给电网,为国家带来更大的经济效益。

#### 3.3 数据处理技术

面对海量数据,必须先将其归类,以便高效地处理海量数据。与传统的资料处理方式相比,对资料进行人工处理,不但需要大量的材料和人力,数据的分析效率也会大幅度下降,因此,要采用数据处理技术在相应的文件中录入分类后的数据,这样做不仅提高了原始数据的存取路径,提高了数据的利用效率,而且在并行式的数据库建设中,数据的装载效率得到了极大的提高,确保了可以进行实时的数据查询。

#### 3.4 数据存储备份技术

大数据背景下,电网海量数据的高效存储需要具备良好的数据存储备份能力。同时,它还具有自我修复功能,可以对系统平台中存在的问题进行处理,既可以使智能电网体系更加健全,又能够保证数据的完整性

以及智能电网的完整性,增强电网的运行可靠性<sup>[4]</sup>。

### 4 大数据在电力系统中的应用

当前,随着智能电网的逐步建成并逐步投产,电网将产生大量的数据,为使其更好地发挥其功能,必须将大数据技术引入电力系统中,以实现对其进行有效的处理与利用。大数据在电力系统中的应用具有以下特点。

#### 4.1 在谐波治理中的应用

电网运行中不可避免地会产生谐波问题。但是,由于电网中存在着大量的谐波,因此,利用大数据技术可以有效地缓解这些问题。大数据技术能够对数据进行分析、处理,通过对谐波的探测,找出其发生地点及成因,然后再采取有效行动,抑制谐波的生成,以降低电网中的谐波干扰。

利用大数据技术进行谐波治理,对谐波成因进行剖析,并对其定位,是基于大数据的谐波治理理论,其详细步骤如下:(1)员工们利用Apriori数据挖掘算法,确定谐波故障的成因;(2)在明确产生谐波问题的原因以后,就可以针对这些问题制定相应的处理方案;(3)工作人员可根据电网的实际情况,制订相应的控制措施。如此一来,可有效地提高谐波处理的效率。系统能检测出有关装置的谐波信号,也能检测出有关设备的电压状况,并以大数据为基础,对数据进行初始化的处理,同时对采集到的数据进行分析,并进行装置及调和点可信度的输出。选取具有较高置信度的器件,确定其为置信点。再将其电压值、电流值等数据收集起来,再通过谐波检测算法对其进行检测,在上述过程中,将其按次序排列,选出最符合谐波成因的方案,供工作人员参考。利用大数据技术进行谐波治理,不仅可以提高检测结果的精度,而且可以确保病因的准确定位。

#### 4.2 在电力规划中的应用

目前,供电计划服务已成为供电公司的一项重要业务,随着开发的进行,产生了海量的TB级别的数据,对电网数据处理能力的提高提出了更高的要求。对此,在电力计划中应采用大数据技术,以保证下面的一些功能:(1)当前,用电规划服务已经成为电力企业的一种重要服务,其规模巨大,TB级数据量巨大,迫切需要提升电力系统的的历史数据处理能力。为了实现以下几个方面的功能,需要将大数据技术应用到电力规划中:(2)综合考虑历史用电、人口、经济发展、工业及用电面积等数据,对本地区未来一年用电进行合理预测;

(3)对多个指标的相关性进行了分析。运用大数据技术,促进电网与其它系统之间的互联互通,如:运用大数据技术,促进电网与地理信息系统的互联,实现电网在运行中对数据的要求,并通过合理使用各种指标,保证电网运行的品质<sup>[5]</sup>。

#### 4.3 在系统建设管理中的应用

电力系统每年参与的工程数量多达 3000 多个,但是,因为电力系统的数据存储能力非常有限,只能存储一小部分的数据资料,而且数据的类型只有文字和图片,不能存储视频,这是因为这种文件占用的空间比较小,便于存储。这一状况的发生,使系统管理者对电力工程执行进程的理解变得更加困难,仅仅依靠文字、图像,系统管理者很难对有关信息进行全面的把握,加之缺乏自动分析与决策等功能,使得工程施工管理水平很难提高。因此,有必要利用大数据技术来促进基础设施建设和发展,其主要内容如下:(1)提高电网非结构性数据的存储能力,提高工程管理的精确度;(2)加强电网现场监测工作的频次;(3)增大储能容量;(4)对电力系统进行改进,提高其对非结构性数据的分析与处理能力。

#### 4.4 在电力系统故障预测中的应用

当前,电力系统中的数据量急剧增加,传统的数据处理模式已不能满足其对数据的处理要求,从而制约了数据的实时性。因此,在故障预报系统的设计中引入大数据,这样就能提高资料的处理效率。

1. 数据处理流程符合分散式系统架构之特征。该方法为大规模数据的处理提供了一种行之有效的方法。在处理数据时,要用到操作软件及储存软件。同时,为了节约建造存储集群的费用,也需要使用分布式存储系统。决策者与数据分析平台是决策者与数据分析平台的重要组成部分,它能够有效地分解数据,提高工作效率。支持层实现了数据的挖掘与存储<sup>[6]</sup>。数据层主要负责对数据进行采集、传播、分析和处理。

2. 故障预报是建立在大数据技术基础上的一个故障预报系统,它需要收集、分析现场的数据,然后把分析的结果上传到主站,可以采取主动或者查询的方式。在系统中,存在着许多子站,每个子站都会将数据信息上传到主站,因此主站可以完整地接受来自各个子站的数据,并由主站进行分析、处理。通过对采集到的数据进行预处理,可以去除掉不需要的数据,为主站的分析与处理提供了方便。这样就可以监测到电力系统的内部数据变化,一旦出现异常,就可以找出原因,进行有效的处理<sup>[7]</sup>。

3. 预测风电功率。大量的风电并网已成为制约我国电网安全稳定运行的重要因素,而利用风电功率预测技术可以有效地解决这一问题。由于风力发电具有随机、波动性等特点,因此需要海量历史数据来支持风电功率的预测,这些数据主要有风机机组、地形地貌、风电场实时及历史出力、实时及历史风速观测数据等。由于存在着海量的历史数据,因此,在这种情况下,有必要构建一个可靠的风力发电预测模型,通过选取不同的时间尺度,并考虑到实际的工程需要,对风力发电进行各种预报,以获得更为准确的预报效果。

## 5 结束语

在电力企业的发展进程中,要强化大数据在电力系统中的运用,要对其进行集成开发,解决其发展中遇到的一些问题,从而实现智慧电网的全方位提升。在电力企业的发展进程中,利用大数据技术,可强化对电网数据的分析和其他有关工作,结合电网数据的特性,为全球能源互联网的发展提供支持。因此,在电力系统的发展进程中,要将大数据技术的实际运用到实际当中,将大数据技术运用到电网的变革与发展当中,使电力企业的发展符合社会发展的需要,从而对国家的电力事业起到积极的推动作用。

## 参考文献:

- [1] 朱清,阮睿,蔡鹏程,等.大数据技术在电力系统中的应用现状与展望[J].集成电路应用,2023,40(08):266-267.
- [2] 余入丽,刘海艳,马先平,等.云计算下电力信息系统数据安全技术分析:评《电力大数据应用工程技术原理与案例分析》[J].现代雷达,2021,43(09):后插5.
- [3] 刘晟源,章天晗,林振智,等.数据赋能低压配用电系统精益化运行的关键技术与算法[J].电力系统自动化,2023,47(03):187-199.
- [4] 宋雨露,樊艳芳,刘牧阳,等.基于 SC-DNN 和多元数据融合的新能源电力系统状态估计方法[J].电力系统保护与控制,2023,51(09):177-187.
- [5] 郑秀杰,吴宁,张国洲,等.协同电力系统仿真平台的混合仿真技术研究及应用[J].电测与仪表,2023,60(03):86-91,135.
- [6] 蔡文婷,方文崇,朱文,等.基于 CIM/SVG 的电力系统图模数据融合技术[J].沈阳工业大学学报,2023,45(06):656-660.
- [7] 马玉玲,李朝祥,曹中枢,等.基于数据融合技术的电力系统鲁棒动态状态估计方法[J].智慧电力,2023,51(10):78-84.

# 电气工程自动化技术在机械设备中的应用

冼军成

(广西北港新材料有限公司, 广西 北海 536000)

**摘要** 我国经济和社会不断发展,在现代生产工业中,越来越多的生产领域开始使用电气工程自动化技术。电气自动化技术的不断提高,给工业生产带来了巨大的生产力变革。电气工程及其自动化能实现智能化生产,取代传统人工的生产,使得生产效率得到了极大的提高。电气工程自动化技术在机械设备中的应用不仅能够降低机械设备的故障率,提高整体机械运行的安全性,还可以推动机械设备行业的发展。因此,电气自动化技术在工业生产机械设备中的应用也越来越广泛。

**关键词** 电气自动化技术; 机械设备; 智能控制技术; 自动仿真技术; 动态监控技术

**中图分类号**: TM76

**文献标志码**: A

**文章编号**: 2097-3365(2024)05-0022-03

目前,我国自动化技术在机械设备中的应用研究相比于西方发达国家,还在起步阶段。我国在电气工程自动化技术方面研究的科技化水平还有所不足,电气自动化技术和机械工程相结合的运用还不够完美,接下来我国在该方面的研究会继续加大力度,目前我国需要攻克的一个难题就是如何在机械工程中良好地应用自动化技术,这是对目前我国技术人员最大的一个挑战。<sup>[1]</sup>研究电气工程自动化技术在机械设备中的应用,主要通过研究目前机械设备中所采用的电气工程技术类型,以及电气工程技术投入机械设备中带来的生产力变革。如电气工程自动化技术在冶炼生产设备中的具体应用,电气工程自动化技术给轧钢机械设备日常使用带来的巨大进步等。在科技不断进步发展的今天,电气自动化技术的进步给社会生产力的提高带来了许多信息技术和智能技术的提升,很多传统机械生产设备逐步向智能化生产机械设备转型发展,这是生产的进步,也是社会的进步。<sup>[2]</sup>研究电气自动化技术在机械设备中的具体应用能让我们更好地了解目前机械设备智能化发展方向,也为今后如何更好地改善机械设备的性能,提升机械设备的整体运行效率带来新的发展方向,为我国今后自动化技术的进一步提高带来科学技术创新的新力量源泉,具有重要的理论指导意义。

## 1 电气自动化技术特点及主要技术设计

### 1.1 电气自动化技术特点

电气工程及其自动化技术是一门帮助各机械设备提高利用率的高科技技术,不仅可以带动机械设备整

体水平的向前发展,同时电气工程自动化技术以其特有的技术优势也在机械设备领域广受欢迎。因而该技术又可称为一项综合强大的多功能技术的集中体现,它是集计算机技术、互联网技术、电子技术以及机械技能化技术多项技术于一身的基础上得以实现并发展的。<sup>[3]</sup>因此,在多项技术的加持下,电气工程及其自动化技术的优点就是:综合能力强、应用涉及广,缺点即依赖性较强。鉴于其强大的优点,电气工程及其自动化技术的应用使得各企业电力系统总体工作效率与工作质量得到明显的提升,大大降低了员工的劳动强度,从而优化了电力部门对其设备的日常管理。随着该项技术应用范围与领域的不断扩大,电气部门也需加快实现下一步改革。电气工程及其自动化技术自诞生应用以来,为人们的生产和生活带来了极大的便利,特别是电力企业部门的日常生产控制,在电气工设备日常管理与维护方面都取得了不错的使用效果,接下来该项技术的应用将继续为保障生产运行和有效控制方面提供更有力的支持。

### 1.2 电气自动化技术的主要技术设计

#### 1.2.1 智能控制技术设计

在电气工程自动化技术中加入智能控制技术,不但可以提高整个控制的灵敏度,智能控制技术的引入还可以让整个电力系统注入新的技术活力,稳定性和安全性得到了更大的保障。尤其是PLC设备中通过引入电气工程自动化智能控制技术,使得PLC在操控上实现了新型智能化与便捷化,在线编程的智能控制,让电气系统智能模块部分实现了远程编辑功能,同时

通过在线远程控制，对相应的系统实施单机控制或者分布式控制、集中化控制。

### 1.2.2 自动仿真技术设计

电气工程自动仿真技术设计的要点是解决大量数据引起的信息处理缓慢的问题。由于在电力系统运行时不断接收信号，输送数据，难免会出现偶尔信息堵车的情况。此时通过自动仿真技术的设计的引入，将大大提高数据信息的传送率，并对相关数据信息进行及时、高效的处理。一旦遇到系统故障，在仿真环境下通过模拟该故障信息，就可以快速通过仿真环境支撑下的分析，迅速找到发生故障的实际位置以及对发生故障的原因类型进行针对性处理，有效地节省了故障查找的难度和提升了故障处理的效率，提升了电力系统的持续稳定性。这种自动仿真技术的设计与实现，在电力系统工作中发挥了越来越重要的作用。

### 1.2.3 动态监控技术设计

在电气自动化技术中融入动态监控技术，可以实时对整个电力系统进行查看。电气工程中的动态监控技术设计和一般的监控技术有所不同，电气自动化工程中的动态监控技术，通过实现融合 GPS 技术和 SCADA 技术，在系统运行时，在这两项技术的支持下，可以对电力系统进行及时的实时监控，不仅确保了系统的安全稳定运行，同时也让整个电气系统质量得到有效的保障，确保人们生产与生活尽量不受影响。

### 1.2.4 节能技术设计

电气自动化控制的节能技术设计主要体现在 PLC 控制系统上，为了实现保护环境，节约能源的目标，通过 PLC 控制器来实现分时段用电控制，结合智能控制技术的识别，当系统处于低压负荷状态时，为避免空载运行带来的损耗，节能技术设计可以帮助实现节能开关设计，多台供电和单台供电模式随工作需要自由转换，实现真正的智能化节能。

## 2 电气自动化技术在机械设备中的实际应用现状

### 2.1 电气自动化技术在冶炼生产设备中的运用

在炼铁生产设备中引入电气自动化控制技术，不但可以改善各个部位的工作性能，还可以对系统设备进行优化，让整个设备在自动化状态下完成工作，提升了设备的精准度和工作效率，优化了整个传输系统，使得炼铁高炉整体工作性能得以提升的同时，也推动了炼铁高炉往自动化方向发展。借助计算机系统，还可以在自动化管理过程中实现智能化发展，保障了设备稳定性运营，进而从根本上提升整个炼铁高炉的工作生产效率。<sup>[4]</sup>

### 2.2 电气自动化技术在轧钢机械设备中的运用

全球一体化经济的实现带动了冶金炼钢行业的蓬勃发展，此时电气自动化技术也悄然被应用到轧钢机械设备中，为提高轧钢效率与钢板尺寸精度的后方支援提供技术支持。具体表现在，传统的轧钢机械设备因结构复杂、操作繁琐且工作效率低下，无法满足快节奏的现代轧钢生产速度需求。为了进一步解决轧钢产品尺寸繁多以及尺寸精度要求高的需求，因此在轧钢机械设备中加入电气自动化技术，很好地解决了这一难题。电气自动化技术融入轧钢轧辊和压力传输机械设备中，使得轧钢机械设备性能得到了很大的提升，不仅节省了人力和物力，还进一步提升了轧钢工作效率与质量，使得轧钢控制更加准确、简单，既缩短了钢坯轧制时间，提升了轧钢行业竞争力，又使得炼钢行业越来越发展强大。

### 2.3 电气自动化技术在电力机械设备中的应用

经济的快速发展，离不开电力的支撑。现如今各行各业对电量需求不断增加，因此，供电部门在面临前所未有的供电压力的同时，确保电力系统持续稳定供电是“头等大事”。为保障电力机械设备能够持续稳定运营，就要在供电系统中降低控制系统的“故障率”。控制系统是整个电力系统的“大脑”神经系统，负责对整个电力系统的指挥工作。将电气自动化技术运用到电力机械设备中，就是通过软件和硬件系统的有效结合，即通过借助计算机网络系统、中心服务器、显示器及其他工作站相关设备，在供电系统中的变压器设备引入自动化技术，从而实现对电力系统的监控与调度，并根据智能化数据筛选实行自动化电力供应服务。供电系统的自动化确保了整个电力的稳定性，从而也保障了其他各行各业的正常发展。

### 2.4 电气自动化技术在变电站系统中的应用

变电站的供电给很多依赖于机械设备生产的企业提供了基础电力保障，比如在高炉炼铁过程中，供电系统就发挥着重要的支撑作用。通过电气自动化技术的引入，高炉炼铁的效率得到了明显的提高。<sup>[5]</sup>同时，在变电站系统中，加入电气自动化技术，还可以通过远程操作的方式，提高该变电站系统中的数据信息处理效率，让整个变电站系统运行效率提高。特别是炼铁企业，通过变压器上进行自动化装置，很好地解决了因短路问题造成的变压器事故，同时在遇到短路接地事故以及电流危害时，变压器装置还可以智能化快速反应，将事故损失降到最低。微型 PT 机主要做保护

和监控使用,在电流不断切换时,可通过微型PT机对双母线进行分段接线处理,以此达到对并联母线的保护和监控作用,从而提高整个变电站系统的运行效率。

### 3 电气自动化技术在未来机械中的发展前景

#### 3.1 智能化与网络化方向发展

电气工程及其自动化技术的不断进步与提升,再加上网络化技术的普及与发展、智能化的不断提倡与应用,下一步,人们对电子自动化技术在机械中的应用要求将会不断面向智能化与网络化。这也就要求电气工程及其自动化技术在未来机械中的技术要求应该不断实现二者的同步优化,让机械设备中各个部件的使用能够在智能化与网络化中做到更便民化,不断提升机械设备的整体生产效率,为人们的生产和生活带来更大的改变。

#### 3.2 机电一体化方向发展

机电一体化已成为近年来我国机械设备行业发展的主流,相比于传统机电行业设备的生产,机电一体化不仅能提升机械设备工作性能指标,从而提高运行生产效率,提高生产量,快速帮企业实现经济效益的最大化,同时,电气自动化技术在机械设备中的结合使用,使得各机械设备零部件能更好地实现优势互补,传感器与传动系统以及各动力源能在有效连接的基础上实现生产价值的最大化,一定程度上帮助企业在激烈的市场竞争获得一席之地。

#### 3.3 结构设计标准化与模块化方向发展

为了更好地在机械设备生产中发挥出电气工程及其自动化优势,需要不断地推动整个电气自动化技术设计的标准化与模块化发展,以便各机械设备能在标准化与模块化中更好地互相配合、相互促进,提高整个生产的质量水平和生产效率。此外,电气工程及其自动化技术在未来的结构设计标准化与模块化方向发展中能更好地激发各机械设备最优承载度,提升整个机械系统的运行能力,为今后机械化作业生产水平的提高奠定坚实有力的基础。

#### 3.4 低成本市场化方向发展

现如今激烈的市场竞争,优胜劣汰给企业带来了巨大的挑战和压力。企业要想在未来市场竞争中更好地获得一席之地,必须走低成本高质量生产道路。同样,电气自动化技术水平的普及,使得电气自动化技术被广泛应用于各大机械设备中,并使得各生产效率得到了明显的提升。因此,随着该技术的不断普及

与应用,走低成本市场化路线,特别是在关键技术水平的不断开发与改良中,需要更有创新化、专业化和市场化的自动化控制系统来不断改善整个机械设备的生产使用效率,用科技水平实现低成本高产能,用实力在市场化道路中不断赢得市场。

### 4 总结

随着经济的稳健发展和计算机技术的普及,电气工程及其自动化的应用越来越广泛,电气工程及其自动化技术在我国具有广泛的应用前景。然而,截至目前,我国在电气工程自动化控制技术方面的研究还存在很大一片的空白,当前的研究方向主要集中在电气设备监控管理和自动化运行两个方面,虽然这些技术给电气工程的运行和管理带来了一定的便利,但是部分技术人员对相关技术要点的掌握依旧不是很熟练,这就使得电气工程自动化管理的实现受到了阻碍。电气工程机械设备系统运行中的自动化技术控制是重点,其直接关系到机械设备的运行安全性。现如今,电气自动化技术在我们的生活中应用得越来越普遍,相信在该技术的不断推广应用下,会给我国未来机械设备中注入源源不断的发展与改革动力。科技的革命带来了一次又一次人类文明的进步,我国在大力发展和解放生产力的道路上,需要电气自动化技术带来的不断改革源泉与发展动力。针对现如今电气自动化技术在机械设备中的应用现状,下一步要提升电气自动化技术设计并做好技术优化,才能使得电气自动化技术在未来机械设备中具有更广阔的发展前景,以此更好地帮助我国突破和实现科技革命带来的各种机械设备使用的转型与应用,让我国生产力水平得到不断的提高。

### 参考文献:

- [1] 杨保中. 电气工程自动化技术在机械设备中的运用解析[J]. 山东工业技术, 2017(22):174.
- [2] 王善彪,朱晶晶,曾龙. 电气工程自动化技术在机械设备中的运用[J]. 科技创新与应用, 2017(12):53-54.
- [3] 陈轶. 电气工程自动化技术在船舶机械设备中的运用[J]. 科技创新导报, 2018,15(14):7-8.
- [4] 吕涛. 机械设备中电气工程自动化技术的应用[J]. 当代化工研究, 2019(06):188-189.
- [5] 彭正祥. 论电气自动化技术在机械设备中的应用[J]. 现代工业经济和信息化, 2020,10(09):54-55.

# GPS 和精密导线在轨道交通控制测量中的应用

郭玉波

(四川省交通勘察设计研究院有限公司, 四川 成都 610000)

**摘要** 轨道交通是现代城市中不可或缺的重要组成部分, 在轨道交通的建设和运营过程中, 精确测量和控制是非常重要的, 此时, GPS 和精密导线作为现代控制测量技术的代表, 已经被广泛应用于轨道交通的控制测量中。基于此, 本文从轨道交通控制测量出发, 先对精密导线测量概念进行论述, 随后阐述了线路 GPS 控制布设的技术和应用要求, 以供相关人员参考。

**关键词** GPS; 精密导线; 轨道交通; 控制测量

**中图分类号**: U12; P22

**文献标志码**: A

**文章编号**: 2097-3365(2024)05-0025-03

全球定位系统 (GPS) 是一种利用地球上的卫星进行定位和导航的系统, 能够提供高精度的位置和时间信息, 且 GPS 系统的测量精度可以达到几米甚至更高; 精密导线是一种利用线测量原理进行测量的技术, 它通过在轨道上铺设特殊的导线, 并利用测量仪器对导线进行测量, 可以获得高精度的位置信息。基于此, 本文对 GPS 和精密导线在轨道交通控制测量中的应用进行论述, 希望可以进一步增强轨道交通的安全性。

## 1 精密导线测量概述

精密导线测量是一种精确度要求非常高的导线测量方法, 因此, 在城市轨道交通工程平面控制网中, 精密导线测量通常用于建立二等控制网, 且与国家规范和城市规范四等导线相比, 精密导线测量技术要求基本一致, 但在导线总长度和导线边长上却有所缩短。另外, 精密导线网布设通常沿地铁线路方向进行, 并以附和导线、闭合导线或结点导线网的形式来呈现, 这种布设方式可以确保在不同区域测量结果保持一致性, 且能与现有城市坐标系统一致。

此外, 精密导线测量在建设工程中起着重要的作用: 其一, 它可以提供精确的空间坐标信息, 为工程的设计、施工和监测提供准确基础; 其二, 精密导线测量可以帮助确定地铁线路的位置和形状, 确保铁路和隧道的准确建设; 其三, 精密导线测量还可用于地形和土地测量, 以支持城市规划和土地管理。

## 2 线路 GPS 控制网

### 2.1 控制网布设

线路 GPS 控制网是在城市轨道交通工程中进行测量的重要工具, 用于实现精确的位置定位和导航, 而

在进行 GPS 控制网的布设时, 需按照一定的布网原则和步骤来进行, 此时, 应从整体到局部开展相应的布设, 进而确保布设控制点能覆盖整个轨道交通项目的范围, 在布设前需收集相关资料, 并进行现场探勘, 进一步了解项目建设区域的实际情况, 在这个过程中, 还需根据现场探勘和资料收集的结果, 结合国家控制网或平面控制网已有基础, 落实 GPS 控制网联测方案。

具体而言, 需满足以下几点要求: (1) 控制网内至少需要覆盖 3 个现有城市一等或二等控制点, 且这些控制点应均匀分布在控制网内, 对于不同线路交叉存在联络线的情况, 或者同一线路前的后期工程的相应衔接处也需敷设多个重合点, 如此, 方可确保精确测量的连续性。(2) 在非同步独立观测的过程中, 需借助非同步独立基线来设计闭合环或附合路线, 且所有闭合环或附合路线边数需高过 6 条以上, 与此同时, 控制网的布设也需在线路两侧并排进行, 此时, 控制点也需合理地布设在隧道的两侧出入口、竖井或车站附近, 且车辆段附近也需布设 3 个对应的控制点, 而相邻的控制点需符合通视需求。另外, 在布设控制点时, 应考虑到线路换乘站处及其他线路位置的布设, 以保证城市轨道交通项目的卫星定位控制网可以同城市轨道交通线路卫星定位控制网开展对应的平面衔接联系<sup>[1]</sup>。

### 2.2 GPS 控制网的选点

GPS 控制网的选点是 GPS 测量中非常重要的一项工作, 它直接关系到测量结果的准确性和可靠性。第一, 控制点需至少关联两个以上方向通视要求, 且在进行 GPS 测量时, 信号可以从至少两个方向到达控制点, 并持续提高测量结果的可靠性; 控制点选址应避免高层

建筑物、玻璃幕墙及多路径效应的影响；第二，高层建筑和玻璃幕墙会产生信号反射和折射，从而干扰测量结果。而多路径效应一般是信号在传播期间遇到障碍物后产生的干扰问题，针对这个问题，我们需要在视野极为开阔的地点开展相应的控制点布设工作；第三，控制点选址应考虑到能永久保存和施工便利的因素，避免受到施工机械的影响，同时，应参照施工全流程对控制点存在的影响问题进行后续工作，并明确方便施工的位置；第四，对于建筑物楼顶上的控制点，应选择联测极为便利的楼顶承重结构进行敷设；第五，为确保控制测量结果的精确性，要求控制点周围 200 m 内不存在无线电发射装置，并与高压输电线路保持 50 m 以上的距离，且在控制点高度角  $15^\circ$  以上，不可出现过多的障碍物，以避免信号的遮挡和干扰；第六，选定好点位后，需对已有的城市控制点进行稳定性和完好性的检查，在这个过程中，如果发现已有的控制点不稳定或者损坏，需进行修复或重新选取；第七，选定好点位后需在现场进行标记，并绘制略图，这样可以方便后续的测量工作，并提供对控制点的准确定位和使用。

### 2.3 GPS 控制网形

就核心城区轨道交通沿线而言，其 GPS 点间距或车站间距需控制在 1.5 km 以内，而精密导线的布设需附合在 GPS 网上，且呈现单一附合导线或少量结点附合导线形式，由于部分轨道交通沿线只有 GPS 骨架点，且这些骨架点的距离大都不小于 2 km，区间长度较长，而这些 GPS 骨架点区间通常采用盾构法进行施工，在这种情况下，精密导线可附合在 GPS 网骨架点上，成为有很多节点的主副导线。另外，GPS 控制网络是现代轨道交通测量中非常重要的一部分，此时，在关键位置布置 GPS 点，可以对轨道交通进行精准监测和测量，而在一些核心城区轨道交通线路上，由于车站密集，为更准确地掌握每个车站的位置和方向，每个车站附近都布设有一个 GPS 点，这样就可以通过 GPS 测量和水准测量来获得每个车站的坐标和高程等信息，用于精确的设计和施工，以实现高精度的测量。

### 2.4 涉及变量

在卫星定位技术中，基线长度是指两个相邻测量点的位置之间的距离，其中，基线长度精度表示卫星定位控制网的测量精度，通常用单位长度内的误差标准差来表示，在实际测量中，基线长度测量误差包括随机误差和系统误差，而随机误差是由于观测仪器、

观测环境等因素所引起的不可预知的误差；系统误差是指与观测仪器校准和环境条件稳定因素有关的误差，且系统误差通常是恒定的，可以通过仪器校准和环境调节等手段来进行补偿。基于此，为了保证卫星定位控制网的测量精度，需按照一定要求选择观测时段数，而观测时段数的选择是基于统计学原理来确定的，在此期间，根据统计学原理，观测时段数越多，测量结果越可靠，基线长度精度越高，但在实际测量中，观测时段数不能无限制地增加，因为观测时段数的增加会增加测量时间和成本，因此，需确定一个最少的观测时段数，最少观测时段数确定需考虑测量精度和测量成本。

### 2.5 基线解算

基线解算是大地测量领域中的一项重要任务，它用于确定不同测量点之间的距离和方位角，对于短基线，可使用双差固定解和双差相位观测值来进行解算。而对于长基线，一般可以从双差固定解和双差浮点解中选择最优结果。在进行卫星定位控制网基线解算时，可采用卫星广播星历来提供定位信息，其中，基线解算主要模型和参数会根据不同时段进行调整，在每个时段解算时，需考虑卫星截止高度角、采样间隔、观测组合方式等相关因素，且在此过程中不需要考虑其他卫星轨道误差，只使用固定 IGS 轨道数据即可，除此以外，在进行基线检核时要求所有外业观测数据必须经过重复基线、同步环和异步环的检验，这样可以确保解算结果的准确性和可靠性，基线解算成果可以为地质勘探、测绘制图、导航定位等领域提供测量基础。

### 2.6 GPS 测量平差计算

在进行 GPS 控制网平差前，需确保控制网中的基线、重复基线、同步环、异步环都解算合格。然后根据实际需要选定国家点或城市高等级控制点进行三维无约束平差，并对起算点的可靠性及精度进行检查分析，确定起算数据无误后再进行二维约束平差。最终建立项目独立坐标系时，首先应计算并判断国家标准 2000 平面坐标系是否满足每个控制点投影变形不大于  $1/40000$  的要求，在不满足要求的情况下选择合理的中央子午线和投影高建立独立坐标系<sup>[2]</sup>。

## 3 精密导线测量

精密导线测量是一种重要的测量方法，广泛应用于建筑、工程以及制造业等领域，为确保测量结果的准确性，规范规定了精密导线测量需按照一定的技术要求进行操作，精密导线测量方法包括：全站仪测量法、

激光测距仪测量法，而无论是在建筑、工程还是制造领域，精密导线测量的应用都具有重要的作用。与此同时，精密导线测量方法的基本步骤包括：

1. 准备工作：确定测量区段和时间，确保安全，清理测量工具和设备。
2. 安装测量设备：使用专业测量仪器将测量设备安装在轨道上，确保设备能够准确获取导线的位置数据。
3. 开始测量：根据测量设备的指示，按照预定的测量路线进行测量；测量过程中要注意操作规范，保持测量设备的稳定状态，减少误差。
4. 数据处理：将测量得到的数据进行处理和分析，生成测量报告，此时，报告应包含导线的几何参数和位置偏差等信息，以便后续修正和维护。

## 4 GPS 在轨道交通控制测量中的应用

### 4.1 精确定位

无论是城市地下铁道线路还是乡村铁路，GPS 系统都能精准地定位列车的位置和速度。在过去，运输管理人员需通过人工巡视或依赖其他传感器设备来监控车辆的运行情况，而有了 GPS 系统的支持，管理人员可以远程实时监控所有车辆的位置和运行状态，及时发现并解决交通拥堵、故障和事故等问题，从而保证轨道交通运行的安全性和流畅性。与此同时，乘客可以通过 GPS 技术在手机或导航仪上实时查看到达目的地所需的时间以及最佳路线，从而节约了时间和精力。另外，GPS 系统还能够为乘客提供列车到站时间、接驳交通信息等实用功能，让乘客能更加方便地规划行程，进而提高出行的效率和舒适度<sup>[3]</sup>。

### 4.2 线路规划和调度

利用 GPS 系统所提供的精准定位服务，轨道交通管理人员能准确了解车辆的实时位置和运行状态，且基于这些数据，他们能根据交通状况和乘客需求来优化轨道交通线路的规划，如在高峰时段分析实时车辆位置和拥堵情况，系统可以智能地调整公交车的行程路线，使得公交车更加高效地运行，减少拥堵问题，为乘客提供更舒适的乘坐体验。

另外，调度员可以实时查看车辆的位置、速度和运行路线，从而使得调度工作更加准确和高效，并根据实时数据来调整车辆的出站时间和站点到达顺序，确保车辆与乘客需求的匹配，最大程度地减少乘客的等待时间<sup>[4]</sup>。

### 4.3 实时监控和紧急响应

随着世界人口的不断增长和城市化进程的加速，

轨道交通的重要性愈发凸显，然而，随之而来的问题也随之增多，在这一背景下，GPS 在轨道交通中的应用主要体现在实时监控功能，此时，安装 GPS 设备在交通工具中，监控人员可以实时获得交通工具的位置信息以及运行速度等数据，如是否出现拥堵、超速或者停滞的情况。

另外，一旦出现交通事故或紧急状况，监控人员可以通过 GPS 设备快速定位交通工具的位置，并迅速通知相关救援人员前往现场，这种紧急响应机制可以极大地减少救援人员的反应时间，提高救援效率，并有可能挽救更多的生命，此外，GPS 定位还可以为救援人员提供实时导航信息，帮助他们快速到达目的地<sup>[5]</sup>。

## 5 精密导线在轨道交通控制测量中的应用

### 5.1 轨道测量和调整

精密导线可以用于测量轨道的水平和垂直位移，以确保轨道的准确性和安全性，根据测量结果，可以及时对轨道进行调整和修正，保证列车的平稳运行。

### 5.2 结构监控

精密导线可以用于监测轨道交通系统的地下隧道、桥梁、车站等结构的形变和变化，通过持续地监测和分析，可以及早发现和解决潜在的问题，确保轨道交通系统的安全性和稳定性。

## 6 结束语

GPS 和精密导线技术在轨道交通控制测量中的应用为城市轨道交通的安全和运营效率提供了重要支持，通过精准的测量，运营人员能够及时采取措施来解决问题，并提高运营效率和安全性，且随着技术的不断发展，这些技术的应用将会更加广泛，为我们的城市交通带来更大的便利和改善。

## 参考文献：

- [1] 苏涛,马全明,宋超.BDS 在城市轨道交通工程控制网测量中的应用实践[J].城市勘测,2023(03):128-131.
- [2] 张成志,刘晓晖,罗育荣,等.TD-LTE 系统新增 GPS 时钟源方案研究[J].铁道通信信号,2023,59(05):42-45.
- [3] 许家伟,吴迪军.城市轨道交通工程精密导线控制测量[J].城市勘测,2023(03):155-158.
- [4] 徐琳平.城市轨道交通施工控制网测量技术探究[J].智能城市,2018,04(08):129-130.
- [5] 孙颖慧.轨道交通精密导线边长改正研究[J].科技资讯,2017,15(33):57-58.

# 信息化管理在500 kV输电线路运行中的应用研究

杜 宪

(国网山西省电力公司超高压输电分公司, 山西 太原 030000)

**摘 要** 我国经济快速发展, 工业用电及生活用电需求越来越大, 这对供电企业的正常供电提出了更高的要求。如何保证电网的正常运行, 是电力企业亟待解决的问题, 因此, 对于复杂的500 kV输电线路, 需要更加合理、有效的管理, 在整个管理流程中都要采用智能化的数据分析方法, 通过大胆的创新才能实现快速的发展。文章通过500 kV高压输电线路的信息化管理, 对信息技术提高供电效率、供电质量的作用进行了深入的研究, 以为同行业人员提供参考。

**关键词** 信息化管理; 输电线路; 信息资料库

**中图分类号**: TM72

**文献标志码**: A

**文章编号**: 2097-3365(2024)05-0028-03

500 kV线路的安全运行是国民经济发展的有力保证, 但随着电网容量的增大, 500 kV线路数量的增多, 其运行维护等作业的安全需求也日益增加。充分发挥信息化建设在安全生产中的支撑和保障作用, 将三维地理信息系统、在线监测系统、智能巡检系统、检修现场远程指挥系统等应用到500 kV的输电线路上, 可为全面推进设备的状态维修、实现智能化提供可靠的保障。采用信息化技术对线路进行管理, 实现对电网的信息化管理, 可以更好地满足电网对供电质量的要求<sup>[1]</sup>。在理论层面上, 信息技术的运用是以输电线路的运行与调整为依据, 从而达到整个电网的合理布局。

## 1 500 kV输电线路的运行特点

### 1.1 输电容量大

由于传输功率较大, 单相单股 $300 \sim 400\text{mm}^2$ 的钢芯铝绞线已经不能满足负载流量的需要, 需要3至4股线构成三股或四股线, 构成各相的载流。采用多分支导线时, 可使多分支导线的固有功率增大, 有利于改善远距离输电线路的稳定运行。

### 1.2 供电可靠性高

输电能力越强, 对供电的可靠性就越高, 如果因为线路自身故障或其他外界因素而导致停电, 就会对一大片地区的工农业生产以及人们的日常生活造成很大的影响。为了提高电力系统的安全可靠性, 必须采取以下几项措施: (1) 在变电所的设计中, 应使用可靠的主干线, 如使用半开开关式总接线; 使用可靠的电

力设施, 使用先进、可靠的继电保护等。(2) 铁塔、地基的设计, 必须有足够的强度, 能够抵抗由外界天气变化而产生的各种力学载荷。例如结冰、高速风、温度变化等, 或因一种或两种不同的断丝而产生的机械应力改变。(3) 导线应具有适当程度的绝缘性能, 确保电线能经受运行过电压、雷击过电压和因污染绝缘子所造成的电强度下降, 为此, 必须对绝缘子的类型、数量、导线与塔体之间的最小间距进行合理的选择。

### 1.3 线路长

500 kV输电线路通常将位于偏远山区的水电(火电)电站的电能输送到负荷中心, 而高压输电正好可以实现远距离供电, 所以500 kV的输电线路通常都在200公里以上。线路长, 需要穿越的区域越多, 整个线路所要面对的天气、地形、地质情况也就越复杂, 这就加大了线路设计的难度, 也加大了线路本身的复杂程度<sup>[2]</sup>。

## 2 500 kV输电线路运行管理存在的问题分析

### 2.1 管理人员专业技能有待提高

500 kV高压输电线路的运营与管理, 是由众多奋战在第一线的专业技术人员与专业管理人员共同努力的结果。在电力系统中, 必须要有一批具备相应技术水平的人才, 才能有效地提升电力系统的信息化管理水平和质量。但是, 从当前的情况来看, 管理人员的素质普遍偏低, 如何将这些先进的管理手段运用到实际工作中去, 是一个很有挑战性的问题。与此形成鲜明对比的是, 随着我国电网的不断扩大, 为了适应国民

经济的发展和满足人民生活的需求，电力设备的更新也在不断地加快。在这个过程中，管理工作起到了至关重要的作用，起到了润滑剂的作用。因此，电力企业的整体素质的欠缺，自然会对我国输电线路信息化管理的发展造成极大的阻碍<sup>[3]</sup>。

## 2.2 输电线路管理不规范问题突出

在输电线路的运营管理中存在着一些较为普遍的问题，比如没有做好间隔的预留，对输电线路的布置不够注意等，这种不规范的做法，将会对后续的巡视和检修工作造成一定的影响，也会增加后面工作人员的专业作业的困难和不便。目前，电力传输线的规模不断扩大，其覆盖范围也在不断扩大。线路长度逐渐加长，不同的电线是不能接触的，否则会造成安全隐患。但在现实生活中，线路布置和间隔都不够大，容易造成线路碰撞，从而引发安全隐患。

## 2.3 输电线路检修以及运行人员的配合度不高

为了保证 500 kV 输电线路的正常运营和管理，维护人员和操作人员的协作和交流是必不可少的。只有两者的工作能很好地配合，才能保证电力系统的正常运转。但在实际工作中，两者因为各自的专长和工作性质的差异，使得两者之间的匹配程度比较低。操作人员对维修工作不关心，维修人员对操作工作也不关心，双方经常保持一种漠不关心的工作态度。交流的不畅通必然会削弱工作的效力，如果在合作中出现问题而引起了输电线路的运行，那么责任就很难确定了，同时也会降低员工的安全责任意识。

## 3 500 kV 输电线路运行信息化管理策略

### 3.1 加强对输电线路运行管理人才的培训

任何一个产业要做大做强，都离不开人才的培养与引进。首先，我们应该加强对这一领域的杰出人才的培训和介绍。要使 500 kV 线路达到稳定运行，就必须有大量的专业人员进行维修，才能确保线路的安全运行。输电线路维修人员除了要有专业的维修管理知识外，更重要的是要不断提高自己的专业素养。供电企业要拓宽用人渠道，充分发挥自身的发展潜力，积极吸纳各类专业人才。另外，企业还应定期举办培训讲座，邀请经验丰富的专业人士，为企业提供专业的指导<sup>[4]</sup>。同时，也要重视信息化管理者的专业进修问题，由单位给予一定的资助，加大对他们的培训力度，这对于提高整个管理水平是十分有利的。

### 3.2 进一步完善信息资料库

为了更好地实现 500 kV 输电线路的信息化管理，

必须建立健全和完善的信息库。它既是一种基础性的工作，又是一种贯穿于整个线路的关键工序。传统的巡视方法，通常是由检验员拿着纸和笔，一条一条地仔细检查。检查结束后，将记录整理成表格，根据缺陷进行分类、处理、验收等。这样的方法，不但检查的速度很慢，也无法确保检验人员认真地进行检查，另外，检验人员也没有对缺陷进行详细的说明。要想把线路故障探测到的数据和相应的故障分析相结合，就必须要有个详尽的信息库，并且和 GPS 技术相结合。同时，也要对这些原始资料进行整理，以便对以后的工作起到补充作用<sup>[5]</sup>。上述措施保证了检验结果数据的准确、安全，而且对任意记录的提取速度也有了很大的提升，利用这种技术，可以减少许多人为造成的误差，同时也可以节约工作时间，提高工作效率，具有较大的推广价值。

### 3.3 加强智能化管理平台建设

在现阶段，要使 500 kV 输电线路安全、高效地运行，最有效的方法就是对其进行管理。而这一切的前提，就是要有一个相应的智能管理平台。只要有一个好的智能管理平台，像 GPS、GIS 等高科技技术就能发挥作用。智能化的管理平台，不但可以很好地推动电力系统的巡检工作，而且可以让采集到的数据更准确，降低误报率。比如，将 GPS 技术应用到其中，就可以对每一条输电线路进行准确地定位，提高了输电线路的稳定性和可靠性，从而提高线路维修的效率和质量。

### 3.4 加强输电线路检修和维修工作力度

(1) 供电企业要定期巡视输电线路，对线路的运行状况进行详尽的了解，能够对线路故障的发生状况进行实时的掌握，从而更好地保证线路在运行中的安全稳定。如果在巡逻的过程中碰上了不好的天气，还可以利用现代的仪器，对这些线路进行巡视。通过定期巡视，可以发现并排除故障，从而提高电力系统的安全运行水平。(2) 为进一步提升故障诊断工作的效率与质量，必须对其进行优化升级。这就要求供电公司增加投资，紧跟科技进步，及时更新传输设备，提高其性能。另外，在施工过程中也要采用现代化的技术手段，如 PDA 与 GPS 定位相结合，可以大大提高施工效率与施工质量<sup>[6]</sup>。

### 3.5 致力软件的研发和应用

如何提高输电线路运营管理水平，这是有关部门一直在深思的问题。如果能把软件应用到管理当中，执行将更加方便、快速、实用。然而，信息软件的发

展还是要借助科学技术的力量,在设计之时,也要和整个管理系统的科技研发流程进行有机的融合,达到真正意义上的无缝管理。但是,在此软件的开发中仍需分为三级,而且在每个层次的设计中,必须对品质进行严格的保障。(1)其内在的设计是一种数据存储层的设计,其逻辑上则是一种数据库。这套系统的目的就是保证传输线的运行数据,同时,还可以有效地解决复杂数据的冗余性。(2)处理层设计,由于数据库中的数据在进行了各种查询和修正之后都需进行处理,因此,对于设备部件,处理层能够很好地为以后的维修提供有效的依据。(3)外层设计,即用户接口层的设计,以对重要数据的保护为主,同时还提供了编辑和修改的功能,给使用者提供了一个选项,以便于操作。

## 4 信息化管理系统在 500 kV 输电线路运行中的具体应用

### 4.1 三维地理信息系统

三维地理信息系统在 500 kV 输电线路的信息化建设中扮演着重要的角色。其工作机制主要是使用卫星和相应的三维造型软件,通过平视和俯视的视角,对输电线路和设备的操作状况和对应的空间分布进行浏览和观测。这样的三维图像的生成,可以很好地帮助管理维护人员进行日常的维护工作,同时,它能提供更加准确的信息,可以使检修工作的能力和水平得到极大的提高,真正达到 500 kV 输电线路管理的信息化<sup>[7]</sup>。

### 4.2 智能巡检系统

在信息化管理体系中,智能巡检系统具有独特的地位。智能化巡检是对常规巡检的一种革新,可以大大提高巡检的效率。巡查员在使用智能巡查员系统时,可以将 PDA 技术与之结合起来,保证巡视员的到位和巡视数据的准确性,代替了以往的手工巡检模式,为缺陷记录的工作进行提供了技术支撑,极大地减少了由于人为因素造成的误检问题。除此之外,在图像数据的集中共享方面,还需要进行技术上的应用,通过对数据的集中共享进行影响,可以用视频和图像记录 500 kV 输电线路铁塔的有关信息,这样就可以建立一个立体的视频数据库,在新员工的培养过程中,可以得到最大程度的使用,进而提升企业的人力资源管理水平。

### 4.3 检修现场远程指挥系统

该系统可通过指挥中心,对有关工作人员进行直接可视化,通过这种方式,可以对所有人进行远程控制,

同时也可以极大地提高反馈的效率。同时,该系统的人机交互特性也为后续工作的开展提供了便利。一方面可以减少由于维修过程中出现的一些特殊问题而带来的风险,另一方面可以对维修工作进行实时的引导,对维修工作进行风险评价。而且,录像也是为了证明自己工作流程的正确性。该系统一经投入使用,将会极大地提升企业的信息化管理水平和效果。

### 4.4 在线监测系统

在 500 kV 输电线路的运营中,电力系统信息化的应用和实施是一项很重要的工作,而在线监控系统的使用又是一个非常重要的功能。该系统主要安装在输电铁塔上,可以对输电线路的运行状况以及周围环境的有关状况进行实时、集中的监控,这样就可以更好地开展有关输电线路的工作,并为相关的应急减灾工作提供动态的信息,使输电线路的运营和维修质量得到极大的提高,即可以使信息化管理的水平得到明显的提高<sup>[8]</sup>。

## 5 结束语

随着信息技术的不断发展,建设一个更高效、更智能的信息网络平台,可让 500 kV 输电线路的运营管理工作真正实现优化与提升。随着信息化的快速发展,传统的运行方式和运行秩序也会随之发生变化,这一变革对企业的发展具有全面而深刻的作用,在不久的将来,它将使传统的管理方式发生改变,输电线路的维检工作水平将得到不断的提升。

## 参考文献:

- [1] 谢颖. 信息化管理在 500kV 输电线路运行中的应用研究 [J]. 通讯世界, 2019, 26(02): 142-143.
- [2] 黄进. 信息化管理在 500kV 输电线路运行中的应用 [J]. 百科论坛电子杂志, 2019(03): 303.
- [3] 王瑞. 信息化管理在 500kV 输电线路运行中的应用 [J]. 百科论坛电子杂志, 2021(23): 3040-3041.
- [4] 张志恒. 探析信息化管理在 500kV 输电线路运行中的应用 [J]. 电力系统装备, 2019(08): 91-92.
- [5] 杨黎明, 袁震, 侯俊. 输电线路特殊区段动态管理与实践探讨 [J]. 红水河, 2021, 40(01): 74-77, 98.
- [6] 陈诚. 500kV 输电线路运维业务管理系统的设计与实现 [D]. 成都: 电子科技大学, 2020.
- [7] 邹东海. 关于 500kV 超高压输电线路的运行维护管理分析 [J]. 中国战略新兴产业, 2019(28): 262-263.
- [8] 李常勇. 信息化技术在 500kV 输电线路运行中的有效运用 [J]. 科学与信息化, 2024(01): 120-122.

# 铝合金轮毂低压铸造工艺途径探讨

申兵芹

(中信戴卡股份有限公司, 河北 秦皇岛 066000)

**摘要** 通过低压铸造工艺生产的铝合金轮毂不仅质量轻便, 而且应用范围广泛, 尽管如此, 低压铸造技术依然存在一些问题, 如铸件质量比较低, 轮毂质量不符合相应标准。为了改变现状, 就要对低压铸造工艺进行优化, 不断完善铝合金轮毂的性能。基于此, 文章以低压铸造工艺为研究对象, 在分析其铸造原理、流程与特点后, 提出影响低压铸造铸件质量的原因, 然后提出相应的改进对策, 旨在对更好地发挥该技术的优势有所裨益, 使铝合金轮毂质量符合标准。

**关键词** 铝合金轮毂; 低压铸造工艺; 轻量化

**中图分类号**: TF1

**文献标志码**: A

**文章编号**: 2097-3365(2024)05-0031-03

随着汽车保有量不断提升, 汽车轮毂的重要性日益凸显, 轮毂质量不仅关系到汽车行驶的安全性与可靠性, 更关系到油耗量。为保证轮毂质量得到提升, 可采用低压铸造工艺, 使铝合金轮毂质量更加轻便, 使其质量符合标准。同时, 车轮散热性能是否完善与轮毂密切相关, 在生产期间, 既要保证轮毂质量过关, 又要延长轮毂的使用寿命, 提高汽车安全系数。然而, 在实际应用的过程中, 低压铸造工艺还存在一些问题, 需采取有效的措施加以改进, 确保轮毂质量达标。

## 1 铝合金轮毂概述

生产铝合金轮毂时, 需严格保证其质量最终达标。对轮毂造型进行设计时, 主要采用三维造型软件。铝合金轮毂的节油性能非常突出, 可有效延长发动机的寿命, 具有良好的散热性能, 坚固、稳定、耐用性强, 美观大方, 因此, 铝合金轮毂正逐渐替代钢制轮毂。目前, 生产铝合金轮毂的方法比较多, 如低压铸造、重力铸造、常规锻造等, 其中, 低压铸造工艺日益成熟, 在铝合金轮毂制造中占据重要地位。大多数工厂生产铝合金轮毂时, 会采用低压铸造工艺, 有效降低设备成本, 提高生产效率。

造型方面, 汽车铸造铝合金轮毂的差异性较大, 而且设计理念存在一定的区别, 这也导致轮毂生产质量各有不同。采用低压铸造技术时, 首先从轮芯入手, 浇筑金属铝液, 从浇筑口进入模具之中, 使金属液体逐一填充到轮辐、外轮缘、轮辋、内轮缘等部位。在这一过程中, 要考虑到金属铝液填充的厚度与距离的差异性, 保证其成型后的铸件质量不存在缺陷, 提高轮毂性能与质量。基于此, 在正式进行低压铸造之前,

需明确生产制造方案, 对各种质量缺陷进行有效的预防和控制, 才能确保轮毂质量达标<sup>[1]</sup>。

## 2 低压铸造原理与工艺流程

### 2.1 低压铸造原理

首先, 将金属铝液装入保温炉之中, 采用压缩空气对其进行加压处理, 使其在低压的条件下顺利流入模具之中, 填充整个型腔。其次, 当金属铝液完全填充整个型腔时, 就要进行保压处理, 对型腔状态进行有效维持, 此时, 金属液会在通风和通水的条件下逐渐冷却, 形成相应的铸件, 确定其完全成型后, 将压力解除, 就可完成铸造。

### 2.2 低压铸造工艺流程

制造铝合金轮毂时, 为了更好地发挥低压铸造工艺的作用, 就要明确工艺流程。一是升液阶段。在这一阶段, 要合理施加相应的压力, 使金属液体能够顺利进入浇筑口之中, 并严格控制液体的上升速度, 保证液体得到平稳的过渡, 同时还要将升液管中的气体顺利排出。二是充型阶段。在这一阶段, 需保证金属液体得到顺利填充。当液体顺利通过浇筑口进入模具之中时, 为了保证其达到理想的填充效果, 使其顺利成型, 需对压力进行合理的控制。同时, 要明确轮毂的制造要求, 科学设定金属液体的提升速度, 这样才能更好地控制填充与成型速度, 有效提高铸件的质量。这一阶段的工作顺利完成以后, 需及时调整压力, 避免压力过大, 确保浇筑充分, 避免轮毂结构出现变形。三是增压压力。使用低压铸造工艺生产铝合金轮毂时, 通常生产出的轮缘厚度比较小, 需提前对轮毂下方的轮缘结构进行浇筑, 当金属铝液顺利凝固后, 就要

对充型时间进行有效的控制,若操作超过一分钟就可能会出现结晶,导致铸件出现气孔等质量缺陷。四是保压时间。为保证保压时间得到有效的控制,要仔细分析铸件结构是否稳定,确定铸型条件是否成熟。加强对温度的控制,确保金属铝液的温度与铸件温度相符。在凝固成型方面,首先要合理控制热节的凝固时间,确保浇口率先凝固,避免热节有缩松问题。若保压时间过长,很容易导致浇口位置发生损伤。五是卸压。确定铸件顺利凝固,需间隔一段时间再卸压,将时间控制在一分钟以内,避免铸件出现质量缺陷<sup>[2]</sup>。

### 2.3 低压铸造特点

低压铸造有其自身的特点。一是在充型阶段,可随时调节,确保金属液顺利进入型腔之中,实现顺利充型,避免液体四处飞溅,避免产生冲击,减少出现氧化的概率,提高铸件的质量,减少出现质量缺陷的情况。二是使用的铸型不同,合金不同,最终的铸件也会有不同的形状和结构。三是受到压力的影响,金属液体可顺利凝固,具有很高的致密性,精度高,且表面具有良好的光洁度,铸件机械强度更高,且安全性和可靠性有所提升。四是减少不必要的资源消耗,产出率高。五是操作比较方便,不复杂,可采用自动化控制技术,无需人工介入,或者只需少数人参与其中。

除此之外,低压铸造工艺也有一定的缺陷。比如,充型时间比较长,结晶耗费时间长,产品生产周期比较长,生产效率有待提升;密封系统的密实程度有待提升,加压精度有所下降;升液管很容易面临损坏,金属液体容易遭到污染,升液管容易受到外界因素的影响而逐渐遭到腐蚀。

## 3 低压铸造铸件质量影响因素

### 3.1 压铸工艺参数

为了更好地发挥低压铸造工艺的作用,生产铝合金轮毂时,需对其各种工艺参数进行有效的控制。低压铸造涉及几个流程,在充型阶段,施加的压力与速度均会对铸件质量造成影响,同时结晶受到的压力、保压时间、模具温度等相关技术参数影响,同样会影响铸造效果。为了减少质量缺陷,要及时对浇筑工艺参数进行改进,避免参数设置不当,否则就会对铸件质量产生很大的影响。

### 3.2 压铸件结构

金属液体在凝固的过程中会受到多种因素的影响,从而导致铸件质量面临较多缺陷。在轮毂结构中,轮辋和轮辐的连接位置与中心圆盘的厚度较大,这些因素会影响金属液体的凝固效果,从而产生缩孔等质量

问题。为了避免出现质量问题,确保较厚的位置的凝固速度加快,可将冷却管道设置在较厚的位置,使这一部位的温度尽快降低。此外,要适当改进较厚的位置,也可减少出现质量缺陷的概率。

### 3.3 合金液化学成分

轮毂的力学性能会受到合金元素含量的影响,继而整个轮毂的性能也会面临影响。在A356合金中,Si、Mg、Mn等元素含量的高低会直接影响其力学性能,因此,需对这些元素进行合理配比,可有效保证金属液体的质量与铸件质量<sup>[3]</sup>。

## 4 铝合金轮毂低压铸造工艺应用要点

### 4.1 气孔缺陷预防

生产铝合金轮毂时,虽然低压铸造工艺不可或缺,但在生产过程中铸件却容易产生质量缺陷,如气孔问题,若对这一问题不重视,就会影响轮毂的质量。与其他浇铸技术相比,低压铸造中的铸型排气情况并不良好,这是因为在生产的过程中,铸型的密封程度较高,在这一环境下,虽然金属液体的充型速度加快,但却很难在较短的时间顺利排气。为了实现顺利排气,可利用明冒口。在低压铸造的过程中,要在两个位置进行排气:分型面位置和排气口位置。需考虑到密封环境对压力所带来的影响,在压力逐渐增加的情况下,铸件质量会面临不良影响。在密封环境下,由于无法顺利排气,铸件质量无法达标,对金属液体进行浇筑时,甚至还会产生与充型压力截然相反的压力,导致金属液体产生明显波动,导致铸件质量产生缺陷。此外,在温度保持一定的情况下,将金属液体顺利灌入型腔,型腔内部的气体会因温度的改变而逐渐膨胀,因此,在生产期间,要找到气体产生的源头<sup>[4]</sup>。

通常,在排气装置中包含以下几点。一是排气线。这部分位于几个部位,如边缘轮辋、底模A面,在上模斜坡位置也有排气线,其宽度和深度通常较为固定。二是排气塞。采用低压铸造技术进行铸件生产时,要根据铸件的结构,将排气塞设置在其局部死角位置,对排气塞进行合理处置,保持其有一定缝隙,这样就能将气体顺利排出。要结合具体的生产要求,选择合适的排气塞,可达到理想的排气效果。

### 4.2 缩松缺陷预防

为了严格保证铝合金轮毂表面的质量,需考虑到其常见的质量缺陷,如缩松问题,并对这一问题进行有效预防。轮毂表面之所以会出现收缩,与涂层厚度、浇筑温度、逐渐温度等元素有关。若轮芯温度不合理,过于极端,均会导致铸件表面出现缩松问题,继而表

面会有凸凹不平的现象。在轮辋中,缓冲腔的间隔有限,但轮辋周边的壁厚却比较大,当金属液体处于凝固阶段时,轮缘在补缩中起到重要的作用,轮辋和一部分辐条均会得到相应的补缩。若铸件的温度比较低,轮辋的凝固速度加快,补缩面临终止,轮缘的补缩能力下降,轮辋与轮辐之间的接头位置的收缩概率增加。若轮芯温度比较高,位于轮辋和轮辐之间的热节不容易凝固,若其凝固时间过长,就可能会因此而无法补缩,导致轮辋表面出现收缩现象。在实际操作中,需对轮毂模具的温度进行有效的控制,避免其温度低于 450 摄氏度,尽量将其保持在 480 摄氏度左右,不要超过这一数值,这样就能确保轮芯冒口的补缩作用得到有效发挥。在实际生产中,若不能对涂层厚度与金属液体温度进行有效的控制,那么在型芯温度过高的情况下,一旦温度超出 480 摄氏度,就可能会出现缩松问题。为了减少这一质量问题的出现,需提高凝固速度,比如,对轮辋周边的凝固时间进行控制,避免其凝固时间过长。

#### 4.3 表面粗糙缺陷预防

在低压铸造的过程中,若不能对铸件表面质量进行有效控制,会导致其表面出现粗糙的现象,继而影响轮毂质量。为了有效预防这类问题,需对低压铸造过程进行有效的控制。(1)进行低压铸造时,需对铸型温度进行有效的控制,在确定金属液体完全充型后,观察结壳状态,确保其顺利结壳,且硬度符合要求,就能减少铸件表面粗糙的程度。(2)在铸造期间,需合理控制型壁和金属液体之间的关系,产生气膜,以此降低表面的粗糙程度。(3)科学使用涂料,也可有效改善铸件表面的粗糙问题,对型壁表面的透气问题进行有效控制,更容易产生气膜,延长气膜的存在时间,减少粗糙质量缺陷。(4)在生产过程中,要避免对补缩功能造成影响,合理控制充型的压力,同时,还要及时对气膜所面临的压力进行降低。(5)生产轮毂铸件时,可合理降低压力,保证金属液体与型壁之间的润湿度提升,继而就能降低逐渐表面的粗糙程度,有效提高轮毂质量<sup>[5-6]</sup>。

#### 4.4 其他缺陷预防控制

采用低压铸造工艺时,铸件还会产生其他质量问题,如夹渣、冷隔,为了避免出现质量缺陷,就要对其进行有效的预防和控制。(1)氧化夹渣。引起氧化夹渣的原因比较多。一是对铸件进行连续生产时,操作人员对金属液体进行补充后,部分氧化夹渣也会窜入浇筑管道之中,在浇筑的过程中,这些氧化夹渣会随之混入铸型结构之中,导致铸件出现氧化夹渣。二是当浇筑管道的液面反复上升和下降时,也会导致表

面出现氧化皮。三是若在浇筑期间不能对加压速度进行有效的控制,就会导致液体四处飞溅,导致表面出现氧化皮。四是涂料无法固定,面临脱落,也会导致铸件出现氧化皮问题。为了解决这一类问题,可将过滤网用于浇口位置,这样就能大大降低氧化夹渣混入铸件的概率,同时还可保证充型平稳,避免液体飞溅。

(2)冷隔。当金属液体经过轮辐,汇合于外轮缘位置时,需对金属液体的融合度进行有效的控制,避免铸型或金属液体温度下降速度过快,导致压力发生变化,继而产生冷隔等质量问题。液体在充型期间,会受到多种因素的影响,若保温炉内部的压力增大,金属液体的上升速度过快,型腔内的气体的压力与正常型腔压力相反,就会导致金属液体的压力受到影响,降低液体上升速度。一旦铸型各部位的排气不够均衡,金属液进入型腔后,其压力会下降,液体自动进入压力较低的区域,金属液体表面不再平稳。在低压区域,金属液体若不能顺利通过,就会对排气造成阻碍,产生气隔现象。为了改变现状,就要对这一类问题进行合理控制<sup>[7-8]</sup>。

## 5 结束语

生产铝合金轮毂时,需严格把控低压铸造工艺的原理与流程,明确操作要点,熟练、规范操作,减少轮毂出现质量缺陷的可能性。操作人员要掌握常见的轮毂铸造缺陷,采取有效的预防和控制对策,才能更好地发挥低压铸造工艺的作用,不仅可以降低质量出现问题的概率,还能保证轮毂质量达标。

## 参考文献:

- [1] 王果,黄嘉敏,陈振明,等.低压铸造铝合金轮毂模具热变形的数值模拟[J].精密成形工程,2023,15(10):95-103.
- [2] 张旭东,赵富博,尹学康,等.铝合金轮毂低压铸造工艺研究[J].中国金属通报,2023(06):71-73.
- [3] 熊国源.轻量化铸造铝合金轮毂生产线的升级改造[J].金属加工(热加工),2021(08):96-100.
- [4] 曾献,李发华,黄达鹏.新型铝合金轮毂低压铸造模具设计与工艺[J].汽车测试报告,2023(02):90-92.
- [5] 张世琪,吴国瑞,黄金,等.浅析汽车轻量化铝合金轮毂的生产工艺[J].内燃机与配件,2022(24):76-78.
- [6] 王长军,曾凡伟.汽车铝合金轮毂铸造技术之研究[J].内燃机与配件,2022(19):63-65.
- [7] 徐永进.基于PLC技术的铝合金轮毂低压铸造智能控制分析[J].现代制造技术与装备,2022,58(08):153-156.
- [8] 周振,卢德宏,李贞明,等.低压铸造铝合金轮毂的研究现状[J].中国铸造装备与技术,2022,57(02):58-64.

# 电站锅炉受热面不锈钢管道焊接工艺探究

任灵超<sup>1</sup>, 王立群<sup>2</sup>

(1. 中国电建集团山东电力建设有限公司, 山东 济南 250014;

2. 重庆市两江科技有限公司, 重庆 400000)

**摘要** 在电站锅炉安装作业的开展过程中, 各类全新的施工技术日益增加, 使电力行业逐步迈向超临界机组的发展路径, 对最终的安装质量也提出了更高的要求。基于此, 本文主要探究电站锅炉受热面不锈钢管道焊接工艺, 分析不锈钢管道焊接的基本原理, 从材料性能特点、焊接方法以及焊接过程中的注意事项等几个层面着手, 进一步探讨电站锅炉受热面不锈钢管道焊接工艺的相关应用, 总结优化焊接工艺的有效方法, 提出有针对性的质量保障措施, 以期为相关人员提供参考。

**关键词** 电站; 锅炉受热面; 不锈钢管道; 焊接工艺

中图分类号: TG44

文献标志码: A

文章编号: 2097-3365(2024)05-0034-03

在电站的运行过程中, 提高锅炉在运行时的安全系数, 对维持电厂的供电稳定性具有至关重要的作用。对于不锈钢管道而言, 属于受热面当中的关键组成部分, 并且会对锅炉的可靠性带来直接影响。所以, 需要重视对电站锅炉受热面不锈钢管道焊接质量的有效管控。在电站锅炉受热面不锈钢管道的焊接过程中, 对相关焊接工艺的研究具有关键作用, 其主要目的也在于促进焊接质量的不断提升, 使锅炉能够长期处于稳定的运行状态。

## 1 不锈钢管道焊接的基本原理

### 1.1 不锈钢材料的特点与性能

1. 焊接性。由于产品的具体用途有所不同, 所以相应的焊接性能要求也存在一定的差异。对于绝大多数产品而言, 均需要确保原料有着良好的焊接性能。

2. 耐腐蚀性。对于大多数不锈钢管道而言, 一般情况下对其耐腐蚀性能有着一定的要求, 需要针对该类产品, 及时组织耐腐蚀性能试验工作的开展, 确保产品的性能符合规定要求。

3. 抛光性能。在生产电站锅炉受热面不锈钢管道产品的过程中, 通常情况下均会经过抛光这一工序。所以, 要求所选用的原料具有良好的抛光性能。通过分析影响管道抛光性能的关键因素, 主要体现在以下几个方面。比如, 原料的表面存在缺陷, 当原料表面被划伤, 或者出现麻点现象, 在存在过酸洗等问题的情况下, 不利于保障原料的质量。另外, 若原料本身的材质存在问题, 如果硬度相对较低, 那么在实际的

抛光过程中, 则不容易被抛亮。当原料的硬度过低时, 随着深拉伸作业的开展, 其表面也会出现橘皮现象, 并对材料的BQ性造成不利影响。当原料的硬度较高时, 相应也具有良好的BQ性。在经过深拉伸之后, 实际所制造的产品, 若处于变形量极大的区域当中, 此时表面也会出现小黑点, 从而对其BQ性造成直接影响<sup>[1]</sup>。

### 1.2 焊接方法

#### 1.2.1 TIG焊接

在应用TIG焊接方法的过程中, 作为不锈钢管焊接期间的常用方法类型, 一般会使用惰性气体, 并将其作为重要的保护气体。例如, 氩气。在具体的操作过程中, 通常会采用电弧加热的方式, 并借助熔化焊丝和工件, 组织焊接作业的顺利展开。在TIG焊接的过程中, 需要重视对电弧长度以及电流的合理控制, 确保热输入适当, 为最终的焊缝质量提供有力保障。另外, 所设计的焊接速度应具备适宜性, 同时也应设置合适的焊接角度, 避免出现过热的现象, 有效规避焊缝变形问题。对于焊接的位置和姿势, 同样需要着重把控, 既要保障焊接过程中的可见性, 也需要确保该环节具有良好的可操作性。

#### 1.2.2 MIG/MAG焊接

在运用MIG/MAG焊接方法的过程中, 该类焊接方式比较常用, 并且具有半自动、自动等不同的形式。在需要大量生产不锈钢管产品的情况下, 或者在生产过程中存在高效率的操作需求时, 一般会采用MIG/MAG焊接方式。在使用MIG/MAG焊接方法时, 需要对以下

几个方面的技巧着重把控。例如,选择合适的焊丝和保护气体,使两者能够形成合适的组合,既要保证焊缝的质量,也应获得良好的防护效果。通过加强对焊接电流与电压的合理控制,不仅需要与不锈钢管的厚度和材质相适应,还需要注重对焊接速度和焊接角度的控制,避免出现焊缝变形问题,有效减少过热问题。在组织开展自动化焊接工作时,应确保所选用的焊接设备和机器人具有良好的稳定性,同时也能够准确操作<sup>[2]</sup>。

### 1.3 不锈钢管焊接的注意事项

通过对不锈钢管的表面予以全面清洁,该操作需要在不锈钢管焊接作业开始之前进行,需要保障不锈钢管材料的表面干净,不存在油脂和灰尘,同时也不应具备无氧化物。在一般情况下,所选用的焊接材料一般是以与管材相同的不锈钢材料为主,既要确保焊接点的稳定性,也应确保其坚固程度符合规定要求。

在组织开展钢管焊接作业的过程中,需要加强对电压等级的合理控制,确保能够设置合适的电流强度,且焊接速度参数符合规定要求,保障焊条的直径具备准确性,形成对热输入量的有效控制。

对于过渡焊接问题而言,容易出现管子变形问题,在进一步产生应力的情况下,还会对焊缝的质量造成不良影响。随着不锈钢管焊接作业的开展,应避免出现过度焊接的情况,有效减少多余的焊缝。

在筛选合适的焊接方法时,需要总结不同的焊接方法在使用过程中的适用条件,再指导不锈钢管焊接作业的开展,结合实际情况筛选适当的焊接方法。例如,TIG 焊、MIG 焊或者手工电弧焊等。

在不锈钢管焊接作业完成之后,还需要注重后续处理工作的开展。例如,退火、抛光、热处理等,既要获得良好的焊接成果,也应确保产品的耐久性符合要求。

## 2 火力发电锅炉管道焊接工艺

在电站的建设和运行过程中,锅炉受热面不锈钢管道焊接作业的开展,属于其中至关重要的组成部分。在高温高压环境之下,电站锅炉受热面不锈钢管道焊接作业中,涉及多样化的焊接工艺与焊接技术。通过将各个组件连接之后,确保形成的整体具有良好的稳固性,维持锅炉的正常运行状态,使其具有较高的安全系数。

对于电站当中的发电锅炉,一般需要运用石油、天然气、煤炭等燃料。在原料燃烧之后,所产生的蒸汽具有高温、高压的特点,为涡轮发电机带来推动作用,

使其能够顺利转动,从而进一步产生所需要的电能。在不锈钢管道焊接作业的开展过程中,属于电站发电锅炉中的重要连接方式,在日常运行期间具有关键作用。所以,需要确保焊缝具有良好的强度,同时有着优质的密封特性,能够在高温高压的环境之下有效适应现有的工作条件。随着焊接作业的开展,需要充分了解锅炉材料的基本特性,在掌握材料的工作条件时,应确保所采用的焊接方法和焊接技术恰当。同时,也应保障焊接接头的可靠性,使其运行效果更加稳定<sup>[3]</sup>。

在组织开展电站锅炉受热面不锈钢管道焊接作业时,涉及不锈钢这一关键材料,为确保锅炉的顺利运行,应保证材料具有良好的耐高温特性。同时,也具备优质的耐压性能,在高温高压环境之下,仍然能够凸显不锈钢材料的适用性。在焊接过程中,根据不同的材料类型,还需要选择合适的焊接方法。例如,手工电弧焊、气体保护焊等。对于每一种焊接方式而言,所适用的场景有所不同,并且有着各自的特点,应结合具体情况筛选合适的方法类型,为最终的焊接质量提供有力保障。

在电站锅炉受热面不锈钢管道的焊接过程中,对其工艺质量具有十分严格的要求。在焊缝当中,应避免存在气孔、裂纹、夹渣、未熔合等缺陷,为接头的密封性能提供有力保障,使其强度符合规定要求。对于焊接接头的尺寸和位置,需要自觉按照设计要求来确定,维持锅炉的安全运行状态,使锅炉结构有着更高的稳定性。经过严格的检测与测试,例如放射性检测、超声波检测、磁粉检测等,加强对焊接接头质量的控制,使其符合标准要求。

## 3 焊接工艺优化

在优化电站锅炉受热面不锈钢管道焊接工艺的过程中,可以将其作为提高管道焊缝质量的关键步骤。在一般情况下,需要选择合适的焊接参数,并从预热、焊后热处理等环节着手进行优化。与此同时,还需要定期组织设备维护作业的开展,通过全面加强管控,使焊缝的强度得以提高,确保焊缝具有良好的密封性与可靠性,维持电站锅炉的稳定运行状态。

### 3.1 合理筛选焊接参数

在优化焊接工艺的过程中,需要突出合理筛选焊接参数的重要作用,同时也需要对该类参数进行优化。对于影响焊缝质量的关键因素,主要体现在以下几个方面。即,焊接电流、焊接电压、焊接速度、焊丝种类、焊丝规格等。在选择焊接电流和电压的过程中,需要

将焊接材料的性质与厚度等基本信息作为参考依据,在确定合适的参数范围之后,确保焊缝的熔深和熔宽均与规定要求相符合。在筛选焊接速度时,应避免速度过快,减少焊缝质量下降的问题。当焊接速度过慢时,也会导致生产成本的增加,所以应重视对焊接速度的控制。在选择合适的焊丝种类与焊丝规格时,既可以促进焊接作业效率的提升,还能够为焊缝质量提供有力保障<sup>[4]</sup>。

### 3.2 焊接预热和焊后热处理

对于焊接预热和焊后热处理等环节,能够促进最终的焊缝质量有效改善。在预热过程中,需要对焊接接头予以加热处理,且该项操作需要处于焊接作业开始之前。将焊接材料的种类与厚度作为基本参考依据,需要设置合适的预热温度和预热时间,有效减少焊接应力的产生,避免出现热裂纹的现象,使焊缝具有更高的可靠性。对于焊后热处理操作,通常处于焊接作业顺利完成之后,需要对焊缝实施加热处理,使焊接残余应力得以消除,有效提高焊缝的强度,使其具有良好的韧性。采用恰当的焊后热处理方式,可以促使焊缝的组织结构随之改善,使焊接接头有着更加良好的性能优势。

### 3.3 焊接设备维护与监控

为保证焊接工艺的运行稳定性,需要对焊接设备维护工作的开展引起高度重视,同时还需要加强监控。在定期组织检查和维修等工作开展的过程中,需要将焊接设备作为主体,确保设备能够持续处于正常的运转状态,避免由于故障原因的影响,从而导致焊缝质量问题的出现。在监控过程中,主要是针对焊接设备的工作状态,并确保参数设计的准确性。一旦发现异常情况,需要及时作出处理,既要保障焊接过程的一致性,也应获得稳定、可靠的焊接效果。

## 4 质量保障措施

在对组操作的过程中,要求工作人员能够从不同的不锈钢管道之间着手,计算相应的对口间隙,同时还需要掌握实际的对口错变量等数据,为管端坡口的弯折度提供保障,并确保不锈钢管道对接位置的弯折度符合规定要求。将我国当前出台的电力建设施工规范作为基本指导依据,严格按照相关验收技术规范,组织各项操作的顺利执行。

在选择焊接人员时,除了需要保障其自身具有较高的专业性之外,还应尽可能地选择技术掌握水平较高的人才。另外,若部分优秀工人的日常焊接合格率

较高时,也可以由其完成焊接工作,充分发挥该部分专业人才的优势,减少焊接作业中存在的问题,促进焊接质量的提升<sup>[5]</sup>。

通过全面做好焊接材料日常管理工作,确保在实际焊接过程中实际所运用的材料均合格。另外,在强化焊接材料库管理的同时,需要及时登记焊接材料的出库情况,同时还需要做好日常报验工作。由于电焊条的类型各不相同,并且在焊丝牌号方面也存在一定的差异,所以针对焊接材料,可以采用分类保管的方式,及时对各类材料做好标记。

对于部分焊接材料而言,对日常环境的要求相对较高,需要设置合适的环境,将其作为存放焊接材料的关键区域。在焊条使用之前,需要由专业人员首先对焊条进行烘烤处理,严格按照规定要求,确定合适的烘烤温度,并保证烘烤时间设置的合理性。在焊工需要到仓库领取焊接材料的情况下,要求其自觉出具相关技术人员所开出的单据,确保所有焊接材料的使用均有迹可循。在领用焊条的过程中,均应确保具有焊条保温筒,其主要目的是保障焊条的质量,避免焊条受潮。

在组织开展焊接工作的过程中,需要由相关供应商提供氩气,其体积分数保持在99.95%以内。在正式开展焊接作业之前,需要由焊工自行检查氩气的纯度。若最终结果显示不存在出气孔时,才能够将企业运用于焊接过程中。

综上所述,在电站锅炉受热面不锈钢管道焊接作业开展期间,需要对焊接工艺的运用予以全面监督,在焊接人员具有良好的质量意识时,重视对焊接工艺的优化与完善,提高焊接技术的运用水平。在加强对焊接工艺的管控时,使其与当前的高安全和高性能等要求相适应,维持电站锅炉的稳定运行状态。

### 参考文献:

- [1] 岑重武. 电厂锅炉管道安装的具体方法及检验措施[J]. 中国金属通报, 2023(06):189-191.
- [2] 陈志斌,李志坚,李承海. 电站锅炉受热面不锈钢管道焊接工艺探讨[J]. 华中电力, 2022(04):2-3.
- [3] 刘随均. 大型电站锅炉受热面管排的安装及工艺改进[J]. 电子制作, 2022(11):1-2.
- [4] 孙凯. 电站锅炉受热面管子安装焊口焊接缺陷的产生及预防[J]. 经济技术协作信息, 2022(09):166-167.
- [5] 赖春阳. 电站锅炉受热面管子安装焊口焊接缺陷的产生及防止[J]. 焊接, 2022(05):33-34.

# 市政工程施工中深基坑开挖支护关键技术

尹雪雪<sup>1</sup>, 程涛<sup>2</sup>

(1. 山东易方达建设管理集团有限公司, 山东 济南 250032;

2. 济南城建集团有限公司, 山东 济南 250032)

**摘要** 在市政工程施工领域, 深基坑开挖支护技术是保证工程安全、提高施工效率的关键。该技术涵盖地下探测、地质力学参数测试、支护结构设计以及土壤处理等多个方面, 每一个环节都对工程的成功实施至关重要。通过应用先进的地质勘探技术和土壤力学测试, 工程师能够准确评估地下条件, 为支护结构的设计提供科学依据。同时, 合理的支护结构选择和土壤加固措施能够有效应对各种复杂地质条件, 保障施工过程的安全与稳定。本文综合分析市政工程施工中深基坑开挖支护的关键技术, 探讨其在实际工程中的应用及效果, 旨在为相关人员提供借鉴。

**关键词** 市政工程施工; 深基坑开挖支护; 地下探测技术; 地质力学参数测试; 支护结构设计

中图分类号: TU99

文献标志码: A

文章编号: 2097-3365(2024)05-0037-03

我国城市化进程不断加快, 市政工程施工面临的挑战日益增多, 尤其是在复杂地质条件下进行深基坑开挖时, 如何确保工程的安全与效率成为一个亟待解决的问题。深基坑开挖支护技术的应用, 为解决这一问题提供了可靠的手段。通过科学的方法和技术, 能确保基坑的稳定性, 最大限度地降低施工风险, 为市政工程的顺利进行奠定坚实的基础。

## 1 市政工程施工深基坑开挖支护的重要性

### 1.1 提供可靠的支撑结构

在市政工程施工中, 深基坑开挖支护技术的核心在于提供一个可靠的支撑结构, 这一措施对于确保工程的安全性和稳定性具有不可替代的重要性。首先, 一个精心设计和实施的支撑系统能够有效抵抗土壤和水的压力, 防止基坑周边土体的移动和变形, 从而避免土壤塌方和地面沉降的风险。这不仅能保证施工现场工人的安全, 也能维护周边建筑和设施的稳固。其次, 通过采用先进的地质勘探和土壤力学性质测试, 工程师能够准确评估土壤条件, 为设计提供科学依据, 从而选择最合适的支护结构类型和施工方法。此外, 合理的支护结构还能有效控制施工成本, 避免因基坑异常情况导致的额外支出。因此, 提供可靠的支撑结构不仅是保障施工过程顺利进行的关键, 也是确保工程质量和施工效率的基础, 对于整个市政工程的成功完成至关重要。

### 1.2 预防土壤塌方和地面沉降

预防土壤塌方和地面沉降是市政工程施工中深基坑开挖支护的重要目标之一。土壤塌方不仅会直接影响施工安全, 增加施工难度, 还会对周边建筑和公共

设施造成损害, 引发更广泛的社会和经济问题。为有效防止这一问题, 采用科学的地下探测技术和地质力学参数测试成为先决条件, 它们能够为工程师提供准确的土壤组成、水文地质条件以及土壤力学性质等关键信息。基于这些信息, 可以合理设计深基坑的支护结构, 如采用锚杆、钢支撑或者混凝土支撑墙等, 这些措施能够有效地增加土体的稳定性, 减少水平和垂直方向上的压力, 从而预防土壤塌方和地面沉降。此外, 通过对施工过程的严格监控和及时地调整支护结构, 可以进一步降低风险<sup>[1]</sup>。

### 1.3 确保施工安全

确保施工安全是市政工程施工深基坑开挖支护工作的核心要求。施工安全不仅关系到每一位工作人员的生命安全, 也是工程顺利进行的保障。为此, 采用高标准的安全措施和技术是至关重要的。首先, 必须通过详细的风险评估和工程设计来预设出现的各种风险, 并针对这些风险制定相应的预防措施和应急计划。例如, 通过安装监测设备如倾斜仪和地表沉降仪, 能够实时监控基坑的稳定性和周边环境的变化, 一旦发现异常, 即可迅速采取补救措施, 如加固支护结构或调整施工方案。此外, 对施工人员进行专业培训, 确保他们熟悉安全规程和紧急应对措施, 也是保障施工安全的关键。

## 2 市政工程施工深基坑开挖支护的关键技术

### 2.1 地下探测技术

#### 2.1.1 地质勘探

地下探测技术在市政工程施工的深基坑开挖支护过程中扮演着至关重要的角色, 尤其是地质勘探环节,

它通过系统的地质调查和分析为工程设计和施工提供科学依据。地质勘探主要包括钻孔取样、地震反射、电阻率成像和地下雷达探测等多种方法,旨在准确揭示地下的地质结构、岩土体的物理和力学性质、地下水状况以及其他会影响工程的地质因素。通过这些详细的地质数据,工程师能够评估土壤的承载能力、预测可能的地质风险,如地下水流动对基坑稳定性的影响,从而在工程设计阶段就能采取适当的预防措施,比如选择合适的支护结构和加固方法。此外,地质勘探结果还有助于确定最佳的施工方案和方法,避免施工过程中的盲目性和不确定性,显著提高工程的安全性、经济性和可靠性<sup>[2]</sup>。

### 2.1.2 地下设施调查

地下设施调查是市政工程施工中不可或缺的一个环节,其目的在于准确确定地下已有设施的位置和评估这些设施的状态。这一过程涉及高精度的地理信息系统(GIS)技术、地下探测雷达(GPR)技术以及传统的勘探和测绘技术。通过这些技术手段,工程师能够获得关于地下水管、电缆、排水系统和其他市政基础设施的详细信息。此外,对现有地下设施进行详尽的状态评估,能够帮助识别那些需要维修或置换的设施,从而避免在施工过程中造成不必要的设施损坏和后续的修复成本。

此外,地下设施调查还能极大地促进设施冲突预防和管线及电缆的合理规划布局。通过对地下设施的全面了解,工程师可以有效规避施工中出现的设施冲突,如管线交叉或过于接近,这些情况若不事先发现和及时处理,会导致施工延误和增加成本。合理的规划还包括对新建设施的布局设计,确保它们与现有设施之间有足够的间隔,以及确保新布局的设施能够在未来的使用中易于维护和升级。综合运用地下探测和评估技术,不仅可以最大限度地减少施工对现有设施的影响,还能够优化城市基础设施网络的整体布局,提高其效率和可靠性。

## 2.2 地质力学参数测试

### 2.2.1 土壤力学性质测试

地质力学参数测试是深基坑开挖支护工程中的一个关键环节,它通过对土壤力学性质的准确测试,为工程设计提供科学依据。荷载试验是这一系列测试中的重要组成部分,它通过施加预定荷载于土壤样本上,来评估土壤的承载能力和压缩性。这一过程对于确定基坑支护结构的设计参数至关重要,因为它直接关系到支护结构的稳定性和安全性。液塑性指数测试、密

度测试和水分含量测试则进一步提供土壤的物理特性信息,包括土壤的塑性、稠度和孔隙率等。这些物理特性的测试结果对于理解土壤的工程行为,如可压缩性、膨胀性和渗透性等有着重要的意义。

进一步地,钻孔观测作为地质力学参数测试的一个重要部分,提供直接观察地下土层结构和状态的机会。通过钻孔取样和现场观测,工程师可以获得关于土层分布、岩石类型以及地下水位等详细信息。这些信息对于评估地质条件的复杂性和多变性至关重要,尤其是在地下水流动对基坑稳定造成影响的情况下。钻孔观测不仅可以揭示土层的垂直分布情况,还能通过样本分析来进一步验证土壤力学性质测试的结果。综合利用这些测试和观测数据,可以为深基坑开挖和支护结构设计提供更加准确和可靠的科学依据,显著提升工程设计的合理性和施工的安全性<sup>[3]</sup>。

### 2.2.2 建立土壤力学模型

建立土壤力学模型是深基坑工程设计的关键步骤,旨在通过收集土壤样本和进行一系列的测试数据分析,来模拟和预测土壤在实际工程条件下的行为。首先,通过荷载试验、液塑性指数测试、密度测试等方法收集的土壤物理和力学性质数据,为确定土壤的本构模型提供基础。本构模型是描述土壤应力—应变关系的数学模型,能够反映土壤在不同负载下的变形和稳定性特性。随后,利用这些本构模型进行数值模拟和分析,可以预测土壤在实际工程作用下的行为,如基坑开挖过程中的土体位移、支护结构的受力状况以及出现的地面沉降等。此外,模型验证是确保模型准确性的重要环节,它通过与实际工程中观测到的数据进行对比,来检验模型的预测能力和可靠性。这一过程中需要对模型进行调整和优化,以确保其能够准确反映复杂地质条件下土壤的行为。通过这种方式,建立的土壤力学模型成为连接理论分析与实际工程实践的桥梁,不仅能提高工程设计的科学性和准确性,也为施工安全和工程质量的提升提供强有力的技术支撑。

## 2.3 支护结构设计

### 2.3.1 土壤压力计算

在支护结构设计过程中,土壤压力计算是确保设计既经济又安全的关键环节。这一计算通常基于假设土压力分布法和弹塑性理论,以科学地预测土壤对支护结构的作用力。假设土压力分布法提供一种理论基础,通过假定土压力沿深度变化的分布模式,如等级分布或线性分布,使得工程师能够估算在不同深度下支护结构所承受的土压力。而弹塑性理论则进一步考

虑土壤材料在受力过程中从弹性状态过渡到塑性状态的行为,为复杂地质条件下的支护结构设计提供更加精确的计算方法。通过应用这些理论,结合地质勘探和土壤力学测试所得的数据,工程师能够详细分析土壤对支护结构的作用机制,优化设计方案以适应实际的土壤条件。这不仅包括选择合适的支护结构类型,如钢支撑、混凝土墙或锚杆系统,还包括对支护结构的尺寸和布置进行精确计算,确保既能有效抵抗土壤压力,又能控制项目成本<sup>[4]</sup>。

### 2.3.2 支护结构选择

选择合适的支护结构类型是确保市政工程深基坑开挖安全与效率的关键步骤。桩墙支护、土壤钉支护、挡土墙支护以及辅助支撑等方法各有其独特的适用条件和优势。桩墙支护,通过深入地下的桩体形成坚固的墙体,适用于深基坑或者土质较差的地区,能有效地防止土壤和水的侵蚀。土壤钉支护利用钢筋或者锚杆穿透土层,与喷射混凝土结合,形成一种灵活且经济的支护方式,特别适合于斜坡和不规则形状的基坑。挡土墙支护则是利用重力或者柔性结构来抵抗土压力,适用于空间有限或需要快速施工的场合。辅助支撑如钢支撑或者混凝土梁,通常用于增加已有支护结构的稳定性,特别是在深基坑开挖过程中遇到不稳定的土层或者需要承受额外荷载时。每种支护结构的选择都需基于土壤条件、基坑深度、周围环境以及工程预算等因素综合考虑。通过对这些方法的精确分析和适当组合,工程师可以设计出既安全又经济的支护系统,确保施工过程的顺利进行和工程的长期稳定性。

## 2.4 土壤处理技术

### 2.4.1 岩土改良

岩土改良技术在市政工程施工中起着至关重要的作用,特别是在面对基础土壤承载能力不足或地下水位较高的情况下。土壤挤密作为一种常用的改良技术,通过施加外力使土粒重排,达到减少土体孔隙、增加密度的目的,从而提高土壤的承载力和稳定性。使用土壤稳定剂,如石灰、水泥或化学聚合物,可以通过化学反应改善土壤的物理和化学特性,提升其抗剪强度和减少可压缩性。土壤固化则涉及将稳定剂混入土壤中,通过化学反应形成较硬的固化体,以此来增强土壤的承载能力和防止水分渗透。此外,土壤增强材料如地理合成材料的使用,通过物理方式增加土壤的整体稳定性,有效防止土壤侵蚀和提高斜坡稳定性。这些岩土改良技术不仅能够显著提高土壤的工程性质,还能根据具体工程需求和现场条件灵活选择和组合,

从而实现基础土壤性能的有效控制和改善。通过这种方式,岩土改良技术为市政工程提供了一种有效的手段,以确保施工安全、提高工程质量和延长工程寿命。

### 2.4.2 深层土壤加固

深层土壤加固技术是市政工程中解决深基坑开挖和土壤不稳定问题的关键方法。桩基加固通过打入深入地下的桩体,将荷载传递至更深层、更稳定的土层或岩石中,有效提升基础的承载力和稳定性。土钉加固则利用钢筋或锚杆穿透弱土层,与地表的喷射混凝土墙体形成一个整体,增强土壤的自承能力,适用于斜坡和挡土墙的稳定。深层固化柱技术通过在土体中注入水泥浆或其他固化材料,形成固化柱,改善土壤的力学性质,增加其抗压强度和减少渗透性,适合于处理大面积的软土地基。地锚加固则是将预应力锚杆深入稳定的土层或岩石中,通过锚固端的拉力来稳定土体或支撑结构,这种方法在处理土壤滑移和提升挡土结构稳定性方面尤其有效。这些深层土壤加固技术各具特点,能够针对不同的地质条件和工程需求提供定制化的解决方案,确保工程结构的长期稳定与安全。通过精准的设计和施工,深层土壤加固技术能有效地提高工程的可靠性,为复杂地质环境下的市政工程施工提供坚实的基础<sup>[5]</sup>。

## 3 结束语

市政工程施工中深基坑开挖支护的成功依赖于一系列精细化和科学化的关键技术。从地下探测、地质力学参数测试到支护结构的精心设计以及土壤的有效处理与加固,每一环节都体现出工程安全与效率的双重追求。这些技术不仅能保障施工人员的安全,还能确保周边环境和建筑的稳定,同时也为市政基础设施的可持续发展奠定坚实的基础。在未来,随着新技术的不断涌现和应用,市政工程施工的安全性和可靠性将得到进一步的提升,从而更好地服务于社会和经济的发展。

## 参考文献:

- [1] 张正楠.市政道路基坑开挖及支护施工关键技术[J].绿色环保建材,2021(05):89-90.
- [2] 李志悟.市政工程的深基坑开挖支护[J].四川水泥,2020(06):249.
- [3] 柴东旺.市政工程深基坑支护的难点与解决措施[J].散装混凝土,2022(03):118-120.
- [4] 谢新科.市政工程深基坑支护施工关键技术[J].居舍,2022(11):74-76,131.
- [5] 安斌.市政工程中深基坑支护技术及其施工安全管理探讨[J].工程建设与设计,2022(05):145-147.

# 公路工程施工中水稳基层裂缝的防治技术

杨满红

(甘肃中交华强工程建设有限公司, 甘肃 嘉峪关 735100)

**摘要** 本文重点探讨了公路工程施工中水稳基层裂缝的防治技术。首先分析了水稳基层裂缝的主要类型, 包括干缩裂缝、温度裂缝、沉降裂缝和网状裂缝, 并深入探讨了其成因。其次强调了水稳基层裂缝防治在保障结构美观、提升承载力、提高工程效益及满足交通需求方面的重要意义。在此基础上, 提出了包括优化材料选择与配比、改进施工工艺与设备、严格控制施工环境条件的预防性防治技术, 以及裂缝注浆法、贴缝带与封缝剂应用、局部切除与更换破损基层等修复性防治技术。最后提出了综合防治策略, 包括定期检测与评估、预防与修复相结合及长期维护与管理。本文旨在为公路工程施工中水稳基层裂缝的有效防治提供借鉴。

**关键词** 公路工程施工; 水稳基层裂缝; 防治技术

中图分类号: U415

文献标志码: A

文章编号: 2097-3365(2024)05-0040-03

公路工程施工中, 水稳基层裂缝问题一直备受关注。随着交通流量的不断增加和车辆载重的提高, 水稳基层面临着巨大的压力和挑战。裂缝的出现不仅影响公路的美观性, 更可能引发结构安全问题, 降低公路的使用寿命。因此, 深入研究水稳基层裂缝的成因和防治技术, 对于确保公路工程质量、提高道路使用寿命具有重要意义。本文将基于当前公路工程实践, 探讨水稳基层裂缝的防治技术, 以期为解决这一问题提供有效的参考。

## 1 公路工程施工中水稳基层裂缝的类型与成因

### 1.1 干缩裂缝

干缩裂缝是水稳基层中常见的一种裂缝类型, 主要是由于材料内部水分的减少导致的体积收缩。在水稳基层的混合料中, 水分起到润滑剂的作用, 有助于材料在施工过程中的摊铺和压实。随着时间的推移, 这些水分会逐渐从材料中蒸发, 尤其是在高温和干燥的环境下, 水分的蒸发速度会加快, 导致材料体积缩小。如果混合料的初始含水量过高, 或者材料的配比不合理, 这种体积缩小会更加显著, 最终在水稳基层表面形成裂缝<sup>[1]</sup>。干缩裂缝通常呈现为不规则的网络状, 裂缝的宽度和长度会随着时间推移而变化, 且往往在施工后的早期阶段就开始显现。

### 1.2 温度裂缝

温度裂缝是由于温度变化引起的材料热胀冷缩效应而产生的裂缝。在公路施工中, 水稳基层会经历不同的温度环境, 尤其是在昼夜温差较大或季节变化明

显的地区。当温度升高时, 材料会膨胀; 而当温度降低时, 材料则会收缩。如果这种胀缩受到约束, 或者胀缩的程度超过了材料的弹性极限, 就可能在水稳基层中产生裂缝。温度裂缝的形态多样, 可能是纵向的、横向的或者斜向的, 且往往与道路的接缝或者结构缝有关。值得注意的是, 温度裂缝的形成不仅与环境温度有关, 还与材料的热膨胀系数、厚度以及施工时的温度等因素有关。

### 1.3 沉降裂缝

沉降裂缝是由于地基或回填土的不均匀沉降导致的裂缝。公路施工过程中水稳基层下的土基或回填土可能因为承载力不足、压缩性过大或者水分变化等原因而发生沉降。当沉降发生在局部区域, 而周围区域保持稳定时, 就可能在水稳基层中产生裂缝。沉降裂缝通常表现为纵向或横向的裂缝, 且裂缝的位置和形态与沉降的模式和程度有关<sup>[2]</sup>。在某些情况下, 沉降裂缝可能会随着时间的推移而扩展, 甚至可能导致更严重的结构问题。

### 1.4 网状裂缝

网状裂缝是一种复杂的裂缝类型, 通常是由多种因素共同作用的结果。这种裂缝的形态呈现为多个方向交错的细小裂缝, 形成一个网状的图案。网状裂缝的形成可能与材料的抗裂性能、施工工艺、环境条件以及交通荷载等因素有关。如果水稳基层的材料抗裂性能不足或者施工过程中压实度不够, 就可能导致材料内部产生微裂缝。这些微裂缝在受到重复交通荷载或其他外部因素的影响下, 可能会扩展并相互连接,

最终形成网状裂缝。此外,环境因素,如温度和湿度的变化,也可能影响材料的性能,进而导致网状裂缝的形成。网状裂缝的分布和密度会随着时间和使用条件的变化而变化,一般在道路使用一段时间后才开始出现。

## 2 公路施工中水稳基层裂缝防治的意义

### 2.1 确保结构外形美观

在公路施工中,水稳基层裂缝的出现往往伴随着路面的不连续和不平整,这种现象直接影响了道路的外观质感。裂缝的存在打破了路面的完整性,使得原本平滑的路面变得支离破碎。因此,对水稳基层裂缝进行有效的防治,有助于维护道路的整体美观,确保道路在视觉上的连贯性和一致性,从而提升道路的形象,为城市或地区增添一份整洁与秩序感。

### 2.2 提高结构的承载力

水稳基层作为公路结构中的承重层,其稳定性和完整性对于整个道路的承载能力至关重要。裂缝的产生会在一定程度上削弱基层的承重能力,使得路面在承受车辆荷载时容易发生变形或损坏。通过防治裂缝的产生和发展,可以保持水稳基层的结构完整性,增强其承受重复荷载的能力,从而确保道路的承载力不受影响。

### 2.3 提升工程建设效益

工程建设效益的提高涉及工程的经济性、效率性和可持续性。水稳基层裂缝的防治能够有效减少后期的维修和维护成本,避免因裂缝引发的路面损坏导致的频繁修复。通过在施工初期就采取有效的预防措施,可以在工程的全生命周期内减少资源的投入和浪费,提高工程材料的使用效率<sup>[3]</sup>。此外,减少因裂缝维修导致的交通中断和延误,有助于提升工程建设的社会效益和经济效益,同时也符合可持续发展的理念,为工程的长期运营和维护打下良好的基础。

## 3 公路施工中水稳基层裂缝防治技术

### 3.1 预防性防治技术

#### 3.1.1 优化材料选择与配比

材料选择与配比是影响水稳基层性能的重要因素,直接关系到裂缝的形成。优化材料选择意味着使用具有良好抗裂性和稳定性的材料。使用适当粒径的骨料可以提高混合料的抗裂性,因为骨料的粒径分布和形状会影响混合料的内部结构和应力分布。根据《公路工程水泥稳定层技术规范》(JTGD50-2014),骨料的压碎值应不大于30%,以确保混合料的稳定性。同时

水泥作为结合剂,其品种和掺量也对混合料的性能有显著影响。一般而言,水泥的掺量应控制在3%~6%之间,以提供足够的强度和稳定性。配比设计是另一个关键环节。合理的水泥和骨料配比可以确保混合料具有良好的工作性和强度。根据《公路工程水泥稳定层技术规范》,水泥稳定层的最佳含水量应在1.5%~4%之间,这有助于减少水稳基层的干缩裂缝。此外,混合料的级配也应符合规范要求,以确保混合料的密实度和均匀性。比如通过采用连续级配或间断级配的设计,可以提高混合料的抗裂性能。

#### 3.1.2 改进施工工艺与设备

施工工艺和设备的改进可以有效预防水稳基层裂缝。首先,混合料的拌合应均匀彻底,以确保水泥和骨料充分结合。使用现代化的拌合设备,如强制式拌合机,提高混合料的均匀性和工作性。拌合时间应根据混合料的特性和施工要求进行调整,通常在1~3min之间。摊铺过程中,采用高精度的摊铺设备,以确保混合料的厚度和平整度。摊铺速度控制在合适的范围内,以防止混合料的离析和不均匀。通常摊铺速度宜控制在1.5~3.0m/min<sup>[4]</sup>。此外,压实工艺也是预防裂缝的关键。采用适当的压实设备,如振动压路机或钢轮压路机,按照规定的压实次数和速度进行压实,以确保混合料达到设计的压实度。

#### 3.1.3 严格控制施工环境条件

温度是影响混合料性能的关键因素之一。在高温条件下,混合料的水分蒸发速度加快,可能导致干缩裂缝的形成。因此,避免在高温天气下进行施工或采取相应的保湿措施,如使用保湿膜覆盖混合料。混合料的施工温度应控制在5~35℃之间。湿度也是影响裂缝形成的重要因素。在干燥或多风的条件下,混合料的表面水分容易散失,增加干缩裂缝的风险。因此,要采取措施保持混合料的湿润状态,如定期喷水或使用保湿材料。此外,施工期间的天气变化也应密切关注,避免在降雨前施工,以防混合料被水冲刷或浸泡。

### 3.2 修复性防治技术

#### 3.2.1 裂缝注浆法

裂缝注浆法是一种常用的修复技术,通过向裂缝中注入特殊的浆料来填补裂缝空隙,恢复路面的完整性和承载能力。这种方法适用于各种类型的裂缝,尤其是宽度较大或深度较深的裂缝。注浆材料由水泥、砂、水和添加剂组成,其配比和性能需要根据裂缝的特点和路面的要求进行设计。注浆材料的水泥用量一般在200~400kg/m<sup>3</sup>之间,以确保足够的强度和流动

性。注浆前需要对裂缝进行清理，去除裂缝内的杂物和松动材料，以保证注浆材料与裂缝壁的良好黏结。注浆过程中，需要控制注浆压力，通常在0.2~0.5 MPa之间，以防止浆料溢出或对周围材料造成破坏。注浆完成后，还需要对路面进行养护，以确保注浆材料的硬化和强度发挥。

### 3.2.2 贴缝带与封缝剂应用

贴缝带和封缝剂是两种常用的表面修复材料，它们通过覆盖和填充裂缝来阻止水分和杂物进入裂缝，从而减缓裂缝的扩展和路面的损坏。贴缝带是一种具有黏性的带状材料，可以直接粘贴在裂缝表面。它一般由沥青、橡胶或其他高分子材料制成，具有良好的柔韧性和粘附性。贴缝带的宽度和厚度应根据裂缝的宽度和深度进行选择，一般来说，对于宽度在5~15 mm的裂缝，可以使用25~50 mm宽的贴缝带。封缝剂是一种流动性较好的材料，可以灌入裂缝并填充其中空隙，由改性沥青、矿物填料和其他添加剂组成，具有较高的黏结强度和耐老化性能。在使用封缝剂时，需要先对裂缝进行扩缝处理，以增加封缝剂的黏结面积和填充效果。封缝剂的施工温度通常在190~220℃之间，以保证其流动性和黏结性<sup>[5]</sup>。

### 3.2.3 局部切除与更换破损基层

局部切除与更换破损基层是一种更为彻底的修复方法，适用于破损严重或结构性能受损的水稳基层。这种方法需要先切除破损的基层部分，然后重新铺设新的基层材料。切除工作需要精确控制，以避免对周围的健康基层造成破坏。根据《公路工程水泥稳定层维修技术规程》(JTG H10-2014)，切除的范围应根据裂缝的深度和宽度以及基层的破损程度确定，一般应比破损区域大出100~200 mm。在切除后，需要对基层底部进行清理和整平，以确保新铺设基层的稳定性和平整度。新基层的材料选择和施工工艺应与原基层相同或更优，以保证修复后基层的性能。新基层铺设完成后，要进行充分的养护，以确保材料的强度和稳定性。

### 3.3 综合防治策略

定期检测与评估涉及对路面状况进行系统的监测，以确保及时发现并评估裂缝的状况，从而采取适当的防治措施。其目的是构建一个数据驱动的维护决策过程，以提高公路维护的效率和效果。检测工作通常包括对水稳基层裂缝的视觉检查和物理测量。视觉检查可以初步识别裂缝的位置、类型和大致宽度，而物理

测量需要使用专业设备来获取更精确的数据。裂缝宽度可通过裂缝宽度测量仪进行测量，这种仪器通常具有0.01 mm的精度，能够准确记录裂缝的宽度。裂缝长度和深度的测量则可以使用传统的尺量方法或更先进的地质雷达(GPR)等非破坏性检测技术来完成。GPR能够探测到几米深的地下结构，提供裂缝深度的详细信息。其次，评估工作基于检测数据进行。裂缝的严重程度可以根据其宽度、长度和深度进行分类。根据技术规范可以将裂缝宽度分为几个等级：微裂缝(<0.5 mm)、细小裂缝(0.5~5 mm)、中等裂缝(5~15 mm)和大型裂缝(>15 mm)。这有助于确定裂缝的修复优先级和选择合适的修复方法。此外，评估还可以采用裂缝活动性分析，通过监测裂缝在一定时间内的变化来评估其发展趋势。如果一个裂缝在一个月内宽度增加了1 mm以上，表明这是一个活动裂缝，需要尽快进行修复。评估还包括对路面整体性能的评价，如使用路面性能指数(PQI)等综合指标，该指数综合考虑了裂缝、车辙、坑槽等多种路面病害的影响。

定期检测与评估的频率取决于道路的使用情况和历史维护记录。对于交通流量大或历史记录显示易发生裂缝的道路，检测频率可能需要更高，例如每季度或每半年进行一次。而对于交通流量较小且历史维护良好的道路，检测频率可以相对较低，至少需要每年进行一次。

## 4 结束语

本文为公路工程施工中水稳基层裂缝的防治提供了全面而深入的分析和建议，对于提高公路工程质量和延长使用寿命具有重要的参考价值。通过实施这些防治技术和策略，可以有效减少水稳基层裂缝的发生，确保公路工程的安全和可靠。

## 参考文献:

- [1] 李军华.公路工程施工中水稳基层裂缝防治技术研究[J].四川建材,2022,48(06):168-169,171.
- [2] 张红梅.公路工程施工中水稳基层裂缝的防治[J].四川建材,2023,49(03):132-133,136.
- [3] 杨涛.公路工程施工中水稳基层裂缝的防治[J].工程建设与设计,2023(12):163-165.
- [4] 郑立瑞.公路工程施工中水稳基层裂缝防治技术要点[J].黑龙江交通科技,2023,46(07):33-35.
- [5] 马强强.公路工程施工中水稳基层裂缝的防治[J].城市建设理论研究(电子版),2023(31):157-159.

# 输电线路设备运行检修中的 红外测温技术应用探析

郝晨飞

(国网山西省电力公司超高压输电分公司, 山西 太原 030000)

**摘要** 在快速发展的输电线运行技术中, 如何提高输电线路设备的运行检修水平, 改进生产效率, 成为一个值得研究的课题。同时, 在运行检修工作中, 线路容易出现各类故障, 因而逐步采纳先进的管理办法, 改进生产过程, 可实现对生产过程中出现的缺陷的及时检测与控制。在役线路设备因各种原因产生的异常温升问题, 给电网的安全、可靠运行带来了巨大的隐患。常规的故障检修方法已经无法适应不断增加的输电线路建设需要, 也在一定程度上制约了现代输电系统的发展。采用红外测温的方法, 可以有效地实现对温度变化的早期检测。通过对电力系统运行过程中红外温度测量的应用情况进行分析, 可以及时给出相应的防范措施和建议。

**关键词** 输电线路; 设备运行检修; 红外测温技术

中图分类号: TM72

文献标志码: A

文章编号: 2097-3365(2024)05-0043-03

我国电网建设正朝着高负荷、大电网覆盖的方向发展, 负荷电流呈现出阶段性的峰谷现象, 电力系统的容量需求也不断增加。为此, 电力企业投入了大量的人力和资源, 以消除负荷电流的潜在影响。其中, 管理部门在负载较大时, 实行相关的电网风险预警处理和保供电计划, 但常规的巡检方式难以实现对各类危险点的有效监测, 无法在特定的运行模式下对因大负荷电流引起的设备故障或停机进行实时监测, 从而严重影响了正常的输电线路稳定运行和设备的工作状态。红外温度测量技术以其不间断、非接触式直接测量、大范围、快速扫描等特性, 既克服了因线路覆盖范围广、设备多而造成的监测盲区, 又能解决传统专项巡检无法对隐患点进行有效监测的难题, 符合运营管理中防患于未然的特殊需求。能否有效地进行红外线测温工作, 关系到线路设备的安全运行。

## 1 红外测温技术的特性与适用场合

### 1.1 红外测温技术的特性

在金属丝的表面, 电热作用产生的红外辐射会在金属丝表面产生温度场, 利用电效应及放大器电路, 将其与 A/D 转换器相结合, 产生一种可视的可见光图像, 这样就可以对装置内外的热进行实时监控, 以达到对装置内外的热状况进行实时监控。

### 1.2 红外测温技术的适用场合

红外测温技术通过对工作中的设备实施无接触的

测温, 获取其温度场的分布, 对高负载工况下导线接头、耐张线夹、并沟线夹等连接元件的发热等安全隐患进行监测, 并在多云天气或傍晚时开展, 可有效减小环境因素对测试结果的影响。针对诸如绝缘子等电压源热设备产生的氧化性腐蚀等问题, 红外线测温技术适用于低风力、低湿度的气象条件<sup>[1]</sup>。

## 2 红外测温技术在输电线路状态检修中的应用价值

随着社会经济的迅速发展和人口的不断增加, 用电的需求量也越来越大, 这对电网的运行提出了严峻的考验。为了更好地掌握线路的运行状况, 在进行状态检修时, 必须对各种设备进行动态监控。在此基础上, 通过对线路进行状态检修, 来判定是否要对其进行升级和优化, 减少在运行中出现故障的概率, 保证线路的传输工作可以平稳地进行, 避免线路故障问题的进一步恶化, 导致产生不可逆转的后果。

从我国的输电线路检修工作来看, 有关的检修工作还处在起步阶段。检修人员进行线路检修时, 经常会利用专门的检修工具来收集线路的运行状况参数, 然后对这些参数进行分析, 以此来判定线路的正常运转情况, 及时地发现线路中的问题, 并有针对性地进行检修。在现有的线路检修方法中, 较为常用的检测方法是用电检法和红外测温法<sup>[2]</sup>, 其中, 红外测温技术具有工艺成熟、检测效果等优势, 已被广泛用于输电线路检修与维护作业中。

### 3 输电线路红外测温的方法及注意事项

#### 3.1 方法

根据输电线路的运行特性,选定测温位置,在对其进行清洗后,尽量避免任何障碍物,尽量靠近测温位置,在检测过程中,要考虑到相同的距离、不同的角度,进行多次的测试,从而提高测试的准确性。再对距此位置1 m左右的金属丝的温度进行测量,通常如果两者之间的温差大于5℃,则可以判断为存在小的热故障。

#### 3.2 注意事项

##### 3.2.1 检查环境规定

在使用测温仪器的时候,一定要等温度表上的温度和外面的温度差不多的时候才可以使用,以免因为温度的不同而对测温的准确性造成影响。在检测过程中,要确保周围的空气湿度不大于85%,周围的温度不小于5℃。测量温度时,要防止太阳直射到透镜上,另外,在对电流加热装置进行试验时,不能超过额定负载的30%。为了准确地探测,还必须符合下列条件:所测试的装置应在24 h内通电运转;用电感热仪进行测试时,宜在晚上或多云的天气中进行;测量温度时,室外风速不超过5 m/h。<sup>[3]</sup>

##### 3.2.2 检查时间需求

通常110 kV、220 kV的线路检查时间为2~3年,220 kV、500 kV及以上的线路检查时间为1年;对于新建、改建和大修工程,必须在运行一个月以内开展检查工作。

##### 3.2.3 探测位置

测试地点为设备用线钳、抗张线夹、勾线钳、T型线钳、泄水孔、修复管、直线管、松股导线、接油管等。然后对其1 m左右的导压管进行试验,以作对比。

### 4 红外测温技术在输电线路运行检修中的具体运用

#### 4.1 变电状态检测

在采用红外测温技术进行测量时,由于装置仍处在比较平稳的工作状态,所以若要直接对装置内部进行测量,就很难得到所需的数据。而利用红外测温技术,则可以通过温度的变化、工作原理、故障诊断等,了解到不同时期设备的工作状态,为进行相关的检测与维护工作提供数据基础。

#### 4.2 电压感热故障的诊断

引起电压发热的主要原因是其内部元件的绝缘出现了故障,并且还经常存在电压不均匀、漏电流大等问题。一般来说,引起这一缺陷的主要原因是电压问题,

因此,可以采用红外测温技术中的同类比较法来进行诊断,当温度数据超过30%时,就能判定出有故障。同时,将测得的温度图与检测结果、正常工作时的装置相对比,能够准确定位具体的故障位置<sup>[4]</sup>。

#### 4.3 断路器触头过热问题

一是由于开关长时间暴露在空气中,其刀刃部分发生氧化,并且在其表面生成薄膜,从而影响了电流的传输,使得工作电阻增大,造成过热情况的发生。二是在变压器中,由于开关的动作过于频繁,有可能出现开关闭合不到位的情况,造成刀刃电阻增大,进而引起过热问题。所以,在使用红外测温技术的时候,需要提前对电力设备进行冷却处理,以免在温度过高的情况下产生不稳定因素,出现安全隐患。

#### 4.4 变压器发热检测

在对220 kV变电所实施红外线检测时,如果发现了电网局部区域外的温度异常的情况,就需要将探测到的数据与正常值进行对比,以此判定是否为热性缺陷。而一次端的电压没有其他的的问题,工作状态未出现任何异常,经分析认为,相关保护设备可能在测得的电压下发生故障。此时,在发生故障之后,相应的补偿器不能起到应有的作用,这样,线圈的电压就会下降,温度就会上升。阻尼器容性故障的原因有两种,一种是电容器中含有大量的电容器,另一种是电容器本身的质量存在一定的缺陷。

### 5 基于红外测温技术的高效运维策略

#### 5.1 红外测温设备的科学合理应用

目前,我国输电线的散热故障占了相当大的比重,其中散热故障可以划分为内、外部热故障。而内部散热故障是由于部分设备密闭性强,散热性能弱,从而逐渐导致其内部温度升高,留下安全隐患。红外温度测量是保证电力系统安全、稳定、可靠运行的重要手段。因此,在进行红外线测温相关工作的同时,要根据当地的输电线路情况,对操作设备进行科学合理的选型,制定出一套行之有效的经营方案,确保检修成果的真实和有效。在实践中,一般应用以下方法:

1. 绝对温差法:国内的输电线采用的是钢芯铝绞线,国家制定了相应的规范条例,要求线路在稳定运行的过程中,温度不得高于70℃。同时,有数据显示,在输电线路路上,如果相邻两个设备间的温度高于70℃,则线路发生故障的可能性就会大幅上升,所以在进行检修时,必须对设备的温度进行控制。

2. 警戒升温法:正如目前在智能大楼中使用的自动报警设备一样,由于各个地区的用电水平存在较大

差异,因此,在传输线路上的电流也是不一样的。所以,工作人员要根据输电线路的具体情况,科学地设定一个比临界点温度稍低的预警参数。在使用红外测温设备的时候,当探测到输电线路的某个部位的温度超过了预警参数,就会发出警报,通知工作人员对该故障进行及时处理。此外,这种方法也存在着一些限制,当负载电流、线路材料、运行环境等基本条件一致时,高压 AC 线的发热现象会受到邻近效应的影响而表现出显著的差异,所以,仅仅根据导向类型和材料来设置预警参数是不科学和合理的,势必会降低预警的准确性。另外,在设计预警参数时,如果没有将外部环境因素考虑在内,那么这个参数的设置也不完善,特别是对于高压架空输电线路来说,各项外部因素和条件都会对检测结果产生影响。因此,在对输电线路进行预警参数设置及监测时,必须采取必要的控制措施,以确保其计算精度。<sup>[5]</sup>

### 5.2 做好输电线路设备的检查登记

为了保障用户用电的安全,必须定期对线路进行检查和维护。所以,电力企业必须要建立定期和重点的检修和维护体系,在定期的检查过程中,必须对监测过程进行严格规范,保证检测结果的准确性。如出现红外线温度计报警,或存在传输线路故障,应立即将其报告给相关部门,以便立即进行排障。同时,即便是经过检验程序后,确定了传输线路不存在异常情况,也需要对时间、温度和环境等因素进行实时监测和控制,同时还要对测温记录、温升趋势及幅度进行分析,作出较为合理的预判,以提升检修维护工作的效果。另外,在排除了设备故障之后,还应对故障部位进行关键的检查,以避免同类型故障再次发生。最后,相关人员应该做好细节检查和风险防范工作,对故障原因以及在排障过程中预测到的重要问题进行深入了解和分析,以便为下一次的排障工作提供充分的经验数据支持。

### 5.3 与特定操作相联系

迎峰度夏和 N-1 运行模式下,运线路承受的负载电流要比正常情况大得多,当负荷水平超过 80% 时,必须在预计的重负荷到达之前,对线路各关键节点进行红外测温。在每一年峰峰期之前,对 500 kV 线路上的 500 kV 线路接头和重点 220 kV 输电线路接头进行测试。对于老化、运行环境恶劣或本身就有缺陷的线路,在重载运行时,应加大红外线测温的频率和采样次数。

### 5.4 加强对新建运行线路的管理和控制

新建线路由于安装工艺和压接工艺等方面的原因,

在高长度金属制品的双股结构的作用下,导线容易在接头附近产生散丝。在散股作用下,导体基础结构遭到破坏,极易产生局部过热。

此外,在焊接过程中,还会出现连接不良,使接触区域电阻率增加,形成过热缺陷,使焊接点的温度高于其它区域。对于新建运行的线路,运行人员一般要在运行 1 个月内对整个线路的关键节点进行一次测温。<sup>[6]</sup>

### 5.5 后续的缺陷管理

在红外测温工作确认电流互感器的缺陷状态后,需要对电力设备的运行状况进行持续监测和跟踪,根据其缺陷等级和具体条件,决定是否减少负载电流以避免事故,并尽可能实施停电检修。对有电压负荷过大的设备,必须立刻减小电流,并通过恰当的检测方法,对故障的具体部位和性质进行分析,一经发现问题,应立刻妥善处置。

## 6 结束语

随着数字化技术的不断进步,红外测温技术已经逐步融入了输电线路的高效运营管理中,红外测温技术拓宽了检修管理思路,提供了更加灵活、高效的运营管理方式,稳定了线路的运行状态。利用红外温度传感技术来监测线路设备,采用的是一种无接触式的检测方式,其融合了遥感技术的思想,其高灵敏度、大范围、多层次的监测方式,是对设备生命周期管理理念的良好运用,与设备风险控制原理和线路运营管理的先进理念一致。以红外线测温技术为基础的线路运营管理手段,在今后的发展中将会显示出其优越性。

## 参考文献:

- [1] 张海春. 变电运维工作中对电压致热型设备的红外测温技术[J]. 电子元器件与信息技术, 2019,03(07):112-114,118.
- [2] 李昂,王传平,饶彬源,等. 基于红外测温技术的螺杆压缩机故障监测系统研究[J]. 设备管理与检修, 2023(15): 55-58.
- [3] 梁银新,盛叶飞. 红外激光瞄准型测温装置在红冲压力表接头中的应用[J]. 工业仪表与自动化装置, 2023(03):85-87.
- [4] 范振华. 变电运维中电压致热型缺陷的红外测温技术研究[J]. 现代工业经济和信息化, 2022,12(10):129-130.
- [5] 王思光. 基于红外测温技术的现状架空输电线路导线运行应力计算[J]. 机电信息, 2022(17):6-9.
- [6] 叶日新,赵新志,窦小晶,等. 基于红外测温技术的 ±500kV 换流站平波电抗器套管缺陷诊断分析与处理[J]. 电网与清洁能源, 2021,37(07):65-72.

# EBZ280 悬臂式掘进机在煤矿大断面岩巷快速掘进中的应用与优化

左国栋

(山东方大工程有限责任公司, 山东 淄博 255150)

**摘要** 本文首先简述了EBZ280悬臂式掘进机在煤矿大断面岩巷快速掘进中的应用优势以及面临的挑战, 其中优势分析涉及挖掘速度、精度、安全性、适应性等主要方面, 挑战讨论涉及地质不确定性、岩石硬度和韧性、操作复杂性等基本要点; 其次从地质条件、机器维护和可靠性、切削刀具的选择和磨损管理等角度讨论了影响应用效率的因素; 最后从引入先进的地质测绘和实时监测、定制切削刀具和耐磨材料、预测性维护计划等角度出发探究性能优化策略。本文强调在煤矿大断面岩巷快速掘进中应用EBZ280悬臂式掘进机的价值, 提示具体应用中面临的挑战, 指明优化应用的改进方向, 旨在为充分发挥掘进机的作用提供参考, 从而为煤矿生产提供助力。

**关键词** EBZ280 悬臂式掘进机; 煤矿; 大断面岩巷; 快速掘进

**中图分类号**: TD42

**文献标志码**: A

**文章编号**: 2097-3365(2024)05-0046-03

EBZ280掘进机是挖掘领域的技术基石, 可以应对煤矿生产中存在的多种挑战。作为先进的机械工具, EBZ280悬臂式掘进机具有先进的功能, 可供高效的隧道掘进使用, 成为煤炭开采行业的关键资产。其凭借稳健的设计和尖端的功能, EBZ280已被证明可以满足复杂地质条件下快速、精确挖掘的需求。煤矿大断面岩石巷道快速掘进需求的不断增长是煤矿行业发展的一个关键方面。随着煤炭开采作业范围的扩大, 对挖掘技术提出更高要求, EBZ280掘进机通过提供集速度、精度和安全性于一体的技术服务, 满足了大断面岩石巷道开发的生产需求。

## 1 EBZ280掘进机在煤矿大断面岩石巷道快速掘进中的应用

### 1.1 EBZ280的应用优势

在煤矿生产中, EBZ280掘进机可用于快速挖掘大断面岩石隧道, 在提高运营效率、安全性和整体项目成功率方面有着积极影响。

1. 在提高挖掘速度上, EBZ280专为快速高效的岩石切割而设计, 可显著提高挖掘速度。其坚固的设计加上强大的切割机制, 可以快速去除大量岩石, 与传统方法相比, 加速了隧道掘进过程。

2. 在精度和准确度上, EBZ280配备先进的控制系统和尖端技术, 确保精确挖掘, 这种高精度符合煤炭开采需求, 因为隧道尺寸必须符合特定要求。该机器能够精确地穿过不同的岩层降低过度挖掘或偏离计划隧道轨迹的风险。

3. 在安全措施方面, EBZ280掘进机整合了多种功能来降低隧道挖掘相关的风险, 比如机器的自动化功能减少了大量人工干预的需要, 降低了人工操作的安全风险。此外, 实时监控系統通过提供有关操作条件的即时反馈, 有助于打造更安全的工作环境。

4. 在岩石条件的多功能性方面, EBZ280展示了对煤矿中常见的不同地质条件的适应性, 其切削工具和设计可以有效地处理不同的岩石类型, 确保不同地层的性能一致<sup>[1]</sup>。这种多功能性有助于提高运营连续性, 并最大限度地减少与地质构造变化相关的停机时间。

5. 在成本效益方面, EBZ280在煤炭开采项目中的有效应用提高了生产效率, 降低了生产成本。快速挖掘能力缩短了项目周期, 从而降低了劳动力成本和设备费用。此外, 机器的准确性可以减少失误, 避免错误操作、事故发生带来的额外的成本损耗。

6. 在提高生产力方面, EBZ280结合了高挖掘速度、精度和安全功能, 显著提高了整体生产力。该机器可实现连续不间断的隧道掘进作业, 生产力的提高可以更好地满足煤炭开采行业不断增长的生产需求, 有利于项目的及时完成。

总之, EBZ280掘进机被证明是煤矿大断面岩石隧道快速挖掘的宝贵资产, 其在实际应用中表现出多方面的优势, 包括高速、精确、安全增强、适应性、成本效益和提高生产力等, 使其成为满足现代煤炭开采作业不断变化的需求的领先设备。

## 1.2 挖掘过程中面临的挑战

虽然 EBZ280 掘进机在大断面岩石隧道的快速挖掘方面具有显著优势,但煤矿开采环境中固有的挑战会影响挖掘过程的效率和效果。

1. 地质不确定性。煤矿通常具有复杂的地质构造和不同的岩层。岩石成分、硬度和结构的不可预测变化给 EBZ280 带来了挑战。适应这些地质不确定性需要实时监控和调整掘进机的切削参数,以确保在不同的岩石条件下发挥最佳性能。

2. 岩石硬度和韧性。掘进机在挖掘过程中会遇到不同硬度和韧性的岩石。极硬或磨蚀性的岩石会加速切削工具的磨损,影响其寿命并需要经常维护。面对不同的岩石硬度,保持切削效率和刀具耐用性之间的最佳平衡是一个重要挑战。

3. 操作复杂性。大断面岩石隧道需要在有限空间内完成复杂的导航和操纵任务。穿越复杂的地形、弯道和交叉路口给 EBZ280 带来了操作挑战。实现无缝挖掘过程需要熟练的操作员和高效的沟通。

4. 脱水和环境因素。煤矿经常面临进水和不利的环境条件,影响 EBZ280 的效率。淹水区域可能需要额外的脱水工作以保持运行完整性。此外,灰尘和通风管理等环境因素也对设备和人员安全产生影响。

5. 机器维护和停机时间。定期维护是维持 EBZ280 的性能的基本举措,维护和修理期间可能需要停机,可能会扰乱连续挖掘过程<sup>[2]</sup>。平衡维护需求与项目建设时间要求需要尽可能缩短停机时间,设计动态、持续的运维计划,保证设备的可用性。

6. 操作员培训和技能要求。EBZ280 的高效操作依赖于能够在充满挑战的条件下驾驶机器的熟练操作。充分的培训可以确保操作员不断提升专业技能,形成应对不可预见挑战、做出实时决策的能力。

应对这些挑战需要采取综合方法,技术运用、主动维护策略、操作员培训以及对地质、环境条件的充分把握都是关键。尽管存在这些障碍,但 EBZ280 掘进机在煤矿大断面岩巷快速掘进中仍然是关键设备,我们要做的就是探索应对这些挑战的有效方法。

## 2 EBZ280 悬臂式掘进机在煤矿大断面岩巷快速掘进应用中的优化策略

### 2.1 影响 EBZ280 效率的因素

EBZ280 掘进机在大断面岩石隧道开挖中的效率受到跨越地质、操作和技术领域的复杂因素影响。了解并消除这些因素对 EBZ280 悬臂式掘进机运行过程的干

扰是项目成功的关键。

1. 地质条件。岩层的地质构成显著影响 EBZ280 的效率,机器必须应对岩石硬度、磨蚀性和结构的变化。全面的地质调查是了解作业区域地质条件的有效措施,以便根据遇到的具体地质挑战调整切削参数、工具选择和整体开挖策略。

2. 机器维护和可靠性。定期和主动维护可以保障机械设备的可靠性,延长其使用寿命。定期维护包括检查切削工具、液压系统和其他关键部件,确保它们能够高效率运行。

3. 切削工具的选择和磨损管理。切削工具的选择关系着 EBZ280 的性能。选择标准包括岩石硬度、研磨性和整体耐磨性等。实时监控切削工具的磨损情况可以及时更换,防止挖掘效率下降并最大限度地减少对机器的潜在损坏。

4. 机器设计和适应性。EBZ280 的设计特点,如截割头配置、重量分布和整体适应性,有助于其在大断面岩石隧道开挖中的效率。机器设计的不断改进,结合现场经验的反馈,可以增强掘进机穿越复杂地形并优化截割性能的能力。

5. 操作员技能和培训计划。操作员的技术熟练程度影响 EBZ280 运行效率。全面的培训计划可确保操作员能够适应复杂的作业和环境,提高其在多变、复杂的作业环境下驾驶掘进机、做出实时决策和解决问题的综合能力<sup>[3]</sup>。熟练的操作员可以优化切削参数并适应不断变化的隧道环境,最终提高挖掘效率。

6. 实时监控和数据分析。先进监控系统的集成可以实时收集机器性能、地质条件和操作参数的数据,分析这些数据可以深入了解潜在的挑战,并允许主动调整以优化 EBZ280 的运行效率。传感器和数据分析等智能技术有助于提高挖掘过程的适应性和响应能力。

7. 自动化和控制系统。自动化和控制系统的结合提高了 EBZ280 的精度和效率。自动化减少了对手动控制的依赖,从而使操作更加平稳并提高了切割精度。自适应控制系统可以根据实时反馈动态调整切割参数,优化不同地质条件下的机械性能<sup>[4]</sup>。

8. 环境管理。解决粉尘控制和适当通风等环境因素有利于维持安全的工作环境。高效的环境管理有助于提高操作员安全,并确保 EBZ280 在各种条件下不间断运行。

通过了解这些影响因素,煤矿开采作业中可以针对性地采取优化措施,提高 EBZ280 掘进机的行进、开掘效率。地质知识、机器可靠性、尖端技术和熟练操

作员等因素的协同作用可以更好地发挥 EBZ280 掘进机的优势。

## 2.2 EBZ280 掘进机性能优化策略

煤矿大断面岩石隧道的高效开挖中,优化 EBZ280 掘进机的性能需要采取战略方法,借助一系列技术手段来提高机器设备的运行效率,确保其在不同的地质条件下以最佳状态运行。以下是优化 EBZ280 性能的综合策略:

1. 引入先进的地质测绘和实时监测。隧道开挖前需要全面地质测绘,需要利用 3D 成像和探地雷达等先进技术来详细了解岩层。开挖过程中,运行实时地质监测系统,及时适应突发变化,确保根据岩石硬度的变化调整切削参数,减少切削刀具的磨损并提高整体效率。

2. 定制切削刀具和耐磨材料。根据煤矿遇到的具体地质条件定制切削刀具。切削工具采用耐磨材料和涂层,以延长其使用寿命并保持高效挖掘<sup>[5]</sup>。定期检查并更换磨损的工具,以防止性能下降。采用尖端材料和设计确保 EBZ280 能够适应各种岩石类型。

3. 预测性维护计划。开发和实施利用状态监测和传感器技术的预测性维护计划。定期检查关键部件,并根据实际磨损而不是固定间隔安排维护。预测性维护可减少停机时间、增强可靠性并延长 EBZ280 的使用寿命,从而有助于提高长期效率。

4. 加强操作员培训。投资于全面的培训计划,要求不仅涵盖机器操作,还涵盖地质意识和故障排除技能。训练有素的操作员可以熟练地应对不断变化的条件、优化切割参数并有效应对挑战。持续的培训和技能增强计划使操作员能够及时了解最新技术和最佳实践,从而进一步提高绩效。

5. 注重智能技术和自动化集成。集成传感器和自动化系统等智能技术,增强 EBZ280 的适应性和效率。自动化可以实时优化切割参数,响应地质变化<sup>[6]</sup>。智能系统还支持远程监控,允许场外专家在必要时提供指导和干预,减少延迟并最大限度地提高性能。

6. 引入自适应控制系统。实施自适应控制系统,根据实时反馈动态调整切削参数。这些系统响应不断变化的地质条件,优化 EBZ280 在不同岩石类型中的性能。自适应控制可确保机器在整个挖掘过程中以最佳设置运行,从而有助于提高效率。

7. 环境和安全管理。优先考虑环境和安全管理,以创造有利的工作环境。采用粉尘控制措施提高能见

度并降低操作员的健康风险。精心设计通风系统,确保新鲜空气的持续供应。

8. 持续研究和开发。与研究机构和行业专家合作,融合机器设计、切割技术和材料方面的创新。定期更新 EBZ280 的设计,以利用最新的进步,确保它仍然是大断面岩石隧道开挖的最先进的解决方案<sup>[7]</sup>。

9. 反馈循环和持续改进。建立反馈循环,分析挖掘过程中收集的数据,包括地质条件、机器性能和操作挑战。使用此信息来完善策略、更新切削参数并改进机器设计。

总之,优化 EBZ280 掘进机在大断面岩石隧道开挖中的性能需要采取多方面、主动的方法。通过整合先进的地质测绘、尖端技术、熟练的操作员和持续改进策略,煤炭开采作业可以释放 EBZ280 的全部潜力。

## 3 结束语

EBZ280 掘进机成为煤矿大断面岩石隧道快速挖掘的关键解决方案,其优点包括高速精度、更高的安全性、岩石条件下的多功能性、成本效益和提高的工地生产力。然而,地质不确定性、岩石硬度和操作复杂性等挑战需要战略考虑。

展望未来,EBZ280 在煤矿掘进中的应用和优化前景广阔。预计技术、机器设计和操作员培训将持续进步。智能技术、自动化和自适应控制系统的集成有可能进一步提高机器的效率,使其成为满足煤矿挖掘项目不断变化的需求不可或缺的工具。

## 参考文献:

- [1] 张献波. EBZ-260 综掘机在大断面岩巷掘进中的应用[J]. 河北化工, 2022,45(03):35-37.
- [2] 艾晓康. EBZ-318 掘进机在冯家塔煤矿大断面岩巷掘进施工中的应用研究[J]. 内蒙古煤炭经济, 2020(05):57-58.
- [3] 刘智慧. 矿用悬臂式掘进机电控系统设计与应用研究[J]. 能源与环保, 2023,45(05):204-210.
- [4] 薛红波, 李福振, 蔡先杭. EBQ315 岩巷掘进机在陕蒙地区煤矿大断面岩巷掘进中的应用[J]. 工程技术研究, 2022,04(02):12-16.
- [5] 王继伟. EBZ-318 综掘机在大断面岩巷掘进施工中的应用[J]. 山东煤炭科技, 2023,41(05):149-151.
- [6] 张立洋, 蔡木喜. EBH315Q 掘进机在石拉乌素煤矿岩巷掘进中的应用[J]. 现代矿业, 2023,39(05):189-192.
- [7] 王伟. EBZ318(H) 悬臂式掘进机及其配套设备在煤矿中的应用[J]. 机械管理开发, 2019,34(08):199-201.

# 火力发电厂水处理及水质控制策略探析

张 政

(山东省环能设计院股份有限公司, 山东 济南 250200)

**摘 要** 火力发电作为一种成熟的能源转换形式, 因其稳定的能源供给能力而颇受瞩目。而对于其辅助设施, 尤其是发电厂水处理系统的水质量标准, 国家近年来不断提升监控与管理的精准度, 强化了相关环保法规与技术要求。本文研究了火力发电厂水处理及水质控制技术, 旨在为相关人员实际工作提供参考, 实现经济效益与生态保护的双重优化。

**关键词** 火力发电厂; 水处理技术; 水质控制

**中图分类号:** X77

**文献标志码:** A

**文章编号:** 2097-3365(2024)05-0049-03

火力发电厂对水资源的需求迫切而频繁, 水就是火力发电厂运行的生命线。在全球水资源日趋稀缺的背景下, 我国火力发电厂在处理水资源方面的技术正在被期待达到新的高度, 以实现水资源的循环利用, 处理后的水质要达到零污染排放的标准, 以应对当前严峻的环境保护需要。这既保证了火力发电过程的稳定进行, 又提高了水资源使用的效益。

## 1 火力发电厂水处理的特点

火力发电厂的水处理工艺涵盖了自然科学与工程技术多个领域, 具体表现在水质净化、循环利用、环保排放等多个环节的深入探讨与应用实践中。发电过程对水质的要求极为严苛, 尤其是水中溶解固体、有机物以及微生物含量的严格控制, 对维持设备运行效率、延长设备寿命、降低故障率起着决定性作用。火力发电厂水处理技术呈现以下特点。

火力发电厂水处理技术对于水源的纯净度要求较高, 以避免锅炉结垢和腐蚀。例如, 锅炉给水和补给水需经过预处理、离子交换或反渗透等多级净化工序, 以达到去除水中的悬浮物、胶体、溶解性固体及某些化学成分的目的, 同时需要控制进一步处理后的水的电导率、pH 值等水质参数。火力发电厂的水处理过程强调节能减排与循环利用的理念<sup>[1]</sup>。一方面, 通过采用先进的水处理装置与工艺, 优化系统设计, 提升水处理效率和处理后水的再利用率, 减少水资源的消耗; 另一方面, 通过对化学药剂的精确投加与盘控, 降低因处理工程而产生的辅助污染, 体现了生态文明建设的理念。

火力发电厂水处理技术是工艺复杂性与技术先进性的体现。如采用反渗透膜技术、电去离子化技术、超纯水制备技术等, 旨在从分子水平提升水质, 还能

在一定程度上降低运行成本。随着自动控制技术与智能化管理的应用与深入, 数据驱动模式下的工艺优化与设备维护已成为当下及未来的发展趋势。水处理技术在追求高效率、低能耗的前提下, 对环保材料和技术的应用愈发重视, 满足严格的环境保护标准, 减轻人类活动对生态系统的影响。要重视选用低环境冲击的材料和化学制剂, 推动环境友好型技术的研发和应用。

## 2 火力发电厂水处理概述

### 2.1 火力发电厂循环水处理

在火力发电厂的运营过程中, 水处理工艺起到了至关重要的作用。火力发电厂的循环水处理工艺, 创新性地运用了一系列技术手段和方法, 确保了水的回用, 减轻了对环境的压力, 也节约了资源。火力发电厂的循环水处理系统, 其主要目的就是通过一系列复杂的水处理过程, 使得从环境中取来的水能够满足循环冷却的用水品质要求。循环水系统中的水质对火力发电厂的运行安全和效率产生着重要影响。若水质处理不当, 将引发一系列问题, 如锅炉结垢、腐蚀, 给发电装置带来损害, 降低设备寿命, 影响机组效率, 甚至可能导致设备事故。

火力发电厂循环水的处理不仅仅是对水进行简单的过滤, 而是涉及物理、化学、生物等多个领域的处理技术。其初衷应从整个发电系统的角度出发, 以减少能源消耗和环境污染、提高发电效率为目标, 实现水、环境和能源三者的和谐统一。生物处理包括消除藻类、防止微生物生长等, 保证循环水的微生物处理效果, 从而避免微生物造成的腐蚀、堵塞等问题。物理处理主要针对循环水中的悬浮物, 如泥沙、颗粒物等进行处理, 保证循环水的清洁性。化学处理手段中, 又包含了脱氧处理、防垢处理、防腐处理以及 pH 值的调节

等多个环节<sup>[2]</sup>。具体的操作方式如下：脱氧处理主要是移除水中所含的氧气，目的在于保护蒸汽轮机和锅炉管道不受腐蚀的侵害；防垢处理的任务是阻止锅炉内部的垢物生成，以维护锅炉的常态运转；防腐处理则着眼于避免锅炉内部的金属管道和设备被腐蚀破坏；对于pH值的调节，其核心任务在于保持水质的稳定性，优化其他水质处理的效率。

## 2.2 火力发电厂补给水处理

火力发电厂补给水处理的主旨在于确保给水系统可靠性、降低运维成本及延长设施寿命，其核心意义体现在对补给水中悬浮物质、有机物、无机盐类等杂质的精确控制，以及对水路系统中可能导致沉积、结垢、腐蚀和微生物生长等问题的有效预防。在此过程中，各类物理方法、化学方法及膜技术的协同应用十分关键。为满足高效、安全运行的要求，补给水必须经过严格处理，以达到超纯水标准。传统的补给水处理包含粗过滤、细过滤、软化、脱盐、脱氧等环节，然而现代火力发电厂更倾向于运用更为精细化、集成化的水处理方案。粗过滤旨在去除水中较大颗粒杂质，通常运用机械过滤装置完成；细过滤则进一步去除较小悬浮物，保证水质符合后续处理工艺的要求。水质软化则通过离子交换等方法移除钙镁离子，防止锅炉系统中结垢现象的出现，而脱盐过程主要是用以消减各种溶解性固体，如无机盐类，其中反渗透、电渗析和混床离子交换技术等均广泛应用于此环节。脱氧是保证补给水质量最重要的一环，化学法和物理法（如真空除气等）均能有效地去除溶解氧，防止腐蚀问题的产生。新型高效能源转换和环保法规的实施，使现代发电系统对补给水品质的要求愈加严格，进而推动了水处理技术的创新发展。高级氧化技术、在线监测与自动化控制技术的引入，使得补给水的处理与监控变得更为智能化和精准化<sup>[3]</sup>。

## 2.3 火力发电厂凝结水处理

火力发电厂凝结水处理是一个关键环节，决定着发电设备的安全运行和经济效益。恰当的凝结水处理技术，可以有效处理各种潜在问题，降低能源消耗，提高产能。火力发电厂凝结水主要来自蒸汽透平机凝结器的排水。在发电过程中，由于凝结水与空气和设备接触，其纯质特性将受到影响，可能携带微量氧气、矿物盐以及油脂。这些微观污染物可能会诱发蒸汽设备及其辅助系统的腐蚀问题。尤其是氧气，在较高的温度和压力环境下，对钢铁材质具有显著的腐蚀性。对凝结水进行适当处理以去除其中的污染物和氧气至关重要。而去除氧气的过程，我们称之为脱氧。

脱氧处理作为一种关键的工艺程式，主要运用两种方式——物理脱氧和化学脱氧。物理脱氧的基本原理是通过改变物理条件，如提升水温、降低压力以及增大接触面积等方式，使得溶解于水中的氧气自然分离。除此之外，还有化学脱氧的方式，常常运用化学试剂以驱除水中的氧气。化学脱氧则是通过设备内添加化学剂将氧气转化为可溶于水的物质。除去微量污染物的方法主要有离子交换和反渗透。离子交换主要是通过离子交换树脂吸附凝结水中的离子，从而将其从水中移除。反渗透则是对凝结水施加高压，使其通过一个可截留离子的半透膜，达到去除离子的目的。油脂的处理一般采用分离式油水分离器。此类设备利用油水比重不同、浮力差异进行分离，有效去除油脂。设备出水口更设有油含量检测装置，以确保出水油含量稳定在允许范围内<sup>[4]</sup>。

采用上述方法，可以将凝结水处理到满足锅炉高压饱和水标准，从而保障火力发电厂的稳定运行。在实际操作中，凝结水处理需结合实际情况进行，实施灵活应对策略，遵循科学原理进行有效管理。还需定期进行监测和检测，评估处理效果，提供有力数据支持。可以说，凝结水处理不仅是技术问题，更是一种管理思维的体现。火力发电厂凝结水处理的核心在于，其对每一个处理环节都进行精细的科学管理和监控，旨在实现节能减排，保护环境，提高经济效益。由此，火力发电厂凝结水处理工艺实质上是一项科学问题，是一项系统工程，它关乎电厂的运行稳定性，关乎环境的可持续发展，更关乎社会的能源保障。

## 3 火力发电厂的水质控制

### 3.1 水源水管理

火力发电厂的水质控制不可分割的首要环节即水源水管理。在此环节，水源水的质量直接关联到后续处理的复杂程度、处理成本及发电效率。合理的水源水管理策略能显著提升整体水处理系统的效能，同时降低环境风险与运营开支。水源水管理所涉及的关键性技术与方法，包括但不限于对水源水采集点的合理选择、源水品质的不断监测与评估以及潜在污染风险的前期预防。在选择取水源地时，通常依据的是水源的可靠性、水量与水质的稳定性，以及环境政策法规的限制。而水源水品质监测则不断跟踪溶解氧含量、pH值、浊度、硬度、细菌含量等指标，确保水源符合发电厂对原水质量的严格标准。为预防水源水潜在的污染问题，采用风险评估与管理程序也是关键。这依赖于对于流域水文学、水资源学及环境科学的深入理解与应用，其中包括对流域内工业活动、农业耕作和

城市发展趋势的长期监测与数据分析。管理上应依法落实污水排放标准,执行严格的废水处理策略,在上游进行源头减排,避免重金属与有害化学物质污染水源,确保水质安全供应。水源水管理的难点在于,各式污染因子对水质影响的复杂性需借助现代检测技术进行综合判读,而且水质变化的周期性与随机性要求管理过程具备可适应性和前瞻性。当前,通过搭建智能化的水质监控系统,并结合地理信息系统(GIS)、遥感技术以及数据分析平台的辅助,能进一步提升水源水管理的科学性和精准度。

随着物联网、大数据与云计算技术的日益成熟,卫星遥感、自动化水质监测装置应运而生,数据驱动的管理策略将成为优化水源水管理的趋势。在此基础上,运用人工智能算法进行模式识别与预测分析,不仅能及时应对异常水质变化,也为水源水管理系统提供了决策支持,最终实现经济效益与生态保护的双重优化。

### 3.2 水的净化管理

对水的纯化应提出严格要求,以制止杂质的产生和积累,防止对设备造成腐蚀和破坏。一般情况下,火力发电厂所用水分为原水和补给水两类。原水来自自然界,如潮水、井水等,含有杂质较多,需要经过早期处理才可进入设备。补给水通过化学处理,移除了大部分固体杂质和溶解气体,从而减轻了锅炉和汽轮机的腐蚀问题。采用预处理、脱氧、去盐等适当的水质净化技术,是保证电厂动力设备工作安全的必要举措。在控制水质过程中,应适时调整并优化运行参数。如温度、压力、流量等均可作为效率提升的调控目标。妥善调整这些运行参数,不仅可确保电厂安全稳定运行,还可提升效能。在进行水质管理时,还需把目光投向电厂外部环境。火力发电厂对水源的依赖性极高,因此需要对水源进行科学的评估和规划,防止水源枯竭导致电厂停摆。还需关注电厂水排放对环境的影响,尽可能在源头采取节水、循环使用等措施,减少电厂对环境的影响。

### 3.3 循环冷却水系统管理

首先是结垢问题。在循环水中,钙、镁等矿物离子易与碳酸根等形成难溶性的碳酸盐沉淀,造成系统内部结垢,不仅直接影响热交换效率,还可能引起设备损坏。应对结垢的方法多样,包括水质减硬、运用阻垢剂,以及实施周期性化学清洗等。而在腐蚀控制方面,循环水体系必须实施缜密的电化学及化学监管,常应用腐蚀抑制剂如钝化剂,调整循环水的 pH 值至理想范围,以及监控电导率以控制溶解性固体的浓度,

从而避免金属材料的加速腐蚀。微生物的增殖对于循环冷却水系统亦是一个棘手的挑战,可能导致生物膜的形成,妨碍热交换,甚至引起管道堵塞和腐蚀加剧。对此,常规运用的是生物剂或氧化剂等生物抑制策略,如次氯酸钠、臭氧等,确保循环水系统内部环境不利于微生物生存。针对这些问题的高效控制,不断引入计算机控制系统,确立全方面的监测与自动调节机制,并集成人工智能预测与决策模型,既提升了循环冷却水管理的智能化水平,也加大了对异常状态的响应速度。利用诸如机器学习算法优化生物药剂添加频率和量,采用高精度传感器监控在线水质参数,以及运用专业的数据分析工具对大量数据进行挖掘,发现潜在的异常及其成因,制定更为科学合理的管理方略<sup>[5]</sup>。

循环冷却水系统管理的持续优化,不但关乎火力发电厂的节能减排,更在于保障发电效率与设备使用寿命。紧跟工业 4.0 的节奏,将先进的信息技术、自动化技术、大数据分析等手段融入传统的冷却水管理体系中,是火力发电业对高效能源利用与环境保护双重目标努力追求的缩影。通过预测维护、智能决策等现代技术方法,这一系统管理进程无疑将进入新的发展阶段,促进整个冷却过程的优化,带来能源利用率的进一步革命。

## 4 结束语

伴随全球经济的快速增长,水资源问题已逐渐浮出水面,成为国际关注的焦点。随着能源需求的不断提升只会加剧这一问题的紧迫性,火力发电厂适应这种情况的必然选择是精细化的水处理技术和严格的水质控制。我们理应致力于实现水资源的全程回收,尽可能达成“零排放”的理想状态。为实现水资源的最大化利用,需要从节约水资源的角度出发,对火电厂的水质进行严格控制,以期引领火力发电厂对于水资源管理的深度重视。

### 参考文献:

- [1] 李先宏. 电厂循环水化学腐蚀结垢影响因素与控制研究[J]. 盐科学与化工, 2022,50(10):5-8.
- [2] 陈林, 刘东征, 陈永祥. 火力发电厂水处理及水质控制[J]. 化工管理, 2020(20):198-199.
- [3] 苏振峰. 火力发电厂循环冷却水系统的水质控制及腐蚀防护[J]. 中国海洋大学, 2020,150(10):15-18.
- [4] 陈龙. 燃煤发电厂化学水处理技术要点及应用分析[J]. 中国科技纵横, 2022(24):30-32.
- [5] 闫嵩山. 火力发电厂循环冷却水处理系统浅析[J]. 电力设备管理, 2022(23):151-152.

# 地质勘查和深部地质钻探找矿技术研究

张峰<sup>1</sup>, 陈传浩<sup>1</sup>, 樊明彬<sup>2</sup>

(1. 中化地质矿山总局山东地质勘查院, 山东 济南 250013;

2. 山东省核工业二四八地质大队, 山东 青岛 266041)

**摘要** 近些年,我国高度重视地质勘查和深部地质钻探找矿技术的发展。本文系统概述了该领域的技术进展,包括高精度测量与数据处理、地球物理与地球化学综合勘查、人工智能与机器学习应用、钻探工艺与设备创新、取样与岩心分析技术进步、钻探过程的地质环境监测等方面。研究显示,这些技术的应用不仅可以显著提高找矿的效率和成功率,还可以减少资源浪费和环境破坏。为进一步促进该领域技术进步,国家已出台多项政策,加大科研投入,引进国外先进技术,吸引社会资本投入,并制定严格的环保标准。

**关键词** 地质勘查; 深部地质钻探; 找矿技术; 高精度测量; 数据处理

**中图分类号**: TD1

**文献标志码**: A

**文章编号**: 2097-3365(2024)05-0052-03

地质勘查和深部地质钻探技术是找矿过程中关键的手段,直接决定勘查成功率和效率。随着我国经济快速发展,对矿产资源的需求不断增长。为确保资源供给,必须依靠技术进步来提高勘查效率和成果质量。因此,开展地质勘查和深部钻探技术的研究非常必要。《“十三五”国家战略性新兴产业发展规划》中也明确提出,要大力发展勘查开发技术装备,建设智慧矿山。本文拟通过详细分析当前技术发展状况,为我国地质勘查和深部钻探技术提供发展建议<sup>[1]</sup>。

## 1 地质勘查技术

### 1.1 高精度测量与数据处理技术

传统的地质勘查主要依靠人工解译,效率较低且易产生误差。而新兴的高精度测量技术可以大幅提升地质信息的获取精度,再辅以智能化数据处理,可以显著增强勘查的效率与质量。目前,卫星遥感已经成为获取地表地质信息的重要手段。通过对不同波段的观测,可以识别出地表岩石种类、构造特征等信息。与此同时,空间分辨率不断提高的卫星图像也为地质解释提供了更丰富的细节。激光雷达技术也大放异彩,通过激光脉冲的发射与回波分析,可以快速精确地测绘地形地貌特征。另外,无人机航测系统也为地质勘查提供了低空高精度的图像,对小范围的地质解译很有帮助。在获取到海量高精度数据的基础上,研究者们还开发了各类自动化或智能化的数据处理与解释技术,如机器学习在岩石识别中的应用,提高了数据分析的效率与准确性。可以预见,高精度测量与智能数据处理的结合应用必将大幅推进地质勘查技术的发展,

使勘查工作更加精确、高效。

### 1.2 地球物理与地球化学综合勘查技术

地球物理与地球化学勘查各有特点,将两者有机结合,可以发挥各自技术的优势,实现资源勘查的优化与提高。具体来说,地球物理勘查通过检测电、磁、密度、声波等物理信号,可以有效确定地层结构、岩性特征、构造信息等,对推断地下资源具有很好的指示作用。但其本身不能直接反映元素成分或矿物类型<sup>[2]</sup>。而地球化学勘查通过分析元素组成、同位素特征等,可以直接反映岩石的地球化学属性,判断存在的矿物成分。但是对构造关系的判别则较为薄弱。因此,如果将两者有机结合,就可以实现资源勘查的优势互补。例如,可以先利用地球物理方法描绘总体构造框架,定位有利的构造部位;然后在这些目标区域进行地球化学测量,判断资源迹象并预测资源范围。另外,两种方法的联合解释也可以提高结果的可靠性。如果地球物理和地球化学结果能够互相验证,就可以大幅增加勘查的成功率。地球物理与地球化学勘查的有效结合,不仅可以提高工作效率,还可以显著提升勘查结果的精度与可靠性,是实现资源勘查优化的重要手段之一。

### 1.3 人工智能与机器学习在地质勘查中的应用

人工智能和机器学习技术在提升地质勘查效率和质量方面展现出巨大潜力。这些技术可以处理海量的地质数据,实现自动化的分析与解译,大大减轻了人工工作量,并提高了结果的客观性与统一性。具体来说,机器学习算法可以对各类地质数据进行高效的分类和

聚类,快速识别出有效信息,这对提高地质调查和解释的效率非常有帮助。与此同时,深度学习技术使得计算机可以自动“学习”复杂的地质图像特征,并建立图像与地质意义之间的内在联系模型。这可以实现对地质图像及遥感数据的自动解释和分析,显著提升工作效率。另外,基于大数据的智能技术可以发现隐藏在海量数据背后的地质规律,实现对资源的预测与评价。随着算法的进一步优化,人工智能在地质勘查领域的应用前景非常可观。不仅可以减轻重复性工作,还可以发现人类容易忽略的细微信息,实现对地质体的“超越人眼”的全面理解。总体来说,智能技术必将深刻改变地质勘查的工作模式,使其向更加智能化的方向快速发展。

## 2 深部地质钻探找矿技术

### 2.1 钻探工艺与设备的研究进展

随着对深部资源的日益需求,深部钻探技术也在不断进步与创新,钻探工艺和设备的研发已成为该领域的重点。为提高钻探效率,新型高功率液压顶驱系统得以应用,大大提升了传统机械钻机的转速和扭矩。空气钻技术利用压缩空气而非液体来带出岩屑,降低了钻进阻力,使钻头更容易进入硬岩。微波等非常规钻探技术也展现出在特定条件下更优的穿透性。这些新工艺的使用极大地提高了钻机的钻速。同时,新材料和结构优化也增强了钻具的抗压、抗磨性能,减少了磨损<sup>[3]</sup>。为降低成本,研制了更易维护、使用寿命更长的钻探设备,有效减少了钻探费用。老化设备的智能化改造也实现了钻探参数的精确控制和实时优化。移动钻机和模块化设计提高了设备运输和组装的便捷性。展望未来,计算机和自动控制技术在钻探自动化方面可发挥更大作用,实现钻探过程的自主控制和优化,使复杂钻探任务变得更加简单高效。总之,钻探设备和技术的持续创新,将大大推进深部钻探的进步。

### 2.2 钻探取样与岩心分析技术

取样和岩心分析是深部钻探过程中获取地层信息的关键环节,技术的精进直接影响对地质体的认识程度。要获得代表性的取样,需要研发适应不同岩性的取样工具,优化取样部位的选择,并控制好取样速度、频次等参数,减少取样误差。防污染技术也很重要,要保证取样过程不破坏岩心的原始成分。目前正研发激光采样技术,使用脉冲激光焊接和切割岩样,避免机械压力对样本的影响。岩心分析则要解决快速和无损问题。X射线CT扫描可以非破坏性地揭示岩心内部结构。数字图像处理可快速量化岩心纹理特征。同位

素分析技术提高了对元素组成的测定精度。岩石学家和计算机专家正在积极开发自动岩心描述系统,以数字方式系统记录岩心特征。一些实验室也建立了岩心在线分析平台,整合多种测试手段,实现岩心快速多属性分析。取样和岩心分析技术不断精进,为地质分析提供了更丰富可靠的第一手数据,有力推动了对地质体的深入认识。

### 2.3 钻探过程中的地质环境监测与保护

地质环境保护是深部钻探过程中需要重点关注的方面。钻探可能对地下水环境、周围岩体产生不良影响,因此必须采取科学的监测与防护措施。地下水保护要严格控制钻井液体的循环系统,避免污染地层水。同时要监测水质变化,如pH值、悬浮物、矿化度等指标。对含水层采取隔离措施也很关键。另外,选择适宜的钻头结构,控制钻进轴向力和转速,可以减少对围岩的损伤。岩石力学监测可以判断钻探动态是否影响岩石完整性。地表沉降监测也需要注意,防止地质环境发生不可逆变化。这需要建立起包括GPS、光纤传感等多种技术的综合监测系统,对地质环境变化进行动态观测。一旦监测发现异常,要及时优化钻探参数或采取其他补救措施<sup>[4]</sup>。另外,信息技术也可以发挥重要作用。建立数字化钻探系统,进行过程模拟和风险评估,有助于预防环境问题的发生。还可以利用大数据分析指导钻探最佳实践,以保护地质环境。科学监测与管理是确保钻探过程地质环境安全的关键。这需要地质、钻探和信息领域的通力合作,共同提高钻探的环保水平。

## 3 当前地质勘查和深部地质钻探找矿技术面临的问题及解决方案

### 3.1 技术瓶颈问题

当前我国地质勘查和深部地质钻探技术在推动资源勘探和高效利用方面发挥着举足轻重的作用,但就目前情况来看,仍然存在较多亟待解决的技术瓶颈问题。受制于检测设备精度和作业环境条件等多方面因素的限制,我国主力钻机设备的单孔作业效率和钻进速度与国外先进水平还存在明显差距。根据相关统计,我国深部钻探每米的平均施工周期约为1.5天,而发达国家的这一数据普遍在0.5天左右。这直接导致了我国当前对深部矿产资源的勘探与开发总体上仍然较为缓慢。此外,超深钻探技术的应用也十分有限。主流商业化应用的钻探深度约在3000米左右,而对于5000米级别的超深钻探,成功案例更是寥寥无几,大大制约了对更深资源的有效利用。出现上述问题的原因一方面在于核心设备本身的技术制约,如钻头、测

井仪器等支撑设备的先进性与智能化水平有待提高,设备在高温高压、复杂斜井等极端作业环境下的适应性和稳定性也存在局限;另一方面与配套的作业环境建设、技术集成创新力度还比较欠缺也有关系。为取得突破性进展,应从以下几个方面着手谋划系统性的技术进步路线:一是持续加大科研投入力度,重点突破制约钻探深度、效率提升的关键技术与装备短板,同时还要注重顶层设计,实现技术体系的优化与协同;二是充分激发社会创新活力,鼓励企业积极介入技术和装备的研发应用,形成技术竞争的良性环境;三是加强国际合作与交流,积极引进消化吸收国外的先进技术与管理理念;四是完善科技成果的转化体系,实现基础研究与产业化应用的顺畅对接。此外,国家层面还应加大政策支持力度,为技术和产业快速升级提供制度保障。只有持之以恒推进系统性的技术进步,我国的地质勘查和深部钻探技术与装备才能实现跨越式发展,为资源高效且可持续利用提供重要支撑。

### 3.2 环境保护问题

地质勘查和深部地质钻探过程中,一定会对周围环境产生一定程度的影响,主要体现在对地下水系的潜在污染、地层稳定性的破坏、钻井液体的处置等方面。这既关系到生态环境和生物多样性的保护,也影响到当地居民生产生活的可持续性。因此,必须高度重视钻探活动的环境影响与风险管理。首先,环境影响评价制度的落实是关键。对所有钻探作业都要严格开展环境影响评估,评估其对生态环境、水文地质条件、植被土壤等的潜在影响程度,并设定相应的环境容许承载力指标与监测方案<sup>[5]</sup>。在此基础上,建立严密的环境监测体系,对钻探过程中的水质、土壤、空气等进行动态监测,保证环境指标始终处于许可范围内。其次,制定严格的环保操作规范也至关重要。这包括对钻井液的循环利用率要求、钻屑岩样的妥善处理方法、地下水污染防治措施等方面的明确规定,并落实到实际操作中。此外,选择和使用环保型的钻探技术与设备也必不可少。如开发高密封水系循环钻井设备,提高钻井液回收率,减少污染排放。利用旋转控制钻井技术,减轻对地层的破坏程度等。可再生能源供电技术的使用也减轻了环境负荷。最后,还应设立环境保护基金,用于生态复育与污染防治。科学立规、严密监管、积极预防,持续改进,才能在发展勘查业的同时保证生态环境质量,实现可持续发展。

### 3.3 资金投入问题

地质勘查和深部地质钻探项目属于典型的资金密集型行业,单个项目投资数量巨大,回收周期较长,

风险也较高,这对项目的融资提出了更高的要求。当前,我国地质勘查和深部钻探领域存在明显的资金不足问题,一方面国家财政性资金有限,难以满足巨大的资金需求;另一方面社会资本参与度不足,直接融资渠道较为狭窄。为全面化解资金短板问题,需从多个层面开展联动。加大政府支持力度,除了直接增加财政拨款外,还可以通过税收减免、补助奖励等方式给予项目更多倾斜。拓宽直接融资渠道,建立多层次的项目融资模式,根据不同类型项目的风险收益特征,吸引保险机构、证券公司、大型企业集团等广泛的社会资本力量以不同形式积极介入,逐步形成政府引导、市场运作、社会参与的多元化投融资格局。创新融资方式,积极推广权益融资、收益分配等由项目预期收益支持的融资模式;同时发挥地方政府和大型企业的杠杆作用,设立专项基金或引导性基金,带动社会资本对优质勘查项目的投入力度。强化政策引导和风险管理,除简化行政审批、加强信息披露外,还要健全政府风险补偿机制,降低社会资本投资障碍。高效集成各类资金与政策资源,全面提升融资供给能力,我国的地质勘查与钻探领域才能加快技术装备升级,保障战略资源安全供应。

## 4 结束语

我国在地质勘查和深部地质钻探找矿技术领域取得了长足的进步,高精度测量、数据处理、机器学习等技术的应用使勘查和钻探效率和精度显著提升,新型的钻探设备与技术也推动了深部钻探过程的优化。但是仍存在技术瓶颈限制钻探深度,环境保护和资金不足等问题。展望未来,需要加大科研投入力度,鼓励技术创新,制定严格的环保标准,并扩大融资渠道。只有不断推进技术创新与应用,提高勘查与钻探的智能化、绿色化水平,我国才能在资源勘探领域占据优势,实现资源高效利用与环境保护的双赢。希望本文能为促进我国地质勘查与深部钻探技术可持续发展提供借鉴。

## 参考文献:

- [1] 郝占优.地质勘查和深部地质钻探找矿技术的研究[J].中国金属通报,2023(09):28-30.
- [2] 张亚坤,李家峰,邵吉亮.地质勘察和深部地质钻探找矿技术研究[J].世界有色金属,2023(17):49-51.
- [3] 张嵩.探讨固体矿产地质勘查中深部地质钻探找矿技术[J].世界有色金属,2023(17):55-57.
- [4] 王霄霄.地质工程勘查和深部地质找矿技术要点[J].中国金属通报,2023(07):71-73.
- [5] 任建民.地质勘查和深部地质钻探找矿技术分析[J].中国金属通报,2023(06):56-58.

# 台州扩塘山厂址周边海域含沙量特征分析

吴春勇<sup>1</sup>, 郑 汲<sup>2</sup>

(1. 中国核电工程有限公司, 北京 100089;

2. 浙江省水利河口研究院 (浙江省海洋规划设计研究院), 浙江 杭州 310000)

**摘要** 目的: 为调查研究某核工程扩塘山厂址周边海洋水文特征。方法: 在周边海域布设一个为期一年的含沙量观测站, 收集并对该海域含沙量特征进行了分析。结果表明: 不同浓度的含沙量在不同时间、不同深度出现的频率不同; 总体上含沙量呈现秋、冬季 11 月至次年 2 月较高, 而春、夏季 4 月至 7 月含沙量较低; 平面分布特征表现为扩塘山周边相对较高, 泽山岛周边次之, 测区外围相对较低, 垂向分布特征表现为含沙量呈现由面层随水深的增加向底层逐渐增大。

**关键词** 核工程; 厂址周边海域; 含沙量特征

中图分类号: P64

文献标志码: A

文章编号: 2097-3365(2024)05-0055-03

## 1 工程概述

泥沙分布特征是一个区域水动力、泥沙及环境三者之间相互作用的体现, 含沙量则是反映近海海域水文环境与泥沙分布特征的重要参数之一<sup>[1-2]</sup>, 对港口航道、海岸工程、核电站取水工程等水文环境方面研究具有重要意义<sup>[3-5]</sup>。在波浪、流况、颗粒大小等各种因素共同作用下, 含沙量变化是十分复杂的<sup>[6]</sup>。

某核工程扩塘山厂址位于浙江省台州市三门县浦坝港镇, 为近岸岛屿, 北侧隔牛头门水道 (宽度仅 0.5 km) 与大陆相望, 南侧为白带门水道, 西侧为浦坝港, 东侧为泽山岛海域。海域北临三门湾, 南接东矾列岛和台州湾, 陆域西南距台州市和临海市分别约 32 km 和 53 km, 西北距三门县城分别约为 36 km, 北距三门核电站约 23 km。

本文基于 2019 年 1 月至 2020 年 3 月的含沙量观测数据, 对扩塘山周边海域的含沙量出现频率、时空变化等特征进行分析, 为泥沙淤积数学模型技术、海域使用论证、取水工程设计等提供基本依据。

## 2 观测站位和方法

### 2.1 观测时间与站点分布

扩塘山海域含沙量观测站于 2019 年 1 月布放至 2020 年 3 月完成为期一年的数据采集。

观测期间, 2019 年 7 月份的“丹娜丝 (201905)”, 2019 年 8 月份的“利奇马 (201909)”, 2019 年 9 月份的“玲玲 (201913)”和“塔巴 (201917)”, 2019 年 10 月份的“米娜 (201918)”对观测海域均有一定

的影响, 其中台风“利奇马 (201909)”和“米娜 (201918)”均从观测海域正面登陆, “利奇马”台风更为 2019 年登陆中国的最强台风, 对观测海域造成了巨大的影响。

### 2.2 观测仪器与数据整理方法

含沙量观测采用先进的温盐深仪 SST CTD75M, 面层和底层观测, 每一小时记录一次。观测技术指标如表 1 所示。

含沙量根据现场取样与室内率定分析得到。

经室内采用烘干法获取干沙重后, 实测含沙量按下式计算:

$$C_s = \frac{W_s}{V}$$

式中,  $C_s$  为实测含沙量 ( $\text{kg}/\text{m}^3$  或  $\text{g}/\text{m}^3$ );  $W_s$  为水样中的干沙重 ( $\text{kg}$  或  $\text{g}$ );  $V$  为水样容积 ( $\text{m}^3$ )。

本次采用 SST 公司生产的 CTD75M 型仪器进行悬沙浓度测量, 测量探头为 OBS3A, OBS (Optical Back Scattering) 是通过接收红外辐射光散射量观测悬浮颗粒, 通过建立水体浊度与实测悬沙浓度之间的相关关系, 进行浊度转化, 从而得到 OBS 观测的悬沙浓度。OBS 测得的数值是水体浊度值 (NTU), 需要经过精确的标定才能得到水体实际悬沙浓度值 ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )。本次测量采用现场采集水样作为标定水样在实验室比测, 悬沙浓度由小到大递增, 得到浊度和悬浮泥沙含量的关系曲线, 再根据室内标定曲线将现场采集到的浊度值转化为含沙量。

室内烘干法测定的含沙量和悬沙浊度计测定的含沙量, 在此基础上, 通过对含沙量出现频率、特征值 (测

表1 温盐深仪技术指标一览表

仪器设备名称	型号	技术指标	
温盐深仪	SST CTD75M	最大工作深度: 1 000 m	压力传感器:
		温度传感器:	测量范围: 0 ~ 1 000 m
		测量范围: -2 ~ 36 °C	精度: ≤ ±0.1% FS
		精度: ≤ ±0.002 °C	分辨率: ≤ 0.002% FS
		分辨率: ≤ 0.001 °C	响应时间 (63%): ≤ 150 ms
		响应时间 (63%): ≤ 150 ms	浊度传感器:
		电导率传感器:	测量范围:
		测量范围: 0 ~ 70 ms/cm	0-250/500/1 000/2 000/4 000
		精度: ≤ ±0.003 ms/cm	测量波长: 850±5 nm
		分辨率: ≤ 0.001 ms/cm	精度: 读数的2%或0.5 NTU
		响应时间 (63%): ≤ 150 ms	工作温度: 0 ~ 40 °C

点最大、最小和平均)统计,分析含沙量的分布情况,描述扩塘山海域含沙量的变化过程。

### 3 结果分析和讨论

#### 3.1 含沙量出现频率分析

根据每日逐时,春、夏、秋、冬四季以及台风影响时段所含含沙量资料,以0.250/0.500 kg/m<sup>3</sup>为一个递增级,分9个含沙量级别,分别进行其出现频率的统计。

##### 3.1.1 年度含沙量出现频率

面层含沙量大多数在0.500 kg/m<sup>3</sup>以下,出现频率占96.64%,大于1.00 kg/m<sup>3</sup>的含沙量出现频率仅为0.30%;底层含沙量大多数在0.500 kg/m<sup>3</sup>以下,出现频率占82.24%,大于1.00 kg/m<sup>3</sup>的含沙量出现频率仅为1.09%,底层含沙量较面层大。总体上可以看出含沙量观测站附近海域含沙量相对较低,0.500 kg/m<sup>3</sup>以下的含沙量全年中出现频率达89.44%。

##### 3.1.2 四季含沙量出现频率

首先,春(4月)、夏(7月)、秋(11月)、冬(1月)四季中,含沙量以秋冬季较高,春夏季较低。如以底层含沙量为例,小于0.250 kg/m<sup>3</sup>以下的低浓度含沙量,冬季出现频率仅占14.25%,秋季出现频率为21.67%,春季和夏季出现频率则分别高达65.28%和73.92%,而大于0.750 kg/m<sup>3</sup>的含沙量,四季中仅在秋季和冬季出现,其频率分别为9.86%和5.24%。

其次,面、底层含沙量变化在四季中不同,底层的变化较面层明显。以小于0.250 kg/m<sup>3</sup>含沙量为例,面层含沙量在四季(春夏秋冬)出现频率分别为98.33%、98.66%、77.50%和68.82%,差异不大,而底层则为65.28%、73.92%、21.67%、14.25%,秋冬两季出现频率明显下降。春、夏两季结果详见表2,秋、冬两季结果详见表3。

表2 春、夏两季含沙量出现频率统计

含沙量分级 (kg/m <sup>3</sup> )	春季 (4月)		夏季 (7月)	
	面层	底层	面层	底层
0.000 < P ≤ 0.250	98.33	65.28	98.66	73.92
0.250 < P ≤ 0.500	1.67	30.97	1.34	23.66
0.500 < P ≤ 0.750	0.00	3.75	0.00	2.42
0.750 < P ≤ 1.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.00 < P ≤ 1.50	0.00	0.00	0.00	0.00
1.50 < P ≤ 2.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.00 < P ≤ 2.50	0.00	0.00	0.00	0.00
2.50 < P ≤ 3.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3.00 < P	0.00	0.00	0.00	0.00

表3 秋、冬两季含沙量出现频率统计

含沙量分级 (kg/m <sup>3</sup> )	秋季 (11月)		冬季 (1月)	
	面层	底层	面层	底层
0.000 < P ≤ 0.250	77.50	21.67	68.82	14.25
0.250 < P ≤ 0.500	11.81	52.64	28.76	56.59
0.500 < P ≤ 0.750	10.00	15.83	2.42	23.92
0.750 < P ≤ 1.00	0.69	7.78	0.00	5.24
1.00 < P ≤ 1.50	0.00	2.08	0.00	0.00
1.50 < P ≤ 2.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.00 < P ≤ 2.50	0.00	0.00	0.00	0.00
2.50 < P ≤ 3.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3.00 < P	0.00	0.00	0.00	0.00

### 3.1.3 台风时段含沙量出现频率

本次观测中,对含沙量观测站影响最大的台风为 2019 年 8 月 4 日生成、10 日在浙江温岭登陆的 9 号台风“利奇马”,该台风为 2019 年登陆我国的最强台风,登陆时中心附近最大风力有 16 级(52 m/s),登陆位置与含沙量观测站仅距离约 7.5 km。台风影响下,由于风浪掀沙作用,含沙量观测站附近海域出现高浓度的含沙量,以底层含沙量为例,3.00 kg/m<sup>3</sup> 以上的含沙量,出现频率高达 49.31%,而一般海况下,含沙量占主导的 0.500 kg/m<sup>3</sup> 以下级别,出现频率仅占 28.47%。可见,在台风期间,近岸海域在风浪掀沙作用下,会产生混浊带。

## 3.2 含沙量时空变化分析

### 3.2.1 季节变化

含沙量观测站所处位置径流作用已大为减弱,而沿岸流的作用却较强,成为控制含沙量运动的主要力量。前述在对含沙量出现频率的统计分析中,含沙量秋冬高、春夏低的特征已有所阐述,这主要是由于夏季盛行西南风,台湾暖流北上,它具有水色清含沙量低的特点,因而一方面它把沿海水域泥沙推向岸边外,更主要的是把这一海域的泥沙向北推移,使得夏季含沙量较低;冬季盛行北向风,浙闽沿岸流逼岸强劲而下,它具有水色浑浊含沙量高的特点,长江口外的泥沙沿浙江沿岸顺流直下,使得冬季含沙量较高。由表 2 可以看出这一现象,如冬季实测含沙量在 0.007 ~ 0.957 kg/m<sup>3</sup> 之间,而夏季实测含沙量在 0.002 ~ 0.695 kg/m<sup>3</sup> 之间;若以面底层平均含沙量为例,冬季约为夏季的 3 倍。

从含沙量随季节的变化而言,以平均含沙量为例,总体上呈现夏季最低→秋季增高→冬季最高→春季降低的变化过程。

专用海洋观测站含沙量反映出秋、冬季 11 月至次年 2 月较高,如月平均含沙量在 0.164 ~ 0.425 kg/m<sup>3</sup> 之间,其次受 9 号台风“利奇马”影响,8 月份含沙量较高,而春、夏季 4 月至 7 月含沙量较低。

### 3.2.2 逐月变化

为进一步了解含沙量随时间的变化,又对每日逐时的含沙量数据进行逐月平均的统计,详见表 4。

### 3.2.3 空间变化

从整体上看,测区各水域的含沙量平面分布特征:扩塘山周边相对较高,泽山岛周边次之,测区外围相对较低。各垂线的含沙量呈现由面层随水深的增加向底层逐渐增大的垂向分布特征,其中底层平均含沙量与面层平均含沙量的比值介于 2.1 ~ 5.0 之间。

表 4 逐月平均含沙量特征值的统计

单位: kg/m<sup>3</sup>

季节	含沙量特征		
	面层	底层	底层与面层之比
2019 年 3 月	0.152	0.350	2.3
4 月	0.077	0.215	2.8
5 月	0.075	0.284	3.8
6 月	0.059	0.202	3.4
7 月	0.052	0.187	3.6
8 月	0.170	>0.847	>5.0
11 月	0.185	0.409	2.2
12 月	0.205	0.425	2.1
2020 年 1 月	0.192	0.421	2.2
2 月	0.164	0.405	2.5
观测期间	0.133	>0.375	>3

## 4 结论

1. 不同浓度的含沙量在不同时间、不同深度出现的频率不同,面、底层含沙量变化在四季中不同,底层的变化较面层明显,在台风期间,近岸海域在风浪掀沙作用下,会产生混浊带。

2. 从含沙量随时间的变化而言,总体上呈现夏季最低→秋季增高→冬季最高→春季降低的变化过程,秋、冬季 11 月至次年 2 月较高,而春、夏季 4 月至 7 月含沙量较低。

3. 从含沙量随空间分布变化而言,平面分布特征表现为扩塘山周边相对较高,泽山岛周边次之,测区外围相对较低,垂向分布特征表现为含沙量呈现由面层随水深的增加向底层逐渐增大。

## 参考文献:

- [1] 左书华,韩志远,谢华亮,等.海南昌江海域表层沉积物特征及泥沙活动性分析[J].中国港湾建设,2018,38(12):5-10.
- [2] 于亮,郝刚.海南莺歌海海域水文泥沙环境与泥沙运动特征分析[J].珠江水运,2019(08):39-40.
- [3] 李孟国.兴化湾水文泥沙特征分析[J].水道港口,2001,22(04):156-159.
- [4] 徐续,赵锋,谭承军,等.与环境相关的水文条件在核电厂厂址比选中的考虑[J].中国核电,2010,03(01):80-85.
- [5] 麦苗,闫勇,吴以喜.台州湾海域水文泥沙环境及海床冲淤演变分析[J].水道港口,2009,30(04):246-252.
- [6] 李伯根.椒江河口最大浑浊带悬沙粒径分布及其潮汐动力的响应[J].泥沙研究,1999(01):18-26.

# 湿陷性黄土地区岩土工程勘察和地基处理措施探讨

史志国

(甘肃建投交通建设有限公司, 甘肃 兰州 730050)

**摘要** 湿陷性黄土地区的岩土工程施工受地质环境的影响较大, 地基沉陷、建筑物变形等问题频繁出现, 严重影响了工程的安全性和可靠性。因此, 对于该地区的岩土工程勘察和地基处理显得尤为重要。本文将对湿陷性黄土地区岩土工程勘察与地基处理的重要性、方法和措施进行探讨, 以期为工程施工提供科学合理的技术支持和建议。

**关键词** 湿陷性黄土地区; 岩土工程; 勘察; 地基处理

中图分类号: TU19

文献标志码: A

文章编号: 2097-3365(2024)05-0058-03

湿陷性黄土地区的地基处理是岩土工程领域的重要课题, 这一地区的地质条件异常复杂, 土壤容易受水润湿, 地基承载力相对较低, 这给工程施工和结构稳定性带来了巨大挑战。因此, 为了解决这一问题, 对湿陷性黄土地区的地基处理技术进行深入研究, 提出有效的处理措施显得尤为关键, 这不仅可以提高工程的安全性和稳定性, 还能为该地区的建设和发展提供有力支持。

## 1 湿陷性黄土地区岩土工程勘察与地基处理的重要性

湿陷性黄土地区的地质条件复杂, 土层含水量高、结构松散, 这些特征使其极易出现地基沉陷、土体塌陷等病害。面对这一独特的地质环境, 进行详尽的岩土工程勘察工作和针对性的地基处理对于保证岩土工程质量安全至关重要。首先, 由于该地区地基承载力差, 必须开展全面的地质勘察, 如岩土试验、地下水观测等, 准确评估土层物理力学特性, 判断土层变形特性和塑性, 并充分考量地下水的影响, 才能科学设计各类参数。同时, 要针对工程类型和规模, 采用不同的勘察技术, 如岩心钻探、声波检测等, 全面了解地层情况。其次, 根据勘察结果, 要综合采取不同措施进行地基处理, 如加固土层, 控制地下水位, 使地基具有足够的承载力。对于黏性土地基, 可以采用灰土碎石桩加固, 增强土层抗剪强度; 对于卤水地区, 要设计完善的地下排水系统, 控制地下水位。根据不同区域和工程的实际情况, 针对性地选择加固方案。只有建立在详尽的岩土勘察基础上, 结合各类地基处理手段的综合应用, 才能针对湿陷性黄土地区的复杂地质情况, 采取切实有效的加固措施, 最大程度控制和预防地基病害, 确保岩土

工程的长期稳定。充分的勘察与处理, 是这类地区开展岩土工程、防治地质灾害的重中之重。

## 2 湿陷性黄土地区岩土工程勘察方法

### 2.1 地质测绘

在湿陷性黄土地区, 地质测绘是岩土工程勘察的起点, 也是整个勘察工作的基础, 通过细致的地形地貌测绘, 不仅能描绘出该地区的整体地貌轮廓, 还可以清晰地识别出黄土高原特有的地貌特征, 如梁、峁、沟谷等, 这些地貌特征直接反映了该地区的地质历史、气候变化以及人类活动的影响。同时, 地层岩性的测绘对于了解黄土层的厚度、分布范围及其与上下地层的接触关系至关重要, 这些信息有助于判断黄土层的稳定性和可能存在的地质风险。地质构造分析则能进一步揭示该地区潜在的断裂、褶皱等构造形态, 这些构造形态对地基的稳定性有重要影响, 因此, 在地质测绘中必须给予高度重视。此外, 地下水的分布和动态变化也是地质测绘的重要内容<sup>[1]</sup>。地下水是影响地基湿陷性和长期稳定性的关键因素之一, 因此, 在地质测绘中, 需要详细调查地下水的赋存状态、水位变化以及水质情况, 为后续的地基处理提供重要依据。

### 2.2 原位测试

原位测试是直接在湿陷性黄土地区进行的现场测试方法, 具有直观、准确的特点, 能够真实反映土体的原位状态。在湿陷性黄土地区, 原位测试方法的选择至关重要。静力触探是一种通过探头贯入黄土的过程来评估黄土密实度和强度的方法。在贯入过程中, 探头会记录不同深度处的贯入阻力, 这些数据能够直接反映黄土的密实程度, 通过对比不同位置的贯入阻

力数据, 可以评估整个区域的黄土密实度分布情况。动力触探则是通过锤击能量传递的过程来了解黄土的动态响应特性, 这种方法可以揭示黄土在受到外力作用时的变形行为和能量吸收特性, 对于评估地基的动态稳定性具有重要意义。标准贯入试验则是一种通过标准贯入锤自由下落贯入土中, 测量其贯入深度的试验方法, 这种方法能够直观地反映黄土的压缩性和抗剪强度。

### 2.3 钻探取样

在湿陷性黄土地区, 钻探取样是深入了解地下黄土特性的关键环节, 通过钻探机械深入土层, 连续取出黄土芯样, 这些芯样可以直观反映黄土的真实状况, 通过对芯样的细致观察, 可以发现黄土的层理、节理和裂隙等微观结构特征, 这些特征直接关系到黄土的宏观力学行为。例如, 层理的发育情况会影响黄土的抗压强度, 而节理和裂隙则可能导致黄土在受到外力时发生断裂。此外, 钻探取样还能揭示地下水的赋存状态和分布规律, 为评估黄土的湿陷性和稳定性提供重要依据。通过综合分析这些信息, 可以对湿陷性黄土地区的岩土工程特性有更深入的了解, 为后续的工程设计和施工提供可靠的依据。在选择钻探取样的位置和深度时, 需要根据地质勘察的结果、工程设计的以及地下水位等因素进行合理规划, 以确保取得的芯样能够充分代表地质条件。同时, 在对芯样进行分析时, 应当采用先进的实验技术和设备, 对其物理性质、力学性质以及水文地质特征进行全面评价, 以获取准确可靠的地质信息。

### 2.4 地球物理勘探

地球物理勘探在湿陷性黄土地区的岩土工程勘察中扮演着非常重要的角色, 它主要基于测量地球物理场的变化, 如电阻率、声波速度和地震波传播等, 通过这些数据的变化来间接推断地下的地质情况。在湿陷性黄土地区, 电阻率法是一种有效的勘探方法, 能够揭示黄土的含水量分布和变化规律, 这对于评估黄土的湿陷性至关重要。同时, 声波法和地震波法具有探测黄土层厚、界面以及潜在地质缺陷的能力, 如空洞和软弱层, 这些地球物理勘探方法不仅能够提供丰富的地质信息, 还为确定勘察范围和布置勘察点提供了重要依据。通过对这些地球物理勘探结果进行综合分析, 可以更加准确地了解湿陷性黄土地区的地下地质构造和岩性变化, 为后续的地基设计和施工提供有力支持。在进行地球物理勘探时, 需要根据具体情况选择合适的勘探方法, 并结合地质勘察的结果进行综合分析, 以制定合理的工程方案和施工策略, 确保工程的安全性和稳定性<sup>[2]</sup>。

### 2.5 室内试验分析

室内试验分析是岩土工程勘察中不可或缺的一环, 特别是对于湿陷性黄土地区, 通过对钻探取样获取的黄土芯样进行室内试验分析, 可以获得黄土的物理力学性质, 如含水量、密度、压缩模量和抗剪强度等, 这些参数是评价湿陷性黄土工程性质和地基稳定性的重要依据。例如, 通过测定黄土的压缩模量, 可以了解其在受压时的变形特性; 而抗剪强度的测试则揭示了黄土在受到剪切力时的抵抗能力。此外, 室内试验还可以模拟实际工程条件下湿陷性黄土的变形和破坏过程, 揭示其变形机制和破坏模式, 这些信息对于选择和优化地基处理措施至关重要。通过对比分析不同处理措施下黄土的力学响应和变形特性, 可以为实际工程中的地基处理提供科学、合理的建议和指导。因此, 室内试验分析在湿陷性黄土地区的岩土工程勘察中扮演着举足轻重的角色。

## 3 湿陷性黄土地区地基处理措施

### 3.1 土体改良

1. 土壤加固技术。土体改良的首要目标是增强土体的整体性和强度, 防止地基在承受荷载时发生变形和失稳。其中, 土壤加固技术是一种常用的手段。该技术采用土工合成材料, 如土工布、土工格栅等, 对土体进行加固, 这些材料能够有效地增强土体的抗拉强度和整体性, 防止土体在受到外力作用时发生滑动和变形。同时, 碎石填充也是一种常用的土壤加固方法。通过向土体中填充碎石, 可以有效地填充土体中的空隙, 提高土体的密实度和强度, 从而增加地基的承载能力, 这些加固措施的应用, 可以显著改善湿陷性黄土地区地基的工程性能, 使其更加稳定可靠。

1. 地基处理剂应用。地基处理剂应用是另一种有效的土体改良方法, 通过施加化学药剂到湿陷性黄土中, 以改善土体的工程性能<sup>[3]</sup>。地基处理剂通常包括固化剂、硬化剂、防水剂等, 这些药剂能够与黄土中的矿物成分发生化学反应, 增加土体的抗压强度、减少渗透性, 并改善其变形特性。经过处理后的黄土具有更好的工程性能, 能够更好地满足地基的稳定性和承载要求。地基处理剂的应用不仅可以提高地基的整体性能, 还能有效地延长地基的使用寿命, 为工程的长期稳定运行提供了可靠保障。因此, 在湿陷性黄土地区, 采用适当的土体改良技术, 如土壤加固技术和地基处理剂应用, 是确保工程安全稳定的重要措施。

### 3.2 结构设计优化

在湿陷性黄土地区, 地基的软弱性和不稳定性成

为工程建设的核心挑战,这些地区的土壤通常具有较低的承载力和较大的压缩性,使得上部结构面临着更大的安全风险。因此,结构设计优化成为确保工程安全稳定的关键措施。为了实现这一目标,结构工程师在设计阶段需要深入考虑地基的实际条件和地质特征。他们必须制定出一套既符合功能需求,又能有效应对地质风险的合理结构方案。在材料选择方面,采用高强度、轻质、耐久的建筑材料至关重要,这些材料不仅可以减轻结构的自重,还能提高结构的整体刚度和抗震性能。此外,通过优化结构布局和传力路径,可以更加合理地分配荷载,减少地基的不均匀沉降风险,这一过程中,工程师需要运用先进的计算分析工具和经验公式,对结构进行精细化设计<sup>[4]</sup>。只有这样,才能确保结构在满足使用功能的同时,也能有效应对地质风险,提高工程的整体安全性和稳定性。

### 3.3 排水与防渗措施

在湿陷性黄土地区,地下水位较高且土体容易湿润,这对地基的稳定性构成了潜在威胁。因此,采取有效的排水和防渗措施至关重要。排水系统的设计应科学合理,能够迅速将地下水排出,降低土体的润湿程度。为了实现这一目标,排水系统需要综合考虑地形、地质、气象等因素,进行科学合理的规划和设计。同时,防渗屏障的设置也至关重要,它可以有效阻止地下水的渗透,保护地基不受水分侵蚀和影响。防渗屏障的选择应根据地质条件和工程要求来确定,以确保其能够有效地阻止地下水的渗透。此外,为了确保排水和防渗措施的有效性,还需要在施工过程中严格控制质量,确保各项措施能够充分发挥作用,通过实施有效的排水与防渗措施,可以显著提高地基的承载能力和稳定性,为工程的长期运行提供有力保障<sup>[5]</sup>。

### 3.4 基础类型选择

在湿陷性黄土地区,工程建设的基石在于选择适宜的基础类型,这不仅关系到建筑的安全,更与整个工程的稳定性息息相关。在地质条件复杂的黄土高原,基础类型的选择需综合考虑多重因素。当土层较厚,承载能力相对较弱时,扩展基础成为一个理性的选择,通过扩大基础与土体的接触面积,可以有效分散上部结构传递下来的荷载,提高基础的承载能力,并减少因荷载过大导致的地基沉降风险。另外,在土层较薄、地下水位较高的地区,桩基则显得尤为适用。桩基的设计原理在于穿透软弱土层,将荷载传递到更深层的坚硬土壤中,从而大幅度提升地基的承载力和稳定性。当然,在选择基础类型时,不能仅仅关注地质条件,

还需全面考虑工程的具体要求、施工条件以及工程造价等因素。例如,桩基虽然在地基处理方面具有显著优势,但其施工成本相对较高,施工周期也可能较长。因此,在选择基础类型时,必须进行深入的综合性分析,确保所选基础类型既能满足工程要求,又能实现经济效益最大化。

### 3.5 地基处理效果评价与监测

当地基处理工作完成后,全面而细致的效果评价和监测工作显得尤为关键,这不仅是对前期工作成果的检验,更是确保工程后续安全稳定运行的必要步骤。评价工作主要围绕地基的承载能力、稳定性和变形情况等方面展开。通过科学的方法和技术手段,对这些关键指标进行准确测量和评估,从而判断地基处理措施是否达到了预期效果。同时,监测工作也不容忽视。地基的稳定性是一个动态变化的过程,受到多种因素的影响。因此,定期的监测工作能够及时发现地基可能出现的问题,为后续的修复和加固工作提供有力支持。在实际操作中,可以结合工程的具体情况和地质条件,选择合理的监测方法和手段,如位移监测、应力监测等,确保监测数据的准确性和可靠性,通过地基处理效果的评价和监测工作,能够及时发现问题,调整和完善地基处理措施,进一步提高工程的安全性和稳定性。

## 4 结束语

在湿陷性黄土地区,岩土工程的勘察与地基处理举足轻重,其关键在于确保工程质量与安全。唯有通过科学合理的勘察方法和地基处理措施,方能有效应对地质与水文条件所带来的挑战,从而确保工程的顺利进行。而未来,更需不断总结经验,不断探索更加科学、可行的工程实践方法,为该地区岩土工程建设贡献更多力量。

## 参考文献:

- [1] 陈世盛,任睿祺,路少山.湿陷性黄土地区岩土工程勘察重点及地基处理要点[J].石材,2023(05):87-90.
- [2] 陈智科.湿陷性黄土地区岩土工程勘察和地基处理要点[J].工程建设与设计,2021(18):36-38.
- [3] 巨智文.湿陷性黄土地区岩土工程勘察和地基处理要点分析[J].江西建材,2021(06):94-95.
- [4] 张辉.湿陷性黄土地区岩土工程勘察和地基处理措施探讨[J].中文科技期刊数据库(文摘版)工程技术,2022(12):116-118.
- [5] 高平军.大厚度强湿陷性黄土区长短桩地基处理现场试验研究[J].工程勘察,2022,50(08):17-21,51.

# 我国亚热带地区沥青路面防水抗裂层开发及路用性能研究

李 敏

(杭州市交通工程集团有限公司, 浙江 杭州 310012)

**摘 要** 沥青路面作为城市交通的主要承载面, 其性能和质量直接关系到行车安全、交通效率以及城市形象。在亚热带地区, 由于气候多变、降雨充沛, 沥青路面常常面临着水损害和开裂等病害的威胁, 这些病害不仅缩短了路面的使用寿命, 增加了维护成本, 还会对行车安全造成潜在威胁。因此, 本文认为针对亚热带地区的气候特点, 开展沥青路面防水抗裂层的研究与应用具有重要意义。

**关键词** 亚热带地区; 沥青路面; 防水抗裂层; 路用性能

**中图分类号**: U416

**文献标志码**: A

**文章编号**: 2097-3365(2024)05-0061-03

亚热带地区, 以其湿润且多变的气候条件著称, 特别是雨季期间长时间的雨水天气, 给该地区的交通基础设施, 尤其是道路建设与维护带来了诸多挑战。在该地区, 沥青路面的路用性能直接关系到道路的使用寿命和行车安全。为了评估所开发的防水抗裂层的实际效果, 对其抗渗水性能、抗裂性能以及耐久性进行了深入的研究。沥青作为当今世界最为普遍的道路铺设材料之一, 其性能与稳定性直接关系到道路的使用寿命、行车安全以及整个交通网络的流畅性。

## 1 背景介绍

### 1.1 亚热带地区气候特点

亚热带地区的气候特征主要表现为四季分明, 但冬季相对温暖, 夏季炎热湿润。特别是雨季, 不仅降雨量大, 而且降雨持续时间长, 这对沥青路面的稳定性构成了严重威胁。长时间的雨水浸泡会导致沥青材料软化, 降低其黏结力, 进而影响到路面的承载能力和耐久性。此外, 亚热带地区的气温变化幅度较大, 昼夜温差和季节性温差都会引起沥青路面的热胀冷缩, 从而诱发路面开裂、变形等病害。

### 1.2 雨季期间长时间雨水天气对沥青路面的影响

在亚热带地区的雨季期间, 长时间的雨水天气对沥青路面的影响尤为显著。首先, 雨水会通过路面的微小裂缝和孔隙渗入路面结构内部, 破坏沥青与集料之间的黏结, 导致路面出现松散、剥落等现象。其次, 随着雨水的不断渗入, 路面基层的含水量会逐渐增加, 从而降低其承载能力和稳定性<sup>[1]</sup>。在车辆荷载的作用下, 路面会发生沉陷、车辙等永久性变形。最后, 雨水的冲刷作用还会加速沥青路面的老化过程, 缩短其

使用寿命。因此, 在亚热带地区进行沥青路面设计和施工时, 必须充分考虑雨季期间长时间雨水天气的影响, 采取有效措施提高路面的防水抗裂性能。

## 2 沥青路面防水抗裂层开发

### 2.1 防水抗裂层材料选择

在材料选择方面, 重点考虑了材料的黏度、抗老化性、抗紫外线性能以及与沥青路面的相容性。经过对比分析, 选择了高黏度改性沥青作为主要防水材料, 其黏度达到 5000 Pa·s 以上, 显著提高了路面的抗渗水性能。同时, 添加了抗老化剂和抗紫外线剂, 确保材料在长期使用过程中能够保持良好的性能。此外, 还引入了纤维增强材料, 如聚酯纤维、玻璃纤维等, 以提升防水抗裂层的抗拉强度和韧性。为了验证所选材料的性能, 进行了一系列实验测试。结果表明, 高黏度改性沥青与纤维增强材料的组合使用, 可以显著降低路面的渗水系数, 提高路面的抗裂性能和耐久性。具体数据如表 1 所示。

表 1 防水材料性能对比

材料类型	黏度 (Pa·s)	抗老化 性能	抗紫外线 性能	渗水系数 (mL/min)
普通沥青	1000-2000	一般	一般	12.5
高黏度改性沥青	5000+	优良	优良	2.5
纤维增强高黏度改性沥青	5000+	优良	优良	0.5

(注: 渗水系数越小, 表示材料的抗渗水性能越好。)

## 2.2 防水抗裂层设计

在设计方面,充分考虑了防水抗裂层的厚度、结构以及与上下层之间的黏结强度。通过优化厚度设计,确保防水抗裂层既能有效阻止水分渗入路面结构内部,又能承受车辆荷载和温度变化引起的应力。同时,采用了特殊的结构设计,如网状结构、多孔结构等,以提高防水抗裂层的排水性能和防滑性能。此外,还注重加强防水抗裂层与上下层之间的黏结强度,确保层面间能够形成良好的整体性能。为了验证设计的有效性,进行了模拟实验和实际工程应用测试。结果表明,优化后的防水抗裂层设计可以显著降低路面的开裂率和渗水率,提高路面的使用寿命和安全性。具体数据如表2所示。

表2 防水抗裂层设计效果对比

设计类型	开裂率(%)	渗水率(%)	使用寿命(年)
传统设计	15.0	8.0	8
优化设计1	5.0	2.5	12
优化设计2	2.5	1.0	15

(注:开裂率和渗水率越低,表示设计效果越好;使用寿命越长,表示设计越耐久。)

综上所述,通过合理的材料选择和设计优化,可以开发出具有优异防水抗裂性能的沥青路面防水抗裂层,这不仅可以延长道路的使用寿命、提高行车安全性,还可以为亚热带地区的交通基础设施建设提供有力的技术支持。

## 3 路用性能研究

### 3.1 抗渗水性能研究

抗渗水性能是评价沥青路面防水抗裂层效果的重要指标之一。采用了模拟实验和实际工程监测相结合的方法进行研究。在模拟实验中,通过模拟不同降雨强度和条件时间下的渗水情况,测试了防水抗裂层的渗水系数和阻水效果。实际工程监测则是在实际道路上进行长期观测,记录降雨后的路面渗水情况。实验结果表明,所开发的防水抗裂层在模拟实验和实际工程监测中均表现出良好的抗渗水性能。具体数据如表3所示。

在抗渗水性能的研究中,通过精心设计的模拟实验和实地工程监测,对防水抗裂层的性能进行了全面评估<sup>[2]</sup>。实验数据清晰地显示,无论是在模拟的小雨、中雨还是大雨条件下,防水抗裂层都展现出了出色的阻水能力。其实测的渗水系数极低,阻水效果接近完美,这一结果表明,该防水抗裂层在应对不同强度的降雨

时均能保持高效的防水功能,有效阻隔水分渗透,从而确保道路内部的干燥与稳定,这样的性能优势对于提升道路的使用寿命、增强行车安全性具有显著意义。

表3 抗渗水性能数据对比

实验条件	渗水系数 (mL/min/m <sup>2</sup> )	阻水效果(%)
模拟实验(小雨)	0.25	98
模拟实验(中雨)	0.45	96
模拟实验(大雨)	0.70	94
实际工程监测	0.35	97

(注:渗水系数越小,阻水效果越高,表示抗渗水性能越好。)

### 3.2 抗裂性能研究

沥青路面的开裂是常见的病害之一,严重影响道路的使用性能和安全性。为了评估防水抗裂层的抗裂性能,进行了温度循环实验和荷载实验。温度循环实验模拟了亚热带地区昼夜温差和季节性温差的变化情况,通过观测路面在不同温度条件下的开裂情况来评估抗裂性能。荷载实验则是模拟车辆荷载对路面的作用,检测路面在荷载作用下的变形和开裂情况<sup>[3]</sup>。实验结果表明,所开发的防水抗裂层在温度循环和荷载作用下均表现出良好的抗裂性能。具体数据如表4所示。

表4 抗裂性能数据对比

实验条件	开裂情况 (裂缝数量/m)	抗裂效果(%)
温度循环 (-10~+40℃)	0.1	99
荷载实验(标准轴载)	0.05	99.5

(注:开裂情况越轻微,抗裂效果越高,表示抗裂性能越好。)

抗裂性能是评估防水抗裂层质量的重要指标之一。通过严谨的温度循环实验和荷载实验,对该材料的抗裂能力进行了深入探究。实验结果显示,在模拟的极端温度变化以及车辆荷载作用下,防水抗裂层展现出了卓越的抗裂性能。其表面几乎未出现裂缝,保持了良好的完整性和稳定性,这一成果表明,该防水抗裂层能够有效抵御自然环境和交通负荷的双重挑战,显著减少路面开裂等病害的发生,为提升道路的整体使用性能和行车安全提供了坚实保障<sup>[4]</sup>。

### 3.3 耐久性研究

耐久性评价是评价沥青路面防水抗裂层长期性能的重要指标之一。为了评估其耐久性,进行了长期跟踪监

测和加速老化实验。长期跟踪监测是在实际道路上进行的,通过定期观测路面的使用状况、开裂情况、渗水情况等指标来评估防水抗裂层的耐久性。加速老化实验则是通过模拟自然环境下的老化过程,加速路面的老化速度,以更短的时间内评估防水抗裂层的耐久性。监测和实验结果表明,所开发的防水抗裂层在长期使用过程中表现出良好的耐久性。具体数据如表 5 所示。

表 5 耐久性数据对比

监测时间	开裂情况 (裂缝数量 /m)	渗水情况 (渗水系数 mL/min/m <sup>2</sup> )	耐久性评估
1 年	0.02	0.20	优良
3 年	0.05	0.25	优良
5 年	0.08	0.30	良好

(注:开裂情况和渗水情况越轻微,耐久性评估越高,表示耐久性越好。)

耐久性是衡量防水抗裂层长期性能的关键因素。通过长期跟踪监测和加速老化实验,对该材料的耐久性进行了全面考察。监测数据显示,在长达数年的使用过程中,防水抗裂层始终保持着良好的抗裂和抗渗水性能,未出现明显的性能衰退,这一发现有力证明了该防水抗裂层具有卓越的耐久性,能够长期保持其优异的路用性能。

## 4 研究展望

### 4.1 材料与技术的持续优化

当前,已经开发出了一系列高效的防水抗裂层材料和设计方案,但仍有进一步优化的空间。例如,可以研究新型的防水材料,如纳米改性沥青、高分子复合材料等,以提高路面的防水性能和耐久性。同时,可以探索先进的施工工艺和技术,如智能化施工设备、无损检测技术等,以提高施工效率和质量。通过持续的材料与技术创新,可以预期未来的防水抗裂层将具有更高的性能指标和更长的使用寿命。例如,新型防水材料的渗水系数有望降低到 0.1 mL/min/m<sup>2</sup> 以下,阻水效果提高到 99% 以上<sup>[5]</sup>;新型施工工艺的应用可以使得施工效率提高 30% 以上,同时降低施工成本。

### 4.2 多功能集成与智能化发展

未来的防水抗裂层研究将不仅仅局限于防水和抗裂性能的提升,还将致力于实现多功能的集成和智能化发展。例如,可以研究具有自修复功能的防水抗裂层,当路面出现微小裂缝时,材料能够自动愈合,从而延长路面的使用寿命。同时,可以探索将传感器技术与防水抗裂层相结合,实时监测路面的使用状况和性能

变化,为路面的维护和管理提供数据支持。通过多功能集成和智能化发展,可以预期未来的防水抗裂层将具有更高的附加值和更广泛的应用前景。例如,自修复功能的应用可以使得路面的维护成本降低 20% 以上;传感器技术的应用可以实时监测路面的温度和应力变化,提前预警可能的病害,从而避免重大交通事故的发生。

### 4.3 环境友好与可持续发展

在环境保护日益受到重视的背景下,未来的防水抗裂层研究还将注重环境友好和可持续发展。例如,可以研究使用可再生材料或生物降解材料来制备防水抗裂层,以降低对环境的负担。同时,可以探索将防水抗裂层与绿色基础设施相结合,如雨水收集系统、生态草沟等,以实现道路的生态化和景观化。通过环境友好和可持续发展的研究与实践,可以预期未来的防水抗裂层将具有更低的碳排放和更高的环保性能。例如,使用可再生材料制备的防水抗裂层可以减少对石油资源的依赖和碳排放量;与绿色基础设施相结合的防水抗裂层可以使得道路在发挥交通功能的同时,成为城市生态景观的重要组成部分。

## 5 结束语

研究针对亚热带地区沥青路面的防水抗裂层进行了深入的开发与研究,通过合理的材料选择和设计优化,成功开发出具有优异防水抗裂性能的沥青路面防水抗裂层。实验结果表明,该防水抗裂层在不同降雨条件下均能有效阻止水分渗入路面结构内部,同时在温度变化和荷载作用下也能保持路面的完整性和稳定性。通过这些努力,可以预期未来的防水抗裂层将具有更高的性能指标、更广泛的应用前景以及更低的碳排放和更高的环保性能,为亚热带地区的交通基础设施建设提供有力的技术支持和推动其可持续发展。

## 参考文献:

- [1] 邓睦信. 施工温度对 SMA-13 沥青路面抗滑性能的影响[J]. 交通世界, 2023(07):63-65.
- [2] 袁梦. 沥青混凝土吸声降噪性能影响因素试验研究[J]. 山东交通学院学报, 2023(04):104-108.
- [3] 孙勇超. 贵州多雨地区沥青路面防水抗裂层配合比研究[J]. 湖南工业职业技术学院学报, 2022, 22(01):20-23, 29.
- [4] 王树照, 季正军, 牛生锋, 等. 基于低温抗裂性的沥青路面路用性能研究[J]. 山东交通科技, 2023(02):67-70.
- [5] 杨皓丹, 莫荣江, 肖贺旭, 等. 基于粗集料形态特征的 AC 沥青路面路用性能研究[J]. 青岛理工大学学报, 2023(06):24-30.

# 电机制造中检测技术及设备应用分析

姜修宇

(哈电集团先进电机技术有限公司, 黑龙江 佳木斯 154000)

**摘要** 在复杂的电机制造领域, 先进检测技术设备的运用, 是确保整个生产过程质量、精度和效率的基石。无损检测方法、尺寸测量工具和人工智能等先进技术在质量保证、缺陷检测和预测性维护中发挥着关键作用。本文探讨了各类检测技术设备及其在电机制造中的应用, 强调了先进技术对提高生产过程效率和可靠性的重要性, 旨在为相关人员提供参考。

**关键词** 电机制造; 检测技术设备; 无损检测方法; 尺寸测量工具; 电机绕组

**中图分类号**: TM3

**文献标志码**: A

**文章编号**: 2097-3365(2024)05-0064-03

检测技术及设备在电机制造中发挥着至关重要的作用, 确保质量、可靠性和效率。超声波和涡流检测等无损检测方法, 以及坐标测量机和激光系统等尺寸测量工具, 可以对电机部件进行精确评估。这些技术有多种应用, 从绕组的质量保证到轴承诊断。先进技术的集成, 例如用于预测性维护和测试过程自动化的人工智能, 进一步提高了电机制造的生产力和可靠性。

## 1 电机制造检测技术设备的类型

### 1.1 无损检测方法

无损检测 (NDT) 方法在电机制造中是不可或缺的, 可以检测缺陷或不规则之处, 而不会损坏所检查的部件。

1. 超声波检测。超声波检测采用高频声波来检测材料的内部缺陷或不一致之处。在电机制造中, 该技术对于评估绕组和转子组件等关键部件的完整性非常有价值。通过在材料中传输超声波并分析反射, 可以精确识别空隙、裂纹或分层等缺陷。超声波检测在电机制造中的应用主要包括: 超声波测试可以对绕组绝缘层进行彻底检查, 确保在组装前识别出任何弱点或缺陷; 通过进行超声波扫描, 可以检测转子和定子部件中的缺陷, 包括内部裂纹或材料不规则性。

2. 涡流检测。涡流检测依靠电磁感应原理, 评估材料的导电性和完整性。在电机制造中, 该方法对于无需物理接触即可检测表面缺陷和材料特性变化特别有用。涡流检测在电机制造中的应用主要包括: 导电材料的表面检查, 涡流检测擅长识别金属部件 (例如转子轴或轴承座) 的表面裂纹、点蚀或腐蚀; 通过分析电导率的变化, 涡流检测还可以揭示缺陷, 从而增强整体质量控制过程<sup>[1]</sup>。

### 1.2 尺寸测量工具

准确的尺寸测量对于电机制造至关重要, 确保组件的精确配合和对准。

1. 三坐标测量机。CMM 利用接触式探针或光学传感器捕获组件表面点的空间坐标, 从而实现全面的尺寸分析。在电机制造中, 坐标测量机在验证复杂几何形状 (包括轴、外壳和轴承表面) 的尺寸精度方面发挥着至关重要的作用。CMM 在电机制造中的应用包括: 关键部件的几何检查, 坐标测量机有助于精确测量直径、角度和同心度等尺寸特征, 确保符合设计规范; 装配的对准评估, 通过分析配合部件的尺寸偏差, 坐标测量机有助于优化对准和装配过程, 最大限度地减少公差并提高性能。

2. 基于激光的测量系统。基于激光的测量系统可以提供快速、非接触式测量功能, 非常适合以高吞吐量和精度评估电机制造中的尺寸参数。这些系统利用激光扫描仪或干涉测量技术, 捕获详细的表面轮廓和几何形状。在电机制造中的应用包括: 表面形貌分析, 基于激光的测量系统擅长捕获部件的详细表面轮廓, 从而能够精确表征表面粗糙度或轮廓等特征; 通过将激光测量系统集成到自动化生产线中, 可以对组件进行实时检测, 确保符合尺寸公差和规格。

## 2 电机制造中检测技术及设备的具体应用

### 2.1 电机绕组的质量保证

电机绕组是电机中的关键部件, 负责将电能转换为机械运动。确保电机绕组的质量和完整性对于电机制造来说至关重要, 以确保最佳性能、可靠性和安全性。

1. 绕组绝缘缺陷的检测。电机绕组的绝缘是防止

电气故障、短路和击穿的重要屏障。检测绕组绝缘缺陷对于预先解决潜在故障并确保电机的使用寿命和可靠性至关重要。有多种方法可用于检测此类缺陷，主要包括：无损检测（NDT）方法，包括超声波检测和涡流检测，通常用于评估绕组绝缘的完整性，而不会对元件造成损坏，这些技术可以对绝缘层进行彻底检查，识别空隙、分层或污染等缺陷；超声波检测，利用高频声波穿透绝缘材料并检测内部缺陷。通过分析超声波的反射，技术人员可以查明绕组绝缘内的问题区域，以便及时维修或更换；涡流检测，依靠电磁感应来评估材料的导电性和完整性。当应用于绕组绝缘时，该技术可以检测表面裂纹、空隙或材料特性的变化，从而为绝缘系统的整体健康状况提供有价值的见解；热成像检测是检测绕组绝缘缺陷的一种有效方法，通过捕获电机绕组的红外图像，可以识别过热或异常热模式的区域，表明绝缘击穿或局部故障<sup>[2]</sup>。

2. 绕组电阻监测。监测绕组电阻是电机绕组质量保证的一个基本方面，可以深入了解系统的电气完整性和性能。绕组电阻受线材、绝缘质量、温度等因素影响是评估电机健康状况的关键参数。具体包括：电阻测量技术，采用各种技术来监测绕组电阻，从使用万用表的手动测量到集成到电机测试设备中的自动化系统。这些技术使制造商能够跟踪电阻随时间的变化，识别可能表明潜在问题的趋势或异常情况；除了测量绕组电阻之外，还必须考虑温度变化，因为这些变化会显著影响电阻值。先进的监测系统采用温度补偿算法，可准确评估不同工作条件下的绕组电阻，确保测量结果可靠且一致；为了实时监测绕组电阻，部署在线监测系统，能够在运行过程中持续评估电机性能。这些系统可以立即检测电阻的变化，从而对绕组绝缘的潜在故障或退化提供早期警告。

## 2.2 转子和定子检测

转子和定子是电动机的组成部分，在将电能转化为机械运动方面发挥着关键作用。确保转子和定子部件的质量和完整性对于优化电机性能、可靠性和使用寿命至关重要。

1. 转子和定子部件裂纹或故障的检测。检测转子和定子部件中的裂纹或故障，对于防止灾难性故障并确保电动机安全高效运行至关重要。可以采用各种检查技术来评估这些组件的完整性，从目视检查到先进的无损检测方法。具体而言：目视检查，这是检测转子和定子部件表面裂纹、腐蚀或其他可见缺陷的最基

本但有效的方法之一。训练有素的技术人员目视检查组件的表面，寻找可能损害其结构完整性的损坏或不规则迹象；无损检测（NDT），超声波检测和涡流检测等无损检测方法广泛用于检查转子和定子部件而不造成损坏。这些技术可以对内部和表面缺陷进行全面评估，为了解组件的整体健康状况提供有价值的见解；超声波检测利用高频声波穿透材料并检测转子和定子部件的内部缺陷，例如裂纹或分层。通过分析超声波的反射，技术人员可以识别需要关注的区域并采取适当的纠正措施；涡流检测依靠电磁感应来评估材料的导电性和完整性。当应用于转子和定子部件时，该技术可以检测表面裂纹、腐蚀或材料特性的变化，以便及时维护或修理；热成像检测是检测转子和定子部件缺陷的一个有价值工具。通过捕获组件的红外图像，技术人员可以识别异常发热或热模式的区域，表明内部故障或绝缘击穿<sup>[3]</sup>。

2. 转子平衡测试。平衡测试对于确保电动机转子平稳、无振动运行至关重要。转子组件的不平衡会导致过度振动、噪声和过早磨损，最终影响电机性能和可靠性。实施平衡测试，使制造商能够在电机投入使用之前识别并纠正任何不平衡问题。平衡测试具体包括：静态平衡测试涉及测量转子组件静止时的质量分布。通过在特定位置增加或减少重量，技术人员可以调整转子的平衡，最大限度地减少运行过程中的振动；动态平衡测试是在转子以运行速度旋转时进行的。专用平衡设备，例如动平衡机，用于测量转子组件的振动水平和相位角。根据这些测量结果，添加或删除校正重量，以实现最佳平衡。此外，在现代电机制造设施中，在线平衡系统通常集成到生产线中，以便在装配过程中对转子进行实时平衡测试。这些自动化系统可确保转子在安装到电机中之前满足平衡规格，从而简化制造流程并加强质量控制。

## 2.3 轴承诊断

轴承诊断在确保电机可靠运行方面发挥着至关重要的作用。轴承支撑旋转部件，例如轴和转子，任何故障或故障都可能导致代价高昂的停机和设备损坏。

1. 轴承健康评估的振动分析。振动分析是评估电机轴承健康状况的广泛使用的技术。通过监测轴承的振动特征，技术人员可以检测到磨损、不对中或其他可能导致故障的问题的早期迹象。对于振动分析，具体涉及对轴承在运行过程中产生的振动频率、振幅和波形进行测量与分析。具体而言：不同类型的轴承故障，

例如内圈、外圈或滚动元件缺陷，会产生特征振动频率。通过分析振动频谱，技术人员可以识别轴承中特定故障的存在和严重程度；振动振幅的变化可以表明轴承状况的变化，例如磨损增加或润滑损失。通过监测振动幅度随时间的变化，技术人员可以跟踪轴承故障的进展情况，并在发生灾难性故障之前安排维护；振动信号的波形，为了解轴承故障的性质和严重程度提供了宝贵的见解。冲击峰值或不规则性等独特模式，可以指示特定类型的故障，使技术人员能够准确诊断问题并采取适当的纠正措施；另外，先进的状态监测系统将振动传感器与数据分析软件集成在一起，可以持续实时监测轴承的健康状况。这些系统可以自动检测异常振动模式，触发警报或警报，向维护人员提供诊断信息以进行主动维护<sup>[4]</sup>。

2. 使用在线传感器进行润滑监测。适当的润滑对于确保电机轴承的平稳运行和使用寿命至关重要。使用在线传感器监控润滑条件，能够保持最佳润滑水平，防止轴承故障并延长设备寿命。具体而言：配备油液分析功能的在线传感器，可监测各种参数，例如油黏度、污染水平和添加剂浓度，评估轴承中润滑油的状况。通过实时分析油样，这些传感器可以检测污染、退化或润滑不足等问题，从而能够及时进行维护干预；在线传感器可以监测轴承箱内的润滑脂数量、稠度和分布。通过测量润滑脂流量或压力等参数，确保适当的润滑，并检测润滑脂管道中的过度润滑、润滑不足或堵塞等问题；安装在轴承箱中的温度传感器，提供有关轴承运行条件和润滑有效性的宝贵信息。异常的温度波动，可能表明存在润滑不足、过载或轴承不对中等问题，从而促使立即采取纠正措施，防止设备损坏或故障。

### 3 先进技术在电机制造中的集成

#### 3.1 使用人工智能进行预测维护

人工智能（AI）在预测性维护策略中发挥着变革性作用，使制造商能够在设备故障发生之前预测和预防。（1）数据分析和机器学习。人工智能算法利用先进的数据分析和机器学习技术，处理来自电机和相关设备的传感器数据。通过识别传感器读数、操作参数和维护事件之间的相关性，人工智能模型可以生成预测见解，并建议及时的维护操作，减轻潜在风险。（2）状态监测和预测。基于人工智能的状态监测系统，持续监控电机的健康状况和性能，实时分析传感器数据以检测退化或异常行为的早期迹象。通过将预测分析

与预测功能相结合，该系统可以预测剩余使用寿命、估计故障概率并优化维护计划，最大限度地延长设备的正常运行时间和可靠性。（3）规范性维护建议。人工智能驱动预测性维护平台，不仅可以预测即将发生的故障，还可以根据已识别问题的严重性和关键性提供规范性维护建议。通过确定维护任务的优先级和优化资源分配，制造商可以最大限度地减少停机时间、降低维护成本，并延长电机的使用寿命<sup>[5]</sup>。

#### 3.2 自动化测试过程以提高效率

通过利用机器人、先进仪器和集成控制系统，制造商可以自动化各种测试程序，减少人工干预和人为错误，同时提高产量及质量控制。（1）机器人测试系统。机器人测试系统可自动执行重复性和劳动密集型测试任务，例如电机部件的尺寸检查、电气测试和功能测试。通过部署配备专用末端执行器和传感器的机械臂，可以获得一致且精确的测试结果，同时缩短周期时间和生产成本。（2）自动化测试设备（ATE）集成。其包括专用测试仪、分析仪和数据采集系统，集成到生产线中，实现测试过程自动化并确保符合质量标准和规范。通过实施具有内置诊断和自校准功能的ATE解决方案，可以最大限度地减少设备停机时间并优化测试效率。（3）实时监控。自动化测试系统具备实时监控功能，能够根据测量结果和预定义标准持续反馈和调整测试参数。通过动态优化测试条件和阈值，可以确保产品质量，识别流程效率低下的问题，并实时实施纠正措施。

### 4 结束语

随着电机制造的不断发展，先进检测技术设备与尖端技术的融合至关重要，可以增强质量保证、优化生产流程并确保电机部件的可靠性。不断创新和投资先进技术，将使电机制造商处于行业前沿，在不断变化的制造业格局中提高效率、质量和竞争力。

#### 参考文献：

- [1] 陈金舰. 检测技术及设备在电机制造中的应用[J]. 机电信息, 2020(18):93-95.
- [2] 郭佳军. 电机制造检测技术的应用[J]. 科技经济市场, 2020(05):18.
- [3] 姚新. 电机制造中检测技术及设备应用和制造工序研究[J]. 防爆电机, 2021(02):87-89.
- [4] 王长顺. 电机制造中检测技术及设备的应用探究[J]. 黑龙江科技信息, 2020(03):82.
- [5] 刘立忠. 电机再制造及在线故障诊断[J]. 电子技术与软件工程, 2019(06):150-151.

# 润滑系统在钢铁企业除尘设备中的应用与分析

赵文东

(广西北港新材料有限公司, 广西 北海 536000)

**摘 要** 钢铁行业在日常生产运行中时刻面临着恶劣的生产作业环境, 如高温、粉尘多、气体多、载重量大等。如何改善钢铁生产环境成为该行业继续向前发展的动力源泉。除尘是改善钢铁企业日常生产环境的重要工作之一, 也是确保钢铁生产正常的必要操作。因此, 除尘设备也就成了钢铁生产企业必备的生产工具之一。润滑系统在保障钢铁企业除尘设备中具有重要的维稳作用, 润滑不仅可以确保设备的正常稳定运行, 同时可以减少各设备的自然磨损。本文将围绕润滑系统在钢铁企业除尘设备中的应用, 结合除尘设备的工作原理需要以及润滑系统对除尘设备的保护作用展开分析, 以此展望未来智能润滑系统在钢铁除尘设备中的重要发展前景。

**关键词** 钢铁行业; 除尘设备; 润滑系统

**中图分类号:** TG23

**文献标志码:** A

**文章编号:** 2097-3365(2024)05-0067-03

在市场经济的刺激下, 我国钢铁行业发展也越来越快, 传统人工 + 机器设备的生产模式逐渐被智能化数字化机器设备取代。虽然说钢铁行业也是属于我国传统的大型制造业的一种, 但是越来越多的大型设备的进驻, 成套设备的投产, 不断加快了钢铁行业自动化生产的进程。但受限于钢铁企业的自身生产特点, 暂时无法摆脱高温高压高负荷的生产环境, 再加上漫天尘土飞扬的环境, 使得各大型设备整日在该种状态下负荷工作极易容易被粉尘覆盖, 进而钢铁行业中经常发生设备的“损坏”和“磨损”情况。

因此, 除尘设备就成为保护钢铁企业正常生产的必备辅助设备之一, 保障除尘设备正常稳定运行故而显得尤为重要。

润滑系统就是为保障除尘设备及其它设备安全运营提供保驾护航的重要支撑。钢铁企业近年来的发展主要以油气润滑系统的发展特点为主。随着现代化工业进程的不断加快, 油气润滑系统相比于集中润滑系统更加适用于钢铁企业高温高速的情况。

从 20 世纪 60 年代末, 德国首次发现的以压缩空气作为载体把润滑油输送到润滑点的理论油气润滑技术, 到 20 世纪 80 年代中期, 宝钢、武钢等企业开始将油气润滑系统引进并应用于轧机设备, 至今, 我国成立多家销售润滑系统生产贸易公司, 油气润滑系统在钢铁行业中得到了不断的探索与应用。

## 1 润滑系统在钢铁行业除尘设备中的应用与分析

### 1.1 除尘设备工作原理分析

除尘设备一般分为三种: 水除尘系统设备、干式除尘系统设备和静电除尘系统设备。

1. 水除尘系统设备简单来说就是设备利用现场洒水的方式来达到除尘的基本目的, 其设备工作原理是利用电机带动水泵进管路的方式进行, 通过控制每个泵头的水压力, 扬尘高度来向逸散扬尘处进行喷洒水淋。现场洒水工艺主要通过 PLC 程序进行设定, 通过安装电机来带动减速箱驱动开关喷头运转喷水的方式进行除尘。

2. 干式除尘系统或称为布袋式除尘, 即通过电机带动轴承箱引风机, 将空气中的灰尘直接吸入布袋里, 然后进行过滤的方式进行。滤袋上吸附的灰尘再通过反冲击气流和震动系统直接将灰尘脱落进尘斗, 最后经螺旋控制口排出, 以达到最后的除尘。

3. 静电式除尘系统, 直接以静电的方式将煤尘吸附进设备内壁上, 待静电系统消除静电后, 以电机带动减速箱驱动系统的方式, 最后将粉尘排出<sup>[1]</sup>。

以上三种除尘设备的工作方式原理都离不开电机的操作, 保障电机的稳定运行, 才能最终达到除尘的目的。而润滑系统在一定程度上就可以维持该电机系统的稳定运行, 减少故障率的发生。

## 1.2 润滑系统对除尘设备的保护作用

### 1.2.1 润滑对电机的保护作用

为了更好地保护除尘设备中电机的正常运营，通常会运用到润滑。一方面可以使得设备降低隔绝空气和粉尘；另一方面还可以起到保养、延长机器使用寿命的作用。

在所有的除尘设备中，都会用到电机。目前我们除尘设备中电机的润滑采用的是ZL润滑脂，该种润滑脂之所以能替代原来的ZG润滑脂，主要在于ZL润滑脂在预热时不易流失的特点，刚好符合钢铁行业长期高温的生产环境需求。此外，ZL润滑脂的润滑效果也明显优于原来的ZG润滑脂，其形成的油膜承受压力远远大于原来的ZG润滑脂。在水除尘设备中，通过在驱动电机主轴增加ZL润滑脂，相当于增加油溶性节能抗磨剂的效果，在钢铁行业高温环境下使用，不但可以直接起到耐高温的保护效果，而且该种相当于油溶性抗磨效果本身就耐高温，这样就可大大降低电机的运转负荷，从而达到保护电机的作用。

### 1.2.2 润滑对减速箱的保护作用

润滑对减速箱的保护作用主要体现在其更换新的油种后。目前的润滑系统中采用中国石化总公司等科研单位配置在秦港二公司实验成功的L-CKC68新品种。该新油种取代原来的旧牌号油种后，品质更优良。首先，倾点更低，流动性更好，将该种油种作为润滑使用在减速箱上，大大降低了齿轮的磨损情况，从而对延长设备的使用寿命起到良好的作用<sup>[2]</sup>。

## 1.3 润滑系统在钢铁行业除尘设备中的具体应用

钢铁企业为了更好地保障日常的生产与运行，对除尘设备的依赖性和要求也越来越高。其中，润滑系统是最能保障除尘设备的稳定运行之一。除尘设备润滑中必须要做好两大基本工作，即人员和润滑点的稳定性和准确性。

润滑系统在钢铁企业除尘设备中的具体应用，首先体现在人员管理上。管理人员对润滑系统在除尘设备的应用和把控上需要做到精准和判断无误。人是整个润滑系统的把控主体，除尘设备是被把控的客体。在具体的应用上，首先要做好人员与设备的责任划分管理，充分发挥各管理人员的积极性，做好对每一个设备的实时监控管理。其次是要做好对设备的实时监控，做好监督，对每一个除尘设备的润油点要做到充分把握。对润滑的点、润滑部分，需要给油的量，都要有明确的记载和跟进维护记录，不能出现任何一个

遗漏点。最后，除尘设备是钢铁企业日常生产中重要的环节，除了人员和设备的精准管理，还有润滑油质量的把控监督管理。润滑油一定要做到品质优良且油源供应稳定，入库出库都应该设立严格的检查监督制度，做好抽检记录的工作，最终才能保证整个润滑系统的正常运行，给除尘设备提供坚实的保障基础<sup>[3]</sup>。

## 2 润滑系统在钢铁行业除尘设备中的其他应用

### 2.1 智能润滑系统在烧结带式冷却机上的应用

润滑系统在烧结带式冷却机上的应用可追溯到济钢炼铁厂烧结机的扩容改造的成功应用案例。2003年，济钢炼铁厂为了更好地满足当时的生产要求，高炉熟料供应，需对原有的烧结机工艺升级扩容改造，烧结面积由90 m<sup>2</sup>扩容到120 m<sup>2</sup>，同时配套105 m<sup>2</sup>带式冷却机因现场空间有限，暂无法完成，仅对鼓风机冷却系统进行改善，但最后经过带式冷却机运行测试，较改造前扩容后的温度平均提高100℃左右。因此急需润滑系统来对烧结机进行“降温”工作，保障济钢炼铁厂的正常运行。

润滑系统经过后期的改造后，采用智能代替人工，定量给油的方式，充分满足托辊运行需要，保障润滑系统通过智能方式随时给油补充“能量”。这样使得运行设备能随时处于一个稳定正常的状态持续工作。同时，润滑系统在改造后，托辊寿命也得到了明显的延长，不但降低了设备的故障率，同时也能提高设备的有效工作率，使得智能润滑系统在烧结带式冷却机上得到了又一次新的突破<sup>[4]</sup>。

### 2.2 智能干油润滑系统在步进式冷床中的应用

智能干油润滑系统的优点在于其本身的智能化操作应用更能有效地应用于各设备上，从而能更好地保障设备的稳定运营。智能干油润滑系统通过润滑、网络连接和系统的实时监控，借助先进的工艺技术水平，解决传统人工受限的操作模式，对冷床系统上万个润滑点进行精准“润滑”。实时远程监控的模式配合远程数据对润滑点、润滑参数的设置参考，点对点的给“油”方式，还能更好地节油。

智能干油润滑系统在步进式冷床中的应用主要体现在能根据冷床特点提前做好全面分析，把握好润滑点的具体特点，再通过具体的参数设置，分区域精准地对润滑点进行润滑油的给量。同时智能干油润滑系统还能通过对冷床上下料辊道润滑点、床体高温区域做提前温度的测定以及对冷床上其他各升降平移移动系统的润滑点进行提前分析和润油时间测定，精准及时

地补充润滑,保障机器设备的稳定持久运行。

智能干油润滑系统走“数字化”道路,结合电脑远程监控的智能模式,让设备管理人员实时把控各设备的润油具体情况,一旦发现异常,电脑系统数据立刻发出警报提醒,不但节约了设备管理人员的排查时间,节省工作量,提高工作效率,还能快速地定位故障点,快速找出问题并解决问题,从而为设备的稳定运行提供时间上的保证。最终也实现了润滑最佳效果,延长冷床使用寿命,提高钢铁企业的整体经济效益。

### 2.3 智能润滑系统在钢厂高炉中的应用

智能润滑系统在钢厂高炉中的成功应用案例,可从 2006 年的莱钢 750 高炉润滑系统中看到。2006 年下半年,莱钢 750 高炉的润滑系统出现漏油低压报警甚至严重到最后的停泵,维修人员在对其进行大量的维修工作后仍然未能解决问题。为此,莱钢只能在最后引入智能型多点集中润滑系统,在对现场进行充分的改进后,智能润滑系统对每个润油点进行重新调整,通过给油时间的长短以及循环时间的计算,重新调控给油程序和调整给油顺序,重新计算把控每个给油点的给油量后,对原有的管道进行优化布局。多点分布把高炉炉顶设备进行集中控制,增加过滤器,解决遗留的抽空问题,采用称油位计润滑泵位系统自动补给油脂的方式,最后通过远程 PC 端控制来稳定油量的持续和稳定性,实现了高炉的稳定运行,同时也大大地降低了维修的时间<sup>[5]</sup>。

### 3 智能润滑系统在钢铁除尘行业中的发展前景分析

智能润滑系统是指润滑系统结合现代科学技术发展的力量,将动力给油模式和技术进行了现代高科技的改进。借助互联网的联网监控模式,可以智能化对需要润滑的设备部位进行实时监控给油,润滑设备,保障设备动力充足。而且能够借助电脑判断智能化操作模式,将各电动润滑泵和润滑点等进行智能连接,有效给油,对设备机械进行润滑,既降低了设备损耗率,同时也提高了润滑效率和生产效率。

随着科技水平的不断发展,智能润滑系统集动力给油、电控监测、智能分油等诸多优势,已经在钢铁行业中得到了不断发展。结合上文的分析,智能润滑系统不仅在烧结带式冷却机上有效地降低了设备故障率,提高了工作效率;而且智能干油润滑系统在步进式冷床中的应用,也通过实时监控,解决了传统人工受限的工作操作模式,使得数字化和生产化得以有效地合二为一。同时,智能润滑系统在钢厂高炉中的应用,

还解决了很多遗留下的抽空问题。因此,智能润滑系统的诞生和在钢铁行业中的不断推广应用,势必会给整个钢铁行业带来更多的突破性发展。

此外,智能润滑系统在电动智能分油系统的操作指挥下,能更好地做到节油,降低企业生产成本。同时,随着该项技术的不断突破,智能给油,精准润滑,也将会带给整个钢铁行业更高端与智能化的向前发展。

## 4 总结

在 21 世纪的今天,各行各业都面临着巨大的生存挑战。我国高度重视环保,钢铁企业想要不被淘汰,在提倡环保的大环境下做好自身的节能节排的基础上,更要不断地做好除尘的防控工作。钢铁生产企业要与与时俱进地走可持续发展的道路,将润滑系统更好地作用于防尘设备中,做好防尘的基础性工作,才能更好地开展钢铁企业的日常生产与运营。由于钢铁行业设备种类繁多,自动化技术较高,生产环境特殊且严格,所以对润滑系统的要求也比较高,提高整体效率,降低磨损,降低功能损耗是钢铁行业对润滑系统最基本也是最严格的要求。

随着除尘技术的不断升级改进,润滑系统也需要不断地提高。为了更好地提升钢铁企业中除尘设备的综合使用效果,让除尘设备能更加稳定地运行,以稳定整个企业的生产环境,企业应不断更新润滑新能源,用更优质的能源来满足技术不断更新的除尘设备。润滑系统在很大程度上能做到提升除尘系统的使用效率和延长使用寿命,需要重点做好润滑系统的不断升级改造工作。同时,除尘设备的正常运营,除了润滑系统的保障,管理人员和作业环境都是重要的生产环节,企业在日常使用中需要同步做好各系统的综合协调工作,才能最终保障润滑系统在除尘设备中的正常使用。

### 参考文献:

- [1] 杨媛媛.钢铁企业除尘环保设备功能的完善与提升[J].山西冶金,2023,46(12):201-203.
- [2] 弓原.钢铁行业超低排放形势下除尘技术研讨[J].冶金经济与管理,2020(05):7-9.
- [3] 中国重型机械研究院股份公司.带有备用风机切换机构的转炉烟气干法除尘系统及方法:CN202310538505.2[P].2023-10-20.
- [4] 雷宏健.立辊轧机稀油润滑系统选型计算[J].一重技术,2023(05):10-13.
- [5] 李志鹏,刘辉.汽轮机润滑系统动态特性研究[J].山西电力,2023(02):62-65.

# 建筑工程造价超预算的原因及控制措施

祝欢

(浙江华杰工程咨询有限公司, 浙江 金华 321000)

**摘要** 在我国经济快速发展的今天, 建筑工程的规模越来越大, 其数量也越来越多, 随之而来的问题时有发生。其中, 建筑工程造价问题是当前急需解决的问题之一。建筑工程造价不仅与工程的建设费用、经济效益有关, 而且对施工企业来说, 它还直接影响着施工企业投标方案的中标成功率。所以, 本文认为必须明确超预算的产生原因, 并制定相应的控制措施, 以提高建筑企业投标方案的经济性、可行性, 保证招投标双方能够更好地配合, 从而使双方获得更大的经济效益。

**关键词** 建筑工程造价; 超预算; 预算编制; 市场因素; 现场管理

中图分类号: TU723

文献标志码: A

文章编号: 2097-3365(2024)05-0070-03

建筑工程项目的内容多, 工期长, 投资金额大, 在实际的施工中, 如果管理者不能对资金进行合理的安排, 就有很大的可能会超出预算。当前, 社会上存在着大量的烂尾项目, 很大程度上是由于它们在建设过程中存在着超预算的现象, 从而使项目不能顺利完工。由此可见, 工程造价工作在建设项目中起着举足轻重的作用, 若存在超预算现象, 就会造成资源的浪费, 若不加以遏制, 将会给建筑业的发展带来巨大的冲击。因此, 建筑企业要加强对工程造价的控制, 合理利用项目资源, 防止资源的浪费, 最大限度地利用资源。

## 1 造价预算在建筑工程中的重要作用

建筑工程项目的规模不断扩大, 这就说明了项目自身的建设难度在增加, 并且还会有更多的利益主体参与进来。在这样的情况下, 做好建设工程的造价预算工作, 能够防止不必要的资源浪费, 保护各方的权益。同时, 建筑工程的建设周期长, 影响因素多, 很可能产生各种各样的复杂问题, 所以, 做好造价预算也能在某种程度上减少问题对施工的影响。建设项目的造价预算工作能够让工作人员清楚地认识到每个施工阶段的具体费用, 对每个步骤的施工费用进行计算, 并设定适当的变化幅度, 避免风险问题, 让投标方案更加合理, 促进招投标双方的合作, 提高招投标双方的经济效益。一般来说, 建筑工程造价预算工作的重要作用主要体现在以下几点。

### 1.1 为招标工作提供基础依据

在目前的建筑业中, 一般都是采用招投标的方法来向施工企业进行分包, 投标方案对施工企业的中标概率有很大的影响, 而造价预算又是投标方案的重要

参考, 哪个项目的投标方案更加可信, 哪个项目的中标概率就更大。所以, 如果造价预算比较合理, 那么施工企业中标的可能性就会更大。

### 1.2 保证工程的施工进度

在一些建筑工程项目中, 由于施工单位与招标人之间的施工方案发生了变化, 很可能引起资金的周转困难, 从而导致资金不足, 资金链暂时断裂, 从而对建筑企业的正常施工产生了一定的影响, 而对建筑企业进行合理的造价预算工作, 则可以提前对施工费用进行预测, 以预测结果的上限为成本控制和调动资金提供基础, 防止发生资金周转困难, 保证建设项目的顺利竣工<sup>[1]</sup>。

### 1.3 确保项目的成本合理化

建筑工程的造价预算是一个比较系统、比较复杂的过程, 要求预算人员按照项目操作的全过程, 从建筑材料、设备和人工等角度, 精确地对这些因素所需的成本进行预算, 在项目开始之前就将项目成本的详细情况明确出来, 这样才能为制订施工计划提供必要的基础。在实际操作中, 预算人员要按照工程量来制定一套科学、合理的预算目标以及与之相适应的技术方案, 对建筑材料成本、设备成本及人工成本等进行相关的造价预算, 使项目成本合理化。

### 1.4 提高项目的经济水平

建筑工程造价管理是建筑项目实施过程中的一个重要环节, 也是实现建筑项目目标的基础。其中, 工程造价预算的合理性和准确性直接关系到工程造价管理的科学性和有效性。从管理层次上讲, 建筑工程造价预算有利于科学合理地进行投资决策, 有效地节省

建设费用,提高建设管理工作的效率;与此同时,将工程造价预算作为一种参照,能够给项目管理人员提供参考依据,以便根据最优的计算成果,有效地进行工程项目的管理,使经济效益最大化,保证项目的收益最大化<sup>[2]</sup>。

## 2 工程造价超预算的主要原因

### 2.1 预算编制存在问题

在项目设计结束之后,首先要做的就是编制项目成本预算,它的准确与否将直接影响到项目的整体效益。在预算编制中,经常会出现预算编制的真实性不高的情况,许多建设项目的预算都会有一些夸张的情况,特别是在建筑材料和人员编制方面,经常会有相当大的比重,从而导致所编制的预算数据有一定的水分,特别是在进行造价控制时,难以按照现行的预算编制资料对造价进行管理,导致在前期工程的预算编制中,没有考虑到更多的细节问题,导致在以后的建设中,原预算费用不足,又要追加新的造价成本,这就是预算数据被夸大的直接结果。另一种情形则是在编制时,为了工程的实际收益,对实际的概算作了相应的减少,从而导致工程建设中出现了超预算的现象。究其根源,就是因为预算编制工作并未以市场调查为基础,缺少真实的数据支撑,从而出现了一些普遍存在的问题,这也是造成建设项目超预算的一个重要因素。

### 2.2 市场因素的变动

在建设项目中,由于市场因素的变动,导致了建设项目超预算成本的不可控因素。近几年来,全球化的模式在世界的一端产生了一种蝴蝶效应。特别是商品的价格波动会受热点事件的直接影响,建设项目中所用的各种建材大部分都是工业品,工业品的价格受大宗商品市场的冲击比较大,进而反映在建设工程成本的控制上,就会产生显著的上下波动,一般来讲,工业品的下降对建设项目成本的控制作用不大,但是工业品的涨价却会对建设项目成本的控制产生直接的影响,从而导致建设项目的超预算。市场因素的变化并不只是建材的变化,对建设工程的消费也有显著的影响。比如,在房地产行业,因为房价下降或市场预期不佳,会导致房地产企业在工程付款上发生变化,如果工程付款不及时或长期拖欠,就会导致工期的延长,这样,原有的预算编制的施工周期就得不到很好的保证,施工时间的延长必然会导致建筑企业的直接费用和间接费用的增长,比如,施工人员的人工费用会有显著的增长,另外,建筑企业的资金周转能力也

会发生变化,从而导致整体工程成本的超预算问题<sup>[3]</sup>。

### 2.3 现场管理力度不足

在建筑项目实施的全过程中,对建筑工程造价进行控制是十分重要的。它是一个有机整体,每一部分都有其实践意义与价值。在项目实施阶段,如果建设企业对工程造价的关注不够,就很难对项目的建设情况和市场变化进行综合考虑,从而导致出现严重的超预算问题。与此同时,在工程实施过程中,相关工作人员缺乏对工程造价的管理能力,导致无法综合界定工程造价的管理范围,导致在项目实施过程中存在着施工混乱、随意使用材料等现象,这极大地影响了企业的成本。另外,在工程实施阶段,由于缺乏对施工过程的控制,致使各个领域的建设问题频频发生,对企业的成本产生了一定的影响。

### 2.4 预算人员的业务素质与信息化技术水平较低

在建筑工程预算实施中,预算人员的业务水平与整体素质直接影响到项目预算的实施。这就需要相关预算人员具备丰富的专业知识与市场资讯,对预算进行客观、公正、全方位的控制,从而使工程造价预算更加科学合理。但是,当前施工企业的预算编制队伍素质参差不齐,有些人业务能力、专业素质都较低,无法按规定的时间按时按质按量地完成预算编制工作,难以在预算编制的全过程中对有关问题进行全方位的解决。此外,一些预算工作者的预算观念、方法还没有跟上时代,对先进的预算方法还不够了解,对现代化信息技术的运用不够熟练,不能很好地对工程预算进行有效控制<sup>[4]</sup>。

## 3 建筑工程造价超预算的控制措施

### 3.1 严控工程造价预算编制

建筑企业要严格按照规定,查找和解决预算编制中存在的问题。为了提高工程造价预算管理的有效性,可以建立一支专业化的管理队伍,实行目标导向的科学化管理。运用健全的工程造价预算职能部门,确定工程设计方案,选择适当的施工技术,使工程造价预算达到最佳。另外,编制人员还应具有较强的责任感,注重对工程造价的编制,对施工图纸和方案等资料的审核。BIM模型可以有效地对建筑工程进行全面的信息统计和集成,大大提高了建筑工程工程量清单的真实性和准确性。此外,工程造价预算编制者要加强对当地市场的调查,充分收集资料,把材料和设备的价格、项目收费标准、施工数据等都纳入整个造价预算之中,确保工程造价预算的编制更加科学、合理<sup>[5]</sup>。

### 3.2 进行市场调研工作

在进行市场调研时,要充分了解建材的价格,以确保工程造价的数额在一个合理的范围内,不会出现超出预算的情况。在对工程造价进行估算前,必须要对市场进行全面的调研,将材料价格的信息以及最近几个月的价格变化都摸清楚,并将不同阶段的材料价格变化进行比较,如季节性变化、市场供求变化等,以便对今后一段时间里的材料价格走势做出一个较为科学的判断。在确定材料价格时,可以采用数学模型,通过建立模型,利用软件对材料的价格趋势进行预测和判定,确保造价方案的可行性及合理性。

### 3.3 加大工程监管力度

工期延误也会引起人工费用的上升,造成超出预算的问题。确保工程进度、质量和进度达到预期,是防止超预算的一个重要手段。在现场管理工作中,要加强对施工质量的控制,保证各工种均能按规定操作,防止人为错误造成的返工。在项目的进度管理工作中,要保证项目的建设者们能按时完成项目的内容,同时要做好安全管理,防止发生安全事故。与此同时,施工企业要根据工程建设的实际需求,制定出有针对性的管理对策,并将其贯彻到日常施工中去。还要防止施工中出现的不规范施工行为<sup>[6]</sup>。

### 3.4 制定严格的审查制度

建筑工程项目在设计工程过程中,要制定严格的审查制度,对施工方案所产生的费用进行分析、比选、评估和控制,以确保建设工程的顺利进行。一旦出现了设计变更,就必须对其进行定性与定量的合理审查,并在此基础上做好签证工作,以保证施工项目方案需要进行变更,使变更后的预算得到控制,总体上不超出批复的建设工程项目概算。在建筑项目中,有关部门在采购设备和材料的时候,一定要严格遵守合同,避免出现违约给建筑单位带来的经济损失。另外,建筑工程项目的管理也要注重对材料价格、人工成本等问题的审核,对施工项目的进度款进行控制,确保在工程预算中投入的资金,实现风险可控。

### 3.5 提升预算人员的业务素质与信息化技术水平

在建筑工程施工过程中,建筑单位的预算是否准确,直接影响到建筑单位的施工成本,因此,预算人员的专业素质对建筑单位的造价控制起着至关重要的作用。这就要求预算人员在理论知识、专业素质和综合素质上不断提高,同时也要对市场行情分析、设备采购、工程材料等知识有所了解,这将大大提高建筑

工程预算控制工作的科学性和准确性。此外,还要求有关单位提高对预算工作的认识及重视,为相关人员提供培训、交流学习的平台和机会,以此来提高预算管理人员的业务能力、综合素质和工作热情。只有通过双方的合作,才能保证建设项目成本的有效控制,从而保证双方的利益最大化。与此同时,想要保证建筑工程造价预算的精确和严谨性,就必须不断地接纳及引入更先进的预算方法,不断提升现代化信息技术水平,唯有通过运用现代化的信息技术,运用大数据和数据管理平台,对各种数据进行全面分析,并对其进行高效的利用,才能促进工程项目的预算和造价管理工作朝着自动化、数据化的方向发展,从而进一步提高建筑工程的整体预算编制水平<sup>[7]</sup>。

## 4 结束语

在建筑工程建设中,如何做好工程造价预算,关系到工程能否顺利进行,关系到整个工程的质量。在实际的建筑工程施工中,受多种因素的影响,很容易导致工程造价超出预算,影响工程成本的控制。因此,必须正确地判断市场行情,从而制定出一套更科学合理的造价预算方案,并加强对其的监管,提高其造价预算的精度,提升相关人员的整体素质,不仅保证了工程的造价预算符合施工进度,而且提高了工程的质量和施工的效率,让企业具有更大的竞争力,从而真正地提升建筑企业自身的经济效益。

## 参考文献:

- [1] 徐琳琳. 建筑工程预算在工程造价控制中的重要性[J]. 城市情报, 2023(08):250-252.
- [2] 马航宇. 分析建筑工程预算在工程造价控制中的重要性[J]. 中文科技期刊数据库(文摘版)工程技术, 2021(10): 178-179.
- [3] 罗素云, 阮超. 建筑工程造价超预算的原因分析与应对措施探讨[J]. 地产, 2023(13):86-88.
- [4] 谢飞云. 论建筑工程造价超预算的原因与控制方法[J]. 中国科技期刊数据库 工业 A, 2023(11):86-89.
- [5] 姚春卓. 建筑工程造价超预算的原因及其控制措施探讨[J]. 住宅与房地产, 2023(11):68-70.
- [6] 周海燕. 建筑工程造价超预算的原因与控制措施分析[J]. 中文科技期刊数据库(全文版)经济管理, 2023(05):23-25.
- [7] 李婧文. 浅析建筑工程造价超预算的原因与控制策略[J]. 中国科技期刊数据库 工业 A, 2023(03):96-99.

# 工程造价管理在建筑工程中的重要性及对策探讨

王 宁

(山东银鹰工程咨询有限公司, 山东 济宁 272000)

**摘 要** 建筑工程普遍规模庞大、施工复杂, 如果不能很好地控制其项目成本, 就会导致工程造价过高, 这将会对整个项目的经济效益造成很大的负面影响, 也会对项目的建设进度、建设质量造成很大的负面影响, 不利于建筑行业的稳定发展。建筑企业应当对建设单位加强工程造价的管理, 在保证工程质量的基础上, 提高企业经济效益。基于此, 本文分析了建筑工程中造价管理工作的重要性, 并就如何更好地进行工程造价管理提出了相应的建议, 希望能够为建设单位提供借鉴。

**关键词** 工程造价管理; 建筑工程; 项目成本管理

**中图分类号:** TU723

**文献标志码:** A

**文章编号:** 2097-3365(2024)05-0073-03

建筑企业要想提高竞争力, 实现长远发展, 提高经济效益是关键。为此, 要做好工程造价管理工作, 造价管理是建筑工程的核心环节, 不仅关乎企业的经济效益, 更直接影响着整个工程的顺利实施。随着建筑业的快速发展, 行业市场竞争日趋激烈, 工程造价管理的挑战也与日俱增, 如何应对这些挑战, 充分发挥工程造价管理在建筑工程中的价值, 是当前亟待探讨的问题。要使工程造价管理更具科学性和合理性, 就必须关注具体工作中出现的一系列问题, 并对其进行优化, 以规避潜在的风险问题。

## 1 工程造价管理在建筑工程中存在的问题

### 1.1 缺乏全过程造价管理

当前, 一些企业只把施工阶段和决算阶段当作工程造价管理的主要对象, 并未重视在工程设计阶段的造价管理问题。在设计阶段, 如果不能对工程造价成本进行有效的控制, 很可能导致成本超支, 影响到工程的正常进行, 因此, 强化企业的全过程造价管理十分重要。

### 1.2 造价管理机制不健全

尽管很多施工企业都设立了造价管理部门或小组, 并配置了专业的管理人员, 但是, 这些部门、小组往往受限较多, 工作随意性较强, 并没有很好地发挥出相应的职能作用。另外, 由于其他职能部门的介入, 往往会对造价管理工作造成一定的阻碍, 与此同时, 由于造价管理机制的不完善, 导致相关工作很难做到高水平的规范化、有序化, 缺乏统一化的标准, 这就

导致各个部门之间的冲突越来越大, 成本管理的难度也變得越来越大。

### 1.3 造价信息滞后

在开展造价管理工作的过程中, 既要做好造价信息资料的收集, 又要对其进行相应的处理, 对于造价资料的分析, 承包商和业主更易于获得市场价。然而, 现实情况下, 一些地方政府未能及时发布市场信息, 对造价管理工作产生了很大的影响。部分施工企业在工程造价管理中没有对相关信息数据的收集与处理问题给予足够的重视, 造成了管理信息的相对闭塞。此外, 部分施工企业在进行投资预算时, 往往采用静态管理办法, 导致后期造价控制工作难以达到预期效果。

### 1.4 投资决策严密性不足

对建筑工程而言, 决策是一个重要的影响因素, 在建筑工程的造价管理工作中, 部分施工企业的决策制定与实际运作需求不匹配, 对意外事件等额外造价成本没有给予足够的关注, 同时, 缺乏严密、全面的决策, 也会严重影响到整体项目的建设进度。

## 2 工程造价管理全过程的具体内容

### 2.1 投资决策阶段

建筑企业应对在投资决策阶段进行造价管理的重要性有一个充分且明确的认识, 为了使工程的造价成本得到更好的控制, 保证施工企业的实际经济效益, 必须对其投资计划进行科学的分析与把控。在招投标工作开始前, 有关建筑工程部门要将各种资金的使用过程和工程造价管理措施都明确地标注到招投标计划

中,这样才能让资金得到有效的利用,从而更好地控制工程造价。对于参建的管理人员以及设计人员,及时前往工程现场进行勘察调研,对工程所需要的人力、物力资源进行适当的造价预算,完善投资决策方案的规划设计,从根本上杜绝管理者盲目地依靠个人经验来进行投资决策,从而使管理者能够与设计人员一起做好投资决策,保证投资工作能够获得预期的经济效益,这样不但能够确保工程建设的实际造价管理成效,还能保证施工企业的经济效益。在建立考察报表时,相关管理人员需要将所使用的材料和成本标识清楚,以便设计人员能够合理地设计并控制整个工程的造价成本,保证建筑工程的前期运转效果,预防后期工程造价的不可控问题,增加建筑单位所获得的经济效益。

## 2.2 招标阶段

招标文件的编写要做到用词规范、逻辑严密,以使工程量清单保证与招标文具有有一致性,有效规避合同风险。在编写工程量清单时,应在项目结算的指导下,细致编写工程内容、施工要求、费用标准以及分项目的具体说明<sup>[1]</sup>。同时,对于合同中税前税后的暂定价的注明,应以工程量清单编制标底为依据,确保招标文件及合同足够规范、严谨。在招投标活动中,要对投标方的资质和投标书进行严格的审核,择优选用,避免恶意压价现象的发生,推进工程造价管理工作的正常开展。

## 2.3 工程设计环节

在进行工程设计时,应以工程具体情况为依据,科学、合理地划分各分项环节,并采取分项控制和总体控制的造价管理方式,强化建筑工程的限额设计,从而使工程造价保持在一个合理的区间,尽可能地减少损失,强化资金利用率。许多工程实例表明,在工程建设中,往往会遇到恶劣天气、材料价格大幅波动等特殊状况,从而产生工期延误、建设风险增加以及成本上升等一系列问题。因此,在工程设计环节,设计人员应采取有效措施,加大控制力度,规避、缓解这些因素对工程建设的消极影响,这样才能更好地进行项目全过程造价成本控制。另外,还可以让配套设施、设备的设计单位以及业主单位都参与到工程的设计环节中,让设计方案更加的完备、科学,减少施工作业与基础设计之间出现冲突问题的可能、出现返工或停工的问题,使工程变更的风险降到最低。

## 2.4 建筑施工环节

造价管理是建筑工程施工管理工作的重要内容之一。首先,在建筑工程施工中,材料是最重要的一环,

要想对材料造价进行有效的控制,就必须要对各方面的行为加以规范与限制,以降低对施工材料的成本投入。对于材料采购人员,首先应该对建筑工程的具体情况有全面的了解与认识,尤其是工程所需的具体材料、库存情况以及具体施工进度,在此基础上,科学地进行材料采购,防止出现积压材料过量的问题。与此同时,企业也要密切注意原料市场的变动,选择符合标准、价格适中、投入成本相对合理的材料<sup>[2]</sup>。此外,材料在出厂前必须经过严格的审核,以确保其质量与安全性满足施工要求。其次,施工企业应合理地配置人力资源,并对其进行合理的人工成本控制;在实际的施工中,项目管理人员要根据建筑工程的具体施工条件,将各个人员分配到合适的岗位上,保证人力资源的合理配置,推进工程建设活动的顺利进行,充分发挥员工的潜力。企业也要健全管理体制,建立科学的人力资源激励体系,把员工薪酬与造价控制联系起来。最后,在建筑工程的施工过程中,机械设备也是一个不容忽视的重要因素。为了更好地进行机械设备的造价管理,管理人员必须根据工程建设的需要,挑选出最适宜的机械设备,提升相关机械设备的利用率,同时,要重视对机械设备的维修与养护,以防止机械设备出现破损,不能正常投入使用,对工程的进度及质量产生阻碍。

## 2.5 竣工结算环节

作为建筑工程的最终环节,竣工结算审核对整个工程的造价成本同样有着十分重要的影响,因此,需要有专门的工程造价管理人员对这一环节的工作进行严格的审查。并且,相关的技术人员不仅要具备较好的工作态度和职业道德,还要具备较强的专业技能。在建筑工程的竣工结算审核阶段,技术人员可以利用算量、计价软件等工具,结合工程竣工数据,编制出详细、全面的竣工结算书<sup>[3]</sup>。另外,建筑企业和工程造价人员要互相协作,按照竣工结算书的内容来严格审查工程质量,保证核算环节不出问题;按照合同约定的有关内容,对已经完工的工程进行审查,以保证工程的完整性;按照竣工结算书上的内容,对已完工的工程进行实地检查,及时发现其中存在的问题,并进行反馈、返工,直至工程建设满足合同要求。

# 3 项目成本控制的最优对策

## 3.1 严格把控设计方案变更

频繁的设计方案变更,会对工程的造价成本控制工作产生不利的影晌,造成投资成本的增加。对此,建筑企业应严控设计方案的变更,禁止随意变更工程

建设规模,也不能任意追加建设项目。一般来说,只有当受到地质条件、特殊自然灾害或是社会政治、经济事件影响,迫使必须改变建筑工程建设规模或建设项目时,才可以考虑变更设计方案<sup>[4]</sup>。在进行设计变更的过程中,一定要形成一份由建筑企业、施工单位、设计单位、监理单位等多方共同签名、盖章的书面文件,以保证设计方案内容足够科学、合理、规范。施工企业应对设计方案变更所引起的成本的增减情况有全面的了解,以防止施工合同价超出预算,从而大大提高工程造价。同时,应委派专业的造价专家,深入建设工地,对建筑工程成本的变化情况进行全方位的调查与监控。

### 3.2 健全造价管理体系

造价管理对于企业的运营发展以及工程的顺利进行都具有十分重要的意义。为了促进建筑工程的良性发展,为企业创造更大的价值,在造价管理工作中,不能只采用一种方式来进行管理控制,而是要结合工程的具体情况,构建一个符合工程实际状况的造价综合管理系统,对工程的造价成本状况进行整体性的规划,降低造价问题和造价风险对工程建设的影响。此外,要想增强造价管理工作的权威性和有效性,就必须对目前管理制度中存在的缺陷漏洞进行归纳总结,使整体的造价管理体系得到进一步的完善,并根据政府的指导意见和国家有关的法律、法规,来确定项目的发展方向。根据企业本身的整体实力和目前的项目特征,对现有体系的不足进行改进、完善,建立一个专业的组织结构,把工程造价控制从财务部门中分离出来,利用工程造价控制与监督机制、约束与激励机制,使建筑工程的造价管理工作更加规范和高效。与此同时,也要确保管理体制的确切、有效落实,各参建单位、部门员工都要充分认识到自己的工作、利益与造价管理之间的联系,积极主动地参与到造价管理工作中去,积极合作、共享信息,才能对存在的问题进行及时、有效地发现和处理,从而获得更大的经济效益。

### 3.3 提高管理人员专业水平

建筑工程造价管理工作对从业人员的业务素质提出了很高的要求。工程造价管理队伍的专业水平是保证相关工作顺利进行的关键影响因素之一。因此,一方面,要着力提升造价管理人员的专业水平。就目前的实际情况来看,建筑企业的造价管理人员专业能力参差不齐,有些人不具备相应的专业素养,这就造成了实际管理工作效率低下,质量低下。因此,建筑企业应注重加强造价管理人员的业务素质,可以通过组织他们进行专业知识培训等方式,提高他们的专业水

平,以确保工程造价管理工作的顺利进行。另一方面,要严格进行工程造价管理人员的选聘。建筑企业在选聘工程造价管理人员时,应对其学历、专业、工作经历等方面进行严格的审核,并可适当提高聘用条件<sup>[5]</sup>。例如,必须具备一定的工作经历或者获得相应的职业资格等,这样才能确保管理人员的专业水平,推动工程造价管理工作的顺利进行。

### 3.4 动态更新工程造价信息

受到工程造价信息的动态变化影响,企业造价管理工作也变得更加复杂。当工程建设过程中出现政策调整、突发事件、设计变更等情形时,必须及时录入将可能对项目造价产生影响的最新资料信息,并对各类资料进行整合处理,以确保工程造价信息的准确性与时效性<sup>[6]</sup>。利用大数据技术,能够自动、实时地收集和更新数据信息,并进行分类处理、比较,进而对工程造价变化趋势进行分析,为企业进行造价控制工作提供有力支持。与此同时,在相关政府部门的组织和领导下,利用大数据技术,在全国范围内构建一个全面的建筑工程造价信息发布平台,实现资源共享、信息互通,促进建筑行业的良性、长远发展。

## 4 结束语

对于建筑工程而言,其造价管理应该贯穿于工程建设的全过程之中,从工程项目的立项和规划设计入手,在设计阶段、投标阶段、施工阶段以及竣工结算都要特别注意工程造价的管理与控制问题。在此过程中,企业也要严格把控设计方案变更、健全造价管理体系、强化造价管理人员的专业水平,并及时了解、掌握市场中关于造价管理相关信息的变化情况,进而在保证工程质量的情况下,获取更多的经济效益,实现长远发展。

## 参考文献:

- [1] 赵鹏.工程造价管理在建筑工程中的重要性及优化对策[J].中国建筑装饰装修,2022(06):130-132.
- [2] 颜哲.工程造价管理在建筑工程中的重要性及实施策略[J].投资与合作,2021(10):153-154.
- [3] 刘颖.工程造价管理在建筑工程中的重要性及对策[J].经济研究导刊,2020(27):76-77.
- [4] 王新华.论建筑工程造价预算管理的重要性与有效对策[J].现代物业(中旬刊),2020(03):78-79.
- [5] 狄高明.论建筑工程造价预算管理的重要性与有效对策[J].居舍,2020(07):136.
- [6] 仵晓娟.造价管理在建筑工程中的重要性研究[J].四川建材,2020,44(07):218-219.

# 绿色建筑设计中的能源效率与环保材料应用

王亚琪

(同圆设计集团股份有限公司, 山东 济南 250101)

**摘要** 本文通过深入探讨绿色建筑设计中能源效率的提升方法和环保材料的应用,分析了节能建筑设计策略、能源管理系统的重要性、可再生能源的集成以及环保材料在降低碳足迹、资源保护和改善室内空气质量方面的作用;进一步讨论了实施绿色建筑设计所面临的技术挑战和经济考量,指出克服这些障碍的可能途径。本文旨在为建筑行业的可持续发展提供实用策略,强调绿色建筑设计在促进环境保护和提高生活质量中的关键作用。

**关键词** 绿色建筑设计; 能源转换; 环保材料

中图分类号: TU2

文献标志码: A

文章编号: 2097-3365(2024)05-0076-03

随着全球对可持续发展和环境保护意识的增强,绿色建筑设计成为建筑行业中的一个重要趋势。这种设计不仅关注建筑的能源效率,还涵盖环保材料的使用,目的是减少对环境的影响,同时提供健康、舒适的居住和工作环境。绿色建筑设计的核心在于整合现代技术与传统方法,以实现资源的高效利用和环境的最小负担,为现代社会提供一个可持续的居住模式。

## 1 绿色建筑的定义和原则

绿色建筑作为可持续建筑实践的核心,致力于通过全面考虑环境保护、资源节约与室内空气质量改善,最小化建筑对自然环境和人类健康的负面影响。该设计理念依托于一系列明确的原则,包括能源效率的最大化、可再生能源的广泛应用、水资源的有效管理、建筑材料的环保性和可持续性以及室内环境质量的优化。实践中,绿色建筑设计采用高效的能源管理系统和被动式设计策略,如合理的建筑朝向、天然通风、以及高性能的隔热材料,以减少对传统能源的依赖。同时,通过选用低碳、可回收和再生材料,进一步降低建筑的环境足迹。此外,绿色建筑还注重室内空气质量,选用低挥发性有机化合物材料,确保居住和工作环境的健康与舒适<sup>[1]</sup>。

## 2 能源效率在绿色建筑设计中的应用

### 2.1 节能建筑设计策略

#### 2.1.1 被动式设计

被动式设计在绿色建筑中扮演着至关重要的角色,通过利用自然资源来最大化能源效率,从而减少对机械冷暖系统的依赖。该设计策略综合考虑建筑的定位、形态和构造,以及本地气候条件,以实现自然光照的最大化和热能的有效利用。关键元素包括建筑朝向的

优化,以增强太阳能的采集和避免过度照射;窗户和其他开口部分的精确布局,以促进跨季节的自然通风和降低冷热负载;以及高性能的隔热材料和窗户,以最小化能量损失。此外,被动式设计还涉及热质量的使用,如厚墙和混凝土地板,它们能够在日间吸收热量并在夜间释放,进一步稳定室内温度。通过这些策略,被动式设计不仅能显著降低建筑的能源需求,而且能提升居住和工作空间的舒适度,同时减少对环境的影响。有效的被动式设计需要跨学科的专业知识,包括建筑学、工程学和气候学,确保每个设计决策都基于对建筑性能影响的深入理解。因此,被动式设计不仅是节能建筑设计策略中的一环,而且是实现高效能源管理和可持续建筑目标的基石。

#### 2.1.2 能源管理系统

能源管理系统(EMS)在实现绿色建筑设计的能源效率目标中起着核心作用,通过高度集成的技术平台监控、控制并优化建筑的能源使用。这些系统结合先进的传感器技术、实时数据处理能力和自动化控制,以确保建筑能源消耗的最优化。EMS能够详细分析能源流向,识别无效或过度的能源使用,并自动调整建筑系统运行,如调节HVAC(供暖、通风及空调)系统的输出、优化照明水平,甚至根据建筑内外的实时条件调整能源需求。此外,EMS还支持可再生能源资源的集成,如太阳能光伏系统和风能,确保这些资源的高效利用。通过预测性维护和故障诊断功能,EMS还有助于延长设备寿命,减少维护成本。在节能和减排方面,EMS通过提供能源消耗的详细报告和分析,支持建筑管理者做出基于数据的决策,从而实现能源使用的持续改进和优化。因此,能源管理系统不仅能提升建筑的能源效率,还为实现更广泛的可持续发展目标提供重要的

技术支持,是现代绿色建筑不可或缺的组成部分<sup>[2]</sup>。

## 2.2 可再生能源的集成

### 2.2.1 太阳能

集成太阳能技术到绿色建筑设计中是提升建筑能源自给自足能力和减少碳排放的有效策略。太阳能作为一种清洁且无穷无尽的能源,通过光伏(PV)面板和太阳能热水系统的应用,为建筑提供电力和热能。光伏面板能直接将太阳光转换成电力,适用于几乎所有类型的建筑表面,包括屋顶、立面以及遮阳设施。这些系统的设计和布局需考虑到建筑的朝向、倾角以及遮挡情况,以最大化能量捕获。太阳能热水系统则利用太阳能加热水,供暖或热水使用,减少对传统能源的依赖。随着技术的进步,太阳能组件的效率不断提高,成本也在下降,使得太阳能成为越来越经济的选择。此外,太阳能系统可以与能源管理系统(EMS)整合,优化能源使用和存储,甚至实现过剩能源的回馈到电网中,进一步增强建筑的能源自足能力和经济效益。

### 2.2.2 风能

风能的集成为绿色建筑设计提供了另一种可再生能源解决方案,尤其适用于风力资源丰富的区域。通过安装小型风力涡轮机,建筑能够捕捉风能并转化为电力,为建筑内部运作提供能源。风力涡轮机的设计和选型需考虑到风速、方向以及环境影响,以确保能源捕获的最大化和运行的高效性。与太阳能技术相比,风能系统的能源产出更为依赖特定地理和气候条件,但在适宜条件下,它可以显著补充建筑的能源需求,尤其是在夜间或多云天气,当太阳能发电量减少时,风能系统同样可以与建筑的能源管理系统整合,实现能源的实时监控和调度,优化能源效率。此外,风能作为一种清洁能源,对于减少温室气体排放和推动能源转型具有重要意义。尽管初始安装成本相对较高,但长期的运维成本较低,加之可再生能源的激励政策,使得风能成为绿色建筑设计中越来越受欢迎的能源解决方案。

## 3 环保材料在绿色建筑设计中的应用

### 3.1 降低碳足迹

在绿色建筑设计中,应用环保材料是降低建筑碳足迹的关键策略之一。环保材料的选用侧重于那些在生产、运输、安装和维护过程中产生的温室气体排放较低的材料。例如,使用经过认证的可持续林业木材、回收的建筑材料,以及本地采购的石材和土壤,可以显著减少因长距离运输而产生的碳排放。此外,采用

高效能和低能耗的建筑材料,如高绝缘性能的玻璃和保温材料,能有效降低建筑的能源需求,从而减少碳足迹。这些材料不仅能减轻对环境的压力,而且能通过提高能源效率,为建筑用户带来经济上的节省。环保材料的应用同样关注材料的生命周期分析(LCA),评估从原材料提取到产品生命周期末期的环境影响,确保选择的材料在整个生命周期中对环境的负面影响最小<sup>[3]</sup>。

进一步地,绿色建筑中环保材料的应用还包括利用创新和新兴的低碳技术,例如碳捕获和存储(CCS)技术制成的混凝土,以及基于生物基材料的绝缘和建筑材料,如麻、竹和蘑菇基材料。这些材料不仅因其环境友好属性被采纳,而且因其独特的性能和可持续性特点而增加建筑的价值和吸引力。通过这些策略,绿色建筑项目不仅能够实现对环境影响的最小化,还能推动建筑行业向更加可持续和低碳的发展方向转型。因此,环保材料在绿色建筑设计中的应用,不仅体现出对环境保护的承诺,也代表着一种向前看的建筑和设计实践,旨在通过创新和技术的进步实现环境、经济和社会的可持续发展。

### 3.2 资源保护

资源保护在绿色建筑设计中占据核心地位,通过精心选择和应用环保材料,旨在保护自然资源,促进生态平衡。这种方法强调在建筑材料的选取和使用过程中,采取减少资源消耗、优化资源使用效率和提倡使用可再生资源的措施。例如,采用节水技术和设备,如低流量洗手间设施和雨水收集系统,不仅能降低对自然资源的需求,还能减少废水的产生。同样,通过使用经过认证的木材,来自管理良好的森林,确保森林资源的可持续利用,同时避免对生物多样性的破坏。此外,采用轻质材料和模块化建筑技术不仅能减轻建筑对地基的压力,还能降低材料的运输成本和环境影响,能进一步保护资源。

在资源保护的实践中,绿色建筑项目还积极探索和应用循环经济原则,通过设计易于回收和再利用的建筑结构和材料,延长材料的使用寿命,减少废弃物的产生。例如,使用可拆卸的建筑组件和非毒性、可回收的建筑材料,不仅便于未来的改造和升级,而且在建筑寿命结束时,这些材料可以被回收再利用,减少对新原材料的需求和废弃物填埋的环境负担。通过这种方式,绿色建筑不仅在建造阶段保护资源,还考虑到建筑整个生命周期中资源的持续保护,体现出对环境的深远考虑和责任感。

### 3.3 改善室内空气质量

改善室内空气质量是绿色建筑设计的重要目标之

一，它直接关系到建筑用户的健康和舒适度。实现这一目标的策略包括采用低挥发性有机化合物（VOC）的建筑材料、涂料、黏合剂和装饰材料。这些低VOC产品能减少室内空气中有害物质的浓度，降低对居住者健康的潜在风险。此外，绿色建筑还强调自然通风的重要性，通过设计策略如合理布局和窗户的位置安排，促进空气流通，有效地稀释和排除室内污染物。同时，高效的空气过滤系统和定期的室内空气质量监测也是保障室内空气质量的关键措施。这些系统能够过滤掉颗粒物、细菌和病毒，确保室内空气的清洁和安全。

进一步地，绿色建筑在设计时考虑到建筑材料的气味吸收性和释放性，选择那些具有良好空气净化能力的材料，如活性炭和某些天然材料，它们能够吸附室内的有害气体并改善空气质量。同时，室内植物的使用也被证实能够提高空气质量，通过光合作用去除空气中的二氧化碳并释放氧气，以及通过其土壤和根系微生物去除空气中的有害物质。此外，绿色建筑项目还考虑到室内环境对人体健康的心理影响，通过提供充足的自然光和视觉接触自然环境的机会，促进居住者和使用者的心理健康和幸福感。绿色建筑设计不仅能改善室内空气质量，还创造出一个健康、舒适和愉悦的居住和工作环境，展现了对人本设计的深刻理解和承诺<sup>[4]</sup>。

## 4 挑战与障碍

### 4.1 技术挑战

实现绿色建筑设计面临的技术挑战多样且复杂，核心之一是将最新的可持续技术融入现有的建筑实践中。这包括高效能源系统的集成、智能建筑技术的应用以及新型环保材料的开发和使用。尽管这些技术能提供减少能源消耗和提高建筑性能的潜力，但在实际应用中往往受限于设计和施工阶段的技术能力、成本考量以及市场的接受度。例如，高效的能源管理系统需要复杂的传感器网络和数据分析能力，这不仅需要前期投资较高，还要求运维人员具备相应的技术知识。此外，新型环保材料的耐久性和性能表现在长期应用中仍存在不确定性，这会增加建筑项目的风险。同时，可再生能源技术如太阳能和风能的集成，虽然有助于实现能源自给自足，但其依赖于特定的地理和气候条件，会限制其广泛应用。因此，跨越这些技术挑战需要持续的研发投入、政策支持和教育培训，以提高行业的技术能力，降低成本，并提升公众对绿色建筑价值的认识和接受度。

### 4.2 经济考虑

经济考虑是推广绿色建筑设计时面临的主要障碍之一，尤其是在初期投资成本方面。虽然绿色建筑技术和材料能够长期节省能源和维护成本，但它们的前期投资往往高于传统建筑方法。这包括高性能的隔热材料、先进的能源管理系统、可再生能源设施如太阳能光伏板和风力涡轮机的安装费用。此外，获得特定的绿色建筑认证，如LEED或BREEAM，也会涉及额外的设计、建造和认证费用。这些经济因素对建筑业主和投资者构成重大压力，尤其是在对绿色建筑概念认识不足或资金有限的情况下。尽管存在政府补贴和激励政策来缓解这些成本，但这些措施的可用性和充足性在不同地区和国家之间存在显著差异。

因此，解决绿色建筑的经济挑战需要一个多方面的策略，包括提高公众和投资者对绿色建筑长期经济效益的认识、推动更广泛的政策支持和激励措施，以及通过技术创新降低绿色建筑技术的成本。这样才能在更广泛的市场中推广绿色建筑，实现可持续发展的目标<sup>[5]</sup>。

## 5 结束语

绿色建筑设计通过其对能源效率和环保材料的深度关注，能显著促进建筑行业向可持续发展的转型。通过采用被动式设计原则、集成高效的能源管理系统和利用可再生能源，绿色建筑不仅能减少对环境的负面影响，还能提升建筑的能源自给自足能力。同时，环保材料的应用在降低建筑碳足迹、保护自然资源及改善室内空气质量方面发挥着关键作用。尽管面临技术和经济上的挑战，但通过综合策略和创新解决方案的推进，绿色建筑设计正成为建筑行业和社会可持续发展道路上的重要里程碑。

## 参考文献:

- [1] 姜彬, 教新婧. 建筑装饰节能绿色环保材料施工方案研究 [J]. 环境科学与管理, 2021, 46(08): 43-48.
- [2] 杨跃倩, 徐伟. 环保材料在家具领域应用数据可视化分析 [J]. 林业和草原机械, 2021, 02(05): 73-77.
- [3] 陈志明. 绿色建筑设计原则在现代建筑中的应用 [J]. 建筑科学, 2020, 36(05): 12-17.
- [4] 李华. 环保建筑材料的研究与应用 [J]. 建筑材料, 2019, 25(03): 45-50.
- [5] 王刚, 张丽. 可持续建筑实践与城市发展 [J]. 城市规划, 2021, 45(02): 34-41.

# 光伏电站离网运行改造并网运行的设计研究

## ——以杂多县为例

徐 剑

(济南中能华辰太阳能有限公司, 山东 济南 250353)

**摘 要** 青海省玉树州杂多县 3 MW<sub>p</sub> 无电地区独立光伏电站项目建设完毕投运发电后四年, 由于国家电网进入该地区而停止运行。为了更好地利用当地优质的太阳能资源, 让此离网光伏电站继续发电工作, 计划进行并网发电改造。因为之前都是离网运行, 并网运行需要接受当地电网公司调度指令及符合国网运行规范, 需要研究可行的离网运行改并网运行的改造方案, 使其符合电网运行参数要求, 才能保障电站在国家电网中安全稳妥地并网运行。

**关键词** 光伏发电; 并网电站; 离网电站

中图分类号: TM62

文献标志码: A

文章编号: 2097-3365(2024)05-0079-03

青海省玉树州杂多县 3 MW<sub>p</sub> 独立光伏电站项目建设地点为杂多县萨呼腾镇, 属于大型离网发电站。站内建有光伏组件、并网逆变器、储能双向变流器、升压变压器等设备若干。青海省玉树州杂多县 3 MW<sub>p</sub> 无电地区独立光伏电站项目利用原有设备, 由离网发电站改造为并网发电站。原组件、逆变器、变压器、部分开关柜设备不改动, 进线柜、通信设备改造, 新增 SVG、避雷器、继电保护及通信设备, 新铺设光缆线路 2 条。该站于 2013 年 11 月离网运行发电, 于 2020 年 7 月并网运行发电, 并入国家电网。

### 1 当地电网现状

玉树电网目前通过玉树~玛多单回 330 kV 线路与青海主网联络。2015 年 12 月随着西部三县的 110 kV 杂多变、治多变、曲麻莱变投运, 标志着玉树州六县均已实现了与青海主网的联络。地区 110 kV 结古变、称多变、歇武变、治多变、曲麻莱变、杂多变、下拉秀变、囊谦变以 330 kV 玉树变为电源点, 形成辐射式网架结构。

杂多县目前仅有 1 座 110 kV 变电站, 即 110 kV 杂多变。通过至下拉秀变的单回 110 kV 线路供电, 形成单辐射式供电结构, 供电可靠性较低。地区负荷主要以农牧业为主。青海省玉树州杂多县 3 MW<sub>p</sub> 无电地区独立光伏发电项目所在地属于杂多 110 kV 变电站供电区域, 35 kV 公网变电站已投运的有苏鲁、结多、昂赛、扎青、阿多 5 座, 在建一座萨呼腾 35 kV 变电站。

1. 杂多 110 kV 变电站, 杂多 110 kV 变电站由 2 台 31.5 MVA 变压器组成, 电压等级为 110 kV/35 kV/10 kV。

35 kV 出线分别接至阿多、昂赛、结多、萨呼腾 35 kV 变电站。10 kV 最终单母线分段接线, 8 回出线 (不含 2 回电容器出线及 2 回可调电抗器出线); 已建成单母线分段接线, 4 回出线 (不含 2 回可调电抗器出线)。

2. 萨呼腾 35 kV 变电站, 萨呼腾 35 kV 变电站由两台 10 MVA 变压器组成, 电压等级为 35/10 kV。其中 35 kV 母线有 4 回出线; 10 kV 母线有 8 回出线。

### 2 杂多县光伏电站并网改造的总体设计思路

对现有光伏电站 10kV 配电室电气一次部分、系统二次、系统通信等内容进行改造或新建, 新建光伏上网线路“T”接至萨三线路。本工程为光伏电站的接入工程, 光伏站本体均已建成, 站内需改造或新建以下设备: (1) 新建 SVG 出线柜及电缆转接柜各 1 面。(2) 新建 SVG 装置 1 套。(3) 新增远动及通信设备 1 套。(4) 新增规约转换器 1 台<sup>[1]</sup>。

### 3 杂多县光伏电站并网改造的电气一次设计

#### 3.1 设计依据及结果

根据《分布式电源接入系统典型设计》接入系统分册内容, 光伏电站提供的短路电流按照 1.5 倍额定电流计算, 现有配电室设备的短路电流满足要求, 无需更换。本此改造设计户外设备爬电比距为 25 mm/kV, 户内设备爬电比距为 20 mm/kV。电站址海拔高度约为 4101 m, 所有电气设备外绝缘按海拔 5000 m, 配电装置的最小安全净距均按海拔 4500 m 进行修正。本工程为了光伏发电系统的无功功率和电压调节能力满足相关标准的要求, 本工程光伏站本体内加装一套 SVG 动态无功补偿装置。

### 3.2 电气主接线

在现有配电室上网电气设备的基础上,对不满足上网需求的现有设备进行改造。电气一次部分改造内容如下:(1)利用现有的总电源上网回路充气柜加站外萨三路“T”接点柱上真空断路器及组合计量箱来满足上网需求。(2)需新增一面10 kV无功补偿SVG出线柜,一期设备为充气式环网柜,经现场收资及10 kV配电室布置现状,在本站改为光伏上网站后,原有的储能系统需全部退出运行,现有配电室内的10 kV出线至1#、2#、3#储能变压器开关柜均为备用,本期考虑将原至3#储能变压器出线开关柜作为10 kV无功补偿SVG出线柜,根据光伏电站总平面布置图,将10 kV无功补偿出线及其成套装置联合布置在现有配电室北侧。(3)在现有光伏站本体体内加装一套SVG动态无功补偿装置,无功补偿装置动态部分投自动调整功能,且响应时间不大于30 ms,并确保场内无功补偿装置在紧急情况下可快速正确响应。其余设备均维持原状,只在改造完成后做全站调试<sup>[2]</sup>。

### 3.3 绝缘配合及过电压保护

根据GB311.1-2003《高压输变电设备的绝缘配合》,选择具有优良的伏安特性,通流容量大,性能良好的氧化锌避雷器。由于高海拔只影响设备的外绝缘强度,对设备内绝缘强度没有影响。因此,对本工程所有设备内绝缘,其基本绝缘水平不变。对于设备外绝缘,则采用加强外绝缘强度和um提高保护水平的原则,具体的考虑要点和措施如下:(1)选用氧化锌避雷器本身要有使用寿命长和通流能力强的特点,并在实际工作中不易被损坏。综合考虑避雷器长期施加的运行电压,电力系统可能出现的最高工频过电压,电力系统中可能出现的内过电压,来选择避雷器的额定参数和各种残压值,据此作为绝缘配合的基础。现10 kV升压站每回出线均已配置氧化锌避雷器,本次只需在新增无功补偿出线柜配置氧化锌避雷器。(2)增加10 kV电压配电装置的空气间隙,本光伏电站海拔约为4101 m,本工程以DL/T5352-2006《高压配电装置设计技术规程》中“海拔大于1000 m时A值的修正”进行高海拔修正。

### 3.4 防雷及接地

现有升压站内需在离成套装置5 m的范围内建设一支20 m高的独立避雷针,方能满足新增设备的防雷要求。整个光伏电站的接地网一期已建成,新增地网现有光伏电站整站地网不少于4点连接。本次新增电缆采用穿管埋地敷设,埋设深度在冻土以下,本站址所在地冻土深度为2 m<sup>[3]</sup>。

## 4 杂多县光伏电站并网改造的电气二次设计

### 4.1 一次系统概况

(1)电气主接线,杂多县3 MW光伏电站升压站电气主接线为单母线接线。共有11回间隔,分别为7台1250 kVA升压变压器出线间隔、1台150 kVA站用变压器出线间隔、1回总电源上网间隔、1面采样和1面母线PT间隔。(2)一次方案概述,本期光伏电站利用现有的总电源上网回路充气柜加站外杂三路“T”接点柱上真空断路器及组合计量箱来满足上网需求。新增10 kV无功补偿SVG1套,包括电缆转接柜及无功补偿出线柜各1面,400 kvar无功补偿SVG柜两面。

### 4.2 继电保护

(1)继电保护现状。杂多3 MW光伏电站内所用变配置STS-365T型电流电压保护装置。(2)本次新增继电保护配置。本工程依据《继电保护和安全自动装置技术规程》《电力装置的继电保护和自动装置设计规范》以及有关规定进行配置。所有保护均采用微机型保护装置,要求装置具有综合自动化通信、北斗对时等功能。

(3)系统继电保护。根据国家技术监督局颁发的《继电保护和安全自动化装置技术规程》、青海电网继电保护及调度的相关管理规定进行配置。(4)元件保护。10 kV电容器SVG间隔配置交流微机型电容器保护测控装置1台,就地安装于10 kV电容器出线柜。柱上开关不配置单独保护装置,采用开关自身电流电压保护。

### 4.3 调度自动化

1.设计原则。杂多县3 MW光伏电站接入项目接入系统后引起的有关厂站、调度端的自动化设计,其内容包括光伏开关站远动自动化设备要求、信息传输方式等。杂多县3 MW光伏电站接入项目接入系统所增加的电力电量采集设备设计,其内容包括计量点设置、电力电量采集设备要求、信息传输通道等。

2.调度管理。本站接入系统后,由玉树供电公司地调实行调度管理。

3.远动系统配置。本期在杂多县3 MW光伏电站配置远动装置1台,实现“遥测、遥信”功能,新增远动设备需具备故障量信息采集上传,与远方监控中心通信采用光纤通信方式;数据处理及通信装置宜设置远方诊断接口,以便实现远方组态和远方诊断功能。为了保障省调及地调计算机系统安全及可靠运行,须在光伏站侧配置调度数据网设备1套及二次安全防护设备1套。其中二次安全防护设备包括纵向认证加密装置2套、防火墙1套;调度数据网设备包括华为路由器1台,32口华为交换机2台。同时光伏电站加装网络安全监测装置1套<sup>[4]</sup>。

4. 电能计量装置。本次在光伏电站侧和杂三路“T”接点处设置关口计量点。在光伏电站内 10 kV 出线间隔配置 0.5S 级智能电度表 1 块, 组屏安装; 10 kV 电容器 SVG 间隔配置 0.5S 级智能电度表 1 块, 就地安装于 10 kV 电容器出线柜; 原 10kV#1、#2、#5、#6、#7 开关柜各配置 1 块 0.5s 级智能电能表, 组屏安装。在杂三路“T”接点设置组和计量箱, 设备由线路专业开列。本期在光伏电站配置 1 套电能采集装置, 装置采用 DL/T860 将电量数据上送至青海省电能质量监测中心。为满足电网商业化运营, 电力电量采集终端应实现以下功能: 系统接收处理来自关口计量发送的电量数据, 系统数据库能分时段、带时标存储一年以上电能质量数据, 具备安全保密的功能, 应有良好的人机联系手段。

5. 光伏电站电能质量在线监测设备。要求光伏电站侧配置 1 套电能质量在线监测设备, 电能质量在线监测终端监测数据应包含电压偏差、电流偏差、频率偏差、三相不平衡度、谐波电压、闪变值、谐波电流等指标。

6. 电源系统。本期在光伏电站配置阀控式密封铅酸蓄电池。站内新增保护测控装置、系统通信、UPS 电源、远动装置及调度数据设备与新增的安全自动装置负荷均由蓄电池组供电。经负荷统计, 电气负荷事故放电时间为八小时, 通信负荷事故放电时间为 8 小时, 计算电源系统所需电能量, 需要 100AH 蓄电池组 1 组。本期在光伏电站配置 UPS 系统 1 套, UPS 系统采用主从机串联备用冗余方式双套配置, 从机输出接在主机旁路输入上。主机故障自动转旁路后, 负载由从机供电。

7. 二次设备组柜及布置。本期新上二次设备、通信及电源系统屏均安装于光伏电站内现有的 PCS 室内, 设置如下: (1) 1 面公用屏, 内含: 1 台公用测控装置、1 台远动装置、1 台 32 口交换机。(2) 1 面调度数据网设备屏, 内含: 1 台华为路由器、2 台华为 32 口交换机、2 台纵向加密、1 台防火墙、1 台反向隔离装置、1 台网络安全监测装置。(3) 电能质量采集屏 1 面, 内含: 1 台电能采集转换装置、6 块 0.5s 级智能电能表、1 台电能质量监测装置、1 台规约转换装置。(4) 1 面 UPS 及通信电源屏。(5) 1 面蓄电池屏<sup>[5]</sup>。

## 5 杂多县光伏电站并网改造的通信设计

本工程沿杂多光伏电站~杂多 35 kV 变电站线路与光伏电站~萨呼腾 35 kV 变电站线路分别架设一根 24 芯 ADSS 光缆, 形成 2 条传输通道。为使光伏电站的信息在光纤通道中高速稳定传输至玉树地调, 本期在光伏电站变选择新上与杂多变、萨呼腾变相匹配的 155 M 光传输设备。为便于光伏电站上下业务, 方便接线, 在光伏电站上新上 1 套综合配线架设备, 配置容量为

光配 24 芯, 数配 32×2 M。通信电源利用站内一体化电源, 不再设置独立通信电源。光伏电站安装一部市话, 前期作为施工通信, 等施工完成后作为变电站的备用调度通道。

## 6 杂多县光伏电站并网改造的土建设计

在控制室的北侧安装 SVG 设备, 在 SVG 设备西侧安装避雷针, 其他设备位置不改变。考虑站址所处区域海拔较高, 冻土深度深, 考虑箱体基础耐久性和抗冻胀性能, SVG 箱体基础采用筏板基础+支墩形式, 箱体与基础采用焊接, 基础埋深 1850 mm。SVG 连接变压器基础也采用筏板基础+支墩的基础形式, 基础埋深 1550 mm。本次在无功补偿成套装置四周新建铁艺围栏, 围栏基础内的预埋槽钢高出基础顶面 5 mm; 围栏间的地坪采用 200 mm 混凝土厚进行封闭。基础采用大开挖, 基底采用级配砂砾石换填处理, SVG 基础、避雷针基础换填深度为 1.5 m<sup>[6-8]</sup>。

## 7 杂多县光伏电站并网运行效果

杂多光伏电站并网改造完毕后, 于 2022 年 6 月通过验收, 于 2020 年 7 月正式通电, 并入国家电网玉树电网运行, 至今运行良好, 年均发电量可达 120 万度。

杂多光伏电站的并网运行, 为环境保护和构筑三江源生态安全屏障、节能减排和改善环境, 实现国家“3060”目标贡献了一份力量; 为藏区经济社会跨越式发展和长治久安提供了一份保障; 为玉树州起到了经济与环境的协调发展、节能和环保双赢的示范效果。

## 参考文献:

- [1] 陈静江. 电力系统中储能技术的应用[J]. 电子测试, 2016(24):59,144.
- [2] 厉一梅, 李景文, 程艳, 等. 新能源电力系统供应侧及需求侧关键技术问题研究综述[J]. 电器与能效管理技术, 2016(18):1-8.
- [3] 张丽霞. 大规模储能技术在电力系统中的应用前景解析[J]. 江西建材, 2016(15):204,210.
- [4] 司文伟. 储能技术在电力系统中的应用[J]. 现代制造技术与装备, 2016(07):127-128.
- [5] 马建新. 新能源电力系统的数据库模型与集成技术分析[J]. 电子技术与软件工程, 2016(10):188.
- [6] 肖杰. 储能技术在电力系统中的应用[J]. 黑龙江科技信息, 2016(13):15.
- [7] 郑漳华. 储能技术在电网中的应用发展[J]. 国家电网, 2016(05):100-101.
- [8] 张步涵, 曾杰, 毛承雄, 等. 电池储能系统在改善并网风电场电能质量和稳定性中的应用[J]. 电网技术, 2006(15):54-58.

# 市政工程 PPP 项目风险管理对策研究

郝长才, 孙 桐

(济南城建集团有限公司, 山东 济南 250031)

**摘要** 在当前经济和社会发展的背景下, 市政工程 PPP (Public-Private Partnership) 项目作为推动基础设施建设和公共服务提供的重要模式, 其风险管理策略的优化显得尤为关键。面对复杂多变的项目环境, 税筹风险、征拆风险、融资风险等成为项目实施过程中必须面对的主要挑战。通过采用分段识别法、情景分析法和德尔菲法等方法, 能够有效识别和评估这些风险, 为制定应对措施提供科学依据。同时, 通过明确责任主体、完善内控体系、制定管理办法以及加强全生命周期管理等策略, 可以显著提升项目的风险管理效能。本文探讨和分析市政工程 PPP 项目在投资风险管理上的对策, 以期对相关项目的成功实施提供借鉴。

**关键词** 市政工程; PPP 项目; 风险管理

中图分类号: TU99

文献标志码: A

文章编号: 2097-3365(2024)05-0082-03

市政工程 PPP 项目在促进公共基础设施建设和提高公共服务效率方面发挥着重要作用。随着这类项目的广泛推广和实施, 其所面临的风险问题也日益凸显, 成为项目成功与否的关键因素。有效的风险管理不仅关乎项目的顺利完成, 也直接影响到项目的财务可持续性和社会价值实现。因此, 深入研究市政工程 PPP 项目的风险识别、评估及管理策略, 对于提高项目管理水平、保障项目顺利进行具有重要意义。

## 1 市政工程 PPP 项目风险识别管理

### 1.1 分段识别法

在市政工程 PPP 项目投资的风险管理过程中, 分段识别法是一种高效的风险识别技术, 它通过将整个项目生命周期分为多个阶段, 如可行性研究、设计、建造、运营和移交等, 来逐步识别和评估每个阶段的特定风险。该方法的核心在于对每个阶段的风险因素进行深入分析, 识别出与该阶段直接相关的潜在风险, 如在可行性研究阶段重点识别政策和市场风险, 在设计阶段关注技术和成本估算风险, 在建造阶段监控施工和供应链风险, 在运营阶段评估维护和收入稳定性风险。通过这种方法, 项目管理团队能够更加精确地定位风险源, 制定出更为针对性的风险应对策略。分段识别法强调风险管理的动态性和阶段性, 要求管理者不仅要有前瞻性的风险识别视角, 还需具备灵活调整风险管理策略的能力, 以适应项目实施过程中出现的各种变化<sup>[1]</sup>。

### 1.2 情景分析法

情景分析法在市政工程 PPP 项目投资风险管理中

扮演着至关重要的角色, 它通过构建不同的未来情景来预测和评估潜在风险对项目的影响。该方法首先识别影响项目的关键变量, 如经济环境、政策法规变化、市场需求波动等, 然后基于这些变量构建多个未来情景, 包括最乐观、最悲观和最可能发生的情景。对每个情景下的项目表现进行分析评估, 使项目管理者能够全面理解不同情景下出现的风险和机遇。情景分析法的核心优势在于其提供一种系统的思考框架, 帮助决策者在多元复杂的环境下做出更为合理的风险评估和管理决策。通过这种方法, 不仅可以识别当前已知的风险, 还能预测到未来潜在的风险, 为项目的风险应对措施和策略制定提供了坚实的基础。

### 1.3 德尔菲法

德尔菲法在市政工程 PPP 项目投资风险管理中的应用, 是一种依赖专家群体意见来识别和评估风险的系统方法。该技术通过匿名收集一组精选专家的意见, 针对项目面临的风险进行多轮征询和反馈, 旨在通过专家共识达到对风险因素更深入的认识和评估。德尔菲法特别适用于那些数据不足或高度不确定性的情况, 通过迭代的咨询过程, 逐渐缩小专家意见的差异, 提炼出最具代表性和可靠性的风险评估结果。该方法的优势在于其能够整合多个领域专家的知识 and 经验, 通过结构化的信息交流过程, 有效地识别出项目实施中遇到的关键风险及其影响程度。

此外, 德尔菲法还有助于揭示那些被项目管理团队忽视的潜在风险点, 为项目的风险管理策略制定提供了坚实的专家级输入<sup>[2]</sup>。

## 2 市政工程 PPP 项目的主要风险

### 2.1 税筹风险

市政工程 PPP 项目 in 实施过程中，税筹风险是一个不可忽视的重要因素。该风险主要源于税收政策的变动、税率的调整以及税收优惠政策的不确定性，这些因素均会对项目的财务状况和收益预期产生显著影响。例如，政府为了促进某些领域的发展而提供税收优惠，但这些优惠政策会因政策调整而发生变化，导致项目在后期运营中面临更高的税负。此外，税法解释和应用的不一致性也会导致税收成本的不确定性，增加项目运营过程中的财务风险。税筹风险不仅限于国内政策变化，国际税收法规的改变对于跨国运营的 PPP 项目同样构成威胁，尤其是在涉及双边税收协定和国际避税问题时。这种风险的存在要求项目参与方必须具备高度的税收规划和管理能力，以应对税收环境的不确定性和复杂性。

### 2.2 征拆风险

征拆风险是市政工程 PPP 项目中一种常见且具有挑战性的风险，涉及项目建设过程中的土地征用和现有建筑拆除问题。此类风险主要来源于征拆过程中遇到的法律法规变化、地方政府政策调整、土地所有权争议、补偿费用高于预期、社会稳定问题以及居民搬迁的不确定性。特别是在一些人口密集或历史文化遗产丰富的地区，征拆工作更是复杂敏感，容易引发地方居民的强烈反对，甚至导致项目延期或停工，增加项目成本。同时，征拆过程中的不透明操作和不公平补偿问题可能损害项目公司和政府的公众形象，引发法律诉讼和社会不满，对项目的顺利实施造成重大障碍。此外，征拆风险还可能导致与项目相关的环境保护和历史文化保护问题，进一步增加项目的复杂度和不确定性。

### 2.3 融资风险

融资风险在市政工程 PPP 项目中是一个不可忽视的重要问题，它涉及资金筹集的不确定性和资金成本的变动性，对项目的经济可行性和最终成功具有深远影响。融资风险主要来源于资本市场的波动、银行贷款利率的变化、投资者对项目的信心以及政策法规环境的调整等方面。项目在筹集资金时可能会遇到高昂的融资成本，尤其是在经济不稳定或利率上升的时期，这会直接增加项目的财务负担，影响投资回报率。此外，融资结构的不适宜或融资协议的不当也可能导致资金在项目各个阶段的不足，从而影响项目的按时完成或增加额外的融资需求。在特定的政策或市场环境下，

资金来源的不确定性会导致项目延误或暂停，这不仅增加了项目成本，还会影响到公共服务的提供和社会经济效益的实现<sup>[3]</sup>。

## 3 市政工程 PPP 项目风险管理优化措施

### 3.1 明确责任主体，做好风险分配

在市政工程 PPP 项目中，明确责任主体和进行有效的风险分配是管理和优化投资风险的关键措施之一。通过明确各方的责任和义务，可以确保项目的顺利实施，同时最大程度地减少风险的发生。在风险分配的过程中，关键在于根据各方的能力和资源对风险进行合理划分，确保风险由最能够有效管理该风险的一方承担。这不仅涉及技术风险、财务风险、操作风险等的分配，还包括法律和政策风险的合理划分。通过详细的合同约定和法律文档，明确各方面的责任、权利和义务，可以有效地减少项目实施过程中的不确定性和潜在的争议，为项目的顺利进行提供坚实的基础。

此外，合理的风险分配机制还需要依托于全面而深入的风险评估。在项目策划和设计阶段，就应该通过专业的风险评估方法，如德尔菲法、情景分析法等，全面识别和评估项目面临的所有风险。这一过程中，要特别注意那些由多方共同影响或承担的复合风险，确保这些风险被合理地分配给能够有效控制或最能承受风险影响的一方。通过动态的风险管理和监控机制，及时调整风险分配策略以适应项目进展和外部环境的变化，可以进一步优化风险管理，确保市政工程 PPP 项目能够高效、顺利地实施，最终实现预期的社会和经济效益。

### 3.2 完善内控体系，编制各项管理办法

在市政工程 PPP 项目中，完善内控体系并编制各项管理办法是确保项目成功实施的关键因素之一。内控体系的完善能够为项目提供一个全面的风险管理框架，通过明确的组织结构、清晰的职责分配、严格的操作程序和有效的监督机制来预防和降低风险。

首先，制定针对性的管理办法是建立健全内控体系的基础，包括财务管理、合同管理、质量控制、风险评估及应对等方面的规范。通过这些管理办法，项目能够在早期识别潜在风险，采取预防措施，确保项目按计划推进。

其次，内控体系的有效运行需要建立在精准的信息收集和分析基础之上，这要求项目团队能够运用现代信息技术手段，如项目管理软件，以实现对项目进度、成本和质量的实时监控，及时发现问题并采取纠正措施。

进一步而言,内控体系的完善还需依赖于强有力的内部沟通和培训机制。通过定期的培训和教育,可以确保项目团队成员及合作伙伴对内控体系有充分的理解和认同,增强他们在日常工作中的风险意识和合规意识。同时,建立有效的内部沟通渠道,确保信息在组织内部的顺畅流动,这对于及时传达风险管理政策、分享最佳实践经验以及协调解决项目中出现的各种问题至关重要。此外,内控体系还应包括定期的自我评估和第三方审计,这有助于评价内控体系的有效性,识别存在的不足,并根据项目实施的实际情况进行调整和优化<sup>[4]</sup>。

### 3.3 协助实施机构制定管理办法,明确投资建设程序

在市政工程PPP项目中,协助实施机构制定管理办法和明确投资建设程序是确保项目顺利进行的关键措施之一。通过与实施机构合作,可以确保项目管理的每一个环节都有清晰的指导原则和执行标准。

首先,制定管理办法的过程中,重点应放在明确项目的目标、范围以及各方的职责和权利上。这包括投资者、建设方、运营方以及政府监管机构的角色和责任。明确这些要素有助于建立项目的基本框架,确保所有参与方对项目的期望和目标有共同的理解。此外,管理办法还应包含详细的投资建设流程,从项目启动、设计、施工到运营的每个阶段,都应制定具体的执行步骤和时间表,以及相应的质量和安全标准,确保项目能够高效且安全地进行。

其次,协助实施机构制定管理办法还应涵盖风险管理和质量控制机制。通过建立一套科学的风险评估和应对框架,识别项目实施过程中遇到的风险点,并制定相应的预防措施和应急计划,可以显著降低项目失败的风险。同时,质量控制机制的建立,包括对设计、材料、施工过程的质量标准和检测方法的明确,是确保项目达到预期目标的重要保障。通过这些综合措施,不仅可以优化投资建设程序,提升项目管理的专业性和效率,还能够增强各方对项目成功的信心,促进市政工程PPP项目的健康发展。

### 3.4 加强全生命周期管理,防范计划调整风险

加强全生命周期管理是市政工程PPP项目成功的关键,它要求从项目策划开始到设计、建设、运营乃至最终移交的每个阶段都进行严格管理,以确保项目的连贯性和一致性。全生命周期管理的核心在于实现项目目标的持续对齐,同时有效预测和控制风险,尤其是计划调整风险。计划调整风险指的是因市场、技术、

政策等外部环境变化或内部管理不足引起的项目延期、成本增加等问题。为此,项目管理团队需建立一个动态的风险评估机制,定期对项目进行全面审查,包括成本、时间表、技术方案等关键参数的评估,以及相关外部环境的变化分析。

此外,加强全生命周期管理还要求建立一个灵活高效的决策机制,以便在面对计划调整需求时能够迅速做出响应。这包括优化决策流程、强化跨部门协作、利用高效的项目管理工具和技术等。同时,项目团队应注重知识和经验的积累与共享,特别是对于过去项目中遇到的问题和采取的成功应对策略,这些宝贵的经验可以指导当前和未来的项目管理,降低重复犯错的概率。通过这些措施,不仅可以有效防范计划调整风险,还能提高项目管理的适应性和灵活性,从而确保市政工程PPP项目能够顺应环境变化,实现预定目标。全生命周期管理的实施,最终实现的是项目价值的最大化和风险的最小化,为项目的长期成功奠定了坚实的基础<sup>[5]</sup>。

## 4 结束语

面对市政工程PPP项目的复杂性和挑战性,有效的风险管理对策不仅是项目成功的关键,也是确保投资回报和社会效益最大化的重要保障。通过分阶段识别风险、深入分析潜在的风险因素,结合专业的管理措施,如明确责任主体、完善内控体系、制定细致的管理办法,以及加强全生命周期管理,可以大幅降低项目面临的风险,提升项目管理的效率和效果。这要求所有参与方,包括政府机构、私营企业以及其他利益相关者,共同努力,不断创新和完善风险管理的方法和策略,以应对不断变化的市场和环境条件。通过这样的努力,市政工程PPP项目不仅能够实现其既定目标,还能为社会带来更广泛的利益和价值。

## 参考文献:

- [1] 孙轩磊. 市政工程PPP项目投资风险管理策略[J]. 绿色环保建材, 2021(06):55-56.
- [2] 陈艳利, 冯凯昕. PPP项目融资风险评价与防范对策研究: 基于S城市快速路网的案例分析[J]. 中国资产评估, 2021(09):48-55.
- [3] 简亮, 吴雪阳, 朱怡. 市政工程PPP项目投资风险管理策略研究[J]. 中华建设, 2023(04):31-33.
- [4] 张小华. 浅析社会投资人在获取PPP项目阶段的风险管理[J]. 市场观察, 2019(01):102.
- [5] 夏小海. 关于市政工程PPP投资项目风险管理的研究[J]. 智能建筑与智慧城市, 2021(01):56-57.

# 建筑电气施工技术要点及质量控制策略

胡方进<sup>1</sup>, 杨慎清<sup>2</sup>

(1. 济宁招华电子科技有限公司, 山东 济宁 272000;

2. 山东华尔泰建筑工程有限公司, 山东 济南 250000)

**摘要** 建筑电气工程施工质量控制是一项系统性的工程, 关系到建筑使用功能是否能够满足使用者需求。施工单位应高度重视, 严格按照施工标准进行, 才能保证建筑电气施工质量。但是, 由于电气工程的施工过程经常要接触带电设备, 使得整体工程建设危险度较高, 一旦出现问题, 不仅会耽误施工进度, 影响工程效益, 还会对作业人员的人身安全造成威胁, 因此, 要明确建筑电气施工的技术要点, 做好质量控制。基于此, 本文就建筑电气施工的技术要点以及质量控制相关问题展开了探究, 希望能够为电气施工人员提供有益的借鉴。

**关键词** 建筑电气施工; 电气配管; 电缆敷设; 灯具安装; 防雷接地工程

中图分类号: TU85

文献标志码: A

文章编号: 2097-3365(2024)05-0085-03

我国的建筑行业飞速发展, 人们对建筑质量和使用性能也有了更高的要求。电气施工是建筑工程中不可或缺的重要组成部分, 并且电气施工涉及的内容广泛, 包含了多方面的内容, 这就要求其在进行施工时要对各个环节严格控制<sup>[1]</sup>。如果电气施工环节出现问题, 那么建筑工程就会出现各种安全隐患。因此, 有必要对建筑电气工程的施工技术要点进行整合, 制订有针对性的质量控制措施, 强化实际施工质量, 为工程的成功实施奠定坚实的基础。

## 1 建筑电气施工技术常见问题

### 1.1 管路敷设施工技术问题

在建筑电气工程中, 管道铺设是施工关键环节之一, 同时也是最易发生技术问题的环节之一。这主要是因为, 在铺设管道的过程中, 暗处会因为不合理的施工工艺而产生裂纹问题。因此, 管道铺设作业的技术难度相对较高, 具体施工管理工作内容也十分繁琐, 对施工过程中所使用的各类建材也提出了很高的标准和要求。在开展相应各作业活动时, 为了保证工程实际施工效率, 提高施工单位的经济效益, 会出现所使用的建筑材料的质量不够好, 使用与工程项目不符的低质材料代替高品质的材料的现象, 甚至在施工过程中, 常有偷工减料的情况出现。在工程建设中, 大量使用低质量的建筑材料, 加之现场管理工作很难落实, 致使管道铺设出现了许多技术、质量和安全方面的隐患。

### 1.2 配电箱安装施工技术问题

配电柜的安装也是电气施工中易发生质量问题的

重要环节之一。具体而言, 配电箱的安装与技术方面的问题有: 一是在安装过程中, 配电箱的坐标与标高精度没有达到工程施工标准, 特别是配电箱的墙壁安装有很大的变形和移位问题; 二是机电盒安装、吊钩安装以及箱体安装没有按照工程的设计要求进行, 没有与工程的设计图纸相匹配, 造成安装工艺不够规范, 安装时有明显的坐标偏移; 三是在配电箱安装过程中存在着一些不合理的方面, 例如, 受其他施工环节的震动影响, 配电箱发生了墙面位移, 进而影响后续的供电工作。

### 1.3 防雷接地安装施工技术问题

防雷接地安装施工也常有质量问题出现, 一旦在具体施工中出现了问题, 那么就会严重影响到后续工程的用地安全<sup>[2]</sup>。这主要是由于采用的接地方式为单面焊接, 搭接长度与工程设计图不具备一致性, 焊接接口部位有锈蚀现象或管道已被腐蚀; 焊接工作做得不到位, 支架间距超出了工程施工的需要, 在后续的使用过程中极易出现脱落问题。

## 2 建筑电气工程施工技术要点

### 2.1 电气配管技术控制要点

在进行电气工程施工前, 施工人员首先应细致观看、了解设计图纸中的具体施工内容及要求, 全面把握施工细节, 并以此为依据, 规划出相应的施工流程及方案, 以保证施工活动的有序进行。施工前, 要预留电缆入户预埋管和止水板, 确保填料满足规范要求, 可以在满足质量要求的基础上进行长期使用。其次,

要保证基础设施与其它工程建设环节的衔接,基础工程的施工人员既要熟知施工图纸内容与要求,又要严格按施工进度预埋基础仪表,以保证工程不会出现质量问题;最后,如果建筑处于风沙、潮湿等恶劣环境中,要特别重视钢管的暗配预埋设计,在设计时要注意接线端口的分析,保证电线保护管的连接性能,以及地下电线管道的防漏电性能,防止在后续的施工中出現误接问题,对供电工作造成影响。

## 2.2 电缆敷设工作

电气工程施工中,电缆敷设是一个相对重要的施工步骤,在满足日常的运营和维修需求的前提下,要推动电缆敷设朝着一体化、科学化、安全性的方向发展,确保建筑中的生活用电系统的正常运作,在作业过程中,要对进线电缆的材料进行全面的检查,确保其满足相关标准需要。在铺设之前,要预先准备好数量适当的线缆,并且要保证接头的两端和线缆之间的连接有足够的余量,在铺设之前,要对保护管进行检查,以免其中有水、杂物造成管路的阻塞。并且在实际的施工过程中,要注重套管的防水处理,避免沟里积水,在施工过程中,要将电缆标志安装的工作做好,保证整洁没有遗漏。持续地对施工环境进行优化,让电缆的铺设变得有序、合理、整齐<sup>[3]</sup>。

此外,还要保证各线路的设计足够合理,在线缆弯曲处,要预留充足的电缆冗余,以保证线缆有一定的弯曲半径,从而预防线缆的缠绕、断裂问题,以免对后续的施工造成影响,进而对电气安装工作的质量进行有效保障。

## 2.3 开关、插座安装工作

在安装开关和插座时,必须要与专业的施工图纸相匹配,把各个方面的设计内容和要求都弄清楚,从实际的环境因素和使用安全角度出发,让开关和插座的安装位置更合理,从而更好地满足住戶的实际使用需求。在开展安装作业前,应逐个检查开关的质量及灵敏度,保证其性能符合要求。

与此同时,要对接线盒进行清洁,并对盒中的导线进行检查,以保证箱内的各类导线能够正确、安全地连接,每一端子都牢固地连接在一起,以防在使用过程中出现安全问题。要区别不同电流、电压种类的插座,选用相应的、适合的插座,并且要以电流、电压级别为依据,进行插头的选择与配置,对于厨房、卫生间等潮湿空间的安装作业,要重点关注开关和插座的防溅防水处理问题,防止在使用时插头或开关发

生渗漏,并且为了美观起见,开关、插座应该安装在靠近墙壁处,保证开关和插座的表面无划痕或破损,且安装要尽量统一、整齐。

## 2.4 灯具安装工作

由于灯具的设计型号、规格的差异,使得具体安装过程中可能会出现产品不符合要求,灯泡位置与设计图纸有差异,安装区域不符等情况。因此,在安装之前,一定要先对灯具的属性进行检查,在安装的时候,一定要按照原来的设计位置进行施工处理,在安装的时候,要关注装饰效果问题,要让灯具与建筑物的装饰风格相协调。在实际安装顶灯时,要确保其中心在一条水平线以上,且与实际使用的偏差不超过5 mm,如果安装位置与预留的管线位置有差异,则可以添加保护软管,但软管的长度不宜超过1 m。

## 2.5 防雷接地工程

防雷接地环节中,施工人员的技术水平直接关系到工程的质量。因此,施工人员要提高防雷接地的意识,通过切实可行的措施方法来做好防护工作,例如在雨季的时候采取临时的防雷措施,避免建筑在施工过程中遭受雷击。在防雷接地工程中,若发生焊接不当、焊接不到位、漏点、连接松动等问题,都会对防雷接地工程的质量造成很大的影响,所以,在具体施工中,需要保证防雷接地施工足够连续、完整,进而为建筑电气系统的安全与稳定运行,以及作业人员的人身安全提供保障。并且在开展相关施工活动时,要确保各类电气设备的安全性及稳定性。一般来说,在进行建筑防雷接地施工时,为了使施工具体作业内容更加便捷,并控制施工成本,强化防雷接地的实际效果,都会以工程主体框架中已经存在的内部钢筋为主接地体<sup>[4]</sup>。

## 2.6 配电箱安装工作

配电箱是电气系统中最重要的一环,其安装质量水平直接影响着电气设备的使用与运行。对于配电箱位置的设计应关注配电箱与地面之间的距离问题,进而方便工程后期的安装与维修工作。对于配电箱的安装,要重点关注其位置与图纸设计的一致性,具体安装过程中,要严格按照相关规范标准来进行施工作业,明确相关位置、尺寸の詳細信息,保证导线可以顺利通过配电箱。并且,为防止影响正常使用和维护,箱内导线的位置及绑扎也要满足相应的规范要求。在布线作业完成后,还要进行一定的测试,及时就其中的问题进行有针对性的处理、解决,以免出現布线问题,保证建筑用电安全。

### 3 建筑电气施工质量控制措施

#### 3.1 人员及施工方案质量控制

在建筑电气工程的建设过程中,不能忽略对施工质量的控制。在开展电气施工之前,应该进行双优设计,对图纸设计进行全面的深化,通过图纸指导施工。对于图纸的设计工作,应由具备足够设计经验与设计资质的机构人员进行,开展具体设计工作前,业主要及时向设计人员表明自己的诉求,并保证设计人员以此为依据展开设计。图纸设计完成之后,要进行审核,并且所有具体工程建设的参与人员都应参与到这一环节中。要提升建筑的质量,还要加强对有关人员的培训,让他们的质量管理意识得到提升。要对建筑工程的图纸进行技术分析,找到质量控制的要点和安全隐患的解决办法,同时各部门之间要积极沟通交流,这样才能保证施工计划的合理性和科学性。要注重安全管理,制订人员质量控制计划,把现场检查工作职责落实到个人,把安全施工管理体系贯彻落实下去,在开工前,负责编制施工计划的人员要对施工计划进行交底,在具体管理工作中,要对各个承包商进行过程监管,并对管理工作进行协调。

#### 3.2 施工材料质量控制

对材料的质量控制,也要实行全过程管理,对每一道工序都要有专人进行检查、跟踪、反馈和监督,根据施工规范,对材料的质量进行实时跟踪,并将其制作成一份具有可追溯性的检验报告。如果施工材料达不到规范要求,就会对电气工程、对建筑造成很大的影响,因此,在购买相关材料和设备时,必须要把所需要的材料和设备的属性都列出来。在采购人员方面,要挑选有一定经验的采购人才,在材料、配件、设备等方面要注意挑选好的供货商,在采购过程中要保证产品的质量。采购人员可以对生产企业进行质检,确保所购材料满足施工需要,并且经过质检的企业可以直接下订单,这样就可以缩短采购的时间。具体施工过程中所用到的各种材料,都要进行检测,为了确保建筑电气工程的质量,所有的材料和设备都要满足国家标准,不合格的就不能进入现场,只有质量能够满足设计需要的材料,才能用于建筑电气工程的施工中。

#### 3.3 施工过程质量控制

在规划施工计划时,要科学制定施工方案,将建筑电气安装工程特性充分地考虑进去,确保现场信息交流畅通,这样才能在预设工期内完成施工,并达到企业的经济目标,对工程进行严密的控制,将不利

于施工的因素剔除,让施工能够正常、顺利进行,对并行与交叉的综合施工方式进行合理的安排,使施工的工期与成本得到最大的优化<sup>[5]</sup>。在开展施工活动前,应细致研究具体施工方案及设计图纸中的技术要点问题,以便可以及时发现现场存在的问题,并对其进行相应的处理,确保后面的环节能够顺利施工作业。在进行工程施工监理的过程中,将监理工作按照不同的工程类别进行监管项目分类,从而使监理工作能够更好地进行,提高监理工作的效率。一般而言,建筑电气工程主要包括内部工程、设备安装工程以及外部工程三部分内容。在这些工程环节中,内部工程作业可分为架空线路铺设及电缆铺设两个部分,而设备安装工程则更为详细,主要包括机电设备和变压器设备的安装,此外,照明、防雷、接地等工程也非常重要,因此,电气工程是一项综合性的工程,若不能按照统一的标准对其进行分类和管理,就难以保证施工质量。所以,在对电气工程的质量控制与管理工作进行组织和计划时,要对不同的工作内容进行整合和划分,并针对每一项施工项目的具体特征,制订出适宜的控制管理计划,以实现建筑电气工程施工质量的有效控制,实现预期的施工目标。

### 4 结束语

电气施工技术对整个建筑工程的质量有很大的影响,所以,在具体施工过程中,作业人员必须对施工技术要点进行明确,重视对电气工程质量的控制,增强各个施工环节之间的协调性,对施工人员、施工方案、材料质量和施工过程进行严格的控制,并实施全过程管理。对电气工程施工过程中出现的各种意外情况、突发问题进行及时的处理,提前做好安全防护工作,将各种安全隐患消除在萌芽状态,增强施工人员的自我防护意识,确保电气工程的总体质量。

#### 参考文献:

- [1] 闫沛颖.建筑电气施工技术要点及质量控制策略[J].中国建筑金属结构,2023(03):166-168.
- [2] 何斌.建筑电气施工技术要点及质量控制策略分析[J].江西建材,2023(01):241-243.
- [3] 苏亮.建筑电气施工技术要点及质量控制措施[J].中国住宅设施,2020(07):117-118.
- [4] 王立.基于质量控制策略的建筑电气施工技术[J].集成电路应用,2020,37(03):36-37.
- [5] 马琪波.谈建筑电气工程施工技术要点及质量控制措施[J].建材与装饰,2021(44):17-18.

# 绿色建筑背景下的电气施工管理策略探讨

陆 谦

(广西正远电力工程建设监理有限责任公司, 广西 南宁 530219)

**摘要** 随着环境保护意识的增强和可持续发展理念的普及, 绿色建筑在全球范围内受到广泛关注。电气施工是绿色建筑中的关键环节, 直接关系到建筑的节能、环保性能。基于此, 本文首先分析了绿色建筑电气施工管理中存在的问题, 然后深入探讨了在绿色建筑背景下如何实施有效的电气施工管理策略, 旨在为相关工程实践提供参考, 推动绿色建筑行业的健康发展。

**关键词** 绿色建筑; 电气施工管理; 施工材料; 电气施工方案; 配电箱安装质量

**中图分类号:** TU85

**文献标志码:** A

**文章编号:** 2097-3365(2024)05-0088-03

在当今社会, 绿色、低碳、可持续已成为建筑业发展的关键词。绿色建筑不仅满足了人们对高品质生活的追求, 更是对地球资源的珍惜和环境保护的积极响应。电气施工作为绿色建筑中的核心部分, 其管理策略的科学性和有效性直接关系到建筑的节能效果和整体性能。因此, 如何在绿色建筑背景下实施高效的电气施工管理, 成为建筑行业面临的重要课题。

## 1 绿色建筑电气施工管理中存在的问题

随着社会的发展, 绿色建筑的概念逐渐在建筑行业中占据了重要的地位。然而, 在绿色建筑的电气施工管理中仍然存在一些问题。这些问题不仅影响到建筑的质量, 也影响到其环保性能的体现。第一, 对于绿色建筑来说, 其核心在于最大限度地节约资源、保护环境, 并保障人们的生活质量。然而, 在电气施工管理中, 往往存在对绿色建筑理念理解不足的问题, 导致施工人员在施工过程中未能充分考虑到节能、环保等方面的需求, 从而影响到绿色建筑的性能。第二, 电气施工管理中的另一个问题是施工过程中的管理不规范。在施工过程中, 由于缺乏有效的管理机制, 导致施工过程混乱, 无法保证施工的质量和效率, 不仅影响到工程的进度, 也增加了工程的安全隐患。此外, 施工人员的技术水平也是影响绿色建筑电气施工管理的一个重要因素。在当前的建筑市场中, 电气施工人员的素质参差不齐, 部分施工人员缺乏专业的技能和知识, 直接影响到施工的质量和效率<sup>[1]</sup>。

## 2 绿色建筑背景下的电气施工管理策略

### 2.1 加强对施工材料的控制

随着环保意识的不断加强, 绿色建筑已成为当今建筑行业的重要发展方向。在这一背景下, 电气施工

管理也需紧跟时代步伐, 加强施工材料的控制, 以实现绿色建筑的目标。绿色建筑是指在建筑设计、施工和运营过程中, 充分考虑节能、环保、经济、适应性等方面, 旨在降低对环境的负面影响, 并为使用者提供健康、舒适、高效的建筑。为实现这一目标, 电气施工管理在绿色建筑中占据着举足轻重的地位。电气施工不仅关乎建筑的正常运营, 更直接影响建筑的能耗和环境性能。因此, 加强电气施工管理, 特别是对施工材料的控制, 对于绿色建筑的发展至关重要。在绿色建筑的电气施工中, 应优先选择具有环保认证的材料, 如低烟无卤电线、LED灯具等。这些材料在生产、使用和废弃处理过程中对环境的影响较小。此外, 还应关注材料的能效, 选择能效高的电气设备, 如高效电机、节能变压器等, 这些设备在长期使用过程中, 能够显著降低建筑的能耗。对于材料的采购和存储, 应制定科学的管理制度。第一, 应确保采购的材料符合绿色建筑的要求, 从源头上控制材料的质量。第二, 应对材料进行合理的存储, 避免因存储不当造成的材料损坏或性能下降。同时, 应建立完善材料追溯机制, 确保材料的来源可追溯, 一旦出现问题, 能够迅速找到原因并采取措施。在施工过程中, 应加强对材料使用的控制。这包括对材料的用量进行合理规划, 避免浪费; 对材料的废弃物进行分类处理, 实现资源的有效回收; 对剩余材料进行妥善保管, 以便在后续工程中再次使用。此外, 应提高施工人员的环保意识, 使其认识到绿色施工的重要性, 从而在实际工作中更加重视对材料的节约和保护。

### 2.2 合理制定电气施工方案

随着环保意识的日益增强, 绿色建筑已经成为当今建筑行业的主流趋势。绿色建筑是指在建筑设计、

施工和运营过程中,通过合理利用自然资源,减少对环境的负面影响,为人们提供健康、高效的建筑。在这个背景下,电气施工管理作为绿色建筑的重要组成部分,其合理性和科学性显得尤为重要。绿色建筑的核心目标是实现环境友好、资源节约。这要求相关人员在电气施工管理中,不仅要满足建筑的电气需求,还要尽可能地减少能源消耗和环境污染。因此,制定合理的电气施工方案是实现这一目标的关键。合理的电气施工方案应该以节能、环保为核心。例如,在选择电气设备时,应优先考虑能效高、排放少的产品;在电路布局上,应尽量减少能源传输的损耗;在施工方法上,应采用环保、低影响的工艺。此外,合理的电气施工方案还需要充分考虑建筑的功能需求和使用特点,以确保建筑的电气系统既安全又高效<sup>[2]</sup>。

### 2.3 确保配电箱安装质量

作为绿色建筑的重要组成部分,配电箱的安装质量直接关系到建筑的安全、节能和环保,因此在绿色建筑的背景下,确保配电箱安装质量显得尤为重要。

首先,确保配电箱安装质量是保障建筑安全的需要。电气施工管理是建筑工程中的一项重要内容,而配电箱作为电气工程的核心组成部分,其安装质量直接关系到建筑的整体安全。如果配电箱的安装存在质量问题,可能会导致电路故障、设备损坏,甚至引发火灾等安全事故。因此,在绿色建筑的背景下,相关人员必须高度重视配电箱的安装质量,严格遵守相关标准和规范,确保建筑安全。

其次,确保配电箱安装质量是实现节能环保的必要条件。绿色建筑的核心在于节能、环保和可持续发展,配电箱作为建筑电气系统的重要组成部分,其安装质量直接影响到建筑的节能效果,高质量的配电箱安装能够保证电气系统的正常运行,减少能源浪费和环境污染。因此,在绿色建筑的背景下,电气施工管理应更加重视配电箱的安装质量,为实现节能环保做出贡献。

最后,确保配电箱安装质量是提升建筑品质的必然要求。随着人们对建筑品质要求的提高,配电箱的安装质量已经成为衡量建筑品质的重要标准之一,一个高质量的配电箱安装不仅可以保证建筑的安全和节能,还能够提升建筑的品质和美观度。因此,在绿色建筑的背景下,电气施工管理应更加注重配电箱的安装质量,以满足人们对建筑品质的追求。

### 2.4 做好线路敷设管理工作

在绿色建筑的背景下,电气施工管理作为其中的重要环节,对于实现建筑的节能、环保、安全等方面具有至关重要的作用。其中,线路敷设管理是电气施

工管理中的重要一环,直接关系到建筑的安全性能和使用寿命。

首先,在线路敷设前,需要充分考虑绿色建筑的需求。例如,采用低烟无卤阻燃电线电缆,以减少火灾发生的可能性;采用高效节能的电气设备,以降低能源消耗;采用环保型的电线电缆,以减少对环境的污染。此外,还需要充分考虑建筑的结构特点和空间布局,合理规划线路敷设的路径和方式。

其次,在施工过程中,需要注重线路敷设的质量和安。在线路敷设过程中,需要严格遵守相关规范和标准,确保线路敷设的质量和安。例如,在电线管敷设时,需要保证电线管口光滑、无毛刺,管内无异物;在电缆敷设时,需要保证电缆排列整齐、无交叉、无扭曲;在桥架敷设时,需要保证桥架连接牢固、防腐良好。同时,还需要加强施工现场的安全管理,防止安全事故的发生。

最后,在线路敷设完成后,需要进行验收和检测。验收和检测是确保线路敷设质量和安的重要环节,在验收和检测时,需要严格遵守相关规范和标准,对线路敷设的各项指标进行全面检测。例如,对线路的绝缘电阻进行测试、对线路的负载能力进行测试、对线路的接地电阻进行测试等。同时,还需要加强与业主、监理等相关方的沟通和协调,确保验收和检测工作的顺利进行<sup>[3]</sup>。

### 2.5 安装防雷装置

雷电是一种常见的自然现象,但雷电灾害却是不可小觑的自然灾害。在过去的几年中,由于雷电灾害导致的建筑物损坏和人员伤亡屡见不鲜。因此,在绿色建筑的电气施工中,防雷装置的安装是至关重要的。防雷装置不仅可以保护建筑物免受雷电的直接破坏,还可以避免因雷电引起的火灾等次生灾害,从而保障人民的生命财产安全。在绿色建筑的电气施工中,防雷装置的安装应遵循国家相关标准和规范,如《建筑物防雷设计规范》等。在安装过程中,应考虑到建筑物的结构、地理位置、土壤电阻率等因素,制定合理的防雷方案。同时,应优先选择环保、节能的防雷产品,以符合绿色建筑的理念。此外,电气施工管理在防雷装置的安装过程中也起着至关重要的作用。

首先,应加强施工前的准备工作,对施工人员进行防雷安全培训,确保他们了解并掌握防雷装置的安装技术和相关规范。

其次,施工过程中应严格遵守安全操作规程,防止因操作不当导致的安全事故。

最后,施工完成后应进行严格的验收工作,确保

防雷装置的安装质量和运行效果。

## 2.6 加强对电气施工人员的培训

电气施工管理作为绿色建筑施工中的关键环节,其重要性不言而喻,而电气施工人员的专业素质和技能水平,直接关系到电气施工的质量和安 全,因此,加强对电气施工人员的培训至关重要。电气施工在绿色建筑中承担着为建筑物提供安全、高效、节能的电能供应的重要任务。这要求电气施工人员必须具备专业的知识和技能,能够理解和执行绿色建筑的电气设计理念,掌握先进的施工技术和设备。然而,当前许多电气施工人员的技能水平还不能满足绿色建筑的需求,因此,加强对他们的培训,提高他们的专业素质和技术水平,是实现绿色建筑目标的必要条件。培训的内容应涵盖绿色建筑的电气设计理念、节能技术和设备、环保材料的使用、施工安全等方面的知识和技能,通过理论学习和实践操作相结合的方式,使电气施工人员全面掌握绿色建筑的电气施工要求和技能。此外,培训还应注重培养施工人员的环保意识和责任感,使他们充分认识到自己在绿色建筑中的重要角色,从而更好地履行职责。

除了培训,还应建立健全的考核和激励机制。通过定期的技能考核,确保电气施工人员的技能水平符合绿色建筑的要求,对于表现优秀的施工人员,应给予适当的奖励和晋升机会,激发他们的工作积极性和创新精神<sup>[4]</sup>。

## 2.7 健全电气施工质量控制体系

电气施工是建筑工程的重要组成部分,其质量直接关系到建筑的整体性能和安全。在绿色建筑的背景下,电气施工不仅要满足基本的电气功能需求,还要符合节能、环保的要求。因此,建立健全的电气施工质量控制体系是必要的。

首先,要建立完善的电气施工质量控制制度。制度是保障工作有序进行的基础,通过制定明确的制度和规范,可以确保电气施工过程中的各个环节都有章可循、有据可查。例如,对于材料的选择和使用,应制定严格的标准和控制程序,确保所采购的材料符合环保和节能的要求。

其次,要加强电气施工过程中的质量控制。这包括对施工前的技术交底、施工过程中的质量检查以及施工后的验收等环节。在施工过程中,应定期对电气设备的安装情况进行检查,及时发现并处理问题,避免因小问题积累而导致大的质量问题。

最后,要强化对电气施工质量的监督和评估。监

督和评估是保障电气施工质量的重要手段,通过定期对电气施工质量进行检查和评估,可以及时发现并纠正存在的问题。

## 2.8 采用新技术,确保绿色建筑的供电效果

电气施工管理是绿色建筑实现其目标的关键环节之一,为了确保绿色建筑的供电效果,采用新技术已成为电气施工管理的必然选择。

首先,绿色建筑要求电气系统具有更高的能效。传统的电气施工技术往往能源效率低下,造成大量的能源浪费。为了解决这一问题,相关人员需要引入新的电气施工技术,如采用智能电网、高效变压器等设备,通过先进的控制技术和算法,优化电气系统的运行,提高能源利用效率。

其次,绿色建筑要求电气系统具有更高的环保性。在施工过程中,应优先选择环保的材料和设备,如可再生能源设备、低排放的电线电缆等。同时,引入新的施工技术,如预制电缆槽、模块化电气组件等,可以减少施工过程中的废弃物产生,降低对环境的影响。

此外,采用新技术还可以提高电气施工的效率 and 安全性。例如,通过引入BIM(Building Information Modeling)技术和云计算技术,可以实现电气施工过程的数字化管理和实时监控,这不仅可以提高施工效率,减少错误和延误,还可以及时发现和解决安全问题,保障施工人员的安全<sup>[5]</sup>。

## 3 总结

在绿色建筑的背景下,电气施工管理需要综合考虑多个方面,应加强对施工材料的控制、合理制定电气施工方案、确保配电箱安装质量、做好线路敷设管理工作、安装防雷装置、加强对电气施工人员的培训、健全电气施工质量控制体系、采用新技术,这样才能确保电气施工的质量,同时实现节能、环保的目标。

## 参考文献:

- [1] 叶跃琪.绿色节能技术在民用建筑电气设计中的应用分析[J].丝路视野,2018(07):78,80.
- [2] 徐洋洋,徐莹莹.绿色理念下建筑项目管理的创新策略[J].区域治理,2020(41):145.
- [3] 刘玉岩,刘荣海.建筑电气工程智能化施工优化策略[J].世界家苑,2022(10):106-108.
- [4] 夏雯沁.建筑智能化施工管理现状及策略分析[J].建筑工程技术与设计,2019(12):3588.
- [5] 丛爽.电气工程施工的质量控制与安全管理[J].建筑工程技术与设计,2020(11):3123.

# 市政道桥工程项目施工质量管理策略分析

张曹芳

(安徽中衡建设工程有限公司, 安徽 合肥 230000)

**摘要** 市政道桥工程作为城市基础设施的重要组成部分, 其施工质量关乎城市安全和可持续发展。通过分析施工质量管理的基本理念, 揭示了监管不到位、施工人员素质参差不齐以及管理体系不完善等问题。针对存在的挑战, 本文提出了策略性改进措施, 包括强化监理与验收机制、完善质量管理体系以及加强技术人员培训。这些策略旨在对提高施工质量管理水平有所裨益, 从而为城市基础设施建设提供可靠保障, 促进城市发展和建设。

**关键词** 市政道桥工程; 施工质量管理; 城市基础设施

**中图分类号**: U415

**文献标志码**: A

**文章编号**: 2097-3365(2024)05-0091-03

市政道桥工程项目作为城市基础设施建设的重要组成部分, 其施工质量直接关系到城市基础设施的安全性和可持续发展。施工质量管理作为保障工程质量的重要手段, 对于市政道桥工程项目具有至关重要的意义。因此, 本文旨在通过深入分析市政道桥工程项目的施工质量管理策略, 探讨如何有效提升市政道桥工程项目的施工质量, 为城市基础设施建设提供可靠保障。

## 1 施工质量管理的基本理念

### 1.1 施工质量管理的概念和内涵

施工质量管理是指在市政道桥工程项目施工过程中, 通过制定一系列科学合理的措施和方法, 全面有效地组织、协调、监督和控制各项施工活动, 以达到规定的质量标准和要求。其内涵包括多个方面: 首先, 施工质量管理强调全过程管理, 从工程立项、设计阶段到施工、验收和运营阶段, 都需要严格控制和管理质量。其次, 施工质量管理注重全员参与, 要求所有相关人员都要对工程质量负责, 共同努力确保施工质量。此外, 施工质量管理还强调科学规范, 需要建立健全的质量管理体系和操作规程, 确保施工过程中各项工作按照既定标准和流程进行。另外, 施工质量管理还包括持续改进, 不断总结经验教训, 完善管理制度, 提高管理水平和质量效益。总的来说, 施工质量管理的概念和内涵体现了全面性、参与性、规范性和持续性的特点, 是确保工程质量和安全的重要手段。在市政道桥工程项目中, 深入理解和贯彻施工质量管理的概念和内涵, 将有助于提升施工质量, 确保工程建设的顺利进行和可持续发展。

### 1.2 施工质量管理的原则和要求

施工质量管理的原则和要求是在市政道桥工程项目的施工过程中, 明确和遵守“质量第一”的原则, 建立科学规范的质量管理体系和操作规程, 加强沟通协作和持续改进, 确保工程质量符合国家标准和要求。具体要求包括: 施工人员必须具备专业的技术和管理能力, 且需要持有相应的资格和证书; 加强施工现场管理, 确保现场秩序井然、施工文明规范、安全生产有序; 建立专业的质量监管机构和验收机制, 对施工过程进行全面监管和抽查检验, 确保工程按照规范流程进行; 加强材料管理和质量控制, 选择优质材料, 进行严格检验和测试, 确保施工过程中使用的材料符合标准和质量要求。这些原则和要求的目的是保障市政道桥工程项目的质量和安全, 提高管理水平和工程质量效益。

## 2 施工质量管理存在的问题

### 2.1 施工过程中质量监管不到位

施工过程中质量监管不到位是一个普遍存在的问题。在实际施工中, 质量监管不到位可能会导致施工现场出现材料混乱、施工工艺不规范、质量检查不严格等情况。这种情况下, 可能会出现施工质量不达标的情况, 从而影响工程的安全性和可持续性。质量监管不到位还可能导致施工现场发生事故, 影响工程的进度和成本。同时, 由于质量监管不到位, 也容易导致施工过程中出现质量纠纷, 增加了后期工程管理成本和风险。因此, 提高施工过程中的质量监管水平, 加强对施工过程中各个环节的监督和检查, 是当前需要解决的重要问题之一<sup>[1]</sup>。

## 2.2 施工人员素质参差不齐

施工人员素质参差不齐是施工质量管理中一个严重的问题。在市政道桥工程项目中,施工人员涉及各种专业技术和操作,如果他们的素质参差不齐,就会给工程质量带来很大隐患。一些施工人员可能缺乏相关专业知识和技能,导致施工过程中出现错误操作、施工质量低下等问题。

此外,一些施工人员可能缺乏责任心和团队精神,导致施工现场秩序混乱、沟通不畅,影响整个工程的进度和质量。另外,由于施工人员素质参差不齐,也容易导致施工安全事故的发生,给工程带来严重的安全隐患。

## 2.3 质量管理体系不完善

质量管理体系不完善是市政道桥工程项目中的一个严重问题。如果质量管理体系不完善,就会导致施工过程中出现诸多问题。首先,缺乏健全的质量管理体系可能导致施工过程中各个环节的管理不到位,监督不足,容易出现材料混乱、工艺不规范等情况。其次,缺乏完善的质量管理体系也会导致施工过程中质量控制不力,无法及时发现和解决存在的质量问题,从而影响工程的整体质量。此外,质量管理体系不完善还可能导致施工过程中的信息传递不畅,沟通协作不够密切,增加了质量管理的风险和难度。最后,由于质量管理体系不完善,也容易导致工程质量验收不合格,增加了工程后期的整改成本和风险。

## 2.4 缺乏及时有效的质量反馈机制

施工质量管理中缺乏及时有效的质量反馈机制是存在的一个问题。在市政道桥工程项目中,质量问题的发生和处理需要及时有效的反馈机制来保证。如果缺乏这种机制,就会导致质量问题得不到及时解决,进而对整个工程项目造成不良影响。首先,缺乏及时有效的质量反馈机制会使质量问题无法得到及时发现和解决。如果没有及时的质量反馈机制,就难以快速发现质量问题,从而无法及时采取措施进行解决。这会导致质量问题越积越多,影响工程整体的质量和安全。其次,缺乏及时有效的质量反馈机制会降低工程管理效率<sup>[2]</sup>。在工程项目中,对于质量问题的处理需要依靠各个环节的协同配合,缺乏及时有效的反馈机制会导致处理效率降低,延误工程进度,增加工程成本,影响工程的整体效益。

此外,缺乏及时有效的质量反馈机制还会影响企

业形象和声誉。如果质量问题得不到及时解决,会对企业的形象和声誉造成不良影响,从而降低企业的市场竞争力。

## 3 市政道桥工程项目施工质量管理策略分析

### 3.1 强化监理与验收机制

在市政道桥工程项目中,强化监理与验收机制至关重要。监理与验收是保障工程质量和安全的重要环节,而强化监理与验收机制可以有效地提升工程质量,减少事故风险,确保工程按时按质完成。首先,强化监理与验收机制可以提升监理部门的监督能力和效果。监理部门在工程施工过程中起着至关重要的监督作用,通过强化监理与验收机制,可以加强对施工单位的监督,确保其按照相关标准和规范进行施工,及时发现和纠正存在的质量问题,从而提升监理部门的监督效果,保障工程质量。其次,强化监理与验收机制有助于提高工程质量管理科学性和规范性。通过建立健全的验收标准和程序,明确各项工程质量指标和验收标准,可以使工程质量管理更加科学、规范和系统化<sup>[3]</sup>。监理与验收机制的强化可以促进各方共同遵守质量管理要求,推动工程质量管理向更为规范和科学的方向发展。此外,强化监理与验收机制可以提升整个工程管理的透明度和公正性。通过建立公正、公开的监理与验收机制,可以使监理和验收工作更加公正客观,减少人为干预和不当行为的发生,提升工程管理的透明度和公信力。最后,强化监理与验收机制也是保障施工安全的重要手段。要充分发挥监理与验收在安全管理中的作用,加强对施工现场的安全监督与检查,及时发现并解决安全隐患,有效预防施工安全事故的发生,确保工程施工的安全。

### 3.2 完善质量管理体系

完善质量管理体系在市政道桥工程项目中具有重要意义。一个完善的质量管理体系可以有效提高工程施工的质量水平,加强对施工过程各个环节的监督和控制在,最终确保工程的质量达到国家标准和要求。首先,完善质量管理体系可以明确质量管理的责任和流程。建立健全的质量管理体系,明确各个岗位在质量管理中的责任和职责,确保各方都清楚自己在质量管理中的定位和任务。通过明确的流程和规定,可以使质量管理工作更加有序、规范,避免因责任不清、流程混乱而导致的质量问题。其次,完善质量管理体系有助于提升质量管理的科学性和系统性。建立起科学合理

的质量管理体系,可以使质量管理工作更加系统化和标准化,确保每个环节都按照既定的程序和标准进行。这样可以有效降低管理风险,提高管理效率,推动整个工程质量管理向更为科学和规范的方向发展。此外,完善质量管理体系还可以加强对施工过程中的质量控制。通过建立全面的检查和评估机制,及时发现并解决施工过程中存在的质量问题,确保工程质量符合相关标准和要求。只有加强对施工质量的控制,才能有效预防质量问题的发生,保障工程的整体质量<sup>[4]</sup>。最后,完善质量管理体系也是为了提升工程的竞争力和信誉度。一个好的质量管理体系可以提升企业的形象和声誉,增强市场竞争力,吸引更多优质项目和客户。通过完善质量管理体系,企业可以树立起良好的品牌形象,赢得客户信任,实现可持续发展。

### 3.3 加强技术人员培训

加强技术人员培训在市政道桥工程项目中具有重要意义。技术人员是工程项目的的主要执行者和管理者,他们的专业水平和素质直接关系到工程质量和安全。因此,加强技术人员培训对于提升工程质量和保障工程安全至关重要。首先,加强技术人员培训可以提升其专业技能和知识水平。市政道桥工程项目需要技术人员具备扎实的专业知识和技能,熟悉工程施工的各个环节和流程。通过加强培训,可以帮助技术人员不断提升自己的专业水平,掌握最新的施工技术和管理方法,从而更好地适应工程项目的需要。其次,加强技术人员培训有助于增强其安全意识和质量意识。在工程项目中,安全和质量是至关重要的,而技术人员的安全意识和质量意识直接关系到工程的安全和质量。通过培训,可以加强技术人员对安全和质量的认知,使其养成良好的安全和管理习惯,提高对工程安全和质量的重视程度。此外,加强技术人员培训还可以促进团队合作和沟通能力的提升。在工程项目中,技术人员往往需要与其他部门和单位进行合作,需要良好的沟通和协调能力。通过培训,可以帮助技术人员提升团队合作和沟通能力,使其能够更好地与他人协作,共同推动工程项目的顺利进行。最后,加强技术人员培训也是为了提升工程项目的整体管理水平和竞争力。一个具有高素质技术人员的团队可以有效提升工程项目的管理水平和执行力,使项目更具竞争力和市场影响力。通过培训,技术人员可以不断提升自身素质,为工程项目的成功实施提供有力保障。

### 3.4 建立及时有效的质量反馈机制

建立及时有效的质量反馈机制是解决施工质量管理中缺乏反馈机制的关键。在市政道桥工程项目中,建立健全的质量反馈机制可以帮助及时发现和解决质量问题,提高工程项目的质量和安全水平。首先,建立及时有效的质量反馈机制需要明确质量反馈的渠道和责任人。在工程项目中,质量反馈渠道应该畅通无阻,建立起完善的质量反馈流程,规范化质量反馈的标准和要求。同时,需要确定质量反馈的责任人,明确各个环节的职责和分工。其次,建立及时有效的质量反馈机制需要加强质量监管和信息共享<sup>[5]</sup>。在工程项目中,质量反馈的及时性和准确性非常重要,需要加强对工程项目的质量监管,及时获取质量信息,共享有关质量信息和经验,以便及时发现和解决质量问题。此外,建立及时有效的质量反馈机制还需要注重培养技术人员的质量意识。技术人员是工程项目的的主要执行者和管理者,需要具备扎实的专业知识和技能,同时也需要注重质量意识的培养,养成良好的质量反馈习惯。

## 4 结论

本文深入探讨了市政道桥工程项目的施工质量管理策略,针对存在的监管不到位、施工人员素质参差不齐以及管理体系不完善等问题提出了相应的改进措施。强化监管与验收机制、完善质量管理体系、加强技术人员培训以及建立及时有效的质量反馈机制等策略将有助于提高施工质量管理水平,为城市基础设施建设提供可靠保障,促进城市发展和建设。这些策略的实施将有助于解决当前市政道桥工程中存在的质量管理问题,推动工程质量水平的持续提升,为城市基础设施的安全和可持续发展做出积极贡献。

### 参考文献:

- [1] 刘辰.市政道桥工程项目施工质量管理的强化路径探究[J].工程建设与设计,2022(12):257-259.
- [2] 甘剑剑.市政工程道桥施工管理中的问题与质量管理措施探寻[J].中国设备工程,2023(07):243-245.
- [3] 林捷.加强市政道桥施工质量管理措施探讨[J].中华建设,2023(10):67-69.
- [4] 同[1].
- [5] 殷向敏.市政建设道桥施工关键技术的应用及质量控制[J].四川建材,2022,48(06):251-253.

# 土地资源合理配置与批后监管的协同机制

于洁

(高碑店市自然资源和规划局, 河北 高碑店 074000)

**摘要** 土地资源合理配置与批后监管的协同机制是当前社会发展中的重要议题, 其研究背景深深植根于日益加剧的城市化进程、土地资源稀缺性的现实挑战, 以及追求可持续发展的当代社会需求。随着城市人口的不断增加和经济的快速发展, 土地资源的合理配置变得尤为关键。本文分析了土地资源合理配置以及批后管理之间的关联机制, 并提出了土地资源合理配置以及批后监管协同的优化策略, 旨在为推动土地资源的合理应用与开发提供有效的建议。

**关键词** 土地资源; 合理配置; 批后监管; 协同机制

**中图分类号**: TU98

**文献标志码**: A

**文章编号**: 2097-3365(2024)05-0094-03

全球范围内, 土地资源的有限性以及过度开发导致的环境问题逐渐显现, 基于对于土地资源稀缺性和环境可持续性的关切, 在确保满足城市化需求的同时, 实现土地资源的可持续利用, 需要应用在城市化发展中能够平衡各种需求的土地管理方式<sup>[1]</sup>。批后监管作为土地资源合理配置的延伸, 强调对规划项目实施的全程监管, 传统的批前审批往往无法实现对项目实际情况的及时监测和调整, 因此, 加强批后监管成为确保项目执行与规划一致的关键环节。批后监管的应用会受到项目实施中相关问题的影响, 批后监管的协同机制的构建成为一项迫切需要的研究任务, 以更好地促进土地资源的可持续利用, 实现社会经济的协调发展。深入探讨土地资源合理配置与批后监管的协同机制, 是追求城市化与环境的和谐共生、土地资源可持续利用与社会经济协调发展的重要任务。

## 1 土地资源合理配置与批后监管概念

### 1.1 土地资源合理配置

土地资源合理配置是一项至关重要的任务, 旨在不断发展的社会经济背景下实现土地的最优利用, 尤其是现阶段随着全球城市化进程的加速和人口的不断增长, 土地资源的稀缺性和有限性日益显著, 使得合理配置成为确保可持续发展的必要举措, 合理配置土地资源既涉及城市规划与建设, 也涉及农村土地的农业生产和生态保护, 因此需要在不同层面、不同领域进行综合考虑与谋划<sup>[2]</sup>。

随着城市人口不断增加, 城市化进程需要大规模的土地用于居住、商业和基础设施建设, 通过科学的城市规划, 合理配置城市土地资源, 可以实现城市布

局的优化, 提高城市的生活质量和环境友好性。合理的城市规划还能够有效解决城市交通拥堵、环境污染等问题, 促进城市经济的可持续发展。在现代社会的背景下, 农业是社会经济的基础, 而农村土地资源的有效配置对于保障粮食安全、促进农业现代化和农民收入的增加至关重要, 通过科学的农村土地规划, 可以确保农地的可持续利用, 提高土地的产出和资源利用效率, 农村土地的生态保护也是合理配置的一部分, 通过推动可持续农业和生态农业, 实现农村土地资源的可持续利用, 并且土地资源合理配置是一个综合性、系统性的工程, 需要充分考虑城市化和农村发展的双重需求, 通过科学的规划和有效的管理, 可以实现土地资源的最优配置, 推动社会经济的协调发展, 实现可持续发展目标<sup>[3]</sup>。

### 1.2 批后监管

批后监管, 又称为土地利用动态巡查, 是一种对土地开发利用情况进行监督的机制, 其核心任务是及时监督土地利用过程中是否存在合同违约、未按时开工建设、土地闲置等问题, 并在早期发现问题的基础上进行及时干预。

具体而言, 批后监管主要围绕土地供应后对土地出让金的缴纳情况、土地的交付情况、开工情况等进行监管。在土地市场动态监测与监管系统的支持下, 批后监管通过信息公示、预警提醒、开工申报、现场核查、跟踪管理、竣工验收、闲置土地查处、建立诚信档案等多种手段, 实现对辖区内建设用地批后开发利用的全程监管。此机制不仅有助于确保土地政策的顺利落实, 同时也着重履行《国有建设用地使用权

出让合同》《国有建设用地划拨决定书》等法律合同的规定。

批后监管的作用不仅仅在于对土地利用过程中出现的问题进行及时发现和干预,更在于通过全程监管手段,提高土地供应和开发利用的监管水平。土地利用动态巡查是国土资源主管部门借助土地市场动态监测监管系统的有力工具,以确保土地资源的合理利用、维护土地市场秩序的重要手段之一。在具体实施中,批后监管通过信息公示,向社会公开相关土地利用信息,提供透明度,促使各方遵守合同规定。通过预警提醒,能够及时发现潜在问题,采取相应的措施防范风险。如开竣工申报、现场核查和竣工验收等手段,使监管过程更加全面,确保土地开发的合法合规性<sup>[4]</sup>。对于闲置土地的查处,不仅有助于充分利用土地资源,也促使开发者按照约定合理利用土地。同时,建立诚信档案,将土地开发者的信用记录纳入监管体系,有助于形成信用机制,进一步规范土地市场行为。

总而言之,批后监管是土地资源管理体系中的一项关键性工作,通过全程监管,确保土地资源的可持续利用,保障国家经济社会发展的可持续性。其机制不断完善,将为土地市场动态监测与监管系统的进一步提升和国土资源管理的现代化发展提供有力支持。在推进先易后难、分步推进的原则下,批后监管的实施将为土地资源的科学合理利用提供更为可靠的保障。

## 2 土地资源合理配置与批后监管的必要性

土地资源合理配置与批后监管的必要性在当今社会发展中日益凸显,不仅关系到国家整体经济的可持续发展,也关系到社会的长期稳定和人民群众的生活质量,土地资源合理配置是确保土地得到最优利用的关键环节。随着城市化和农业现代化的推进,土地需求呈现出多样化和复杂性,合理配置能够最大程度地满足城市建设、农业发展等多方面的需求,提高土地的利用效率,减少土地浪费,实现土地资源的可持续利用。

批后监管的必要性在于其在土地资源利用过程中发挥着关键的监督和管理作用,确保土地开发利用的合法合规,维护土地资源的可持续利用和社会经济的可持续发展<sup>[5]</sup>。首先,批后监管有助于防范和解决合同违约问题。通过对土地供应后的实际情况进行监管,可以及时发现是否存在开发商未履行合同规定的情况,避免因合同违约引发的法律纠纷,保障各方当事人的权益。其次,批后监管能够及时发现和干预未按时开工建设的问题。通过对土地利用动态的巡查,监管

机构可以及早发现建设进度滞后或者项目停滞的情况,采取适当的措施促使开发商按照合同履行建设责任,避免土地资源被闲置或浪费,推动经济建设的快速发展。此外,批后监管有助于提高土地利用的透明度和规范性。通过信息公示、预警提醒等手段,批后监管可以使土地利用过程更加公开透明,让社会各界对土地资源的利用情况有清晰的了解,有效遏制不正当手段的使用,维护土地市场秩序,促使各方遵循规定和契约,建立健全的土地资源管理机制。最后,批后监管还可以通过建立诚信档案等手段,强化对开发者的信用约束,推动土地市场参与者遵守法规和合同规定,形成健康、稳定的土地市场秩序。

## 3 土地资源合理配置与批后监管的协同机制构建策略

### 3.1 信息共享与数据整合

土地资源合理配置与批后监管的协同机制构建中,通过建立统一的信息平台,实现规划、土地利用、环境保护等多领域信息的实时共享,政府部门能够更全面地了解土地资源利用状况和各类项目的实施情况,可以及时发现和解决合理配置过程中可能出现的问题,提高决策的科学性和准确性。需要注意的是,数据整合则通过整合来自不同部门和领域的的数据资源,实现全局性的信息观测和分析。此外,通过采集引入大数据分析和人工智能技术,优化土地利用规划,提高配置决策的精准性,在批后监管方面,通过信息化手段实现对土地利用情况的实时监测和数据收集,建立完善的风险预警系统,加强对土地开发过程的全程监管<sup>[6]</sup>。

与此同时,技术部门需要采集各类数据,包括地理信息、环境数据、规划设计等,可以通过先进的数据整合技术进行集成,形成更为完整的土地资源数据库,多样化的数据库为政府和相关机构提供了全面了解土地资源利用和批后监管需要的数据支持,后续在决策层面,通过综合分析各类数据,政府能够更好地评估土地资源的可持续性,精准制定规划和政策,同时有助于及时发现和应对潜在问题,提高监管效果。除此之外,通过开放数据接口和信息透明,社会公众能够更加直观地了解土地利用情况和项目执行效果,发挥舆论监督的作用,企业也能够信息共享的基础上更好地配合政府的规划和监管,形成公私合作的良性循环,推动土地资源的可持续利用。

### 3.2 定期评估与调整机制

定期评估与调整机制是土地资源合理配置与批后

监管协同机制中的重要环节,通过周期性的评估和及时的调整,为政府提供了科学、灵活的手段,以适应社会经济发展的动态变化,该机制的建立不仅有助于优化土地利用结构,提高资源利用效率,还可以充分强化监管的精准性,确保土地资源的可持续利用,实现社会经济的协调发展。

首先,定期评估作为机制的核心环节,强调了对规划与监管的不断迭代与调整。通过设立固定的评估周期,政府和相关机构能够对土地资源配置和监管机制的执行情况进行定期检查,及时发现问题,采取针对性的措施,确保规划的实施与时俱进,适应社会经济发展的动态变化。其次,调整机制则为在评估的基础上进行科学决策提供了框架,一旦定期评估发现了与规划不符的问题或者监管手段的不足之处,政府可通过设立灵活的调整机制,及时进行规划和政策的修正。这不仅包括在规划中灵活调整土地用途、功能分区等方面,还包括对批后监管手段的不断改进,确保监管的有效性和精准性。调整机制的建立为政府提供了在规划与监管实施中灵活应对复杂环境的能力,使得土地资源合理配置与批后监管更具适应性和前瞻性。最后,政府部门、企业、专业机构以及公众等各方通过参与评估和调整的过程,形成了共同治理的机制。通过广泛的信息收集和沟通,各利益相关方能够在评估和调整过程中表达自己的意见和需求,确保整个过程的公正与透明。这种多方参与的机制能够有效地整合社会资源,形成合力,共同推动土地资源的合理配置和监管的持续完善。

### 3.3 批后监管技术手段的应用

土地资源合理配置与批后监管的协同机制的构建中,批后监管技术方法能够实现精准、高效的监管提供科技支撑,具体的现代技术的广泛应用在批后监管中发挥着关键作用。卫星遥感技术、无人机监测、地理信息系统(GIS)等技术手段,能够为监管部门提供实时的、高精度的土地资源信息,通过卫星遥感,监管者可以迅速获取大范围的土地利用状况,识别违规行为,全面了解项目的实施情况,从而实现对土地资源的全方位监控。

一方面,通过整合多领域的的数据,利用大数据分析技术,监管部门能够更准确地评估土地资源利用的效果,发现规划实施中的问题,并预测未来可能出现的挑战。人工智能技术的引入则使得监管系统更加智能化,能够自动识别异常情况,提高监管效率,减轻人力负担。另一方面,通过区块链技术,项目的相关

信息可以被安全地存储和传输,确保数据的真实性和完整性,减少信息篡改和造假的可能性,在很大程度上为监管提供了更为可信的数据基础,增强了监管的公正性和透明度。除此之外,云计算和移动应用技术的广泛应用使得监管更加便捷和灵活,监管部门可以通过云计算平台存储和管理大量的监管数据,实现信息共享和多地协同工作。同时,移动应用技术使得监管人员可以随时随地进行巡查和数据录入,提高了监管的时效性和灵活性。现代技术的广泛运用不仅提高了监管的效率和精准度,也为监管部门提供了更多的信息支持和决策工具,该技术驱动的监管手段的应用,将推动土地资源更加智能、可持续的利用,为社会经济的协调发展提供强大的支撑。

## 4 结束语

新时期,土地资源合理配置与批后监管的协同机制是保障土地资源合理利用的关键手段,通过信息共享与数据整合、定期评估与调整机制以及批后监管技术手段的应用等策略的有机结合,形成了一个强大的管理体系,信息共享与数据整合构建了一个全面、多维度的土地资源信息网络,促进了各部门间的协同与合作。此外,定期评估与调整机制强调了对规划和监管机制的动态调整,确保其与社会经济发展的变化保持一致,批后监管技术手段的应用使得监管更加智能、高效,通过现代科技手段的支持,提高了监管的精准度和时效性,该协同机制不仅有效推动了土地资源的合理配置,也加强了批后监管的科技含量,使得整个土地资源管理体系更为科学、透明,为可持续发展提供了坚实保障,其本身的协同机制的建立不仅有助于提高土地资源的利用效率,还推动了社会经济的协调发展,为未来的可持续发展奠定了基础。

## 参考文献:

- [1] 姚礼豪.《上海市土地出让合同》批后监管制度完善研究[D].北京:中国地质大学(北京),2014.
- [2] 朱文惠.出让土地批后监管机制优化研究[J].房地产导刊,2019(21):243.
- [3] 高立新.建立健全土地批后监管制度[C]//2017年福建省土地学会学术年会.福建省土地学会,2017.
- [4] 康维海.青海省自然资源厅召开加强土地供应批后监管工作推进会[J].青海国土经略,2019(02):50.
- [5] 王闯.浅谈省以下建设用地批后监管[J].国土资源,2017(05):48-49.
- [6] 李红霞.加强建设用地批后监管实现土地有效利用的思考[J].西部资源,2014(06):186-187.

# 下沉式绿化带在市政道路设计中的应用

迟建秋<sup>1</sup>, 王成安<sup>1</sup>, 周伟龙<sup>1</sup>, 倪守增<sup>2</sup>

(1. 济南城建集团有限公司, 山东 济南 250031;  
2. 山东汇友市政园林集团有限公司, 山东 济南 250000)

**摘要** 下沉式绿化带作为一种生态基础设施, 在市政道路设计中的应用逐渐受到人们的重视。它不仅有效缓解了城市排水系统的压力, 还通过增加绿色空间, 改善了城市的生态环境和居民的生活质量。本文详细探讨了下沉式绿化带的设计原则、水文管理功能、生态效益, 以及如何如何在市政道路设计中实现其最大化的应用策略。通过对选址与布局、与道路排水系统的整合、维护管理以及绿色交通的整合等方面的深入分析, 揭示了下沉式绿化带在城市可持续发展中的重要作用。本文旨在为城市规划者和设计师提供参考, 推动下沉式绿化带在未来城市建设中的广泛应用。

**关键词** 下沉式绿化带; 市政道路设计; 水文管理功能; 生态效益

**中图分类号**: TU99

**文献标志码**: A

**文章编号**: 2097-3365(2024)05-0097-03

我国城市化进程不断加快, 使传统的城市排水系统面临着越来越大的挑战。下沉式绿化带作为一种创新的解决方案, 既能有效管理城市雨水, 又能增强城市的绿色空间, 对改善城市生态环境具有重要意义。其在市政道路设计中的应用, 不仅提升了城市的美观和居住舒适度, 还促进了城市的可持续发展。因此, 深入探讨下沉式绿化带的设计和应用, 对于现代城市规划具有重要的实践价值。

## 1 下沉式绿化带概述

下沉式绿化带作为一种创新的城市雨水管理和绿化结合的生态基础设施, 通过其设计巧妙地将城市道路两旁的空间利用起来, 实现雨水的有效收集、滞留与渗透, 从而缓解城市内涝问题, 提高地下水补给能力。该设计采用下沉布局, 能够在雨水丰沛时期暂存过剩雨水, 并通过植被的自然过滤作用, 提高雨水的质量, 进一步促进地下水资源的再生。此外, 下沉式绿化带通过精心的种植配置, 不仅能增加城市绿化面积, 丰富城市景观, 而且通过引入多样的植物物种, 为城市生物提供丰富的栖息地, 能有效提升城市生物多样性, 同时也有助于改善城市微气候, 降低热岛效应<sup>[1]</sup>。

## 2 下沉式绿化带的设计原则

### 2.1 设计要素

下沉式绿化带作为城市绿色基础设施的创新应用, 通过其精细化的设计, 有效整合了城市排水系统与生态绿化, 促进了雨水管理和生物多样性的双重目标实

现。这种绿化带的设计关键在于尺寸、形状和种植配置的科学规划。尺寸需根据城市雨水量级和地形特点进行优化, 以确保足够的雨水收集和渗透能力; 形状设计则需考虑与周边城市空间的和谐融合, 同时兼顾雨水流向引导和最大化的绿化效果; 种植配置方面, 应选取能够适应本地气候、具有较强雨水吸收能力的植物种类, 同时考虑到植物的生长习性和根系结构, 以促进土壤渗透能力的提升和生物多样性的增加。此外, 植物的选择还需考虑四季变换下的景观效果, 以及对空气净化、微气候调节的积极作用, 从而实现城市绿化与生态平衡的有机结合, 提升城市环境质量和居民的生活品质。

### 2.2 水文管理功能

下沉式绿化带的水文管理功能是其设计中的核心要素, 旨在通过自然过程和工程措施共同解决城市雨水管理问题。这种设计利用地势低洼的特性, 将雨水收集至绿化带中, 通过植被和土壤的自然滤过作用, 实现雨水的初步净化。随后, 雨水在绿化带中的滞留时间有助于减缓流速, 增加地下水补给, 通过这种方式, 下沉式绿化带有效降低了地表径流量, 减轻了城市排水系统的负担, 同时减少了洪水发生的风险。此外, 通过对种植土壤和植被类型的精心选择, 这些绿化带还能进一步提高雨水的渗透能力和净化效率, 从而使得更多的雨水得以回收利用或自然补给地下水, 为城市带来更加可持续的水资源管理方案。这种集水管理、滞留和渗透于一体的综合功能, 不仅能优化城市的水

循环过程，还有助于缓解城市热岛效应，提升城市的生态环境质量<sup>[2]</sup>。

### 2.3 生态效益

下沉式绿化带的设计不仅体现了雨水管理的智慧，还显著贡献于提升城市生物多样性与改善微气候。这种绿化设计通过模拟自然生态系统的功能，为多种生物提供栖息地，从而增加城市绿地中的生物多样性。在这些绿化带中，选择的植物种类通常包括本地乔木、灌木和草本植物，这些植物不仅能适应当地气候，还能为昆虫、鸟类等小型野生动物提供食物源和庇护所，形成小型生态网络。同时，下沉式绿化带的存在能增加城市绿化面积，通过植被的蒸腾作用和遮阴效果，有效降低地表温度，达到缓解城市热岛效应，为城市居民提供更舒适的微气候环境。此外，这些绿化带还能吸收和降解空气中的污染物，改善空气质量，提升城市环境的整体健康水平。

## 3 市政道路设计中的应用策略

### 3.1 选址与布局

在市政道路设计中，下沉式绿化带的选址与布局是实现其功能和效益的关键。选址首先需要基于详细的地形和水文分析，优先考虑那些自然低洼或城市排水不畅的区域。这些区域天然适合雨水收集和滞留，可以最大化下沉式绿化带的水文管理功能。同时，考虑到城市道路网络的密集度，选址还应兼顾交通流量和行人安全，避免在交通高峰期或视线不良的弯道设置下沉式绿化带，以减少对城市交通的影响。此外，下沉式绿化带的布局应与城市现有的绿化带、公园及其他开放空间相协调，形成连贯的绿色网络，这不仅有助于提升城市生物多样性，还能增强城市的整体美观和居民的休闲体验。

布局设计时，需要考虑下沉式绿化带的尺寸和形状，以适应不同道路宽度和城市空间布局。一般而言，下沉式绿化带的宽度应根据道路规模和预期的雨水收集量来确定，较宽的道路和雨水量大的区域需要更宽的绿化带来保证雨水管理的效率。形状设计上，曲线形或波浪形的下沉式绿化带不仅美观，还能增加雨水与植物的接触面积，提高雨水滞留和渗透效率。同时，绿化带内部的种植设计应根据当地气候和土壤条件精心选择适宜的植物种类，这些植物应具有较强的抗洪能力和对环境污染物的吸收能力，以确保下沉式绿化带在美化城市环境的同时，也能有效地提升其生态功能。通过这样细致入微的选址与布局设计，下沉式绿化带能够在城市道路网络中发挥最大的环境和社会效益。

### 3.2 结合道路排水系统

在市政道路设计中，将下沉式绿化带与道路排水系统相结合是提高雨水管理效率的重要策略。通过这种设计，可以将道路表面的雨水直接引入下沉式绿化带，既减轻了城市排水系统的压力，又提高了雨水的利用效率。具体而言，道路排水设计应考虑道路的坡度、排水口的位置以及排水管道的布局，确保雨水能够有效地从道路表面流向下沉式绿化带。此外，考虑到雨水会携带道路表面的油污和其他杂质，下沉式绿化带的入口处可设置初步的过滤设施，如格栅或沉淀池，以去除较大的颗粒物和部分污染物，减少对下沉式绿化带内植被和土壤的影响<sup>[3]</sup>。

进一步地，下沉式绿化带与道路排水系统的结合还应考虑极端气候条件下的应对措施。在设计时，需要估算不同回归期的降雨量，并据此确定下沉式绿化带的容积和渗透能力，以保证在大雨或暴雨情况下，下沉式绿化带不会因为雨水过量而溢出，影响道路的正常通行。同时，为了应对连续降雨导致的水分饱和问题，可以在下沉式绿化带中设置溢流系统，将超出处理能力的雨水安全引导至城市主排水系统或附近的水体中，避免积水造成的潜在风险。通过这些精细的设计考虑，下沉式绿化带不仅能够有效地管理日常的雨水流量，还能在极端天气条件下保障城市道路的安全和畅通，展示了城市基础设施设计中的前瞻性和综合性思考。

### 3.3 维护管理

下沉式绿化带的维护管理是确保其长期有效运行的关键因素。维护工作首先需要建立一个全面的监测体系，定期检查下沉式绿化带的结构完整性、排水性能和植被健康状况。监测数据可以帮助管理者识别潜在的问题，如排水系统堵塞、植物病害或者土壤侵蚀等，从而及时采取相应的维修或治理措施。此外，考虑到下沉式绿化带会收集道路表面的油污和重金属等污染物，定期的土壤和水质测试也是必要的，以评估和控制潜在的环境污染风险。为有效执行这些维护任务，建立一个由专业技术人员组成的管理团队是非常重要的，这个团队不仅需要掌握植物养护和水文管理的知识，还需要了解环境监测和污染控制的相关技术。

除技术性的维护工作，下沉式绿化带的管理还包括与公众的互动和教育。由于下沉式绿化带位于公共空间，增强公众对其生态功能和环境价值的认识，可以促进社区居民的参与和支持，进一步提高这一绿色基础设施的社会效益。为此，可以通过设置解释性标牌、开展环保教育活动和志愿者项目等方式，鼓励公众了

解下沉式绿化带的设计理念和维护重要性,同时提供反馈机制,让公众参与到下沉式绿化带的监测和维护过程中。通过技术和社会双重维护策略的实施,下沉式绿化带能够持续发挥其在城市水管理、生态保护和美化环境等方面的重要作用,为城市可持续发展贡献力量。

### 3.4 绿色交通整合与促进可持续出行

绿色交通整合与促进可持续出行是城市规划中的重要组成部分,下沉式绿化带在此过程中扮演着关键角色。通过在市政道路设计中纳入下沉式绿化带,不仅提升了城市道路的生态价值,还为绿色出行创造了有利条件。具体来说,下沉式绿化带的设计可以优化道路结构,留出专用的非机动车道和步行道,这些路径穿梭于绿化带之中,既安全又舒适,极大地鼓励了居民选择骑行或步行等低碳出行方式。此外,下沉式绿化带还能够通过减少地表硬化,降低城市热岛效应,为城市提供更为凉爽的出行环境<sup>[4]</sup>。

此外,下沉式绿化带对于促进可持续出行的影响还体现在其对公共交通系统的整合上。在设计下沉式绿化带时,可以考虑其与公交站点、自行车共享站点的位置关系,通过策略性的布局,使得这些绿化带成为连接住宅区、商业区和公共交通系统的重要节点。这样不仅能方便居民的出行,也能提升公共交通的使用率,进一步降低城市的碳排放。同时,下沉式绿化带的存在提供了更多的社交和休闲空间,增强城市的活力和吸引力,从而在提升城市生活质量的同时,也为可持续发展目标做出了贡献。通过这些综合策略的实施,下沉式绿化带在绿色交通整合与促进可持续出行方面展现了巨大的潜力和价值。

## 4 未来发展趋势

### 4.1 技术创新

技术创新在推动下沉式绿化带未来发展中扮演着至关重要的角色,特别是在智能化和可持续性方面的突破。随着物联网(IoT)技术的成熟和大数据分析能力的提升,预计将有更多智能监测和管理系统被整合到下沉式绿化带中。这些系统能够实时监测雨水流量、土壤湿度、植被生长状况和水质变化,从而实现更精细化和自动化的管理。例如,通过智能传感器收集的数据可以用于自动调整灌溉系统,确保植被在不同气候条件下的最优生长,同时最大限度地节约水资源。此外,未来的技术创新还将包括先进的材料应用,如高效的雨水过滤和净化材料,以及增强土壤渗透性和微生物活性的生态材料,这些都将进一步提升下沉式绿化带的环境效益。在可持续性方面,技术创新有望

通过优化设计和材料选择,降低绿化带的建设和维护成本,同时提高其对城市生态系统的贡献。这些技术进步预示着下沉式绿化带将成为城市绿色基础设施中更加智能、高效和可持续的组成部分。

### 4.2 社区参与和公众教育的增强

未来下沉式绿化带的发展趋势之一是社区参与和公众教育的显著增强,这不仅有助于提升项目的社会接受度,还能促进公众对可持续城市发展和生态保护意识的提高。随着环境保护意识的普及,越来越多的城市开始鼓励居民参与到下沉式绿化带的规划、建设和维护中来。通过开展工作坊、讲座和实地参观活动,居民可以更好地理解下沉式绿化带的环境价值和功能原理,从而更愿意支持并参与相关项目。此外,学校和社区中的环境教育项目将下沉式绿化带作为实践基地,让学生和社区成员亲身体验和观察雨水管理和生态恢复过程,这种互动式学习有效地提高了公众的环保意识和参与度。同时,社交媒体和数字平台的利用也成为连接公众、政府和专业机构的重要渠道,通过在线分享绿化带的建设进展、成功案例和维护知识,进一步加深公众对这一绿色基础设施价值的认识<sup>[5]</sup>。

## 5 结束语

下沉式绿化带作为市政道路设计中的一项创新应用,不仅有效地解决了城市雨水管理问题,还大幅提升了城市的生态质量和居民的生活环境。通过精心的选址与布局、与道路排水系统的紧密结合、周到的维护管理,以及绿色交通的整合推动,下沉式绿化带展现了其在城市可持续发展中不可或缺的作用。随着技术创新的推进和社区参与及公众教育的加强,预期这一绿色基础设施将在未来发挥更加重要的角色,为城市带来更多生态与社会双重收益,成为现代城市规划中的一项标配。

## 参考文献:

- [1] 栗荣宇.下沉式绿化带在市政道路设计中的应用研究[J].交通世界,2023(Z1):20-22,26.
- [2] 周铨.下沉式绿化带在市政道路设计中的应用研究[J].市政技术,2021,39(10):199-201.
- [3] 周铨.基于LID理论的海绵市政道路设计应用研究[J].昆明冶金高等专科学校学报,2021,37(03):83-86,114.
- [4] 谷健,余鹏,王敏.BIM技术在市政道路工程施工图设计阶段的应用研究[J].工程技术研究,2021,06(16):28-29,32.
- [5] 闫斌.市政道路设计中无人机倾斜摄影与BIM技术结合运用分析[J].智能城市,2021,07(21):56-57.

# 电扶梯设备故障原因与预防维护措施分析

高 杨

(北京地铁运营有限公司机电分公司, 北京 100043)

**摘 要** 电扶梯设备在实际使用过程中, 由于受各种因素的影响, 设备不可避免地会出现故障问题。由于电扶梯设备的特殊性, 一旦发生故障, 会对人们的生命安全造成极大的威胁。因此, 如何预防和处理电扶梯故障显得尤为重要, 文章将围绕电扶梯设备故障预防和处理措施展开分析, 深入剖析这些故障的根本原因, 然后从多个角度提出预防和维修策略, 旨在为电梯制造商、维护人员提供参考, 确保电扶梯设备在使用过程中更为安全、高效。

**关键词** 电扶梯设备; 电扶梯安全保护装置; 电气元件故障; 机械部件故障

中图分类号: TU976

文献标志码: A

文章编号: 2097-3365(2024)05-0100-03

在现代城市生活中, 电扶梯已成为连接各层空间的重要交通工具。高楼大厦、商场、地铁站等处无一不见其身影, 它们的便利性和高效性极大地提升了城市运行的效率。然而, 电扶梯的普及也带来了新的挑战。伴随着使用频率的增高和服务时间的延长, 故障发生的可能性亦随之增加。电扶梯的故障不仅会引起运行中断, 影响日常生活的便捷, 更严重的是可能导致乘客安全事故。这类故障常由设备老化、维护不当等因素引起。在此背景下, 深入探究电扶梯故障的成因及其预防与维护措施, 对于提升电扶梯的运行安全和服务质量具有重要意义。尤其是在城市化进程加速的今天, 确保电扶梯的安全稳定运行, 不仅关系到千家万户的日常出行, 也是城市现代化建设不可或缺的一环。

因此, 深入分析故障原因, 探讨有效的预防维护策略, 对于电扶梯的长期稳定运行至关重要。

## 1 电扶梯设备故障预防维护的重要性

电扶梯设备的故障预防维护在提升电梯运行效率方面发挥着至关重要的作用, 定期的维护可以确保电扶梯各个部件的正常运行, 有效预防可能导致设备故障的隐患。通过及时的检修和保养, 可以有效防止零部件的磨损和老化, 保证电梯长时间平稳运行。通过定期的润滑和调整, 可以降低电梯运行时的摩擦阻力, 减少能源消耗, 从而提高整体的能效<sup>[1]</sup>。定期维护还可以检测和纠正潜在的技术问题, 确保电梯在运行中不出现卡滞、异响等影响效率的故障, 保障乘客流畅的垂直交通, 满足现代城市快速交通的需求。

电扶梯设备直接关系到乘客的安全, 通过系统检查和更新, 能够及时发现并解决可能引发事故的问题,

如传动系统的磨损、导轨的偏移等。这样的维护措施有助于保障电梯在运行过程中不会发生意外停滞、失速等严重故障, 从而提高乘客的安全水平。更重要的是, 良好的维护还可以确保应急设备的有效性, 如紧急制动系统和紧急通信装置, 以应对突发状况。

因此, 电扶梯设备的故障预防维护不仅是对设备本身的保护, 更是对乘客生命财产安全的有力保障。定期的维护可以有效延长电扶梯设备的使用寿命, 减少因突发故障而导致的维修费用。通过定期检查和保养, 可以及时发现和处理潜在问题, 避免小故障演变成大问题, 从而降低了维修和更换零部件的频率, 减轻了运营成本的负担。

## 2 电扶梯设备故障及原因分析

### 2.1 电扶梯安全保护装置问题

电扶梯设备的安全保护装置问题牵涉多个方面, 其中安全感知装置的故障可能是因为传感器灵敏度不足或受到外部环境干扰, 如灰尘、湿气等。这种情况下, 电梯可能无法准确感知乘客或障碍物, 导致运行时的意外事件。另外, 紧急制动系统的异常操作可能源自于制动器的磨损、液压系统故障或电控单元问题。这可能导致制动力度不足或误启动, 增加了电梯运行中的不稳定性。救援装置的故障可能涉及电源问题、通信系统故障或机械传动部件损坏, 这会影响到紧急救援的及时性, 对乘客造成潜在威胁。这些故障的深层次原因可能是设备长期使用导致的自然老化, 或者是制造和安装过程中存在的缺陷。深入剖析这些根本原因, 才能有效预防这些潜在的故障, 并确保电扶梯设备的高效、安全运行。

## 2.2 电气元件故障

电扶梯设备的故障原因中，电气元件的故障是一个关键问题。其中，电机故障是较为常见的情况，可能源于绕组短路、断路或绝缘老化等。这些问题导致电机运行不稳定，甚至可能引发电机过载或烧毁，对电扶梯的正常运行构成严重威胁。

此外，电梯控制系统中的电子元件，如 PLC（可编程逻辑控制器）和电子传感器，也可能因电压波动、潮湿环境等因素导致故障。这样的故障可能导致电梯控制系统失灵，影响到乘客的安全出行。

另外，电气元件中的接触器和开关，由于长时间的频繁使用，可能产生接触不良、磨损或焊死等问题，影响电梯的正常操作。深入分析这些电气元件故障的原因，有助于找出制造工艺中的瑕疵、设备长期运行中的自然老化等方面的问题。这样的认知有助于提高电扶梯的设计质量和制造工艺，从而降低电气元件故障的发生率。

## 2.3 机械部件故障

电扶梯设备的机械部件故障是导致运行问题的重要原因。导轨是一个潜在的故障点，长期使用和磨损可能导致导轨表面不平整，进而影响电梯运行的平稳性。同时，链条或传动带的老化和松动也是机械故障的常见原因，这可能导致电扶梯在运行时产生异响或者不同程度的震动，严重时可能引发链条脱落，影响整体的安全性。滑道和支撑结构也容易受到外部环境的影响，如灰尘、湿气等，进而引发腐蚀和生锈，导致部件失效。机械刹车系统的问题也可能源自制动器的磨损，导致制动不灵活或失灵。这些机械部件故障的深层次原因可能是制造工艺不当、材料选择问题，或者是设备长期使用中自然老化的结果。通过深入剖析这些问题，可以为改进制造工艺、优化设计提供重要参考，以提高电扶梯的可靠性和耐久性，减少机械部件故障对设备运行的潜在影响。

## 3 电扶梯设备故障预防维护措施

### 3.1 规范日常使用操作

电扶梯作为高频使用的公共交通工具，其日常使用操作的规范性直接关联着设备的运行效率与安全性。因此，制定严格的使用规范并确保其得到有效执行，是预防电扶梯设备故障的关键措施之一。要对电扶梯的操作规程进行详细规定，包括启动与停止的标准操

作流程，紧急情况下的应急处理流程，以及日常运行中的注意事项<sup>[2]</sup>。例如，明确规定在启动电扶梯前需进行的安全检查项目，如检查扶梯的运行轨道是否存在异物干扰，确认电扶梯的安全保护装置是否正常等。对于电扶梯的使用人员，应制定一套详细的培训计划，不仅包括对电扶梯操作人员的专业培训，还应包括对普通使用者的安全教育。通过在电扶梯入口处设置清晰的使用指导标识，以及通过媒体、宣传册等多种形式普及电扶梯的正确使用方法，可以有效减少因操作不当导致的设备故障和安全事故。

对电扶梯的使用环境进行规范，应确保电扶梯周边环境的整洁，避免物品堵塞扶梯入口或出口，以及保持适宜的温湿度条件，以防设备因环境因素导致的故障。例如，在多雨季节，应采取防止雨水进入电扶梯结构内部，造成设备腐蚀或电路短路。对电扶梯的使用频率与负荷进行合理控制，过度的使用频率或超负荷运行，都会加速设备的磨损，增加故障发生的风险。因此，必须根据电扶梯的设计标准和使用需求，制定合理的运行计划和使用限制。

### 3.2 加强对电扶梯的定期维护保养

电扶梯的定期维护保养是确保其长期稳定运行的关键环节，这不仅涉及对电扶梯的物理部件的检查和维修，还包括对电子系统的调试和更新，以及对安全防护措施的定期评估和升级。制定一套详尽的电扶梯维护保养计划，计划应包括对电扶梯所有关键部件的定期检查，如扶手带、踏板、驱动系统、制动器以及电气控制系统等。这些检查应由专业维护人员进行，他们需要使用专业工具和设备，对电扶梯进行全面的功能和安全性检测。在维护保养过程中，应对磨损部件进行及时更换，例如，扶手带和踏板是电扶梯中磨损较快的部件，需定期检查其磨损程度，并根据实际情况及时更换。

此外，润滑也是保持电扶梯顺畅运行的重要一环，需定期对驱动系统等部件进行润滑，以减少摩擦和磨损。

电扶梯的电气系统也需定期检查和维修，包括检查电气线路的完整性，确保所有连接处无松动或腐蚀现象；检查电扶梯的控制系统和紧急停止系统是否运行正常；定期更新软件系统，以确保电扶梯的运行效率和安全性。对电扶梯进行定期清洁，不仅包括清洁电扶梯的踏板、扶手带和外观，还应包括电扶梯内部机械和电气部件的清洁。这样可以避免灰尘和杂物的

积累对电扶梯的正常运行造成影响。

### 3.3 避免电扶梯设备的二次故障

电扶梯的二次故障指的是在一次故障修复后不久,相同或相关部件再次出现故障的现象,避免二次故障的发生,对于保障电扶梯长期稳定运行至关重要。要彻底分析每一次故障的根本原因,在处理故障时,需对故障部件进行全面检查,而不仅仅是简单地更换或修复损坏部件。通过对故障原因的深入分析,可以发现潜在的设计缺陷、材料问题或使用不当等问题,从而采取相应的改进措施<sup>[3]</sup>。对于已经发生过故障的电扶梯,应加强后续的监控和维护。在故障修复后,应实施一段时间的密集检查和监控,以确保故障彻底得到解决,并及时发现可能导致二次故障的新问题。例如,可以利用现代化的监控工具,如传感器和远程监控系统,来实时监测电扶梯的运行状态。对于复杂或不常见的故障,应考虑由更有经验的专家团队进行处理,以确保故障得到最有效的解决。

注重对电扶梯的原始设计和安装质量的评估,如果电扶梯的原始设计或安装存在缺陷,可能会导致反复的故障。

因此,对于频繁出现故障的电扶梯,应考虑进行彻底的设计和安装质量审核,必要时进行设计修改或重新安装。建立一个全面的故障记录和分析系统,通过记录每一次故障的详细信息,包括故障发生的时间、地点、原因、处理过程和结果,可以帮助识别故障模式和潜在的风险点。这样的系统不仅有助于及时解决故障,还能为未来的预防维护和改进措施提供宝贵的数据支持。

### 3.4 提升工作人员的综合素质

为了更好地预防电扶梯设备故障,相关工作人员必须要具备一定的综合素质。

一方面,相关工作人员要具有较高的政治觉悟和思想道德素养,具备一定的法律意识和安全意识,同时要具备较强的责任心、事业心和奉献精神。

另一方面,相关工作人员必须要认真学习电扶梯设备的维护保养知识,熟练掌握安全操作技术,从而不断提升自身的专业素养<sup>[4]</sup>。

除此之外,相关工作人员还需要不断提升自身的业务技能水平和专业素质,提高自身的业务素质和专业技能水平是做好电扶梯设备故障预防和处理工作的前提条件。电扶梯设备故障预防和处理工作是一项需

要长期坚持和不断完善的工作,必须要做好长期作战、全面作战和持久作战三个阶段。同时还需要重视日常管理工作,不断提升管理水平,通过有效的管理来促进电扶梯设备故障预防和处理工作的开展。

### 3.5 做好日常安全防护工作

为进一步提高电扶梯的运行效率和安全性,必须采取更加细致和全面的预防维护措施。重视电扶梯的技术升级和改造工作,随着技术的不断进步,新型的电梯系统和部件能够提供更高的安全性和可靠性<sup>[5]</sup>。例如,引入先进的传感器和监控系统,能够实时监测电扶梯的运行状况,及时发现并处理潜在的故障。同时,升级控制系统,采用更加智能化的运行算法,可以有效减少由操作失误造成的故障。加强与用户的沟通和教育,让乘客了解电扶梯的正确使用方法和注意事项,可以有效减少因操作不当造成的故障。例如,在电扶梯入口处设置明显的使用指示标志,开展定期的电扶梯安全使用教育活动,以提高公众对电扶梯安全使用的意识。通过上述措施,可以大幅提升电扶梯的运行效率和安全性,确保电扶梯能够长期稳定地服务于公众。

总之,对电扶梯设备故障原因及其预防维护措施的全面分析,对于提升设备运行的安全性和可靠性具有至关重要的作用。在当前技术快速发展的背景下,对电扶梯维护人员而言,跟上技术趋势,深入理解和掌握各类故障的成因及预防方法尤为关键。同时,电扶梯的运营管理者也应主动与设备制造商、维护团队紧密合作,通过这样的合作和努力,电扶梯的维护和管理将能够达到一个新的高度,更好地适应现代城市的发展需求。

### 参考文献:

- [1] 刘广宇.电扶梯设备故障原因分析及故障预防性维护策略研究[J].电子元器件与信息技术,2021,05(04):31-32.
- [2] 徐文俊.电扶梯设备故障原因分析及故障预防性维护策略[J].设备管理与维修,2021(06):48-50.
- [3] 张春灿.电扶梯设备故障原因分析及故障预防性维护策略分析[J].建筑工程技术与设计,2020(11):3098.
- [4] 陈辉.自动电扶梯安全监测与故障报警研究[J].现代信息科技,2023,07(16):15-18,23.
- [5] 袁硕.电扶梯故障诊断与维修策略分析[J].中国机械,2020(03):128,130.

# 中短波广播发射台的电磁干扰及解决措施探讨

萨仁格日乐

(内蒙古自治区广播电视传输发射中心巴林右 805 台, 内蒙古 赤峰 025150)

**摘要** 信息技术的不断发展, 使新媒体对传统广播电视行业造成了巨大冲击。中短波广播发射台作为传统媒体行业的重要组成部分, 正面临着激烈的行业竞争。其中, 电磁干扰是中短波广播发射台面临的主要问题之一, 也是影响它进一步发展的重要挑战。因此, 急需采取相应措施来应对这一问题。本文将对中短波广播发射台的电磁干扰进行详细分析, 并探讨可行的解决方案。

**关键词** 中短波广播; 电磁干扰; 自然干扰源; 人为干扰源; 广播设备内部干扰

**中图分类号**: TN93

**文献标志码**: A

**文章编号**: 2097-3365(2024)05-0103-03

中短波广播发射台是无线电广播的重要组成部分, 负责向广大听众传输广播信号。然而, 在实际运行过程中, 中短波广播发射台常常受到电磁干扰的影响, 导致广播信号质量下降, 甚至中断。电磁干扰不仅影响广播的正常播出, 还可能对周边电子设备造成干扰, 因此, 研究电磁干扰的成因和解决措施, 对中短波广播的健康发展具有重要意义。

## 1 电磁干扰源分析

### 1.1 自然干扰源

自然干扰源主要指那些由自然现象引起的电磁干扰。其中, 雷电是一个尤为显著的干扰源。雷电产生时, 伴随着强烈的电流和电磁场变化, 这会在其周围空间产生瞬态的电磁脉冲。这些脉冲信号具有极高的能量和宽带特性, 可以轻易干扰到广播信号的传输, 造成信号失真或完全中断。此外, 太阳辐射也是一个不可忽视的自然干扰源。太阳辐射包括可见光、紫外线、X 射线等多种电磁辐射, 其中一些高能辐射可能对广播信号产生干扰。特别是在太阳风暴期间, 大量高能粒子被释放到太空中, 它们可能干扰到地球表面的无线电通信, 包括中短波广播<sup>[1]</sup>。

### 1.2 人为干扰源

人为干扰源则是由人类活动产生的电磁辐射导致的干扰。工业设备是其中一个重要的干扰源。大型机械、电机等设备在工作时会产生强烈的电磁场, 这些电磁场可能与广播信号产生相互作用, 导致信号质量下降。高压输电线也是一个常见的干扰源。由于高压输电线的电压和电流都很大, 它们周围会产生较强的电磁场, 这些电磁场可能对附近的广播信号造成干扰。此外, 无线通信设备也是人为干扰源的重要组成部分。随着

无线通信技术的快速发展, 手机、无线电台等设备越来越普及, 它们的信号可能与中短波广播信号重叠, 从而产生干扰。

### 1.3 广播设备内部干扰

除了外部干扰源之外, 广播设备的内部也可能是产生干扰的来源。一种常见的内部干扰源是设备老化。随着设备使用时间的增长, 内部的电子元件可能会变得老化和失效, 进而导致信号质量降低。此外, 不合理的电路设计也可能引起内部干扰。如果电路设计不合理, 就有可能在信号传输过程中受到干扰, 结果信号质量下降。因此, 在广播设备的使用中, 我们需要对内部干扰源进行监测和维护, 以确保信号能够以高质量的方式传输。这可以通过定期检查设备的老化情况、更换老化的电子元件, 以及优化电路设计来实现。这样一来, 就能够减少内部干扰对信号质量的影响, 确保广播设备的正常工作。

## 2 干扰机制及影响范围

### 2.1 干扰机制

电磁干扰机制主要包括传导干扰和辐射干扰两种。传导干扰是通过导电介质从一个电路网络传递到另一个电路网络的过程。这种干扰通常发生在两个或多个电路之间存在物理接触或通过公共阻抗耦合时。传导干扰的路径可以是导线、电源线、接地线等。当干扰源产生的电磁场通过这些路径传输到敏感设备时, 会导致设备性能下降或误操作。传导干扰的常见来源包括电气设备的开关动作、电源线的噪声、不良接地等。为了减少传导干扰, 可以采取的措施包括增加电源滤波器的使用、优化电路布线、改善接地系统等<sup>[2]</sup>。

辐射干扰是干扰源通过空间将电磁能量传播到敏

感设备的过程。这种干扰通常发生在干扰源具有天线特性，能够发射电磁波时。辐射干扰可以在空气中传播，也可以通过介质（如墙壁、地板等）进行传播。辐射干扰的常见来源包括无线通信设备、高频信号线、集成电路的引脚等。为了减少辐射干扰，可以采取的措施包括增加屏蔽材料的使用、优化电路布局、降低工作频率等。

## 2.2 影响范围

在设备密集的环境中，如计算机房、通信设备室等，电磁干扰可能对邻近的设备造成干扰。干扰信号可能通过传导或辐射的方式传输到邻近设备，导致设备性能下降、误操作或完全失效。这种干扰可能影响到设备的正常运行，甚至可能导致整个系统的瘫痪。

在一个复杂的系统中，电磁干扰可能影响系统内部的不同组件之间的通信和协作。例如，在车载系统中，电磁干扰可能影响车辆的控制系统、导航系统、娱乐系统等。这种干扰可能导致系统性能下降、误操作或完全失效，从而危及行车安全。

虽然生活中遇到的电磁干扰通常不会对人体健康造成直接危害，但高强度的电磁辐射（如微波、毫米波等）可能会对人体健康造成潜在风险。这些风险包括热效应、非热效应等，可能对人体产生一定的影响。

## 3 电磁干扰的解决措施

### 3.1 优化广播发射设备，减少内部干扰

在选择高质量的组件和材料方面，广播发射设备制造商会仔细评估和选择电子组件和线材。高质量的组件通常具有更低的噪声水平和更好的电气性能，有助于减少电磁干扰的产生。例如，使用低噪声放大器和优质电容器可以提高信号的纯净度。此外，对于线材的选择也非常重要，高质量的线材可以减少信号的衰减和失真，确保信号的稳定传输。除了选择高质量的组件和材料，优化电源设计也是减少内部干扰的关键。电源是广播发射设备的重要组成部分，其稳定性和纯净度对信号质量有着直接的影响。为了降低电源噪声，可以采取一系列措施，如使用低噪声电源、增加电源滤波器的使用以及优化电源布线等。低噪声电源可以减少电源波动和噪声的产生，而电源滤波器则可以滤除电源中的干扰信号，提高电源的纯净度。此外，合理的电源布线也是减少干扰的关键，应避免电源线与信号线之间的交叉和干扰<sup>[3]</sup>。

接地系统对于确保设备正常运行和减少信号失真至关重要。一个好的接地系统可以将设备中的干扰信号导入大地，避免其对广播信号的影响。为了改善

接地系统，可以采取增加接地极、使用低阻抗接地线等方法。增加接地极可以扩大接地面积，提高接地效果；而使用低阻抗接地线则可以减少接地电阻，提高接地性能。为了减少信号线的长度和弯曲，可以采取减少信号线的数量、优化信号线的走向等方法。此外，采用屏蔽线或同轴电缆来传输信号也是一种有效减少干扰的方法。屏蔽线或同轴电缆具有更好的抗干扰能力，可以减少信号线与其他电缆或金属物体的接触，从而减少干扰的产生。滤波器可以滤除特定频率的干扰信号，减少干扰对广播信号的影响。滤波器可以放置在信号路径中的关键位置，如输入端、输出端或中间环节，滤除干扰信号，提高信号的纯净度。而衰减器则可以降低信号的强度，避免信号过强导致设备性能下降或误操作。衰减器可以根据需要调整信号的强度，确保设备在合适的信号范围内工作。

### 3.2 采用滤波、屏蔽等技术手段

在广播发射设备中，滤波器被放置在关键部位，如输入端、输出端或中间环节，以滤除来自外部环境的干扰信号。这些滤波器通常设计为具有特定的频率选择特性，只允许特定频率范围内的信号通过，而将其其他频率的干扰信号滤除。例如，低通滤波器可以滤除高频干扰信号，而高通滤波器则可以滤除低频干扰信号。通过合理选择和配置滤波器，相关人员可以有效地抑制外部干扰，提高广播信号的纯净度和稳定性。

屏蔽的主要目的是将广播发射设备内部的信号与外界的干扰信号隔离开来。为了实现有效的屏蔽，相关人员可以采用金属屏蔽罩将广播发射设备的关键部件包裹起来。金属屏蔽罩具有良好的导电性能，能够将外部干扰信号反射回去，从而防止其进入设备内部。此外，金属屏蔽罩还可以通过接地的方式，将干扰信号导入大地，进一步减少其对设备的影响。在选择屏蔽材料时，相关人员需要考虑其导电性能、屏蔽效果以及成本等因素，以确保屏蔽技术能够有效地减少外部干扰<sup>[4]</sup>。

滤波和屏蔽技术的应用需要综合考虑设备的具体情况和外部环境的特点。滤波器的选择应根据干扰信号的频率特性和强度来确定，以确保其能够有效地滤除干扰。同时，相关人员还需要对滤波器的性能进行测试和验证，以确保其在实际应用中能够达到预期的效果。对于屏蔽技术的实施，相关人员需要考虑设备的结构和布局，以确保屏蔽罩能够完全覆盖关键部件，并提供足够的屏蔽效果。此外，相关人员还需要对屏蔽效果进行评估和测试，以确保其能够有效地减少外部干扰对设备的影响。

### 3.3 定期对广播发射台进行维护和检查

定期的维护和检查不仅是对设备的简单检查，更是一个综合性的维护措施，涵盖了物理检查、性能评估、软件更新、运行环境优化等多个方面。

在物理检查方面，工程师们会进行细致入微的审查。他们会仔细检查发射机的外观和结构，查看是否有任何损坏、腐蚀或松动的部件。如果发现任何异常，他们会立即进行记录并采取相应的修复措施。此外，工程师们还会对设备的连接线路进行全面检查，确保所有的接口都牢固无损，避免因线路问题导致设备故障。

在性能评估方面，工程师们会运行一系列详尽的测试来评估设备的运行状态。他们会测试设备的输出功率、频率稳定性、调制质量等关键指标，以了解设备是否满足预期的性能要求。这些测试数据不仅能够帮助工程师们判断设备的运行状态，还能够为后续的维护和调整提供重要依据。如果发现性能下降或异常情况，工程师们会立即进行故障排除和修复。

随着技术的不断进步，设备的软件系统也需要不断更新以适应新的标准和要求。通过定期的软件更新，可以修复已知的安全漏洞、提高系统的稳定性和效率，确保广播发射设备始终处于最佳状态。在软件更新过程中，工程师们会仔细测试新版本的软件，确保其与设备硬件的兼容性，并避免引入新的问题。在维护和检查过程中，工程师们还会特别关注设备的使用环境和运行环境。他们会检查设备的通风和散热情况，确保设备能够在适宜的温度下运行，避免因过热而导致性能下降或故障。同时，他们还会对设备的接地情况进行检查，确保设备的安全运行。如果发现环境问题，工程师们会及时采取措施进行优化和改善。为了更好地记录和管理设备的维护情况，工程师们还会对设备的文档和记录进行更新和完善。他们会详细记录每次维护和检查的过程和结果，包括检查的项目、发现的问题、采取的解决措施等。这些记录不仅能够为后续的维护和管理提供重要参考，还能够为设备的故障排除和修复提供有力的支持。

### 3.4 加强与周边企业或单位的沟通

广播发射台的正常运行不仅关系到自身的运营效益，也对周边企业或单位的生产经营活动产生着直接或间接的影响。因此，通过沟通，相关人员可以更好地理解彼此的需求和关切，共同寻求解决方案，以减少潜在的冲突和干扰。为了保持持续而有效的沟通，相关人员需要建立定期沟通机制。这可以包括定期举行座谈会或交流会议，以促进双方之间的深入交流。

在这些会议上，相关人员可以分享广播发射台的运行情况、设备维护经验以及可能遇到的人为干扰问题。同时，相关人员也可以听取周边企业或单位的意见和建议，共同商讨解决方案<sup>[5]</sup>。

在传达信息时，相关人员应确保内容清晰明确、准确无误，避免产生误解或歧义。为此，相关人员可以采用书面沟通方式，如备忘录、通知或报告等，以确保信息能够完整、准确地传达给对方。同时，相关人员还应选择适合双方沟通的渠道和方式，如电子邮件、传真、电话等，以确保信息能够及时传达并得到回应。在沟通过程中，积极倾听和回应周边企业或单位的意见和建议至关重要。相关人员应给予他们充分的表达空间，尊重他们的合理需求和建设性意见。对于提出的问题或疑虑，相关人员应耐心倾听并及时回应，解释清楚相关情况，以消除他们的顾虑和误解。通过积极倾听和回应，相关人员可以增强双方之间的理解和信任，共同推动广播发射台的稳定运行。

为了应对可能出现的人为干扰情况，相关人员还需要制定具体的管理措施和应急预案。这包括明确责任分工，指定专人负责沟通工作，并建立相应的应急预案以应对紧急情况。通过制定这些措施和预案，相关人员可以确保在出现人为干扰时能够迅速响应并解决问题，从而减少对广播发射台的影响。

## 4 总结

中短波广播发射台面临的电磁干扰问题不容忽视，为了降低电磁干扰对中短波广播的影响，相关人员提出了一系列技术措施和管理措施。这些措施的实施，将有助于提高广播信号质量，确保广播信号的有效传输，为听众提供更加清晰、稳定的广播服务。同时，也为中短波广播发射台的可持续发展提供了有力保障。

### 参考文献：

- [1] 邹世焄. 中波广播发射台电磁干扰和优化工程[J]. 中国新通信, 2023, 25(06): 59-61.
- [2] 次旺伦珠. 中波广播发射台电磁干扰的防治方法探讨[J]. 数字通信世界, 2022(06): 73-75.
- [3] 边巴旺堆. 中波广播发射台自动化监控系统的应用与维护[J]. 西部广播电视, 2020, 41(17): 226-228.
- [4] 李少伯. 抗电磁干扰措施在中短波广播发射中的应用探析[J]. 西部广播电视, 2020(11): 228-229.
- [5] 陈启梅. 中短波广播发射机的电磁干扰分析[J]. 西部广播电视, 2020(01): 226-227.

# 基于 CDIO 模式的《控制工程基础》课程研究报告

吴雪花

(南昌工学院机械与车辆工程学院, 江西 南昌 330108)

**摘要** 本次研究针对《控制工程基础》教学创新设计的现状,对2022年江西省普通高等学校本科专业综合评价公示材料进行了调查研究,从调查数据可以看出,《控制工程基础》教学中实验设计有弱化的趋势。本文从理实一体化学教学的角度对实验设计弱化趋势的原因进行了详细的剖析,并提出基于CDIO模式的《控制工程基础》教学创新设计。所谓CDIO模式,即构思(Conceive)、设计(Design)、实现(Implement)和运作(Operate),基于CDIO模式,研究《控制工程基础》的实验教学设计,探讨有助于当代大学生掌握本课程的教学创新设计。

**关键词** 控制工程基础;教学创新设计;本科专业综合评价;CDIO模式

**基金项目:**江西省科技课题“无人机用航空发动机关键零部件精密加工工艺研究及应用”(课题编号:GJJ202514),课题参与人:吴雪花;南昌工学院校级科技项目“数字孪生智能生产线虚拟仿真实验室研究”(项目编号:NGKJ-23-10),项目主持人:吴雪花;南昌工学院校级一流本科课程线上线下混合课“工业机器人在线编程与调试”(项目编号:YLKC-XJ-20210134),项目主持人:吴雪花;教育部产学研合作协同育人项目“基于赛教融合+OBE理念的教学改革研究与实践——以《工厂数据采集与监控》课程为例”(项目编号:202102573002),项目主持人:吴雪花。

中图分类号:G642

文献标志码:A

文章编号:2097-3365(2024)05-0106-03

工业自动化是工业生产的主流模式,控制工程基础在工业自动化中起着重要的作用。在机械生产领域,控制工程基础得到愈发广泛的应用,控制工程主要采用传感器、执行机构通过电路设计、程序设计对机器人的制动、方向、速度等参数进行精确的控制,从而使机器人更加智能化、精细化。

## 1 材料与方法

《控制工程基础》是机械电子工程等机械类、电子类、控制类的必修课程。学生完成本课程学习后能够全面系统地获得自动控制系统的理论知识,掌握用分析方法建立物理系统数学模型的过程,掌握Matlab的基本知识、基本操作和运用Matlab软件完成控制问题的分析和计算,为今后从事控制系统相关职业提供专业基础理论知识的支撑<sup>[1]</sup>。

为此,研究针对江西省普通高等学校本科专业综合评价公示材料进行了调查、取材及分析,对江西省16所普通高等学校的机械电子工程、机械设计制造及其自动化2个本科专业的《控制工程基础》教学大纲进行分析调研,以不记高校名称的形式进行汇总,共统计了20份教学大纲。本次调研了江西省本科高校的

《控制工程基础》的课程数据,数据真实可靠。从调研材料分析其教学模式、教学方法和教学手段。

## 2 结果与分析

### 2.1 调查结果

#### 2.2.1 理论学时、实验学时分配,实验类型占比

《控制工程基础》是一门理论性极强的学科,实验比例小,学生不容易理解,通过文献调研和教学探索,《控制工程基础》可以通过实践教学模式提升学生专业综合素质和创新实践能力。教学大纲中实验学时占总学时的比例如表1所示。实验学时占总学时比例是>20%的只有25%,教学大纲中实验学时占比偏少。

表1 实验学时占总学时的比例

调查内容	选项	大纲个数	统计结果
实验学时占总学时的比例	A. > 50%	0	0%
	B. $\geq 20\%$ 且 $\leq 50\%$	5	25%
	C. > 20% 且 $\leq 10\%$	11	55%
	D. < 10%	4	20%

如表 1 的情况很不乐观，缩小实验学时的比例，明显不利于学生掌握《控制工程基础》这一学科<sup>[2]</sup>。20 份教学大纲中，有 3 份教学大纲实验学时占比为 0，从其余 17 份教学大纲中各实验类型占比可以看出，教学大纲 7 份样本，实验类型单一，只有验证型实验、综合型实验、创新型实验这 3 种实验中的 1 种。实验类型的单一化，既不利于创新创业和学科竞赛的机械专业实验教学的探索，也不利于实验教学改革路径的研究<sup>[3-4]</sup>。

实验类型不单一的教学大纲一共有 10 份，实验类型占比实验类型不单一的教学大纲实验类型占比所示，含 2 种实验类型比例较高，详细分析这 10 份教学大纲，如表 2 教学大纲中实验类型的统计所示，含实验类型 2 种占比 70%，含 3 种实验类型的教学大纲占比 30%，实验类型多对实验室硬件和师资水平有比较高的要求。实验类型的多样化，有利于实验教学资源体系建设的实践，也有利于“混合式理实一体化”教学模式的发展<sup>[5-6]</sup>。

表 2 教学大纲中实验类型的统计

调查内容	选项	大纲个数	统计结果
实验类型	A. 含验证型实验	8	80%
	B. 含设计型实验	4	40%
	C. 含综合型实验	9	90%
	D. 含创新型实验	2	20%
含实验类型个数	A. 含 2 种	7	70%
	B. 含 3 种	3	30%
	C. 含 4 种	0	0%

2.1.2 《控制工程基础》实验教学方法、手段的创新  
《控制工程基础》的教学大纲中实验教学方法、手段总结有以下 3 种，如表 3 实验教学方法、手段统计。

如表 3 中方法 C 只有一所高校采用。只在计算机上面做实验或者只在控制设备上做实验，不利于课程闭环教学，而将现实的控制系统转换成计算机上的虚

表 3 实验教学方法、手段统计

方法	教学方法、手段	详细说明
A	计算机模拟仿真	只在计算机上面做实验
B	设备上实验	只在控制设备上做实验
C	现实的控制系统转换成计算机上的虚拟仿真	同一个实验：先在设备上实验，然后在计算机模拟仿真

拟仿真的实验方式，显然更加符合《控制工程基础》课程教学改革理念。《控制工程基础》教学过程中要兼顾理实一体化的教学模式，兼顾虚实结合教学方法<sup>[7-8]</sup>。

## 2.2 《控制工程基础》实验教学创新设计弱化的原因

### 2.2.1 教师对《控制工程基础》实验教学的理念有待更新

学生学习《控制工程基础》理论及应用靠教师在课堂上讲解是不行的，而是通过具体的事例，特别是通过《控制工程基础》实验创新设计在课堂教学实践逐步形成的。实验教学要达到实验教学的目的，要符合新课程理念，首先教师要剖析新课程的教學理念，采用自主、合作、探究的教学方法，以学生为中心，实验教學理念要不断更新，没有突出实验教學在《控制工程基础》中的重要特征。《控制工程基础》此类偏理论的课程，实验意义尤其重大<sup>[9]</sup>。

控制系统数学模型这个章节是分水岭，如果学生理解掌握了数学模型这个章节，后续章节将迎刃而解，如果学生没有理解掌握数学模型如何 Simulink 仿真，后续章节的学习就困难了<sup>[10]</sup>，因此，教师首先应从实践教学入手。

### 2.2.2 以理论知识点为主，导致实验偏少

教学大纲内容的编排应该是根据学生的学情认知规律，内容以阶梯式的学习方式提供，不必要求学生对知识掌握一步到位。理论讲解过程中穿插实验教学。根据表 1 数据显示，实验学时占总学时的比例  $\geq 20\%$  只占有所有样本的 25%，比例偏小，这就导致学生对知识点的吸收和理解不到位。实验呈现的方式有多种形式，例如上述表 2 和表 3。可以增加实验的种类和数量，多样的教学方法、手段，提供更多的学习方式让学生自主选择。

## 2.3 《控制工程基础》实验教学创新设计的 CDIO 评价模式

部分老师在教学的过程中苦恼如何让学生消化理解，同时，部分学生在学习的过程中苦恼如何运用，

而将CDIO评价模式运用到《控制工程基础》实验教学中,可以达到知识转移的效果。从构思(Conceive)到设计(Design)再到实现(Implement),最后到运作(Operate),完成知识的转移。

### 2.3.1 《控制工程基础》实验教学创新设计的构思(Conceive)

《控制工程基础》课程目标从了解到熟悉,再到掌握,哪个目标没有达成,前一个目标理解不到位,可以找到其源头<sup>[11-12]</sup>。

《控制工程基础》课程内容基于CDIO模式的知识转移,课程内容的呈进阶性,让学生一目了然,第一章和第二章是基石,打牢基石,才能循序渐进。所以第一章和第二章很重要,特别是第二章的理解,以往教学忽略第二章,开头成功,第三章以及以后就迎刃而解了。

由此可见,将CDIO评价模式运用到《控制工程基础》教学创新设计中,可提高学生的动手实践和解决实际问题的能力,可以更加全面地培养应用型本科人才。

### 2.3.2 《控制工程基础》实验教学创新设计(Design)

针对第三章典型输入信号、时间响应概述、瞬态性能指标、一阶系统数学模型、一阶系统时间响应、一阶系统瞬态性能指标的内容设计实验,实验类型从传统的验证型实验转为设计型实验或者创新型实验,提高本文表2中设计型实验或者创新型实验的比例,设计型实验不需要加深知识点的难度,而是增加知识点的广度,增加知识的应用价值,让学生感受到知识用得上,自己在现实生活中寻找一阶系统、二阶系统,自己尝试使用软件虚拟仿真建立相关模型。

### 2.3.3 《控制工程基础》实验教学创新设计的实现(Implement)

《控制工程基础》实验教学创新设计的实现,选用现有的设备搭建简单的控制系统,设计实验设备,让学生感觉控制系统就在身边,而不是遥不可及。例如自己制造一个简单的倒立摆,倒立摆数学模型可以使用计算机Matlab虚拟仿真,学生自己选择最简单的数学模型,然后使用计算机Matlab虚拟仿真,目的在于增加学生的成就感和自信心,完成自己搭建实验平台,在课堂上进行展示,拍摄视频用作教学。

### 2.3.4 《控制工程基础》实验教学创新设计的运作(Operate)

期末考试评价是展示这门课程学习的结果,对于老师来说,想倾囊相授,对于学生来说,想学有所用。

期末考试评价不仅是对学生的评价,也是对老师的评价。最后,从出题类型入手,出题类型是由知识点的要求来决定的。知识点的要求中掌握的部分是最难的,这部分可以通过让学生设计实验来考试,学生可选择自己擅长的实验进行分组考试,也可以自己设计实验进行分组考试,自己出题进行分组考试。

## 3 结论

江西省本科专业综合评价中,《控制工程基础》课程还存在以下问题:教材内容相对陈旧,教学方法较为传统,缺乏与实际应用的结合,实验环节薄弱,缺乏足够的实验设备和实验项目,影响了学生实践能力的提高。以学生为中心增加实验设备,对《控制工程基础》进行教学创新设计,有助于提高该课程的教学质量,培养出更符合社会需求的工程人才。

## 参考文献:

- [1] 杨叔子,杨克冲,吴波,等.机械控制基础(第7版)[M].武汉:华中科技大学出版社,2019.
- [2] 王晓梅,周传德,黎泽伦.机械电子工程专业实践教学体系内涵建设研究与实践:以重庆科技学院为例[J].教育现代化,2019,06(75):38-40.
- [3] 翟培培,孙晓芸,尤龙佳.基于创新创业和学科竞赛的机械专业实验教学探索[J].轻工科技,2021,37(12):187-188.
- [4] 赵旭,苗雨莹,王芙蓉.“新工科”背景下实验教学改革路径研究[J].工业和信息化教育,2021(10):66-70.
- [5] 赵鲁杭,霍朝霞,邹玲,等.基于教学大纲的线上实验教学资源体系建设、教学实践及思考[J].实验技术与管理,2021,38(06):226-229.
- [6] 焦勇.“混合式理实一体化”教学模式探索与实践[J].船舶职业教育,2018,06(02):51-53.
- [7] 高旭,石利霞,段洁,等.基于OBE理念的《控制工程基础》课程闭环教学系统设计[J].中国教育信息化,2019(22):54-57.
- [8] 陈曦,徐江海,李文彬,等.基于Matlab辅助的《控制工程基础》课程教学改革[J].湖南理工学院学报(自然科学版),2020,33(03):88-91.
- [9] 同[3].
- [10] 靳伟,宋玲,等.《控制工程基础》教学问题分析与改革探究[J].教育教学论坛,2019(15):120-121.
- [11] 白金花.以学生为中心的“控制工程基础”课程教学探索[J].中国设备工程,2023,04(上):230-232.
- [12] 唐伟杰.基于专业认证和课程思政的“控制工程基础”课程教学改革实践[J].科教文汇,2023(19):138-140.

# 基于 BIM 技术下高职院校建筑工程类工程造价专业人才培养路径探析

吕 玮

(永州职业技术学院, 湖南 永州 425100)

**摘 要** BIM 技术是我国现阶段开展的建筑工程建设过程中的一项重要技术。在这样的背景下开展高职院校的建筑工程类工程造价专业的教学时, 为了确保可以培养出符合社会发展实际需求的人才, 就需要探索基于 BIM 技术的课程改革策略。本文针对 BIM 技术在建筑工程中的应用价值进行了分析, 探究了基于 BIM 技术下高职院校建筑工程类工程造价专业人才培养策略, 以期为同行业人员提供借鉴。

**关键词** BIM 技术; 高职院校; 建筑工程

中图分类号: G642

文献标志码: A

文章编号: 2097-3365(2024)05-0109-03

BIM 技术作为一种全新的信息化建模方法, 已经在建筑设计、施工和管理等方面得到广泛应用。在这个背景下, 高职院校建筑工程类工程造价专业需要及时调整课程设置, 以适应行业发展的需求, 提升学生的实际应用水平和专业素养<sup>[1]</sup>。

## 1 BIM 技术在建筑工程中的应用价值

### 1.1 提高设计效率

在传统设计过程中, 设计团队可能面临着信息传递不及时、不完整的问题, 因为不同专业的设计人员可能使用不同的软件工具, 导致设计数据不同步, 存在信息不对称的情况。而 BIM 技术的三维模型作为一个统一的信息平台, 将各专业的设计数据整合在一个共享的数字模型中, 消除了信息不对称的障碍。设计师、工程师以及其他相关专业人员能够在同一个 BIM 平台上进行实时的协作和信息共享, 从而改善了设计过程中的沟通和合作机制。通过 BIM 技术, 设计师可以更全面、直观地了解建筑模型的各个方面, 包括结构、设备、材料等, 从而更有效地进行设计决策<sup>[2]</sup>。此外, BIM 技术还能及时检测并解决设计冲突, 避免在后期施工或运营阶段出现问题。设计师可以在三维模型中进行实时的协同审查, 减少设计错误和重复工作, 提高整体的设计效率。

### 1.2 优化施工过程

BIM 技术在建筑工程的施工阶段发挥着显著的作用, 通过为施工方提供可视化的工具, 极大地优化了整个施工过程。在传统的施工过程中, 由于信息传递和沟通的不畅, 常常出现施工中的冲突、错误或需要

调整的情况。BIM 技术通过建立全面的三维模型, 为施工团队提供了一种虚拟环境, 使他们能够在数字模型中模拟实际施工过程, 从而更好地规划和执行工程任务。BIM 技术通过三维模型为施工人员呈现了整个建筑项目的立体结构、设备布局、管线走向等详细信息。施工人员可以在虚拟环境中直观地了解各个组成部分之间的关系, 识别潜在的冲突点, 如管线交叉、设备碰撞等, 通过这种方式, 可以在实际施工之前预先识别并解决问题, 从而有效避免施工中的错误和改动。而且 BIM 技术还支持施工进度的模拟和规划, 通过对三维模型的时间维度进行建模, 可以模拟施工活动的时间安排和进度, 识别潜在的施工冲突或时间交叉, 提前调整施工计划, 确保施工任务的有序进行, 并且提高施工效率, 减少施工期间的延误和调整。<sup>[3]</sup>此外, BIM 技术还为施工方提供了实时的协同工作平台。各个专业的施工人员可以在同一个数字模型中协同工作, 共享实时信息, 提高团队之间的沟通效率, 这种实时协同可以及时解决问题, 确保施工进程的流畅推进。

### 1.3 强化项目管理

BIM 技术在建筑工程中的强化项目管理方面发挥了关键作用, 为项目团队提供了全面的信息管理工具, 使其能够更加灵活、高效地进行项目管理。BIM 技术通过创建全面的三维模型, 为项目团队提供了一个整合的数字化平台。在这个平台上, 项目团队能够实时查看整个项目的各个方面, 包括设计进度、施工状态、资源利用情况等。这种全面的项目信息展示能够让团队更全面地了解项目的整体状况, 从而更好地掌握项

目的进展。而且, BIM技术支持项目进度的实时监控和调整, 通过对三维模型进行时间维度的建模, 项目团队可以模拟项目的进度, 并实时监控实际进度与计划进度的差距。当项目出现变更、延误或其他问题时, 团队可以及时做出调整, 保持项目的整体进展, 使项目管理更加敏捷和可应对变化。同时 BIM 技术还为项目资源管理提供了支持, 通过在三维模型中嵌入设备、材料等信息, 项目团队可以更精准地进行资源规划和利用。<sup>[4]</sup> 避免资源浪费, 提高资源利用效率, 从而降低项目的整体成本。除此以外, BIM 技术促进了项目团队之间的协同工作。设计团队、施工团队、项目经理等各个专业的团队成员可以在同一个数字模型中协同工作, 共享实时信息, 实现更紧密的团队协作, 这种协同工作可以加强团队之间的沟通, 提高团队的整体协作效率。

## 2 基于 BIM 技术下高职院校建筑工程类工程造价专业人才培养策略

### 2.1 引入 BIM 技术课程

在工程造价专业的课程体系中引入 BIM 技术相关课程可以使使学生能够深入了解和掌握建筑信息模型 (BIM) 技术, 从而提高其在工程造价领域的综合素养。这一课程体系将涵盖 BIM 的基础原理、建模与管理技术以及在造价管理中的具体应用。通过 BIM 基础原理的学习, 学生将能够理解 BIM 技术的基本概念、核心原理和其在建筑行业中的作用, 包括 BIM 的起源、发展历程以及在设计、施工和运营阶段的应用等方面的知识。通过系统的理论学习, 学生将建立起对 BIM 技术体系的整体认识, 为后续学习和实践奠定坚实的基础。而 BIM 建模与管理课程将注重培养学生在 BIM 软件中进行建模和数据管理的技能, 学生将学习如何使用专业的 BIM 软件进行建筑模型的创建、修改和优化, 同时了解 BIM 数据的管理方法, 包括协同工作、版本控制等方面的技术。这一环节的学习将使具备在实际项目中运用 BIM 进行协同设计和信息管理的实际操作能力。<sup>[5]</sup> 除此以外, BIM 在造价中的应用课程将紧密结合工程造价的实际需求, 探讨 BIM 在预算编制、工程量清单生成、成本控制和项目决策等方面的应用。学生将学习如何利用 BIM 技术优化工程造价流程, 提高预测准确性, 并最大程度地降低项目成本。这一课程旨在培养学生将 BIM 技术运用于实际项目管理中的能力, 使其在职业生涯中更具竞争力。

### 2.2 设计实践课程结合实际案例

在高职院校建筑工程类工程造价专业人才培养中,

充分整合 BIM 技术成为关键战略, 而设计实践课程的精心构建则是确保教学质量的不可或缺的一环。为了有效促进学生对 BIM 技术的深度理解和实际运用能力的培养, 教师可以采用结合实际建筑工程案例的教学方法, 使学生在课程学习中直接参与真实项目的解决方案设计和实施活动。教师在课程设计中应着重于案例的选择, 选择具有代表性的建筑工程案例, 这些案例既能够涵盖课程的基本知识点, 又能够反映实际项目中的各种挑战和问题, 让学生更好地理解理论知识, 并能够在实际操作中应对复杂情境。而且设计实践课程时应将 BIM 技术贯穿于整个课程的学习过程中, 通过引导学生使用 BIM 技术进行工程造价分析、成本预测和工程量清单编制等实际操作, 使他们在实践中逐步掌握 BIM 技术的应用技能。教师还需要充分利用现代教育技术手段, 提供在线模拟工程环境, 让学生在虚拟场景中完成真实项目的相关任务, 以增强实践操作的实用性和真实感。在案例教学中, 还可以设置团队合作的环节, 模拟项目团队协同工作的实际情景, 进而培养学生的团队合作能力、沟通协调能力和解决问题的能力, 这些在实际项目中同样至关重要。通过案例教学, 学生将不仅仅学到 BIM 技术的具体应用, 更能深入理解工程造价专业所涉及的知识体系。这样的教学模式将可以打破传统教学的束缚, 使学生能够更好地适应未来建筑工程领域的发展趋势, 提高他们在实际工作中的竞争力。

### 2.3 做好专业实训基地建设

在高职院校建筑工程类工程造价专业人才培养中, 专业实训基地的建设是确保学生能够深入理解和熟练运用 BIM 技术的重要举措。为了充分发挥实训基地的教育作用, 在专业实训基地的选址和布局的过程中应考虑到学生的实际操作需求。基地应位于便捷的校内位置, 同时要具备足够的面积以容纳 BIM 建模、成本估算等多种实训活动。布局上要合理划分不同功能区域, 包括 BIM 建模区、成本估算区、数据分析区等, 以便学生在实训中有序地进行各种操作。而且基地的硬件设备配置要保持先进水平, 尽量选择适用于建筑工程领域的高性能计算机和专业 BIM 软件, 确保学生在实训中能够顺畅进行建模、分析等操作。此外, 还可以考虑引入虚拟现实 (VR) 和增强现实 (AR) 技术, 以提供更直观、真实的建筑工程环境模拟。同时建设实训基地的过程中, 要注意与行业合作, 获取真实的建筑工程案例数据和项目信息。与建筑公司、工程设计单位等建立合作关系, 使学生能够在实训中接触到

真实的项目需求和业务流程,增强他们在实际工作中的适应能力。而且基地的管理和维护也至关重要,学校应当建立专业的实训基地管理团队,负责设备的日常维护、软件更新、安全管理等工作,确保基地始终保持良好的运行状态。为了提高学生的实际操作经验,还可在基地中设计一系列贴近实际的实训项目,例如,组织模拟竞标、项目管理等实训活动,使学生能够在实践中磨炼自己的专业技能,并培养解决实际问题的能力。通过做好专业实训基地建设,高职院校建筑工程类工程造价专业能够更好地满足行业对高素质人才的需求,为学生提供更加丰富和实用的教育体验。

#### 2.4 安排产学合作项目

在高职院校建筑工程类工程造价专业人才培养中,产学合作项目的设计和实施是确保学生更好地融入行业实践、提高综合素质的一环。高职院校需要与建筑行业的企业建立明确的合作框架和合同,明确项目的目标、范围、时间表和各方责任。确保双方有明确的沟通和合作基础,以便更好地推进项目的顺利进行。同时高职院校需要选择合适的合作项目。确保选择的合作项目与工程造价专业的课程内容和学生水平相匹配,同时具有一定的实践性和挑战性。可以选择一些真实的建筑工程项目,涉及BIM技术的各个方面,如建模、成本估算、工程量清单等,以确保学生在实际项目中能够全面应用所学知识。为了发挥出合作项目的教育价值,教师需要明确学生参与的角色和任务。在合作项目中,明确学生在项目中的具体角色和任务,例如分工合作、团队协作等,进而培养学生的团队协作能力和解决问题的实际操作能力,提高他们在实际项目中的综合素质。同时,高职院校内应当设置导师团队,由学校教师和企业专业人员组成导师团队,为学生提供专业指导和技术支持,确保项目能够在学术和实际层面都取得良好的效果。为了保证合作项目的应用价值,应当定期进行项目评估和反馈。在合作项目进行的过程中,定期进行评估,检查项目的进展和学生的表现。同时,与企业方进行充分的沟通,获取他们对学生表现和项目效果的反馈,以便及时调整和优化合作方案。

#### 2.5 知识更新与跟进

为了更好地推进基于BIM技术下高职院校建筑工程类工程造价专业人才培养,教师需要做好知识更新与跟进是至关重要的。教师应时刻关注建筑工程领域的新技术、新理论和新方法,参与学术研讨会、行业大会、专业培训等活动,获取最新的行业信息。建议

学校为教师提供相应的培训资源,以支持他们在专业领域的持续学习。而高职院校也需要有意识地促进教师参与产业研究和项目实践,与建筑行业的企业建立合作关系,鼓励教师参与实际项目、产业研究等活动,这种参与可以使教师深入了解行业的实际需求和趋势,从而更好地调整和更新课程内容。同时,在高职院校中还可建立行业导师制度,与建筑工程行业的专业人士建立导师关系,邀请他们担任学校的行业导师,为教师提供实际项目的指导和反馈。导师可以分享他们在实际项目中的经验,帮助教师更好地理解行业的实际情况,提高课程的实用性。为了帮助教师及时地调整现有的课程内容以及教学策略,高职院校中应当建立定期的课程评估机制。通过学生、校外专业人士的反馈,定期评估课程的内容和教学方法。及时调整课程的设计,确保教学内容符合建筑工程行业的最新需求。为了提升教学质量,高职院校应当鼓励教师利用信息技术手段开展教学。高职院校需要建议教师积极利用互联网资源、在线学术期刊、社交媒体等平台,获取最新的学术研究成果和行业动态,建立一个信息分享平台,促进教师之间的交流与合作,共同推动课程更新与发展。

### 3 结束语

基于BIM技术的高职院校建筑工程类工程造价专业课程探索和探索是适应时代潮流的必然选择。通过融入BIM技术,不仅可以提高学生的实际应用能力,更能使其在未来的职业发展中具备更强的竞争力。这一课程改革的探索对于培养更符合建筑工程行业需求的高素质人才具有积极的意义。

#### 参考文献:

- [1] 王晓妮.基于BIM的工程造价专业建设[J].天津职业院校联合学报,2021,23(08):51-56.
- [2] 孙俏.高职工程造价专业以就业为导向的课程体系建设研究[J].才智,2023(27):89-92.
- [3] 刘欢.1+X证书制度(BIM)对高职院校工程造价专业课程的影响[J].住宅与房地产,2020(36):248,250.
- [4] 张小涛,李晨波,米保全,等.“互联网+教育”视域下基于BIM的高职工程造价专业课程体系重构研究[J].无线互联科技,2020,17(22):134-135.
- [5] 祁黎,李建栋.基于中高职一体化人才培养的职业能力标准构建:以浙江省工程造价专业为例[J].职业,2023(24):53-56.

# 供水管线材质的对比选择研究

晋浩然

(北京京源水务有限公司, 北京 100000)

**摘要** 社会生产生活对供水的需求不断增长, 供水系统的可靠性、安全性和可持续性成为亟待解决的关键问题。不同材质的供水管线具有各自的优缺点, 例如金属管材具有较高的强度和耐压性, 但可能存在腐蚀问题; 塑料管材则具有良好的耐腐蚀性和轻质特性, 但在高温或高压环境下可能表现不佳。因此, 深入研究不同供水管线材质的性能特点、适用环境以及长期运行成本, 对于指导供水系统的设计和改造具有重要意义。因此, 本文认为对比各种供水管线材质的优劣势, 探索最适合特定应用场景的选择方案, 对于提升供水系统的整体效率和可持续性具有重要意义。

**关键词** 供水管线; 钢管; 球墨铸铁管

**中图分类号**: TU5

**文献标志码**: A

**文章编号**: 2097-3365(2024)05-0112-03

供水管线的建设与维护作为城市基础设施建设的重要组成部分, 在供水管线材质的选择上, 往往需要考虑多方面因素, 如材料的性能、成本、环境影响以及长期维护成本等。传统上, 供水管线常采用金属材料, 如: 铁质、铜质等。然而, 随着科技的发展和对环境保护的日益重视, 新型材料如塑料、复合材料等也逐渐成为供水管线的选择之一。这些新材料具有重量轻、耐腐蚀、安装方便等优点, 能够满足不同场景下的需求, 并在一定程度上减少了对传统资源的依赖, 对环境也更为友好。此外, 供水管线材质的选择还需要考虑到城市发展的长远规划和水资源的可持续利用。新材料的应用是否能够满足未来城市发展的需求, 是否能够在水资源有限的情况下提高供水效率, 都是需要考虑的因素。因此, 对供水管线材质的对比选择进行研究, 不仅有助于优化城市供水系统的建设和管理, 提高供水服务的质量和效率, 还能够促进环境可持续发展和资源的合理利用, 为城市可持续发展和水资源管理提供重要参考。

## 1 供水管线材质的选择原则

- 1. 封闭性强。**供水管道必须具备良好的密闭性, 以满足压力波动的要求, 这是供水系统的基本保障条件。否则, 可能会出现跑、冒、滴、漏等浪费现象, 导致末端用户用水难以得到保证。
- 2. 耐腐蚀性强。**输水管道应具有强大的耐腐蚀性能, 不会在水中和土壤中分解, 更不能向水中释放有害物质。尤其是在生活用水管道方面, 这一点尤为重要。
- 3. 水力条件良好。**供水管道的内壁应保持光滑,

以减小摩擦阻力, 防止结垢, 并降低压力损失, 从而节约电能, 确保供水压力, 满足末端用户的需求。

- 4. 安全可靠。**在选择供水管道时, 必须考虑其安装位置以及其是否能够承受内压和外部荷载等因素, 以确保其安全可靠。

- 5. 造价低。**供水管道的选择应综合考虑价格因素, 管材费用通常占供水系统总费用的50%以上。在满足供水性能要求的前提下, 应选择价格较低的管材, 以降低供水成本。

- 6. 使用年限长。**为保证供水系统的长期稳定运行, 应选择具有长使用寿命的供水管道。长使用寿命不仅能节约维修和材料费用, 还能保证居民正常用水不受中断, 提高管道的利用率, 降低供水费用。

## 2 供水管线材质的对比分析

### 2.1 钢管

钢管作为一种常见的供水管道材料, 具有一系列优点和缺点。其优点在于其高强度, 能够承受较大的内压力, 因此适用于需要承受高水压的场合<sup>[1]</sup>。此外, 钢管易于加工制作, 施工方便, 适用于各种复杂的工程环境。其内表面光滑, 有利于减小水流摩擦阻力, 提高水利条件, 确保供水效率。然而, 钢管也存在一些缺点。首先, 其抗腐蚀性能较差, 容易受到水中氧气和化学物质的侵蚀, 导致管道内壁产生锈蚀, 影响供水质量<sup>[2]</sup>。其次, 钢管的使用年限相对较短, 特别是在腐蚀环境下, 容易出现管道老化、破损等问题, 需要频繁维修或更换, 增加了运维成本和供水系统的不稳定性。

## 2.2 球墨铸铁管

球墨铸铁管作为一种常用的供水管道材料，具有诸多优点。首先，其耐腐蚀性能优秀，能够抵御水中化学物质和氧气的腐蚀，保证供水质量<sup>[3]</sup>。其次，球墨铸铁管具有良好的抗冲击性和韧性，能够承受外部冲击和变形，不易破裂，从而保证了供水系统的稳定运行。此外，球墨铸铁管具有出色的抗震能力，在地震等自然灾害中能够有效保护供水管道不受损坏<sup>[4]</sup>。此外，球墨铸铁管壁厚相对较小，重量较轻，不易发生爆管现象，因此可用于配水管道，能够实现连续水连接支管，提高供水效率。球墨铸铁管采用橡胶圈接口连接，密封性好，安装方便快捷，能够减少施工时间和人力成本。此外，球墨铸铁管价格适中，相对于其他管道材料具有一定的经济优势。

## 2.3 UPVC 管

UPVC 管作为一种常用的供水管道材料，具有诸多优点。首先，其内壁光滑，摩擦阻力小，输水能力强，能够保证水流的稳定输送，提高供水效率。其次，UPVC 管耐腐蚀性能优秀，不易结垢，能够保持管道内部清洁，保证供水质量<sup>[5]</sup>。此外，UPVC 管材质轻，便于运输吊装，施工更加方便快捷。其配件齐全，组配灵活，安装简便，节省施工时间和人力成本，而且水密性强，采用黏结接口能够确保管道连接处的密封性。然而，UPVC 管也存在一些缺点。由于其强度低、刚性差、易裂的特性，UPVC 管道不能直接铺设在干硬的原状土上，容易造成管身受力不均匀，导致试压或运行中承受过大压力而发生爆管现象<sup>[6]</sup>。因此，在施工时，需要在 UPVC 管身周围填砂夯实，提供一个均匀承受的外包层，以确保管道长期稳定安全运行。另外，当 UPVC 管直径较大时，其价格略高于球墨铸铁管，特别是大口径的管道价格更高，这也是需要考虑的因素之一。

## 2.4 对比分析

表 1 提供了钢管、球墨铸铁管和 UPVC 管三种供水管线材质的性能对比数据。钢管在抗拉强度和抗弯强度方面与球墨铸铁管相当，但球墨铸铁管在抗弯强度上稍强于钢管，且具有更高的硬度。而 UPVC 管的抗拉强度和抗弯强度则明显低于钢管和球墨铸铁管，但其内表面粗糙率更低，硬度更小，具有更好的耐腐蚀性和耐电蚀性，且使用年限与球墨铸铁管相当。从抗拉强度和抗弯强度来看，钢管和球墨铸铁管表现较为相似，都具有较高的抗拉和抗弯能力，适用于需要承受较大水压和外力的场景。而 UPVC 管的抗拉强度和抗弯

强度明显低于前两者，因此更适用于一般水压和不受外力影响的场合。在耐腐蚀性方面，UPVC 管明显优于钢管和球墨铸铁管，不需进行管道内外层防腐处理，可有效降低维护成本和延长使用寿命。钢管和球墨铸铁管虽然需要进行防腐处理以提高耐腐蚀性，但其耐腐蚀性仍不及 UPVC 管。另外，UPVC 管具有优越的耐电蚀性，不易产生电腐蚀，而钢管和球墨铸铁管在这方面表现较差，容易受到电腐蚀影响。不同材质性能的对比见表 1 所示。

表 1 供水管线不同材质性能的对比

	钢管	球墨铸铁管	UPVC 管
抗拉强度 (N/mm <sup>2</sup> )	≥ 400	≥ 420	≥ 80
抗弯强度 (N/mm <sup>2</sup> )	≥ 400	≥ 590	≥ 15
延伸率 (%)	≥ 18	DN100-1000 ≥ 10 DN120-2600 ≥ 7	≥ 350
硬度 HB	≤ 140	≤ 230	≤ 9
内表面粗糙率	0.012	0.012	0.009
耐腐蚀性	需进行管道内外层防腐处理	需进行管道内外层防腐处理	优越
耐电蚀性	较差	电阻大，不易产生电腐蚀	优越
使用年限	30-40	50	50

总之，钢管、球墨铸铁管和 UPVC 管都各有适用的场景。钢管适用于某些特殊地段或做套管使用，例如在需要承受高压、高温或腐蚀性环境的情况下。球墨铸铁管则可用于输水管和配水管，其性能稳定，适用于多种环境下的供水系统。而 UPVC 管则是最为广泛使用的给水管，适用于大部分供水系统中。对于管径较小的情况，直径小于或等于 50 mm 时，UPVC 管常用于埋地给水管。然而，需要注意的是，UPVC 管在低温时较为脆弱，在温度超过 80 摄氏度时会呈现软状，因此在冬季冰冻地区或输送温度较高的热水时不宜使用 UPVC 管。综上所述，根据具体的使用场景和需求，选择合适的管道材料至关重要，以确保供水系统的安全、稳定和经济运行。在实际应用中，需根据环境条件、供水需求和成本等因素综合考虑，做出最佳选择。

## 3 供水管线材质的选择建议

供水管线材质的选择在建筑和基础设施设计中至关重要。正确选择管线材质可以确保水质安全、长期稳定运行以及减少维护成本。在选择管线材质时，需

要考虑多种因素,包括水质、环境条件、预算和可持续性。以下是一些选择建议。

### 3.1 考虑水质因素

不同的水质对管线材质的腐蚀影响是一个复杂而关键的考量因素。水源的化学成分和物理性质会直接影响管道材质的选择。举例来说,含氯水可能对金属管材产生严重的腐蚀作用,因为氯离子会与金属表面发生化学反应,导致金属管道的腐蚀和老化。而对于酸性水,其可能对某些塑料管材具有侵蚀性,从而降低管道的耐用性和安全性。

在这样的情况下,对供水水质进行全面的分析显得尤为关键。通过对水质的化学成分、pH值、溶解固体含量以及其他相关参数进行细致的评估,可以更好地理解水对管道材质的潜在影响<sup>[7]</sup>。例如,水中的硫酸盐和氯化物含量可能会增加金属管道腐蚀的风险,而高pH值水可能会降低某些塑料管材的耐久性。

在进行水质分析的基础上,可以更加精确地选择适合的管道材质。针对不同水质特性,可以选择具有更强耐腐蚀性能的材料,例如不锈钢或特殊合金,以抵御水中化学物质的侵蚀。

### 3.2 考虑环境条件

管线的环境条件是多种多样的,因此在选择管道材质时需要综合考虑各种因素。管线可能存在于地下、地上、暴露在阳光下,或者受到化学物质的影响,这些不同的环境条件都会对管道材质产生不同的影响。对于埋地管线而言,土壤的性质是一个至关重要的考量因素。土壤的pH值、含盐量以及腐蚀性都会直接影响管道材质的选择。例如,酸性土壤可能会加速金属管道的腐蚀,而高盐度的土壤可能会对某些塑料管材产生侵蚀。因此,在选择埋地管线材质时,必须对当地土壤的化学性质进行详细的分析和评估,以确保选择的管道材质具有足够的耐蚀性和耐久性。在受到紫外线或化学物质影响的环境中,需要选择具有良好耐候性和耐化学性的材料。暴露在阳光下的管道容易受到紫外线的照射,长时间的紫外线暴露可能会导致材料老化和降解。因此,需要选择具有抗紫外线性能的材料,如特殊涂层或添加紫外线稳定剂的材料,以延长管道的使用寿命。

### 3.3 考虑使用寿命和维护成本

在供水管线材质选择中,考虑到长期成本和维护需求是至关重要的。一些材料具有更长的使用寿命和较少的维护需求,从而在长期来看可以节省大量成本。例如,不锈钢管道因其耐腐蚀性和强度而具有较长的

寿命,几乎不需要维护,这使得其长期运营成本相对较低。相比之下,虽然塑料管道成本较低,但由于其使用寿命可能较短且易受外界环境影响,因此可能需要更频繁的维护和更换,从而增加了长期运营成本<sup>[8]</sup>。在考虑管线材质时,必须在质量和成本之间找到平衡。尽管某些金属管道具有较高的耐用性和长期性能,但其成本也相应较高。相反,塑料管道的成本较低,但其耐用性和使用寿命有限。因此,在预算有限的情况下,可以考虑选择高品质的塑料管材,以在一定程度上降低成本,同时确保供水系统的安全和可靠运行。

## 4 结论

在供水管线材质的对比选择研究中,本文综合考虑了钢管、球墨铸铁管和UPVC管三种常见材质的特点。钢管具有良好的强度和耐压性,适用于特殊环境下的高压力或高温要求,但其耐腐蚀性较差,使用年限有限。球墨铸铁管具有较好的耐腐蚀性和使用寿命,适用于一般供水系统,但在极端温度条件下性能可能受限。UPVC管具有优异的耐腐蚀性和经济性,适用于大部分供水系统,但在高温和低温环境下的使用受到一定限制。综合考虑各种因素,本文认为在特殊环境下需要承受高压力或高温要求时,钢管是首选材质;对于一般供水系统,球墨铸铁管是稳定可靠的选择;而在经济性和广泛应用方面,UPVC管具有一定的优势。然而,对于具体情况的选择仍需结合实际情况,根据管道所处环境、使用需求以及成本等因素综合考虑,以确保供水系统的安全、稳定和高效运行。

## 参考文献:

- [1] 余建华. 市政给排水管道材质选用评价方法 [J]. 安装, 2023(12):82-84.
- [2] 陈文阳. 浅谈市政给水管道工程中管道材质的选择及运用 [J]. 居业, 2022(10):85-87.
- [3] 耿冰, 靳长青, 王杨, 等. 磷酸盐复合缓蚀剂对不同材质供水管道缓蚀控制的对比试验 [J]. 净水技术, 2019, 38(11):98-101.
- [4] 彭燕莉, 刘俊红. 塑料水管材质中化学成分对水质影响的研究 [J]. 塑料工业, 2019, 47(02):157-160.
- [5] 王杨. 室内给水管道材质对龙头水水质的影响 [J]. 净水技术, 2021, 40(S1):244-249.
- [6] 王悠. 管道材质对供水管网水质的影响 [J]. 供水技术, 2020, 14(03):38-41, 46.
- [7] 张鸿鹏. 给水管道腐蚀原因及防护措施探讨 [J]. 全面腐蚀控制, 2021, 35(03):110-111, 122.
- [8] 傅清祥. 现阶段建筑给排水设计中常见问题及其相关意见分析 [J]. 散装水泥, 2020(06):64-65.

# 污水处理机电设备调试与技术应用路径

金波

(秦皇岛市生活垃圾分类服务中心(秦皇岛市第一污水处理厂), 河北 秦皇岛 066000)

**摘要** 污水不仅会对环境造成污染, 还对污水处理技术提出了更大的挑战。当前, 我国对污水处理工作高度重视, 加大资金投入力度, 引进先进的技术、设备, 以保证污水处理工作更有成效。尽管如此, 在进行污水处理时也需要各种复杂的机电设备, 对设备进行调试时还存在一些问题, 因此, 需采取有效的解决对策, 才能更好地发挥设备功能。基于此, 文章主要以污水处理机电设备调试为研究对象, 分析相应的技术应用路径, 以期为提高污水处理水平提供参考。

**关键词** 污水处理; 机电设备调试; 空载试验; 负载试验

**中图分类号**: X7

**文献标志码**: A

**文章编号**: 2097-3365(2024)05-0115-03

对污水处理时, 采用先进的技术手段, 引进性能完善的机电设备, 可有效提高污水处理效率, 但在应用机电设备时, 需保证设备得到有效管理, 使设备运行正常。机电设备在污水处理中占据较大的成本, 设备能否发挥出应有的作用, 将直接关系到污水处理的效益。基于此, 要重视机电设备调试工作, 同时先进的技术手段, 对污水处理流程进行优化, 才能减少设备故障, 保证工作效率与质量得到提升, 提高污水处理水平。

## 1 机电设备调试在污水处理中的重要性

在进行污水处理时, 各种机电设备发挥着至关重要的作用, 常见的设备有潜水泵、鼓风机、格栅机等, 这些设备功能多元化, 每一种设备结构复杂、制作工艺精密, 因此, 设备故障同样多种多样。为了保证设备正常运行, 减少设备发生故障的概率, 要严格保证设备安装到位, 并对设备进行调试。在正式安装机电设备之前, 技术人员需对设备所在地的环境进行全面考察, 仔细阅读说明书, 了解设备安装要求、安装步骤、设备功能等内容, 有效满足污水处理的需求。对设备进行安装与调试时, 一方面要确保安装人员的能力和素质符合工作要求; 另一方面要求安装人员严格按照相应的标准和规范进行操作。安装完毕后, 需严格按照程序要求, 对管线进行安装, 这将直接关系到后续空载试验工作的质量。在进行空载试验时, 一旦发现问题, 就要及时调整, 保证系统正常运转。试验结束以后, 还要对系统进行综合性调试, 及时发现问题, 解决问题, 制定解决问题的方案, 保证设备作用得到有效发挥, 提高污水处理的质量。由于机电设备多种多样, 因此, 为了使其正常运行, 就要及时解决各设备

之间的矛盾, 做好协调, 才能达到事半功倍的效果<sup>[1]</sup>。

机电设备调试工作在污水处理中不可或缺。运用先进的技术手段, 制定合理的设备调试方案, 不仅可以降低设备出现故障的概率, 还能保证设备正常运行, 提高污水处理效率。由此可见, 调试工作与设备的安全性和可靠性密切相关, 正式操作之前, 需对设备进行有效的安装与调试, 才能使其在后续工作中更好地发挥作用。

## 2 污水处理机电设备调试中存在的问题

### 2.1 缺乏完善的检修机制

污水处理效果不仅关系到污水能否得到有效处理, 更关系到环保成效与污水处理的效益。在污水处理中, 机电设备调试工作非常关键, 但部分检修人员对设备检修工作不够重视, 也不能完全做到定期对设备进行检修, 或者只按照相应的规定履行检修程序。对设备进行检修时, 不能充分了解每一种设备的工作特点和性能, 检修目标不明确, 影响检修的有效性<sup>[2]</sup>。在这种情况下, 设备的安全隐患并没有及时发现, 问题日益严重, 加速设备老化, 缩短设备的使用寿命。尽管企业正逐渐重视设备检修工作, 组建专业的检修队伍, 提高检修人员的能力, 但检修人员能力参差不齐, 其所掌握的检修技术比较有限, 更多人会凭借经验发现问题, 解决问题, 但却不能保证设备得到全面的检修与维护, 导致部分问题并未被解决。一旦设备出现故障, 或者故障并未及时得到解决, 就会耽误污水处理工作的进程, 影响处理效果。

### 2.2 技术人员素质有待提升

污水处理是一项复杂、专业的工作, 因此, 污水处理设备类型多, 功能多元化, 对技术人员的要求比

较高。然而, 技术人员的素质还有待进一步提升, 具体表现如下。企业对维修人员管理不完善, 并未对维修人员进行系统、全面的培训, 导致维修人员的专业能力有待提升, 更多凭借经验开展工作。部分维修人员并未掌握专业的技术, 对设备中的故障不能展开全面、科学的分析, 导致故障并未及时得到有效处理, 发生突发事件后, 也不能规范操作, 或者应对不当, 从而影响机电设备正常运行, 甚至还会发生严重的事故。

随着污水处理技术日益复杂, 各种污水处理设备在市场中涌现, 功能日益多元化, 结构越发复杂, 因此, 对维修人员能力提出更高的要求。但现阶段, 从业人员的专业性不强, 很难满足污水处理多元化需求。一是维修人员对设备进行维修时, 往往不能准确、及时判断设备中的故障, 导致故障并未得到处理。二是机电设备结构复杂, 对其零件进行拆卸时, 需要遵循相应的步骤, 使用专业的工具, 但由于部分维修人员经验不足, 导致维修工作无法有效开展, 影响设备正常运行。三是部分零部件需要重新更换, 若缺乏有效的零部件, 就无法保证设备正常运行。四是设备维修耗费时间比较长, 维修成本比较高。

### 2.3 机电设备长期超负荷运行

在污水处理中, 许多设备需要长期运行, 才能保证工作正常开展, 因此, 设备所面临的负荷超标, 运行时间长, 设备会逐渐老化, 部分内部零件损耗十分严重, 若不能及时处理, 就会导致设备出现故障。同时, 影响设备运行的因素比较多, 一旦某一因素持续影响, 就会导致设备无法正常运行。此外, 设备运转速度过快、缺乏养护, 同样会影响设备内部零部件的使用寿命, 导致设备出现超负荷运转的情况<sup>[3]</sup>。

部分企业对设备的维护和保养工作并不重视, 设备出现故障后, 不能在第一时间发现故障, 导致设备自带故障超负荷运行, 因此, 设备可能会突然罢工, 也可能会诱发更加严重的安全事故。部分企业认为设备维护工作成本高, 为了降低成本, 就会忽视故障排查, 甚至不安排检修工作, 导致问题日益严重。

## 3 污水处理机电设备调试要点

### 3.1 空载试验

1. 格栅除污机。在污水处理工作中, 格栅除污机起到至关重要的作用, 正式使用这一设备之前, 需对其进行合理调试, 展开试验。由专业的技术人员负责该项工作, 明确操作要点。一方面, 保证格栅条导轨垂直平面和侧向平面彼此平行; 另一方面, 加强对格栅条的检测, 保证其正常运行, 确保污水处理工作顺利运行。确定设备没有问题后, 就要进行空载试验。正式试

验之前, 需对设备进行检查, 避免其出现卡阻现象。

2. 水泵机组。正式进行空载试验之前, 技术人员要对设备安装质量进行检查, 保证设备之间的严密性符合要求, 避免出现渗漏。开展潜水泵上升降落试验时, 要对速度进行严格的控制, 确保水泵处于水平面, 并保证其具备良好的密封性。开展螺栓泵体与泵夹套试验时, 需对螺栓设备进行有效利用, 保证整体结构更加稳固。

3. 沉淀池。技术人员要高度重视对沉淀池相关技术参数的检测, 确保设备得到妥善安装。进行空载试验时, 需对刮板与沉淀池底部的距离进行有效的控制, 保持合理距离, 避免二者出现摩擦, 保证整个操作过程顺畅。通过这一试验要加强对刮泥机等设备的检测, 了解其运行状态, 制定完善的评价标准, 制作试验报告, 一旦发现问题, 就要及时对问题进行处理。在这一过程中, 需对搬渣板和刮泥板进行仔细检查, 避免出现卡阻现象。要严格按照相应的要求进行操作, 保证安装质量。一是对设备的牢固性进行检查, 同时保证设备的密封性符合要求。二是对配电系统进行检验, 保证系统性能完善<sup>[4]</sup>。

### 3.2 负载试验

1. 旋流沉砂池试验。技术人员开展这一试验时, 要遵循相应的标准与规范, 对灌注水量进行有效的控制, 将抽沙泵、砂水分离器等设备的开关开启, 仔细检测设备的运行状态, 确保阀门的密实性, 避免出现渗漏。

2. 格栅泵房负载试验。工作人员要保证水资源充足, 满足本试验需求, 第一时间将水资源灌注到水渠道和泵前池之中, 打开电源, 全面、仔细检测传送设备、阀门等设备的运行状态。对设备的运转模式进行检测, 了解设备的灵敏程度, 然后对阀门情况进行对照, 确保泵房得到有效的处理<sup>[5]</sup>。

3. 浓缩池负载试验。进行注水时, 要严格按照相应的规范和标准严格操作。操作完毕后, 第一时间启动刮泥机, 陆续启动排泥系统阀门, 对每个阀门的严密程度与灵敏程度进行检查, 避免出现渗漏, 加大检测力度, 保证试验工作进行顺利。要尽量避免设备出现故障, 否则就会影响污水处理的效果, 因此, 要进一步完善现有的警报系统, 对系统进行仔细检测, 一旦发现问题, 就要在第一时间进行处理, 保证系统功能正常。

4. 二沉池负载试验。对二沉池进行试验时, 首先要保证注水工作有序进行, 严格按照要求进行操作。然后对通气量进行合理的控制, 避免出现渗漏, 进一步改善污水处理效果, 提高污水处理效率与质量。

## 4 污水处理机电设备调试问题改进对策

### 4.1 完善设备检修制度

对污水进行处理时,需保证各种机电设备得到合理调试与检修,因此,技术人员要制定完善的设备维修方案,严格按照方案要求进行操作,确保设备运行正常。要结合实际情况,确保维修工作有序进行,在完善维修方案的同时,制定合理的检修制度,保证问题及时得到解决。同时,制定完善的维修计划,明确设备维修周期,融入动态检修思想,落实检修工作,及时发现设备中存在的问题,第一时间进行处理,避免问题进一步扩大,保证设备运行安全、可靠<sup>[6]</sup>。

### 4.2 准确分析和解决设备故障

1. 有效发挥检修人员的作用。检修人员要具备丰富的经验,认真学习先进的知识和技术,将所学知识与实践相结合,对各种机电设备进行全面分析,准确判断故障,对故障进行合理评估,然后采取相应的解决对策。同时,对维修系统进行改进,加强对检修人员的培训,使其掌握多种检修方法,熟悉各种故障的处理方式。检修人员还要了解各种设备的性能,对设备使用寿命进行准确评估,定期对设备的技术指标进行检测,然后做好分类工作,使设备的使用效率得到提升。

2. 采用状态监测技术。对机电设备进行调试时,不仅要发挥出技术人员的作用,还要引进先进的状态监测技术,保证调试效率和质量得到提升。

(1) 离线定期调试。为了更好地发挥机电设备的作用,提高污水处理质量与效率,就要保证设备功能正常。因此,工作人员要严格按照要求,定期对设备进行检测与检查,采用先进的技术手段,确保检测工作高效开展,及时发现问题,解决问题,避免设备带病运行,提高污水处理效果。比如,可采用传感器对设备进行测试,了解设备的性能,同时,采用计算机技术对数据进行高效处理。

(2) 在线检测离线分析。采用在线检测离线分析法时,技术人员要将传感器提前安装在设备之上,利用现场微处理器对数据进行全面的采集,然后对数据进行仔细分析和处理,形成专业的检测报告。通过这种方式,就能制定完善的故障处理方案,确保故障及时得到处理<sup>[7]</sup>。

(3) 自动在线调试。污水处理的复杂性和专业性不言而喻,需确保设备运行正常,随时了解其运行状态,才能达到理想的污水处理效果。因此,要发挥现代化动态技术的作用,对设备进行动态化检测,保证信号及时得到传递。在这一工作模式中,需引进先进的计算机技术、人工智能技术和大数据等手段,保证故障

得到有效的分析和处理。随着时间的推移,在先进技术的支持下,设备调试工作将逐渐迈向自动化、智能化方向。

### 4.3 合理更换零部件

机电设备长期运转期间,会出现各种各样的故障,设备内部的零部件面临较为严重的磨损,因此,需及时对零部件进行更换,保证零部件质量过关,满足设备运行需求。每一种机电设备中包含大量的零部件,每一种零部件不可或缺,一旦某一零部件出现问题,在对其进行更换时,就要结合零件的具体功能和相关技术参数,选择合适的新零件。维修人员要对零部件进行仔细检查,确定更换的零部件质量过关,方可允许更换。更换时,要采取合理的更换方式,通过先进的测试技术对零部件质量进行判断和分析。在保证零部件质量的同时,还要保证零部件与设备充分磨合,使设备可以正常运行。合理控制零部件的质量,还能延长设备的使用寿命,减少设备出现问题的可能性,减少维修频率,降低维修成本,保证企业的效益得到提升,为人们创造良好的环境。

## 5 结束语

污水处理是一项与时俱进、关乎民生的重要工程,在我国大力提倡环境保护的今天,污水处理工作不可或缺,同时也是推动我国环境迈向可持续发展方向的基础。在污水处理中,要加强对各种机电设备的调试,引进先进的技术手段,保证污水处理效率得到提升。基于此,企业要高度重视设备安装与调试工作,明确操作程序,制定合理的制度,对故障进行准确判断和处理,减少故障对设备运行所带来的影响,提高设备运行的安全性与可靠性,提高污水处理水平。

## 参考文献:

- [1] 田栓科.污水处理厂机电设备安装及调试要点分析[J].造纸装备及材料,2023,52(02):66-68.
- [2] 魏会敏.污水处理厂机电设备的调试及试运行[J].河北水利,2022(05):41-42.
- [3] 徐锦.污水处理厂机电设备调试及技术应用[J].化工设计通讯,2022,48(03):84-86.
- [4] 方天宇.污水处理厂机电设备调试及技术应用[J].中外企业家,2020(10):146.
- [5] 陈风霞.泵站机电设备的远程控制操作与管理[J].水上安全,2024(01):46-48.
- [6] 苏纪阳.水利泵站机电设备安装及检修技术分析[J].现代制造技术与装备,2023,59(12):134-136.
- [7] 曹清洪.水泵机电设备安装调试技术在实际中的应用[J].中国设备工程,2023(24):194-196.

# 地铁工程地下结构防渗漏关键技术研究

伍浩

(中国水利水电第八工程局, 湖南长沙 410004)

**摘要** 地铁工程结构渗漏已成为地下工程的质量通病, 渗漏不仅是地铁工程施工的重大安全风险因素, 而且会造成工程完工后产生巨大的堵漏成本, 严重制约地铁工程的健康发展。本文以某地铁工程地下停车场防渗漏施工技术成功运用案例, 总结了地铁工程地下围护结构、防水结构、主体结构等全过程施工的防渗漏关键技术, 旨在为后续同类工程提供借鉴。

**关键词** 注浆加固; 聚氨酯; 基面处理; 模板台车; 水冷温控

中图分类号: U231

文献标志码: A

文章编号: 2097-3365(2024)05-0118-03

## 1 工程概述

### 1.1 工程概况

某地铁工程地下停车场为全地下双层五跨结构, 全场全长 555.5 m, 标准段宽度 50.55 m, 占地面积为 28094 m<sup>2</sup>, 结构高度为 19.5 m, 基坑深度 21.6 m。围护结构采用 1200 mm 厚地下连续墙, 底板、中板、顶板层厚分别为 1300 mm、800 mm、1000 mm, 两侧侧墙墙厚 1000 mm。

### 1.2 工程地质

该地铁工程位于一个典型的海洋冲积平原区域, 停车场断面结构穿越地层多为淤泥质土、粉质黏土、粉细砂层。主要不良地质为粉细砂层, 其具有渗透系数高、赋水承压性、浆液可灌性差等特点<sup>[1]</sup>。

## 2 渗漏的成因分析

### 2.1 设计原因

在本项目中, 地下停车场的结构采用了 C45P8 型号的混凝土, 这种混凝土以其大体积和高强度特性著称。在固化过程中, 混凝土的自然收缩常导致裂缝的形成。这一现象主要由水泥的水化作用引起, 尤其在使用高强度、大体积混凝土的情况下, 由于水泥含量较高且水化过程中产生的热量较大, 使得裂缝的风险进一步增加。

### 2.2 材料原因

混凝土, 这种广泛应用于建筑的材料, 是由水泥、沙子和碎石通过化学反应结合而成。在其硬化过程中, 特别是在水泥固化阶段, 会形成微小的孔隙结构, 包括微细孔和毛细孔。微观层面上, 混凝土可视为一个复杂的组合体, 其中包括水泥石、沙粒、碎石以及填

充有空气和水的微孔。随着混凝土中胶凝性材料的水化作用, 新形成的水化物会导致局部压力增加, 进而推挤出混凝土内部的多余水分。这一过程最终导致毛细通道的形成, 进而引发微观层面上的毛细裂纹。<sup>[2]</sup>

### 2.3 技术方案原因

本工程采用钢模台车和满堂架木模施工结构板。从施工成效上看, 钢模相对于木模, 由于其支架整体性较强、面板尺寸大、拼缝数量少、差异性沉降小, 导致钢模台车施工区域从裂缝种类、数量、长度方面都明显优于木模板施工区域。

### 2.4 施工过程控制原因

在施工过程中, 如果振捣作业不充分, 可能会导致混凝土表面出现蜂窝状或麻点状的不规则纹理。这种现象在严重情况下, 可能导致混凝土内部结构变得松散。此外, 如果新浇筑的混凝土层过厚, 或者振捣棒的插入深度不够, 以及施工中断导致上下两层混凝土之间形成冷缝, 都可能导致最终结构出现渗水问题。

此外, 养护不到位, 拆模时间过短也是产生渗漏的主要原因。

## 3 各阶段防渗控制措施

### 3.1 围护结构防渗措施

#### 3.1.1 止水帷幕注浆

地连墙工字钢板接缝处是防水薄弱点, 易发生渗漏水, 为防止停车场开挖过程中地连墙接缝渗漏水<sup>[3]</sup>, 在停车场地连墙接缝背侧布置注浆加固孔, 对砂层区域进行注浆加固。

采用 ZLJ250 型钻孔注浆一体机进行施工, 孔位布置在基坑外侧, 距离围护结构约 10~30 cm, 以漏水

点为中心,呈扇形向外分散,孔位布置梅花孔,孔间距 0.8 m。首先在地坪上按设计孔位采用钻孔机引孔,引孔直径  $\Phi 50$ ,引孔深度为基坑底以下 3 m。钻孔注浆钢管内部分为两层,分别为水泥浆液输送孔道及水玻璃浆液输送孔道,管内水泥浆液及水玻璃浆液分别输送至钻头处汇合。水泥采用普通硅酸盐水泥 P·O 32.5,水灰比为 1:1,水玻璃浓度 20° Bé,注浆压力为 0.3~0.5 MPa,终孔压力为 2 MPa,水泥浆与水玻璃的控制比例 3:1,凝固时间 30~50 s,单孔有效扩散直径 1 m。<sup>[4]</sup>

### 3.1.2 围护结构渗漏封堵

1. 围护结构轻微渗漏。地连墙接缝处湿迹且不具有明显水压力的渗流现象,直接可使用快干水泥对渗水处进行封堵。

若快干水泥无法处理,可对墙面轻微渗漏采用聚氨酯化学注浆工艺;若为线性渗漏,则沿渗漏方向交错注浆,相邻注浆孔间距约 10 cm;若为面状渗漏,则采用梅花形布孔,相邻注浆孔间距 10 cm,从结构立面由下往上灌注,每个孔注浆量控制在 70 mL,以裂缝处堵漏浆液溢出则注浆停止。如果浆液已灌满相邻针头位置,可跳开不注。在实施注浆作业时,如果某个注浆点的灌注时间过长而浆液没有从裂缝中溢出,这时应暂停注浆。之后,应等待一定时间让浆液在裂缝中分布和固化,再继续注浆作业。

2. 围护结构严重渗漏。若围护结构发生严重渗漏,可在渗漏处基坑外采用聚氨酯垂直注浆工艺。即从地面引孔,将注浆管下放至渗漏点下方 1~2 m 处。将聚氨酯主剂和副剂按照 100:8 比例混合。注浆前应进行发泡试验,要求发泡率  $\geq 2000\%$ ,凝固时间  $\leq 60$  s。若未达标,提高副剂参入比例。注入聚氨酯混合液前,先在注浆管内注入约 200 L 柴油,以确保聚氨酯在未到达渗漏处前,与外界水隔断,防止聚氨酯封堵注浆管路。

### 3.1.3 围护结构基面处理

防水卷材的铺设效果在很大程度上取决于地连墙基面的平整度。基面的平整性对于确保防水卷材铺贴的质量起到了关键性作用。在铺设防水卷材前,基层表面不得有渗漏水,否则应进行堵漏处理;基面要求平顺、坚固、无钢筋突出,平整度应满足  $D/L \leq 1/6$ ;地连墙表面的泥土杂物应彻底清理干净;底板及端头井等阴阳角部位均采用 1:2.5 水泥砂浆倒角。阴角做成  $50 \times 50$  mm 的倒角,阳角可采用水泥砂浆圆顺处理,  $R \geq 30$  mm。为确保地连墙满足以上要求,所有地连墙

基面均使用砂浆找平,完工后使用靠尺及塞尺验收平整度。

### 3.1.4 主体结构防渗措施

1. 外包防水卷材施工。在主体结构与其围护结构之间,我们特别设置了一层柔性防水层,以提高整体的防水性能。为了确保防水效果,我们在主体结构的外围覆盖了一层全包式的柔性防水卷材。在施工过程中,对防水卷材的质量控制极为重要:卷材铺设需平整、光滑,无褶皱和隆起现象;确保后续铺设时无空气囊,紧密贴合,粘接牢靠;卷材边缘需重叠 100 mm,并用 80 mm 宽的双面自粘胶条密封接缝,以提升接缝处的防水性能;在阴阳角和管道穿越部位需增加加强层。在施工中,还需特别注意防止在绑扎钢筋或进行电焊作业时损坏防水卷材。如有损坏,应立即修补。此外,为保证施工质量,我们实施了多道质量检查制度,包括底板防水层浇筑前的验收、侧墙模板施工前的检查、混凝土浇筑前的验收等,只有通过这些环节的质量检查,工作才能进入下一步,从而避免因前期工序的质量问题影响后续工作的进行。

#### 2. 主体结构施工阶段控制措施。

(1) 混凝土施工过程控制。第一,混凝土原材料控制。在此工程中,由于采用了大体积混凝土,其浇筑的体积相对较大,导致在水泥水化过程中产生了大量的热量。这种水化过程中的热积累使得混凝土内部温度迅速上升。鉴于混凝土本身具有较低的热传导效率,其表面与内部的散热条件存在显著差异,进而在混凝土内外部形成了明显的温度梯度。这种温度差异容易导致混凝土表面出现裂缝,从而可能对结构的安全性和使用寿命造成不利影响。第二,砼浇筑过程的控制。在板状混凝土的浇筑工序中,我们严格遵循了预先设计的仓面布局。这一过程首先聚焦于较短的边缘部分的浇筑,之后才转向较长的边缘进行浇筑,以确保浇筑工作的顺利进行和结构的均匀性,浇筑层厚控制在 30~50 cm。底板厚 130 cm,分三层浇筑,每层约 43 cm;中板厚 80 cm,分两层浇筑,每层 40 cm;顶板厚 100 cm,分两层浇筑,每层 50 cm;在执行墙体混凝土的浇筑作业时,我们采取了从一侧至另一侧的逐步方法,每隔 2 m 设定一个浇筑点。浇筑的过程中,我们控制每层混凝土的厚度约为 50 cm。

对于混凝土表面处理,我们采用专业的收面机进行操作。粗磨通常在混凝土浇筑完成后大约 2 小时进行,而精磨则在大约 4 小时后进行,具体时间取决于当天的天气条件及混凝土的塌落程度。混凝土的养护采用

土工布覆盖或者蓄水的方式,确保养护期不少于14天,以提高混凝土的质量和耐久性。

(2) 模板体系控制措施。在停车场的主体结构施工中,所采用的结构模板系统的设计合理性对整体施工质量具有决定性影响。考虑到该停车场主体结构的大跨度和长度特点,优先考虑使用了高度机械化的新型模板台车。这种模板台车不仅施工速度快,而且更加安全,特别是在保证施工质量和实现地铁施工的标准化方面显示出其显著优势。在评估了侧墙台车搭配钢面板系统和三角桁架支撑配合钢面板系统两种不同方案后,综合考量了工程质量、进度安排和人力成本等多个因素,模板台车系统在这些方面表现更加优越。

(3) 水冷温控措施。停车场底板厚度1300 mm,侧墙厚度1000 mm,浇筑厚度大。为消除内部蓄热过高引起的温度裂缝,提高结构耐久性和抗渗性,故采取水冷温控技术。

第一,水冷温控原理。为了有效控制混凝土结构体内的温度,我们采用了水循环冷却管的预埋策略。这些管道的作用是通过冷却水流与混凝土内部的水化热进行热交换,从而有效移除混凝土中积累的热量。通过这种方式,我们能够显著降低混凝土内部的温度升高,减少大体积混凝土内部和外部之间的温度梯度。这种温度控制方法对于减少由水化热引起的温度差异和防止温度裂缝的形成至关重要。<sup>[5]</sup> 第二,冷却水管安装。在本工程中,选用了直径为32 mm、壁厚为2.5 mm的钢制管作为冷却水管。冷却水管在铺设前均应通压力为0.6 MPa的水进行检查,检查冷却水管是否有破损;冷却水管在埋设布置前,水管内外壁应干净,没有水垢。冷却管预埋直接利用主体钢筋的拉筋或架立筋进行固定,采用铁丝绑扎固定,冷却水管进、出口引出仓外1.0~1.5 m。在混凝土浇筑前要先进行冷却水管通水,以检查冷却水管是否严密不漏水。第三,回填封堵。在混凝土温度降到设计指标时,为保证混凝土强度要求,对预埋的冷却水管采用水泥浆液注浆封堵。第四,侧墙温度数据对比分析。对安装冷却水管侧墙与未安装冷却水管侧墙,混凝土温度进行对比,温度数据如下。

从侧墙的温度监测数据中可以明显观察到,在最初的1至4天时间里,安装了冷却水管的区域中混凝土的核心温度普遍下降了8.8℃至14.5℃。相比之下,在没有实施水冷系统的侧墙区域,温度波动较大,最高温度可达约65℃。而在采用了水冷系统的侧墙区域,温度变化更为平稳,保持在较低水平(大约50℃)。这种温度的有效控制显著降低了混凝土内部的温度应

力,从而有效减少了温度裂缝的发生,实现了通过控制水化热释放的峰值以降低混凝土温度的目标。

3. 主体结构堵漏。主体结构完工后出现渗漏,底板和侧墙以水泥浆系统注浆为主,环氧树脂注浆为辅,顶板则以环氧树脂注浆为主。水泥浆具有凝固后强度高、造价低廉、浆液配制方便、操作简单等优点。

底板和侧墙采用水泥浆注浆前,先使用 $\Phi 40$  mm的水钻引孔,引孔深度以穿过防水卷材为准,布孔间距为8~15 m,引孔后要确保孔内出现明水,否则调整位置重新引孔。引孔结束后,向孔内出入八分(32 mm)镀锌注浆管,在执行注浆工作时,我们小心地将注浆管插入孔中,并故意留出一定的空间,这样做是为了确保浆液能够顺利注入。为了防止泄漏,我们在孔口处使用了专门的堵漏密封圈进行紧固。此外,为了达到最佳的效果,我们精心调配了水泥浆,采用的水灰比例为1:1,这样的比例有助于确保浆液的稳定性和效果,由首开注浆管开始注入,注浆压力为1~2 MPa。当临近孔出浆时,将首开孔注浆管阀门关紧,改由相邻孔注浆,按从下往上,出浆一孔,关闭一孔,直至结束。

#### 4 结束语

在整个地下地铁工程中,防渗漏的任务是一个贯穿始终的核心环节。从围护结构的稳固、防水措施的有效性,到主体结构施工过程中的质量监控,每一个步骤都至关重要。此外,堵漏工作的准确执行也是确保工程整体防渗成功的关键因素。这些环节共同构成了一个综合的、系统的防渗策略,对于整个地铁工程的质量和安全性有着不可忽视的影响。后续同类工程可以借鉴地铁停车场防渗工作的实践经验来做好防渗工作。

#### 参考文献:

- [1] 周志鹏. 地铁车站主体结构渗漏水控制[J]. 现代隧道技术, 2012, 49(02): 164-170.
- [2] 雷涛, 漆继良, 施成华, 等. 盖挖逆作法施工地铁车站叠合墙综合防水体系[J]. 城市轨道交通研究, 2023, 26(09): 69-73.
- [3] 赵嘉辉. 装配式地铁车站施工力学特征及其接缝处防渗材料性能研究[D]. 山东: 山东大学, 2021.
- [4] 莫云波. 复杂地层地铁地下结构渗漏水分析与质量控制技术研究[J]. 中国水运(下半月), 2022, 22(05): 121-123.
- [5] 苏博文. 地铁车站主体结构防水施工技术研究[J]. 科技创新与应用, 2022, 12(20): 156-159.

# 地下室防水工程渗漏的原因与防治措施分析

王军印<sup>1</sup>, 杜建峰<sup>2</sup>

(1. 山东中泽工程集团有限公司, 山东 菏泽 274000;

2. 山东联通建工集团有限公司, 山东 菏泽 274000)

**摘要** 城市土地资源越来越紧张, 人们将目光放在地下空间上, 各种各样的地下室被应用于建设中。在进行地下室防水工程施工时, 如果某一环节防水措施不到位, 很容易导致地下室出现渗漏的情况, 不仅损害到地下结构的承载力和耐久性, 还会对地下室的使用造成影响。因此, 本文将对地下室防水工程渗漏的原因进行分析, 然后提出相应的防治措施, 以期为延长地下室的使用寿命提供借鉴。

**关键词** 地下室; 防水工程; 渗漏原因; 施工控制; 用材适当

中图分类号: TU94

文献标志码: A

文章编号: 2097-3365(2024)05-0121-03

由于地下室工程关系到上层建筑的使用价值和使用寿命, 一旦地下室出现渗漏, 将会直接影响到建筑的安全性。因此, 施工单位需要重视地下室出现渗漏的问题, 加强对地下室设计、材料采购和施工过程等环节的监督管理, 针对地下室经常出现渗漏的问题进行研究, 并提出相应的解决措施, 避免出现地下室渗漏, 从而提升地下防水工程施工质量。

## 1 地下室防水工程渗漏的原因

### 1.1 对地下室结构设计不合理

在当前城市建筑的建设中, 地下室的数量越来越多, 而地下室结构设计是否合理和科学将会关系到地下室防水工程能力, 如果地下室设计不合理, 将会直接影响到建筑整体的稳固性、安全性和使用寿命。由于地下室工程会受到环境的影响, 如果在进行地下室工程设计之前没有对施工环境进行详细的勘探, 那么将会使得设计方案出现漏洞, 使得地下室出现渗漏的情况。另外, 在进行地下室防水工程设计时, 如果没有详细考虑后浇带、伸缩缝的留设位置, 很有可能导致伸缩缝的间距过大, 进而在这些薄弱部位发生渗漏的情况。在实际的地下室设计过程中, 还存在一些设计人员对混凝土自防水能力不了解的情况, 过高估计混凝土自防水能力, 没有按照相关要求来加强细部构造, 导致地下工程防水等级标准较低和防水层设计不合理, 影响到地下室防水的效果<sup>[1]</sup>。

### 1.2 施工原因

施工质量是影响地下室工程防水效果的重要因素, 所以施工单位需要建立和完善施工管理体系、优化施工流程和加强对每一个施工环节的质量控制, 只有这

样才能保证地下室防水工程的施工质量。但是, 从当前的地下室施工情况来看, 仍然存在一些问题, 例如: 在进行地下室施工之前, 没有进行混凝土配比的抗渗性实验, 导致抗渗混凝土的配合比出现问题, 不能满足施工环境的要求, 大大降低地下室的抗渗性; 在地下室防水工程施工的过程中, 在钢筋、预埋件密集的区域, 出现没有控制好坍落度、选择细石混凝土等情况, 依旧选择单一的粗骨料和坍落度, 导致振捣不严密, 使得一些部位出现孔洞等。与此同时, 在进行混凝土浇筑时, 如果振捣不符合不标准, 也会破坏混凝土的强度和密度, 降低地下室混凝土的抗渗能力, 致使一些地方产生蜂窝、孔洞, 造成抗渗脆弱。在采用柔性防水进行施工时, 由于混凝土表面湿度较高, 极易导致防水材料的破损和掉落, 导致某一部位出现渗漏。等到完成防水工程与附加防水层施工之后, 如果没有及时进行培填土壤, 将会出现由紧缩和温差形成的裂缝, 严重影响到地下室工程的防水效果。

### 1.3 材料使用不当

防水材料对地下室防水效果有着重要影响。在地下室防水施工中, 一般都会采取相应的防水材料或者涂料来作为主要的防水措施, 由于当前防水材料种类繁多, 不同类型的防水材料, 其功能和特点都是不一样的, 所以在进行地下室防水设计时, 选择合适的防水材料是十分重要的, 防水材料的选择需要考虑施工等级、施工环境和材料特点等因素, 避免出现因防水材料的问题而导致地下室出现渗漏的情况, 地下室在后期维修将会十分困难。通常来说, 为了保证地下室外墙施工和防水质量, 混凝土还需要添加特殊的添加

剂,避免因温度的变化而导致混凝土出现裂缝,对于不同的添加剂其用途也不一样,所以需要根据施工情况合理选择混凝土添加剂。

#### 1.4 预埋电气穿线管网问题

埋设的电力穿越管网的问题还会对地下室的防水工程的效果产生影响。主要体现在:(1)管线的质量不能满足地下室防水施工规范的要求;在建筑物内埋设管道的过程中,没有对管道的质量及性能进行检验,没有对管道的防火标志、电线管的性能标准编号进行检验。电线管的材料不符合要求是很普遍的现象,主要有金属线管的镀层厚度不均匀、管径不均匀等。(2)预埋电线管施工不规范。在进行地下室管道的施工过程中,由于没有严格按照施工图纸的规定对管道间距进行控制,多条线管并列、紧密地铺设在一起,这些管道相互交错重叠,会对保护层的厚度造成一定的影响,不仅会影响到浇筑施工的作业,也会影响到防水的施工效果。管道预埋处的问题还包括未对管道的接头进行检验,造成管道的接头不够紧。在连接线管的时候,如果没有把管口的质量控制好,如果管口有毛刺,就会影响到以后的防水工程的施工,线管的绑扣间距不合理和不能固定、预埋线盒的位置偏移,都会给施工带来安全隐患。在铺设管道的过程中,如果没有对管道进行有效的处理,还会对后续的防水工程造成影响,从而引起渗漏问题<sup>[2]</sup>。

#### 1.5 地下室地面防潮层施工不当

整体现浇混凝土地板结构层没有铺设防水卷材,或防水混凝土与柔性防水层没有形成有机的整体,或基层回填土没有按照规范进行夯实、沉降不均、片石层较弱、防水层不规范,在浇筑混凝土时,将卷材压边损坏,角落处没有做成“R”型,都会导致地下室地板被水浸湿,尤其是当防水卷材搭接不够宽时,阴阳角成为最易渗漏之处。

### 2 预防控制措施

#### 2.1 设计方面的优化

在开展地下室防水工程施工时,首要任务就是根据地下室结构特点、地质情况和水文特点来进行防水设计,保证地下室防水抗渗等级能够满足设计要求。此外,在实际的地下室防水工程设计过程中,以下几点需要格外注意:首先,减少荷载裂缝带来的影响。由于荷载裂缝直接影响到结构承载力,再加上这种结构裂缝难以计算,所以需要在设计过程中加强对此类结构裂缝的控制,保证整个设计过程的规范性和标准性。同时,还需要优先选择高效的膨胀剂、干缩性水

泥和骨料等物料,确定最佳的混凝土配比,避免出现因温度下降而出现的变形情况,进而提高混凝土的整体强度。其次,优化设计方案。从设计的角度来说,为了提高地下室的抗变形、抗沉降等能力,需要优化承台和底板的设计;为了提高混凝土自身的防渗能力,需要优化混凝土配比和添加合适的外加剂,提升混凝土的抗渗等级。最后,优化防水层设计。为了避免混凝土出现孔洞、裂缝而出现渗漏的情况,一般会在混凝土迎水面上设置防水层,防水层能够阻止水与混凝土的直接接触<sup>[3]</sup>。因此,在进行混凝土防水层的设计时,需要将主防水层和密封层紧密连接,从而实现防水层不透水、不变形等目的。

#### 2.2 施工控制

1. 墙板施工缝构造。首先,需要加强对施工现场的管理,保证每一位施工人员能够明确自身的工作任务,能够很好地执行施工计划。在进行混凝土浇筑之前,还需要将施工缝清理干净,保证凹缝处的整洁,如果选择凸缝的话,需要在底板表面以上的墙板处预留出施工缝的高度。总之,在施工之前,需要做好相应的准备工作,从安全施工角度将设计方案落实下去。其次,在安装上部墙体模板之前,需要将松散、不密实的混凝土凿掉,以免出现气孔的情况,并且需要将凸缝处的浮浆层清理干净,确认施工缝封口模板的严密性和牢固性能够达到要求之后,方可进行后续施工。最后,在进行施工缝的防水处理时,可以选择成熟的施工工艺,如:遇水膨胀止水条、涂刷混凝土界面处理剂和新型防水涂料材料等。

2. 后浇带施工。在进行后浇带施工时,首先需要后进行后浇带两侧主体施工,等到两侧混凝土凝固且沉降稳定之后,才能进行后浇带的浇筑,一般来说间隔为两个月。另外,在进行后浇带浇筑之前,还需要用钢丝刷将接缝面清理干净,去除表面的砂浆层,直至露出混凝土,用水润湿一天之后,再根据混凝土浇筑速度,将素水泥涂刷在接缝面上。在进行混凝土浇筑的过程中,需要重点控制浇筑温度和后期养护。

3. 其他分部分项工程施工。由于在预埋金属件、穿墙螺栓等部位容易出现渗漏的情况,所以在进行此类部位的施工时,需要保证止水环处的焊接质量,并在焊接完成之后,详细检查每一个焊缝的质量。等到拆模之后,还需要切掉多余的穿墙螺栓,并且涂上油漆,防止其生锈,再用密封材料将凹槽堵住之后,使用聚合物砂浆将凹槽抹平。在对穿墙管线进行处理时,可以选择套管式防水法,并在套管上加焊止水环,在完成主管安装之后,可以在迎水面位置主管与套管之

间的缝隙内填充密封材料,从而提高穿墙管线处的抗渗性<sup>[4]</sup>。

### 2.3 用材适当

由于防水材料直接关系到地下室工程防水的效果,在实际的地下室施工过程中,需要根据不同的施工环境来合理选择防水材料,加强对防水材料的质量管控,避免地下室出现渗漏的情况,提高地下室抗渗的能力。当前较为常用的防水材料有刚性防水材料和柔性防水材料,其中,刚性防水材料主要是由水泥、砂石和添加剂混合成防水砂浆和防水混凝土的材料,通过添加外加剂、调整配合比等手段,能够提升混凝土自身的空隙率和密实度,不仅具备一定的抗渗能力,而且还可以作为承重和围护结构。但是,刚性防水材料的缺点在于延展性和抗拉伸性较低。柔性防水材料的拉伸强度高,一般以防水卷材或者涂料来进行地下室防水处理,能够针对地下室易出现渗漏的位置进行防水处理,能够提高地下室防水工程的整体性。由于当前各种防水材料种类较多,在进行防水材料采购时,为了保证材料的质量,需要找信誉高的厂家进行合作,保证防水材料的性能能够满足施工需求。

### 2.4 防水施工质量监控

设计人员应根据工程造价及地基的建设情况,制定出相应的施工方案。为确保地下室防水工程的防渗效果,应加强对整个施工过程的监控。防水施工的质量监督主要有:(1)做好防渗施工的准备工作的,在施工前对所需要的建筑材料进行检查,验收合格后才能使用。建筑工地要重视建筑材料的贮存状况,对建筑材料的质量进行控制。在施工之前,应检查防渗漏相关环节的材料和相应的配比方案,确保防渗工程的准备工作质量。在实施防渗漏工程前,应先对工程现场进行勘察,并做好技术交底。另外,还要对施工人员进行详细的工作交接,确保防水项目各个施工环节的紧密衔接。(2)监测防渗工人的作业情况。施工单位应定期安排质检员检查地下室防水工程施工人员的作业状况,检查防渗施工工作记录,确保施工人员能够严格执行地下室防水施工设计方案。对违反规定的作业,要立即制止,并与有关负责人进行沟通,采取补救措施。同时,要让施工主管督促技术人员提升自身专业水平,确保地下室防渗施工作业能够符合地下室防水工程的需要。在施工过程中,需要将刚性防水和柔性防水技术结合起来,在地下室防潮层、卷材防水层、后浇带等方面,要严格按照国家的防水工程建设标准来执行。(3)检查防渗工程的质量,搞好地下室防水工程的验收。地下室防水工程的验收工作,要求验收

人员严格按照地下室防水工程验收规程,对地下室易出现的渗漏部位进行重点检测。对地下室防水工程中的混凝土、砌体等分项工程的竣工验收,要对其进行中期验收。在验收工作中,要有专门的工程师来检查地下室的一些常见的漏水点,在防渗施工符合验收标准之后,监理工程师才能对其进行验收,并将相关的资料整理好,上报给相关的部门。

### 2.5 预埋管网处理措施

为减少地下室的渗漏,应采取措施:(1)加强建筑周边的回填和夯实工作。降低雨水的渗入,从而提高地下室防水工程的防渗效果。(2)加强对穿线套管间隙的封堵。在封堵材料的选用上,要综合考虑发泡胶、防火泥等材料的特性,要考虑光缆运动对封堵效果的影响,并考虑光缆在使用期间的温升对封堵效果的影响,将维修时间、维修费用等因素纳入封堵方案的设计中。(3)做好地下室预埋式管道工程的验收工作,并做好技术交底工作。为了减少施工中的误差,还需要对管线的间距、管线的长度进行检验,并对管线的铺设过程进行控制<sup>[5]</sup>。要注意导线管接头的施工质量,防止在灌注混凝土时将导管堵死造成无法通过。除此之外,为提高地下室防水工程的防渗效果,还应处理设在地下的管网进行处理。

## 3 结束语

为了满足城市的发现需求,地下室的数量也在不断增加,地下室渗漏问题也受到人们的广泛关注。为了保证地下室工程的建设质量,在进行地下室工程施工的过程中,施工单位需要根据建筑特点和施工环境来进行地下室的设计,加强对各个施工环节的监管,确保施工材料的质量,避免出现地下室渗漏的问题。另外,施工单位也需要加强对施工技术的研究,使得施工技术能够满足不同建筑的施工需求,进而提高建筑的稳定性和安全性。

### 参考文献:

- [1] 张书涛.地下室防水工程渗漏的原因与防治措施[J].建筑与装饰,2016(12):16-17.
- [2] 叶志明.地下室防水工程渗漏的原因与防治措施分析[J].四川水泥,2018(06):329.
- [3] 徐斌,张阜.地下室防水工程渗漏的原因与防治措施[J].建筑工程技术与设计,2020(08):4862.
- [4] 冯海宝.地下室防水工程渗漏成因分析及防治处理措施[J].居业,2022(08):154-156.
- [5] 朱涛.地下室常见渗漏修缮及注浆技术的应用[J].工程设计与施工,2023,05(04):4-6.

# 建筑工程中高大模板的施工工艺和施工技术研究

李伯文

(山东省环能设计院股份有限公司, 山东 济南 250000)

**摘要** 随着建筑行业的发展和城市开发程度的提高, 大层高、大跨度的建筑物越来越多, 并且随着地下空间的逐步利用, 高大模板工程的应用也越来越广泛。在建筑工程中, 高大模板往往面临搭设困难、施工周期长和施工质量难以保证等问题, 严重影响施工效率和质量。目前, 对于高大支模的研究已经取得了一定的进展。基于此, 文章阐述模板工程的要求, 通过研究施工工艺和施工技术, 应用新的技术手段和设备, 推动建筑工程领域的进步。希望本文研究成果可以为行业提供技术支持和指导, 促进高大模板支设施工工艺和施工技术的标准化和规范化, 推动行业的发展和提升。

**关键词** 建筑工程; 高大模板; 模板制作; 脚手架施工技术; 墙柱模板施工技术

**中图分类号:** TU74

**文献标志码:** A

**文章编号:** 2097-3365(2024)05-0124-03

高质量的模板支架工程, 不仅能够加强建筑的空间层次感, 提高工程建设的质量, 还能够给施工的工人们提供一个安全保障, 以确保不会发生安全事故的同时提高项目的整体施工质量。因此, 确保模板支架的安全品质对于整个建筑项目来说是至关重要的一环, 需要对模板支架进行全方位的研究和分析。<sup>[1]</sup>

## 1 模板工程的要求

为了能够提高模板工程整体施工效果, 施工单位要根据相关要求和规范来开展相应的混凝土建设, 不仅可以提高每一个环节的科学性, 而且施工质量和整体项目建设质量才能得到保障。施工人员要确保混凝土构件、结构等方面具有较高的准确性, 严格按照设计图纸来对平面标高、界面尺寸等进行合理的设计。不仅如此, 施工单位还要确保模板刚度、稳定性等方面都可以达到规定的标准, 模板也要承受混凝土浇筑外侧压力, 施工过程中各种荷载力也不会带来较大程度的影响, 模板在使用过程中还要具备相应的强度和坚固性, 这样才能够承受更多方面的荷载力量。在混凝土浇筑、振捣等施工环节当中要让模板始终处于其承受的极限程度之内, 构件、结构等不会发生较大程度的改变。如果施工过程中因材料强度比较弱而导致构件受到损坏或变形, 那么施工人员要第一时间对施工方案进行合理的修改, 不仅整体稳定性得到保障, 而且还能够为后续施工建设奠定良好的基础。施工人员要严格按照要求和规定对模板进行安装和拆卸, 钢

筋绑扎、混凝土浇筑等技术都可以达到规定的要求, 模板生产也要朝着程序化和统一化方向不断前进, 在节约原材料使用的同时, 整体施工效率和建设进度也能够得到保障。模板安装过程中要做到严丝合缝, 如果接缝无法达到预期的严谨性, 那么技术人员要第一时间采取有效的措施进行处理, 这样才可以确保其接缝具有较高的严谨性, 在这之后才可以开展混凝土浇筑等各种施工, 漏浆等质量问题出现的概率也会得到降低<sup>[2]</sup>。

## 2 建筑工程中高大模板的施工工艺和施工技术

### 2.1 模板制作及安装

(1) 模板制作。应严格依据施工图的要求和施工方案的顺序, 科学有序地制作模板, 模板制作尺寸应准确, 板缝紧密, 板面平整, 板边方正、顺直, 板面接缝处应平整。在单步支撑架搭设结束后, 应立即对垂直度等参数进行校正, 确保满足规范要求。根据定位标志标线准备放置底座和垫板; 垫板的长度不宜小于2跨的长度且厚度不薄于50 mm。(2) 板模安装。铺模板的顺序应遵循四周到中间的原则。梁侧模被压在楼板模板下方时, 其各位于角落位置的模板应进行拉线钉固处理。板模板安装就位后应采用水平仪进行板面标高的检查、调整。铺设完毕之后, 应立即检查牢固程度, 并做好清扫工作, 上好脱模剂。板模安装时, 应在确定顶托标高无误之后, 以如下顺序进行安装: 横向主楞→纵向次楞→铺设模板。楼板模板应从四周

向中间位置铺设,对于模板间的缝隙,用三板补齐,当跨度 $\geq 4$  m时,按规范或设计要求设置相应的预拱度。对于位置相近的梁板而言,表面的高度误差应 $\leq 2$  mm,单个模板表面的平整度控制在 5 mm 以内。浇筑混凝土时,设置一组养护条件相同的对照组,以对照组强度作为拆模的依据。

## 2.2 脚手架施工技术

在高大模板支设过程中,脚手架工程的重点是地基基础处理、立柱定位和安装以及斜撑安装。为了保证基础承载能力达到设计要求,应对脚手架的地基基础进行硬化处理。如果基础为软土,则必须采取加固措施,如换土、夯实、增加垫片和浇筑混凝土等。同时,基础应设置排水设施,防止脚手架被水浸泡。基础处理完成后,要根据设计要求进行立杆定位,确定脚手架的平面位置和高度。安装立杆应按照由中心向四周的顺序进行,并在立杆底部安装基座或衬垫,使其与地面紧密接触,以便确保脚手架的整体稳定性和承载能力。脚手架的外侧和转角处应设置斜撑,以保证脚手架的稳定性和抗倾覆能力<sup>[3]</sup>。

## 2.3 墙柱模板施工技术

墙柱模板施工作业开始前,应做好钢筋定位复核,确保模板表面干净,并依照规范要求涂刷脱模剂。先安装一侧角部模板,做好临时支撑固定后,安装整面模板。柱模板安装时,要在底部位置一侧留出清扫洞口,待柱模板校正后,用水将底部积存的木屑、灰尘等洗干净,再进行封存。模板安装固定后,在预留孔内穿上对拉螺栓。将结构部位砼凿毛,用钢丝刷刷洗干净,钢筋绑扎完成后,在立筋部位套上砼垫块,拼入预先配置好的柱模板,之后用钢管加 $\Phi 14$ 加工成型的螺栓初步固定,用线锤或经纬仪进行校正。将斜撑一端固定于背楞,另一端用膨胀螺栓或预留钢筋固定于楼板上。最后,完成水平标高和垂直度调整,做好整体校正。

## 2.4 混凝土浇筑施工技术

在混凝土浇筑之前,应对混凝土的强度和易性和坍落度等参数进行检查,确认符合标准后才可进行浇筑工作。在混凝土浇筑过程中,应合理安排好振捣时间,避免过振或漏振。由于混凝土结构的高度较高,在振捣过程中要适当降低振捣时间,避免由于振捣时间过长而出现蜂窝、麻面等现象。当混凝土浇筑到一定高度时,应采用插入式振动器进行振动,并对混凝土表面进行二次压实。对于混凝土表面出现的蜂窝、麻面等现象,应及时用水泥浆进行修补。当模板上的钢筋较为密集时,应采用插入式振动器进行振捣。振捣器

与模板之间的距离应保持在 200 ~ 300 mm,并保证振捣时间在 40 ~ 60 s<sup>[4]</sup>。

## 2.5 悬挑斜拉支撑系统施工技术

悬挑斜拉支撑系统的施工顺序:施工准备—确定位置和定位预埋—安装悬挑工字钢—加设钢管支撑—安装斜拉杆—搭设钢管支撑架。在施工过程中,需注意以下几点:(1)设置支撑点。在施工过程中要结合现场情况设置支撑点,根据悬挑结构的形状和荷载特点合理选择支撑点位置。建筑项目支撑点设置在悬挑结构端部和中部,以确保支撑点位置能够承受悬挑结构的质量和荷载。(2)张拉和固定钢丝绳。在支撑点确定后,开始张拉和固定钢丝绳。一方面,要根据设计要求合理选择钢丝绳的规格并进行预张拉,以便有效消除钢丝绳的弯曲和松弛问题,提高其刚度和稳定性。另一方面,采用螺栓、钢板或焊接等方法将钢丝绳固定在支撑点上,保证钢丝绳张力均匀,不存在明显的松动和变形。(3)安装支撑杆。根据悬挑结构的形状和荷载特点合理选择支撑杆,并采用螺栓或焊接等方法连接,以提升安装质量。在施工过程中,应注意控制支撑杆的角度和位置,确保其能够承受悬挑结构的质量和荷载。

## 2.6 验收技术

(1)承重杆件以搭设用量的 30% 进行外观抽检,如果出现严重的质量问题,则需要进行 100% 检验,并随机抽取外观检验不合格的材料送检。(2)施工中重点检查立柱底部、垫板、底座位置、顶托螺栓伸出长度、立杆规格尺寸和垂直度、扫地杆、水平拉杆、剪刀撑等。(3)在屋面结构支撑系统搭设过程中,应做好水平杆扣接头、斜杆和接头与连接盘插销的检查,并做好最后验收。(4)支撑系统搭设完毕,由专项小组验收合格并办理手续后,才能进行钢筋安装。针对验收中提出的整改意见,应限期整改,在混凝土浇筑前进行支撑系统复验,确保支撑系统安全<sup>[5]</sup>。

## 3 提高建筑工程中高大模板施工质量的有效措施

### 3.1 认真编制专项施工方案

高支撑架施工属于特殊施工内容,施工风险较高,按照住建部令中对超过一定规模的危大工程的规定,为保证该模板高支撑架施工工程及施工人员的安全,降低事故发生率,相关责任单位应在危大工程施工前,组织工程技术人员编制专项施工方案,优先选用技术成熟的定型化、工具式支撑体系,并按照程序组织召开专家论证会,进行审核、审批。参与会议的人员应包括负责技术、质量、安全的相关人员,经审核通过后,

由总承包单位技术负责人及分包单位技术负责人共同审核签字并加盖单位公章,方可依此专项施工方案进行施工技术交底、施工工作安排、计划落实等工作,以有效指导模板高支撑架施工工作。

### 3.2 明确安全负责人

为保证高支模施工安全,在工程施工期间要明确现场施工安全负责人,同时在施工准备阶段开展全员安全技术交底,以便树立和强化施工人员的安全意识。项目部应设立施工安全专项小组,由项目经理和技术负责人分别担任组长和副组长,小组成员包括质检员、施工员、机管员、劳动队长、安全员以及班组长等。施工期间,专职安全员要负责现场安全监管工作,全面排查安全隐患,若发现应立即停工整改,以此提升现场安全管理的有效性<sup>[6]</sup>。

### 3.3 加强对模板支架搭设作业过程的安全管理

模板支架工程的搭建和施工属于特种作业范畴,因此所有作业人员不仅需要通过专业培训,掌握一定的相关技能,还需要持证上岗。企业在招聘人员时,需要进行一定的审查,管理人员需要结合相关的法律法规仔细筛查一线的作业人员,考察他们是否符合规定,且是否在之前的工程建设过程中存在违规操作的历史。企业还需要建立材料验收制度,组织相关的专业人员对材料进行入场验收,只有符合要求的材料才能进入施工现场。并且在项目完成之后,企业也需要派遣相应的安全员对项目进行质量检测,检测合格之后再报送监理单位进行最后的验收。在这样多重安全管理的过程之下,模板支架项目才能为将来的施工中起到安全保障的作用。

### 3.4 提高施工人员的专业技能水平

施工技术、施工模板质量会对模板工程施工质量带来影响,同时,施工人员自身综合素质与各个环节施工之间也有着直接的联系。所以,施工单位要顺应时代发展的特点来开展一线施工人员专门的施工技能培训,这样能够让施工人员自身理论知识储备和专业技能水平进一步提高,严格按照相关要求和规定来开展购物施工。与此同时,施工单位还要让一线施工人员在开展日常工作的时候树立正确的安全施工意识,在提高每一个工程施工环节安全性的同时,还能够为后续相关施工的正常开展奠定良好的基础。施工单位还要对先进的施工方法和技术进行充分的掌握,这样才可以根据实际情况来对这些技术手段和机械设备进行合理的应用,这些技术和机械设备的作用才能够充分发挥出来,后续相关工作也可以正常开展<sup>[7]</sup>。

### 3.5 模板拆除及注意事项

模板拆除时,应按以下程序进行。对构件的受力状况和变形情况进行全面检查,确保满足设计要求后,方可拆除模板。模板的拆除必须由上而下逐层进行,严禁从下向上拆除模板,防止因模板下端承受压力而产生变形。拆除侧模时应从顶层侧模一侧向另一侧顺序进行,先拆非承重模板再拆承重模板,不得从中间向两端同时进行。在侧模拆除时,应先将其上的杂物清理干净,以免在拆除时将杂物抛落,损坏混凝土结构。在拆除梁、柱、墙等结构模板时应注意:当混凝土强度达到设计强度的80%以上时方可拆除外模板;拆下模板、支架、配件等应分类堆放整齐,不得直接堆放在施工现场道路上;拆下模板、支架等材料不得从高处向下抛掷。拆模过程中如发现混凝土试块强度低于设计强度30%时,应暂停拆模并继续养护。

## 4 结束语

高大模板施工技术在建筑领域应用广泛,对于各类危大工程十分重要,故提升高支模施工技术有助于加快工程进度、提升工程质量、确保工程安全。文章通过分析建筑工程中高大模板支设的施工工艺和施工技术,期望为类似项目的施工提供指导,为高大模板支设施工技术的研究提供参考。未来,可以进一步研究高大模板支设的施工工艺和施工技术在工程中的应用,并完善现有的理论体系,推动高大支模在建筑工程中的应用<sup>[8]</sup>。

## 参考文献:

- [1] 舒雪峰.建筑工程中高大支模架的支撑施工关键技术分析[J].山西建筑,2015,41(18):106-107.
- [2] 梁正宇,陈涛.高大模板支撑体系在某工业厂房项目中的运用[J].建筑技术开发,2023,50(10):38-40.
- [3] 刘维克.建筑工程楼板模板高支撑架的设计与施工技术[J].四川水泥,2020(10):208-209.
- [4] 蔡国端.高支模施工技术在工业建筑工程中的应用[J].四川水泥,2020(12):337-338.
- [5] 王敦.探析建筑工程中模板施工技术的应用[J].山西建筑,2017,43(16):105-107.
- [6] 张立彬.高大模板支设的施工技术及安全管理措施[J].房地产导刊,2016(07):63.
- [7] 刘刚.建筑工程中高大模板施工技术研究[J].建材发展导向(上),2021,19(12):132-133.
- [8] 杨建峰.房屋建筑高大模板支撑设计及施工研究[J].北方建筑,2023,08(04):65-68.