

隧道机电改造项目施工及管理研讨

谭方海

四川攀西高速公路开发股份有限公司 四川 成都 610041

摘要:随着我国交通基础设施建设的不断完善,早期建成的隧道逐渐进入功能升级与设备更新阶段,机电系统作为隧道安全运行的“神经中枢”,其改造工程的重要性日益凸显。本文聚焦隧道机电改造项目的施工及管理,探讨其在保障隧道安全运营、提升通行效率中的重要性。文中系统分析了照明、通风、消防、监控四大机电系统的改造技术要点,包括灯具选型、智能控制、风机节能、火灾报警升级、高清监控与数据平台建设等关键内容。同时,从施工前准备、施工过程、安全管理、成本控制四个维度,提出针对性管理策略。研究旨在为隧道机电改造项目提供技术参考与管理范式,助力提升工程质量与运营效能,为同类项目实施提供实践指导。

关键词:隧道机电;改造项目;施工;管理研讨

引言:隧道作为交通基础设施的关键节点,其机电系统的稳定性直接影响通行安全与运营效率。随着服役时间增长,传统机电设备逐渐面临老化、功能滞后等问题,难以满足现代交通对智能化、安全性的高要求,隧道机电改造成为必然需求。然而,改造项目面临施工环境复杂、技术集成度高、多系统协同难度大等挑战,需在保障交通通行的同时,实现技术升级与管理优化。围绕隧道机电改造的施工及管理展开研讨,先阐述项目管理的重要性,再从照明、通风、消防、监控系统的技术改造要点切入,结合施工全流程管理策略,探讨如何提升改造工程的科学性与实效性,为推动隧道机电系统升级提供理论与实践支撑。

1 隧道机电改造项目施工管理的重要性

隧道机电改造项目施工管理是保障工程顺利实施、实现改造目标的核心环节,其重要性体现在多个维度。从安全层面看,隧道作为封闭狭长的交通空间,机电系统直接关系到火灾预警、应急通风、照明保障等关键功能,施工管理的规范性决定了改造后系统的可靠性,可有效降低运营阶段的安全风险,避免因设备故障引发的交通事故或次生灾害。从工程质量角度,机电改造涉及多系统协同(如照明与监控联动、消防与通风响应),施工管理通过技术标准统一、工序衔接管控,能确保各系统兼容适配,避免因施工不当导致的功能缺陷,为后期稳定运行奠定基础。在效率与成本方面,科学的施工管理可优化资源配置、压缩无效工期,尤其在隧道半幅通车或夜间施工等场景中,通过精准的进度规划减少对交通通行的干扰,同时通过成本动态监控避免返工浪费,实现经济效益最大化。此外,规范化管理能积累技术经验与数据成果,为行业标准完善提供实践依据,推

动隧道机电改造从粗放式施工向精细化、智能化管理转型,助力交通基础设施运维水平的整体提升^[1]。

2 隧道机电改造项目施工技术要点

2.1 照明系统改造技术

2.1.1 灯具选型与布局优化

灯具选型需平衡照明效果与节能需求,优先选用高光效、长寿命的LED灯具,确保显色性能满足行车视觉清晰度要求。考虑隧道环境特殊性,灯具需具备较高防护等级以抵御潮湿、粉尘影响,同时抗振性能需符合交通行业标准。布局采用分段式设计,入口段通过提升亮度缓解“黑洞效应”,过渡段逐步降低亮度至中间段水平,出口段反向渐变以避免强光刺眼。此外,结合隧道曲率、宽度优化灯具间距与安装角度,通过对称或交错排列减少阴影,保障路面照度均匀性,提升行车安全性。

2.1.2 智能控制系统应用

智能控制系统通过传感器实时采集隧道内光照、车流、环境等数据,实现照明动态调节。例如,根据自然光强度自动调整入口段灯具亮度,车流量低谷时降低非必要区域照明功率以实现节能。系统集成远程控制功能,支持故障自动报警与定位,缩短维护响应时间。同时,结合交通监控数据实现联动控制,如事故路段自动增强照明亮度以配合应急救援。通过智能算法优化亮灯模式,在保障安全的前提下提升节能效果,构建“按需照明”的智慧管理体系,提升隧道运营的智能化水平与综合效益。

2.2 通风系统改造技术

2.2.1 风机性能提升与节能改造

风机性能提升需结合隧道通风需求,优先选用高效能、低噪音的新型风机,确保在复杂气流环境下稳定运

行。针对老旧风机,通过部件升级、叶轮优化等方式提升风压与风量输出效率,减少运行损耗。节能改造可引入智能调节技术,根据隧道内空气质量与车流变化动态调整风机运行功率,避免无效能耗。同时,采用变频控制技术实现风机软启动与转速自适应调节,降低启动电流对电网的冲击,延长设备使用寿命,在保障通风效果的同时实现节能降耗。

2.2.2 风道优化与气流组织改进

风道优化需结合隧道结构特点,通过流线型设计减少风阻,确保气流输送路径顺畅。对风道内壁进行平滑处理,避免因局部凸起或转角设计不合理导致的气流紊乱。气流组织改进需实现均匀送风,通过合理布置风口位置与角度,使新鲜空气与污浊空气高效置换,减少局部空气滞留。同时,结合隧道内不同区域的通风需求,采用分区控风策略,在车流密集段增强换气效率,在闲置区域合理降低风量,形成科学的气流循环体系,提升通风系统的整体效能。

2.3 消防系统改造技术

2.3.1 火灾报警系统升级

火灾报警系统升级需强化早期预警能力,优先采用灵敏度高、响应迅速的新型探测设备,提升对初期火情的识别精度。针对老旧系统,通过更换核心控制器、优化信号传输线路,减少误报、漏报现象。同时,拓展报警系统的联动功能,使其能与通风、照明、广播等系统协同响应,在报警的同时自动触发应急模式。此外,引入智能分析技术,对异常温度、烟雾等数据进行实时监测与研判,缩短火情确认时间,为后续救援争取宝贵时间,全面提升隧道火灾预警的可靠性与时效性。

2.3.2 灭火系统完善

灭火系统完善需结合隧道空间特点,补充或更新适配的灭火设备,确保在火情发生时能快速有效控火。优化灭火装置的布局,覆盖隧道内关键区域,避免出现扑救盲区。加强系统的联动协调性,使灭火设备与火灾报警系统无缝对接,实现报警后自动启动灭火程序。同时,对老旧灭火设备进行全面检修或更换,确保其性能达标,满足应急灭火需求。此外,完善灭火系统的维护机制,定期检查设备状态与药剂有效性,保障系统在关键时刻的可靠运行,提升隧道火灾扑救的整体能力。

2.4 监控系统改造技术

2.4.1 高清视频监控与智能分析

高清视频监控改造需更换低清晰度设备,采用能捕捉细节的高清摄像头,确保隧道内各区域画面清晰连贯,无监控死角。镜头选型需适配隧道光照条件,在明

暗变化环境下保持画面稳定性。智能分析技术的应用是核心,通过算法对监控画面实时解析,自动识别异常情况,如车辆违规、设备故障等,并及时发出预警。同时,结合历史数据优化识别模型,提升分析准确性,减少人工监控压力,实现从被动观察到主动预警的转变,为隧道运营管理提供精准的可视化信息支持。

2.4.2 数据融合与共享平台建设

数据融合与共享平台建设需打破各系统数据壁垒,将监控、交通、设备运行等多类数据整合到统一平台。通过标准化数据接口,实现不同来源信息的高效汇聚与格式统一,避免数据孤岛。平台需具备数据存储、处理与展示功能,能直观呈现隧道运行状态,为管理人员提供全面决策依据。同时,支持多部门权限管理,确保数据按需共享,提升协同处置效率。通过构建一体化数据平台,实现信息资源的深度挖掘与利用,推动隧道管理向智能化、精细化转型^[2]。

3 隧道机电改造项目施工管理策略

3.1 施工前准备管理

3.1.1 工程调研与设计优化

工程调研需全面掌握隧道现有机电系统状况,包括设备运行年限、性能参数、故障记录等,同时勘察隧道结构特征、周边环境及交通流量规律。通过现场检测与资料分析,明确改造需求与制约因素,如设备兼容问题、施工空间限制等。设计优化需基于调研结果,结合最新技术标准与运营需求,对原方案进行调整,重点解决系统衔接不畅、功能冗余等问题。注重多专业协同设计,确保照明、通风、消防等系统改造方案的协调性,同时预留未来升级空间,提升设计方案的科学性与可实施性。

3.1.2 施工组织设计编制

施工组织设计编制需以工程特点与改造目标为核心,明确施工流程、工序衔接及资源配置方案。内容应涵盖施工分区划分、各系统改造的先后顺序,避免交叉作业冲突。针对隧道施工的特殊性,制定交通导改方案,确保施工期间车辆通行安全。同时,明确质量控制点与验收标准,制定应急预案以应对突发情况,如设备故障、天气影响等。合理规划人力、机械投入,平衡施工效率与成本控制,形成兼具指导性与灵活性的实施计划,为施工全过程提供规范依据。

3.2 施工过程管理

3.2.1 进度管理

进度管理需结合工程总量与施工条件,制定分阶段进度计划,明确各系统改造的起止时间与关键节点。将

总目标分解为周、月任务,通过节点管控确保整体进度可控。施工中建立动态跟踪机制,定期对比实际进度与计划差异,分析滞后原因,如材料供应延迟、交叉作业干扰等,及时调整资源投入或工序衔接方式。针对隧道施工的不确定性,预留缓冲时间应对突发情况,同时加强各施工班组的协同沟通,避免因衔接不畅导致工期延误,确保改造工程按计划有序推进。

3.2.2 质量管理

质量管理需建立贯穿施工全程的管控体系,依据技术规范与设计要求制定明确的质量标准,涵盖设备安装精度、系统调试参数等细节。施工前对材料与设备进行进场检验,杜绝不合格品投入使用。过程中强化工序验收,上一环节未达标不得进入下一工序,重点把控隐蔽工程质量,如管线敷设、设备接线等。引入第三方检测机构进行关键节点抽检,结合施工班组自检、监理巡查形成多级监督网络。

3.3 安全管理

3.3.1 安全风险评估与防范措施制定

安全风险评估需全面识别施工中的潜在风险,涵盖隧道内作业环境、设备安装、交叉施工等环节,如有限空间作业风险、高空作业坠落风险、临时用电安全隐患等。通过对风险发生概率及影响程度的分析,划分风险等级,明确重点防控对象。防范措施制定需针对高风险点,如设置临边防护、配备通风设备、规范用电线路敷设等。

3.3.2 安全教育培训与安全监督检查

安全教育培训需覆盖所有施工人员,内容包括隧道施工安全规范、风险点识别方法、应急操作技能等,结合案例分析强化安全意识,确保人员掌握自我防护与应急处置能力。安全监督检查实行日常巡查与专项检查结合,重点核查防护措施落实、设备安全状态、作业人员操作规范等情况。

3.4 成本管理

3.4.1 成本预算与控制

成本预算需结合工程设计方案与市场行情,全面测

算设备采购、人工投入、材料消耗、机械租赁等各项费用,形成详细的预算清单。编制时需预留一定比例的不可预见费用,以应对材料价格波动、设计变更等突发情况。成本控制贯穿施工全程,通过建立台账实时记录实际支出,定期对比预算与实际成本差异,分析超支原因,如采购环节溢价、返工浪费等。针对关键成本节点实施重点管控,例如通过集中采购降低设备采购成本,优化工序减少人工冗余支出。

3.4.2 资源优化配置

资源优化配置以提高利用效率为核心,结合施工进度计划合理调配人力、材料、机械等资源。人力资源配置需根据各工序需求匹配专业班组,避免人员闲置或负荷过载,同时通过技能培训提升作业效率。材料管理实行精准调度,根据施工节奏制定采购计划,减少库存积压与浪费,对周转材料进行统一回收复用。机械设备配置需兼顾性能与经济性,优先选用多功能设备减少投入,合理安排使用时段避免交叉冲突^[3]。

结束语

隧道机电改造项目的施工及管理是一项系统性工程,既需精准把握照明、通风、消防、监控等系统的技术升级要点,又要通过科学的施工管理策略实现安全、质量、进度与成本的统筹把控。本文从技术改造与管理优化双维度展开的研讨,为同类项目提供了可借鉴的实践路径。随着智慧交通的发展,隧道机电系统将向更智能、更协同的方向演进,未来需持续探索新技术与管理模式的融合,不断提升改造工程的前瞻性与实效性,以保障隧道通行安全,提升运营效率,为交通基础设施的高质量发展提供坚实支撑。

参考文献

- [1]黄培鑫.机房改造项目中的环境建设要点研究[J].设备管理与维修,2020,(10):74-76.
- [2]钟闻.从机电专业角度探讨办公楼改造项目的设计管理[J].中国设备工程,2020,(06):141-142.
- [3]刘长松.隧道工程机电设备智能监控及维护管理分析[J].低碳世界,2021(21):226-227.