

地铁机电维护工程安全风险分析与控制

文 攀

重庆轨道交通运营有限公司 重庆 401120

摘 要：地铁作为城市交通骨干，其安全高效运营关乎民生与城市秩序，而机电系统是地铁运营的核心支撑，机电维护工程安全则是保障系统稳定的关键。本文聚焦地铁机电维护工程安全风险分析与控制，先阐述地铁机电系统构成及维护工程内容。进而从人员、设备、环境、管理四维度识别安全风险因素，介绍定性性与定量结合的风险评估方法。最后从技术、管理、人员、应急四个层面提出针对性控制策略，构建全流程风险管控体系。研究旨在为地铁机电维护工程安全管理提供实践指导，降低安全风险，保障地铁运营安全与稳定，对提升地铁机电维护安全水平具有重要现实意义。

关键词：地铁机电维护工程；安全风险；识别与评估方法；控制策略

引言：当前地铁机电维护作业环境复杂、技术要求高，且面临人员、设备、环境等多方面风险，一旦发生安全问题，将直接影响地铁运营，甚至威胁乘客生命财产安全。但现有部分维护工作中，风险识别不全面、管控措施不完善等问题仍存在。因此开展地铁机电维护工程安全风险分析与控制研究，对完善风险管控体系、提升维护安全水平、保障地铁持续稳定运营具有迫切的现实需求与重要价值。

1 地铁机电维护工程概述

1.1 地铁机电系统构成

地铁机电系统是保障地铁安全高效运营的核心支撑体系，由多个功能协同的子系统构成，各子系统间相互关联、相互作用，共同维持地铁运营的正常秩序。该系统涵盖为地铁运营提供基础环境保障的系统，负责调节站内及车厢内温度、湿度与空气质量，确保乘客舒适度与设备运行环境稳定；包含保障地铁供电连续性与稳定性的系统，为列车牵引、车站照明、设备运行等提供可靠电力来源，是地铁运营的动力核心；涉及实现列车运行控制、信号传输与调度指挥的系统，确保列车按照既定路线安全、有序行驶，避免运行冲突；还包括负责车站与列车消防预警、应急疏散引导的系统，以及保障站内给排水、电梯与自动扶梯运行的辅助系统，各子系统共同构成功能完备、逻辑严密的有机整体。

1.2 机电维护工程内容

地铁机电维护工程的内容围绕系统全生命周期展开，涵盖以下核心环节。（1）日常巡检侧重于对各子系统设备运行状态的实时监测与数据采集，及时发现潜在异常；（2）定期检修依据设备运行规律与技术规范，对设备进行全面检测、保养与性能校准，预防故障发生；

（3）故障维修则针对突发设备故障，开展快速诊断、故障排除与设备恢复工作，减少对运营的影响；（4）系统升级则结合技术发展与运营需求，对老旧设备或功能模块进行更新改造，提升系统整体性能^[1]。

2 地铁机电维护工程安全风险因素的识别与评估方法

2.1 安全风险因素的识别

地铁机电维护工程的安全风险因素识别要围绕工程全流程，从以下核心影响维度展开，确保覆盖实际作业中的关键风险点。（1）在人员维度，主要涉及维护人员的安全意识与操作能力，如对安全规程的掌握程度、作业时的专注度，以及是否存在习惯性违规行为，这些直接影响操作环节的安全性；人员的生理与心理状态也需纳入考量，疲劳作业或情绪波动可能导致判断失误，增加风险概率。（2）设备维度的风险集中在设备本身的技术状态与维护适配性，包括设备运行年限带来的性能衰减、关键部件的磨损情况，以及设备是否存在出厂时的隐性质量缺陷；不同子系统设备间的兼容性，以及维护工具与设备的匹配度，也可能因适配问题引发操作风险。（3）环境维度要关注作业场景的客观条件，地下作业空间的通风效果、温湿度变化，以及有限空间内的气体成分，可能对人员健康与设备运行产生影响；地铁运营间隙的作业时间紧张，且可能面临突发的运营调度调整，外部环境的不确定性会加剧作业风险。（4）管理维度的风险则体现在制度与执行层面，包括安全管理制度的完整性与可操作性，是否明确各岗位的安全职责；维护作业的流程规范是否清晰，如作业前的安全交底、作业中的过程管控、作业后的验收标准是否完善；安全监管的频次与力度，以及对违规行为的处罚与整改机制，也直接影响风险管控的实际效果。

2.2 安全风险评估方法

地铁机电维护工程的安全风险评估方法要结合工程实际需求,选择以下兼具实用性与科学性的方式,确保评估结果能有效指导风险管控。(1)定性评估方法。以直观分析为核心,通过梳理风险因素的发生逻辑与影响范围,对风险等级进行初步判定。常用的如安全检查表法,依据行业规范与工程经验,制定涵盖人员、设备、环境、管理的检查清单,逐一核对实际作业中的风险达标情况,快速识别风险薄弱环节;故障树分析法则通过构建风险事件的逻辑关联模型,从可能导致事故的末端因素入手,反向推导风险传导路径,明确关键风险点的优先级。(2)定量评估方法。侧重通过数据量化风险程度,依托工程历史数据与现场监测数据,对风险发生概率与影响后果进行计算。层次分析法通过构建风险因素的层级结构,结合专家意见与实际作业数据,对各风险因素的权重进行赋值,确定不同风险的相对重要性;模糊综合评价法则针对风险因素的不确定性,通过建立模糊评判矩阵,将定性描述转化为定量指标,综合计算风险等级,为风险管控提供精准的数据支撑^[2]。

3 地铁机电维护工程安全风险控制策略

3.1 技术层面安全风险控制策略

在地铁机电维护工程安全风险控制中,技术层面的策略要围绕设备全生命周期管理与作业技术优化展开,具体如下:(1)建立设备技术状态动态监测体系,引入高精度传感器与数据采集终端,对机电系统关键设备的运行参数进行实时捕捉,包括设备运行温度、振动频率、电流电压等核心指标,通过搭建数据分析平台,对参数变化趋势进行研判,提前识别设备性能衰减或潜在故障风险,实现从“事后维修”向“预测性维护”的转变,避免因设备突发故障引发安全问题。(2)优化维护作业技术流程,针对不同子系统设备的维护需求,制定标准化技术操作规范,明确维护作业的技术要点、操作步骤与质量标准,确保维护人员在作业过程中有章可循。同时,引入智能化维护工具与设备,如用于设备内部检测的内窥镜、用于精密部件拆装的自动化设备等,减少人工操作对设备的损伤,降低因操作精度不足导致的风险;对于涉及高压、高空等高危作业场景,采用远程操控技术,减少人员直接暴露在风险环境中的概率。(3)加强技术方案审核与验证机制,在开展重大维护作业前,组织技术专家对维护方案的可行性、安全性进行全面审核,重点评估方案中技术路线的合理性、风险防控措施的有效性;对于新技术、新工艺的应用,需先在非运营关键区域进行试点验证,通过实际运行检验技术

的安全性与适配性,待验证通过后再逐步推广,避免因技术应用不当引发安全风险。

3.2 管理层面安全风险控制策略

管理层面的风险控制要构建以下全流程、闭环式的管理体系。(1)完善安全管理制度体系,明确各部门、各岗位在机电维护工程中的安全职责,建立“一岗双责”制度,将安全责任落实到具体人员;制定涵盖维护作业全流程的安全管理办法,包括作业前的风险交底、作业中的过程管控、作业后的验收归档等环节,明确各环节的管理要求与操作标准,形成系统化的制度保障。(2)优化维护作业计划管理,结合地铁运营规律与设备维护需求,科学制定维护作业计划,合理安排作业时间与作业人员,避免因作业时间紧张导致的仓促操作,或因人员调配不当导致的疲劳作业;建立作业计划动态调整机制,当遇到运营调整、设备突发故障等情况时,及时调整作业计划,同时配套制定相应的风险防控措施,确保计划调整过程中的安全。(3)强化安全监督与考核机制,组建专业的安全监督团队,采用定期检查与不定期抽查相结合的方式,对机电维护作业现场进行监督检查,重点核查作业人员是否严格遵守安全操作规程、安全防护措施是否落实到位、设备运行状态是否正常等;建立安全考核指标体系,将安全管理成效与部门绩效、个人绩效挂钩,对安全管理工作突出的团队与个人给予奖励,对存在安全违规行为或安全管理不到位的进行处罚,通过考核激励提升全员安全管理意识。(4)加强与运营部门的协同管理,建立机电维护部门与运营部门的常态化沟通机制,在制定维护作业计划时充分听取运营部门的意见,了解运营需求与运营风险点;在维护作业过程中,及时向运营部门反馈作业进展与可能对运营造成的影响,确保运营部门提前做好应对准备;作业完成后,与运营部门共同对设备运行状态进行验收,确认设备满足运营安全要求后,方可恢复正常运行,避免因部门协同不畅引发安全风险^[3]。

3.3 人员层面安全风险控制策略

人员是地铁机电维护工程安全风险控制的核心主体,需通过以下策略提升人员安全素养与专业能力,减少人为因素导致的安全风险。(1)构建分层分类的安全培训体系,根据维护人员的岗位职责、工作经验与技能水平,制定差异化的培训方案。对于新入职人员,开展岗前安全培训,重点讲解地铁机电系统的安全风险点、安全操作规程、应急处置流程等基础内容,考核合格后方可上岗;对于在岗人员,定期开展岗位安全提升培训,结合最新的安全管理要求、技术规范与典型风险

案例,更新人员安全知识与技能,提升应对复杂风险的能力;对于技术骨干与管理人员,开展高级安全培训,侧重安全风险评估、安全管理体系建设、应急指挥等内容,培养其统筹协调与风险管控能力。(2)强化安全意识培养,通过多种形式开展安全宣传教育活动,如安全知识讲座、安全案例分享、安全标语张贴等,营造“人人讲安全、事事为安全”的良好氛围;建立安全文化建设长效机制,将安全理念融入日常工作中,引导维护人员形成自觉遵守安全规程的行为习惯,从思想根源上杜绝麻痹大意、侥幸心理等不良心态。(3)提升人员专业技能水平,建立技能培训与考核机制,定期组织维护人员开展技能实操训练,重点训练设备拆装、故障诊断、应急处置等核心技能,通过实操考核检验人员技能掌握程度;鼓励人员参与行业技术交流与技能竞赛,学习先进的维护技术与经验,拓宽技术视野,提升解决实际问题的能力;建立技能等级评定制度,将技能等级与岗位晋升、薪酬待遇挂钩,激励人员主动提升专业技能,减少因技能不足导致的操作风险。

3.4 应急层面安全风险控制策略

应急层面的风险控制要构建以下快速响应、高效处置的应急体系。(1)制定针对性的应急预案体系,根据地铁机电维护工程可能面临的不同类型风险,如设备故障、人员受伤、火灾等,分别制定专项应急预案,明确应急处置的组织机构、职责分工、处置流程、救援措施等;应急预案需结合实际情况定期修订完善,确保其与地铁机电系统的更新、维护作业模式的调整相适配,同时保证预案的可操作性与实用性。(2)完善应急资源保障体系,配备充足的应急救援设备与物资,包括急救药品、消防器材、应急照明设备、通讯设备、设备抢修工具等,确保应急资源能够满足不同类型风险事件的处置需求;建立应急资源动态管理机制,定期对急救设备进行检查、维护与更新,对救援物资进行盘点与补充,确保应急资源始终处于良好的备用状态;明确应急资源的存放位置与调用流程,确保在突发事件发生时能够快速

调取使用。(3)加强应急演练与实战能力提升,制定应急演练计划,定期组织开展不同类型、不同规模的应急演练,包括桌面推演、现场模拟演练等,演练内容涵盖风险事件的预警、响应、处置、恢复等全流程;在演练过程中,重点检验应急预案的可行性、应急指挥体系的协调性、应急救援队伍的实战能力以及应急资源的保障能力;演练结束后,及时开展复盘总结,分析演练过程中存在的问题与不足,针对问题制定整改措施,优化应急预案与应急处置流程,提升应急处置的实战水平。建立应急联动机制,加强与地铁内部各部门(如运营部门、消防部门、医疗部门等)的协同联动,明确各部门在应急处置中的职责与协作流程,确保在突发事件发生时能够快速形成应急合力;与外部应急救援机构(如地方消防救援队伍、医疗机构等)建立沟通协调机制,签订应急救援合作协议,明确应急救援的响应流程与资源调配方式,在发生重大安全风险事件时,能够及时获得外部专业救援支持,提升应急处置效率与效果^[4]。

结束语:本文系统梳理了地铁机电维护工程的基础概况,全面识别了多维度安全风险因素,明确了科学的风险评估方法,并构建了涵盖技术、管理、人员、应急的全方位安全风险控制策略。通过系列研究,为地铁机电维护工程安全管理提供了清晰的实施路径,可有效降低维护作业中的安全风险,为地铁机电系统稳定运行提供有力保障。

参考文献

- [1]朱勇飞,朱汉文.地铁轨道机电设备的有效维护方式研究[J].科技创新与应用,2019(2):188-189.
- [2]李显林.地铁机电设备维护维修管理的经济性[J].大众标准化,2022(19):81-83.
- [3]李晓辉.地铁车站机电设备安装与维护管理[J].工程建设与发展,2024,3(2):34-36.
- [4]杨瑞文.地铁机电安装工程项目施工安全风险管理探究[J].工程管理,2025,6(6):55-57.