

Research on the Progress and Quality Coordinated Management of the Entire Process of Rail Transit Engineering Construction

Yi Yang

Chongqing Rail Transit Operation Co., Ltd., Liangjiang New Area, Chongqing, 401120, China

Abstract

The construction of electromechanical systems in rail transit engineering is characterized by intensive interdisciplinary integration, complex process coordination, and highly variable interface conditions, resulting in a strong coupling between schedule management and quality management. In practical construction, insufficient coordination between schedule objectives and quality requirements can easily lead to rework, delays, and potential operational risks. Focusing on the whole construction process of rail transit electromechanical engineering, this paper systematically analyzes the key aspects of schedule management and quality control during the stages of construction preparation, installation implementation, and system commissioning and integration. Typical issues in equipment and material control, installation and commissioning management, and system interface coordination are examined. By establishing an integrated schedule-quality management mechanism, strengthening collaborative control of critical processes, and introducing information-based management approaches, the dual objectives of controlled construction progress and reliable quality in rail transit electromechanical engineering can be achieved, providing reference for the management of similar engineering projects.

Keywords

Rail transit; Electromechanical engineering; Schedule management; Quality management; Collaborative control

轨道交通工程建设全过程进度与质量协同管理研究

杨燚

重庆轨道交通运营有限公司, 中国·重庆 401120

摘要

轨道交通工程机电系统建设具有专业交叉密集、工序衔接复杂、接口条件多变等特点,其进度管理与质量管理之间呈现高度耦合关系。在建设实践中,进度目标与质量要求若缺乏协同统筹,易引发返工、延误及系统运行隐患。本文围绕轨道交通机电工程建设全过程,系统分析施工准备、安装实施、调试联动等阶段进度管理与质量控制的关键内容,梳理机电设备材料控制、安装调试管理及系统接口协调中的典型问题,通过构建进度质量一体化管理机制、强化关键工序协同控制、引入信息化管理手段,有助于实现轨道交通机电工程建设进度受控与质量可靠的双重目标,为类似工程项目管理提供参考。

关键词

轨道交通; 机电工程; 进度管理; 质量管理; 协同控制

1 引言

随着中国城市轨道交通建设规模的持续扩大,工程项目正由单一施工管理向系统化、精细化管理模式转变。机电工程作为轨道交通系统功能实现的核心组成部分,涵盖供电、通信、信号、综合监控等多个专业,其建设质量直接关系到线路运营安全与服务水平。同时,机电工程通常处于土建施工后期,受前序条件制约明显,施工周期压缩、交叉作业频繁,使进度控制难度显著增加。在实际建设过程中,进度与质量管理往往分散实施,缺乏统一的协同机制,导致赶工与返工并存、质量隐患与工期风险叠加。基于此,有必要

从全过程管理角度出发,系统研究轨道交通机电工程进度与质量的协同管理问题,明确关键控制环节与实现路径,以提升工程建设整体管理水平与实施效果。

2 轨道交通机电工程建设全过程管理的阶段划分

轨道交通机电工程建设全过程管理贯穿项目实施的各个环节,其阶段划分应紧密结合机电系统建设特点与工程实施逻辑进行统筹安排。机电工程通常在土建主体完成后逐步展开,但其管理工作需前移至施工准备阶段,通过图纸深化、接口条件核查、设备材料采购与进场计划安排,为后续施工创造稳定条件。进入设备安装阶段,供电、通信、信号、综合监控等系统依次展开施工,该阶段作业密集、工序衔接紧凑,对施工组织和现场协调能力要求较高。随着安装工作

【作者简介】杨燚(1983—),男,中国重庆人,本科,高级工程师,从事建设工程项目管理研究。

完成，工程转入系统调试与综合联动阶段，重点在于单系统功能验证、系统接口匹配及整体运行测试。

3 轨道交通机电工程建设进度管理的关键内容与实施重点

3.1 机电系统施工进度计划的编制与动态控制

机电系统施工进度计划是轨道交通工程建设进度管理的核心依据，其编制应充分体现机电工程系统多、工序复杂、施工条件受限等特点。进度计划需在总体工期框架下，对供电、通信、信号及综合监控等专业系统进行统筹分解，明确关键施工节点与工序衔接关系，确保机电工程与土建、装修等前序条件保持协调一致。在实施过程中，机电工程易受到设备供货节奏、接口条件变化及现场作业环境等因素影响，进度执行存在较大波动性。通过对施工进度进行动态跟踪与分析，及时调整施工组织与资源配置，可有效纠偏计划偏差，降低工期风险。

3.2 多专业交叉条件下机电工程进度协调管理

轨道交通机电工程建设涉及多个专业系统同步推进，施工过程中交叉作业频繁，进度协调管理成为影响工程实施成效的重要因素。不同专业在施工顺序、作业空间及技术接口方面存在紧密关联，若缺乏系统协调，容易引发工序冲突和施工等待，进而影响整体进度安排。进度协调管理应围绕多专业协同实施要求，对各系统施工时序进行统筹安排，明确交叉作业界面和责任划分，减少相互干扰。同时，通过建立顺畅的信息沟通机制，实时掌握各专业施工进度情况，对进度失衡问题进行动态调整，有助于提升施工组织效率。通过强化多专业条件下的进度协调管理，能够保障机电工程在复杂施工环境中有序推进，支撑轨道交通工程建设总体工期目标的实现^[1]。

4 轨道交通机电工程建设质量管理的核心环节与控制要求

4.1 机电设备与材料质量控制体系的构建

轨道交通机电工程设备与材料种类多、技术标准高，其质量控制体系需贯穿采购、进场、存放及安装前各环节。机电设备选型阶段应以设计参数为核心约束条件，牵引供电设备额定电压多为 35 kV 或 110 kV，设备绝缘水平需满足工频耐压 125 kV 以上要求，直流系统绝缘电阻保持在 20 M Ω 以上可有效降低运行故障概率。通信与信号设备对环境适应性要求较高，核心模块允许工作温度范围控制在 -10 $^{\circ}$ C 至 55 $^{\circ}$ C，电源波动范围不超过 $\pm 10\%$ ，可显著提升系统稳定性。材料进场管理中，同批次电缆长度超过 1000 m 时进行分段抽检，导体电阻偏差控制在 2% 以内，护套厚度偏差不超过 0.3 mm，有助于保证敷设质量一致性。仓储阶段应对不同材料分类管理，电气设备存放环境相对湿度控制在 70% 以下，可减少绝缘性能衰减^[2]。通过系统化质量控制，

机电设备材料问题引发的施工返工率可控制在 3 以内。

4.2 机电安装与调试过程中的质量管控要点

机电安装与调试是轨道交通系统功能实现的关键阶段，其质量控制直接影响系统运行可靠性。安装过程中，设备基础平整度偏差控制在 2 mm 以内，机柜垂直度偏差不超过 1.5 mm，可避免因机械应力导致的运行异常。电缆敷设应严格执行最小弯曲半径要求，通信光缆弯曲半径保持在 15D 以上，动力电缆保持在 12D 以上，有利于降低信号衰减和导体疲劳风险。端子连接工艺中，螺栓紧固力矩控制在 25 N \cdot m 至 35 N \cdot m 区间，可确保接触电阻稳定在 0.01 Ω 以下。进入调试阶段，单系统调试需覆盖全功能工况，信号系统响应时间控制在 200 ms 以内，供电系统电压波动范围维持在 $\pm 5\%$ 区间，综合监控系统通信丢包率低于 0.1% 方可判定合格。通过对安装精度与调试参数的全过程管控，可显著提升机电系统一次性调试通过率。

4.3 机电工程接口管理与系统联调质量控制

轨道交通机电工程接口数量多、关联性强，接口管理质量直接影响系统联调效果。接口管理需覆盖供电与信号、通信与综合监控、屏蔽门与信号系统等关键关系，其中信号系统与车辆系统接口时序误差控制在 50 ms 以内，可有效避免信息延迟风险。接口电气参数匹配是质量控制重点，通信接口电压等级保持在 24 V DC，电流波动不超过 0.5 A，有助于保障设备稳定运行。系统联调阶段需在额定负荷条件下开展连续运行测试，牵引供电系统连续运行时间不少于 72 h，关键设备温升控制在 40 K 以内，可验证系统长期运行可靠性。综合联调过程中，列车通过关键区段时信号系统通信成功率保持在 99.9 以上，联动动作响应时间控制在 300 ms 以内，方可满足运营要求。通过强化接口参数控制与联调质量管理，可有效降低系统运行初期故障发生率，提高轨道交通机电工程整体质量水平。

4.4 机电工程质量风险识别与预防控制机制

轨道交通机电工程建设过程中，质量风险贯穿施工实施与系统调试各阶段，其形成机理与进度安排、工序衔接及现场条件密切相关。质量风险识别应重点围绕设备安装精度偏差、接口条件不匹配及调试参数异常等问题展开。在实际施工中，设备安装偏差超过设计允许值 2 mm 时，系统运行稳定性明显下降，接口接触电阻增大至 0.02 Ω 以上易引发信号衰减与供电异常。通过对关键质量风险源进行前置识别，将风险点纳入施工计划与质量控制清单，可有效降低问题集中暴露概率。预防控制过程中，应将质量风险控制要求嵌入工序实施阶段，通过施工过程参数核查与技术复核，及时修正偏差，避免风险向后续工序传导。调试阶段对异常数据进行对比分析，系统响应时间超过 300 ms 或通信成功率低于 99.9 时需及时回溯施工环节^[3]。通过构建质量风险识别与预防控制机制，可使机电工程质量问题发生频次保持在可控范围内，为系统联调与安全运行提供保障。

5 轨道交通机电工程建设进度与质量协同管理的实现路径

5.1 基于全过程视角的机电工程进度质量一体化管理机制

轨道交通机电工程进度与质量协同管理应立足于工程建设全过程,将两类管理目标纳入同一管理框架中进行统筹安排。在施工准备阶段,通过进度目标与质量标准的同步分解,使设备采购周期、进场检验时间及安装工序安排形成闭环管理链条,避免因压缩工期导致质量控制弱化。进入安装实施阶段,进度计划与质量控制节点相互嵌套,将关键工序验收与进度节点挂钩,使施工节奏始终处于可控状态。调试与联动阶段将系统功能验证结果作为进度推进的重要依据,只有在质量满足要求的前提下方可进入下一工序。通过全过程视角下的一体化管理机制,实现进度安排与质量要求同步策划、同步实施和同步考核,有助于减少返工和资源浪费,提高机电工程建设整体效率。

5.2 机电工程关键工序进度与质量协同控制方法

机电工程关键工序是进度与质量矛盾最为集中的环节,其协同控制需围绕工序特性与技术要求展开。在设备安装、接口施工及系统调试等关键工序中,将施工进度控制与质量控制要求同步嵌入作业流程,通过工序完成度与质量合格度的双重约束,引导施工活动有序推进。进度安排过程中,将关键工序施工时长与质量检验周期进行匹配,避免出现工序完成后质量问题集中暴露的情况。通过对关键工序实施过程监控与结果复核相结合的方式,可在施工过程中及时发现偏差并进行调整,防止质量问题演变为工期延误。该协同控制方法有助于在关键节点实现进度受控与质量稳定的双重目标,保障机电工程整体实施效果。

5.3 信息化手段在机电工程进度与质量协同管理中的应用

信息化手段为轨道交通机电工程进度与质量协同管理提供了有效支撑。通过建设统一的信息管理平台,将进度计划、施工记录、质量检验结果等数据进行集中整合,实现进度与质量信息的实时共享。施工过程中,利用信息化系统对各专业施工进展与质量状态进行动态跟踪,可及时识别进度滞后或质量异常情况,为管理决策提供依据。信息化手段还可用于关键节点的过程留痕管理,使质量验收结果与进度推进形成对应关系,增强管理透明度。通过对历史数据的积累

与分析,有助于不断优化进度安排与质量控制策略,提升机电工程进度与质量协同管理的科学性 with 持续改进能力^[4]。

5.4 进度与质量协同管理的考核与反馈机制构建

轨道交通机电工程进度与质量协同管理的有效运行,离不开科学合理的考核与反馈机制作为支撑。在工程实施过程中,应将进度完成情况与质量达标水平纳入同一考核体系,通过指标联动方式引导各参建单位在满足工期要求的同时严格落实质量标准。考核内容应覆盖关键节点完成率、质量验收合格率及整改闭合周期等核心要素,使管理评价结果能够真实反映协同管理成效。通过对阶段性考核结果的分析,可及时识别进度偏差背后的质量隐患,或质量问题对工期产生的潜在影响,并据此调整施工组织与资源配置。反馈机制应突出闭环管理特征,将考核结果及时传导至施工计划优化、技术措施改进及管理责任落实等环节,避免问题重复发生。通过持续的考核与反馈,逐步形成进度约束质量、质量反哺进度的良性互动关系,有助于提升轨道交通机电工程建设全过程协同管理的稳定性与执行力。

6 结语

轨道交通机电工程建设具有系统复杂、专业交叉密集、实施周期受限等特点,进度管理与质量管理之间存在高度关联。在工程实践中,单一强调进度或质量均难以满足轨道交通系统安全可靠运行的要求。通过从全过程视角出发,将进度目标与质量控制要求纳入统一管理体系,强化关键工序协同控制,并合理运用信息化管理手段,有助于实现建设过程的有序推进与质量稳定提升。进度与质量协同管理模式的有效实施,不仅能够降低返工风险和资源浪费,还可提升轨道交通机电工程建设的整体管理水平,为工程顺利交付和后期运营奠定坚实基础。

参考文献

- [1] 吴卓蔓.轨道交通工程施工中绿色施工技术的创新与应用探索[J].建设机械技术与管理,2025,38(06):144-146.
- [2] 郭丽华.优化轨道交通项目工程建设资金监管的六大措施[J].中国商界,2025,(23):246-248.
- [3] 彭正杰.轨道交通工程建设安全风险监控方法研究[J].甘肃科技,2025,41(11):61-64.
- [4] 宋奇瑶.中国轨道交通工程项目的进度管理问题研究[D].导师:张尚.苏州科技大学,2019.