

轨道交通信号工程建设项目质量控制的信息化管理模式探讨

包安伦¹, 江松², 李梦豪², 刘嘉诚², 王立新²

1. 武汉地铁集团有限公司, 湖北 武汉 430070

2. 中铁建电气化局集团南方工程有限公司, 湖北 武汉 430074

DOI:10.61369/ETQM.2025060033

摘要：在城市化进程加速的背景下，轨道交通信号工程建设规模持续扩张。质量控制作为项目的核心环节，传统管理方式已难以满足需求。信息化管理模式借助先进技术，为轨道交通信号工程建设项目质量控制带来革新。本文深入剖析该模式的内涵、特点及应用情况，探讨面临的挑战并提出优化策略，以期推动轨道交通建设项目质量提升。

关键词：轨道交通；质量控制；信息化管理模式

Exploration of the Information Management Model for Quality Control in Rail Transit Signal Engineering Construction Projects

Bao Anlun¹, Jiang Song², Li Menghao², Liu Jiacheng², Wang Lixin²

1. Wuhan Metro Group Co., Ltd. Wuhan, Hubei 430070

2. China Railway Construction Electrification Bureau Group South Engineering Co., Ltd. Wuhan, Hubei 430074

Abstract：In the context of accelerated urbanization, the scale of rail transit signal engineering construction projects continues to expand. Quality control, as a core aspect of project construction, cannot be adequately managed using traditional methods. The information management model, leveraging advanced technology, brings innovation to quality control in rail transit signal engineering construction projects. This article delves into the connotation, characteristics, and application of this model, explores the challenges it faces, and proposes optimization strategies, aiming to enhance the quality of rail transit construction projects.

Keywords：rail transit; quality control; information management model

引言

近年来，我国城市轨道交通建设取得长足发展，逐步成为大城市公共交通系统的骨干，在满足人民群众出行需求、缓解城市交通拥堵等方面正在发挥着不可替代的作用。在城市轨道交通信号工程建设过程中，质量管理贯穿始终，影响着城市轨道交通的顺利开通。然而轨道交通信号工程建设项目具技术密集型与高可靠性双重属性，这对项目质量控制提出了极高要求。传统质量控制方式依赖人工，存在信息传递滞后、管理效率低下、数据准确性难以保障等问题，无法适应现代轨道交通建设项目对高质量的严苛标准。而大数据、物联网、云计算、BIM等信息技术的迅猛发展，为轨道交通信号工程建设项目质量控制提供了新路径，信息化管理模式应运而生。

一、研究目的与意义

本研究旨在深入探究轨道交通建设项目质量控制的信息化管理模式，明晰其在项目全生命周期各阶段的应用方式、成效及存在的问题，并提出针对性优化策略，以充分发挥信息化管理模式的优势，为项目质量控制提供有力支撑。从理论层面看，有助于丰富和完善轨道交通建设项目管理的信息化理论体系，揭示信息化技术与质量控制的内在联系。在实践方面，能为项目参建各方提供信息化管理模式应用指导，提升项目整体质量，保障公众出

行安全，推动城市轨道交通行业可持续发展。

二、轨道交通信号工程建设项目质量控制概述

(一) 项目特点

轨道交通信号系统作为保障行车安全与运输效率的核心控制系统，具技术密集型与高可靠性双重属性，质量管理贯穿设计、设备采购、施工安装、调试测试全周期。设计需遵循《城市轨道交通信号工程施工质量验收标准》(GB/T 50578)，把控与车辆、

轨道、供电等专业的逻辑联锁关系防信号误判漏判；设备采购要求信号设备通过 EN 50155 等国际认证，建驻厂监造机制全检工艺细节杜绝“带病设备”；施工安装时信号电缆与供电电缆间距 $\geq 300\text{mm}$ 防电磁干扰，转辙机机械缺口校准误差 $\leq 0.5\text{mm}$ 防卡阻；调试测试采用“仿真+联调”模式，先模拟场景再全线试运行，验证突发情况响应速度 $\leq 200\text{ms}$ ^[1]。

（二）质量控制的重要性

轨道交通建设涉及土建、机电、通信、信号、车辆等 50 余个专业，接口数量可达数万项，其质量管理需解决技术标准差异、施工时序冲突、责任界面模糊三大难题^[2]。接口管理涵盖机械、电气、软件等类型，机械接口如信号设备与轨旁支架连接时，螺栓扭矩需符合设计要求以防止振动松脱；电气接口如信号电源与供电系统接驳时，相位差需 $\leq 5^\circ$ 、接地电阻需 $< 1\Omega$ 以避免电源波动导致信号设备死机；软件接口如信号系统与综合监控系统数据交互时，通信协议需遵循 IEC 61850 标准、数据传输延迟需 $< 500\text{ms}$ 以确保调度指令实时同步。全周期管理流程包括设计阶段建立《接口台账》明确参数并采用 BIM 技术进行接口碰撞检测，施工阶段实行“接口交接签证制度”，调试阶段组织跨专业联合调试。典型质量风险与预控措施包括针对信号与供电系统接地环流风险采用独立接地系统，针对不同厂商信号设备协议不兼容风险在招标文件中明确采用统一通信中间件并要求厂商提前进行第三方实验室协议互通测试^[3]。

三、信息化管理模式在轨道交通建设项目质量控制中的应用

（一）信息化管理模式的内涵与特点

信息化管理模式依托现代信息技术，构建统一平台，对轨道交通建设项目质量相关信息进行数字化、网络化、智能化管理。通过整合建设、设计、施工、监理等各方信息，打破信息壁垒，实现协同工作，提升质量控制效率与水平，确保项目质量目标达成。该模式具有显著特点，借助传感器与物联网技术，可实时采集施工现场的工程进度、材料质量等数据，并通过无线网络快速传输至平台，项目管理人员能随时获取最新信息。同时采用先进数据采集设备与严格审核机制，减少人为数据错误，通过交叉验证与比对分析，确保数据可靠，为质量控制决策提供有力依据^[4]。信息化管理平台打破各方信息孤岛，实现实时交流与协同。施工单位发现质量问题可迅速在平台发布，监理单位及时审核，设计单位提出解决方案，沟通顺畅，缩短问题处理周期。还通过建立三维模型、数据可视化报表等，直观呈现质量信息，管理人员可清晰了解项目整体与分项工程质量状况，快速发现并处理潜在问题。

（二）信息化管理模式在项目各阶段的应用

在地铁信号系统规划设计阶段，地理信息系统（GIS）与建筑信息模型（BIM）技术形成双驱动，GIS 整合地形地貌、地下管线等多源数据构建信号电磁环境模拟模型，分析轨道沿线电磁干扰风险以辅助确定信号设备最优布设位置，确保信号覆盖盲区

≤ 5 米；BIM 建立涵盖列控中心、轨旁电缆路径等要素的三维精细化模型，与土建、供电专业模型进行接口碰撞检测，提前发现问题，同时通过信息化协同平台实现建设单位、设计单位与设备厂商的实时数据共享，在线评审信号逻辑联锁表以符合 GB/T 50578 规范要求^[5]。施工准备阶段，建设单位通过平台核验信号施工单位特种作业资质、设备厂商 EN 50155 认证文件及关键材料检测报告实现“无纸化市审”；采用 BIM + 轻量化平台进行信号图纸三维可视化会审，施工单位在模型中标记电缆过轨路径等问题，设计单位在线回复以明确接口参数；利用平台内置工艺库自动生成电缆敷设等工序的标准工时与资源配置方案，动态调整施工进度计划以确保信号关键工序与轨道、供电施工同步衔接。施工阶段通过信息化技术实现“数据采集 - 分析预警 - 整改闭环”全流程管控，竣工验收阶段的信息化管理贯穿验收全流程，验收过程全程留痕并跟踪问题整改，确保信号系统通过专项验收^[6]。

四、轨道交通建设项目质量控制信息化管理模式面临的挑战

（一）信息安全问题

在信息化管理模式下，轨道交通建设项目涉及大量敏感数据，如项目规划图纸、施工技术参数等。这些数据在传输、存储和使用过程中面临被窃取和泄露的风险。网络黑客可能通过攻击信息化管理平台，利用平台漏洞、发送钓鱼邮件等手段获取数据；内部人员不当操作或恶意行为，如误发敏感数据、私自出售数据，也可能导致数据泄露，给项目建设带来严重损失。随着项目信息化程度提高，信息化管理平台成为网络攻击目标^[7]。网络攻击者可能出于各种目的对平台进行恶意攻击，如分布式拒绝服务（DDoS）攻击，通过控制大量僵尸网络向平台服务器发送海量请求，使服务器瘫痪；恶意软件攻击，如病毒、木马、勒索软件等，可能感染平台计算机系统，窃取数据或加密勒索，影响项目建设进度与质量控制工作。

（二）系统兼容性与集成问题

轨道交通建设项目常使用多个信息化软件系统，如项目管理软件、质量管理软件、BIM 软件等。这些软件由不同供应商开发，数据格式、接口标准、通信协议存在差异，导致系统兼容性差。例如，将 BIM 模型数据导入项目管理软件时，可能出现数据丢失、格式错误等问题，影响信息共享与协同工作，增加项目参与方的数据转换与重复录入工作，降低信息化管理模式应用效率^[8]。在项目建设过程中，由于技术升级、业务需求变化等原因，可能需引入新的信息化系统。但新旧系统集成困难，旧系统架构、数据结构与新系统不兼容，难以实现无缝对接，集成过程中可能出现数据迁移问题，如数据丢失、数据不一致等。而且新旧系统操作流程不同，工作人员需重新学习适应，增加使用难度，影响信息化管理模式的推广应用。

（三）人员信息化素养不足

轨道交通建设项目质量控制信息化管理模式需要既懂轨道交通专业知识又熟悉信息技术的复合型人才。目前这类专业技术人

才短缺,许多项目管理人员缺乏信息技术知识,无法熟练运用信息化管理平台进行质量控制工作;信息技术人员对轨道交通信号专业知识了解不足,难以开发出符合项目实际需求的信息化系统,制约了信息化管理模式的应用与发展^[9]。部分轨道交通建设项目参建单位对员工信息化培训重视不够,培训内容与实际工作需求脱节,员工参加培训后仍无法熟练掌握信息化管理工具的使用方法,不能充分发挥信息化管理模式的优势。而且培训缺乏持续性,随着信息技术不断更新,员工无法及时学习掌握新的知识与技能,导致信息化管理模式应用效果不佳。

五、优化轨道交通建设项目质量控制信息化管理模式的策略

(一) 加强信息安全防护

轨道交通建设项目参建各方应制定完善的信息安全管理制度,明确信息安全责任,规范数据采集、传输、存储、使用等环节,建立严格的数据访问权限控制机制,根据员工岗位需求分配不同的数据访问级别,定期评估与更新信息安全管理,以适应不断变化的信息安全环境^[10]。利用防火墙、入侵检测系统、加密技术等先进信息安全技术,保障信息化管理平台安全。防火墙阻挡外部非法网络访问,入侵检测系统实时监测网络攻击行为,对敏感数据进行加密传输与存储,如采用 SSL/TLS 加密协议对数据传输加密,使用 AES 加密算法对数据存储加密,并定期升级信息安全技术,提高系统安全防护能力。

(二) 提升系统兼容性与集成水平

行业主管部门肩负关键职责,应积极组织制定全面且统一的轨道交通建设项目信息化管理数据标准与接口规范。严格要求各软件供应商必须依照此标准开展软件研发工作,切实统一数据格式、接口标准以及通信协议,全力保障不同软件系统间能够实现无缝对接与高效的数据共享。例如,精准规定 BIM 模型数据与项目管理软件数据的交互格式及接口标准,并建立灵活的更新机制,及时契合行业发展需求。在引入新信息化系统前,项目建设单位需进行全方位的集成规划,深入详细地分析新旧系统在架

构、数据结构、操作流程等方面的不同之处,精心制定合理的集成方案。在集成实施过程中,充分采用先进的数据迁移工具与技术,确保数据的完整性与准确性得以维系,同时有针对性地对工作人员开展系统操作培训,帮助他们快速熟悉新系统使用方法,保障新系统顺利融入项目建设流程。

(三) 提高人员信息化素养

高校和职业院校作为人才培养的关键阵地,必须全力推动轨道交通与信息技术相关专业建设。深入调研行业现状与未来需求,精准地对课程进行优化调整,从理论知识到实践操作,全方位打磨,力求培育出能适应行业复杂需求的复合型专业技术人才。企业要积极与高校、科研机构建立紧密合作关系,开展人才定向培养项目,针对关键技术难题联合攻关,像高校开设轨道交通信息化管理课程时,企业及时提供实习岗位,为自身储备优质专业技术人才。参建单位同样不可懈怠,应构建完善的员工信息化培训体系,依据员工岗位特性定制个性化培训方案。培训内容全面覆盖信息化管理工具使用、项目质量控制流程与信息化管理融合要点。采用线上理论教学与线下实操结合的培训模式,切实提升培训效果。定期开展信息化技能考核,将考核成绩与员工绩效紧密挂钩,以此激励员工主动学习信息化知识与技能,助力行业高质量发展。

六、结束语

轨道交通信号工程建设项目质量控制的信息化管理模式是提升项目质量的重要途径,通过在项目各阶段的应用,能实现信息实时共享、协同工作,提高质量控制效率与准确性。但该模式在应用中面临信息安全、系统兼容性与集成、人员信息化素养不足等挑战。通过加强信息安全防护、提升系统兼容性与集成水平、提高人员信息化素养等优化策略,可有效解决这些问题,充分发挥信息化管理模式在轨道交通建设项目质量控制中的优势,推动轨道交通信号工程建设项目高质量发展。随着信息技术不断发展,信息化管理模式在轨道交通建设项目质量控制中的应用将更加深入广泛,需要行业各方持续关注与探索创新。

参考文献

- [1] 杨柯.城市轨道交通设备工程各建设阶段的质量管理(上)[J].设备监理,2019,(07):14-17.
- [2] 姜红.城市轨道交通建设项目档案质量控制研究——以某轨道交通集团为例[J].北京档案,2018,(03):32-34.
- [3] 刘佳杰,张磊,张俊,等.城市轨道交通工程施工建设前期管线改移全过程分析[J].建设监理,2024,(02):33-37+41.DOI:10.15968/j.cnki.jsjl.2024.02.013.
- [4] 胡斌.轨道交通工程质量控制及安全管理[J].科技创新与生产力,2024,45(07):80-82+86.
- [5] 李海燕.质量管理体系在轨道交通票务稽查中的应用研究[J].交通科技与管理,2024,5(02):165-167+59.
- [6] 齐欢,李永乐,罗维.城市轨道交通质量建设管理行为标准化研究[J].黑龙江交通科技,2023,46(10):144-146.DOI:10.16402/j.cnki.issn1008-3383.2023.10.032.
- [7] 高超.轨道交通工程施工技术要点与质量控制研究[J].运输经理世界,2024,(02):4-6.
- [8] 马超.基于质量控制的城市轨道交通运营研究[J].运输经理世界,2023,(09):13-15.
- [9] 郑业勇,赵峰,孙建武.城市轨道交通工程团体标准质量管理探索与实践[J].工程建设标准化,2023,(01):77-80.DOI:10.13924/j.cnki.cecs.2023.01.005.
- [10] 马明,黄子进.城市轨道交通工程设计质量管理的分析[J].工程建设与设计,2021,(11):211-212+218.DOI:10.13616/j.cnki.gcjsysj.2021.06.070.