

轨道交通综合监控系统调试的关键技术与管理策略

白雪亮

广东 广州 510000

DOI:10.61369/ME.2025090004

摘要：介绍轨道交通综合监控系统相关内容，包括车站机电设备系统构成及功能，机电设备安装调试与综合监控系统调试的关系、接口管理要点，设备安装精度控制，系统调试的关键技术及安全管控方案，还提及调试文件控制、问题跟踪系统等，最后总结出调试管理体系及未来改进方向。

关键词：轨道交通；综合监控系统；调试

Key Technologies and Management Strategies for Commissioning of Rail Transit Integrated Supervisory Control Systems

Bai Xueliang

Guangzhou, Guangdong 510000

Abstract : This paper introduces the Integrated Supervisory Control System (ISCS) for rail transit. It covers the composition and functions of station electromechanical equipment systems, the relationship between the installation and commissioning of electromechanical equipment and ISCS commissioning, key interface management points, precision control of equipment installation, critical technologies for system commissioning, and safety management and control schemes. It also addresses commissioning document control and issue tracking systems. Finally, it summarizes the commissioning management framework and future improvement directions.

Keywords : rail transit; integrated supervisory control system (ISCS); commissioning

引言

轨道交通作为城市交通的重要组成部分，其综合监控系统调试涉及多方面技术与管理要点。随着《交通强国建设纲要》（2019年）的颁布，对轨道交通的高质量发展提出了更高要求。车站机电设备系统及其安装调试、综合监控系统调试中的关键技术、调试过程的管理以及安全管控等方面均是实现轨道交通高效可靠运行的关键因素。本文围绕这些要点展开讨论，深入研究相关技术，并结合案例分析应用效果，总结调试管理体系，同时探讨基于数字孪生技术的改进方向，以适应智慧城市轨发展需求。

一、轨道交通系统调试总体框架

（一）轨道交通系统构成与功能定位

轨道交通系统主要由车站机电设备系统等构成。车站机电设备系统包含多个子系统，如通风空调系统、给排水系统、电梯与自动扶梯系统、照明系统等。通风空调系统为车站提供适宜的温湿度环境^[1]；给排水系统保障车站的用水和排水需求；电梯与自动扶梯系统方便乘客进出站；照明系统为车站提供充足的光线。综合监控系统具有重要的功能定位，它能够对车站机电设备系统进行实时监控，采集各子系统的运行数据，及时发现设备故障并报警，同时可实现对设备的远程控制，提高设备管理效率和运营的安全性与可靠性^[1]。

（二）系统调试的阶段划分与逻辑关系

机电设备安装调试与综合监控系统调试存在紧密的时序关系

和接口管理要点。在时序上，机电设备安装调试通常需先于综合监控系统调试展开。机电设备的正确安装和初步调试是综合监控系统能够有效调试的基础^[2]。只有机电设备安装到位且自身运行稳定，综合监控系统才能准确获取设备状态信息进行后续调试。在接口管理方面，两者之间存在多种接口，包括物理接口和通信接口等。明确各接口的规范和标准是确保信息准确传递的关键。合理的接口管理能避免因接口不匹配或信息传输错误导致的调试延误和故障，保障整个轨道交通系统调试工作的顺利进行。

二、车站机电设备安装关键技术

（一）机电设备安装精度控制技术

FAS（火灾自动报警系统）、BAS（环境与设备监控系统）、SCADA（变电所综合自动化系统）等核心子系统的高精度安装

是车站机电设备安装精度控制的关键环节。这些系统的安装质量直接影响综合监控系统的数据准确性与运行稳定性。在安装过程中，需严格按照设计图纸与技术规范控制设备的水平度、垂直度、安装间距及传感器布置位置，确保信号采集和传输的稳定性。例如，FAS探测器的安装高度与位置需符合火灾探测覆盖范围要求，BAS的控制柜与末端设备连接必须保证布线整齐、接点牢固，SCADA的采集端口与接口模块应保持良好接触与屏蔽防护。此外，系统基础支架和机柜定位需精准施工，为设备提供稳定支撑，防止长期运行中因振动或偏移导致故障。这些高精度安装标准是确保轨道交通综合监控系统长期安全、高效运行的重要基础^[3]。

(二) 多专业接口衔接技术

机电设备安装涉及多个专业接口衔接，如与建筑结构、供电系统等。机电设备与建筑结构的三维协同安装技术至关重要。通过三维建模技术，实现机电设备与建筑结构的精确匹配和合理布局^[4]。在设计阶段，利用三维模型进行碰撞检测，提前发现并解决设备与结构之间的空间冲突问题。同时，考虑设备的安装空间、维护通道以及人员操作空间等因素，优化设备的安装位置。机电设备与供电系统的衔接也不容忽视。确保供电系统能够满足机电设备的电力需求，合理规划供电线路，避免线路交叉和过载现象。并且要保证机电设备的接地系统安全可靠，防止电气事故的发生。

三、综合监控系统调试核心技术

(一) 系统集成调试技术

1. 异构系统数据融合技术

轨道交通综合监控系统调试中，系统集成调试技术与异构系统数据融合技术至关重要。在系统集成调试方面，需深入研究FAS、BAS、SCADA等子系统的通信协议转换与数据集成。不同子系统的通信协议各异，需通过特定技术手段实现协议转换，确保数据能在各子系统间准确传输与交互^[5]。对于异构系统的数据融合，要解决不同结构、不同来源数据的一致性和兼容性问题。通过建立统一的数据模型和标准接口，对异构数据进行清洗、转换和整合，使综合监控系统能够有效利用各子系统的数据，实现对轨道交通整体运行状态的全面监控和精准分析。

2. 冗余容错测试方法

双机热备系统是综合监控系统冗余容错的关键设计。制定切换测试方案需考虑多种工况，模拟主设备故障，检测备用设备能否无缝接管工作负载，确保系统服务不中断。同时，设定合理的故障恢复验证标准至关重要，应涵盖系统状态检查、数据完整性验证等方面。通过严格的测试和验证，保证在主设备恢复正常后，系统能正确地重新配置，恢复到初始的稳定运行状态，满足轨道交通综合监控系统对可靠性和稳定性的严格要求^[6]。

(二) 联动功能验证技术

1. 火灾应急模式联动技术

轨道交通综合监控系统调试的联动功能验证技术及火灾应急

模式联动技术至关重要。在联动功能验证方面，需构建消防系统与电梯、广播、闸机联动测试场景，确保火灾发生时各设备能协同工作。消防系统检测到火灾信号后，应能及时控制电梯迫降，避免人员被困其中；同时，广播系统要准确播放疏散信息，引导乘客安全撤离；闸机也需打开，保障疏散通道畅通。在火灾应急模式联动技术中，要对综合监控系统在火灾场景下的整体性能进行调试。验证系统对火灾信息的准确采集与快速传递，以及各子系统根据预设规则的正确响应。这不仅涉及到硬件设备的联动，还包括软件系统对火灾应急流程的有效控制，以保障轨道交通在火灾等紧急情况下的安全运营^[7]。

2. 运营模式仿真技术

轨道交通综合监控系统调试涉及多种核心技术。在联动功能验证技术方面，需确保各子系统间信息交互准确，实现如火灾报警与通风排烟系统的联动等，当火灾发生时，相关设备能及时响应并协同工作^[8]。运营模式仿真技术则要模拟实际运营场景，包括不同时段客流量、列车运行间隔等。通过构建虚拟运营环境，对系统在正常和突发情况下的性能进行评估。同时，对于节假日大客流与设备故障状态，开发应急响应测试程序至关重要。该程序应能触发相应的应急措施，检验系统在特殊情况下的可靠性和有效性，确保轨道交通的安全稳定运营。

四、调试过程管理策略

(一) 调试质量管理体系

1. 三级调试文件管控机制

建立调试方案、实施细则、验收标准的文件控制流程是确保轨道交通综合监控系统调试质量的关键。应明确各文件的制定、审核、批准流程，确保文件的准确性和有效性^[9]。对于调试方案，需结合系统特点和调试目标进行详细规划，涵盖调试的各个阶段和环节。实施细则要对调试操作进行具体指导，包括设备的操作方法、调试步骤以及数据记录要求等。验收标准则要明确各项调试指标的合格范围，为调试结果的评估提供依据。同时，要建立文件的版本控制和更新机制，及时反映调试过程中的变化和改进，确保调试人员使用的是最新有效的文件。

2. 质量追溯数字化平台

开发调试问题跟踪系统对轨道交通综合监控系统调试至关重要。该系统能清晰记录调试过程中出现的各类问题，准确界定相关责任主体^[10]。通过对问题的详细描述、发现时间、涉及模块等信息的记录，为后续整改提供明确方向。同时，它确保整改过程形成闭环，即从问题发现到责任确定，再到整改措施的制定与实施，以及最终的效果验证，每个环节都紧密相连且可追溯。这不仅提高了调试效率，减少了因责任不清导致的推诿现象，还能有效提升调试质量，保障轨道交通综合监控系统的稳定运行。

(二) 进度协同控制方法

1. 多维度进度监测技术

轨道交通综合监控系统调试过程中，进度协同控制至关重要。需建立有效的管理策略，利用BIM模型进行虚拟调试与实物

调试进度匹配分析。通过实时对比两者进度，及时发现偏差并调整。同时，采用多维度进度监测技术，从不同角度对调试进度进行监控。不仅要关注整体进度，还要对各子系统、各关键节点的进度进行细致监测。结合数据分析技术，对监测到的数据进行深入分析，挖掘潜在问题。在进度协同控制方面，要确保各个参与方之间信息畅通，建立高效的沟通机制，共同推动调试工作按计划进行，保障轨道交通综合监控系统调试的顺利完成。

2. 资源动态调配模型

轨道交通综合监控系统调试过程中，资源动态调配至关重要。需构建调试资源池动态调配模型以应对交叉作业冲突。首先要对调试所需的各类资源进行详细分类与评估，包括人力资源、设备资源等，明确其数量、质量及使用时间要求。然后根据调试进度计划和实际进展情况，建立资源分配的动态规则。当出现交叉作业冲突时，模型依据资源的优先级、紧急程度以及作业的相互关系，合理调整资源分配。同时，要考虑资源的可替代性和互补性，提高资源利用效率。通过该模型，实现调试资源的科学调配，确保调试工作顺利进行，减少因资源冲突导致的进度延误和质量问题。

（三）安全管理创新举措

1. 带电作业安全防护体系

轨道交通综合监控系统带电调试作业需制定严格规范及应急预案。在规范方面，建立三级标准，明确各级调试的具体任务、流程及标准要求。例如，一级调试注重基础设备的通电检测，确保各组件能正常启动运行；二级调试针对系统模块间的交互，检查数据传输与指令响应的准确性；三级调试则从整体系统层面，验证其综合功能的完整性与稳定性。同时，制定完善的应急预案，针对可能出现的电气故障、数据丢失、设备损坏等情况，明

确应急处理流程与责任分工。包括设立应急指挥小组，确保在突发状况下能迅速响应，采取有效措施降低损失，保障调试工作的安全与顺利进行。

2. 调试人员作业安全培训机制

轨道交通综合监控系统调试过程中，作业环境复杂，涉及多工种、多环节协同操作，对人员安全意识与操作技能提出较高要求。建立完善的调试人员作业安全培训机制，有助于降低事故风险并提升整体调试质量。培训应覆盖安全法规与标准、设备操作规范、应急处置流程等内容，并结合典型案例分析强化风险辨识能力。在培训方式上，可采用集中授课、实操演练与情景模拟相结合的模式，使调试人员在掌握理论知识的同时积累实战经验。对特殊工种人员需进行持证上岗管理，确保其具备相应资质与能力。通过定期考核与持续培训，形成安全意识常态化、操作行为规范化的作业文化，从根本上保障调试工作的安全顺利进行。

五、总结

通过对轨道交通综合监控系统调试关键技术的研究及应用效果的案例分析，我们得以深入了解并掌握了这些技术在实际项目中的可行性和有效性。在此基础上，成功总结出一套适应新型智慧城市轨发展的系统调试管理体系。该体系涵盖了从调试前期规划到过程控制，再到后期评估的各个环节，为城轨综合监控系统调试工作提供了全面且科学的指导。同时，考虑到未来技术发展趋势，进一步提出了基于数字孪生技术的调试方法改进方向。这不仅有助于提高调试效率和质量，还能更好地满足智慧城市轨对综合监控系统日益复杂的需求，推动轨道交通行业的智能化发展。

参考文献

- [1] 李宇. 基于关键链的城市轨道交通综合监控系统集成项目进度管理研究 [D]. 重庆大学, 2021.
- [2] 乔亚琼. 轨道交通地面电子单元信息传输关键技术研究 [D]. 中国铁道科学研究院, 2022.
- [3] 张虎. 基于关键路径法的轨道交通综合联调进度计划管理研究 [D]. 中国科学院大学, 2021.
- [4] 郑国栋. 含光伏轨道交通自治能源系统运行策略与风险评估研究 [D]. 华北电力大学(北京), 2023.
- [5] 汪娟. Y公司轨道交通 PIS 系统项目管理研究 [D]. 桂林理工大学, 2021.
- [6] 李东兴. 城市轨道交通综合监控系统设计研究 [J]. 黑龙江交通科技, 2023, 46(3):162-164.
- [7] 柏乃琳. PLC/DCS/SCADA 轨道交通综合监控系统的设计研究 [J]. 信息记录材料, 2022, 23(8):139-142.
- [8] 马燕妮. 轨道交通综合监控系统智能化设计研究 [J]. 电子测试, 2021, 000(16):66-67, 60.
- [9] 王政. 城市轨道交通智能综合监控系统及关键技术 [J]. 技术与市场, 2015, 000(11):40-41.
- [10] 解涛. 轨道交通综合监控系统与站台门接口设计 [J]. 设备管理与维修, 2022, (2):110-112.