

全自动驾驶模式下地铁ISCS系统功能优化与应用研究

卞四方¹ 张坤²

1. 徐州轨道交通运营有限公司, 中国·江苏 徐州 221000

2. 徐州地铁运营有限公司, 中国·江苏 徐州 221000

摘要: 全自动驾驶模式改变了地铁线路的行车组织、车站值守和设备运维方式, 也使综合监控系统的作用从设备监视扩展到运营协同和应急支撑。文章结合全自动驾驶线路运行特点, 分析 ISCS 系统功能优化的必要性, 围绕数据融合、场景联动、界面优化、运维闭环和安全管理提出应用思路, 并结合某地铁线路案例进行说明, 以期对地铁综合监控系统建设与改造提供参考。

关键词: 全自动驾驶; 地铁; ISCS 系统; 功能优化

Research on function optimization and application of Metro ISCS system under fully automatic driving mode

Bian Sifang¹, Zhang Kun²

1. Xuzhou Rail Transit Operation Co., Ltd, China Jiangsu Xuzhou 221000

2. Xuzhou Metro Operation Co., Ltd, China Jiangsu Xuzhou 221000

Abstract: The fully automatic driving mode has changed the operation organization, station watch and equipment operation and maintenance mode of subway lines, and also expanded the role of the integrated monitoring system from equipment monitoring to operation coordination and emergency support. Combined with the operation characteristics of fully automatic driving line, this paper analyzes the necessity of ISCS system function optimization, puts forward application ideas around data fusion, scene linkage, interface optimization, operation and maintenance closed-loop and safety management, and illustrates with a subway line case, in order to provide reference for the construction and transformation of subway integrated monitoring system.

Keywords: Fully automatic driving; Metro; ISCS system; Function optimization

0 引言

城市轨道交通线网不断扩大, 运营组织对自动化和协同化的要求持续提高。全自动驾驶模式并非简单减少司机岗位, 而是依靠信号、车辆、通信、站台门、供电、环控、消防、广播、乘客信息和综合监控等系统协同完成列车运行、车站管理和应急处置。正常运营中, 系统需保障列车按图运行、设备稳定和乘客服务连续; 遇到区间停车、站台门异常、火灾报警、大客流或供电波动时, 又要快速完成信息汇聚、模式切换和联动控制。ISCS 系统作为综合监控平台, 传统上以设备显示、报警提示和远程控制为主。进入全自动驾驶阶段后, 调度员和车站人员更需要通过统一平台掌握行车、设备、客流和现场状态, 减少跨系统查找与人工沟通。因此, 优化 ISCS 系统功能, 是提升运营效率、保障安全运行和降低岗位负荷的重要内容。

1 全自动驾驶模式下 ISCS 系统功能优化的必要性

在传统运营模式中, 司机、站务员和值班人员可以承担大量现场观察和初步处置工作, ISCS 系统更多发挥辅助监控作用。全自动驾驶模式下, 列车运行、开关门、折返、唤醒和回库等环节自动化程度更高, 车站也逐渐向少人值守和区域化管理转变, 现场人工确认能力相对减少, 系统必须承担更多状态感知、信息提示和联动处置任务。如果 ISCS 系统仍停留在分专业画面展示和单设备控制层面, 容易出现信息分散、报警重复、处置路径长和责任边界不清等问题。全自动驾驶线路中的一次异常往往不是单一设备问题。例如站台门故障会影响列车进出站、门控联动、乘客组织和行车调整; 区间停车会牵动隧道通风、区间照明、广播通信、视频调用和应急预案; 火灾报警则需要消防、环控、供电、广播和乘客疏散信息同步响应。由此可

见, ISCS 系统优化不是简单增加接入设备,而是要围绕运营场景重构信息组织方式,使系统能够把行车、机电、车站和应急管理联系起来,为调度和现场岗位提供清晰、可靠、可执行的支撑。

2 全自动驾驶模式下地铁 ISCS 系统功能需求分析

2.1 行车与机电信息融合需求

全自动驾驶线路对 ISCS 系统的首要要求是信息融合。传统综合监控系统侧重环控、电力、消防、站台门、广播和乘客信息等机电设备状态,而全自动驾驶条件下,调度人员还需要掌握列车位置、运行计划、停站状态、扣车跳停、车门状态、区间阻塞和车辆故障等行车相关信息。只有把行车信息与车站设备状态放在同一业务视图中,才能判断异常对运营秩序的影响。列车即将进站时,站台门状态、站台客流、广播提示和扶梯运行会直接影响停站组织;列车在区间停车时,通风、照明、视频和应急通信又成为处置重点。因此,ISCS 系统应通过标准接口接收关键行车与设备数据,按照车站、区间、列车和事件进行归集显示,避免运营人员在多个系统之间反复切换。数据融合还要重视数据质量,关键状态应具备时间标识、通信状态和异常提示,避免因单点误报或数据延迟造成判断偏差。

2.2 场景化联动控制需求

全自动驾驶线路的运营组织更依赖预设场景和联动控制。ISCS 系统应围绕开站、关站、正常运营、高峰运营、大客流、区间阻塞、站台门故障、火灾报警、供电异常和夜间检修等场景设置控制逻辑。开站时,系统可按时序检查照明、通风、扶梯、闸机、广播、乘客信息、消防和站台门状态,形成开站条件清单;关站时,可逐步关闭非必要设备,同时保留安防、消防和关键监测功能;大客流时,可联动广播、导向显示、视频监控和扶梯运行策略,辅助车站组织客流。应急场景更需要减少人工逐项操作,系统应自动推送相关画面、设备状态和处置步骤,但涉及安全模式切换和关键控制命令时仍应保留人工确认。这样既能提高响应速度,也能避免过度自动化带来的误动作风险。

2.3 运维与安全保障需求

全自动驾驶线路对设备可靠性要求更高,ISCS 系统必须从运行监控延伸到运维支撑。系统应记录设备启停、故障、恢复、通信中断、人工确认和维修处理等信息,形成可追溯的设备运行档案。对于站台门、扶梯、风机、水泵、变电所设备、广播终端和通信接口等关键对象,应关注故障频次、持续时间和影响范围,为维修计划提供依据。报

警管理也需要优化,普通提示、一般故障、重要故障和安全相关故障应分级显示,避免大量低价值报警干扰值班人员。安全保障方面,ISCS 系统应完善权限控制、操作确认、日志审计、网络分区和备份恢复机制,特别是远程控制、模式切换和参数修改等操作,应做到授权清楚、过程留痕、结果可查。系统长期稳定运行,才是全自动驾驶模式安全落地的重要基础。

3 全自动驾驶模式下地铁 ISCS 系统功能优化路径

3.1 优化系统架构,提高综合集成能力

ISCS 系统架构优化应遵循中心统筹、车站自治、专业协同的思路。中心级系统负责全线态势监视、跨站联动、运营指挥和应急协调,车站级系统负责本站设备控制、现场响应和故障隔离,专业子系统保留自身安全控制边界。这样的分层结构既能满足中心集中管理要求,也能保证车站在通信异常或中心故障时具备基本处置能力。全自动驾驶模式下,线路运行对系统连续性要求更高,中心与车站之间不能形成单向依赖,而应形成分级响应关系。中心系统侧重全局判断和资源调度,车站系统侧重现场确认和快速执行,专业系统则负责安全保护和底层控制。数据层面,应统一设备编码、状态定义、报警等级和时间标准,解决不同专业系统口径不一致的问题。全自动驾驶线路还应重点加强 ISCS 与信号、车辆、通信、站台门和乘客服务系统的接口设计,使列车运行状态、车站设备状态和乘客服务信息能够形成连续业务链。系统建设时应预留扩展能力,方便后续接入智慧车站、线网调度、设备运维平台和能耗管理平台,避免后期改造反复推翻原有结构。同时,系统架构还应考虑数据传输稳定性、接口兼容性和故障隔离能力,防止单个接口异常影响整体监控效果。通过架构层面的优化,ISCS 系统才能从单纯综合监视平台转变为支撑全自动驾驶运营的核心协同平台。

3.2 优化运营场景,提升联动处置效率

功能优化不能只围绕设备专业展开,而应围绕运营场景展开。正常运营阶段,ISCS 系统应支持运营前检查、首班车准备、高峰监视、末班车组织和关站管理。运营前检查可自动汇总站台门、扶梯、环控、照明、消防、广播和乘客信息状态,减少人工逐项核对时间。高峰期间,系统应突出客流密集车站、列车间隔变化、站台门状态和乘客服务设备运行情况,帮助调度员及时采取广播提示、设备调整和客流引导措施。全自动驾驶线路中,很多运营问题并不是单个设备异常造成的,而是行车、设备、客流和乘

客服务相互影响的结果,因此系统应把场景作为信息组织和功能触发的基本单元。异常事件发生后,系统应自动关联相关专业信息。例如区间停车超过设定时间后,界面应显示列车位置、区间通风、照明、视频、广播和应急通信状态;站台门故障时,应显示故障门位置、列车进站状态和站台视频;火灾报警时,应联动展示报警区域、排烟设备、应急照明和疏散方向。通过场景化组织信息,调度员能够更快理解事件影响,现场人员也能按照统一步骤执行。场景联动还应允许运营单位根据线路特点进行参数配置,如不同车站可设置不同的大客流触发条件,不同区间可设置不同的通风联动策略,避免联动逻辑过于固定。这样既能提升系统自动化水平,也能保证处置方案与实际运营环境相匹配。

3.3 优化人机界面,降低岗位操作负荷

全自动驾驶模式下,调度员和车站人员需要处理的信息量明显增加,人机界面是否清晰直接影响处置效率。ISCS 系统界面应从专业设备图转向岗位业务图。中心调度界面应突出全线列车、重点车站、区间状态、关键报警和事件进展;车站界面应突出本站开关站条件、站台设备、乘客服务、客流组织和现场处置;维修界面应突出故障详情、历史记录、维修工单和设备档案。界面设计不能只追求信息完整,还要重视信息层次和操作路径。对于调度员而言,最重要的是快速看到事件位置、影响范围、处置进展和可执行动作;对于车站人员而言,最重要的是明确现场任务、设备状态和操作顺序。报警显示应避免简单堆叠,系统可以通过关联分析把同一事件引发的多个报警合并展示,提示主要原因和影响范围。例如通信链路异常导致多个设备离线时,应优先提示链路故障,而不是让值班人员面对大量离线弹窗。界面还应减少不必要的层级跳转,常用操作、视频调用、广播分区和预案步骤应放在事件画面附近,便于快速确认。岗位协同方面,系统应支持事件派发、处置确认、信息共享和过程记录,使中心、车站、维修和应急岗位围绕同一事件链工作,减少电话反复确认和口头传递造成的信息偏差。对于重要操作,界面还应设置清晰提示和确认反馈,使工作人员能够明确操作是否完成、是否成功、是否需要后续处理,从而降低误操作和漏处理风险。

3.4 优化运维闭环,支撑长期安全运行

全自动驾驶线路设备运行强度高,故障影响范围大,ISCS 系统应成为设备运维闭环的重要入口。系统不仅要显示当前故障,还应记录故障发生时间、恢复时间、处置人

员、处理措施和复发情况。对于高频故障设备,可通过统计分析发现维护薄弱点,推动检修从被动抢修转向状态维护。站台门、扶梯、风机、水泵和变电所设备等对象,可建立运行档案,长期跟踪启停次数、报警频次和维修记录。全自动驾驶线路对设备状态的依赖程度较高,一些看似普通的设备故障也可能影响列车运行组织和乘客服务,因此运维管理不能只关注故障是否消除,还应关注故障原因是否查清、同类隐患是否排查、维修措施是否有效。ISCS 系统还应与工单管理衔接,重要报警生成工单,维修完成后回填原因和结果,形成设备故障知识库。安全管理方面,关键操作应设置分级授权和二次确认,模式切换、远程控制和联动执行必须完整记录。网络安全也不应被忽视,综合监控系统接口多、链路长,应通过网络分区、账号实名、白名单通信、日志审计和备份恢复提高安全性。只有运维闭环扎实,系统优化才不会停留在开通阶段,而能持续服务于线路全生命周期运营。同时,运营单位还应定期利用系统记录开展故障复盘和趋势分析,将重复报警、长时间未恢复设备、人工频繁干预环节作为重点改进对象,推动设备管理、人员培训和系统功能持续完善。

4 某地铁线路 ISCS 系统功能优化应用案例分析

某地铁线路采用全自动驾驶模式运营,开通初期已实现信号、车辆、站台门、供电、环控、消防、广播、乘客信息和视频监控等系统接入 ISCS 平台。但试运行中发现,行车信息和机电信息显示较分散,调度员处理区间停车、站台门异常等事件时需要频繁切换画面;部分开关站和应急场景仍依赖人工逐项确认;同一事件触发多个报警,影响值班人员判断。针对这些问题,该线路对 ISCS 系统进行了优化。优化后,中心界面增加全线运营态势图,将列车位置、车站状态、关键设备报警和视频入口集中显示。开站和关站业务设置条件检查清单,系统自动汇总照明、通风、扶梯、站台门、广播和消防状态。区间阻塞场景中,系统自动弹出相关区间的通风、照明、视频和广播状态,并推送处置流程。站台门故障场景中,系统关联显示故障门位置、列车进站状态和站台视频,减少人工查找时间。运维方面,重要报警可自动生成维修记录,维修人员处理后回填原因和恢复情况。应用后,运营人员反馈画面切换次数减少,开关站检查时间缩短,应急处置步骤更清楚,重复报警对判断的干扰也有所降低。该案例说明,ISCS 系统优化应围绕实际运营痛点展开,重点解决信息分散、联动不足、报警冗余和运维闭环弱等问题。

5 结语

全自动驾驶模式下，地铁 ISCS 系统应从传统设备监控平台转向运营协同平台。系统优化应围绕数据融合、场景联动、界面友好、运维闭环和安全保障展开，使行车、车站、设备和乘客服务形成统一业务逻辑。后续建设中，应结合线路特点和运营经验持续完善接口标准、联动规则和管理机制，提升全自动驾驶线路安全、稳定和高效运营水平。

参考文献：

[1] 程媛. 城市轨道交通全自动运行条件下综合监控系统方案研究[J]. 城市轨道交通研究, 2023, 24(6): 194.
[2] 张洪涛, 彭婧璇, 王晓萌. 城市轨道交通综合监控

2.0 系统探析[J]. 城市轨道交通研究, 2024, 27(3): 207.
[3] 崔路瑶, 兰翔飞. 城市轨道交通全自动运行条件下智慧车站的管理模式[J]. 城市轨道交通研究, 2024, 27(12): 103.
[4] 徐启禄, 何霖. 符合等级保护三级要求的城市轨道交通综合监控系统信息安全设计[J]. 城市轨道交通研究, 2023, 24(9): 15.
[5] 高阳, 谷通通, 李增利. 地铁运营线综合监控系统升级改造技术研究[J]. 电子技术与软件工程, 2025(3): 131-134.
作者简介：卞四方（1990.07-），男，汉族，江苏睢宁人，大学本科，工程师，研究方向：地铁综合监控系统。