

论地铁信号ATS系统功能与应用

张二龙 冯 瑶 杨智刚

西安市轨道交通集团有限公司运营分公司 陕西 西安 710000

摘要: 地铁信号ATS系统是负责统筹行车组织的核心子系统,与ATP、ATO协同保障列车运行。具备列车运行计划管理、实时监控、进路自动控制等功能,应用于正常、特殊运营及跨线路协同场景。通过冗余设计、数据加密等保障机制,确保系统可靠性与数据安全性,为地铁运营提供全面支持,提升运输效率与安全性。

关键词: 地铁信号;ATS系统;列车运行;进路控制;运营保障

引言:地铁作为城市公共交通骨干,其运营效率与安全性依赖信号系统支撑。ATS系统作为地铁信号系统核心子系统,承担列车运行监控与调度关键职责,对保障列车有序运行、提升运输能力意义重大。当前城市轨道交通网络化发展加快,客流波动加剧、跨线路运营需求增加,传统调度方式难以满足要求。深入研究ATS系统的基础特性、核心功能、应用场景及保障机制,对优化地铁运营管理、提升乘客出行体验具有重要现实价值。

1 地铁信号ATS系统基础认知

1.1 ATS系统的定义与定位

ATS系统即列车自动监控系统,核心内涵是通过数字化技术实现对地铁列车运行的全面监控与高效调度,是地铁信号系统中负责统筹行车组织的核心子系统^[1]。该系统与ATP、ATO形成紧密协同关系,ATP系统为列车自动防护系统,为列车运行提供安全防护,确保列车不超速、不越行,ATO系统为列车自动运行系统,负责执行具体的列车驾驶指令,实现自动启停、精准停车,而ATS系统则承担统筹调度角色,向ATP系统传递行车计划以明确安全运行边界,接收ATO系统反馈的列车执行状态以动态调整调度策略。在地铁运营管理体系中,ATS系统定位为行车组织的“中枢大脑”,承担列车运行计划制定、执行过程监控、异常情况应对的核心职责,通过整合多维度运行数据,保障线路内所有列车按序、高效、安全运行。

1.2 ATS系统的组成架构

ATS系统的硬件组成涵盖多个关键部分,中心服务器作为数据处理与指令下发的核心,包含数据库服务器与应用服务器,分别负责运行数据存储与调度逻辑运算;调度终端部署在运营控制中心,供调度人员实时查看列车状态、操作调度指令;车站分机设置在各车站,负责接收中心指令并控制车站信号设备,同时采集车站本地运行数据;通信设备包括交换机、路由器等,构建中心与车站、设备间的数据传输网络,确保信息实时互通。

软件模块方面,运行计划管理模块支持行车计划的编制、调整与存储,列车监控模块动态展示列车位置、速度、车门状态等信息,进路控制模块自动或手动办理列车进路,数据存储与分析模块记录运行数据并生成统计报表。各硬件与软件模块按“数据采集-处理-指令下发-反馈”的逻辑协同工作,形成“中心控制-车站执行-设备反馈”的层级架构,保障系统功能有序实现。

1.3 ATS系统的工作原理

ATS系统首先通过通信网络完成实时数据采集,借助车站分机与列车车载设备的信息交互,获取列车位置、速度、运行方向等列车数据,同时采集车站信号机状态、道岔位置、站台乘降情况等车站状态数据,所有数据经通信设备传输至中心服务器进行整合。随后系统基于预设的行车计划与实时采集的数据,通过应用服务器运算生成调度指令,若列车运行符合计划,进路控制模块会自动为列车办理后续进路,确保列车顺畅通行;若出现列车晚点、设备异常等情况,系统会动态调整指令,如优化后续列车发车间隔、变更进路走向。最后系统通过实时反馈机制,持续接收列车执行指令后的状态数据,对比实际运行情况与计划目标,若存在偏差则进一步调整调度策略,形成“采集-处理-指令-反馈-调整”的闭环流程,确保列车始终按计划有序运行。

2 地铁信号ATS系统核心功能

2.1 列车运行计划管理功能

ATS系统制定列车运行计划需整合多项基础要素,运营时段需匹配不同时段的客流需求划分高峰、平峰与低谷期,行车间隔需根据客流密度设定以平衡运输效率与资源消耗,停站时间需结合车站客流量与乘客乘降速度确定,折返方式需依据线路终点站设施选择站前或站后折返。系统具备完善的运行计划编辑、修改与优化能力,当客流出现临时增长时可缩短行车间隔提升运力,遇到设备检修或线路施工时可临时插入空驶列车任务,也能

根据突发情况取消特定时段的列车运行任务。同时建立运行计划的存储与备份机制，将各类计划按日期与运营场景分类存储，定期进行数据备份并保留历史版本，既确保计划数据在系统异常时不丢失，也为后续运营分析提供可追溯的历史数据支持。

2.2 列车实时监控功能

ATS系统通过与列车车载设备、车站信号设备的实时通信采集列车信息，列车位置通过轨道电路或无线定位技术获取，速度数据由列车车载传感器传输，运行方向与车门状态通过车载控制系统反馈至系统。系统在调度终端以图形化界面直观展示列车运行状态，线路图上以动态图标标注列车当前位置并实时更新，图标旁同步显示列车速度、车次编号与运行状态等参数，调度人员可快速掌握全线列车运行情况。系统还具备列车异常状态监测能力，当列车实际运行时间超出计划时间达到晚点阈值时会触发晚点提醒，列车速度超过线路限速时会发出超速预警，车门未按规定关闭或开启异常时也会及时提示，预警逻辑基于预设的安全标准与运营规则自动判断，确保异常情况被及时发现。

2.3 进路自动控制功能

ATS系统根据列车运行计划自动生成各类进路指令，正线进路需规划列车在区间线路的行驶路径并匹配对应的信号机状态，折返进路需结合折返方式设置道岔位置以引导列车转向，存车线进路需为临时停放的列车规划安全的进出路径^[2]。系统对生成的进路会进行实时检查与验证，核对进路涉及的道岔是否处于正确位置、信号机是否符合开放条件，确认进路与其他列车运行路径无冲突后才会执行。在列车运行过程中系统可动态调整进路，若某列列车出现晚点可能影响后续列车运行时，系统会提前调整后续列车的进路时序，或变更部分列车的进路走向绕开晚点影响区域，保障整个线路的列车运行顺畅。

2.4 运营数据统计与分析功能

ATS系统采集的运营数据覆盖列车运行全流程，列车运行时长包括区间行驶时长与全线单程运行时长，停站时长记录每列列车在各车站的实际停留时间，晚点次数统计列车超出计划时间到达或出发的次数，客流量关联数据通过与车站票务系统交互获取各车站的进出站人数。系统按固定周期对运营数据进行自动统计与分类整理，每日生成运营日报汇总当日列车正点率、运行里程与客流总量，每周与每月分别生成周报和月报，对阶段性运营情况进行总结，所有报告均以标准化表格与图表形式呈现。基于历史运营数据系统可进行趋势分析，通过对比不同时期的行车间隔与客流数据优化计划编制，分析

列车晚点原因以改进调度策略，为提升整体运营效率提供数据支撑。

2.5 应急调度支持功能

在应急场景下ATS系统为调度人员提供全面的调度支持，当列车发生故障无法继续运行时，系统可规划故障列车的临时停车位置并调整后续列车运行路径，启用备用进路引导其他列车绕行故障区域；设备异常导致某段线路无法通行时，系统能快速组织受影响列车清客后折返，或安排空驶列车衔接后续运输任务；突发客流超出线路运力时，系统可临时加开列车并调整既有列车运行计划以缓解客流压力。系统还会为调度人员提供应急操作指引，在调度终端显示对应应急场景的处理流程，根据当前运营状态推荐最优调度方案，如推荐最合适的备用进路或列车折返顺序。同时在应急场景下加强与其他信号子系统的协同，向ATP系统传递临时安全防护边界，向ATO系统下发调整后的驾驶指令，确保应急处置过程安全且高效。

3 地铁信号ATS系统的应用场景

3.1 正常运营场景下的应用

在日常运营场景中，ATS系统以预设运行计划为核心实现列车全流程自动监控与调度。系统根据计划精准控制列车启停，在各车站按设定时间触发列车开门与关门指令，同时结合实时乘降情况微调停站时间，避免过早关门导致乘客滞留或过久停留影响后续列车。系统通过持续监测各列车运行间隔，当出现微小偏差时及时调整后续列车运行参数，如适当提升或降低列车速度，确保车间隔维持在计划范围内，减少间隔不均引发的运力浪费。此外系统为调度人员提供全面的辅助决策支持，在调度终端实时展示客流高峰时段各列车载客状态与运行位置，当两列列车运行轨迹存在潜在冲突风险时，系统会提前提示调度人员，便于及时采取干预措施，保障日常运营高效有序。

3.2 特殊运营场景下的应用

面对节假日、大型活动等客流高峰场景，ATS系统通过灵活调整运行计划应对激增客流。系统可快速增加临时列车运行计划，在原有计划基础上插入额外列车任务，同时缩短行车间隔，将高峰时段间隔从常规时长压缩至更短时间，大幅提升线路运输能力；针对客流集中的重点车站，系统优化停站策略，适当延长这些车站的停站时间，确保乘客有充足时间乘降。在夜间施工、设备检修场景下，系统提前设置施工封锁区域，明确标注封锁区段的起止位置与封锁时长，控制列车绕行封锁区域或按规定限速通过检修区段，避免列车进入施工区域引发

安全问题。遇到暴雨、暴雪等恶劣天气时,系统根据天气对线路的影响程度调整列车运行速度,降低行驶速度以提升列车制动安全性,同时延长车站停站时间,保障乘客上下车安全,减少恶劣天气对运营的干扰。

3.3 跨线路协同运营场景下的应用

在地铁网络多线路互联互通场景中,ATS系统承担跨线路列车运行的统筹调度职责。系统支持跨线路列车运行计划的统一制定,打破单线路计划编制的局限,结合各线路客流分布与换乘需求,制定贯穿多线路的直达或半直达列车计划,并实现对跨线路列车全程的实时监控,确保列车在不同线路间平稳过渡^[3]。在跨线路换乘站,系统重点做好进路协调与列车衔接调度,根据换乘站的线路布局与客流走向,优化换乘列车的进路时序,使不同线路的列车到达换乘站的时间相互匹配,缩短乘客换乘等待时间,保障换乘乘客顺畅出行。同时建立与其他线路ATS系统的数据交互机制,实时共享跨线路列车的运行状态、进路占用情况等关键数据,避免因数据不通导致的调度冲突,保障多线路协同运行的稳定性与安全性。

4 地铁信号ATS系统运行保障机制

4.1 系统可靠性保障

ATS系统通过冗余设计抵御单点故障,服务器冗余采用双机热备,两台配置一致的中心服务器同步数据,主服务器故障时备用服务器无缝接管;通信链路冗余搭建双线路传输网络,中心与车站间两条独立线路自动切换,保障数据传输不中断;电源冗余配置双路供电,主电源断电时备用电源快速投入,维持硬件运行。系统具备故障自检测与自恢复功能,实时监测硬件状态,通过内置程序识别异常后自动切换冗余设备,同步启动功能恢复程序重建运行环境。同时建立定期维护机制,按周期检测硬件性能、检查部件老化情况,及时更换损耗部件;定期更新软件版本、修复漏洞,结合运行数据优化系统运算效率,保障长期稳定。

4.2 数据安全性保障

ATS系统对运营数据全流程加密,存储阶段用加密算法处理运行计划、列车状态等数据,防止非法访问;传

输阶段采用加密协议,避免数据在设备间传输时被截取或篡改。系统构建严格的访问权限管理体系,按角色为调度员、维护人员、管理员分配差异化权限,调度员仅能监控与下发指令,维护人员仅可访问设备数据,管理员负责系统配置,杜绝越权操作风险。此外系统完善备份与恢复机制,定时按小时或天备份关键数据,备份数据同时存储本地与异地备份中心,数据丢失或损坏时,可通过本地备份快速恢复,本地失效则启用异地备份,确保系统正常运行。

4.3 人员操作保障

ATS系统为调度人员提供全面培训,新人员上岗前需完成系统功能培训,熟练掌握计划编制、监控操作等基础技能;定期开展应急处置培训,讲解故障场景下的调度流程;通过模拟系统构建虚拟场景,让人员练习日常操作与应急处置,提升实操能力。系统自动记录操作日志,完整留存操作时间、内容、对象与结果,日志长期存储且不可篡改,便于后续追溯与责任界定。同时设置防误操作机制,执行删除计划、变更进路等关键操作时需二次确认,输入错误参数或操作不规范时实时预警,说明原因并引导正确操作,减少人为失误影响。

结束语

地铁信号ATS系统凭借其全面功能与可靠保障机制,在地铁运营中发挥着不可替代的作用。从正常运营的高效调度到特殊场景的灵活应对,再到跨线路协同的统筹管理,ATS系统不断适应着城市交通的多样化需求。未来,随着技术的不断进步,ATS系统将进一步完善,为地铁运营带来更高的效率与安全性,推动城市交通持续发展。

参考文献

- [1]温彤彤.论地铁信号ATS系统功能与应用[J].科学与财富,2021,13(33):179-180.
- [2]李新泽,李红.城市轨道交通信号系统ATS报文分析软件开发与应用[J].运输经理世界,2025(14):1-3.
- [3]陆旭东,周公建,张文辉.基于离线数据库的ATS列车运行信息回放功能实现[J].铁道通信信号,2023,59(3):74-77,81.