

地铁综合监控与弱电系统一体化集成设计探析

陈再清

浙江省工业设备安装集团有限公司 浙江 杭州 310000

摘要:传统地铁的综合监控与弱电子系统各跑各的,硬件冗余、数据不通、联动慢、运维也麻烦,很难满足现代化地铁对安全和效率的要求。本文先梳理系统的基础架构和传统模式的问题,再分析一体化集成的核心需求和设计原则,最后从层级架构、子系统集成、数据标准化、运维调试几个方面给出优化方案,目的是打破系统间的运行壁垒,做到资源共享和协同联动,提升地铁运营的安全性、智能化水平,也让运维更经济。

关键词:地铁;综合监控;弱电系统;一体化;集成设计

引言:城市轨道交通发展很快,地铁运营对安全管理、智能调度和高效运维的要求越来越高。传统地铁的综合监控与弱电系统是分散独立设计、各跑各的,子系统之间不兼容、联动差,不光建设运维成本高,应急处置也慢,埋下安全隐患。要解决这些问题,一体化集成设计成了地铁智能化升级的关键方向。本文基于相关技术基础,梳理一套更科学的集成方案,给地铁系统优化升级做个参考。

1 地铁综合监控与弱电系统基础理论与组成架构

1.1 核心系统概述

(1) 地铁综合监控系统 (ISCS) 是地铁运营的核心管控平台,负责实时监测、设备管控、数据采集和应急调度。系统分成三级:中央级管全线监控、数据汇总和统一调度;车站级管单个车站的设备状态和本地操作;现场级通过终端、传感器采集数据并执行指令,覆盖行车、环控、机电等全场景的管控工作。(2) 地铁弱电系统包括多个核心子系统:通信系统保障全线数据信号传输,安防系统负责站内安全监测,广播和时钟系统做运营信息同步播报,门禁系统管控人员进出,火灾报警与环境监控系统监测消防安全和站内环境参数。各子系统独立运行、分工协作,给地铁基础运营提供保障^[1]。

1.2 传统独立系统架构与运行模式

(1) 独立系统的硬件架构下,各子系统自己配服务器、工作站、传输设备和终端,硬件各布各的、互不通用,不少设备重复配置,硬件资源利用率很低。(2) 独立系统的软件架构没有统一标准,各子系统跑自己的操作平台,数据传输协议不一样,数据接口互不兼容,缺乏统一的调度逻辑和管控体系,系统之间没法做数据交互。(3) 传统模式有几个明显的毛病:设备冗余度高,建设运维成本跟着涨;数据孤岛问题突出;应急场景下各系统联动慢、效率低;多设备、多平台并行也把运维管

理难度拉高了不少。

1.3 一体化集成设计技术基础

(1) 数据通信技术是集成的基础,用工业以太网、物联网传输技术加上各种总线协议适配,搭出一个稳定、高速的全域通信网络,给跨系统数据传输铺好硬件通道。(2) 数据融合技术专门处理多源异构数据,做数据清洗、整合和归一化,实现全域数据共享,同时用可视化技术把设备运行和运营状态直观展示出来。(3) 模块化与标准化技术把系统功能模块合理拆分,统一设备接口和通信协议标准,规范系统设计准则,给一体化集成、系统扩容和后期运维提供标准化依据。

2 地铁综合监控与弱电系统设计现存问题与集成需求分析

2.1 传统设计模式现存核心问题

(1) 设计层面问题。传统地铁弱电与监控系统采用分专业独立设计,机电、通信、安防、环控等系统各自规划,缺少整体统筹。各专业设计标准、方案不统一,容易造成系统衔接漏洞。再加上子系统接口规格、预留点位缺少统一规范,设备接口适配性与兼容性较差,整体设计存在脱节,不光影响现场施工落地,也会给后期系统联动运行带来安全隐患。(2) 设备层面问题。传统模式下各子系统设备选型比较杂乱,多厂家、多型号软硬件混用,设备通用性差。各系统单独配置服务器、传输及终端设备,硬件功能大量重复,资源闲置浪费,整体利用率低。冗余设备既占用站内有限空间,又增加设备损耗、检修和更换成本,拉高了地铁长期运维的经济负担^[2]。(3) 运维层面问题。各子系统独立运维,操作平台与运维体系分散,运维人员得掌握多套操作流程,工作流程繁琐。设备故障需要分系统逐一排查,故障定位效率低,应急处置跟不上。分散运维模式人力成本偏高,加上缺少统一管控平台,没法对全站设备进行集中监管

和高效管理。

2.2 一体化集成设计核心需求

(1) 功能集成需求。打破各子系统独立运行的壁垒,把综合监控、安防、通信、环境监测、火灾报警这些系统的功能揉在一起,做到跨系统联动协同。日常运营中保证各设备有序运转;要是碰上突发故障、火灾、客流异常这些应急情况,能自动触发多系统联动,快速调度处置,把地铁全场景的运营调度需求都覆盖到。(2) 数据共享需求。把全线弱电和监控系统的数据接口、传输协议、数据标准统一起来,解决传统的数据孤岛问题。让全线设备运行数据、环境数据、安防数据能互通互联、集中汇总,靠统一的数据平台做整合和智能分析,给运营决策、设备研判、风险预判提供靠谱的数据支撑。(3) 运维优化需求。搭一个一站式一体化运维管控平台,把多系统的运维功能整合到一块,简化那些繁琐的操作流程。用智能化技术实现设备故障自动预警、精准定位和远程管控,减少人工排查的活儿,降低运维人力成本,把地铁机电弱电系统的运维效率和管控智能化水平整体提上来。

2.3 一体化集成设计原则

(1) 安全可靠原则。系统设计得能满足地铁7×24小时不间断运行,运行稳、抗干扰能力强。同时配上完善的故障容错机制和应急备份模块,万一局部设备或线路出故障,能自动切到备用系统,不至于全线瘫痪,把地铁运营的安全稳定保住。(2) 标准开放性原则。严格按轨道交通行业的设计规范和技术标准来,用标准化接口、协议和模块化设计。系统开放性好,能灵活接入各种设备,也留足扩容和升级空间,方便后期线路延伸、设备迭代这些改造需求^[1]。(3) 经济实用性原则。合理配置硬件设备,砍掉多余的冗余设备,硬件资源共享,降低初期建设投入。兼顾实用和经济,在保证系统性能的前提下,把运维体系简化,降低长期运维、检修和升级的成本,实现全生命周期效益最大化。(4) 联动协同性原则。把各子系统的运行逻辑统筹起来,搭一套高效的跨系统联动机制,让监控、安防、环控、广播这些系统高效配合。能覆盖地铁日常运营、设备故障处置、突发应急救援等各种场景,提升整体系统的协同响应速度和处置能力。

3 地铁综合监控与弱电系统一体化集成优化设计方案

3.1 一体化集成总体架构设计

(1) 层级架构优化。针对传统三级架构分散独立、联动性弱的问题,重构出“中央管控层-车站集成层-现场设备层”的一体化层级架构。中央管控层统筹全线所有站点的数据汇总、全局调度和运行监管,负责整体运

营态势分析以及指令下发;车站集成层作为中间枢纽,把本站各类弱电与监控系统整合起来,承接上层指令、管控下层设备,做到单站集中管控;现场设备层统一接入各类传感器、终端设备和执行装置,负责实时数据采集和指令执行,形成一个层级清晰、上下联动的一体化管控体系。(2) 硬件集成设计。不再像传统那样各子系统硬件独立布设,而是把冗余的服务器、传输设备、工作站等硬件资源全面整合。通过搭建全线统一的服务器集群,让硬件资源集中调度、共享使用,提高利用率;建一套全覆盖的统一传输网络,替换掉各系统独立的传输链路,减少线路冗余和设备损耗;再配上标准化的统一工作站平台,把多系统硬件终端集中部署,精简设备数量,降低硬件建设和运维成本^[4]。(3) 软件平台集成。搭建一体化的综合监控运维软件平台,打破各子系统软件独立、界面割裂的局面。把环境监控、火灾报警、安防、通信、广播等所有弱电子系统的操作界面整合到一起,让多系统操作窗口集中展示;统一各系统的管控逻辑和运行规则,丢掉那些差异化的调度机制,实现全域设备统一管控、数据统一处理、指令统一下发,从根上解决传统软件平台碎片化、操作繁琐、没法协同的问题。

3.2 核心子系统集成设计要点

(1) 环境与设备监控系统(BAS)集成。把BAS系统深度接入一体化集成平台,站内通风、空调、排水、照明这些机电设备的运行数据就能实时采集和上传。平台根据站内温度、湿度、空气质量等参数,自动调控机电设备。同时建好与综合监控系统的联动机制,实时同步设备运行状态和故障信息,做到环境设备全天候智能监测、自动调节和异常告警。(2) 火灾报警系统(FAS)集成。搭一个集火灾预警、自动报警、应急处置、跨系统联动于一体的FAS集成管控机制。一旦站内探测到火情或发生火灾,系统能第一时间发出预警和报警信号,同步联动公共广播播报疏散提示、门禁解锁疏散通道、安防锁定监控画面,再配合环控系统调整通风排烟模式,形成一个全方位、自动化的火灾应急联动体系,提高火灾处置效率。(3) 安防与通信弱电系统集成。把视频监控、入侵检测、公共广播、时钟同步这些安防及通信弱电子系统整合起来,做到多系统场景化协同运行。时钟系统给全线所有设备定一个统一的时间基准,保证数据时序一致;视频监控和入侵检测联动,异常入侵时自动抓拍和告警;广播系统能根据运营场景、安防预警信息自动播报,实现日常运营、异常预警、应急场景的一体化协同管控^[5]。

3.3 数据与接口标准化设计

(1) 统一数据协议。针对传统子系统数据乱、不通

的问题，把全线弱电和监控系统的数据传输协议统一起来。对不同设备、不同系统的各种数据格式做归一化处理，把采集、传输、存储的标准定好，从根上解决多源异构数据兼容的麻烦，给数据共享、融合分析和跨系统联动提供统一的数据基础。（2）标准化接口设计。把硬件对接接口、软件交互接口的技术标准都统一起来，明确接口规格、传输速率和适配参数。标准化接口能让各子系统快速对接、即插即用，保证对接顺畅稳定，避免接口不匹配、兼容差这些问题。同时留好标准化的扩容接口，给后期系统升级、设备迭代和线路拓展腾出足够的适配空间。（3）数据安全设计。搭一个全方位的安全防护体系，用数据加密技术把传输和存储的运营数据都加密，防止数据泄露或被篡改。建立分级权限管控机制，给运维、调度、管理这些不同岗位设好不同的操作权限，规范数据访问和操作行为。再配上常态化的自动备份机制，定期留存系统数据，保证数据完整、可追溯，把系统运营数据的安全防线筑牢。

3.4 一体化系统调试与运维设计

（1）分阶段调试方案。采用分层分级的调试路子，按顺序做单系统独立调试、跨子系统联合调试、全线一体化总调。单系统调试主要校验各子系统的设备运行和数据传输；子系统联调测的是跨系统的联动和数据互通；全线总调则统筹验证全系统协同运行状态，一层层排查问题，保证系统整体稳定可靠。（2）智能化运维设计。靠一体化平台把智能化运维功能集成进来，实时监测设备运行状态、提前预警故障，免得突然出问题。再配上远程运维模块，支持远程设备调试、故障排查和参数修改，减少现场运维的活儿。同时把日志分析和设备台账管

理功能整合到一起，自动记录运行数据和故障信息，让运维工作更标准、更智能。（3）应急联动机制设计。结合地铁运营场景，给设备故障、火灾险情、大客流拥堵、设备异常这些情况分别制定应急联动处置流程。明确每个场景下多系统的联动逻辑、处置步骤和责任标准，异常信号一触发，系统就自动执行联动操作，然后人工快速介入处置，这样能提高地铁应急处置效率，保障运营安全有序。

结束语

本文对地铁综合监控与弱电系统的一体化集成设计做了比较全面的分析，针对传统系统分散运行的种种短板，给出了标准化、一体化、智能化的集成设计思路。通过架构优化、子系统集成、数据规范以及智能运维这些措施，实现了系统资源整合和高效联动。这套方案能明显提升地铁运营管控效率和安全保障能力，降低全生命周期的运维成本，也能给后续地铁弱电系统的升级改造和集成设计做个实践参考。

参考文献

- [1]孟凡辉.城市轨道交通综合监控系统仿真平台的发展研究[J].电子制作,2022,30(4):126-129.
- [2]王建辉,李刚.轨道交通综合监控系统的关键技术与应用[J].轨道交通技术,2022,39(4):15-22.
- [3]陈超,王鹏飞.乘客信息系统与监控系统联动控制研究[J].交通工程学报,2023,40(6):35-41.
- [4]刘晨,孙辉.基于大数据的轨道交通综合管理系统优化方法[J].智能交通系统,2022,34(5):28-33.
- [5]余毅.综合监控与PIS系统一体化联动控制技术研究[J].中国科技人才,2025,13(20):174-177.