

## 城市轨道交通车站资源集约化管理策略\*

刘海东<sup>1,2</sup> 卢萌萌<sup>3</sup> 苏 鹏<sup>3</sup> 安俊峰<sup>2\*\*</sup> 王建军<sup>2</sup>

(1. 中国海洋大学环境工程学院, 266100, 青岛; 2. 济南轨道交通集团有限公司, 250014, 济南;

3. 山东劳动职业技术学院, 250022, 济南//第一作者, 正高级工程师)

**摘 要** 为实现车站资源集约化,对车站各类资源进行了技术分析;基于提高资源品质、增加资源内容、资源集中和资源组合4个维度,研究了云方案、区域车控室、物联网、智慧运维、BIM(建筑信息模型)、管理用房合设等车站资源集约化管理策略,旨在实现节约土地、减少造价投入、减少运维成本等有益成果。

**关键词** 城市轨道交通;集约化车站;云方案;智能运维

**中图分类号** U291.1<sup>+</sup>2

**DOI**:10.16037/j.1007-869x.2022.10.041

## Urban Rail Transit Station Resource Intensive Management Strategy

LIU Haidong, LU Mengmeng, SU Peng, AN Junfeng, WANG Jianjun

**Abstract** To realize station resource intensification, a technical analysis is carried out on various types of station resources. Based on the four dimensions of improving resource quality, increasing resource content, concentrating and combining resources, the station resource intensive management strategy is studied, including cloud solutions, regional vehicle control room, Internet of Things, intelligent operation and maintenance, BIM (building information model), joint setting of management room, etc. It is aiming to achieve beneficial outcomes such as saving land area, reducing construction cost investment, operation and maintenance costs.

**Key words** urban rail transit; intensive station; cloud solutions; intelligent operation and maintenance

**First-author's address** Department of Environmental Engineering, Ocean University of China, 266100, Qingdao, China

车站集约化是要实现资源集约,资源集约是集约化车站的基本和前提。车站的资源可以包含建筑、设备系统、运营人力、运营耗材、数据、能耗、算

法、算力、网络、存储、知识等。资源集约化是需要集合资源的优势,达到节约建设成本、节约运维成本、降本增效等目的。集约化车站需要通过提高资源品质、增加资源内容、资源集中及资源组合等方式的调整来实现,诚然也离不开新技术的应用。

集约化应具备真实性、增益性和可复制性。真实性要源自集约且回归到集约,从总体看真实地实现集约效果;增益性要在实现集约的前提下,不降低车站品质,并可以带来安全、高效、便捷、节约和舒适等有益成果,如节约建筑面积的同时,可以实现降低工程造价、降低能源消耗、减少设备数量、减少运维人员等某些优势,而不是为了集约而集约;可复制性,要避免特殊场景的个例应用,在成熟、稳定的前提下可在行业推广复制。

城市轨道交通生产系统众多,生产类型多样,系统的RAMS(可靠性、可用性、可维护性和安全性)指标仍需提升,具备融合、集成、节约的潜力。目前云平台、人工智能、大数据技术研究热度高,物联网、BIM(建筑信息模型)、手持终端的应用广泛,从技术上为资源集约提供了可行性。

## 1 车站资源集约化管理策略

### 1.1 提高资源质量

1) 动力照明系统集约化:实现设备用房综合利用,如可将站台门控制室和照明配电室进行整合;也可按照GB 51309—2018《消防应急照明和疏散指示系统技术标准》,将照明配电室和应急照明电源室进行整合,使其同时成为消防应急照明和疏散指示系统专用房。

2) 环境监控系统集约化:采取节能策略,降低空调能耗。应用技术手段,减少冷却塔、地铁空调

\* 山东省自然科学基金青年项目(ZR2020QE268);山东省工信厅技术创新项目(202060102367);山东省交通厅项目(2021B14)

\*\* 通信作者

的占地面积,降低冷却机房面积。对于车站空调系统,如采用传统冷源方案,需要设置冷却水泵、冷却塔、冷却水处理装置及相关阀门,占地面积大,能耗高;如采用优化方案,蒸发冷凝机组设置在室外地面上,取消了冷却水泵、冷却塔及相应阀门和管道,减少了设备大端用房,适当减少了小系统机房,减少占地面积约45~60 m<sup>2</sup>,同时降低了能耗。

## 1.2 增加资源含量

1) 模块化技术:采用一体化和模块化的设计理念预置设备,实现模块化装配。可提高施工速度、减少资源和施工人员、集成建设耗材、降低施工难度。比如:模块化装配式机房主要由机柜、各弱电机电系统组成,占地面积小、机柜数量少,可快速部署,并能实现高效节能的目的;模块化装配式站台门,可降低施工难度、缩短施工工期;模块化装配式车辆由司机室、侧墙、底座、中间端等模块组成,可实现集约增效的目的。

2) 物联网和智能运维技术:采用物联网技术提高设备感知能力。通过加装传感器采集多类型数据,借助深度学习、机器学习等算法,计算得到设备健康度,实现故障预警功能,并逐步实现远程运维,改善现有的修程修制,以减少维修工作量。

应用到物联网的设备系统较多,每一个系统若都独立建立平台,则投资会很大,建议设置物联网集约共享平台。以风机设备为例,可以对数据、算法模型、组件、微服务等进行集约共享,在平台应用层可实现风机设备的PHM(故障诊断与健康管理的融合),实现区块链共享应用及信息追溯等功能,在AI(人工智能)算法层实现多个算法的集成应用,在IoT(物联网)层综合使用摄像头、声音、电流等多种感知手段,加强互联响应能力,同时通过该平台还可将风机系统资源共享给其他设备系统。一方面要实现技术的融合集成,如区块链、人工智能、PHM的融合,实现设备故障诊断能力提升,降低运维压力;另一方面,实现多维度的融合节约,比如通过摄像头、电流传感器的数据分析实现风机电机故障预警、风机扇叶缺陷检测、风机连锁风阀状态异常监控等多个功能,通过该平台能联动门禁系统,当有人进入设备房间,才启动照明,实现节约用电。

3) BIM和GIS(地理信息系统):采用BIM技术,可降低施工期间的管线碰撞,减少返工,节约耗材;在运营期间,再结合智能运维技术,可实现可视化和自动巡检。在BIM中整合GIS,可实现数据信

息的复用,提高系统分析诊断能力。

## 1.3 资源集中

1) 云计算和大数据技术:采用云架构可提高计算、网络、存储、安全等资源的利用率,减少设备数量。通过云计算技术可实现智慧车站计算单元、智能运维、综合监控系统(ISCS)、门禁系统和PIS(乘客信息系统)等的资源整合,1个车站可节约各类服务器约4~7台。采用热插拔、模块化、灵活组合的模式,可减少设备机柜数量、减少车站面积、提高资源复用率、提升数据资源的互用性、提高数据共享处理能力。采用大数据技术,可将车辆运维数据、新型创新应用(如电扶梯故障诊断、拥挤度等客流信息展示、站台门间隙探测等)的数据汇总在智慧车站计算节点,然后进行采集存储、边缘计算、运营检测、业务分析、数据处理、数据分析挖掘、微服务开发等。在这个过程中,如果弱电系统采用一体化机柜,数据可从终端感知层汇总到一体化机柜,打破了原一一映射格局,这会减少机柜数量和机柜占地面积,实现资源集约和数据融合驱动的目的。

2) 手持终端智能化:一方面要考虑系统之间的设备共享,另一方面要考虑手持终端集成更多功能。运营人员通过手持终端可便捷获知运营状况、环境等信息。将各个系统尽可能地集成在一个手持终端,可提高多专业运维能力。考虑将无线对讲电话功能集成融合在手持终端,提高手持终端的集约化程度。

## 1.4 资源组合

### 1.4.1 区域车控室设置方案

多个区域采用共享车控室方案,将原来系统功能集约到区域车控室,可实现对管辖范围内车站的数据监视、应急联动、故障报警等。将原客运组织、行车组织、施工管理等功能集中在区域车控室,可实现智能运维,进而提升运维管理能力;可实现区域车控室人员一专多能,并提升统筹管控能力、增强中心级的监控能力。

1) 将FAS(火灾报警系统)移动到站长室,IBP(综合后备盘)部分采取电子IBP的形式并将其移动到站长室或区域车控室,将信号、综合监控、CCTV(视频监控)、无线电话等系统的业务转移到区域车控室,通过软件权限配置可实现区域车控室监控多个车站。

2) 将原多专业工作站软件功能转换到手机APP,通过APP处理操作各项业务,并实现客运组

织、行车管理,以及乘客服维护管理的数据展示、信息接受、任务派发、闭环控制、设备预警、故障定位和应急抢修等功能。

3) 配置增强型智能运维系统,实现远程运维,降低运维人员劳动强度。如一键开关站功能,通过运维系统完成站内自巡检、自启动和自处理等。区域车控室设置方案需要大数据分析技术、人工智能技术、设备全自动化技术等支撑,有望在将来成为现实。区域车控室设置方案,可以节约车控室面积  $40 \sim 80 \text{ m}^2$ ,并且实现了调度人员和车站值班人员资源的有效利用,提高了区域管控能力和资源集约,降低了运维成本。

#### 1.4.2 功能区域车站布置方案

按照功能区域优化车站布局,按照管理用房的集中整合理念,分设设备房和管理用房,遵照人、设备的分离分设原则,优化布局,能够节约部分管线,降低部分能耗,同时可节约用房面积,减少线缆敷设数量和管线槽的数量,降低气体灭火等系统的容量。将站长室、交接班室、站务室、票务室整合为站务综合室 1,将维护工班、安检休息室整合为站务综合室 2,可节约土建面积为  $45 \sim 60 \text{ m}^2$ 。把设备房间和管理用房分不同的区域进行整合设置,所需要的能耗、电量、管线量等都会减少。分开设置还可减少部分动力照明和气体灭火管线施工安装费用、后期的运维费用。

## 2 车站资源集约化管理应用案例分析

### 2.1 基于“城轨云”的设计规划实例

以某典型地下车站弱电系统为例进行分析。按照弱电系统的原设计方案,其弱电设备系统有信号系统、通信系统、综合监控系统、火灾自动报警系统、环境与设备监控系统、自动售检票系统、安检系统、车辆智慧运维系统、安防系统、民用通信系统和公安通信系统等,设备及电源房间均独立设置。基于“城轨云”平台方案,可以将弱电系统的设备及电源集成在 1 个房间,车站用房面积可节约  $25 \sim 40 \text{ m}^2$ 。由此可以证明,通过采用“城轨云”平台节约车站设备房间面积是可行的。在减少设备用房面积的同时,也会带来相关其他效益,如:提高资源利用率,提高运营系统部署效率,减少机柜数量,减少施工难度,降低设备的能耗功耗和发热量,进而节约地铁车站的冷负荷电费、减少运维难度、减少运维人员数量、降低运维频次。

基于“城轨云”平台可同步研究多维度集约技术方案,减少车站基础设施投资,提高资源复用能力,具有显著的经济效益和技术优势。

### 2.2 云交自动化系统案例

在原方案下,综合监控系统、信号系统等都有单独的自动化系统平台。采用云技术方案,可以整合资源,实现各专业资源共享、信息互联互通;建立于统一的分层分布式网络、同一个系统体系之上,各个专业可以实现资源统筹调配、信息快速传递,进而实现各专业快速联动控制。

作为集成多专业数字化信息的云共享平台,超越了各独立系统运营和监控的局限性,通过将各个系统的信息进行统一采集、集中处理、分解、协议转换、分析,可提供最简便、直接又详尽的信息,辅助决策人员及时响应、快速决策。

以昆明轨道交通 4 号线为例。该线的综合运行管理平台系统,可称为云交自动化系统或者多专业综合的自动化系统,是融合所有以“终端-数据-采集-应用-挖掘”为模式子系统的综合系统平台,通过终端、数据、采集、挖掘达到协同、组织、管理、服务、运营等目的。该平台系统的核心设备为车站级智能控制一体机,是具有服务器、交换机、协议转换、编辑、软交换等功能的综合性设备,代替了原来的 BAS(环境与设备监控)系统、群控系统、MCC(智能环控柜)系统等自带的 PLC(可编程逻辑控制器)设备、交换机设备等。将各终端的处理单元横向虚拟化,组成基础设备云池,分布式上传数据;上层系统依靠统一的软件,实现集约搭建;数据采用大数据平台的多个智能组件进行处理。因此该平台系统具备系统高集成、节约土建面积、提高设备系统效益的特点。

多专业综合的自动化系统下,大数据平台汇总了各个终端设备的数据,能够实现快速整合;使用车站的综合一体柜,取消了多系统的多面柜子。更进一步,ISCS、AFC(自动售检票)系统、ACS(门禁系统)、PIS、PA(广播)系统和云计算节点都需电源,可考虑将所有电源室房间进行整合,这样可节约约  $30 \text{ m}^2$  建筑面积;结合云交自动化系统技术,可将弱电设备房间整合为综合弱电设备房间。同时,打破各专业限制,从资源整合角度出发,做好感知层数据的采集、汇总及整理;做好平台层的通用化与模块化方案;做好应用层的模块化、微服务化、容器化、可视化方案,使得系统之间的交互更加敏捷,数

据可以复用,进而提高运营系统的处置效率、增强应急处理能力、便捷智慧运维实施,为降低运维成本打好基础。

### 2.3 济南地铁物联网和智慧运维集成系统探索案例

济南地铁基于 AI、PHM、区块链等先进技术,以及结合 IoT 理念的机电设备智慧运维系统,构建了

风机、水泵、空调等多设备的集成共享平台(见图 1)。该平台集成了多传感器物联信息,如采集风机设备的振动数据、电流数据、风阀状态图像数据;集成了故障预警、寿命预测、健康评估等 AI 算法模型。济南地铁通过探索,旨在实现设备的全息感知、故障预警、在线监测等功能,进而实现远程运维、降低运维压力、减少运维成本。

应用	PHM、叶片缺陷、风阀异常状态监控、配电箱状态监控、消声器状态监控、应急处置、移动终端、远程运维、自动巡检日志、区块链共享应用、信息追溯、日志挖掘							其他设备系统应用	
人工智能算法	机器学习方法(BP、SVM等)、深度学习方法(Lenet、Alexnet、VGG、GoogleNet等)、目标检测算法(Rcnn、ACF、fasterRcnn等)、图像分割算法(FCN、maskPcnn)、特征提取算法(KPCA、ICA)、加密解密算法、聚类算法( $k$ -Means、模糊C均值)、集成学习、强化学习、迁移学习								
网络传输	4G、5G、有线、无线等								
薄雾计算	傅里叶变换预处理、阈值分析、去噪滤波、经验模态分解处理、主成分分析、预加重和加窗分帧处理、数据加密、各设备数据分布式存储、数据简单清洗和集成处理								
数据	视频信号、电流、电压、压力、三轴速度、位移瞬时值、三轴速度峰值、声信号、点云数据								
物联网	摄像头	声音传感	电流传感器	光纤光栅	激光雷达	一体化传感	电压传感器	振动传感器	压力传感器
设备	隧道风机本体、消声器、配电箱、配电柜、组合风阀							其他设备系统	

图 1 风机物联网集约共享平台应用示例

Fig.1 Intensive sharing platform application of the Fan Internet of Things

### 3 结语

1) 做好顶层设计方案。从全过程和全生命周期角度考虑车站资源集约化管理策略,综合权衡各项指标的可行性。车站集约化的表征应包含减少车站面积、减少设备系统数量、集成节约设备系统、减少建设成本、减少运维人员等。

2) 系统设备供应商应加强新技术的研究,提高业务系统感知层、网络层、应用层的智能化程度,共同推进集约化车站建设。

3) 筹划运维生产模式革新。随着智能运维、云方案、弱电系统及机电系统的深度集成等相关技术的发展和运用,运营规则、维修规则和修程修制等都会相应发生变化,需要搭配相应的系统方案、维保方案和运维方案,并适当调整运营人员的组织模式,需要提前协调沟通,谋划规章制度建设。

### 参考文献

[1] 曹勇,张玉文,龚艳. 基于大数据和云计算的车辆智能运维模式[J]. 城市轨道交通研究,2020(4):69.  
CAO Yong,ZHANG Yuwen,GONG Yan. Subway vehicle intelli-

gent operation and maintenance mode based on big data and cloud computing[J]. Urban Mass Transit,2020(4):69.  
[2] 梁坤红,井长惠. 云计算在城市轨道交通中的运用[J]. 通讯世界,2020(3):88.  
LIANG Kunhong,JING Changhui. Application of cloud computing in urban rail transit[J]. Telecom World,2020(3):88.  
[3] 胡世宏. 基于云计算微服务架构的地铁广播和乘客信息统一信息发布系统的研究[J]. 黑龙江交通科技,2020(2):160.  
HU Shihong. Research on unified information release system of metro broadcasting and passenger information based on cloud computing microservice architecture[J]. Communications Science and Technology Heilongjiang,2020(2):160.  
[4] 罗敏,程祖国,申佳鑫,等. 城市轨道交通车辆维修集约范式探析[J]. 城市轨道交通研究,2018(12):5.  
LUO Min,CHEN Zuguo, SHEN Jiaxin, et al. Analysis on urban rail transit vehicle maintenance intensive paradigm [J]. Urban Mass Transit,2018(12):5.  
[5] 马伟杰. 上海轨道交通 10 号线新江湾城智慧车站建设探索[J]. 城市轨道交通研究,2019(12):7.  
MA Weijie. Exploration on the construction of Xinjiangwan Smart Station on Shanghai Rail Transit Line 10[J]. Urban Mass Transit, 2019(12):7.

(收稿日期:2020-09-16)