

城市轨道交通车站级弱电系统整合模式研究

苏立勇¹ 申樟虹² 游弋² 李名淦² 郭松³

(1. 北京城市快轨建设管理有限公司, 100044, 北京; 2. 北京市市政工程设计研究总院有限公司, 100082, 北京;
3. 中铁通信信号勘测设计院有限公司, 100036, 北京)

摘要 [目的]传统的车站级弱电系统受运维管理模式限制,其一般各自采用分立机房的模式,这造成了一定的土建规模浪费,故有必要对城市轨道交通车站级弱电系统整合模式进行研究。[方法]在城市轨道交通车站级弱电系统的整合现状基础上,结合北京地铁 22 号线工程,针对车站级弱电系统的机房空间、资源整合进行研究分析。[结果及结论]经系统分析后,完成了车站级弱电系统(如通信系统、综合监控系统、自动售检票系统、门禁系统及信号系统等)的车站级部分设备向云端的资源整合,这可综合节省约 3~5 m 长的车站空间,可节约设备建设投资约 25 万~30 万元;同时,实现了减少建筑空间、减少气灭房间、优化管网等目的。

关键词 城市轨道交通;车站级弱电系统;整合模式

中图分类号 U231.8;U231.4

DOI:10.16037/j.1007-869x.2024.10.035

Study on Integration Mode of Station-level Weak Current System in Urban Rail Transit

SU Liyong¹, SHEN Zhanghong², YOU Yi², LI Minggan², GUO Song³

(1. Beijing Urban Express rail Construction Management Co., Ltd., 100044, Beijing, China; 2. Beijing General Municipal Engineering Design & Research Institute Co., Ltd., 100082, Beijing, China; 3. China Railway Communication and Signal Survey & Design Institute Co., Ltd., 100036, Beijing, China)

Abstract [Objective] Restricted by operation and maintenance management modes, the traditional station-level weak current systems generally adopt a separate computer room mode, causing a certain waste of civil construction scale. Therefore, it is necessary to study the integration mode for weak current system at station-level in urban rail transit.

[Method] Based on the current integration status of urban rail transit station-level weak current systems and combined with the project on Beijing Rail Transit Line 22, research and analysis are conducted on the computer room space and resource integration of station-level weak current systems.

[Result & Conclusion] After system analysis, resource integration of some equipment in the station-level weak current systems

(such as communication system, integrated monitoring system, automatic ticket vending and checking system, access control system and signal system) to the cloud is realized, which can comprehensively save about 3 m to 5 m of station space, and 250 000 to 300 000 yuan equipment construction investment. At the same time, the resource integration achieves the goal of reducing building space and gas extinguishing rooms, optimizing the pipe networks and so on.

Key words rail transit; station-level weak current system; integration mode

1 车站设备向云端发展现状

城市轨道交通(以下简称“城轨”)云平台的建设深刻地改变了城轨运营、管理和服务的模式,推动了城轨的快速发展。作为智慧地铁建设基石的“城轨云”,其通过大数据整合、消除信息隔离,为承载智慧地铁业务带来了革命性进步^[1]。

在“城轨云”建设背景下,车站级弱电系统,其包括如通信系统、ISCS(综合监控系统)、AFC(自动售检票)系统、ACS(门禁系统)及信号系统等子系统均已经实现站级部分设备的向云端(以下简称“入云”)资源整合;运营单位从各系统的单独运维模式也将逐渐转向综合运维模式。因此,各车站级弱电系统具备了实现综合运维和系统整合的条件^[2]。

2 研究背景

近期,贵阳地铁 3 号线、成都地铁 19 号线等城轨线路进行了弱电机房整合研究,其整合了通信系统、ISCS、AFC 系统和 ACS 等子系统。而雄安地铁 R1 线更进一步整合了信号机房。北京地铁 22 号线(以下简称“22 号线”)自 2020 年底起对车站级弱电机房整合进行研究,并于 2021 年完成了整合方案和标准图的制定,该方案现已在全线路范围内推广

实施。本文基于 22 号线的研究成果进行探讨。

3 车站级弱电系统整合成果

3.1 传统车站用房需求

传统城轨设计中,各系统独立设置机房,导致空间利用低效、土建成本增加,辅助投资上升^[3]。车站级弱电系统的运作需要依赖服务器硬件,但单台设备利用率低,使得单一系统建设和运维成本偏高。

以 8 节编组 D 型车线路的标准站机房面积为例,分别就信号系统集中站(以下简称“信号集中站”)和信号系统非集中站(以下简称“信号非集中站”)进行统计^[4]。根据不同机房的机柜与服务器数量划分机房面积,车站级弱电系统(含通信系统、信号系统、ISCS、AFC 系统和 ACS)在信号集中站中的车站用房所需面积约为 215.0 m²,而信号非集中站的车站用房所需面积约为 170.0 m²。入云系统车站用房需求如表 1 所示。

车站系统云化后,提升了硬件资源利用率,弱电系统维护模式亦随之改变。未云化的网络设备如交换机若仍分散设置,将增加维护难度。从空间上整合弱电机房,不仅能高效利用空间,还能整合机柜,减少用房需求。

3.2 整合方案

物理空间整合条件。其中通信系统、AFC 系统、ISCS 已实行车站级云化;ACS 无需车站级 SC(计算机系统),因其仅用于集中控制器,通常与综合监控机房合并布置;信号系统虽未云化,但其运维已并入通号公司,因此需同步考虑整合问题;站级安检系统仅含数据传输设备,传统上不单独设机房,其可并入通信机房^[5]。因此,弱电系统具备空间整合条件,可合并为统一机房,以实现集中运维,减少建筑面积和运维成本,大幅降低投资。

图 1 为信号非集中站整合机房图。由图 1 可知:整合机房所需房屋面积仅为 67.2 m²,与整合前机房所需面积 170.0 m² 相比,减少了 60.47% 的物理空间需求。

图 2 为信号集中站整合机房图。由图 2 可知:整合机房所需房屋面积为 120 m²,与整合前机房所需面积 215 m² 相比,减少了 44.19% 的物理空间需求^[6]。

采用云平台技术的弱电整合机房,相比传统的模式,能更有效地优化服务器资源。传统的机房模

表 1 入云系统车站用房需求表

Tab.1 Form of station rooms with cloud integration demand system

项目	机房面积/m ²	机柜类型	机柜数量	机柜尺寸		总功率/(kVA)	散热量/kW
				长/mm	宽/mm		
信号系统(集中站)	80	组合柜	12	960	450	45	25
		分线柜	12	960	450		
		接口柜	12	960	450		
		设备机柜	12	600	800		
		电源屏	3	600	800		
		UPS	2	1 000	600		
信号系统(非集中站)	35	值班工作台	2	1 200	600	10	5
		综合柜	1	960	450		
		设备机柜	1	600	800		
		电源屏	1	800	600		
		UPS	2	800	600		
		设备机柜	5	600	600		
通信系统(含 PIS/OA)	60	设备机柜	9	600	1 000	60	36
		设备机柜	4	600	1 200		
		配线架	2	900	600		
		配电柜	3	600	600		
		UPS	1	1 200	800		
		电池架	1	1 200	600		
综合监控系统(含门禁)	25	配电柜	1	600	1 100	30	13
		ISCS 网络柜	1	800	1 100		
		门禁机柜	1	800	1 100		
		UPS	1	800	1 100		
		AFC 机柜	1	600	900		
		配电柜	1	800	800		
AFC 系统(含安检)	20	互头柜	1	800	800	60	15
		UPS 机柜	1	1 200	800		
		控制柜	1	800	600		
站台门系统	30	电源柜	1	800	600	5	15

注:PIS 为乘客信息系统;OA 为办公自动化系统;UPS 为不间断电源系统。信号集中站的机房面积为 170 m²,机柜数量为 42 个,总功率为 170 kVA;信号非集中站的机房面积为 215 m²,机柜数量为 66 个,总功率为 200 kVA。

式下,车站级监控设备需 2 台服务器,通信系统约需 7 台服务器,AFC 系统需 1 台服务器;而云化后,车站服务器减少至 2、3 台高性能设备;机柜数量减少了 8 台,总发热量降低了 80%,配电容量在满负荷运行下优化了约 65%。

机房物理空间整合显著提升了单位面积的利

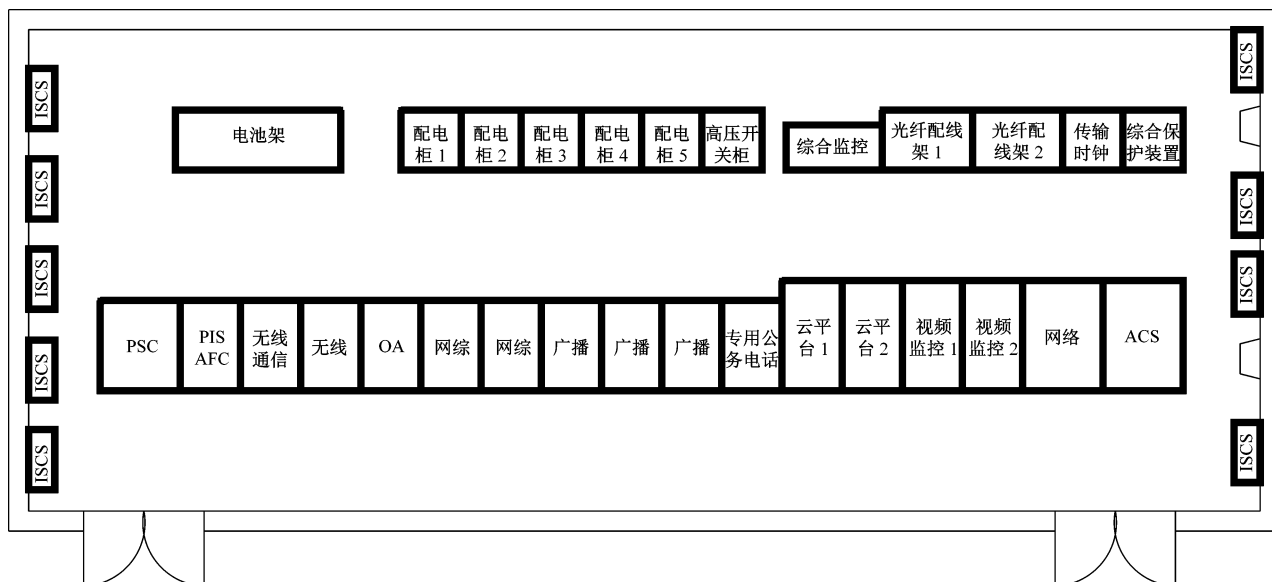


图 1 信号非集中站整合机房

Fig. 1 Integrated machine room of signal uncentralized stations

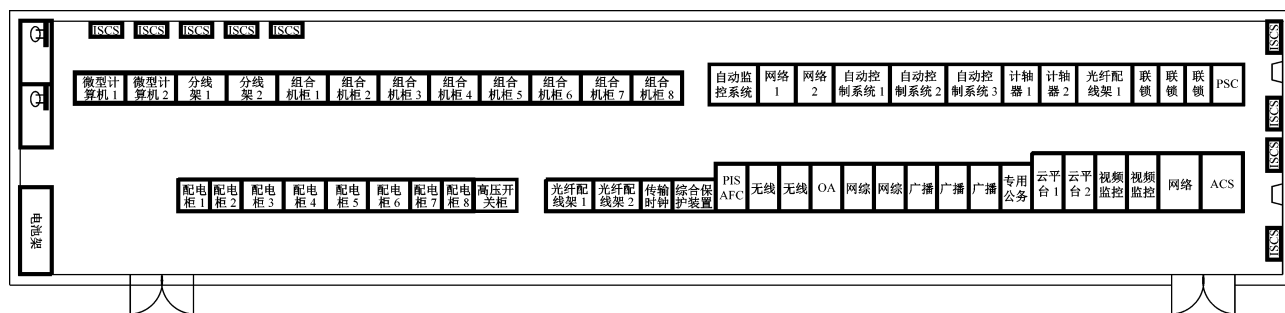


图 2 信号集中站整合机房

Fig. 2 Integrated machine room of signal centralized stations

用效率,优化了建筑布局,减少了空间浪费。

3.3 弱电系统机房整合对其他专业的影响

设备机房涉及土建、动力照明、通风空调、气体灭火(以下简称“气灭”)系统等多个专业,故弱电整合研究须对以上专业的影响进行逐一分析,以便完成对综合影响的评价。

3.3.1 对通风空调系统的影响

机房整合后,散热设备总量和发热量未明显增加,可见其对通风空调系统影响较小。整合后机房与传统机房的分散布局,风管走向相似,整合不会增加通风空调的面积和成本。

3.3.2 对动力照明系统的影响

机房整合后,动力照明系统设备数量保持不变,总用电容量需求稳定。机柜集中导致用电回路由 8 路减至 4 路,回路容量和电缆截面增大,但此调整对投资成本并无显著影响。

3.3.3 对气灭系统的影响

机房整合后,气灭系统保护范围按需缩减。设备减少带来房间面积的降低,可节省 1 个钢瓶间。设备和房间的减少显著降低了投资成本,并节省了建造及设备维护的相关费用。

以 8 辆编组 D 型车项目为例,给排水系统采用 IG541 型气体灭火,每套系统最多覆盖 8 个保护单体,灭火剂设计用量依据最大需求防护区确定^[7]。给排水系统在机房整合前后气灭机房系统数量的具体变化如表 2 所示。

整合前,弱电系统机房需在多个设备室独立配置气灭系统管网;整合后,其仅需在合并的弱电整合机房内安装 1 套气灭系统管网,综合节省 3 套系统管网。以信号非集中站为例,整合前站厅层需 2 个钢瓶间,其面积分别为 24 m² 和 12 m²;整合后,保护单体减至 7 个,减少 1 套气灭系统及 1 个钢瓶间,共可节省 12 m² 空间,这显著减少了给排水专业的

表 2 气灭机房系统整合前后数量变化对比

Tab. 2 Comparison of gas extinguishing machine room systems before and after the integration

项目	气灭机房组成	系统数量/套
机房整合前	专用通信设备室、公安通信设备室、民用通信设备室、信号设备室、自动售检票设备室、综合监控设备室、动力照明设备室、环控电控室、电源整合室×2	10
机房整合后	弱电整合机房、公安通信设备室、民用通信设备室、动力照明设备室、环控电控室、电源整合室×2	7

设备需求和成本。

经分析,信号非集中站机房整合后设备室面积为 67.2 m^2 ,气灭系统最大保护区仍为环控电控室,面积为 24 m^2 ;而信号集中站机房整合后设备室面积为 120 m^2 ,气灭系统最大保护区转为弱电整合机房后面积为 29 m^2 。表 3 是信号集中站和非集中站机房整合的效果分析。

表 3 信号集中站和非集中站机房整合后效果分析

Tab. 3 Analysis on integration effect of signal centralized and uncentralized stations

整合方案	钢瓶间面积/ m^2	整合后钢瓶间面积/ m^2	效果分析
信号非集中站	24 + 12	24	减少 1 套气灭系统、钢瓶等设备数量;几个防护区合并后管网及附件数量减少;节约投资约 30 万元
信号集中站	24 + 12	29	减少 1 套气灭系统、钢瓶等设备数量;几个防护区合并后管网及附件数量减少,既有站厅最大一套系统增加钢瓶;节约投资约 25 万元

由表 3 可知:弱电机房整合后,车站减少了 1 套气体灭火系统,以及钢瓶、管网等相关设备;非集中站可节约投资为 30 万元,信号集中站可节约投资为 25 万元。

3.3.4 对建筑专业的影响

弱电机房整合后,由原本的多个机房整合为一个机房,减少了房间总面积;通过建筑专业的优化排布,可综合减少车站长度约 $3 \sim 5 \text{ m}^{[8]}$ 。

3.3.5 小结

弱电机房整合不仅提升了机房空间效率,还减少了气灭机房的数量,改善了管网布局,增强了管线与建筑排布的灵活性,节约了成本。

4 跨系统融合对机房的影响

跨系统整合有助于减少空间需求。由于建设时序不同,站台门门体系统后建且需独立运行,但软件技术发展使得信号系统控制策略可重叠,为软件整合创造了条件。

信号联锁集成站台门 PSC(主控机),简化了专业间接口,降低了故障率,提升了系统安全性。图 3 和图 4 分别为既有方案和集成方案交互信息图。通过比较可知:集成方案将 PSC 整合入信号系统,内化了外部接口,提升了数据交互安全效率;IBP(综合后备盘)、ISCS 接口转为信号,站台门信号接口简化为 DCU(门控单元)、PSL(端头控制盒)连接。

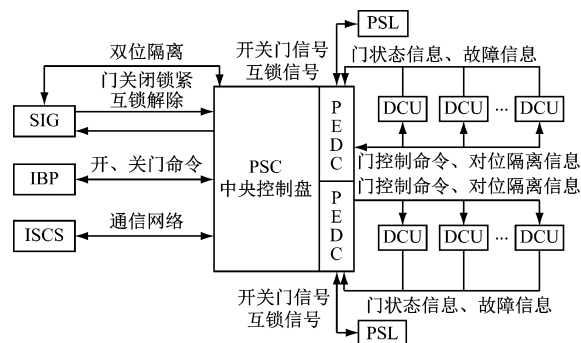


图 3 既有方案交互信息图

Fig. 3 Interactive infographic of existing solutions

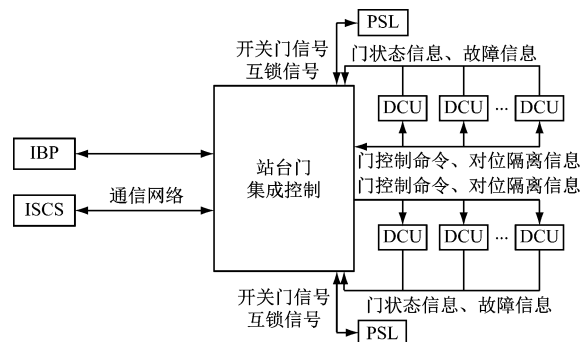


图 4 集成方案交互信息图

Fig. 4 Interactive info-graphic of integration solutions

图 5 为信号与站台门集成方案(SIG(信号系统)与 PSD(站台门)的交互流程和模块功能)。由图 5 可知:整合后,站台门控制系统和电源并入了信号系统,可节省 1 套隔离变压器;站台门仅保留了就地级设备,其驱动电源可并入动力照明机房。同时,控制电源柜和 PSC 机柜整合进信号系统的电源屏和联锁机柜,可取消站台门机房,进一步优化了设备房空间布局和气灭管网设计。

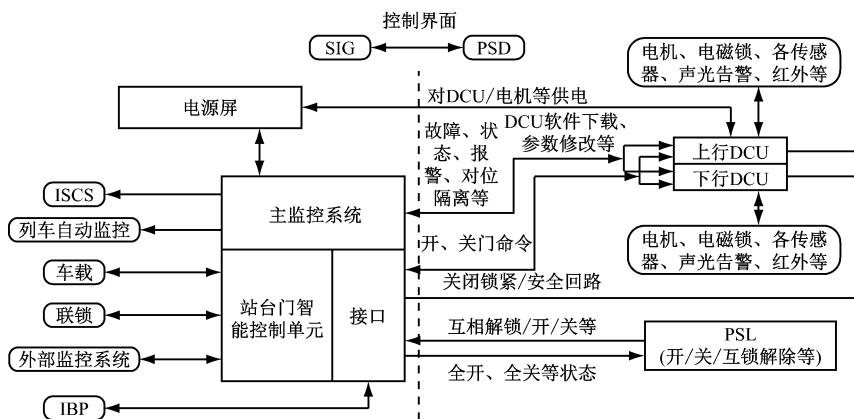


图 5 SIG 与 PSD 的交互流程和模块功能

Fig. 5 Interaction flow and module functions between SIG and PSD

研究分析表明,弱电系统机房的跨系统融合,能进一步提升机房空间利用率和运维效率,同时减少投资成本,实现成本优化。

5 结语

车站级弱电系统入云为机房整合提供了技术支持,配合运营维护调整,能有效地优化建设和运营成本。本研究阐述了弱电系统整合机房空间和资源的需求与方法,实现了减少用房、降低投资及维护成本的目标。该方案已在北京地铁 22 号线实施并广泛推广。

参考文献

- [1] 崔嘉. “城轨云”技术在城市轨道交通运营中的应用分析[J]. 企业科技与发展, 2021(11): 93.
CUI Jia. Application analysis of urban rail cloud technology in urban rail transit operation[J]. Sci-Tech & Development of Enterprise, 2021(11): 93.
- [2] 张鹏雄, 李正涛. 城市轨道交通建设弱电系统一体化设计的思考[J]. 铁路通信信号工程技术, 2021, 18(8): 54.
ZHANG Pengxiong, LI Zhengtao. Integrated design of weak current system in urban rail transit[J]. Railway Signalling & Communication Engineering, 2021, 18(8): 54.
- [3] 于彦鹏, 崔海虎. 建筑弱电系统工程设计与施工技术分析[J]. 黑龙江科学, 2021, 12(10): 90.
YU Yanpeng, CUI Haihu. Analysis of engineering design and construction technology of architecture weak current system[J]. Heilongjiang Science, 2021, 12(10): 90.
- [4] 杨洪建. 分析城市轨道交通弱电系统电源整合方案[J]. 居

舍, 2018(26): 24.

YANG Hongjian. Analyze the power integration scheme of weak current system in urban rail transit[J]. Telecom World, 2018(26): 24.

- [5] 杨浩如, 尹晓宏, 杜凡. 北京市轨道交通综合监控机房及车站控制室设计[J]. 都市快轨交通, 2013, 26(3): 66.

YANG Haoru, YIN Xiaohong, DU Fan. Design of Beijing rail transit integrated supervision center and station control room[J]. Urban Rapid Rail Transit, 2013, 26(3): 66.

- [6] 王宇宁. 城市综合体与城市轨道交通的空间整合研究[J]. 城市轨道交通研究, 2017, 20(3): 1.

WANG Yuning. Spatial integration of urban complex and urban rail transit[J]. Urban Mass Transit, 2017, 20(3): 1.

- [7] 中国工程建设标准化协会. 惰性气体灭火系统技术规程: CECS 312—2012[S]. 北京: 中国计划出版社, 2012.

Association for Engineering Construction Standardization. Technical specification for inert gas extinguishing systems: CECS 312—2012[S]. Beijing: China Planning Press, 2012.

- [8] 王丁洁. 地铁车站 FAS 与气灭系统组成、原理及联动方式[J]. 城市建设理论研究(电子版), 2017(4): 173.

WANG Dingjie. Composition, principle and linkage mode of FAS and gas extinguishing system in subway station[J]. Urban Construction Theory Research, 2017(4): 173.

- 收稿日期:2022-11-01 修回日期:2024-05-14 出版日期:2024-10-10
Received:2022-11-01 Revised:2024-05-14 Published:2024-10-10
- 第一作者:苏立勇,正高级工程师,suliyong@126.com
通信作者:申樟虹,正高级工程师,glen0039@126.com
- ©《城市轨道交通研究》杂志社,开放获取 CC BY-NC-ND 协议
© Urban Mass Transit Magazine Press. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license

欢迎订阅《城市轨道交通研究》

服务热线 021—56830728 转 821