

中小运量跨座式单轨交通通信信号系统方案分析

■ 刘伟华 卓开阔

摘要: 根据线路定位不同, 中小运量跨座式单轨交通在城市交通体系中承担着不同的职责。单轨交通通信信号系统功能和配置可根据客流密度大小、自动化程度高低进行调整。通过分析轨道交通行业通信信号系统原理、构成和建设标准及其在单轨中的适用性, 探讨轨道交通通信信号各子系统在跨座式单轨交通系统中的适用性, 并提出3种典型的机电系统配置和选装方案, 可为后续工程建设提供参考。

关键词: 中小运量; 跨座式单轨; 单轨通信信号; 城轨机电系统; 差异化配置方案

中图分类号: U283

文献标识码: A

文章编号: 1672-061X (2018) 06-0055-06

DOI: 10.19550/j.issn.1672-061x.2018.06.055

比亚迪汽车工业有限公司(简称比亚迪)推出的中小运量跨座式单轨——云轨系统, 作为一种轻量级的跨座式单轨系统, 得到越来越多客户的关注。跨座式单轨相比于地铁和轻轨, 具有建设规模小、建设周期短、建设投入低的特点。跨座式单轨为胶轮驱动, 在制动距离、转弯半径、爬坡能力等方面具有一定优势^[1]。跨座式单轨通信信号系统作为线路运行的安全保证、效率提升和乘客体验的关键系统, 在借鉴地铁和有轨电车通信信号系统方案的同时, 可根据线路定位不同选择不同系统配置方案^[2]。

1 中小运量跨座式单轨运行特点分析

比亚迪跨座式单轨系统最高运行速度80 km/h, 最小转弯半径45 m, 单车厢定员135人, 支持多种不同编组形式, 且支持动力电池供电, 为城市轨道交通提供了更多选择。在跨座式单轨通信信号系统设计过程中, 其建设标准和装备规格需与线路定位相匹配。根据跨座式单轨线路在城市交通体系中的定位, 可分为以下几种类型: 交通主导型(城市主动脉)、轨交延伸型(城市动脉)、轨交加密辅助型(城市毛细血管)、观光旅游型(城市局部循环)。

以上几种类型线路分别面向不同的城市地区和目标客户, 其运行呈现不同特点。不同类型单轨线路特点分析见表1。

分析可知, 不同定位的线路对系统的需求重点也不同。单轨通信信号系统可结合不同线路的定位和特点来优化系统配置, 既满足运营和乘客服务需要, 又避免系统性能过剩, 从而达到较高性价比。

2 轨道交通通信信号系统在跨座式单轨中的适用性分析

目前我国在跨座式单轨行业的现行标准较少, 在跨座式单轨通信信号系统的设计过程中可参照轨道交通行业现行规范, 先期线路需考虑兼容行业标准并做减法, 在项目实施过程中不断结合跨座式单轨交通的应用场景进行优化。

轨道交通典型机电系统主要包括供电、信号、专用通信、电力自动化监测(PSCADA)、火灾报警系统(FAS)、环境与设备监控系统(BAS)、综合监控系统(ISCS)、自动售检票(AFC)、安防与门禁、通风、空调与采暖、给排水、屏蔽门等, 线路设置运营控制中心和

表1 不同类型单轨线路特点

指标	类型			
	交通主导型	轨交延伸型	轨交加密辅助型	观光旅游型
连接区域	中心城区之间	中心城区和郊区	中心城区主干线之间	市区和景区/商圈
客流量	大	较大	较大	节假日较大
客流主体	通勤、办公、生活、购物等	通勤、会客、购物等	通勤换乘	旅游
客流周期	全天较均衡	早晚高峰、周末白日高峰	早晚高峰	周末和节假日
站间距	密	较密	密	较疏
旅行速度	较快	快	较慢	快
追踪间隔/s	90	120	180	300
与其他公交关系	充分接驳	少量接驳	充分接驳	中等接驳
目标客户	新兴城市	发达城市	发达城市/新型城市	景区

车辆段。运营控制中心具备行车调度、电力调度、环境与设备调度、防灾指挥、客流管理、乘客信息管理、设备维修及信息管理等运营调度和指挥功能。

传统地铁多为地下车站和隧道，空间相对封闭，对空调、通风、消防、应急指挥等方面要求高。跨座式单轨交通线路主要为高架形式，相比于传统地铁，可在高架特有的配置上进行适当简化。跨座式单轨交通由于车站占用空间较小，可根据运营需要不设置民用通信系统，鉴于警务通信系统需要根据公安部门要求进行配置，也不进行专门展开。结合各通信信号系统的用途、服务对象，对其系统适用性进行分析（见表2）。

从以上分析可知，跨座式单轨交通因其线路主要部分均为高架，列车编组较短，大部分车站采用非封闭式结构，同时车站面积相对较小，跨座式单轨交通车站可不设置FAS，对车站基础设施、BAS、AFC、门禁等系统的要求比地铁大大降低。另外由于机电设备点数较少，若设置综合监控系统，其规模可进行优化^[3]。

3 跨座式单轨交通通信信号系统建议配置方案

针对不同类型的跨座式单轨交通需求，可以给出3种典型的系统配置，满足客户需求的前提下实现极高性价比。

A方案：面向乘客需求最高、服务体验最高的线路。A方案推荐6节编组列车，在车站设置站房，站台设置站台门并支持单门隔离；使用综合承载的LTE提供无线集群解决方案；信号系统采用满足GOA4级的FAO系统，满足

全自动无人驾驶要求和90 s追踪间隔；在全线覆盖通信无线信号；车载PIS内容采用实时播送方式；车载视频实时回传并可进行实时分析；AFC采用站台检票方案；采用基于行车指挥的综合自动化TIAS系统实现智能联动和应急指挥功能^[4]。该方案可使用太阳能储能电站作为后备电源。

B方案：推荐使用4节编组列车，在车站设置站房，站台设置站台门；使用专用的TETRA或LTE提供无线集群解决方案；信号系统采用标准CBTC系统，满足90 s追踪间隔；在全线覆盖通信无线信号；车载PIS内容采用实时播送方式；AFC采用站台检票方案。

C方案：推荐使用2节编组列车，在车站设置设备柜，不设置专门站房，站台设置固定防护门、选装站台门，车站不设空调；使用公网运营商提供的无线集群解决方案；信号系统采用点式增强式，选装ATO，使用简易调度系统，满足180 s追踪间隔；仅在站台和车辆段覆盖通信无线信号；车载PIS内容采用录播模式，在车辆段进行同步和更新，车载PIS采用GPS报站或信号精确报站；AFC可采用车上检票方案。电源系统后备容量采用较小容量。

因此，针对不同定位的线路，推荐配置见表3。

A方案通过增加数据的汇聚和集中联动处理来提高系统的自动化控制水平，能够支持全自动无人驾驶，从而优化运营人员数量配置；B方案在A方案上做了一定优化；C方案通过简化系统配置和区间施工量可以达到较高的性价比。A方案和B方案在硬件上增加的设备不多，但是在

表2 通信信号系统的用途、服务对象

专业	子系统	服务对象	备注
供电	牵引变电所	牵引网/动力照明	可考虑分散式供电
	牵引网	车辆	若充电效率和电池容量够，可不在车辆段设接触轨
	动力照明	设备	
	电力监控系统	电调人员	
专用通信	时钟	乘客/运维人员/机电装备	可考虑将电子钟合并入PIS，只保留母钟
	传输骨干网	机电装备	传统地铁使用MSTP，可考虑IP组网综合承载
	无线通信调度	运维人员	传统地铁主要使用TETRA，可考虑综合承载或公网集群业务
	无线传输	机电装备	根据运营要求可只在站台覆盖，或全线覆盖
	公用电话	线路办公人员	可使用软交换设备提供公专电话，或对于小型线路不设置公专电话
	专用电话	运维人员/安保人员	
	车载PIS	乘客	
	车载广播	乘客	根据运营要求可录播或实时传送
	站台/站厅PIS	乘客	
	站厅广播	乘客/运维人员	
	CCTV	运营人员/公安部门	
	办公自动化	运营人员	
	集中告警	维护人员	
	供电及接地		
信号	ATS	行调	
	车载ATP	司机/操作员	需按照胶轮体系核算安全参数
	CI	司机/操作员	需满足整体式道岔的控制需要
	ZC	司机/操作员	
	车载ATO	司机	
	MSS	维护人员	
	DCS	信号设备	可采用综合承载方案
	电源	信号设备	
车站基础设施	通风、空调与采暖	乘客	地下车站隧道设置通风系统，高架车站较少设置；高架车站封闭空间需要设置集中式空调，根据需要设置采暖
	给排水与消防	运营人员	地下车站复杂；高架车站简单
	车站客运设备	乘客	
	导标	乘客	
其他机电系统	FAS		
	BAS		
	AFC	乘客/值班员	
	门禁	运维人员/安保人员	
	综合监控	环调	
	站台门	乘客	

表3 典型定位线路推荐配置

类型	配置	特点
交通主导型	高	系统配置丰富、运输能力高、自动化、智能化程度高；系统提供丰富的监测和联动功能，可减少车站运营人员数量
轨交延伸型	低	系统配置简单、运输能力较强、系统联动主要靠人工保证；适用于运营规则较简单的线路
轨交加密辅助型	中	系统配置较丰富、运输能力强、具备一定的联动功能
观光旅游型	高	根据需要选择A方案或C方案

系统软件上将会增加较大的投入；C方案和B方案相比，能够大大降低硬件设备的投入。

当然，由于轨旁AP设备单价较低，在总造价上体现并不突出，但由于取消了区间AP，区间主要设备都变成了免维护设备，将大大降低日常的巡检工作量，从而满足“经

济适用”原则。不过设备简化的弊端是由于车地无线通信的覆盖范围受限，无法满足实时播控和车载视频监控效果，可能会影响到乘客体验。另外采用车载检票机也必然会增加逃票率，从而一定程度上降低票务收入^[5]。

3种不同方案清单见表4。

表4 不同方案的完整配置清单

配置信息		A方案	B方案	C方案
基本参数	车辆编组	6	4/6	2/4
	信号制式	FAO系统	CBTC系统	点式增强系统
	追踪间隔/s	90	90	180
	最高时速/km	80	80	80
	骨干网总带宽	40G	20G	10G
	站房设置	中站房	小站房	设备柜或集装箱/小站房
乘客服务系统 PA & PIS & AFC	站台门	●	●	○
	车载广播	本地+遥控	本地+遥控	本地控制
	地面广播	本地+遥控	本地+遥控	本地+遥控
	车载PIS	实时	实时	录播+车辆段同步
	车站PIS	LCD+LED	LCD+LED	LED
	PIS播控中心	线网级/全国级	线路级	
	车载检票机+售票员			●
	站厅闸机	●	●	
	自动售票机	●	●	○
	人工售票机	○	○	
	票务清分中心（ACC）	●	●	
	AFC乘客智能分析系统	●	○	
	乘客APP	●	○	

续表4

配置信息		A方案	B方案	C方案
信号系统	联锁功能	●	●	●
	车载ATP功能	●	●	●
	ZC功能	●	●	
	ATS功能	●	●	○简化
	自动驾驶ATO功能	●	●	○
	自动休眠唤醒	●		
	自动洗车	●		
	时刻表自动调整	●	●	○
	乘客呼叫模式	●	○	
通信系统	DCS无线覆盖	正线全线+车辆段	正线全线	正线车站及站台边缘
	时钟	●	●	●
	专用无线通信	LTE综合承载	TETRA/LTE综合承载	运营商对讲服务
	专用骨干传输网	MSTP+/IP组网	IP组网	IP组网
	通信集中告警	●	●	
	公专电话系统	●软交换	●软交换	●软交换
安防/消防及综合监控系统	无线传输	LTE综合承载	LTE综合承载	Wi-Fi
	FAS	●	●	●
	门禁	●	●	○
	车载CCTV	●高清	●高清	●标清/○高清
	车载CCTV实时回传	4路	2路	
	车站视频服务器	●	●	●
	CCTV云服务器	●	○	○
	BAS	●	●	●
	综合监控	●	●	
	以行车指挥为核心的综合自动化 (TIAS)	○	○	
控制中心	多专业中央大屏	●	●	○
	生产综合管理系统	●	○	
	视频监控中心	64路	32路	8路
	智能维修系统MSS	●	○	○
车辆段	车辆段联锁	●	●	●
	自动化车辆段	●	○	
电源	控制中心电源	●储能式电站	●电源屏/○储能式电站	●电源屏
	车站电源	●电源屏+太阳能板	●电源屏/○电源屏+太阳能板	●电源屏

注：●必选；○可选

4 结论与建议

传统的轨道交通地铁通信信号系统构成体系完整,设备备份程度高,对于建设和运营维护都增加了一定的工作量^[6]。通过识别跨座式单轨交通必要的通信信号设备及其相互关系初步设计系统的优化配置方案。该方案弱化传统的“大专业”方式,强化功能点选择必要的系统,并为未来系统数据打通和功能融合预留空间。在实际的线路建设管理过程中仍需以正式批复的设计文件为准。后续项目建设中不断优化方案,使其具有更广泛的适用性,为中小运量跨座式单轨交通提供优质服务。

5 参考文献

- [1] GB 50157—2013 地铁设计规范[S].
- [2] 喻智宏,孙吉良,申大川. 有轨电车通信信号技术与智能交通系统[J]. 城市交通, 2013(4): 44-51.

- [3] 金久强,王浩. 北京地铁6号线行车综合自动化系统设计与实现[J]. 铁路计算机应用, 2015(8): 56-60.
- [4] 徐启禄,李坤,石琦. 以行车指挥为中心的综合监控系统[J]. 城市轨道交通研究, 2014(8): 142-144.
- [5] 郭京波. 现代有轨电车成本研究[D]. 广州: 华南理工大学, 2014.
- [6] 赵欣苗. 现代有轨电车运营成本测算及影响因素分析[D]. 北京: 北京交通大学, 2014.

刘伟华: 比亚迪通信信号有限公司, 工程师, 广东深圳, 518118

卓开阔: 比亚迪通信信号有限公司, 信息系统项目经理, 广东深圳, 518118

责任编辑 曲昶

(上接第54页)

3 结束语

单轨交通弱电一体化系统设计原则符合公司顶层设计,满足相关标准规范,设计符合跨座式单轨交通建设特点,实现系统标准化和互联互通。系统架构设计要全面综合考虑涉及业务范围,逐步从通号一体化到弱电一体化系统集成,实现创新性综合监控层,进而实现跨座式单轨信息化大MES生产运营平台,为单轨交通智能化、多元化运营服务提供基础。

4 参考文献

- [1] 魏晓东. 现代工业系统集成技术[M]. 北京: 电子工业出版社, 2016.
- [2] GB/T 50546—2009 城市轨道交通线网规划编制标准[S].
- [3] 李伟章. 城市轨道交通通信[M]. 北京: 中国铁道出版社, 2008.
- [4] GB 50157—2013 地铁设计规范[S].
- [5] GB 50490—2009 城市轨道交通技术规范[S].
- [6] 吴胜权,黄振晖,曹源. 有轨电车路权配置与信号系统选择[J]. 中国铁路, 2014(8): 97-99.

- [7] 《当代中国铁路信号(2006—2010)》编辑委员会. 当代中国铁路信号(2006—2010)[M]. 北京: 中国铁道出版社, 2013.
- [8] GB/T 25070—2010 信息系统等级保护安全设计技术要求[S].
- [9] GB 17859—1999 计算机信息系统安全保护等级划分准则[S].
- [10] GB/T 22240—2008 信息系统安全等级保护定级指南[S].
- [11] GB/T 22239—2008 信息系统安全等级保护基本要求[S].
- [12] GB 50174—2017 国家数据中心建设规范[S].

陈国芳: 比亚迪通信信号有限公司, 工程师, 北京, 101111

卓开阔: 比亚迪通信信号有限公司, 信息系统项目经理, 广东深圳, 518118

责任编辑 瓦然