

两种城市轨道交通既有信号系统改造方案对比分析

王二中 李 新

(苏州市轨道交通集团有限公司运营一分公司,215101,苏州//第一作者,高级工程师)

摘 要 介绍了 CBTC(基于通信的列车自动控制)系统的特点,分析了既有信号系统改造采用 CBTC 系统方案的难点;介绍了 TACS(基于车车通信的列车控制系统)的特点,分析了既有信号系统改造采用 TACS 方案的优点。建议城市轨道交通既有信号系统改造中优先选用 TACS 方案。

关键词 城市轨道交通;既有信号改造;信号系统

中图分类号 U282+.3

DOI:10.16037/j.1007-869x.2022.05.015

Comparison and Analysis of Two Types of Reconstruction Schemes of Urban Rail Transit Existing Line Signaling System

WANG Erzong, LI Xin

Abstract The characteristics of the CBTC (communication based train control) system are introduced. The difficulties of using the CBTC system scheme in the reconstruction of existing line signaling system are analyzed. The characteristics of TACS (train autonomous circumambulate system) are introduced. The advantages of using the TACS scheme for existing line signaling system reconstruction are analyzed. It is suggested that TACS scheme should be preferred in the improvement of the existing signaling system of urban rail transit.

Key words urban rail transit; reconstruction of existing line; signaling system

Author's address Suzhou Rail Transit Group Co., Ltd., 215101, Suzhou, China

根据交通运输部印发的交运规[2019]8号文《城市轨道交通设施设备运行维护管理办法》规定,信号系统整体使用寿命一般不超过20年^[1]。因此通常在线路开通运营后的第15年左右就会开始启动信号系统的更新改造,以确保在其20年的生命年限截止前完成改造,从而保证线路继续安全运营。本文对比分析城市轨道交通既有信号系统改造中的CBTC(基于通信的列车自动控制)系统方案和TACS(基于车车通信的列车控制系统)。

1 CBTC 系统改造方案分析

1.1 CBTC 信号系统特点分析

我国2008年之前开通的城市轨道交通线路主要采用准移动闭塞制式的信号系统,2008年之后开通的基本上采用CBTC系统。与准移动闭塞系统相比较,CBTC系统最主要的特点就是新增了ZC(区域控制器)用于计算移动授权,从而实现了移动闭塞功能。

按照功能划分,CBTC系统由ATC(列车自动控制)系统、ATS(列车自动监控)系统、CI(计算机联锁)系统、DCS(数据通信系统)和MSS(维护监测系统)等5个子系统构成,各系统间相互配合,共同确保列车安全高效运行。

CBTC系统从总体架构而言,轨旁信号设备主要分布在控制中心、车辆段/停车场、设备集中站、非设备集中站、试车线等,车载信号设备主要分布在列车两端的车头位置。

1.2 采用 CBTC 信号系统改造方案难点分析

北京、上海的轨道交通既有信号系统改造项目,均选用了当时最新的CBTC系统。从已完成的这些既有信号系统改造项目分析看,采用CBTC系统改造方案主要难点为:

1) 土建方面:既有信号系统改造,通常是将旧的系统改为目前最新的系统,因此也需要将车辆段/停车场改造成CBTC场段。通常情况下,CBTC车场双列位存车线之间的安全防护距离需20m左右,存车线上列车与车档的安全防护距离需15m左右。所以需要对既有场段存车线长度进行评估,如果涉及存车线长度增加,将面临着高昂的土建成本和时间成本,且会影响既有车场的作业,此种情况对运营与施工的总体协调能力要求极高。

2) 时间方面:在信号系统改造期间必须保证既有线的正常运营,因此只能在夜间运营结束后进行新系统调试,一般来说能够用来进行新系统调试的

时间仅为3 h左右^[2]。而既有线本身就存在周期性的维护以及故障维修,因此留给新系统调试的点平均每周不会超过4个。因此,相当于在信号系统改造期间,平均每周仅有约12 h的新系统调试时间,为正常新项目时间的五分之一左右。

3) 设备用房方面:在既有线原信号系统建设时,没有考虑后续改造时新设备的用房问题,根据CBTC系统架构,设备集中站的信号设备室一般总需求在123 m²左右(含设备室85 m²、电源室25 m²、电缆间13 m²);非设备集中站的信号设备室一般总需求在55 m²左右(含设备室30 m²、电源室15 m²、电缆间10 m²);停车场/车辆段的信号设备室一般总需求在230 m²左右(含设备室195 m²、电源室35 m²)。因此在现有设备用房条件下协调出新信号系统设备用房也是改造的一大难点与挑战。

4) 运营影响方面:由于改造期间可用于新系统的调试时间平均每周仅为12 h左右,当新系统调试所需时间或者多个专业同时调试时所需时间协调方面出现纰漏时,存在影响线路运输能力甚至导致部分区段退出运营的情况。

2 TACS系统改造方案分析

国家发展和改革委员会修订发布的《产业结构调整指导目录(2019年本)》中明确将TACS作为城市轨道交通装备的发展方向之一。目前国内主要信号系统供应商也已推出各自的TACS,预计2021年底将会出现首条开通商业运营的TACS线路。因此TACS也是后续既有线改造时信号系统的一个重要选择方案。

2.1 TACS信号系统特点分析

与CBTC系统相比较,TACS取消了计轴/轨道电路设备,信号机也可根据运营需求选择取消或者保留,同时取消了CI系统,将其对轨旁设备动作执行功能优化至OC(目标控制器)系统完成。按照功能划分,TACS由5 ATC、ATS、OC、DCS和MSS等5个子系统构成,各系统间相互配合,共同确保列车安全高效的运行。

1) ATC功能:具备CBTC系统中ATC的所有功能,由ATP(列车自动保护)系统和ATO(列车自动运行)系统组成。在TACS中,ATC轨旁设备的最大变化是将CBTC系统的ZC升级为了WRC(轨旁资源管理器),负责所管辖范围内轨旁资源的管理,处理轨旁资源的请求、分配和释放等;与CBTC

系统相比较,TACS车载控制器增加了列车之间互相通信及定位信息互传、轨旁资源的申请/释放、自主计算移动授权、自主计算牵引/制动曲线等功能。

2) ATS功能:与CBTC系统相比较,TACS中没有CI系统,因此TACS的ATS无与进路相关的功能,其余功能与CBTC系统的ATS功能相同。车站的LATS(车站ATS)设备可根据运营需求选择保留或者取消。

3) OC功能:OC相当于CBTC系统中CI系统的执行与采集单元,与轨旁ESB(紧急关闭按钮)、IBP(综合后备盘)、PSD(站台门)、SPKS(人员防护开关)和清客按钮等接口。OC执行轨旁资源管理器的控制命令,直接控制轨旁信号设备动作,并将轨旁信号设备状态反馈给轨旁资源管理器与ATS。

4) DCS功能:具备CBTC系统中DCS的所有功能,并支持LTE(长期演进)或者Wi-Fi制式的无线传输。

5) MSS功能:具备CBTC系统中MSS的所有功能,并新增了与智能运维相关的功能。

TACS总体架构如图1所示。ATCS以车载控制器为核心,尽可能地优化缩减了轨旁设备,使系统架构更加精简。

2.2 采用TACS信号系统改造方案优点分析

1) 土建方面:TACS对轨旁资源颗粒度的精细化管理,使其比CBTC系统的安全防护距离需求更短,从而在场段改造时对土建条件的需求更少,甚至相对既有线不变。

2) 时间方面:虽然每个点约3 h的新系统调试时间没变,由于TACS架构的优化,减少了轨旁设备,可以减少系统软件与数据制作的时间以及系统调试的时间,从而能够减少整体的改造工期。

3) 设备用房方面:由于TACS架构的优化,减少了轨旁设备,因此可有效减少新设备用房需求。

4) 运营影响方面:由于TACS方案可以减少设备数量与总改造工期,从而降低了设备倒接期间与节约的工期时间内可能出现的影响运营的事故的概率。

5) 运营效率方面:TACS实现了列车与列车间直接交互定位等功能,车载控制器可以自主计算自己的移动授权与控车曲线,加之TACS对轨旁资源颗粒度的精细化管理,使TACS的列车运行间隔最小可以达到90 s,比CBTC系统的提升了25%以上^[3]。

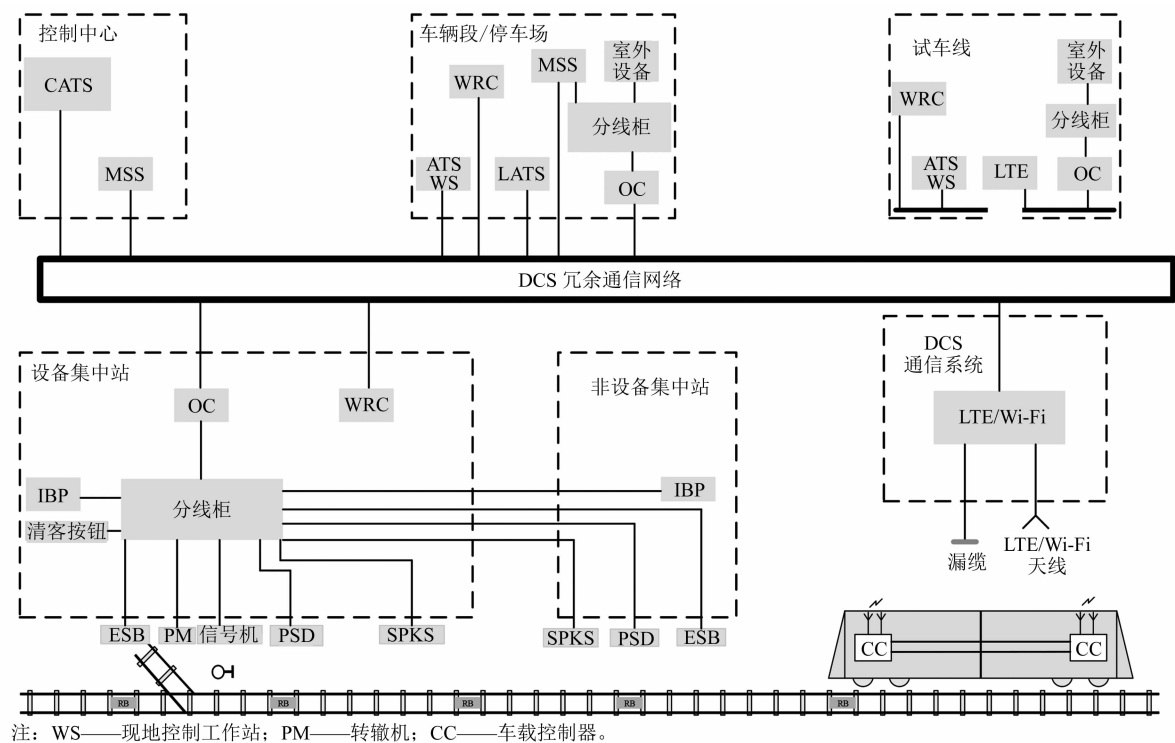


图 1 TACS 总体架构示意图

Fig. 1 Diagram of TACS overall architecture

3 两种既有线信号系统改造方案对比分析

TACS 代表着目前城市轨道交通信号系统的发展趋势,与 CBTC 系统相比,优化精简了基础架构层面,同时可对轨旁资源进行精细化管理,因此在既有线改造时,采用 TACS 的信号系统改造方案具有较大优势。不同既有线信号系统改造方案对比分析如表 1 所示。

表 1 不同既有线信号系统改造方案对比分析表
Tab. 1 Comparison and analysis of reconstruction schemes for different existing line signaling system

关键因素	采用 CBTC 方案	采用 TACS 方案
土建方面	安全防护距离长	安全防护距离短
改造总时间	时间长	时间短
设备用房需求	需求大	需求小
影响运营	影响大	影响小
运营效率提升	列车运行最小间隔为 120 s	列车运行最小间隔为 90 s

4 结语

TACS 代表了城市轨道交通信号系统未来发展趋势。TACS 用于既有线改造时,在土建、用房、调试、用电和维护等方面的减少可有效降低投资额度从而直接创造经济效益;同时,采用 TACS 信号系统

改造方案可大幅提升线路运营能力并可有效降低改造的总工期,从而能创造巨大的社会效益。因此从技术发展的趋势、经济效益和社会效益等方面综合分析,建议在既有线信号系统改造中优先选用 TACS。

参考文献

[1] 中华人民共和国交通运输部. 城市轨道交通设施设备运行维护管理办法;交运规[2019]8号[S]. 北京:中华人民共和国交通运输部,2019.
Ministry of Transport of the People's Republic of China. Urban rail transit transportation facility equipment operation and maintenance management measures;JYG[2019] No. 8[S]. Beijing: Ministry of Transport of the People's Republic of China,2019.

[2] 杨兴山,李国庆. 既有线改造对运营的影响分析与对策研究[J]. 现代城市轨道交通,2008(6):14.
YANG Xingshan, LI Guoqing. Research on analysis and countermeasures of influence of existing line reconstruction on operation[J]. Modern Urban Rail Transit,2008(6):14.

[3] 郭玉珊,成正波,陈绍文. 基于车车通信系统的折返能力研究[J]. 铁路通信信号工程技术,2021(7):77.
GUO Yushan, CHENG Zhengbo, CHEN Shaowen. Study on turn-back capacity based on TACS[J]. Railway Signalling & Communication Engineering,2021(7):77.

(收稿日期:2021-12-10)