

基于车-车通信的 CBTC 系统自动折返方案

郑 艺, 张 韦, 沈 涛, 孙 野

(湖南中车时代通信信号有限公司 北京分公司, 北京 100079)

摘 要: 车-车通信 CBTC 系统是下一代列控系统的主要研究方向之一, 而自动折返是城轨交通信号系统应具备的重要功能, 为实现基于车-车通信的无人驾驶 CBTC 系统的自动折返功能, 文章介绍了车-车通信 CBTC 系统的系统架构, 并结合该列控系统的控制原理, 设计了一种无人驾驶的自动折返方案, 其在充分考虑了方案实施的安全性和运营效率的前提下, 通过对道岔资源单独控制并减少通信环节, 有效缩短了 CBTC 系统折返作业时间。

关键词: 自动折返; 车-车通信; 无人驾驶; CBTC 系统

中图分类号: U284.48

文献标识码: A

文章编号: 2096-5427(2019)05-0068-04

doi:10.13889/j.issn.2096-5427.2019.05.015

Automatic Turn-back Scheme for CBTC System Based on Train to Train Communication

ZHENG Yi, ZHANG Wei, SHEN Tao, SUN Ye

(Beijing Division, Hunan CRRC Times Signal & Communication Co., Ltd., Beijing 100079, China)

Abstract: CBTC (communication based train control) system with train to train communication is one of the main research directions for the next generation train control system. Automatic turn-back is an important function of the urban transit signaling system. In order to realize the automatic turn-back function of unmanned operation CBTC system based on train to train communication, this paper described the system architecture of a CBTC system with train to train communication. Combined with the control principle of the system, it designed an unmanned automatic turn-back scheme. The control logic of the scheme is clear, and fully considers the security and operational efficiency of the implementation. By controlling the switch resource separately and reducing the communication link, the solution takes less time than the turn-back operation of traditional CBTC system.

Keywords: automatic turn-back; train to train communication; unmanned operation; CBTC system

0 引言

随着控制技术与通信技术的进步, 基于通信的列车控制系统 (CBTC)^[1] 作为城市轨道交通系统中的“控制中枢”, 其性能得到不断的提升。既有城轨信号系统普遍采用的是基于“车-地-车”通信控制架构的 CBTC 系统^[2], 存在轨旁设备多、接口复杂及运营维护成本高的缺点。欧盟在下一代列控系统 (NGTC) 研究项目中, 寻求通过减少轨旁设备方式来达到减少维护成本和产品全生命周期成本的目的^[3]。在这样的发展趋势下, 基于“车-车”通信控制架构的列控系统应运而生,

并成为当前列控技术领域的研究热点之一。

列车折返能力是提升城轨运营能力的关键受限因素, 列车无人自动折返是缩短折返时间和提升折返能力、进而缩小列车运行间隔并提升运能的有效方式。本文在概述传统 CBTC 系统架构的基础上, 阐述了基于车-车通信的 CBTC 系统架构及工作原理, 对其自动折返换端过程中的运行状态进行分析, 并提出了一种基于车-车通信的 CBTC 系统自动折返方案。

1 CBTC 系统

1.1 传统 CBTC 系统

基于“车-地-车”通信控制架构的传统 CBTC 系统主要由列车自动监控系统 (ATS)、计算机联锁 (CI)、区域控制器 (ZC)、计轴、应答器、信号机和车载控

收稿日期: 2019-05-18

作者简介: 郑艺 (1988—), 男, 硕士, 工程师, 主要从事轨道交通列车控制系统研究工作。

基金项目: 国家重点研发计划 (2016YEB1200601)

制器VOBC(ATP/ATO)组成^[4]。虽然该类列车控制系统的控制原理逻辑严谨,实现了高效、安全的列车运行,但在该类系统建设运营中,存在以下问题:系统设备复杂,地面轨旁设备数量多;子系统之间接口复杂,信息交互数据多;基于“车-地-车”的控制模式增加了通信传输环节,造成了系统反应时间的增加、系统性能的降低;系统建设成本和运营维护成本高等。传统的CBTC系统架构如图1所示。

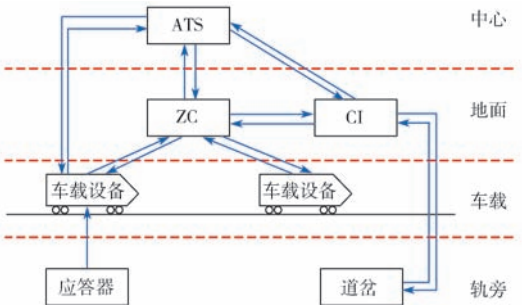


图1 传统CBTC系统架构

Fig.1 Traditional CBTC system architecture

1.2 基于车-车通信的CBTC系统

1.2.1 基于车-车通信的CBTC系统架构

针对传统CBTC系统建设运营成本高、系统接口复杂等问题,部分信号厂商和研究机构对基于车-车通信的CBTC系统^[5-9]进行了较为深入的研究。该类系统不再使用CI、ZC等地面设备,只保留ATS、对象控制器(object controller, OC)与应答器。基于车-车通信的新型CBTC系统的架构^[10]如图2所示。

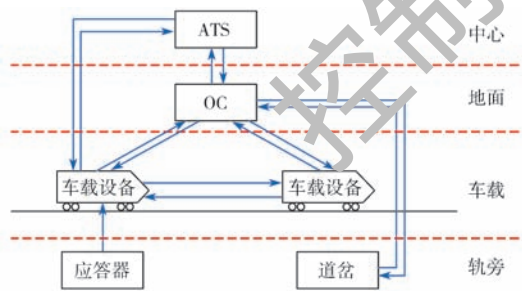


图2 基于车-车通信的CBTC系统架构

Fig.2 Architecture of the CBTC system with train to train communication

1.2.2 工作原理

基于车-车通信的CBTC系统由于取消了部分地面设备,实现了列车与列车之间直接通信,并实现了以列车为中心的运行控制,改变了传统CBTC系统以地面为中心的运行控制工作原理。新系统的VOBC通过接收ATS的行车计划并根据电子地图数据获取前方道岔编号,向管辖前方道岔的OC发送设置道岔状态命令;OC根据VOBC的命令,设置相应的道岔状态;VOBC与其前方列车的VOBC直接通信,实时获得前车运行状态,实现列车移动闭塞。

2 自动折返方案设计

自动折返是列车在折返运行过程中,所有工作均由信号系统自动执行,全程无须司机介入进行操作控制,节省了司机操作时间,提高了折返效率并缩短了列车折返间隔。根据折返作业方式,列车自动折返主要分为站后折返、站前折返以及站前与站后混合折返3类^[11]。本文主要以站前、站后两种折返方式为例进行讨论。

2.1 站后自动折返方案

图3示出经典的站后折返站台示意,列车上行进入站台停车,清客完成关闭车门后,进入自动折返过程。信号系统设置道岔SW1/SW3反位,列车行进至折返轨停车窗停车;列车换端后,信号系统设置道岔SW1/SW2/SW3/SW4定位,列车行进至站台进站停车点停车,完成自动折返作业。站后自动折返过程主要分为3个阶段,分别是站台发车、折返轨停车、发车站台停车。

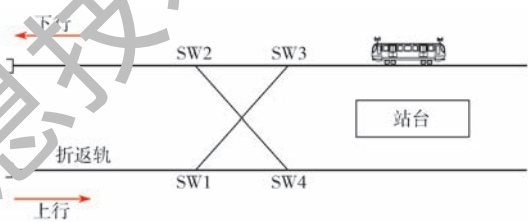


图3 站后折返示意图

Fig.3 Schematic diagram of turn-back behind the platform

2.1.1 站台发车

列车行驶至终端站台,停稳停准后,自动开启车门,触发车辆清客广播;站台人员确认完成清客后,按压站台关门按钮,车门关闭。

列车收到ATS下发的折返计划,VOBC向OC申请折返端站台的道岔SW1/SW3反位,道岔反位设置成功后,列车计算移动授权(MA),VOBC开始执行自动折返作业。列车自动折返发车示意如图4所示。

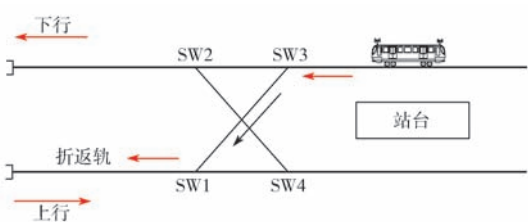


图4 站台发车示意图

Fig.4 Schematic diagram of the platform departure

在该阶段,当OC收到VOBC发送的道岔设置命令后,若回复“设置失败”原因码且未进行道岔状态设置,则表示有列车正处于道岔区段或折返轨上,此时列车需继续在站台停车,并周期查询SW1/SW3道岔状态;若OC回复“道岔SW1/SW3状态为反位”,VOBC则根据电子地图的折返轨停车窗计算MA,列

两次 ZC 对来自 CI 的进路状态信息处理的时间, T_5 为列车由终端站台运行至折返轨停车窗停稳的时间, T_6 为 ATS 消息处理时间, T_7 为列车由折返轨运行至发车站台停准停稳的时间。传统 CBTC 系统的站后折返总时间 T 为

$$T=T_{1A}+T_{2A}+T_{3A}+T_{4A}+T_5+T_6+T_{1a}+T_{2a}+T_{3a}+T_{4a}+T_7 \quad (1)$$

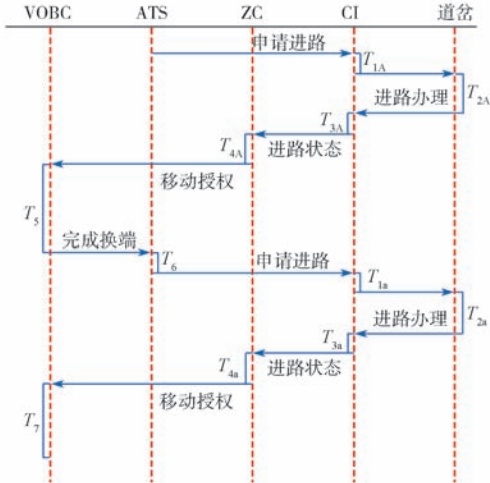


图 10 传统 CBTC 系统站后折返时序
Fig.10 Time sequence of turn-back behind the platform for the traditional CBTC system

3.2 基于车-车通信的CBTC系统自动折返时间

根据 2.1 节设计的站后折返方案, 其折返时序如图 11 所示。

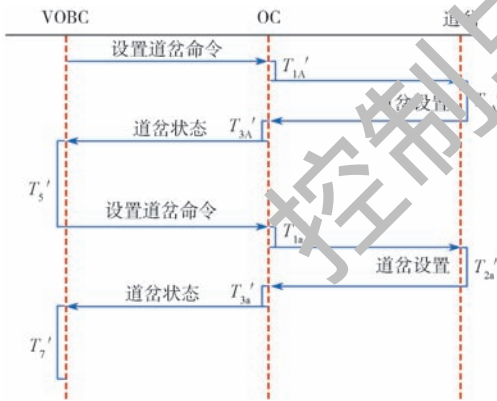


图 11 基于车-车通信的CBTC系统站后折返时序
Fig.11 Time sequence of turn-back behind the platform for the CBTC system based on train to train communication

图 11 中, T_{1A}' 和 T_{1a}' 分别为 OC 对 VOBC 前后两次设置道岔命令的处理时间, T_{2A}' 和 T_{2a}' 分别为道岔定、反位设置时间, T_{3A}' 和 T_{3a}' 分别为前后两次 OC 对道岔信息处理的时间, T_5' 为列车由终端站台运行至折返轨停车窗停稳的时间, T_7' 为列车由折返轨运行至发车站台停准停稳的时间。基于车-车通信的 CBTC 系统站后折返总时间 T' 为

$$T'=T_{1A}'+T_{2A}'+T_{3A}'+T_5'+T_{1a}'+T_{2a}'+T_{3a}'+T_7 \quad (2)$$

3.3 自动折返时间对比分析

假设两类系统地面设备性能相近, 忽略对相同类型

的信息处理时间的差异; 两类系统中的道岔使用同型号产品, 道岔设置时间差异忽略; 列车相同距离行驶时间相同。基于以上合理的假设, 可得到如下结论:

$$T>T' \quad (3)$$

根据上述分析可知, 按照本文提出的基于车-车通信 CBTC 系统的自动折返方案而进行的折返作业耗时小于传统 CBTC 系统折返作业耗时。新提出的折返方案对提升线路运能、缩短列车运营间隔时间具有优势。

4 结语

本文介绍了基于车-车通信的 CBTC 系统的系统架构, 研究设计了一种基于该列控系统的自动折返方案。在折返作业过程中, VOBC 根据行车计划命令 OC 设置道岔状态, 并且综合进路状态、前车运行状态、行车计划等信息自主计算列车移动授权, 列车运行安全且更为高效。其与传统 CBTC 系统的自动折返方案相比, 该方案无须 ZC 和 CI 设备参与, 具备系统设备种类少、接口少、折返时间短等优势, 可为今后基于车-车通信的 CBTC 系统研发及工程化提供借鉴。

参考文献:

[1] Rail Transit Vehicle Interface Standards Committee of the IEEE Vehicular Technology Society. IEEE Std 1474.1-2004 IEEE Standard for Communications-Based Train Control (CBTC) Performance and Functional Requirements[S]. New York:the Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., 2004.

[2] 代继龙, 李晓刚, 李兆龄, 等. 新一代 CBTC 系统方案研究与关键技术探索 [J]. 铁路通信信号工程技术, 2016, 13(6): 41-44.

[3] GURNIK P. Next generation train control (NGTC): More effective railways through the convergence of main-line and urban train control systems[J]. Transportation Research Procedia, 2016(14): 1855-1864.

[4] 宗明, 邵春海, 何燕. 基于 CBTC 控制的全自动驾驶系统 [J]. 都市快轨交通, 2006, 19(3): 34-36.

[5] BRIGINSHAW D. Alstom's simplified CBTC technology to debut in Lille[J]. International Railway Journal, 2013, 53(6): 29-30.

[6] 徐纪康, 贾森, 许琰. 基于车车通信的新型 CBTC 系统中的道岔控制功能研究 [J]. 铁路通信信号工程技术, 2017, 14(1): 47-49.

[7] 李雷, 林云志, 王丽丽. 基于车车通信的新型 CBTC 信号系统研究 [J]. 机车电传动, 2018(4): 50-53.

[8] 柴明东, 祝陶美, 王涛. 基于车-车通信的 CBTC 系统方案研究 [J]. 城市轨道交通研究, 2019, 22(5): 80-84.

[9] 杜恒, 孙军国, 张强, 等. 基于地面无联锁及区域控制器的新一代 CBTC 系统方案 [J]. 都市快轨交通, 2017, 30(4): 91-95.

[10] CHEN T, WANG H F, NING B, et al. Architecture Design of a Novel Train-centric CBTC System[C]//2018 International Conference on Intelligent Rail Transportation (ICIRT). Singapore:the Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., 2018: 1-5.

[11] 李英. 城市轨道交通折返线相关问题研究 [J]. 城市轨道交通研究, 2003, 6(1): 28-30.

[12] 徐娟, 郑理华, 李辉, 等. CBTC 信号系统自动折返方案研究 [J]. 机车电传动, 2014(5): 56-58.