

# CTCS-3(中国列车运行控制系统3级)在市域铁路中的应用分析\*

全宏宇

(中铁第四勘察设计院集团有限公司, 430063, 武汉)

**摘 要** [目的] 目前,我国市域铁路仍没有应用 CTCS-3(中国列车运行控制系统3级)的案例。为扩展 CTCS(中国列车运行控制系统)在市域铁路中的应用,应对 CTCS-3 在市域铁路的应用进行探讨。[方法] 分析了现有市域铁路的特点及 CTCS 制式在市域铁路应用的现状,提出了 CTCS-3 在市域铁路应用的技术方案。分析了 CTCS-3 在市域铁路的适应性,对应用于市域铁路的 CTCS-3 的技术方案提出了优化建议。[结果及结论] 与 CTCS-2(中国列车运行控制系统2级)相比,CTCS-3(不以 CTCS-2 为后备)在市域铁路中具有更好的适应性,其在牵引供电制式适应性、保护区段设置方式、与其他轨道交通制式互联互通等方面均具有优势,信号工程成本也较低。

**关键词** 市域铁路;列车控制系统;中国列车运行控制系统3级;技术方案优化

**中图分类号** U284.48;U239.5

**DOI:**10.16037/j.1007-869x.2024.09.046

## Application Analysis of CTCS-3 in City Railway

QUAN Hongyu

(China Railway Siyuan Survey and Design Group Co., Ltd., 430063, Wuhan, China)

**Abstract** [Objective] At present, there is still no practical case of using CTCS 3 (Chinese Train Control System Level 3) in city railway in China. The application of CTCS-3 system in city railway should be explored to expand its application in urban railway. [Method] The characteristics of the existing city railway and the current status of CTCS application in city railway are analyzed. The technical scheme of CTCS-3 application in city railway is proposed, its applicability is analyzed, and the optimization proposal for its application scheme is put forward. [Result & Conclusion] Compared with the CTCS-2, the CTCS-3 (without CTCS-2 as backup) has better applicability in city railway in terms of its advantages in traction power supply system adaptability, protection section setting method,

interconnection with other rail transit systems, and lower signalling engineering cost.

**Key words** city railway; train control system; CTCS-3; optimization of technical scheme

市域铁路是城市综合交通系统的重要组成部分,具有高密度、小编组、公交化的运行特点。在国外,悉尼的 Bondi Junction—Ersleville 铁路线、伦敦的 Crossrail 铁路线、墨西哥的 Mexico City—Toluca 铁路线等项目均具有市域铁路的运行特点,其列控系统均采用了基于无线传输的 ETCS-2(欧洲列车控制系统2级)。

随着我国城镇化进程的加快,市域铁路快速发展,这为 CTCS(中国列车运行控制系统)提供了广阔的应用场景<sup>[1]</sup>。我国的市域铁路大多采用 CTCS,其中,新建的市域铁路一般推荐采用 CTCS-2(中国列车运行控制系统2级),也可以利用既有线路的资源,采用 CTCS-0(中国列车运行控制系统0级)。目前我国暂无采用 CTCS-3(中国列车运行控制系统3级)的市域铁路案例<sup>[2-4]</sup>。

CTCS-3 采用 GSM-R(铁路数字移动通信)系统实现车地信息双向传输,以满足最小列车追踪间隔 3 min 的运行需求,提高行车的安全及效率<sup>[5]</sup>。为扩展 CTCS 制式在市域铁路中的应用,本文对 CTCS-3 在市域铁路的应用进行探讨,并提出 CTCS-3 技术方案的优化建议。

## 1 CTCS 在既有市域铁路中的应用

### 1.1 市域铁路列控系统制式选择

市域铁路的功能定位介于城际铁路和城市轨道交通之间,其主要技术标准如表 1 所示。根据 TB 10624—2020《市域(郊)铁路设计规范》,市域铁路列控系统应与线路的特点及运营需求相匹配,可采

\* 中铁第四勘察设计院集团有限公司科研课题(2019K044, KY2023073S)

用 CTCS 制式,也可采用城市轨道交通 ATC(列车自动控制)制式。其中,与干线铁路、城际铁路跨线运行的市域铁路宜采用 CTCS 制式。

表 1 市域铁路的主要技术标准

Tab. 1 Main technical indexes for city railway

项目	技术标准
最高运行速度/(km/h)	100~160
最小行车间隔/min	≥4
车辆	市域铁路车辆
牵引供电制式	交流制、直流制或双流制
站间距	中心城区不宜小于 2 km, 其他区域不宜小于 4 km
运行模式	站站停或快车越行

## 1.2 市域铁路 CTCS 制式的应用

根据 TB 10624—2020,开行动车组和有 ATO(列车自动运行)功能需求的线路一般采用 CTCS-2,其他线路则可根据需求采用 CTCS-0。

根据 TB 10623—2014《城际铁路设计规范》,CTCS-2 是基于轨道电路和应答器传输行车许可信息,采用目标距离模式曲线监控列车安全运行的列车运行控制系统。CTCS-2 + ATO 在 CTCS-2 现有设备的基础上增加了 ATO 相关功能,利用 GSM-R 传输 ATO 相关数据信息。CTCS-2 应用于市域铁路时,地面一般不设通过信号机,司机凭车载信号行车。

## 2 市域铁路采用 CTCS-3 的技术方案

从列车运行速度、开行类型及 ATO 功能需求等方面看,市域铁路若为 CTCS 制式,一般采用 CTCS-2 或 CTCS-0。与基于轨道电路和应答器传输行车许可的列控系统相比,基于无线传输行车许可的列控系统轨旁设备更少,控制精准度更高。因此,市域铁路的 CTCS 制式也可采用 CTCS-3。

### 2.1 CTCS-3 技术方案

根据 TB/T 3530—2018《CTCS-3 级列车运行控制系统 系统需求规范》,CTCS-3 由 RBC(无线闭塞中心)、无源应答器、列车占用检查设备及车载设备组成,其中:列车占用检查设备实现列车的占用检查;应答器实现列车的精确定位;RBC 为列车提供行车许可。

在干线铁路中,CTCS-3 一般将 CTCS-2 作为其后备系统。CTCS-3 应用于市域铁路时,为简化系统并减少轨旁设备,增强系统的适应性,本文推荐

CTCS-3 不需要将 CTCS-2 作为其后备系统,此时市域铁路应用 CTCS-3 的结构及接口如图 1 所示。

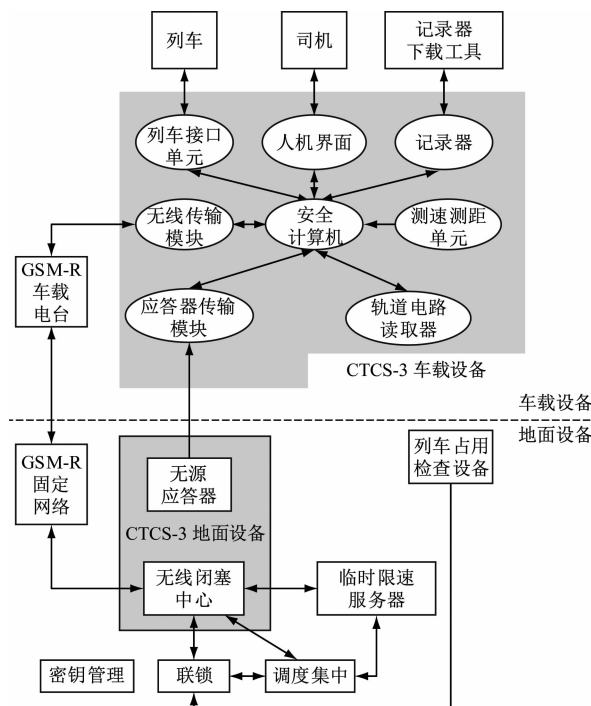


图 1 市域铁路应用 CTCS-3 的结构及接口

Fig. 1 Architecture and interface of CTCS-3 applied in city railway

### 2.2 CTCS-3 在市域铁路中的适应性分析

#### 2.2.1 运行间隔

CTCS-3 最小运营间隔不小于 3 min,能适应市域铁路各种运行场景下的列车运行间隔要求。

#### 2.2.2 牵引供电方式

CTCS-2 采用 ZPW-2000 型轨道电路。由于该型轨道电路应用于直流牵引供电制式的性能尚待验证,因此,目前 CTCS-2 只能采用交流制牵引供电方式。

本文推荐的 CTCS-3 不采用 CTCS-2 作为后备,CTCS-3 可采用轨道电路实现列车占用检查,也可采用计轴设备实现列车占用检查,因此,CTCS-3 能适应市域铁路的交流制、直流制及双流制牵引供电制式。

#### 2.2.3 保护区段

CTCS-2 需要在信号机前方设置 60 m 的保护区段,其保护区段设置方式如图 2 所示。而 CTCS-3 可与 CBTC 一样,将保护区段设置于信号机后方,其保护区段长度一般为 50 m<sup>[6]</sup>,因此,CTCS-3 行车许可定义了保护区段信息(包括末区段终点至保护

区段终点的距离、与保护区段相关的开口速度等),其保护区段设置方式如图 3 所示。

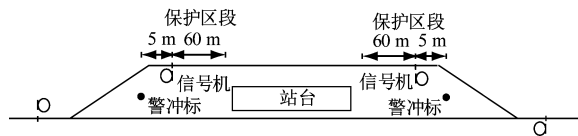


图 2 CTCS-2 保护区段设于信号机前方

Fig. 2 CTCS-2 protection section located in front of the signal machine

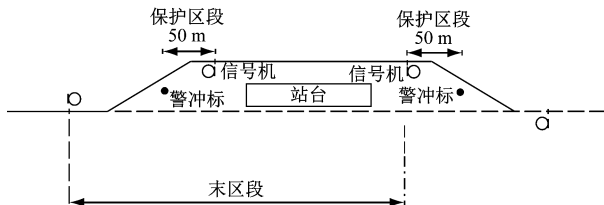


图 3 CTCS-3 保护区段设于信号机后方

Fig. 3 CTCS-3 protection section located behind the signal machine

由图 2、图 3 可知:由于保护区段设置的差异,CTCS-2 的站场布置长度较大,相应的土建工程成本较高,特别是地下车站所需的工程费用非常大;CTCS-3 将保护区段设置于信号机后方,可减少站场布置的土建工程规模。

#### 2.2.4 与其他轨道交通制式的互联互通

##### 2.2.4.1 与干线铁路、城际铁路的互联互通

若干线铁路、城际铁路采用 CTCS-3,则与采用 CTCS-3 的市域铁路列控制式相同,可实现无缝互联互通运营。若干线铁路、城际铁路采用 CTCS-2,跨线运行列车装备的 CTCS-3 车载设备一般包含 CTCS-2 主控单元,同样可实现互联互通运行,但需在干线铁路、城际铁路同市域铁路间设置 CTCS-2 与 CTCS-3 的切换点。

##### 2.2.4.2 与城市轨道交通线路的互联互通

城市轨道交通线路采用 ATC 制式,目前大部分线路主要以 CBTC 列控系统为主。若要与采用 CBTC 制式的城市轨道交通线路互联互通,采用 CTCS-3 的市域铁路可考虑以下 2 种方案<sup>[7]</sup>:

1) 方案一:2 套车载设备兼容方案。图 4 为方案一的示意图,跨线运行列车分别装备 CTCS-3 车载设备和 CBTC 车载设备,列车在市域铁路上采用 CTCS-3 车载运行,在城市轨道交通线路上采用 CBTC 车载运行,在衔接点进行 CTCS 制式与 CBTC 制式的切换。

2) 方案二:地面设备兼容方案。图 5 为方案二

示意图,方案二的技术思路是地面设备同时为装备不同车载设备的列车服务。当市域铁路推荐采用 CTCS-3 时,地面设置 RBC、TSRS(临时限速服务器)中心设备,以及地面应答器、列车占用检查设备、联锁设备。为实现地面设备兼容 CBTC 制式,市域铁路地面应按照 CBTC 制式增加 ZC(区域控制器)。列车分别装备 CTCS-3 列车车载、CBTC 车载,并通过无线通信系统进行控制,从而满足市域铁路与城市轨道交通的互联互通。此外,CTCS 制式和 CBTC 制式可共用地面应答器、列车占用检查设备及联锁设备,无线通信系统也可共用。

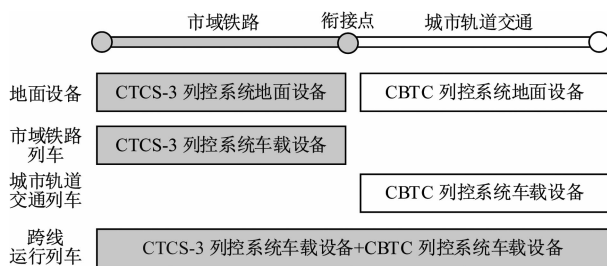


图 4 市域铁路与城市轨道交通互联互通方案一示意图

Fig. 4 Schematic diagram of city railway and urban rail transit interconnection Scheme 1

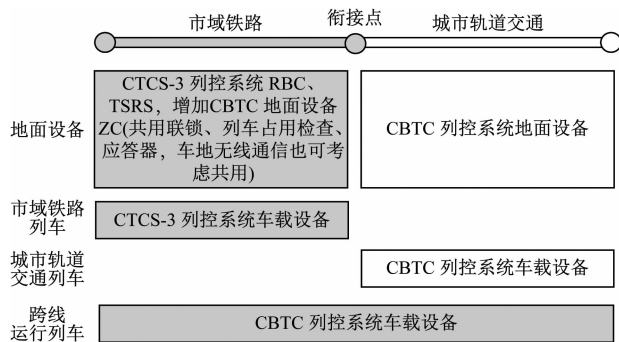


图 5 市域铁路与城市轨道交通互联互通方案二示意图

Fig. 5 Schematic diagram of city railway and urban rail transit interconnection Scheme 2

市域铁路采用 CTCS-2 时,由于应用了 ZPW-2000 型轨道电路和应答器,CTCS-2 地面设备难以与 CBTC 列控系统地面设备实现共用或兼容,而 CTCS-3 采用无线传输方式传输列车控制信息,能与 CBTC 列控系统共用地面设备,且易实现 CTCS 制式和 CBTC 制式的地面兼容。

#### 2.3 CTCS-3 与 CTCS-2 的对比

与 CTCS-2 相比,CTCS-3 在市域铁路的应用具有以下 4 个特点:

1) CTCS-3 不设置后备系统,采用计轴或轨道



电路实现列车占用检查,可适用于交流制、直流制及双流制牵引供电制式,而 CTCS-2 目前仅适用于交流制牵引供电制式。

2) 与 CTCS-2 将保护区段设置于信号机前方相比,CTCS-3 将保护区段设置于信号机后方,可减少站场布置相关的土建工程规模,节省土建投资。

3) 与 CTCS-2 相比,CTCS-3 不仅可以与采用 CTCS 制式的干线铁路、城际铁路实现互联互通,还可以与采用 CBTC 制式的城市轨道交通线路实现互联互通,并能实现与 CBTC 制式地面设备、无线通信设备的兼容和共用。

4) 由于 CTCS-3 不采用 CTCS-2 作为后备,不再需要设置 ZPW-2000 型轨道电路,其减少的信号工程成本与增加 RBC 地面设备的投资相当,增设 RBC 的成本有可能更低。以运营线路长度为 50 km 的双线市域铁路为例,设置 1 台 RBC 的工程成本约为 1 000 万元,若采用计轴设备、取消 ZPW-2000 型轨道电路,可减少投资约 30 万元/km,全线的信号工程成本可减少 1 500 万元<sup>[8]</sup>。另外,由于 CTCS-3 地面设备更少,可以减少信号工程施工安装及后期维护的工作量。与 CTCS-2 相比,CTCS-3 具有更好的经济性。

### 3 CTCS-3 系统技术方案优化建议

CTCS-3 应用于市域铁路时,建议对现有的技术方案做进一步的优化。

#### 3.1 系统架构及接口

由于 CTCS-3 不采用 CTCS-2 作为后备系统,列车占用检查可采用计轴或轨道电路等方式。为此,CTCS-3 应用于市域铁路时,应满足不同列车占用检查方式及接口的要求。

#### 3.2 虚拟及移动闭塞

目前 CTCS-3 采用目标-距离控制方式,该方式属于基于固定闭塞分区的准移动闭塞模式。由于列车自主完整性检查技术已逐步成熟并推广应用,CTCS-3 有望在市域铁路上采用基于虚拟闭塞分区的准移动闭塞或移动闭塞模式。基于虚拟闭塞分区的准移动闭塞或移动闭塞模式的信号设备平面布置方案如图 6 所示,站间不再设置连续的列车占用检查设备,仅设置 1 对计轴设备,将站间划分为若干个虚拟闭塞分区。在现有 CTCS-3 基础上研发和应用虚拟及移动闭塞,可进一步减少轨旁设备,提高列车追踪运行的效率。因此,CTCS-3 具有较好

的拓展性。

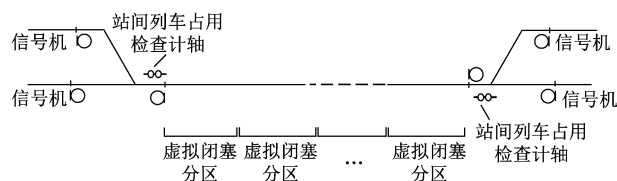


图 6 基于虚拟闭塞分区的准移动/移动闭塞模式的信号设备平面布置方案

Fig. 6 Plane layout of signalling devices under the mode of quasi-moving or moving block based on virtual block sections

## 4 结语

本文对现有市域铁路 CTCS 制式的应用进行了分析,探讨了市域铁路采用 CTCS-3 的技术方案,并提出优化建议:

1) 与 CTCS-2 相比,CTCS-3 (不以 CTCS-2 级系统为后备) 具有更好的适应性,其在牵引供电制式适应性、保护区段设置方式、与其他轨道交通制式互联互通等方面均具有优势,且信号工程成本较低。

2) 针对市域铁路的应用需求,CTCS-3 须适应多种列车占用检查方式,并研发和应用基于虚拟闭塞分区的移动闭塞技术,以进一步减少轨旁设备。

3) 现有市域铁路设计规范中,在 CTCS 制式上仅说明了 CTCS-2 和 CTCS-0 的应用条件,建议市域铁路相关规范进一步明确 CTCS-3 在市域铁路中的应用条件。

## 参考文献

- [1] 周宇冠. 关于市域快速轨道交通的思考[J]. 铁道标准设计, 2012, 56(9): 22.  
ZHOU Yuguan. Thinking about regional rail rapid transit[J]. Railway Standard Design, 2012, 56(9): 22.
- [2] 李乾社. 市域铁路信号列控制制式的研究[J]. 铁路通信信号工程技术, 2020, 17(2): 10.  
LI Qianshe. Research on signal train control system for regional railways[J]. Railway Signalling & Communication Engineering, 2020, 17(2): 10.
- [3] 李晶. 市域快速轨道交通信号制式的选择[J]. 城市轨道交通研究, 2014, 17(12): 57.  
LI Jing. Selection of signal system in urban rapid rail transit[J]. Urban Mass Transit, 2014, 17(12): 57.
- [4] 邓志翔. 市域轨道交通信号系统方案选择刍议[J]. 城市轨道交通研究, 2017, 20(5): 7.

(下转第 268 页)

表 2 等价模式下 OCC 和 BOCC 切换设计

Tab. 2 OCC and BOCC switching design under equivalent control mode

故障类型	主用控制中心	备用控制中心	运营影响	外部接口影响
OCC 电源故障/整体不可用	抢修	启用	调度人员赶往 BOCC	无影响
OCC 数据库服务器整体故障	抢修	正常运营	无影响	无影响
OCC 应用服务器整体故障	抢修	正常运营	无影响	无影响
OCC 通信前置机整体故障	抢修	正常运营	无影响	无影响
OCC 调度工作站整体故障	抢修	启用	调度人员赶往 BOCC	无影响
OCC 调度工作站部分故障	正常运营	正常运营	无影响	无影响
OCC 传输通道整体故障	抢修	启用	调度人员赶往 BOCC	无影响
OCC 传输通道冗余故障	正常运营	正常运营	无影响	无影响

OCC 和 BOCC 通信前置机与外部接口系统间交叉网络连接即可;对于因增加该连接而增加的复杂度,只需稍微改动外部接口系统与通信前置机的连接策略即可实现。

## 4 结语

综上所述,OCC 和 BOCC 架构设计优化后,ATS 系统切换到 BOCC 的场景明显减少,同时 ATS 系统故障对 PIS、PA、Radio、ISCS、Clock 等外部接口系统的影响也明显降低了。

## 参考文献

- [1] 李彦华. 轨道交通信号系统 SIL 定级实例探讨[J]. 铁路通信信号工程技术, 2018, 15(10): 91.  
LI Yanhua. SIL determination cases of urban rail transit signal systems[J]. Railway Signalling & Communication Engineering, 2018, 15(10): 91.
- [2] 董超, 张昱敏, 刘德伟. 城市轨道交通列车自动监控系统主备控制中心切换方案[J]. 城市轨道交通研究, 2023, 26

(5): 263.

DONG Chao, ZHANG Yumin, LIU Dewei. Main and backup OCC switchover proposal for urban rail transit ATS system[J]. Urban Mass Transit, 2023, 26(5): 263.

- [3] 刘涛. 地铁全自动运行控制中心信号系统冗余设计方案[J]. 铁道通信信号, 2021, 57(9): 88.  
LIU Tao. Redundancy design scheme of control center signal system in FAO metro[J]. Railway Signalling & Communication, 2021, 57(9): 88.
  - [4] 张海鹏, 刘灵. 趋中心化 FAOTS 系统在香港南港岛线的应用[J]. 电子技术与软件工程, 2022(14): 192.  
ZHANG Haipeng, LIU Ling. The application of centralized FAOTS system in south island line[J]. Electronic Technology & Software Engineering, 2022(14): 192.
- 收稿日期:2024-01-12 修回日期:2024-03-21 出版日期:2024-09-10  
Received:2024-01-12 Revised:2024-03-21 Published:2024-09-10  
• 通信作者:田茂伟,工程师,13681646176@163.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

(上接第 263 页)

- DENG Zhixiang. Research on signal system selection for suburban rail transit[J]. Urban Mass Transit, 2017, 20(5): 7.
- [5] 江明. CTCS-3 级系统发展历程及技术创新[J]. 铁路通信信号工程技术, 2020, 17(1): 2.  
JIANG Ming. Development history and technological innovation of CTCS-3 train control system[J]. Railway Signalling & Communication Engineering, 2020, 17(1): 2.
- [6] 王秀丽. 市域铁路到发线有效长度探讨[J]. 中国铁路, 2018(8): 28.  
WANG Xiuli. The study on the effective length of suburban railway receiving-departure track[J]. China Railway, 2018(8): 28.
- [7] 席武夷. 国铁 CTCS 与城市轨道交通 CBTC 列控系统的多网融合方案研究[J]. 铁道通信信号, 2021, 57(10): 81.  
XI Wuyi. Research on solution to multi-network integration of

CTCS for national railway and CBTC for urban rail transit[J]. Railway Signalling & Communication, 2021, 57(10): 81.

- [8] 刘实秋. 重庆城市轨道交通快线列控系统选型分析[J]. 铁路通信信号工程技术, 2021, 18(1): 66.  
LIU Shiqiu. Analysis of selection of train control system for Chongqing urban rail express[J]. Railway Signalling & Communication Engineering, 2021, 18(1): 66.

- 收稿日期:2022-05-15 修回日期:2022-06-21 出版日期:2024-09-10  
Received:2022-05-15 Revised:2022-06-21 Published:2024-09-10  
• 通信作者:全宏宇,高级工程师,tsy\_quanhy@qq.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