

doi: 10.3969/j.issn.1672-6073.2024.05.004

支持四网融合的列控系统 关键技术方案研究

张友兵, 崔佳诺, 陈志强, 王建敏, 王佳

(北京全路通信信号研究设计院集团有限公司安全控制技术研究院, 北京 100070)

摘要: 针对干线铁路、城际铁路采用的中国列车控制系统(China train control system, CTCS)系统与城市轨道交通采用的基于通信的列车控制系统(communication based train control system, CBTC)系统互不兼容, 阻碍四网融合发展和轨道交通系统整体运输效率低下的问题, 对支持四网融合的列控系统的车载设备、地面设备、重叠区设计、制式切换过程等关键技术进行研究, 具体包括列车自动防护技术、列车自动驾驶技术、人机接口技术、列车接口技术的一体化车载设备关键技术, 支持列车跨线运行的重叠区地面设备关键技术, 支持列车不停车安全、平滑切换制式的重叠区设计技术, 并分析列车在重叠区内不停车从 CTCS 到 CBTC 制式的互相切换过程。研究结果表明: 通过车载设备兼容地面设备实现跨线运行, 可以减少地面设备数量, 简化系统结构, 提高系统安全性、可靠性和可维护性, 且具有成本优势; 采用一体化车载设备, 系统结构简单, 设备成本低, 对安装空间要求较低, 是未来技术的发展方向; 提出的兼容 CTCS 和 CBTC 的列控系统关键技术可用于指导系统设计、研发和应用, 对实现四网融合具有指导意义。

关键词: 轨道交通; 四网融合; 市域铁路; 中国列车控制系统(CTCS); 基于通信的列车控制系统(CBTC); 互联互通; 跨制式运行

中图分类号: U231

文献标志码: A

文章编号: 1672-6073(2024)05-0021-08

Research on Key Technical Solutions for Train Control System Supporting the Integration of Four Networks in Rail Transit

ZHANG Youbing, CUI Jianuo, CHEN Zhiqiang, WANG Jianmin, WANG Jia

(Research Institute of Safety Control Technology, Beijing National Railway Research and Design Institute of Signal and Communication Co., Ltd., Beijing 100070)

Abstract: To address the issue of incompatibility between the China Train Control System (CTCS) system used in mainline and intercity railways and the Communication Based Train Control (CBTC system) used in urban rail transit, which hinders the integration of the four networks and reduces the overall transportation efficiency of the rail transit system, research is conducted on main technologies such as onboard equipment, ground equipment, overlapping area design, and system switching process that support the integration of the four networks in the train control system. First, key technologies for integrated onboard equipment were proposed, including automatic train protection technology, automatic train operation technology, human-machine interface technology, and train interface technology. Second, key technologies for ground equipment in overlapping management areas that support cross-line operation of trains were presented, and the overlapping management area design technology that supports

收稿日期: 2024-01-08 修回日期: 2024-05-24

第一作者: 张友兵, 男, 硕士, 高级工程师, 主要从事列车运行控制研究和开发工作, zhangyoubing@crscd.com.cn

通信作者: 崔佳诺, 男, 硕士, 高级工程师, 主要从事列车运行控制研究和开发工作, cuijianuo@crscd.com.cn

基金项目: 国家重点研发计划(2022YFB4300501)

引用格式: 张友兵, 崔佳诺, 陈志强, 等. 支持四网融合的列控系统关键技术方案研究[J]. 都市快轨交通, 2024, 37(5): 21-28.

ZHANG Youbing, CUI Jianuo, CHEN Zhiqiang, et al. Research on key technical solutions for train control system supporting the integration of four networks in rail transit[J]. Urban rapid rail transit, 2024, 37(5): 21-28.

safe and smooth switching of train control systems without stopping was provided. Lastly, the system switching process of trains switching from CTCS to CBTC and from CBTC to CTCS without stopping in the overlapping area was explained. The research results suggest that cross-line operation can be achieved by integrating onboard equipment that is compatible with ground equipment, reducing the number of ground equipment, simplifying the system structure, and enhancing system safety, reliability, and maintainability while also offering cost advantages. Adopting integrated onboard equipment with a simple system structure, low equipment cost, and minimal space requirements for installation is the future direction of technological development. The key technologies of the train control system compatible with CTCS and CBTC proposed can be used to guide system design, research and development, and application, which has guiding significance for achieving “four network integration.”

Keywords: rail transit; four network integration; urban railway; China train control system; communication based train control system; interoperability; interline operation with different signal systems

目前, 干线铁路和城际铁路普遍采用中国列车控制系统(China train control system, CTCS)制式, 城市轨道交通普遍采用基于通信的列车控制系统(communication based train control system, CBTC)制式^[1]。从长远看, 要实现干线铁路、城际铁路、市域(郊)铁路、城市轨道交通的四网融合, 发挥衔接和纽带作用的市域(郊)铁路则需要融合 CTCS 与 CBTC 两种制式, 支持列车跨线运行^[2]。

如何融合 CTCS 和 CBTC 两种信号制式, 支持列车跨线运行, 成为当前的研究热点和未来轨道交通系统重要发展方向之一。梁紫玥^[3]提出了一种列车运行控制系统 STCS 信号系统, 兼容 CTCS2 和 CBTC, 支持列车跨线运行; 赵博^[4]提出在 C2+ATO 列控系统基础上叠加 CBTC, 构建上海市域铁路 STCS 列控系统, 该系统结构复杂, 需要融合 CTCS 和 CBTC 两个系统的车载设备与地面设备; 贾飞^[5]提出了多网融合列控系统车载方案, 指出定位系统、测速系统、车地无线通信、列车接口要实现标准化, 并给出了在车站停车切换制式的基本概念; 吕新军^[6]论述了支持四网融合的双套车载和通用车载的两种车载融合方案。陈恒宇等^[7]认为 CTCS 和 CBTC 定位原理和移动授权原理不同, 不停车切换存在安全隐患, 建议停车切换; 全宏宇等^[8]研究了实现 CTCS-2 与 CBTC 跨制式互联互通的系统接口和切换过程。虽然以上研究都涉及 CTCS 与 CBTC 跨制式切换技术, 但都没有深入探讨一体化车载设备的关键技术, 以及采用一体化车载设备实现跨制式切换的具体方案和细节。

本文从技术发展方向、系统复杂度、建设成本等多方面考虑, 研制兼容 CTCS 和 CBTC 两种制式的一体化车载设备, 通过该车载设备可以适应不同制式的地面设备, 在列车运行过程中, 车载设备在重叠区内切换控制权, 从一种信号制式管辖区域进入另一种信号制式管辖区域, 能够有效实现列车的跨线运行。

1 四网融合列控系统需求分析

近年来, 国家发展改革委联合多个部门陆续发布了《关于促进市域(郊)铁路发展的指导意见》^[9]、《关于推动都市圈市域(郊)铁路加快发展的意见》^[10]等文件, 统筹考虑都市圈内部各种轨道交通的网络布局, 实现干线铁路、城际铁路、市域(郊)铁路、城市轨道交通的四网融合, 提高轨道交通网络整体效益, 打造轨道上的都市圈。

目前干线铁路、城际铁路普遍采用 CTCS 系统, 城市轨道交通普遍采用 CBTC 系统, 市域(郊)铁路尚处于发展阶段, 各个地方业主根据自身实际情况或采用 CTCS 系统或采用 CBTC 系统, 国内还没有支持列车跨线运行的成功案例和成熟解决方案。

干线铁路、城际铁路的 CTCS 线路与城市轨道交通的 CBTC 线路各自成网, 独立运行, 列车不能跨网运行, 不但限制了轨道交通网络运输效率的提升, 也不能满足人们越来越高的出行需求。

要支持列车跨线运行, 包括通过地面设备兼容不同车载设备、车载设备适应不同地面设备两种解决方案^[11]。前者需要布置大量的地面设备, 系统结构复杂, 因此研制兼容 CTCS 制式和 CBTC 制式的车载设备, 通过车载设备兼容地面设备实现跨线运行是更优的解决方案^[12]。在通过车载设备兼容地面设备实现四网融合的方案中, 车载设备又存在分体式、一体式两种形式, 由于一体式车载设备具有安装空间小、成本低等诸多优势, 是业主和车辆厂家的优选解决方式, 也成为信号厂家的重点研究方向^[13]。

2 车载设备关键技术

要实现车载设备一体化, 需要研究以下技术: 一体化列车自动防护技术(automatic train protection, ATP), 实现 CTCS 和 CBTC 两种制式的列车防护功能; 一体化列车自动驾驶技术(automatic train operation, ATO),

支持 CTCS 和 CBTC 两种制式的自动驾驶；一体化人机接口技术(driver-machine interface, DMI), 支持 CTCS 和 CBTC 两种制式的界面显示和司机操作；一体化列车接口技术, 保证同一时刻只有一种制式的车载主控逻辑可以向列车输出控制命令。

2.1 一体化车载 ATP 技术

兼容 CTCS 和 CBTC 的一体式车载设备对外呈现一个整体, 根据具体实现方式又可以区分为多种形式: ①CTCS 主控单元和 CBTC 主控单元是两块独立的硬件板卡; ②CTCS 主控单元和 CBTC 主控单元共用一个硬件板卡, 但软件模块相对独立; ③CTCS 主控单元和 CBTC 主控单元共用一个硬件板卡, 且软件功能完全融合在一起。由于 CTCS 列控系统和 CBTC 列控系统已成熟稳定, 且得到广泛应用, 如果进行深度融合, 两种系统的软件必然要进行大规模修改, 不但影响既有两种系统软件的稳定性和独立性, 而且会给安全认证带来很大困难。因此, 本文中一体式车载设备采用第一种实现方式, 既保持两种系统软件的独立性和稳定性, 又实现设备一体化, 共用外设, 减小体积, 降低成本。

兼容 CTCS 和 CBTC 的一体式车载设备结构如图 1 所示。将 CTCS 主控单元(CTCS-ATP)和 CBTC 主控单元(CBTC-ATP)集成在一套设备中, 两个主控单元共用所有外设, CTCS 主控单元为 CBTC 主控单元转发所有输入输出信息。列车在 CTCS 线路运行时, CTCS 主控单元处于控车状态, 监控列车安全运行。列车在 CBTC 线路运行时, CBTC 主控单元处于控车状态, 监控列车安全运行。从 CTCS 线路进入 CBTC 线路时, 在重叠区 CTCS 主控单元将控车权移交给 CBTC 主控单元; 从 CBTC 线路进入 CTCS 线路时, 在重叠区 CBTC 主控单元将控车权移交给 CTCS 主控单元。

测速测距单元通过速度传感器、雷达等采集原始数据, 计算时间戳、最大速度、估计速度、最小速度、最大距离、估计距离、最小距离、距离分辨率等测速测距信息, 并发送

给 CTCS 主控单元, CTCS 主控单元将测速测距信息转发给 CBTC 主控单元。CTCS 主控单元和 CBTC 主控单元基于这些信息计算列车位置、速度、方向等信息。

应答器信息接收单元从地面接收原始的应答器数据, 经过处理得到符合协议的应答器报文, 并提供给 CTCS 主控单元。同时, CTCS 主控单元将所有的应答器报文转发给 CBTC 主控单元。两个主控单元根据应答器子包编号分别挑选属于本系统的应答器子包数据并使用^[14]。

2.2 一体化车载 DMI 技术

一体化车载设备采用兼容 CTCS 显示和 CBTC 显示的一体化 DMI。一体化车载 DMI 工作原理如图 2 所示。CTCS 主控单元与一体化 DMI 实时交互 CTCS 信息, CBTC 主控单元与一体化 DMI 实时交互 CBTC 信息时, 均通过 CTCS 主控单元转发双向的 CBTC 信息。因此, 一体化 DMI 同时具备 CTCS 人机接口信息和 CBTC 人机接口信息。CTCS 主控单元控车时, 一体化 DMI 显示 CTCS 界面, CBTC 主控单元控车时, 一体化 DMI 显示 CBTC 界面, 可根据控车权无缝切换界面显示。当两个主控单元切换控车权时, 一体化 DMI 也实时无缝切换界面显示, 实现控车权与界面显示的一致。如在图 2 中, 列车从 CTCS 管辖区进入 CBTC 管辖区时, 在重叠区内, 收到切换命令后, CTCS 主控单元向 CBTC 主控单元移交控车权, 同时一体化 DMI 从 CTCS 界面切换到 CBTC 界面。

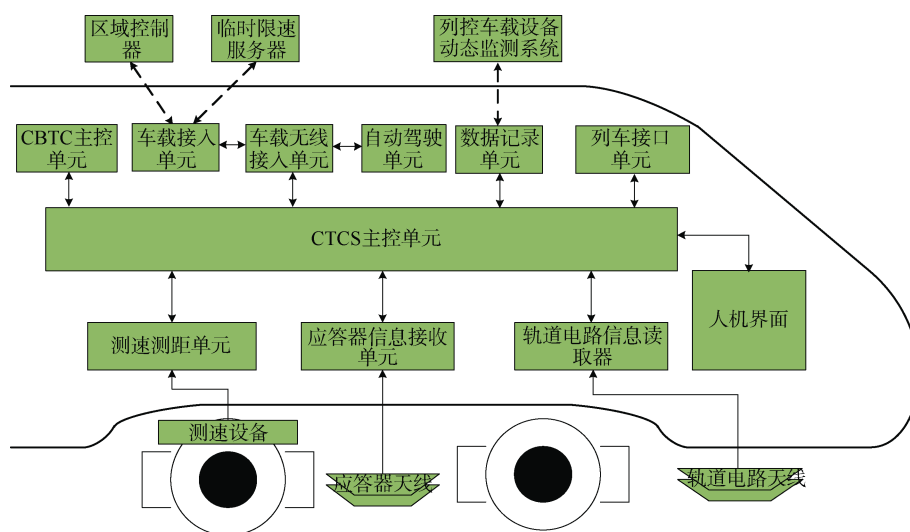


图 1 一体式车载设备结构

Figure 1 Structural diagram of integrated on-board equipment

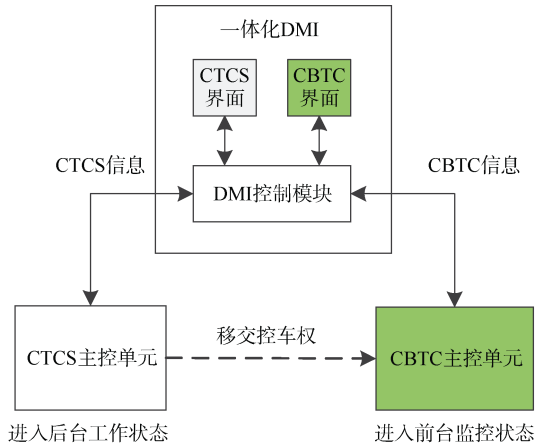


图 2 一体化车载 DMI 工作原理

Figure 2 Working principle diagram of integrated onboard DMI

2.3 一体化车载 ATO 技术

在 CTCS 系统中，车载 ATP 和车载 ATO 相对独立，一般是两套独立软件或两个独立单元。在 CBTC 系统中，车载 ATP 和车载 ATO 一般是一套软件或一个单元。在一体化车载设备中，CTCS 系统和 CBTC 系统共用一体化车载 ATO。一体化车载 ATO 工作原理如图 3 所示。CTCS 主控单元与 ATO 实时交互 CTCS 自动驾驶信息，CBTC 主控单元与 ATO 实时交互 CBTC 自动驾驶信息。因此，ATO 同时具备 CTCS 自动驾驶信息和 CBTC 自动驾驶信息，可随控车权切换从一个系统的自动驾驶状态无缝切换到另一个系统的自动驾驶状态。当 CTCS 主控单元控车时，ATO 根据 CTCS 自动驾驶信息驾驶列车；当 CBTC 主控单元控车时，ATO 根据 CBTC 自动驾驶信息驾驶列车；当控车权从 CTCS 主控单元切换到 CBTC 主控单元时，ATO 也实时从 CTCS 自动驾驶数据切换到 CBTC 自动驾驶数据，无缝自动驾驶列车；当控车权 CBTC 主控单元切换到

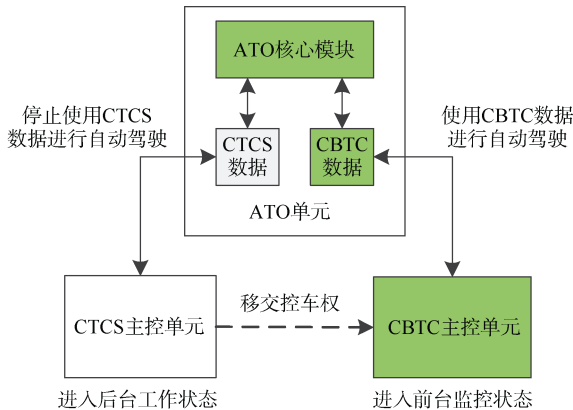


图 3 一体化车载 ATO 工作原理

Figure 3 Working principle diagram of integrated onboard ATO

CTCS 主控单元时，ATO 也实时从 CBTC 自动驾驶数据切换到 CTCS 自动驾驶数据，无缝自动驾驶列车。如在图 3 中，列车从 CTCS 管辖区进入 CBTC 管辖区时，在重叠区内，收到切换命令后，CTCS 主控单元向 CBTC 主控单元移交控车权，同时 ATO 停止使用 CTCS 数据并开始使用 CBTC 数据对列车进行自动驾驶。

2.4 一体化列车接口技术

一体化车载设备使用统一的列车接口单元，列车接口单元包含 CTCS 列车接口信息和 CBTC 列车接口信息。CTCS 主控单元采集所有列车接口输入信息并对信号进行分离，并将 CBTC 列车接口输入信息转发给 CBTC 主控单元。CBTC 主控单元将 CBTC 列车接口输出信息发送给 CTCS 主控单元。CTCS 主控单元根据控车权状态决定输出 CTCS 列车接口输出信息或 CBTC 列车接口输出信息。在 CTCS 主控单元控车时，CTCS 主控单元只输出 CTCS 列车接口输出信息；在 CBTC 主控单元控车时，CTCS 主控单元只输出 CBTC 列车接口输出信息。列车接口输出信息由 CTCS 主控单元统一管理和输出，确保拥有控车权的列车接口输出信息能被输出到列车，避免同时输出两个系统的列车接口输出信息，导致系统故障。

3 地面设备关键技术

在 CBTC 系统中，由联锁设备实现有源应答器、信号机、转辙机、计轴设备的控制和信息采集。在 CTCS 系统中，由联锁设备实现信号机、转辙机的控制和信息采集，列控中心实现有源应答器、轨道电路的控制和信息采集。

CTCS 管辖区和 CBTC 管辖区的地面设备布置原则和工作原理保持不变。在重叠区内，轨旁设备和地面设备应合理设置，不但应支持列车可以应用两种制式在重叠区内安全运行，而且应支持车载设备在重叠区内平滑切换控车制式。

重叠区内地面设备系统结构如图 4 所示，在重叠区内设置统一的联锁设备。以 CTCS 系统的联锁设备为基础，新增列控中心相关功能，实现列控联锁一体化；增加计轴设备信息采集接口，可实现 CBTC 系统的列车占用检查功能；联锁设备与 CTCS 系统的调度集中(centralized traffic control, CTC)、临时限速服务器(temporary speed restriction server, TSRS)和 CBTC 系统的列车自动监控(automatic train supervision, ATS)、区域控制器(zone controller, ZC)均具备接口，交互控制命令和状态信息。统一的联锁设备采集重叠区的轨

道区段占用信息，支持 CTCS 地面设备向 CTCS 主控单元提供跨越边界的行车许可。CTCS 系统的调度集中 CTC 与 CBTC 系统的列车自动监控系统 ATS 建立通信连接，当列车跨越边界运行时切换调度权，办理跨越边界的进路，包括办理进路、锁闭道岔、开放信号机等^[15]。

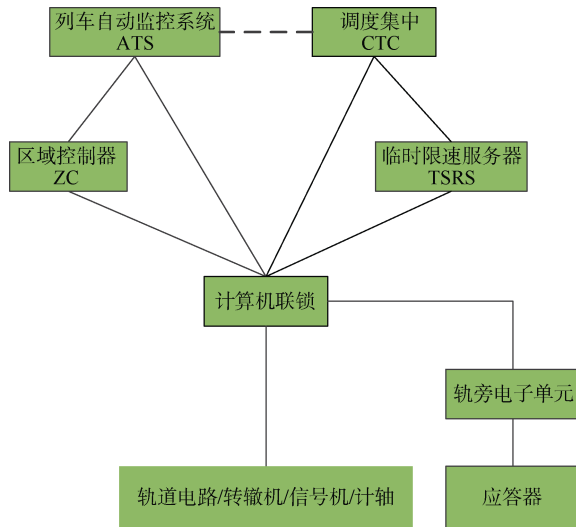


图4 重叠区内地面设备系统结构

Figure 4 Structure diagram of ground equipment system in overlapping area

4 重叠区设计关键技术

由于选择通过车载设备兼容地面设备实现列车跨线运行，在 CTCS 线路与 CBTC 线路边界处设置重叠区，在重叠区内同时布置 CTCS 轨旁设备和 CBTC 轨旁设备，包括应答器、无线网络、轨道电路和计轴设备，车载电子地图应覆盖 CBTC 线路和重叠区。以列车从 CTCS 线路跨线到 CBTC 线路为例，车载设备在重叠区切换制式，支持列车跨线运行的工作原理如下：进入重叠区前，CTCS 主控单元监控列车在 CTCS 线路安全运行。进入重叠区后，处于控车状态的 CTCS 主控单元接收 CTCS 制式的地面信息，继续监控列车安全运行。处于非控车状态的 CBTC 主控单元接收 CBTC 制式的地面

信息，完成模式建立和状态转换，为接管控车权做充分准备。越过切换点后，CTCS 主控单元与 CBTC 主控单元交互信息，完成控车权移交，由 CBTC 主控单元开始监控列车安全运行。列车越过重叠区，进入 CBTC 线路，CBTC 主控单元监控列车在 CBTC 线路安全运行。

4.1 从 CTCS 到 CBTC 的重叠区设计

从 CTCS 到 CBTC 的重叠区设计原理如图 5 所示。在重叠区内，依次布置 CBTC 无线连接点、CBTC 无线呼叫点、切换预告点和切换执行点；从 CBTC 无线呼叫点开始布置计轴设备，支持 CBTC 地面设备检测列车位置，并依据列车位置向 CBTC 主控单元提供行车许可；轨道电路应延伸到切换执行点后一定距离，该距离大于列车以切换执行点允许速度过切换执行点，等级切换失败时施加最大常用制动的制动距离；CBTC 无线网络覆盖到 CBTC 无线连接点，支持 CBTC 主控单元提前注册网络和与 ZC 建立通信会话。CTCS 无线网络覆盖到切换执行点后一定距离，当完成控车权切换时，CTCS 主控单元与 TSRS 正常完成通信会话结束流程和网络注销流程。由统一的联锁设备管理重叠区，并向两个系统的其他地面设备提供重叠区的轨道区段占用信息。

4.2 从 CBTC 到 CTCS 的重叠区设计

从 CBTC 到 CTCS 的重叠区设计原理如图 6 所示。在重叠区内，布置 CTCS 无线连接点、CTCS 无线呼叫点、切换预告点和切换执行点；在重叠区内，从

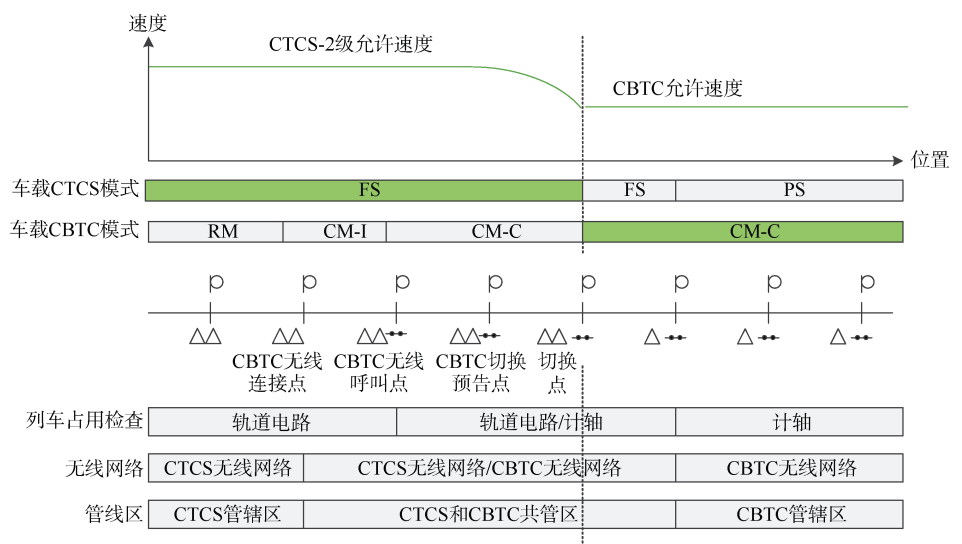


图5 从 CTCS 到 CBTC 的重叠区设计原理

Figure 5 Schematic diagram of overlapping area design from CTCS to CBTC

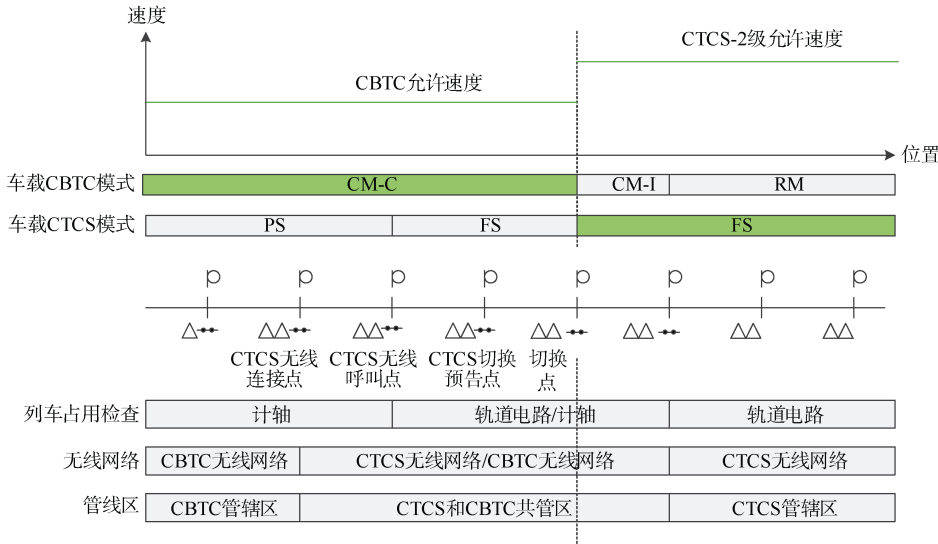


图 6 从 CBTC 到 CTCS 的重叠区设计原理

Figure 6 Schematic diagram of overlapping area design from CBTC to CTCS

CTCS 无线呼叫点开始布置轨道电路,支持后台工作的 CTCS 主控单元接收行车许可,并转入 FS 模式;计轴设备应延伸到切换执行点后一定距离,该距离大于列车以切换执行点允许速度过切换执行点,等级切换失败时施加最大常用制动的制动距离;CTCS 无线网络覆盖到 CTCS 无线连接点,支持 ATO 单元提前注册网络和与 TSRS 建立通信会话。CBTC 无线网络覆盖到切换执行点后一定距离,当完成控车权切换时,CBTC 主控单元与 ZC 正常完成通信会话结束流程和 网络注销流程。由统一的联锁设备管理重叠区,并向两个系统的其他地面设备提供重叠区的轨道区段占用信息。

5 跨区切换过程

跨区切换包括停车切换、不停车切换两种基本方式,两种切换方式的具体过程类似,本文重点研究不停车切换过程。为实现列车高速、安全地从 CTCS 管辖区进入 CBTC 管辖区或从 CBTC 管辖区进入 CTCS 管辖区,在重叠区,车载设备支持以完全监控模式或自动驾驶模式切换控车权。在其他模式下,为安全起见,车载设备应支持停车状态下的司机手动制式切换。下面以自动驾驶模式为例说明 CTCS 与 CBTC 之间的切换过程。

5.1 不停车 CTCS 向 CBTC 切换

以图 5 为例,车载设备以自动驾驶模式从 CTCS 管辖区进入 CBTC 管辖区的过程为:

- 1) 列车进入重叠区之前,车载设备中的 CTCS 主控

单元处于前台工作状态,以列车自动驾驶模式(automatic train operating mode, AM)监控列车安全运行,CBTC 主控单元处于后台限制人工驾驶模式(restricted train operating mode, RM)工作状态,不监控列车运行;

- 2) 列车越过无线连接点,CBTC 主控单元完成网络注册,并完成列车定位,进入点式控制级别的受控人工驾驶模式(coded train operating mode-Interval train control, CM-I);

- 3) 列车越过无线呼叫

点,CBTC 主控单元与 ZC 建立无线连接,从 ZC 获取跨越边界的线路数据和行车许可,CBTC 主控单元进入连续式控制级别的受控人工驾驶模式(coded train operating mode-continuous train control, CM-C),计算切换点的允许速度,并发送给 CTCS 主控单元;CTCS 主控单元使用来自 CBTC 主控单元的切换点允许速度计算控车曲线,确保列车通过切换点的实际速度低于 CTCS 和 CBTC 的允许速度,不停车不制动平滑通过切换点;

- 4) 列车越过切换预告点,DMI 提示司机即将执行等级切换,并提示司机确认;

5) 通过切换点后,CTCS 主控单元将控车权移交给 CBTC 主控单元,ATO 停止使用 CTCS 数据并开始使用 CBTC 数据对列车进行自动驾驶,一体化 DMI 从 CTCS 界面自动切换到 CBTC 界面。CBTC 主控单元进入前台工作状态,以连续式控制级别的列车自动驾驶模式(automatic train operating mode-continuous train control, AM-C)监控列车安全运行,CTCS 主控单元进入后台完全监控模式(full supervision mode, FS)工作状态,当线路数据耗尽、接收不到轨道码等情况发生,CTCS 主控单元转入后台部分监控模式(partial supervision mode, PS)工作状态。

5.2 不停车 CBTC 向 CTCS 切换

以图 5 为例,车载设备以自动驾驶模式从 CBTC 管辖区进入 CTCS 管辖区的过程为:

- 1) 列车进入重叠区之前,车载设备的 CBTC 主控单元处于前台工作状态,以 AM-C 模式监控列车安全

运行, CTCS 主控单元处于后台 PS 模式工作状态, 不监控列车运行;

2) 列车进入重叠区, CTCS 主控单元接收轨道电路信息, PS 模式允许速度从 0 km/h 升高到 45 km/h; 列车越过 CTCS 地面应答器组, CTCS 主控单元接收前方线路数据后, 进入 FS 模式, 允许速度进一步提高, 计算切换点的允许速度, 并发送给 CBTC 主控单元;

3) 列车越过 CTCS 无线连接点, ATO 完成网络注册;

4) 列车越过 CTCS 无线呼叫点, ATO 与 TSRS 建立无线连接, 从 TSRS 接收 ATO 所需的运行计划和线路数据; CBTC 主控单元使用来自 CTCS 主控单元的切换点允许速度计算控车曲线, 确保列车不停车不制动平滑通过切换点;

5) 列车越过切换预告点, DMI 提示司机即将执行等级切换, 并提示司机确认;

6) 通过切换点后, CBTC 主控单元将控车权移交给 CTCS 主控单元, ATO 停止使用 CBTC 数据并开始使用 CTCS 数据对列车进行自动驾驶, 一体化 DMI 从 CBTC 界面自动切换到 CTCS 界面。CTCS 主控单元进入前台工作状态, 以 AM 模式监控列车安全运行, CBTC 主控单元进入后台 CM-C 模式工作状态; CBTC 主控单元与 ZC 断开连接, 进入后台 CM-I 模式工作状态; 当 CBTC 主控单元发生失去列车定位等情况时, 进入后台 RM 模式工作状态。

6 结论

近年来, 国家倡导轨道交通系统四网融合, 提高整体运输效率。站在信号系统角度, 开发兼容 CTCS 和 CBTC 的列车运行控制系统, 是支持列车跨线运行和实现四网融合的关键。本文对支持四网融合的列控系统关键技术进行研究, 主要结论如下:

1) 提出兼容 CTCS 和 CBTC 的一体式车载设备关键技术和重叠区地面设备关键技术, 通过车载设备兼容地面设置实现跨线运行。

2) 提出重叠区设计关键技术, 支持车载设备在重叠区内不停车切换制式, 实现列车安全、平滑跨线运行。

3) 研究了在重叠区内不停车从 CTCS 切换到 CBTC、从 CBTC 切换到 CTCS 的制式切换过程。

4) 本文提出的兼容 CTCS 和 CBTC 的列控系统关键技术可用于指导系统设计、研发和应用, 对实现列

车跨线运行、支持轨道交通四网融合、提高轨道交通网络整体运输效率具有重要的指导意义。

参考文献

- [1] 吴培栋. 基于 CTCS₂+ATO 的市域(郊)铁路列控系统技术研究[J]. 铁路通信信号工程技术, 2023, 20(7): 16-23.
WU Peidong. Research on technology of suburban railway train control system based on CTCS₂+ATO[J]. Railway signalling & communication engineering, 2023, 20(7): 16-23.
- [2] 刘魁. 市域铁路多网融合解决方案[J]. 都市快轨交通, 2017, 30(5): 103-108.
LIU Kui. The solution of multi-network integration in suburban rail transit[J]. Urban rapid rail transit, 2017, 30(5): 103-108.
- [3] 梁紫玥. 市域轨道交通网络化运营信号系统技术应用及方案选择[J]. 城市轨道交通研究, 2023, 26(9): 105-109.
LIANG Ziyue. Technological application and scheme selection of city rail transit networking operation signaling system[J]. Urban mass transit, 2023, 26(9): 105-109.
- [4] 赵博. 上海市域铁路 STCS 列车控制系统方案研究[J]. 铁道工程学报, 2023, 40(7): 69-72.
ZHAO Bo. Research on the STCS train control systems scheme of Shanghai suburban railway[J]. Journal of railway engineering society, 2023, 40(7): 69-72.
- [5] 贾飞. 都市圈市域快线多网融合列控系统[J]. 城市轨道交通研究, 2023, 26(1): 191-195.
JIA Fei. Multi-network integrated train control system for metropolitan commuter express[J]. Urban mass transit, 2023, 26(1): 191-195.
- [6] 吕新军. 四网融合车载信号系统技术研究[J]. 铁路技术创新, 2021(增刊 1): 69-74.
LYU Xinjun. Technology Research on On-board Signaling System of Four-Network Integration[J]. Railway technical innovation, 2021(S1): 69-74.
- [7] 陈恒宇, 杜萌. 深圳都市圈城际铁路跨线运营列控系统适配分析[J]. 铁道运输与经济, 2023, 45(7): 91-96.
CHEN Hengyu, DU Meng. Adaptation analysis of train control system for cross-line operation of intercity railways in Shenzhen metropolitan area[J]. Railway transport and economy, 2023, 45(7): 91-96.

- [8] 全宏宇, 张敏慧. 市域铁路 CTCS-2 与 CBTC 列控系统切换方案[J]. 铁路通信信号工程技术, 2023, 20(1): 61-66.
QUAN Hongyu, ZHANG Minhui. Scheme for switching between CTCS-2 and CBTC train control systems for suburban railways[J]. Railway signalling & communication engineering, 2023, 20(1): 61-66.
- [9] 国家发展改革委. 关于促进市域(郊)铁路发展的指导意见[EB/OL]. (2017-06-28)[2024-01-31]. https://www.ndrc.gov.cn/fggz/zcssfz/zcgh/201706/t20170628_1145768_ext.html.
- [10] 中华人民共和国中央人民政府. 国务院办公厅转发国家发展改革委等单位关于推动都市圈市域(郊)铁路加快发展意见的通知[EB/OL]. (2020-12-07)[2024-01-31]. https://www.gov.cn/zhengce/content/2020-12/17/content_5570364.htm.
- [11] 姜宏阔. 城际和城轨线路贯通运营的列车控制方法研究[J]. 控制与信息技术, 2022(1): 107-113.
JIANG Hongkuo. Train control method for through operation of inter-city railway and urban rail transit[J]. Control and information technology, 2022(1): 107-113.
- [12] 张伟. CBTC 与 CTCS-2 兼容互通方案[J]. 铁路通信信号工程技术, 2023, 20(6): 93-97.
ZHANG Wei. CBTC and CTCS-2 compatible and interoperable scheme[J]. Railway signalling & communication engineering, 2023, 20(6): 93-97.
- [13] 申樟虹, 李名淦, 刘潇洋, 等. 跨线网互联互通运营信号系统技术方案研究[J]. 城市轨道交通研究, 2023, 26(7): 66-70.
SHEN Zhanghong, LI Minggan, LIU Xiaoyang, et al. Research on technical scheme of cross-line interoperation signaling system[J]. Urban mass transit, 2023, 26(7): 66-70.
- [14] 张友兵, 王建敏, 于晓娜, 等. 基于参考应答器的列车位置和方向计算原理[J]. 铁路通信信号工程技术, 2022, 19(3): 6-11.
ZHANG Youbing, WANG Jianmin, YU Xiaona, et al. Calculation principle of train position and direction based on the last relevant balise group[J]. Railway signalling & communication engineering, 2022, 19(3): 6-11.
- [15] 王珮瑶. 多网融合下的市域铁路列车控制系统方案研究[J]. 城市轨道交通研究, 2022, 25(11): 53-56.
WANG Peiyao. Scheme of city railway train control system under multi-network integration[J]. Urban mass transit, 2022, 25(11): 53-56.

(编辑: 王艳菊)

越南河市两条地铁线即将开工建设, 总投资超过 76 万亿越盾

越南河内市正在集中资源建设南升龙-陈兴道站和河内站-黄梅两条地铁线, 总投资超过 76 万亿越盾(折合人民币 217.14 亿元)。河内计划于 2025 年启动地铁 2 号线南升龙-陈兴道段建设。对于建设地铁 3 号线河内站-黄梅段, 河内市希望有关单位批准利用官方发展援助资金实施后续步骤的建议。

根据河内铁路的规划, 到 2030 年将有 10 条线路, 共计约 410 km。根据规划, 河内南升龙至陈兴道全长 11.5 km 的地铁线, 沿线将设置 10 座车站, 开行列车 10 列; 地下段 8.9 km、高架段 2.6 km; 项目总投资约 35.59 万亿越盾(折合人民币 101.68 亿元)。河内计划于 2029 年将这条地铁线竣工投运。

摘编自 <https://www.chinametro.net/index.php?m=newscon&id=539&aid=60424>

全国首个《城市轨道交通客运组织与服务规范》地方标准发布

日前从昆明市市场监督管理局获悉, 昆明市地方标准《城市轨道交通 客运组织与服务规范》(以下简称《规范》) 于 9 月 15 日发布, 将于 11 月 1 日正式实施。这也是全国首个城市轨道交通、客运组织与服务规范地方标准。

《规范》由昆明市交通运输局提出并归口。在昆明地铁多运营主体加入的背景下, 标准制定历时 2 年, 借鉴其他城市轨道交通不同运营单位协同管理的实践经验, 融入了昆明地铁多运营主体间客运组织与服务管理实践经验、行业专家专业的意见、地方城市轨道交通运营企业的建议, 具有较强的指导性。

《规范》标准共 8 章, 70 项条款, 内容包含了客运组织与服务规范总体要求、客运组织、客运服务、服务质量管理和应急管理。

摘编自 <https://www.chinametro.net/index.php?m=newscon&id=539&aid=60673>