

适应四网融合的市域(郊)铁路列控系统互联互通 设计方案研究

王力¹, 王冬海², 李雪飞³, 弓剑⁴, 池春玲⁵, 温艳辉⁶, 李红侠¹

(1. 中铁工程设计咨询集团有限公司, 北京 100055; 2. 卡斯柯信号有限公司, 北京 100160;
3. 中车长春轨道客车股份有限公司, 长春 130062; 4. 北京城建设计发展集团股份有限公司, 北京 100037;
5. 中铁第四勘察设计院集团有限公司, 武汉 430063; 6. 北京交大微联科技有限公司, 北京 100043)

摘要:近年来,“四网融合”发展已成为国家对轨道交通发展的重大战略,信号系统互联互通是实现“四网融合”的关键条件。从信号系统应用情况看,近期市域(郊)铁路信号系统列控制式大多数采用 CTCS2+ATO,城市轨道交通线路信号系统主要采用 CBTC,有必要对这两种列控系统互联互通设计方案进行研究。依托实际工程应用需求,采用重点内容举例和类比分析方法。首先,分析了互联互通土建及设备系统需要具备的工程条件,并对两种典型列控系统情况进行说明;之后,结合国内互联互通线路接驳及车站配线工程需求,阐述互联互通主要设计原则、制式转换最关键的共管区设计要点,以举例分析方式对停车和不停车切换的典型运营场景进行说明;最后,根据不同的设备设置方式,从调度指挥、车载列控和联锁设备几个方面,提出了完全独立和完全融合两种系统互联互通的建议方案;系统阐述互联互通需要具备的工程条件、共管区结合列控系统统一布置的设计要点,按两套车载设备同时在线和作业流程研究典型运营场景,提出了完全独立和完全融合两种方案的调度信息处理、车辆接口方式和联锁处理策略。

关键词:市域(郊)铁路;列车控制系统;四网融合;互联互通;共管区;运营场景;接口;融合

中图分类号:U239.5; U284 **文献标识码:**A **DOI:**10.13238/j.issn.1004-2954.202403120006

Research on Design Scheme of Interconnection and Interoperability of Regional (Suburban) Railway Train Control System in Response to the Integration of the Four Networks

WANG Li¹, WANG Donghai², LI Xuefei³, GONG Jian⁴,

CHI Chunling⁵, WEN Yanhui⁶, LI Hongxia¹

(1. China Railway Engineering Design and Consulting Group Co., Ltd., Beijing 100055, China; 2. CASCO Signal Ltd., Beijing 100160, China; 3. CRRC Changchun Railway Vehicles Co., Ltd., Changchun 130062, China; 4. Beijing Urban Construction Design & Development Group Co., Ltd., Beijing 100037, China; 5. China Railway Siyuan Survey and Design Group Co., Ltd., Wuhan 430063, China; 6. Beijing Jiaoda Microunion Tech. Co., Ltd., Beijing 100043, China)

Abstract: In recent years, the development of “Four-network Integration” has become a major strategy for the country railway transportation development. Interoperability of signal systems is a key condition for achieving “Four-network Integration”. Based on the application of signal systems, the majority of urban and suburban railway signal systems currently use CTCS2+ATO, while urban rail transit line signal systems mainly adopt CBTC. Therefore, it is necessary to study the design schemes for the

interconnection of these two train control systems. Relying on the actual engineering application requirements, we will use examples and analogy analysis methods, focusing on key contents. Firstly, we analyze the engineering conditions that

收稿日期:2024-03-12; 修回日期:2024-03-22; 网络首发日期:
2024-04-08

基金项目:国家重点研发计划资助“2022YFB4300500 轨道交通调度控制一体化与联程运输服务技术”“National Key R&D Program of China”

作者简介:王力(1976—),男,正高级工程师,1999年毕业于兰州铁道学院交通信号与控制工程专业,工学学士,主要从事信号设计研究工作,E-mail:LZ-WL@163.com。

need to be met by the interoperable civil and equipment systems, and explain the typical train control system scenarios. Then, combining with the domestic interconnection line connection and station distribution engineering requirements, we elaborate on the main design principles and key points of co-management area design for system conversion. We also illustrate typical operational scenarios of stop and non-stop switching through case analysis. Finally, according to different equipment setup methods, we propose two recommended interoperability schemes: completely independent and completely integrated systems. We systematically describe the engineering conditions required for interoperability and the key design points of co-management area combined with train control system layout. We also study typical operational scenarios based on the simultaneous online operation of two sets of onboard equipment and work processes. The dispatch information processing, vehicle interface mode, and interlocking handling strategies are proposed for both completely independent and completely integrated schemes.

Key words: urban railway; train control system; Four Network Integration; interoperability; common management area; operational scenario; interface; fusion

引言

近年来,“四网融合”发展已成为国家对于轨道交通发展的重大战略,加快构建适合我国国情的多层次轨道交通体系,补齐城市群、都市圈轨道交通短板,成为当前亟待解决的重大问题^[1]。市域(郊)铁路衔接高速铁路网、城际铁路网与城市轨道交通,构筑完善的市域轨道交通一体化网络^[2]。从具体工程项目分析,新建市域(郊)铁路将成为向上衔接干线铁路与城际铁路,向下衔接城市轨道交通的重要方式,是“十四五”规划和“十五五”规划的发展重点和新的增长点。

市域(郊)铁路与城市轨道交通跨线运营,是当前“四网融合”研究的热点领域,从信号系统应用情况看,市域(郊)铁路线路信号系统列控制式主要采用 CTCS 制式,基于公交化运行需求,一般线路常采用 CTCS2+ATO 列控系统^[3],而城市轨道交通线路信号系统主要采用 CBTC 系统^[4]。不同列车运行控制系统的互联互通成为市域(郊)铁路与城市轨道交通线路实现跨线运营的关键问题^[5]。

从工程应用层面分析,研究典型的 CTCS2+ATO 与 CBTC 系统互联互通设计方案,需要界定互联互通需要具备的工程条件、分析典型运营场景、确定合理设计原则、提出适应于工程实施的不同互联互通方案,从而提出具备可实施性的合理解决方案。

1 互联互通需要具备的工程条件

为实现市域(郊)铁路互联互通网络化运营,需要在前期规划设计阶段,结合网络化总体运营需求提前进行系统性布局,通过土建及系统设备多专业统一规划,使不同线路互联互通运营具备基本的工程条件。互联互通工程条件主要包括线路、车站、车辆、供电制

式、信号、通信信息、客票系统和站台门等方面。

1.1 线路

线路最大纵坡、最小曲线半径等参数满足互联互通列车跨线运营要求。互联互通各线路采用统一轨距,各线路建筑限界应满足列车跨线运营需要^[6]。轨道、路基、桥梁设计荷载满足互联互通列车运行安全要求^[7],同时具备良好的旅客乘坐舒适度。

1.2 车站

车站配线适应正常运营能力需求,便于组织跨线运营作业,满足故障情况下运输作业灵活组织及处理^[8]。具有越行功能的车站必须设有到发线,各线路到发线有效长分别适应各自线路 CTCS2+ATO 及 CBTC 不同列控系统需要^[9]。制式转换车站有效长满足列控制式转换所需的地面设备布置要求^[10]。

1.3 车辆

车辆适应互联互通各线路车辆限界、运营速度、站台门设置、供电方式、运行气密性和运营组织要求,车辆维修适应互联互通线网的生产力布局要求^[11]。车辆在机械、电气和功能接口方面与装备 CTCS2+ATO 与 CBTC 双制式车载设备完全适配。

1.4 牵引供电与接触网

市域(郊)铁路可采用的牵引供电方式包括交流 25 kV 和直流 1 500 V^[12]。互联互通各线路建设前期可规划采用相同的牵引供电制式。采用不同的牵引供电制式时,跨线列车应采用双流制列车,通过必要工程建设措施实现列车在不同牵引供电制式下安全可靠转换。牵引变电与降压变电的方案及规模适应车辆互联互通跨线运行要求^[13]。

接触网设置方式满足互联互通列车安全运行要求。相邻互联互通线路采用不同形式的接触网结构

时,应设置过渡段,满足列车正常运行通过不同接触网结构线路要求^[14]。

1.5 信号

互联互通需要两条线路的信号系统相互兼容,在列车过轨运行时确保列车运行的安全。对于 CTCS2+ATO 与 CBTC 系统互联互通,可通过跨制式运行列车安装双套车载设备或一体化车载设备,配合行车调度指挥、列车运行控制和联锁等系统实现。

1.6 通信信息

在不同线路间进行互联互通贯通运营时,需要保证通信系统互相兼容或数据互通,为各业务部门提供语音、数据及图像视频服务,在满足调度指挥的基本需求外,为铁路信息化和各种控制系统提供安全、可靠、互联互通的承载平台。无线通信系统需实现应用业务互通、移动通信网络互联和移动终端适配^[15],宜统一规划采用相同频段、相同制式的无线通信系统。采用不同无线通信制式时,制式转换不影响正常运营,列车跨线接轨区域实现不同制式的移动通信系统信号重叠覆盖,采用的无线通信协议应提供可靠的传输服务^[16],满足业务互通和切换的需要。

数据通信系统支持互联互通线路运营,实现必须的有线通信及数据交互。广播系统和乘客信息系统既要做好硬件层面的系统网络互联,也要做好软件层面的接口协议转换和播放计划编制,确保列车在互联互通线路跨线运行时系统功能不受影响。

跨线网跨区域互联互通的客票系统应在架构、业务功能和接口标准方面进行统一,并统筹协调地方清分中心顶层规划及建设,推动不同运输企业间票制互通^[17],提供联程联运服务,完善联运协同管理及清分清算机制,为旅客提供“一票联程”“一码通达”和“一次支付”的便捷出行服务。

1.7 站台门

站台门设置与不同类型和编组的列车停站后开关车门相适应,确保多车型车门位置要求,实现滑动门与列车门的对应^[18]。采用滑动方式的站台门无法满足不同车型列车互联互通要求时,也可采用横杆式升降站台门^[19]。开关门时间满足运营需求。

1.8 运营组织管理

互联互通线路司机地面行车凭证宜设于相同侧,不同线路行车凭证设于不同方向时,可通过必要措施适应跨线运营要求。运营交路设置与互联互通网络化运营能力相适应。不同线路降级运行方式、运营时间和开行间隔等运营管理措施满足互联互通要求^[20]。

2 列控系统简介

2.1 CTCS2+ATO 系统

CTCS2+ATO 列控系统于 2016 年 3 月在珠三角莞惠城际及佛肇城际首次应用。系统在 CTCS-2 级列控系统基础上,增加了站间自动运行、车站定点停车及车站通过、折返作业、列车运行自动调整、车门/站台门防护及联动控制、列车运行节能控制等自动运行相关功能^[21]。除配置 CTCS-2 级列控系统相关地面设备外,通过设置专用的精确定位应答器(JD)实现列车精确定位,利用临时限速服务器(TSRs)或设置通信控制服务器(CCS)实现站台门门控信息管理^[22]、站台门命令/状态转发、运行计划处理和转发等功能。车载设备具备 CTCS-2 级列车运行控制功能,支持与城际铁路列控地面设备通过 GSM-R 进行双向安全通信,并具备列车自动运行(ATO)相关功能。CTCS2+ATO 列控系统总体结构如图 1 所示。

2.2 CBTC 系统

基于通信技术的移动闭塞系统(CBTC)采用车地双向通信,将前方列车的移动信息,经由车地通信环节传给后续列车,控制信息随前方列车的行进而连续或周期性做出响应。采用先进的通信和计算机技术,连续控制、监控全线列车,实现按移动闭塞方式运行。

自 2014 年年底,在中国城市轨道交通协会的推动下,开始了国内互联互通 CBTC 系统一系列技术规范的制定工作,目前已在重庆、北京等多个城市实现互联互通 CBTC 系统工程应用^[23]。互联互通 CBTC 系统总体结构如图 2 所示。

3 典型互联互通线路接驳及车站配线需求

目前国内部分地区市域(郊)铁路或实现类似功能的都市圈城际铁路,在工程建设过程中已出现 CTCS-2 列控系统与 CBTC 系统互联互通运营需求。经调研,典型的互联互通线路接驳及车站配线需求主要包括以下两种形式。

3.1 线路通过衔接道岔联通

CTCS 系统线路采用左侧行车制,CBTC 系统线路采用右侧行车制,通过线路交叉实现行车方向转换,此类型跨制式道岔衔接线路示意如图 3 所示。CTCS 与 CBTC 系统线路均采用左侧行车制,此类型跨制式道岔衔接线路示意如图 4 所示。

3.2 线路直接联通

CTCS 系统线路采用左侧行车制,部分自主运营线路为实现互联互通 CBTC 改为左侧行车制,线路直接贯通。线路接驳及车站配线设置示意如图 5 所示。

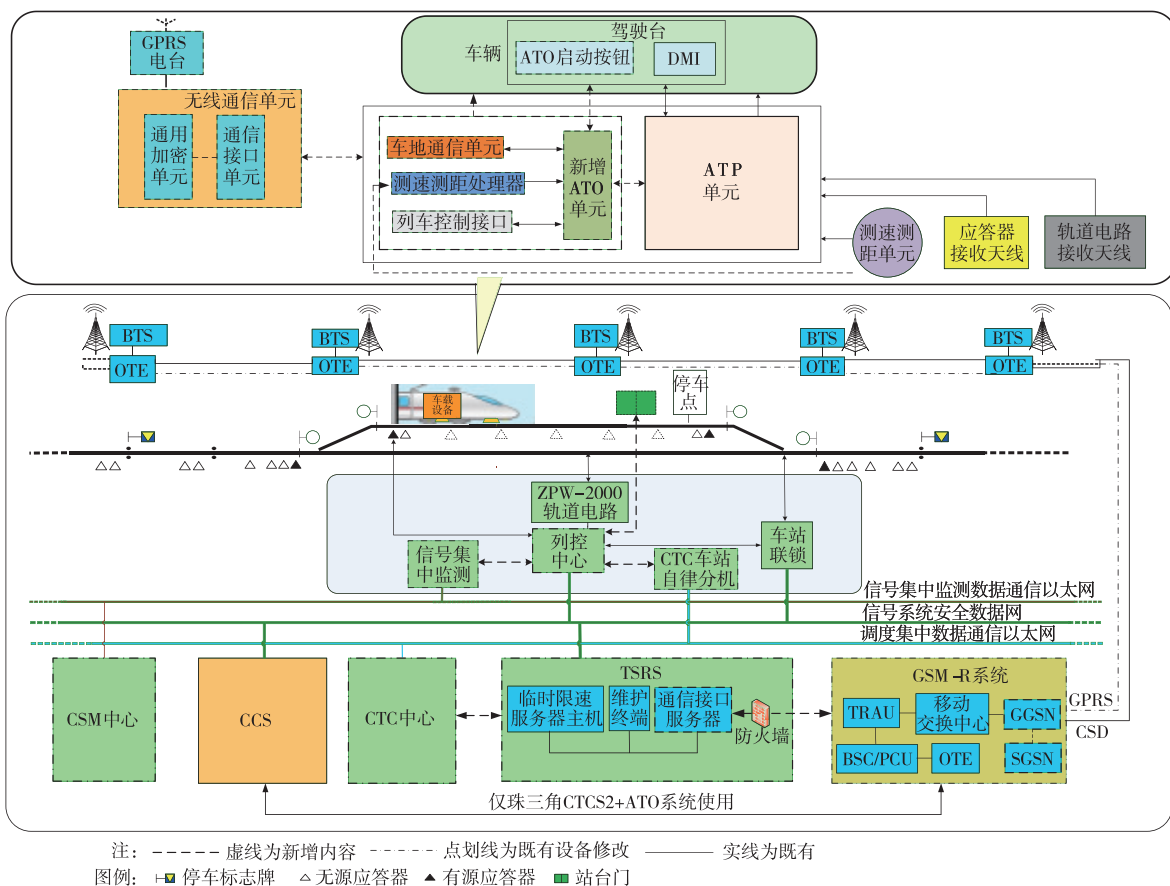


图 1 CTCS2+ATO 列控系统总体结构

Fig. 1 Overall structure of the CTCS2+ATO train control system

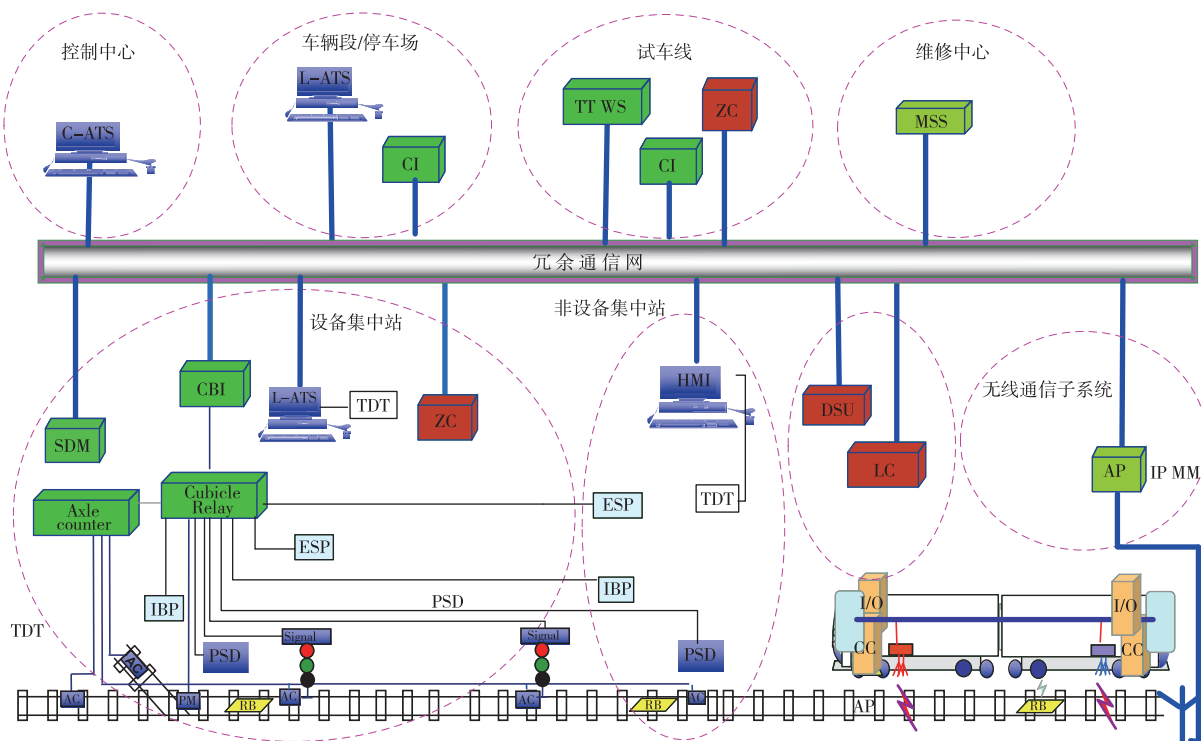


图 2 CBTC 系统总体结构

Fig. 2 Overall structure of the CBTC system

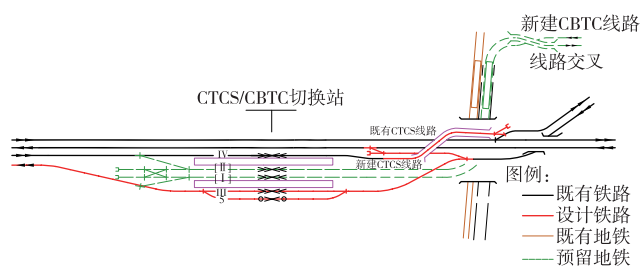


图3 跨制式道岔衔接线路示意1

Fig.3 Schematic diagram 1 of lines with different train control systems connected through turnouts

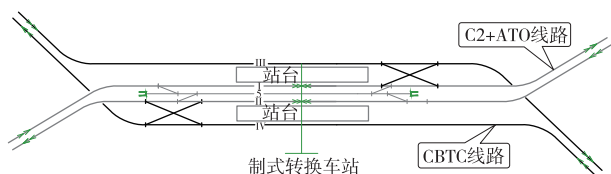


图4 跨制式道岔衔接线路示意2

Fig.4 Schematic diagram 2 of lines with different train control systems connected through turnouts

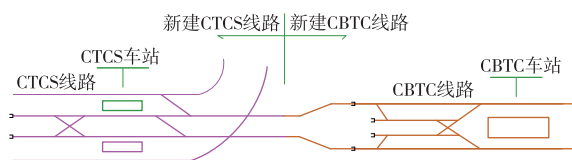


图5 跨制式直接连接线路示意

Fig.5 Schematic diagram of lines with different train control systems connected directly

4 互联互通系统设计方案

4.1 主要设计原则

CTCS2+ATO与CBTC系统互联互通既要满足具体项目运营需求,又要确保列车跨线运营作业的安全、高效。信号系统设计应遵循以下基本原则。

(1)从行车指挥系统的网络化调度、列车运行控制的跨制式兼容和联锁系统的可靠衔接控制等方面考虑互联互通设计。

(2)宜采用车载兼容方式,车载设备应能与车辆可靠接口。

(3)转换区域应设置共管区,共管区地面设备设置满足相应车载设备识别各自地面信号的要求。

(4)应支持在转换区实现车站停车切换或区间不停车切换,切换运营操作由运营管理办法确定。

(5)线路分属不同调度中心控制时,调度指挥系统信息宜采用铁路行业标准的分界口通信协议进行接口通信。

(6)共管区无线通信应采用交叉覆盖方式,交叉

覆盖的线路长度应满足列车控制业务切换需求,列车配置的车载无线通信设备宜兼容地面无线网络。

(7)系统转换相关的设备及接口应满足信号系统信息安全等要求。

4.2 共管区设计要点

4.2.1 共管区设置原则

根据切换地点不同,共管区分为两类:站内共管区,主要针对停车切换场景;区间共管区,主要针对不停车切换。站内共管区为车站范围,包括股道、接近区段和离去区段。区间共管区应避免分相区。具体共管区范围需要根据运行速度、线路条件、车辆条件、无线通信建立时间等信息综合考虑确定。

共管区内的ZPW-2000轨道电路、应答器等遵照CTCS-2制式规范发送报文,CBTC电子地图需要包含共管区。共管区应答器报文应按不同列控系统分别编制。

共管区边界前设置实体信号机,以便切换失败后司机可根据轨旁信号目视行车。

共管区最高限制速度曲线计算,双套系统应遵循统一的、更加严格的计算原则。

共管区不应设置于列车制动区域,避免因列车控制权转换影响行车安全。

共管区预告应答器与执行应答器之间长度计算应大于双套车载最高允许速度下走行5s的距离,此外,共管区长度还应考虑双套车载设备在常用制动下停车距离,不同制式无线通信入网与地面设备建立连接时间内列车走行距离,列车在常用制动下停车后车头至共管区边界的保护距离等。

4.2.2 应答器布置规则

CBTC应答器报文与CTCS-2应答器报文分别由对应的标准规范进行定义:CBTC应答器报文定义遵循TCAMET 04011.1—2018《城市轨道交通基于通信的列车运行控制系统(CBTC)互联互通接口规范第1部分:应答器报文》,CTCS-2应答器报文遵循Q-CR 769—2020《列控系统应答器应用技术条件》。

独立设置的双套车载列控设备对CBTC应答器信息包和CTCS-2应答器信息包均能接收和识别,在共管区域,含有CTCS-2特殊报文的应答器对CBTC车载仅作为列车重定位应答器使用,CTCS-2车载接收CBTC应答器信息包后丢弃不使用。通过这种设置,可以合并设置站台精确停车应答器及区间定位应答器,从而避免由于两种不同制式信号系统应答器在站台及区间安装位置重叠产生的问题。

4.2.3 信号显示设计原则

共管区域信号机原则上设置于列车运行方向线路

的左侧。信号机布置将考虑线路弯道、坡道、逃生通道、人防门、站台门、广告牌、电缆支架、消防水管、正线与存车场及联络线间的供电分区划分等因素,确保信号机显示距离满足相关要求。

正常情况下,共管区域正线区段列车以车载设备显示作为行车凭证。ATP 故障车等无车载信号列车及地面 ATP 故障情况下降级运行的列车按地面信号机的指示人工驾驶运行。

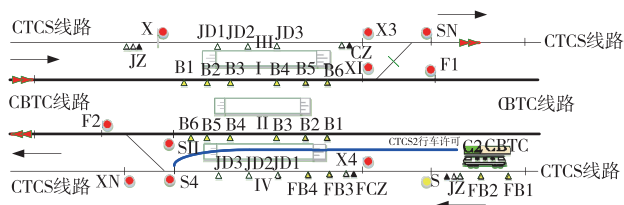
正常运行模式下,共管区域正线信号机显示宜采用灭灯的设计原则。

正常运行模式下,室内中心及车站工作站上信号机复示器的显示与列车的移动授权显示对应,即应有相应的禁止或允许显示,并能够显示室外信号机亮灭状态。

4.3 典型互联互通运营场景

4.3.1 列车停车转换

以 CTCS2+ATO 停车转换为 CBTC 系统为例,转换车站示意如图 6 所示。



ATS 之间接口设计,可以参考既有国铁局间接口及城轨控制中心 ATS 与 ATS 系统间接口设计,在控制中心通过专用接口服务器实现接口,使用冗余网络,接口间通过防火墙或网闸进行隔离。硬件连接是使用标准的 RJ45 端子及双绞线物理连接,采用 2M/10M/100M 以太网接口进行连接。

CTC 中心至 ATS 中心信息传输内容包含邻站状态信息、邻台计划信息、邻台调度命令信息等内容。ATS 中心至 CTC 中心信息传输内容包含邻站状态信息、列车信息、邻台计划信息和邻台调度命令信息等内容。ATS 中心与 CTC 中心之间应对当前运营计划进行同步,当一方运营计划调整时,另一方运营计划应相应自动调整,从而实现跨线运营计划之间的匹配。

(2) 列控系统

CTCS2+ATO 与 CBTC 双套独立车载设备切换,车载两端布置 CBTC 和 CTCS2+ATO 两套主机。车载设备应采用双套设备一套在线、一套后台运行方式。CTCS2+ATO 与 CBTC 车载设备分别设置独立的控制电路,二者通过信号系统自身的输出切换装置控制,确保任何时刻只有一路控车指令输出。主用车载设备工作时,非主用车载设备处于后台状态。

双套车载设备同时在线工作,同时采集车辆信息,仅主用设备与车辆接口实现输出。两套车载设备之间应通过硬线以及实时通信方式交互切换请求与切换应答,控制制式切换过程。双套独立车载设备配置与车辆接口总体示意如图 9 所示,两套车载主机相互独立,对有限的输出指令通过切换装置进行切换。

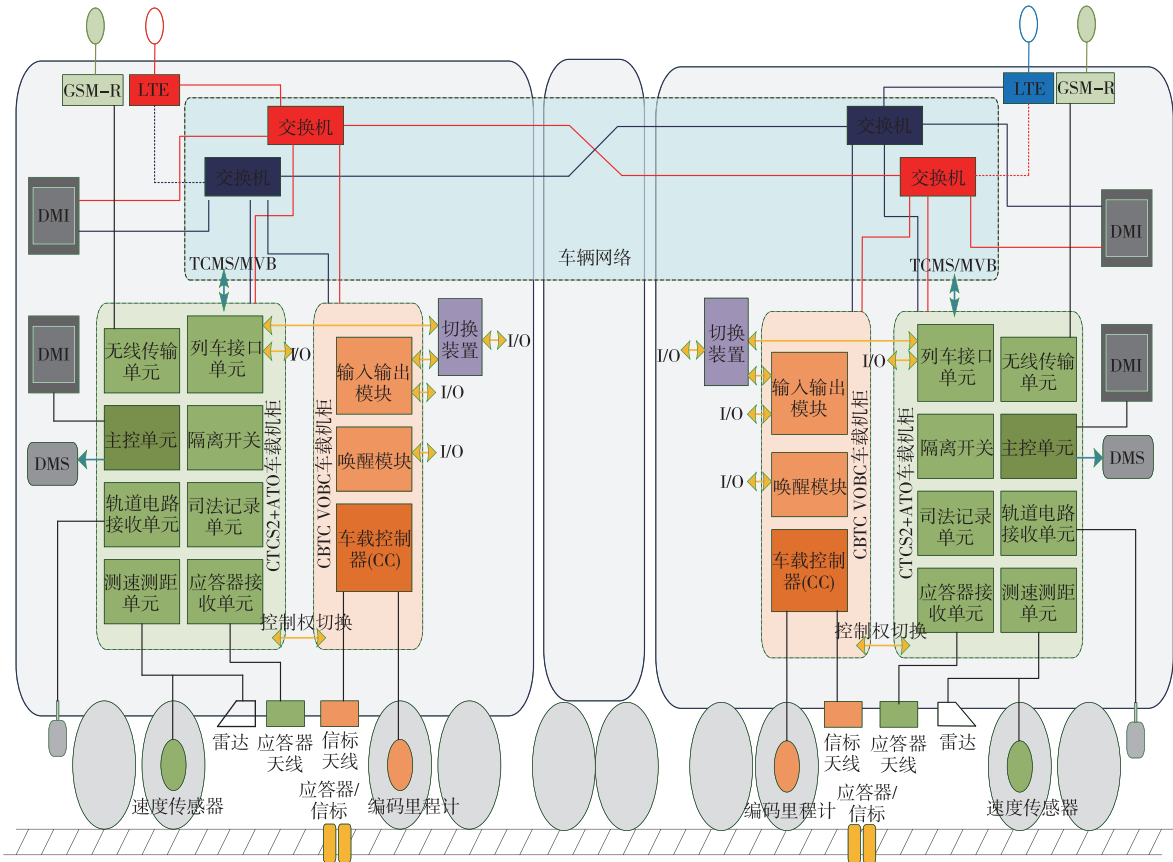


图 9 双套独立车载设备配置与车辆接口示意

Fig. 9 Schematic diagram of dual independent on-board equipment configuration and vehicle interface

双套车载设备与车辆 TCMS 系统各冗余网络接口各结点均应同时在线,同一时刻车辆只响应来源于其中一个主结点的指令,车载设备应根据当前状态选择与切换发送指令的主结点,其他结点应处于监听状态。双车载设备主机与地面无线通信设备应同时支持采用不同技术的无线通信网络接口。为满足两套独立车载设备之间切换的运营操作需求,还应配置制式切换开

关,用于停车状态下司机选择当前制式。

装配了独立车载双功能模式列车运行控制系统的列车,应具备 CBTC 及 CTCS2+ATO 两种不同制式下所有驾驶模式选择^[24-25],详细驾驶模式定义需满足表 1 的定义。

(3) 联锁系统

在中间站存在同时装备 CTCS2+ATO 与 CBTC 系

统列车跨线运营场景情况下,为保持各个线路信号制式统一,同时满足信号制式切换的要求,两场分别按照独立的计算机联锁进行设计。CTCS 联锁、CBTC 联锁系统结构基本不变,维持各自的信号系统体系,需要扩展二者之间站间通信接口。根据线路的布置情况,可考虑联锁按场间联络线和场间联系两种方式设计。

表 1 CTCS2+ATO 与 CBTC 双套独立车载工作模式
Tab.1 Operating modes of CTCS2+ATO and CBTC dual independent on-board equipment

车载主机	车载设备状态	驾驶模式
CBTC 车载	CBTC 主控	FAM
		AM
		CM
		RM
		NRM
	CTCS-2 主控	CBTC 后台模式(CBTC 热备工作,不输出)
CTCS 车载	CTCS-2 主控	待机 SB
		休眠 SL
		部分监控 PS
		完全监控 FS
		自动驾驶 AM
		引导模式 CO
	CBTC 主控	目视模式 OS
		隔离 IS
		CBTC 后台模式(CTCS 热备工作,不输出)

场间联络线方式,即两场之间联络线较长,满足轨道电路、信号机设置要求,可以设置一段 CLG(场联轨道区段)作为联锁共管进路区域,两场联锁对共管进路区域内的信息共享,实现列控系统模式转换。

场间联系方式,即两场之间联络线较短,不满足设置轨道电路要求,满足设置信号机要求,可以在两场分界处设置并置信号机,两场设置联锁共管进路区域,适当延伸至对方车场内,两场联锁对共管进路区域内的信息共享,实现列控系统模式转换。

4.4.2 设备完全融合设置方案

此方案通过调度指挥、列控系统和联锁系统完全融合设置,实现列车在配置 CTCS2+ATO 与 CBTC 系统的不同线路跨线运行。系统架构示意如图 10 所示。

(1) 调度指挥系统

为便于区域市域(郊)铁路在线网同时设有 CTCS2+ATO 和 CBTC 系统线路情况下的统一调度指挥,可采用市域(郊)铁路 CTC 与 ATS 融合方案,即网络化调度系统 NDMS。NDMS 系统由中心系统、车站系统、动车段/所自动化系统和网络系统四大主要部分组成,另外还包括运维系统、仿真测试系统等辅助配套系统。

网络化调度系统(NDMS)可以同时管理 CTCS2+ATO 和 CBTC 两种制式列车,在 CTCS2+ATO 区按照

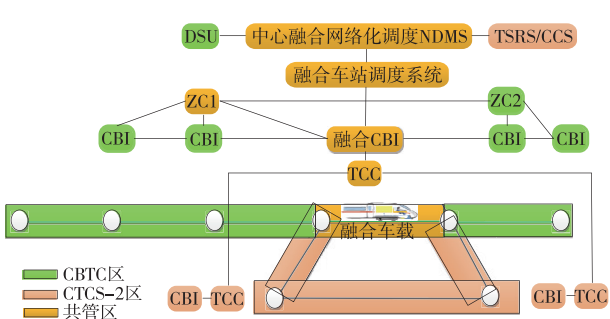


图 10 系统融合方案总体架构示意
Fig. 10 Overall architecture diagram of the system integration solution

既有 CTCS2+ATO 逻辑管理列车,在 CBTC 区按照既有 CBTC 逻辑管理列车,对于共管区,NDMS 负责实现列车从 CTCS2+ATO 区运行到 CBTC 区的车次号切换、临时限速管理、邻站表示互传、扣车和跳停命令管理、进路办理管理等。

(2) 列控系统

通过一体化设计,实现一套车载软硬件同时具备 CBTC 和 CTCS-2+ATO 功能,并可在地面设备的配合下完成两种制式的自动切换。

一体化车载设备主要由车载主机和车载外围设备组成,并通过车载设备外部接口与列车、列控车载动态监测及传输系统等外部设备连接。一体化车载设备组成如图 11 所示。车载主机内各单元均为逻辑划分,可以是独立的硬件板卡/模块,也可以是同一板卡/模块内部的不同软件功能模块。列车两端分别安装一套一体化车载设备,两端车载设备之间进行通信。

一体化车载设备应根据列车数据、行车许可和线路数据等基本数据实时计算目标距离连续速度控制模式曲线,并依据曲线对列车超速进行自动防护。车载设备工作在 CBTC 制式线路时,行车许可及线路数据应采用 ZC 提供的数据和车载电子地图数据;工作在 CTCS-2 制式线路时,行车许可及线路数据应采用轨道电路信息及应答器数据。

(3) 联锁系统

双线并行运营,CBTC 线路与 CTCS-2+ATO 线路在车站通过线间联络道岔存在跨线运营场景,若两线路之间线间距较小,不易通过实体信号机划分线路边界的情况下,为降低信号系统的复杂性,保持整个车站信号归属单一联锁控制,可通过 CTCS-2+ATO 与 CBTC 计算机联锁融合方案,两场按照一套计算机联锁进行设计。

融合联锁与其他设备接口如图 12 所示。

在 CTCS2+ATO 与 CBTC 跨线运营接口站,设置一套一体化融合联锁,与 CTCS2+ATO 地面列控 TCC 及

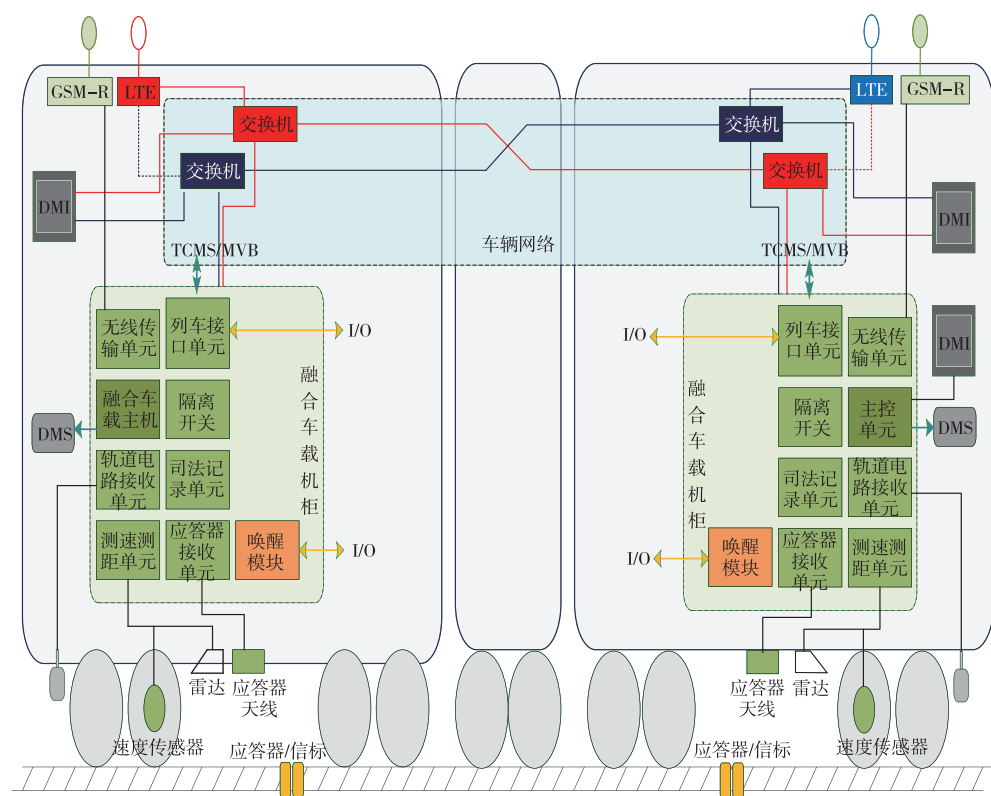


图 11 融合车载设备配置示意

Fig. 11 Schematic diagram of the integrated on-board equipment configuration

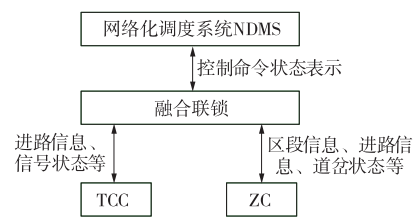


图 12 融合联锁系统接口示意

Fig. 12 Interface diagram of the integrated interlocking system

CBTC 地面列控 ZC、DSU 接口,并与本站 CTC/ATS 车站接口分机接口,实现联锁合场设置。

5 结论及建议

市域(郊)铁路互联互通是一个系统工程,通过线路、车站、车辆、牵引供电、信号、通信信息、站台门和运营组织管理进行统一规划,可具备不同线路互联互通工程条件。研究得出以下主要结论。

(1)共管区应结合两种列控系统特点统一设计,应答器遵循相同的报文定义,信号显示适应列车运行要求。

(2)停车切换时,在结束车门/站台门联控作业后,进行列控制式人工切换;不停车切换时,利用转换区设置的预告及执行应答器组实现列控制式切换。

(3)采用不同信号制式系统之间接口方案,需要

不同调度指挥系统信息传递内容完整,列控系统与车辆接口适配,联锁系统控制策略满足跨线运营需求。

(4)采用不同信号制式系统融合方案需做好调度指挥、车载列控和联锁系统的一体化设计。

参考文献:

[1] 潘昭宇.多层次轨道交通规划技术体系研究[J].铁道标准设计,2022,66(5):7-14.
PAN Zhaoyu. Research on Multi Level Rail Transit Planning Technology System[J]. Railway Standard Design, 2022,66(5):7-14.

[2] 曾琼.市域(郊)铁路运输组织模式研究[J].铁道标准设计,2021,65(5):21-27.
ZENG Qiong. Study on the Operation and Organization Mode of Urban (Suburban) Railways in China[J]. Railway Standard Design, 2021, 65(5):21-27.

[3] 何永发,闫俊俊,张昱.利用既有铁路开行市域(郊)列车信号制式研究[J].铁道标准设计,2023,67(2):161-165.
HE Yongfa, YAN Junjun, ZHANG Yu. Research on Signal Mode of Running Suburban Trains on Existing Railway[J]. Railway Standard Design, 2023,67(2):161-165.

[4] 李乾社.市域铁路信号列控制式的研究[J].铁路通信信号工程技术,2020,17(2):10-15.
LI Qianshe. Research on Signal Train Control System for Regional Railways[J]. Railway Signalling and Communication Engineering, 2020,17(2):10-15.

[5] 徐效宁,李辉,王菲,等.国铁与城轨列控系统互联互通的技术方案研究[J].铁道工程学报,2023,40(11):83-86,117.
XU Xiaoning, LI Hui, WANG Fei, et al. Research on the Interopera-

- tion Scheme of National Railway and Urban Train Control System[J]. Journal of Railway Engineering Society, 2023,40(11):83-86,117.
- [6] 周炯,曹荣祯.基于限界条件的不同线路间互联互通运营可行性研究[J].城市轨道交通研究,2023,26(S1):20-23,30.
ZHOU Jiong, CAO Rongzhen. Feasibility Study of Interoperation between Different Lines Based on Clearance Conditions[J]. Urban Mass Transit, 2023,26(S1):20-23,30.
- [7] 刘传朋,方文珊,黄一听.《市域(郊)铁路设计规范》主要技术标准研究[J].铁路工程技术与经济,2021,36(5):9-13.
LIU Chuanpeng, FANG Wenshan, HUANG Yixin. Research on Key Technical Standards of Code for Design of Suburban Railway[J]. Railway Engineering Technology and Economy, 2021,36(5):9-13.
- [8] 王学贵.基于都市圈融合发展理念的成都市域快线13号线互联互通方案研究[J].铁道标准设计,2021,65(4):6-13.
WANG Xuegui. Research on the Connectivity Scheme of Chengdu City Express Line 13 Based on the Concept of Integrated Urban Development[J]. Railway Standard Design, 2021,65(4):6-13.
- [9] 刘名元,陈恒宇.基于CTCS-2级和CBTC信号系统的到发线有效长度优化研究[J].现代城市轨道交通,2020(12):38-41.
LIU Mingyuan, CHEN Hengyu. Optimization of Effective Length of Arrival and Departure Track Based on CTCS-2 and CBTC Signaling System[J]. Modern Urban Transit, 2020(12):38-41.
- [10] 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.
- [11] 龚辉波,李培坤,陈旭梅,等.城轨跨线运营下车辆基地规模分配与运营组织关系匹配研究[J].铁道运输与经济,2023,45(6):132-138.
GONG Huibo, LI Peikun, CHEN Xumei, et al. Study on Matching Relationship between Depot Scale Allocation and Operation Organization under Cross-line Operation of Urban Rail Transit[J]. Railway Transport and Economy, 2023,45(6):132-138.
- [12] 李明.对我国市域(郊)铁路的概念及若干问题思考[J].铁道工程学报,2022,39(3):107-111.
LI Ming. Thoughts on the Concept and Some Problems of Urban (Suburban) Railway in China[J]. Journal of Railway Engineering Society, 2022,39(3):107-111.
- [13] 崔艳鹭.复合功能市域快线车辆供电制式选择研究[J].铁道标准设计,2021,65(6):159-165.
CUI Yanlu. Research on the Selection of Vehicle Power Supply System of Multi-function Urban Rail Rapid Transit Line[J]. Railway Standard Design, 2021,65(6):159-165.
- [14] 刘烈锋,陆帅,姜玲超.市域铁路与已建地铁贯通运营技术研究[J].铁道工程学报,2022,39(8):93-97.
LIU Liefeng, LU Shuai, JIANG Lingchao. Research on the Inter-connectivity Technology between Suburban Railway and Built Subway[J]. Journal of Railway Engineering Society, 2022,39(8):93-97.
- [15] 施冠峰.城市轨道交通专用无线系统多线路互联互通要点研讨[J].铁路通信信号工程技术,2019,16(5):42-45.
SHI Guanfeng. Discussion on Key Points of Multi-line Interconnection of Dedicated Wireless System for Urban Rail Transit[J]. Railway Signalling and Communication Engineering, 2019,16(5):42-45.
- [16] 莫志松,王猛,赵志鹏.基于GSM-R和5G-R的CTCS-3级列控系统无线通信协议设计及差异性分析[J].铁道标准设计,2023,67(11):152-157,199.
MO Zhisong, WANG Meng, ZHAO Zhipeng. Radio Communication Protocol Design and Difference Analysis of CTCS-3 Train Control System Based on GSM-R and 5G-R[J]. Railway Standard Design, 2023,67(11):152-157,199.
- [17] 杨斌,阳博,徐旭辉.粤港澳大湾区城际铁路融合发展策略研究[J].铁道标准设计,2023,67(9):7-13.
YANG Bin, YANG Bo, XU Xuhui. Research on Integrated Development Strategy of Intercity Railway in Guangdong-Hong Kong-Macao Greater Bay Area[J]. Railway Standard Design, 2023,67(9):7-13.
- [18] 赵赛龙.市域与城际共线运营车站设计关键技术与应用[J].铁道标准设计,2022,66(1):141-144,150.
ZHAO Sailong. Key Technology and Application of Station Design for Co-line Operation between Urban Railway and Intercity Railway[J]. Railway Standard Design, 2022,66(1):141-144,150.
- [19] 李永盛.市域(郊)铁路车站规模精细化设计研究[J].铁道工程学报,2023,40(2):100-105.
LI Yongsheng. Research on the Fine Design of Suburban Railway Station Scale[J]. Journal of Railway Engineering Society, 2023,40(2):100-105.
- [20] 叶玉玲,周文涛,何嘉棋,等.都市圈轨道交通网互联互通运营模式研究[J].现代城市轨道交通,2023(2):1-6.
YE Yuling, ZHOU Wentao, HE Jiaqi, et al. Research on Interoperability Patterns for Metropolitan Rail Transit[J]. Modern Urban Transit, 2023(2):1-6.
- [21] 陈永明,崔佳诺,张友兵.市域铁路CTCS2+ATO列控系统自动折返功能的优化研究[J].铁道标准设计,2023,67(11):171-177.
CHEN Yongming, CUI Jianuo, ZHANG Youbing. Automatic Turn back Function Optimization of CTCS2+ATO Train Control System of Urban Railways[J]. Railway Standard Design, 2023,67(11):171-177.
- [22] 刘鸿飞.简析高速铁路ATO系统与城际铁路CTCS2+ATO系统的区别[J].铁路通信信号工程技术,2020,17(2):40-44.
LIU Hongfei. Analysis of Differences Between ATO System for High-speed Railways and CTCS2+ATO System for Intercity Railways[J]. Railway Signalling and Communication Engineering, 2020,17(2):40-44.
- [23] 乐梅,王宁宁,杨婧.城市轨道交通CBTC互联互通网络化运营研究[J].现代城市轨道交通,2022(5):73-80.
LE Mei, WANG Ningning, YANG Jing. Research on Urban Rail Transit Networked Operation Based on Interoperability of CBTC[J]. Modern Urban Transit, 2022(5):73-80.
- [24] 中华人民共和国住房和城乡建设部.地铁设计规范:GB 50157—2013[S].北京:中国建筑工业出版社,2013.
- [25] 中国铁路总公司.城际铁路CTCS2+ATO列控系统暂行总体技术方案:铁总科技[2013]79号[Z].北京:中国铁路总公司,2013.

(编辑:王婷)