

# 深圳都市圈城际铁路 CBTC 系统功能需求研究

陈恒宇

(深圳市地铁集团有限公司, 518026, 深圳//高级工程师)

**摘要** 与现有的城市轨道交通 CBTC(基于通信的列车控制)系统相比,深圳都市圈城际铁路 CBTC 在列车运行速度等级、互联互通功能和系统架构上存在较大差异,目前国内尚未出台城际铁路 CBTC 的相关标准。通过研究深圳都市圈城际铁路的运输需求,对城际铁路 CBTC 下的运营间隔、160~200 km/h 速度下列车控制、车地通信及互联互通等方面的适应性进行分析,设计了深圳都市圈城际铁路 CBTC 的系统架构,提出该 CBTC 系统在网络化、高速化和自动化等方面的需求。建议尽快研究并编制深圳都市圈城际铁路 CBTC 标准体系技术规范,为城际铁路信号系统的建设、验收、运营及维护等工作提供标准及技术指导。

**关键词** 深圳都市圈; 城际铁路; 基于通信的列车控制

**中图分类号** U284

DOI:10.16037/j.1007-869x.2022.11.001

## System Function Requirements of Intercity Railway CBTC in Shenzhen Metropolitan Area CHEN Hengyu

**Abstract** Compared to the existing urban rail transit CBTC (communication based train control), the intercity railway CBTC in Shenzhen metropolitan area is quite different in terms of train operation speed level, interconnection function and system architecture. Currently, relevant standards for intercity railway CBTC have not been issued in China. By studying the transportation needs of intercity railways in Shenzhen metropolitan area, the adaptability of operation intervals in intercity railway CBTC, train control at 160~200 km/h speed, vehicle-wayside communication and interconnection is analyzed. Through the design of intercity railway CBTC system architecture in Shenzhen metropolitan area, the requirements of CBTC system innetworking, high-speed and automation are proposed. It is suggested that technical specifications of CBTC standard system for the intercity railway in Shenzhen metropolitan area should be studied and compiled as soon as possible, so as to provide standards and technical guidance for the construction, acceptance, operation and maintenance of the intercity railway signaling system.

**Key words** Shenzhen metropolitan area; intercity

railway; CBTC

**Author's address** Shenzhen Metro Group Co., Ltd., 518026, Shenzhen, China

## 1 粤港澳大湾区城际铁路的基本概况

2019年2月19日,国家发展和改革委员会颁布了《关于培育发展现代化都市圈的指导意见》,其目的是培育发展一批现代化都市圈,形成区域竞争新优势,为城市群高质量发展、经济转型升级提供重要支撑。该指导意见提出要打造轨道上的都市圈,即统筹考虑都市圈轨道交通的网络布局,构建以轨道交通为骨干的通勤圈。

2020年7月,国家发展和改革委员会批复了《粤港澳大湾区城际铁路建设规划》,明确了粤港澳大湾区(以下简称“大湾区”)近期要实施的13条城际铁路和5个枢纽工程项目,城际铁路线网的建设总长度达775 km,工程总投资为4 741亿元。根据广东省政府的工作部署,广州、深圳2个都市圈城际铁路项目的前期研究、设计、投资、建设及运营等工作分别由广州市、深圳市负责。广州地铁集团、深圳地铁集团按照国家相关建设标准、技术、制式等要求,推进大湾区城际铁路项目建设,进而推动多层次轨道交通的融合发展,实现大湾区城际铁路的互联互通、换乘便捷、一票通达。

## 2 深圳都市圈城际铁路信号制式选择

深圳都市圈由珠江口东岸和粤东北的深圳、东莞、惠州、河源、汕尾(含深汕特别合作区)5个城市组成。深圳都市圈城际铁路项目包括:深惠城际铁路线的前海站至坪地站区段,深惠城际铁路线的坪地站至仲恺西站区段,深惠城际铁路线的大鹏支线(以下简称“大鹏支线”),深惠城际铁路线的仲恺西站至惠城南站区段,深大城际铁路线的深圳机场站至坪山站区段,穗莞深城际铁路线的深圳机场站至

前海站区段、穗莞深城际铁路线的前海站至皇岗口岸站区段、莞惠城际铁路线的小金口站至惠州北站区段、塘厦至龙岗城际铁路线及常平至龙华城际铁路线。上述共 10 个建设项目,总长度共计 351 km。其中:莞惠城际铁路线的小金口站至惠州北站区段项目已由惠州市牵头推进,其余 9 个项目由深圳市牵头推进。

深圳都市圈内城际铁路信号制式的选择需要考虑互联互通、运输能力、敷设方式及工程投资等方面需求。目前,珠三角地区已运营及在建的城际铁路均采用 CTCS(中国列车运行控制系统)。为实现互联互通,深圳都市圈内城际铁路信号制式原则上应采用 CTCS,而对于相对独立、高峰时段客流大、地下车站带配线较多的线路,可研究采用 CBTC(基于通信的列车控制)系统。

2021 年 10 月 27 日发布的粤办函[2021]284 号《广东省“十四五”铁路高质量建设实施方案》提出,要落实大湾区城际铁路统一规划、统一标准、统筹运营的要求,确保大湾区城际铁路实现互联互通和公交化运营,科学、合理地统筹大湾区城际铁路的信号制式选择。2022 年 2 月 15 日发布的广东省地方标准《城际铁路设计细则》指出:大湾区城际铁路线应根据系统运输能力、跨线运营等要求,结合相关线路现状及规划,进行其信号系统的选型,其列车控制系统可根据情况选择 CTCS-2(中国列车运行控制系统 2 级)+ATO(列车自动运行)系统或 CBTC 系统。

目前,深圳都市圈内穗莞深城际铁路线的前海站至皇岗口岸站区段、深惠城际铁路线(包括前海保税区站至坪地站区段、坪地站至沥林北站区段、沥林北站至惠城南站区段)等项目与既有城际线路贯通运营或需与国家铁路跨线运行,采用 CTCS;深大城际铁路线、大鹏支线因高峰时段客流量较大,地下车站较多,为满足客流需求、降低工程投资,这 2 条线路均采用 CBTC,应同时实现贯通运营。

本文以采用 CBTC 系统的深大城际铁路线、大鹏支线为研究对象,从城际铁路 CBTC 系统的适用性出发,重点分析深圳都市圈城际铁路 CBTC 的系统需求。

### 3 深圳都市圈城际铁路 CBTC 系统的适应性分析

信号系统作为列车运行控制的核心系统,其技术关键是必须确保列车行车安全。CTCS 在国家铁

路和珠三角城际铁路上均有大量成功应用的案例,该制式在技术上无疑是安全的。CBTC 在城市轨道交通中也得到了大量成功的应用,在技术上也是安全的。至于不同信号制式下列车运行速度的适用范围,北京地铁大兴机场线已经实现了 CBTC 信号制式在 160 km/h 速度级城市轨道交通线路上的成功应用。河北省雄安新区至北京大兴国际机场快线(R1 线)项目设计为 200 km/h 速度级线路,拟采用 CBTC。因此,结合大湾区城际铁路的现状,大湾区内新建城际铁路线可以选择 CTCS 或 CBTC,具体信号制式的选择应根据项目的设计速度、行车间隔、停车精度等功能需求,并结合互联互通、资源共享和一体化运营管理等要求,予以合理选用。基于深大城际铁路线和大鹏支线的功能定位,CBTC 系统的功能特点总体与之相匹配,可满足这 2 条线路的运营需求。

#### 3.1 列车运行间隔适应性

CBTC 系统的列车最小追踪间隔为 2.0 min,可满足深大城际铁路线和大鹏支线最小运行间隔 2.5 min 的需求。在线路折返能力上,CBTC 系统同样能够满足这 2 条线路的运营要求。

#### 3.2 160~200 km/h 速度下列车控制的适应性

从系统控制原理来讲,CBTC 可以满足 160~200 km/h 速度下列车控制的要求,测速、应答器、计轴等设备均可满足该速度工况下可靠工作的要求,仅在相关系统的控制参数上略有差异。

#### 3.3 160~200 km/h 速度下车地通信的适应性

CBTC 系统的 WLAN(无线局域网)设备能满足 120 km/h 速度级线路的运行要求,且具有成功应用的工程案例,但是在速度级大于 120 km/h 的线路上,WLAN 车地无线通信技术尚未经过现场验证。基于 TD-LTE(时分-长期演进)车地无线通信技术的应用和推广使得高速 CBTC 系统成为可能。基于 TD-LTE 技术的车地通信系统支持列车的高速(如 350 km/h)移动,可在列车高速移动状态下满足 CBTC 系统在带宽、稳定、实时性等方面的要求,并具有 QoS(服务质量)保障。基于 TD-LTE 技术的车地通信系统已在北京地铁大兴机场线,以及广州地铁的 18 号线和 22 号线上得以应用。

#### 3.4 互联互通需求的适应性

目前珠三角内已建成的城际铁路,其信号制式均采用 CTCS-2+ATO 系统。CBTC 与 CTCS-2+ATO 有各自的优势,但也都存在为适应本线运营需求而进行相应改造的工程问题。参考重庆、北京等

城市的轨道交通 CBTC 互联互通示范项目成果, 本文认为深圳都市圈城际铁路的 CBTC 系统具备了在大湾区范围内实现互联互通的研发基础。但现阶段, 采用 CBTC 系统的城际铁路线与珠三角 CTCS-2 + ATO 的城际铁路无法实现互联互通, 新建城际铁路线在新购车辆或动车组车型时均需进行接口改造及相关试验验证。因此, 在新建采用 CBTC 的城际铁路线时, 列车如需跨线运行至其他非 CBTC 城际铁路线, 采购的车辆需按照“安装双套车载信号设备”这一原则予以设计。

## 4 深圳都市圈城际铁路 CBTC 系统需求

### 4.1 基本需求

深圳都市圈城际铁路 CBTC 系统采用移动闭塞制式, 应至少满足 GB/T 32590.1—2016《轨道交通 城市轨道交通运营管理和指令/控制系统 第 1 部分: 系统原理和基本概念》、GB/T 32588.1—2016《轨道交通 自动化的城市轨道交通 (AUGT) 安全要求 第 1 部分: 总则》中对于 GoA2 (半自动化列车运行) 的要求。

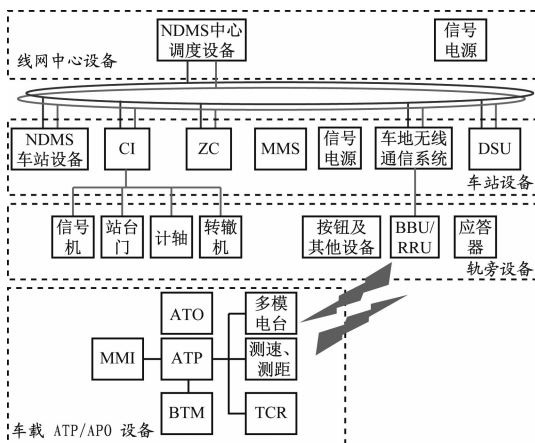
深圳都市圈城际铁路 CBTC 系统应具备高可靠性、高可用性及高安全性, 应满足 160 ~ 200 km/h 速度级线路安全、高效、可靠运行的需求, 且能满足单一交路和多交路混合运行、不同编组/车型列车混合运行、快慢车运行、跨线运行等方面的要求。信号显示应统一, 遵循左侧行车的原则, 系统设计应满足双线、双方向的运行要求。

在土建、运营设施满足条件时, 深圳都市圈城际铁路 CBTC 系统应满足最小行车间隔不小于 24 对/h 的需求, 不同线路的 CBTC 系统应能满足线路间跨线运营的要求, 以实现资源共享。采用 CBTC 系统的线路与采用 CTCS-2 + ATO 的线路之间如需跨线运行, 应保证列车在跨线运行时的安全, 两种信号制式间的自动切换时长应与行车间隔相匹配。

### 4.2 总体架构

深圳都市圈城际铁路 CBTC 的系统架构如图 1 所示。CBTC 按功能分为以下子系统: NDMS (网络化调度管理系统)、ATP (列车自动防护)、ATO (列车自动运行)、CI (计算机联锁)、DCS (数据通信系统)、MSS (维护支持系统) 及培训子系统。CBTC 按构成可分为以下关键设备: NDMS 设备、ZC (区域控制器) 设备、CI 设备、车载 ATP/ATO 设备、DCS 设备、DSU (数据存储单元)、LEU (轨旁电子单元)、应答器、MSS 设备、培训设备、信号电源、计轴、信号

机及转辙机等。



注: BBU——基带处理单元; RRU——射频拉远单元; MMI——人机界面; BTM——应答器传输模块; TCR——轨道电路接收器。

图 1 深圳都市圈城际铁路 CBTC 系统架构图

Fig. 1 Diagram of intercity railway CBTC system architecture in Shenzhen metropolitan area

### 4.3 NDMS 子系统

NDMS 宜采用中心、车站两级架构, 包括 NDMS 中心调度子系统和 NDMS 车站/段场调度子系统两部分。在中心设置 1 套软硬件设备, 并按区域划分设置调度工作站。对于多条线路共用的枢纽车站, 站内因同时运行不同线路的列车, 宜在该枢纽车站内设置 1 套车站信号设备。该设备按照运营需求纳入某个区域/线路调度台进行控制, 与该枢纽车站相关的其余相关调度台只监不控。所有经过该枢纽车站的列车在此范围内共线运营, 由该枢纽车站内的调度台统一进行调度指挥。

### 4.4 ATP、ATO、CI 子系统

为实现列车在 CBTC 区域与 CTCS-2 + ATO 区域间切换运行, 可在列车上设置双套车载设备或采用单套一体化车载设备。双套车载设备和单套一体化车载设备均应具备不停车及停车切换的功能。双套车载设备应在每套设备的端口设置 1 套共用的 MMI, MMI 的显示格式应采用统一的技术标准, 以满足 CBTC 及 CTCS-2 + ATO 的显示要求。单套一体化车载设备可采用板卡级融合或软件级融合的方式, 可设置多模电台, 以适配 LTE (长期演进) 和 GSM-R (铁路数字移动通信系统) 多种网络, 并增设 TCR 天线, 以适配轨道电路。

此外, 多条线路间共用的枢纽车站内宜设置 1 套全电子的 CI 设备。段场内应设置 1 套独立的全电子 CI 设备。

#### 4.5 跨线运行时的功能需求

对于有 CBTC 与 CTCS-2 + ATO 跨线运行需求的城际铁路,应具有以下的功能:① NDMS 在切换区内应支持列车完成跨线的切换操作及显示,还应满足与既有珠三角城际铁路 CTC(调度集中)系统的接口要求;② DSU 应预留与 TSRS(临时限速服务器)的接口(可选),以满足列车临时限速的交互功能;③ CI 支持与邻线联锁信息的接口传递,DCS 应支持列车在不同线路上与相应的轨旁设备建立通信;④ 列车跨线运行至 CTCS-2 + ATO 制式线路时,车载配置多模天线,应采用 GSM-R 数据业务实现车地双向通信,通过 TCR 接收地面轨道电路信息;⑤ CTCS-2 + ATO 如需与 CBTC 互联,各子系统间的接口协议应按照 CTCS-2 + ATO 的接口规范执行。

跨线运行至 CTCS-2 + ATO 区域的列车,应具有以下功能:① 列车控制等级应按照 CTCS-2 + ATO 方式执行;② 列车在完全监控模式下,由 ATO 设备自动控制列车,按照 CTCS-2 + ATO 方式自动运行;③ 应实现 ATP 下由 ATO 控制列车安全、自动驾驶;④ 列车具有必要的降级运行模式,其降级模式应与 CTCS-2 + ATO 下的降级模式保持一致。

#### 4.6 电子地图

DSU 应具备线网内电子地图的存储功能及电子地图版本的安全校验功能,并具备向车载设备逐段发送电子地图的功能。

### 5 结语

与现有的城市轨道交通 CBTC 相比,深圳都市圈城际铁路的 CBTC 在列车运行速度等级、互联互通系统功能及系统架构上均存在较大的差异,目前国内尚未出台城际铁路 CBTC 的相关标准。为加快深圳都市圈城际铁路建设,满足深圳都市圈城际铁路的运输需求,规范深圳都市圈城际铁路 CBTC 制式信号系统后续研发、系统设计、产品设计及设备招标等工作,为深圳都市圈城际铁路信号系统建设、验收、运营和维护的标准化提供指导,应尽快研究并编制深圳都市圈城际铁路 CBTC 标准体系技术规范,主要包括需求规范、系统规范、接口规范、测试规范、工程规范、验收规范及运营规范等方面。

未来,按照大湾区轨道交通统一规划、统一标准、统筹运营的原则,将由多个城市共同构建大湾区轨道交通一体化的管理组织架构。在参照国家

铁路和城市轨道交通标准体系的基础上,应进一步研究并制定广东省城际铁路互联互通信号技术标准体系的顶层架构,为大湾区城际铁路的规划、设计、施工、验收及运营管理等建设全过程提供规范化的技术指导和强有力的技术支撑。

### 参考文献

- [1] 中国城市轨道交通协会. 城市轨道交通基于通信的列车运行控制系统(CBTC)互联互通系统规范 第1部分:系统总体要求;T/CAMET 04010.1—2018[S]. 北京:中国铁道出版社有限公司,2019:1.  
China Association of Metros. Urban rail transit system—specification for interoperability of communication based train control system—part 1: General system requirements: T/CAMET 04010.1—2018[S]. Beijing: China Railway Publishing House Co., Ltd., 2019:1.
- [2] 中华人民共和国国家发展和改革委员会. 国家发改委关于培育发展现代化都市圈的指导意见:发改规划[2019]328号[EB/OL]. (2019-02-21)[2022-04-11]. [https://www.ndrc.gov.cn/xxgk/zcfb/tz/201902/t20190221\\_962397.html?code=&state=123](https://www.ndrc.gov.cn/xxgk/zcfb/tz/201902/t20190221_962397.html?code=&state=123).  
National Development and Reform Commission of the People's Republic of China. NDRC guiding opinions for cultivating and developing modern metropolitan areas (FGGH[2019] No. 328)[EB/OL]. (2019-02-21)[2022-04-11]. [https://www.ndrc.gov.cn/xxgk/zcfb/tz/201902/t20190221\\_962397.html?code=&state=123](https://www.ndrc.gov.cn/xxgk/zcfb/tz/201902/t20190221_962397.html?code=&state=123).
- [3] 中华人民共和国国家发展和改革委员会. 关于粤港澳大湾区城际铁路建设规划的批复:发改基础[2020]1238号[EB/OL]. (2020-08-03)[2022-04-11]. [https://www.ndrc.gov.cn/xwdt/tzgg/202008/t20200804\\_1235524.html?code=&state=123](https://www.ndrc.gov.cn/xwdt/tzgg/202008/t20200804_1235524.html?code=&state=123).  
National Development and Reform Commission of the People's Republic of China. Official reply on the construction planning of intercity railway in Guangdong-Hong Kong-Macao Great Bay Area: FGGH[2020] No. 1238[EB/OL]. (2020-08-03)[2022-04-11]. [https://www.ndrc.gov.cn/xwdt/tzgg/202008/t20200804\\_1235524.html?code=&state=123](https://www.ndrc.gov.cn/xwdt/tzgg/202008/t20200804_1235524.html?code=&state=123).
- [4] 广东省市场监督管理局. 城际铁路设计细则:DB 44/T 2360—2022[S/OL]. 广州:广东省市场监督管理局,2022:115[2022-02-15]. <https://dbba.sacinfo.org.cn/stdDetail/a8a8555cb03-ee236a4ed32dd6524d45b9095312ca2258a74e38ff334b4b1859e>.  
Guangdong Provincial Bureau of Market Supervision. Design guidelines for intercity railway: DB 44/T 2360—2022[S/OL]. Guangzhou: Guangdong Provincial Bureau of Market Supervision, 2022: 115[2022-02-15]. <https://dbba.sacinfo.org.cn/stdDetail/a8a8555cb03-ee236a4ed32dd6524d45b9095312ca2258a74e38ff334b4b1859e>.

(收稿日期:2022-04-12)