

中国城市轨道交通协会技术装备专业委员会-国家工程实验室

联合发布

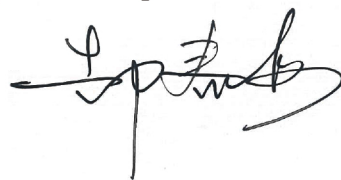
白皮书

白皮书编号：WP-2018001

轨道交通CBTC信号系统互联互通建设指导

签发时间：2018年6月

签发版本：第一版 (V1.0)

签发人：李中浩 

中国城市轨道交通协会是我国城市轨道交通领域的国家一级协会，由与城市轨道交通有相关业务的发展规划、设计咨询、投资融资、工程建设、运营管理、装备制造、科研院所和高校等单位自愿结成的全国性、行业性、非营利社会组织，自2011年10月14日成立以来，在服务我国轨道交通行业发展、促进行业提升、搭建多方沟通桥梁方面发挥了重要作用。技术装备专业委员会是中国城市轨道交通协会的下级单位，旨在协助政府部门推动城轨装备自主化进程，服务会员单位，促进行业健康有序发展。

城市轨道交通列车通信与运行控制国家工程实验室由交控科技股份有限公司牵头，采用“政产学研用”协同创新模式，联合北京交通大学、北京市轨道交通建设管理有限公司、北京地铁车辆装备有限公司共同申报，并经国家发改委批复成立的第一个国家级城轨信号系统科技平台。白皮书是国家工程实验室的重大研究成果发布形式之一，旨在为城市轨道交通建设业主方提供决策依据，为设计方提供设计指南，为运营方提供运营维护指导。

《轨道交通 CBTC 信号系统互联互通建设指导》白皮书旨在为轨道交通 CBTC 信号系统互联互通建设提供决策依据和指导，明确实现 CBTC 信号系统互联互通相对于传统 CBTC 系统的优势，全面总结重庆 CBTC 信号系统互联互通国家示范工程的成功经验，在工可/初步设计、招投标、工程设计、测试调试、安全评估、交付运营等阶段提供建议，介绍互联互通的典型案例，最后展望未来互联互通的发展趋势。

对本书有任何问题或建议，欢迎与我们联系。

联系电话：010-52824660；邮箱：whitepaper@bj-tct.com

轨道交通 CBTC 信号系统互联互通建设指导

前 言

城市轨道交通发展事关社会发展大局，事关人民群众出行。近年来，我国城市轨道交通快速发展，未来较长一段时期仍将保持较快增长态势，运营管理面临的压力越来越大。特别是随着社会经济不断发展，消费结构持续升级，人民群众对城市轨道交通安全、可靠、便捷、舒适、经济的要求越来越高，做好城市轨道交通运营管理工作愈发显得责任重大、任重道远。

随着城市轨道交通的发展，客流分布不均衡，资源共享率低，换乘压力增加等问题逐渐暴露出来，因此对城市轨道交通 CBTC 系统实现互联互通的呼声越来越强烈。近几年国家对技术装备产业的发展进行了大力支持，国内城市轨道交通路网已成规模，CBTC 信号系统的核心技术也已被国内部分顶尖的供货商掌握，已具备实现互联互通的技术条件。

CBTC 信号系统互联互通技术复杂，我国要实现其自主化，需在核心技术、关键设备、系统设计与集成、标准规范等方面持续攻关并取得实质性突破。重庆市轨道交通(集团)有限公司在国家发改委、中国城市轨道交通协会的指导要求下，将重庆环线、4 号线、5 号线、10 号线建设为国家互联互通示范工程，开启中国城市轨道交通的互联互通之路。为推动轨道交通行业的长期健康发展，中国城市轨道交通协会技术装备专业委员会和城市轨道交通列车通信与运行控制国家工程实验室组织相关单位，在全面总结重庆 CBTC 信号系统互联互通建设经验的基础上，编写本指导文件，旨在为今后轨道交通 CBTC 信号系统互联互通建设和运营提供指导和决策依据。本指导文件阐述了 CBTC 信号系统互联互通的必要性，提出了实现互联互通各专业的建设条件，并从工可/初步设计、招投标、工程设计、测试调试、安全评估、交付运营等方面，阐述 CBTC 信号系统互联互通的实施路径，介绍 CBTC 信号系统互联互通的典型工程案例，最后展望未来互联互通的发展趋势。

本指导由中国城市轨道交通协会技术装备专业委员会和城市轨道交通列车通信与运行控制国家工程实验室组织编写并联合发布。本文件的某些内容可能涉及专利，本文件的发布结构不承担识别这些专利的责任。

主要起草人：李中浩、乐梅、吴新安、王伟、吴明、徐鼎、林莉、张兴健、张军、文成祥、秦小虎、张守芝、肖利君、王健、徐明功、杨旭文、李凯、张晋恺、刘桂宏、邓红元、黄康、凌祝军、赵天时、娄玥童、张春雨、胡妃俨

主要审查人：朱翔、赵炜、张艳兵、郑生全、张良、张琼燕、李晋、段晨宁、李新文、李德堂、任敬、朱东飞、陈瑞军、刘新平、郇春海、刘键、崔科、刘会明

目 录

1	互联互通的必要性	1
1.1	城市轨道交通网络化的需求	1
1.2	市域轨道交通的发展需求	2
1.3	互联互通的优势	3
2	互联互通的建设条件	5
2.1	车辆.....	5
2.2	供电.....	6
2.3	线路.....	6
2.4	通信.....	7
2.5	信号.....	7
3	CBTC 信号系统互联互通的实施路径.....	8
3.1	工可/初步设计阶段	8
3.2	招投标阶段	9
3.3	工程设计阶段	9
3.4	测试调试阶段	10
3.5	安全认证	16
4	CBTC 信号系统互联互通典型案例.....	20
4.1	重庆.....	20
4.2	青岛.....	23
4.3	北京.....	26

4.4	长沙.....	27
4.5	呼和浩特	29
5	结论.....	31
6	附录.....	32

1 互联互通的必要性

1.1 城市轨道交通网络化的需求

1.1.1 运管规模进一步增大

截至 2017 年末，中国大陆地区（以下文中涉及全国数据均指中国大陆地区，不含港澳台）共 34 个城市开通城市轨道交通（以下简称城轨）交通运营，共计 166 条线路，运营线路总长度达 5021.7 公里。其中，地铁 3881.8 公里，占总里程的 77.3%；轻轨及其他制式城轨交通运营线路长度 1139.9 公里，占总里程的 22.7%。2017 年度新增运营线路长度创历史新高，首次超过 800 公里（868.9 公里），相比 2016 年新增线路 534.8 公里（增加 334.1 公里），增幅达 62.5%。

1.1.2 换乘站大幅增加

据不完全统计，截至 2017 年末，在建线路共计车站 3463 座，其中换乘站 1037 座，占车站总数的 29.9%，与目前运营线路换乘站占比 17.1%相比，换乘站占比大幅提高，各城市城轨交通线网逐渐形成，网络化进程加快。

1.1.3 网络化趋势明显

“十三五”规划纲要中，明确超大城市和特大城市应积极建设城市轨道交通网络，符合条件的大城市应当结合城市发展和交通要求因地制宜建设城市轨道交通系统，新增城市轨道交通运营里程 3000 公里以

上，规划规模正持续增加，表明线路的网络化结构已逐渐形成。

1.1.4 单线建设模式制约网络化发展

城市轨道交通经历上百年的发展，各方面、各专业都已经形成体系，且比较成熟，但随着时间的推移，国内单线建设单线运营模式的一些问题也逐渐显现出来，例如：

1) 客流分布不均衡，各条线路独立运营，线路富余运能无法被利用；

2) 乘客只能通过车站换乘，无法满足“快速”、“直达”的出行需求；

3) 线网中车站、车辆、信号、供电、车场等资源共享率低，资源未得到充分利用；

4) 换乘客流占上下车客流比例高（65%~82%），换乘站客流组织压力大，存在安全隐患，增大车站规模也难以从根本上解决换乘压力。

由此可见，城市轨道交通迫切需要一种能够满足跨线、共线的网络化运营模式，这种模式可实现列车不降速不降级跨线运营至其它线路，并支持其它线路车辆进入本线共线运行，对节约旅客出行时间，提高城市轨道交通运营效率具有重要意义。

1.2 市域轨道交通的发展需求

从国外轨道交通的发展历程来看，市域铁路服务于城市与郊区、中心城市与卫星城、重点城镇间等，以承担中心城市、组团城市、部分次中心城市之间的日常通勤、通学的短途城际旅客为主，服务范围

一般在 50~100 公里之内。铁路强调点对点快速运输，地铁强调高密度快速运输，而市域铁路的特点是单线的客流量相对较低，区域客流比较分散，且通勤化要求高，具备客流聚集和资源共享两大需求。互联互通符合市域轨道交通发展的需求，通过互联互通来不断收纳分散客流、充分利用线路空置率、实现跨线和共线运营、减少乘客换乘时间和次数、降低建设与运营成本，提高各线路运输能力。

1.3 互联互通的优势

互联互通可以减少线路资源浪费（如重复建设和投资），通过路网的整体规划，实现资源共享。主要具备如下的优势：

- 1) 实现车辆段、停车场、正线线路、换乘车站共享，相关设备及轨道建设用地、征地等随之减少，降低建设和后期维护成本；
- 2) 不同线路车辆资源共享，由原有的单线备车变成路网内备车，降低了路网内车辆配置的需求数量，可有效降低车辆采购成本；
- 3) 实现运营组织调度和司机人员的资源共享，通过运营人员操作界面和操作方式的统一，有助于路网内人员整合调配，减少人力成本以及培训成本；
- 4) 提高乘客服务质量；
- 5) 有利于实现城市轨道交通网络化运营；
- 6) 灵活的运营组织，提高单点故障下的快速处理；
- 7) 有利于信号系统产业链的自主化；
- 8) 降低延长线建设和增购车辆成本；

9) 优化线网规划和建设方案;

10) 大幅度降低信号系统大修改造的成本及对正常运营的干扰。

2 互联互通的建设条件

轨道交通互联互通线网规划应根据城市线网规划、线路支持的速度目标、车辆制式选型、运营模式等，在规划阶段提出互联互通需求，做到提前谋划，提前布局。针对互联互通线路的特点，以网络化资源共享为理念，从节约建设成本角度出发，制订资源共享的互联互通路网方案。

城市轨道交通线路互联互通是一个系统性工程，涉及线路条件、限界、轨道和路基、车辆及维修、培训、行车组织、供电、通信信号、站台门等多个专业，应将各线路相关专业统一标准，实现互联互通。

为了统一车辆、限界、线路、结构、信号等专业关于速度限制及控制的概念和定义，明确各专业的速度要求，协调匹配各专业之间的接口关系，在保证安全的前提下，使线路运行效率最大化。新建互联互通线路应遵循《城市轨道交通列车运行速度限制与匹配技术标准》的最新要求。

2.1 车辆

应统一车辆型号，统一线路条件满足车辆运行：

- 1) 同一互联互通轨道交通网内宜选用同型号车辆或统一型号（A、B、C 三个型号），减少车辆类型，增强网内车辆及维修系统的通用性。
- 2) 车辆选型应考虑线路条件及所支持的速度目标、车辆限界、车辆受电方式等；

3) 车门设置兼容站台门滑动门设置。

2.2 供电

互联互通运营线路应采用相同或相互兼容的牵引供制式（如直流、交流和电压等级），宜采用同一种接触网馈电形式（如架空接触网或接触轨），否则互联互通运营的车辆须兼容不同的接触网馈电形式。

根据线网规划合理布置主变电系统，考虑主变站的网络共享与系统冗余。

在线网上统一牵引变电与降压变电的方案及规模。考虑跨线运营的供电方式、供电电压、受电方式的一致性要求。为车辆过轨运行创造供电制式兼容的条件。

2.3 线路

互联互通运营线路的轨道须采用相同的结构形式和相同的轨距，轨道和路基的结构承载能力满足列车运营要求。

互联互通运营线路需考虑线路的最小平面曲线、最大纵坡、安全线长度及有效站台长度等线路条件。线路之间设置满足互联互通运营行车需求（包括运营效率和运行舒适度）的联络线。

互联互通运营线路的建筑限界、设备限界、车辆限界、站台门满足其列车的运营要求。

2.4 通信

互联互通运营线路应采用相同或相互兼容的无线列调系统，地面调度与列车司机间之的无线列调系统在满足线路通信功能外，还应考虑线网层的通信功能。线网通信系统容量、选型、标准等技术条件应能满足互联互通功能需求。各线系统应尽可能一致或兼容。

2.5 信号

互联互通运营线路信号系统制式兼容或统一，能够实现互联互通的相关功能和满足互联互通的安全要求。CBTC 系统互联互通应具备跨线移交技术、互联互通接口技术、统一电子地图技术等。

在 2014 年 6 月，中国城市轨道交通协会技术装备专业委员会启动《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-互联互通接口规范》的编制工作，最终形成系统、接口、测试和工程 4 类规范，共 17 个部分。

在 2015 年 4 月 28 日，技术装备专委会牵头在北京召开 LTE—M 规范项目编制的启动会，启动 LTE—M 系列标准的编制工作，将互联互通无线通信实现规范化和标准化，共编制完成 5 个系列 19 个规范，作为后续互联互通项目招标文件的通用要求。

这些规范制定有利于地方城市轨道交通建设的标准化，统一设备采购标准，进一步降低采购成本，提高产品通用性、安全性和可靠性，符合行业发展的整体趋势。

3 CBTC 信号系统互联互通的实施路径

信号系统作为保证城市轨道交通运行安全的关键系统，是实现互联互通的关键瓶颈。我国原有采用的信号系统主要是引进的国外信号系统，国内未掌握信号系统的核心技术，各信号系统间采用的系统架构不统一，相互之间接口不开放，通信协议和接口内容差异较大，无法实现互联互通。

近些年来，在消化、引进、吸收、再创新国外列车运行控制系统的基础上，我国自主研发生产的轨道交通 CBTC 系统装备水平得到了很大提升。国内各信号企业开发的自主化 CBTC 信号系统陆续中标项目并顺利开通。例如交控科技股份有限公司开通的北京地铁 7 号线，成都 3 号线，北京全路通信信号研究设计院集团有限公司开通的北京地铁 8 号线，北京市华铁信息技术开发总公司开通的广州地铁 7 号线，卡斯柯信号有限公司开通的上海地铁 17 号线等。随着轨道交通在信号系统核心技术领域内的突破，国内信号集成商掌握了自主化的核心技术，并有多条线路开通经验，技术成熟，为制定互联互通标准和实现互联互通奠定了良好的基础，具备了实施条件。

CBTC 信号系统互联互通应用需求有三个层面：一是统一技术标准，实现 CBTC 信号系统统型；二是满足共线运营和延伸线建设需求；三是满足跨线互联互通运营需求。三个层次需求逐步递进。

3.1 工可/初步设计阶段

对于线网规划的联通联运线路的城市，宜进行统一互联互通规

划，明确联通联运的线路，以及综合考虑与既有线和其他规划线的关系。信号系统宜明确采用 CBTC 信号系统互联互通技术。

对于线网规划的无联通联运线路，只有单线运营需求的城市，也宜采用 CBTC 信号系统互联互通标准建设，为单线的增车、延伸建设、大修改造等做好支持和预留。

3.2 招投标阶段

在互联互通线路进行招投标时，轨道交通建设单位将 CBTC 信号系统互联互通的要求和规范作为招投标文件的关键组成部分。具体建议如下：

1) 同期建设互联互通线路：应在符合中城协制定的互联互通团体规范的基础上，结合本地城市特点，编制地方化的互联互通规范，并将此规范纳入到地方互联互通线路的招标文件。

2) 分期建设互联互通线路：对于前期已建设线路，应预留支持互联互通功能的接口和线路条件，配合后续互联互通线路进行调试和更改。后续互联互通线路的信号集成商，应符合前期互联互通线路的相关标准和接口。

3.3 工程设计阶段

3.3.1 信号系统互联互通的标准化

各个区域和城市均存在地方性的使用习惯，包括功能、界面、操作方式等，因此本指导推荐实施的是区域或城市路网内互联互通，并不是全国范围内互联互通。我国互联互通允许不同地域在协会互联互

通标准和规范基础上，结合各城市轨道交通的使用习惯，进行补充和细化。协会规范和标准已针对 CBTC 信号系统互联互通在需求、架构、接口、测试、工程设计以及通信方面进行统一，具体标准和规范详见附录。

3.3.2 设备布置原则

对不同信号厂商的设备，包括应答器、轨旁天线/漏缆、应答器接收天线、车载无线天线等统一安装原则，以满足互联互通要求。

CBTC 互联互通规范《城市轨道交通基于通信的列车运行控制系统（CBTC）互联互通工程规范-工程设计导则》中，已明确工程设计一些基本原则，如轨道区段划分原则、轨旁应答器布置原则、信号机布置原则、计轴布置原则、接近区段和触发区段原则、地面重叠区及临时限速区段划分原则等。轨道交通建设单位可考虑结合当地线路和车辆的实际情况，形成符合本地工程设计的原则。

3.4 测试调试阶段

测试调试阶段主要包含测试平台、室内测试、现场测试三个部分。

3.4.1 互联互通测试平台设计

采用 CBTC 信号系统互联互通技术的城市宜建设互联互通测试平台。互联互通测试平台可以支撑互联互通的功能验证和线路数据验证，既可以提升现场测试版本的安全性、可靠性和质量，又为互联互通功能实现创造良好的调试基础降低现场测试的工作量，其作用包

括：

1) 验证互联互通 CBTC 功能：检验各信号厂商是否满足互联互通标准；

2) 验证协议和数据：验证互联互通的接口协议数据和工程线路数据的正确性；

3) 验证后续线路：针对不同分期建设互联互通的城市，满足其他线路 CBTC 系统功能、性能、故障等测试要求；

4) 验证问题场景：平台应具备工程现场问题的场景复现功能，以对问题进行分析和修复验证；

5) 培训功能：测试平台可依托平台固有的真实环境和模拟仿真条件，利用专业模块化软件实现运营线路场景运行控制、场景编制、场景注入、运营场景保存和回放、在线故障注入等功能，提供运营正常作业流程培训及各种故障和异常情景下的培训。

互联互通测试平台的设计和建设思路建议如下：

➤ 同期开通的多条互联互通线路

同期开通的多条线路下，宜在各个互联互通信号厂商中选取一个信号厂商作为测试平台搭建的牵头方，其他信号厂商配合完成测试平台搭建和调试工作，各个信号厂商的软件和硬件应经过测试平台的测试通过后，方可投入互联互通的现场测试，以保证测试可靠性、安全性；

➤ 分期开通互联互通线路

分期开通的线路，宜在先期线路开通前搭建符合互联互通标准的

测试平台，先期开通的信号系统厂家应预留并支持与后续线路信号系统的接口。后期开通的互联互通线路，宜要求后续投标厂家通过测试平台的测试，以保证实现互联互通的可实施性。

综合两种不同的建设情况，测试平台应采用功能接口全部预留和增量式的整体架构进行搭建，以保证待测厂商设备的正常接入。

3.4.2 室内测试验证

室内测试分为厂家自测试与测试平台测试两个阶段。

各家信号厂商在进行测试平台测试前，应完成自测试工作，包括但不限于符合互联互通标准的产品测试、互联互通系统测试以及工程线路数据测试。

在测试平台测试阶段，主要验证各厂家车载系统在其他家地面系统的共线以及跨线运营。测试工作分为互联互通接口测试阶段、互联互通功能确认测试阶段与互联互通工程数据确认阶段三个阶段。为保障测试的顺利进行，互联互通各信号厂商宜提供至少两个集中区作为样本段进行初期测试，后期根据项目进度逐步增加其余集中区。

互联互通测试验证的核心工作应着眼于不同厂家之间的信息交互功能上，非交互互联互通功能应作为信号厂商内部验证工作，不在室内测试重点验证范围之内。

测试案例设计是非常重要的环节，测试输入项的完整程度直接影响测试案例的完整程度。互联互通的测试案例设计在严格遵守协会的测试规范要求的基础上，通过对协会标准测试规范梳理分析识别功能

交互部分，作为室内测试案例设计的核心部分。同时应对互联互通运营场景，以及制定的相应运营需求进行梳理，保证互联互通运营场景均被覆盖，并作为测试案例的设计基础。

➤ 交互接口测试

依据满足接口规范要求的接口文件，进行各厂家交互系统的接口测试。主要验证系统接口信息帧格式、内容是否满足接口设计要求。

➤ 交互功能测试

室内测试需进行各厂家车载系统与地面系统交互相关的功能测试，例如：点式列车升级测试、屏蔽门联动测试、CBTC 列车升级测试、CBTC 列车 ZC 集中区切换测试、列车折返测试等。

➤ 多车专项测试

室内测试需将各厂家的真实车载系统模拟放到某一厂家线路上宜进行各种前后追踪组合的多车追踪测试。

➤ 故障恢复测试

考虑到各厂家系统故障恢复时的处理原则存在差异，另一方面许多故障场景较难在真实环境下得以验证，故需要对关键运行场景进行相关故障以及故障恢复测试，例如：溜车、过欠标、列车 ZC 切换、双车追踪情况下的各类故障测试等。

➤ 按照运营场景测试

除规范要求测试验证之外，系统应满足其他交互类运营场景要求，例如：点式开口功能测试、保护区段解锁测试、点式红灯误出发测试、点式连续运行曲线测试、CBTC 列车停车保证测试、列车时钟

校核测试、列车目的地与下一站测试等。

➤ 运行指标测试

在有条件的基础上应考虑不同厂家车载系统在不同厂家地面的运行指标测试，例如：最小运营间隔、折返能力测试、旅行速度测试等。

➤ 工程线路数据验证测试

在验证各厂家软件满足互联互通规范要求，以及实现工程应用要求的前提下，还需要对各互联互通线路工程应用的车载电子地图做功能数据确认测试工作。该项测试产生一个基于被测互联互通线路的测试数据表格，通过在数据表格中指定的地点或条件进行逐个功能验证确认测试，例如：每条进路的点式与 CBTC 级别升级测试、每个站台的站台门开关测试、每个折返点的折返测试等。

基于以上的测试，当一个城市已经完成某几条线互联互通测试后，再增加一条互联互通线路时，应主要进行新增线路的工程线路数据验证测试，而接口测试案例与功能测试案例等可复用使用。各城市建设互联互通线路时，由于互联互通示范工程的案例成果是基于行业的规范要求设计，以及经过互联互通示范工程的实践检验，应复用使用互联互通示范工程的接口案例、功能案例成果，主要修订符合本地要求的运营场景案例、运行指标案例、以及当地工程线路数据验证的案例。

3.4.3 现场测试管理方式

互联互通现场测试应在本线车辆和本线地面完成一轮现场测试之后，且他线车辆在他线地面在室内测试一轮结束后，才可允许其他列车在本线地面进行共线测试和跨线测试。现场测试按照项目阶段不同，分为单车测试、多车测试。.

1) 现场测试案例设计

现场互联互通测试根据室内测试用例，制定出对现场实际实施有效的互联互通现场测试大纲。互联互通现场测试大纲是现场互联互通测试活动的依据。

2) 现场测试版本管理

现场测试版本是室内测试通过的软件版本，是经过互联互通参与方共同确认的版本。现场测试软件版本管理，由互联互通地面方进行统一管理。若某方需要变更软件，首先提出变更内容以及变更影响，其他家对变更内容进行影响分析，且变更后的软件需在室内完成回归测试，才能发布到现场，各线根据变更影响范围进行必要的回归测试和验证。

3) 测试区域和计划

测试区域和计划由地面方为主导，根据本线实际施工计划和节点，将各家共同讨论后的区域和计划合理穿插，以满足各线测试和验证需求。

4) 测试基本原则

在现场进行测试活动，测试主导方分配原则和室内测试保持一

致。

单车测试建议在试车线完成静动调，并通过第三方安全认证机构取得本线车辆在它线地面的单车测试授权及它线地面允许它线车辆单车测试授权后，方可进入正线进行单车测试。

单车测试不仅关注信号系统的功能，更应关注列车进行现场测试后，列车车轮及线路道岔磨损状态，道岔贴合情况，线路限界情况，确保确实安全进行。

多车测试的前提条件是完成现场单车测试及测试报告，并通过第三方安全认证机构，取得本线车辆在它线地面的多车测试授权，及它线地面允许车辆多车测试授权，基于上述条件开始启动多车测试工作。

多车测试正常追踪的测试遍历，更要关注车辆或地面故障情况下，多车追踪测试场景的覆盖率。

3.5 安全认证

3.5.1 安全认证方法

CBTC 信号系统互联互通安全评估包含互联互通通用产品/通用应用和互联互通特定应用评估，互联互通工程项目实施过程中，针对不同工期阶段，宜采用如下方法进行相关评估，并遵循本章节的评估原则。

1) 通用产品/通用应用的相互认可

通用产品或通用应用的相互认可是互联互通评估方对本线相关

产品已评估证据的接收，该通用产品或通用应用的既有评估证据在满足 CLC-TR50506-1 或等同标准的前提下，无需进一步评估就可被互联互通评估方所接收。在通用产品/应用原有互联互通安全评估证据的基础上，互联互通特定应用安全评估方对通用产品或通用应用开展相互认可评估活动，以判断通用产品或通用应用是否满足特定工程应用的要求。

2) 信号系统互联互通特殊运用评估

信号系统互联互通特殊运用安全评估采用相互认可准则，本线互联互通评估方对他线信号系统互联互通评估证据的接收，在满足 CLC-TR50506-1 或等同标准的前提下，该评估证据无需进一步评估就可被本线互联互通评估方所接收，接收方案如下：

本线列车进入他线：本线评估方应出具允许本线列车进入他线的安全授权；他线评估方应出具他线信号设备具备共线/跨线调试、试运行及试运营的安全授权，授权范围应包含在本线的所有集成商的车载设备。授权目的应明确，包括：单车动车调试、多车动车调试、试运行、试运营等。

3) 通用产品/通用应用差异评估

互联互通通用产品/通用应用与互联互通规范要求存在差异时，信号系统承包商（集成商）/供应商应对已经评估过的原有通用产品或通用应用与互联互通工程应用的进行差异分析，互联互通特定工程应用评估方须评估差异分析文档，由于差异引起的风险是否已经被控制。

4) 建设期互联互通通用产品或特殊运用变更/升级

建设期互联互通通用产品或特殊运用发生变更/升级时，责任成商应组织各互联互通集成商进行互联互通特定工程应用的变更影响分析，确保变更内容均被各责任集成商实施，验证确认，变更通过独立安全评估方评估。

互联互通变更引起的通用产品/通用运用安全评估按照本章节 1)、3) 执行，涉及互联互通特殊运用按照本章节 2) 执行。

5) 运营期互联互通通用产品或特殊运用变更/升级

互联互通信号系统试运营前，主管单位宜成立互联互通变更控制委员会（CCB），并引入安全评估方对运营期的升级进行评估，确保变更过程可控。

3.5.2 评估原则

- 互联互通安全评估以各安全评估相关方的相互认可工作为基础。
- 本线评估方负责本线地面设备和车载设备的安全评估。
- 它线列车进入本线时，它线信号集成商提供证据，证明它线车载设备安全功能满足互联互通车载设备的安全需求。
- 它线列车进入本线时，本线提供线路数据，并负责源数据的准确性，本线评估方负责源数据安全评估。它线负责输入数据的转化，数据测试及其安全评估。
- 本线评估方出具的评估报告/授权/证书的授权范围应包含在本

线运营的所有集成商的车载设备。

- 各阶段授权/证书应体现本线列车适合进入它线跨线调试、试运行、试运营和运营；允许它线列车进入本线调试、试运行、试运营和运营。
- 各承包商（集成商）/供应商信号系统设计应满足互联互通要求，如工程接口协议、行车控制参数（如退行、后溜防护距离处理，安全防护距离等关键参数）等。

4 CBTC 信号系统互联互通典型案例

4.1 重庆

4.1.1 背景

截至 2014 年底,重庆轨道交通已经建成并投入运营线路由 1 号、2 号、3 号、6 号线组成的通达主城九区的轨道交通骨干线网,线路总长 193.65km。根据《重庆市城市快速轨道交通第二轮建设规划(2012~2020 年)》,规划在 2020 年建成包括 4 号线一期、5 号线一期、6 号线支线、环线、9 号线、10 号线在内的共 9 条轨道交通线路,线网总里程将达到 400km 以上,如图 4-1 所示。

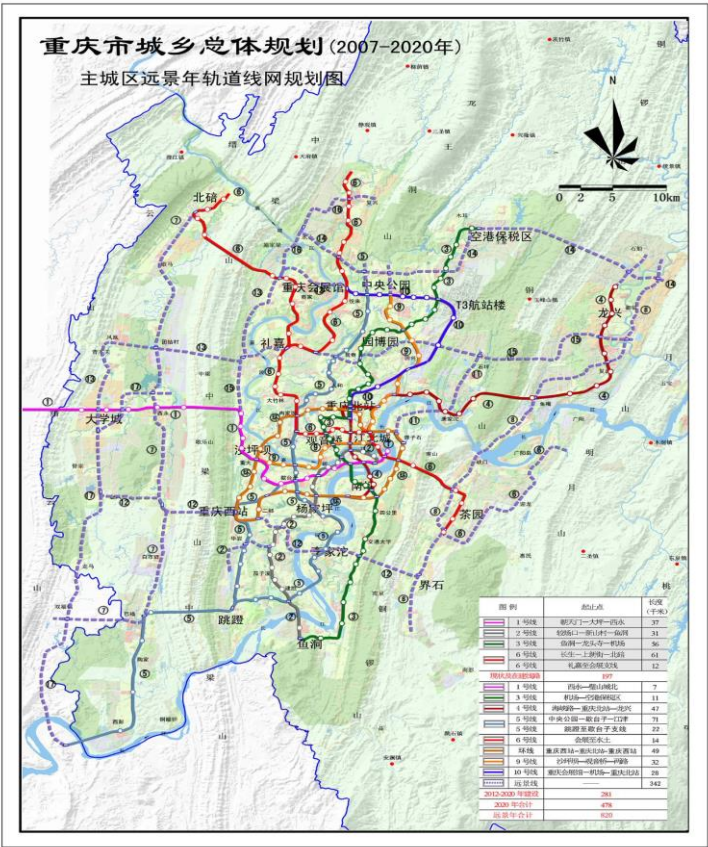


图 4-1 重庆轨道交通线路规划图

重庆轨道交通着力于研究和实施互联互通的网络化运营方式,满

足乘客出行的快速、直达需求，最大程度提高运营效率。重庆市轨道交通(集团)有限公司以 2017 年完成建设的重庆轨道交通第二轮建设规划的环线、4 号线、5 号线、10 号线的设计和建设为契机，为实现网络化的互联互通，通过对全网车辆制式、信号等基础条件的统一，规划并实施可实现列车跨线和共线运行的车站及线路，同时配以全局调度的运营管理方式，构建网络化运营的基本网络，并最终在重庆整个轨道交通线网中得以延伸。

重庆第二轮按照互联互通标准建设的项目基本信息如表 4-1 所示。

表 4-1 重庆互联互通主要参与厂家

线路名称 供货商	环线	4 号线	5 号线	10 号线
总包方	交控科技	众合科技	中国通号	铁科院
安全认证	里卡多	莱茵	CRCC	CRCC
LTE	华为	华为	华为	中兴

4.1.2 取得成果

2016 年 12 月，重庆互联互通 CBTC 测试平台搭建并调试完毕，为互联互通 CBTC 信号系统的产品调试和测试奠定基础，为工程项目实施提供有力支撑。

2017 年 2 月，重庆轨道公司针对重庆工程发布地方标准《重庆轨道交通列车控制系统（CQTCS）标准》DBJ50/T-250-2016，如图 4-2 所示。

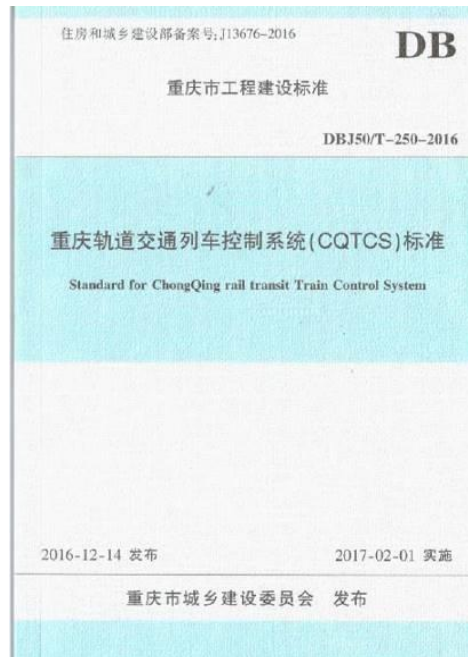


图 4-2 重庆轨道交通列车控制系统（CQTCS）标准

2017 年 2 月，《重庆市轨道交通 CBTC 1.8GHz 车地无线通信系统频率使用方案》获市经委批复（渝经信无管(局)[2017]8 号）1785MHz~1790MHz、1800MHz~1805MHz 为互联互通车地无线通信专用频段，如图 4-3 所示。

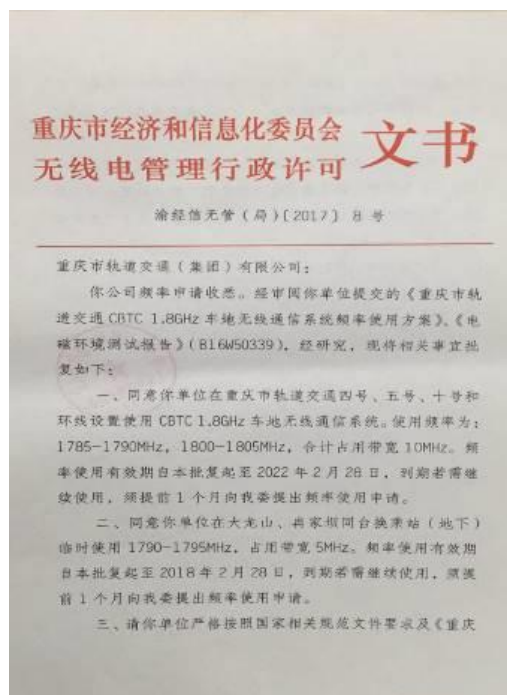


图 4-3 重庆无线电管理行政许可图

4.1.3 阶段进展

2018 年 3 月 26 日重庆环线、4 号线、10 号线列车在重庆 5 号线地面（园博中心集中区）进入试运行阶段（如图 4-4 所示），是国家互联互通示范工程的重要里程碑，标志着国内互联互通 CBTC 时代的到来，并证明互联互通 CBTC 的关键技术已经取得了突破。



图 4-4 互联互通共线试运行列车出库图

4.2 青岛

4.2.1 背景

青岛市轨道交通远景线网共规划 16 条线路，总规模约 807km，如图 4-5 所示；轨道交通线网密度大，具备实行互联互通及网络化运营的客观条件。青岛市在胶南——黄岛——胶东机场区域规划了 8、12、13、14 及 16 等五条线路，组成了互联互通交通网络，实现互联互通后，各线可以实现列车高峰时期相互借调以达到资源共享的目的，且周边乘客可以不换乘直达胶东国际机场。

青岛 13 号线建设初始就将互联互通作为开通的标准，线路设计与 12 号线、8 号线等后续线路实现线网贯通，列车能在各线间无缝切换、跨线运营。

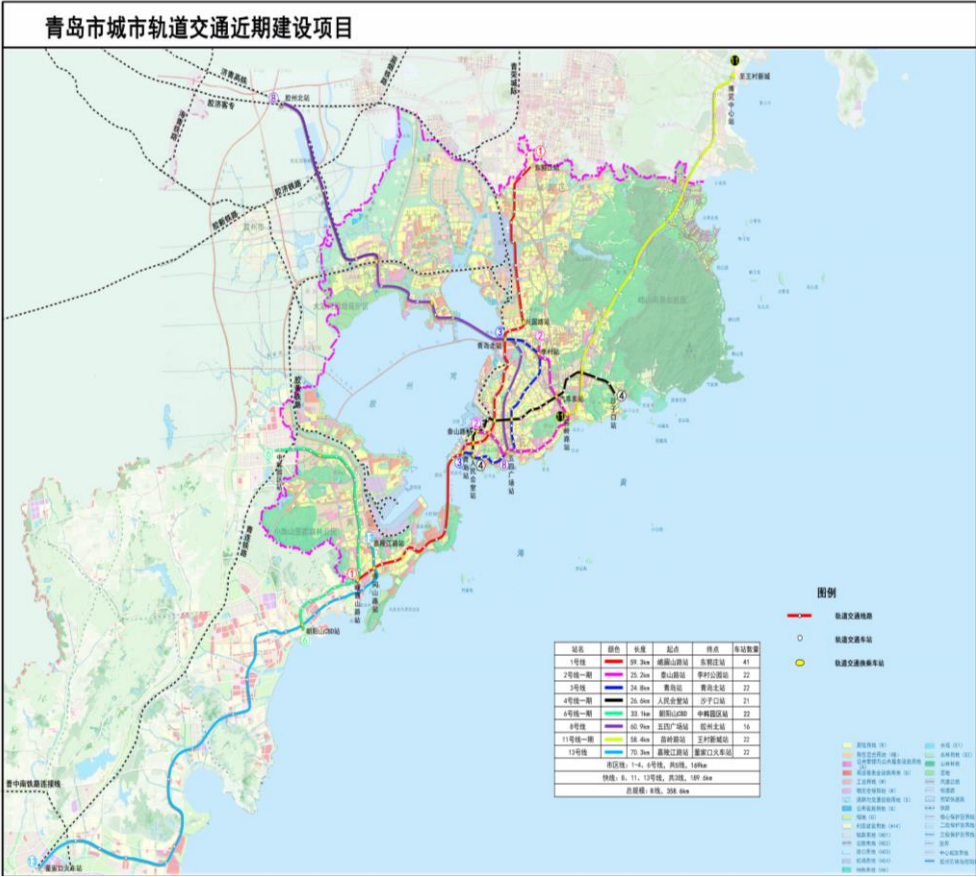


图 4-5 青岛地铁规划图

先期建设的互联互通线路—青岛 13 号线信息如下：

表 4-2 青岛 13 号线主要参与厂家

线路名称	青岛 13 号线
供货商	交控科技
总包方	里卡多
安全认证	普天
LTE	

4.2.2 取得成果

2017 下半年互联互通测试平台经过选址、设计、生产、安装调试等步骤，顺利完成平台的建设。

2017 下半年至 2018 年初，在青岛互联互通标准编委会的组织下，完成信号系统初稿的编制工作。信号标准在充分遵循协会标准的基础上增加了本地化需求，增加的主要内容如下：

- 按照本地化需求，统一了设备编号原则、联锁表的编制原则、设备布置原则。
- 新增 ATS 界面标准，规定了青岛 ATS 界面布置要求，元素的显示要求以及部分操作要求。
- 新增了 MMI 人机界面规范，规定了车载 MMI 显示及人机交互按钮设置方案。
- 2018 年 3 月启动地铁组织专家评审会，互联互通标准初稿顺利通过协会专家评审。

4.2.3 阶段进展

2018 年上半年，计划完成互联互通信号标准的编制工作，年底完成总体规范和通信规范的编制。

2018 年组织完成 2-3 家不同厂家信号系统的测试工作。

4.3 北京

4.3.1 背景

北京市轨道交通建设管理有限公司牵头完成《区域轨道交通互联互通信号系统关键技术和装备研制》课题（一期）。课题针对京津冀轨道交通一体化规划目标，及应对北京区域轨道交通跨线、共线运营的互联互通需求，同时结合城市轨道交通信号系统标准化的发展方向，突破并掌握互联互通信号系统关键技术，促进轨道交通互联互通信号系统产品和接口标准化，进一步推动信号系统领域的技术进步和产业延伸。

4.3.2 实施路线

课题借鉴先进的国际轨道交通建设经验和国内外信号系统相关标准，针对北京区域轨道交通互联互通的需求，围绕信号系统互联互通的关键技术点，提出一套基于一个中心多线共线、跨线运营的CBTC信号系统技术方案，完成车载设备样机的研制和实验室验证平台的测试工作。解决各信号厂家的车载设备无法和其他厂家的地面设备之间安全交换、识别及处理“控制信号”的问题，突破信号系统需求和功能分配、车地通信接口、电子地图和列车安全防护等关键技术，促进信号系统产品和接口标准化，带动轨道交通线路、车辆、供电等其他专业开展互联互通关键技术的研究。

4.3.3 阶段进展

通过课题组 I 期攻关，取得如下进展：

- 解决信号系统互联互通关键技术：
- 研制满足信号系统互联互通的车载设备，并取得相应阶段安全确认函。
- 搭建室内信号系统互联互通平台，并通过室内测试，验证了技术方案和研制设备满足互联互通要求，并通过专家评审。
- 完成互联互通核心技术储备，为中城协规范文件的编制提供有力支撑。

基于课题组一期研究成果，北京后续招标的 3 号线、12 号线、17 号线、19 号线四条线，按照 FAO 互联互通开展招标和设计工作。

4.4 长沙

4.4.1 背景

长沙市轨道交通第一轮建设规划从 2008 至 2015 年，获批建设 2 号线和 1 号线一期工程，总长 45.92 公里。第二轮建设规划从 2012 至 2018 年，获批建设 3、4、5 号线一期工程、2 号线西延一期工程等 4 条线路，总长 96.3 公里。

《长沙市城市轨道交通第三期建设规划（2017-2022 年）》已于 2017 年 3 月 15 日获得国家发改委批复，规模约 122km，建设内容为 6 号线、7 号线一期工程、1 号线北延一期工程、2 号线西延二期工程、

4 号线北延线、5 号线北延线及南延线，如图 4-6 所示。

长沙市轨道交通 4 号线一期工程、5 号线一期工程信号系统按照互联互通标准进行建设，实现共线运行并预留跨线运行的接口，这是长沙轨道交通按信号系统互联互通标准建设的首批工程线路。

长沙互联互通参与厂家信息如下：。

表 4-3 长沙互联互通主要参与厂家

线路名称 供货商	长沙 4 号线	长沙 5 号线
总包方	中国中车	中国通号
安全认证	必维	里卡多
LTE	烽火	华为

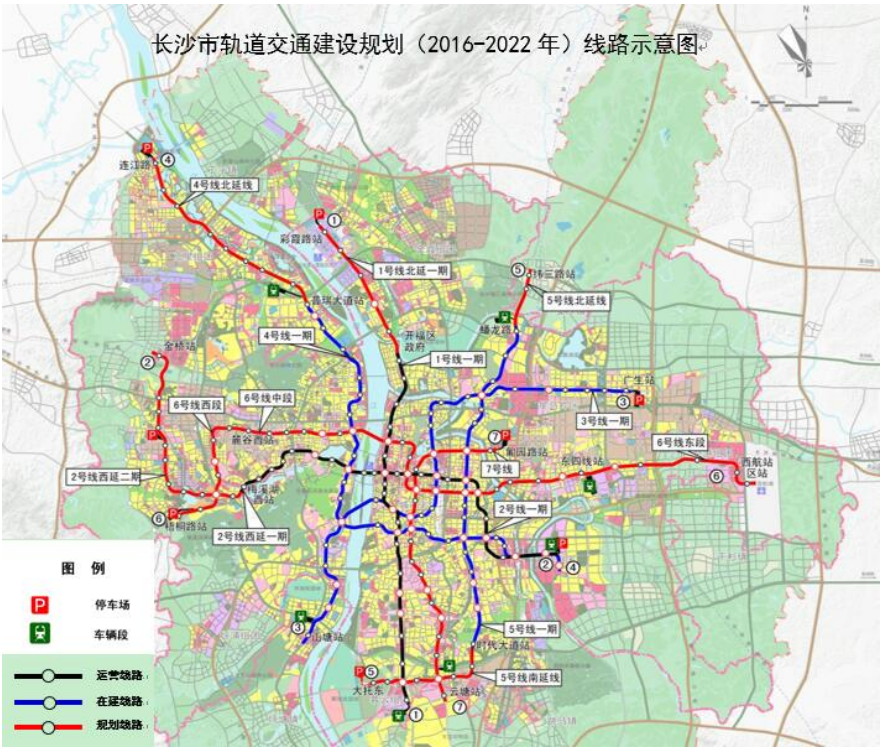


图 4-6 长沙地铁规划图

4.4.2 取得成果

对中城协互联互通团体规范中，其中 12 个规范进行可选项具体配置、细化规范内容。制定 9 个长沙互联互通工程相关标准和原则。

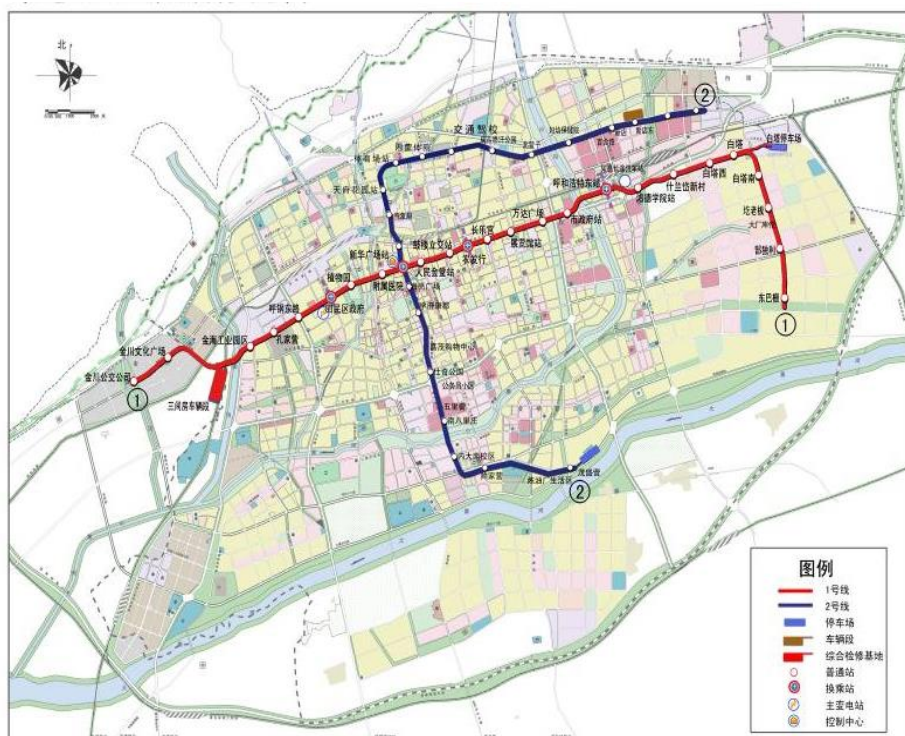
4.4.3 阶段进展

互联互通测试实验室于 2018 年 2 月底硬件搭建完成，仿真环境及其数据配置已完成，进入平台环境调试阶段。

4.5 呼和浩特

4.5.1 背景

根据呼和浩特城市规划要求，远景规划轨道交通线网由 5 条线路构成，全长 154.9 公里。其中，呼和浩特 1 号线和 2 号线为骨干线，计划 2020 年建成，如图 4-7 所示。为了解决繁华区段相对集中，城市中心区需要高频率的服务等问题，达到逐步吸引和聚集客流，提高线路和设备利用率，形成网络化行车和客运组织的目的。



呼和浩特1号线和呼和浩特2号线信号集成商分别为交控科技和卡斯柯，LTE 厂商均为华为，安全认证分别为莱茵和必维。

4.5.2 取得成果

2018 年 3 月完成第一次互联互通设计联络。

结论

互联互通 CBTC 信号系统国家示范工程克服了世界性难题，目前已取得突破性进展并获得阶段性成果。互联互通能集中各环节的优势资源，最大限度提高系统功能及性能，能满足城市轨道交通共线、跨线运营的需求，有效提升运营效率和服务水平，为轨道交通网络化运营奠定基础，提高乘客满意度，创造出巨大的社会效益。

本指导起到四个方面作用：

- 推广互联互通团体规范，促进地方城市轨道交通建设的标准化和规范化；
- 便于轨道交通建设单位更充分了解互联互通意义；
- 分享 CBTC 信号系统互联互通取得的成果和经验；
- 指导后续轨道交通工程项目信号系统互联互通实施。

与此同时，FAO 系统已在北京燕房线得到工程验证，并在 2017 年底开通。互联互通的 FAO 系统将是 CBTC 信号系统互联互通的延伸和升级，因此基于网络化的互联互通 FAO 系统必将成为将来的发展趋势。

5 附录

➤ 互联互通技术规范

- (1) 《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-系统总体要求》-CZJS/T 0033 -2015
- (2) 《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 -系统架构和功能分配技术要求》-CZJS/T 0035 -2015
- (3) 《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 -车载电子地图技术规范》-CZJS/T 0040 -2015
- (4) 《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 –互联互通统危害分析》
- (5) 《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-应答器报文规范》-CZJS/T 0034 -2015
- (6) 《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-CBTC 系统车地连续通信协议规范》-CZJS/T 0036 -2015
- (7) 《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-车载列车自动保护(ATP)/列车自动运行(ATO)系统与车辆的接口技术要求》-CZJS/T 0037 -2015
- (8) 《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-区域控制器（ZC）间接口规范》-CZJS/T 0038

-2015

- (9) 《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-计算机联锁（CI）间接口规范》
- (10) 《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-列车自动控制系统（ATS）间接口规范》
- (11) 《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-互联互通信号各子系统与维护支持子系统
（MSS）间接口规范》；
- (12) 《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 -车载人机界面技术条件》
- (13) 《城市轨道交通基于通信的列车运行控制系统（CBTC）
互联互通测试规范-CBTC 部分测试及验证技术规范》 -CZJS/T
0043 -2015
- (14) 《城市轨道交通基于通信的列车运行控制系统(CBTC)
互联互通测试规范-点式部分测试及验证技术规范》 -CZJS/T
0042 -2015
- (15) 《城市轨道交通基于通信的列车运行控制系统（CBTC）
互联互通工程规范-工程设计导则》
- (16) 《城市轨道交通基于通信的列车运行控制系统（CBTC）
互联互通工程规范-系统安全评估规范》
- (17) 《城市轨道交通基于通信的列车运行控制系统（CBTC）
互联互通工程规范-系统交付基本条件》

➤ **LTE-M 规范**

- (1) 《LTE 的城市轨道交通车地综合通信系统（LTE-M）系统需求规范》-CZJS/T 0061 -2016
- (2) 《LTE-M 系统总体架构及系统功能规范》-CZJS/T 0062 -2016
- (3) 《LTE-M 系统综合承载信息分类与要求规范》-CZJS/T 0063 -2016
- (4) 《LTE-M 系统空中接口规范》-CZJS/T 0064 -2016
- (5) 《LTE-M 系统核心网间数据接口规范》-CZJS/T 0065 -2016
- (6) 《LTE-M 系统承载 CBTC 业务及接口规范》-CZJS/T 0066 -2016
- (7) 《LTE-M 系统集群业务功能和接口规范》-CZJS/T 0067 -2016
- (8) 《LTE-M 系统设备技术规范》-CZJS/T 0068 -2016
- (9) 《LTE-M 终端设备技术规范》-CZJS/T 0069 -2016
- (10) 《LTE-M 系统数据业务互联互通测试规范》-CZJS/T 0070 -2016
- (11) 《LTE-M 系统集群业务功能和接口测试规范》-CZJS/T 0071 -2016
- (12) 《LTE-M 系统设备测试规范》-CZJS/T 0072 -2016
- (13) 《LTE-M 终端设备测试规范》-CZJS/T 0073 -2016
- (14) 《LTE-M 系统测试规范》-CZJS/T 0074 -2016

- (15) 《LTE-M 工程设计规范》 -CZJS/T 0075 -2016
- (16) 《LTE-M 系统 IP 地址分配规范》 -CZJS/T 0076 -2016
- (17) 《LTE-M 系统设备编码规范》 -CZJS/T 0077 -2016
- (18) 《LTE-M 系统施工规范》 -CZJS/T 0078 -2016
- (19) 《LTE-M 系统工程验收规范》 -CZJS/T 0079 -2016。