

面向互联互通 CBTC 系统的公有电子地图设计方法

乐 梅<sup>1</sup> 王 伟<sup>2</sup> 刘桂宏<sup>2</sup>

(1. 重庆市轨道交通(集团)有限公司,401120,重庆; 2. 交控科技股份有限公司,100070,北京//第一作者,正高级工程师、高级经济师)

**摘 要** 针对互联互通 CBTC(基于通信的列车自动控制)系统电子地图目前面临的问题,提出一种满足互联互通 CBTC 系统的电子地图设计方法,并说明其设计要点。该方法为全自动运行系统、全自主运行系统的互联互通电子地图的设计提供思路,同时为其他行业电子地图的研究提供参考。

**关键词** 城市轨道交通; 互联互通; CBTC 系统; 电子地图

**中图分类号** U231.7

DOI:10.16037/j.1007-869x.2020.09.044

Design of Public Electronic Map for Interconnection-oriented CBTC System

LE Mei, WANG Wei, LIU Guihong

**Abstract** According to the background and problems of public electronic map for the interconnection-oriented communication based train control (CBTC) system, a design method of electronic map that could meet the requirements of the interconnection-oriented CBTC system is proposed, ideas and points of the design are explained. This design provides basic reference for the interconnection electronic map to serve the fully automatic operation system and the fully autonomous operation system, it is also helpful to research on the electronic maps in other industries.

**Key words** surban rail transit; interconnection; CBTC system; electronic map

**First-author's address** Chongqing Rail Transit (Group) Co., Ltd., 401120, Chongqing, China

随着城市轨道交通的发展,客流分布不均衡、资源共享率低、无法直达已成为城市轨道交通行业重点关注的问题<sup>[1]</sup>。实现城市轨道交通 CBTC(基于通信的列车自动控制)系统互联互通是解决这些问题的根本方法,其中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 CBTC 系统的关键<sup>[2-4]</sup>。目前,CBTC 信号系统的核心技术已被国内部分顶尖的供货商掌握,具备实现互联互

通的技术条件<sup>[5-6]</sup>。

电子地图用来描述线路数据信息,其结构与信号系统的产品架构密切相关,是信号系统产品的重要组成部分。由于不同信号厂商产品的实现架构差异较大,导致各厂商私有电子地图的数据结构也存在较大差异。

针对不同信号厂商的产品架构及私有电子地图数据进行了调研分析,结果如表 1 所示。

表 1 各信号厂商信息对比

电子地图元素	厂商 1	厂商 2	厂商 3	厂商 4
产品架构	2 乘 2 取 2	2 乘 2 取 2	3 取 2	2 乘 2 取 2
电子地图格式	C 文件	XML 文件	二进制	C 文件
逻辑区段	有	否	有	有
道岔区段描述	两段式	两段式	三段式	两段式
设备名称描述	CI	CBI	CI	CBI
临时限速管理设备描述	ZC	ZC	DSU	ZC

从表 1 中可知,私有电子地图有以下 3 点差异:产品架构不同导致电子地图很难统一;电子地图的可执行文件格式存在差异;电子地图元素的描述方式不同。因此,在各信号厂商私有电子地图基础上,建立一个统一的互联互通电子地图(即公有电子地图)是实现互联互通 CBTC 系统的必要条件<sup>[7]</sup>。

1 公有电子地图的技术难点

为了实现电子地图数据信息的统一,面临的两个主要技术难点:

1) 电子地图中的信息描述方式不统一。信号厂商 A:针对图 1 中的道岔区段,可将此道岔区段描述为 A—B 及区段 A—C,作为两个轨道区段进行描述。信号厂商 B:针对图 1 中的道岔区段,描述为 A—D、D—B 及 D—C,分为 3 个轨道区段进行描

述。信号厂商 A、B 关于线路信息的描述方式不统一,导致双方无法实现跨线和共线运行。因此,必须对电子地图的描述进行统一<sup>[8]</sup>。

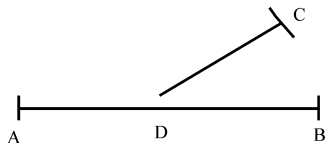


图 1 轨道区段的道岔描述方式

2) 电子地图中线路设备编号原则的统一。图 2 为不同线路设备编号描述方式。其中,线路 A 中存在编号为 X 的道岔设备,线路 B 中存在编号为 Y 的道岔设备。在实现线路 A 和线路 B 的跨线运行时,若 X 等于 Y,此时在 A 和 B 组成的线网中存在编号相同且类型相同的设备。此种情况下,无法区分编号为 X 的设备具体指代线路 A 还是线路 B 中

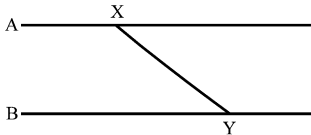


图 2 不同线路设备编号描述方式

## 2 公有电子地图设计方法

### 2.1 公有电子地图结构设计

为了统一电子地图数据信息的描述,对互联互通各信号厂商的私有电子地图进行结构分析,形成统一规范的公有电子地图数据结构,如图 3 所示。

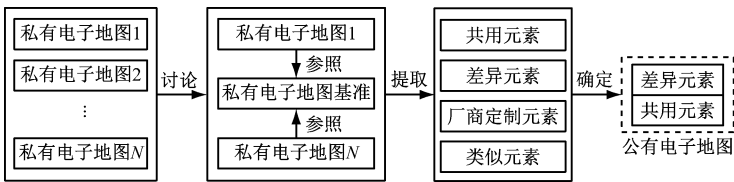


图 3 公有电子地图结构设计方法

1) 选取基准电子地图数据。在各互联互通信号厂商的私有电子地图结构中,选取其中 1 个厂商私有电子地图作为公有电子地图数据结构基准。

2) 进行差异分析。基于基准的公有电子地图数据结构,所有信号厂商进行私有电子地图数据与基准公有电子地图数据的差异分析。

3) 提取差异分析结果。私有电子地图数据与基准公有电子地图的差异大概分为 4 类:共用元素、差异元素、厂商定制元素及相似元素。

4) 形成公有电子地图数据结构。通过对公共元素、差异元素、厂商定制元素及相似元素的统一设计,形成统一规范的互联互通公有电子地图数据结构,相关设计要点如下:

(1) 共用元素。共用元素作为公有电子地图的基础,可按照车载和地面进行划分。车载设备相关元素包括轨道区段、道岔、应答器、信号机、站台、坡度等数据信息;地面设备重叠区共用的元素包含进路、保护区段、逻辑区段、物理区段、接近区段、触发区段等数据信息。

(2) 差异元素。差异元素通过转换、兼容等方式进行公有电子地图结构的设计。

(3) 厂商定制元素。厂商定制元素可考虑在私

的设备,可能会导致安全风险。同时,为了不同信号厂商进行跨线和共线运行时设备编号的统一识别。因此,互联互通线路的所有设备编号的原则应统一且具有唯一性。

有电子地图中进行兼容设计,不作为公有电子地图结构的一部分。

(4) 类似元素。由于各信号厂商的产品实现方式不同,对于站场元素的描述方式也存在差异,因此,通过梳理并统一线路的描述方式解决类似元素的问题,明确相关术语的定义和原则。如在互联互通线路中,轨道区段作为线路拓扑的基本构成单元,实现对线路拓扑关系的描述,轨道区段描述方式各厂家有些元素类似,因此,应统一轨道区段类似元素的描述,以实现不同信号厂商轨道区段链接拓扑关系的统一描述。

### 2.2 公有电子地图设备编号规则

为了识别互联互通 CBTC 系统的线路设备,对规划建设线路及预留线路中所有设备编号(除应答器外)信息应进行统一设计。

线路设备大致分为两大类:地面设备和车载设备。为确保设备编号全线网统一且具有唯一性,并预留后续扩展的空间,对线路设备的编号进行了规范,要求采用 32 位二进制数表示。

地面设备编号按照“设备类型”+“线路编号”+“集中区编号”+“车站编号”+“设备序号”构成,如表 2 所示。

车载设备编号按照“厂家代码”+“设备类型”+“编组信息”“预留”+“列车车组编号”+“使用端号”构成,如表 3 所示。

表 2 地面设备编号规则

含义	厂家代码	设备类型	线路编号	线路内设备编号
取值范围	001 ~ 007	001 ~ 031	001 ~ 254	1 ~ 65535

表 3 车载设备编号规则

含义	厂家代码	设备类型	列车编组信息	预留	列车车组编号	使用端号
取值范围(十进制)	001 ~ 015	001 ~ 031	002 ~ 008	—	0x0001 ~ 0x3FFF	控制端 1、控制端 2

3 公有电子地图应用实例

根据本文所述的公有电子地图设计方法,列举 2 个公有电子地图的描述方式和线路编号规则统一的应用实例。

实例一:参考图 1 轨道区段的道岔描述,统一道岔区段按照三段式进行描述,并对道岔属性进行规范,若轨道区段包含任一道岔的岔后反位区域,则该轨道区段具有道岔属性,否则,该轨道区段不具有道岔属性;表 4 为描述轨道区段的道岔信息及属性实例,包括轨道区段、道岔属性、备注等<sup>[9]</sup>。

表 4 轨道区段的道岔描述

轨道区段	道岔属性	备注
A—D	无	无
A—C	有	包含 D1 岔后反位区域
B—D	无	无

实例二:参考图 2 不同线路设备编号的描述方式,表 5 为线路轨旁设备信息设备编号统一的实例,包括信号机编号、信号机属性等;表 6 为线路室内设备编号统一的实例,包括 ZC 设备、DSU 设备等。

表 5 线路表

信号机编号	所属线路编号	信号机属性
1348601857	98	0x0002
1348601859	98	0x0008
1348601863	98	0x0810

表 6 ZC 表

ZC 设备编号	所属线路编号	所属 DSU 编号
1096943617	98	1164052481
1096945665	98	1164052481
1096947713	98	1164052481

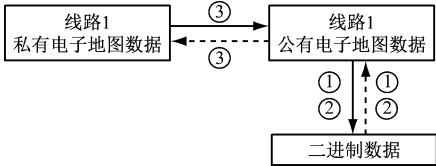
目前本文研究内容已应用在重庆 4 号线、5 号

设备编号的构成规则在工程设计阶段进行确定,如“设备类型”“厂家代码”“线路编号”等,依据各地城市轨道交通运营规则进行统一编号,且具有唯一性。

线、10 号线及环线的共线运营及跨线运行<sup>[10]</sup>,4 条线公有电子地图数据以统一的二进制编码方式进行传递及转换。通过工程实际应用,证明本文提出互联互通公有电子地图的设计方法是可行的,且满足互联互通 CBTC 系统要求。

4 公有电子地图应用建议

在工程实施过程中,为了提高数据信息准确率和减少人工数据制作工作量,建议各信号厂商开发互联互通公有电子地图数据相关工具,如图 4 所示。



① 数据生成工具;②数据检查工具;③ 数据转换工具

图 4 私有电子地图数据及公有电子地图数据相互转换

互联互通公有电子地图数据制作工具主要有 3 种:数据生成工具、数据检查工具、数据转换工具。

1) 数据生成工具。为了提高公有电子地图数据在数据传递过程中的安全性,互联互通公有电子地图数据以二进制文件方式进行传递,公有电子地图数据生成工具是必要的。

2) 数据检查工具。互联互通公有电子地图数据中相关元素和字段之间存在关联或制约关系。通过数据检查工具校验数据的关联关系,用于提高数据的准确率。

3) 数据转换工具。为了减少人工制作的工作量,提高数据制作质量,研发公有电子地图数据和私有电子地图数据的转换工具,实现公有电子地图数据和私有电子地图数据之间的双向转换。

(下转第 201 页)

位置,包括列车在线路分界点位置,当运行压过线路分界点时,可自动计算下一线路号并切换线路数据,保证列车在新线上正常运行,实现车载设备对跨线场景的需求。

## 4 技术应用

本文提出的基于 PXI 的通用车载适配系统,在重庆轨道交通 4 号、5 号、10 号及环线互联互通交叉测试平台进行了应用,实现了对交控、铁科、通号三家车载设备的兼容接口适配,使三家车载设备在平台无改接入。同时,保障了三家车载设备在平台中的工程仿真线路进行不同地面线路的共线、跨线交叉行车调试与测试,共支撑完成调试需求 168 项,共线测试用例 217 条,跨线测试用例 156 条(包括功能项和接口项),推动了重庆轨道交通 4 号、5 号、10 号及环线互联互通信号系统功能的验证和测试<sup>[8]</sup>。

基于 PXI 的通用车载适配系统,在重庆轨道交通 4 号、5 号、10 号及环线互联互通信号系统的实施中得到了验证,充分表明其能够满足测试平台搭建的需求。此后,该技术方案又被成功推广到青岛、呼和浩特、北京等互联互通交叉测试平台的建设中。

## 5 结语

本文提出的基于 PXI 的通用车载适配技术方案在实际应用中可满足不同厂家车载设备接口的需求,支持不同信号厂家的车载设备同时在互联互通平台进行互联互通的相关功能调试及验证,有力

支撑了信号系统互联互通平台的建设与实施<sup>[10]</sup>。同时,本方案也将对未来国内其他互联互通项目的测试平台搭建以及国家标准互联互通测试验证平台建设,提供了良好的技术借鉴作用,从而有力地推动城市轨道交通信号系统互联互通技术的研发与验证。

## 参考文献

- [1] 于超,郑生全,石文静.城市轨道交通 CBTC 系统互联互通方案研究[J].铁路通信信号,2010(1):44.
- [2] 武永军.城市轨道交通信号系统互联互通解决方案[J].通信设计与应用,2014(5):7.
- [3] 朱翔.实现基于通信的列车控制互联互通的若干思考[J].城市轨道交通研究,2006(10):6.
- [4] 王伟.CBTC 测试平台关键问题研究[D].北京:北京交通大学,2008.
- [5] 吴海峰.基于通信的移动闭塞列车控制系统[J].铁道通信信号,2007(8):60.
- [6] 朱震.城市轨道交通 CBTC 系统互联互通的设计与思考[J].铁路通信信号工程技术,2015(2):58.
- [7] 段綦,孙章,徐金祥.基于无线通信的列车控制技术与互联互通[J].城市轨道交通研究,2004(1):10.
- [8] 邓能文.基于虚实结合的互联互通测试平台搭建方案[J].科技创新与应用,2020(4):118.
- [9] 秦小虎.城市轨道交通互联互通 CBTC 系统验证平台研究[J].科技创新与应用,2015(34):68.
- [10] 李中浩.城市轨道交通 CBTC 互联互通发展趋势及建议[J].城市轨道交通研究,2018(5):12.

(收稿日期:2020-04-25)

(上接第 197 页)

## 5 结语

本文提出了一种互联互通电子地图的设计方法,有助于实现 CBTC 信号系统的互联互通,也可以为全自动运行系统、全自主运行系统的互联互通电子地图的设计提供参考和借鉴。

## 参考文献

- [1] 朱翔.实现基于通信的列车控制互联互通的若干思考[J].城市轨道交通研究,2006(9):6.
- [2] 金世杰.城轨交通信号系统资源共享与互联互通[J].都市快轨交通,2007(2):92.
- [3] 仲建华.城市轨道交通互联互通网络化运营的思考[J].都市快轨,2015(5):10.
- [4] 贺鹏.东京轨道交通互联互通对北京的启示[J].城市轨道交通研究,2015(3):87.

- [5] 王伟.面向互联互通的全自动运行系统[J].铁路技术创新,2016(4):56.
- [6] 丁树奎.区域快轨网需求特征及主要技术参数研究[J].都市快轨交通,2016(2):7.
- [7] 安彬.城市轨道交通基于通信的列车控制系统实现互联互通存在的主要问题分析[J].城市轨道交通研究,2017(增刊1):18.
- [8] 张守芝.青岛市轨道交通信号系统互联互通的思考[J].现代城市轨道交通,2017(3):55.
- [9] 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3部分:车载电子地图 T/CAMET 04010.3—2018[S].北京:中国城市轨道交通协会,2018.
- [10] 李中浩.城市轨道交通 CBTC 互联互通发展趋势及建议[J].城市轨道交通研究,2018(5):12.

(收稿日期:2020-05-09)