

基于 PXI 的互联互通测试平台通用车载 适配技术方案研究

秦小虎¹ 王 伟² 娄玥童²

(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, 高级工程师)

摘 要 针对城市轨道交通信号互联互通测试平台, 提出了一种基于 PXI(面向仪器系统的 PCI 扩展)的通用车载适配解决方案。该方案可兼容适配不同厂家车载设备接口需求, 可快速适配和切换不同厂家车载设备, 支持不同厂家车载设备的共线、跨线功能验证需求。目前, 该技术已在重庆互联互通交叉测试平台上应用, 并支持完成了相关的共线/跨线测试工作, 有力推动了信号系统互联互通技术的发展。

关键词 城市轨道交通; 互联互通; 测试平台; 车载适配

中图分类号 U231.7

DOI:10.16037/j.1007-869x.2020.09.045

Research on General VOBC Technology for the Interconnection Test Platform Based on PXI

QIN Xiaohu, WANG Wei, LOU Yuetong

Abstract In this paper, a general vehicle on-board controller (VOBC) adaptation solution based on PXI (PCI extensions for instrumentation) for urban rail transit interconnection test platform is proposed. Beneficial and compatible to meet VOBC interface requirements provided by different manufacturers, the solution can quickly adapt and switch different devices, support the common line and cross line functional verification requirements of VOBC from different manufacturers. At present, the technology is applied on Chongqing interconnection cross test platform, and supports the completion of the relevant co-line/cross-line test works, effectively promoting the development of signal system interconnection technology.

Key words urban rail transit; interconnection; test platform; vehicle on-board controller (VOBC) adaptation

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

随着城市轨道交通信号系统向着互联互通的方向发展,越来越多的信号系统厂商都在研制各自的互联互通信号系统产品。不同厂家产品在通信协议/产品等方面实现了标准化,但是不同厂家信

号系统之间的功能及接口如何进行室内验证,是当前互联互通信号系统的一个重要问题^[1]。基于此,需要建设城市轨道交通互联互通信号系统测试平台,对互联互通信号系统进行功能验证和测试,以便保证互联互通信号系统的可靠性和功能完备性^[2]。

目前,各信号系统厂家均有各自的测试平台,可供自家信号系统进行测试。对互联互通信号系统进行功能测试时,由于不同信号厂家各自的测试平台不具有通用性,无法兼容其他厂家信号系统接入,不能满足互联互通测试平台的搭建需求^[3]。因此,实现对不同厂家信号系统互联互通相关功能的统一测试,需要搭建一套通用的互联互通信号系统测试平台,对各厂家的信号系统进行互联互通功能完备测试^[4]。由于不同信号系统厂家的车载设备接口形式及规范不同,导致在互联互通测试平台的搭建过程中,实现对不同信号厂家车载设备接口的兼容适配成为一个关键问题^[5]。

1 互联互通平台车载适配技术难点

目前,不同信号系统厂家车载设备采用线缆接口形式、驾驶台 IO 量驱采逻辑、ATO(列车自动运行)模拟量输出方式、应答器接口实现方式以及速传测速接口形式等均存在较大的差异。因此,通过一套测试平台实现对不同信号系统厂家车载设备接口的适配存在较大的难度^[6]。主流厂家车载设备接口异同点如表 1 所示。

2 互联互通平台车载适配技术方案对比

分析主要信号系统厂家的车载设备接口需求可知,车载设备接口需要完成驾驶台 IO 量传输、ATO 模拟量接收解析、BTM(应答器传输模块)应答器接口模拟、雷达/速传测速接口的适配。针对以

表 1 主流厂家车载设备接口异同点

车载设备接口差异项	厂家 1	厂家 2	厂家 3
ATO 模拟量	电流值	电流值	开关量组合
应答器接口	RS422 串口 104 用户报文	真实应答器接口	真实应答器接口
速传接口	4 路脉冲信号	4 路脉冲信号	6 路脉冲信号
ATP 开关量	IO 量(驱采逻辑 1)	IO 量(驱采逻辑 2)	IO 量(驱采逻辑 3)
雷达接口	RS422 串口(接口 1)	RS422 串口(接口 2)	RS422 串口(接口 3)

上接口适配需求,本文提出了以下两种车载设备适配解决方案。

2.1 针对各厂家车载设备接口分别适配的方案

该方案需要收集研究主要信号系统厂家车载设备接口需求,分别进行适配开发工作。通过分析可知,车载 ATP(列车自动防护) 开关量接口和雷达测速接口形式各家基本一致,ATO 模拟量、应答器、速传等接口存在较大差异。

由此,不同信号系统厂家车载设备 IO 开关量接口,可使用研华 IO 量板卡进行采集和驱动;不同厂家车载设备雷达测速接口,可统一使用串口进行雷达测速模拟;针对不同厂家车载设备 ATO 模拟量输出方式不一致的情况,需要根据具体需求分别使用研华模拟量卡或者 IO 量卡来进行适配;针对不同厂家速传接口不同的情况,可根据具体需求使用不同的测速卡进行模拟速传信号,以适配不同厂家对速传测速脉冲路数和相位的差别;针对不同厂家车载设备室内 BTM 接口不同的情况,可根据具体需求使用串口或者真实应答器设备,满足不同厂家车载设备对应答器报文接口的需求。

2.2 通用车载适配方案

通过分析不同厂家车载设备接口需求,选用一种兼容性强的设备实现对车载设备各种接口的适配。该设备需要同时满足 IO 开关量、模拟量、串口、网口、多路脉冲等接口需求,并可通过 RS422 串口连接 RSG(随机信号发生器) 设备和真实可变应答器设备,从而满足常见车载设备接口的需求。

综上,第一种方案需要针对各家车载设备接口分别适配,虽然有着各厂家测试平台的既有方案借鉴,但是由于不同厂家车载设备接口存在较大差别,各家车载设备系统无法直接复用,各家均需定制化,维护成本高。同时,如果有新厂家车载设备接入实验室,需重新设计适配方案,通用性差。第二种方案通用性强,同时了满足多家车载设备接口需求,可实现不同车载设备的相互复用,扩展性强,

针对新厂家车载设备可直接进行适配,维护成本低。

3 基于 PXI 的通用车载适配技术方案

通过比较以上两种车载适配方案,选择通用性和扩展性强的第二种方案作为兼容适配不同厂家车载设备的解决方案。经过调研,PXI(面向仪器系统的 PCI 扩展) 设备兼容性强,同时具备 IO 数字量、模拟量、串口、网口、多路脉冲生成等功能,可满足不同厂家车载设备接口的需求。因此,选择 PXI 设备作为本技术方案的通用适配设备。

PXI 是以 PCI 及 Compact PCI 为基础,再加上一些 PXI 特有的信号组合而成的一个架构。PXI 是在继承 PCI 相关电气接口的基础上,提高了数据传输速度,但是其在软件上是完全兼容的。同时,PXI 的硬件结构与现有工控机类似,可进行标准安装,其兼容性更强,在背板上可同时连接不同外设模块更多,运行效率更高。

3.1 车载适配系统原理

本文提出的车载适配系统硬件部分主要包括车载适配器和应答器模拟设备。车载适配器硬件包含 RS422/RS232 串口卡、数字/模拟信号发生器卡、模拟量采集卡、网卡及线缆接口。串口卡可用于实现应答器报文数据的传输,通过中间 RSG 设备将应答器传输报文实时传输至真实可变应答器设备,再通过无线方式将应答器传输报文发送至对应的 BTM 设备,并对传输报文进行解析为应答器用户报文至车载应用。也可根据车载设备接口需求,直接通过 RS422 串口将应答器用户报文传输至车载设备应用。信号发生器卡用于产生速度脉冲,并将其传输至真实车载设备,以便车载设备获取速度信息。模拟量采集卡用于与真实 VOBC(车载控制器) 设备进行 IO 量的输入输出和驾驶台相关电流模拟。网卡用于与线路地面仿真系统进行通信。同时,针对不同厂商采用的线缆接口不同,将统一采用调理插箱连接各家设备,以便保证车载适配器

输入电缆的统一。一套车载适配器将适配两个车载设备(头、尾两端),可通过车载适配器随时进行

激活端切换,并进行车载设备的控制^[7]。车载适配系统结构如图 1 所示。

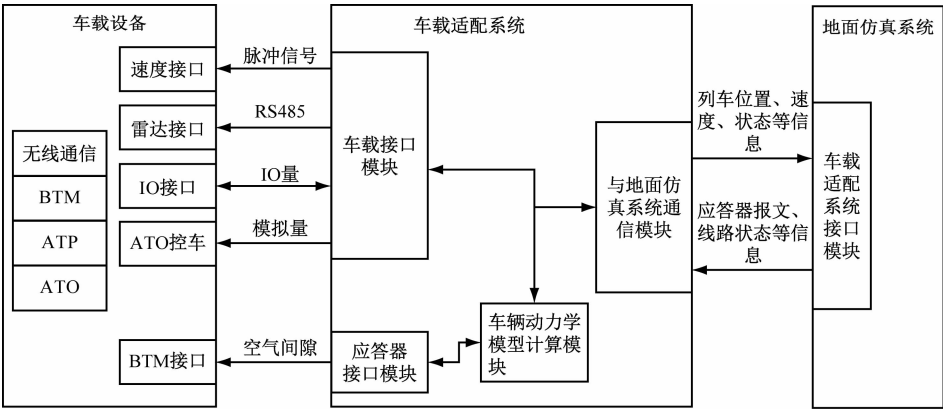


图 1 车载设备适配系统架构

3.2 基于 PXI 的车载适配系统技术方案

车载适配系统主要包括车载接口模块、应答器接口模块、车辆动力学模型计算模块以及地面仿真系统接口模块。

1) 车载接口模块。车载接口模块主要用于适配不同厂家车载设备的速传、雷达、IO 量、ATO 模拟量等接口。车载适配系统可模拟驾驶台实现按照不同车载设备驱采逻辑需求对 IO 量驱采,包括牵引、制动、车门控制等;可通过配置满足不同车载在速传测速时对速传脉冲信号路数、相位差不同的需求,支持车载实现速传测速;支持不同车载 ATO 接口输出模式,包括数字型和模拟量模式兼容,支持实现 ATO 控车逻辑。

2) 应答器接口模块。不同信号厂家车载设备在室内测试平台中接收应答器报文的方式和报文制式均存在较大差异。本文提出的车载适配系统可在列车经过应答器设备时,实时接收来自轨旁仿真系统的应答器报文等信息,包括用户报文和传输报文,且自动适配厂家车载接收需求,通过两种接口方式将应答器报文传输至车载设备。一种为直接通过 RS422 串口将应答器用户报文传输至 ATP 应用;另一种为通过 RS422 串口将应答器传输报文传送至应答器接口设备,进而将应答器报文发送至真实应答器,从而传输至 BTM 设备。

3) 车辆动力学模型计算模块。车辆动力学模型计算模块可根据当前所在线路热加载不同线路数据,结合车载设备发送的牵引、制动等信息实时计算列车加速度信息,进而转化为列车速度和实时

位置,其中速度信息需要以雷达和速传接口反馈至车载设备。同时,车载适配系统需要将计算的列车位置信息实时地传输至轨旁仿真系统,以便轨旁仿真系统计算列车的计轴区段占用信息。

4) 与地面仿真系统通信模块。车载适配系统需要实时与地面轨旁仿真系统通信,将列车实时位置、速度等信息传输至地面轨旁仿真系统,从而地面仿真系统可以实时计算列车计轴占压状态和应答器发送数据信息。同时,地面仿真系统将实时向车载适配系统发送全线轨旁设备状态和应答器报文等信息。

3.3 基于 PXI 的车载适配技术创新点

本文实现了基于 PXI 的通用车载适配系统兼容各家车载设备,具有以下创新点:

1) 可兼容多家车载设备接口需求,满足不同信号系统厂家车载设备对驾驶台 IO 开关量、ATO 模拟量、雷达/速传测速、BTM 应答器报文接口等需求,保证不同厂家车载设备均可在互联互通测试平台中实现 RM(限制人工驾驶模式)、CM(列车自动防护下的人工驾驶模式)、AM(列车自动驾驶模式)控车需求。

2) 本系扩展性和可移植性强,可保证不同车载适配系统与不同厂家车载设备的快速对接、切换,提高测试效率。

3) 可实时切换不同线路数据,支持不同线路车载设备随意切换线路运行环境,从而实现不同线路车载设备在其他线路的交叉功能调试及测试。

4) 本系统可根据线路数据自动计算列车所在

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^[8]。

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^[10]。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

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)