

国产自主化 CBTC 系统国际化应用面临的挑战及建议

张国慧¹ 田大锁²

(1. 中铁二院工程集团有限责任公司, 610031, 成都;

2. 成都轨道建设管理有限责任公司, 610031, 成都//第一作者, 高级工程师)

摘 要 基于我国自主化 CBTC(基于通信的列车控制)系统的现状及海外项目经验,分析了我国自主化 CBTC 与欧美等国 CBTC 在各建设阶段的程序和要求上的重大差异,如设计范围、设计深度、标准规范、技术路线、思维方式、设备系统合格准入、政府验收程序等。这些差异给自主化 CBTC 海外项目的执行带来巨大的困难和挑战。就如何按照国际标准高质量地建设海外项目提出了建议,呼吁更多海外项目先行者总结经验,为后续 CBTC 的海外项目提供参考借鉴。

关键词 城市轨道交通; 信号系统; 基于通信的列车控制; 互联互通; 国际化应用

中图分类号 U231.7

DOI:10.16037/j.1007-869x.2022.11.034

Challenge and Suggestion for International Application of Independently Developed CBTC System

ZHANG Guohui, TIAN Dasuo

Abstract Based on the present situation of independently developed CBTC (communication based train control) system in China and the experiences in overseas projects, the major differences in the procedures and requirements of CBTC at various construction stages between China and American/European countries are analyzed, such as the design scope, design depth, standard specification, technical route, thinking mode, equipment system qualified access, government acceptance procedures, etc. These differences bring great difficulties and challenges to the implementation of China's independent CBTC in overseas projects. In view of this situation, suggestions to build high quality overseas projects in accordance with international standards are put forward, more forerunners of overseas projects are called on to summarize their experiences, so as to provide reference for the subsequent overseas CBTC projects.

Key words urban rail transit; signaling system; CBTC; interoperability; international application

First-author's address China Railway Eryuan Engineering Group Co., Ltd., 610031, Chengdu, China

近年来,我国企业在国外多个城市轨道交通工程信号系统的设计、供货、安装、调试、运营项目中中标,参建的项目包括埃塞俄比亚首都亚的斯亚贝巴轻轨的东西线和南北线、沙特阿拉伯圣地麦加市的捷运线、以色列首都特拉维夫的轻轨红线及越南河内市的轻轨吉灵—河内线等。但是,由于国内外城市轨道交通信号系统发展、建设、运营环境不同导致的理念差异,以及国内自主化信号系统起步较晚等原因,我国目前并没有完全满足 CEN(欧洲标准委员会)、IEEE(美国电气和电子工程师协会)、IEC(国际电工委员会)等机构定义的自主化 CBTC(基于通信的列车控制)系统全产业链“走出去”的案例。

国产自主化 CBTC 系统走出国门,是国外市场的迫切需求,也是技术输出的必由之路。为此,本文对国产自主化 CBTC 系统“走出去”过程中面临的挑战进行分析,并提出相关建议。

1 自主化 CBTC 系统国内的在建/运营项目

2010 年北京地铁亦庄线的开通运营标志着我国成为全球第四个掌握 CBTC 核心技术并得以成功应用的国家。自此, CBTC 系统的自主化应用踏上高速发展征程。目前,国内自主化 CBTC 系统在建或已运营的项目如表 1 所示。

2 自主化 CBTC 系统走出国门面临的挑战

2.1 国内外信号系统在建设各阶段的差异对比

本文对国内外城市轨道交通信号系统在建设各阶段的主要差异进行对比,如表 2 所示。

本文以施工安装图纸为例对二者的主要差异进行对比说明。我国城市轨道交通信号专业的竣工图一般是施工单位在设计单位绘制的施工蓝图

表 1 自主化 CBTC 系统项目统计表

Tab.1 Statistics table of autonomous CBTC system projects

系统名称	以 GoA0—GoA3 开通的线路数/条	以 GoA4 开通的 线路数/条
LCF-500/LCF-510	19	14(其中 1 条在建)
TRANAVI	4	6(其中 3 条在建)
TSTCBTC® 2.0	3	1
MTC-1	7(其中 3 条在建)	3(均在建)
BiTRACON	1	2
FZL300(CBTC 3.0)	16	1
tSafer-UC1000/ tSafer-UC3000	4(其中 1 条在建)	0
JeRail	2	0

注:GoA0——人工目视列车运行;GoA1——非自动化列车运行;
GoA2——半自动化列车运行;GoA3——无人驾驶列车运行;
GoA4——无人干预列车运行。

表 2 国内外城市轨道交通信号工程建设各阶段的主要差异对比

Tab.2 Comparison of main differences in urban rail transit signal engineering constructions at different stages between China and foreign countries

阶段	国内城市轨道交通信号工程建设体系	国外城市轨道交通信号工程建设体系
可行性研究	提出线位、站位方案及建设标准;提出参建各方招标模式;估算投资,提出投融资方案,确定资金来源	提出线位、站位方案;遴选并确定全过程监理单位;提出主要技术标准,估算投资及回报,提出资金筹措方案
总体设计/概念设计	确定项目总体方案及重要设计原则	完成项目构思,提出供货商短名单
初步设计	确定技术标准、规范;确定系统的制式、构成及功能;确定组网方案、接口原则;编制设计概算	研究确定设计规范,定义系统配置,提出系统功能需求;确定系统原理图、设备布局图及管线路径;确定必须在详细设计中进一步解决的问题
招标设计/初步设计	细化系统功能需求及设备参数;明确参建各方的分工、供货项目及施工范围;招标确定系统供货商及施工单位	明确参建各方分工、供货项目及施工范围;征集供货商短名单并得到批复;确定系统供货商和施工安装承包方
设计联络/详细设计	完成系统详细设计,包括各子系统的技术规格书、轨旁设备布置、室内设备布置、联锁表、电路图及光缆技术规格等;与系统接口单位完成接口谈判,形成接口控制文件及接口图纸	系统设计单位优化设计,完成制造图纸及安装图纸;完成接口谈判,形成接口控制文件;完成系统设备出厂检验及验收;确定配套设备、材料厂家及规格型号,完成材料采购;完成各子系统操作手册,制定调试计划及实施步骤
施工图设计	设计单位完成并提供施工蓝图;完成设备和材料的生产、制造、出厂检验及验收;系统设计单位完成设备、系统操作手册,制定调试计划及步骤;施工图设计方案通过咨询、监理和业主审查	施工单位结合现场实际在施工前完成工程设计;结合现场实际,在施工前完成缆线实际路径及断面布局图、设备安装详细图纸及施工工艺文档,并完成采购备料;施工图设计方案得到监理和业主批复
施工	系统设备供货;施工单位备料、采购、加工、安装、配线及检查;施工单位与系统供货商进行设备单调、综合联调	施工单位加工、安装、配线及检查;施工单位与系统供货商进行设备单调、综合联调
竣工验收与竣工图	施工单位根据现场变化、变更等依据,修改设计单位提供的施工图,作为竣工图归档	施工单位根据现场实际绘制竣工图,使得图纸与现场实际情况完全一致,并对缺陷进行整改

2.2 国内外的规范/标准存在“软联通”鸿沟

我国的自主化 CBTC 系统一直致力于按照国外规范/标准来研发、设计、制造及开发产品,在技术演进上应用了 4G(第四代移动通信技术),以实现不同信号系统供货商在相同制式 CBTC 线路间的互联互通。我国企业遵循了 IEEE 1474 系列标准

上根据现场变化做小幅调整。若施工方案有较大变化,则由设计单位提供变更图纸,施工单位不需要根据现场实际重新绘制详细施工图。

而在国外城市轨道交通信号工程项目中,施工承包商拿到详细的设计图纸后,需根据现场实际绘制竣工图。该竣工图须体现以下内容:①线槽/线管中光缆的敷设数量、类型、标识及冗余量;②体现预留/预埋的孔、井、沟、套筒中各类线缆的数量、标识、截面图及填充率;③体现建筑物内电缆通过电缆桥架的路径、导管的材料和尺寸及具体敷设位置;④体现桥架/管线径路上每个有变化的断面的细节(包括标高、隔断、转弯、穿梁、穿孔及管线交叉等)。此外,国外城市轨道交通信号项目的施工图必须得到监理工程师审核批复才能开工。

的核心思想及基础理论,尤其是依据 IEEE 1474.1 标准附件 D 中的典型安全制动模型进行了相关软件的研发,在安全认证及安全评估上借鉴了欧盟的 EN 5012X 系列标准。这些都为我国自主化 CBTC 系统国际化奠定了基础。

但是,我国企业并未遵循 IEEE 1474.1 对

CBTC 系统的定义,而是根据国内产业发展状况采用计轴(未选用 IEEE 1474.1 规定的轨道电路)作为次级列车空闲/占用状态的检测设备,这使得信号系统的构成、功能实现方式与上文所述的国外规范/标准要求产生较大的偏离。

放弃使用轨道电路的做法,在采用国际标准和欧盟标准的国家和地区都将面临一个很难解决的技术难题:如何识别并预防钢轨的折断及位移。尤其对于政局不稳或治安水平较低的国家,如这些国家的城市轨道交通线路为地面线路,没有轨道电路提供钢轨折断信息用以提示钢轨被破坏或偷盗,则在运营期间没有更好的技术手段探测轨道线路是否完好。同时,该做法还会被业主方认定我国的 CBTC 系统未遵守国际标准、规范及合同约定。

我国的自主化 CBTC 系统在应用了基于车车通信的 CBTC 及 FAO(全自动运行)后,依然只有五花八门、参差不齐的行业标准、协会标准、地方标准和企业标准,没有形成统一的国家标准,也没有根据相关的国际标准进行修订和改进。这是我国自主化 CBTC 系统“走出去”历程中的一大软肋。未遵照国际标准体系的自主化 CBTC 系统陷入起步即踏空、推进必亏损的窘境。因此,跟国际规范/标准进行“软联通”刻不容缓。

2.3 设备系统准入认证“硬联通”情况复杂

2.3.1 城市轨道交通信号领域国外有影响力的重要产品认证

国外各个国家都有各自的产品认证制度体系。本文整理出与 CBTC 系统有关的有影响力的国外重要产品认证,如表 3 所示。

表 3 与 CBTC 相关的国外有影响力的重要产品认证列表
Tab.3 Certification list of influential foreign important products related to CBTC

项目名称	认证内容
CE(欧洲共同体)认证	要求所有电气电子产品及装有电气电子元件的无线电设备的频率范围为 0~3 000 GHz,所产生的电磁波发射不得超过规定的限值,同时还必须具备一定的抗干扰能力;无线电设备的评估必须在至少一个欧盟国家授权的欧洲官方认证机构内完成
UKCA(英国合格评定)认证	英国脱欧后替代 CE 的产品强制准入认证,其评定程序与 CE 认证的要求大致相同;UKCA 覆盖的铁路互通、建筑产品须受英国官方特殊规则的管制
FCC(美国联邦通信委员会)认证	FCC-ID 是一种美国强制性 FCC 认证模式,适用于技术难度较大的无线产品;具备无线发射频率的产品(如蓝牙耳机、Wi-Fi 设备、无线报警设备、无线电接收/传输设备、电话及电脑等)都需要申请 FCC-ID 认证
GS(德国安全)认证	按照 EN(欧盟标准)或 DIN(德国工业标准)进行检测的一种自愿性认证;获得 GS 标志后,德国权威的本土认证机构会例外免费颁发该产品 LVD(低电压指令)COC(合格证明);颁发 GS 证书之前,须对制造工厂进行合格审查;颁发 GS 证书后,每年要对制造工厂进行至少一次审查
关于限制在电子电器设备中使用某些有害成分的指令(RoHS)认证	由欧盟议会及欧盟委员会制定的一项强制性标准,目的在于消除电子电器设备中的铅、汞、镉、六价铬、多溴联苯及多溴二苯醚等有害成分,并规定铅的质量分数不得超过 0.1%

2.3.2 无线电通信设备出口运输合规问题

斋月十日城铁路信号系统工程是我国自主化 CBTC 系统首次在埃及得以应用。该项目车地无线通信设备的发货、清关、测试、安装及现场检验等环节遇到了很多问题。根据埃及 NTRA(国家电信管理局)颁布的相关法规要求,所有在埃及境内使用的终端设备、无线电通信设备均需满足以下要求:①设备在出货前需进行 VOC(合格证明)认证;②凡是出口到埃及的商品,均需按相关的国际标准对产品进行检测,产品需通过 CE/FCC 认证;③检验公司验货完毕,确认其性能指标符合相关标准的要求后出具 PVOC(出口前合格证明),进口商凭 PVOC 证书办理通关手续。

此外,在埃及斋月十日城铁路项目的实施过程中,还遇到了以下问题:出口商品虽未列入出口商品品质符合证书查验目录,但埃及海关仍会要求进口商提供 VOC;清关后,还需要将设备提供给 NTRA 的下属机构,用以对设备进行测试;NTRA 出具的测试报告如有整改意见,须待整改完成后方可允许安装;设备安装完成后,NTRA 还要到现场检查、测试车地无线通信系统的性能,检查合格后才允许使用该设备。上述问题导致该项目经历了漫长的过程。

2.3.3 设备/材料的检验、检测及校准问题

设备/材料的检验、检测及校准是我国自主化 CBTC 系统“走出去”的另一大难题。虽然我国国

家铁路产品质量监督检验中心的专业能力突出,但目前仍未得到欧美国家的认可。目前,国际上针对信号系统设备、材料的认证主要有 SIL(安全完整性等级)认证、IRIS(国际铁路行业标准)认证、电气设备外壳对异物侵入的 IP 防护等级认证等。其中,自主化信号系统设备供应商的设备/系统均已通过 SIL 认证。但是,铁路电缆、电源系统设备、箱盒、电缆槽、水泥基础、保护管等设备/材料并未遵循国际标准生产制造。此外,我国自主化 CBTC 系统设备的 IP 等级与海外业主要求相比也普遍较低,这给项目的执行及设备交验带来了巨大隐患。

3 自主化 CBTC 海外项目的发展建议

结合埃及斋月十日城铁路工程及其他项目的建设经验,为了使我国自主化 CBTC 系统海外项目得到更高质量的发展,本文提出如下建议:

1) 高站位规划。应对国内自主化 CBTC 系统的行业标准、地方标准、企业标准及取费标准等进行糅合和提炼,形成国家统一的设计标准、制造标准、施工/安装工艺标准及国际项目取费计量标准。用智能化、生态化、集约化的技术推动我国城市轨道交通标准体系融入国际标准体系,形成引领行业发展的关键竞争力,推动我国自主化 CBTC 系统设备检测/验证机构的认证证书全球通行。

2) 高标准谋划。通过兼并、收购及重组等方式,培育一批具备弱电系统深度集成、二次开发能力的综合性龙头企业,以引导国内的信号系统供货商向具有国际竞争力的弱电系统集成商甚至机电系统集成商转变,消除技术壁垒和信息孤岛。

3) 高精度准备。海外工程投标前期,要详细调研该投标项目所在国在短路试验、电磁兼容、无线通信频段申请、消防验收等方面政府部门的许可程序、检测职责及收费标准;了解当地宗教文化传统、社会保障与劳工雇佣情况;调研当地材料的供应价格、遵循标准、生产能力及供货周期;确定各个建设程序中承包商的确切职责,绝对不能有笼统而不确定的承诺。

4 结语

综上所述,我国自主化 CBTC 系统要走向国门,依然面临着巨大挑战。如何取得国外业主单位的认可,除了本文所述建议外,还需通过积极投身海外工程建设,参与国际学术交流,分享我国城市轨道交通的建设经验,加大宣传力度,使我国自主化信号系统的国际化程度及国际知名度逐步提升。呼吁更多海外项目的“开路先锋”总结项目执行过程中遇到的难题及解决办法,提供宝贵的经验,为我国自主化信号系统“走出去”铺平道路,共同推进自主化 CBTC 系统的高质量发展。

参考文献

- [1] 中华人民共和国住房和城乡建设部,中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局.建设工程项目管理规范:GB/T 50326—2017[S].北京:中国建筑工业出版社,2017:29.
Ministry of Housing and Urban-Rural Development of the People's Republic of China, General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine of the People's Republic of China. Code for construction project management: GB/T 50326—2017 [S]. Beijing: China Architecture and Building Press, 2017:29.
- [2] IEEE Standard for Communications-Based Train Control (CBTC). Performance and functional requirements: IEEE Std 1474.1 TM—2004[S]. New York: The Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc, 2005.
- [3] 陈安娜.我国高铁“走向国门”的机遇与挑战[J].商业时代, 2014(17):127.
CHEN Anna. Opportunities and challenges of China's high-speed railway going abroad[J]. Commercial Times, 2014 (17):127.
- [4] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局,中国国家标准化管理委员会.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:GB/T 32588.1—2016[S].北京:标准出版社,2016:1.
General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine of the People's Republic of China, Standardization Administration of China. Railway application—automated urban guided transport (AUGT)—safety requirements—part 1: general: GB/T 32588.1—2016 [S]. Beijing: Standards Press of China, 2016:1.

(收稿日期:2022-04-10)

欢迎订阅《城市轨道交通研究》

服务热线 021—56830728 转 821