

列车自主运行系统在城市轨道交通网络化建设和运营中的适用性分析

杜建新¹ 左旭涛²

(1. 上海富欣智能交通控制有限公司, 201203, 上海; 2. 青岛地铁集团有限公司, 266101, 青岛//第一作者, 工程师)

摘要 分析了城市轨道交通网络化建设和运营中通信信号系统所面临的现状。介绍了列车自主运行系统(TACS)的设计特点和在城市轨道交通网络化建设和运营中的适用性。青岛地铁6号线TACS是国家示范工程项目, 目前已完成了首列样车试验线测试工作。

关键词 城市轨道交通; 列车自主运行系统; 车车通信; 网络化

中图分类号 F530.7

DOI: 10.16037/j.1007-869x.2020.10.048

Applicability Analysis of Train Autonomous Circumambulate System in Urban Rail Transit Network Construction and Operation

DU Jianxin, ZUO Xutao

Abstract Current situation of the signal system in urban rail transit network construction and operation is analyzed. The design features of train autonomous circumambulate system (TACS) and its applicability in urban rail transit network construction and operation are introduced. The TACS of Qingdao Metro Line 6 is a national demonstration project, and the test work of the first sample vehicle test line is completed.

Key words urban rail transit; TACS; train to train communication; network

First-author's address Shanghai Fuxin Intelligent Transportation Solutions Co., Ltd., 201203, Shanghai, China

1 城市轨道交通网络化建设和运营中通信信号系统的现状

城市轨道交通网络化建设是指网络中各线路之间标准制式的协调统一、系统的互联互通、资源的整合共享等, 其目的是确保网络安全, 提高网络效率, 集约利用资源, 体现以人为本, 降低工程造价。

城市轨道交通网络化运营是指从网络而非单

线角度建立网络化运营管理体系, 以确保轨道交通网络安全、可靠、高效地运营。

目前, 在城市轨道交通网络化建设和运营中, 通信信号方面存在的困难主要包括:

1) 不同城市、不同线路各自存在定制化需求、功能性差异, 用户和厂家对功能、标准的需求和理解不同;

2) 各线路建设时期不同, 采用的信号制式不同;

3) 各线路的不同信号厂家的安全理念、实现方式存在差异;

4) 一条线路的闭塞设计、系统设计所用参数无法完全适应未来不同车辆的特性, 如长度、速度、制动率等;

5) 不同线路的建设运营水平不同, 网络化运营时存在短板效应;

6) 设计超前性受当前设计理念及标准化限制, 线路、车辆的性能无法发挥到最大。

2 列车自主运行系统简介

列车自主运行系统(TACS)主要设计思想是: 以车车通信为基础, 通过优化系统结构和功能分配, 实现列车主动进路、自主防护, 达到提高系统安全性、可靠性、运行效率, 降低系统建设和运营维护成本的目的。

青岛地铁6号线TACS作为国家示范工程项目, 已完成了首列样车试验线测试工作。TACS采用实时以太网构建覆盖全车所有智能设备的控制网络, 将传统的车地两层分布式的列车运行控制系统与车载网络控制、牵引和制动等系统高度融合, 优化了车载网络布局, 降低了系统复杂度, 提高了系统实时性和列车控制性能及自动化程度。

3 TACS 设计特点及适用性分析

3.1 简化系统设计

传统 CBTC(基于通信的列车控制)系统,地面设备具有中心控制功能,基于进路和移动授权防护的安全原理,地面 ZC(区域控制器)和联锁通过某一固定机制防护车辆运行。TACS 将轨道拓扑描述为行车资源,并将地面线路设备和状态虚拟为轨道上的附属资源,由列车通过安全的竞争机制感知、持有、释放行车资源,从而进行行车的间隔防护;由列车通过地面的驱动采集设备实现对附属资源的驱动采集,从而进行单车行车防护,整体上实现自主防护。对 TACS 信号系统的地面设备无须加入过多设计和计算,使其从“管”的一方变为“用”的一方。这样设计的好处是:列车只需要按照统一原则,根据自身行车所需获取线路资源,驱动地面设备;这使得来自不同线路的列车可以采用不同的信号防护制式,使用不同的计算机制,提供不同的功能实现,从而提高了线路对不同列车的兼容能力,降低了网络化建设和运营的难度。

3.2 简化运营组织

传统 CBTC 系统的 ATS(列车自动监控)直接参与列车的行车控制,进路都是实时从 ATS 发起并由地面和车载设备执行的;TACS 系统中,ATS 将运行计划提前下发至列车,由车载控制系统自主调整列车运行及自动触发进路,并根据列车计算的自身移动授权自主防护列车运行,从而实现列车主动进路、自主防护及自主运行,ATS 只负责监督和干预。自主进路可以减少对 ATS 子系统可靠性的依赖,即使 ATS 故障无法下发进路命令时,系统仍能按既定计划正常运行。从网络化运营组织的角度看,实现列车自主进路也有利于减少线路间地面设备的配合与交互,降低网络化运营组织难度。

3.3 简化接口

传统 CBTC 系统中各类车地接口、地地接口等在多个子系统间需要标准化统一接口,以实现互联互通。而信号系统因为其高安全性特点,使其无法像其他系统一样统一由中央服务器接口,必须实现跨线间 ZC、联锁、ATS 各自接口,才能实现正常的跨线运行。相对于传统 CBTC 系统中的车地接口,TACS 中简化统一为附属资源的驱动采集接口。传统 CBTC 系统中资源转化为移动授权的过程在列车上实现,支持列车按各自不同的方式处理获取的

资源以计算如何行车。相对于传统 CBTC 系统中的跨区跨线交接列车及信息的接口,TACS 中简化统一为行车资源的交互,在车车之间完成,当列车通过统一原则获取到两个控区的行车资源后,跨线运行的逻辑计算在列车内部处理完成,不再需要通过互联互通接口完成列车移交。接口的简化,简化了网络化建设运营基础的标准化工作。

3.4 提高线路的利用效率

传统联锁系统为行车提供点式或联锁级别防护,按照闭塞设计原则轨道作为行车资源被划分为一列车独占的“区段”,利用效率不高且对行车的限制大。传统 CBTC 系统中加入地面设备 ZC 及无线通信系统,使得区间的“区段”能够被多车受 ZC 共同管理的方式拆分并利用,大大提高了正线追踪间隔;但在折返区域,仍以联锁方式独占岔区资源,相对于正线追踪间隔的提高,没有提高折返间隔以突破决定运行间隔的瓶颈。TACS 中,列车使用行车资源的方式更为高效,列车完全自主判断资源的占有和释放;伴随列车走行,尾部出清的资源完全可以连续地释放给其他列车。在 TACS 中,没有“区段”的概念,无论是无岔区域还是有岔区域资源的出清释放均遵循统一的原则,这使得折返时岔区的轨道资源也能充分被前后列车共用,从而提高了线路资源的利用效率和折返间隔,也就能在不进行额外投入或线路设计的前提下通过行车防护方式的优化提高线路的运营效率。这样设计有利于提高网络中既有线的通行能力,从而提高整个线网的运转能力,使线网运行更为顺畅。

3.5 提高系统可用性

传统 CBTC 系统中,决定系统可用性的关键设备是地面 ATS、ZC、联锁及无线通信设备,其中 ATS、ZC、联锁一旦完全故障,势必引起功能丧失及降级,进而影响运营。TACS 弱化了地面设备的中心控制功能,该核心功能由车载信号系统通过自主进路、自主防护、车车交互完成。相对于传统 CBTC 系统中核心功能由多个设备共同完成,TACS 核心功能的承载设备较少,从而提高了系统可用性;相对于传统 CBTC 系统中由特定设备管理固定一片区域或线路,TACS 由更多车载设备动态分布式地负责各自的行车区域,核心控制设备故障后的影响面更小;相对于传统 CBTC 系统中地面设备故障后需要第一时间使设备恢复正常,否则会因为特定设备功能缺失使得线路缺失功能或降级,TACS 中承

载主要功能的车载设备故障后除了选择在线恢复,还可以选择将故障列车移至存车线或场段的方式,使车载设备故障影响的区域快速恢复通行且后续运行不降级,再在不影响运营的地方慢慢处理并恢复故障的车载设备。TACS 的故障恢复速度更快。

3.6 旧线改造线路应用优势明显

TACS 具有地面设备少、地面功能少、地面设计少、地面设备布置灵活的特点。对于分期开通的延伸线路或旧线改造线路,应用 TACS,一方面可以减少地面设备用房限制、缩短地面施工调试时间;另一方面只需要在场段内对于改造替换后的旧车或新购列车的车载设备进行地图升级和测试,即可完成大部分功能验证,对已运行的线路的运营影响少,系统的调试工作得到简化。库内调试完成后的列车经过夜间简单的上线验证后,即可具备割接条件,割接时线路一次具备 TACS 级别运行能力。

4 结语

随着主动防撞技术的成熟,同样以车为中心的 TACS 的行车控制,可以将主动探测与 TACS 的车车交互融合为不同方式的行车感知而并存,类似于公路交通中车辆的 V2V 技术与多传感器技术结合的无人驾驶技术的演进方式。相对于传统 CBTC

系统以地面设备控制为核心的架构,TACS 与防撞技术的结合更为自然。同时,随着轨道交通全自动运行技术的发展,功能更加强大、更为自主的 TACS 信号车载系统与车辆各系统间能够更为紧密地结合和配合,使得列车更为智能,从而能够更好地为运营主体的乘客提供优质、便捷的服务。当城市中的线路呈现网络化运营,并且将线路由“管”变为“用”时,或许将来也会催生出真正能将用户实际需求实时、灵活地转化为服务的轨道交通运营模式和出行体验。

城市轨道交通是一项庞大、复杂的系统工程,网络化、标准化时需面对各种困难。TACS 在设计上提供了一些新的思路,能够降低城市轨道交通网络化和运营的标准化难度,提高网络化建设和运营水平。

参考文献

- [1] 朱沪生. 上海城市轨道交通网络化建设的实践和对策[J]. 城市轨道交通研究, 2006(12): 5.
- [2] 毕湘利. 城市轨道交通网络化阶段推进标准化建设的探讨[J]. 城市轨道交通研究, 2010(7): 1.
- [3] 杜建新. 城市轨道交通车车通信信号系统的控制思想[J]. 城市轨道交通与研究, 2016(增刊2): 21.

(收稿日期:2020-05-04)

国内首条“超级电容+钛酸锂电池”广州黄埔区有轨电车 1 号线完工

据中央广播电视总台中国之声《新闻进行时》报道,全国首条“超级电容+钛酸锂电池”有轨电车工程 9 月 26 日在广州黄埔完工。“超级电容+钛酸锂电池”作为储能装置牵引供电,不仅能极大减少城市空中“蜘蛛网”,车辆制动时还会将 8 成以上的制动能量回收至超级电容形成电能储存,实现能量循环利用,绿色环保。上午,中铁二十二局集团广州黄埔有轨电车 1 号线项目运营部下达发车指令后,一辆崭新的电车从地铁水西站驶出,对线路再次进行调试,标志着国内首条采用“超级电容+钛酸锂电池”储能供电装置的有轨电车工程完工。线路长约 14.4 km 的广州黄埔区有轨电车 1 号线是广东省重点工程,为广州市黄埔区的首条有轨电车线路和广州开发区智慧交通路网建设示范线。线路串联了广州永和片区、长岭居片区、长平片区、水西村片区和新黄埔政文中心片区,弥补了永顺大道沿线城市轨道交通线网的空白,对助力黄埔区构建粤港澳大湾区 1 h 交通圈和现代化综合交通枢纽核心区具有积极意义。据广州黄埔区轻铁 1 号线公司副总经理、总工程师杨智介绍,广州黄埔区有轨电车 1 号线最高运行速度为 70 km/h,平均速度为 30 km/h,未来预计将有 16 辆有轨电车投入运行。杨智说:“这条线路系统超级电容单体容量达 9 500 F,为目前国内技术最为成熟、性能最为可靠的超级电容。车辆达到站点时,在乘客上下车间隙,车辆就自动完成充电,用时不到 30 s。由于采用‘超级电容+钛酸锂电池’作为储能装置牵引供电,区间无接触网,极大减少了城市空中‘蜘蛛网’。另外,车辆制动时将 80%以上的制动能量回收至超级电容形成电能储存,实现能量循环利用,高效节能、绿色环保。”据施工单位中铁二十二局集团项目部相关负责人介绍,黄埔区有轨电车 1 号线全线预计于 2020 年底开通试运营。

(摘自 2020 年 9 月 26 日央广网,记者 郭森报道)