

采用列车自主运行技术提升城市轨道交通网络化运营能力

吴昊

(上海富欣智能交通控制有限公司, 201203, 上海//高级工程师)

摘要 阐述了城市轨道交通网络化运营的含义、特点及分类。介绍了列车自主运行系统(TACS)的设计思想、业务特点、系统组成和系统优势,指出该系统是一代更高可靠性、更高运行效率、更低的全生命周期成本的新型列车运行控制系统,将为城市轨道交通实现深层次网络化运营提供极大的支撑。

关键词 城市轨道交通; 网络化运营; 列车自主运行系统

中图分类号 U29-39

DOI: 10.16037/j.1007-869x.2018.05.008

Capacity Improvement of Urban Rail Transit Networking Operation by Adopting TACS Technology

WU Hao

Abstract In this article, the meaning, characters and classification of urban rail transit networking operation are described, the design ideas, business features, system composition and system advantages of TACS are introduced. This system is a new type of train operation and control system with higher reliability, higher operating efficiency and lower full-life cycle cost, it will provide great support for a deep-level urban rail transit networking operation.

Key words urban rail transit; networking operation; train autonomous circumambulation system(TACS)

Author's address Shanghai Fuxin Intelligent Transportation Solutions Co., Ltd., 201203, Shanghai, China

随着我国城市规模不断扩大,城市轨道交通建设进入了高速发展阶段,由此带来了城市轨道交通由单条线路运营向网络化运营发展。网络化运营就是将城市轨道交通的多条独立运营的线路,运用先进的管理运营方式整合在一起进行调度、协调和运营,满足实时的客运需求,提高运营效率、提升对于乘客的服务水平。

在轨道交通实际的运行过程中,每个路网的特点和承担的交通线路的功能不尽相同,每条线路的客流量分布特点也不一样,这会增加网络化管理的

难度。比如列车运行方式不同、轨道线路的制式不同、线路之间的衔接调度复杂等。而在城市轨道交通由单线路运营向网络化运营的转变过程中,会出现客流量不断增加、路网结构受到冲击、客流组织和跨线车流矛盾等诸多问题,使得实现网络化运营存在现实的困难。

当一条新的线路开通,对于现有的轨道交通网络而言,其不仅在客流吸引范围内带来客流,也为与之衔接的线路带去了换乘客流。同时,由于线路长度增加和线路通达性增强的原因,整个网络的总客流量跳跃式增长和各线路上的客流分担比率发生变化,从而出现网络叠加效应,因而要求轨道交通拥有高效的网络化协调运营机制,尽快实现客流疏散,保持客流处于流动状态,避免客流在某一个节点阻塞而影响整个网络的运输效率,为乘客提供优质服务。

相比于单线运营,网络化运营条件下的城市轨道交通系统具有路网状态动态性、运营管理协调性、区域结构差异性、客流分布失衡性、风险因素多样性、风险危害关联性等特点。而网络化运营也可根据其所提供的服务水平,分为浅层次和深层次的网络化运营。

(1) 浅层次的网络化运营,指线路在形态和规模上形成网状系统,但各条线路的运营列车只能在本线单独运行,网络功能主要通过乘客在换乘站的下车换乘实现。当前我国各城市轨道交通的网络化运营均属于此层次。

(2) 深层次的网络化运营,指由各条线路组成的运营线网间的互联互通和服务标准的提高,不仅能实现运营列车在各条线路之间互联互通运行,还能实现车辆、信号等系统设备全线网的互联互通;不仅能够行驶站站停的普通列车,还可行驶大站快车;为了减少乘客下车换乘次数及换乘站的换乘压力,甚至可以灵活调整线路以适应城市客流的变化。

目前,我国各城市的轨道交通网络化运营方式,主要采用的仍是换乘协调方式,通过乘客换乘的方式来实现不同线路之间的跨接,也就是浅层次的网络化运营方式。轨道交通的建设方和运营方主要是通过优化设计换乘站和列车运行的间隔时间等方式,尽可能地减少乘客换乘需要的步行距离,减少候车时间,以提升出行效率,乃至实现多条线路甚至整个网络的协调运营。采用的技术手段主要包括同站台换乘、复线运营、网络化布局、运行图协调等。但是换乘协调的网络化运营仅仅是从客流组织、列车衔接时间等方面研究,并没有完全发挥出轨道交通网络化运营可以带来的高效和便捷。

为了达到深层次的网络化运营,需在线路、土建、车辆、信号等多方面加以统一和适配,这其中列车运行控制系统的提升尤为关键。目前普遍采用的CBTC(基于通信的列车控制)信号系统虽然具有发车间隔小、运行效率高优势,但因其列车进路和安全防护等关键功能均是基于车-地-车的体系结构,存在ATS(列车自动监控)、车载、地面ATP(列车自动保护)及联锁子系统种类繁多,轨旁设备繁多;子系统之间耦合度过高,功能交叉、设备冗余、交互复杂;子系统之间需进行交互通信,信息周转及系统处理周期长;对列车的移动授权在地面进行集中管理,单个设备故障则影响整个区域等问题,造成系统复杂度过高,对系统的可靠性和建设/运营/维护均带来较多困难,也无法满足未来对运营效率提升、互联互通、大规模设备更换等需求。而以列车为核心构建

的列车自主运行系统(Train Autonomous Circumambulation System, 简为“TACS”),其子系统种类和轨旁设备少,可充分利用LTE-M(用于地铁的长期演进-第四代移动通信)这一安全高速的信息传输平台,通过实现车-车之间的通信,支持列车安全、高密度、自动化运行,使全生命周期成本明显降低。这样的新型运行控制系统将为实现深层次的网络化运营提供必要的技术支撑。

TACS的主要设计思想是:以基于LTE-M的车-车通信为基础,将传统的车地两层列车控制系统进行重新架构和功能分配,并与车载网络控制系统、牵引系统、制动系统等进行高度融合,从运营管理的角度出发,围绕列车安全与高效运行这一核心,采用一体化设计思想,实现支持列车主动进路、自主防护的新型列车自主运行系统,以达到提高系统安全性、可靠性和运行效率,降低建设和运营维护成本的目的。同时TACS还支持FAO(全自动无人驾驶)及自动化车辆段。

TACS是轨道交通安全运营的关键业务,可靠性要求极高。TACS取消了传统CBTC信号系统的轨旁联锁(CBI)和区域控制器(ZC)设备,优化了传统CBTC系统的车-地-车结构,列车车载控制单元(OBCU)集成了原CBTC轨旁的CBI与ZC的功能,轨旁仅保留与现场设备接口的目标控制器(OC),减少了控制环节与接口复杂度,并通过车-车通信方式实现行车资源的交互。两者架构图^[1]的对比如图1所示。

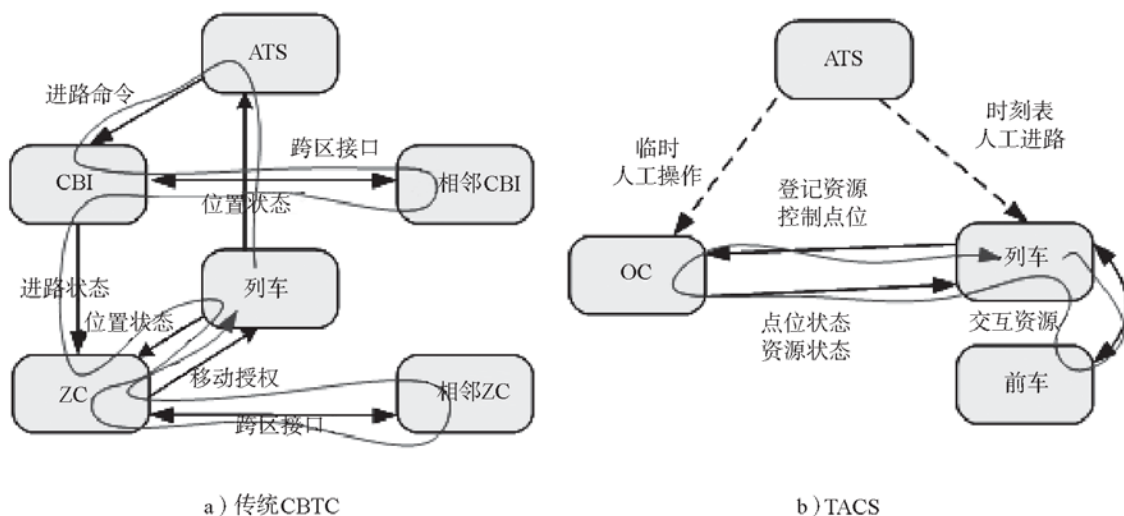


图1 传统CBTC架构图与TACS架构图的对比

在TACS中,ATS将时刻表或人工进路命令下发给列车;列车上的车载ATS根据收到的时刻表自

主触发进路,进行自主运行;OC负责登记列车列表并更新轨旁设备(如道岔、信号机等)的资源登记,将

轨旁设备的状态发送给列车,并执行列车所发来的操作轨旁设备的命令;列车车载控制器根据进路需求向 OC 登记并查询资源登记结果,并向前车申请资源,接受其他车辆申请释放资源的请求;列车在 OC 更新登记实体资源,并对现场设备进行驱动采集;列车在获得的独占轨道资源内计算制动曲线,防护列车运行;基于 LTE-M 的车地无线通信网络负责提供可靠的车-车与车-地通信通道。LTE-M 通过多级冗余的可靠性设计,在系统架构、网络链路、设备供电等方面采取了多种保障措施,以提升系统的可靠性和可用性,且车-车以及车-地之间的应用通信协议采用成熟并广泛应用的安全通信协议,确保了车-车通信的高可靠性和安全性。

TACS 的设计具有更多优势:基于列车自主进路和自主防护的理念,可以减少对 ATS 子系统可靠性的依赖;将传统 CBTC 中采用的 ZC 集中式管理一个控区移动授权的方式改为资源的交互在列车之间分布式控制,单个列车故障影响面小,运营恢复速度快(移动故障车后再慢慢处理故障);通过将行车路径虚拟为一段资源,行车间隔的安全防护依赖于列车自主性的“独占”资源和移交机制,简化了进路的设计及接口数据,并能更好地支持反向行驶、列车对开、往返行驶等行车方式,提高了运营组织的灵活性,尤其是在应急情况下丰富了行车路线的选择,有利于提高行车指挥水平;通过优化系统结构,将线路资源管理及移动授权功能由轨旁系统移至车载系统,减少了系统控制数据交互次数,降低了系统设备和接口的复杂度,进一步提高了系统可靠性,而车载控制数据流直达控制对象,提高了系统的实时性,有助于减小列车追踪间隔、提高系统性能;后车可通过直接与前车通信,获取前车更多信息,如速度、加速

度、位置等,生成平稳的追踪速度曲线,提高乘坐舒适度。

TACS 的主要功能集中在列车上。TACS 给出了列控主要功能工厂化调试的可能性,系统在地面设备部分仅保留了基础信号设备及 OC 等少量设备,有利于对已建线路的升级改造和分期开通的延伸线路的实施,为线网级的互联互通和网络化运营创造了充分的技术条件。

由此不难看出,采用 TACS,车-地子系统之间的通信从数量和通信内容上都有了极大的简化。列车成为城市轨道交通运行控制系统的控制主体后,TACS 的车-车通信方案使得同一区域多列车之间协商运行成为可能。这有利于丰富日渐庞大的地铁网络的行车组织方式,降低运营组织的复杂度,提高运营组织的灵活性。TACS 的特点和优势,使其成为新一代具有更高可靠性和运行效率、更低全生命周期成本的列车运行控制系统,将为城市轨道交通实现深层次网络化运营提供极大的支撑。

参考文献

- [1] 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,2016,19(S2):21.
- [2] 钱俊磊.基于大数据的城市轨道交通网络化运营管理研究[J].魅力中国,2016(51):99.
- [3] 孙晔.城市轨道交通的发展及其网络化运营管理[J/OL].基层建设,2017(7)(2017-07-14)[2018-03-18].<http://www.chinaqking.com/areaList2.aspx?areaID=213&sw=%u57CE%u5E02%u8F68%u9053%u4EA4%u901A%u7684%u53D1%u5C55%u53CA%u5176%u7F51%u7EDC%u5316%u8FD0%u8425%u7BA1%u7406>.
- [4] 刘飞.浅谈城市轨道交通网络化运营[D].重庆:重庆交通大学交通运输工程,2015.

(收稿日期:2018-03-28)

湖南省委书记杜家毫五一假期乘地铁调研

五一国际劳动节上午,湖南省委书记、省人大常委会主任杜家毫轻车简从,在客流高峰期乘坐地铁 1、2 号线和长株潭城际铁路出行,分别在地铁五一广场站换乘地铁,在开福寺站换乘城际铁路,实地考察调研地铁、城际铁路运营管理情况。他指出,要始终坚持以人民为中心的发展思想,进一步完善管理体制,优化运营机制,改善配套设施,有序推进长株潭城铁小编组、高密度运行,加快推进城铁和地铁、公交一卡通,实现换乘无缝对接,提高运营管理效率,更好地方便群众出行,助推长株潭城市群一体化发展。

(摘自 2018 年 5 月 1 日凤凰网)