

浅谈城市轨道交通正线停车技术的应用

郑剑锋¹ 张振波² 余泽军³ 王志鹏³

1. 天津市地下铁道集团有限公司 天津 300380

2. 天津轨道交通运营集团有限公司 天津 300380

3. 天津城市轨道咨询有限公司 天津 300380

摘要：随着城市化进程的加快和人口密度的提高，城市轨道交通作为一种高效、便捷、环保的城市公共交通方式，在我国得到了迅速发展。正线停车技术作为城市轨道交通的一项重要技术，对于提高运营效率、降低能耗、减少车辆段及停车场规模等方面具有重要意义。本文对城市轨道交通正线停车技术的应用现状、关键技术进行探讨，以期为我国城市轨道交通的可持续发展提供参考。

关键词：城市轨道交通；正线停车技术；应用现状；关键技术；发展趋势

1 引言

城市轨道交通，作为缓解大城市交通拥堵、提升公共交通效率的关键举措，近年来受到了社会各界的广泛关注。它按照区域划分，可分为正线和场/段两部分。列车在正线上运营，负责载客作业；而运营结束后，列车则通过出入场/段线下线，返回场/段进行维护。场/段的主要功能包括列车的故障处理、定期检修、日常维护保养以及清扫保洁工作，同时也承担人员培养和备件存放等任务。

《中国城市轨道交通智慧城轨发展纲要》明确了未来城市轨道交通领域的发展方向。其中，智能运输组织体系提出：“在实现车辆、供电、信号和轨道桥隧智能运维的前提下，开展正线停车，取消或减少列车专用停车场，大幅降低土地占用。”在此背景下，对城市轨道交通正线停车技术进行深入探讨及研究，具有重要的理论和实践价值。^[1]

本文旨在探讨城市轨道交通全自动运行系统及CBTC系统正线停车技术的应用现状、关键技术，并分析全自动运行系统及CBTC系统正线停车场景，为正线停车技术的发展和应用提供参考，共同推动正线停车技术的持续进步与创新。这不仅有助于推动我国城市轨道交通的可持续发展，更能为世界其他大城市交通治理提供有益借鉴。

2 全自动运行系统正线停车技术

在我国城市轨道交通领域，近年来全自动运行系统

项目名称：基于正线功能停车与灵活编组的创新运营组织体系研究

项目编号：CAMET-KY-2022027

项目负责人：刘纯洁

第一作者简介：郑剑锋，天津市地下铁道集团有限公司，男，汉族，山西省大同市人，硕士研究生，高级工程师，研究方向城市轨道交通

取得了显著的进展。该系统是基于现代计算机、通信、控制技术和系统集成等先进技术，实现列车运行全过程自动化的新型城市轨道交通系统。目前，全自动运行系统已成功实现了正线停车功能，该功能的实现可进一步细化为两个具体场景：列车休眠与列车唤醒。

2.1 列车休眠

当全自动运行的轨道交通列车完成当天的运营计划，达到预定的终点位置时，可通过以下3种方式进行列车休眠：1）根据列车运行图时刻表自动触发休眠指令；2）控制中心调度人员人工远程触发休眠指令；3）工作人员本地按压休眠按钮的方式向车载系统发送休眠指令。

信号车载系统在检查休眠条件满足后，响应列车自动监控系统（ATS）的休眠指令，完成自身休眠准备工作，并向车辆系统发出休眠请求命令；车辆系统判断满足休眠条件后，向信号车载系统二次确认休眠指令；确认完成后，列车完成断电休眠并反馈休眠结果，仅保持唤醒模块和车地通信设备不断电状态，此时，已完成列车休眠。

2.2 列车唤醒

列车唤醒方式分为3种：1）自动唤醒：列车根据列车运行图时刻表在规定的时间内自动唤醒；2）远程唤醒：由调度员人工操作远程向列车发送唤醒指令；3）本地唤醒：由工作人员上车按压唤醒按钮对列车进行唤醒。

信号车载系统收到唤醒指令后向车辆系统转发，车辆系统收到唤醒指令信息后接通列车低压供电电源；全列车低压电源上电后，各系统设备开始自动上电自检测试，自检完成后向控制中心反馈自检结果，车辆系统收到“信号上电自检成功”指令后，控制升弓；列车转入高压上电阶段，进行深入的静态测试和动态测试，在一

系列严格检测成功后,信号车载系统向控制中心及车辆系统报列车唤醒成功,列车可投入运营。

列车的休眠与唤醒机制是通过信号系统与车辆系统间详尽的信息交互得以实现。该过程遵循一系列严格的自检程序,以确保列车在休眠状态下能够安全地转入低能耗模式,并在必要时能够迅速且可靠地被唤醒,以恢复至正常运行状态。

在休眠状态下,列车会保持最低限度的能源供应,以维持基本的安全监控和通信功能。这种设计旨在平衡能源节约与安全监控之间的需求,确保列车在长时间停放或夜间非运营时段内能够保持最低程度的能源消耗,同时随时准备响应唤醒指令。

唤醒机制则是一个相反的过程。当列车需要投入运营或进行其他活动时,信号系统会发送唤醒指令至车辆系统。车辆系统在接收到指令后,会启动自检程序,检查所有关键设备和系统是否处于正常状态。一旦确认所有设备均处于良好工作状态,列车将逐渐恢复正常供电,并启动必要的电气设备和系统,以准备进入运行状态。

综上所述,列车的休眠与唤醒机制是一个复杂而精细的过程,涉及信号系统与车辆系统之间的紧密协作。通过严格遵循自检程序和确保设备状态的可靠性,该机制能够有效地降低列车在非运营时段的能耗,同时确保列车在需要时能够迅速且可靠地恢复正常运行状态。这对于提高列车运营效率、降低运营成本以及保障列车运行安全具有重要意义。

3 CBTC 系统正线存车技术

当前,城市轨道交通广泛采纳了基于无线通信技术的移动闭塞列车控制系统(CBTC),作为其核心信号系统。然而,传统的CBTC系统仅限于提供正线存车功能。

3.1 列车正线存车

完成日常运营任务后,列车会被停放在指定的存车线或车站,并进行人工断电操作,以切断列车电源。

3.2 列车投入运营前的准备工作

当需要将存放在车库的列车重新投入运营时,首先必须对列车进行人工上电和系统自检,以确保所有内部设备运行正常;司机将列车以限制模式(RM)驾驶,遵循地面信号和调度指令进行人工操作。在完成定位和筛选后,列车可在下一站切换至CBTC模式。

CBTC系统在正线实施存车功能,其核心机制建立在人工操作之上。

可通过在信号系统内预先设定存车计划,该计划涉及存车位置、数量及时段等关键参数,以确保列车能够依照既定方案精确停靠至指定位置。在存车过程中,系

统必须实时监控列车运行状态及环境因素,包括轨道占用情况、信号状态及安全距离等,旨在保障存车作业的安全性与效率。

然而,在存车后列车重新投入运营时,仍需借助人工驾驶进行定位和筛选,随后切换至CBTC模式。此切换流程要求操作人员具备高度的专业技能与经验,以确保切换过程的平稳与安全。具体而言,人工驾驶阶段需精确控制列车速度,逐步逼近目标位置,并通过视觉及系统反馈确认列车与信号系统的同步状态。在确认列车位置无误且信号系统准备就绪后,操作人员需执行一系列预设的操作步骤,以平滑地将列车从人工驾驶模式切换至CBTC模式。

总结来说,传统CBTC系统在处理存车功能时,流程相对烦琐,需要经过多个步骤的操作和检查。从人工断电、上电,到系统自检,再到以RM模式进行人工驾驶,直至升级至CBTC模式,这一系列操作确保了列车在重新投入运营前的安全性和可靠性。

4 CBTC 系统正线停车技术

随着科技的持续进步和城市轨道交通的迅猛发展,对传统基于通信的列车控制系统(CBTC)的存车功能进行智能化升级也迫在眉睫。智能化升级的主要目的是简化操作流程,提升工作效率,同时确保列车运行的安全性和可靠性。CBTC系统正线停车功能的智能化升级,不仅可以提高列车调度的灵活性,还能有效减少人为操作错误,进一步提升轨道交通系统的整体性能。

通过对CBTC列车在预定位置断电并终止运营前的精确位置数据进行记录,并结合在停车点增设的定位校准应答器,能够实现CBTC系统中正线停车技术的精确实施。

4.1 列车正线存车过程

依据运行图计划,完成运营任务的列车将运行至正线指定位置并停车,此时系统自动清除车次标识;遵照调度命令,通过人工操作执行列车断电程序,切断列车电源。此时,车载系统已记录列车最终的定位数据。

4.2 列车投入运营前的准备工作

当需将存置的列车重新投入运行时,首先应进行人工供电及系统自检,以确保列车内部各设备运行正常;系统提示CBTC模式可用,列车可升级至CBTC模式,并依据运行图计划开始载客运营。

相较于传统CBTC系统正线存车功能,CBTC系统正线停车技术在特定停车位置增设定位设备,并通过软件实现定位存储功能。该功能使得正线上的列车能够在停放站直接升级为CBTC模式,从而减少人工驾驶的需求。

CBTC系统正线停车功能显著提升了运营效率。列车

在切换至CBTC模式后,能够依据预先设定的行车计划自动调节运行速度及停靠站点,有效降低了人工干预的频率,保障了列车运行过程的连贯性和稳定性。

再者,CBTC系统正线停车功能增强了系统的灵活性与可扩展性。随着城市轨道交通网络的不断拓展,该功能能够轻松适应不同线路与车站的需求,为未来的系统升级与扩展提供了有力支持。

最后,从经济角度来看,该功能通过减少人工驾驶需求,降低了运营成本。同时,智能化的操作模式也提升了乘客的出行体验,增强了城市轨道交通的竞争力。

综上所述,CBTC系统正线停车功能在定位精度、运营效率、系统灵活性以及经济性等方面均表现出显著优势,为城市轨道交通的智能化发展提供了新的思路与方向。

5 城市轨道交通正线停车技术发展趋势

随着人工智能和大数据等现代科技的飞速进步,城市轨道交通系统正步入智能化转型的新时期。全自动运行系统因其高效性、安全性及便捷性,已成为轨道交通领域的发展趋势。尽管如此,我国已建成的基于通信的列车控制系统(CBTC)项目尚未达到大规模改造的年限,加之全自动运行系统的高投入成本,导致目前大多数城市轨道交通线路仍在使用的CBTC系统。

在当前阶段,实现CBTC系统的正线停车功能具有重大意义。这不仅能够显著提升运营效率、减少能源消耗,还能减少列车专用停车场的数量,从而大幅降低土地占用。这不仅是对我国绿色发展理念的积极践行,也是推动城市可持续发展的重要策略。通过这一功能的实现,我们能够有效地响应国家对于节能减排和土地资源合理利用的号召,同时为城市居民提供更为便捷、高效的出行服务。

在技术创新方面,正线停车功能的实现将推动相关技术的进一步发展。例如,通过引入先进的车辆定位和监控技术,可以确保列车在正线上的安全停放和准确调度。此外,这一功能的实现还将促进智能调度系统的完善,通过数据分析和预测,优化列车运行计划,减少延误和故障的发生。

首先,实现CBTC系统的正线停车功能能够显著提升列车的运营效率。列车在正线上的存放,使得列车能够在最短时间内完成停车和启动操作,缩短了运行周期,提高了运营效率。这一过程的优化,不仅减少了乘客的等待时间,也提高了整个轨道交通网络的吞吐能力,从而提升了整个城市的交通效率。

其次,正线停车功能的实现有助于降低能耗并减少列车专用停车场的数量。通过减少列车出入场段的空载

运行,可以显著减少能源浪费,提升能源利用效率。同时,通过合理规划,减少列车专用停车场的建设规模,也能有效控制能源消耗,并降低土地占用,为城市节约宝贵的土地资源。在当前全球能源紧张和环境保护日益受到重视的背景下,这一功能的实现无疑是对可持续发展理念的有力支持。

在社会层面,正线停车功能的推广将对城市居民的生活产生积极影响。它不仅能够缩短乘客的通勤时间,还能提高出行的舒适度和安全性。随着轨道交通效率的提升,城市居民将享受到更加便捷的交通服务,从而提高生活质量,促进社会和谐稳定。

在现有CBTC项目未达到大修改造年限的情况下,实现CBTC正线停车功能,将有助于提高运营效率、降低能耗、减少土地占用,为我国城市轨道交通的可持续发展奠定坚实基础。这一功能的实现,将使城市轨道交通系统更加高效、环保,为城市居民带来更加便捷、舒适的出行体验,同时也为城市的绿色发展贡献一份力量。

结论

总书记强调,我们必须持续深化轨道交通的发展,致力于构建一个综合、绿色、安全、智能的立体化城市轨道交通体系。^[1]在当前城市化快速推进、人口密集的背景下,城市轨道交通向智能化、节能化方向发展已成为不可逆转的趋势。

为了满足智能运输组织的需求,正线停车技术在城市轨道交通中的应用变得尤为关键。这项技术不仅有助于降低能耗,还能缓解日益紧张的土地资源问题,充分体现了国家绿色环保的理念。在自动运行和CBTC模式下的正线停车功能,各有特色,它们在实际应用中能够发挥各自的优势。在城市轨道交通的发展过程中,我们必须充分认识到正线停车技术的重要性,积极研究和推广先进的技术和设备,为市民提供便捷、舒适的出行体验,助力国家实现绿色低碳发展目标,实现城市交通系统的可持续发展,推动城市轨道交通智能化、节能化发展,为全球城市轨道交通体系建设提供中国方案。

综上所述,我们必须紧密围绕总书记的指示,加大科技创新力度,推动城市轨道交通向智能化、节能化方向发展,为构建绿色、安全、智能的立体化城市轨道交通系统贡献力量。

参考文献

[1]中国城市轨道交通协会.中国城市轨道交通智慧城轨发展纲要[Z].2020-03-12.

[2]中国城市轨道交通协会.中国城市轨道交通绿色城轨发展行动方案[Z].2022-08-18.