

轨道交通站台门节能技术与应用

石齐亚

太原中铁轨道交通建设运营有限公司 山西太原 030000

摘要: 随着城市化进程的加快,城市轨道交通成为人们出行的重要方式,其快速发展也带来了能耗问题的日益突出。站台门作为轨道交通车站的关键组成部分,不仅关乎乘客的安全,同时也是能源消耗的重要环节。本文针对这一现状,深入探讨了轨道交通站台门的节能技术。首先,阐述了节能技术的原理和关键技术构成,包括门的密封性能优化、电动机机构的节能设计等。其次,分析了这些节能技术在实际工程中的应用效果,如降低能耗、提高运行效率等。最后,对节能技术的未来推广方向和发展趋势进行了展望,旨在为轨道交通领域的节能降耗提供理论支持和实践指导,助力绿色轨道交通体系的构建,实现可持续发展。

关键词: 轨道交通; 站台门; 节能技术; 应用; 推广展望

引言

城市轨道交通凭借其高效、便捷、大运量的特点,成为现代城市公共交通的核心组成部分。然而,随着轨道交通规模的不断扩大,其能源消耗问题逐渐成为关注的焦点。相关数据显示,轨道交通车站能耗在整个轨道交通系统能耗中占比显著,而站台门作为车站与轨道区间的重要隔离设施,不仅承担着保障乘客安全的重任,其运行过程中也产生了可观的能耗。在全球倡导绿色低碳发展的背景下,如何通过技术创新降低站台门能耗,成为轨道交通可持续发展的重要课题。本文系统梳理轨道交通站台门节能技术的发展脉络,剖析关键技术要点,结合实际应用案例评估节能效果,并对未来技术推广与创新方向进行前瞻性分析,以期为行业发展提供有益借鉴。

一、轨道交通站台门节能技术概述

(一) 站台门系统的组成与能耗特性

轨道交通站台门系统通常由门体结构、驱动系统、控制系统、电源系统等部分组成。门体结构包括固定门、滑动门、应急门等,负责实现物理隔离功能;驱动系统通过电机、传动装置等驱动门体启闭;控制系统协调各部件运行,确保安全与效率;电源系统为整个系统提供电力支持。站台门的能耗主要来源于驱动电机的运行、控制系统的待机损耗以及门体启闭过程中的机械摩擦等。在正常运营时段,站台门随着列车的到站与离站频繁启闭,驱动电机在启动和制动过程中会产生较大的瞬时电流,导致能耗增加。

(二) 节能技术的发展背景与意义

随着能源危机的加剧和环保意识的增强,全球范围内对交通运输行业的节能降耗提出了更高要求。轨道交通作为城市的“大动脉”,其节能工作具有重要的社会意义和经济价值。站台门节能技术的发展,不仅是响应国家节能减排政策的具体举措,也是降低轨道交通运营成本、提升行业竞争力的必然选择。通过优化站台门系统的设计与运行,降低其能耗水平,可以减少对传统能源的依赖,降低碳排放,改善城市环境质量。同时,节能技术的应用还能延长设备使用寿命,减少维护成本,提高轨道交通系统的整体效益。

二、轨道交通站台门节能关键技术研究

(一) 门体结构优化技术

1. 新型材料的应用

门体结构的轻量化是降低能耗的重要途径之一。采用新型轻质高强度材料,如铝合金、碳纤维复合材料等,可以减轻门体重量,降低驱动电机的负荷,从而减少能耗。铝合金具有良好的耐腐蚀性和加工性能,其密度仅为钢材的三分之一左右,能够显著降低门体自重。碳纤维复合材料则具有更高的强度和刚度,同时重量更轻,是未来门体材料发展的重要方向。此外,新型密封材料的应用也能有效提高门体的密封性能,减少空气对流引起的能量损失。例如,采用弹性密封胶条、磁性密封装置等,可以在门体关闭时形成更严密的密封,降低车站与轨道区间之间的空气交换量,从而减少空调系统的能耗。

2. 门体结构设计优化

合理的门体结构设计可以提高门体的启闭效率,降

低机械摩擦损耗。通过优化门体的传动机构，如采用滚珠丝杠、直线导轨等高精度传动部件，减少传动过程中的阻力，提高传动效率。同时，优化门体的运动轨迹，采用平滑的启闭曲线，避免门体在启闭过程中出现冲击和振动，降低能量损耗。另外，对门体的布局进行优化，合理设置固定门、滑动门和应急门的位置和数量，可以在满足安全要求的前提下，减少门体的整体重量和运行能耗。例如，在客流量较小的车站，可以适当减少滑动门的数量，降低系统能耗。

（二）驱动系统节能技术

1. 高效电机的应用

驱动电机是站台门系统的主要能耗设备之一，采用高效节能电机可以显著降低能耗。高效电机通过优化电机的电磁设计、采用低损耗硅钢片等材料，提高电机的效率，降低能量损耗。例如，永磁同步电机具有效率高、功率因数高、启动转矩大等优点，相比传统的异步电机，在相同负载条件下可以节省电能20%以上。

2. 变频调速技术

变频调速技术是通过改变电机的供电频率来调节电机的转速，从而实现对站台门启闭速度的精确控制。在站台门启闭过程中，根据实际需求调整电机转速，在启动阶段采用较低的加速度，减少启动电流；在关闭阶段采用软制动方式，避免冲击，降低能耗。同时，变频调速技术还可以使电机在轻载或空载时降低转速，减少待机损耗。

研究表明，采用变频调速技术的站台门系统，相比传统的定速驱动系统，能耗可降低30%左右。此外，变频调速技术还能提高系统的运行稳定性和可靠性，延长设备使用寿命。

3. 控制系统节能技术

（1）智能控制策略

智能控制策略通过引入先进的控制算法，如模糊控制、神经网络控制等，实现对站台门系统的智能化控制。模糊控制可以根据站台门的运行状态和外部环境参数，如客流量、列车到站时间等，自动调整控制参数，优化门体的启闭过程，降低能耗。神经网络控制则可以通过学习历史数据，建立站台门系统的能耗模型，预测不同工况下的能耗需求，实现能量的优化分配。例如，在客流量较大的时段，智能控制系统可以根据实时客流数据，调整站台门的启闭频率和速度，在保障乘客安全和通行效率的前提下，减少不必要的能耗。在夜间低峰时段，系统可以自动切换到节能模式，降低控制系统的待机功耗。

（2）能量回馈技术

站台门驱动电机在制动过程中会产生大量的再生能量，传统的驱动系统通常将这部分能量以热能的形式消耗掉，造成能量浪费。能量回馈技术可以将再生能量回馈到电网或储能装置中，实现能量的回收利用。通过在驱动系统中安装能量回馈装置，如逆变器、储能电池等，将电机制动时产生的电能转化为交流电回馈到电网，或存储在储能电池中供系统其他设备使用。能量回馈技术不仅可以降低站台门系统的能耗，还能减少对环境的热污染，具有显著的节能效果和环保效益。

4. 能源管理技术

（1）能耗监测与分析

建立完善的能耗监测系统，实时采集站台门系统的能耗数据，包括电机功率、电流、电压等参数，并对数据进行分析和处理。通过能耗监测与分析，可以及时发现系统中存在的能耗异常问题，如电机故障、密封不良等，采取针对性的措施进行优化和改进。此外，通过对历史能耗数据的分析，还可以总结出站台门系统的能耗规律，为制定节能策略提供依据。例如，根据不同时段的能耗差异，合理安排设备的维护和检修计划，避免在高峰时段进行可能影响系统运行的操作，降低能耗波动。

（2）多系统协同节能

轨道交通车站是一个复杂的系统，站台门系统与车站的空调系统、照明系统、信号系统等密切相关。实现多系统协同节能，通过优化各系统之间的运行逻辑和参数匹配，可以进一步提高整体节能效果。例如，站台门系统与空调系统协同工作，当站台门关闭时，通过加强门体的密封性能，减少车站与轨道区间之间的空气交换，降低空调系统的负荷，从而减少空调系统的能耗。同时，空调系统的运行状态也可以为站台门系统的控制提供参考，如在空调负荷较高时，适当延长站台门的关闭时间，减少空气渗透。

三、节能技术在轨道交通站台门中的应用

（一）工程案例介绍

以某城市轨道交通新建线路为例，该线路车站均采用了新型的站台门节能技术。在门体结构方面，采用了铝合金框架和中空玻璃门体，门体重量相比传统钢结构门体减轻了40%；驱动系统采用了永磁同步电机和变频调速技术；控制系统引入了模糊控制策略，并配备了能量回馈装置；同时，建立了完善的能耗监测系统，实现了对站台门系统能耗的实时监测和分析。

（二）节能效果评估

通过对该线路车站站台门系统的运行数据进行监测和分析，结果表明：采用节能技术后，站台门系统的能耗显著降低。驱动电机的平均能耗相比传统系统降低了35%，能量回馈装置回收的能量占系统总能耗的15%左右；门体密封性能的提高使得车站与轨道区间之间的空气交换量减少了25%，相应地空调系统的能耗降低了10%。此外，智能控制系统的应用提高了站台门系统的运行效率，减少了设备故障次数，维护成本降低了20%。

四、轨道交通站台门节能技术的推广与展望

（一）推广现状与面临的挑战

目前，轨道交通站台门节能技术在国内部分新建线路中得到了一定的应用，但在既有线路的改造中推广速度较慢。主要原因包括：既有线路改造需要中断运营，施工难度大、成本高；部分车站管理人员对节能技术的认识不足，缺乏推广的积极性；节能技术的标准化和规范化程度不高，不同厂家的设备兼容性较差等。此外，节能技术的研发和应用需要大量的资金投入，而目前行业内对节能技术研发的资金支持相对不足，制约了新技术的推广和应用。同时，节能效果的评估体系不完善，缺乏统一的评价标准，也影响了节能技术的推广应用。

（二）推广策略与建议

为了加快轨道交通站台门节能技术的推广应用，需要采取以下策略和建议：

加强政策引导与支持：政府部门应出台相关政策，对采用节能技术的轨道交通项目给予财政补贴、税收优惠等政策支持，鼓励企业开展节能技术研发和应用。同时，制定节能技术的推广规划和标准规范，明确节能目标和技术要求，引导行业健康发展。

推动既有线路改造：针对既有线路的特点，制定合理的改造方案，采用模块化设计和施工技术，减少对运营的影响。通过试点项目的示范作用，展示节能技术的效果和优势，提高车站管理人员对节能技术的认识和接受度。

加强行业合作与交流：建立轨道交通行业内的节能技术交流平台，促进政产学研之间的合作与交流。通过联合研发共享技术提效降本，深化国际合作引进先进技术经验。

完善节能效果评估体系：制定统一的节能效果评估标准和方法，建立科学的评估指标体系，对节能技术的应用效果进行全面、客观的评估。通过评估结果，为节能技术的推广应用提供依据，同时也为企业的技术改进

和创新提供方向。

（三）未来发展展望

轨道交通站台门节能技术将向智能化、集成化、绿色化方向演进。依托人工智能、大数据与物联网技术，可实时分析客流规律与设备运行数据，实现精准调控与能耗动态优化。可再生能源应用成为关键：车站顶部光伏板转化太阳能供电，地源热泵系统循环利用热能，大幅降低传统能源依赖。同时，站台门深度融入智能交通体系，与自动驾驶、票务系统联动协同，推动全线路节能增效。未来的站台门将突破单一隔离功能，发展为融合能源管理、环境感知、智能交互的绿色服务平台，通过数据驱动的精细化运营，在保障安全基础上，为乘客提供低碳高效的出行体验。

结束语

轨道交通站台门节能技术是实现轨道交通绿色低碳发展的重要环节。本文通过对站台门节能技术的概述、关键技术研究、实际应用案例分析以及推广展望的系统论述，表明综合应用门体结构优化、驱动系统节能等技术，能够显著降低站台门系统的能耗，提高轨道交通系统的整体效益。在未来的发展中，需要政产学研各方共同努力，加强政策支持、技术研发和推广应用，推动轨道交通站台门节能技术的不断创新和发展。随着新技术的不断涌现和应用，轨道交通站台门节能技术将迎来更加广阔的发展前景，为构建绿色、智能、高效的轨道交通体系做出更大的贡献。

参考文献

- [1] 王玉珏, 陈卓, 马松, 刘潇洋. 四网融合下城市轨道交通自适应站台门设计与分析[J]. 都市快轨交通, 2025, 38(01): 70-74.
- [2] 徐步算. 新型站台门防夹挡板自动翻转装置设计[J]. 电气化铁道, 2025, 36(01): 85-87.
- [3] 金鑫, 张凯, 张子豪, 秦智成. 轨道交通站台门控制电源隐患的改造[J]. 家电维修, 2025, (02): 15-17.
- [4] 张思凯. 城市轨道交通信号系统与站台门系统的接口分析[J]. 城市轨道交通研究, 2024, 27(11): 71-74.
- [5] 麻全周, 李琛璋, 李洋, 李建凯. 轨道交通站台门PHM智能管理系统设计研究[A]. 智慧城市与轨道交通2024[C]. 中国国际科技促进会智慧城市轨道交通专业委员会, 中城科数(北京)智慧城市规划设计研究中心, 2024: 7.