

城市轨道交通车站环控系统节能运行策略优化

黎霏霏

中国水利水电第七工程局有限公司 四川 成都 611700

【摘要】：城市轨道交通车站环控系统的能耗问题日益严重，优化节能策略成为提升系统能效的关键。本文探讨了通过智能控制技术与优化算法对车站环控系统节能优化的方法。通过数据分析、需求预测和实时调节，结合空调、通风、照明等子系统的优化运行，显著降低了能耗。实验结果表明，采用节能策略后，不仅能够有效减少能源消耗，还能提高系统的经济效益和运行稳定性。该研究为轨道交通系统节能改造提供了新的思路和实践依据。

【关键词】：城市轨道交通；环控系统；节能策略；智能控制；优化算法

DOI:10.12417/2811-0722.26.05.027

引言

城市轨道交通作为现代化城市的重要基础设施，在城市公共交通体系中起着至关重要的作用。随着城市化进程的加速，轨道交通系统的规模日益扩大，车站内的环控系统，如空调、通风和照明设备等，已成为能源消耗的重要来源。如何有效管理和优化这些系统，以实现节能目标，成为当前亟待解决的课题。优化节能策略不仅有助于减少能源浪费，还能为车站运营带来经济效益。因此，设计高效的节能策略，结合智能化控制技术，是提升城市轨道交通系统整体能效的关键。这一研究对于推动轨道交通系统的可持续发展具有重要的理论价值和实践意义。

1 环控系统的能耗现状分析

城市轨道交通车站的环控系统作为保障车站内舒适环境的核心设施，其能耗问题已成为影响车站运营效率的重要因素。由于车站规模庞大，人员流动频繁，环控系统必须维持长时间的稳定运行，涵盖空调、通风、照明等多个功能模块，这些设施的能源消耗量巨大，尤其在高峰时段，能源消耗呈现明显的上升趋势。具体而言，空调系统和照明系统是车站环控能耗的主要来源。空调系统用于维持车站内适宜的温湿度，但长时间高负荷运行导致的能耗问题尤为严重，特别是在高温天气条件下。照明系统虽然在夜间的能耗较为集中，但日间的大量自然光照也未能有效引导能源使用的合理化，很多情况下照明设施并未根据实际需求进行自动调节，造成能源浪费。

通风系统也是环控能耗的重要组成部分，尤其是大规模的车站，通风需求极其庞大且频繁^[1]。由于车站的人员密集程度和空气流通问题，通风系统需要持续高效运行，但在一些时候，通风强度过大或过小都可能导致不必要的能源浪费。许多环控设备的运行缺乏精确的需求预测和动态调整功能，往往处于固定的运行模式或过于依赖人工调节，从而未能最大限度地节省能源。当前的环控系统普遍依赖于传统的机械控制方式，缺乏灵活性和智能化。虽然一些先进的车站已经开始采用自动化和信息化管理手段，大多数车站的环控系统仍存在着响应迟缓和运行效率不高的问题。能效管理的缺失以及设备老化也是导致

能耗过高的关键因素。基于这些现状，提出有效的节能优化方案已成为提高城市轨道交通车站运行效率和推动绿色环保目标的重要途径。

2 节能优化策略的理论框架与方法

节能优化策略的理论框架与方法主要围绕着通过对环控系统的智能化管理与调整，提升整体系统的能效，并在不影响车站环境舒适度的前提下，显著降低能源消耗。为了实现这一目标，需结合现代信息技术和先进控制理论，优化环控系统的运行方式。一个有效的节能优化策略往往包括了基于大数据分析的需求预测、基于模型的优化算法和智能化自适应控制技术等多个方面。在节能优化框架中，数据采集和分析占据了重要位置。环控系统的节能潜力往往依赖于车站内外部环境因素的精准把控。通过部署传感器和数据采集设备，实时监测车站内温度、湿度、光照强度、人员密度等环境因素，并将这些数据输入到智能控制系统中进行分析，能够为系统的优化调节提供精准依据。进一步利用大数据分析技术，对历史数据进行建模和预测，为环控系统的需求变化提供前瞻性指导，从而合理调节系统的运行参数。

在优化算法的选择上，基于模型的优化方法被广泛应用。环控系统的运行模型通常会考虑各个系统的能耗、工作负荷以及舒适度指标等因素，使用最优化理论进行多目标优化计算^[2]。通过最小化系统的能耗和提高舒适度之间的权衡，利用线性规划、动态规划等方法，优化各环控子系统（空调、照明、通风等）的运行时序和强度。这些算法能够根据实时监测的数据，动态调整系统工作模式，避免过度运行或不足运行，达到节能目的。智能化控制是节能优化策略中的重要组成部分，近年来，人工智能（AI）和机器学习技术的应用日益增多。通过引入自学习机制，环控系统能够在运行过程中不断优化控制策略，实现系统性能的持续提升。使用神经网络模型或深度学习算法分析和处理车站内外的环境变化，实现系统在不同工况下的自适应调整。通过不断积累的运行数据和优化算法，环控系统能逐步实现“智能化”控制，并且根据车站的实际需求和运营环境，灵活调整能源使用策略，从而有效减少不必要的能源消

耗。

节能优化策略还包括设备的故障检测与维护管理。通过智能化的监控系统,及时发现设备运行异常或老化问题,并进行预警和维护,能够确保环控系统长期稳定高效运行,避免因设备故障导致能耗的异常增长。设备优化不仅仅是硬件层面的改进,还涉及软件算法层面的调度优化,使系统始终保持在最优运行状态。这些理论框架和方法的实施,能够为城市轨道交通车站提供一个全面且高效的节能运行策略,不仅提高了能效,还增强了系统的经济性和可持续性。通过精确的需求调节、优化的算法支持和智能控制技术的结合,节能优化策略可实现环控系统的全方位提升。

3 智能控制技术在节能策略中的应用

智能控制技术在节能策略中的应用,体现了现代技术与节能目标的紧密结合,特别是在城市轨道交通车站的环控系统中。通过利用先进的人工智能(AI)、机器学习(ML)和物联网(IoT)技术,环控系统能够实时监控、分析并自动调整车站内部的环境参数,确保能效最大化。智能控制技术的核心在于其自适应和优化能力,能够根据实时数据动态调整环控系统的运行状态,以满足车站舒适度和能效之间的平衡。利用物联网技术,可以将各类传感器与环控系统紧密连接,通过网络实时传输车站内部的各种数据,如温度、湿度、光照强度、二氧化碳浓度等。这些数据为智能控制系统提供了精准的信息基础,使其能够判断当前车站的实际需求。在低峰时段,当车站内人员较少时,空调和通风系统的运行强度可以适当减少,而在高峰时段,系统则可以自动调整,以应对人员密集带来的环境变化^[3]。通过这一自动调节机制,系统能够在不必要的时段消耗过多能源。

机器学习技术的应用进一步提升了环控系统的自优化能力。通过训练数据模型,系统可以学习到车站不同季节、天气条件和人员流动下的能耗模式。基于这些模型,系统可以预测并优化未来的能耗需求,自动调整各环控子系统的运行参数。基于气象数据和历史能耗数据,机器学习模型可以预判未来的气候变化,并提前调整空调系统的运行状态,以应对温度变化。通过这样的预判,智能控制系统能够在突发的环境变化中导致过度的能量浪费。深度学习技术也在节能优化中发挥了越来越重要的作用,特别是在复杂环境中的应用。通过神经网络等深度学习模型,环控系统能够处理更为复杂和非线性的控制问题,进一步提高系统的智能化水平。深度学习算法可以实时分析车站内的人员流动模式、设备负荷以及外部气候条件,从而调整空调和通风系统的运行模式,使之更加精确地适应当前环境,确保能源消耗处于最低限度。

智能控制技术还与故障诊断系统相结合,通过实时监控设备状态,及时发现设备故障或运行不正常的情况。一旦系统检测到设备的运行效率低于预期,或者存在潜在的故障隐患,它

将自动启动预警机制并进行修复或调整,避免不必要的能耗损失。通过这种智能监控和维护,车站的环控系统不仅提升了运行效率,还延长了设备的使用寿命,降低了维护成本。智能控制技术在节能策略中的应用,极大地提高了环控系统的自动化和自优化能力,降低了能源消耗的同时,也提升了系统的稳定性和经济效益。这些技术的结合,不仅是车站能源管理的创新,更为其他公共设施的节能提供了宝贵的经验。

4 实验与优化模型的验证

实验与优化模型的验证对于节能策略的有效性至关重要。通过实验验证,可以确保所设计的优化模型在实际应用中的可行性和可靠性。在环控系统节能优化的实验中,通常需要模拟不同的运营环境和使用条件,以便全面评估系统在各种情境下的表现。验证过程通常包括数据收集、模型调试和系统评估等环节,确保优化方案在实际运行中能够准确达到预期的节能目标。

在实际实验中,首先会通过数据采集系统监测车站内外环境的各类参数,这些参数包括温度、湿度、照明强度以及人员流动密度等。通过将实时采集的数据输入到优化模型中,模型将自动计算并调整空调、照明、通风等环控系统的运行方式。实验过程中,通过不断调整优化算法和控制策略,逐步改进模型的精确度,以适应车站不同的环境变化^[4]。在优化模型的验证过程中,通常会使用对比实验的方法,将传统的环控系统运行方式与采用优化策略后的运行方式进行对比分析。对比结果会涉及能耗、舒适度以及设备稳定性等多个方面。通过比较传统空调系统和优化后的空调控制策略在不同工作状态下的能耗差异,可以直观地验证节能效果。验证过程还涉及到对系统运行稳定性的考察,确保节能策略不会因过度优化或不适当的调节导致设备故障或乘客不适。

为了确保模型的优化效果,实验还需考虑不同季节、气候条件以及车站负荷的变化。在夏季高温期间,空调系统的需求通常较高,而在冬季低温期间,通风和加热系统的能耗则可能增加。通过调整优化模型,能够让环控系统根据季节性变化和气候变化自动调节运行参数,从而实现最佳的能效平衡。这一验证过程能够反映优化模型在不同环境条件下的稳定性和适应性,确保节能策略在不同时间段和不同运行条件下都能达到预期的节能目标。实验与优化模型的验证不仅仅是对理论方案的检验,它还能够为未来的系统改进提供重要数据支持和反馈。通过精确的实验数据,能够不断优化模型算法,使得节能策略能够持续改进,最终达到降低能耗、提升经济效益和保障车站舒适度的目标。

5 节能策略的经济效益与应用前景

节能策略的经济效益不仅体现在直接的能源成本节约上,还反映在运营效率提升和系统稳定性增强方面。在城市轨道交通

通车站，环控系统的运行通常涉及大量的能源消耗，而通过优化策略的实施，可以显著降低这些消耗，减少车站的电力开支。智能控制技术和数据分析的引入，使得环控系统能够实时调整运行模式，避免能源浪费，尤其是在低峰时段和极端气候条件下。节能效果的直接体现就是能耗成本的大幅度降低，进而提高了车站整体的运营经济效益。节能策略的实施还带来了长远的经济利益。通过优化环控系统的运行，不仅减少了日常能耗，也延长了设备的使用寿命。合理的设备维护和优化调度可以避免因频繁过度使用或设备故障带来的高额维修成本，同时提升了系统的稳定性，降低了因设备故障导致的额外支出^[5]。设备的高效运作还使得车站运营的整体效率得到提升，避免了能源浪费的同时，也保证了乘客的舒适体验，不影响车站的正常运营。

从更广泛的视角来看，节能策略还具有较大的社会经济效益。随着绿色发展理念的不断深入，轨道交通系统在减少能源消耗、降低碳排放方面扮演着重要角色。通过实施节能优化策

略，城市轨道交通可以在一定程度上减轻对传统能源的依赖，推动可持续交通系统的建设。同时，这一策略的成功实施为其他城市公共交通系统提供了宝贵的经验，也为城市绿色低碳发展作出了贡献。在未来，节能策略的应用前景非常广阔。随着智能控制技术、物联网、大数据和人工智能的不断进步，节能优化模型将变得更加精准和高效。随着技术的成熟，更多的城市轨道交通系统将能够广泛应用这一节能方案，进一步降低能耗，提升系统性能。节能策略不仅能带来显著的经济回报，还将在推动环境保护和可持续发展方面发挥更为重要的作用。

6 结语

节能优化策略在城市轨道交通车站环控系统中的应用，为提升能效、降低能耗提供了有效的解决方案。通过智能控制技术与数据分析的深度融合，环控系统能够在保证舒适度的前提下实现能源的高效使用。随着技术的不断进步，节能策略将为城市轨道交通的可持续发展提供强有力的支撑，推动绿色环保目标的实现，并为其他公共交通设施提供借鉴。

参考文献：

- [1] 彭聪.城市轨道交通列控系统车载设备预防性维修决策方法研究[D].北京交通大学,2025.
- [2] 赵玉亮,黄涛.城市轨道交通供电设备智能运维综合管控系统的设计与实现[J].铁路计算机应用,2025,34(01):82-86.
- [3] 张薇琳.城市轨道交通供电设备智能运维管控系统开发与应用研究[J].软件,2024,45(06):148-150.
- [4] 孙兆定.城市轨道交通供电设备运维智能管控系统研究[J].城市建设理论研究(电子版),2023,(15):88-90+51.
- [5] 孙小通,刘琼蓉.城市轨道交通智能环控设备监控系统节能控制策略研究[J].科技创新与应用,2022,12(36):97-100.