

轨道交通建筑节能设计的理论与技术体系

王海

天津市政工程设计研究总院有限公司, 天津 300000

DOI:10.61369/UAID.2026010037

摘 要 : 为了适应当前的绿色建筑发展背景, 提高轨道交通建筑节能效果, 本文对其节能设计理论和技术体系进行研究。根据被动式、系统协同、全周期节能以及可持续发展等理论, 从建筑本体、机电系统、运营管理和可再生能源利用等维度构建完善的节能技术体系。希望能够为后续同类建筑的节能设计提供科学参考。

关 键 词 : 轨道交通建筑; 节能设计理论; 节能设计技术体系

Theory and Technical System of Energy Efficiency Design for Rail Transit Buildings

Wang Hai

Tianjin Municipal Engineering Design & Research Institute Co., Ltd. Tianjin 300000

Abstract : In order to adapt to the current background of green building development and improve the energy-saving effect of rail transit building, this paper studies its energy-saving design theory and technical system. According to the theory of passive, synergistic, full cycle energy saving and sustainable development, a perfect energy-saving technology system is constructed from the dimensions of architecture, electromechanical system, operation management and renewable energy utilization. It is hoped to provide a scientific reference for the energy-saving design of similar buildings.

Keywords : rail transit building; energy-saving design theory; energy-saving design technology system

前言

在现代城市公共交通系统中, 轨道交通建筑属于枢纽工程项目。它的节能设计主要指利用科学的节能理论和先进的节能技术, 对建筑全生命周期内的能源利用进行优化, 以此来降低其能源消耗和环境污染, 满足城市轨道交通绿色化发展需求。这样不仅能够合理降低城市轨道交通领域运行中的能源压力, 保护生态环境, 同时也可以达到经济运营效果^[1]。

一、轨道交通建筑节能设计基本理论

从当前的城市轨道交通建筑来看, 其节能设计的基本理论主要应该包含以下四个方面。第一是被动式节能, 就是合理利用建筑物基本形态、围护结构以及外部自然条件等, 对室内采光环境以及热环境进行合理优化, 以此来降低主动系统的运行能耗^[2]。比如合理规划高架车站和地面站朝向、提高围护结构保温性能或者合理优化建筑体型系数等, 让自然采光通风条件保持良好, 从而合理替代人工照明和通风等设备, 达到低成本、高环保的节能设计效果。第二是系统协同节能, 考虑到轨道交通建筑是一个包含建筑本身、机电系统和运营管理系统等的复杂工程体系, 各个体系之间只有保持紧密关联, 才能够达到整体节能目标^[3]。因此该理论将传统单一系统节能设计模式彻底打破, 强调多系统之间的协同联动。例如通过加强围护系统保温层设计的方式来降低建筑空调运行能耗, 或通过运营系统的节能设计来确保设备运行效

率和节能效果等, 让轨道交通建筑功能性、实时性及其节能性得到全面兼顾^[4]。第三是全周期节能, 这个理论认为轨道交通建筑的节能设计应该贯穿到规划、材料选型、建设施工、运营管理以及拆除等全流程中, 确保各个环节的节能效果, 达到全周期节能目标。例如合理规划建筑选址、尽量选择绿色材料、加强绿色施工管控、严格实施绿色低碳运营、拆除后材料回收再利用等。这样就可以让轨道交通建筑全周期能耗都得到合理控制, 为整体建筑规划到拆除全流程的绿色化和节能化目标实现提供有力支持。第四是可持续发展, 这是轨道交通建筑节能设计过程中的核心理论, 它要求兼顾到现代以及后现代重要发展权益, 将传统注重建设、轻视节能的轨道交通设计模式废除, 在设计中优先使用可再生型材料以及绿色化技术, 以此来有效降低不可再生能源消耗量, 并进一步减少此类建筑的碳排放量。如此便可让轨道交通建筑和现代城市生态之间达到协调可持续发展效果, 与我国绿色城市建设以及“双碳”背景做到高度契合^[5]。

二、轨道交通节能设计主要技术体系

根据轨道交通节能设计的基本理论，在具体节能设计过程中，设计者应该合理构建以下几个关键技术体系，以此来确保整体建筑节能设计效果。

（一）建筑本体节能技术

作为实现节能目标的重要基础，在轨道交通建筑节能设计技术体系中，建筑本体节能应该作为一个首要组成部分。具体设计时，设计者应该将被动式以及全周期节能理论作为基本依据，对轨道交通建筑的本体造型、围护结构以及采光通风进行合理优化。一般情况下，这种建筑的体型应该设计为紧凑式，根据现场实际情况以及建筑应用需求等，来合理规划它的朝向和体型系数，并注意做好遮阳类构件设计。利用高效环保型材料来设计它的围护结构，并根据实际情况对屋面、墙体以及门窗等设计进行合理优化^[6]。同时应该对自然采光以及自然通风条件加以充分利用，必要时可以将光导管技术引入地下车站，以此来有效降低人工能耗。表1为轨道交通建筑围护结构典型节能材料及其基本情况。

表1- 轨道交通建筑围护结构典型节能材料及其基本情况

序号	名称	主要优势	适用部位
1	岩棉保温板	保温防火，废料可回收	屋面、墙体
2	挤塑聚苯板	保温防水，使用寿命长	地面、屋面
3	Low-E中空玻璃	保温隔热，防辐射效果好	天窗、门窗

（二）机电系统节能技术

在轨道交通建筑运营过程中，很大一部分能耗都来源于机电系统。因此设计者应基于系统协同以及全周期节能设计理论，将机电系统按照给排水、照明、空调通风以及供电这四个系统进行划分。对于给排水系统，设计时可合理引入高效变频水泵来确保运行效率，并定期对水泵进行维护，以免故障或运行效果不佳而增大能耗^[7]。同时应该在地下站合理设置中水循环系统，用来回收和处理冷凝水、雨水等，将处理之后的中水用作冲洗和绿化等水源，以此来实现水资源的合理节约。照明系统中的所有灯具都应选择节能且耐用的LED灯具，设计时还应合理优化照明布局，使其和自然采光达到良好配合效果，并利用智能化系统进行分区、分时以及感应控制，从而有效降低照明系统能耗，进一步延长灯具使用寿命。空调通风系统是整体机电系统中的核心组成部分，因此设计者应采取合理的措施进行节能设计，比如在地下车站引入回风和新风联动模式，利用自动化控制系统，根据客流量以及环境情况等来动态调节空调系统风量，进而最大化降低系统能耗；同时也应该加强地面站的自然通风设计，以此来合理降低空调系统运行负荷，进一步提高整体系统节能运行效果^[8]。而针对供电系统，设计者应该根据实际需求对变压器容量及其布局进行合理优化，尽量选用高效设备来降低系统能耗。同时也可以通过太阳能发电、列车制动电能回收等方式来实现多元化能源利用与供给，从而达到良好的节能设计效果。

（三）运营管理节能技术

对于轨道交通建筑，节能设计时，运营管理方面的节能设计效果将会直接决定整体建筑各系统协同节能效果，因此它的节能设计也是整体建筑节能技术的关键发展方向。为满足整个轨道交通建筑中各系统的节能设计需求，设计者应该将系统协同以及全周期节能等理论作为依托，分别从制度、运维以及策略等层面上合理优化运营管理，争取利用最少投资达到最佳节能运营管理效果。首先是节能制度优化，设计者应该根据此类建筑的基本情况以及其他同类建筑节能管控经验等，为其整体节能运营管理构建完善的制度体系，明确各参与方基本管理任务和职责等。并加大力度为相关人员提供轨道交通建筑节能运维管理方面的宣传、教育、培训等，在此基础上设置严格的考核机制，让人员节能运营管理考核结果与其薪资待遇、晋升机制等挂钩，以此来提高人员重视程度，避免人为因素对建筑节能运营管理效果产生不利影响。其次是运维管理方案设计优化，设计时应结合此类建筑的实际情况，将围护结构以及机电设备作为重点运维对象，合理设计日常运维内容和定期检修时间等，确保这些结构与设备都能够得到及时清理、检修，老化、破损部件均能得到及时维修或者更换^[9]。这样就可以进一步确保各类重要设备的运行效率，避免设备故障或运行情况不佳引起的额外能耗，并进一步延长各设备使用寿命。最后是节能运营管理策略优化，在此过程中，设计者应该结合当前先进的大数据、信息化、自动化以及人工智能等技术，为轨道交通建筑设计一个节能运营管理系统。利用传感器实时检测各系统运行状态，通过物联网向系统实时传输监测数据，由系统中的大数据算法和人工智能模型等来实时进行数据分析，根据分析结果来生成自动化控制指令，并及时发送给各设备执行机构来动态控制设备运行参数。如此就可以让轨道交通建筑中的各设备、系统运行参数得到自动化与智能化精准调节，充分发挥节能技术作用，实现整体建筑能耗的最大化节约。

（四）可再生能源利用技术

轨道交通建筑的节能设计应该遵循全周期以及可持续发展理论，对可再生能源进行合理利用，以此来替代传统不可再生能源，达到良好的节能减排设计效果。就目前的轨道交通建筑来看，具体设计时，设计者可以将太阳能、地热能以及风能等可再生能源合理引入，用它们来替代传统建筑运营中的石化能源，从而进一步降低建筑能耗与碳排放量，满足“双碳”背景下的轨道交通建筑绿色化与节能化设计要求^[10]。表2为现代轨道交通建筑设计中的几种典型可再生能源利用技术及其应用场景。

表2- 现代轨道交通建筑设计中的几种典型可再生能源利用技术及其应用场景

序号	技术	应用场景
1	光伏发电技术	高架车站或地面车站屋面
2	光导管采光技术	地下车站公共区域
3	平板集热器供能技术	车站值班室或卫生间
4	地源热泵制冷技术	地下车站空调系统
5	地源热泵采暖技术	寒冷地区各类车站
6	小型风力发电技术	高架车站车辆停靠或平台段

三、结束语

总之，轨道交通建筑的节能设计应该遵循绿色化与低碳化基础理念，依托于被动式节能、系统协调节能、全周期节能以及可持续发展等重要理论，为建筑本体、机电系统、运营管理以及资源利用等构建科学完善的节能设计技术体系。根据轨道交通建筑

实际情况，将节能技术、策略、设备以及制度等合理引入设计过程中，让各类节能技术的应用优势得到最大化发挥。同时应该将当前先进的信息化、自动化和智能化等技术引入，为整体建筑的节能设计提供技术支撑。如此便可以充分满足现代轨道交通建筑的节能设计要求，促进此类建筑的绿色、节能以及可持续发展。

参考文献

[1] 张洁贞,陈庆周,赵媛,等. 基于智能建筑技术的轨道交通站点设计探究 [J]. 智能建筑与智慧城市, 2023(12):170-172.
[2] 马云良. 轨道交通盾构车站建筑设计问题研究 [J]. 运输经理世界, 2024(1):4-6.
[3] 余海,刘曦,李团社,等. 轨道交通综合枢纽地域适应性设计策略研究——以西安东站为例 [J]. 城市建筑, 2025,22(16):65-68.
[4] 王韬. 地铁车站建筑设计与城市交通规划的关系研究 [J]. 建筑与装饰, 2025(15):88-90.
[5] 张桦楠. 轨道交通已运营线路改造设计分析 [J]. 运输经理世界, 2024(4):4-6.
[6] 李凯. 新基建背景下绿色建筑低碳节能设计研究 [J]. 佛山陶瓷, 2025,35(6):86-88.
[7] 韩雪. 被动式节能技术在绿色建筑设计中的应用 [J]. 中国住宅设施, 2023(8):25-27.
[8] 罗定鑫,韩颖竹,吴疆,等. 绿色城市轨道交通评价指标体系研究 [J]. 建筑节能 (中英文), 2023,51(6):110-114.
[9] 余松泰. 基于绿色低碳理念的城市轨道交通车站建筑节能设计研究 [J]. 高铁速递, 2025(15):37-39.
[10] 曾圣. 基于智慧城市理念的建筑设计方案研究 [J]. 河南建材, 2023(9):71-73.