

监测、路况检测和信息化平台建设滞后,导致数据支撑能力有限;其二,运营服务体系相对薄弱,农村客运线路覆盖率和货邮融合程度偏低,交通资源整合效率不高;其三,绩效考核机制与资金保障体系衔接不畅,缺乏有效的激励约束机制。针对上述问题,应加快推进数字化养护体系建设,完善“客货邮融合”一体化运营模式,并建立绩效结果与财政拨款挂钩机制,以增强资金使用效益与治理激励效应,从而实现农村公路系统的协调发展与可持续运行。

4.3 评价体系的政策支撑与推广意义

本评价指标体系的应用验证了其在科学性、可操作性和政策导向性方面的有效性。该体系不仅能够定量反映地区农村公路发展的整体水平,还可为政府决策提供依据。通过指标得分,可辅助地方政府优化投资结构、调整养护策略、制定发展规划。同时,评价结果可纳入财政资金分配、绩效考核与示范项目评选,形成政策激励导向。若在全国范围内推广,可实现区域间数据标准统一与发展水平横向比较,促进优质经验共享。建立基于该体系的动态监测平台,有助于实现农村公路高质量发展的全过程监督与持续改进,为交通强国与乡村振兴战略提供坚实的制度保障和技术支撑。

5 指标体系完善与未来发展路径

5.1 推进数据标准化与信息化建设

“四好农村路”高质量发展评价指标体系的长期运行离不开高质量的数据支撑。当前农村公路数据来源分散、口径不一,影响了指标体系的可比性与科学性。为实现指标体系的可持续应用,应全面推进农村公路信息化建设,推动“路线—资产—养护—运行—安全—服务”全过程数字化管理。建立统一的国家级农村公路数据平台,明确数据采集标准、更新频率与共享机制,实现部门间、区域间数据互联互通。通过物联网感知、遥感监测与区块链数据存证等技术手段,可提高数据的真实性与时效性,为科学评估、动态监管和政策决策提供精确支撑。数据标准化与信息化不仅提升管理效率,也为指标体系的智能化评估与预测分析奠定基础。

5.2 动态评价机制与持续改进路径

高质量发展的本质是持续优化与动态提升,评价体系也应具备适应变化的灵活性。应建立指标动态调整与定期审查机制,根据政策导向、技术进步和区域发展阶段适时修订指标内容与权重结构,确保体系始终契合时代要求。同时,应建立“评价—反馈—改进—再评价”的循环机制,将评估

结果与政策调整、资金分配及项目考核相结合,形成闭环管理。通过大数据分析 with 智能决策系统,对评价结果进行趋势研判与预警识别,推动农村公路建设、养护与运营持续优化。动态改进不仅能反映发展阶段特征,还能增强体系的前瞻性与实效性,实现从静态评估向过程监管与绩效导向的转变。

5.3 构建分层分类差异化评价体系

我国地域广阔、经济与地理条件差异显著,统一标准难以全面反映区域特征。构建分层分类的差异化评价体系,是实现科学评估与精准指导的必然要求。应依据区域类别(东部、中部、西部、东北)建立分层标准,兼顾发展水平与生态条件差异。欠发达地区应重点考核“可达性改善”“基础设施完善度”等指标,突出通达性与民生保障;经济发达地区则应增加“智能化管理”“运营服务质量”等指标,强化高效与可持续发展导向。评价结果应与区域政策相衔接,形成“分类指导、因地施策”的长效机制。差异化体系的构建,不仅体现公平与效率并重的原则,也能引导资源科学配置,促进全国农村公路高质量发展的协调推进。

6 结语

构建科学的“四好农村路”高质量发展评价指标体系,是推动农村公路建设转向高质量发展的重要路径。本文从理论基础、设计逻辑、指标内容、应用实践与完善路径五个层面系统展开,提出涵盖建设、管养、运营、治理四大维度的指标体系,并在典型地区实践中验证其有效性。评价工具不仅有助于区域自主诊断、支撑政策制定,还能实现全国范围内的标准化评价、比较分析与提升导向。未来,应进一步推进评价指标体系的信息化建设、指标动态完善与分类实施,以期真正实现“路网高效化、设施耐久化、服务优质化、治理智能化”的目标,为乡村振兴和交通强国建设提供坚实支撑。

参考文献

- [1] 刘芝.数字技术赋能农村生态文明建设的 路径研究[D].贵州大学,2024.
- [2] 杨勳璟.乡村振兴背景下S区“四好农村路”发展水平评价[D].重庆交通大学,2024.
- [3] 李曼姝.基于高质量发展的农村公路绩效评价研究[D].河南财经政法大学,2023.
- [4] 朱雨晴.四好农村路发展水平评价指标及模型研究[D].长安大学,2019.
- [5] 龙成伟.“四好农村路”规划与实施效果评估研究[J].交通世界,2024,(13):2-5.

Application of Energy-saving Technology of Building Curtain Wall in Cold Region

YaJing Wang

Xinjiang Haochen Architectural Planning and Design Research Institute Co., Ltd., changji, xinjiang, 831100, China

Abstract

With the continuous improvement of building energy efficiency requirements, research on curtain wall energy-saving technologies in cold regions has become a key focus of the industry. This paper systematically analyzes the current application status and development trends of curtain wall energy-saving technologies, addressing the characteristics of prolonged winter cold and high heating energy consumption in cold regions. The study demonstrates that key technologies such as double-layer curtain wall systems, high-efficiency insulation materials, triple-glass with two-cavity and triple-glass with triple-silver configurations, and intelligent control systems can significantly reduce thermal losses in curtain wall systems and enhance overall building energy efficiency. Through practical cases like the Harbin Grand Theatre, the effectiveness of passive energy-saving designs in large public buildings in cold regions is verified, providing theoretical basis and practical references for curtain wall design under similar climatic conditions. The research findings indicate that the rational application of curtain wall energy-saving technologies can reduce building energy consumption by 20%-30%, which is of great significance for achieving near-zero energy consumption building goals.

Keywords

building curtain wall; energy-saving technology; cold region; double curtain wall; thermal performance

建筑幕墙节能技术在严寒地区的应用研究

王雅静

新疆昊辰建筑规划设计研究院有限公司, 中国·新疆 昌吉 831100

摘要

随着建筑节能要求的不断提高, 严寒地区建筑幕墙的节能技术研究已成为行业关注的重点。本文针对严寒地区冬季寒冷漫长、采暖能耗高的特点, 系统分析了建筑幕墙节能技术的应用现状与发展趋势。研究表明, 通过双层幕墙系统、高效保温材料、三玻两腔及三玻三银玻璃配置、智能化调控等关键技术, 可显著降低幕墙系统的热损失, 提升建筑整体能效。结合哈尔滨大剧院等实际案例, 验证了被动式节能设计在严寒地区大型公共建筑中的实际效果, 为类似气候条件下的建筑幕墙设计提供了理论依据和实践参考。研究结果表明, 合理的幕墙节能技术应用可使建筑能耗降低20%-30%, 对实现近零能耗建筑目标具有重要意义。

关键词

建筑幕墙; 节能技术; 严寒地区; 双层幕墙; 热工性能

1 引言

严寒地区冬季寒冷漫长, 大型公共建筑面临高采暖能耗和低运行效率的挑战, 这使得被动式节能设计在此类建筑中显得尤为重要。随着城市化进程加速和建筑规模不断扩大, 建筑能耗已占全球总能耗的 30% 以上, 在严寒地区这一问题尤为突出。幕墙系统作为建筑外围护结构的重要组成部分, 其热工性能直接影响建筑的整体能耗和室内热舒适性。

近年来, 国内外学者对严寒地区幕墙节能技术进行了

多方面研究。哈尔滨大剧院的实践表明, 通过优化体型系数、利用双层幕墙、结合地形地势等被动式设计策略, 可有效降低建筑热损失。此外, 干砌砌块等新型围护结构技术的开发, 为提升建筑幕墙热阻提供了新的解决方案等新型围护结构技术的开发, 为提升建筑幕墙热阻提供了新的解决方案。干砌砌块其原理核心是“结构构造+材料特性”双重作用: 砌块采用低导热系数的无机复合原料制成, 如陶粒、珍珠岩等轻质骨料掺合水泥基材料, 本身具备基础保温能力; 同时采用无砂浆干砌工艺, 砌块拼接处形成连续的微小空气间层, 空气导热系数极低, 可有效阻断热量传导路径, 配合砌块内部预设的封闭空腔结构, 进一步提升热阻, 减少热桥效应^[1]。

尽管幕墙节能技术已有长足发展, 但在严寒地区的应

【作者简介】王雅静(1991-), 女, 中国河南周口人, 本科, 工程师, 从事建筑幕墙装饰设计研究。

用中仍面临诸多挑战,如热桥效应、材料耐候性、冷凝控制及长期性能维护等问题。本文基于现有研究成果,系统分析各类幕墙节能技术在严寒地区的适用性、效能及发展趋势,旨在为相关设计与实践提供参考。

2 严寒地区气候特征与幕墙节能基础理论

2.1 严寒地区气候特点

严寒地区主要指中国建筑气候分区中的严寒地区,这些区域最冷月平均温度通常低于 -10°C ,冬季持续时间长达5个月以上,气温年较差大。严寒地区典型城市气候参数对比见表1,此类地区的气候特征主要表现为:低温持续时间长、风速大、冬季采暖期长、太阳辐射强度差异大等。这些气候条件对建筑幕墙的性能提出了特殊要求,尤其需要优异的保温性能和严密的气密性。

表1 严寒地区典型城市气候参数对比

| 城市 | 最冷月平均温度($^{\circ}\text{C}$) | 采暖期(天) | 年平均风速(m/s) | 极端最低温度($^{\circ}\text{C}$) |
|------|-------------------------------|--------|-----------------------|------------------------------|
| 哈尔滨 | -16.9 | 176 | 3.4 | -38.1 |
| 漠河 | -27.9 | 210 | 2.1 | -45.7 |
| 乌鲁木齐 | -12.6 | 162 | 2.3 | -32.8 |

2.2 幕墙节能基本原理

建筑幕墙节能的基本原理是通过减少热量传递、降低空气渗透热损失和合理利用太阳能来降低能耗。在严寒地区,幕墙系统的主要功能是阻止室内热量向室外传递,维持稳定的室内热环境,同时兼顾采光与视野需求。

幕墙系统的热工性能主要由传热系数(K值)、太阳能得热系数(SHGC)和气密性等参数决定。其中,传热系数是衡量幕墙保温性能的关键指标,在严寒地区,应尽可能降低幕墙的传热系数。研究表明,采用高效保温幕墙系统可使建筑采暖能耗降低15%-25%。

3 严寒地区幕墙节能关键技术

3.1 双层幕墙系统

双层幕墙系统由内外两层幕墙组成,中间形成一定宽度的空气间层,通过合理设计间层宽度和通风策略,可形成有效的温度缓冲层,显著降低建筑热损失。在严寒地区,双层幕墙的设计应注重冬季保温模式,通过调节通风口开闭,使间层内空气在日间吸收太阳能,夜间形成封闭空气隔热层,减少室内外热量交换。

结合当地气候特点,通过优化空气间层厚度、选择性使用低辐射镀膜玻璃、合理设置通风策略等手段,有效降低了建筑能耗。不同类型双层幕墙在严寒地区的性能比较见表2,研究表明,在严寒地区,适当增加双层幕墙空气间层厚度(通常200-400mm)可提升保温效果,但超过一定阈值后效果不再明显,反而增加建造成本和空间占用^[2]。

表2 不同类型双层幕墙在严寒地区的性能比较

| 幕墙类型 | 传热系数($\text{W/m}^2 \cdot \text{K}$) | 太阳能得热系数 | 降噪效果(dB) | 造价指数 |
|------|---------------------------------------|---------|---------------------|------|
| 外循环式 | 0.8-1.2 | 0.4-0.6 | 25-35 | 1.0 |
| 内循环式 | 0.6-0.9 | 0.3-0.5 | 30-40 | 1.2 |
| 箱式 | 0.7-1.0 | 0.4-0.6 | 20-30 | 0.9 |
| 廊道式 | 0.8-1.1 | 0.5-0.7 | 15-25 | 1.1 |

3.2 高效保温与密封技术

严寒地区幕墙系统的保温性能关键在于连续高效的保温层和可靠的气密性。目前常用的高效保温材料包括聚氨酯泡沫、真空隔热板、气凝胶等。

在幕墙密封技术方面,多道密封系统和弹性密封材料的应用可显著提高幕墙气密性。严寒地区幕墙应至少设置两道密封:第一道为主要密封,防止空气渗透;第二道为辅助密封,防止水汽进入。

3.3 高性能玻璃配置

玻璃区域是幕墙系统热工性能的薄弱环节,在严寒地区,合理选择玻璃配置对提升幕墙整体节能效果至关重要。目前,三玻两腔中空玻璃和三玻三银Low-E玻璃已成为严寒地区幕墙的首选配置。这类玻璃不仅传热系数低(可达 $0.6-0.8\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$),还能有效利用太阳辐射热,增加冬季太阳得热。

4 幕墙材料创新与性能优化

4.1 新型保温材料应用

气凝胶复合材料是近年来备受关注的高效保温材料,主要以气凝胶为核心保温组分,与玻璃纤维、陶瓷纤维、有机聚合物薄膜等基材复合形成的新型多功能材料。气凝胶本身由纳米级颗粒聚集形成多孔网络结构,孔隙率高达80%-99.8%,且孔隙多为纳米级封闭孔,空气在孔隙内无法自由流动,因此导热系数极低;与基材复合后,既保留了高效保温性能,又改善了气凝胶本身脆性大、力学性能差的缺陷,可加工成板材、薄膜、玻璃夹层等多种形态,适配幕墙不同部位安装需求,同时兼具防火、隔音、透光等附加功能。气凝胶玻璃幕墙在保持一定透光率的同时,提供优异的保温性能,特别适合严寒地区需要自然采光的大空间建筑。

真空隔热板(VIP)是另一类高效保温材料,其导热系数仅为传统保温材料的1/5-1/10,在有限厚度内可提供极高的热阻。真空隔热板的缺点是成本较高、怕穿刺,且使用寿命受真空保持率影响。

4.2 复合结构系统

干砌砌块系统作为一种新型墙体结构,在严寒地区建筑中展现出良好的应用前景。研究表明,采用复合砌块设计可显著提高墙体热阻,相比传统砌块墙体,热性能提升达24%。复合砌块与干砌砌块属于“基础类型-改进类型”的关系:干砌砌块强调“无砂浆拼接+空气间层保温”的基