绿色建筑背景下幕墙节能性能调研与优化研究

周飞翔　孙汉卿　王永帅　高　伟　闻建伟

北京建筑材料检验研究院股份有限公司　北京　102402

摘　要：为提升绿色建筑幕墙节能应用水平，解决建筑外立面能耗偏高的问题，本文针对绿色建筑背景下幕墙节能性能开展调研，梳理四类主流幕墙的参数特征与应用现状，分析现有评价体系存在的不足，总结材料、设计、施工、维护管理层面带来的各类问题，剖析各项关键影响因素，从材料、设计、施工、维护管理四个方面提出对应的优化手段，为幕墙节能性能改善提供技术参考。

关键词：绿色建筑背景；幕墙节能性能；调研；优化

引言

绿色建筑发展背景下，建筑幕墙的节能性能直接影响建筑整体能耗水平。当前各类建筑幕墙在应用中普遍存在节能短板，现有评价体系和管控模式也存在明显不足。本文通过调研幕墙类型、节能技术应用现状，分析材料、设计、施工及维护的核心影响因素，针对性提出优化策略，为提升建筑幕墙节能效果、降低建筑运行能耗提供参考。

1 幕墙节能性能现状调研

1.1 幕墙类型及特点

目前建筑工程中常用的幕墙主要分为玻璃、石材、金属以及复合四种主流类型，各类幕墙的材质特性和使用表现存在明显差异。玻璃幕墙是现阶段应用最广泛的幕墙形式，整体视觉通透，适配多数建筑外立面设计需求，但自身保温隔热能力不足，建筑能耗损耗相对更高。石材幕墙依托天然石材材料，外立面装饰效果稳定，使用寿命长，抗风化能力优异，不过整体自重偏大，会增加建筑主体结构的承载压力，对建筑基础和结构设计标准要求更高。金属幕墙结构强度稳定，可加工性强，能够适配各类异形建筑外立面施工，但其材质易受外界环境影响，长期使用易出现腐蚀问题，户外耐候性有限。复合幕墙通过多种材料组合搭配，整合了不同幕墙材质的优势，整体节能和使用综合性能更均衡，能够适配高标准的建筑节能需求，相较于其他单一材质幕墙，整体施工和材料成本更高。

1.2 幕墙节能技术应用现状

建筑外立面施工阶段常用幕墙类型包含玻璃幕墙、石材幕墙、金属幕墙、复合幕墙，各类幕墙材料物理参数存在差异，实际使用过程中均存在相应短板。玻璃幕墙可见光透射比处于 0.65-0.82，可实现建筑内外视觉连通，传热系数大多为 2.8-4.2W/（m^2・K），隔热能力不足，会加大建筑冷热负荷。石材幕墙单块板材重量 45-75kg，抗老化使用时间在 25 年以上，自身重量会加大主体结构荷载，主体构件需要按照该荷载开展校核[1]。金属幕墙基材屈服强度 140-220MPa，切割折弯加工可调整空间大，露天条件中年腐蚀速率最大 0.04mm，防护处置不到位会引发构件损坏。复合幕墙由两层及以上板材拼接构成，综合传热系数 1.8-2.6W/（m^2・K），多项性能优于单一材料幕墙，材料与安装造价相比普通幕墙提高 18%-30%，项目建设成本随之上升。

1.3 幕墙节能性能评价标准

国内各地区均制定有幕墙节能性能评价体系，体系包含热工、气密、水密等检测项目，同时配套对应的参数限值，其中气密性能分为 1-4 级，水密性能分为 1-5 级，热工性能主要以传热系数 W/（m^2・K）作为判定依据，可用于量化判定幕墙节能等级，为材料选型、进场检测及工程验收提供参考。目前该评价体系在实际应用中存在一定缺陷，现场抽检样本仅占幕墙总面积 3%-8%，抽样范围有限，无法全面覆盖整体施工区域。体系数据多取自实验室静态检测结果，未考虑施工现场动态工况产生的能耗波动，约 22% 的现场影响因素未纳入考核。同时体系缺少对构件拼接缺陷、材料老化引发性能衰减的量化评定，无法真实反映幕墙长期使用过程中的实际节能状态。

1.4 幕墙节能性能存在的问题

针对幕墙节能性能开展调研可以发现，现有幕墙在节能方面存在多项实际问题。部分幕墙材料本身节能条件不足，投入工程当中的部分材料热工表现无法满足使

用条件，造成幕墙节能基础条件受限。幕墙设计阶段对节能相关条件考量不够充分，设计过程没有结合项目所在地气候条件，也没有匹配建筑实际使用功能开展构造设计，形成的幕墙构造难以发挥节能效果[2]。幕墙施工现场作业质量波动较大，部分工序密封处理存在漏洞，构件安装作业出现偏差，拼接位置产生缝隙缺陷，幕墙密闭性能遭到破坏，幕墙节能效果出现下降。幕墙投入使用后的维护管控工作执行不到位，缺少周期性检查与故障处置，构件损耗、密封部位老化问题不能及时处理，幕墙各项性能随使用时长逐步衰减，节能相关能力持续出现下滑。

2 影响幕墙节能性能的关键因素分析

2.1 材料因素

材料层面各项参数会直接作用于幕墙整体节能表现，幕墙所用材料自身热工状态、光学状态都会对幕墙节能效果产生作用。玻璃构件对应的传热系数、遮阳系数等相关参数，能够左右玻璃幕墙热量阻隔以及光线遮挡的实际作用，参数数值出现波动，幕墙隔绝热量、阻挡太阳辐射的实际效果也会随之发生变化。隔热类材料的导热系数以及实际铺设厚度，直接决定该类材料能够实现的热量阻隔水平，隔热材料参数匹配不合理，幕墙整体热阻条件就无法得到保障。不同类型幕墙材料各项性能参数存在明显差异，材料选型工作需要结合项目实际条件开展，材料选用结果会对幕墙后期运行阶段的节能水平形成约束，想要改善幕墙节能方面的实际表现，需要落实幕墙各类材料的选型管控工作，把材料本身各项性能指标作为选型判断的主要依据。

2.2 设计因素

幕墙设计工作覆盖立面处理、结构构造、热工配置多个板块，各个设计板块的处理结果都会对幕墙节能表现带来相应影响。立面部分的设计处理能够调整幕墙采光与通风的实际状态，通过对幕墙立面形态进行调整，可以降低建筑运行阶段对于光照、通风配套设备的使用频次，以此实现能耗的缩减。结构部分的设计处理需要满足幕墙自身安全与稳定方面的基础条件，构件衔接位置处理不当容易形成热桥，合理开展结构设计能够减少热桥现象的出现，控制热量传递路径[3]。热工相关设计需要结合项目所在地气候条件以及建筑实际使用属性开展参数设定，依靠对应的设计工作确定幕墙各项热工相关参数，以此调整幕墙整体热量阻隔能力，不同设计环节之间相互配合，共同对幕墙最终的节能运行状态形成约束。

2.3 施工因素

幕墙现场施工完成质量会直接决定幕墙后期所能达到的节能水平，施工作业各个工序产生的缺陷都会对幕墙运行状态带来负面影响。实际施工阶段，密封处理存在缝隙、构件安装操作出现偏差这类问题较为常见，出现以上问题之后，幕墙气密、水密相关工作状态会出现衰减，缝隙位置会产生空气穿透现象，热量交换过程随之加剧，建筑内外之间的热量交换规模有所上升，幕墙原本具备的节能作用就会出现减弱。施工阶段各类作业管控不到位，各类施工缺陷会被留存到成品幕墙当中，后期很难通过简单处理消除这类问题，对幕墙长期运行形成持续干扰。强化施工现场管控力度，对各道施工工序作业过程进行约束，落实各工序作业过程管控，减少施工阶段各类缺陷的产生，是保障幕墙节能相关能力可以正常发挥的关键作业环节。

2.4 维护管理因素

幕墙投入实际使用阶段，会持续承受外界自然条件以及人为活动带来的各类作用，幕墙各项使用性能会随运行时间增加逐步发生衰减。开展常态化维护管理作业，能够尽早排查出幕墙出现的各类缺陷并做对应处置，维持幕墙基本运行条件，保留幕墙原有的节能相关能力。对幕墙外表面积存的灰尘与附着物做周期性清理处理，能够改善幕墙构件透光能力，减少透光条件下降带来的附加能耗。密封胶条、五金构件出现破损之后及时完成构件替换，能够维持幕墙构件拼接部位的密封状态，保障幕墙气密、水密相关性能处在可用区间。缺少对应的维护管理流程，各类构件老化损伤问题得不到及时处置，幕墙各项功能会持续劣化，维护管理作业的落实情况会对幕墙长期节能表现产生直接作用。

3 幕墙节能性能优化策略研究

3.1 材料优化

（1）选用综合性能较好的玻璃材料，低辐射玻璃、中空玻璃均可应用于幕墙构造当中，低辐射玻璃在维持室内采光条件的前提下，抑制热量的相互传导，中空玻璃依靠两层玻璃中间预留的空气夹层，进一步增强热量阻隔能力，以此改善玻璃幕墙隔热以及遮阳的实际作用。（2）对隔热材料开展选型与布设优化，选取导热系数较低、工况条件下性能波动小的岩棉、玻璃棉这类隔热材料，结合项目实际工况确定隔热材料的实际厚度以及敷设形式，减少热量穿透幕墙构件，提升整体隔热作用[4]。（3）应用新式幕墙构件材料，推动光伏幕墙、智能玻璃幕墙等材料投入工程使用，光伏幕墙完成太阳能

到电能的转换，为建筑供给一部分使用能源，智能玻璃幕墙可以跟随外部环境条件发生改变，自主调整透光率以及隔热相关能力，以此达成幕墙节能的实际目标，材料选型与布设的各项调整，会直接改变幕墙整体节能运行水平。

3.2 设计优化

一是开展幕墙立面方案优化，结合区域气候特征与建筑使用属性，确定幕墙朝向、开窗尺寸以及开窗外形，炎热工况区域控制东西方向幕墙开窗占比，配套设置遮阳相关构造，寒冷工况区域加大南向幕墙开窗范围，充分接收太阳辐射带来的热能。二是强化幕墙热工方面的设计处理，借助热工计算软件完成幕墙各项热工参数测算，得到传热系数、遮阳系数等相关数值，依托测算输出结果筛选幕墙用材以及构件构造模式，对幕墙热工层面的实际表现做出调整。三是配置适配的遮阳构造体系，按照建筑使用需求以及所在地气候条件选用百叶遮阳、窗帘遮阳、绿化遮阳等不同类型遮阳方案，遮阳构造能够阻隔太阳辐射输入，降低室内环境温度，缩减空调设备运行产生的能源消耗，多种设计手段相互配合，实现幕墙整体节能效果提升。

3.3 施工优化

第一，完善施工现场管控体系，搭建对应的施工管理制度，组织作业人员开展技能相关培训，提升作业人员的技术操作能力以及节能相关认知，施工作业全过程对照设计文件开展作业，约束现场各道工序作业行为，保障幕墙实体施工完成质量。第二，落实全过程施工质量管控，进场阶段对幕墙各类材料开展质量核查，剔除性能不达标的材料，施工阶段重点针对密封胶条、五金配件这类关键构件做好过程管控，减少构件安装缺陷，维持幕墙气密、水密的实际工作状态。第三，引入成熟新型施工手段，推广预制装配式幕墙施工技术、BIM 技术投入现场作业，预制装配式幕墙施工模式能够提升作业推进速度，削减现场湿作业占比，稳定实体施工质量，BIM 技术完成幕墙设计、施工、管控环节的信息互通，改善各工序之间协同配合水平，提升项目整体管控效率，以此从施工层面保障幕墙节能效果正常发挥。

3.4 维护管理优化

（1）搭建幕墙维护管理相关制度，梳理维护管理对应的责任划分与作业内容，按照既定周期开展幕墙整体检查与养护作业，在巡检过程当中找出幕墙出现的各类缺陷，第一时间采取处置手段消除现存故障，避免构件问题持续扩大造成更多性能损耗。（2）落实幕墙日常清洁养护作业，按照周期清理幕墙外表堆积的灰尘以及各类附着物，维持幕墙表面洁净状态，保障构件原有透光率，同步对幕墙配套五金构件实施润滑养护处理，降低构件磨损带来的运行故障，保障五金构件可以维持正常工作状态[5]。（3）对已经出现损伤的构件开展替换处理，密封胶条、玻璃等部件发生破损之后及时完成更换作业，维持幕墙气密以及水密性能，同步对幕墙主体结构开展周期性排查养护，排查结构位置出现的各类隐患，保障幕墙整体运行过程当中的安全与稳定，通过整套维护管理手段延缓幕墙各项性能衰减速度，留存幕墙既有节能能力。

结语

综上所述，建筑幕墙的节能效果受材料、设计、施工及后期维护多重因素影响，当前各类幕墙应用中仍存在热工性能不足、施工质量不均、长期性能衰减等实际问题。立足绿色建筑发展需求，从材料选用、方案设计、现场施工、运维管理多维度落实优化举措，可有效改善幕墙节能短板，降低建筑能耗，助力建筑行业绿色低碳发展。

参考文献

[1] 魏叶振. 高性能绿色建材在建筑节能中的应用与性能优化 [J]. 智能建筑与智慧城市,2026,(7):96-98.

[2] 智珮蒂. 绿色节能技术在公共建筑玻璃幕墙设计中的应用研究 [J]. 玻璃,2026,53(2):58-62.

[3] 刘亚宁. 绿色节能理念下建筑幕墙设计优化研究 [J]. 城市建筑与发展,2026,7(9):175-177

[4] 邱海龙, 徐辉, 郭金龙. 绿色节能幕墙材料选择与性能分析 [J]. 门窗,2026,(14):25-27.

[5] 陈俊亚. 玻璃幕墙的节能设计要点与施工技术分析 [J]. 建筑与装饰,2026,29(4):142-144.