节能理念下建筑幕墙优化设计与应用研究

李 征 肖 征

中国建筑设计研究院有限公司 北京 100044

摘 要：建筑幕墙作为建筑核心外围护结构，热工性能与构造设计直接影响建筑整体能耗水平。传统幕墙设计侧重立面造型与结构安全，存在构造匹配度不足、选材粗放、布局不合理、设计视角片面等问题，造成建筑运行能耗持续偏高。本文结合幕墙传热特征与能耗形成规律，从结构体系、构件选材、空间布局、隔热构造多个维度梳理节能优化路径，结合多专业协同设计、施工管控、日常管护等落地举措完善应用体系，有效改善幕墙围护结构的热工缺陷，提升现代建筑幕墙的节能运行质量。

关键词：建筑幕墙；节能设计；热工性能；围护结构

引言：绿色建筑发展理念持续渗透建筑设计领域，建筑围护结构的能耗控制成为建筑设计优化的重要方向。幕墙结构凭借美观性与适用性，在现代建筑中得到广泛应用，但特殊的围护形式使其成为建筑热量交换的主要载体。多数建筑幕墙沿用传统设计模式，忽视环境条件与建筑功能带来的设计约束，构造与布局层面的缺陷不断加剧能源损耗。通过科学的设计手段优化幕墙热工性能，规范施工与管护流程，能够有效降低建筑日常运行能耗，适配绿色建筑的发展需求。

1 建筑幕墙节能设计基础与运行影响因素

1.1 建筑幕墙构造形式与传热运行特征

建筑幕墙属于建筑外围护的重要结构体系，依靠框架、面板、密封构件组合形成整体围护界面，承担建筑外部空间与室内空间的隔断作用[1]。不同构造形式的幕墙在材质堆叠、结构拼接、空腔设置方面存在明显差异，传热方式以热传导、热对流和热辐射为主。框架式幕墙构件拼接点位较多，结构缝隙会改变热量传递路径，传热过程更为复杂。单元式幕墙整体装配度更高，结构整体性更强，热量渗透的通道相对固定。幕墙整体长期暴露在室外环境中，结构表层与内部空腔会随环境温度变化持续产生热量交换，构造细节直接决定建筑围护体系的传热水平。

1.2 幕墙能耗产生的主要途径与形成机理

建筑幕墙能耗大多来源于围护结构的热量交换过程，室内外温差会推动热量透过幕墙结构持续渗透。幕墙面板材料具备一定导热属性，温度差异作用下会形成持续性的热量传导，造成室内冷热负荷出现波动。结构拼接缝隙、密封老化位置会形成空气渗透，带动内外空气交换，产生额外能耗。阳光辐射透过透光幕墙直接进入室内，改变室内热环境，增加温控设备的运行负担。各类能耗途径相互叠加，从围护界面持续消耗建筑能源，构成幕墙能耗的主要形成机理。

1.3 节能理念融入幕墙设计的内在逻辑

现代建筑设计不再单一追求外观造型的视觉效果，逐步重视建筑长期运行的能源消耗水平。幕墙作为建筑外围护的主体结构，整体面积占比大，对建筑能耗的影响程度突出。节能设计围绕热量传递规律、空气渗透特点、光照利用方式展开调整，通过优化构造、调整材质、细化节点的方式，弱化围护结构带来的能源损耗。设计过程侧重平衡建筑使用功能与能源消耗的关系，让幕墙结构在满足围护、装饰需求的基础上，降低建筑日常运行的能源损耗。

1.4 外部环境与建筑功能对幕墙节能设计带来的约束

建筑所处区位的气候条件会对幕墙节能设计形成直接约束，温度变化幅度、日照时长、风力条件都会影响幕墙热量交换强度。建筑自身的功能属性也会限制节能设计的开展方向，公共建筑、商业建筑的室内环境标准更高，对幕墙保温隔热性能有着更严格的要求。部分建筑对采光、通透效果存在硬性需求，透光结构占比提升会增加节能设计的调整难度[2]。各类外部条件与功能限制，会约束幕墙节能设计的优化空间，让相关设计调整需要兼顾多重现实条件。

2 传统建筑幕墙设计存在的节能相关短板

2.1 幕墙构造选型与围护保温需求匹配不足

传统幕墙设计工作多优先考量建筑外观造型、立面

整体性以及施工便捷性，对建筑实际保温隔热需求考量偏少。构造选型环节缺少对建筑区位气候、室内使用工况的细致考量，多数建筑直接套用通用化幕墙构造方案。严寒地区选用隔热性能偏弱的幕墙构造，高温地区未合理搭配遮阳构造，都会让围护结构保温隔热能力无法适配环境需求。构造结构的不合理搭配，会放大围护体系的热量交换效率，加剧建筑冷热能源的消耗。

2.2 幕墙型材、密封构件带来的能量流失问题

传统幕墙工程选材多侧重结构强度、造价成本与施工适配性，节能属性不作为核心选材依据。普通金属型材导热系数偏高，外界温度变化会快速通过型材传递至建筑内部，形成明显的热桥效应。密封胶条、密封胶等辅材多选用常规通用产品，长期受紫外线、温变、风雨侵蚀会出现老化、开裂、脱落等问题。构件缝隙产生的透气通道，会引发室内外空气无序交换，持续造成热能与冷能的流失。

2.3 幕墙空间布局与采光通风统筹设计欠缺

传统幕墙立面布局多遵循对称美学与规整化设计思路，开窗比例、透光区域、立面排布较为固化。设计工作只满足基础采光与通风刚需，不会结合季节光照角度、室内通风动线优化布局。透光区域过度集中会造成夏季室内积热严重，开窗点位分布不合理会削弱自然通风效率。不合理的空间布局，会增加人工照明与机械通风的使用时长，衍生出不必要的能源消耗。

2.4 幕墙设计缺少全周期节能运行视角

传统幕墙设计思维局限于施工交付阶段，重点把控结构安全与立面效果，忽略建筑长期运行的能耗变化规律。设计方案不会结合材料老化、构件损耗、工况迭代等长期变化因素预留优化空间，仅适配建筑短期运行状态。前期设计未考虑后期运维阶段的节能适配性，构件老化带来的能耗递增问题无法提前规避。片面的设计视角，让幕墙节能性能难以长期维持稳定，运行过程中的能耗损耗持续递增。

3 节能导向下建筑幕墙优化设计路径

3.1 幕墙围护结构体系优化设计思路

幕墙围护结构的构造形式直接决定建筑外围护热工属性，常规标准化结构设计难以适配不同地域的气候差异。设计环节需要结合项目场地温度波动、日照强度、风力环境，针对性调整围护结构分层形式与内部构造细节。结合建筑室内使用功能，调整幕墙空腔厚度、构件排布密度以及拼接工艺细节，削弱金属框架形成的热桥传导通道[3]。结构改良严格遵从建筑安全规范，满足防风、抗震、荷载的基础要求，对围护体系内部的热量传导、空气对流路径进行优化处理。封堵结构设计中存在的传热漏洞，减少室内外热量无序交换的现象，从结构根源提升幕墙自身的被动节能性能。

3.2 幕墙型材、面板及密封配套构件优化方式

幕墙整体节能效果依托各类构件的热工性能实现，传统选材模式偏重结构稳定性与经济成本，对热工指标把控不足。为直观区分传统选材与节能选材的性能差异，明确优化选材的核心优势，此处整理幕墙核心构件选材性能对比，具体如表 1 所示。

表 1 幕墙核心构件传统选材与节能选材性能对比

构件类型	传统选材特征	节能选材特征
幕墙骨架型材	普通铝合金型材，导热性能强，热桥效应明显，隔热能力薄弱	断桥隔热型材，阻断热传导路径，大幅削弱热桥效应，保温性能优异
幕墙面板材料	单层普通玻璃，辐射热透过率高，夏季积热问题突出	中空低辐射玻璃，阻隔室外辐射热量，兼顾采光与隔热双重性能
密封配套构件	普通密封胶、胶条，耐候性差，易老化开裂，密闭性衰减快	高耐候密封材料，抗紫外线、耐温变，长期维持幕墙整体密闭效果

工程设计中优先选用断桥隔热型材、中空低辐射玻璃及高耐候密封构件，从源头阻断热量传导与空气渗透。通过精细化施工填补构件拼接缝隙，有效强化幕墙整体密闭性，减少冷热能耗损耗，全面提升幕墙节能实效。

3.3 结合建筑空间的幕墙采光与通风协同设计

幕墙采光通风设计需要跳出传统立面规整化的造型思维，结合室内空间布局与季节气候特征开展精细化布局。根据建筑不同立面的日照时长和辐射热度，合理划分透光区域与实体围护区域，科学控制开窗位置与开窗面积。合理调控透光范围，缓解夏季强光入射堆积的室内热量，满足日常基础采光需求。结合场地常年风向变化，调整幕墙开启构件的布置点位与开启形式，引导室内外空气有序流通。自然通风可以带走室内多余积热，降低高温天气下室内温控设备的运行负荷。合理的立面布局能够充分利用自然光、自然风资源，减少人工设备运行带来的能源消耗。

3.4 幕墙外置遮阳与动态隔热构造设计思路

传统幕墙结构隔热手段单一，难以应对夏季高强度日照带来的持续积热问题，外置隔热遮阳构造可以有效弥补这类性能短板。根据建筑立面朝向、全年日照角度变化，布置适配的外置遮阳构件，遮挡直射阳光，抑制辐射热在立面堆积扩散。结合建筑整体立面造型调整遮

阳构件的间距与排布角度，兼顾构造实用性与立面美观度。搭配可调节式隔热遮阳结构，适配季节气候变化产生的光照差异。夏季增大遮挡范围阻隔外部热源，冬季收缩遮挡结构引入自然光与热量，通过动态化构造调整适配全年运行工况，完善幕墙隔热散热的实际性能。

4 节能型建筑幕墙落地应用实施方式

4.1 幕墙相关专业设计环节协同配合模式

节能型幕墙落地需要打破单一专业独立设计的工作模式，打通建筑、结构、机电、暖通等专业的设计壁垒。幕墙专项设计不能单独依托立面造型需求推进，需要结合建筑整体布局、结构承重条件、室内暖通系统运行逻辑统筹开展。建筑专业明确立面布局、开窗比例与通透效果的基础要求，结构专业核算节能构件、外置构造的荷载承载条件，规避新增节能构造带来的结构受力隐患。暖通系统提供室内温控、通风换气的设计参数，为幕墙采光通风、隔热保温设计提供数据支撑[4]。

4.2 幕墙构件加工与现场安装阶段管控要点

幕墙节能性能的稳定落地，依托构件加工精度与现场安装质量保障。构件加工阶段需要严格按照节能设计参数把控生产标准，精准控制型材截面、面板厚度、密封构件尺寸，杜绝尺寸偏差影响整体密闭性能。加工过程细化隔热型材断热结构、中空腔体的制作工艺，保障构件出厂后的基础热工性能。施工现场严格落实标准化安装流程，规范骨架定位、面板拼接、密封铺设等关键工序。重点把控构件拼接缝隙的均匀度，规范密封材料的填充厚度与压实程度，减少施工疏漏产生的透气缝隙与传热缺陷。

4.3 幕墙投入使用后日常节能管护思路

幕墙节能性能会随使用时长、外界环境侵蚀出现衰减，常态化管护可以延缓设备性能退化速度。日常管护工作重点排查密封构件老化、开裂、脱落等问题，及时更换失效密封材料，维持幕墙围护体系的密闭性能。每 6 个月开展一次全面幕墙面板清洁作业，定期清洁幕墙面板表面的积灰与附着物，避免污垢堆积遮挡采光界面、影响热辐射传导效果。检查外置遮阳、动态隔热构造的完好状态，修复变形、卡顿、失效的构件，保障动态节能构造的调节能力。结合季节变化调整管护重点，夏季侧重遮阳构件检修与密封排查，冬季重点核查保温密闭性能，维持幕墙长期稳定的节能运行状态。

4.4 幕墙材料与构造方案适配性把控方式

不同建筑场地的气候条件、建筑功能、立面布局存在明显差异，固定的材料与构造方案无法适配全部项目的节能需求。方案设计阶段需要针对项目所在地的温度区间、日照强度、风力环境筛选适配的幕墙材料与构造形式。高辐射、高温区域优先选用高隔热、低辐射面板材料，低温严寒区域侧重断桥隔热结构与密闭性构造设计。结合建筑使用功能调整材料选型标准，长期对外开放的公共建筑强化密封与隔热性能，采光需求较高的建筑平衡通透效果与隔热能力[5]。根据立面结构形态优化构造组合方式，避免盲目套用节能方案造成的性能不匹配问题，让材料与构造设计贴合项目实际运行需求。

结束语

建筑幕墙的节能水平由构造设计、材料选型、空间布局与运维管理共同决定，传统设计模式存在的多重短板持续制约围护结构节能性能发挥。通过优化幕墙结构体系、升级配套构件、协同采光通风设计、增设动态隔热构造，可系统性弥补幕墙节能设计缺陷。结合多专业协同配合、施工精度管控、常态化管护及方案适配调整，能够稳固幕墙节能性能，持续优化现代建筑围护体系的能耗管控水平。

参考文献

[1] 王天宇. 低碳节能理念下建筑幕墙优化设计——以北京市某国际大厦为例 [J]. 中国建筑装饰装修,2023(17):119-121.

[2] 刘志民. 基于低碳节能理念的建筑幕墙优化设计要点 [J]. 城市开发,2025(22):52-54.

[3] 李波. 幕墙设计的节能理念及施工技术实现途径 [J]. 中国建筑装饰装修,2026(2):165-167.

[4] 王晓兴. 绿色节能理念下建筑幕墙安装技术创新与实践 [J]. 工程建设与发展,2025,4(8):74-76.

[5] 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.