

# 建筑幕墙绿色节能设计策略

包佳滨

浙江中南建设集团有限公司 浙江 杭州 310000

**摘要：**建筑幕墙的绿色节能设计是实现建筑可持续发展的关键环节。本文围绕建筑幕墙绿色节能设计展开，首先阐述其需遵循的科学性、适用性、经济性及可持续性原则；其次从节能材料选用、遮阳设计、自然通风设计和智能控制技术四方面探讨关键策略；最后分析当前面临的技术成本高、设计标准不完善、施工难度大及用户认知不足等挑战，并展望新型节能材料研发、智能化技术融合、全生命周期管理及市场激励措施等未来发展方向，为建筑幕墙节能设计提供理论与实践参考。

**关键词：**建筑幕墙；绿色节能；设计策略

引言：随着全球能源危机与环境问题的加剧，建筑领域的节能降耗成为可持续发展的核心议题。建筑幕墙作为建筑外围护结构的重要组成部分，其设计直接影响建筑的能耗水平与室内环境质量。传统幕墙设计常因隔热性能不足、自然光利用不合理等问题导致能耗居高不下，而绿色节能设计通过整合材料科学、建筑物理与智能技术，旨在实现建筑能耗降低、室内舒适度提升与环境负荷减少的多重目标。并结合工程实践与技术发展，系统梳理建筑幕墙绿色节能设计的基本原则、关键策略及发展趋势，以期为推动建筑行业绿色转型、落实“双碳”目标提供科学依据与实践路径。

## 1 建筑幕墙绿色节能设计的基本原则

### 1.1 科学性原则

科学性原则强调建筑幕墙绿色节能设计需以建筑物理、材料科学、环境工程等多学科理论为依据。在设计过程中，需通过热工计算、光学模拟、风环境分析等科学方法，精准量化幕墙的热传导、光透射及通风性能。结合建筑所在地的气候特征，科学规划幕墙朝向与开窗比例，确保自然采光与通风效率最大化，从而实现节能目标的精准把控。

### 1.2 适用性原则

适用性原则要求建筑幕墙设计紧密贴合建筑功能与使用需求。不同类型建筑（如办公、居住、商业建筑）对室内环境的需求差异显著，需针对性设计幕墙系统。居住建筑则需平衡采光与隐私保护，可选用可调光玻璃或内置百叶结构。同时，幕墙设计还需考虑当地气候条件，如严寒地区强化保温性能，炎热地区侧重遮阳隔热，以保障节能设计切实满足建筑使用功能。

### 1.3 经济性原则

经济性原则旨在实现建筑幕墙节能设计成本与效益

的平衡。设计时需综合评估初期建设成本与长期运营收益，避免盲目追求高端技术造成资源浪费。在智能控制系统选型上，结合建筑规模与使用频率，选择适配的智能化程度，确保投资回报率最大化。此外，还需考虑节能设计带来的能耗降低、维护成本减少等长期经济效益，实现全生命周期的经济合理性。

### 1.4 可持续性原则

可持续性原则着眼于建筑幕墙在全生命周期内对环境的友好性。从材料选择上，优先采用可再生、可循环利用的环保材料，减少资源消耗与碳排放；施工阶段推广绿色施工技术，降低粉尘、噪音等污染；运营过程中，通过智能化监测与维护，延长幕墙使用寿命，减少更换频率<sup>[1]</sup>。

## 2 建筑幕墙绿色节能设计的关键策略

### 2.1 节能材料的选用

#### 2.1.1 玻璃材料

玻璃作为建筑幕墙的主要透光材料，其性能直接影响建筑的采光、隔热与能耗。低辐射（Low-E）玻璃通过镀制多层金属或化合物薄膜，有效降低远红外线辐射率，减少热量传递，冬季可防止室内热量散失，夏季阻挡太阳辐射热进入室内。中空玻璃则通过在两层或多层玻璃间形成干燥气体腔，利用气体的低导热性增强保温性能，部分中空玻璃还可填充氩气、氪气等惰性气体，进一步提升隔热效果。此外，调光玻璃可根据光线强度或用户需求调节透光率，既能满足采光需求，又能减少眩光与热量吸收，为建筑节能与舒适度提升提供创新解决方案。

#### 2.1.2 型材材料

型材是建筑幕墙的结构支撑，其材质与构造对节能效果至关重要。铝合金型材凭借轻质高强、耐腐蚀的特性

广泛应用于幕墙，但传统铝合金导热性高，易形成“热桥”。因此，断热型铝合金型材应运而生，通过尼龙隔热条或聚氨酯材料将型材断开，阻断热量传导路径，显著降低型材的传热系数。钢型材虽强度高，但同样存在热传导问题，可采用热浸镀锌处理与保温材料包裹相结合的方式改善其保温性能。新型复合材料如纤维增强塑料（FRP）型材，兼具高强度与低导热性，逐渐成为幕墙型材的发展方向，为建筑节能与结构优化提供双重保障。

### 2.1.3 保温材料

保温材料在幕墙中起到填充与隔热作用，可有效减少热量通过墙体传递。岩棉是常用的无机保温材料，由天然岩石经高温熔融制成，具有不燃、吸音、保温性能优异的特点，常用于幕墙的防火保温层。聚氨酯泡沫则属于有机保温材料，其闭孔结构使其导热系数极低，保温性能突出，且可现场喷涂成型，适应复杂构造，提升保温效果。近年来，气凝胶毡等新型纳米级保温材料凭借超高隔热性能与超薄厚度，在幕墙保温中崭露头角，既能满足建筑节能需求，又可减少材料用量与空间占用，为幕墙节能设计提供更高效的选择。

## 2.2 遮阳设计

### 2.2.1 固定遮阳设施

固定遮阳设施凭借其结构简单、耐久性强的特点，成为建筑幕墙遮阳的基础方案。常见形式包括水平遮阳板、垂直遮阳板及综合式遮阳板。水平遮阳板适用于南向幕墙，通过阻挡高度角较大的太阳辐射，有效降低夏季室内得热；垂直遮阳板则多用于东西向幕墙，能抵御低角度阳光的直射。格栅式、百叶式等固定遮阳构件，通过合理设计叶片间距与角度，在遮挡阳光的同时，保证一定的自然采光与视野通透性。

### 2.2.2 可调节遮阳设施

可调节遮阳设施赋予建筑更强的环境适应性，通过动态调节实现遮阳与采光的平衡。电动百叶帘、电动遮阳帘等设施可根据太阳高度角、室内光照需求及用户偏好，灵活调整叶片角度或帘布开合程度。智能控制系统更可集成光照传感器、温度传感器数据，自动优化遮阳状态，最大化降低空调能耗。活动外遮阳板、可旋转遮阳百叶等实体构件，结合机械或电动驱动装置，能在极端天气或强烈日照时完全闭合，有效阻挡热量侵入；温和时段则开启通风采光，提升室内舒适度。

### 2.2.3 玻璃自遮阳技术

玻璃自遮阳技术将遮阳功能与玻璃材料深度融合，从源头减少太阳辐射热进入室内。镀膜玻璃通过在表面镀制选择性吸收或反射膜层，可有效控制可见光与红外

线的透过率，实现“遮阳不遮光”。如热反射玻璃能反射大量太阳辐射，降低室内温度；Low-E玻璃在阻断远红外线传热的同时，可通过调整膜系设计，针对性增强对太阳辐射的反射能力。光致变色玻璃、电致变色玻璃等智能玻璃更可随光照强度或电场变化，自动调节透光率与遮阳系数，无需额外遮阳构件即可适应不同气候条件，为建筑幕墙提供隐形、高效的遮阳解决方案，助力建筑节能与美学设计的统一。

## 2.3 自然通风设计

### 2.3.1 幕墙开启方式

合理的幕墙开启方式是实现自然通风的基础。上悬窗、中悬窗和下悬窗是常见的开启形式，各有其独特的通风优势。上悬窗防雨性能好，开启时可引导气流沿天花板流动，促进室内空气循环；中悬窗通风面积大，能有效调节通风量；下悬窗则可引入新鲜空气，加速室内热空气排出。推拉窗和平开窗则适用于对通风量需求较大的场景，通过大面积开启实现快速换气。此外，智能化开启装置的应用，可结合温湿度传感器、风力传感器等设备，自动调节幕墙开启角度与时间，精准控制通风效果，在降低机械通风能耗的同时，提升室内舒适度。

### 2.3.2 双层幕墙系统

双层幕墙系统是高效的自然通风解决方案，由外层封闭幕墙和内层可开启幕墙组成。两层幕墙之间形成的空气间层，如同一个“缓冲带”。在夏季，通过顶部排风口和底部进风口，利用热压原理使空气在间层内流动，带走外层幕墙吸收的太阳辐射热，减少热量传入室内；冬季则关闭通风口，空气间层起到保温作用，降低室内热量散失。此外，双层幕墙系统还能有效隔绝噪音，提升室内环境的静谧性。

### 2.3.3 通风间层设计

通风间层设计通过在幕墙结构中设置空气流通通道，增强自然通风效果。在幕墙的玻璃与保温层之间、或在不同材质的板材之间预留通风间隙，利用热压和风压驱动空气流动。在玻璃幕墙中，通风间层可配合百叶等遮阳构件，进一步强化遮阳与通风的协同效应。这种设计不仅能降低幕墙的表面温度，减少向室内的传热，还能有效防止幕墙内部结露，延长幕墙使用寿命，是兼顾节能与耐久性的重要设计策略。

## 2.4 智能控制技术

### 2.4.1 智能监控系统

智能监控系统依托物联网与传感器技术，构建起对建筑幕墙运行状态的实时监测网络。通过在幕墙关键部位部署温湿度、光照强度、风速风向等传感器，可动

态采集室内外环境数据及幕墙结构参数，如玻璃表面温度、型材应力变化等。系统将数据传输至中央控制平台，经大数据分析模型处理，生成可视化的运行状态报告。例如，当监测到玻璃幕墙温度过高时，系统可预警潜在的热应力破裂风险；通过长期追踪遮阳设施的开合频率，优化其运行策略。

#### 2.4.2 智能调节系统

智能调节系统基于监控数据实现对幕墙设备的自动化精准控制，是节能增效的核心。该系统集成人工智能算法，可根据环境变化与预设节能目标，自动调节遮阳百叶角度、幕墙开启程度、玻璃透光率等。室内二氧化碳浓度上升时，联动开启通风窗，引入新风。对于双层幕墙系统，智能调节系统可实时优化空气间层的通风量，平衡隔热与换气需求。通过与建筑的空调、照明系统联动，智能调节系统能协同调节能耗，实现建筑整体能效的最大化，为用户打造舒适、节能的室内环境，推动建筑幕墙向智能化、绿色化方向发展<sup>[2]</sup>。

### 3 建筑幕墙绿色节能设计的挑战与展望

#### 3.1 当前面临的挑战

##### 3.1.1 技术成本高

建筑幕墙绿色节能技术涉及新材料研发、智能控制系统应用等，前期研发投入大，导致相关产品和技术价格居高不下。如新型调光玻璃、智能遮阳系统等，其成本较传统材料高出数倍；双层幕墙系统的安装与维护费用也显著增加。对于建筑开发商而言，高昂的技术成本压缩利润空间，使得他们在项目中对节能技术的应用持谨慎态度，阻碍了绿色节能技术的推广普及。

##### 3.1.2 设计标准不完善

现有的建筑幕墙绿色节能设计标准存在滞后性，难以适应快速发展的技术需求。部分标准对新型节能材料性能指标、智能控制系统功能要求缺乏明确规定，导致设计过程中缺乏统一规范。同时，不同地区气候条件差异大，但标准未能充分细化，无法指导设计师因地制宜进行节能设计，造成设计方案在实际应用中难以达到预期节能效果，影响建筑幕墙绿色节能设计的科学性与规范性。

##### 3.1.3 施工难度大

绿色节能幕墙施工对工艺要求高，涉及复杂的构造节点与多专业协同作业。新型节能材料的安装工艺与传统方式不同，施工人员缺乏相关经验，易出现安装不规范问题，影响幕墙整体性能。智能控制系统的布线、调试需专业技术支持，若施工环节把控不严，易导致系统运行不稳定。

##### 3.1.4 用户认知不足

多数用户对建筑幕墙绿色节能设计的重要性与优势缺乏深入了解，仅关注建筑的外观与初期建设成本，忽视节能设计带来的长期效益。他们不了解节能幕墙在降低能耗、提升舒适度方面的作用，对智能调节系统的操作使用存在畏难心理，更倾向选择传统、低价的幕墙方案。

#### 3.2 未来发展方向

##### 3.2.1 新型节能材料的研发与应用

未来将聚焦新型节能材料研发，突破传统材料性能瓶颈。通过纳米技术、仿生学等前沿科技，开发兼具高透光率与强隔热性的玻璃材料；探索新型复合材料，如石墨烯增强保温材料、可降解高分子型材，提升材料环保性能与耐久性。

##### 3.2.2 智能化技术的深度融合

智能化技术将与建筑幕墙设计深度融合，构建智慧节能体系。物联网、大数据与人工智能技术将实现对幕墙环境参数的精准感知与动态分析，驱动遮阳、通风、采光设备自主调节。此外，数字孪生技术可模拟幕墙全生命周期运行状态，辅助优化设计与运维策略，提升节能效果与管理效率，使建筑幕墙向自适应、自优化方向发展，满足更高节能需求。

##### 3.2.3 全生命周期管理

全生命周期管理理念将贯穿建筑幕墙设计、施工与运维全过程。在设计阶段，运用生命周期评估（LCA）工具量化能耗与环境影响；施工中严格把控工艺质量，确保节能设计落地；运维阶段建立数字化管理平台，实时监测设备运行，精准预测维护需求，延长幕墙使用寿命，降低全周期成本，实现节能效益与资源利用效率的最大化<sup>[3]</sup>。

#### 结束语

建筑幕墙绿色节能设计承载着建筑行业低碳转型的重要使命，是平衡建筑美学与生态效益的核心路径。从节能材料革新到智能技术赋能，从设计标准完善到市场机制优化，每一项策略的推进都在重塑建筑的能耗格局。尽管当前发展仍面临成本、技术与认知等多重挑战，但随着政策支持、技术迭代与市场需求的协同驱动，建筑幕墙必将实现从传统围护结构向智慧节能载体的跨越。

#### 参考文献

- [1]李伟华,陈新光,刘畅.建筑玻璃幕墙绿色节能设计策略[J].建筑技术,2022(4):140-143.
- [2]陈旭,张光明,刘若梦.建筑玻璃幕墙绿色节能设计的研究与应用[J].建筑材料学报,2021,24(4):834-839.
- [3]王宁,陈薇,张亮.建筑玻璃幕墙绿色节能设计的研究与实践[J].山东建筑大学学报,2021,36(3):116-122.