

建筑设计中节能设计分析

李泽敏

同济大学建筑设计研究院（集团）有限公司 上海 200092

摘要：全球能源紧张与“双碳”目标推进，使建筑节能设计成建筑业转型关键。本文围绕建筑节能设计展开研究，阐释其基于全生命周期理论、追求能源高效利用的概念，提出可持续性、低碳性、经济性、舒适性等四大原则。分析了外部环境、建筑自身及技术材料三类影响因素，阐述了被动式与主动式节能技术路径。最后从数字化与技术集成、产业链协同、人才与认知提升三方面，给出提升节能设计水平的策略，为行业进步及“双碳”目标实现提供参考。

关键词：建筑设计；节能设计；关键技术路径

引言：传统建筑设计“重功能、轻能耗”的模式已难以适应时代需求，如何在保障建筑功能与舒适度的同时降低能耗，成为亟待解决的问题。本文聚焦建筑设计中的节能设计，通过梳理其概念、原则与影响因素，深入分析被动式与主动式节能技术路径，并探索提升设计水平的策略。旨在为设计实践提供系统性指导，推动建筑行业从高能耗向低能耗转型，助力实现能源高效利用与生态环境保护的协同发展。

1 建筑节能设计的概念与原则

1.1 建筑节能设计的概念

建筑节能设计是基于建筑全生命周期理论，通过系统性优化设计策略，在满足建筑使用功能与舒适度的前提下，最大限度降低能源消耗、减少碳排放的设计方法。其核心内涵并非简单的“减少用能”，而是通过对建筑规划、形体、围护结构、设备系统及可再生能源利用的一体化设计，实现能源高效利用与环境负荷最小化的动态平衡。从生命周期视角看，建筑节能设计涵盖从建材生产、施工建造到运营使用、拆除回收的全阶段：在设计初期便需考量建材的能耗属性（如低碳建材的选用），施工阶段减少能源浪费，运营阶段通过被动式与主动式技术结合降低采暖、制冷、照明等能耗，最终实现建筑全生命周期的能源效率最大化。与传统设计“重功能、轻能耗”的思路不同，现代建筑节能设计强调“节能与功能协同”，将能源效率作为核心指标融入空间布局、造型设计与系统集成的全过程，是建筑业应对全球能源危机与“双碳”目标的关键技术路径^[1]。

1.2 建筑节能设计的核心原则

建筑节能设计需遵循以下四大核心原则（1）可持续性原则：要求设计充分尊重自然生态系统，避免过度消耗不可再生资源，通过循环设计（如雨水回收、建筑废弃物再利用）实现与环境的共生。（2）被动优先原则：

优先采用自然采光、通风、遮阳等被动式技术减少对机械系统的依赖，例如寒冷地区通过优化建筑朝向与保温构造降低采暖能耗，热带地区利用通风塔与挑檐设计减少空调使用。（3）因地制宜原则：设计需适配地域气候与资源禀赋：北方地区侧重围护结构保温与太阳能利用，南方地区聚焦通风散热与遮阳设计，高原地区则需兼顾防寒与光伏能源集成。（4）全生命周期成本原则：避免单纯追求初期节能投入而忽视长期运营成本，例如高性能保温材料虽增加初期投资，但可通过长期能耗节约实现成本回收，需通过量化分析平衡短期与长期效益^[1]。

2 建筑节能设计的影响因素分析

建筑节能设计的效果是由以下外部环境、建筑自身特性与技术材料条件共同作用的结果，三者的协同程度直接影响节能目标的实现。（1）外部环境因素。严寒地区需重点强化围护结构保温与采暖系统效率，温和地区可更多依赖自然通风与采光，热带地区则需优先解决遮阳与散热问题。地理区位也至关重要，高纬度地区需通过优化朝向争取更多日照，沿海地区需考虑海风资源的利用与台风对建筑形体的影响，山区则需结合地形坡度设计节能布局。自然资源禀赋差异显著影响设计策略，太阳能资源丰富地区应侧重光伏一体化设计，地下水资源充足地区可优先考虑地源热泵技术。（2）建筑自身因素。建筑形体的紧凑性直接影响能耗，相同建筑面积下，紧凑形态（如立方体）比舒展形态（如长条状）的表面积更小，热量交换更少，尤其适用于寒冷地区。空间布局需实现功能与节能的协同，例如将办公室等主要使用空间布置在采光通风良好的区域，减少辅助空间对能源的无效消耗。围护结构作为建筑与外界的“屏障”，其性能是节能的关键，墙体保温层厚度、门窗传热系数、屋顶隔热构造等参数，直接决定建筑采暖制冷的能源需求，是节能设计需重点优化的环节。（3）技

术与材料因素。节能材料的性能迭代（如真空绝热板、气凝胶保温材料）可突破传统围护结构的节能瓶颈；高效设备系统（如磁悬浮变频冷水机组、辐射供暖制冷系统）能降低主动式用能的损耗；而BIM技术与能耗模拟软件（如EnergyPlus）的应用，则实现了设计阶段对建筑能耗的精准预测与优化，使节能策略从经验性决策转向数据驱动的科学设计^[2]。

3 建筑设计中节能设计的关键技术路径

3.1 被动式节能设计技术路径

被动式节能设计通过优化建筑自身形态与构造，利用自然条件实现能源高效利用，减少对机械系统的依赖，是节能设计的基础技术体系。具体如下：

（1）建筑形体优化设计。通过控制建筑体型系数（表面积与体积比），在满足功能需求的前提下，采用紧凑化布局降低热量交换面积——寒冷地区可通过缩减外凸构件、增加建筑进深减少散热，温和地区则可适度增加开窗面积与庭院空间平衡采光与通风。朝向设计需结合太阳高度角与日照时长，将主要使用空间布置在冬季向阳、夏季背阳的区域，通过建筑主立面与经线的合理夹角，最大化利用冬季太阳辐射热，同时减少夏季太阳直射。通过高低错落的形体组合形成空气流动通道，或利用退台、挑檐等元素引导自然气流，可强化建筑的自然通风潜力。

（2）围护结构节能设计。墙体设计采用复合保温构造，通过保温层与结构层的合理配比减少传热系数，如在严寒地区采用“保温层+空气层+结构层”的复合墙体，利用空气层阻断热桥。门窗系统需兼顾气密性与传热性能，采用三层中空玻璃与多腔体型材减少热量流失，同时通过窗台高度与开窗方式的设计，实现自然通风与保温的动态平衡。屋顶与地面设计同样关键，屋顶可采用倒置式保温与植被覆盖结合的方式，既减少夏季太阳辐射热吸收，又提升冬季保温效果；地面则通过设置保温层与防潮层，阻断地下冷热气渗透，避免地面结露与热量损失。

（3）自然能源利用技术。自然采光设计通过优化窗墙比、设置反光板与导光管，将自然光引入建筑深处，减少人工照明能耗，同时需避免眩光与过度采光导致的空调负荷增加。自然通风设计需结合建筑体型与立面开口，形成“进风口-风道-出风口”的气流路径，如在高层建筑中设置通风竖井，利用热压效应实现拔风；在夏热冬暖地区采用穿堂风设计，通过南北向开口与室内隔断优化，提升通风效率。遮阳系统设计需与建筑形态一体化，固定遮阳（如挑檐、百叶）适用于规律性日照区域，活动遮阳

（如可调节百叶、遮阳帘）则可根据季节与时段动态调节，在夏季阻挡太阳辐射，冬季引入阳光。

3.2 主动式节能设计技术路径

主动式节能设计通过高效设备系统与智能控制技术，优化能源转化与利用效率，是被动式设计的重要补充，尤其适用于气候极端或功能复杂的建筑，具体技术路径如下：（1）高效能源系统集成设计。暖通空调系统需采用变频技术与热回收装置，通过压缩机转速调节匹配负荷变化，减少启停能耗；同时利用全热交换器回收排风中的热量与湿度，降低新风处理能耗。辐射供暖制冷系统通过埋设在地面或墙面的管道，以水为介质传递热量，相比传统空调减少空气扰动与温差，提升热交换效率，尤其适用于大型公共建筑。生活热水系统需结合太阳能预热与空气源热泵，通过储热水箱与循环泵的智能控制，实现能源梯级利用，减少电加热或燃气加热的依赖。（2）智能控制系统设计。建筑设备自动化系统（BAS）通过传感器实时采集室内温湿度、光照度与能耗数据，对空调、照明、通风系统进行联动控制，如在人员离开时自动降低空调负荷与关闭照明，在光照充足时调暗人工光源。能耗监测系统需实现分项计量与数据可视化，通过对空调、动力、照明等分项能耗的实时分析，识别能源浪费节点并优化运行策略。智能终端与物联网技术的结合，可实现用户个性化控制，例如通过手机APP调节室内环境参数，同时系统根据用户行为模式自动学习并优化控制逻辑，减少人为操作导致的能耗波动。（3）节能照明与用水技术。照明系统需采用LED光源与智能调光结合的方式，LED光源相比传统荧光灯节能50%以上，配合光照传感器与人体感应器，可实现“人来灯亮、人走灯灭”的动态调节，同时通过色温与照度的分区设计，满足不同功能空间的照明需求。用水系统需通过节水器具与循环利用技术降低能耗，如采用低流量水龙头与节水马桶减少用水量，通过中水处理系统将生活污水净化后用于冲厕与绿化灌溉，通过雨水回收系统收集屋面与场地雨水，经处理后补充中水系统，减少自来水消耗与污水处理能耗。（4）可再生能源集成技术。光伏建筑一体化（BIPV）将太阳能电池板与建筑围护结构结合，在满足遮阳与装饰功能的同时发电，通过电池板排列角度与功率匹配的设计，提升发电效率并减少对建筑外观的影响。地源热泵系统通过埋设在地下的换热管与土壤进行热交换，冬季提取地热能供暖，夏季将热量排入地下，需结合地质条件优化埋管深度与间距，避免土壤热失衡。空气源热泵则适用于气候温和地区，通过吸收空气中的热量进行能量转化，配合辅助加

热装置应对极端低温,其安装位置需避免遮挡与噪音影响,同时与建筑立面设计协调^[3]。

4 提升建筑节能设计水平的策略

4.1 数字化与技术集成策略

数字化与技术集成策略如下:(1)设计阶段全面推广建筑信息模型(BIM)技术。将能耗模拟工具与BIM平台对接,通过参数化建模分析建筑形体、围护结构及设备系统的能耗关联。方案初期可调整朝向、窗墙比等参数,实时生成能耗曲线辅助决策;引入机器学习算法,基于同类建筑能耗数据训练模型,生成适配特定气候区的节能方案,减少试错成本。(2)技术集成构建“被动优先、主动优化、再生补充”的复合系统。被动式技术中,联动自然通风与遮阳系统,通过BIM模拟确定开窗与遮阳板的最佳组合;主动式技术中,推动空调、照明、热水系统智能联动,如光照充足时自动调低照明功率并微调空调温度。可再生能源集成需兼顾效能与美学,如光伏板排列结合立面斜率与日照数据。(3)材料技术创新。建立按气候区分类的节能材料数据库,严寒地区优先用真空绝热板,夏热冬暖地区侧重反射型材料。推动材料与构造协同研发,开发保温装饰一体化墙板,推广新型密封材料以提升气密性,降低能耗损失。

4.2 产业链协同优化策略

产业链协同优化,具体措施如下是:(1)设计方与业主前期协同。设计单位在策划阶段介入,通过全生命周期成本分析展示节能设计的长期收益,对比初期投入与运营能耗节约,消除业主对“高成本”的顾虑,共同制定单位面积能耗等量化目标并纳入设计任务书。(2)设计与施工强化衔接。设计单位编制节能施工导则,明确保温层铺设等关键工序要求,施工阶段派驻技术代表;施工单位建立材料验收制度,抽样检测保温材料导热系数等指标,对被动房气密性节点等复杂构造,用BIM模拟预判难点以减少返工。(3)运营阶段建立反馈机制。设计单位与运营方长期合作,在建筑使用1-3年内收集采暖、制冷等月度能耗数据,与设计预测值对比分析

偏差。若能耗偏高,排查施工工艺或运营管理问题,将结论纳入设计改进,形成“设计-建造-运营”闭环。

4.3 人才与认知提升策略

人才与认知提升,应做好以下策略:(1)专业人才培养要强化跨学科融合。高校建筑专业增设建筑物理、可再生能源等课程,开设节能设计工作室;行业定期开展培训,涵盖EnergyPlus等软件操作及超低能耗标准,鼓励设计团队与能源、环境工程师组建跨专业小组协作。

(2)社会认知提升要聚焦“节能与舒适协同”。通过展会、科普平台展示节能建筑居住体验,对比传统建筑与被动房的温湿度稳定性,消除公众误解;针对开发商组织项目观摩,分享能耗数据与市场反馈,推动从“被动合规”向“主动提质”转变。(3)设计公司内部建立评价机制。将预测能耗、可再生能源利用率等指标纳入绩效考核,定期评审已完成项目,总结经验形成技术知识库,提升整体设计水平^[4]。

结束语

建筑节能设计需以全生命周期为导向,兼顾多因素影响,融合被动与主动技术。通过数字化集成、产业链协同及人才认知提升等策略,可有效提升设计水平。未来要持续创新技术与优化实践,平衡建筑功能、舒适度与节能性。相信随着各方努力,建筑节能设计将助力建筑业迈向低碳可持续,为全球能源与环境治理贡献力量。

参考文献

- [1]许映月.建筑设计中节能设计分析[J].建筑工程技术与设计,2020(11):3746.
- [2]赵磊.建筑设计中节能设计的应用[J].林业科技情报,2025,57(1):185-188.
- [3]赵佳.建筑设计中节能设计问题分析[J].建材与装饰,2023,19(5):51-53.
- [4]马敏.建筑设计中节能设计的探讨[J].室内设计与装修,2021(3):118-119.