

建筑工程设计中的建筑节能设计分析

周 扬

象山县重大交通项目建设管理中心 浙江 宁波 315700

摘 要：建筑工程设计中的建筑节能设计旨在通过技术手段降低建筑能耗、提升能源利用效率。其核心涵盖围护结构节能（如外墙保温、高性能门窗、屋面隔热）与设备系统节能（如高效空调、智能照明、地源热泵），同时集成太阳能、风能等可再生能源。设计遵循热力学原理与环境优先原则，结合气候数据优化建筑布局与形态，利用智能控制系统实现能耗动态调节。该设计对缓解资源短缺、减少碳排放、推动建筑行业可持续发展具有关键作用。

关键词：建筑工程设计；建筑节能设计；技术体系

引言：在全球能源危机加剧与碳中和目标推动下，建筑行业作为能源消耗与碳排放的主要领域之一，其节能设计成为实现可持续发展的关键路径。传统建筑模式因围护结构热工性能差、设备系统能效低、可再生能源利用率不足等问题，导致能耗居高不下。建筑节能设计通过优化围护结构保温隔热性能、集成高效能源系统、应用智能控制技术及可再生能源，不仅能显著降低建筑全生命周期能耗，还可提升室内环境舒适度。

1 建筑节能设计的理论基础

1.1 建筑节能的核心概念

（1）定义与范畴：建筑节能指在建筑全生命周期中，通过技术手段降低能源消耗，提升利用效率，范畴涵盖围护结构节能（如外墙、门窗、屋面保温隔热）与设备系统节能（如空调、照明、供暖系统能效优化），同时包含可再生能源（太阳能、地热能）的集成应用。

（2）节能与绿色建筑、低碳建筑的关系：建筑节能是绿色建筑的核心组成，绿色建筑在节能基础上进一步拓展至环保、健康等维度；低碳建筑以减少碳排放为目标，建筑节能通过降低化石能源消耗，成为实现低碳建筑的关键路径，三者呈包含与支撑关系。

1.2 相关理论依据

（1）建筑热工学原理：以传热（传导、对流、辐射）、隔热（通过材料与构造阻断热量传递）、通风（利用自然或机械通风调节室内热环境）为核心，指导建筑围护结构设计与室内热环境优化。（2）可持续设计理论：基于全生命周期评价（LCA），从建筑材料生产、施工、运营到拆除回收全阶段，评估能源与环境影响，实现资源高效利用。（3）被动式设计策略：依托自然条件，通过自然采光减少人工照明能耗、遮阳构件降低夏季制冷需求、热压通风促进室内空气流通，降低主动能源消耗^[1]。

1.3 政策与标准体系

（1）我国现行建筑节能设计标准：以《公共建筑节能设计标准》（GB50189-2015）为核心，明确公共建筑围护结构热工性能、设备系统能效等指标，结合地方标准（如严寒地区、夏热冬暖地区专项标准）形成分级管控体系。（2）国际认证体系对比：LEED（美国）侧重能源与环境绩效量化评分；BREEAM（英国）注重全生命周期环境影响评估；DGNB（德国）强调可持续性综合平衡，涵盖经济、生态、社会维度，三者评价维度与权重上存在差异，但均以节能与可持续为核心目标。

2 建筑工程设计中建筑节能设计的技术体系

2.1 围护结构节能技术

（1）外墙保温系统：在材料选择上，需兼顾保温性能与安全性，常用挤塑聚苯板（XPS）、硬泡聚氨酯（PU）及岩棉板等，其中XPS导热系数低（ $\leq 0.030W/(m \cdot K)$ ）且防潮性优，适合潮湿地区；岩棉板具备防火A级属性，多用于高层建筑。构造设计分为外墙外保温、内保温与夹心保温，外墙外保温因能保护主体结构、避免热桥效应，应用最广，典型构造为“基层墙体+粘结层+保温层+抹面层+饰面层”，部分项目还会增设防火隔离带，提升消防安全。（2）高性能门窗：Low-E玻璃通过在玻璃表面镀制低辐射薄膜，可反射80%以上的红外热量，夏季减少室外热量传入，冬季留住室内热量，搭配中空或真空层设计，传热系数（K值）可低至 $1.8W/(m^2 \cdot K)$ 以下。断桥铝型材采用隔热条将铝合金型材断开，阻断金属热传导路径，相比普通铝合金门窗，传热系数降低40%~60%，同时兼顾抗风压、气密性与水密性，适配不同气候区域需求。（3）屋面与地面保温隔热技术：屋面保温常采用倒置式构造，将保温层铺设在防水层上方，选用挤塑聚苯板或泡沫玻璃，避免防水层受高温紫外线老化，部分平屋面还会结合种植屋面，通过

植被与土壤的隔热作用,降低屋面温度波动;坡屋面则可在檩条间填充玻璃棉或岩棉,实现保温与隔声双重效果。地面保温聚焦底层地面,在混凝土垫层与地基之间铺设XPS板或石墨聚苯板,搭配防潮膜,减少地面向地下土壤的热量传递,尤其在严寒地区,能有效提升室内底层温度^[2]。

2.2 能源系统优化技术

(1) 可再生能源利用:太阳能光伏系统可集成于建筑屋面、幕墙,采用BIPV(光伏建筑一体化)设计,将光伏组件作为建筑表皮,既发电又替代传统建材,适合光照充足的地区,发电效率可达18%~22%;地源热泵利用地下土壤恒温特性,通过埋管系统与土壤换热,夏季制冷能效比(COP)可达4.0~5.0,冬季制热COP达3.5~4.5,相比传统空调能耗降低30%~50%,且运行无污染。(2) 高效空调与照明系统:空调系统采用变频压缩机与变频风机,可根据室内负荷自动调节转速,避免频繁启停能耗,相比定频空调节能25%~40%;同时搭配全热交换器,回收排风余热,降低新风处理能耗。照明系统以LED灯为主,光效达100lm/W以上,是传统白炽灯的5~8倍,结合智能控制(如人体感应、光照感应),实现人来灯亮、人走灯灭,按需调节亮度,进一步减少无效能耗^[3]。(3) 能源回收与储能技术:余热回收技术适用于酒店、医院等有大量热水需求的建筑,通过回收空调冷凝热、工业余热加热生活热水,可替代传统燃气或电加热,节能率达60%以上;部分项目还会回收厨房油烟余热、电梯机房散热,提升能源利用率。储能技术以相变材料(PCM)为主,如石蜡类、盐类材料,可在夜间电价低谷时吸收热量或冷量,白天释放,平衡能源供需,降低峰谷电价差带来的成本;同时配合锂电池储能系统,储存太阳能光伏电能,实现能源自给自足。

2.3 智能控制与管理技术

(1) 建筑设备自动化系统(BAS):BAS通过传感器、控制器与通信网络,实现对空调、照明、给排水、电梯等设备的集中监控与自动调节。例如,空调系统根据室内温湿度传感器数据,自动调节风机转速与冷水阀开度;照明系统根据光照传感器数据,调节LED灯亮度;给排水系统根据水箱液位传感器数据,控制水泵启停,避免溢水或缺水。同时,BAS可实时采集设备运行数据,如能耗、故障信息,通过中央监控平台展示,便于运维人员及时发现问题,减少设备空转与故障能耗,提升系统运行稳定性^[4]。(2) 人工智能在能耗监测与优化中的应用:人工智能技术通过构建能耗预测模型(如基于深度学习的LSTM模型),结合建筑历史能耗数据、

气象数据(温度、湿度、光照)、人员活动数据,精准预测未来24小时或7天的能耗需求,为能源调度提供依据。例如,在太阳能光伏系统中,AI可预测未来光照强度,提前调整储能系统充放电策略;在空调系统中,AI可根据人员流动预测,提前调节室内温度,避免能源浪费。同时,AI还能通过对比实际能耗与预测能耗,识别能耗异常(如某区域能耗突然升高),分析异常原因(如设备故障、门窗未关),并自动发送预警信息给运维人员,甚至联动BAS自动修复(如关闭未关门窗、重启故障设备)。此外,AI还可通过强化学习,不断优化设备运行参数(如空调设定温度、照明亮度),在满足室内舒适度的前提下,实现能耗最低化,相比传统控制方式,可进一步节能10%~15%。

3 建筑工程设计中建筑节能设计的实践案例分析

3.1 案例选择与数据来源

选取北京某超低能耗住宅示范项目(共12栋住宅楼,总建筑面积8.6万m²),该项目符合《近零能耗居住建筑设计标准》(GB/T51346-2019),数据来源于项目设计文件、能耗模拟软件(DeST-h)输出结果及建成后1年的实际监测数据,兼具代表性与真实性。

3.2 节能设计策略解析

(1) 被动式设计应用(体形系数、朝向优化):项目体形系数控制在0.28(低于常规住宅0.35的限值),通过减少建筑外表面积降低热量损失;建筑主体朝向为南偏东15°,最大化利用冬季太阳能辐射,同时东、西向增设垂直遮阳构件,减少夏季太阳直射。此外,外墙采用180mm厚石墨聚苯板保温层(导热系数0.032W/(m·K)),门窗选用三玻两腔Low-E断桥铝窗(传热系数1.4W/(m²·K)),进一步强化被动式节能效果。(2) 主动式技术集成(光伏一体化、地源热泵):屋面集成BIPV光伏系统(总装机容量500kW),年发电量约55万kWh,满足项目15%的用电需求;供暖制冷采用地源热泵系统(埋管长度1.2万m),搭配风机盘管+新风热回收机组(热回收效率75%),替代传统燃气壁挂炉与分体空调。

3.3 效果评估与对比

(1) 能耗模拟结果(如年耗电量、碳排放量):经DeST-h模拟,项目年耗电量为32kWh/(m²·a),较同地区常规住宅(年耗电量65kWh/(m²·a))降低50.8%;年碳排放量约18kgCO₂/(m²·a),较常规住宅减少62%,达到超低能耗标准要求。(2) 经济效益分析(增量成本与回收期):节能技术增量成本约380元/m²(主要来自光伏系统与地源热泵),总增量投资3268万元。建成后年节约能源费用约215万元(燃气费+电费),同时享受政府补贴

800万元，静态投资回收期约11.5年。（3）用户满意度调查（室内环境舒适度）：对300户入住业主的调查显示，92%的业主认为冬季室内温度（维持在22-24℃）、夏季温度（24-26℃）适宜，88%的业主表示室内无明显温差与吹风感，满意度显著高于常规住宅（常规住宅满意度约70%），印证了节能设计对室内舒适度的提升作用。

4 建筑工程设计中建筑节能设计的挑战与对策

4.1 现存问题与挑战

（1）技术层面：节能技术成本高、系统兼容性差：当前高效节能技术（如BIPV光伏系统、地源热泵）增量成本比常规技术高30%-50%，中小房企难以承担；同时不同节能系统（如被动式保温与主动式能源设备）缺乏统一适配标准，易出现运行冲突，例如光伏供电与空调系统负荷不匹配，导致能源浪费。（2）管理层面：设计-施工-运维脱节、标准执行不力：设计阶段未充分考虑施工可行性，如复杂的外墙保温构造在施工中易出现空鼓、开裂；运维阶段缺乏专业团队，节能设备（如热回收机组）因未定期维护效率下降30%以上；部分项目为控制成本，未严格执行《近零能耗居住建筑设计标准》，存在保温层厚度不足等违规情况。（3）市场层面：用户节能意识薄弱、激励政策不足：多数业主更关注购房成本，对节能住宅的长期节能收益认知不足，节能住宅市场接受度低；地方政府补贴多集中于示范项目，普通项目仅享受10%-15%的税收优惠，且碳交易机制覆盖范围有限，企业节能动力不足。

4.2 优化策略与建议

（1）技术创新：研发低成本高效节能材料：加大对新型保温材料（如秸秆基复合保温板）、低能耗设备（如高效变频热泵）的研发投入，通过规模化生产降低成本，目标将节能技术增量成本控制在15%以内；建立节能系统兼容性标准，推动不同技术模块一体化设计。（2）政策

支持：完善碳交易机制与财政补贴：扩大建筑领域碳交易覆盖范围，允许企业将节能项目产生的碳减排量转化为收益；对普通节能住宅项目给予20%-25%的财政补贴，同时推出节能住宅贷款利率优惠政策，降低业主购房压力。

（3）产业协同：推动BIM+节能设计一体化平台建设：利用BIM技术整合设计、施工、运维数据，实现节能方案可视化模拟与全流程管控，例如通过BIM模型提前排查保温层与管线的施工冲突；建立跨企业数据共享机制，提升产业链协同效率。（4）社会参与：加强公众宣传与专业人才培养：通过社区讲座、短视频等形式，普及节能住宅的长期节能效益（如年均节约电费2000-3000元）；在高校开设建筑节能专业课程，同时对在职设计师开展BIM节能设计培训，提升行业专业水平。

结束语

建筑工程设计中的建筑节能设计是实现绿色低碳发展的核心环节，其通过围护结构优化、能源系统升级、智能控制集成及可再生能源应用，有效降低了建筑全生命周期能耗与碳排放。实践表明，科学合理的节能设计不仅能提升建筑能效与室内环境品质，更能推动建筑行业向可持续方向转型。未来，需持续加强技术创新、完善政策激励、强化产业协同，并提升公众节能意识，共同构建低碳、宜居的建筑环境。

参考文献

- [1]李永忠.建筑土建工程设计中节能技术的探究[J].佛山陶瓷,2023,(08):109-111.
- [2]黄兰.节能设计在建筑设计中的有效应用分析[J].智能建筑与智慧城市,2022,(12):133-135.
- [3]于银,褚学琳.传统建筑技术在现代建筑节能设计中的应用策略[J].住宅产业,2021,(11):42-44.
- [4]王大志.建筑节能设计的影响因素和应对措施[J].住宅与房地产,2021,(15):100-101.