

建筑工程施工中的节能施工技术

王 达

安徽建工三建集团有限公司 安徽 合肥 230000

摘 要：在“双碳”目标驱动下，建筑工程施工阶段的节能技术应用成为降低行业能耗的关键环节。本文结合工程实践，从施工方案优化、高性能材料应用、节能设备推广及智能监控实施四方面，探讨建筑节能施工的具体路径。通过分区分段施工细化能源管控、选用高效保温密封材料减少围护结构热损失、部署智能设备优化能源配置，辅以在线监测与自动化调节技术，形成全过程节能管控体系。实践表明，上述技术可显著降低施工阶段及建筑使用期能耗，为绿色施工提供可复制的实践经验。

关键词：建筑工程施工；节能施工技术；能源利用效率；高性能材料；智能监控

引言：随着城镇化进程加快，建筑能耗占社会总能耗比例持续攀升，施工阶段的能源浪费与使用期的高能耗问题亟待解决。传统施工模式存在工序衔接粗放、材料性能不足、设备效率低下等问题，导致能源利用效率偏低^[1]。在此背景下，以精细化管理为核心，通过优化施工组织、升级材料设备、引入智能技术，成为实现建筑节能的重要途径。本文立足基层工程实践，结合具体案例，系统分析节能施工技术的应用要点与实施效果，为行业绿色转型提供实践参考。

1 优化施工方案 提升能源利用

1.1 分区分段施工 精细化管理

在建筑工程施工中，分区分段施工是提升能源利用效率的重要手段。通过将施工场地按功能、进度或空间属性划分为若干独立作业区域，可实现资源的精准调配与能耗的定向管控。具体操作中，需结合工程结构特点与工序流程，科学划定主体施工区、材料加工区、设备停放区等功能板块，明确各区域的能源使用边界与管理责任。例如在高层建筑施工中，以标准层为单元实施分段流水作业，每层设置独立的水电接驳点，配合区域能耗计量表具，可实时监控混凝土浇筑、模板周转等环节的能源消耗^[2]。同时，通过建立分区施工日志制度，详细记录各作业段的机械运行时长、电力消耗数据及材料周转频率，便于后期进行能效分析与工艺优化。这种细化到区域单元的施工管理模式，既能减少不同工序间的交叉干扰，降低机械空转损耗与能源无效消耗，又能通过责任具象化激发施工班组的节能意识，为全过程能源管控奠定坚实基础。

1.2 工序衔接优化 缩短工期

工序衔接不畅易导致窝工、机械空转等能源浪费，优化工序逻辑是提升能效的关键环节。施工前需结合工

程特性编制精细化工序流程图，明确各分项工程的时间节点与工艺衔接标准，例如主体结构施工时同步规划砌体工程、水电预埋的插入时机，避免工序断档。施工中建立动态协调机制，通过每日碰头会、工序交接单制度实时校准各班组施工节奏，减少人员与设备的无效等待。以框架结构施工为例，模板拆除与混凝土养护工序的精准搭接，可使单栋楼工期缩短 5%-8%，相应降低垂直运输设备的台班消耗与临时设施的能源持续投入。这种基于现场实际的工序优化，既通过紧凑施工缩短工期，又从根源上减少了能源的阶段性冗余消耗。

1.3 施工排水设计 节约能源

施工排水系统的科学设计是降低能源损耗的重要环节。在工程规划阶段，应结合场地地形、降水特征及施工工序，合理布置排水管网与集水井，避免排水路径迂回导致的水泵低效运行。通过设置智能水位监测装置，可实现排水设备的自动启停，减少水泵空转能耗。例如，在基坑施工中采用分区排水策略，根据不同作业区的积水情况配置变频排水泵，依据实时水位数据动态调节抽水功率，较传统固定功率排水模式可降低30%以上的电能消耗。同时，注重排水系统与雨水回收利用设施的衔接，将收集的雨水经沉淀处理后用于场地降尘、混凝土养护等非饮用水场景，既能减少市政供水消耗，又间接降低了水处理环节的能源投入，实现水资源与能源的双重节约。

2 应用高性能材料 降低热损失

2.1 墙体保温材料选型

在建筑能耗中，围护结构热损失占据较大比例，而墙体作为主要围护构件，其保温材料的合理选型是降低热损失的关键。选择材料时，需综合考量导热性能、防火等级、耐久性及经济性等多重因素，避免单一指标过度追求或性能错配。例如，公共建筑对防火安全要求较

高，宜选用防火性能突出的材料，以减少火灾隐患；住宅项目则更注重长期使用中的保温与防潮效果，需选择兼具良好保温性和抗水性能的材料。

实际应用中，应结合建筑功能定位与所处气候环境精准匹配材料特性。寒冷地区的公共建筑，优先选用防火性能优异的保温材料，配合构造设计防止水汽渗入影响保温效果；夏热冬冷地区的住宅，可采用保温与防水性能兼具的材料，有效阻断室外湿热空气对室内环境的影响。某项目针对不同朝向墙体的热工需求，差异化配置保温方案：北向墙体侧重保温性能，南向墙体结合采光特点优化材料厚度，在保证室内热环境稳定的同时，避免材料性能浪费，实现建筑使用阶段能耗的有效降低。这种基于建筑实际需求的选型策略，既提升了墙体保温隔热效果，又兼顾了经济性与功能性，为不同类型建筑的节能设计提供了可参考的思路^[3]。

2.2 门窗密封性能提升

门窗作为建筑外围护结构的薄弱环节，其密封性能直接影响室内热环境稳定性与能耗水平。在材料选型上，优先采用断桥铝合金、铝木复合等导热系数低的型材，搭配多腔体结构增强隔热性能；玻璃选择双层中空 Low-E 玻璃，通过镀制金属膜层反射远红外辐射，减少室内外热量传导。施工过程中，注重门窗框与墙体间的缝隙处理，采用弹性发泡剂填充结合耐候密封胶封堵，避免冷桥现象；五金件安装需精准调校，确保开启扇与框体贴合紧密，配合三元乙丙橡胶密封胶条提升闭合时的气密性。某住宅项目实践显示，通过上述措施可使门窗气密性等级提升至 8 级，冬季冷风渗透量减少 40%，显著降低供暖能耗。

2.3 屋面隔热层技术采用

屋面作为建筑顶部围护结构，其隔热性能对室内热环境及空调能耗影响显著。施工中需根据建筑功能与气候特征选择适宜的隔热技术，如倒置式屋面采用挤塑聚苯板（XPS）作为保温层，利用其低导热系数与高强度特性，配合反射型涂料降低太阳辐射吸收；通风屋面则通过架空混凝土板或金属支架形成空气间层，利用热压原理加速热量散发。施工时需重点把控保温层铺设的连续性，避免因节点处理不当形成热桥，同时做好防水层与隔热层的衔接，防止雨水渗入影响材料性能^[4]。某商业建筑应用倒置式屋面技术后，夏季顶层室内温度较传统屋面降低 3-5℃，空调运行负荷减少约 25%，有效实现建筑节能目标。

3 推广节能设备 优化能源配置

3.1 高效热水循环系统安装

传统热水循环系统普遍存在管路布局粗放、循环泵选型不合理等问题，易导致沿程阻力过大、水泵运行效率低下，造成显著的热量损耗与能源浪费。在安装高效热水循环系统时，需遵循“精准设计、智能调控”原则：首先依据建筑功能分区与热水需求特性，采用三维建模技术优化管路走向，优先选择大管径直管段减少弯头数量，同时对主管道实施聚氨酯发泡保温处理，将管道热损失率控制在 5% 以内；其次配置带矢量控制功能的变频循环泵，通过内置压力传感器与流量变送器实时采集管网数据，结合模糊控制算法自动调节水泵转速，使泵组运行效率始终维持在高效区（ $\eta \geq 85\%$ ）。以某温泉度假酒店为例，其客房热水系统在改造时采用同程式管路设计，搭配永磁同步变频泵与动态压差控制技术，在满足 60℃ 恒温供水的前提下，将循环泵日均运行功率从 7.5kW 降至 4.2kW，系统能耗较传统方案降低 28%，且末端出水温差控制在 $\pm 1^\circ\text{C}$ 以内。这种将流体力学原理与智能控制技术相结合的安装模式，既解决了传统系统“大流量小温差”的低效运行问题，又通过精准匹配供需关系实现了热水循环环节的节能增效，为酒店、医院等热水高需求场景提供了可复制的技术方案

3.2 太阳能辅助供热技术应用

太阳能辅助供热技术通过集热器将太阳辐射能转化为热能，与传统供热设备协同运行，可有效降低化石能源消耗。施工中需根据项目所在地太阳高度角、日照时长等参数，合理确定集热器安装倾角与朝向，确保单位面积集热效率最大化。例如，在北方地区建筑中，将太阳能集热器与屋面结构一体化设计，搭配储热水箱与智能温控装置，可在光照充足时优先利用太阳能供热，不足时自动启动空气源热泵等辅助设备补充热量。某小区应用该技术后，冬季供热能耗较纯燃煤系统降低 40% 以上，既减少碳排放，又实现了能源配置的优化与运行成本的下降。

3.3 高效照明系统部署

传统照明灯具能耗高、光效低，难以满足节能需求。部署高效照明系统时，应优先选用 LED 灯具，其发光效率是普通白炽灯的 8 倍，寿命长达 5 万小时，可大幅降低更换与维护成本。结合建筑空间功能，采用智能照明控制系统，如在走廊、楼梯间等区域设置人体感应装置，实现人走灯灭；办公场所安装照度传感器，根据自然光强度自动调节灯具亮度。某写字楼改造项目应用该系统后，照明能耗降低 40%，有效提升了能源利用效率。

4 实施智能监控 管理能耗

4.1 能耗在线监测系统部署

能耗在线监测系统是实现建筑节能精细化管理的核心基础设施。在施工场地规划阶段,需针对配电箱、施工机械、临时设施等关键能耗节点,分类安装智能电表、超声波流量计、无线水表等高精度传感装置,构建覆盖水、电、气等多能源类型的实时监测网络。各类传感器通过 LoRa、NB-IoT 等物联网技术,将采集的能耗数据加密上传至云端管理平台,经数据清洗与可视化处理后,形成分区域、分时段的能耗动态图谱。管理人员可通过 PC 端或移动端实时查看各作业区的能源消耗趋势,精准定位设备空转、负载异常等低效用能环节。例如,某住宅项目在部署监测系统后,通过平台预警发现钢筋加工区夜间照明未关闭问题,结合门禁系统联动控制,使非作业时段照明能耗降低 22%;针对混凝土搅拌站设备待机功耗过高现象,通过设定自动断电策略,减少了 18% 的无效电能消耗。该系统不仅为实时能耗管控提供数据支撑,更通过历史数据回溯为后续项目的能源规划提供优化依据,从技术层面夯实了节能施工的数字化管理基础。

4.2 数据分析预测用能趋势

能耗数据的深度分析与趋势预测是实现精准节能管理的核心环节。通过整合能耗在线监测系统采集的实时数据与历史运行记录,运用统计学方法或机器学习模型,可识别设备能耗异常波动、挖掘用能规律与潜在节能空间。例如,针对施工机械能耗数据进行季节性分析,能提前预判冬季供暖或夏季空调负荷峰值,结合工程进度调整能源供给方案;对办公区、作业区的分项能耗数据进行关联分析,可发现设备待机损耗、照明空开等低效用能环节。某场馆建设项目通过建立能耗预测模型,精准预判混凝土养护阶段的电热膜加热负荷需求,提前优化供电调度,使该环节能耗较计划降低 18%,为动态能源管控提供了科学依据^[5]。

4.3 自动化调节设备运行

自动化调节是实现设备节能运行的关键手段,通过

集成智能控制系统,可根据实时能耗数据与环境参数动态调整设备运行状态。例如,施工升降机、塔吊等大型机械配备变频控制系统后,能依据负载变化自动调节电机转速,避免空载时的高功率运行,较传统定频设备降低 20%-30% 的电能消耗;空调系统结合温湿度传感器与预设节能策略,可在无人作业时段自动切换至低功耗模式,或根据室内人员密度动态调整送风频率。某工业厂房项目中,通过对通风设备实施自动化改造,使设备运行功率随室外空气质量实时调节,全年能耗同比下降 17%,有效避免了“大马拉小车”式的能源浪费,实现设备运行效率与节能目标的有机统一。

结论

建筑工程节能施工技术的落地需统筹施工组织、材料性能、设备效率与智能管控,形成多维度协同的节能体系。分区分段施工与工序优化从管理层面减少能源浪费,高性能围护材料从源头降低建筑使用期热损失,节能设备与智能监控则通过技术升级实现能源精准配置。这些技术在实际项目中已展现出显著的节能效益,不仅降低施工成本,更提升了建筑全生命周期的能效水平。未来,需进一步结合数字化工具深化节能技术创新,推动建筑行业向低碳、高效方向发展,助力“双碳”目标的实现。

参考文献

- [1]陶宇泽.建筑节能土木工程与施工技术及应用[J].太阳能学报,2024,45(9):709-710.
- [2]董丽娟.房屋建筑工程中绿色节能施工技术的应用[J].砖瓦世界,2025(2):25-27.
- [3]司广超.新型绿色节能材料在建筑工程施工中的应用[J].建筑·建材·装饰,2025(2):1-3.
- [4]陈东鹏.绿色节能技术在建筑工程施工中的应用[J].建材与装饰,2025,21(8):22-24.
- [5]李兴学.房屋建筑工程中绿色节能施工技术的应用[J].中国建筑装饰装修,2025(2):102-104.