

# 建筑暖通空调设计中的节能减排技术研究

王晓婷

内蒙古工元建设工程施工图审查有限公司，内蒙古呼和浩特，010000；

**摘要：**在进行建筑工程项目设计和施工时，相关单位必须高度关注环境保护工作的落实，确保建筑领域在实现长效发展的同时，也必须肩负更多的社会责任和社会使命。作为建筑工程设计中不容忽视的重要环节，暖通空调的节能减排设计在环保工作中发挥着至关重要的作用。落实暖通空调的节能减排设计，不仅能有效降低建筑工程的各类资源能源消耗，同时还能实现保护环境的目的，助力建筑行业的长效可持续发展。

**关键词：**暖通空调设计；节能减排技术；环保理念

**DOI：**10.69979/3029-2727.25.09.023

在建筑行业高速发展的今天，我国建筑行业的建筑能耗也不断增加，据不完全统计，当下建筑行业建筑能耗已突破社会发展总能耗的40%，且该比例还处于不断攀升的状态。为此各个行业领域也开始给予建筑能耗过大的问题高度关注，减少建筑能耗，才能实现建筑行业的绿色环保发展。而暖通空调设计中的采用节能减排设计，能对减少建筑能耗起到明显促进作用。

## 1 节能减排目标意义

### 1.1 核心目标体系

能耗强度目标，到2025年，全国单位GDP能源消耗比2020年下降13.5%，能源消费总量合理控制。污染物减排目标，化学需氧量、氨氮排放总量比2020年下降8%，氮氧化物、挥发性有机物排放总量下降10%以上，能源结构转型目标，2025年非化石能源发电量占比达39%左右，抽水蓄能装机超6200万千瓦，新型储能超400万千瓦，重点领域目标，年底前，大气污染防治重点区域基本淘汰35蒸吨/小时以下燃煤设施，装配式建筑实现年节煤1000吨/项目，减碳3000吨。

### 1.2 战略意义解析

驱动高质量发展，通过淘汰落后产能、推广绿色技术，倒逼产业升级，形成经济增长新动能（如节能环保产业投资增长）。企业节能降耗可降低生产成本超30%，提升品牌竞争力与市场价值。保障国家能源安全，降低化石能源依赖，提高非化石能源占比至39%，增强能源供应韧性。实现双碳目标关键路径，节能降碳占碳达峰碳中和贡献率的70%以上，是“以降碳为重点战略方向”的核心举措。环境污染协同治理，减排10%污染物可显著改善空气质量，减少酸雨、雾霾等生态问题。国际责任与可持续发展，履行《巴黎协定》承诺，展现大国担

当，为全球气候治理提供中国方案。

### 1.3 实施挑战与趋势

挑战：区域能耗差异大，传统产业转型成本高；企业节能技术应用率不足40%。对策：建立碳排放双控制度，替代单一能耗管控；推广“AI+能源管理”平台，实现动态优化（如合肥市数字监管系统）；强化激励政策：对LEED认证建筑给予运营成本减免8-9%。数据印证：2023年单位GDP能耗较2005年累计降低46%，印证政策长期有效性。

## 2 节能减排对建筑暖通空调设计重要性

### 2.1 缓解能源消耗压力

能耗占比突出，建筑运行阶段能耗占全国能源消费总量21.7%，其中暖通空调系统占建筑总能耗的50%~80%，是建筑领域最大的用能单元。资源依赖性高，传统暖通空调依赖化石能源，加剧能源安全风险；节能设计可降低30%以上运行成本，缓解能源供需矛盾。

### 2.2 驱动经济可持续发展

降低运营成本，高效变频技术、冷热回收系统等节能设计，可使空调系统运行能耗降低30%~60%，显著减少用户长期支出。提升资产价值，符合LEED等绿色标准的节能建筑，运营成本可降低8%~9%，同时增强市场竞争力与品牌溢价能力。

### 2.3 履行环境保护责任

减少碳排放，建筑全过程碳排放占全国总量51.3%，空调系统减排对实现“双碳目标”贡献率达70%以上。遏制环境污染，降低氟利昂等制冷剂泄漏风险，减少氮氧化物、PM2.5等污染物排放，改善城市空气质量。

## 2.4 优化技术设计路径

破解传统设计缺陷，解决“循环水泵容量失真”“系统静态设计”等问题，避免因参数误差导致的 20%以上能源浪费。推动技术迭代升级，强制采用变频控制（节能 15%~20%）、热回收装置（提升能效 30%）等新技术，2023 版设计标准要求系统能效比  $\geq 4.8$ 。

## 2.5 平衡舒适与节能矛盾

提升室内环境质量，通过新风量优化（如变风量系统）、温湿度精准控制，在节能 30%的同时改善空气品质与热舒适度。响应政策刚性约束，满足《建筑节能与可再生能源利用通用规范》要求——新建公共建筑能耗较 2016 年标准再降 20%。

## 3 建筑暖通空调设计节能减排设计要求

### 3.1 强制性性能指标

能效基准，冷热源设备需满足国标能效 1 级（如冷水机组  $COP \geq 6.1$ ）新风量按人员密度独立调控，办公建筑  $\geq 30m^3/(h \cdot \text{人})$ ，负荷控制，绿建二星级：空调负荷较基准降低  $\geq 3\%$ （2024 版标准），绿建三星级：负荷降低  $\geq 5\%$ ，采用变流量技术减少水泵能耗 15%。

### 3.2 系统设计关键要求

冷热源优化，优先选用地源热泵、空气源热泵等可再生能源系统，减排  $\text{CO}_2$  40%以上，大型项目配置冰蓄冷系统，利用谷电降低运行成本 25%，输配系统节能，水泵风机 100%变频控制，部分负荷能耗降低 15%~20%。管道阻力计算需精确校验，避免循环水泵容量失真导致的 20%能源浪费，热回收强制配置，排风热回收装置显热效率  $\geq 60\%$ ，用于新风预处理，冷凝热回收满足生活热水需求  $\geq 50\%$ 。

### 3.3 动态调控与智能化

负荷响应策略，采用 AI 算法预测 occupancy 模式，动态调整室温设定值（夏季  $\geq 25^\circ\text{C}$ ，冬季  $\leq 20^\circ\text{C}$ ），分区控制：办公区与商业区设置独立温控逻辑，实时能效监测，安装 IoT 传感器监控系统能效比（ $SEER \geq 4.8$ ），数据接入楼宇管理平台。

### 3.4 建筑协同设计

围护结构整合，外窗遮阳系数  $SC \leq 0.4$ ，Low-e 玻璃降低辐射传热 30%，建筑朝向优化减少太阳辐射得热 10%~15%，自然通风利用，零能耗建筑需设计风压/热压通风系统，降低空调开启时长 20%，设计避坑指南：避免静态设计：需校核四季工况，防止冬季过热/夏季欠

冷导致的能耗反增；禁止直接套用模板：需现场校验建筑实际热惰性参数。

## 4 建筑暖通空调设计变频技术应用

### 4.1 节能运行控制

负荷动态响应，根据室温与设定温度差 ( $>2.3^\circ\text{C}$  时启用最高频率) 实时调节压缩机频率，避免定频系统频繁启停造成的能耗浪费，变频水泵/风机随流量需求自动调速，部分负荷能耗降低 15%~30%。多参数协同调节，结合压缩机壳温、电流电压检测（每 0.5 秒采样）动态修正运行频率，确保系统稳定高效。电子膨胀阀六档开度控制（A-F 档），精确匹配制冷剂流量。

### 4.2 系统级优化设计

智能预测调控，基于 LSTM 算法预测建筑负荷，提前调整设备频率（如办公区早高峰前预启动），多台机组群控时，按负荷率自动切换运行台数（负荷  $< 30\%$  关停冗余机组）。跨设备协同，变频水泵与末端压差联动，维持管网最不利环路恒定压差，新风机组变频器与焓值控制结合，过渡季最大化自然冷源利用，

### 4.3 特殊场景应用

低温环境可靠性，变频热泵在  $-20^\circ\text{C}$  环境下仍可保持  $55^\circ\text{C}$  出水温度（如银川案例机组），压缩机电压/电流双重保护机制，防止低温工况电机过载，高精度环境控制，洁净室/实验室采用变频 FFU（风机过滤单元），风速波动  $< \pm 0.05 \text{ m/s}$ 。针对初投资高问题，采用阶梯式改造（优先改造能耗占比 60% 的水泵系统），确保回收期  $\leq 5$  年；通过物联网平台实现变频设备集群能效监测（ $SEER \geq 4.8$  达标率提升至 95%）。

## 5 建筑暖通空调设计冷热回收利用强化措施

### 5.1 热回收系统升级措施

高效换热器选型，优先采用全热回收转轮（效率  $\geq 75\%$ ）或逆流板式换热器（显热效率  $\geq 65\%$ ），实现排风与新风的深度能量交换。医院/洁净室选用不锈钢材质热回收芯体，避免交叉污染，同时配置三级除尘装置，冷凝热深度利用，冷水机组串联双级热回收装置，夏季优先制取生活热水（水温  $55\text{~}60^\circ\text{C}$ ），替代 50%以上锅炉能耗。冬季将回收热量用于新风预热，降低采暖负荷 30%。

### 5.2 智能控制强化措施

动态负荷匹配，基于 AI 算法预测建筑用热规律（如酒店早晚热水高峰），实时调节热回收量，避免能量闲置。

置，设置三级风量控制模式（平衡/强力/节能），按人员密度自动切换。多系统联动，热回收装置与变频水泵联动，水温波动控制在±1℃内。物联网平台实时监测热回收效率（>60%），异常时自动切换备用回路，

### 5.3 特殊场景增效措施

低温环境应用，严寒地区采用防冻型热回收机组（-25℃正常运行），配置乙二醇防冻液循环系统。高湿度区域，沿海地区增加冷凝水分离装置，防止换热器结霜导致的效率衰减，改造工程适配，老旧系统加装板翅式热回收模块，预留800mm检修空间，避免管道冲突。

## 6 建筑暖通空调设计节能减排技术效果评估方法

### 6.1 核量化评估指标

空调能量消耗系数（CEC），定义为空调设备全年总能耗（kWh/a）与假想空调负荷全年累计值（kWh/a）之比，CEC值越小能效越高。计算要点：实际能耗需包含冷热源、水泵、冷却塔等所有设备，假想负荷仅计算围护结构传热、太阳辐射等基础值（不含节能措施），负荷降低率，绿建认证要求：二星级建筑空调负荷较基准降低≥3%，三星级≥5%（2024版标准），通过对比设计负荷与基准模型负荷（相同室内温湿度条件）验证。系统能效比（SEER/SCOP），冷源要求：IPLV≥5.0，SCOP≥4.8（国标GB 50189），实时监测数据需接入楼宇管理平台，生成季度能效曲线。

### 6.2 综合评估工具与流程

能耗模拟与实测对比，使用EnergyPlus等软件模拟基准能耗，对比实际电表数据（允许偏差±15%），重点校验冷水机组COP、水泵功率等核心参数，节能诊断技术，全面诊断：对配电、空调、照明等系统全链路分析，重点诊断：针对能耗占比>60%的空调系统专项审计（如冷站能效），绿建认证量化评估，LEED认证：要求冷机组高效运行+冷却塔变频，系统节能≥40%，国标GB 55015：公共建筑综合能耗较2016年基准降幅≥20%，

## 7 建筑暖通空调设计如何达到预期节能减排目标

### 7.1 目标导向的节能设计框架

负荷精准计算，采用动态模拟软件（如EnergyPlus）计算逐时负荷，避免经验估算导致的冗余设计（冗

余量>20%时能耗增加15%~30%），设定合理室内参数：夏季室温每升高1℃节能8%~10%，湿度提升15%可降耗15%，节能目标量化，公共建筑要求：国标GB 55015规定综合能耗较2016年基准降幅≥20%，LEED认证要求：系统综合节能率≥40%。

### 7.2 智能控制策略

动态负荷匹配，LSTM算法预测24小时负荷（误差±5%），预调整设备运行状态，负荷率<30%时关停冗余机组，冷站群控节能15%~20%。多系统协同，末端温控器联动主机调节出水温度（波动±1℃内），人员密度<20%时自动降风速70%，同步降耗15%。

### 7.3 运行调优与验证

能效持续追踪，关键点位每2000m<sup>2</sup>布设传感器（温湿度/流量误差±0.5℃），季度生成空调能量消耗系数（CEC）曲线，要求CEC<1.0。建筑暖通空调设计如何确保设计环保性、环保材料与设备选型，无污染风管系统，采用无甲醛环保消音风管，内壁微孔消音技术可将噪音降至35dB以下，平滑内壁减少风阻，综合节能20%-30%。医院等高洁净场景选用不锈钢材质芯体，避免交叉污染，满足A级不燃标准。高能效设备认证。冷热源设备需符合国标GB 50189能效要求：IPLV≥5.0，SCOP≥4.8；多联机执行GB 21454-2021标准，APF能效等级达1级（深绿色标识）。可再生能源与自然能源整合，光伏光热协同，屋面铺设光伏板（覆盖率≥85%），年发电量达730万kWh，减碳2829吨/年。自然通风强化，过渡季采用焓值控制，结合风压/热压双模式通风设计，缩短空调运行时长达20%。智能控制与运维保障，AI动态优化，LSTM算法预测24小时负荷（误差±5%），负荷率<30%时关停冗余机组，冷站群控节能15%-20%。

总之，相关设计人员必须严格遵循节能减排和环保理念，通过加大新型节能技术的应用、实现噪声控制模式的优化、创新暖通空调系统设计方案等方式，进一步提高建筑暖通空调设计水平，充分发挥建筑暖通空调系统的功能及作用，在满足建筑工程居民基本需求的基础上，推动建筑暖通空调工程事业的现代化发展。

### 参考文献

- [1]刘晓玲.节能减排理念在建筑暖通空调设计中的应用分析.2022.
- [2]李浩宇.建筑暖通空调设计中的节能减排技术探讨.2023.