

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，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 4000 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 ≥ 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 ≥ 6.1)新风量按人员密度独立调控,办公建筑 $\geq 30\text{m}^3/(\text{h}\cdot\text{人})$,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 CO₂ 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 ≥ 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 ≤ 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°C 环境下仍可保持 55°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 ≤ 5 年;通过物联网平台实现变频设备集群能效监测(SEER ≥ 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 $55\sim 60^\circ\text{C}$),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,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 $\pm 1^{\circ}\text{C}$ 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°C 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 核心量化评估指标

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 $\geq 3\%$,三星级 $\geq 5\%$ (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 $\pm 15\%$),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 $\geq 40\%$,国标GB 55015:公共建筑综合能耗较2016年基准降幅 $\geq 20\%$,

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 $15\sim 30\%$),设定合理室内参数:夏季室温每升高 1°C 节能 $8\sim 10\%$,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 $\geq 20\%$,LEED认证要求:系统综合节能率 $\geq 40\%$ 。

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 $\pm 5\%$),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 $15\sim 20\%$ 。多系统协同,末端温控器联动主机调节出水温度(波动 $\pm 1^{\circ}\text{C}$ 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 2000 m^2 布设传感器(温湿度/流量误差 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$),季度生成空调能量消耗系数(CEC)曲线,要求 $\text{CEC}<1.0$ 。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 $20\sim 30\%$ 。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 $\geq 85\%$),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 $\pm 5\%$),负荷率 $<30\%$ 时关停冗余机组,冷站群控节能 $15\sim 20\%$ 。

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.