

绿色住宅建筑中暖通空调设计及能耗分析

曹隆基 石方

三森空调集团有限公司 山东省德州市 253309

摘要：绿色住宅建筑的推广对暖通空调系统提出了更高的节能与环保要求。暖通空调作为建筑能耗的主要组成部分，其设计水平和运行效率直接决定了住宅的绿色性能和居住舒适度。本文围绕绿色住宅建筑的暖通空调设计展开分析，从设计原则、冷热源方案比选以及能耗分析等方面进行系统阐述，提出了适应绿色住宅发展需求的暖通设计要点与能耗管控措施，以期为绿色住宅暖通空调系统的优化设计提供参考。

关键词：绿色住宅；暖通空调；节能设计；能耗分析；冷热源

引言

随着国家双碳战略目标的推进和绿色建筑评价标准的全面实施，住宅建设行业正加速向低碳化、高品质方向转型。暖通空调系统在住宅建筑能耗中占有较大比例，其能耗水平直接影响建筑的整体碳排放量和运行成本。与此同时，居住者对室内空气品质和热舒适度的要求也在不断提高，传统的暖通设计思路已难以兼顾节能与舒适的双重目标。因此，在绿色住宅设计中，暖通空调系统必须从单一的温湿度调节功能向节能、环保、舒适、智能等多维度的系统解决方案转变。

1 绿色住宅暖通空调设计的基本原则

1.1 节能优先与全生命周期考量

绿色住宅暖通空调设计的首要原则是将节能理念贯穿于系统规划、设备选型、运行管理的全过程。设计师不能仅关注系统初期的投资成本，而应从建筑全生命周期的角度综合评估方案的经济性和环保性^[1]。这意味着在方案阶段就应进行多种冷热源方案的经济技术比较，不仅要核算设备采购和安装费用，还要测算运行能耗成本和维护费用，选择全生命周期内综合效益最优的方案。

1.2 室内环境质量与健康保障

绿色住宅的核心价值之一是为居住者提供健康舒适的室内环境。暖通空调系

统在满足节能要求的同时，必须保障室内热湿环境和空气品质达到设计标准。设计时应当合理确定室内温湿度设计参数，冬季供暖温度宜控制在 18 至 22 摄氏度，夏季供冷温度宜控制在 24 至 28 摄氏度，相对湿度保持在 40%至 60%的舒适区间。新风系统的设置同样不可忽视，应根据住宅的密闭性和居住人数确定合理的新风量，保证室内二氧化碳浓度控制在 1000ppm 以下，有效稀释室内装修材料和家具释放的甲醛、挥发性有机物等污染物，为居住者提供健康安全的呼吸环境。

1.3 系统适配与建筑一体化

暖通空调系统应与建筑本体进行一体化设计，避免暖通系统与建筑结构、外观和空间布局脱节。在建筑设计阶段，暖通专业就应介入配合，根据建筑的朝向、体形系数、窗墙比和围护结构热工性能，合理确定空调机房位置、管道井尺寸和风口布局。管道敷设路径应尽量短直，减少局部阻力损失；室外机的安装位置应保证良好的通风散热条件，避免热岛效应导致能效下降。

1.4 经济性与技术可行性平衡

绿色住宅暖通设计应兼顾技术的先进性与经济性的合理性。并非所有先进的节能技术都适合无条件推广，设计师应根据项目的定位、投资预算和当地资源条件，选择技术成熟、运行可靠、投资回收期合理的方案。例如，地源热泵系统虽然运行能效高，但初投资较大且受场地条件限制，并不适用于所有住宅项目；空气源热泵安装便捷、适用性广，在气候温和地区是较为经济合理的选择。

2 绿色住宅暖通空调冷热源方案比选

2.1 常见冷热源形式及特点

住宅建筑常用的冷热源形式包括分体式空调、多联机系统、空气源热泵系统、地源热泵系统以及燃气锅炉加电制冷的组合方案。分体式空调是最传统的形式，系统简单、初投资低，但能效比相对较低，且室外机布置影响建筑外观。多联机系统通过一台室外机连接多台室内机，部分负荷性能优良，适用于中高档住宅。空气源热泵利用空气中的低位热能，一机多用可同时解决供暖和制冷需求，在长江流域及其以南地区应用效果良好。地源热泵利用土壤作为热汇和热源，全年运行稳定，能效比可达 4.0 以上，但需要足够的埋管场地，初投资较高。

2.2 绿色住宅的冷热源优选原则

绿色住宅选择冷热源时，应遵循因地制宜、高效利用、清洁低碳的原则。在

寒冷地区，应优先考虑地源热泵或空气源热泵等可再生能源利用形式，减少对燃气或电热供暖的依赖；在夏热冬冷地区，空气源热泵能够兼顾供冷和供暖需求，是较为适宜的选择；在温和地区，可考虑单一制冷加辅助供暖的简化方案。无论选择哪种形式，设备的额定能效比均应达到国家能效等级一级标准以上，并具有良好的部分负荷调节性能。对于有条件的大型绿色住区，可考虑采用地源热泵或污水源热泵等集中式系统，通过规模效应降低单位面积的冷热源投资和运行成本。

2.3 方案比选方法与评价指标

冷热源方案的比选应采用动态评价方法，综合考虑初投资、年运行费用、使用寿命、环境影响和维护便利性等因素^[2]。常用的评价指标包括单位面积冷热源初投资、全年综合能效比、单位制冷量运行费用、投资回收期以及单位面积年碳排放量等。比选时，应通过能耗模拟软件对住宅全年的冷热负荷进行计算，在此基础上测算不同方案的年耗电量和运行费用，再结合设备使用寿命和年度维护成本，计算出各方案的全生命周期成本，选择综合最优的方案。

3 绿色住宅暖通空调能耗分析

3.1 能耗构成与影响因素

住宅暖通空调系统的能耗主要由冷热源设备能耗、输配系统能耗和末端设备能耗三部分构成。冷热源设备（如压缩机、热泵主机等）能耗通常占总能耗的 50%至 60%，是能耗的主要部分；输配系统能耗包括水泵、风机等输送设备的电耗，约占总能耗的 20%至 30%；末端设备能耗占比约为 10%至 20%。影响能耗的主要因素包括建筑围护结构热工性能、室外气候条件、室内设定参数、设备能效水平、运行控制策略以及居住者的使用行为。

3.2 能耗指标与评价标准

绿色住宅暖通空调系统的能耗水平通常用单位面积年综合能耗（ $\text{kWh/m}^2\cdot\text{a}$ ）或单位面积年碳排放量（ $\text{kgCO}_2/\text{m}^2\cdot\text{a}$ ）来衡量。根据现行国家标准《绿色建筑评价标准》（GB/T 50378）和《建筑节能与可再生能源利用通用规范》（GB 55015），绿色住宅的供暖和空调能耗应比现行节能标准的规定值降低至少 10%至 20%。在实际工程设计中，可通过能耗模拟软件对住宅全年逐时能耗进行动态模拟计算，得到供暖、供冷和输配系统分项能耗数据，作为方案比较和优化设计的定量依据，也为竣工验收后的实际运行能耗考核提供对标基准。

3.3 运行数据的后评估与优化

对已投入使用的绿色住宅进行能耗后评估,是验证设计效果、积累工程经验的重要环节^[9]。后评估应收集至少一个完整空调季的运行能耗数据,对比设计阶段的模拟计算结果,分析偏差产生的原因。常见的偏差原因包括设备实际运行能效低于额定值、控制策略未按设计要求执行、居住者用能行为与设计假设差异较大等。基于后评估结果,可以对系统的运行策略进行针对性的优化调整,如修正控制参数、优化设备启停时间等。后评估的经验还可反馈到后续项目的设计中,推动设计方法的持续改进。对于采用合同能源管理模式的项目,后评估数据也是核算节能效益和确定费用结算的客观依据。

结语

绿色住宅建筑中暖通空调系统的设计与能耗管控是一个需要综合考虑节能性、舒适性、经济性和环保性的系统工程。只有将设计、运行和管理各个环节有机衔接,才能真正实现暖通空调系统在绿色住宅中的高效低耗运行,为双碳目标的实现和住宅产业的绿色发展提供有力的技术支撑。

参考文献

- [1]洪伟. 绿色住宅建筑中暖通空调设计及能耗分析 [J]. 居舍, 2026, (16): 119-122.
- [2]马红军. 绿色建筑暖通空调设计中节能技术的应用研究 [J]. 中华建设, 2026, (6): 123-125.
- [3]张寒冰,边长馨. 绿色建筑暖通空调节能技术及优化设计方法研究 [J]. 中国高新科技, 2026, (10): 84-86.
- [4]闫婷婷. 绿色建筑中地源热泵与暖通空调系统的集成设计 [J]. 建材发展导向, 2026, 24 (10): 127-129.