

## 绿色建筑背景下暖通空调设计研究

孙江燕

河北天艺建筑设计有限公司, 河北 石家庄 050071

**[摘要]**暖通空调系统能耗约占建筑运行总能耗的 40%~60%, 是绿色建筑节能设计的重点领域。文中阐述了暖通空调节能设计的重要意义, 分析了当前设计中存在的节能理念落实不足、系统选型与能效偏低、智能控制与可再生能源应用深度不足、全生命周期考虑欠缺等问题, 并提出了强化绿色节能设计理念、优化系统配置并提高冷热源运行效率、推广可再生能源综合利用并完善智能控制、加强全生命周期节能设计等优化策略, 以期绿色建筑背景下的暖通空调设计提供参考。

**[关键词]**绿色建筑; 暖通空调; 节能设计; 可再生能源; 全生命周期

DOI: 10.33142/ec.v9i9.20418

中图分类号: TU83

文献标识码: A

## Research on HVAC Design under the Background of Green Building

SUN Jiangyan

Hebei Tianyi Architectural Design Co., Ltd., Shijiazhuang, Hebei, 050071, China

**Abstract:** The energy consumption of HVAC systems accounts for about 40% to 60% of the total operating energy consumption of buildings, and is a key area of green building energy-saving design. The article elaborates on the important significance of energy-saving design in HVAC systems, analyzes the current problems of insufficient implementation of energy-saving concepts, low system selection and energy efficiency, insufficient depth of intelligent control and renewable energy application, and lack of consideration for the entire life cycle in design. It also proposes optimization strategies such as strengthening the concept of green energy-saving design, optimizing system configuration and improving the efficiency of cold and heat source operation, promoting the comprehensive utilization of renewable energy and improving intelligent control, and strengthening energy-saving design throughout the entire life cycle, in order to provide reference for HVAC design in the context of green buildings.

**Keywords:** green building; HVAC system; energy-saving design; renewable energy; whole life cycle

### 引言

在“双碳”目标的驱动下,我国建筑行业绿色低碳转型已经成为国家战略。根据建筑节能协会公布的数据可知,我国建筑业建造能耗占全国能源消费总量的 22.8%,在全国能源相关碳排放中所占比例为 48.3%。暖通空调系统是建筑能耗的主要部分,占建筑总能耗的 40%以上,是建筑中节能优化的重要领域。2024 年版的绿色建筑评价标准(GB/T50378-2024)已正式实施,供暖空调系统冷、热源机组能效的要求也提高了很多。但是目前暖通空调的设计在绿色理念的落实、系统选型、智能控制、可再生能源的利用等各方面还存在着很多不足。本文从绿色建筑的角度出发,对暖通空调设计存在的问题以及优化途径进行系统的探究。

### 1 暖通空调节能设计的重要意义

暖通空调节能设计在绿色建筑体系里有着不可替代

的战略意义。就碳排放结构而言,公共建筑能耗占建筑总能耗的 40.7%,占比高且呈上升趋势。暖通空调系统的能效水平直接决定建筑整体的碳排放,节能优化属于降低建筑运行阶段碳排放的重要手段。绿色建筑重视全生命周期内节约资源、保护环境、减少污染,暖通空调系统是建筑能耗的重要部分,暖通空调系统的节能优化对达成绿色建筑目的有着十分重要的意义。从经济角度看,精细化的暖通空调节能设计可以大幅度降低建筑全生命周期运行成本。据不完全统计,夏季室内温度每降低 1℃,暖通系统能耗就会增加 5%,节能潜力巨大。就行业发展而言,传统暖通设备存在效率低、运行成本高的缺点,不能达到现代绿色建筑对于节能环保高标准的要求。另外,暖通空调节能设计也影响着室内环境品质及人员健康,合理的系统设计可以在降低能耗的同时保证适宜的温度、湿度以及新风量。因此,暖通空调节能设计是建筑业绿色转型的重要手段。

## 2 当前暖通空调设计存在的问题

### 2.1 节能设计理念落实不足

节能设计思想在暖通空调设计当中存在着诸多的不足。第一，设计人员节能意识普遍不强，绿色理念的贯彻只是表面化。全国人大代表冯远认为，部分建筑在设计时缺乏节约意识，没有考虑到建筑的全生命周期资源消耗和碳排放，导致建筑“先天”不节能；片面追求高大空间会大大增加空调系统的负担，大面积使用玻璃幕墙容易造成能源浪费。设计人员对于建筑本体节能重视不够，把重点放在了设备选型上，忽略了围护结构热工性能等本体的节能潜力。第二，设计流程中存在重设备、轻系统的倾向，节能技术的应用是形式的<sup>[1]</sup>。根据《绿色建筑评价标准》条文说明可知，避免空调供暖空间全覆盖或者简单降低夏季空调、提高冬季供暖温度的做法不利于节能，但是设计实践中这种倾向仍然普遍存在。第三，激励机制和评价体系不健全，节能效果没有被设计评审的主要指标所包含。降低建筑运行阶段的碳排放主要依靠建筑本体节能、提高用能效率、可再生能源利用这三个途径，但是设计实践中对于被动式节能技术的使用很少。

### 2.2 系统选型合理性与能源利用效率较低

系统选型和能源利用效率是评价暖通空调设计水平的主要指标，两者互相影响。容量配置不合理属于系统选型中比较普遍的问题。暖通空调设计中常常由于参数选择不当而使冷热源和末端设备选型过大，造成初投资大、运行能效低，“大马拉小车”现象比较普遍。有的项目用面积指标代替逐项逐时计算（直接按“每平方米 70W 冷负荷”套用），忽略了人员密度、设备散热等动态因素，造成冷热源选型过大或者过小。偏大配置会增大初始投资，使设备大部分时间处于部分负荷运行状态，能效明显降低；偏小配置会造成极端天气下供能不足。就能源利用效率而言，部分负荷性能系数不达标的状况比较普遍。根据绿色建筑评价标准，集中供暖系统热水循环泵耗电输热比、空调冷热水系统循环水泵耗电输冷（热）比均应小于《民用建筑供暖通风与空气调节设计规范》的规定值的 20%。输配系统设计不合理造成系统阻力大、水泵扬程高，变流量系统没有得到充分利用，部分负荷运行时能源浪费严重。

### 2.3 智能控制水平与可再生能源应用深度不足

智能控制技术、可再生能源利用都是绿色建筑背景下暖通空调设计的方向，但是两者都存在明显的不足。智能控制方面，暖通智控行业一直处在粗放的状态之中，缺少统一的技术标准和评价体系，产品兼容性不好、数据孤岛严重，造成用户选型困难、运维成本高，行业发展速度受

到影响。根据暖通空调系统智能调控及能效检测规程，工程中智能调控的效果受系统架构不同、控制逻辑不一致、调试不到位、传感器和计量点位配置不全、数据质量差、时间同步不好等影响<sup>[2]</sup>。大多数系统只能完成基本的启停、温度设定，缺少根据需求响应的动态优化控制。可再生能源的应用受气候环境的影响较大，太阳能、空气源热泵等可再生能源技术在气候变化的时候系统调整不够及时，气候条件与系统匹配存在问题。空气源热泵、地源热泵等技术的初投资大，投资回收期长，不利于推广使用。

### 2.4 全生命周期节能设计考虑欠缺

全生命周期节能设计理念要求在暖通空调设计阶段统筹考虑从设备生产、运行维护到报废回收的全过程环境影响和成本，但是目前的落实情况比较差。设计阶段缺少运行成本的系统评价。实际工作当中，设计决策一般只用初始投资作为唯一标准，造成高性能设备因为初期成本稍高而被淘汰。某商业综合体项目实践证明，用全生命周期成本法来评价设备方案，建立包含能效等级、运行稳定性、维护成本等各方面因素的综合评价体系，是实现绿色建筑机电设备选型优化的有效途径。其次设备能效同建筑用能特性之间缺乏匹配度的考虑。不同的建筑类型用能负荷曲线差别很大，常规的设计一般会采用标准化的设备选型方案，没有根据目标建筑的实际用能特点做定制化的匹配，造成系统实际能效比设计值低很多。其次，未来改造的方便性考虑不到位。系统分区、管线布置等设计决策缺少前瞻性，当使用需求发生变化或者技术进步的时候，改造成本很高。建筑碳排放计算已经成为硬性要求，但是设计人员对相关计算方法的掌握程度普遍较低。

**表 1 暖通空调设计主要问题与成因汇总表**

| 问题编号 | 问题类别               | 主要表现                                  | 主要成因                     |
|------|--------------------|---------------------------------------|--------------------------|
| 2.1  | 节能设计理念落实不足         | 节能意识薄弱，对建筑本体节能重视不够，节能技术应用流于形式         | 激励机制不完善，评价体系缺位，被动式节能运用不足 |
| 2.2  | 系统选型合理性与能源利用效率较低   | 负荷计算粗糙，机组容量偏大或偏小，输配系统阻力大，部分负荷能效不达标    | 设计经验主义，标准执行不严，缺乏精细化计算    |
| 2.3  | 智能控制水平与可再生能源应用深度不足 | 控制系统功能单一，兼容性差，数据孤岛突出，可再生能源初投资高、受气候影响大 | 行业标准缺失，技术集成能力弱，政策支持不均衡   |
| 2.4  | 全生命周期节能设计考虑欠缺      | 运行成本预判不足，负荷匹配不合理，改造成本上升，碳排放评估缺失       | 设计—运维脱节，全生命周期意识薄弱，评估机制缺失 |

### 3 绿色建筑背景下暖通空调设计优化策略

#### 3.1 强化绿色节能设计理念

就节能设计理念落实不到位的问题而言,要从观念转变、规范约束、能力建设三个方面入手加以推进。设计人员应该树立全系统节能观念,在设计之初就要考虑建筑本体的节能降碳问题,尽量采用被动式的设计方式。通过合理地优化建筑朝向、体形系数、遮阳构造和气密性来从根本上降低空调负荷需求。其次要创建绿色设计考核与奖惩制度,把节能绩效当作设计评价体系的重要组成部分,在设计评审时增设独立的节能审查环节,委托第三方专业机构对主要指标展开核验。除此之外还要加强设计师的绿色能力培养,在设计教育中加强节能理念的培育。节能减排理念下的暖通空调节能优化方向有采用变频技术、应用新能源和可再生能源、利用能源回收装置、融合智能化技术。研究认为,将多能互补系统和智能调控结合起来,在保证舒适性的基础上可以达到节能的目的。

#### 3.2 优化系统配置并提高冷热源运行效率

改善系统配置,加强冷热源运行效率,这是提高暖通空调系统节能性能的主要途径。首先要推进精细化负荷计算和动态模拟,创建建筑能耗仿真模型,采用动态负荷模拟软件对全年逐时负荷实施准确计算,取代传统的估算手段,恰当安排冷热源装机容量和台数的配备。民用建筑供暖通风和空气调节设计规范要求必须逐时计算冷热负荷,设计单位要严格遵守。高效冷热源系统的设计要根据不同的建筑类型进行动态负荷计算,空调形式、冷热源主机的选择、末端的选型等都是暖通空调设计的重点。其次,应该选择高能效的设备,保证满足规范要求的前提下主动选择能效等级更高的冷热源设备,对空调冷热水系统进行精确的水力计算,推广变频调节、冷热能回收等节能技术。变频技术通过调节压缩机和风机的转速来改变系统的能耗,也可以提高温控精度。

#### 3.3 推广可再生能源综合利用并完善智能控制

推广可再生能源综合利用、完善智能控制是实现暖通空调系统深度节能的主要途径。根据实际情况推进多元化技术的协同应用。多能互补技术把可再生能源(太阳能、空气源热泵、地源热泵等)同传统供热方式融合起来,达成能源的多元化应用。对有条件项目在设计阶段统筹规划太阳能光伏发电系统,在适宜地区积极推广地源热泵、空气源热泵等技术,形成多能互补的高效能源系统。在智能控制方面应该推广基于物联网、人工智能的智能控制系统,对冷热源机组、水泵、风机、末端装置等实施全系统协调

控制及动态优化。以物联网、大数据、人工智能为依托的智能控制系统可以达到精细化管理以及预测性维护的目的,根据实际情况动态改变运行方式<sup>[3]</sup>。数字孪生技术在暖通系统的设计、调试和运维中使用越来越多,它可以在虚拟环境里改善系统的性能,从而有效地降低实际能耗。依靠智能传感器网络实时采集室内参数,利用 AI 算法进行自适应调节,实现按需供能、预测性控制,创建以大数据分析为基础的能耗监测平台,由被动响应向主动管理转变。

#### 3.4 加强全生命周期节能设计

加强全生命周期节能设计,要把节能考虑从设计阶段延伸到建筑全生命周期。设计阶段就应该建立全生命周期成本评价体系,方案比选时要全面考虑初始投资、运行能耗、维护费用、设备寿命等各方面的因素,不能只看眼前的利益而忽视了长远的后果。全生命周期成本法对设备方案进行评价,建立包含能效等级、运行稳定性和维护成本等各方面内容的综合评价体系,从而达到优化设计决策的目的。还要创建起设计、施工、运维全过程数据贯通机制,在项目早期就把运维团队加入到设备选型评审当中,借助 BIM 技术创建起包含设备参数、安装信息、维护需求在内的完备数据模型,从而给后期的智慧运维赋予数据支撑。建筑碳排放计算已经成为硬性要求,设计人员需要了解建筑运行阶段碳排放计算的方法,在设计阶段准确地进行碳排放强度的核算。有研究创建了暖通空调系统全生命周期碳足迹分析体系,用排放因子法对系统各个阶段的碳排放特性展开量化<sup>[4]</sup>。另外,暖通系统能效持续优化运维方案创建起“感知-传输-分析-调控-运维”全部链条的智能化体系,从源头优化、运行智能、维护精准三个方面入手,达成由粗放用能向精细管控的转变,综合节能率可达到 15%~46%。要从设计源头促进建筑工程和环保工程协调发展,建立以全生命周期为目的的一条长的链条。

### 4 结语

绿色建筑已经成为建筑行业发展的主流方向,暖通空调设计是建筑能耗控制的重要环节,其设计理念和技术方法正在发生深刻的变革。目前设计中存在节能理念落实不到位、系统选型及能效低、智能控制和可再生能源应用不深、全生命周期考虑不充分等主要问题,影响绿色建筑目标的实现。本文从理念强化、系统优化、技术推广、全生命周期管理四个方面提出系统优化策略。伴随着绿色建筑评价标准不断升级、暖通技术不断更新,暖通空调设计要从全生命周期的角度出发,实现由关注设备性能向关注系

统效能的转变、由满足规范要求向追求卓越能效的转变,在绿色建筑的发展中起到更加重要的作用。数字孪生、人工智能、物联网等新技术的应用将会给暖通空调节能设计开拓出更大的空间,助力建筑业“双碳”目标的早日实现。

#### [参考文献]

- [1]张自仕,李国正.既有建筑暖通空调改造问题解决对策研究[J].居业,2026(6):82-84.
- [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]李玉娜,杨昱,付瑜,等.绿色建筑中暖通空调节能控制方法研究[J].洁净与空调技术,2025(4):75-79.
- [4]王正鸿.绿色建筑暖通空调系统能效提升策略研究[J].新城建科技,2025,34(8):52-54.

作者简介:孙江燕(1996—),女,汉族,河北石家庄人,工程师,河北农业大学毕业,现就职于河北天艺建筑设计有限公司,从事暖通工作。