

低碳背景下绿色技术在暖通设计中的应用探讨

常亚飞

河北新冀人才资源开发有限公司, 河北 石家庄 050000

[摘要]在“双碳”目标的推动下,暖通空调系统作为建筑能耗的主要部分,其绿色化、低碳化的设计成了建筑行业转型发展的关键点。文中对绿色暖通设计的基本理念和设计原则进行了系统的梳理,分析了目前绿色暖通设计中节能设计同建筑实际需求不匹配、可再生能源利用效率不高、设备选型缺少全生命周期评价、智能控制系统协同管理能力弱四个方面的突出问题,在此基础上提出了加强建筑与暖通系统一体化设计、改善冷热源配置及能源梯级利用、创建全生命周期设备选型与评价体系、健全智能化运行控制体系这四个方面的改进办法,期望能给低碳环境下绿色暖通设计的开展提供理论上的参照。

[关键词]低碳;绿色暖通;节能设计;可再生能源;全生命周期;智能控制

DOI: 10.33142/ec.v9i7.20052

中图分类号: TU83

文献标识码: A

Discussion on the Application of Green Technology in HVAC Design under Low Carbon Background

CHANG Yafei

Hebei Xinji Talent Resource Development Co., Ltd., Shijiazhuang, Hebei, 050000, China

Abstract: Driven by the "dual carbon" goal, the green and low-carbon design of HVAC systems, as the main part of building energy consumption, has become a key point for the transformation and development of the construction industry. The article systematically summarizes the basic concepts and design principles of green HVAC design, analyzes the prominent problems in energy-saving design that do not match the actual needs of buildings, low efficiency of renewable energy utilization, lack of full life cycle evaluation in equipment selection, and weak collaborative management ability of intelligent control systems in current green HVAC design. Based on this, improvement methods are proposed in four aspects: strengthening the integration design of buildings and HVAC systems, improving the configuration of cold and heat sources and energy cascade utilization, creating a full life cycle equipment selection and evaluation system, and improving the intelligent operation control system, which is expected to provide theoretical reference for the development of green HVAC design in low-carbon environments.

Keywords: low carbon; green HVAC; energy-saving design; renewable energy; full lifecycle; intelligent control

引言

建筑行业属于碳排放的主要领域之一,建筑行业的节能降碳效果同“双碳”目标的达成息息相关。暖通空调系统在建筑能耗中占有很重要的位置,其能耗一般占建筑总能耗的40%~60%,是建筑节能工作中的重中之重。传统的暖通设计存在着设备选型过大、系统运行调节能力不够、能源利用率低等缺点,与绿色低碳的发展要求有较大的差距。在可持续发展理念不断推进的过程中,绿色建筑已经成为建筑行业发展的主流方向,暖通设计作为建筑能耗控制的重要环节,也正在发生着理念和技术创新方式的变化。低碳约束下怎样把绿色技术有效地融入暖通设计中去,使节能、环保和舒适性三者达到统一,已经成为行业急需解

决的重要问题。本文从理念原则、现存问题和优化策略三个方面进行论述,希望能够给绿色暖通设计理论的完善和实践推进提供一些参考。

1 绿色暖通设计的基本理念与设计原则

绿色暖通设计的主要思想就是,在保证建筑室内环境舒适、安全的基础上,尽可能减少暖通系统所消耗的能源和对环境产生的影响。该理念认为设计者不能只考虑满足功能,而应该把资源节约、循环利用和环境友好作为设计过程中的根本准则。绿色建筑重视在全寿命周期内节约资源、保护环境、减少污染,暖通空调系统是建筑能耗的主要部分,暖通空调系统的节能优化对达成绿色建筑目的十分重要。绿色暖通设计要遵照节能优先、因地制宜、系统

集成、全生命周期这四个基本原则,在系统方案比选和设备选型的时候始终把能效水平当作主要指标,优先选用高效节能技术,充分考虑到项目所在地的气候特点、资源状况和建筑功能需求,防止脱离实际地堆砌所谓的“先进技术”,把暖通系统看作建筑有机整体的一部分,重视同建筑围护结构、照明系统、可再生能源系统等协同配合,除了关注系统运行阶段的能耗情况之外,还要把设备制造、施工安装、运行维护直到报废处置的各个环节所造成的环境影响纳入统筹考虑。这些原则一起形成了绿色暖通设计理念的根基,也为后面发现并提出对策指明了价值坐标。

2 当前绿色暖通设计中存在的问题

2.1 节能设计与建筑实际需求匹配不足

绿色暖通设计在实际工程中遇到的一个主要问题就是节能方案同建筑真实的运行需求相脱离。主要表现在设计阶段能耗模拟上,设计人员一般按照规范推荐值来确定建筑围护结构热工参数、设备效率和人员密度等输入参数,而这些参数与建筑实际运行中真实的数值相差较大。设计阶段能耗模拟同实际运营存在较大差距,一般相差 20% 以上,造成大量绿色建筑图纸上标示为达标,但实际上却无法达到运行标准。更值得关注的是,在项目的设计阶段过分强调高新技术的堆砌,而忽略了使用者的真实需求,没有一项节能技术是“放之四海而皆准”的,也不是越新越好、越贵越好,设计者应该把关注点放在末端使用者的真正需求上^[1]。绿色建筑设计阶段要开展能耗模拟来评价建筑的能源效能和碳排放状况,模拟结果的好坏很大程度上取决于输入参数与实际工况是否相符,这就要求设计团队须充分认识建筑真实使用的场景而不是凭空套用规范中的默认值。

2.2 可再生能源利用效率有待提高

可再生能源在暖通系统中的应用越来越广泛,太阳能热利用、地源热泵、空气源热泵等技术在很多项目中得到了推广,但是其实际利用效率却普遍低于设计预期。造成该局面的原因有诸多方面,可再生能源在时间、季节上具有天然的不稳定性,太阳能资源的季节、日变化趋势往往与实际的采暖负荷趋势相反,时空不匹配性严重制约了太阳能供暖系统的有效利用;空气源热泵在冬季气温最低的时候,其蒸发温度过低使得性能系数降低,不能满足建筑在严寒时段的热需求;其次,地源热泵系统长期运行会遇到土壤热不平衡的问题,传统的单一地源热泵连续工作 3 到 5 年之后,就会出现土壤冷堆积和热失衡的情况,机组能效逐渐下降,系统有报废的风险;另外,部分项目对于可再生能源系统的容量配置没有做精细的设计,在新能源

系统容量配置过大时,会造成设备长期处于部分负荷运行状态,效率低下,而容量过小又不能满足高峰负荷的需求,需要依靠辅助热源。

2.3 暖通设备选型缺乏全生命周期评价

目前暖通设计中设备选型大多以初始投资和运行能效为主要考虑因素,而对设备全生命周期内的环境影响缺少系统的评价。该种选型逻辑的不足之处在于,高效设备一般都会伴随着更大的制造能耗和材料耗费,其生产过程中的碳排放可能同样可观,如果只考虑运行节能而忽略隐含碳,就会陷入“此处节能、彼处增碳”的困境。全生命周期碳概念包含建筑全生命周期内所有的温室气体排放,即运行碳排放和隐含碳排放,而传统的选型方法却忽视了后者的作用。不同的设备在维护频次、制冷剂泄漏率、最终报废处理等各方面的环境表现存在较大差别,暖通空调制冷设备属于能源类产品,其环境表现很大程度上受到能源消耗、运行行为、维护、制冷剂或其它工作流体等因素的影响,单纯依靠能效比较很难体现设备真实的环境绩效。

2.4 智能控制系统协同管理水平不足

智能化控制是提高暖通系统运行能效的一种重要技术手段,但是智能控制系统节能的效果很难达到预期。目前所面对的主要问题是控制系统不能把建筑实际热负荷这个关键变量完全考虑进去。建筑热负荷随着室外温度、太阳辐射强度、室内人员密度等实时因素的变化而变化,但是大多数暖通系统控制逻辑仍然停留在预设温度值的静态模式上,没有实现根据实时负荷预测进行动态调节的功能。暖通空调系统群控及能效管理在现代建筑中越来越重要,目前很多建筑物虽然已经使用了集中控制系统,但是在技术实施过程中仍然存在着系统集成度低、算法适应性差等问题,从而影响了系统的智能化水平^[2]。智能调控的执行效果受系统架构不同、控制逻辑和调试程度不一样、传感器及计量点位配置不完整等影响,时常出现控制功能上线但是节能效果无法量化的状况,舒适性和节能不能同时兼顾的情况,检测结果无法比较、复核。

3 低碳背景下绿色暖通设计优化策略

3.1 强化建筑与暖通系统一体化设计

要从根本上解决节能设计同实际需求相脱离的问题,就必须冲破建筑设计和暖通设计“先后分离”的传统模式,创建起一体化的协同设计机制。一体化设计的关键之处在于把暖通系统规划提前到建筑方案阶段,使建筑形体、朝向、围护结构等同暖通系统选型、布置、运行策略一起优化,达成“人-建筑-能源”和谐共生的目的。一体化设计应该在设计之初就进行基于实际运行场景的能耗模拟,输

入参数尽可能接近项目所在地的气候数据和目标使用人群的行为模式,同时建立建筑设计方和暖通设计方的联合工作机制,在施工图阶段留出足够的设备安装和检修空间。绿色技术和暖通设计有机融合有较好的经济效益和环保价值,有利于促进建筑行业绿色低碳发展。建筑调适是缩小设计-运营差距的重要途径,完整的建筑调适应包含系统功能验收、设备性能测试、控制逻辑检验、运行参数优化和运营人员操作培训等环节,只有执行到位,才能使建筑实际能耗比不进行调适的状态下降 10%~15%。促使暖通设计由传统模式向低碳、智能、可持续转变,一体化要使设计团队真正了解建筑实际使用情况,不能只依靠规范的默认值。

3.2 优化冷热源配置与能源梯级利用

对于可再生能源利用率低的问题,改善冷热源的配置并开展能源梯级利用属于行之有效的方法。冷热源配置的优化要从两个方面入手,一是按照建筑的冷热负荷特点和当地的气候状况,合理选定冷热源的形式和容量搭配,防止出现单一能源系统过度依赖或者容量过剩的情况;二是创建多能互补的系统架构,依靠多能源优化调度和梯级利用,先启动效率较高的设备来承担基本的冷热负荷。能源梯级利用的思想就是根据能源品位的高低来分级使用,即高品位能源用于满足高品质用能需求,低品位能源用于低品质用能场景,达到温度对口、梯级利用的目的。余热回收、冷热电联产、可再生能源集成等能源梯级利用技术的使用,可以给建筑的可持续发展提供强有力的保障^[3]。创建“光伏-相变储能-地源热泵-热回收”等多种技术相结合的零碳技术体系,可以大幅度削减暖通能耗并明显削减碳排放。除此之外,在过渡季节或者冬季,可以利用冷却塔循环水直接冷却建筑空调回水,部分或者全部代替冷水机组运行,这是冷热源优化配置中一项投资小、见效快的节能措施。

3.3 建立全生命周期设备选型与评价机制

弥补设备选型缺少全生命周期评价的不足,要从理念更新、方法创建和制度保证这三个方面一起推进。从理念上讲,设计人员要树立全生命周期碳视角,把设备的环境影响理解为设备运行过程中能耗的影响,也包含原材料获取、生产制造、运行维护和报废处置等各个阶段。从方法上来说,应该引入全生命周期评价工具作为设备选型的辅助决策手段,按照相关标准框架,对设备制造过程、生产运行期间和废弃处理各个阶段的温室气体排放进行全方位考虑。全生命周期评价是建筑行业可持续发展的手段,可以发现建筑材料的环境影响,并改善建筑材料生产及使

用的全过程。对于暖通空调制冷设备,已经专门制定了通用的生命周期评价规则,给设备层面的环境绩效评价提供方法学基础。研究表明,只考虑设备运行阶段的简化方法会低估隐含碳和生命周期影响,所以全生命周期评价要包含输配系统、末端装置等全部部分。从制度上来说,在绿色建筑评价体系里加入设备全生命周期碳排放的考核内容,促使设计单位在选择设备时提交生命周期评价分析报告,创建设备环境产品声明数据库,给设计人员给予可靠的对比数据支撑,从而有效地防止出现“节能不节碳”的选择误区。

3.4 完善智能化运行控制体系

提高智能控制系统的协同管理水平的关键,就是由“静态设定”变为“动态预测”,由“单机控制”变为“系统协同”。首先要建立以实时数据感知为基础的智能控制结构,对温度、湿度、二氧化碳浓度等进行合理的布线,并给控制决策赋予足够的数据支持。云平台数据分析和模型预测控制等智能调控技术迅速发展起来之后,暖通空调由原来的定值控制向按需供能、动态优化和故障自诊断转变的过程便开始了。控制逻辑要由原来的预设温度值的简单反馈控制,变成热负荷预测为基础的前馈-反馈复合控制,根据室外天气预报、室内人员预计到达时间、房间朝向、热惰性来预测未来两三个小时里每个房间的热负荷变化,提前调节设备的运行参数。其次要打破各个子系统之间的信息壁垒,实现暖通、新风、照明、遮阳等系统的联动控制,当新风系统和空调系统在同一个平台上进行联动控制的时候,可以根据室外湿度条件自动调节新风引入方式和空调除湿模式,从而达到减少能源浪费的目的^[4]。另外应该创建分层控制的架构体系,分为系统层、区域层和设备层这三个层次。分层控制的进阶应用就是利用分室计温来实现流量调节,根据各个房间设定温度和实际温度之间的差值来调整阀门的开度,从而达到节能的目的,系统能耗降低 10%~15%。通过规范智能调控的功能边界、运行工况选取、数据完整性与质量控制、能效指标体系与计算口径,使控制效果可以验证、节能收益可以量化、检测结论可以复核。

表 1 智能控制系统分层架构与节能效果

控制层级	控制对象	控制方式	预期节能效果
系统层	整体启停与模式切换	基于负荷预测的启停优化	5%~8%
区域层	分功能区温度设定	基于占用率与热负荷的区域调节	3%~5%
设备层	末端阀门与风口精细调节	基于分室计温的动态流量调节	10%~15%

4 结语

低碳背景下给绿色暖通设计提出更高的要求,也给绿色暖通设计赋予了更加明确的价值导向。本文从理念原则、现存问题和优化策略三个方面进行分析,发现目前绿色暖通设计在需求匹配、可再生能源利用、设备选型和智能控制等方面的结构性不足,并提出系统的改善途径。绿色暖通设计是建筑学、热工学、控制论、环境科学等众多学科交叉的系统工程,单点技术的突破固然重要,但是更重要的却是理念上的创新,从技术为主转向需求为主,从阶段改善转向全生命周期改善,从孤立运作转向互相依赖。随着“双碳”目标不断推进,绿色暖通设计的前景会越来越广阔,把绿色技术真正变成可以量化的、可持续的节能减碳成果,就是每一个暖通设计工作者必须面对的

时代课题。

[参考文献]

- [1]郭欣玥,宁春雪.低碳背景下绿色技术在暖通设计中的应用[J].居舍,2020(3):82.
- [2]陈钊钗.低碳背景下绿色技术在暖通设计中的应用探讨[J].四川建材,2024,50(12):225-226.
- [3]卢恒之.基于低碳背景下绿色技术在暖通设计中的应用探讨[J].城市建设,2025(29):83-85.
- [4]郑晓羽.低碳背景下绿色技术在暖通设计中的应用[J].城市建设理论研究(电子版),2019(18):54.

作者简介:常亚飞(1991—),女,汉,河北邯郸人,中级工程师,硕士研究生,任职于河北新冀人才资源开发有限公司,研究方向为溶液除湿。