

建筑节能设计对能源消耗的影响及优化策略

张明琦¹, 张燕峰²

(1. 山东恒浩水利工程有限公司, 山东 东营 257000;

2. 山东同正勘察设计有限公司, 山东 东营 257000)

摘 要 随着我国经济、社会不断发展, 建筑能源消耗已成为全社会能源消耗的重要组成部分, 同时, 我国建设工程的数量不断增多, 大量的建材生产和施工给环境带来了消极的影响。随着全球变暖、能源短缺等问题的日益突出, 社会各界对建筑节能设计提出了更高的要求。本文深入分析了建筑节能设计的当前状况, 有针对性地提出了建筑节能设计对能源消耗的影响机制, 并在此基础上提出了建筑节能设计优化策略, 以期实现减少建筑能源消耗, 达到节能减排的目的。

关键词 建筑节能设计; 能源消耗; 保温体系

中图分类号: TU111.195; TU201.5

文献标志码: A

DOI: 10.3969/j.issn.2097-3365.2025.15.023

0 引言

随着我国经济的迅速发展, 建筑能源消耗占社会总能源消耗的比例越来越高, 大量的建材生产与建造给周围的环境带来了不利的影响^[1]。随着全球气候变暖和能源短缺, 建筑节能已经成为建筑业实现可持续发展的一个重要手段。因此, 在建筑设计阶段应加强对建筑节能的考虑, 使建筑能源消耗得到有效控制, 以实现建筑节能的目的。通过合理布局, 优化围护结构, 提高设备利用率, 可以显著地减少建筑的能源消耗, 同时保证使用功能和室内环境质量。本文通过对建筑能源消耗组成及影响因素的系统研究, 揭示建筑节能设计对室内热传递、空气渗透、热辐射等能量传递机制的影响, 分别从保温体系、气密性、辐射控制三个方面提出具体的优化措施, 以期能够有效地降低建筑能源消耗问题。

1 建筑节能设计的当前状况

1.1 现有建筑节能技术和措施概述

建筑节能设计就是在建筑设计、施工和运行过程中, 运用一系列行之有效的技术与手段, 达到减少建筑能源消耗和控制温室气体排放量的目的^[2]。随着科技的不断升级, 建筑节能设计也得到了越来越广泛的应用。目前的主要节能技术与措施有: 被动建筑设计, 有效利用太阳能、风能等可再生的自然资源, 通过对建筑朝向、门窗布置及遮阳措施等进行合理的设计和排布, 实现建筑的自然采光与通风最大化, 降低对室内灯光、空调的依赖。采用高效节能的建筑材料, 例如: 低辐射涂层玻璃、高效隔热材料、绿色屋顶系统等,

可以大大提升建筑能源效率; 通过对建筑物能耗进行实时监测与调控, 实现节能降耗; 另外, 太阳能、风能、地热能等新能源在建筑节能方面的应用也日益受到重视。同时 LEED、BREEAM 及中国绿色建筑评估等绿色建筑标准与认证, 为我国建筑节能设计与建设提供指引与评估系统。这些技术与手段不但可以运用于新建建筑的设计, 而且可以被广泛地运用到既有建筑的更新、升级、改造之中。在科技进步、政策推动下, 建筑节能设计已成为建筑行业发展的必然趋势。

1.2 国内建筑节能标准和政策

建筑节能标准与政策的制定, 是对建筑业节能减排工作进行指导与管理的重要内容, 主要包括: 建筑节能设计标准、节能标识制度、绿色建筑评估制度、各类政府鼓励机制等。与欧美国家相比, 中国在建筑节能设计发展方面起步较晚, 但近几年在我国却得到了快速的发展^[3]。目前, 我国出台了《严寒和寒冷地区居住建筑节能设计标准》和《近零能耗建筑技术标准》等一系列建筑节能技术标准, 推动了我国建筑节能水平的提高。《“十四五”建筑节能与绿色建筑发展规划》明确提出了到 2025 年实现 3.5 亿 m² 的既有建筑节能改造, 建设超低能耗、近零能耗建筑 0.5 亿 m² 以上。

《建筑节能与可再生能源利用通用规范》于 2022 年 4 月 1 日正式施行, 其中明确指出, 新建的居住和公共建筑的碳排放强度应分别在 2016 年执行的节能设计标准的基础上平均降低 40%。《绿色建筑评价标准》和《绿色建筑创建行动方案》等对绿色建筑进行了大力宣传, 到 2023 年年底, 获得绿色建筑标识项目累计 2.7 万余

个。根据《民用建筑节能管理规定》的要求,对能源密集型公共建筑进行市场化改造,探索以市场为导向的公共建筑改造模式。另外,能源效率标识体系以及政府财政补贴、税收减免等鼓励政策,也是推动我国绿色节能建筑发展的重要因素。上述举措为中国建筑节能减排提供一个基本的架构,对于推进我国工业的绿色转型、“双碳”目标的实现都将起到积极的作用。

2 建筑节能设计对能源消耗的影响机制

2.1 温度传导作用

温度传导是影响建筑能源消耗的一个重要因素。按照热力学第一定律,热量的传递方式始终是由高温的对象传递到低温的对象^[4]。在建筑环境中,由于室内外存在一定的温差,导致其会产生围护结构的传热现象。当室外气温较低的情况下,热量会通过墙体、屋顶和门窗等围护结构从室内传导到室外,从而产生热量损失;而在室内气温较低的情况下,热量则是由室外传递到室内,使建筑物的制冷负荷增大。传热系数的数值大小与墙体的传热系数、传热面积及温差之间具有紧密的联系。随着传热系数的增大,传热面积增大,温度差也随之变大,导热传热损耗也增大。所以,热传导所产生的能力损耗,成为建筑节能设计中必须加以重视控制和解决的问题。

2.2 气流渗透效应

气流渗透对建筑消耗也会产生极大的影响。在实际建筑中,由于墙体内部的缝隙、裂缝、孔洞等通风通道的存在或是门窗处于开放状态,使室内外的空气产生了交换,从而产生了气流的渗入导致气流渗透现象^[5]。气流渗透会导致显热和潜热的转移,室内热湿环境发生变化,导致建筑能源消耗增加。由热力学第一定律可知,显热是由高温气流流向低温气流传递。冬天,室外冷空气经缝隙进入室内时,在带走室内热能的同时也会使室内气温下降,从而加重墙体的导热损耗。夏天,室外热气进入房间,会给房间增添多余的热量,使空调等制冷系统的负载增大,进一步增加能源消耗。

气流渗透除了显热传递,还会引起大气湿度的改变以及潜热转移。高湿度的空气渗入房间后,会使房间内的湿度上升,会导致人体出现闷热不适的症状,从而通过降低制冷设备的温度来缓解这一症状,直接导致制冷设备的能量消耗增加。除此之外,当室内暖湿空气向外渗入时,除了将房间内的热能带走外,还会在墙体内壁形成结露,导致隔热效果下降,进一步增加传热损失。所以,气流渗透效应是一个不可忽视的问题,是影响建筑能源消耗的重要因素。

2.3 辐射交换影响

辐射传热作为一种主要的换能模式,对建筑能源消耗有很大的影响。按照热辐射原理,只要是在绝对零度以上的物质都会向周围环境发射电磁波。建筑环境中,太阳辐射、大气辐射等因素均会导致建筑能耗的增减。建筑物的热能主要来自太阳辐射。太阳辐射通过诸如窗等透明围护结构直接照射到建筑内部,并被建筑材料吸收并转换成热能,从而提高室内的气温。同时,在不透光的围护结构中,阳光也会被墙体所吸收,从而实现室内空气的间接加热。太阳辐射能量的强度与辐射角度、围护结构的辐射性能密切相关。当日照强度较大时,与垂直方向的辐射角愈近,围护结构对阳光的吸收越大,其所产生的热能也越多。

除了太阳辐射,还存在长波的热辐射。在斯蒂芬-玻尔兹曼定律中,围护结构外表面与大气之间的净辐射传热量,正比于各自表面温度的4次方之差。在夜晚,当大气温度高于围护结构外表温度时,围护结构将大量的热量从围护结构中排出,导致热损失;而在白天,原理恰好相反。围护结构的辐射率、表面温度等参数对围护结构的辐射传热特性有着重要的影响。由于辐射传热强度大,作用距离长,对建筑能耗有很大的影响,因此,必须对辐射交换所导致的建筑能量消耗加以关注。

3 建筑节能设计优化策略

3.1 优化保温体系

围护结构的保温隔热性能会对建筑能源消耗程度产生直接的影响,借助优化和加强保温体系这一措施控制围护结构的传热系数,从而降低围护结构导热所产生的热量损耗。应根据不同的气候地区、不同的建筑类型,选用不同的隔热材料及施工方法。在隔热材料方面,应优先选择具有低热导率、高热容和低吸湿性的隔热材料;常用的隔热材料有岩棉、玻璃棉、聚苯乙烯等。该类材料的热导率可以达到 $0.030 \sim 0.045 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$,吸湿速率 $< 1\%$,可以显著改善其隔热性能。在严寒地区,围护结构要增厚保温层,保温层厚度不宜少于 120 mm 。但如果隔热层太厚,则会增大墙体的厚度,减少建筑的可利用面积。所以,在保证换热系数的同时,需要对隔热层的密度、热导率进行优化,从而达到降低隔热层厚度的目的。比如,将具有优良隔热性能的真空绝热层(VIP)与其他保温材料复合,可使外墙传热系数低于 $0.15 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ 。

屋面是建筑中最主要的传热面,其保温隔热设计也是非常重要的。在平屋面的顶部,要设置保温层,最好是高反射率的保温材料。坡屋面下方应设保温层,

瓦下应加设通风隔热层。门窗作为建筑围护结构通常是热损失最薄弱的部位,需加强门窗的保温设计,并采用低辐射薄膜,实现 $1.5 \sim 2.0 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ 的隔热效果。

3.2 提升气密性

建筑气密性对于保持室内热环境的稳定性和控制能源消耗有着重要的作用,是衡量围护结构抵御空气渗透能力的重要指标。提高建筑的气密性,可以有效地降低因空气流动而造成的能源消耗及室内环境的起伏。根据《公共建筑节能设计标准》(GB 50189-2015)的规定,建筑围护结构的气密性等级不得少于 4 级,也就是在 50 Pa 压力差下,透气度不得超过 $2.0 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ 。在此基础上,提出了控制墙体裂缝、提高围护结构性能的对策。对于墙体、楼板、屋顶等围护结构,在设计与施工时,要严格控制接缝、穿墙套管的数目与大小,以减小可能存在的漏风通道。隔热层与基层紧密贴合并对接缝进行填塞,可以有效提升墙体整体的气密性。在预制构件中,应优先选用凸凹式接缝,借助迷宫效应使漏风路径得以延长,在门窗洞口周边,要增加内外两层的密封胶条,以降低洞口的渗漏。

门窗在建筑物的气密性控制中起着至关重要的作用。具有良好气密性的门窗其特点如下:窗框选择热桥较少的型材,框扇连接部位采用可持续压缩的密封胶;玻璃和窗框的嵌缝密实,缝隙处应设置泡沫密封胶;开启扇与窗框之间的配合间隙不得大于 2 mm,且要有双重密封。值得注意的是,由于外门会反复开关,所以其气密性能很难和窗相提并论。所以,建议在外门外侧设置一个起缓冲功能的门斗或门厅,采用两扇门来保持气密性。因此,提高气密性是建筑节能的一种行之有效的方法,设计者应给予足够的重视。

3.3 调控辐射设计

辐射传热会对建筑能源消耗产生极大的影响,对其进行适当的调控可以有效地减少建筑能源消耗。对于太阳辐射与地表长波辐射,需要有针对性地进行设计。而在日照方面,则要根据建筑物所在的气候区及朝向,灵活地调节吸收的太阳辐射。在寒冷地区,建筑的南向外墙及窗户应使用具有较高吸收能力的涂料,以达到吸收阳光的目的,降低供暖能耗。在高温地区,采用高反射率的浅色涂料,可以有效地减少墙体的吸热,减轻制冷负荷。对窗墙比例、窗户布局等进行合理的设计,可有效降低太阳辐射的影响。为减少夏季早晚日照对建筑的不利影响,建筑南向应采用大窗墙比,东西向应采用小窗墙比。夏季高温冬季寒冷地区,建筑南侧的门窗要采用水平遮阳措施,以减少夏季的

高角光辐射;建议在东西方向设置竖向遮阳板,以避免夏季高角度的日光照射。在此基础上,通过在窗户上加装低辐射玻璃或者采用在玻璃上贴低辐射薄膜等方法,将绝大部分红外辐射阻挡在外,可有效降低太阳辐射的热系数。

此外还应注意围护结构表面的长波辐射换热问题。在冬季,人体、灯具和电器等高温物体向室内围护结构的表面辐射热量,使围护结构受热,并经传导散失至室外。为了防止这种现象的发生,建议在墙体或屋顶内表面粘贴铝箔等具有较小辐射率的材料,以降低其对热辐射的吸收。在夏季,屋面和外墙表面受到阳光的辐射,导致气温上升,使建筑内部的散热变得更加困难。在屋顶上铺设绿化屋顶或者建设一个屋面水池,利用植物的蒸腾和水分蒸发来吸收地表的热能,从而达到降温的目的。采用相变材料对屋面进行蓄热,以延缓屋面温度脉动的传播。因此,防辐射设计要综合考虑围护结构的内外表面,综合利用反射、隔热、蓄热等手段,对辐射传热进行优化,从而实现节能减排,改善室内热环境的目的。

4 结束语

建筑节能设计是减少建筑能源消耗,促进建筑绿色发展的有效方法。新的节能材料、新工艺、新技术的出现,为建筑节能设计带来了新的机遇和挑战。在今后的建筑节能设计中应重视其与智能化手段的结合,充分的利用可再生资源,在保证建筑的使用功能和室内环境质量的基础上兼顾节能和环境保护。与此同时,相应的标准和规范也应得到进一步的改进,加大对建筑节能设计的执行监督力度,促进我国建筑行业朝着低碳、节能、环保的方向发展。只有在社会各界的共同努力下,才能有效地减少我国建筑能源消耗,实现资源节约型和环境友好型社会的美好愿景。

参考文献:

- [1] 刘慧娟,宋长衡.基于 BIM 技术的绿色建筑节能设计优化研究[J].山西建筑,2025,51(02):20-23.
- [2] 肖健.绿色建筑理念下建筑节能设计研究[J].城市建设理论研究(电子版),2024,12(14):49-51.
- [3] 裴芳歌.“双碳”目标下建筑节能设计的问题及对策分析[J].佛山陶瓷,2024,34(05):68-85.
- [4] 夏建红.“双碳”目标下建筑节能设计探究[J].河北北方学院学报(自然科学版),2024,40(01):33-37.
- [5] 刘芳.高层建筑节能设计问题及优化策略研究[J].科技资讯,2024,22(01):118-121.