

被动式节能建筑设计在寒冷地区的适配性与效果分析

张子俊

九易庄宸科技(集团)股份有限公司, 河北 石家庄 050000

[摘要]冷区建筑物普遍处在寒冬低温、强风、积雪环境之中,传统建筑大量漏热、供暖费高、内环境稳定性差,极大影响了能源的有效利用和使用体验。而被动式节能建筑以调整建筑方位、房间布置、围护构造、充分利用太阳能等方式来达到调节室内的温度环境的目的并大幅度减少能耗,正在被越来越多的寒冷地区的使用者所接纳。目前来看寒冷区域已经有部分地区开始试验使用高强度保温材料、低导热率玻璃窗、热交换新风系统、模块化施工工艺等方法,但是在适宜程度、施工要求以及投入费用等方面还存在问题。采用被动式节能建筑设计不仅可以减少建筑物消耗以及运营费用,提高建筑内的环境质量,而且有利于推动绿色建筑的技术进步与创新,达到建筑可持续发展的目的,并可作为推行节能减排政策、创建低能耗社会的实际参考。

[关键词]被动式节能建筑设计;寒冷地区;适配性;效果分析

DOI: 10.33142/ec.v9i2.19063

中图分类号: TU201.5

文献标识码: A

Adaptability and Effect Analysis of Passive Energy-saving Building Design in Cold Regions

ZHANG Zijun

Jiuyi Zhuangchen Technology (Group) Co., Ltd., Shijiazhuang, Hebei, 050000, China

Abstract: Cold zone buildings are generally located in cold winter environments with low temperatures, strong winds, and snow accumulation. Traditional buildings suffer from a large amount of heat leakage, high heating costs, and poor internal environmental stability, greatly affecting the effective utilization and user experience of energy. Passive energy-saving buildings are increasingly being adopted by users in cold regions by adjusting building orientation, room layout, enclosure structure, and fully utilizing solar energy to regulate indoor temperature environment and significantly reduce energy consumption. At present, some areas in cold regions have begun to experiment with the use of high-strength insulation materials, low thermal conductivity glass windows, heat exchange fresh air systems, modular construction processes, and other methods. However, there are still problems in terms of suitability, construction requirements, and investment costs. Adopting passive energy-saving building design can not only reduce building consumption and operating costs, improve the environmental quality inside buildings, but also promote technological progress and innovation in green buildings, achieve the goal of sustainable development of buildings, and serve as a practical reference for promoting energy-saving and emission reduction policies and creating a low-energy society.

Keywords: passive energy-saving building design; cold regions; adaptability; effect analysis

引言

被动节能房屋是通过建筑自身设计,外围护结构性能、空间组织以及自然资源的合理使用来达到建筑全年的很少或者不需要额外主动供能的情况下也能保证良好的室内环境质量的一种建筑体系。而在严寒地区,冬季温低,日照短、风速强、降雪多,所以建筑能耗占据了全年总能耗的很大一部分,传统的建筑有严重的热量损耗,取暖耗能巨大,室内环境质量受气温的影响十分不稳定等问题,大大影响着能源利用率与居住水平。面对这种情况,在建筑设计上运用被动式建筑节能策略,采用高保温墙体、低传热率窗、合理布置朝向和房间布局、采光集热利用、热量回收排风系统的设计方法,既能够大幅减少供暖能耗又能提高建筑物室内环境质量以及空气质量,做到节能、舒适并且长远发展。但是,寒冷地区严酷的自然环境和各地域的差异性也给被动式节能建筑设计带来难题,在热工性

能指标、采光集热率、风向及遮阳条件以及材料获取程度和技术施工难度等方面的限制都会影响着建筑节能措施效果及其经济价值。所以对寒冷地区的被动节能建筑适用特性及能源消耗率,舒适度与经济性的分析,有助于促进节能技术的应用与发展,完善设计方案及提高建筑设计中绿色建筑水平有着十分重要的理论与实用价值。

1 寒冷地区建筑环境特征

严寒地区的室内外设计重点就是抵御严寒、降雪及大风的同时有效利用太阳能增加能源利用效率,其建筑设计和细部处理都充分体现与周围自然环境的高度融合。如:墙体较厚并用良好的保温材料来保证较低的传热系数;窗户面积较小并且是双层甚至三层玻璃的中空结构来达到很好的隔断热源的效果,屋顶做得很斜易于积雪自流;总体上讲避开风口向阳处以便接受冬天的日光照射节省取暖能源消耗等。另外也考虑到了在炎热夏天的通风。地基

加固防止冻结土地冻胀和土壤上冻膨胀,供暖系统齐全确保室内的温暖适宜,房屋外观整齐方正并且外露面积少从而降低热量损耗,选用导热系数小并且大多是可以就地取材的材料比如东北的木头与砖石、陕西的黄土窑洞等构造等,不但满足了人们的居住需求以及生命安全还蕴含着节约能源、绿色环保以及人与自然环境和谐共处的生活哲学。

2 被动式节能建筑设计适配性研究

而寒区中被动式节能建筑设计匹配度研究主要是探讨建筑是如何做到在严酷天气下保持良好的保温、充足的光照、良好的通风和保证安全性等各方面之间达到良好平衡的一种方式。寒冷地区的冬天温度非常低、日光时间短、风大而且经常有积雪的发生,给建筑带来很大的保温、采光、通风和结构安全的压力。被动式节能设计就是通过对建筑体量、朝向、内部空间配置及其外围护材料的选择来使得建筑物本身能够在最大程度上获取太阳辐射并且又尽量避免多余的热量流失。如合理的朝向及窗墙比可提升冬季采光利用率,同时缩小北方和风口方向的窗户面积,从而节约能耗等。外围护结构选用高导热系数保温材料、多层低辐射玻璃以及气密性能好的门窗系统可以有效的防止墙体的传热以及缝隙渗入冷风;屋面及基础的设计考虑到了防雪、防冻的要求,使得建筑物处于寒冷环境中依然安全可靠;建筑平面布置和微气候的设计也至关重要,通过合理的设置房屋的功能区、通风孔洞及过渡空间使空气流通与热量交换达到最优化的效果。被动式建筑还注重与周围环境相融合的关系,如采用太阳光、地形遮挡、植物改善小气候条件来提升建筑的适应性与生态友好度^[1]。在适宜度试验过程中,一般采用动态耗能仿真、室内舒适度分析、全寿命周期评价等方式来检验建筑各被动节能措施的实施情况与改进程度,使得无论哪个季节或者天气状况下都可以保持舒适的室内空间并且大幅度减少能源消耗。

3 被动式节能建筑效果分析

3.1 能耗节约效果评价

对于严寒气候,在严寒地区,被动式节能建筑从能耗节省角度来看有突出优势,主要是由于经过对建筑外围护结构进行改进、科学布置朝向、高效能门窗、被动供暖设施、太阳能等可再生能源的应用来实现建筑供暖能耗及建筑整体能耗大幅度下降。经过对代表性建筑物能耗观测和仿真比较表明,使用了被动式节能技术的建筑其冬暖期间每平方用能比普通建筑要低很多,全年总用能能够节约30%~60%,并且室温变化较小,提升了舒适度。节能不仅是被动式建筑的设计所达到的效果,在很大程度上还依赖于智能化系统对于采暖、通风、遮阳等设备的自动控制;以及对室外阳光照射角度、风向和室内负荷变化情况的及时控制等。同时,太阳能光伏与热泵、地源热泵等各种新能源的应用也减少了整个建筑的运行过程中对于外部能源的需求量,增强总体的能源自给水平。

表 1 寒冷地区被动式节能建筑能耗节约效果比较

建筑类型	年单位采暖能耗 (kWh/m ² ·a)	相比传统建筑能耗降低 (%)	主要节能策略
传统建筑	180~220	-	普通墙体保温, 常规门窗
高性能围护结构建筑	120~150	30~35	墙体保温增强, 低传热系数门窗, 减少热桥
被动式节能建筑	70~100	50~60	南向采光、被动采暖、气密性设计、智能调节
被动式+可再生能源建筑	50~80	60~70	结合太阳能光伏、热泵系统、智能控制

3.2 室内热环境与舒适性分析

对于寒冷气候带,在被动式节能建筑中室内热环境和舒适性是评价一个被动式节能建筑是否成功的关键指标之一。室内热舒适性不仅仅依靠空气温度来进行判定,它还包括表面温度、风速、湿度、热辐射等因素;运用高效保温围护结构、低热桥系数门窗、适宜的建筑朝向等措施,可以很好的减轻室内热冷差异情况的发生,缓解热桥的影响,使冬天房间内温暖舒适。应用太阳能被动取暖,利用自然光照明的方式不仅能使房间里得到较好的温度梯度分布,还能提升光照质量从而增强人们的感受舒适度。与此同时,在运用机械或者自然通风加上热回收系统的情况下,可以保障室内的空气质量的同时降低冷热消耗,使得室内温差控制在一个比较舒适的范围之内。对室内的热环境一般会采用数值计算、能耗测定还有舒适性评价指标来进行定量检测,结果表明被动式建筑可以使居住舒适度得以加强,使得居室内的气温长时间维持在 18℃~24℃这一比较舒适的水平,湿度、气流等参数也满足了人的舒适需求。

3.3 经济效益与投资回报评估

对于寒冷气候区而言,被动式节能建筑经济效益以及资金的回流能力分析是判断这项技术是否具有市场价值的标准之一。虽然被动式建筑工程在建造初期往往会有较大的投入费用,例如:高效的保温材料、低导热系数窗户、太阳能加热系统以及智能化控制系统等,但是由于大幅度地减少了建筑物在运行过程中所消耗的能量,因此它所带来的经济收益也是相当可观的,据相关数据统计,节能可以达到 50%~80%,全年综合能耗可以节省 30%~60%,相应的电费也会大大减少,这样就使得项目的投入回收周期大大的缩短了并且建筑本身的运营开销也随之变小了。另外对建筑物进行节能改造和高性能材料的应用提高了建筑物耐久性以及减少后续的维修更换的成本,同时对于室内温湿度调节能力以及空气质量的提高增加房屋价值及市场的接受度,有利于房产价值的提升及租金利润的增长。从经济层面来看可以通过生命周期成本的方法来核算,包括初始投入成本、运行所耗能量、管理维护成本及预期收入等项进行综合考虑,得出净现值、内部收益率与投资回收期^[2],根据结果得出结论就是在寒冷地区,这种新型

建筑相对于传统的建筑初期投入稍大但随着年限增长后的收益要远远高于前者，具有经济效益。

4 被动式节能建筑设计优化策略

4.1 适应寒冷地区气候的设计优化

针对冷地区的被动式节能建筑的设计方法主要就是充分利用当地的环境特点，通过对建筑方位、平面布置、墙体材料、门窗、采光、通风进行一体化考虑，达到对能源的有效利用以及舒适的室内环境的目的，建筑上采取以南采光为主，北侧少设窗户，按需设置房间功能等方案来满足供暖需要，外墙选用优质的保温隔热材料，安装外遮阳、低传热门窗等，减少热桥，加强屋顶、地面保温；采光和利用太阳能方面则要结合天窗、南向窗户和遮阳设施等手段，在冬天采暖的同时考虑采光的需求以及夏天防止过度加热等问题，在通风上采用自然通风加热回收系统相结合的方式，使得新鲜的空气和节能同时得到了保证。在仿真计算及动态能耗分析的基础上进一步完善了方案，实现全年舒适、节能的目的。

表2 寒冷地区被动式节能建筑设计优化策略

优化维度	关键措施	预期效果
建筑朝向与布局	南向主采光、北向最小开窗、功能分区合理布局	最大化冬季太阳能利用，降低热负荷
围护结构性能	高性能保温材料、低传热系数门窗、气密性设计、减少热桥	降低热损失，提高室内温度稳定性
采光与太阳能利用	天窗、南向窗、遮阳设施、太阳能被动采暖设计	提升采光与采暖效率，减少人工能源消耗
通风策略	自然通风结合热回收通风系统、可调风口设计	保持空气品质同时降低能量损失
动态能耗评估	能耗模拟、冷热负荷分析、方案优化	确保全年舒适性与节能效果

4.2 新材料与智能技术应用

在寒冷地区的被动节能建筑的设计过程中，新材料和新科技的应用是提高建筑性能、节能效果以及室内环境质量的一种有效措施。一方面，新型高性能建筑围护结构材料，比如低传热系数保温材料、高性能复合窗户、密封门窗以及轻型高强度结构板等可以很好的减少建筑外围护结构热量散失，提高建筑耐久能力，防止由于温差造成的开裂或者出现热桥的现象。另一方面使用可回收利用的绿色建筑材料能够使得整个建筑的碳排放降到最低，达到节能减排的目的^[3]。智能化方面，在利用建筑信息模型（BIM）、能耗模拟系统可以做到从整体上观察并针对建筑物的设计进行完善，对热负荷、照明、通风、空气流场等都做到精确计算，从而得出选材、布设方案；而智能化系统则是通过调节供暖、通风、灯光、窗帘遮阳等功能来使室内的环境时刻处于最佳状态，在冬天的时候保证了热量的最大化输入而不至于过度加热，在夏天又能够保持凉爽的温度和良好的气流。利用太阳能发电、热能转换、地热源供热、热回收装置等清洁能源的技术来达到建筑自身

的供能目的，在此基础上减少运营花费。

4.3 综合性能评估与动态调整方法

在寒冷地区的被动节能建筑的设计优化过程中，在综合性能评价及动态调控手段的应用对于达到建筑节能的效果、良好的使用环境和可持续性的效果至关重要，而综合性能评价不仅仅是针对一项指标比如供暖耗能或外围护结构传热系数等进行考量而是基于多方面指标系统来评定整个建筑物的热工性能、能耗效果、室内的热舒适度、空气质量状况以及清洁能源利用程度等，并结合其在整个寿命周期过程中的投入产出比、对环境的影响程度以及后期维护方便程度等加以考虑，从而构建出全面而科学的评价标准。动态调整策略是根据对建筑物的实际观测以及计算机智能控制系统，把建筑物运行状况信息（包括室内的温度、湿度、能耗情况、日照强度、风力大小等）传递到自动控制系统中去，通过对采暖系统、通风系统、遮阳系统和照明系统的智能化调节，达到对建筑内部环境及其能耗水平的实时调控^[4]。如室内温度偏低，则由加热装置自动增加热量供给，并及时调整送风量防止部分区域出现高温现象，在冬季日照强的情况下自动调整遮阳板角度使室内外光线均衡并减少加热负荷，在春夏季节根据不同时间段外天气温差的变化来改变开窗大小从而保证最少的耗电量。设计中结合了仿真计算以及不断地微调，在投入运行后可以长期满足季节性气候的变化、建筑负荷的变化和居民的不同生活习惯的需求，达到一年四季恒定舒适的室内温度和较高的能源使用率。

5 结语

被动式节能建筑应用于寒冷地区证明可以通过调整建筑方位、平面设计、围护结构及采光通风方式、使用高效隔热材料及智能化手段等方法能够减少采暖能耗并提高室内热环境质量及居住质量。而且它具有较好的经济效益、环境效益与社会效益，给寒冷地区建筑设计提出了有效的低碳、绿色建筑方案。预计未来科学技术进一步发展和完善，被动式节能建筑将会被更多的地区所接纳，在寒冷地区普及开来，从而为实现建筑节能、环保和高品质生活提供有力保障。

【参考文献】

- [1]黄汝广.寒冷地区多目标因子被动式保温建筑节能改造设计[J].能源与环境,2021,43(6):149-152.
- [2]吴瑾,陈龙兴,费颖,等.被动式建筑节能设计在夏热冬暖地区的探讨[J].南方农机,2018,49(21):238.
- [3]舒平,赵晨宇.寒冷地区办公建筑被动式节能设计研究一以北方某办公楼为例[J].建筑节能,2019,47(12):33-36.
- [4]张昊天.寒冷地区绿色公共建筑被动式节能设计研究[J].建材与装饰,2018(29):104-105.

作者简介：张子俊（1993.6—），女，汉族，毕业院校：石家庄铁道大学，现就职单位：九易庄宸科技（集团）股份有限公司。