Integrated application of passive energy saving technology in zero carbon building design

Zhipeng Yu

Xinjiang Haochen Architectural Planning and Design Research Institute Co., Ltd., Changji, Xinjiang, 831100, China

Abstract

In the global push towards carbon neutrality, zero-carbon buildings have become a key direction for achieving sustainable development in the construction industry. Passive energy-saving technology, at the core of zero-carbon building design, optimizes building planning, envelope structures, and spatial forms to achieve low energy consumption and high comfort through non-mechanical interventions. This article focuses on the integrated application of passive energy-saving technology in zero-carbon building design, systematically exploring key technical points such as optimizing building orientation, constructing efficient envelopes, and designing natural ventilation and lighting systems. By analyzing the climate characteristics of Xinjiang, it explores adaptive design strategies for passive technologies, aiming to provide theoretical references and technical pathways for the localization of zero-carbon building practices.

Keywords

zero carbon building; passive energy saving technology; envelope structure; natural ventilation; climate adaptability

零碳建筑设计中的被动式节能技术集成应用

余治鹏

新疆昊辰建筑规划设计研究院有限公司, 中国·新疆 昌吉 831100

摘要

在全球推进碳中和的背景下,零碳建筑已成为建筑领域实现可持续发展的关键方向。被动式节能技术作为零碳建筑设计的核心,通过对建筑规划、围护结构及空间形态的优化,以非机械干预方式实现低能耗与高舒适性的统一。本文聚焦零碳建筑设计中被动式节能技术的集成应用,系统探讨建筑朝向优化、高效围护结构构建、自然通风采光设计等技术要点,结合新疆地区气候特征分析被动式技术的适应性设计策略,旨在为零碳建筑的本土化实践提供理论参考与技术路径。

关键词

零碳建筑;被动式节能技术;围护结构;自然通风;气候适应性

1 引言

鉴于全球气候危机严峻程度不断加深的背景,国际社会已就碳中和目标达成共识,建筑领域身为碳排放重点范畴,实现零碳转型势不可挡,零碳建筑凭借系统性技术革新达成能耗与排放协同治理,而被动式节能技术依赖对自然能源的高效利用手段,成为零碳建筑设计的核心依托点。新疆地区独具特色的气候条件与地理情形,为零碳建筑里被动式技术的集成应用设定下更高标准,探究贴合该地区的被动式节能技术集成脉络,对促使零碳建筑地域化实践具有关键现实意义。

2 零碳建筑与被动式节能技术的理论基础

2.1 零碳建筑的概念与内涵

零碳建筑是指在全生命周期内通过提升能源效率和利用可再生能源,让建筑碳排放总量逼近零状态的绿色建筑体系,核心方面是借助“节能—产能—蓄能”此类技术路径,做到建筑能源消耗与碳排放数量的协同管制,就新疆这片区域而言,零碳建筑设计应综合考量极端温差应对、日照开发及风沙抵御等特殊条件,实现地域特色的节能需求。

2.2 被动式节能技术的技术特征

被动式节能技术把自然力驱动建筑能效提高作为核心,依靠非机械电气装置干涉达成节能目标,关键体现为三个维度的情形:采用建筑朝向、遮阳体系和围护结构热工性能对室内热环境改良;二是借助自然通风、采光与太阳能辐射等减少人工能耗上的需求;三是降低对主动式设备的倚赖,减低建筑运营阶段的能源消耗以及碳排放规模,进而给零碳目标的达成铺垫基石^[1]。

【作者简介】余治鹏(1990-),男,中国新疆昌吉人,本科,工程师,从事建筑设计研究。

2.3 被动式技术与零碳建筑的耦合关系

被动式节能技术作为零碳建筑设计的前期根基,其采用降低建筑基础能耗的途径,为可再生能源系统高效汇聚创造形势,该技术能从源头上削减建筑对主动式能源的依赖态势,与可再生能源组成“被动为首、主动添补”的技术体系,共同助力建筑实现零碳成果,以新疆地区为背景,需把被动式技术跟当地太阳能、地源热能等资源融合在一起,切合独特气候跟能源境况。

3 零碳建筑设计中被动式节能技术的集成应用路径

3.1 基于气候适配的建筑规划设计

3.1.1 朝向与布局优化

精准设计建筑朝向,此乃被动式节能基础,且看新疆地区这个实例,其气候彰显典型大陆性的表征,冬季受西伯利亚寒流冲击明显,夏季碰到强烈日照辐射情形,建筑朝向适宜采用南偏东 15° 到南偏西 10° 的绝佳角度,此角度可让冬季太阳高度角较低情况下的辐射能量最大化,且可在夏季太阳高度角较高的时候,凭借遮阳构件减少直射热量。从建筑群布局角度而言,行列式与错位式的组合布局可构建出具备梯度性的日照接收面:前排建筑高度应控制在不出后排建筑高度1.5倍的范围,保证冬季底层建筑获取连续3小时以上日照;设置建筑间距参照冬至日正午影长的1.2倍,杜绝各建筑相互遮拦,若考虑山地地形条件,不妨采用错落跌宕式布局,让建筑按照等高线依次排列,凭借地形高差优化日照情形,减少土方的挖掘量且形成自然的通风渠道^[2]。

3.1.2 微气候营造技术

开展建筑周边微气候被动式调控,需结合植被、水体及地形要素协同规划设计,在建筑北侧栽种3到5排常绿乔木以形成防风林带,林带高度宜比建筑高度高出两倍以上,可将冬季寒风风速削减40%至60%,在建筑四周形成气流缓冲范围;南侧设置较为低矮的灌木及草坪区域,弱化夏季太阳辐射对地面的加热成效。水体设计可采用浅池跟喷泉相整合的样式,夏季借助水面蒸发以降低周边空气的温度,蒸发量按每平方米水面一日蒸发4-6升水考量,可造成局部环境温度下降 $2-3^{\circ}\text{C}$;到冬季便覆盖上保温盖板,防止水体热量外散影响建筑热环境稳定性,从地形设计角度,可在建筑西侧堆起高度2-3米的土坡,实施落叶乔木种植作业,夏季枝叶茁壮时拦截西晒光线,不干扰日照获取,形成随季节交替的遮阳遮蔽。

3.2 高效围护结构系统的技术集成

3.2.1 复合保温墙体技术

新疆地区墙体保温得兼顾冬季保温以及夏季隔热的双重需要,一旦采用“外保温+结构层+内保温”样式的三明治构造,外侧保温层宜采用150mm厚度的岩棉板,导热系数 ≤ 0.04 瓦每米开尔文,可切实阻拦室外低温向室内传递;

结构层采用的墙体由200mm厚钢筋混凝土打造,给予充分的结构支撑强度;于内侧添设50mm厚相变石膏板,把相变温度选定为 $18-22^{\circ}\text{C}$,利用相变材料固与液的转化进行热量的吸纳或释放,把室内温度波动幅度约束于 $\pm 2^{\circ}\text{C}$ 范畴。就具有防火要求的区域而言,不妨采用矿棉与玻化微珠的复合保温系统,外侧添设防火隔离带体,适配建筑防火的规范要求,诸如构造柱、圈梁等墙体热桥处,要采用保温托架及断热桥设计方式,实现热桥部位传热系数比主体墙体降低幅度不逾15%,杜绝结露现象显现^[3]。

3.2.2 高性能门窗系统

门窗系统节能设计,得在型材、玻璃、密封及遮阳四个维度实施协同优化举措,型材采用多腔室断桥铝合金,腔体数量以3腔为下限,采用PA66-GF25这种材质做隔热条,宽度需达到20mm及以上,保证型材传热系数 $\leq 1.8\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ 得以实现;玻璃采用三玻两腔Low-E中空的玻璃组合,内层玻璃完成高透光Low-E膜的镀制,外层玻璃实施遮阳型Low-E膜镀覆,对中间空气层实施氩气填充,整体传热系数维持在 $\leq 1.4\text{W}/$,遮阳系数SC把控在0.35到0.5之内。门窗的气密性等级需契合GB/T7107-2019所要求的8级标准,采用多道密封胶条设置,窗框跟墙体之间的缝隙用聚氨酯发泡剂填满,采用防水密封胶对外表面予以密封,可调节外遮阳系统采用的是铝合金百叶也或穿孔板,夏季正中午把叶片角度调整为 60° ,可拦截70%以上的太阳辐射热,也可实现室内采光期望;进入冬季则整个收归,最大程度汲取日照热能。

3.3 自然通风与采光的协同设计

3.3.1 热压通风系统构建

通风塔高度、进排风口面积及温差强度,对热压通风系统的效能起着关键作用,通风塔应优先设置在建筑屋顶的最高点位,高度起码得有6米,内部借助如砖石的蓄热材质实施砌筑,白天汲取太阳辐射之热,跟室内空气构成温差;底部进风口安排在建筑的背风一侧,以每平方米室内面积的 0.02m^2 作为依据计算面积,配备可调控百叶,夏季时节全部敞开,冬季做部分关闭处理,减轻冷风渗透现象。对应多层建筑实例,不妨在楼梯间顶部处设置拔风竖井,井壁采用透明材料,兼具采光、通风的综合功能,依托楼梯间造就垂直通风途径,空气流速可实现 $0.5-1.0\text{m/s}$ 的速度值,在组合式建筑体系里,采用连廊连接起不同的体量,创造出“风廊”效应情形,连廊宽度把控在3到4米范围,高度要在6米及这个数值以上,借助建筑两边的气压差推动气流,加大自然通风成效^[4]。

3.3.2 导光管与天窗集成应用

对于导光管系统的设计,需根据室内功能区域采光需求来敲定规格与数量,就办公、阅览等要求良好采光的空间而言,采用直径介于500-800毫米的导光管,其安装间距是导光管高度的1.5倍,可让距窗户8-10米的地方区域采光

系数达到2%之上；导光管的顶部安排了防雨檐及防尘网，采用高反射率铝箔作为内部反光层，反射率≥95%，底部添设漫射设施，实现光线的均匀播散。天窗设计应综合考量屋顶样式与太阳运行轨迹，坡屋顶天窗应朝向正南方，倾角与当地纬度吻合，面积不逾越屋顶面积的15%，采用双层的中空玻璃材质，热传导系数≤2.0瓦每平方米开尔文；平屋顶之上可设置下沉式天窗，周边安置遮阳格栅组合，杜绝夏季阳光直接照耀，就具备私密性要求的空间而言，可采用那种棱镜式导光管，经棱镜折射把光线引至室内，还可阻挡外界目光窥视。

3.4 被动式技术与可再生能源的协同集成

被动式节能技术给可再生能源高效利用搭建基础，在开启建筑规划事宜的阶段，需给太阳能光伏板预留充足朝南的安装表面，光伏板的安装倾角应与当地纬度契合，实现年发电量的最大化；采用被动式设计减轻建筑能耗需求，使光伏系统发电量契合建筑能耗方面的需求，防止能源过量或缺。地源热泵系统埋管的布置，要防止与建筑基础及地下管线重叠，经由土壤温度场模拟确定埋管深度，在新疆地区，埋管深度以100-150米为宜，其间距处于5到6米区间，借助被动式围护结构降低土壤换热器负荷波动，让热泵系统COP值更上一层楼，涉及被动式技术与可再生能源的协同驾驭方面，可构建起智能管理系统，结合室外气候的各项参数与室内负荷所需，自动让被动式设施（若有遮阳、通风）和可再生能源系统运行状态实现调节，实现能量动态均衡状况与高效利用情形^[5]。

4 新疆地区被动式技术的适应性创新实践

4.1 极端温差下的保温隔热技术创新

就新疆冬季-25℃至夏季40℃呈现的极端温差而言，被动式保温隔热技术须跳出传统静态保温的模式藩篱，组建动态管控体系，可运用“智能温控围护结构”实施设计：外墙外侧的可折叠保温板借温感装置自动闭合起来，与主保温层搭建双层隔热格局，传热系数可减少到0.15W/(m²·K)以下的量级；利用光伏驱动的机械装置把保温板展开，构建与外墙间距300-500mm的遮阳腔体，依靠空气流转带走太阳辐射热能，空腔当中设置的相变材料蓄冷模块能在夜间释放冷量，稳定室内温度的上下波动。

4.2 风沙环境下的自然通风优化

在塔克拉玛干沙漠周边等风沙易现地带，自然通风系统得协调“通风功效”与“风沙阻挡”之间的矛盾，别出心

裁地打造“多级防尘通风装备”。于进风口设置三层过滤结构，外层采用可自动闭合的防风沙百叶，其叶片角度随风速自动改变，一旦风速≥6m/s，即闭合到30°，中层采用静电除尘网，除尘效率达90%及以上，最里层采用高效空气过滤器；还在通风管道里面设置了扰流板，以气流旋转带动沙尘颗粒因离心力实现沉降，底部设有集尘槽及自动清理设施。

4.3 可再生能源与被动技术的协同集成

新疆充裕的太阳能及地源热能储备，必须与被动式技术形成深度的交融耦合，就太阳能的利用而言，进行光伏组件跟建筑遮阳系统的一体化规划：南立面采用可灵活调节的光伏遮阳板，冬季展开以汲取日照进行发电，夏季调整至遮阳倾角，发电效率可实现18%-20%的水平，且可减少建筑得到的热量；天窗地带采用透光率范围为40%-60%的薄膜光伏组件，实现采光及发电作用，若地源热泵系统与被动式围护结构开始协同运作，凭借建筑能耗模拟实现埋管数量与深度的优化，做到土壤换热器换热量和被动式建筑基础负荷相契合度，系统COP值可实现15%-20%的向上增长。

5 结论

被动式节能技术在零碳建筑设计当中，具有极为关键的基础意义，凭借建筑规划、围护结构设计、自然通风及采光等方面的集成运用，可自源头上削减建筑能耗量，就新疆地区而言，依照当地气候特质实施被动式技术适配性创新，推动被动式技术跟可再生能源的同步配合，作为推动零碳建筑本土化实践的有效手段。未来需进一步深化被动式技术的创新与集成，为建筑领域的碳中和目标提供更有力的技术支撑。

参考文献

- [1] 晁岳鹏,崔国游,何晓亮,等.寒冷地区零碳居住建筑“光储直柔”系统研究[J].智能建筑电气技术,2025,19(02):52-56+64. DOI:10.13857/j.cnki.cn11-5589/tu.2025.02.018.
- [2] 陈蕾,李懂,王琼,等.寒冷地区零碳建筑节能技术能耗与经济性研究[J].节能,2025,44(02):14-17.
- [3] 张帆.“碳中和”目标下零碳建筑设计实施策略研究[J].中华民居,2024,17(04):86-88.
- [4] 张灏.夏热冬冷地区公共建筑降碳技术研究[J].建筑科技,2024,8(04):68-70.
- [5] 冯国会,吴苏洋,常莎莎.零碳建筑及其关键技术分析[J].节能,2023,42(05):68-72.