

# 被动式建筑技术在城市住宅中的节能效果分析

王颖<sup>1</sup> 王梓茜<sup>2</sup>

1.河北建筑设计研究院有限责任公司,河北 石家庄 050000

2.北方工程设计研究院有限公司,河北 石家庄 050000

[摘要]被动式建筑技术属于一种借助非机械电气设备干预方式来达到建筑能耗削减目的的节能技术,在我国城市住宅的应用过程当中,呈现出颇为出色的能源效益。文中围绕被动式建筑技术体系的关键构成部分展开,着重对它在我国城市住宅里的节能成效予以剖析,涵盖能耗降低的程度、室内环境得以改善的状况、经济方面的效益以及环境方面的效益等诸多方面。

[关键词]被动式建筑;城市住宅;节能效果;热工性能;气密性

DOI: 10.33142/ect.v4i1.18850

中图分类号: TU201.5

文献标识码: A

## Analysis of Energy Efficiency of Passive Building Technology in Urban Residential Buildings

WANG Ying<sup>1</sup>, WANG Zixi<sup>2</sup>

1. Hebei Institute of Architectural Design & Research Co., Ltd., Shijiazhuang, Hebei, 050000, China

2. North Engineering Design and Research Institute Co., Ltd., Shijiazhuang, Hebei, 050000, China

**Abstract:** Passive building technology is an energy-saving technology that uses non mechanical electrical equipment intervention to achieve the goal of reducing building energy consumption. In the application process of urban residential buildings in China, it has shown excellent energy efficiency. The article focuses on the key components of the passive building technology system, with a particular emphasis on analyzing its energy-saving effectiveness in urban residential areas in China, covering various aspects such as the degree of energy consumption reduction, the improvement of indoor environment, economic benefits, and environmental benefits.

**Keywords:** passive buildings; urban housing; energy-saving effect; thermal performance; airtightness

### 引言

随着全球气候变化的加剧,碳排放问题成为亟待解决的焦点。建筑业因其庞大的能源消耗和碳排放量成为减排的紧迫领域。然而,目前碳排放因子的来源广泛,部分差异巨大,难以获得较为准确的建筑碳排放量;我国碳排放仍处于较高水平,碳交易市场尚未完善,建筑碳减排面临严峻挑战。近些年,被动式建筑技术因其出色的节能特性以及对室内环境较强的调控能力,渐渐变成城市住宅建设的关键发展方向,它的核心要义在于凭借建筑本体设计而不是依靠主动供能设备达成能耗的大幅减少。此技术体系借助优化建筑规划设计、围护结构以及自然能源利用等非机械电气干预方式,明显减少了采暖、空调、通风等方面对于能源的需求。

### 1 被动式建筑技术概述

被动式建筑技术其实是一种能适应自然气候状况的建筑节能办法,其关键理念是要尽可能充分地借助自然能源以及建筑自身的设计,以此来达成室内环境舒适度方面的需求。这一技术体系源自德国的被动房理念,在我国于2010年上海世博会引进德国被动房示范项目汉堡之家之后,便慢慢开启了本土化的探索活动以及相关实践。被动式建筑技术和传统建筑节能方式存在着根本性的差异,它

并非依靠主动的暖通空调系统,而是凭借对建筑本身形态做出调整、对围护结构加以优化以及对自然能源予以利用等手段,来完成对室内环境舒适程度的调控。

在我国城市住宅的应用过程当中,被动式建筑技术已然形成了一套相对完整的技术框架,包括气候适应性设计、高效围护结构、无热桥构造、良好气密性以及热回收通风等关键组成部分。随着技术体系的不断完善,被动式建筑在我国已经从示范项目逐步走向规模化应用,如北京通州新城项目已成为北京市首个大型超低能耗社区,标志着被动式技术在城市住宅领域迈入了新的发展阶段。

### 2 被动式建筑节能原理

#### 2.1 热工性能优化

热工性能优化乃是被动式建筑达成节能成效所依循的基础原理,其关键之处就在于借助强化建筑围护结构的热阻这一方式,进而削减室内外热量的传递情况。依照材料科学以及传热学的相关理论,被动式建筑采取了大幅增厚保温层的技术办法,就像乌鲁木齐幸福堡项目就运用了厚度可达到30cm的保温层,这相较于传统建筑一般所采用的12cm保温层而言,有了质的飞跃,由此也促使建筑外围护结构的传热系数能够被严格把控在每平方米开尔文0.15瓦之下,远远低于常规节能建筑所设定的要求指标。

在实际的城市住宅运用当中,热工性能优化还呈现出对建筑整体热惰性予以提升的特点。具体而言,就是借助挑选合适的热容量材料的方式来对室内温度波动加以平衡,进而让建筑于外界气温出现变化之时能够维持室内的热稳定状态,从而降低主动采暖或者制冷的需求。

## 2.2 气密性与通风设计

气密性设计是被动式建筑节能的关键原理之一,其要点在于借助构建连续且完整的气密层,以此降低因不受控制的空气渗透而产生的热损失<sup>[1]</sup>。依据被动式建筑技术标准来看,在50帕斯卡压差这种条件下,建筑的空气渗透量绝不能超出建筑容积的60%,此指标相较于常规建筑的要求要高出不少。要想达成如此高的气密性水平,得采用特殊的密封胶条以及精细的施工工艺,在门窗安装、管线穿透等关键节点做好相应处理,从而保证建筑外围护结构具备连续性与完整性。

在确保气密性的前提下,被动式建筑借助具备热回收功能的通风系统来实现室内外空气的流通,如此一来便妥善处理了密闭建筑有可能会碰到的空气质量方面的难题。该通风系统运用逆流空气交换的原理,把排出废气里所含的热量转移到进入的清新空气当中,其热回收的效率能够超出75%,如此既能留存室内的热量,又能保障空气的清新度,进而营造出一种可同时契合节能以及健康方面需求的室内环境,让城市住宅即便不开启窗户也能够获取到充裕的新风供给,对于那些靠近街道的住宅而言,在隔绝噪音以及污染等方面更是颇为有益处。

## 3 被动式建筑技术体系

### 3.1 高效保温系统

高效保温系统属于被动式建筑技术体系里极为关键的一个部分,它的性能状况会直接影响到建筑整体的节能成效。在城市住宅领域当中,高效保温系统往往会选择石墨聚苯板、挤塑聚苯板这类高性能保温材料,这些材料具备极低的导热系数以及不错的耐久性,可以有效地阻碍室内外热量的传递过程。

高效保温系统在建筑的外墙、屋顶以及地面等全部外围护结构都有应用,进而构建起连续且完整的保温体系。就外墙构造而言,被动式住宅往往会选用空腔保温材料构造或者复合保温板系统,以此来保证传热系数不会超出每平方米开尔文0.15瓦的标准<sup>[2]</sup>。在屋顶部位,大多会采用倒置式保温层的设计方式,如此一来便能够有效防止热桥效应出现。至于地面保温方面,则是借助发泡混凝土保温层等相关技术,从而实现阻断地坪热量流失的目的。

### 3.2 高性能门窗

高性能门窗在被动式建筑技术体系里占据着极为关键的地位,毕竟门窗往往算得上是建筑围护结构当中热工性能最为脆弱的部分。被动式建筑所采用的铝合金被动窗又或者多层玻璃窗,这些门窗系统借助整体结构设计方面

的技术、精细拼接相关的技术以及整体式的安装还有密封技术等手段,使得自身的保温性能得到了大幅度的提升。这些高性能门窗,其传热系数一般会被控制在0.7到0.9瓦每平方米开尔文这样的范围之内,这一数值远远比普通门窗的传热性能要低得多。为了达成这样的指标,被动式门窗会采用那种三玻两腔并且填充了惰性气体的设计方式,同时还会配合特定的窗框构造,另外还在玻璃的表面去镀上低辐射涂层,如此一来便能够有效地把辐射热损失给减少掉<sup>[3]</sup>。与此在门窗的安装环节当中,会采用整体式的安装办法,以此来保证门窗和墙体连接处的气密性,防止出现热桥效应的情况,进而让高性能门窗成为被动式建筑达成超低能耗目标时极为关键的一个要素。

### 3.3 无热桥构造

无热桥构造属于被动式建筑技术体系里极为关键的技术举措,它的用意在于清除建筑外围护结构当中的热传导路径,防止出现局部热量大量散失的情况。热桥现象在传统建筑当中是广泛存在的,尤其是在墙体和窗框相互连接的地方、楼板同外墙交接之处以及建筑结构那些凸出的部位,这些位置所发生的热量损失能够占据建筑总热损失的30%以上。被动式建筑借助精细到位的细部设计以及施工工艺,将这些热量传递的隐形通道彻底切断掉,进而达成无热桥构造的状态。

在城市住宅的应用过程当中,对于无热桥构造而言,阳台连接之处、门窗安装之时以及管道穿透之际这些关键节点务必要予以格外的关注<sup>[4]</sup>。就好比中建八局研发展示中心项目一样,在其外围护结构那些较为薄弱的环节展开断热桥方面的设计工作,运用金属保温一体化板相关技术,把金属复合板和保温层极为巧妙地结合起来。

### 3.4 可再生能源整合

可再生能源整合属于被动式建筑技术体系的关键部分,它的目的在于借助自然能源来进一步减少建筑对于化石能源的依靠程度。在城市住宅领域当中,被动式建筑往往会联合太阳能、地热能等可再生能源,以此为建筑给予热量、冷量以及电力方面的供应。就太阳能利用这一层面而言,被动式建筑会通过优化自身的朝向以及南向窗户的设计方式,以达到最大限度地获取冬季太阳辐射所带来的热量的目的,并且还会结合可以调节的遮阳系统,从而避免在夏季出现过度得热的情况发生。

先进的光伏技术同样被融入到了建筑的立面部分、屋顶以及窗户当中,进而达成了建筑光伏一体化的效果。就像中建八局研发展示中心项目那样,在其建筑的屋顶、立面还有2楼的雨棚之上,总共累计运用了超出800m<sup>2</sup>的太阳能光伏板,并且还吧单晶硅植入到了建筑玻璃的内部,使得玻璃自身就能够成为发电的载体。这些光伏装置所产生的电能会借助光储直柔系统存储在储能柜里,由此便形成了一条完整的关于能源的收集、储存以及利用的链条。

## 4 节能效果分析

### 4.1 能耗降低幅度

被动式建筑技术在城市住宅方面的运用,能呈现出十分突出的能耗削减成效。相关研究数据说明,运用了被动式技术的住宅项目,在冬季供暖的时候,其能耗可低至每年每平方米 12kW h;在夏季制冷期间,能耗仅为每年每平方米 8kW h。与传统住宅相比,传统住宅的供暖能耗是每年每平方米 60kW h,制冷能耗是每年每平方米 30kW h,而被动式建筑技术的应用使得能耗降幅超过了 75%。其能耗得以明显降低,这得益于被动式建筑技术体系各个部分所发挥出的协同作用。具体而言,高效保温系统能够减少热量的传递,高性能门窗可阻断冷热桥的形成,无热桥构造则可消除局部出现的热损失,还有通过整合可再生能源来降低对外部能源的需求。综合整个建筑的全生命周期来看,这样的能耗降低程度,让被动式城市住宅成为了达成建筑领域节能减排目标的一条有效技术途径。尤其是在北方需要采暖的地区,被动式建筑能够在很大程度上减少冬季供暖时的能源消耗,对于缓解该地区的能源供应方面所面临的压力,有着实实在在的意义。

### 4.2 室内环境改善

被动式建筑技术能让能耗大大降低,还能让城市住宅的室内环境质量得到明显改善,提高居住时的舒适度以及健康程度。其具体在室内温度、湿度、空气质量、噪声干扰等诸多方面有所体现。在室内空气质量这块,被动式建筑借助高效的热回收新风系统,持续给室内送入经过过滤的新鲜空气,与此同时把室内的污染物排出去,如此一来,甲醛浓度能低于每立方米 0.03mg,PM2.5 的过滤效率可达到 90% 以上<sup>[5]</sup>。这样的持续通风换气,有效地避免了传统住宅里常常出现的潮湿、霉变以及室内污染物堆积等问题。并且,其较高的建筑气密性以及保温结构,还能够很好地阻隔室外的噪声干扰,尤其是在那些临街的城市住宅当中,居民便不会受到交通噪音所带来的困扰了。

### 4.3 经济效益评估

被动式建筑技术于城市住宅当中的应用,其经济效益体现为初始投资成本和长期运营节约二者之间的一种平衡关联。被动式建筑在初始建设阶段所花费的成本相较于传统建筑而言要高出 10% 至 15%,而这主要是因为采用了高性能保温材料、专用门窗系统以及热回收通风设备等这些特殊的材料和技术。不过,依据建筑全生命周期成本来分析,这样的初始投入是能够凭借运营阶段在能源费用方面的节约予以回收的。就乌鲁木齐幸福堡项目来讲,其建造成本相较于普通建筑物要高出 30%,然而却能够借助采暖等能耗方面的节约来收回成本。所以,从长远的角度去评估,被动式城市住宅有着清晰的经济可行性,并且随着能源价格一步步地上涨,这种经济优势将会显得更为突出。

### 4.4 环境效益评价

被动式建筑技术在城市住宅当中的推广应用,产生了颇为显著的环境效益,其主要表现在能够减少温室气体排放以及降低大气污染物这两方面。就好比有一栋建筑面积达到 1.2 万 m<sup>2</sup> 的被动式住宅项目,每年可以减少二氧化碳排放大约 100t,二氧化硫排放大约 3t,这些减排量主要源自于建筑在运营阶段对化石能源消耗的减少,尤其是对于采暖所需求的煤炭以及天然气消耗有了大幅度的削减。

从资源利用效率方面来分析,被动式建筑会去整合可再生能源系统,并且应用再生建筑材料,以此来进一步降低对环境所造成的负荷。就好比中建八局研发展示中心项目那样,其采用了再生混凝土来打造主体框架,在此过程中,再生骨料的替代比例达到了 70%,由此大约减少了 85t 的碳排放量。与此被动式建筑具备长寿命周期的设计特点,这也在一定程度上减少了建筑在整个生命周期当中出现的材料更替以及废弃等情况的产生。从宏观的角度来讲,当被动式建筑实现规模化推广的时候,其将会对达成我国的“双碳”目标起到积极的作用,尤其是在建筑节能这个领域,它能够发挥出示范引领的重要作用。

## 5 结束语

被动式建筑技术属于建筑节能的关键技术路径之一,在城市住宅范畴内呈现出颇为显著的节能效果以及环境效益。借助高效保温系统、高性能门窗、无热桥构造还有可再生能源整合等一系列技术体系加以综合运用,被动式住宅便能大幅度地削减建筑能耗,并且还能营造出更为健康舒适的那种室内环境。被动式建筑技术在减碳和经济效益显著,为未来建筑行业的低碳、高效发展提供启示和参考。在创新和可持续性的背景下,被动式技术有望成为引领建筑行业向更加环保、经济、可持续发展的未来迈进的关键驱动力。

### [参考文献]

- [1]赵家奇.被动式技术影响下的夏热冬冷地区建筑形式研究[D].郑州:郑州大学,2020.
- [2]赵俊刚,董鑫,尹名强,等.基于碳中和及气候适应性原则的被动式建筑应用潜力研究——以重庆市为例[J].气象与环境学报,2022,38(5):1-14.
- [3]陈泉任.被动式建筑节能技术在托幼建筑设计中的应用研究[D].重庆:重庆大学,2022.
- [4]王晓丽.基于模糊综合评价的被动式建筑项目风险管理研究[D].河北:河北建筑工程学院,2023.
- [5]徐玮榕.装配式建筑碳排放核算方法研究综述[J].安徽建筑,2025,32(10):155-156.

作者简介:王颖(1986.5—),女,汉族,毕业学校:河北工业大学,现工作单位:河北建筑设计研究院有限责任公司;王梓茜(1986.11—),女,汉族,毕业学校:河北工业大学,现工作单位:北方工程设计研究院有限公司。