

被动式超低能耗建筑施工技术分析

李文涛

湖北铭城建设工程有限公司 湖北 石首 434400

摘要：随着环保意识的提升与节能减排需求的加剧，建筑行业积极探索可持续发展路径，被动式超低能耗建筑应运而生。本文围绕被动式超低能耗建筑施工技术展开分析。先阐述其基本概念，随后详细介绍施工技术要点，涵盖高效保温隔热、高性能门窗等六大系统。同时，剖析施工过程中节点处理难、气密性处理复杂等难点，并针对性地提出优化设计方案、加强施工管理等应对策略。旨在为推动被动式超低能耗建筑施工技术的规范化应用，降低建筑能耗，提升建筑质量，助力建筑行业绿色可持续发展，提供理论参考与实践指导。

关键词：被动式；超低能耗建筑；施工技术分析

引言：随着全球对节能减排和可持续发展的重视，建筑行业迈向绿色转型。被动式超低能耗建筑作为节能建筑的代表，通过多种技术手段显著降低能耗，契合绿色发展需求。然而，其施工技术与传统建筑存在差异，节点处理、气密性保障等技术要求高，给施工带来挑战。目前，相关施工技术的系统研究与实践经验总结相对不足。因此，深入分析被动式超低能耗建筑施工技术，探讨施工难点及应对策略，对推动该类建筑在我国的广泛应用，促进建筑行业的可持续发展，具有重要的现实意义。

1 被动式超低能耗建筑概述

被动式超低能耗建筑，是近年来建筑领域践行节能减排、实现可持续发展的关键成果。这类建筑通过对建筑围护结构、能源系统等方面的系统性优化，显著降低对主动供能设备的依赖，极大减少建筑能耗。在围护结构上，被动式超低能耗建筑使用高效保温隔热材料。外墙、屋面和地面通过加厚保温层，降低热量传导损失。高性能门窗的应用，进一步提升了围护结构的隔热性能。同时，对建筑整体气密性的严格把控，阻止室内外空气的无序交换，维持室内温度稳定。在能源系统层面，新风热回收系统是其一大亮点。该系统在引入新鲜空气的同时，回收排出空气的热量，大幅降低新风加热或冷却的能耗。此外，被动式超低能耗建筑积极整合太阳能、地热能等可再生能源，实现能源的自给自足。被动式超低能耗建筑不仅能有效降低能耗，营造舒适的室内环境，如稳定的温湿度和清新的空气，还在推动建筑行业技术创新，带动相关产业的绿色转型^[1]。

2 被动式超低能耗建筑施工技术要点

2.1 高效保温隔热系统

2.1.1 外墙保温

外墙保温是高效保温隔热系统的重要环节。施工时，多选用聚苯板、岩棉板等高效保温材料，它们导热系数低，保温性能佳。采用粘贴或锚固件固定的方式，将保温材料牢固贴合在外墙基层表面，随后涂抹抹面砂浆，并铺设耐碱玻纤网格布，防止墙面开裂。施工中，要严格把控保温层厚度，确保均匀一致，避免因厚度不均导致热量散失。同时，处理好门窗洞口、墙角等特殊部位，采用专用保温配件与密封材料，减少热桥效应，降低热量从这些部位流失，全方位提升外墙保温效果，维持室内温度稳定。

2.1.2 屋面保温

施工前，对屋面基层进行清洁、平整处理，确保无杂物与裂缝。选用挤塑聚苯乙烯泡沫板、聚氨酯硬泡等防水保温性能良好的材料。铺设时，注意板与板之间拼接紧密，减少缝隙。对于坡度较大的屋面，采用机械固定与粘结相结合的方式，防止保温板滑落。在保温层上方，设置防水透气膜，阻止水分渗透，同时保证屋面透气性能。完成保温与防水层施工后，进行屋面保护层浇筑，避免保温层受到外力破坏，延长屋面保温系统的使用寿命。

2.1.3 地面及地下室保温

地面及地下室保温对维持室内温度、防止热量向地下传导意义重大。地面保温施工时，先在地面基层铺设防潮层，防止土壤中水分渗入。接着铺设挤塑板或泡沫玻璃等保温材料，在保温层上方设置钢筋混凝土保护层，增强地面承载能力。地下室保温，在地下室墙体外侧铺贴保温板，用锚固件固定，确保保温层牢固。墙角部位采用特殊保温节点设计，防止热桥产生。做好地下室顶板保温，降低地下室与上层空间的热量交换，提升建筑整体保温性能，营造稳定舒适的室内环境。

2.2 高性能门窗系统

2.2.1 门窗材料与构造

高性能门窗需选用优质材料,以确保其隔热、隔音和密封性能。窗框可采用断桥铝合金或纤维增强塑料,断桥铝合金通过隔热条阻断热量传导,纤维增强塑料则具有出色的保温和耐腐蚀性。玻璃方面,多采用双层或三层中空玻璃,玻璃间充入氩气等惰性气体,降低导热系数,提升隔热效果。同时,在门窗边缘安装高质量的密封胶条,防止空气渗漏。此外,部分高性能门窗还配备了低辐射镀膜玻璃,能有效阻挡太阳辐射热进入室内,在寒冷季节又能减少室内热量散失,结合合理的门窗型材腔体设计,从多方面提升门窗的整体性能。

2.2.2 安装要点

门窗安装质量直接影响其性能发挥。安装前,需对洞口尺寸进行精确测量,确保与门窗尺寸匹配,误差控制在规定范围内。安装过程中,采用水平仪等工具保证门窗横平竖直,位置准确。使用膨胀螺栓将窗框固定在墙体上,固定点间距符合规范要求,防止门窗松动。安装完成后,及时用密封胶对门窗框与墙体间的缝隙进行密封处理,避免雨水和空气渗漏。同时,对门窗的五金配件进行调试,确保门窗开启灵活、关闭严密,严格把控每一个安装环节,保障高性能门窗的优越性能得以充分实现。

2.3 无热桥结构设计

2.3.1 热桥产生原因与危害

热桥,通常因建筑围护结构中不同材料的导热性能差异,以及结构构造的不合理,在热量传递过程中形成局部传热捷径。在建筑的梁、柱、阳台、门窗洞口等部位,不同材料相互连接,因导热系数不一致,热量会快速通过这些部位传导。热桥不仅导致建筑能耗大幅增加,冬季时,热桥部位热量散失快,致使室内局部温度降低,增加供暖负担;而且,热桥部位温度较低,易在表面产生结露现象,长期结露会使墙面发霉,破坏建筑装饰层,影响美观,还可能损害建筑结构的耐久性,缩短建筑使用寿命,严重时,甚至威胁建筑使用者的身体健康。

2.3.2 设计与施工措施

在设计阶段,通过优化建筑体型系数,减少不必要的凹凸结构,降低热桥产生几率。采用保温性能良好的材料,将梁、柱等热桥部位包裹起来,削弱热桥效应。施工时,严格控制保温材料的铺设质量,确保保温层连续、完整,杜绝出现漏铺、破损等情况。在不同材料交接处,使用专用的热桥阻断材料。安装门窗时,做好周

边的密封和保温处理。同时,加强施工过程中的质量检查,对关键节点进行重点把控,从设计和施工多层面有效防止热桥产生,提升建筑整体节能效果。

2.4 良好的气密性

2.4.1 气密性对建筑能耗的影响

建筑气密性关乎其整体能耗水平。当建筑气密性欠佳,室内外空气会通过缝隙大量交换。在冬季,室外冷空气持续渗入,室内暖空气不断流出,为维持室内温度,供暖设备需消耗更多能源。夏季则相反,室外热空气涌入,加重制冷系统负荷。据统计,气密性差的建筑,能耗相较于气密性良好的建筑,可能会增加20%-30%。不仅如此,频繁的空气对流会导致室内温度波动,影响居住舒适度,还会使室内灰尘增多,加剧室内环境的污染,增加空气净化成本。

2.4.2 施工中的气密性保障措施

施工时,多管齐下保障建筑气密性。在墙体施工环节,确保砌墙灰缝饱满,避免出现空洞与缝隙。对墙体上预留的孔洞、管道等部位,采用密封胶或专用密封材料进行封堵。安装门窗时,选用优质密封胶条,安装后仔细检查胶条的完整性与密封性,对窗框与墙体间的缝隙,用密封胶进行密封处理。此外,在屋面施工中,保证防水层的连续性,防止空气从屋面渗漏。在建筑竣工后,通过气密性测试,查找并修补漏风点,确保建筑的气密性达到设计标准,有效降低建筑能耗。

2.5 高效的新风热回收系统

2.5.1 系统工作原理

高效新风热回收系统旨在实现室内外空气交换的同时,最大程度回收能量,降低建筑能耗。该系统主要由新风风机、排风风机和热回收装置组成。室外新风经由进风口被新风风机引入,与此同时,室内污浊空气通过排风口被排风风机排出。在热回收装置中,新风与排风进行热量交换,夏季,排风的冷量传递给新风,降低新风温度;冬季,排风的热量传递给新风,提升新风温度。这一过程不仅保证了室内24小时持续获得新鲜空气,营造健康舒适的居住环境,还大幅减少了因处理新风所需的能源消耗,提升建筑整体节能水平。

2.5.2 设备选择与安装要点

选择设备时,需根据建筑空间大小、人员数量等,精确计算新风量与排风量,据此挑选合适规格的新风热回收机组。优先选用热回收效率高、噪音低的设备,提升系统节能性与舒适性。安装过程中,合理规划新风与排风管道走向,缩短管道长度,减少阻力损失。热回收装置需水平安装,确保气流均匀通过。管道连接处做好

密封处理,防止漏风,影响热回收效果。

2.6 可再生能源利用

2.6.1 常见可再生能源在建筑中的应用形式

太阳能在建筑中应用广泛,太阳能光伏板可安装于屋面、墙面,将太阳能转化为电能,供照明、家电等设备使用;太阳能热水器则利用太阳能加热生活用水。地热能也较为常用,地源热泵系统通过地下埋管换热器,夏季将室内热量转移至地下,冬季从地下提取热量为室内供暖,实现高效的冷暖调节。此外,生物质能通过生物质锅炉,将生物质燃料转化为热能,用于建筑供热。

2.6.2 系统集成与施工要点

在系统集成阶段,需综合考虑建筑的功能需求、场地条件,合理规划可再生能源系统。例如,将太阳能光伏系统与建筑外观设计相结合,确保美观的同时,提高发电效率。施工时,太阳能光伏板的安装要确保朝向和倾角符合要求,以获取充足光照;地埋管换热器施工需严格控制埋管深度、间距,保证换热效果^[2]。

3 被动式超低能耗建筑施工难点与应对策略

3.1 施工难点分析

3.1.1 节点处理难度大

被动式超低能耗建筑各围护结构间的节点构造复杂。不同材料的连接部位,如外墙与屋面、外墙与门窗洞口的衔接处,需兼顾保温、防水与密封性能。由于材料特性和施工工艺的差异,既要防止热桥产生,又要确保结构稳固,操作空间有限,施工人员难以精准施工。稍有不慎,就会导致保温层断裂或密封失效,致使建筑整体性能下降,增加建筑能耗与后期维修成本。

3.1.2 气密性处理复杂

保障建筑气密性,需对建筑各个部位的缝隙进行细致处理。从墙体灰缝、门窗周边,到管道穿墙、屋面与女儿墙连接处等众多部位,都要做好密封。密封材料种类繁多,性能各异,选择不当会影响密封效果。而且,密封施工质量受环境、工人操作水平影响较大,任何一个环节出现漏风,都将削弱建筑气密性,导致室内外空气大量交换,增加供暖或制冷能耗。

3.1.3 构件安装精度要求高

被动式超低能耗建筑对构件安装精度要求严苛。例如,门窗安装误差过大会导致密封不严,高性能保温板安装不平整会降低保温性能,地源热泵埋管间距和深度不符合要求,会影响换热效率。这些构件不仅尺寸精度要求高,而且安装过程中需多工种配合,施工流程繁琐,任何环节的误差累积,都会使建筑无法达到设计的

节能与性能标准。

3.2 应对策略探讨

3.2.1 优化设计方案

设计阶段充分考虑施工可行性,简化复杂节点构造,通过标准化设计减少不同材料衔接。运用BIM技术模拟热桥分布,精准优化保温层铺设与节点防水密封方案。针对气密性,提前规划密封材料选型,明确各部位密封工艺。在构件设计时,兼顾性能与安装便捷性,预留合理公差,降低安装难度。同时,加强设计团队与施工方沟通,及时解决潜在问题,让设计更好服务于施工。

3.2.2 加强施工管理

建立健全施工管理制度,对各施工环节制定严格标准与规范。强化人员培训,提升施工人员专业技能与质量意识,定期考核并持证上岗。施工中严格执行质量检验制度,对节点处理、气密性施工等关键工序,实行全过程监督。合理安排施工顺序,协调多工种交叉作业,减少施工误差。引入信息化管理手段,实时记录施工进度与质量数据,出现问题可追溯,确保工程顺利推进。

3.2.3 采用先进技术与材料

应用自动喷涂、3D打印等先进施工技术,提升保温层与密封层施工质量与效率。使用新型保温材料,如真空绝热板,在降低热桥风险的同时,减少材料用量。选用密封性能优越的胶条与密封剂,提高气密性。对于构件安装,借助激光测量、机器人辅助安装等技术,提升安装精度。积极关注行业新技术、新材料动态,结合项目特点合理应用,攻克施工难题^[3]。

结束语

综上所述,被动式超低能耗建筑凭借其节能优势,成为建筑行业迈向可持续发展的重要方向。尽管在施工过程中面临节点处理难、气密性保障复杂等诸多挑战,但通过优化设计方案、加强施工管理、采用先进技术与材料,能够有效应对难题,确保建筑施工质量,充分发挥其节能潜力。

参考文献

- [1]魏林滨,李向前,杨娇娇等.被动式超低能耗居住建筑空调房间压差值与风量平衡设计探讨[J].暖通空调,2022,49(10):44-50+20.
- [2]康熙,赵士永,白佳慧等.既有居住建筑被动式超低能耗绿色化改造实践研究[J].建筑节能,2020,48(08):181-182
- [3]马新然,王海峰,陈兴飞等.河北省某被动式超低能耗居住建筑暖通空调设计[J].暖通空调,2021,51(S2):200-204.