

超低能耗建筑外墙保温一体化施工技术研究

王志兵

中建七局安装工程有限公司, 河南 郑州 450000

DOI:10.61369/ETQM.2025090018

摘 要： 本文聚焦超低能耗建筑领域的装配式外墙保温一体化施工技术，系统剖析其技术原理，即通过预制装配工艺实现保温与围护结构的一体化集成，以减少热桥效应、提升气密性。在材料选择上，重点探讨高性能保温板材、连接件及密封材料的性能指标与适配性。施工工艺环节，详细阐述预制构件生产、现场安装、节点处理的全流程技术要点，包括垂直度控制、拼缝密封等关键工序。结合实际工程案例，实证该技术在降低建筑能耗、缩短施工周期、减少现场湿作业及保障保温系统耐久性等方面的综合优势，为超低能耗建筑的规模化应用提供技术支持和实践参考。

关 键 词： 超低能耗建筑；装配式外墙；保温一体化；施工技术

Research on Integrated Construction Technology of Prefabricated Exterior Wall Insulation in Ultra-Low Energy Consumption Buildings

Wang Zhibing

Installation Engineering Co., Ltd. of CSCEC 7th Division, Zhengzhou, Henan 450000

Abstract： This article focuses on the integrated construction technology of prefabricated exterior wall insulation in ultra-low energy buildings, systematically analyzing its technical principles. This technology integrates insulation and envelope structures through prefabrication and assembly processes to reduce thermal bridging and enhance air tightness. In terms of material selection, it emphasizes the performance indicators and compatibility of high-performance insulation boards, connectors, and sealing materials. The construction process is detailed, covering key technical points such as verticality control and joint sealing in the production, on-site installation, and node treatment of prefabricated components. Real-world engineering cases demonstrate the comprehensive benefits of this technology in reducing building energy consumption, shortening construction periods, minimizing on-site wet work, and ensuring the durability of the insulation system. This provides technical support and practical references for the large-scale application of ultra-low energy buildings.

Keywords： ultra-low energy consumption building; prefabricated exterior wall; thermal insulation integration; construction technology

引言

随着全球能源危机和环境污染问题的日益严峻，建筑行业的节能减排成为重要课题。超低能耗建筑作为一种新型的绿色建筑形式，通过采用高效的保温隔热材料和先进的施工技术，能够显著降低建筑能耗，提高室内环境质量。装配式外墙保温一体化施工技术作为超低能耗建筑的关键技术之一，将保温层与外墙结构集成在一起，实现了工厂化生产、现场装配，具有施工速度快、质量可控、节能效果好等优点。因此，研究超低能耗建筑装配式外墙保温一体化施工技术具有重要的现实意义^[1,2]。

一、超低能耗建筑装配式外墙保温一体化技术原理

（一）保温结构一体化设计

超低能耗建筑装配式外墙保温一体化技术采用保温结构一体化设计理念，将保温层与外墙结构通过预制装配工艺实现有机结合。保温层设置于外墙结构外侧，形成连续的保温屏障，可有效

阻断室内外热传导路径，降低热桥效应影响，提升建筑整体保温性能（如图1所示）。保温层与结构层之间通过高强度连接件进行可靠连接，该连接件需满足抗拔、抗剪等力学性能要求，同时具备良好的耐久性与抗腐蚀性，以确保保温系统在长期使用中保持稳定。该设计既实现了保温与围护结构的功能集成，又通过预制化生产提升了构件精度，为建筑能效提升奠定基础。^[3]

作者简介：王志兵（1990.11—），男，汉族，河南南阳人，本科，中级工程师，研究方向：工程管理。

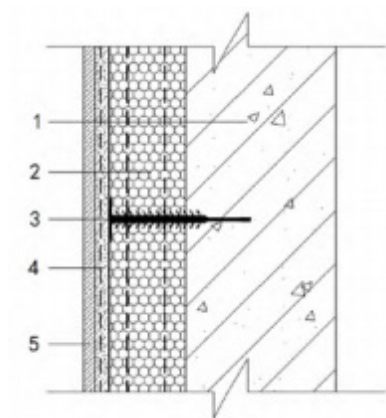


图1 硅墨烯外墙保温一体板基本构造

1-砌墙; 2-硅墨烯; 3-锚固件; 4-抹面层(抗裂砂浆内压耐碱网布); 5-饰面层

(二) 无热桥设计

热桥是围护结构中热流密集区,易造成室内热量散失。超低能耗建筑装配式外墙保温一体化技术通过无热桥设计^[4],优化外墙构造与连接方式以阻断热传导。针对窗洞口、阳台等典型热桥部位,采用断热桥连接件、保温延伸层等构造措施,确保保温层连续闭合。如窗洞口周边保温层超出窗框边缘 $\geq 100\text{mm}$,阳台与主体结构连接处设保温隔离件,有效降低热桥散热风险,提升建筑节能。

(三) 气密性设计

气密性是超低能耗建筑的核心指标,直接影响室内外空气渗透量与建筑能耗。装配式外墙保温一体化技术通过密封体系提升气密性:采用硅酮密封胶、三元乙丙橡胶条等耐候材料,对墙板拼缝、门窗洞口、穿墙管线孔等部位进行密封处理。施工中严格执行基层清理、密封胶施打、密封条压入等标准化工艺,确保接缝处形成连续密封屏障,经检测可使外墙空气渗透量 $\leq 0.6\text{m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$,有效降低供暖制冷能耗。^[5]

二、材料选择

1. 在建筑外墙施工中,多种高性能材料协同作用,保障建筑节能与美观。硅墨烯免拆模保温板以石墨聚苯乙烯颗粒为骨料,经硅质材料混合裹壳、内嵌双层热镀锌钢丝网等工艺制成,具备不燃性。其双层钢丝网设计增强与饰面层粘结力,还赋予一定弯曲能力,相比传统无机保温材料^[6],在抗拉、抗压强度及导热系数上表现优异,可用于混凝土剪力墙施工、PC 墙板及楼板底模。抹面胶浆作为外墙外保温体系关键材料,是抗裂无机干粉材料。其环保绿色,粘结性、耐候性良好且强度高,用于埋设网格布形成防护面层,为外保温面层及防裂工程提供可靠保护。外墙柔性耐水腻子需符合 GB/T 23455—2009 标准,经 7 天养护后,柔韧性达直径 50mm 无裂纹要求,增强外墙表面平整性与耐久性。外墙涂料常选真石漆,由底、主、面涂料构成,能赋予外墙丰富质感与色彩,提升建筑美观度。这些材料相互配合,共同构建起性能优良的建筑外墙体系。

2. 连接件是保温层与外墙结构之间的连接部件,其性能直接

影响保温层的稳定性和耐久性。连接件通常采用不锈钢、铝合金等材料制成,具有强度高、耐腐蚀等优点。同时,连接件的设计应考虑热桥问题,采用具有降低热桥效果的连接件。

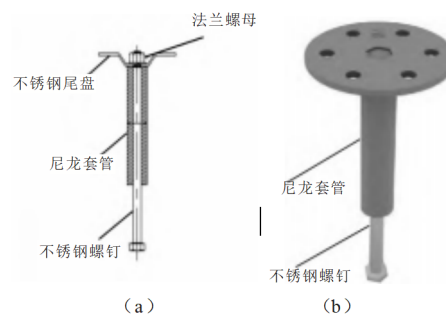


图1 专用连接锚固件示意

(a) 剖面示意; (b) 立面示意

三、实际案例分析

(一) 项目概况

以上海市某住宅项目为例,超低能耗设计采用硅墨烯保温一体板技术。建筑外墙采用 100mm 硅墨烯保温(模)板(导热系数: $0.055 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$)+200mm 钢筋混凝土,内部采用微陶涂层+改性保温膏料/XPS。项目在建筑节能设计方面,住宅建筑 1-4# 楼采用了独特的外墙保温系统。一二层采用现浇混凝土复合保温模板外墙保温系统,三层及以上则采用预制混凝土反打保温外墙板系统与现浇混凝土复合保温模板外墙保温系统相结合的方式,以此实现超低能耗目标,响应国家绿色建筑发展理念。^[7]

(二) 重点施工工艺

1. 施工工艺流程

硅墨烯保温一体板板安装前应做好免拆保温模板排版、弹线以及裁切。准备工作完成后,整体施工流程为:绑扎钢筋并验收合格→加焊限位支架(首层)→立外侧硅墨烯免拆保温模板→安装限位卡件及锚固件→立内侧模板→校正模板后安装对拉螺杆→安装模板竖向背楞→安装模板横向主楞→校正两侧模板并加固→浇筑混凝土并养护→拆除支护系统和内模板^[8]。

2. 硅墨烯保温一体板切割及安装

保温一体板切割及安装是施工的关键环节。切割时,最小宽度不应小于 200mm,且四周侧面需平直,保证安装精度。安装前,先在板与梁交接处粘贴一圈泡沫双面胶,起到密封和缓冲作用。保温一体板拼装遵循先安装阴阳角,再从一边向另一边顺序安装的方式,拼缝宽度不宜大于 5mm。安装就位后,使用线锤和经纬仪对其垂直度进行测量和纠偏,在垂直度和平整度符合设计要求后,加固支撑体系关键部位。拼缝处理方面,安装完成后,所有拼缝位置采用水泥砂浆填缝或专用胶粘缝,防止混凝土浇筑过程中漏浆。此外,在不燃型复合保温模板上用 8mm 钻头钻孔,孔呈梅花状布置,每平米不少于 5 个,孔内钉入直径为 10mm、有倒刺连接件,连接件在外墙结构混凝土中的有效锚固深度不小于 50mm,确保保温一体板与主体结构连接牢固。不燃

型复合保温模板按组合设计采用单块就位方式从四周向中央铺设,当板跨度 $\geq 4\text{m}$ 时,模板起拱,本工程主梁起拱高度为梁跨的 $3/1000$,保证模板受力均匀。

3. 硅墨烯保温板表面处理

拆除内侧木模板及外侧硅墨烯加固体系后,及时拔除硅墨烯板表面的U型固定钢筋,及时清理硅墨烯保温板表面的浮渣、灰尘等杂物。硅墨烯保温板预留的对拉螺杆洞,应按照设计节点要求,及时进行防水和封堵处理。螺杆洞封堵时,外墙硅墨烯厚度范围应使用高强封堵料进行封堵,严禁外露聚氨酯发泡剂,封堵后外侧涂刷 1.5mm 厚聚合物防水涂料,待防水涂料干燥后,涂抹抗裂砂浆并内埋 $100\text{mm}\times 100\text{mm}$ 耐碱网格布。硅墨烯免拆保温板安装时应紧密排列,保温板相邻两板对接缝的安装允许偏差为 3mm 以内。

4. 抹面层施工

抹面层宜分两道工序施工:将抹灰抹平整,趁湿压入耐碱网布,不得干搭接,阴阳角、硅墨烯保温板间拼缝应增设一层附加耐碱网布;待抹面胶浆稍干后,再次进行二次抹面胶浆抹平^[9]。

5. 接缝防水施工

外墙水平缝封堵应采用内嵌式封堵做法,其余侧水平缝可采用内嵌式封堵做法或外倒角封堵做法。封堵施工应依次按照两侧水平缝、外侧水平缝、分仓缝(如有)、内侧水平缝的先后顺序进行。水平缝封堵完成后,应重点检查封堵是否有遗漏、随意填塞、表面干缩裂缝等情况,确保各处水平缝均封堵密实。

外墙竖向缝施工要将硅墨烯保温板与预制构件进行 50mm 的错缝处理,并在侧面设置键槽、凹槽等构造防水,延长水流渗漏通道。混凝土浇筑过程中应避免将放料口直接对着不锈钢锚固件、限位装置,防止松动、倾斜,乃至连同硅墨烯保温板一起破坏导致报废,同时应避免直接对着硅墨烯保温板放料,宜尽量朝内侧木模板面放料。

(三) 经济与环境效益分析

在建筑行业持续追求绿色节能与高效发展的背景下,超低能

耗外墙保温一体板施工技术研究意义深远。其在经济效益与社会效益方面展现出显著优势,推广应用前景广阔。经济效益层面,该技术对工程建设的成本控制与效率提升成效显著。在建设周期上,通过创新施工工艺与流程优化,大幅缩短工期,加速项目交付与资金回笼;投资与成本方面,凭借精准的材料排版设计与施工方案,减少材料浪费与返工损耗,同时先进技术的应用降低人工成本,提升资金使用效率;质量与管理维度,技术创新保障施工质量,减少后期维护成本,现代化管理手段与技术结合,提高管理水平与决策科学性,进而推动行业科技进步,创造可观经济效益。社会效益上,该技术研究使工程建设技术达到国内先进水平,为行业树立标杆。其研究为国家制定相关技术规范、规程和指南提供理论支撑与实践依据,助力行业标准化发展,对提升建筑行业整体技术水平、推动绿色建筑理念普及意义重大。在推广应用方面,本研究完善了超低能耗外墙保温一体板施工技术体系。基于关键技术形成的成果,可为项目安全、质量与工期提供坚实保障,具备在全国范围内推广应用的潜力,契合建筑市场绿色节能发展需求,拥有良好市场前景^[10]。

四、结束语

超低能耗建筑装配式外墙保温一体化施工技术是一种具有广阔应用前景的新型施工技术。该技术通过保温结构一体化设计、无热桥设计和气密性设计,能够有效降低建筑能耗,提高室内环境质量。同时,该技术采用工厂化生产、现场装配的施工方式,具有施工速度快、质量可控、节能效果好等优点。在实际应用中,应根据建筑的特点和要求,合理选择保温材料、外墙结构材料和连接件,严格按照施工工艺进行施工,加强质量控制,确保施工质量。通过实际案例分析可以看出,超低能耗建筑装配式外墙保温一体化施工技术具有良好的应用效果,值得在超低能耗建筑中推广应用。

参考文献

- [1]王欣平,侯义芬,邵志兵等.超低能耗装配式住宅外墙保温施工[J].建筑施工,2023,45(6):1107-1110.
- [2]王志勇.装配式建筑夹芯保温板一体化施工技术分析[J].佛山陶瓷,2024,34(07):158-160.
- [3]黄国君.装配式建筑外墙保温一体化施工技术分析[J].工程技术研究,2024,9(08):81-83.
- [4]姜勇,赵凤伟,马耀,等.装配式建筑外墙保温一体化施工技术要点[J].中国建筑装饰装修,2023,(21):155-157.
- [5]轩莉,何东亮,余海洋,等.装配式建筑保温一体化预制外墙防水技术[J].建筑结构,2022,52(S2):1636-1639.
- [6]王金玉.探讨装配式建筑保温结构一体化外墙连接与固定技术[J].建设科技,2021,(19):107-110.
- [7]黄弘.装配式建筑外墙保温一体化施工技术[J].建筑机械化,2021,42(06):39-41.
- [8]吴吉,宋耀辉,凡科,等.装配式建筑保温结构一体化外墙连接与固定技术[J].施工技术,2020,49(S1):1039-1041.
- [9]王希政.保温一体化技术在装配式建筑施工中的应用[J].建筑施工,2019,41(08):1460-1463.
- [10]李杨,李广东,魏书辉.装配式建筑外墙保温一体化施工技术[J].居业,2021,(12):112-113.