

装配式建筑保温隔热系统的创新设计

赵松涛，王 磊

(济南四建(集团)有限责任公司, 山东 济南 250000)

摘 要 装配式建筑保温隔热系统的创新设计是推动建筑节能降碳、提升居住舒适度的核心路径,其核心在于通过材料选型革新、结构形式优化、施工工艺升级与功能集成创新,构建兼具高效保温、隔热降噪、安全耐久与绿色环保的一体化系统。本文立足于装配式建筑工业化、模块化发展特征,系统梳理保温隔热系统创新设计的核心要义与价值逻辑,从保温材料创新选型、复合结构优化设计、施工工艺集成创新、功能协同拓展设计四个维度,深入探析创新设计的实施路径与技术要点,结合典型设计方案对比阐释创新设计对提升建筑节能效率、降低碳排放、增强系统稳定性的核心作用,以期为装配式建筑保温隔热系统的优化升级与绿色发展提供理论参考。

关键词 装配式建筑; 保温隔热系统; 保温材料创新选型; 复合结构优化; 建筑节能

中图分类号: TU111.4

文献标志码: A

DOI: 10.3969/j.issn.2097-3365.2026.20.022

0 引言

在“双碳”目标和新型建筑工业化战略的双重推动下,装配式建筑已经成为建筑行业转型升级的主要方向,保温隔热系统是决定建筑节能性能和居住品质的重要部分,它的创新设计水平直接影响装配式建筑的综合效益。传统保温隔热系统存在材料保温效能低、结构衔接不紧密、施工适应性差等缺陷,已经不能满足装配式建筑工业化生产、模块化安装、绿色化发展的需要。2022 年我国发布的《“十四五”建筑节能与绿色建筑发展规划》中提出,推进装配式建筑同绿色建材、节能技术的深度融合,提高建筑的保温隔热性能和能源利用率,为保温隔热系统创新设计提供重要的政策指引。装配式建筑保温隔热系统的创新设计,本质上就是从装配式建筑“工厂预制、现场装配”的核心特点出发,冲破传统保温隔热设计的固有思维,经由材料、结构、工艺、功能等各方面的革新,达成保温隔热系统同装配式建筑的高度契合,既保证系统的节能性能和安全稳定性,又符合工业化生产以及模块化施工的要求,为装配式建筑的绿色低碳发展提供关键动力。

1 装配式建筑保温隔热系统的创新设计要义

1.1 核心内涵与本质特征

装配式建筑保温隔热系统的创新设计,主要以节能高效、安全耐久、适配集成、绿色低碳为原则,以装配式建筑工业化生产、模块化安装为前提,通过保

温材料创新选型、复合结构优化组合、施工工艺集成适配、功能模块协同拓展来构建与装配式建筑全生命周期相适应的一体化保温隔热系统^[1]。从材料、结构、工艺、功能四个维度共同创新的角度出发,装配式建筑保温隔热系统本质特征表现为三个方面。在材料创新的基础上,以结构优化为核心,工艺适配为基础,功能拓展为延伸,形成全方位多层次的创新体系;在适配性上,突出工业化、模块化的方向,设计要考虑工厂预制的生产效率、构件运输的便捷性、现场装配的精确性,使系统和装配式建筑的生产、施工流程相适应;在价值导向上,重视节能效益和综合效益的统一,既要最大化提高保温隔热性能,又要保证系统安全稳定、绿色环保和经济合理,从而推动装配式建筑实现节能降碳、提质增效的双重目标,体现新型建筑工业化背景下保温隔热系统创新发展的本质。

1.2 价值逻辑与核心作用

装配式建筑保温隔热系统创新设计的价值逻辑是以提高建筑节能性能为根本目的,从全方位的创新入手实现节能降碳、安全耐久、提质增效的递进式发展^[2]。其主要作用表现在四个方面:从建筑节能来说,创新设计依靠高效保温材料的使用和复合结构的改善,大幅提高系统的保温隔热效果,缩减建筑室内外热量交换,削减空调、供暖等能源耗费,助力建筑达成超低能耗或者近零能耗目的;从绿色低碳角度讲,挑选环保型、可循环利用的保温材料,改良生产及施工过程,

作者简介: 赵松涛(1997-),男,本科,助理工程师,研究方向: 工程管理。

缩减材料浪费和碳排放,契合“双碳”目标下的建筑行业绿色发展要求;从系统性能角度出发,重视结构衔接的密封性与稳定性,加强系统的抗风载、抗老化、防火防水性能,延长系统使用寿命,削减后期维护费用;从产业发展角度来讲,创新设计促使保温隔热技术同装配式建筑技术深度结合,推进绿色建材、节能技术的研发和应用,推动相关产业链的更新升级,为新型建筑工业化的全面推行提供强劲支撑。

1.3 实践基础与理论支撑

装配式建筑保温隔热系统创新设计有坚实的基础,有深厚的理论依据。从实践基础角度来讲,国内众多企业及科研机构进行了大量的研究工作。例如:利用真空绝热板、气凝胶等新型高效的保温材料研发复合保温构件,对保温、结构、装饰进行一体化的设计以达到系统集成目的,使用模块化施工工艺来提高安装速度,并且积累了许多创新设计的经验;北京、上海、江苏等地的超低能耗装配式建筑项目,由于保温隔热系统的设计创新,取得了很好的节能效果,给创新设计提供很多的参考^[3]。从理论支撑上来说,建筑节能理论为创新设计指明了主要的目标方向,确定了保温隔热系统节能指标和技术途径。例如:材料科学理论给保温材料创新选型提供了科学的依据,指引高性能、环保型保温材料研发和应用;结构工程理论为复合结构优化设计提供了技术支撑,保证系统结构稳定且安全;工业化生产理论给施工工艺集成创新赋予方法论引领,促使保温隔热系统同装配式建筑生产施工流程实现高效匹配,为创新设计的落实执行提供结实的理论支撑。

2 装配式建筑保温隔热系统的创新设计

2.1 保温材料创新选型设计

保温材料创新选型属于保温隔热系统创新设计的基础,核心就是根据装配式建筑的生产施工特点和节能需求,选择出具有高性能、环保型、适配性好的保温材料,同时还要考虑保温效能、安全性能以及工业化生产的要求。在材料选择上,打破传统保温材料的限制,优先选用真空绝热板(VIP)、气凝胶毡、石墨改性聚苯板(SEPS)、挤塑聚苯板(XPS)等新型高效保温材料,这些材料导热系数低、保温效果好、体积小,可以减少构件的保温空间,提高保温效果,符合装配式建筑构件轻量化、薄型化的设计要求;同时重视材料的环保性、安全性,选用低VOC排放、难燃或者不燃、无有害物质释放的保温材料,减小对环境和人体健康的危害,符合绿色建筑的发展理念^[4]。另外,考虑到

材料的工业化适应性,选择尺寸稳定、易于切割加工、耐运输磨损的保温材料,保证材料在工厂预制时能准确加工,在运输和现场安装时不容易损坏,保证系统施工质量及保温效果。材料选型要根据建筑所在气候分区、节能目标、构件种类等实际情况有针对性地选择,使保温性能、安全性能、经济性能达到最佳。

2.2 复合结构优化设计

复合结构优化设计属于保温隔热系统创新设计的关键部分,依靠不同材料的复合组合以及结构形式的革新,改善系统的保温隔热性能,加强结构稳定性和适用范围。常见的创新复合结构有“芯材一面板”复合结构、“多层保温材料”复合结构、“保温—承重”一体化结构等。“芯材一面板”复合结构用新型高效保温材料做芯材,用混凝土、金属板、防火板等做面板,工厂预制成复合保温构件,既能保证保温效果,又能提高系统的机械强度和防火性能;预制混凝土夹心保温外墙板采用混凝土面板、保温芯材、混凝土背板三明治结构,保温芯材采用石墨聚苯板或挤塑聚苯板,面板和背板用连接件固定在一起,形成保温、承重、防火一体化构件;多层保温材料复合结构根据不同材料的保温特点及功能优势,进行分层组合设计,外层使用耐候性好的挤塑聚苯板,中间层使用保温性能好的真空绝热板,内层使用防火性能好的岩棉板^[5];保温—承重一体化结构把保温材料和承重构件结合起来,在预制梁、柱等承重构件里嵌入保温芯材,既能保证构件的承重能力,又能达成保温隔热的目的,缩减建筑构造层次,加快施工速度。为了清晰地展现不同的复合结构设计方案特点,下面给出了典型的创新复合结构设计方案对比,如表1所示。

2.3 施工工艺集成创新设计

施工工艺集成创新设计是保证保温隔热系统与装配式建筑相适应的重要环节,其核心就是根据装配式建筑“工厂预制、现场装配”的施工特点,对系统生产及安装工艺进行改进,提高施工效率和工程质量^[6]。工厂预制工艺上使用“构件一体化预制”技术,把保温隔热系统同装配式建筑构件(外墙板、内墙板、楼板)在工厂同时预制生产,依靠精确的模具设计和自动化生产设备,保证保温材料的定位准确、固定牢固,防止现场施工时保温层出现破损或者移位的情况发生;采用模块化拼接设计,把保温隔热系统分成标准化的模块单元,工厂预制完毕之后,现场用专用连接件迅速拼接起来,加快安装速度,缩减现场湿作业时间;在施工现场装配工艺上,研发出适合装配式建筑的专

表 1 复合结构要素表

复合结构类型	核心构成	主要优势	适配场景
三明治夹心复合结构	外层面板 + 保温芯材 + 内层背板 + 连接件	保温效能高、结构稳定、防火性好、一体化预制	装配式外墙板、内墙板
多层梯度复合结构	耐候层 + 高效保温层 + 防火层 + 防潮层	功能协同性强、适配复杂气候、安全性能优	严寒地区装配式建筑外墙
保温—承重一体化结构	承重构件（混凝土 / 钢材）+ 嵌入式保温芯材	构造简洁、施工高效、空间利用率高	预制梁、柱、楼板等承重构件
超薄高效复合结构	气凝胶毡 + 真空绝热板 + 防护面层	保温效率极高、厚度薄、轻量化	装配式钢结构建筑、既有建筑改造

用安装工具和连接节点，如卡扣式、插槽式等快速连接方式，保证保温模块与建筑构件紧密贴合，提升系统的密封性和稳定性；采用无热桥设计工艺，在门窗洞口、构件拼接处等容易产生热桥的地方，通过优化节点构造、增加保温垫块、密封处理等方式来减少热桥效应，提高整个保温效果；重视施工过程的质量控制，制订标准化的预制和安装操作规程，保证各个环节施工符合设计要求，保证保温隔热系统施工质量。

2.4 功能协同拓展设计

功能协同拓展设计是保温隔热系统创新设计的延伸，主要在于突破单一保温隔热功能的束缚，达成保温隔热同防火、防水、隔音、装饰等功用的协同集成，改善装配式建筑的综合性能^[7]。从防火功能协同角度出发，选用防火性能好的保温材料、设置防火隔离带、改善复合结构的防火构造等手段来提高系统的防火性能，如在保温层里每隔一段距离设置岩棉防火隔离带，在保温系统外侧加设防火面板，从而构建起完整的防火体系，保证建筑的安全性；从防水功能协同角度出发，采用“保温—防水”一体化的设计方式，在保温层外面设置防水卷材或者防水涂料，改善节点防水构造，保证系统的防水密封性，防止雨水渗透造成保温材料受潮失效，延长系统的使用寿命；从隔音功能协同角度出发，选用具有保温和隔音双重性能的复合保温材料，或者在保温结构内增设隔音层，利用材料的阻尼作用和结构的隔声设计，减少室内外噪声传递，提高居住舒适度；从装饰功能协同角度出发，采用保温与装饰一体化的设计理念，把保温层和装饰面层在工厂预制集成起来，装饰面层可以选用仿石材、仿瓷砖、涂料等不同的形式^[8]。

3 结束语

装配式建筑保温隔热系统创新设计，是装配式建筑绿色低碳发展、提高建筑节能性能和居住品质的重要手段，它的主要价值是从材料、结构、工艺、功能

等各方面进行全方位的创新，形成与装配式建筑高度匹配的一体化保温隔热系统，达到节能降碳、安全耐久、提质增效的目的。从保温材料的创新选型、复合结构的优化设计、施工工艺的集成创新、功能协同的拓展这四个方面入手，创建一套完善的创新设计体系，适应装配式建筑工业化、模块化的要求，契合绿色建筑和双碳目标的需求。未来实践过程中要不断加深保温隔热系统创新设计，加强高性能保温材料研发和应用，改善复合结构及节点构造，革新工业化施工工艺，推动保温隔热系统朝着更加高效、安全、绿色、集成的方向发展，重视创新设计经验的归纳和推广，健全有关的设计标准和规范，加强产学研用的合作，为装配式建筑保温隔热系统改良升级提供有力支撑，助力新型建筑工业化与绿色建筑产业的高质量发展，为达成“双碳”目标贡献力量。

参考文献:

[1] 陈岩. 装配式建筑外墙保温一体化施工技术要点研究[J]. 砖瓦,2025(12):122-124.

[2] 刘丽芳,赵佳龙,周紫云,等. 新型保温材料对轻钢装配式建筑热工性能的影响[J]. 科学技术与工程,2025,25(33):14277-14286.

[3] 路康康. 装配式建筑外墙保温板防脱落加固施工技术研究[J]. 建设机械技术与管理,2025,38(05):74-76.

[4] 时晓静. 装配式建筑中保温隔热建筑材料的创新与性能提升[J]. 中国品牌与防伪,2025(09):184-186.

[5] 李曙光,刘丙花. 高性能混凝土复合外墙在装配式建筑中的应用[J]. 佛山陶瓷,2025,35(08):173-175.

[6] 薛琳婧,高行行. 一种用于装配式建筑保温材料的制备及节能效果研究[J]. 化学工程师,2025,39(02):97-101.

[7] 李亚坤. 生物质基保温材料与轻钢装配式建筑耦合应用研究[D]. 湘潭: 湖南科技大学,2024.

[8] 梁凯. 保温胶泥隔热涂料保温系统在装配式建筑中的应用研究[J]. 科技与创新,2024(02):175-177,180.