

绿色建筑下密肋复合墙体在新疆的低碳化应用研究综述

赵骏滕, 刘 健, 吴昊天, 郭浩甜, 吴鸿懿, 孙寒俊

新疆农业大学水利与土木工程学院, 新疆 乌鲁木齐

收稿日期: 2026年7月26日; 录用日期: 2026年8月17日; 发布日期: 2026年8月27日

摘 要

在“双碳”战略纵深推进与“十五五”规划明确装配式建筑发展的背景下, 密肋复合墙体结构在低碳节能、减震轻质、工业化预制等方面具有很大优势, 已成为建筑行业的重要发展方向。但现有研究多从一般建筑条件下展开, 对新疆高寒、旱热等特殊环境下密肋墙体的适应性缺乏研究。本文以环保建筑理念为起点, 从材料环境性能、结构性能、系统集成等方面, 对国内国外密肋复合墙的相关文献进行较为系统综述。国内外研究已经在力学理论与造价经济上有所积累, 但在材料环境耐久性、界面粘结破坏、全生命周期碳排放以及新疆等特殊地区适应性等方面存在很大空白。本研究指出现有研究的局限与未来需重点突破的方向, 为密肋复合墙在新疆地区的推广提供理论参考。

关键词

密肋复合墙, 绿色建筑, 低碳化路径, 可持续发展, 新疆寒旱环境, 文献综述

Ribbed Composite Walls in the Context of Green Buildings: Low-Carbon Pathways and Sustainable Applications in Xinjiang—A Review

Junteng Zhao, Jian Liu, Haotian Wu, Haotian Guo, Hongyi Wu, Hanjun Sun

College of Hydraulic and Civil Engineering, Xinjiang Agricultural University, Urumqi Xinjiang

Received: July 26, 2026; accepted: August 17, 2026; published: August 27, 2026

文章引用: 赵骏滕, 刘健, 吴昊天, 郭浩甜, 吴鸿懿, 孙寒俊. 绿色建筑下密肋复合墙体在新疆的低碳化应用研究综述[J]. 土木工程, 2026, 15(8): 207-214. DOI: [10.12677/hjce.2026.158217](https://doi.org/10.12677/hjce.2026.158217)

Abstract

Against the backdrop of the further implementation of the dual-carbon strategy and the development goals for prefabricated buildings set in the 15th Five-Year Plan, multi-ribbed composite wall structures exhibit prominent advantages in low carbon emission, energy conservation, seismic resistance, light weight and industrial prefabrication. They have become a major development trend of the integrated enclosure and load-bearing system for green buildings. Most existing studies, however, are carried out under conventional conditions. However, most existing studies are carried out under general building conditions, with insufficient research on the adaptability of ribbed composite walls under the special alpine and arid hot environmental conditions in Xinjiang. Based on the concept of green buildings, this paper conducts a systematic review of domestic and overseas literature on multi-ribbed composite walls from the aspects of material environmental performance, structural performance and system integration. The results reveal that current research at home and abroad has accumulated rich findings in mechanical theories and cost efficiency. Nevertheless, significant research gaps exist in material environmental durability, interfacial bond failure, full life-cycle carbon emissions, and the adaptability of such structures in special regions like Xinjiang. In view of the above gaps, this study discusses the limitations of existing research and proposes key research directions for future breakthroughs. This study identifies the limitations of existing research and key directions for future breakthroughs, and provides theoretical references for the promotion and application of ribbed composite walls in Xinjiang.

Keywords

Multi-Ribbed Composite Wall, Green Building, Low-Carbon Path, Sustainable Development, Cold and Arid Environment in Xinjiang, Literature Review

Copyright © 2026 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

密肋复合墙结构是一种由钢筋混凝土肋格与轻质填充砌块组合而成的新型预制装配式墙体体系，是可兼具承重、围护与节能三重功能的复合性能墙体结构[1][2]。该体系具有一些诸如：生态节能、分灾减震、轻质高强、施工简便且造价低廉等显著优势，比较适用于多层及中高层建筑，尤其契合新疆地区地震高烈度设防区与冬日严寒、夏日旱热气候区的建设需求[3]。

新疆地区地处西北内陆地区，气候条件极端——夏季干热、紫外线强，冬季严寒、冻融频繁，昼夜及年际温差大——同时大部分区域位于高烈度设防区，黄土及盐渍土广泛分布[4][5]，经济发展水平相对滞后。上述环境与社会特征对墙体材料提出了保温隔热、耐久抗老化、抗震可靠与经济可控的多重严苛要求。密肋复合墙的“本体节能 + 多道防线抗震”组合优势与新疆需求高度契合[1]，但这种契合目前多停留于理论推演，普适条件下的研究成果能否直接适用于新疆特殊环境，尚缺乏系统性验证。

本文以“新疆环境条件下密肋墙体材料的综合性可持续发展”为主题，对国内外相关文献进行系统梳理与评析。综述循“材料→结构→系统→推广”的纵向演进与“环境 - 安全 - 经济 - 社会”四维可持续框架两条逻辑线索，将既有研究归入材料环境性能、结构性能与优化、系统集成与评价、综合效益与推广机制四类派别，梳理代表性观点与核心贡献，指出现有研究在新疆地域化方面的结构性缺口，为后

续研究提供文献基础与学术定位。

2. 研究背景

在我国建筑业全面推进绿色低碳、装配式建筑的宏观背景下、“十五五”规划对建筑领域超低能耗、智能建造、碳减排的刚性约束，建筑结构体系正向工业化、节能化、轻量化、高抗震性能方向快速更新迭代[1][3]。新疆地区环境条件及地质条件复杂，需多考虑各方面适应性问题。从材料层级审视，传统现浇墙体以实心黏土砖或普通混凝土砌块为主体，导热系数普遍高于 $0.8 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ ，通过围护结构散失的热量占建筑总能耗的 25%~40%；从结构层级审视，现浇墙体刚度大、自重重大，在地震作用下呈脆性剪切破坏特征，延性系数仅 1.5~2.0，难以满足高烈度区“大震不倒”的性能化设计目标[6]；从施工层级审视，现场湿作业量占比超 70%，单层施工周期长达 7~10 天，模板周转率低，单位建筑面积碳排放强度较装配式高出 20%~30%[7][8]。国家“双碳”战略纵深推进，城乡建设绿色发展政策持续加码，上述技术短板已严重制约建筑品质提升与碳减排目标达成，更无法满足“十五五”期间新建建筑单位面积碳排放较 2020 年下降 20%的硬性指标。

2.1. 十五五规划政策导向与行业发展趋势

“十五五”规划纲要明确地提出了“支持超低能耗建筑、装配式建筑规模化发展”¹，并将它列为推动重点领域节能降碳的核心任务之一。住建部配套政策进一步细化目标：到 2030 年，新建建筑全面实现超低能耗标准，装配式建筑占新建建筑比例达到 50%，建筑领域碳排放较 2025 年下降 20%。这一政策导向倒逼墙体材料产业加速转型，绿色低碳建材正式跻身行业发展主赛道，模块化集成建筑(MiC)、装配式装修等工业化技术迎来爆发式增长机遇。

在区域层面，新疆维吾尔自治区《新疆维吾尔自治区城乡建设领域碳达峰实施方案》²提出，到 2030 年装配式建筑占当年城镇新建建筑的比例达 40%，建设装配式建筑产业基地不少于 10 个。“十五五”期间，新疆将通过建造技术革新、市场体系改革等方式，推动全区建筑业高质量发展，大力发展智能建造，稳步推进装配式建筑，逐步建立以部品部件为基础的标准化、数字化、信息化生产体系，以适配西北地区有效施工期短、劳动力成本上升等现实挑战。

2.2. 密肋复合墙的发展机遇与技术瓶颈

在此政策与市场双重驱动下，兼具轻质节能、工业化预制、施工便捷、抗震性能优良等多重优势的密肋复合墙结构，逐步成为装配式围护与承重一体化结构体系的主流应用类型，在保障性住房、校园建筑、城乡安置房等工程场景中应用占比逐年提升。密肋复合墙可减少混凝土用量 30%以上，同时保温性能较传统墙体提升 40%以上，能显著降低建造和运营阶段碳排放[1][9]。

但是工程实践中的监测数据表明，在实际应用过程中密肋复合墙依旧存在共性技术短板，比如：其中砌块与混凝土肋格界面黏结可靠性不足、温度应力作用下界面易开裂、整体协同受力稳定性偏弱等问题最为突出[10][11]，这些问题会直接影响墙体整体抗震能力、长期耐久性能与建筑安全储备。结合新疆等西北高寒、强震多发区域对建筑保温隔热、抗冻融、抗震性能的双重严苛要求[5][6][12]，界面黏结性能不足已经成为制约密肋复合墙大规模应用的主要问题。

2.3. 新疆地区的特定地质条件

以新疆地区为代表的西北典型的温带大陆性干旱气候及复杂的地质条件，决定了本地区较为复杂的

¹https://www.gov.cn/zhengce/content/202607/content_7074826.htm

²<https://www.xinjiang.gov.cn/xinjiang/qtwj/202302/8621dc3d552441389a94e59c43ef520b.shtml>

施工情况及环境条件。选取三个较为典型的地区作为研究基础(见图 1 所示)。

乌鲁木齐地处天山造山带东段与准噶尔盆地南缘过渡区,场地类别多为 II 类、局部 III 类,地基以冲洪积层为主,圆砾层承载力特征值 350~550 kPa,抗震设防烈度 8 度(0.20 g),最大季节冻土深度 1.65 m,属严寒 B 区,需满足外墙传热系数 $\leq 0.45 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ (依据《建筑抗震设计规范》(GB 50011-2010, 2016 年版)、《严寒和寒冷地区居住建筑节能设计标准》(JGJ 26-2010) [6] [12]);

喀什位于帕米尔构造结前缘,场地类别以 III 类为主、局部 IV 类,浅层为强盐渍土(含盐量 0.8%~3.2%),抗震设防烈度 8~9 度,最大冻土深度 1.10 m,属寒冷地区,地下水对混凝土具弱~中腐蚀性(依据《盐渍土地区建筑技术规范》(GB/T 50942-2014)、《岩土工程勘察规范》(GB 50021-2001, 2009 年版) [4] [13])。

阿勒泰位于阿尔泰山带南麓,场地类别以 I 类、II 类为主,山区为硬质基岩(饱和单轴抗压强度 30~60 MPa),高海拔有多年冻土,最大冻土深度 2.42 m,属寒温带高寒气候,抗震设防烈度 7~8 度(依据《冻土地区建筑地基基础设计规范》(JGJ 118-2011)、《建筑边坡工程技术规范》(GB 50330-2013) [5] [14])。

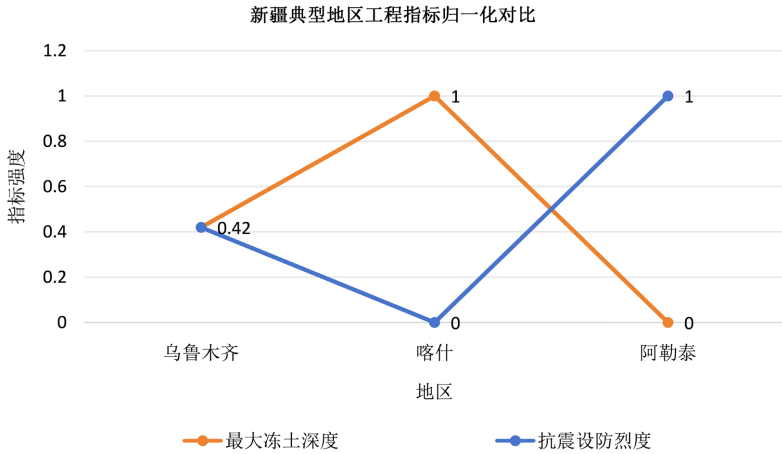


Figure 1. Normalized comparison of key engineering indicators for typical regions: Urumqi, Kashgar and Altay, Xinjiang

图 1. 乌鲁木齐、喀什、阿勒泰三个地区关键工程指标归一化对比的曲线图

2.4. 研究价值与现实意义

综上,在“十五五”规划绿色低碳转型、装配式建筑规模化发展与地方节能政策的多重导向下,密肋复合墙面临前所未有的发展机遇,同时也存在界面粘结性能研究不足、地域适配性数据欠缺等行业痛点。系统开展密肋复合墙界面力学性能基础试验研究,厘清界面粘结破坏机理、量化关键影响参数,既契合绿色装配式建筑发展大势,也能够补齐现有结构与施工技术短板[10] [15] [16],为密肋复合墙在装配式建筑与严寒寒冷地区的推广提供试验依据,助力建筑业实现“十五五”规划碳减排目标与高质量发展要求,具备明确的工程应用价值与现实研究必要性。

3. 国内外发展现状

密肋复合墙结构作为一种具有生态节能、分灾减震、施工简便、造价低廉等显著优势的新型预制装配式结构体系,在国内已形成较为完整的研究链条,涵盖材料革新、结构优化、系统集成和综合效益评价等多个层面。国外虽无直接对应的密肋复合墙结构体系,但在多功能复合墙板、夹芯保温墙体、建造成本效益分析和融资模式创新等领域已积累丰富研究成果,可为本课题提供重要借鉴。

3.1. 国外研究现状

国外装配式建筑与复合墙体研究起步相对国内起步较早，主要研究方向集中在以下几个方向。

在材料与热工性能方面，欧美及日本的学者在相变储能材料与建筑围护结构一体化、再生骨料混凝土耐久性、蒸压加气混凝土性能优化等方面积累了长期实测数据与评估标准。在结构性能层面，国外对剪力墙、框架-填充墙体系的抗震性能已有成熟的数值模拟方法与设计规范体系，如基于性能的抗震设计(PBEE)和增量动力分析(IDA)方法，这类设计与方法已成为主流范式，在国际上具有标准性规范作用[17]。在经济性评价领域，全生命周期成本分析(LCCA)和建筑信息模型(BIM)相结合的造价管理方法已被欧美等发达国家及中国等较大的发展中国家广泛应用[8][18]。此外，合同能源管理(ESCO)和碳排放权交易等市场化节能融资机制已在欧美建筑节能领域得到充分实践，为绿色建筑的增量成本分摊提供了制度经验[19][20]。

总的来说，现在的国外研究在标准体系、评价方法和市场机制三个层面，给本研究提供了方法论的参照，还有较为全面的研究方式以及验证方式。但是与密肋复合墙这一特定结构体系缺乏直接对接，有相当一部分技术无法直接应用于密肋复合墙体的研究上，可提供的已知数据页也相对较少，且极少涉及中国西北极端气候条件下实验数据和实用性检验。

3.2. 国内研究现状

国内密肋复合墙研究由姚谦峰团队于本世纪初系统开创，经过二十余年的发展，现已形成以西安建筑科技大学、北京交通大学、长安大学等大学及研究所为核心的研究阵营，涌现出了四类研究方向，以下作简单梳理[19]-[25]。

3.2.1. 材料环境性能方向

填充砌块是密肋墙体材料优化的重点研究对象。孙友波依托试验探究蒸压加气混凝土砌块的工程适用性，证明其可同时满足墙体受力和保温节能要求。张求淇把相变储能材料融入墙体结构，借助材料储放热规律平稳室内温度波动，降低建筑空调与采暖能耗[26]。蓝丽江配制多种再生骨料掺量的墙体试样，通过抗压、抗剪力学试验发现，再生骨料墙体力学性能和普通混凝土基本持平，为废弃建材循环利用积攒试验数据[27]。刘琪、曹小松着眼工程实操，改进模壳和早拆模板配套工艺，提高模板周转次数，从施工源头节约用料、降低碳排放[7]。上述研究切实推动了墙体环保选材与热工性能升级，但试验环境多为通用工况，没有结合新疆干旱、温差大、紫外线辐射高的地域环境开展专项试验研究。

3.2.2. 结构性能与优化方向

在抗震承载力方面，以朱倩、王苏为核心的团队对钢管混凝土边框密肋复合墙进行了系统攻关。朱倩等基于平截面假定推导了压弯承载力四阶段计算公式，指出钢管套箍率是影响承载力的最敏感参数[15]。王苏等通过缩尺试验与有限元模拟，建立了轴压承载力计算方法，揭示了“砌块→肋柱→边框柱”的渐进失效机制，并量化边框柱刚度分担比高达 46.1%~50.4% [16]。刘金焯运用软化拉压杆模型推导了受剪承载力公式，验证了钢管混凝土边框对耗能及刚度退化的改善效果[21]。高进源采用能量法推导了屈曲临界荷载，给出了高层密肋墙稳定性验算建议[10]。在体系层面，何梦迪证实钢框架-密肋复合墙抗侧力体系初始刚度可达单一钢框架的 17.21 倍，并揭示了“砌块-框格-钢框架”多道防线破坏模式[28]；刘信提出“嵌挂结合型”构造方案以解决框架柱锈蚀问题并提升保温性能[29]。居刚、孙静等分别从构造优化和地震易损性角度提出了改进建议[17][30]。

在防火性能方面，孙静等按 ISO834 标准升温曲线分析了框格单元受火后剩余承载力“先快后慢”的下降规律，并发现单面受火更易引发面外失稳[11]。朱艳歌进一步建立了受火后轴压承载力折减公式，揭

示了砌块占比对承载力的影响规律[22]。

在造价经济性方面,王虎友通过拟静力试验与造价对比得出四肋柱墙体为抗震-经济最优方案[31]。刘骞团队依托新疆农业大学,系统分析了装配式夹心保温密肋墙的增量成本变化规律,并采用 PSODE 算法优化生产成本调度[18]。惠彦涛等则通过现场观测法测定了密肋轻板预算定额,为造价分析奠定了基础[8]。这些研究为新疆地区绿色经济的发展未来提供了可靠的方向。

3.2.3. 系统集成与综合评价方向

系统集成与综合评价这个方向超越了传统单一的构件化视角,强调多因素联合分析与全过程管理。卢俊龙、张荫等研究者通过系列 1/15 比例振动台试验,揭示了黄土地基-密肋复合墙相互作用下地基呈“牺牲性保护”的破坏特征,发现地基开裂会改变地震波频谱并影响上部结构动力响应,建议以地基放大系数修正地震作用效应[32]-[34]。刘静开展了三向地震作用下框架-密肋墙结构的动力时程分析[35]。在施工安全领域,游治民构建了涵盖人、物、技术、管理、环境五大模块的安全评价指标体系,并通过对比 BP 与小波神经网络,提出“单因素+多因素”双轨评价模式[23]。该方向已将研究视野拓展至地基耦合与过程安全,但尚未实现环境、安全、经济、社会多维可持续指标的统一框架评价。

3.2.4. 综合效益与推广机制方向

综合效益与推广机制方向从经济管理与制度创新层面,回应密肋墙推广应用中的现实障碍。姚谦峰作为体系奠基者,凝练了密肋墙“本体主动式节能”的技术定位。刘扬最早运用层次分析法构建了技术-经济-社会三维综合效益评价模型。贺菁建立了适用于在役住宅的六维性能评价体系,验证了小波神经网络在此类评价中的优越性[24]。雷永强通过因子分析法识别出增量成本是推广的首要障碍,进而提出“分离融资”模式,并运用博弈论论证了建设方、预制工厂、ESCO 与购房者四方均衡的合理性[19][20]。该方向初步打通了“效益评价-障碍识别-机制设计”的逻辑链条,但尚未针对新疆金融与政策环境进行区域化分析。

3.3. 综合研究

通过对国内外研究现状的系统梳理,可形成以下判断。

研究积累优势明显:国内密肋墙研究已形成从材料、构件、体系到评价的完整技术链条,力学理论、试验方法和造价分析工具日趋成熟,部分成果(如钢管混凝土边框组合墙、钢框架-密肋墙抗侧力体系)已达到较高学术水平。

国外经验可资借鉴:国外虽无同型结构,但其在绿色建筑融资机制(ESCO)、全生命周期评价和极端气候下材料耐久性研究等方面的方法论,可为本土化研究提供参照。

地域化研究严重不足:现有成果几乎均以普适条件为前提,极少针对新疆特殊环境展开专门研究。具体表现为:建筑材料环境适应性数据缺失、结构长期性能演化的环境效应未受关注、综合效益评价指标体系中缺少耐久性与气候适应性维度、融资推广方案未考虑新疆经济社会实情。这些缺口构成了本课题“新疆环境条件下密肋墙体材料综合性可持续发展研究”的核心创新空间[2][9][18][27]。

4. 结论与展望

4.1. 结论

本文从材料环境性能、结构性能与优化、系统集成与评价、综合效益与推广机制四个维度对密肋复合墙国内外文献进行了系统梳理,形成以下结论:

1. 国内研究已在密肋墙力学理论、抗震性能与造价经济性上形成完整技术链条,部分成果达到较高

学术水平,但所有力学模型均未引入环境作用对材料本构的时变折减效应,直接用于新疆特殊环境的可靠性存疑。

2. 材料革新与热工改良研究均基于普适条件,尚未与新疆强紫外线、大温差、冻融频繁等极端气候深度耦合,长期耐久性数据与功能衰减规律缺失。

3. 系统集成与推广机制研究已初步打通“效益评价-障碍识别-机制设计”的逻辑链条,但仍未实现环境、安全、经济、社会多维指标的同一框架评价,且融资推广方案未针对新疆区域条件进行适配分析。

4. 地域化研究严重不足是当前最突出的结构性问题,构成“新疆环境条件下密肋墙体材料综合性可持续发展研究”的核心创新空间。

4.2. 未来展望

未来研究应重点突破以下方向。

一是开展新疆寒旱区密肋复合墙材料的环境适应性试验,系统获取冻融循环、紫外线老化与盐渍侵蚀单一及耦合作用下的砌块、混凝土及界面长期性能劣化数据,建立地域环境-材料性能退化映射关系;

二是深入揭示大温差及冻融条件下砌块-混凝土肋格界面的粘结破坏机理,建立考虑温度效应的界面粘结-滑移本构模型,提出界面抗剪承载力计算方法与构造优化措施;

三是构建覆盖构件预制、装配施工、运营维护至拆除回收全过程的密肋复合墙碳排放核算体系,量化各阶段碳源分布及关键影响参数;

四是立足新疆环境条件、经济发展水平、金融环境及政策支持条件,结合合同能源管理等市场化机制,提出具有区域适配性的低碳推广路径与多元化融资方案。

参考文献

- [1] 姚谦峰. 密肋复合墙节能技术研究与应用[J]. 建设科技, 2008(22): 56-58.
- [2] 姚谦峰, 杨增科, 张荫. 密肋复合墙住宅建筑综合节能技术应用研究[J]. 建设科技, 2008(8): 96-98, 112.
- [3] 张荫, 姚谦峰, 李慧民. 密肋壁板结构体系产业化前景分析[J]. 施工技术, 2006(11): 90-91.
- [4] 中华人民共和国住房和城乡建设部. GB 55017-2021 工程勘察通用规范[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2009.
- [5] 中华人民共和国住房和城乡建设部. JGJ 118-2011 冻土地区建筑地基基础设计规范[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2011.
- [6] 中华人民共和国住房和城乡建设部. GB/T 50011-2010 (2024 年版)建筑抗震设计标准[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2016.
- [7] 刘琪, 曹小松. 建筑模壳与早拆模板支撑体系在双向密肋楼盖中的应用[J]. 工程建设与设计, 2026(5): 166-169.
- [8] 惠彦涛, 闫文周. 密肋轻板结构体系预算定额测定研究[J]. 西安建筑科技大学学报(自然科学版), 2004(1): 124-126.
- [9] 孙友波. 蒸压加气混凝土砌块在密肋复合墙结构中的应用[J]. 建筑机械, 2017(5): 56-58.
- [10] 高进源. 密肋复合板结构墙体稳定性研究[D]: [硕士学位论文]. 北京: 北京交通大学, 2023.
- [11] 孙静, 赵秀丽, 张敬. 高温后密肋复合墙体框格单元剩余承载力[J]. 同济大学学报(自然科学版), 2018, 46(9): 1182-1188.
- [12] 中华人民共和国住房和城乡建设部. JGJ 26-2018 严寒和寒冷地区居住建筑节能设计标准[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2010.
- [13] 中华人民共和国住房和城乡建设部. GB/T 50942-2014 盐渍土地区建筑技术规范[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2014.
- [14] 中华人民共和国住房和城乡建设部. GB 50330-2013 建筑边坡工程技术规范[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2013.

- [15] 朱倩, 刘世垚, 王苏, 等. 钢管混凝土边框密肋复合剪力墙压弯性能研究[J]. 应用基础与工程科学学报, 2025, 33(2): 409-421.
- [16] 王苏, 朱倩, 赵均海, 等. 钢管混凝土边框密肋复合墙轴压性能研究[J]. 建筑结构学报, 2025, 46(2): 156-170.
- [17] 孙静, 吴君怡, 卢啸. 框支密肋复合墙结构地震易损性研究[J]. 工程力学, 2023, 40(6): 61-72.
- [18] 刘骞. 装配式夹心保温密肋复合墙结构增量成本的分析及控制[D]: [硕士学位论文]. 乌鲁木齐: 新疆农业大学, 2021.
- [19] 雷永强, 陈策, 张荫, 等. 博弈论在密肋复合墙节能建筑融资模式中的应用研究[J]. 工程经济, 2016, 26(12): 65-68.
- [20] 雷永强. 密肋复合墙节能建筑工程项目融资模式研究[D]: [硕士学位论文]. 西安: 西安建筑科技大学, 2016.
- [21] 刘金烨. 钢管混凝土密肋复合墙受剪性能与压剪性能研究[D]: [硕士学位论文]. 西安: 长安大学, 2023.
- [22] 朱艳歌. 受火后密肋复合墙体正截面承载力研究[D]: [硕士学位论文]. 北京: 北京交通大学, 2018.
- [23] 游治民. 基于神经网络的密肋复合墙结构施工安全评价分析方法研究[D]: [硕士学位论文]. 西安: 西安建筑科技大学, 2017.
- [24] 贺菁. 在役密肋复合墙结构住宅评价体系与分析方法研究[D]: [硕士学位论文]. 西安: 西安建筑科技大学, 2015.
- [25] 刘扬. 密肋复合墙结构节能建筑综合效益评价方法研究[D]: [硕士学位论文]. 西安: 西安建筑科技大学, 2009.
- [26] 张求淇. 相变储能密肋复合墙体传热特性及建筑能耗研究[D]: [硕士学位论文]. 北京: 北京交通大学, 2024.
- [27] 蓝丽江. 再生混凝土密肋复合墙体受力性能试验探析[J]. 工程建设与设计, 2021(10): 8-10.
- [28] 何梦迪. 钢框架-密肋复合墙抗侧力体系抗震性能研究[D]: [硕士学位论文]. 西安: 西安工业大学, 2022.
- [29] 刘信. 钢框架-嵌挂结合型密肋复合墙结构力学性能分析[D]: [硕士学位论文]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学, 2019.
- [30] 居刚. 基于抗震设计的密肋复合墙新型抗震结构体系设计[J]. 中国建筑装饰装修, 2025(14): 157-159.
- [31] 王虎友. 密肋复合墙体抗震性能研究及造价分析[J]. 砖瓦, 2025(7): 117-119.
- [32] 卢俊龙, 张荫. 地基与密肋复合墙结构动力相互作用测试分析[J]. 振动、测试与诊断, 2019, 39(4): 691-698, 898.
- [33] 卢俊龙, 张荫. 密肋复合墙结构-基础-地基共同作用体系振动台试验[J]. 武汉大学学报(工学版), 2018, 51(12): 1063-1071.
- [34] 卢俊龙, 张荫. 地基与密肋复合墙结构相互作用系统频域地震响应试验研究[J]. 岩土力学, 2019, 40(6): 2163-2171, 2182.
- [35] 刘静. 框架-密肋复合墙结构的三向地震作用反应分析[J]. 三明学院学报, 2021, 38(6): 102-108.