

高隔声装配式隔墙系统在绿色建筑中的应用

李 福

(湖南建工集团装饰工程有限公司, 长沙 410004)

摘要: 针对当前建筑业碳排放问题,提出一种新型的高隔声装配式隔墙系统。该系统旨在响应国家节能降碳政策,通过优化内墙体系,提高施工效率,降低成本,并减少建筑废料的产生。采用实验与模拟相结合的方式,通过实验室测试和现场应用验证系统的综合性能。探讨系统设计材料与材料选择、隔声性能测试,将传统砌体和成品墙板进行对比分析,以期推动建筑业的绿色低碳转型,为实现经济结构的可持续性提供技术支持。

关键词: 绿色建筑; 装配式隔墙; 节能降碳; 隔声性能; 可持续发展

中图分类号: TU17 **文献标志码:** A **文章编号:** 1671-1807(2025)01-0081-04

随着全球经济一体化的不断推进,各国之间的经济联系日益紧密,经济增长速度也在不断加快。然而,这种快速增长的背后,却隐藏着一个不容忽视的问题——二氧化碳排放量的不断增加。随着工业化和城市化的加速发展,能源消耗和碳排放量呈现出爆炸式增长的趋势,这对于地球的生态系统造成了极大的压力^[1-3]。

在这样的背景下,中国政府高度重视节能减排工作,在“十四五”规划中,落实国家节能降碳的关键任务。在这一阶段,各行各业都应该积极响应国家的号召,采取有效措施,推动绿色低碳发展。其中,建筑业作为影响碳排放的主要行业之一,更应该承担起责任,改进相关技术,促进绿色建筑的发展,进而实现整个经济结构的绿色低碳化^[4-6]。

在建筑领域,坚持“绿色施工、节能减排”的原则显得尤为重要。这不仅有助于减少建筑过程中的碳排放,还能提高建筑物的能效,降低运营成本,为人们创造更加舒适、健康的生活环境。

目前,建筑全体系中外墙工业化生产技术已经基本发展成型,这为实现绿色施工提供了有力的技术支持。然而,内墙体系的发展仍然存在一定的问题。传统的砌体砌筑施工效率低下,人工成本高昂,而且在一些墙体处理工艺过程中容易产生建筑废料,对环境造成污染。此外,湿作业会对现场施工造成一定的影响,降低施工效率^[7-9]。

在这样的背景下,装配式隔墙系统作为一种新兴的建筑技术,引起了研究者的广泛关注。咸亮亮^[10]基于病房装配式隔墙理论模型和特点,筛选出影响隔声性能的因素,并采用控制变量法和拟随机抽样的方式进行分析。通过评价指标计权隔声量(R_w)、频谱修正量(C)和 R_w+C ,得出单一因素变化对墙体隔声性能的影响规律和变量重要性。结合影响因素规律研究和工程实践做法,提出病房装配式墙体的隔声优化措施,包括面密度、空腔、缝隙处理、接线盒和设备底盒的位置优化4个方面。以光明医院普通病房和重症监护病房装配式墙体方案为例,设计5种优化构造,并运用Comsol软件模拟验证优化前后墙体隔声性能。结果表明,优化后的装配式墙体方案计权隔声量+频谱修正量(R_w+C)均能达到规范要求,证明了所提出的装配式墙体隔声优化措施的可行性,为病房装配式墙体隔声优化设计提供参考与借鉴。邱君杰等^[11]通过浙江省嘉兴市某医疗服务中心工程的案例研究发现,新型装饰一体化装配式隔墙体系在实际工程中展现出了卓越的性能和高效的施工能力。这种体系的成功应用为其他建筑工程提供了宝贵的经验,预示着其在未来的建筑市场中将有更广阔的应用空间。随着技术的不断进步和市场需求的增加,预计这种隔墙体系将成为推动建筑行业向更加绿色、高效、智能化方向发展的重要力量。

收稿日期: 2024-07-29

基金项目: 2022年湖南省教育厅科学研究一般项目(22C0936);2022年国家级大学生创新训练项目(202213924002);湖南省“十四五”应用特色学科“交通运输工程”项目(湘教通[2022]351号)

作者简介: 李福(1991—),女,湖南益阳人,工程师,研究方向为工程管理。

上述研究结果均表明装配式隔墙体系具有许多优点,如环保、节能、高效等,使其在绿色建筑中具有广泛的应用前景。基于此,本文提出一种新型的高隔声装配式隔墙系统,通过优化内墙体系来减少建筑废料的产生。同时,除了减少建筑废料外,该高隔声装配式隔墙系统还具有其他优势。首先,它能够提高施工效率。由于墙体模块已经在工厂中完成生产和组装,现场只需要进行简单的安装工作,大大缩短了施工周期,提高了施工效率。其次,该系统还能够降低成本。预制构件的生产可以在工厂中进行大规模生产,降低了生产成本,并且减少了现场施工所需的人力和物力资源,进一步降低了整体成本。此外,该高隔声装配式隔墙系统还具有良好的隔声性能。由于墙体模块采用的是高密度材料,能够有效地隔绝噪声的传播,提供更好的室内环境。

1 主要构造及施工工艺

1.1 主要构造

在装配式隔墙体系中,龙骨扮演着至关重要的角色,它不仅是整个隔墙体系的基础框架,更是保证墙体稳定性和安全性的关键因素。龙骨在装配式隔墙体系中的具体作用是结构支撑。龙骨作为隔墙体系的主要承重结构,承担着墙体的荷载,保证了墙体的稳定性和安全性。通过合理的设计和布置,龙骨能够有效地分散和传递荷载,使得整个隔墙体系更加稳固。龙骨种类如下。

(1) 埋头式压铆 (Concealed-Head-Carbon, CHC) 竖龙骨。CHC 竖龙骨是一种具有双空腔结构的材料,这种结构设计可以增加其“弹簧”作用,即在受力时能够更好地分散和吸收力量,从而提高了整体的稳定性和耐久性。为了进一步提升其隔声性能,CHC 竖龙骨内部还设置了隔声板,并且填充了岩棉。这种多阶、复合隔声构造的设计,使得声音在穿过龙骨时会被有效地阻隔和吸收,从而达到良好的隔声效果。此外,为了方便管线的安装和维护,CHC 竖龙骨上预设了管线孔。

(2) 隔墙横向 (Qufu-U type, QU) 龙骨。QU 龙骨通过增加断声孔实现了双重效果。一方面,它通过改变声波传导路径和增设隔声板及减振密封条的安装基准线,显著提高了隔音效果;另一方面,这种设计优化了螺丝安装的间距和位置控制,提升了安装效率和准确性。此外,该设计还增强了龙骨的整体刚度,使其在使用过程中更加稳定,从而延长了使用寿命。

(3) 贯穿龙骨与 (H-type, H 型) 隔声密封条。

在建筑设计和施工中,为了确保管线能够顺利穿越墙体,采用了一种创新的设计方法,即在龙骨上预留穿线孔和预冲孔。这种设计的主要目的是为了

提高施工的便捷性和容错率。首先,这种设计允许管线在墙体施工过程中直接穿越龙骨,而无须进行额外的操作或调整。这意味着,施工人员不必在墙体施工完成后再对管线进行复杂的布置和安装,从而大大节省了时间和人力成本。同时,由于预留的穿线孔和预冲孔已经考虑到了管线的尺寸和位置,因此可以确保管线在穿越时不会受到阻碍,从而提高了施工的准确性和效率。

此外,为了进一步提高墙体的隔声性能和稳定性,还采用了 H 型隔声密封条。这种密封条由高性能 EPDM(乙丙橡胶)合成橡胶材料制成,具有出色的耐候、耐温和耐腐蚀特性。这意味着,即使在多变的环境中,如高温、低温、潮湿等条件下,H 型隔声密封条仍能保持稳定的性能,不会因环境变化而出现老化、变形或腐蚀等问题。

H 型隔声密封条与隔声板通过柔性连接搭接在一起,这种连接方式不仅可以有效地减振,降低噪声的传播,还可以防止隔声板在长期使用过程中出现变形。这是因为,柔性连接可以在隔声板受到外力作用时,通过自身的弹性来吸收和分散这些力量,从而保护隔声板不受损害。

综上所述,贯穿龙骨预留穿线孔和预冲孔的设计,以及 H 型隔声密封条的应用,都是为了提高建筑的施工效率、隔声性能和稳定性。这些创新的设计方法不仅为施工人员提供了便利,也为建筑物的使用者带来了更好的居住体验。

1.2 施工工艺

在高隔声装配式隔墙施工过程中,工艺参数是重中之重,其中定位和放线是基础且关键的步骤,用于确定建筑物的位置、方向及轮廓。随后,轻钢龙骨作为骨架被精确安装,以支撑后续的结构元件。隔音板、贯穿龙骨以及管线系统的安装都需确保与轻钢龙骨的连接牢固,以保证隔音效果、稳定性和功能运行。填充岩棉和基层板的安装则关注保温性能和内部表面的装饰保护。整个施工过程强调精确测量和操作,以确保建筑物的整体质量和稳定性。其施工流程如图 1 所示。

2 碳减排计算

2.1 建材生产阶段产生的碳排放量 Q_{mat}

本文研究以宁远县第一中学办公楼的单层面积 $1\ 000\ m^2$ 为例,内墙总面积约为 $1\ 000\ m^2$,其中墙

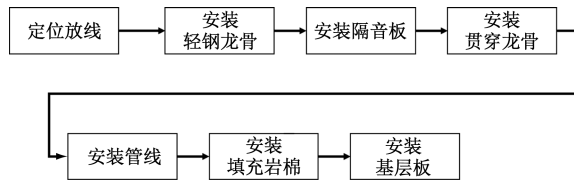


图1 施工流程

体厚度为 100 mm 的部分约占 500 m², 墙体厚度为 200 mm 的部分约占 500 m²。

2.1.1 计算公式

普通建筑材料生产碳排放量计算方法^[12]为

$$Q_{\text{mat}} = \sum_{i=1}^n m_i (1 + \omega_i / 100) E F_{i, \text{mat}} \quad (1)$$

式中: n 为原材料的种类; ω_i 为施工过程中废弃量, %; m_i 为材料生产中的用量, kg; $E F_{i, \text{mat}}$ 为各原材料的碳排放因子, kg/(t·km)。

2.1.2 计算结果

依据式(1)及所需材料的量, 可以推导出高隔声装配式隔墙系统与传统砌筑墙体在建筑材料生产过程中的碳排放量, 具体数据见表 1。

表1 不同工艺的墙体材料碳排放量

工艺	碳排放量/kg
传统砌体工艺	62 681.3
高隔声装配式隔墙系统	44 902.4

2.2 建材生产阶段产生的碳排放量

2.2.1 计算公式^[13-14]

$$P_{\text{运}} = \sum_{i=1}^n a_i m_i d_i t_c \quad (2)$$

式中: $P_{\text{运}}$ 为建材在运输过程中产生的碳排放量, kg; a_i 为第 i 种运输工具的碳排放系数, kt/MJ; d_i 为第 i 种材料的运输距离, km; t_c 为不同运输方式下, 运送单位重量建材所需的能耗, MJ/(t·km)。

2.2.2 计算结果

根据式(2)的计算结果, 可以清晰地看到高隔声装配式隔墙系统在建筑材料运输过程中所产生的碳排放量相较于传统砌筑体系工艺墙体有着显著的差异。具体数据见表 2, 从中可以观察到一些关键信息。

首先, 高隔声装配式隔墙系统在运输过程中的总碳排放量为 470.6 kg, 相对较低, 表明该系统在运输环节对环境的影响较小。这主要得益于高隔声装配式

表2 不同工艺的墙体运输过程中产生的碳排放量

工艺	碳排放量/kg
传统砌体工艺	3 979.9
高隔声装配式隔墙系统	470.6

隔墙系统的设计和材料选择, 使得其在运输过程中能够更加高效地利用空间, 减少能源消耗和碳排放。

与此相对的是, 传统砌筑工艺墙体的生产碳排放量高达 3 979.9 kg, 明显高于高隔声装配式隔墙系统, 说明传统砌筑工艺在生产过程中对环境造成了较大的压力。这主要是由于传统砌筑工艺需要大量的原材料和能源投入, 同时在运输过程中也会产生较多的碳排放。

综合比较两者的数据, 可以得出一个明显的结论: 高隔声装配式隔墙系统在建筑材料运输过程中的碳排放量相较于传统砌筑工艺墙体减少了约 88.2%。这一显著的降低幅度充分体现了高隔声装配式隔墙系统在环保方面的优越性。通过采用更为环保的材料和工艺, 高隔声装配式隔墙系统不仅能够满足建筑需求, 还能够有效减少对环境的负担, 实现可持续发展的目标。

2.3 建材生产阶段产生的碳排放量 E_c

2.3.1 计算公式^[15-16]

$$E_c = \sum_{i=1}^n P_{ci} K_{ci} \quad (3)$$

式中: P_{ci} 为施工机械的台班数; K_{ci} 为每台施工机械单位台班的碳排放因子; i 为施工机械的种类。

2.3.2 计算结果

根据式(3), 可得施工过程中, 材料垂直运输碳排放量见表 3, 高隔声装配式隔墙系统的碳排放较传统砌筑墙体减少约 85.3%。

在施工过程中, 不仅机械设备的运作会消耗能源并导致碳排放, 施工人员的体力劳动同样会产生碳排放。不同施工技术在墙体建设过程中计算结果见表 4。

表3 不同工艺的墙体施工垂直运输过程中产生的碳排放量

工艺	碳排放量/kg
传统砌体工艺	1 734.4
高隔声装配式隔墙系统	256.3

表4 不同工艺下墙体施工中产生的碳排放量(人工)

工艺	碳排放量/kg
传统砌体工艺	3 093.3
高隔声装配式隔墙系统	1 540.3

高隔声装配式隔墙系统由于施工过程中产生的人工碳排放量为 1 540.3 kg, 而传统砌筑工艺墙体的生产碳排放量为 3 093.3 kg, 为前者碳排放量的 2.0 倍。

2.4 不同工艺总碳排量比较

将上述生产、运输和施工 3 阶段产生的碳排量

相加,得到不同工艺条件下,生产 1 000 m²墙体各工艺所产生的总的碳排量,见表 5。

表 5 不同工艺的墙体生产、运输及施工
总碳排放量(1 000 m²)

工艺	碳排放量/kg			每平方米 碳排放量/kg
	生产阶段	运输阶段	施工阶段	
传统砌体工艺	62 684.3	3 986.9	4 766.6	71.4
高隔声装配式隔墙系统	44 900.4	473.6	1 797.6	47.2

在比较两种墙体施工工艺的碳排放效率时,发现传统砌体工艺碳排放量为 71.4 kg/m²。相比之下,高隔声装配式隔墙系统碳排放量仅为 47.2 kg/m²,这相当于传统砌体工艺碳排放量的 66.1%,CO₂排放量降低了 33.9%。这种显著的差异主要源于两者在材料使用和施工方法上的不同。这是因为高隔声装配式隔墙系统采用了更轻便、更环保的材料,并且其施工过程更加现代化和自动化,从而有效降低了碳排放。因此,从环境保护的角度来看,高隔声装配式隔墙系统是一个更为可持续的选择。

3 结论与展望

在全球推动实现碳达峰和碳中和的背景下,建筑行业作为主要的碳排放源之一,急需转型升级以降低碳排放。装配式建筑技术因此成为关键,尤其是高隔声装配式隔墙系统,它通过提高施工效率、减少建筑垃圾、优化管线预埋等优势,显著降低了能源消耗和环境破坏。这种系统不仅提升了建筑工程的整体质量和使用寿命,而且在经济和社会层面具有重要价值。因此,高隔声装配式隔墙系统在推动建筑行业绿色转型及实现“双碳”目标中扮演着至关重要的角色,并展现出巨大的市场潜力和应用前景。

参考文献

- [1] 龚鸣,刘玲玲,杨一. 为全球可持续发展作出中法贡献[N]. 人民日报, 2024-05-08(014).
- [2] 董丝雨,王云杉. 积极稳妥推进碳达峰碳中和[N]. 人民日报, 2024-04-30(010).
- [3] 顾佰和,于东晖,王琛,等. 进一步深化碳达峰、碳中和战略转型路径的若干思考[J]. 中国科学院院刊, 2024, 39(4): 726-736.
- [4] 杨诚. “双碳”背景下我国绿色建筑设计与应用策略研究[J]. 中国高科技, 2024(8): 43-45.
- [5] 杨晓亮,蔡跃洲. 基于综合集成赋权法的我国高质量绿色低碳园区综合评价方法[J]. 生态经济, 2024, 40(5): 39-43, 53.
- [6] 周启星,王辉,欧阳少虎. 基于碳中和新技术的美丽中国建设[J]. 中国环境科学, 2024, 44(4): 1777-1787.
- [7] 阳芬,罗迎社,欧阳春生,等. 基于 BIM 技术信息转换对建筑施工的编排优化及成本控制[J]. 科技和产业, 2022, 22(6): 321-325.
- [8] 夏艳波,罗迎社. 不同地板结构对建筑物节能防水性能提升研究[J]. 科技和产业, 2022, 22(12): 414-416.
- [9] 欧阳春生,罗迎社,邓宇龙,等. BIM 技术二次开发及其在装饰工程中的程序化应用[J]. 科技和产业, 2022, 22(1): 316-322.
- [10] 咸亮亮. 医疗建筑病房装配式隔墙隔声设计研究[D]. 西安:西安建筑科技大学, 2024.
- [11] 邱君杰,厉天数,姚时辉. 装饰一体化装配式隔墙的应用实践[J]. 工程质量, 2023, 41(7): 84-87.
- [12] 黄金玉. 寒冷地区外墙外保温系统全生命周期碳排放比较研究[D]. 西安:西安建筑科技大学, 2023.
- [13] 张霞. 装配式建筑全寿命期碳排放测算及减排设计策略研究[D]. 长春:吉林建筑大学, 2023.
- [14] 蔡光裕. 西安市中小型办公建筑全生命周期碳减排策略研究[D]. 西安:西安建筑科技大学, 2023.
- [15] 李颖楠,张引弟,管奥成,等. 煤炭地下气化采出气的脱碳工艺优化及能效分析[J]. 科学技术与工程, 2022, 22(21): 9231-9237.
- [16] 陈姝伊,张泉,邹思凯,等. 湖水源数据中心余热回收系统性能模拟研究:以东江湖大数据产业园为例[J]. 科学技术与工程, 2023, 23(22): 9502-9508.

Application of High Sound Insulation Assembled Partition Wall System in Green Building

LI Fu

(Decoration Engineering Co., Ltd. of Hunan Construction Engineering Group, Changsha 410004, China)

Abstract: Aiming at the current carbon emission problem in the construction industry, a new type of high sound insulation assembled partition wall system is proposed. The system aims to respond to the national energy conservation and carbon reduction policy, improve construction efficiency, reduce costs, and reduce the generation of construction waste by optimizing the internal wall system. The research method the combination of experiment and simulation were adopted to verify the comprehensive performance of the system through laboratory test and field application. System design and material selection were explored, sound insulation performance test were conducted, and comparative analysis with traditional masonry and finished wall panels were carried out, which aims to promote the green and low-carbon transformation of the construction industry, and provide technical support for the sustainability of the economic structure.

Keywords: green building; fabricated partition wall; energy saving and carbon reduction; sound insulation performance; sustainable development