

轻质混凝土墙的保温隔音及整体稳定性研究

卢文培, 张大龙, 张子豪, 周钱俊
中煤第三建设(集团)有限责任公司, 安徽 宿州 234000
DOI:10.61369/ME.2025060014

摘 要 : 轻质混凝土墙是现代建筑领域一种新型建筑材料, 其具有轻质、保温、隔音等诸多优点, 在建筑工程中得到了广泛应用。本文通过实验室研究方法分析了不同矿物掺合料掺量、掺加高性能减水剂和不同面密度对轻质泡沫混凝土隔墙保温隔音性能及整体稳定性的影响。结果表明, 矿物掺合料和减水剂可以显著改善轻质混凝土墙板的性能。

关 键 词 : 轻质混凝土墙; 保温性能; 隔音性能; 整体稳定性

Research on Thermal Insulation, Sound Insulation, and Overall Stability of Lightweight Concrete Walls

Lu Wenpei, Zhang Dalong, Zhang Zihao, Zhou Qianjun
China Coal Third Construction (Group) Co., Ltd., Suzhou, Anhui 234000

Abstract : Lightweight concrete walls represent a novel type of building material in the modern construction sector, widely applied in construction projects due to their numerous advantages, including light weight, thermal insulation, and sound insulation. This paper analyzes, through laboratory research methods, the impact of varying mineral admixture contents, the addition of high-performance water reducers, and different surface densities on the thermal insulation, sound insulation performance, and overall stability of lightweight foam concrete partition walls. The results indicate that mineral admixtures and water reducers can significantly enhance the performance of lightweight concrete wall panels.

Keywords : lightweight concrete wall; thermal insulation performance; sound insulation performance; overall stability

引言

在建筑节能与绿色发展理念的推动下, 墙体材料性能升级成为建筑行业转型的关键方向。传统墙体材料普遍存在自重较大、保温隔音效果欠佳、施工效率低等问题, 难以满足现代建筑对节能、环保及居住舒适度的多重需求。轻质泡沫混凝土墙作为一种新型绿色建筑材料, 凭借其轻质高强、保温隔热、隔声降噪等突出特性, 逐渐成为替代传统墙体材料的重要选择, 在住宅、公共建筑及工业设施中应用前景广阔^[1]。然而, 当前关于轻质泡沫混凝土墙的研究多集中于单一性能优化, 对其保温性能、隔音效果与整体结构稳定性之间的协同关系探讨不足, 且不同配合比、制备工艺对综合性能的影响机制尚未形成系统认知。因此, 深入研究矿物掺合料、外加剂及面密度等关键参数对轻质泡沫混凝土墙保温隔音及整体稳定性的作用规律, 对于优化其配方设计、提升工程应用可靠性具有重要的理论价值与实践意义^[2]。

一、试验原料及方法

(一) 试验原料

(1) 水泥: 选用的 P.O42.5 符合现行国家标准《通用硅酸盐水泥》GB175 规定的 P.O42.5 级普通硅酸盐水泥 (海螺水泥集团有限公司生产), 其物理性能和化学成分见表 1。

表 1 水泥的物理性能和化学成分

凝结时间 (min)		3d 强度 (MPa)		标准稠度 用水量 (%)	氧化镁 (%)	三氧化硫 (%)	烧失量 (%)	安定性
初凝	终凝	抗折	抗压					
127	177	6.0	28.3	27.0	2.42	2.54	1.35	合格

(2) 轻骨料: 泡沫混凝土用轻骨料应符合现行国家标准《轻

集料及其试验方法 第 1 部分: 轻集料》GB/T1743L1 的规定。

(3) 砂: 选用颗粒级配合理, 含泥量等指标均符合国家标准《建设用砂》GB/T14684 规定的建筑用砂。

(4) 掺合料: 粉煤灰: II 级, 细度 (45 μ m 方孔筛筛余) 12%, 需水量比 95%, 烧失量为 4.2%; 硅灰的比表面积为 20000m²/kg, SiO₂ 含量 $\geq$ 90%; 矿渣粉: 不低于 S95 级。

(5) 外加剂: 聚羧酸系高性能减水剂, 其质量及应用技术符合现行国家标准《混凝土外加剂》GB8076、《混凝土外加剂应用技术规范》GB50119 和有关环境保护等方面的规定, 固含量为 20%, 减水率 $\geq$ 30%, 与水泥的相容性良好^[3]。

(6) 泡沫剂: 过氧化氢泡沫剂, 能在混凝土内部产生均匀的

气泡，实现轻质化效果。

(7) 水：采用符合现行行业标准《混凝土用水标准》JGJ63规定的普通自来水，不含有害杂质。

(8) 钢丝焊接网：采用具有相同和不同直径的纵向和横向冷拔低碳钢丝以一定间距相互垂直排列，全部交叉点用电阻电焊制成网片，符合《冷拔低碳钢丝应用技术规程》JGJ19的有关规定^[4]。

(二) 试验方法

(1) 试件制备：按照设计的配合比进行材料计量，每盘材料计量允许偏差符合表4.2.9的规定。将水泥、粉煤灰及其他掺合剂、轻骨料、砂、拌合水依次加入搅拌机中，搅拌2min使其混合均匀，然后加入高性能减水剂和发泡剂，继续搅拌3min，形成均匀的泡沫混凝土拌合物。将拌合物倒入尺寸为100mm、150mm、200mm厚立方体试模中。试模高厚比应按下式进行验算：

$$(2.3.1-1) \beta \leq \mu_1 \mu_2 [\beta]$$

$$(2.3.1-2) \beta = H_0/h$$

$$(2.3.1-3) \mu_2 = 1 - 0.4b/L$$

式中：β—高后比；

H₀—墙体的计算高度，取墙体高度（mm）；

h—墙厚（mm）；

μ₁—非承重墙允许高厚比修正系数：100mm厚时取1.5.墙厚在100mm至200mm之间时，按内插法取用；

μ₂—有门窗洞口墙允许厚度比修正系数，其值不应小于0.7；

L—墙长（mm）；

b—L范围内的洞口宽度（mm）；

[β]—允许高厚比，取22。

现浇轻质泡沫混凝土隔墙厚度比验算时，无洞口墙体常用厚度与限制高度的对应关系参见表2。振捣密实后，在标准养护条件（温度20±2℃，相对湿度≥95%）下养护28d，用于后续性能测试^[5]。

表2隔墙厚度比验算时常用厚度与限制高度的对应关系

墙厚（mm）	100	150	200
限制高度（mm）	3300	4600	5700

(2) 检测方法

1. 按GB/T19889.3《声学建筑和建筑构件隔声测量第3部分：建筑构件空气声隔声的实验室测量》规定对试样进行空气声计权隔声量测试，以科学客观地评价其隔音效能。

2. 依据GB/T9978.1《建筑构件耐火试验方法第1部分：通用要求》进行耐火极限测试，通过观察试件在标准升温曲线下的表现，确定其失去支撑能力、完整性或隔热性的时间。

3. 耐久性测试主要针对试件抗压强度，面密度进行测量^[6]。

抗压强度测量：将试件置于压力试验机上下承压板之间，试件中心与承压板中心对齐。按照GB/T50081-2019《混凝土物理力学性能试验方法标准》，以0.5-1.0MPa/s的加载速率匀速施加荷载，直至试件发生破坏，记录此时的最大荷载值。抗压强度按下式计算：

$$f_c = F/A$$

式中，

F为最大荷载（N），

A为试件承压面积（mm²）。

为保证测试结果的准确性，每组测试至少选取3个试件，取其平均值作为该组试件的抗压强度值。

(3) 面密度测量：测试前，先将试件表面的浮灰、杂物清理干净，确保试件干燥。使用精度为0.1kg的电子秤称量试件的质量（m），精确至0.1kg。用精度为1mm的卷尺测量试件的长度（L）和宽度（B），精确至1mm，计算试件的表面积（S=L×B）。面密度按ρ=m/S计算，每组测试至少选取3个试件，取平均值作为该组试件的面密度值^[7]。

二、试验结果与分析

(一) 矿物掺合料掺量对墙板保温隔音及整体稳定性的影响

在水泥与矿物掺合料总量固定条件下，调整矿物掺合料掺量（0、10%、20%）进行试验，试验方案如表3，试验结果见表4。

表3试验方案

编号	水泥（kg）	矿物掺合料（kg）	减水剂（g）	纤维（g）	稳泡剂	水（kg）	发泡剂（g）
A1	1.5	0	0	20	10	8.0	按发泡高度进行调整，以满模为准。
A2	135	0.15	0	20	10	8.5	
A3	1.2	0.30	0	20	10	9.0	
A4	1.05	0.45	0	20	10	9.5	

表4试验结果

试件编号	空气声计权隔声量	耐火极限	面密度（kg/m ² ）	抗压强度（MPa）	软化系数	含水率（%）
1	38	1.5	80.1	4.1	0.87	5.6
2	44	1.5	81.2	4.6	0.88	5.5
3	50	1.6	79.3	5.2	0.88	5.2

由表4分析可知，随着矿物掺合料掺量不断增加，试件面密度和含水率均略微降低，但是变化幅度不大；抗压强度均随矿物掺合料掺量的增加呈先提高后降低的变化趋势，软化系数则略有提高；空气声计权隔声量、耐火极限均呈上升趋势。当矿物掺合料掺量占总量的20%时，试件抗压强度为5.2MPa，面密度为79.3kg/m2，软化系数为0.88，含水率为5.2%，耐火极限为1.6、空气声计权隔声量50db，满

(二) 高性能减水剂对轻质混凝土墙保温隔音及整体稳定性的影响

水泥与矿物掺合料的总量不变，通过调整高性能减水剂掺量（0、0.20%、0.30%），以占水泥和矿物掺合料总质量比计）研究其对墙板性能的影响，试验方案如表5，试验结果见表6^[8]。

表5试验方案

编号	水泥（kg）	矿物掺合料（kg）	减水剂（g）	纤维（g）	稳泡剂	水（kg）	发泡剂（g）
B1	1.2	0.30	0	20	10	9.0	按发泡高度进行调整，以满模为准。
B2	1.2	0.30	15	20	10	8.3	
B3	1.2	0.30	30	20	10	7.6	
B4	1.2	0.30	45	20	10	7.0	

表6 试验结果

试件厚度	空气声计权隔声量	耐火极限	面密度(kg/m²)	抗压强度(MPa)	软化系数	含水率(%)
100mm	39	1.6	77.2	5.3	0.85	9.0
150mm	45	1.7	78.2	5.5	0.86	8.1
200mm	47	1.7	80.3	6.0	0.88	7.5

如表6所示，随着减水剂掺量的增加，用水量显著减少，试件抗压强度逐渐增大。空气声计权隔声量、耐火极限均有所提升，软化系数也有一定的升高，同时降低了板材的含水率。当减水剂掺量为0.30%时，试件空气声计权隔声量47db，耐火极限1.7，面密度为78.4kg/m²，抗压强度为6.0MPa，软化系数为0.88，含水率为7.5%，满足国家标准的要求。

（三）不同面密度对轻质混凝土墙保温隔音及整体稳定性的影响

试件厚度一定，通过调整胶凝材料的用量来调整轻质泡沫混凝土的干密度，从而达到调整墙板面密度，试验方案如表7，试验结果见表8。

表7 试验方案

编号	水泥(kg)	矿物掺合料(kg)	减水剂(g)	纤维(g)	稳泡剂	水(kg)	发泡剂(g)
C1	0.80	0.2	30	20	10	4.7	按发泡高度进行调整，以满模为准。
C2	0.96	0.24	36	20	10	5.7	
C3	1.12	0.28	42	20	10	6.6	
C4	1.28	0.32	48	20	10	7.6	

表8 试验结果

试件厚度	空气声计权隔声量	耐火极限	面密度(kg/m²)	抗压强度(MPa)	软化系数	含水率(%)
100mm	39	1.7	57.2	5.1	0.88	6.8
150mm	46	1.7	66.3	5.6	0.89	7.1
200mm	46	1.7	76.2	6.8	0.90	7.2

如表8所示，水泥和矿物掺合料总量的增加对轻质混凝土墙板

面密度提升作用明显，同时，试件的抗压强度也随之升高。试件3空气声计权隔声量为46db，耐火极限为1.7，面密度为76.2kg/m²，抗压强度为6.8MPa，性能远远高于GB/T23451-2009《建筑用轻质隔墙条板》中抗压强度大于3.5MPa的要求。

三、讨论

本研究通过调整矿物掺合料掺量、高性能减水剂掺量及面密度，系统分析了其对轻质泡沫混凝土墙保温隔音及整体稳定性的影响，结果显示各参数对墙板性能存在显著调控作用。

1.矿物掺合料的掺入通过填充效应与火山灰反应改善了混凝土微观结构，粉煤灰和硅灰的细化作用减少了孔隙率，提升了抗压强度，同时致密结构提升了空气声计权隔声量和耐火极限，表明适量矿物掺合料可实现强度与功能性的协同优化，但过量可能因水泥浆体稀释效应导致强度下降^[9]。

2.随掺量增加，用水量减少使混凝土密实度提高，抗压强度显著提升，且气泡分布更均匀，避免了因水分过多导致的孔隙缺陷，间接提升了隔声性能和软化系数。这验证了减水剂在保证工作性的同时，对结构稳定性的积极影响。

3.面密度调控结果显示，胶凝材料用量增加使试件面密度从57.2kg/m²增至76.2kg/m²，抗压强度提升33.3%，且面密度与隔声量呈现正相关趋势，但200mm厚试件隔声量未随面密度持续增长，远超国标要求，体现轻质与高强的平衡潜力^[10]。

综上，矿物掺合料20%、减水剂0.30%的配合比可实现墙板综合性能最优，为实际工程中轻质混凝土墙的配方设计提供了参考依据。

参考文献

[1] 袁嘉诚. 轻质墙板用煤矸石泡沫混凝土制备及性能研究 [D]. 山东交通学院, 2025.

[2] 蔡惠华. 掺合料及温度对轻质泡沫混凝土强度影响的研究 [J]. 港口航道与近海工程, 2025, 62(03): 77-81+86.

[3] 姚勇. 一种铁路灾害治理用高强轻质泡沫混凝土制备及应用研究 [J]. 粘接, 2025, 52(06): 12-15.

[4] 王磊, 曾茜. 复合轻质骨料泡沫混凝土的性能研究 [J]. 中国建材科技, 2024, 33(04): 37-41.

[5] 王建龙. 轻质漂珠 /HPMC/ 水泥基复合泡沫混凝土制备及性能研究 [D]. 塔里木大学, 2024.

[6] 周宇航, 罗如平, 朱碧堂, 李青强, 余金, 梁启帆, 胡扬扬. 轻质泡沫混凝土泡沫剂的性能优选与配比试验研究 [J]. 华东交通大学学报, 2024, 41(02): 41-47.

[7] 吕夏婷, 谭洪波, 张世轩, 李懋高, 王金堂, 塞守卫. 泡沫掺量对超轻质硫氧镁基泡沫混凝土性能的影响 [J]. 硅酸盐通报, 2023, 42(12): 4262-4270.

[8] 韩嫣红. 预制轻质泡沫混凝土墙板的制备及性能测试研究 [J]. 砖瓦, 2023, (12): 31-33.

[9] 罗翔云, 岑树华, 黄湘, 沈茜丹. 憎水性轻质泡沫混凝土性能及其在混凝土裂缝修复中的应用 [J]. 中国水运, 2023, (21): 139-140.

[10] 王磊. 复合隔热轻质骨料泡沫混凝土性能影响研究 [D]. 武汉轻工大学, 2023.