

原料摩尔比和矿物掺合料对柠檬酸改性 硫氧镁砂浆性能的影响

薛 涛, 范奕涛, 刘婧涵, 巴明芳*

(宁波大学 建筑工程与环境学院, 浙江 宁波 315211)

摘要: 为了提高硫氧镁基结构材料的各项性能, 研究了 MgO/MgSO_4 摩尔比参数、不同矿物掺合料对柠檬酸改性硫氧镁砂浆力学性能、耐水性能及保温隔热性能的影响. 结果表明: 同水灰比普通硅酸盐水泥(P·O42.5)砂浆相比, MgO/MgSO_4 摩尔比在 12:1~14:1 时柠檬酸改性硫氧镁砂浆的早期抗折强度增加了 69%~75%, 早期抗压强度提高了 55%~78%, 导热系数降低了 18%~30%; 以 MgO/MgSO_4 摩尔比 12:1 为基准, 矿粉和粉煤灰分别以 10%~15% 质量分数等量取代氧化镁粉时, 对柠檬酸改性硫氧镁砂浆的力学性能、耐水性能以及保温隔热性能的影响效果最佳, 其 28 d 抗折强度为 11 MPa, 抗压强度达到 50 MPa, 而导热系数为 $0.3606 \text{ W} \cdot (\text{m} \cdot \text{K})^{-1}$.

关键词: 硫氧镁砂浆; 柠檬酸改性; 保温隔热性能; 耐水性能; 导热系数

中图分类号: TQ52

文献标志码: A

文章编号: 1001-5132 (2018) 04-0081-07

近年来, 随着无机外墙外保温的使用发现: 无机外墙外保温存在吸水率高、强度低、易脱落等缺点^[1-3]. 孙凯强^[4]、曾兴华等^[5]以传统硅酸盐水泥为胶凝材料, 研发的无机保温砂浆存在强度低、吸水率高和导热系数偏大等缺点. 李明悦^[6]、张鹤译^[7]研制的氯氧镁基无机保温砂浆存在吸水率高、强度低和返卤泛霜等缺点. 有研究表明^[8-11], 硫氧镁水泥具有凝结硬化快、早期强度高、黏结性好、导热性低、耐火性高等特点, 且生产能耗低, 制备工艺简单, 可广泛应用于生产建筑轻质保温板、耐火材料、装饰装修材料等工程, 但由于强度较低, 制约了其在土木工程领域的推广与利用. 朱会荣^[12]研究了硼酸、柠檬酸、蔗糖及磷酸改性剂对硫氧镁胶凝材料性能的影响. 巴明芳等^[13]研究了改性硫氧镁胶凝材料的配制及其机理. 刘欢颜等^[14]研究表明, 随着柠檬酸质量分数的增加, 硫氧镁水泥试块的抗折、抗压力值、抗压强度均有所增加. Mathur 等^[15-16]研究表明, 加入甲醛作为一种外加剂可以

稍许提高硫氧镁胶凝材料的抗压强度, 但是不能增加其耐水性, 并发现粉末状的 NaHCO_3 能增加硫氧镁胶凝材料的抗压强度和耐水性. Wu 等^[17-19]研究表明, 磷酸和磷酸盐能通过改变 MgO 的水化进程和物相来提高其抗压强度和耐水性, 并发现占 MgO 质量 0.5% 的柠檬酸能提高硫氧镁胶凝材料的抗压强度. 郑直等^[20]研究表明, 柠檬酸可提高硫氧镁水泥的强度, 有效抑制硫氧镁水泥的收缩, 提高镁水泥耐酸碱腐蚀能力, 对硫氧镁水泥具有很好的改性作用. 综上研究可以发现, 针对硫氧镁胶凝材料的改性研究, 重点一直是抗压强度和耐水性能, 而针对硫氧镁水泥胶凝材料保温隔热性能影响的研究报道还十分有限.

本文研究了不同 MgO/MgSO_4 摩尔比参数和不同矿物掺合料对柠檬酸改性硫氧镁砂浆的影响, 尤其是对其保温隔热性的影响, 并分析了影响机理, 为今后配制高性能自保温隔热结构材料提供一定理论和技术参数.

收稿日期: 2017-06-20.

宁波大学学报(理工版)网址: <http://journalg.nbu.edu.cn/>

基金项目: 浙江省自然科学基金(LY17E080009); 宁波市自然科学基金(2017A610311); 浙江省大学生科技创新项目(2017R405045).

第一作者: 薛涛(1991-), 男, 山东临沂人, 在读硕士研究生, 主要研究方向: 高性能绿色建筑材料. E-mail: 15067455164@163.com

*通信作者: 巴明芳(1975-), 女, 山东滨州人, 博士/副教授, 主要研究方向: 高性能绿色建筑材料. E-mail: bamingfang@nbu.edu.cn

1 试验

1.1 原材料

试验用营口产的轻烧氧化镁粉,天津产的工业级七水硫酸镁,其化学成分见表1.试验用的砂子为ISO标准砂;水为饮用水;三师牌42.5普通硅酸盐水泥(OPO)(建德三狮松涛水泥有限公司生产);粉煤灰为镇海电厂II级粉煤灰(FA),密度为 $2.36\text{ g}\cdot\text{m}^{-3}$;S95磨细矿粉(KS),密度为 $2.87\text{ g}\cdot\text{m}^{-3}$,具体化学成分见表2.

表1 轻烧氧化镁粉和七水硫酸镁组成 %

七水硫酸镁		轻烧氧化镁	
成分	质量分数	成分	质量分数
MgSO ₄	47.85	MgO	82.71
MgCl ₂	0.50	SiO ₂	3.62
NaCl	0.50	CaO	5.87
Na ₂ SO ₄	0.50	Al ₂ O ₃	0.50
H ₂ O	50.24	其他	2.30
其他	0.41		

表2 普通硅酸盐水泥和矿物掺合料的化学组成 %

成分	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃
OPO	24.5	4.5	3.5	55.2	4.0	2.9
KS	32.95	13.99	2.91	34.50	7.66	—
FA	57.2	20.0	9.1	5.1	1.8	1.7

1.2 实验方案

(1)根据文献[13],MgO/MgSO₄摩尔比参数超过14:1后,硫氧镁胶凝材料的力学性能会出现降低趋势,因此本研究设计配制MgO/MgSO₄摩尔比参数分别为6:1、8:1、10:1、12:1、14:1的硫氧镁胶凝材料,并按照通用硅酸盐水泥胶砂强度检验(ISO法),分别拌制成型7组40 mm×40 mm×160 mm试件,3组300 mm×300 mm×30 mm导热系数试件,具体配合比见表3.试件拆模后放置室内养护,温度(18±5)℃,相对湿度(70±10)%,分别测定养护7、14、28 d的抗折和抗压强度;养护至40 d时取出试件,烘干后测其导热系数.50 d龄期时取其中1组试件,浸泡在相同条件的水中,14 d后测其抗压强度,并计算相应的软化系数.试件在达到50、60、70 d龄期时检测其饱水质量和干燥质量,据此计算其总孔隙率.

表3 硫氧镁胶凝材料砂浆试件配比参数 g

编号	MgO	MgSO ₄ ·7H ₂ O	P·O42.5	H ₂ O	柠檬酸	砂
M6	300	308	—	99	1.50	1 350
M8	328	252	—	127	1.64	1 350
M10	346	213	—	147	1.73	1 350
M12	360	185	—	162	1.80	1 350
M14	371	163	—	170	1.86	1 350
PL	—	—	450	225	—	1 350

注: M6、M8、M10、M12、M14 分别为 MgO/MgSO₄ 摩尔比参数 6:1、8:1、10:1、12:1、14:1; PL 为普通硅酸盐水泥砂浆.

(2)固定硫氧镁胶凝材料 MgO/MgSO₄ 摩尔比为 12:1, 分别掺入占轻烧氧化镁粉质量分数为 10%、15%、20%、30%的矿粉和粉煤灰, 配制相应复合硫氧镁胶凝材料砂浆试件, 详见表 4. 按照方案(1)成型和养护试件, 测定龄期为 7、14、28 d 时试件的力学性能和软化系数, 导热系数则在养护 40 d 后测试.

表4 单掺矿粉和粉煤灰硫氧镁胶凝材料砂浆配比参数 g

百分比/%	MgO	KS/FA	MgSO ₄ ·7H ₂ O	水	柠檬酸	骨料(砂)
0	360	0	184.5	162	1.8	1 350
10	324	36	184.5	162	1.8	1 350
15	306	54	184.5	162	1.8	1 350
20	288	72	184.5	162	1.8	1 350
30	252	108	184.5	162	1.8	1 350

2 结果分析与讨论

2.1 MgO/MgSO₄摩尔比参数对硫氧镁胶凝材料性能的影响

2.1.1 对硫氧镁胶凝材料砂浆力学性能的影响

图1是MgO/MgSO₄摩尔比对各个龄期柠檬酸改性硫氧镁砂浆试件力学性能的影响结果.从图1(a)中可以看出,随着MgO/MgSO₄摩尔比的增大,硫氧镁胶凝材料在各个龄期的抗折强度呈现逐步增大的趋势,在MgO/MgSO₄摩尔比为14:1时,抗折强度达到最大值.由图1(b)可看出,随着MgO/MgSO₄摩尔比的增大,硫氧镁胶凝材料在各个龄期的抗压强度呈现逐步增大的趋势,在MgO/MgSO₄摩尔比为14:1时,试件的抗压强度达到最大值.这是因为硫氧镁胶凝材料的强度主要由碱式硫酸镁晶体提供,而当MgO/MgSO₄摩尔比较低时,

体系中碱式硫酸镁强度相生成量不足。

综上可看出, MgO/MgSO_4 摩尔比在 12:1~14:1 之间时, 硫氧镁胶凝材料的力学性能较好。

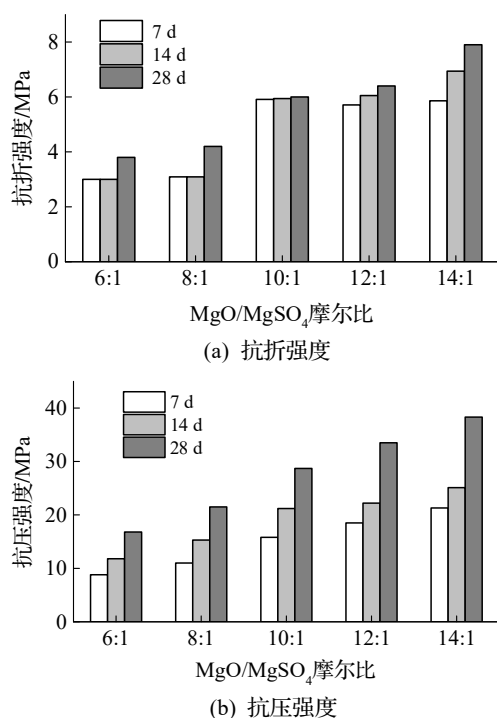


图1 MgO/MgSO_4 摩尔比对硫氧镁砂浆力学性能的影响

2.1.2 对硫氧镁胶凝材料砂浆孔隙率的影响

图2为 MgO/MgSO_4 摩尔比变化对硫氧镁胶凝材料各龄期孔隙率影响。由图2可知, 随着 MgO/MgSO_4 摩尔比的增大, 硫氧镁胶凝材料孔隙率呈先急剧降低后缓慢增长的趋势, 其中 MgO/MgSO_4 摩尔比在 10:1~14:1 之间时, 硫氧镁胶凝材料的总孔隙率较低, 且趋稳定。其原因是 MgO/MgSO_4 摩尔比较低时, MgO 含量少, 生成的碱式硫酸盐强度相少, 硫氧镁胶凝材料孔隙率较大; 随着 MgO/MgSO_4 摩尔比增大, MgO 增多, 可生成更多的碱式硫酸镁强度相, 从而使浆体更密实, 孔隙率降低。

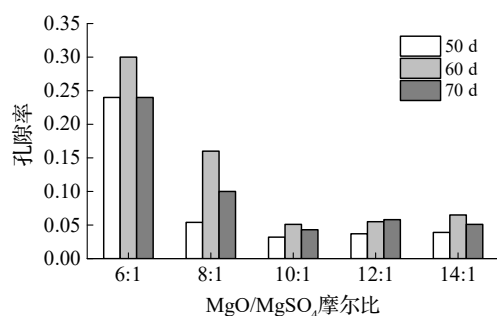


图2 MgO/MgSO_4 摩尔比对硫氧镁水泥砂浆孔隙率的影响

综上可推断, MgO/MgSO_4 摩尔比在 10:1~14:1 之间时, 硫氧镁胶凝材料体系的内部孔隙结构最稳定。

2.1.3 对硫氧镁胶凝材料耐水性能的影响

图3为 MgO/MgSO_4 摩尔比对硫氧镁水泥胶凝材料软化系数的影响。由图3可看出, 随着 MgO/MgSO_4 摩尔比的增加, 硫氧镁胶凝材料的软化系数呈现先增大后减小, 随后再回升的趋势, MgO/MgSO_4 摩尔比在 8:1~10:1 和 12:1~14:1 之间时, 软化系数较高, 但 MgO/MgSO_4 摩尔比在 12:1~14:1 之间时抗压强度有保证。由此可推断 MgO/MgSO_4 摩尔比在 12:1~14:1 之间时, 硫氧镁胶凝材料软化系数较高, 耐水性能更好。

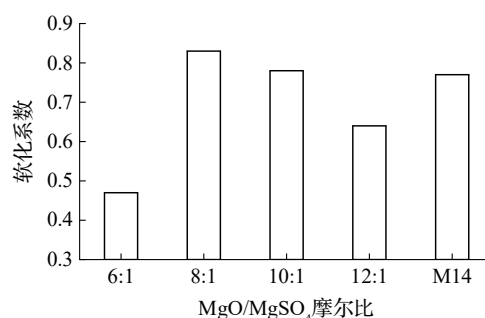


图3 MgO/MgSO_4 摩尔比对硫氧镁水泥砂浆耐水性的影响

2.1.4 对硫氧镁胶凝材料导热系数的影响

图4为摩尔比对硫氧镁胶凝材料导热系数的影响。由图4可看出, 不同 MgO/MgSO_4 摩尔比硫氧镁胶凝材料的导热系数均明显低于普通硅酸盐水泥砂浆, 说明相比普通硅酸盐胶凝材料(PL)硫氧镁胶凝材料具有更好的保温性能。同时, 由图4可以看出, MgO/MgSO_4 摩尔比在 6:1~8:1 和 12:1~14:1 之间时, 硫氧镁胶凝材料导热系数相对较低, 因此可以推断 MgO/MgSO_4 摩尔比在 6:1~8:1 和 12:1~14:1 之间, 硫氧镁胶凝材料的保温性能较好。

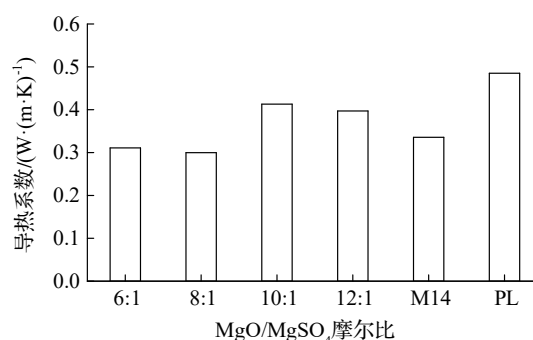


图4 MgO/MgSO_4 摩尔比对硫氧镁水泥砂浆导热系数的影响

综上,根据摩尔比参数对硫氧镁胶凝材料的力学性能、孔隙率以及保温隔热性的影响结果可以确定, MgO/MgSO_4 摩尔比在 12:1~14:1 之间时,硫氧镁胶凝材料各项性能最优.因此,后续矿物掺合料掺量对硫氧镁胶凝材料性能的影响研究均以 MgO/MgSO_4 摩尔比为 12:1 展开.

2.2 不同矿物掺合料对硫氧镁胶凝材料性能的影响

2.2.1 矿粉对硫氧镁胶凝材料性能的影响

(1)对硫氧镁胶凝材料力学性能的影响

图 5 为矿粉掺量对各个龄期硫氧镁水泥砂浆抗折强度和抗压强度的影响.由图 5(a)可以看出,矿粉的掺入可以提高硫氧镁胶凝材料的抗折强度.矿粉掺量为 10% 质量分数时,试件 7、14 d 抗折强度达到最大值,此矿粉掺量下试件 14、28 d 抗折强度基本保持不变,说明矿粉掺量为 10% 质量分数时,硫氧镁胶凝材料能更早达到抗折强度的要求.试验表明,矿粉掺量在 10%~15% 质量分数时,对硫氧镁胶凝材料的抗折强度改性效果明显.

由图 5(b)可看出,矿粉的掺入可提高硫氧镁胶凝材料的抗压强度.随着矿粉掺量的增加,试件 7 d 的抗压先升高后降低,28 d 的抗压强度则相对维持不变.随试件龄期的延长,矿粉掺量不同,试件的抗压强度变化情况相差较大.分析认为,矿粉掺

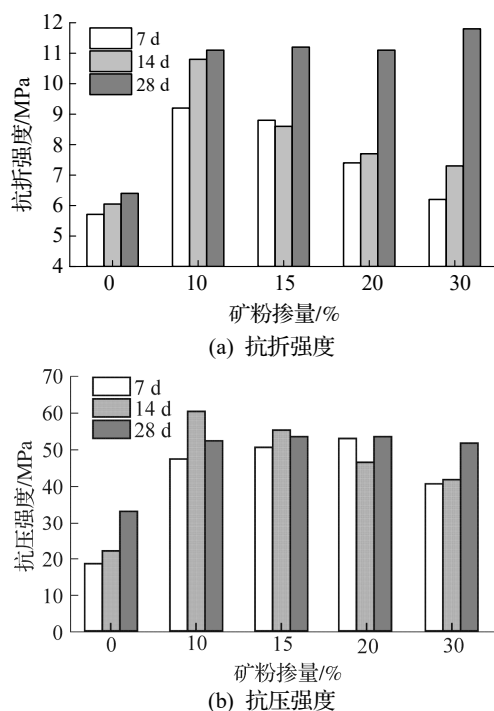


图 5 矿粉掺量对硫氧镁水泥砂浆折压比的影响

加后分散在水化产物微小空隙处,提高了浆体的密实度,从而提高了强度.矿粉掺量逐渐增加,前期硫氧镁水泥抗压强度下降,可能是因为矿粉取代部分氧化镁粉后,矿粉并没有提供有效的强度,导致抗压强度下降^[19-22].同时,矿粉掺量在 15% 质量分数时,试件各龄期的抗压强度相对稳定,说明矿粉掺量为 15% 质量分数时,硫氧镁胶凝材料能更早达到抗压强度的要求.

(2)对硫氧镁胶凝材料软化系数的影响

图 6 为矿粉掺量对硫氧镁水泥砂浆耐水性的影响.由图 6 可以看出,随着矿粉掺量的增加,硫氧镁胶凝材料的软化系数逐步降低,且均低于未掺加矿粉试件的软化系数,说明矿粉的掺入减小了硫氧镁胶凝材料的软化系数.试验表明,矿粉掺量在 10%~15% 质量分数时硫氧镁胶凝材料软化系数较高.

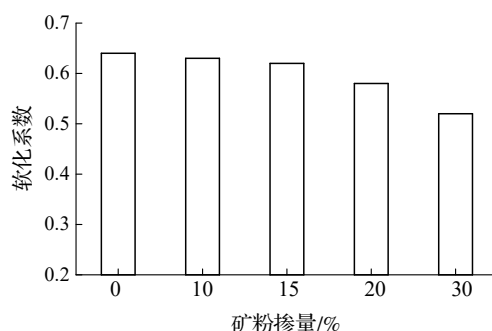


图 6 矿粉掺量对硫氧镁水泥砂浆软化系数的影响

(3)对硫氧镁胶凝材料导热系数的影响

图 7 为矿粉掺量对硫氧镁胶凝材料导热系数的影响.从图 7 可以看出,当矿粉掺量为 15% 和 30% 质量分数时,硫氧镁砂浆的导热系数明显高于未掺加矿粉砂浆试件的导热系数.由此得出矿粉掺量在 15% 和 30% 质量分数时,硫氧镁胶凝材料

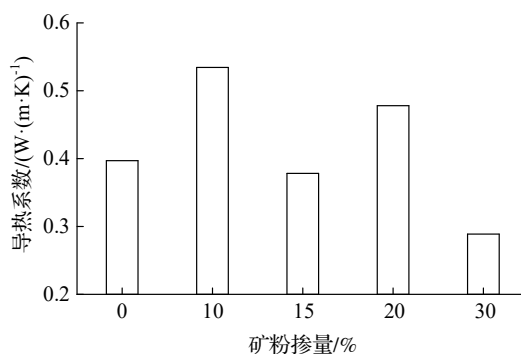


图 7 矿粉掺量对硫氧镁水泥砂浆导热系数的影响

的保温性能好.同时可发现,矿粉掺量对不同龄期硫氧镁胶凝材料导热系数的影响呈现波浪式变化.

(4)对硫氧镁胶凝材料孔隙率的影响

图8为矿粉掺量对硫氧镁胶凝材料孔隙率的影响.从图8可以看出,随试件龄期的延长,矿粉掺量不同,试件的孔隙率变化相差较大.矿粉掺量为15%质量分数时,试件14d之前的孔隙率要低于同龄期其他试件的孔隙率,矿粉掺量在20%质量分数时,试件28d的总孔隙率最低.由此得出矿粉掺量为15%~20%时,对硫氧镁胶凝材料的孔隙率改性明显.

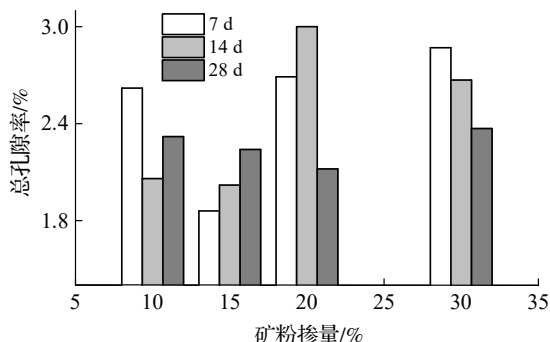


图8 矿粉掺量对硫氧镁水泥砂浆孔隙率的影响

2.2.2 粉煤灰对硫氧镁胶凝材料性能的影响

(1)对硫氧镁胶凝材料力学性能的影响

图9为粉煤灰掺量对各龄期硫氧镁水泥砂浆抗折强度和抗压强度的影响.由图9(a)可见,随着粉煤灰掺量的增加,硫氧镁基胶凝材料的抗折强度呈现下降趋势(粉煤灰掺量在15%~20%区间有一小段上升趋势).粉煤灰掺量在10%质量分数时,试件28d最高抗折强度为12.9MPa.掺入10%~15%质量分数范围内的粉煤灰,对硫氧镁胶凝材料抗折强度的改性较为有效.

由图9(b)可以看出,随粉煤灰掺量的增加,试件7d抗压强度呈现逐步下降趋势,掺量达到20%后下降速率增加.在粉煤灰掺量为15%质量分数时,试件28d的抗压强度为61.6MPa.同时,随龄期的增长,试件的抗压强度均逐步增大.结合图9(a)发现,硫氧镁基胶凝材料的抗压强度变化规律与其早期抗折强度的变化规律相同.究其原因,主要是粉煤灰的微骨料填充效应,当粉煤灰掺量在10%~15%质量分数时,其分散在水泥颗粒之间,填充了浆体及水化产物间微小空隙,提高了水泥

石的密实度,因此其强度得到提升.随着粉煤灰掺量的增加,单位体积内活性氧化镁粉含量减少,降低了 Mg^{2+} 和 SO_4^{2-} 与MgO水化层接触概率,因此不利于强度相的生成,强度降低^[19-23].

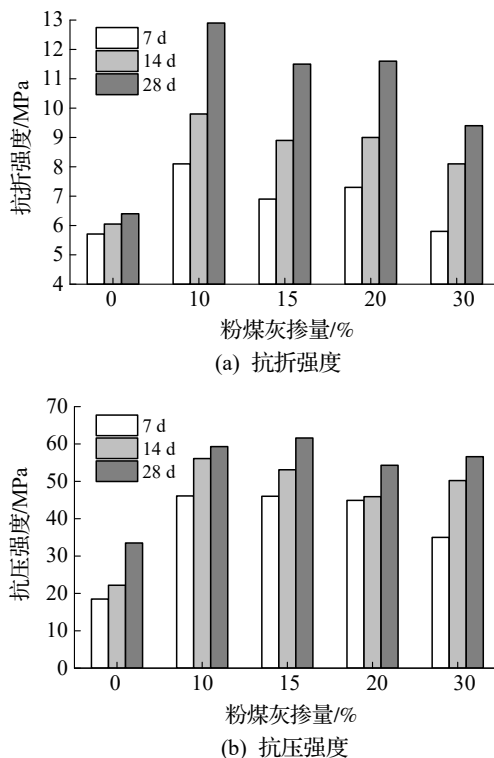


图9 粉煤灰掺量对硫氧镁水泥砂浆折压比的影响

(2)对硫氧镁胶凝材料软化系数的影响

图10为粉煤灰掺量对硫氧镁胶凝材料耐水性的影响.由图10可看出,粉煤灰掺量在10%~20%质量分数之间,试件的软化系数同未掺加粉煤灰试件的软化系数差异不大,均在0.6附近.可见,粉煤灰掺量在10%~20%质量分数之间对硫氧镁胶凝材料的耐水性改性效果不明显.粉煤灰掺量在30%质量分数时,试件软化系数最高,达0.75.其

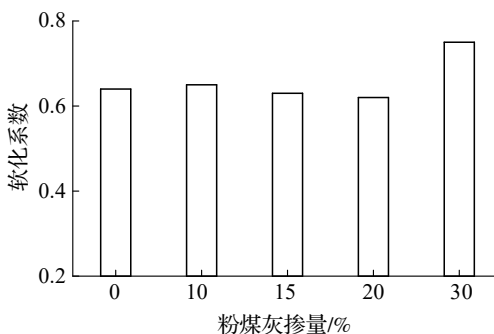


图10 粉煤灰掺量对硫氧镁水泥砂浆软化系数的影响

原因主要是粉煤灰的微骨料填充作用,使水泥石内部结构密实,改善了水泥耐水性能.由此推断30%质量分数的粉煤灰掺量对硫氧镁胶凝材料的耐水性改性较好.

(3)对硫氧镁胶凝材料导热系数的影响

图 11 为粉煤灰掺量对硫氧镁胶凝材料导热系数的影响.由图 11 可以看出,随着粉煤灰掺量的增加,试件的导热系数呈现先增后减的趋势,粉煤灰掺量在 10%和 30%质量分数时,试件的导热系数分别为 $0.3606 \text{ W} \cdot (\text{m} \cdot \text{K})^{-1}$ 和 $0.3428 \text{ W} \cdot (\text{m} \cdot \text{K})^{-1}$,且两者导热系数均低于未掺加粉煤灰试件的导热系数.由此推断,粉煤灰掺量为 10%~15%和 30%质量分数时,硫氧镁胶凝材料的保温性能较好.

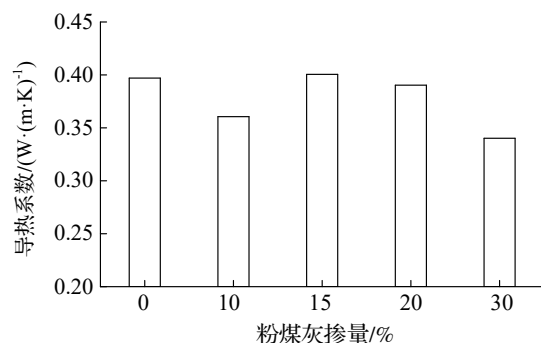


图 11 矿粉掺量对硫氧镁水泥砂浆导热系数的影响

(4)对硫氧镁胶凝材料孔隙率的影响

图 12 为粉煤灰掺量对硫氧镁胶凝材料孔隙率的影响.由图 12 可看出,随着粉煤灰掺量的增加,试件 7 d 的孔隙率逐步增加,14 d 的孔隙率呈现先增后减的趋势,28 d 的孔隙率呈现先减后增再减的波浪式变化.同时可以看出,粉煤灰掺量在 10%质量分数时,试件 14 d 之前的孔隙率要低于同龄期其他试件的孔隙率,粉煤灰掺量在 15%质量分数时,其后期的孔隙率要低于同龄期其他试件的孔

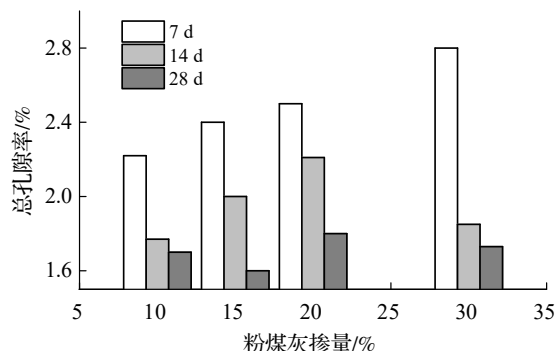


图 12 粉煤灰掺量对硫氧镁水泥砂浆孔隙率的影响

隙率.由此得出粉煤灰掺量 10%~15%质量分数时对硫氧镁胶凝材料的孔隙率改性明显.

综上分析,可以确定矿粉和粉煤灰等量取代轻烧氧化镁质量的 10%~15%时对硫氧镁胶凝材料的力学性能和耐水性能改性最佳,对其保温隔热性能的影响最优.

3 结论

(1)随着 MgO/MgSO_4 摩尔比增大,硫氧镁水泥砂浆折压比呈现先减后增的趋势;孔隙率呈现先急剧降低后缓慢增长的趋势;软化系数呈现先增后减,随后回升的趋势. MgO/MgSO_4 摩尔比在 12:1~14:1 时试件的力学性能、耐水性能和孔隙结构较稳定,其导热系数为 $0.3970 \text{ W} \cdot (\text{m} \cdot \text{K})^{-1}$.

(2)矿粉和粉煤灰等量取代轻烧氧化镁质量的 10%~15%质量分数时,对硫氧镁胶凝材料的力学性能和耐水性能改性最佳,此时保温隔热性能最优.矿粉和粉煤灰分别在此掺量范围时,所配制的硫氧镁胶凝材料 28 d 抗折强度达到 11 MPa,抗压强度达到 50 MPa,导热系数为 $0.3606 \text{ W} \cdot (\text{m} \cdot \text{K})^{-1}$.而相同水胶比的普通硅酸盐胶凝材料 28 d 的抗折强度为 9.3 MPa,抗压强度为 42 MPa,导热系数为 $0.4851 \text{ W} \cdot (\text{m} \cdot \text{K})^{-1}$.改性后的硫氧镁胶凝材料满足结构材料的强度要求,且其保温性能优于同水灰比的普通硅酸盐水泥.

参考文献:

- [1] 张泽平,李珠,董彦莉.建筑保温节能墙体的发展现状与展望[J].工程力学,2007(S2):121-128.
- [2] 张巨松,金亮,朱林,等.无机保温材料在建材节能中的应用[J].辽宁建材,2011(2):17-22.
- [3] Wu C Y, Yu H F, Zhang H F, et al. Effects of phosphoric acid and phosphates on magnesium oxysulfate cement[J]. Material and Structure, 2015, 48(4):907-917.
- [4] 孙凯强.玻化微珠保温砂浆干燥收缩的研究[D].长沙:湖南大学,2016.
- [5] 曾兴华,吴炎平,朱群敏,等.陶瓷微珠在轻质高强保温砂浆中的应用研究[J].混凝土与水泥制品,2017(4):72-75.
- [6] 李明跃.膨胀珍珠岩氯氧镁胶凝材料及其应用的研究[D].合肥:合肥工业大学,2014.
- [7] 张鹤译.镁水泥超轻泡沫混凝土制备与性能研究[D].沈阳:沈阳建筑大学,2013.

- [8] Rose A D L, Recca A, Gagliano A, et al. Environmental impacts and thermal insulation performance of innovative composite solutions for building applications[J]. Construction & Building Material, 2014, 55(3):406-414.
- [9] Binici H, Aksogan O. Engineering properties of insulation material made with cotton waste and fly[J]. Journal of Material Cycles and Waste Management, 2015, 17(1):157-162.
- [10] 王磊. 硫氧镁水泥改性技术研究[D]. 重庆: 重庆大学, 2016.
- [11] 姜黎黎, 陈逸敏, 许可, 等. 粉煤灰对硫氧镁水泥抗压强度的影响[J]. 硅酸盐通报, 2015, 34(5):1427-1430.
- [12] 朱会荣. 硫氧镁胶凝材料性能的研究[D]. 长春: 吉林建筑大学, 2010.
- [13] 巴明芳, 王婕斐, 杨莹莹, 等. 改性硫氧镁胶凝材料的配制及性能研究[J]. 宁波大学学报(理工版), 2014, 27(2):82-87.
- [14] 刘欢颜, 张萌, 刘冰冰, 等. 外加剂柠檬酸对硫氧镁水泥性能影响的研究[J]. 齐齐哈尔大学学报(自然科学版), 2016, 32(4):38-40.
- [15] Mathur R, Sharma S K, Chandrawat M P S. Effect of formaldehyde as an additive on some properties of magnesium oxysulphate cement[J]. Material Science Research India, 2008, 5(2):313-320.
- [16] Mathur R, Sanjay K S. Magnesium oxysulphate cement: Change in properties on admixing sodium bicarbonate as an additive[J]. Rasayan Journal of Chemistry, 2008, 1(3): 620-630.
- [17] Wu C Y, Yu H F, Zhang H F, et al. Effects of phosphoric acid and phosphates on magnesium oxysulfate cement[J]. Materials & Structures, 2013, 48(4):907-917.
- [18] Wu C Y, Zhang H F, Yu H F. Preparation and properties of modified magnesium oxysulfate cement derived from waste sulfuric acid[J]. Advances in Cement Research, 2015, 28(3):1-11.
- [19] Wu C Y, Yu H F, Dong J M, et al. Effects of material ratio, fly ash, and citric acid on magnesium oxysulfate cement [J]. ACI Materials Journal, 2014, 111(3):291-297.
- [20] 郑直, 詹炳根. 柠檬酸对硫氧镁水泥改性作用[J]. 合肥工业大学学报(自然科学版), 2013, 36(4):461-464.
- [21] 陈文海, 吴成友, 蒋宁山, 等. 外加剂和粉煤灰对碱式硫酸镁水泥混凝土性能影响研究[J]. 硅酸盐通报, 2017, 36(6):1847-1851.
- [22] 王南. 硫氧镁水泥材料的改性研究[D]. 鞍山: 辽宁科技大学, 2016.
- [23] 刘江武. 碱式硫酸镁水泥耐水性研究[D]. 哈尔滨: 哈尔滨理工大学, 2017.

Effects of molar parameter and mineral admixtures on properties of citrate modified magnesium oxysulfate mortar

XUE Tao, FAN Yi-tao, LIU Jing-han, BA Ming-fang*

(Faculty of Architectural, Civil Engineering and Environment, Ningbo University, Ningbo 315211, China)

Abstract: In order to improve the properties of magnesium oxysulfate cemented materials, the effects of molar ratio and mineral admixtures on mechanical, water-resistance properties and thermal insulating properties of citrate modified magnesium oxysulfate cemented materials were investigated. Results showed that the optimum molar ratio of MgO/MgSO_4 of citrate modified magnesium citrate cemented material is 12:1–14:1. Comparing to P·O42.5 with the same water cement ratio, the corresponding flexible strength at early age increases by 69%–75%, the compressive strength at early age increases by 55%–78%, and the thermal conductivity decreases by 18%–30%. When the content of slag and fly ash powder is 10%–15% under the 12:1 molar ratio of MgO/MgSO_4 , the mechanical properties, water resistance and the thermal insulation properties of magnesium oxysulfate materials are best, the flexible strength is 11 MPa, the compressive strength is 50 MPa and the thermal conductivity is $0.360\ 6\ \text{W}\cdot(\text{m}\cdot\text{K})^{-1}$.

Key words: magnesium oxysulfate mortar; citrate modified; thermal insulating properties; water-resistance properties; thermal conductivity

(责任编辑 史小丽)