

文章编号: 1000- 6524 (2001) 04- 0525- 03

石膏尾矿墙体材料的研究

牟善彬¹, 孙振亚¹, 彭长琪², 殷杰²

(1. 武汉理工大学材料研究与测试中心, 湖北武汉 430070; 2. 武汉理工大学资源环境学院, 湖北武汉 430070)

摘要: 通过实验确定了生产石膏尾矿墙体材料的配合比及CaO、复合外加剂的最佳掺量。利用X射线衍射仪和扫描电子显微镜对水化产物的种类及结构形态进行了分析研究, 并对其物理力学性能做了测试与分析。

关键词: 石膏尾矿; 墙体材料; 复合外加剂。

中图分类号: X754 **文献标识码:** A

随着石膏的开采和利用, 大量石膏尾矿被排放, 不仅占用土地, 而且污染土壤、空气和水体^[1]。在石膏尾矿中掺入适量的矿渣、粉煤灰、石灰和外加剂制备新型墙体材料, 工艺简单, 价格低廉, 并能大量利用石膏尾矿, 其研制开发会给企业和社会带来巨大的经济效益和社会效益^[2,3]。

1 原材料的化学成分及矿物组成

原材料主要为石膏尾矿、高炉矿渣及粉煤灰, 化学成分见表1。石膏尾矿取自应城石膏矿。由X射线衍射分析可知, 其矿物组成为石膏、硬石膏、少量石英、长石、白云石、微量蒙脱石、伊利石、黄铁矿和有机质等。矿渣采用武钢水淬粒化高炉矿渣, 经烘干、磨细(控制0.08 mm方孔筛筛余8%左右), X射线衍射分析表明矿渣中含有硅酸钙、铝酸钙、钙铝黄长石、镁黄长石、钙长石、尖晶石、环硅灰石、镁橄榄石和大量玻璃态成分。粉煤灰选用武汉阳逻电厂干排灰, 烧失量4.88%, 45 μm筛筛余30.1%, 其中除含有大量玻璃体外, 还有石英、莫来石、赤铁矿等结晶相。

表1 原材料化学分析结果

$w_B/\%$

Table 1 Chemical analyses of raw materials

化学成分	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	R ₂ O	LOSS
石膏尾矿	23.42	2.39	6.08	20.48	3.62	23.60	2.61	17.20
矿渣	34.52	1.38	16.15	36.70	9.55	0.12	1.47	0
粉煤灰	50.34	4.04	31.67	5.87	1.07	0.35	1.25	4.88

注: 由武汉理工大学测试中心秦克刚分析。

2 石膏尾矿墙体材料的制备及物理力学性能

2.1 制备工艺

石膏尾矿经破碎、烘干后, 掺入适量的矿渣、粉煤灰和石灰共同粉磨, 然后加入水和外加剂, 搅拌, 压制

收稿日期: 2001- 05- 07; 修订日期: 2001- 09- 20

作者简介: 牟善彬(1964-), 男, 工程师, 汉族, 主要从事材料分析测试及环境矿物学研究工作。

成型,即成试块,经保湿养护后,按 GB2542-81《砌墙砖检验方法》的要求测定其物理力学性能。

2.2 试验方法及结果

通过正交试验确定原材料的最佳配合比石膏尾矿:矿渣:粉煤 = 50:30:20, CaO 1.5%, 复合外加剂 1.5%, 水灰比 W/C= 0.3。配合后的墙体材料初凝时间为 190 min, 终凝时间为 208 min, 表观密度 1785 kg/m³, 软化系数 0.85, 吸水率 1.09, 干缩率 1.20。经 28 天保湿养护后, 石膏尾矿墙体材料的抗折强度达到 4.4 MPa, 抗压强度达 42.5 MPa。

3 影响石膏尾矿墙体材料强度的主要因素

3.1 碱(CaO)含量的影响

选用 CaO 作为碱激发剂, 并参与反应。CaO 含量对石膏尾矿墙体材料的强度有较大影响, 实验中发现 CaO 含量为 0.5% 时, 石膏尾矿墙体材料 7 天不凝结, 表明低碱度条件下, 矿渣和粉煤灰中的活性 SiO₂ 和 Al₂O₃ 反应非常缓慢。随着 CaO 含量的增加, 石膏尾矿墙体材料的强度不断增加, 当 CaO 含量达到 1.5% 时强度达到最大值 29.7 MPa(7 天抗压强度), 然后随着 CaO 含量的增加, 强度有所下降。

3.2 复合外加剂的影响

复合外加剂能大幅度提高石膏尾矿墙体材料的早期强度, 增加物料的和易性, 减少收缩, 激发矿渣和粉煤灰的潜在活性, 并改善其他物理力学性能。实验表明, 复合外加剂的掺入使凝结时间明显缩短, 早期强度明显提高。复合外加剂的最佳掺量为 1.5%。复合外加剂掺量少作用不明显; 掺量过多, 成本高, 且强度出现倒缩现象, 这主要是由于复合外加剂中的成分与 CaO 及可溶性硫酸钙反应生成过多的钙矾石产生膨胀所致。

4 石膏尾矿墙体材料的强度形成机理

4.1 水化产物种类及形态

对保温养护 28 天的试样进行了 XRD 和 SEM 分析。XRD 分析表明, 石膏尾矿墙体材料的水化产物主要是钙矾石和水化硅酸钙凝胶。SEM 微观分析也显示出矿渣和粉煤灰表面生成了针棒状钙矾石晶体和纤维状、网状水化硅酸钙凝胶(图 1)。

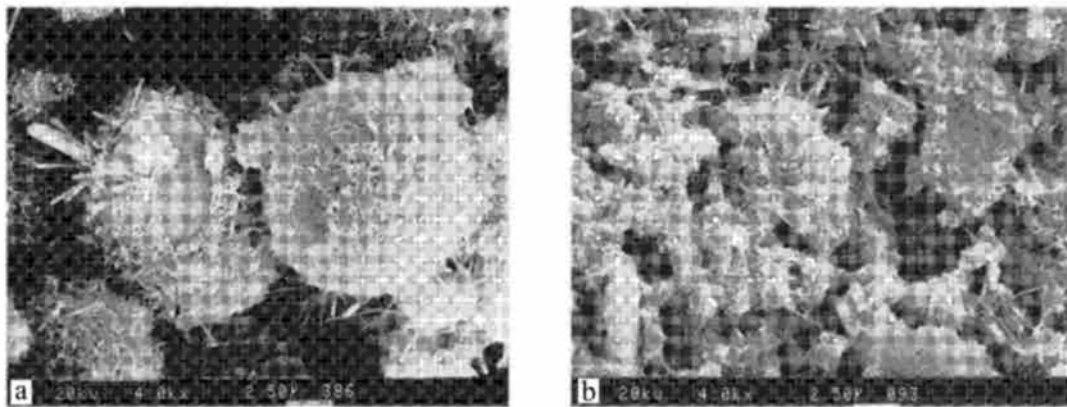


图 1 石膏尾矿墙体材料的水化产物 SEM 图像

Fig. 1 SEM image of hydration products of gypsum tailings wall materials

a—粉煤灰空心微珠表面的针棒状钙矾石晶体及纤维状、网状水化硅酸钙凝胶; b—矿渣表面的针棒状钙矾石晶体及纤维状、网状水化硅酸钙凝胶

4.2 强度形成机理

矿渣和粉煤灰中含有大量玻璃体,其主要成分是 SiO_2 、 Al_2O_3 ,具有潜在的水化活性,加入石膏尾矿和石灰可以生成钙矾石和水化硅酸钙。早期,复合外加剂与 CaO 及可溶性硫酸钙反应生成针棒状钙矾石晶体,后期矿渣和粉煤灰中的活性 SiO_2 、 Al_2O_3 与石膏尾矿中的可溶性硫酸钙、 CaO 水化生成钙矾石晶体和水化硅酸钙凝胶。针棒状钙矾石晶体在颗粒表面放射生长,形成网状结构,水化硅酸钙的形成将颗粒牢固地搭接起来,并填充大量微孔,将硬化体各相粘结成整体。石膏尾矿墙体材料的早期强度主要取决于钙矾石晶体的生长与发展,后期强度则主要取决于水化硅酸钙凝胶的继续形成。结合XRD和SEM分析,石膏尾矿墙体材料的最终水化产物是钙矾石晶体和水化硅酸钙凝胶,另外还有未水化的玻璃体和石膏,残留的大量石膏尾矿颗粒、矿渣颗粒和粉煤灰颗粒均作为硬化体的骨料形式存在。石膏尾矿、矿渣和粉煤灰三者的合适比例是控制该墙体材料早期和后期强度的重要因素。

5 结论

(1) 利用石膏尾矿掺入适量的矿渣、粉煤灰、少量的 CaO 及复合外加剂生产石膏尾矿墙体材料是可行的,且各项指标完全符合国家标准。

(2) 石膏尾矿墙体材料的主要水化产物是钙矾石晶体和水化硅酸钙,针棒状钙矾石与纤维状水化硅酸钙相互延伸搭接并将颗粒粘结成整体。

(3) 石膏尾矿墙体材料的研制,不仅工艺简单,成本低廉,有广阔的市场前景,而且充分利用了3种工业废渣,对于治理环境污染、保护环境具有十分重要的意义。

参考文献:

- [1] 华振明. 固体废物的处理与处置[M]. 北京: 高等教育出版社, 1998.
- [2] 戴丽莱, 陈建南, 芮君涓. 碱-矿渣-粉煤灰水泥[J]. 硅酸盐通报, 1988, (1): 25~32.
- [3] 林方辉, 彭家惠, 雷伟. 脱硫石膏粉煤灰胶结材料研究[J]. 新型建筑材料, 1994, (6): 18~21.

A Study of Gypsum Tailings Wall Materials

MOU Shan_bin¹, SUN Zhen_ya¹, PENG Chang_qi² and YIN Jie²

(1. Center for Materials Research and Analysis, Wuhan University of Technology, Wuhan 430070, China; 2. Institute of Resources and Environment, Wuhan University of Technology, Wuhan 430070, China)

Abstract: Through experiments, the content proportion for producing gypsum tailings wall materials and the optimum amount of CaO composite additives were determined in this paper. Using X-Ray Diffractometer (XRD) and Scanning Electron Microscope (SEM), the authors studied the sorts and structures of hydration products and tested their mechanical performance.

Key words: gypsum tailings; wall materials; composite additive