

脱硫石膏粉煤灰砌块研制

42-45

彭志辉 林芳辉 彭家惠 丛 钢

T66522.39

(重庆建筑大学材料科学与工程系 400045)

摘 要 脱硫石膏粉煤灰砌块是以火电厂的两种固体废弃物脱硫石膏和粉煤灰为主要原料的新型墙体材料,具有适合建筑物大开间、非承重灵活隔断的诸多优点。文中对这种砌块的原料配比、生产工艺、性能及经济效益等进行了研究与分析。

关键词 脱硫石膏;粉煤灰;砌块

中图分类号 TQ177.36

脱硫石膏是以石灰石粉处理火电厂烟气中SO₂后得到的工业副产物。我国年排放SO₂(含硫化氢)近2000万吨,其中45万KW以上大型燃煤电厂排出的SO₂约600万吨,SO₂排入大气严重污染环境、破坏生态平衡、损害人体健康。从70年代开始工业发达国家如日本、德国、美国、荷兰等相断推广和普及烟气脱硫技术。我国也在80年代末引进了第一套脱硫装置,92年开始产出脱硫石膏,年产约30万吨。脱硫石膏经脱水处理可生产脱硫建筑石膏,脱硫建筑石膏的强度可高于建筑石膏国家标准优等品值70%以上,但以脱硫建筑石膏为主要原料的制品的而水性仍然很差。

将脱硫建筑石膏与火山灰质材料复合,采用适当的激发剂,使这种复合胶结材水化后既生成气硬性水化产物又可生成水硬性水化产物,这无疑是一条行之有效途径,脱硫石膏粉煤灰砌块正是以此为技术路线研究开发成功并已小规模生产和应用的一种新型墙体材料。它既保持了石膏材料质轻、防火、隔热,并具有调节室内空气湿度的呼吸作用待特性,并且其耐水性明显改善,后期强度有所增加。

1 原材料

本研究所用原材料主要是脱硫石膏和粉煤灰。脱硫石膏色灰白,含水率10%左右,细度为0.08mm筛余0.5%。粉煤灰为原状干排灰,II级。脱硫石膏和粉煤灰的化学成分如表1。

脱硫石膏在适宜的脱水制度下制得脱硫建筑石膏,因为脱硫石膏的含水率、细度及颗粒分布与天然石膏不同,所以其脱水过程与天然石膏也有差异。通过

表1 脱硫石膏、粉煤灰化学成分

	CaO	SO ₃	SiO ₂	Al ₂ O ₃	MgO	Fe ₂ O ₃	烧失量
脱硫石膏	31.58	42.41	2.67	0.64	1.00	0.45	19.22
粉煤灰	3.30	1.03	42.80	24.80	1.10	21.10	2.65

不同温度、不同恒温时间下脱硫建筑石膏性能的比较,确定脱硫石膏的适宜脱水制度为150~190℃,恒温20~40min。脱硫建筑石膏脱水后须自然陈化7d左右方可使用,其性能见表2,脱硫建筑石膏的强度比建筑石膏国家标准等品值高

70%以上,而天然建筑石膏一般只能达国家标准一等品要求。

表2 脱硫建筑石膏性能

标准稠度用水量	初凝时间	终凝时间	抗压强度	抗折强度
(%)	(min)	(min)	(MPa)	(MPa)
62	6	10	8.2	4.2

收稿日期:1999-01-04

彭志辉,男,1970年生,讲师

2 砌块胶结材

2.1 胶结材配比确定

2.1.1 粉煤灰掺量确定

脱硫建筑石膏中掺入粉煤灰应基本保持脱硫石膏快硬早强的特性,所以在选择粉煤灰掺量时应注意不使胶结材的早期强度下降得太多。通过对不同粉煤灰掺量对胶结材主要性能影响的试验结果分析可知,随着粉煤灰掺量的增加,胶结材的标准稠度用水量减小,凝结时间延长,2h 强度降低,但变化幅度不大。表明胶结材性能在水化初期受石膏控制,石膏与水接触后在短时间内形成结晶结构网,胶结材迅速硬化并具有强度,粉煤灰活性发挥在石膏结晶结构形成以后,考虑胶结材的凝结时间及早期强度,确定粉煤灰掺量为 30%。

2.1.2 激发剂的选用及掺量确定

激发剂的作用是促使胶结材中粉煤灰潜在活性的充分发挥,从而改善胶结材的耐水性和其它性能。选用了 A、B、C 三种激发剂,通过三种激发剂的不同掺量对胶结材性能影响的试验结果,确定采用激发剂 A,掺量为 8~12%。激发剂的掺入使胶结材的后期强度及软化系数均有明显提高。

2.2 养护

胶结材中既有气硬性组份又有水硬性组分,脱硫建筑石膏遇水后迅速水化形成硬化体并具有强度,而粉煤灰和激发剂水化缓慢,其水化产物填充于石膏结晶结构中。对胶结材进行养护,实际上是要找出适宜的养护方式和制度,造成有利于粉煤灰水化生成适宜的水化产物的环境,同时这种环境及粉煤灰的水化产物又不得对石膏结晶结构造成损伤,或损伤程度比较小。通过比较了自然养护、标准养护、水中养护、干热养护、湿热养护、先湿热后干热养护及先干热后湿热养护对胶结材强度和软化系数的影响后得出:

采取自然养护对胶结材是适合的,但强度发展较慢;而适宜的热养护可大大促进粉煤灰的活性发挥,使胶结材具有较高的养护后强度、后期强度及软化系数。75℃和 95℃温度下干热养护及先湿热后干热养护均比较适合于胶结材,这是因为在养护初期养护环境足够的水份有利于粉煤灰及激发剂水化(干热养护时因胶结材自身含有大量的多余水份);而养护后期的干燥环境则可使胶结材的含水率降低,从而避免脱硫建筑石膏的水化产物二水石膏在潮湿条件下产生结晶接触点的溶解,所以具有较高的后期强度。综合考虑热养护后胶结材性能及热养护能耗,确定胶结材的热养护制度为:75℃8h 干热养护。

2.3 胶结材的主要物理力学性能

胶结材的配比采用脱硫建筑石膏 70%、粉煤灰掺量 30%、激发剂 A 掺量为 8~12%(以石膏粉煤灰总量计),水料比为 60%,养护制度为 75℃8h 干热养护,其主要性能见表 3。

由表 3 可知,因掺入了粉煤灰和激发剂,胶结材既保持了石膏材料的基本特性,又克服了石膏材料耐水性能差等弱点。

2.4 有关胶结材强度和耐水性的讨论

通过 XRD、SEM、孔结构分析结果,从水化物相、硬化体微结构、孔结构等方面对胶结材进行研究。胶结材的水化硬化及强度发展可描述为:在胶结材水化初期,脱硫石膏迅速水化硬化形成二水石膏结晶结构网,二水石膏作为结构骨架,胶结材具有较高的初始强度,粉煤灰和激发剂暂时分布于石膏结晶结构网中起微集料作用;在胶结材的水化后期,粉煤灰和激发剂不断水化,生成以钙矾石晶体和 CSH 凝胶

表 3 胶结材主要性能

项 目	指 标
标准稠度需水量 (%)	60
初凝时间/终凝时间 (min)	9/15
2h 强度 (R_{2h}/R_{28} , MPa)	2.7/6.9
养护后强度 (R_{28}/R_{28} , MPa)	3.4/11.3
28d 强度 (R_{28}/R_{28} , MPa)	4.4/12.5
90d 强度 (R_{90}/R_{28} , MPa)	4.4/12.7
365d 强度 (R_{365}/R_{28} , MPa)	4.5/13.5
28d 软化系数 (R_{28}/R_{28})	0.40/0.54
表观密度 (kg/m^3)	1.240
导热系数 ($\text{W}/\text{m}\cdot\text{K}$)	0.24
干缩率 (%)	0.21
碳化系数	0.95

为主的水硬性水化产物,这些水硬性水化产物覆盖在二水石膏晶体表面,它们相互交叉搭接,胶结材以二水石膏晶体作为主要结构骨架,以钙矾石晶体作为辅助结构骨架,CSH 凝胶起包裹、填充、粘结作用,未水化的粉煤灰颗粒作为微集料填充在硬化体结构中,胶结材强度增长。耐水性明显提高的原因:溶解度低的水硬性钙矾石、CSH 凝胶的形成;合理微结构对二水石膏晶体的保护作用;微集料粉煤灰溶解底低;水对二水石膏的侵蚀作用及对胶结材后续水化作用并存;孔隙率降低及孔结构的改善。

3 脱硫石膏粉煤灰砌块

3.1 砌块的生产

由胶结材性能研究可知,在脱硫建筑石膏中加入粉煤灰及激发剂,既保持了石膏材料质轻,早强快硬、防火隔热性好、收缩小待特性,又克服了其耐水性差等弱点。以此为胶结材生产砌块这种轻质墙材当然是非常合适的,通过实验室研究及工业性生产试验,确定砌块尺寸为 $660 \times 500 \times 80$ mm,四周有企口,空心率 38%,自行设计了石膏脱水设备、砌块成型模具、料浆搅拌机。

砌块成型时水料比控制在 65% 左右,将胶结材的水及粉料分别计量好,先将水加入搅拌机开始高速搅拌,后加入

粉料搅拌 40 s 左右即成均匀料浆,将料浆浇入模具,约 12 min 左右脱模得砌块坯体。成型的砌块坯体含有 40% 左右的水份,其中大部分是多余水份,且坯体中还将形成一定量的水硬性水化产物。根据胶结材养护制度的研究结果,砌块的养护为 75°C 、8h 干热养护,养护后含水率不大于 8% 即可,生产工艺如图 1。

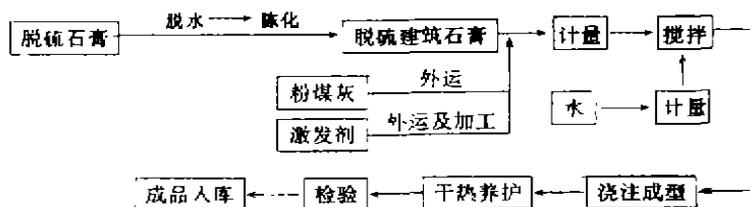


图 1 生产工艺

3.2 砌块的性能

脱硫石膏粉煤灰砌块的主要性能见表 4。

由表 4 可知脱硫石膏粉煤灰砌块既保持了普通石膏制品品质轻、防火、隔热等基本特性。同时其耐水性又有明显改善,强度有所增加,经适当处理后可用于卫生间等潮湿环境,拓宽了石膏制品的应用范围。另外该砌块为钢模浇注成型,产品尺寸准确,安装后墙面平整不需抹灰,材料性质基本呈中性,与绝大多数材料相容性好,便于装饰装修;砌块墙体自重轻(约 $65\text{kg}/\text{m}^2$),减小了梁、柱等承重结构构件的尺寸,降低了建筑物地基处理费用,加上砌块大小适中,砌筑灵活方便,对建筑层高变化的适应性强,这就更广泛意义上满足了现代建筑大开间灵活隔断的要求。砌块可加工性好,可钉、可锯、可刨、安装方便、文明快捷、电气线路、管道敷设方便。

表 4 脱硫石膏粉煤灰砌块的主要性能

项 目	指 标
单位面积质量 (kg/m^2)	60
断裂荷载 (N)	3 500(跨距 560 mm)
导热系数 ($\text{W}/\text{m} \cdot \text{K}$)	0.22
厚度偏差 (mm)	1.0
软化系数	0.5
耐火极限 (h)	2.0
墙体平均隔声量 (dB)	37

3.3 经济分析

以实际年产 5 万 m^3 脱硫石膏粉煤灰砌块厂为例,经济分析如下:

生产线总投资:70 万元;砌块生产成本:68.520 元/ m^2 (13.704 元/ $\text{m}^2 \times 5$ 万 m^2);产品销售收入:165 万元(按 33 元/ m^2 销售);产品销售税金:23.882 万元(增值税+城建税+教育费及附加);产品销售费用:5 万元(按 1 元/ m^2 计算);产品销售成本:97.404 万元(工厂成本+销售费用+销售税金);产品销售利润:65.596 万元(销售收入-销售成本)。

由上述分析可知, 脱硫石膏粉煤灰砌块采用两种工业废弃物为主要原料, 工艺简单、投资少, 有显著的经济效益。

3.4 与其它轻质墙材的技术经济比较

几种常用轻质墙材隔墙的技术经济比较见表5。

由表5可知, 脱硫石膏粉煤灰砌块强度较高, 墙体单位面积质量较小, 有优良的防火性能, 对高

表5 几种轻质隔墙技术经济比较

墙体名称	轻钢龙骨+普通纸面石膏板	脱硫石膏粉煤灰砌块	钢丝网架聚苯乙烯夹心板	加气混凝土	GRC空心条板	矿渣空心条板
规格	板厚12×2填矿棉80	厚80(增抹5厚粉刷石膏)	总厚100(水泥砂浆50)	厚100(增抹50厚水泥砂浆)	厚60(增抹30厚水泥砂浆)	厚90(增抹40厚水泥砂浆)
单位面积墙体质量(kg/m ²)	35	64	104	155	88	112
抗压强度(MPa)或断裂荷载(kN)	横150N, 纵411N, 跨距350	3.500 N 跨距560	7.0 MPa	3.5 MPa	3.000 N 跨距1.200	3.000 N 跨距1.200
防火性	较差	好	一般	较好	较好	较好
绝热性	较好	较好	一般	一般	一般	一般
平均隔音量(dB)	36	37	40	38	37	39
耐水性	差	一般	较好	较好	较好	较好
抗裂性	一般	较好	好	一般	较差	较差
抗冲击性	一般	一般	较好	一般	一般	一般
施工性	一般	较好	较差	较差	较差	较差
单位面积墙体造价(元/m ²)	105	51	87	60	75	80

层建筑防火十分有利, 墙体整体刚度和抗冲击性能好, 隔音性能良好, 能满足分室墙要求, 经处理后, 可作分户墙, 耐水性较普通石膏制品有明显提高, 施工操作方便快捷文明, 造价最低, 具有较强的市场竞争力, 是一种理想的轻质隔墙材料。

4 结 论

1) 脱硫石膏因含水率、细度、颗粒分布与天然石膏不同, 其脱水过程也不一样, 脱硫建筑石膏的强度比建筑石膏国家标准优等品值高70%以上, 脱硫建筑石膏中加入粉煤灰和激发剂可显著改善其耐水性及提高后期强度。

2) 脱硫石膏粉煤灰砌块同时利用两种工业废弃物, 既改善石膏制品性能, 又降低了成本, 生产工艺简单, 投资少, 材料性能好, 施工方便、文明快捷, 墙体综合造价低, 增添了有发展前途的绿色墙体材料, 具有显著的经济、环境和社会效益。

A Study on Desulphogypsum Flyash Blocks

Peng Zhihui Lin Fanghui Peng Jiahui Cong Gang

(Dept. of Materials Science and Engineering, Chongqing Jianshu University, 400045)

Abstract A new type of wall materials, a block from desulphogypsum and flyash is prepared with desulphogypsum and flyash as solid wastes from power stations. This block presents excellent properties which can meet the requirements for non-loadbearing wall. Its binder proportion, production process, properties and economic benefits are studied and analyzed in this paper.

Key Words desulphogypsum; flyash; block