

粉煤灰利用的一种新途径

方荣利, 余 超

(西南科技大学材料学院, 四川 绵阳 621002)

摘要:介绍了以粉煤灰为主要原料生产承重加气砼的研究结果,找出了生产承重加气砼的最佳参数,测试了承重加气砼的有关性能。实验结果表明,以粉煤灰为主要原料和控制适当的工艺参数可生产出性能优良的承重加气砼。这种承重加气砼是一种十分理想的墙体材料,且生产成本低、质轻、隔热保温,具有广阔的市场。

关键词:粉煤灰; 砼; 承重加气砼

中图分类号: TU528.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-6532(2001)05-0028-04

1 前 言

加气砼不用粘土,而用粉煤灰或砂作主要原料有利于环境保护,是一种新型墙体材料。由于加气砼具有一系列优良特性,因此加气砼工业在全国发展迅速,生产能力达 1000 万 m^3/a 。加气砼的主要特点有:

1. 耐久性好。加气砼长期强度稳定,我国第一批加气砼工程已几十年,质量仍完好无损。

2. 耐热和耐火性好。加气砼是不燃材料,当受热至 $80\sim 100\text{ }^\circ\text{C}$ 以上时会出现收缩和裂缝,但在 $700\text{ }^\circ\text{C}$ 以下不会损失强度。

3. 质轻。加气砼体积密度 $400\sim 700\text{kg}/\text{m}^3$,用于建筑可大幅度降低地基费用。

4. 保温隔热性能好。加气砼含有大量均匀密闭小气泡,其导热系数为 $0.12\sim 0.22\text{ W}/\text{m}\cdot\text{K}$,保温隔热性能优良。

但加气砼有一致命弱点,即抗压强度远不如实心粘土砖,如体积密度 $500\text{kg}/\text{m}^3$,抗

压强度仅 3.0MPa ; 体积密度 $700\text{kg}/\text{m}^3$,抗压强度 5.0MPa 。由于加气砼强度低,不能做承重材料,通常只用于城市高层框架结构的建筑物中,严重地制约了它的应用空间和更快速的发展。为提高加气砼强度,我们进行了一系列研究,并取得了较好的结果。按作者研究的新方法,加气砼抗压强度可达到 12MPa 以上,可代替实心粘土砖作承重建筑材料,广泛用于框架结构与非框架结构的各种建筑物上,为加气砼的迅速发展提供了强有力的保障。

2 实 验

2.1 主要原料

1. 粉煤灰:从江油火电厂取回,其化学组成见表 1,其矿物结构见图 1,主要矿物相为莫来石、石英和玻璃体。

2. 生石灰:生石灰窑上购回,其化学组成见表 1。

3. 石膏:从市场购回,其化学组成见表 1。

4. 铝膏:从绵阳新型材料厂购回,含铝量大于 99%。
5. 水泥:425 号水泥,从市场购回。

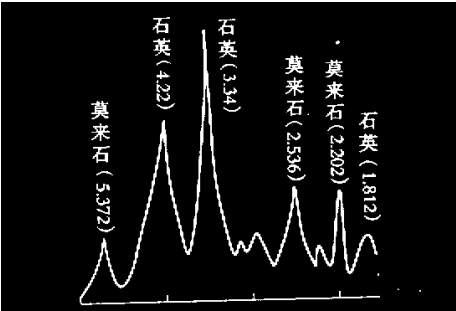


图 1 粉煤灰 X 射线衍射图

表 1 主要原料化学组成/%

原材料	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	Loss
石 膏	2.22	2.30	1.40	32.12	2.08	40.42	19.28
粉煤灰	52.45	8.70	24.1	5.94	1.30	1.50	5.40
生石灰	4.82	0.54	0.74	85.40	1.21		6.40

2.2 实验方法

按拟定的配方方案称取粉煤灰、石膏、生石灰、水泥等组分,将粉煤灰、石膏混合粉磨至要求的细度;将水泥与粉磨至一定细度的粉煤灰混合搅拌,铝膏配制成拟定浓度的铝膏液,并与水泥、粉煤灰混合物搅拌,用水蒸汽调节料浆初始温度,浇注、静停、切割、蒸压养护、冷却,进行相关测试分析,工艺流程见图 2。

3 影响加气砼强度的因素研究

本研究以提高加气砼强度为主线,进行了有关参数的试验。

3.1 生石灰掺量

加入生石灰,可保证铝膏发气所需要的碱性条件,得到充足的发气量;保证在压蒸条件下与粉煤灰中 SiO₂ 进行反应所必需的 CaO 量,以获得足够的具有一定强度的矿物量,提高加气砼的强度。生石灰加入量对加气砼强度的影响见表 2。

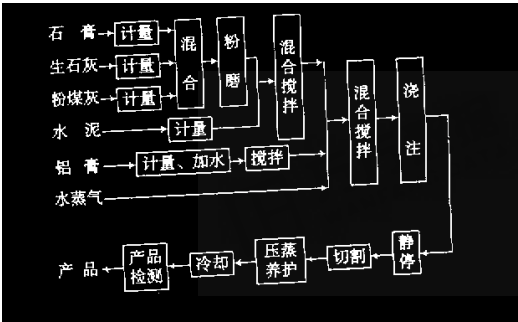


图 2 承重加气砼生产工艺流程

表 2 石灰掺量对加气砼强度的影响

编 号	生石灰掺量 /%	密 度 /kg·m ⁻³	抗压强度 /MPa
1	8	589	10.5
2	12	596	12.4
3	14	603	13.4
4	16	598	12.6

注:水泥掺量 10%,石膏掺量 5%,细度(0.08mm 方孔筛筛余)7%,料浆初始温度 36~38℃,蒸汽压力 3.1~3.3MPa,恒温时间 4h。

表 2 数据表明,选择合适的生石灰掺量,可提高加气砼的抗压强度,建议生石灰掺量为 14%。

3.2 水泥掺量

加入水泥可生成一定强度的水硬性矿物,以保障料浆发气后有足够的塑性强度,减少废品率。水泥加入量对加气砼强度的影响见表 3。

表 3 水泥掺量对加气砼强度的影响

编 号	水泥掺量 /%	密 度 /kg·m ⁻³	抗压强度 /MPa
1	6	591	8.9
2	8	598	11.2
3	10	603	13.4
4	12	605	14.5

注:生石灰 14%,其余条件同表 2,下同。

表 3 数据表明,随着水泥加入量的增加,加气砼强度显著提高。考虑加气砼的生产成本,建议水泥加入量控制在 8%~10%较好。

3.3 石膏掺量

加入石膏可延缓料浆的稠化速度,提高坯体强度和加气矽强度。石膏加入量对加气矽强度的影响见表 4。

表 4 石膏加入量对加气矽强度的影响			
编 号	石膏掺量 /%	密 度 /kg·m ⁻³	抗压强度 /MPa
1	0	583	10.1
2	1	589	10.8
3	2	594	11.3
4	3	587	12.2
5	4	598	12.9
6	5	603	13.4
7	6	602	12.6

从表 4 可看出,加入适量石膏,可提高加气矽强度,推荐石膏加入量以 5%为宜。

3.4 细度

粉煤灰、石膏混合后粉磨细度增加,粉状物质比表面积增大,在压蒸条件下,固体物质间接触面积增大,固相反应进行得更充分,反应生成的强度物质越多,可获得较高强度的加气矽,粉磨细度对加气矽强度的影响见表 5。

表 5 细度对加气矽强度的影响			
编 号	0.08mm 筛孔 筛余/%	密 度 /kg·m ⁻³	抗压强度 /MPa
1	15	583	9.0
2	10	598	11.8
3	7	603	13.4
4	4	608	14.3
5	2	614	14.9

从表 5 数据可看出,粉磨细度对加气矽强度影响较大,为了得到较高强度的加气矽,并考虑能耗、生产成本,推荐粉磨细度控制通过 0.08mm 方孔筛筛余 7%为好。

3.5 料浆初始温度

适当提高料浆初始温度,可加快铝粉的
发气速度与料浆的稠化速度,促进料浆凝结硬化,使料浆具有良好的浇注稳定性。料浆初

始温度对加气矽强度的影响见表 6。

表 6 料浆初始温度对加气矽强度的影响			
编 号	料浆初始温度 /℃	密 度 /kg·m ⁻³	抗压强度 /MPa
1	32	619	12.0
2	34	615	12.6
3	36	612	13.1
4	38	608	13.4
5	40	603	13.6

实验结果表明,适当提高料浆初始温度,使料浆浇注的稳定性提高,产品的废品率减少;但对加气矽强度的影响不显著。建议料浆初始温度控制在 36~38℃ 较好。

3.6 蒸汽压力

提高高压釜内的蒸汽压力,可生成更多的托勃莫来石与硬硅钙石,提高加气矽的强度。蒸汽压力对加气矽强度的影响示于表 7。

表 7 蒸汽压力对加气矽强度的影响			
编 号	蒸汽压力 /MPa	密 度 /kg·m ⁻³	抗压强度 /MPa
1	0.9	554	3.0
2	1.1	576	3.8
3	1.6	582	5.3
4	2.6	605	12.0
5	3.2	603	13.4

实验结果表明,蒸汽压力对加气矽强度影响较大,为得到抗压强度较高的承重加气矽,建议蒸汽压力采用 3.1~3.3MPa。

4 承重加气矽性能

以粉煤灰等为主要原料,按本文推荐的工艺条件及流程生产加气矽,并测试其性能。

1. 外观:外观光滑,无裂纹与破损。
2. 容重:承重加气矽质轻,其体积密度为 600kg/m³。
3. 力学强度:承重加气矽力学强度高,抗压强度达 13MPa 以上,大大高于非承重加气矽的力学强度。

4. 保温隔热性能:承重加气砫含有大量的均匀密闭的小气泡,保温隔热性能优良,导热系数小(见表 8)。

表 8 几种墙体材料的导热系数

材 料	加气砫	粘土砖	砫 空心砫砌块
导热系数 / $W(m \cdot K)^{-1}$	0.12~ 0.22	0.43~ 0.81	1.5 1.046

5. 耐热与耐火性能:承重加气砫是不燃材料,在受热至 80~100℃ 以上时,仅出现表皮龟裂和酥松,700℃ 以下不会损失其强度,将表面损坏部分清除后仍能继续使用。
6. 耐久性能:将承重加气砫在大气中暴露一年后,抗压强度可继续提高 6%~8%,其长期强度十分稳定。

5 结 论

1. 以粉煤灰等为主要原料,在提高蒸汽

压力、增加粉煤灰等原料的细度、提高料浆初始发泡温度等措施下,可获得抗压强度大于 13MPa 的加气砫。本文推荐其工艺参数为:蒸汽压力 3.1~3.3MPa、料浆初始温度 36~38℃、原料细度为通过 0.08mm 方孔筛筛余 7%、生石灰掺量 14%、水泥掺量 8%~10%、石膏掺量 5%。

2. 抗压强度大于 13MPa 的加气砫的耐久性能、耐热耐火性能、隔热保温性能优良,可替代实心粘土砖作承重建筑材料,广泛用于城市高层框架与城镇农村各种非框架结构的建筑物上。

3. 加气砫抗压强度的提高,拓宽了加气砫的应用空间;为加气砫工业的飞跃发展,为粉煤灰的利用提供了强有力的保障,具有显著的经济效益和社会效益。

A New Way for Utilization of Fly Ash

FANG Rong-li, YU Chao
(Southwest University of Science & Technology, Mianyang, Sichuan, China)

Abstract: The study on production of loadbearing aerated concrete by using fly ash as the principal raw material is carried out, the optimum technological parameters are found out and the related properties of the product are tested. The test results indicated that the loadbearing aerated concrete with excellent properties can be produced by using fly as the principal raw material and adopting proper technological parameters. This material is low in production cost, light in weight and heat insulating, and is an ideal wall material and has a large market.

Key words: Fly ash; Concrete; Loadbearing aerated concrete