

福建省教育厅科研项目（项目编号：JB07207）

建筑节能材料

——矿渣加气混凝土砌块 性能与应用研究

李伙穆 著



西安地图出版社

福建省教育厅科研项目(项目编号: JB07207)

建筑节能材料——矿渣加气混凝土砌块 性能与应用研究

李伙穆 著

西安地图出版社

图书在版编目(CIP)数据

建筑节能材料:矿渣加气混凝土砌块性能与应用研究/
李伙穆著. —西安:西安地图出版社,2009.9

ISBN 978-7-80748-406-6

I. 建… II. 李… III. 矿渣-加气混凝土-砌块-研究
IV. FU522.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 143374 号

建筑节能材料——矿渣加气
混凝土砌块性能与应用研究
李伙穆 著

西安地图出版社出版发行

(西安市友谊东路 334 号 邮政编码:710054)

新华书店经销 西安地质矿产研究所印刷厂印刷

787 毫米×1092 毫米 1/16 开本 9.25 印张 219 千字

2009 年 8 月第 1 版 2009 年 8 月第 1 次印刷

印数:0001—1000

ISBN 978-7-80748-406-6

定价:21.80 元

内容提要

本书为福建省教育厅科研项目“泉州市建筑节能与应用”(项目编号:JB07207)的研究成果,主要内容为蒸压矿渣加气混凝土的产品性能、技术设计、工艺设计与施工、经济效益分析、节能产品法律法规等。

全书共分7章,主要内容为加气混凝土的产品性能简介与产品规格型号介绍、生产工艺、加气混凝土砌块施工方法研究、加气混凝土墙专项技术措施研究、经济效益分析与产品推广应用、法律法规选编等。

本项研究的结论是:加气混凝土产品要获得更快、更大、更健康的发展,必须解决加气混凝土是建设节能建筑的理想材料这一认识问题,同时专业化生产与施队伍专业化也是加气混凝土行业发展必须解决的难题,必须避免恶性竞争,提高企业的经济效益,解决有序发展的问题。

本书可作为建筑节能设计和施工人员的参考书,也可作为有关院校建筑类各专业学生的选修教材。

前 言

福建省教育厅科研项目“泉州市建筑节能与应用”(项目编号:JB07207)的内容为“新型节能材料在建筑工程中的应用研究”。本项课题研究由黎明职业大学与福建省万旗非金属材料有限公司合作研究,以福建省万旗非金属材料有限公司生产的矿渣“加气混凝土砌块”为研究对象,对其性能、生产工艺、技术设计、工艺设计、经济分析、推广应用等方面进行了深入研究,并取得了预期效果。

加气混凝土作为建筑节能产品将具有广阔的市场和生命力,但其发展还有许多工作应加强。加气混凝土于20世纪60年代从国外引进,在我国的发展比较快,特别是2001年以来。国内有生产企业300多家,年产加气混凝土近2000万 m^3 ,板材约50万 m^3 ,但要在国内获得更快、更大、更健康的发展,必须解决以下问题:

第一个要解决的是认识问题。加气混凝土进入国内的时间已不短,可人们对加气混凝土还是不太熟悉,包括一些建筑设计院、施工单位和房地产开发商,一些地方的建设单位,对加气混凝土缺乏了解,甚至不知道有加气混凝土这一产品,不知加气混凝土为何物。加气混凝土的生产企业宣传得也少,有的就是简单地宣传或者强调这是一种能大量利用电厂粉煤灰的环保产品,而对这种产品的节能效果宣传得很少。其实节能是这种产品的一个显著优点,加气混凝土是建设节能建筑的理想材料,保温隔热效果比黏土砖好,批量使用造价也比黏砖低。

专业化生产与施工队伍专业化是加气混凝土行业发展必须解决的第二个难题。目前加气混凝土在使用中出现空鼓、开裂等问题,这使建造师、房地产商不敢用、不愿用加气混凝土,其实这些都是可以解决的,而且在技术上都已解决。加气混凝土与传统使用的砖的特性是不同的,这就要求企业要从产品生产型向服务型转变,对加气混凝土的砂浆配比等施工方法多进行研究,还可与建筑设计单位紧密配合,对设计单位提供的图纸进行二次设计,甚至直接参与工程的施工。

第三个是要解决有序发展的问题。加气混凝土近些年来发展很快,但普遍装备差、质量差、产量低。这种低水平的重复,导致企业间大打价格战。加气混凝土生产企业今后要上规模,提高国产装备水平,并适度引进国外先进装备。要避免恶性竞争,提高企业的经济效益。

本书由黎明职业大学李伙穆副教授、高级工程师著,福建省第五建筑工程公司教授级高级工程师林春建主审,福建省万旗非金属材料有限公司总工程师游江山与黎明职业大学副教授、高级工程师郑文新为副审。同时福建省万旗非金属材料有限公司总经理谢文清,副总经理郑新烟、林积梁,总会计师黄建华提供了许多支持与帮助,在此深表感谢。

限于作者水平,加之时间仓促,书中难免有缺点和不当之处,敬请专家、同仁和广大读者批评指正。

编 者

2009年6月

目 录

第 1 章 概述	(1)
1.1 福建省万旗非金属材料有限公司加气混凝土砌块开发背景	(1)
1.1.1 产品开发的情况	(1)
1.1.2 该项目具有很大的经济、社会和环保效益	(1)
1.2 产品具有广阔的市场前景	(2)
第 2 章 产品的原材料要求、配合比及生产过程	(4)
2.1 原材料质量要求	(4)
2.2 蒸压尾矿加气混凝土的配合比设计	(6)
2.3 蒸压尾矿加气混凝土的生产过程	(7)
第 3 章 产品的性能	(10)
3.1 产品的型号与性能检测	(10)
3.1.1 产品的型号与标记	(10)
3.1.2 本公司的砌块产品标记	(10)
3.1.3 蒸压加气混凝土砌块性能	(10)
3.2 加气混凝土砖复合墙体的热工性能比较	(11)
3.2.1 墙体材料的构造方式	(11)
3.2.2 复合墙体传热性能测试	(12)
3.2.3 测试结果和分析	(13)
3.2.4 试验结论	(14)
3.3 产品特性	(14)
3.4 与传统粉煤灰加气砌块的区别	(16)
3.5 加气混凝土砌块与黏土砖性能与经济性比较	(17)
3.6 结论	(18)
第 4 章 产品砌筑施工方法研究	(19)
4.1 加气混凝土砌块砌筑要求	(19)
4.1.1 适用范围	(19)
4.1.2 材料性能与工艺指标	(19)
4.1.3 施工要点与一般构造措施	(20)
4.1.4 质量保证措施及标准	(21)
4.1.5 劳动组织	(22)
4.1.6 安全措施	(22)

4.2	加气混凝土砌块砌筑、抹灰及饰面的施工工艺	(23)
4.2.1	裂缝的成因及其控制	(23)
4.2.2	墙体的砌筑施工	(23)
4.3	建筑节能外墙保温施工	(25)
4.3.1	特点	(25)
4.3.2	适用范围	(25)
4.3.3	工艺原理	(25)
4.3.4	工艺流程及操作要点	(25)
4.3.5	材料要求与机具设备	(30)
4.3.6	质量要求	(31)
4.3.7	劳动组织	(33)
4.3.8	安全措施	(34)
4.4	砌体及抹灰工程质量控制	(35)
第5章	加气混凝土墙专项技术措施研究	(40)
5.1	概述	(40)
5.2	材料	(41)
5.2.1	蒸压加气混凝土砌块	(41)
5.2.2	放射性要求	(42)
5.2.3	砂浆	(42)
5.2.4	其他材料	(44)
5.2.5	材料进场检查、抽样复验和验收	(45)
5.3	设计要点	(49)
5.3.1	蒸压加气混凝土砌块的使用范围	(49)
5.3.2	蒸压加气混凝土砌块和砂浆	(49)
5.3.3	模数	(50)
5.3.4	窗间墙	(50)
5.3.5	空调机、防盗网、遮阳罩等重物以及重型门的固定安装	(50)
5.3.6	砌体抗裂设计要点	(50)
5.3.7	外墙面设计要点	(58)
5.3.8	室内抹灰设计要点	(60)
5.4	施工质量控制	(61)
5.4.1	主体结构垂直度和平整度控制	(61)
5.4.2	材料质量和工艺质量控制	(61)
5.4.3	砌体施工质量控制	(62)
5.4.4	墙面抹灰质量控制要点	(65)
5.5	验收要点	(68)
5.6	附录	(69)
5.6.1	附录 A: 蒸压加气混凝土砌块的尺寸偏差及外观质量	(69)

5.6.2	附录 B:防水材料性能要求	(70)
5.6.3	附录 C:室内、室外用腻子技术性能要求	(72)
5.6.4	附录 D:现场拌制砂浆的技术要求	(72)
5.6.5	附录 E:砌体工程砌筑前质量控制要求	(73)
5.6.6	附录 F:墙体工程抹灰前质量控制要求	(74)
第 6 章	经济效益分析与产品推广应用	(75)
6.1	典型案例分析	(75)
6.1.1	工程概况	(75)
6.1.2	具有可比性的分项工程经济分析	(76)
6.1.3	工程经济分析结论	(77)
6.2	加气混凝土市场竞争策略	(78)
6.3	加气混凝土的发展过程中的三大难题	(80)
6.4	推广应用宣传实例	(81)
第 7 章	新型墙体材料相关的法律法规	(87)
7.1	福建省发展应用新型墙体材料管理办法	(87)
7.2	蒸压加气混凝土砌块应用技术规程	(91)
7.3	公共机构节能条例	(110)
7.4	民用建筑节能条例	(115)
附件	产品的鉴定	(121)
附件 1	科技成果鉴定证书	(121)
附件 2	新产品新技术鉴定证书	(125)
附件 3	获奖证书	(128)
附件 4	资源综合利用认定证书	(129)
附件 5	科技成果推广项目证书	(130)
附件 6	检验报告(一)	(131)
附件 7	检验报告(二)	(135)

第1章 概述

1.1 福建省万旗非金属材料有限公司加气混凝土砌块开发背景

1.1.1 产品开发的情况

■(一)目前的状况与趋势

目前我国正积极实施保护耕地,走可持续发展道路的政策。黏土、耕地资源的不可再生性决定了黏土质墙体材料终将被新型墙体材料取代。加气混凝土砌块作为环保绿色产品将占据十分重要的地位。墙体材料改革力度的不断加大和人们对环保实用型建材的认可,都为加气混凝土砌块的大量应用创造了更加良好的条件。

坚持以国家“十一五”规划提出的将建设资源节约型、环境友好型社会,落实节约资源和保护环境为基本国策,建设低投入、高产出、低消耗、少排放、能循环、可持续的国民经济体系。坚持开发节约并重、节约优先,按照减量化、再利用、资源化的原则,在资源开采、生产消耗、废物产生、消费等环节,逐步建立全社会的资源循环利用体系。

■(二)产品的技术内容及特点

福建省万旗非金属材料有限公司本着资源综合利用为前提,发展环保、高附加值产品为目标,综合利用黄金、陶瓷和微纳米钙类无机粉体生产过程中产生的黄金尾矿、瓷土尾矿(废瓷土粗料)和低品位石灰石等工业废渣生产加气混凝土砌块,主要是根据尾矿的特点,采用活化剂DH1预活化处理,提高尾矿的硅铝溶出率,激发尾矿的反应活性和分散性;采用活化剂DH2二次活化,进一步提高尾矿的反应活性,促进水热合成反应的充分进行;利用废料及自配专用稳泡剂有效组分,得到尾矿制备加气混凝土的浆料复合稳定剂,同时实现以废治废的目标。通过剖析最佳性能的加气混凝土砌块的硅钙有效比例,利用黄金尾矿、瓷土尾矿和石灰石等废渣的有效成分,通过实际生产摸索确定稳定的生产配方,生产出抗压强度达A5.0级(平均抗压强度 $\geq 5\text{MPa}$)、干密度为B07级(干密度 $\leq 725\text{kg/m}^3$)的产品,属尾矿资源综合利用,具有创新性,该技术达到国内领先水平,该产品主要性能达到国内先进水平。

1.1.2 该项目具有很大的经济、社会和环保效益

■(一)整合资源,利用工业三废生产,体现企业特色

德化县境内陶瓷产业、矿业和石灰石在生产钙系无机粉体中产生的大量工业废弃物数量巨大,这些工业废渣不仅占用了生产用地,而且还需要花费大量的人力、物力、财力来维护正常



的生产管理,同时带来严重的环保压力,发展可持续经济迫在眉睫。本项目结合当地特色将陶瓷业、矿山尾矿、钙生产线无机粉体生产中的工业三废有机地结合、利用,进行资源整合发展,切实在发展经济过程中做到“节能减排”。

■ (二) 立足于长远发展,建立循环经济园区

作为“资源—产品—废料—再生资源”的循环经济产业链项目,带动了同行业和建设区域、县的经济稳步快速发展,公司建立的矿山循环经济园区具有很好的示范作用,为公司今后发展可持续矿山资源利用积累了宝贵的经验。

■ (三) 政策及经济效益

加气混凝土砌块作为符合可持续发展战略的绿色建材,得到了国家有关政策的大力支持。国家近几年先后出台的一系列鼓励发展新型墙体的文件为加气混凝土砌块生产的发展提供了很好的环境。

1.2 产品具有广阔的市场前景

加气混凝土砌块具有容重轻、导热系数低、保温隔热性能优良、隔音吸声性能好、耐久性好、抗渗性优良等特点,此外它的自重分别约为混凝土、实心黏土砖的 $1/4$ 和 $1/3$,与实心黏土砖砌体相比,施工时砌筑砂浆可减少 $2/3$,墙体自重可降低 26% ,地震荷载可减少 40% ,综合工程造价可降低 10% 。作为环保型绿色建材,加气混凝土具有以上诸多优点,因此被广泛应用于工业、市政及民用建筑,是国家建设部和福建省建设厅重点推广的新型墙体材料。

据调查,仅德化县城在 2006—2007 年,通过招投标的工程用砖量年均在 8 万 m^3 (不含自建工程),但只有政府安置房部分设计成新型墙体材料——加气混凝土砌块,大部分建筑还是采用实心黏土砖,公司产品通过前期大力推广,现应用到泉州市区(如福建省五建、市迎宾馆、泉州江南等建筑公司)、厦门、安溪、南安、永春、大田等工地,均收到了用户单位的一致好评。随着国家实施“禁用实心黏土砖”和“推广应用新型墙体材料”的政策,现厦门、泉州市区、南安、晋江、石狮等地,已全部禁用实心黏土砖,据统计泉州市区和周边县市每年完工建筑面积 440 万 m^2 ,用砖量达到 132 万 m^3 (此统计数据不含自建工程 100 多万 m^2)。但是德化至泉州运输费用为 $50\sim 55$ 元/ m^3 ,随着泉三高速公路的建成,运输成本会进一步降低,给企业产品赢得了新的竞争能力。目前,德化的建筑墙体砌块主要为空心砖、压制砖和黏土砖。随着墙改工作的深入开展,黏土砖禁止使用,加气混凝土将不断扩大生产规模,因而本项目的市场前景广阔。国家的产业政策导向,将为新型墙体材料的发展,带来新的机遇和广阔的市场前景。

加气混凝土砌块(以下简称加气砌块)是一种轻质、保温、隔热、吸音、建筑节能、绿色环保、抗震性能较高的新型墙体材料,是目前住房和城乡建设部认可的唯一符合建筑节能达到 50% 的自保温墙体材料。在发达国家和我国的山东、浙江、台湾等省以及深圳、广州、上海、武汉、福州、厦门等市,已将其广泛应用于高楼大厦的框架结构填充墙,完全替代了黏土红砖和混凝土空心砖,是国家建设部和福建省建设厅重点推广的节能型墙体材料。产品外观见图 1-1 和图 1-2。

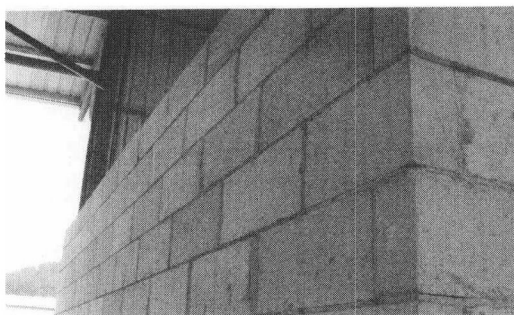


图 1-1 加气混凝土砌块

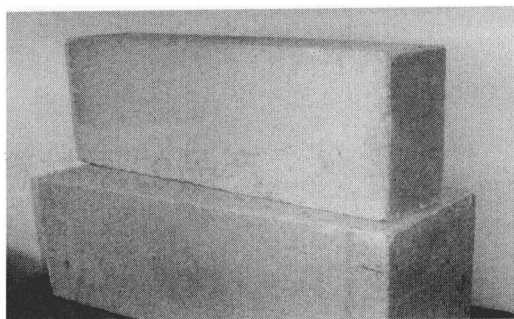


图 1-2 加气混凝土砌块

福建省万旗非金属材料有限公司,位于德化县龙浔镇丁溪村鹏祥工业区。公司 2005 年投资 1000 万元新建一条专业生产加气砌块的机械化生产线,并于 2006 年生产出品质优良的加气砌块。产品通过了福建省建筑材料质量监督检测站的检测,准许在我国东南区域内销售。万旗加气砌块质优价廉,已经被泉州市行政中心大楼、泉州市政府迎宾馆、德化一中学生食堂大楼、德化县民益投资有限公司隆中路综合办公楼等数百栋在建工程以及一些工业厂房和超市改建、建造安置房业主选用。产品生产线见图 1-3 和图 1-4。

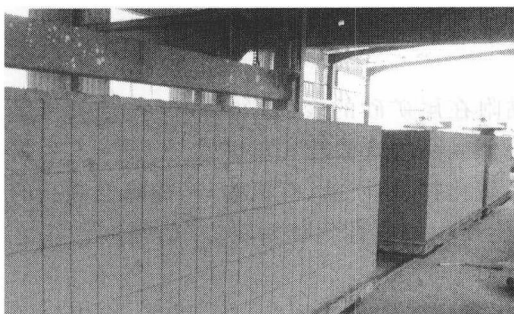
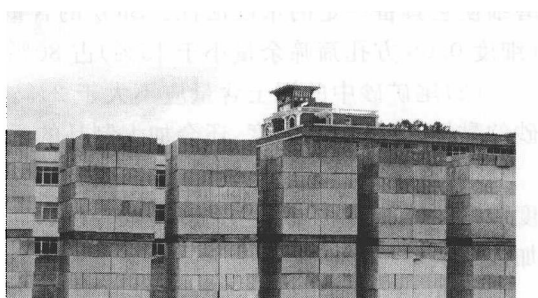


图 1-3 加气混凝土砌块生产线



1-4 加气混凝土砌块生产线块



第2章 产品的原材料要求、配合比及生产过程

2.1 原材料质量要求

蒸压尾矿加气混凝土砌块是以尾矿砂、煅烧石灰和水泥、石膏粉等为主要原料,经料浆制备、添加发气剂加温水搅拌、注入模具发泡形成坯体、切割成型高温蒸压而成,属于硅酸盐制品。生产合格或优质的加气混凝土砌块,与其原材料的质量、配合比、生产过程有着紧密的联系。

■(一)尾矿砂的质量要求

(1)尾矿砂在加气混凝土生产中作为硅质材料,主要作用是提供氧化硅(SiO_2),需要通过磨细使它具备一定的水硬活性。 SiO_2 的含量要达到75%以上,细度要达到规定细度—180目(细度0.08方孔筛筛余量小于15%)占80%。

(2)尾矿砂中的泥土含量应不大于2%。泥黏附在尾矿砂的表面,妨碍水泥、石灰与尾矿砂的黏结,降低制品强度,还会加大制品的干缩,降低制品的抗渗性和抗冻性。

(3)有害物质。尾矿砂中的有害物质主要包括硫化物、硫酸盐、有机物等,能降低制品的强度和耐久性。有些硫化物、硫酸盐、有机物遇高温能产生挥发性气体污染空气,需在利用之前加以解决。

因此,生产蒸压加气混凝土砌块,应尽可能选用氧化硅含量达到75%~90%、有害物质及杂质含量比较低的尾矿砂。

附:福建省双旗山金矿黄金尾矿砂的有关化验指标

(1)干容重:1750~1820 kg/m^3 ;

(2)细度:—180目占80%;

(3)样品二氧化硅(SiO_2)的含量71.86%,经过适当分选处理把二氧化硅(SiO_2)的含量提高到76%。

■(二)石灰的质量要求

石灰的化学成分主要是氧化钙(CaO),也含有少量的氧化镁(MgO)、氧化铁(Fe_2O_3)和氧化硅(SiO_2)等。由于在锻烧过程中碳酸钙的分解往往不是很完全,所以在石灰中常含有未分解的碳酸钙和其他化合物。所以,石灰的成分主要可以分为两部分:一部分是非活性部分;另一部分是从碳酸钙中分解出来呈游离状态的氧化钙,是活性部分。活性氧化钙是能与氧化硅反应的有效成分,称为有效氧化钙(ACaO)。

石灰在加气混凝土中的作用主要有以下几个方面:

(1)石灰是生产加气混凝土的主要钙质材料,其主要作用是向加气混凝土提供有效氧化

钙,使之在水热条件下与黄金尾矿中的 SiO_2 、 Al_2O_3 化合,生成水化硅酸钙和水化铝酸钙,从而使制品获得强度。

(2)石灰促使铝粉发气,石灰提高了加气混凝土料浆的碱度,提供了铝粉发气条件,促使铝粉进行发气反应。

(3)石灰提供了有效热量。石灰水化时放出大量的热,1mol 氧化钙水化时放出 64.9kJ 的热量,1kg 氧化钙水化时就可以放出 1160kJ 热量,其热量大大高于其他胶凝材料。石灰的这种大量迅速放热的能力,不仅为提高加气混凝土料浆温度提供了有效的热源,而且可以在坯体硬化阶段使配料升温达 $80^\circ\text{C}\sim 100^\circ\text{C}$,促使坯体胶凝材料的进一步加速凝结硬化。

(4)选用有效氧化钙含量高、消化速度中等、消化温度高的新鲜生石灰。一般要求氧化钙含量 80% 以上,氧化镁含量小于 5%;过火石灰不得使用,欠火石灰和受潮石灰要作适当处理。生石灰的细度要求达到规定细度—180 目,以防止坯体达到一定强度后,夹杂着的石灰块熟化而产生膨胀出现爆裂现象。

■(三)水泥的质量要求

水泥熟料中主要氧化物为 CaO (60%~67%)、 SiO_2 (19%~24%)、 Al_2O_3 (4%~7%)、 Fe_2O_3 (2.5%~6%),其主要矿物组成为 C_3S (50%~65%)、 C_2S (18%~25%)、 C_3A (6%~10%)、 C_4AF (5%~11%)。出厂水泥主要是由水泥熟料 70%~85%、混合材 15%~30% (如粉煤灰、火山灰、高炉矿渣等)、石膏 (约 2%) 组成。水泥标号越高 (如 42.5# 比 32.5# 高),表示其 3 天、28 天各龄期抗折、抗压强度越高,主要原因就是水泥中主要活性组分含量高,即出厂水泥中混合材掺量相对降低。

加气混凝土生产中所用的水泥,对加气混凝土制备影响显著的因素主要有水泥的初凝时间、终凝时间、强度及石膏含量 (以 SO_3 测定值表示)。水泥水化和硬化速度均比石灰慢,但后期水化强度高于石灰。水泥的初凝时间一般为 45~90 分钟。在水泥熟料的四种矿物中, C_3S 是 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 的主要提供者, C_3A 水化反应进行得最快, C_3S 和 C_4AF 水化也很快,三者决定着水泥的水化、凝结速度和早期强度,因而对加气混凝土料浆的发气、凝结硬化和制品强度都有重要的影响。水泥中混合材料的掺量将直接影响到坯体的硬化甚至制品的强度,掺量过多,将影响浇注的稳定和坯体的硬化。水泥中石膏在水泥熟料水化过程中与 C_3A 发生反应,目的是为了调节水泥的凝结时间。水泥初凝时间长,在加气混凝土生产中的表现为料浆放气时坯体还未及时稠化,可能导致坯体下沉 1~2cm;水泥终凝时间长,在加气混凝土生产中的表现为坯体长时间不硬化,静停预养时间长。

一般使用中低标号的普通硅酸盐水泥,不宜使用火山灰水泥和矿渣水泥。

■(四)石膏粉的质量要求

石膏的主要化学成分是硫酸钙 (CaSO_4),石膏在加气混凝土中作发气过程的调节材料,其作用主要在以下几个方面:

(1)参加水泥的水化反应,调节水泥的凝结时间。石膏在水泥水化的早期起抑制作用,防止水泥发生快凝现象。

(2)抑制石灰的消化,使其消化时间延长,并降低其最终消化温度。

(3)参加铝粉的放气反应。当有石膏存在时,同铝粉在与水反应时产生的氢氧化钙作用,



生成水化硫铝酸钙。

(4)提高坯体制品强度,减少收缩值。石膏在静停过程中的坯体内参与生成水化硫铝酸钙和 C—S—H 凝胶,增强了坯体适应蒸压养护时温差应力和湿差应力的能力。在蒸压养护过程中,石膏可以促进水热反应的进行,使 CSH(I)向托勃莫来石转化。同时可以抑制水石榴子石的生成,从而使游离的铝离子掺杂到 CSH(I)中去,部分掺杂的 CSH(I)可以转化为铝代托勃莫来石,而 Al_2O_3 本身也能促进 CSH(I)向托勃莫来石转化,而又阻止其向硬硅钙石转化,因而制品强度提高,收缩值降低。

石膏对水泥水化和石灰消解均有一定的抑制作用。实际经验表明,石膏掺量为钙质材料的 2%~5%。石膏掺量过多,浇注稳定性会很差。石膏掺量的多少,还应考虑水泥中石膏的含量(以 SO_3 测定值表示)。一般石膏掺量控制在 2.5%~3.5%,再调整其他因素,可大大提高浇注稳定性。

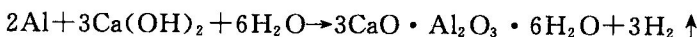
当石膏掺量过多时,混合料浆会出现稠化慢甚至不稠化的现象,而发气仍会进行,最终产生塌模或坯体长时间不硬化现象;当石膏掺量过少时,混合料浆会出现发气快,稠化快,坯体内部气孔贯通,造成产品物理性能差;当石膏掺量适宜时,混合料浆发气速度与稠化速度相一致,易获得好的浇注稳定性,产品合格率高,产品质量稳定。

可用天然石膏或化学石膏,要求 CaSO_4 含量应不小于 65%,细度要求达到细度—180 目。采用化学石膏应对其杂质加以限制。

福建省万旗非金属材料有限公司充分利用瓷都德化生产瓷器废弃的石膏模具,经过加工后变废为宝加以使用。

■(五)铝粉膏的质量要求

铝粉是目前生产中使用最广泛、最成熟的发气剂,铝粉在碱性介质中的发气反应为:



可以看出,发气剂的主要作用是在料浆中进行化学反应,放出气体形成细小而均匀的气泡,使加气混凝土因具有多孔结构而达到轻质目的,提高料浆碱度可以有效促使铝粉发气。

实际生产中使用安全性能比较高的铝粉膏替代铝粉,其中的铝粉细度要求达到细度—180 目。

■(六)水的质量要求

按用于拌制混凝土的水质要求(凡能饮用的自来水及清洁的天然水都能用)。

2.2 蒸压尾矿加气混凝土的配合比设计

因为原材料矿物成分组成的千差万别,每个生产厂家不可能用完全相同的配方,同时也不可能配方一成不变。配方的调整主要依据原材料的变化,当原材料质量波动时,配方应作相应的调整。所以原材料的化验分析检测非常重要,质量控制的关键是原材料的分析。配方的调整目的有:

(1)是为了提高浇注的稳定性,保证高成品率;

(2)是为了提高成品的物理性能:抗压强度、容重、含水率、吸水率、抗冻、干燥收缩值等。

配方调整可大致分为大调和微调。

大调是指配方中原材料品种(黄金尾矿、粉煤灰、清水砂、高炉炉渣、煤矸石等等)或原材料比例大的变化。比如由高石灰配方变为高水泥配方。大的配方的调整需要综合考虑配方中的硅钙比、调节剂等的整体影响和变动,需要工艺人员扎实的理论基础和丰富的实践经验。

微调主要是因为每天甚至每模的原材料质量都在变化,为了保证浇注稳定性而在配方中进行小范围的调整。比如当石灰消解太快时,可以考虑适当增加水泥用量,减少石灰用量,或调整石膏用量来抑制石灰消解速度。

需要指出的是,高石灰与高水泥配方,因为其原材料含量主导物质的变化,其影响的显著程度也相应地变化。高石灰配方中,石灰的影响较大;高水泥配方中,水泥的影响较大。

应根据其浇注稳定性需要和强度需要来合理设计和调整具体的配方配比。一般设计的产品容重越大,其强度越高。结合实际建筑用加气混凝土设计,生产 B06、B07 级产品较合适。

由试验确定各个质量标准的基本配合比,生产时再根据各种材料的具体指标情况,如材料的含水率等,调整为生产配合比。

福建省万旗非金属材料有限公司初步确定的尾矿加气混凝土配合比见表 2-1。

表 2-1 尾矿加气混凝土配合比

序号	原材料名称	质量百分比(%)	备 注
1	黄金尾矿	67	
2	生石灰粉	20	
3	水 泥	10	
4	石膏粉	3	
5	铝粉膏	0.8	
6	外加剂	0.75	

2.3 蒸压尾矿加气混凝土的生产过程

■(一)料浆制备与注模环境

(1)先将经过杂质过滤和计量的尾矿砂、温水用机械强力搅拌 3~5 分钟,按顺序添加经过计量的煅烧石灰粉、水泥、石膏粉和铝粉膏,用机械强力搅拌,料浆达到均匀,即可注模。在注模时,室内温度 $>15^{\circ}\text{C}$,浆料以 $38^{\circ}\text{C}\sim 45^{\circ}\text{C}$ 为佳,这是为了减少料浆在水化反应过程中的热量损失和模具、空气对料浆的热量的吸收。在冬末春初季节生产蒸压尾矿加气混凝土,应采取有效措施,确保注模室内达到要求温度。

(2)浇注控制。浇注的控制好坏直接关系到坯体的生长状况。不同的配比设计,可产生不一样的浇注稳定性;在配方设计已定的情况下,关键在于控制好浇注温度和搅拌时间。浇注控制是一个复杂多变的动态过程,料浆的生长规律也大不相同,把握好浇注稳定性的关键在于保证料浆稠化速度与铝粉发气速度相适应。



(3) 浇注温度的控制。在配料设计既定的前提下,浇注温度成为对料浆稠化、铝粉发气协调统一的重要因素。合适的浇注温度应以料浆稠化后的冒泡时间来确定。低温浇注时($36^{\circ}\text{C}\sim 42^{\circ}\text{C}$)浇注温度的变化对料浆稠化速度的影响大于对铝粉发气速度的影响,高温浇注时($44^{\circ}\text{C}\sim 47^{\circ}\text{C}$)浇注温度的变化对铝粉发气速度的影响大于对料浆稠化速度的影响。所以控制好浇注温度,可以让料浆稠化与铝粉发气相适应。当料浆自然温度较低时,可采用蒸汽加热料浆提高浇注温度,以利于料浆发气、稠化和硬化正常。

(4) 搅拌时间的控制。一般料浆搅拌时间以 3~5 分钟为宜(开浇注搅拌机的同时,先放砂浆和外加温水 45~60 秒;再放石灰、水泥 40~60 秒;继续搅拌约 30 秒,此时快速测量浆料的塌落度或稠度是否符合要求);然后放铝粉液,继续搅拌 30~50 秒;浇注。如果塌落度测定表明料浆偏稀,可适当延长搅拌时间(约 60 秒);反之,应当缩短约 30 秒的搅拌时间。放入铝粉液之后的搅拌时间,要严格控制好,太早浇注,铝粉未在料浆中分布均匀;太迟,则在搅拌机中已经开始发气,严重时引起下料困难,且气孔结构被破坏。料浆浇注入模后,便开始发气上涨。浇注的稳定性即为料浆生长的高度变化过程。料浆中水泥、石灰含量不一样,或者含量一样,而有效成分不一样,都会让料浆高度的生长产生变化,而且影响冒泡时的温度和最终的坯体温度。一般高石灰配方,从浇注到放气时间较短,20~35 分钟;高水泥配方,从浇注到放气时间相对较长,为 40~50 分钟。这是因为石灰水化速率大于水泥水化速率,可在短时间内在料浆中提供较高浓度的碱液和较高的料浆温度,加速铝粉发气和料浆上涨。高水泥配方中,当石灰消解曲线符合加气混凝土生产时(即消解时间在 8~15 分钟内),从浇注到长满、稠化过程温度控制在 65°C 以内,浇注稳定性较好。温度太高,发气不顺畅,坯体内部气孔贯穿,物理力学性能差,温度过高可能会引起内憋气或严重冒泡;温度太低,坯体长势缓慢,容易出现未长满即稠化的现象。

■ (二) 静停环境:湿热预养技术

在常压下,石灰和水泥在浇注料浆和坯体中水化生成 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 、CSH 凝胶、少量的水化硫铝酸钙等。在热碱激发下,少量的 SiO_2 组分开始表现出化学活性,与 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 反应生成 CSH 凝胶,使制品坯体早期强度提高。实际生产中,静停时间约 2 小时,静停环境必须保持适当的环境温度和湿度,使生石灰、水泥、石膏能够充分水化反应、坯体不产生干缩,以保证尾矿加气混凝土的初期强度能在这一时段得到充分发展,从而形成具有一定强度的坯体,以便切割后成型。

蒸压尾矿加气混凝土在硬化过程中,易受环境的温度、湿度等各种因素影响产生变形,主要有化学收缩、干湿变形、温度变形等,这些都是使蒸压尾矿加气混凝土砌块产生裂缝的重要原因,直接影响尾矿加气混凝土的强度和耐久性。

冬季要阻止静停环境的空气流通而必须设置静停养护室。围绕静停环境做挡风措施和水暖措施是保持静停环境有适当的温度和湿度的有效措施。蒸压尾矿加气混凝土在静停的过程中,生石灰、水泥、石膏的水化反应继续进行,并释放出带有热能的水蒸气(在冬季能形成雾气腾腾的景象),从而使静停环境获得了足够的湿度。如果静停时段的坯体温度损失大、环境温度变化过快、坯体温度不够 $90^{\circ}\text{C}\sim 100^{\circ}\text{C}$,将会产生坯体不凝固现象或产生干缩现象的质量事故,造成直接经济损失。

■(三)坯体的切割

这是一道关键工序,切割机的选择是关键。

切割机械的选择是关系到蒸压尾矿加气混凝土砌块成品率高低的关键。这里有吊装就位、模具翻转、拆模、坯体移动、切割技术与切割精度等等,这些技术性问题基本能在切割机械设备上得到体现。

■(四)提高蒸压加气混凝土砌块强度的措施

采用高温高压湿热养护措施。

为什么尾矿加气混凝土砌块要在高温高压的条件下进行养护?

在理论上蒸压养护条件是在 174.5°C 的温度、8 个大气压的蒸压釜内进行养护。蒸压养护是保证尾矿加气混凝土砌块质量的重要技术环节,决定着水热反应的进行程度,直接对尾矿加气混凝土砌块的物理力学性能产生影响。专业技术人员试验证明,随着养护温度的升高,尾矿加气混凝土砌块中的各种材料的水化反应产物水化硅酸钙的结晶程度逐渐提高,在 174.5°C 高压养护的条件下,水化硅酸钙的结晶程度最好,并且有少量托勃莫来石生成,尾矿加气混凝土砌块的强度明显提高。因此合理的养护制度对确保尾矿加气混凝土砌块的质量非常重要。

在蒸压养护过程中,由于温度的升高, SiO_2 加速溶解,更多的 SiO_2 与 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 结合生成 $\text{CSH}(\text{I})$,水泥中的双碱硅酸盐也进一步结合 SiO_2 生成 $\text{CSH}(\text{I})$ 和托勃莫来石。接着在高温高压的条件下, OH^- 离子与活性阳离子作用而使硅氧键、铝氧键断裂,促使 SiO_2 和 Al_2O_3 及其他硅质材料中的 SiO_2 组分表现出活性,与 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 反应生成相应的水化产物,形成过饱和溶液。通过维持足够的高温高压时间,以实现水化产物的成核、生成、再彼此交叉成网,呈现较强的胶凝性。随着时间的推移,高硫型的水化硫铝酸钙转化为单硫型的水化硫铝酸钙,然后又分解成 C_3AH_6 和水化石榴子石。由于硅质材料中的活性成分在高温高压下能较好参与生成水化产物的反应中,形成较多的 $\text{CSH}(\text{I})$ 和托勃莫来石,从而可使制品具有较高的强度。

目前,国内大部分生产线的蒸压养护条件为 $0.8\sim 1.5\text{MPa}$, $6\sim 12$ 小时。最佳恒温压力 $1.0\sim 1.2\text{MPa}$,真空度 $-0.06\sim -0.07\text{MPa}$,恒温时间 $5\sim 7$ 小时。

福建省万旗非金属材料有限公司养护参数拟定为:压力 1.2MPa 、温度 195°C ,养护制度为抽真空 0.5 小时—升温 2 小时—恒压 7 小时—降压 2 小时—进出釜 0.5 小时,共 12 小时为一个蒸养周期。

蒸养尾矿加气混凝土砌块使用锅炉蒸气时的优质煤消耗量 $20\sim 28\text{kg}/\text{m}^3$ 。

切割成型的尾矿加气混凝土砌块即可进入蒸压釜内进行养护,具体做法如下:

入釜—抽真空—升温—恒温—降温—出釜—尾矿加气混凝土砌块制成品堆放—批量质量检查和质量检验—合格—填写质量合格证—商品尾矿加气混凝土砌块销售。

■(五)出釜、质量检查和质量检验、成品堆放、销售