

加气混凝土生产技术实用讲义序

由《加气混凝土》编辑部编辑的《加气混凝土生产实用讲义》出版已四年了，讲义对于加气混凝土企业培训职工，指导生产，提高技术，促进等方面都起到了积极的作用，受到了广大职工、工程技术人员和人员的欢迎。

近年来，加气混凝土行业发展较快，新增企业 100 余家，全国已发展到 300 多家，总的趋势朝着大规模，机械化和自动化方向发展，中国加气混凝土协会决定重印《加气混凝土生产技术实用讲义》。在保持原版结构和内容的基础上，对近年出现的加气混凝土新技术、新品种、新经验作了简要介绍，增录了与生产关系密切的有关原材料、生产工艺试验方法和企业关注的材料，为广大加气混凝土工作者，尤其是刚刚从事加气混凝土工作的经营管理者、一线职工提供了在生产实践中发现问题、解决问题和研究问题的思路与方法，进一步规范 and 统一检测方法，使我们企业的经验和成果更便于交流与推广，促进加气混凝土行业的发展。

我国加气混凝土企业的原材料差异较大，工艺技术路线不尽相同，规模和技术相关悬殊，决定了实际经验在指导生产过程中的重要性，但不深入研究加气混凝土的理论，难免会拘泥于已有的经验，限制我们生产和管理水平的提高，愿再版的《加气混凝土生产技术实用讲义》能给大家以启迪和帮助，同时希望广大读者指出其中的问题和不足，以便于今后修改。

中国加气混凝土协会

二 00 三年八月

前 言

随着加气混凝土工业的发展，我国先后出版了两套加气混凝土工业技术书刊。第一套是出版于 1982 年的《加气混凝土生产技术》（崔可浩、杨伟明、陶有生编）；第二套是出版于 1990 年的《加气混凝土工业丛书》（崔可浩、吴庵敖主编）。全套丛书共分三册：即《加气混凝土生产工艺》（张继能、顾同曾编）；《加气混凝土生产机械设备》（应驹、宫润梧主编）及《加气混凝土工厂管理》（王声援、姜炳年编）。以上两套技术书刊，对于加气混凝土行业培训技术人才、指导生产都起到了极大的作用。

近几年加气混凝土工业发展极为迅速，生产厂家已由 1991 年的 85 家发展到目前的 180 余家。生产企业尤其是新建企业的管理人员、技术人员及生产一线职工，急需一套能够迅速了解和掌握加气混凝土生产技术的实用培训讲义。《加气混凝土》编辑部，对已出版的两套书划进行简化、归纳、编辑。简略了一些理论叙述，吸收了国内外的最新科研成果和企业的实践经验，对加气混凝土生产工艺、原材料及主要设备，进行了通俗简要的介绍。并提出了主要的工艺控制点及常见的质量问题和解决方法，旨在为加气混凝土工业的发展，略飞微薄之力。本书由姜勇主编，邵英纯校阅，望广大读者提出宝贵意见，以便修改。本书在编写过程中得到谢尧生、吴九成先生的指导和帮助，在此一并致谢。

由于编写水平有限，不妥之处，望批评指正。

《加气混凝土》编辑部

一九九九年元月

目 录

结论

第一章加气混凝土的结构及强度形成原理

第一节加气混凝土的结构

第二节硅酸盐混凝土水化产物及物理力学性能

第三节硅酸盐混凝土的强度形式

第二章加气混凝土生产工艺过程

第一节加气混凝土的种类

第二节生产工艺过程

第三章原材料

第一节基本材料

第二节发气材料

第三节调节材料

第四节结构材料

第四章原材料制备

第一节粉煤灰的脱水浓缩

第二节块状物料的破碎和磨细

第三节液体物料及铝粉悬浮液的制备

第五章配料浇注

第一节配合比与生产配方

第二节配料搅拌及浇注

第三节浇注稳定性

第六章静停切割

第一节坯体的静停

第二节坯体的切割

第三节坯体的损伤及防止

第七章 蒸压养护

第一节蒸压的热物理过程

第二节蒸压养护制度

第三节蒸压养护过程中制品的损伤与缺陷

第四节蒸压釜安全操作及余热利用

第八章 加气混凝土板

第一节钢筋网片

第二节钢筋网的组装

第三节板的生产

第九章 质量控制

第一节质量管理的一般概念

第二节质量控制

结束语

附录 1 常用单位中的法定单位和应淘汰的单位及其换算

附录 2 加气混凝土主要采用标准

附录 3 加气混凝土料浆稠度测试方法

附录 4 石灰有效钙的测定（蔗糖法）

附录 5 石灰消化速度试验

附录 6 试验室基本条件

附录 7 加气混凝土常见缺陷成因及对策

绪 论

加气混凝土是一种轻质、多孔的新型建筑材料，具有质量轻、保温好、可加工和不燃烧等优点，可以制成不同规格的砌块、板材和保温制品，广泛应用于工业和民用建筑的承重量或围护填充结构，受到世界各国建筑业的变通重视，成为许多国家大力推广和发展的一种建筑材料。

一 加气混凝土的一般概念



混凝土是由胶结料、集料和水按一定比例配合的混合料，经硬化后形成具有一定强度的人造石，以水泥为胶结料并与砂、石子、水按一定比例配合，经搅拌、成型后，在常温或蒸汽养护下形成的人造石，称之为水泥混凝土。普通的水泥混凝土的体积密度一般为 $2400\text{kg}/\text{m}^3$ 。以砂、粉煤灰等硅质材料和石灰、水泥等钙质材料按一定比例配合，经搅拌、成型后，在一定温度、湿度下水热合成的人造石，称之为硅酸盐混凝土。普通硅酸盐混凝土的体积密度一般为 $1600\sim 2400\text{kg}/\text{m}^3$ 。这种水泥混凝土和硅酸盐混凝土都是密实混凝土。

采用轻集料或用气孔来代替普通混凝土中的集料的混凝土称之为轻混凝土，其体积密度一般小于 $1900\text{kg}/\text{m}^3$ 。采用各种陶料、膨胀珍珠岩等作为轻集料制成的轻混凝土，称这为轻集料混凝土。其制造工艺与密实混凝土基本相似，体积密

度一般为 $800\sim 1800\text{kg}/\text{m}^3$ 。另一类轻混凝土是多孔混凝土，它没有粗集料，主要原材料都要经过磨细，并通过物理或化学方法使之形成直径小于 $1\sim 2\text{mm}$ 的气孔，其体积密度一般小于 $1000\text{kg}/\text{m}^3$ 。

多孔混凝土按其气孔形成的方式可分为加气混凝土和泡沫混凝土两大类。加气混凝土的多孔结构，由发气剂在料浆中进行化学反应放出气体而形成；泡沫混凝土的多孔结构，由泡沫剂在机械搅拌过程中产生大量泡沫，渗入料浆中均匀混合而形成；近年来出现的充气混凝土，是将压缩空气弥散成大量微小气泡分散于料浆中。

多孔混凝土多为经蒸汽养护而成的硅酸盐混凝土。养护方式可分为常压蒸汽养护（ 100°C 饱和蒸汽）和高压蒸汽养护（ $174.5\sim 200.5^\circ\text{C}$ 、 $0.8\sim 1.5\text{MPa}$ 饱和蒸汽）两大类，前者简称蒸养，后都简称蒸压。加气混凝土多为高压蒸汽养护。

加气混凝土是以硅质材料和钙质材料为主要原料，掺加发气剂，经加水搅拌，由化学反应形成孔隙，通过浇注成型、预养切割、蒸压养护等工艺过程制成的多孔硅酸盐制品。

二、加气混凝土的发展

加气混凝土最先出现于捷克，1889年，霍夫曼（Hofman）取得了用盐酸钠制造加气混凝土的专利。1919年，柏林人格罗沙海（Grosche）用金属粉末作发气剂制出了加气混凝土，1923年，瑞典人埃克森（J.Eriksson）掌握了以铝粉为发气剂的生产技术并取得了专利权。以铝粉发气产气量大，所产生的氢气在水中溶解量小，故发气效率高，发气过程亦比较容易控制，铝粉来源广，从而为加气混凝土大规模工业化生产提供了重要的条件。此后，随着对工艺技术和设备的不断改进，工业化生产日益成熟，终于在1929年首先在瑞典建成了第一座加气混凝土厂。从开始工业化生产加气混凝土至今不到七十年的历史，加气混

凝土工业得到了很大的发展，不仅在瑞典形成了“伊通（Ytong）“和”西波列克斯（Siporex）”两大专利及相应的一批工厂，而且在其它许多国家也相继引进生产技术或开发研究自己的生产技术，特别是一些气候寒冷的国家如挪威、荷兰、波兰、丹麦等国，研究成功自己的生产技术，形成了新的专利。如德国的海波尔（Hebel）、荷兰的求劳克斯（Durox）、波兰的乌尼泊尔（Unipol）和丹麦的司梯玛（Stema）。二战前，加气混凝土仅在少数北欧国家推广应用，而现在，无论是严寒地区，还是赤道附近的炎热地带，生产和应用已遍及五大洲 60 多个国家。

我国早在 30 年代就有了生产和使用加气混凝土的记录。当初，在上海平凉路桥边，建成一座小型加气混凝土厂，其产品用于现国毛六厂几幢单层厂房和上海大厦、国际饭店、锦江饭店，新城大厦等高层建筑的内隔墙，并一直延用至今。解放后，我国十分重视加气混凝土的研究和生产，1958 年，原建工部建筑科学研究院开始研究蒸养粉煤灰加气混凝土，1962 年起建筑科学研究院与北京有关单位研究并试制了加气混凝土制品。并很快在北京矽酸盐厂（现北京轻质材料厂）和贵阳灰砂砖厂（现贵阳高新华宇轻质建材有限公司）半工业性试验获得成功。1965 年引进瑞典西列克期公司专利技术和全套装备，在北京建成我国第一家加气混凝土厂——北京加气混凝土厂，标志着我国加气混凝土进入工业化生产时代。

从 1971 年对引进的西波列克期技术装备进行测绘，消化吸收起，开始了我国加气混凝土工艺装备的开发使用。先后形成了中国建筑东北设计院的 6m 翻转式切割机级（目前，各设备制造企业已推进了 3.9X1.2、4.2X1.2m 等机型）；上海杨浦的 4m 预铺钢丝卷切式切割机组；北京建材设计研究院的 3.9m 预铺钢丝提拉式切割机组；常州建材研究设计所和中国建筑东北设计院翻版的海波尔切割机

组，中国建筑东北设计院消化吸收海波尔的 JHQ 切割机组；常州建材研究设计所消化吸收的司梯玛成套设备和 4m 和 6m 系列分步式切割机（仿伊通）及配套设备等，为加气混凝土装备的国产化打下了基础。

自 1965 年度建设第一家加气混凝土厂起，经历了近 40 年时间，我国不仅建成了各类加气混凝土厂逾 400 家，总设计能力超过 3000 万 m³。成为国际上应用粉煤灰生产加气混凝土最广泛、技术最成熟的国家，并且进一步拓展了原材料的范围，成功地将其它工业废弃物如石灰加工产生的碎末、水泥管桩生产过程中排放的废浆以及玻璃、采煤、采金业的尾矿等作为硅质材料大量用于加气混凝土生产。随着生产的发展，在全国还涌现了一批从事加气混凝土生产、设备和应用技术研究的科研院所和大专院校，建立健全了科研、设计、教学、施工、装备和配套材料等系统；制定了从原材料、产品、试验方法和施工应用的标准和规范，使我国加气混凝土形成了完整的工业体系。

表 0-1 加气混凝土的生产规模和产量

年份	1981	1985	1990	1995	2000	2002	2004
产量（万 m ³ ）	60	140	175	350	500	650	980
生产规模（万 m ³ ）	100	270	270	415	670	1000	2600
企业数量（个）	43	64	85	133	230	270	359

三、发展加气混凝土的意义

加气混凝土是以硅质材料和钙质材料为主要原料，掺加发气剂，经加水搅拌，由化学反应形成孔隙，经浇注成型，预养切割，蒸汽养护等工艺过程制成的多孔硅酸盐混凝土，其主要特点表现在以下几个方面：

1、重量轻

加气混凝土的体积密度一般为 400~700kg/m³。相当于实心粘土砖的 1/3，普通混

凝土的 1/5，也低于一般轻骨料混凝土及空心砌块、空心粘土砖等制品，因而，采用加气混凝土作墙体材料可以大大减轻建筑物自重，进而可减小建筑物的基础及梁、柱等结构件的尺寸，可以节约建筑材料和工程费用，还可提高建筑物的抗震能力。

表 0-2 几种常用建筑材料的体积密度 (kg/m³)

材料	加气混凝土	木材	实心粘土砖	灰砂砖	空心砌块	陶粒混凝土	普通混凝土
指标	400~700	400~700	1600~1800	1700~2000	900~1700	1400~1800	2000~2400

2、保温性能好

加气混凝土内部具有大量的气孔和微孔，因而有良好的保温隔热性能，加气混凝土的导热系数通常为 0.09~0.22W/(m.K)，仅为实心粘土砖的 1/4~1/5，普通混凝土的 1/5~1/10，通常 20cm 厚的加气混凝土墙的保温隔热效果，相当于 49cm 厚的普通实心粘土砖墙，不仅可节约采暖及制冷能源，而且可大大提高建筑物的平面利用系统，是唯一采用单一材料即可达到节能设计标准的新型墙体材料。

表 0-3 几种常用建筑材料的导热系数 (W/m.K)

材料	加气混凝土	土坯墙	实心粘土砖	空心混凝土砌块	浮石混凝土砌块	普通混凝土	玻璃
指标	0.09~0.22	0.70	0.43~0.81	1.0~1.046	0.28~0.40	1.50	0.75

表 0-4 主要建材热物理性质

材料种类	体积密度 (kg/m ³)	导热系数 (W/m.K)	导温系数 (m ² /h)	比热 (kJ/kg.k)	蓄热系数 (w/m ² .k)	湿度 (wt%)
加气混凝土	525	0.128	0.00095	0.92	2.612	0
	700	0.22	0.00085	1.34	3.86	15.3
钢筋混凝土	2500	1.63	0.00280	0.84	15.58	—
黏土砖	1668	0.43	0.00124	0.75	6.23	0

石膏板	872	0.30	0.00112	1.09	4.60	10.07
玻璃	2500	0.76	0.00130	0.84	10.70	——
陶粒	900	0.41	0.00194	0.84	4.71	——

3、良好的耐火性能且不散发有害气体

加气混凝土的主要原材料大多为无机材料，其本身又具有保温隔热性能，因而，还有良好的耐火性能，并且遇火不散发有害气体；由于对建筑物中的钢筋具有较好的作用，当加气混凝土建筑遭遇火灾时，往往仅在表面造成损伤，对结构性能并不起根本的破坏。

表 0-5 加气混凝土的耐火性能

产品种类	干密度 (kg/m ³)	厚度 (mm)	耐火评定
水泥. 矿渣. 砂	500	75	1500min
		100	225min
		150	345min
		200	480min
水泥. 石灰. 粉煤灰	600	100	360min
		200	480min
水泥. 石灰. 砂	500	100	240min
		150	>240min

4、具有可加工性

加气混凝土不用粗骨料，具有良好的可加工性，可锯、刨、钻、钉，并可用适当的粘结材料粘结，给建筑施工提供了有利的条件。

5、原料来源广、生产效率高、生产能耗低

加气混凝土可以用砂子、矿渣、粉煤灰、尾矿、煤矸石及生石灰、水泥等

石膏板	872	0.30	0.00112	1.09	4.60	10.07
玻璃	2500	0.76	0.00130	0.84	10.70	——
陶粒	900	0.41	0.00194	0.84	4.71	——

3、良好的耐火性能且不散发有害气体

加气混凝土的主要原材料大多为无机材料，其本身又具有保温隔热性能，因而，还有良好的耐火性能，并且遇火不散发有害气体；由于对建筑物中的钢筋具有较好的作用，当加气混凝土建筑遭遇火灾时，往往仅在表面造成损伤，对结构性能并不起根本的破坏。

表 0-5 加气混凝土的耐火性能

产品种类	干密度 (kg/m ³)	厚度 (mm)	耐火评定
水泥. 矿渣. 砂	500	75	1500min
		100	225min
		150	345min
		200	480min
水泥. 石灰. 粉煤灰	600	100	360min
		200	480min
水泥. 石灰. 砂	500	100	240min
		150	>240min

4、具有可加工性

加气混凝土不用粗骨料，具有良好的可加工性，可锯、刨、钻、钉，并可用适当的粘结材料粘结，给建筑施工提供了有利的条件。

5、原料来源广、生产效率高、生产能耗低

加气混凝土可以用砂子、矿渣、粉煤灰、尾矿、煤矸石及生石灰、水泥等

原料生产，可以根据当地的实际条件确定品种和生产工艺，并且可大大利用工业废渣。加气混凝土是粉煤灰间接利用的极好产品，加气混凝土的资源利用率较高（1m³ 原材料可生产 5m³ 的产品），遵循减量化节约原则和循环经济战略。加气混凝土的生产效率比较高，一个中等的规模的加气混凝土工厂，年人均实物劳动效率可达 600M³ 左右。少数自动化程度较高的企业则达 900~1000M³，比粘土砖（180M³）及混凝土砌块（500~800M³）都高。加气混凝土生产耗能较低。其单位制品的生产能耗 56.8kg（标煤），仅为同体积粘土砖能耗的 50%。

表 0-6 几种外墙材料生产总能耗

墙体种类	墙厚（cm）	每 m ² 墙面材料生产能耗（kg 标煤）			
		制品	水泥、石灰	钢筋	合计
粉煤灰加气混凝土	20	13.16	4.6	3.5	21.28
混凝土砌块	37	14.58	4.6	3.5	22.68
灰砂砖	37	23.33	4.03	0.57	27.93
陶粒混凝土	28	43.00	1.16	3.48	47.64
实心粘土砖	37	31.92	4.03	0.57	36.52

加气混凝土在我国的工业化生产历史虽然不到四十年，但其产品门类已发展到非承重砌块、承重砌块、保温块、墙板与屋面板，被广泛用于工业与民用建筑，成为一种极富生命力的新型建筑材料。1996 年 12 月，在全国墙改工作会议上，邹家华副总理提出，大力发展节能、节土、利废的符合可持续发展战略的建筑材料，其生产能耗是实心粘土砖 1/2~1/3；体积密度 300~800kg/m³。为此建筑物基础造价可降低 15%，运输能耗降低 10%；导热系统是实心粘土砖的 1/4~1/5，20cm 加气混凝土的保温隔热效果相当于 49cm 粘土而言，每生产 1 万 m³ 产品可消纳粉煤灰 1.45 万吨，节省灰场用地 0.5 亩，节省烧砖用地 5 亩，减少 C₂₀ 排放

850 吨。

按照《全国墙材革新“九五”计划和 2010 年发展规划》“九五”墙材革新计划的主要奋斗目标是到 2000 年，新型墙体材料产量折合标准砖达 1500 亿块，占墙材总量 20%，其中大中城市平均达到 30%~40%，中等城市平均达到 25%~30%；2010 年规划目标新型墙体材料占墙体材料总量的 40%，经济发达城市要求占 60%~80%。若按 6%的增长率，2010 年墙体材料预计达 17960 亿块，新型墙体材料以 40%计，应为 7185 亿块，以目前加气混凝土的所占比例计算，则加气混凝土的生产能力将达 108 亿块，折合 1590 万 m³。国家经贸委的《墙体材料革新“十五”规划》提出，2005 年，实心粘土砖的总量由 2000 年的 5400 亿块，控制在 4500 亿块以内；新型墙体材料要求达到 3000 亿块；2005 年，新型墙体材料产量占墙体材料总量的比重达到 40%，整个墙改步伐得到加快，加气混凝土在我国必将得到进一步的发展。

表 0——7 德国加气混凝土产量与市场份额

年份	1960	1965	1970	1975	1980	1985	1990	1995
产量（百万 M3）	0.35	0.60	1.50	1.70	3.20	2.20	2.80	4.70
市场份额（%）	1.0	1.6	4.2	6.5	10.7	11.2	12.2	14.6

注：市场份额为加气混凝土占墙体材料的比例。

表 0——8 我国加气混凝土产量与市场份额

年份	1981	1985	1990	1995	2000	2002
产量（百万 M3）	0.2	1.4	1.75	3.5	5.0	6.50
市场份额（%）			0.17	0.32	0.45	0.60

思考题：

1、什么是加气混凝土？

2、加气混凝土有那些特点？

3、加气混凝土可以利用那些工业废弃物？

第一章 加气混凝土的结构及强度形成原理

加气混凝土是一种多孔硅酸盐混凝土，它的各种物理力学性能取决于蒸压养护后的混凝土结构，包括孔结构及孔壁的组成。

和一般硅酸盐混凝土一样，加气混凝土的孔壁的组成，是由钙质材料与硅质材料在水热处理过程中所生成的一系列水化产物的种类和数量决定的，也是使加气混凝土具有一定的物理力学性能的原因。

加气混凝土的孔结构，不仅有如同一般硅酸盐混凝土那样的微孔结构，还有铝粉所形成的气孔，这些对加气混凝土的物理力学性能有着极大的影响。

第一节 加气混凝土的结构

加气混凝土的结构系气孔与孔间壁组成。对于体积密度为 $500\text{kg}/\text{m}^3$ 的加气混凝土而言。其气孔含量约为整个混凝土体积的 50%，其余 50% 即为孔间壁。

气孔由铝粉在料浆中发气形成，并在硬化过程固定在混凝土中，气孔孔径在 2mm 以内，一般大都为 $0.2\sim 0.8\text{mm}$ 。

孔间壁是加气混凝土的基本材料在水的作用下，经过蒸压养护后形成的人造石。它的组成为水化产物、未水化的材料颗粒和混合水清苦怕孔隙。

显然，加气混凝土的强度及其它物理力学性能决定于：孔间壁的构造和强度；气孔形状、孔径、气孔含量以及分布的均匀性。

一 加气混凝土孔间壁结构

1、水化产物

加气混凝土的水化产物和一般硅酸盐混凝土相似。以粉煤灰加气混凝土为例，其水化产物主要是 CSH (I)，托勃莫来石和水石榴子石。

2、未反应的材料颗粒

对于硅酸盐混凝土而言，不能说水热合成反应越完全，水化产物越多，混凝土

的强度就越高，以一定数量的未反应颗粒构成骨架，水化产物作为胶结料，包裹在末反应颗粒表面并填充其空隙混凝土整体，其强度及其它物理力学性能最好。

3、孔间壁内的孔隙

孔间壁内的孔隙结构主要与配料的水料比和水化反应程度有关。一般来说，按孔隙的大小可以概略地分为水化产物内的胶凝孔、毛细孔以及介于两者之间的过渡孔。水化产物内的孔径尺寸较小，其孔径一般小于 5mm。毛细孔是原材料一水系中没有被水化产物填充的原来的充水空间，这类孔隙的尺寸比较大，其孔径一般大于 0.2mm。在上述两类孔隙之间的，我们称之为过渡孔。

孔径的大小与孔隙率对混凝土强度的影响较大，但加气混凝土本身是一种多孔结构，相对来说，孔间壁内的孔隙对强度的影响不如气孔结构对强度的影响大。

二加气混凝土孔结构

加气混凝土的强度受气孔的结构及形状的影响较大。

加气混凝土的气孔率主要取决于铝粉的加往入量，从而也就决定了加气混凝土的体积密度，加气混凝土的强度同样服从于孔隙率理论，**气孔率越大，体积密度越小，强也就越低。**如果保持气孔率不变（体积密度也相应地不变），改变气孔的大小，也可以改变加气混凝土的强度。在工艺条件许可时，尽量减小气孔的尺寸，将可以提高加气混凝土的强度，如果将气孔与孔间壁中的毛细孔、胶凝孔一起计算孔隙率，加气混凝土的总孔隙率可达 70%（当体积密度为 $500\text{kg}/\text{m}^3$ 时）。有的研究者认为，如果**保持孔隙率不变，减少气孔含量，增大毛细孔含量，同样可以提高加气混凝土的强度。**

气孔的开关因生产工艺条件不同而分为封闭的**圆孔（更多的是椭圆孔）、没有完全封闭的孔和完全贯通的孔三类**，其中，**第一种孔对强度等物理力学性能的不**

利影响最小，而第三类影响最大。

第二节硅酸盐混凝土水化产物及物理力学性能

加气混凝土的结构是由气孔和孔间壁组成，而孔间壁又是由水化产物，未水化的材料颗粒及孔隙组成。因此，讨论加气混凝土的强度及其它物理力学性能，就必须认识水化产物。如作深入的探讨必须具备专业知识和专门的手段，这对于工厂生产来说尚无必要，因此，我们在此只作一般性的讨论。

一 水热处理过程中的水化产物与物理力学性能

硅酸盐混凝土在高压釜中所进行的一系列物理化学反应（即水热反应）使硅酸盐混凝土中各组成材料之间在较高温度下互相反应，产生一系列水化产物，如水化硅酸钙，水化铝酸钙，水化铝硅酸钙和水化硫铝酸钙等。这些产物将混凝土中各固体颗粒胶结在一起，形成牢固的整体结构，赋予混凝土全新的物理化学性质。人们把这一在水热条件下合成新的水化产物的过程称为水热合成。

硅酸盐混凝土的水热合成反应，本质上是石灰的水化产物— $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 或水泥中的硅酸三钙，硅酸二钙水化时析出的C—S—H凝胶和 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 与硅质材料中的 SiO_2 、 Al_2O_3 以及水之间的化合反应。当原料中有石膏时（主要成份 CaSO_4 ），石膏中的 CaSO_4 也参与反应。因此，我们先来认识 CaO 、 SiO_2 、 Al_2O_3 与水反应的情况及产物。

1 $\text{CaO—SiO}_2\text{—H}_2\text{O}$ 系统

用蒸压合成方法制得的水化硅酸钙矿物至少有 17 种，硅酸盐混凝土中常见的矿物有以下几种：表 1—1 几中主要的水化硅酸钙

矿物组成	鲍格命名	泰勒命名	矿物组成	鲍格命名	泰勒命名
$\text{C}_2\text{SH}0.9\sim 1.25$	$\text{C}_2\text{SH}(\text{A})$	$\alpha\text{—C}_2\text{SH}$	$\text{C}_2\text{SH}_2\sim 4$	C_2SH_2	$\text{C}_2\text{SH}(\text{II})$
$\text{C}_2\text{SH}1.4\sim 1.5$	$\text{C}_2\text{SH}(\text{B})$	$\beta\text{—C}_2\text{SH}$	$\text{C}_2\text{SH}1.1$	$\text{CSH}(\text{A})$	燧石 CSH

$C_2SH_{0.3\sim 1.0}$	$C_2SH (C)$	$\gamma-C_2SH$	$C_{1.0\sim 1.5}C_2SH_{1.0\sim 2.5}$	$CSH (B)$	$CSH (I)$
-----------------------	-------------	----------------	--------------------------------------	-----------	-----------

注：C—CaO； S—SiO₂； H—H₂O， 下文中 A—Al₂O₃

可以看出：以上水化产物主要可以分为双碱（2个C）型和单碱（1个C）型水化产物。

(1) CSH (I)

CSH (I) 是硅酸盐混凝土中最主要的水化生成物之一，是一种结晶度较低的单碱水化硅酸钙，其晶体呈纤维状，结构为层状，与膨胀粘土矿物相似。

CSH (I) 单矿物有较高的抗压强度；当周围介质相对湿度降低时引起的干燥脱水使其产生较大的收缩；在 CO₂ 作用下，分解生成高度分散的方解石，强度有较大降低。

(2) 托勃莫来石 (C₅S₆H_{5~9})

托勃莫来石也是硅酸盐混凝土中最主要的水化生成物，是一种结晶完好的单碱水化硅酸钙，在蒸压养护时间较长的情况下，半结晶的 CSH (I) 可以逐渐变成结晶良好的托勃莫来石。托勃莫来石的结晶呈薄片状。

托勃莫来石的强度比 CSH (I) 低，但是，在细小晶体的 CSH (I) 中穿插一些托勃莫来石，其强度比单一 CSH (I) 试件高出约一倍，在 CO₂ 作用下，也被分解成方解石。但碳化后强度降低减小；托勃莫来石的干燥收缩值比 CSH (I) 要小得多。

(3) C₂SH₂

C₂SH₂ 是碱度的水化硅酸钙，一般仅存在于蒸压条件的开始阶段，以后就分解成 CSH (I) 和 Ca(OH)₂。它和 CSH (I) 一样是纤维状结构。

(4) 硬硅钙石

硬硅钙石是纯纤维状结构的致密矿物，是一种含水量低的单碱水化硅酸钙，其

强度低于 CSH (I) 及托勃莫来石, 但干燥收缩值很小。

(5) 双碱水化硅酸钙 $C_2SH(A)$ 、 $C_2SH(B)$ 、 $C_2SH(C)$

往往存在于蒸压开始阶段的双碱水化硅酸钙, 当蒸压时间延长, 转变为低碱水化物, 但当石灰量较多或水泥较多时, 可能稳定存在双碱水化物。

双碱水化硅酸钙的强度普遍低于单碱水化物, 但其结晶较好, 碳化系数(碳化后强度比碳化前强度)高, 收缩值小。

2 $CaO-Al_2O_3-H_2O$ 系统

常温下, 这一系统中的矿物很多, 但在高温水热处理下, 都将转化为 C_3AH_6 , 这是唯一能稳定存在的化合物, C_3AH_6 是立方晶体, 强度低, 但抗碳化性能好, 经碳化后强度不但不降低, 反而有所提高。

3 $CaO-Al_2O_3-SiO_2-H_2O$

水石榴子石是随着蒸压温度的变化及原材料的变化而变化, 通常其结构在 C_3AH_6 到 C_3AS_3 之间, 显然变化是因 SiO_2 代替 H_2O 而成。

水石榴子石有很强的结晶能力, 其强度并不高, 但其干湿循环及碳化强度均较高, 强度也在单碱水化物和双碱水化物之间。

4 $CaO-Al_2O_3-CaSO_4-H_2O$ 系统

(1) 三硫型水化硫铝酸钙, 晶体呈六角形柱状或针状结晶, 当其形成时, 固相体积增加 27 倍。

(2) 单硫型水化硫铝酸钙, 晶体呈六角形片状, 当其形成时, 固相体积不增大。

三硫型水化硫铝酸钙在 $125\sim 175^\circ C$ 范围内是稳定的。

表 1——2 人工合成的水化硅酸钙单矿物的性能

水化物名称	合成条件		未碳化的试件				45 昼夜碳化的试件			
			立方试样		棱柱试样		立方试样		棱柱试样	
	温度 (°C)	时间	体积密度 kg/m ³	抗压强度 (MPa)	体积密度 kg/m ³	抗压强度 (MPa)	体积密度 kg/m ³	抗压强度 (MPa)	体积密度 kg/m ³	抗压强度 (MPa)
托勃莫来石	175	24	1.32	32.5	1.19	3.2	1.58	0.245	1.34	0.85
CSH (B)	200	120	1.33	16.5	1.06	3.0	1.71	0.23	1.31	0.20
硬硅钙石	250	168	1.15	12.5	1.00	7.5	1.5	0.165	1.27	0.60
	200	96	1.13	1.9	0.87	0.15	1.36	0.07	0.97	0.18
C ₂ SH (C)	250	240	1.11	1.8	0.98	0.25	1.38	0.155	1.33	0.40

表 1—3 几种水化产物的强度及其他性能

水化产物	抗折强度 (MPa)			抗冻性 (次)	碳化收缩 (%)
	合成后	碳化后	干湿循环后		
托勃莫来石	3.5	3.0	2.3	18	2.6
CSH (B)	4.0	3.3	2.6	12	4.0
硬硅钙石	8.3	7.6	6.0	23	0.96
C ₂ SH (A)	0.5	5.0	1.6	105	0.54
C ₂ SH (C)	0.8	2.8	1.4	75	0.37
C ₃ SH ₆	2.4	3.2	2.6	---	0.22
C ₃ ASH ₄	1.9	2.7	2.3	---	0.14

二 水化产物的综合强度

硅酸盐混凝土中，其胶凝物质不可能是某一种纯粹的水化产物，而总是由多种水化产物的混合相或连续相组成。因此，有必要对几种水化产物的综合强度进

行讨论。

杨波尔研究了数种水化产物以不同比例组成的凝胶物质胶结的试件强度，其中以托勃莫来石+CSH (I) 胶结的试件强度最高（设其相对强度为100%）；CSH (I) 或 CSH (I) +CSH (II) 次之（相对强度 56~62%）；水化钙铝黄长石（含 70~80%）+CSH (I) 再次之（相对强度 20~30%）；水石榴子石（含 70~80%）+CSH (I)（含 20~30%）更次之（相对强度 13~20%）； C_2AH_6 +水石榴子石最低（相对强度 3~4%）。

以上只是从强度的角度研究了几种水化产物组合在一起的性能，而硅酸盐混凝土的其它的物理力学性能并不与强度性能一致，因此，需要综合考虑获得某种理想组成的胶凝物质。

第三节硅酸盐混凝土的强度形成

生产硅酸盐混凝土的原材料要求能提供 CaO 和 SiO₂。提供 CaO 的材料有石灰、水泥和粒状高炉矿渣，水泥和矿渣同时也提供了部分 SiO₂；提供 SiO₂ 的材料有石英砂、粉煤灰及其它工业废渣。不论用什么原材料生产硅酸盐混凝土，其实质都是 CaO 与 SiO₂ 在水热条件下合成水化硅酸钙，以此作为硅酸盐混凝土有胶凝物质，与尚未反应的材料颗粒结合在一起，构成混凝土的整体强度，当掺有石膏时，还有 CaSO₄ 及粉煤灰、水泥中含有的 Al₂O₃ 等参与反应。因此，水化产物还包括水化铝酸钙、水化硫铝酸钙等。

一原材料的溶解度

水化反应一般要经过原材料在液相中的溶解、过饱和析晶、晶体长大形成结晶结构等过程。原材料的溶解，即石灰水化后的 Ca(OH)₂ 和砂、粉煤灰中 SiO₂ 溶解到液相中，然后结合为各种组成的水化硅酸钙。因此，原材料在各种条件下的溶解度，直接影响到水化产物的生成及组成。

各种物质的溶解度均与温度相关。Ca(OH)₂ 的溶解度随温度的升高而下降了，如

行讨论。

杨波尔研究了数种水化产物以不同比例组成的凝胶物质胶结的试件强度，其中以托勃莫来石+CSH (I) 胶结的试件强度最高（设其相对强度为100%）；CSH (I) 或 CSH (I) +CSH (II) 次之（相对强度 56~62%）；水化钙铝黄长石（含 70~80%）+CSH (I) 再次之（相对强度 20~30%）；水石榴子石（含 70~80%）+CSH (I)（含 20~30%）更次之（相对强度 13~20%）； C_2AH_6 +水石榴子石最低（相对强度 3~4%）。

以上只是从强度的角度研究了几种水化产物组合在一起的性能，而硅酸盐混凝土的其它的物理力学性能并不与强度性能一致，因此，需要综合考虑获得某种理想组成的胶凝物质。

第三节硅酸盐混凝土的强度形成

生产硅酸盐混凝土的原材料要求能提供 CaO 和 SiO₂。提供 CaO 的材料有石灰、水泥和粒状高炉矿渣，水泥和矿渣同时也提供了部分 SiO₂；提供 SiO₂ 的材料有石英砂、粉煤灰及其它工业废渣。不论用什么原材料生产硅酸盐混凝土，其实质都是 CaO 与 SiO₂ 在水热条件下合成水化硅酸钙，以此作为硅酸盐混凝土有胶凝物质，与尚未反应的材料颗粒结合在一起，构成混凝土的整体强度，当掺有石膏时，还有 CaSO₄ 及粉煤灰、水泥中含有的 Al₂O₃ 等参与反应。因此，水化产物还包括水化铝酸钙、水化硫铝酸钙等。

一原材料的溶解度

水化反应一般要经过原材料在液相中的溶解、过饱和析晶、晶体长大形成结晶结构等过程。原材料的溶解，即石灰水化后的 Ca(OH)₂ 和砂、粉煤灰中 SiO₂ 溶解到液相中，然而结合为各种组成的水化硅酸钙。因此，原材料在各种条件下的溶解度，直接影响到水化产物的生成及组成。

各种物质的溶解度均与温度相关。Ca(OH)₂ 的溶解度随温度的升高而下降了，如

下 25.0℃ 时，溶解度 1.13~1.3g/l, 99.0℃ 时为 0.52~0.60g/l, 174.5.0℃ 时为 0.1~0.15g/l。相反，砂及无定型硅胶的溶解度随温度的升高而增加。当温度为 25.0℃ 时，砂的无定型 SiO₂ 溶解度在 0.04~0.1g/l, 在 99.0℃ 时为 0.2~0.3g/l, 溶解度极小，但当温度超过 150.0℃ 以后，溶解度迅速增加，在 174.5.0℃ 时，达到 0.6~0.7g/l。无定型硅胶的溶解度稍大，在 25.0℃ 时就达 0.1~0.14g/l, 100.0℃ 时达 0.36~0.42g/l, 174.5.0℃ 时为 0.7~0.8g/l。

图略

，由此可见，在室温条件下及至 100.0℃ 的蒸养条件下，由于砂的溶解度很小，石灰与砂很难反应。因此，室温养护及蒸养的灰砂制品强度很底，只有将温度提高到 150.0℃ 以上（如 0.8MPa, 174.5.0℃; 1.0MPa, 183.0℃ 和 1.2MPa, 191.0℃），石灰与砂的反应激烈进行。因此，蒸压灰砂制品具有较高的强度。粉煤灰中硅铝玻璃体内的 SiO₂ 一般称之为活性硅，可以把这种 SiO₂ 看成无定型硅胶，由于它在 100.0℃ 时就具有较大的溶解度，因此，蒸养粉煤灰硅酸盐制品可获得一定强度（但在这种温度在生成的水化产物主要是 CSH (I)，制品的收缩性能等较差。在 174.5.0℃，开始大量生成托勃莫来石时，制品性能才能得以提高。

二 蒸压过程中，石灰与砂反应的历程

水泥——石灰——砂加气混凝土的强度主要来源于石灰与砂的水热合成反应生成物。如前所述，石灰与砂的反应应在蒸压条件下进行。在蒸压的初期，SiO₂ 溶解速度甚慢，溶解物还未来得及迁移到砂粒之间的空间就被结合成 C₂SH (A)，并形成砂料的镶边。随着液相中 SiO₂ 增多和 Ca(OH)₂ 溶解度的降低，溶解的 SiO₂ 迁移距离增加，在离砂粒表面较近的地方形成单碱水化物 CSH (I)，而在稍远的地方生成 C₂SH (A)，在更远的地方仍然存在尚未结合的游离 CaO。

当蒸压继续进行，靠近砂料处生成 CSH (B) 和 C—S—H 凝胶。而原来的 CSH (I)

部分再结晶为托勃莫来石，托勃莫来石并不首先出现在砂粒表面上参见图(1-3)略。

随着蒸压处理时间的延长，砂粒表面的包镶逐渐增厚，越来越密实，水份向砂粒表面渗透受到阻碍，而砂粒溶解后的产物向外迁移也越来越困难，最后甚至被迫停止，这样，水化产物的析出必然越来越少，因而强度增长率也就逐渐衰减了。

三 灰砂硅酸盐混凝土的强度

以石灰和砂子为主要原料的硅酸盐混凝土制品是靠 CaO 与 SiO_2 生成的水化产物将未参加反应的砂粒胶结在一起而获得强度的，在砂子质量较好，配合比合适时，获得高强度的关键在于控制适当的水化产物的数量，水化生成物的碱度和结晶度。

当水化物数量较少，水化层厚度较薄时，水化产物不能充分地把砂粒粘结在一起形成坚硬的整体。水化层如果太厚，则可能因缺少坚强的骨架，强度反而下降，同时使制品产生较大的干缩。

水化物的碱度决定了水化物的晶型。碱度太高，制品强度必然降低，而碱度不足则对生成水化物不利。

水化物的结晶度决定了水化物的胶凝性能和强度。结晶度较低者，晶粒细小而量多，具有较好的胶凝性，结晶度良好的，晶粒粗大而量少，比较理想的情况是在大量细小结晶水化物中穿插着适当数量的粗大晶体、连生体，结晶度较低的 $\text{CSH}(\text{I})$ 中掺入一些结晶好的托勃莫来石，能够显著提高制品的强度。而过多的托勃莫来石甚至单一结晶良好的托勃莫来石连生体，使强度反而较低，若水化物为结晶硬硅钙石则强度将更低。

四 粉煤灰制品的水化产物

水泥—石灰—粉煤灰加气混凝土和水泥—石灰—砂加气混凝土一样，其强度的基本来源也是水化生成物。

粉煤灰的主要组成是硅、铝玻璃体，其数量一般达 70%左右，主要成分 SiO_2 和 Al_2O_3 是粉煤灰活性的主要来源，（粉煤灰的活性是指粉煤灰在与石灰等碱性物质进行反应的能力，这是与砂子最大的不同之处）。此外，尚有莫来石、石英等结晶矿物以及未燃尽的碳粒。粉煤灰制品能够在蒸养条件下合成胶凝物质，有赖于粉煤灰中的玻璃体参与反应，莫来石及石英都是晶体矿物，在蒸养条件下，一般不参与水热合成反应，而只起到微集料作用。粉煤灰中玻璃体具有活性，是因为粉煤灰在熔融状态下，经过淬冷，使自由的分子没有来得及进行排列而固化，使其积聚了相当的内能，一旦在碱性条件下，自由的分子就很容易析出与石灰水化以后的 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 进行反应。在蒸压养护条件下，粉煤灰中的石英和莫来石参加到生成水化产物的反应中来，成为提供 SiO_2 的来源之一，而水热合成反应的最终产物也与蒸养的有所不同。

蒸养粉煤灰制品的水热合成产物主要是：1、水化硅酸钙，以 $\text{CSH}(\text{I})$ 为主，基本上没有托勃莫来石；2、水化硫铝酸钙，包括单硫型和三硫型；3、水石榴子石。

在蒸压养护条件下，粉煤灰制品进行水热合成反应时的温度通常要求在 174.5℃ 或更高， $\text{CSH}(\text{I})$ 在较高温度下转变为托勃莫来石，同时，粉煤灰中的莫来石和石英晶体，开始溶解参与反应，因而粉煤灰制品中的水化生成物，不仅有 $\text{CSH}(\text{I})$ 和水石榴子石，而且还有较多的托勃莫来石，水化产物的数量也增多了，晶胶比得到合理匹配，从而提高了制品强度，降低了制品的干燥收缩和碳化收缩，这也是蒸压制品与蒸养制品的重要差别。

第二章 加气混凝土生产工艺过程

加气混凝土是一种多孔的硅酸盐混凝土，与普通混凝土及硅酸盐混凝土不同，其强度及其它物理力学性能不仅受到水化产物的影响，也受到气孔结构的影响，因此，有其特殊的生产工艺，并且，其生产工艺受到采用的原材料的不同也各具特点。

第一节 加气混凝土的种类

加气混凝土是以钙质材料和硅质材料为主要原料，以化学发气方法形成多孔结构，通过蒸压养护完成水热合成反应从而获得强度等物理力学性能的硅酸盐混凝土。从其材料组成及其水热合成反应与生成物看，是一种硅酸盐混凝土；从气孔结构看，也是一种多孔混凝土。就加气混凝土的原料、用途，还可以作以下分类：

一 基本原料的组成形成不同种类的加气混凝土

我们可将以不同原料生产的加气混凝土分为单一钙质材料加气混凝土和混合钙质材料加气混凝土两类，其中，单一钙质材料的有水泥，一砂加气混凝土业砂加气混凝土；石灰—粉煤灰加气混凝土和石灰—凝灰岩加气混凝土，混合钙质材料的有：水泥—石灰—砂加气混凝土；水泥—石灰—粉煤灰加气混凝土，水泥—矿渣—砂加气混凝土；水泥—石灰—尾矿砂加气混凝土和水泥—石灰—沸腾炉渣加气混凝土。

目前，我国主要生产水泥—石灰—砂加气混凝土、水泥—石灰—粉煤灰加气混凝土和水泥—矿渣—砂加气混凝土三种，其中以水泥—石灰—粉煤灰加气混凝土为最多，约占总产量的 70%。

二 不同用途的加气混凝土

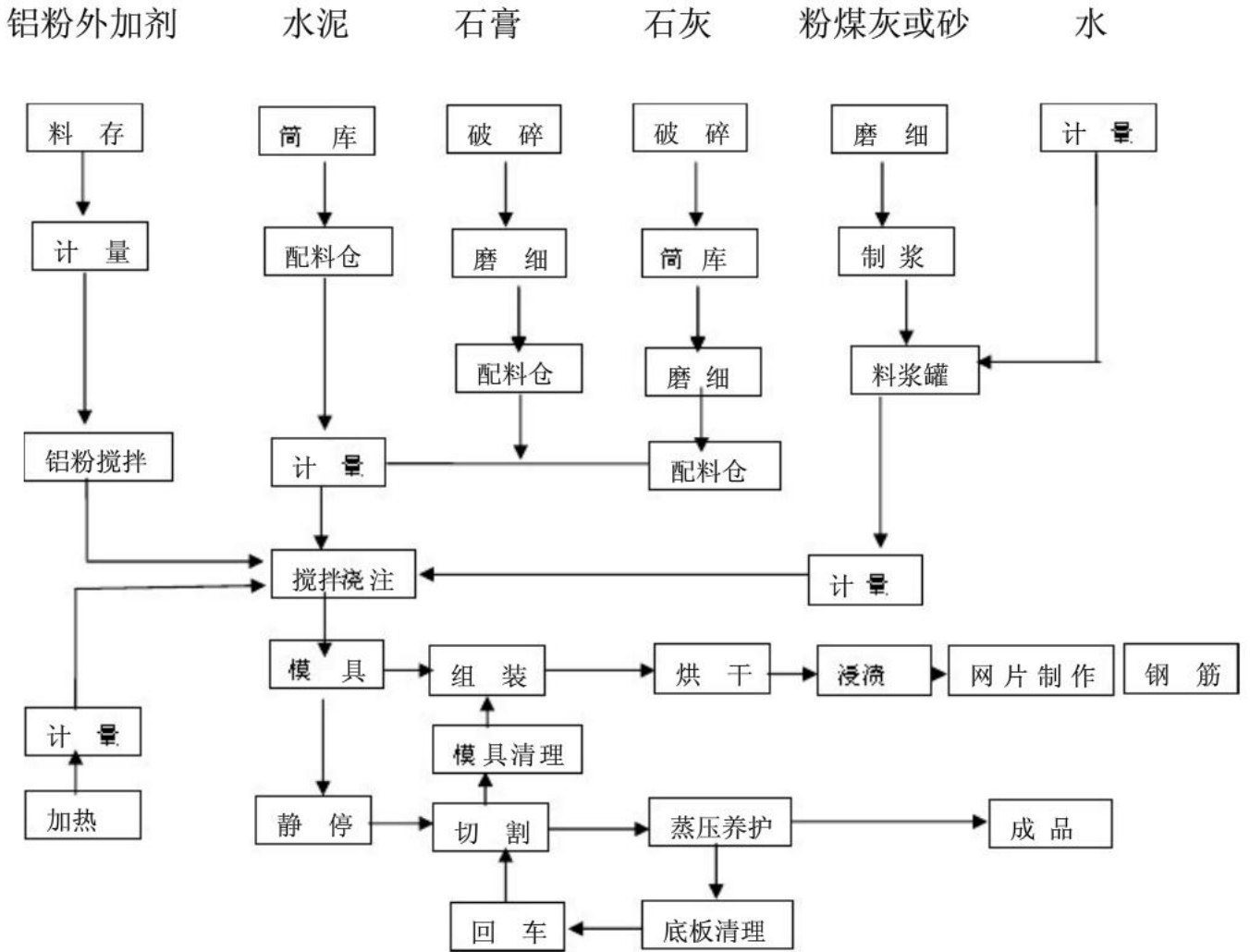
按不同用途，加气混凝土产品品种可分为非承重砌块、承重砌块、保温块、墙板与屋面板五种；为满足不同的用途，有些企业还生产异型块、异型板和装饰

块、装饰板，其中，非承重砌块生产和使用最为广泛，它的体积密度一般为 $500\text{kg}/\text{m}^3$ 和 $600\text{kg}/\text{m}^3$ ，主要使用在框架结构中的填充墙与隔墙而不承担荷载；承重砌块的体积密度为 $600\text{kg}/\text{m}^3$ 的 $700\text{kg}/\text{m}^3$ 的和 $800\text{kg}/\text{m}^3$ 的，在建筑中，经特殊结构处理后承担荷载；保温块的体积密度一般为 $300\text{kg}/\text{m}^3$ 的和 $400\text{kg}/\text{m}^3$ 的，主要用于建筑物保温隔热，屋面板和墙板都是加筋加气混凝土板，根据用途不同，其配筋也不同，主要与高层混凝土框架建筑及钢结构建筑配合。

第二节 生产工艺过程

加气混凝土可以根据原材料类别、品质、主要设备的工艺特性等，采取不同的工艺进行生产。但一般情况下，主要工艺流程分原材料制备、钢筋加工、钢筋网组装、配料、浇注、静停、切割、蒸压养护及出釜等工序。

一 主要工序的工艺方法及意义



工艺流程图

1 原材料制备

生产加气混凝土首先将硅质材料如砂子、粉煤灰等进行磨细，其中，根据原材料要求及工艺特点，有的采取干磨成粉，有的加水湿磨制浆，还有与一部分石灰等混磨。混磨又有二种方式：一种是干混磨制备胶结料，另一种是加水湿磨，主要为改善粉煤灰或砂的特性，称为水热球磨。购入的石灰大多为块状，因此，石灰也必须经过破碎和粉磨。石膏一般不单独磨细，或掺入粉煤灰一同磨细，或掺入石灰一同磨细，也可与石灰轮用一台球磨机，其它辅助材料和化学品也常经制备使用。原材料制备工序，是配料的准备工序，是使原材料符合工艺要求的再加工及完成配料前的贮备均化陈化过程，是直接影响整个生产过程能否

顺利进行、产品质量能否达到要求的最基本的工艺环节。

2、钢筋加工

钢筋加工是生产加气混凝土板的特有工序，包括钢筋的除锈、调直、切断、焊接、涂料制备、涂料浸渍和烘干。钢筋是生产加气混凝土板的结构材料，工序控制不仅影响产品质量，更直接影响建筑物的结构性级与安全性。

3、钢筋网组装

钢筋网组装工序是把经过防腐处理的钢筋网，按工艺要求的尺寸规格和相对位置组合后装入模具中，并使其固定，以便浇注。

4、配料

配料是把制备好并贮存待有的各种原料进行计量、温度和尝试的调节和少量掺加材料的现场计量制备，然后按工艺要求，依次向搅拌设备投料。配料是加气混凝土工艺过程的一个关键环节，关系到原材料之间各有效万分的比例，关系到料浆的流动性和粘度是否适合铝粉的发气及坯体的正常硬化等，对发气膨胀、硬化过程及制品性能都有最直接的影响。

5、浇注

浇注工序是加气混凝土区别于其它各种混凝土的独特的生产工序之一。浇注工序是把前道配料工序经计量及必要的调节后投入搅拌机的物料进行搅拌，制成达到工艺规定的时间、温度、稠度要求的料浆，通过搅拌机的浇注口（故又称浇注搅拌机）浇注入模。此时，若生产板材时，模中已置入组装好的钢筋网。料浆在模具中进行一系列物理化学反应，产生气泡，使料浆膨胀、稠化、硬化，形成加气混凝土坯体。浇注工序是能否形成良好气孔结构的重要工序。与配料工序一道构成加气混凝土生产工艺过程的核心环节。

6、静停

静停工序主要是促使浇注后的料浆继续完成稠化、硬化的过程，实际上这一过程从料浆浇注入模后即开始，包括发气膨胀和坯体养护两个过程，以使料浆完成发气形成坯体，并使坯体达到一定强度，以便进行切割，通常，这一过程是在一定温度条件下进行，所以，又称热室静停。这一工序没有太多的操作，应避免震动，同时，严格注意发气过程浆体的变化，并反馈至配料、浇注工序。坯体的主要缺陷均在此工序产生，如塌模、坯体开裂、憋气等。

7、切割

切割工序是对加气混凝土坯体进行分割和外形加工，使之达到外观尺寸要求。切割工艺体现了加气混凝土便于进行大体积成型、外形尺寸灵活多样而能大规模机械化生产的特点，也是加气混凝土有别于其它混凝土的一个较突出的优点，切割工作可以机械进行，也可人工进行。为了提高生产效率和产品质量，人们设计了专用的切割机，构成了加气混凝土生产工艺的核心，并形成不同的专利技术。切割工序直接决定加气混凝土制品外观质量和某些内在质量。

8、蒸压养护

蒸压养护工序是加气混凝土坯体进行高压蒸汽养护。对加气混凝土而言。只有经过一定温度和足够时间的养护，坯体才能完成必要的物理化学变化，从而产生强度，满足建筑施工的需要。这个过程通常要在 174.5. C 以上的进行，因而，常密封良好的蒸压釜，能入具有一定压力的饱和蒸汽进行加热，使坯体在高温高湿条件下，充分完成其水热合成反应，得到所需要的新矿物，使加气混凝土具有一定强度及其它物理力学性能。蒸压养护工序决定了加气混凝土内在性能的最后形成。

9、出釜

出釜是加气混凝土生产的最后一道工序（有些工艺在生产板材时，出釜后还有

板材加工工序)。包括制品出釜、吊运、检验、包装及小车、底板的清洁涂油，保证向市场提供合格的产品及下一个生产循环的正常进行，随着市场对制品外观的要求及城市管理的要求，越来越多的加气混凝土生产企业已开始对加气混凝土制品进行包装，相应的包装也由简单打包固定到增设包装机械，采用热塑包装。

二加气混凝土生产工艺的主要类型

加气混凝土的生产工艺过程如前述，从原材料制备到产品出釜，具体到每个工厂采取的工艺流程及装备又各不相同，但每种专利与技术，主要是围绕坯体切割来展开。目前，世界上已经形成了伊通 (ytong)、西波列克斯 (Siporex)、海波尔 (Hebel)、乌尼泊尔 (Unipol)、求劳克斯 (Durox)、塞尔康 (Cellcon) 和司梯玛 (Stema) 等专利技术。我国加气混凝土设备的开发也已获得多项成果，并形成特有的工序，如 6m 翻转式切割工艺、4m 预铺钢丝卷切式工艺、3.9m 预铺钢丝提拉式切割工艺、海波尔翻版技术 (包括 JHQ 切割机)，司梯玛翻版技术和分步式切割工艺技术 (仿伊通) 及手工切割工艺。目前，我国主要工艺有：

1、西波列克斯工艺

西波列克斯工艺是我国引时的首条加气混凝土生产线，装备在北京加气混凝土厂，设计年产量 15 万 m³。工艺过程为：原材料经分别处理后配料；固体物料以重量计量，液体和浆体以体积计算，采用移动式搅拌浇注机对物料进行搅拌浇注；模具在注入料浆后就地静停初养，使坯体硬化；切割机为西波列克斯专利，在切割机上，有拆模和合模装置，坯体完成切割后仍然合上模框，实行带模养护，蒸压釜规格为 $\phi 2.85 \times 25.6\text{m}$ ，模具规格 $6 \times 1.54 \times 0.65\text{m}$ ，蒸汽压力 1.5MPa。1998 年投产的南京旭建新型建材有限公司引进的西波列克斯改进型切割机组，采用的是将坯体夹起完成横切，然后再将坯体置于纵切输送带上，在坯体推进

行走时完成纵切。

2、海波尔工艺

海波尔工艺是由罗马尼亚抵债而引进的成套技术。原装备在天津加气混凝土厂、上海硅酸盐制品厂和哈尔滨加气混凝土厂，设计规模为年产 20 万 m³。特点是：采用胶结料混磨工艺，固定式搅拌浇注，移动式静停初养，经海波尔切割机切割；制品脱模养护，浇注与蒸压养护分两种底板，采用 $\phi 2.85 \times 37\text{m}$ 蒸压釜，蒸汽压力 1.2MPa。引进后常州建材研究设计所与中国建筑东北设计院对主要设备进行了消化，由东北院推出了 JHQ 切割机技术。目前，已于国内装备了武汉华宇建材公司等十八家企业。

3、伊能工艺

伊通先后已有几种专利技术，目前装备在北京加气混凝土厂（技改线）的是伊通三代，主机设备由德国引进（原伊通在瑞典，北京引进的是德国道斯腾公司的仿制型），规模为年产 27 万 m³。特点是：砂和石灰分别磨细；固定搅拌浇注，浇注后的模具通过摩擦轮移动静停初养，采用伊通切割机组，坯体被带模空中侧翻 90 度，并改由侧板支承坯体进入切割线完成切割。切割后，坯体不再翻回，以侧立形式入釜养护；蒸压釜规格 $\phi 2.85 \times 25.6\text{m}$ ，蒸汽压力 1.2MPa。1997 年投产的上海伊通有限公司则是引进的伊通原形型机，也是当今国际上最先进的机型。目前，常州建材研究设计所和北京建都设计研究院先后根据北加伊通原理，设计了 4m 和 6m 分步式切割机组（仿伊通，分坯体行走和切割装置行走两种形式），并装备了兰州金轮新型建材有限公司、徐州永发新型墙体材料公司和烟台宏源新型建材有限公司等逾百条生产线，实现了中小型加气混凝土切割机国产化目标，成为一种主要机型。

4、乌尼泊尔工艺

行走时完成纵切。

2、海波尔工艺

海波尔工艺是由罗马尼亚抵债而引进的成套技术。原装备在天津加气混凝土厂、上海硅酸盐制品厂和哈尔滨加气混凝土厂，设计规模为年产 20 万 m³。特点是：采用胶结料混磨工艺，固定式搅拌浇注，移动式静停初养，经海波尔切割机切割；制品脱模养护，浇注与蒸压养护分两种底板，采用 $\phi 2.85 \times 37\text{m}$ 蒸压釜，蒸汽压力 1.2MPa。引进后常州建材研究设计所与中国建筑东北设计院对主要设备进行了消化，由东北院推出了 JHQ 切割机技术。目前，已于国内装备了武汉华宇建材公司等十八家企业。

3、伊能工艺

伊通先后已有几种专利技术，目前装备在北京加气混凝土厂（技改线）的是伊通三代，主机设备由德国引进（原伊通在瑞典，北京引进的是德国道斯腾公司的仿制型），规模为年产 27 万 m³。特点是：砂和石灰分别磨细；固定搅拌浇注，浇注后的模具通过摩擦轮移动静停初养，采用伊通切割机组，坯体被带模空中侧翻 90 度，并改由侧板支承坯体进入切割线完成切割。切割后，坯体不再翻回，以侧立形式入釜养护；蒸压釜规格 $\phi 2.85 \times 25.6\text{m}$ ，蒸汽压力 1.2MPa。1997 年投产的上海伊通有限公司则是引进的伊通原形型机，也是当今国际上最先进的机型。目前，常州建材研究设计所和北京建都设计研究院先后根据北加伊通原理，设计了 4m 和 6m 分步式切割机组（仿伊通，分坯体行走和切割装置行走两种形式），并装备了兰州金轮新型建材有限公司、徐州永发新型墙体材料公司和烟台宏源新型建材有限公司等逾百条生产线，实现了中小型加气混凝土切割机国产化目标，成为一种主要机型。

4、乌尼泊尔工艺

乌尼泊尔工艺是引进的波兰专利，我国引进关键设备装备了北京现代建筑材料公司，杭州加气混凝土厂和齐齐哈尔建材厂三家企业。设计规模年产 15 万立方；特点是：采用干法混磨工艺（将水泥、石灰、石膏和部分粉煤灰混合磨细制成胶结料），全部物料重量计量，定点浇注，辊道移动式热室静停初养。采用乌尼泊切割机组切割，拼装底板脱模养护，蒸压釜规格 $\phi 2.6 \times 40\text{m}$ ，蒸汽压力 1.2MPa。该工艺采用的导流筒式搅拌机已成为我国新建企业的主要选择。

5、司梯玛工艺

司梯玛工艺是丹麦技术。我国引进德国二手设备后装备了南通支云硅酸盐制品有限公司，原设计规模年产 5 万立方加气混凝土砌块，引进时，常州建材研究设计所对设备进行了适合国情的改造，并使产量达到 7.5 万立方，其特点是采用 2.1X1.25X0.6m 模具，高速顶推搅拌机（已成为新建企业的主要选择），浇注后推入热室进行静停初养，切割时坯体与底板不分离，切割机共分脱模、横切、纵切及吸去面包头四个工位。蒸压养护配用国产 $\phi 2 \times 21\text{m}$ 蒸压釜，生产过程为一严密流水线，且全为地面作业，不使用行车，其缺陷是不能生产板材。目前，全国已有兰州西亚实业公司和常熟江海建材公司等十家企业装备了此工艺设备。

6、威翰工艺

威翰是德国的又一建材设备制造商，南京建通墙体材料公司引进了威翰 I 型（WE-HRHAHNI）二手设备，装备能力为年产 10 万立方，其特点是：模具为开启式，浇注成型的坯体由夹坯装置夹至切割机上，并改由以蓖条式蒸养底板支撑，于横切装置完成横切，完成新型墙体材料有限公司引进的威翰 II 型，则已参照伊通技术，采用了脱模翻转切割，侧立养护工艺，与伊通的区别为延用了威翰特有的五面开启式模框，完成切割后，再对坯体进行二次 90 度翻转，以除

去底部余料。

7、6 米翻转切割工艺

6 米翻转切割工艺，是以中国建筑东北院设计的 6 米翻转式切割机为核心的加气混凝土生产工艺线，年生产能力为 10 万立方，特点是：各种物料分别处理后配料；采用移动式搅拌浇注机、模具就地静停初养，采用翻转式切割机，机上有脱模装置，坯体脱掉模框后在地面翻转成侧立状切割，切割完毕仍恢复平放，在原底板上入釜养护，蒸压釜的规格化为 V2.895X25.6 米。工艺中配有湿排粉煤灰脱水浓缩设备，是国内最早设计的工艺线，为适应加气混凝土的发展，市场已推出了多种 4 米系列机型，并已成为加气混凝土装备的另一主要机型，目前，国内以该机型装备的企业已超过八十家。

8、4 米预铺卷切式工艺

该工艺为上海华东新闻型建材厂自行设计完善，其核心为预铺卷切式切割机，规模为年产 5 万立方。其特点是：采用部分粉煤灰与石灰混合磨细；干物料采用杠杆式计量称计量，固定式浇注搅拌机；模具规格 4X1.5X0.64m，坯体经热室静停，以负压吊吸吊脱离底板后上切割机，切割机上预先放置另一底板，并预铺好切割钢丝，切割后坯体连同底板入釜养护，配合用 $\phi 2.85 \times 25.6\text{m}$ 蒸压釜，为适合国内企业需要，该工艺同时有 3.9X1.2X0.64m 模具，配 $\phi 2 \times 21\text{m}$ 。

9、3.9m 预铺钢丝提拉式工艺

该工艺基本与预铺钢丝卷切式工艺一致（核心设备切割机为北京建都设计研究院设计），所不同的主要是切割机的纵切与卷切式不同而采用提拉切割方式，而卷切式则是切割时卷动钢丝，使其逐步收紧缩短，以达到切割目的。

10、手工切割工艺

手工切割工艺，是过去我国许多小型企业采用的工艺形式，该工艺的核心是采

用手工切割或简易机械切割（如行车辅助提吊切割），其特点是：投资省，见效快，能够适合多种材料，多种配套设备，弱点是劳动强度大，劳动效率低，切割质量难以控制，是明令淘汰的工艺。

各种原材料加工工艺和配料工艺，与以上各工艺相配合，共同构成了加气混凝土的生产工艺，比较典型的有：

1、混磨制备胶结料工艺

混磨制备胶结料工艺是乌尼泊尔工艺的配套技术（详见“乌尼泊工艺”），是区别于通常采用的各种物料单独制备的技术，能有效地改善浇注稳定性，提高浇注合格率。其代表是北京现代建材公司的乌尼泊生产线。

2、水热球磨工艺

水热球磨工艺是中国建材研究院与武汉硅酸盐厂（现为武汉春笋集团）共同开发的技术，能有效地提高粉煤灰和砂浆的稳定性（详见“原材料制备.块块状物料的破碎和磨细”）。其代表是武汉春笋集团加气混凝土生产线。

3、错层配料工艺

错层配料工艺是将配料楼一分为二，高低错开布置，分别满足人员工作的空间要求和设备布置的空间要求，以降低物料落差，简化设备布置和建筑结构，避免各楼层开设楼梯和设备洞口，可以有效地降低建筑高度，方便设备维修保养，减少生产电耗。其代表为徐州永发新型墙体材料有限公司加气混凝土生产线。

第三章 原材料

生产加气混凝土的原材料较多，每一种原材料也可以选用不同的品种。工厂采用的原材料，主要看当地的资源条件，生产的产品品种以及工厂的生产、技术、设备条件。用于生产加气混凝土的材料，我们可以把字分为四大类，即基本材料、发气材料、调节材料和结构材料。

第一节 基本材料

基本材料是指形成加气混凝土的主体材料。在配料浇注和蒸压养护等工艺过程中，它们将发生一系列物理化学变化，并相互作用，产生以水化硅酸钙为主要成人的新生矿物，从而使加气混凝土具有一定的强度。

基本材料共分两大类，一类是硅质材料，主要成分 SiO_2 ，如砂、粉煤灰等；另一类是钙质材料，主要万分是 CaO ，如生石灰、水泥、粒状高炉矿渣等。以下材料构成了我国加气混凝土的三大系列：水泥-石灰-砂系列，水泥-石灰-粉煤灰系列和水泥-矿渣-砂-系列。此外，含硅的尾矿砂、煤矸石、石村加工废弃粉末和水泥管桩生产中产生的废浆等也常来作为原料。

一、砂

砂是加气混凝土工业广泛采用的硅质材料，在加气混凝土中的作用主要是提供 SiO_2 ，自然界中的砂由岩石风化或水流冲击形成，其外观和颗粒状态不尽相同，化学成分和矿物组成也不一样。

砂的主要化学成分是 SiO_2 ，也有少量的 Al_2O_3 ， Fe_2O_3 和 CaO 等。砂的矿物组分很复杂，有时可达几百种，含量最多的是石英，其次是长石，有时还夹杂着云母、碳酸盐、粘土等。砂中的 SiO_2 一部分以石英态存在，一部分以长石或期货矿物组分存在。但是无论是纯石英态的 SiO_2 ，还是化合态的 SiO_2 ，都具有稳定的晶体结构，处于最小的内能状态。因此，常温下砂是隋性材料，高温水热处

理时，砂的溶解度增大，各种矿物的 SiO_2 均能与 CaO 反应生成水化硅酸钙，其中以石英与 CaO 的反应产物抗压强度最高。因此，砂中石英含量越多，质量越好。

砂中还含有一定数量的 Na_2O 和 K_2O ，在加气混凝土生产过程中，它们生成可溶性 Na_2SO_4 和 K_2SO_4 ，随着制品中水分的迁移而至制品表面，并根据蒸发条件的不同，将会在制品的表面或表层下析出盐类结晶体（白霜），这就是盐析，在盐析过程中，由于结晶体体积膨胀，会导致饰面层脱落或者表面剥离。由于钠盐吸水性较强，结晶体颗粒较大，膨胀也大，因而盐析的破坏比钾盐更大。

砂中含有有机酸（腐植物），对加气混凝土的生产不利，它会中和加气混凝土料浆中的碱，当有机酸含量过多时，将降低料浆碱度，影响料浆发气和坯体硬化。

砂中的粘土杂质对加气混凝土性能的影响有两重性：一方面，由于粘土是一种高分散物料，吸水性强，含量过高时，会使料浆粘度增大，若为了保证一定的粘度而增加用水量，则又延长了坯体硬化时间；另一方面，粘土中含有一定量的 Al_2O_3 ，它可以促进托勃莫来石的生成。砂中的碳酸钙物质（如珊瑚、贝壳等）不宜过多，一般不希望大于 10%。

按标准 JC/T622-1996，砂的技术要求是：

不含杂质（树皮、草根等）。

一些企业由于条件所限，砂的 SiO_2 ，含量往往不足 75%，虽然也可使用，但增加了生产控制的难度，总的说来，砂中 SiO_2 含量是越高越好（国外通常大于 90%），杂质越少越好。

二粉煤灰

粉煤灰在加气混凝土中的作用主要是提供 SiO_2 ，同时，其中的 Al_2O_3 也具有较大作用（特别是在浇注以后的静停过程中）。传统上，按照排灰方式的不同，分别

称之为干排灰和湿排灰，随着现代燃烧技术的发展，循环流化床锅炉和沸腾炉、垃圾发电锅炉应用日趋普及，粉煤灰中又有了性质与一般粉煤灰性能迥异的粉煤灰，前者因反复燃烧，且多使用劣质煤，所形成的粉煤灰活性较低并含钙较高；而沸腾炉采用液态排渣，需添加石灰石来降低熔点，因此粉煤灰的含钙量很高，而垃圾发电产生的粉煤灰含钙、铝较高，含硅较低，并含有有机污染物，本节仅讨论我国最普遍的煤粉发电锅炉产生的粉煤灰。

大约每燃烧 1T 煤，生成 150~200kg 粉煤灰，全国每年排放的粉煤灰已超过 2.6 亿吨，占用了大量土地（或山谷）、江河、湖泊。因此，如何利用粉煤灰是我国迫切需要解决的问题。

1、粉煤灰的特性

粉煤灰是从煤粉炉烟道气体中收集的粉末。煤中除可燃物外，主要含有粘土质矿物，所以，粉煤灰实际上是粘土质矿物的高温下燃烧后的产物。锅炉中煤粉的燃烧温度高达 1100~1500 度，由于煤粉中的粘土矿物在燃烧过程中生成的 SiO_2 、 Al_2O_3 、 Fe_2O_3 1000 度时便成为熔融状，在排出炉外时经急速冷却，因大部分自由分子来不及形成晶体而成为细小的球形颗粒状玻璃体，从而具有良好的活性。

（1）化学成分

粉煤灰的化学成分主要是 SiO_2 和 Al_2O_3 ，还有少量的 Fe_2O_3 、 CaO 、 MgO 及其它微量元素，此外，还有一定数量的未燃尽炭（以烧失量表示），所有化学成分的数量都随煤质及燃烧工艺的不同而不同，我国粉煤灰化学成分变动范围大致如下：烧失量不超过 20%； SiO_2 ：40-60%。 Al_2O_3 ：20-35%； CaO ：1-10%（高钙灰 10-25%）； Fe_2O_3 ：3-10%； MgO ：5%以内； SO_3 ：2%以内； $\text{K}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O}$ ：3.5%以内。随着电力系统的技术改造和新电厂的投入运行，目前，粉煤灰的烧失量有了大幅度的降低，平均 6.9%；而 SO_3 则由平均 0.32%提高到 0.8%

(2) 矿物组成

粉煤灰的主要矿物是硅铝玻璃体，其含量一般在 70%左右，其它还有结晶矿物莫来石和石英，少量的碳酸钙、赤铁矿和磁铁矿等。此外尚残存少量形状不规则的焦炭颗粒和半焦炭颗粒。

(3) 物理性质

粉煤灰是一种浅灰色或黑色细粉，含炭量越多，颜色越深。粉煤灰密度通常在 $1.8 \sim 2.5 \text{g/cm}^3$ 之间，细度（0.08mm 方孔筛筛余） $3 \sim 30\%$ ，电收尘的干灰细度较小。颗粒粒径一般为 $1 \sim 50 \mu\text{m}$ 。标准稠度需水量变化在 $24.3 \sim 74.1\%$ 之间。粉煤灰颗粒表面粗糙多孔，而粗大并多孔隙的颗粒大多是未燃尽的炭粒。因此，衡量其品质的好坏，除了细度，标准稠度需水量是一个重要指标。

2、粉煤灰的活性及其影响因素

粉煤灰本身虽不具有单独的硬化性能，但当它与石灰、水泥等碱性材料加水混合以后，即能在空气中硬化，并在水中继续硬化，这就是粉煤灰的活性，活性是综合反映粉煤灰中各成分与 CaO 进行反应的能力指标。

(1) 粉煤灰的活性及其影响因素

粉煤灰与石灰的反应主要靠其颗粒表面可溶物质的溶解并与 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 生成水化硅酸钙，从而把尚未参加反应的颗粒残核粘结起来形成整体并具有一定强度。粉煤灰的细度直接反映了其参与水化反应的能力。另外，粉煤灰的细度还反映了煤粉燃烧的状态。一般来说，活性好的粉煤灰颗粒较小，根据最新研究成果，粉煤灰的细度与其它性能具有较好的相关性，也就是说，细度基本上反映了粉煤灰的质量特性。

(2) 标准稠度需水量

如前所述，粉煤灰颗粒表面往往是粗糙多孔的，且粗大并多孔的颗粒大多是未

燃尽的炭。另外，由于冷却条件的限制，粉煤灰中玻璃体含量降低，也表现在粉煤灰颗粒的粗大多孔上，多孔的颗粒必定使混合的水料比增大，标准稠度需水量能比较准确反映粉煤灰的颗粒形貌。

(3) 玻璃体的含量

粉煤灰中的玻璃体物质是粘土矿物在燃烧后，成熔融状经急冷而成的无定形的SiO₂和Al₂O₃，我们已经知道，无定形的玻璃体具有较高的内能，易参加与Ca(OH)₂的水热合成反应。因此，玻璃体含量高，粉煤灰的活性就好。

3、粉煤灰的技术要求 (JC/T409-2001)

	I 级	II 级
细度 (0.045mm 方孔筛筛余) ≤	30%	45%
(0.080mm 方孔筛筛余) ≤	15%	25%
烧失量 ≤	5.0%	10.0%
SiO ₂ ≥	45%	40%
SO ₂ ≤	1.0%	2.0%

以上质量要求是以普通粉煤灰 (CaO: ≤10%) 而制定，若采用高钙粉煤灰，因CaO的形成温度波动较大，其性质也有较大的不同，应作专门试验后方可使用。一般来说，生产工艺上应有较大的调整，才能适用高钙粉煤灰，循环流化床锅炉的粉煤灰，虽有其特殊性，经生产实践，也基本上都适用于加气混凝土。

三石灰

石灰是石灰石 (主要成分 CaCO₃) 经高温煅烧，分解释放出 CO₂，但尚未达到烧结状态的白色块状物。其主要成分 CaO，其分解反应式如下：



CaCO₃ 的分解反应是吸热反应，分解 1kg 的 CaCO₃ 理论上需要 1780kJ 的热量。CaCO₃

分解时，按重量约 44%的 CO_2 ，逸出，但其体积仅缩小 $10\sim 15\%$ 。因而石灰具有多孔结构。

1、化学成分

石灰的化学成分主要是 CaO ，也含有少量的 MgO 、 Fe_2O_3 和 SiO_2 等。由于在煅烧时 CaCO_3 往往不是很安全，所以石灰中常含有未分解的 CaCO_3 和其它化合物。因此，石灰的成分可分为两部分。一是从 CaCO_3 分解出来是游离状态（非死烧）的 CaO ，是活性部分，是加气混凝土中参与水热合成反应的效成分。故又称之为有效氧化钙（以 $A\text{-CaO}$ 表示）。另一部分是非活性部分，包括未分解的 CaCO_3 ，死烧的 CaO 等，此部分不参与水热合成反应。

2、分类

石灰可按加工方式、 MgO 含量及消化速度分类。

按煅烧后的加工方式不同，可分为：

（1）块状石灰：由原料煅烧而得到的未加工产品。主要成分 CaO ；

（2）磨细石灰：由块状石灰磨细而得到的石灰粉。主要成分 CaO ；

以上两种都是生石灰。

（3）消石灰：将生石灰用适量的水消化而得到的粉末，亦称熟石灰。主要成分 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ；

（4）石灰浆：将生石灰用较多的水（约为生石灰体积的 3-4 倍）消化而得到的可塑浆体，亦称石灰膏。主要成分是 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 和 H_2O 。

根据 MgO 含量可分为：

（1）钙质石灰： MgO 含量不大于 5%；

（2）镁质石灰： MgO 含量 $5\sim 20\%$ ；

（3）白云质石灰（亦称高镁石灰）： MgO 含量 $20\sim 40\%$ 。

根据消化速度，可分为：

- (1) 快速石灰：消化速度在 10 以内。
- (2) 中速石灰：消化速度 10-30min，
- (3) 慢速石灰：消化速度 30min 以上。

消化速度是指在标准容器中消化石灰试样时，达到最高温度的时间。影响石灰消化速度的因素，主要是石灰的煅烧温度和时间。通常，正火石灰（煅烧温度 800-1000 度）为快速石灰；过火石灰（煅烧温度 1200-1400 度）为慢速石灰；而欠火石灰则 A-CaO 含量及消化温度较低。

3、石灰在加气混凝土中的

石灰是生产加气混凝土的主要钙质材料，其主要作用是提供有效氧化钙，使之在水热条件下与硅质材料中 SiO₂、Al₂O₃ 作用，生成水化硅酸钙，从而使制品获得强度，石灰也提供了铝粉的发气条件下，使铝粉进行发气反应，其反应式为



石灰水化时放出大量放热能力，不仅为加气混凝土料浆提供了热源，而且坯体硬化阶段可以使坯体升温达 80-90 度，促进坯体中胶凝材料的进一步凝结硬化，从而促进了坯体强度的迅速提高。

石灰水化时，其体积将膨胀约 44% 左右，对于磨细生石灰来说，这一膨胀过程大部分发生在开始水化后 30min 内，因此，放热和体积膨胀一方面促进加气混凝土坯体的硬化，同时，也有可能因调控不当，造成放热过多，温度过高或体积膨胀发生在坯体具有一定强度而失去塑性时，造成坯体的开裂等。

4、对石灰的要求

- (1) 采用磨细生石灰

在加气混凝土生产中，一般均采用磨细生石灰粉，而不宜使用消石灰。因为生

根据消化速度，可分为：

- (1) 快速石灰：消化速度在 10 以内。
- (2) 中速石灰：消化速度 10-30min，
- (3) 慢速石灰：消化速度 30min 以上。

消化速度是指在标准容器中消化石灰试样时，达到最高温度的时间。影响石灰消化速度的因素，主要是石灰的煅烧温度和时间。通常，正火石灰（煅烧温度 800-1000 度）为快速石灰；过火石灰（煅烧温度 1200-1400 度）为慢速石灰；而欠火石灰则 A-CaO 含量及消化温度较低。

3、石灰在加气混凝土中的

石灰是生产加气混凝土的主要钙质材料，其主要作用是提供有效氧化钙，使之在水热条件下与硅质材料中 SiO₂、Al₂O₃ 作用，生成水化硅酸钙，从而使制品获得强度，石灰也提供了铝粉的发气条件下，使铝粉进行发气反应，其反应式为



石灰水化时放出大量放热能力，不仅为加气混凝土料浆提供了热源，而且坯体硬化阶段可以使坯体升温达 80-90 度，促进坯体中胶凝材料的进一步凝结硬化，从而促进了坯体强度的迅速提高。

石灰水化时，其体积将膨胀约 44% 左右，对于磨细生石灰来说，这一膨胀过程大部分发生在开始水化后 30min 内，因此，放热和体积膨胀一方面促进加气混凝土坯体的硬化，同时，也有可能因调控不当，造成放热过多，温度过高或体积膨胀发生在坯体具有一定强度而失去塑性时，造成坯体的开裂等。

4、对石灰的要求

- (1) 采用磨细生石灰

在加气混凝土生产中，一般均采用磨细生石灰粉，而不宜使用消石灰。因为生

石灰粉消化时，放出大量的热量，促进了水化凝胶的生成，有利于生产工艺的控制，从而保证了产品质量。而采用消石灰，大大提高了需水量，加之不能提供消化热。从而延缓了坯体的硬化，不利于形成良好的坯体，既增加了工艺控制难度，也降低了产品的质量。

（2）消化速度

在加气混凝土生产中，石灰的消化速度对加气混凝土的浇注稳定性具有较大影响。加气混凝土料浆在浇注后的初期。铝粉大量发气，料浆缓慢稠化，保持足够的流动性，使发顺畅，并形成良好的气孔结构。而一旦发气结束，料浆应迅速稠化，稳住气泡，同时支撑住浆体，以形成一定强度的坯体。这就要求以石灰来保证料浆稠化速度与铝粉发气速度的相互适应，一般来说，生产加气混凝土以 8-15min 的中速石灰为好。

（3）化学成分

石灰中的 A-CaO 含量是直接参与水化反应的成分，因此，要求越高越好。虽然 A-caO 含量也决定了石灰消化热，但因检验方法的限制，测试所得 A-CaO 数值不能真实反应实际消化热，石灰极易吸收空气中水份而部分消化，使消化热降低。因此，应同时提出消化温度的要求。

石灰中的 MgO 因过烧而消化极慢，往往会在坯体硬化之后或在蒸压过程中消化，从而，因其体积的膨胀而破坏坯体。因此，NgO 应属严格控制的指标。

（4）细度

提高石灰的细度，一方面可增加石灰的溶解度，促进与硅质材料的反应，生成较多的水化产物。另一方面，可以减少石灰消化过程中的体积膨胀，避免坯体的开裂。但过高的细度，会提高消化速度，影响浇注稳定性，同时，于经济上也不合理。

(5) 石灰的技术要求 (JC/T621-1996)

		优等品	一等品	合格品
A (CaO+MgO), %	≥	90	75	65
MgO, %	≤	2	5	8
SiO ₂ , %	≤ 2	5	8	
CO ₂ , %	≤	2	5	7
消化速度, min	≤	5-15	5-15	5-15
消化温度, °C	≥	60-90	60-90	60-90
未消化残渣, %	≤	5	10	15
细度 (0.080mm 方孔筛筛余量), %	≤	10	15	20

四、水泥

水泥是一种广泛使用的水硬性胶凝材料，品种很多，适用于加气混凝土的是硅酸盐水泥，按国家标准，硅酸盐水泥分五个品种，即：硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥、矿渣硅酸盐水泥、火山灰质硅酸盐水泥和粉煤灰硅酸盐水泥。加气混凝土使用较多的是 42.5 硅酸水泥和 42.5 普通硅酸盐水泥。

1、硅酸盐水泥的化学成分和矿物组成

硅酸盐水泥的化学成分主要是 CaO、SiO₂、Al₂O₃、Fe₂O₃ 以及少量的 MgO 和 SO₃ 等。

前四种成分在水泥熟料中形成主要的四种矿物。即：硅酸三钙 (3CaO·SiO₂, 简写 C₃S)、硅酸二钙 (2CaO·SiO₂, 简写 C₂S)、铝酸三钙 (3CaO·Al₂O₃, 简写 C₃A)、铁铝酸四钙 (4CaO·Al₂O₃·Fe₂O₃, 简写 C₄AF)。一般硅酸盐水泥熟料的化学成分和矿物组成如表 3-1。

表 3-1 硅酸盐水泥熟料组成范围

化学成份 (%)	矿物组成%
----------	-------

SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	C ₃ S	C ₂ S	C ₃ A	C ₄ AF
21-23	5-7	3-5	64-48	4-5	44-59	18-30	5-12	10-18

2、水泥在加气混凝土中的作用

水泥是生产加气混凝土的主要的钙质材料，它可以作为钙质材料单独使用。但更多的是和石灰一起作为混合钙质材料。

在水泥熟料的四种矿物组成中，C₃S 是 CaO 的主要提供者，同时，C₃S 和 C₄AF 水化反应进行得最快，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影响。

当水泥作为单一钙质材料单独使用时，它是料浆中 Ca(OH)₂ 的主要来源，在蒸压过程中与硅质材料中的 SiO₂ 和 Al₂O₃ 反应生成水化硅酸钙和水化铝酸钙，从而使加气混凝土获得强度。

当水泥与石灰混合使用时，石灰是 CaO 的主要提供者，水泥的作用主要是保证浇注稳定并可加速坯体的硬化，改善坯体的性能并提高制品质量。

3、对水泥的技术要求

生产加气混凝土所采用的水泥，主要是从水泥的品种和标号两个方面进行选择。从水泥在加气混凝土中的作用看，一是要提供 CaO，二是要求促进坯体的硬化。因此，我们首先选择应该是 42.5 的硅酸盐水泥和普通硅酸水泥，当条件限制时，也可选择 32.5 普硅水泥或矿渣水泥，但其用量要明显增加。

在加气混凝土中，对水泥中游离氧化钙（f-CaO）的含量可以适当放宽。因为其在坯体的静停及蒸压过程中将全部消化，即使安定性不合格的水泥，f-Ca 含量达到 1% 时，也可以使用。

按照水泥标准规定，硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥和矿渣水泥的初凝时间必须大于 45min，终凝时间必须小于 12h。这是由于作为普通水泥混凝土和砌筑粉刷

等用途的水泥，为了保证输送和施工有足够的时间，然而加气混凝土制品在蒸压养护以前，水泥的重要作用是使发气后的料浆不致塌陷，以保证浇注的稳定性。因此，对于加气混凝土，水泥的初凝时间不宜过长。

五 料状高炉矿渣

在炼铁过程中，从高炉内排出的熔融状态的废渣液，经水淬急速冷却成为松散多孔的细小玻璃态颗粒，叫粒状高炉矿渣，俗称水淬矿渣或水渣，这是一种良好的活性材料。随着工业技术的发展，水渣目前已被水泥工业大量作为活性混合材。在加气混凝土行业，原苏联地区使用比较广泛，而在我国，目前只有少数工厂仍在使用。

1、矿渣物理特性和化学成分

粒状高炉矿渣为外观呈白色、灰白色、黄色、或黄绿色的松散小颗粒。其颜色与矿渣的化学成分和水淬条件有关。颗粒径通常在 10mm 以下，大多在 0.5-5mm 之间，堆积密度 500-800kg/立方，密度为 2.95g/立方厘米左右。

矿渣的化学成分主要是 CaO、SiO₂、Al₂O₃、MgO 和 Fe₂O₃。还有少量的硫化物（CaS、MnS、FeS），少数矿渣还有 TiO₂、P₂O₅ 等。表 3-2 列出了我国一般矿渣的化学成分波动范围。

表 3-2 我国一般矿渣及水泥熟料的化学成分

	SiO ₂	CaO	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	SO ₂	MnO
水淬矿渣	26-42	38-48	7-20	0.2-1	4-13	1-2	0.1-1
硅酸盐水 泥熟料	20.50	63.93	6.25	5.48	0.37		

2、矿渣的活性

由于矿渣化学成分与水泥熟料相似（CaO 含量较低），并在急冷过程中固化，具

有较高的玻璃体含量。因此，有着潜在的活性，在少量激发剂（石灰或水泥）的作用下，可以表现出胶凝性，矿渣的这种活性，主要取决于自身的化学成分、矿物组成和水淬条件，同时，也与应用矿渣的方法及环境有关。

3、矿渣的质量评价

矿渣的化学成分，矿物组成比较复杂，还由于成粒条件不同而产生的结构差异，都从本质上影响矿渣的质量。而不同激发剂的存在，又影响矿渣的活性发挥，使其表现出来的活性也不一样，这就造成了评定矿渣质量的复杂性。

用化学成分分析来检定矿渣的活性，虽然还不免全面，没有涉及到矿渣内部结构，但是用这种方法已能说明矿渣的本质特性。所以，是目前国内评价高炉矿渣的主要方法。

根据国标 GB302，矿渣质量好坏按以下三个方面进行评估：

(1) 质量系数 $[(CaO+MgO+Al_2O_3) / (SiO_2+MnO+TiO_2)]$ 不得小于 1.2。质量系数反映了矿渣中的活性组分 CaO、MgO、 Al_2O_3 与非活性组分 SiO_2 、MnO、 TiO_2 之间的比例，质量系数愈大，则矿渣的活性愈高。

(2) 以 MnO 计，锰化合物含量不大于 4%；以 TiO_2 计，钛化合物含量不大于 10%；以 F 计，氟化合物含量不大于 2%。

(3) 淬冷处理必须充分，堆积密度不大于 $1.1kg/l$ ；未经充分淬冷的块状矿渣，经直观剔选，以重量计不大于 5%，最大尺寸不大于 100mm。

4、矿渣在加气混凝土中的作用

磨细的水淬矿渣天饱和的 $Ca(OH)_2$ ，在水泥作为其钙质材料时，水泥中的 C_3S 、 C_2S 等硅酸盐矿物也水化生成 $Ca(OH)_2$ ，使料浆呈碱性，因而可以激发矿渣的活性。从而具备了水热合成反应的条件。

5、对矿渣的质量要求

(1) 颗粒松散、均匀，外观呈淡黄色或灰白色，有玻璃光泽，无铁渣及硬渣大块。

(2) 化学成分

Ca(OH) ₂ ,	≥	40%
Al ₂ O ₃	9-16%	
SO ₂	<	0.02%
CaO/SiO ₂	>	1

第二节发气材料

发气材料在加气混凝土中的作用是在料浆中进行化学反应，放出气体并形成细小而均匀的气孔，使加气混凝土具有多孔状结构。

加气混凝土的基本组成材料的密度一般都在 1.8-3.1g/立方厘米左右，而加气混凝土制品的体积密度（绝干）通常为 500-700kg/立方米，甚至更低，因而，加气混凝土必须有较大的孔隙率，一般在料浆的发气膨胀阶段要求料浆的体积膨胀量近 1 倍或 1 倍以上，为此，就要求发气材料能够提供大量的、不溶或难溶于水的的气体。为了使这些气体能够在料浆中形成尺寸适当、大小均匀的球形气泡，并能保持稳定而不变形破裂，除了料浆本身要具备一定的温度，稠度等条件以外，适当的气泡稳定剂（稳泡剂）是十分重要的。我们称提供气体的材料为发气剂，称对气泡起稳固作用的材料为稳泡剂。

发气剂的种类比较多，主要可分为金属和非金属两大类，金属发气剂有铝（Al）、锌（Zn）、镁（Mg）等粉剂或膏剂，铝锌合金和硅铁合金等，非金属类有氧气（H₂O₂）、碳化钙（CaC₂俗称电石）等。

目前，世界各国生产加气混凝土，绝大多数采用金属法来产生气体、而在金属法中，真正用于工业生产的铝粉（铝粉膏）。国际上多采用铝粉作为发气剂，我

国过去也是以使用铝粉为主，现在除少数引进生产线外，大多数已改用铝粉膏。本节着重介绍作为发气剂的铝粉（铝粉膏）。

稳泡剂种类也较多，原则上凡是降低固——液——气相表面张力，提高气泡膜强度的物质均可起到稳泡的作用，都是一种稳泡剂。但从其稳泡功能的强弱和对加气混凝土料浆的适应力来看，目前采用较多的主要是“可溶油”、拉开粉、皂荚粉等以及某些合成物或再制品。

一铝粉的发气反应

铝的比重仅 2.7，在标准状态下，每 1g 铝产生氢气 1.241，因而用量少，成本低、铝的产量较大，来源比较广泛，且用于加气混凝土生产，工艺上比较好控制，是用于发气的最常用的材料。

铝是很活泼的金属，它能与酸作用置换出酸中的氢，也能与碱作用生成铝酸盐，金属铝在空气中很容易被氧化生成氧化铝，其反应式如下：



氧化铝在空气和水中是稳定的，我们日常生活中使用的铝制品，有了氧化铝的纯化保护膜，阻止了金属铝的进一步氧化，但氧化铝在酸性或碱性环境下，仍能与酸或碱反应，生成新的盐，使保护层破坏。



金属铝遇水反应，置换出水中的氢，并生成氢氧化铝。



我们所使用的发气铝粉，往往颗粒表面已经氧化，生成了氧化铝保护膜，阻止了铝与水的接触，只有消除氧化膜后，铝粉才能进行反应，置换出水中的氢。

因此，我们说作为发气剂的铝粉，应该在碱性环境下进行发气反应。

铝与反应生成的 $Al(OH)_3$ 是凝胶状物质，也阻碍着水与铝的进一步反应，但 $Al(OH)_3$ 同样也能溶解在碱性溶液中，生成铝酸盐；



这样，在碱性环境中，铝就可以不断与水反应，生成氢气，直到金属铝消耗为止。

在加气混凝土料浆中，碱性物是 $Ca(OH)_2$ 。因此，铝粉与水的反应可以写成：



二铝粉的生产过程及主要特性

铝粉是将铝锭溶解后，用压缩空气喷成细粒（称喷粉），然后经分选后，取一定粒度的细粉加入密闭的球磨机中磨细而成。为了防止铝粉在磨细过程中氧化，并由此引起燃烧爆炸，除球磨机系统的特殊设计，保证严格密封并充入氮气并充入氮气保护外，还要在铝粉中加入一定量的硬脂酸，使铝粉在磨细过程中一边磨细，一边在颗粒表面形成硬脂酸保护层。现在，通常采用的发气剂铝粉膏，在磨细过程中不加硬脂酸，也不以氮气保护，而是加入介质和各种助剂进行研磨，磨细后的铝浆经离心浓缩而成膏状体，研磨介质有两类，一种是矿物油，由此制得的铝粉膏称为油性铝粉膏；另一种是水，形成的铝粉膏为水性铝粉膏。铝粉膏的原料也多采用包装铝簿的边角料，这种材料纯度高，而且价格底，所制得的铝粉膏已广大企业所接受。但铝粉膏细度和分散性往往影响加气混凝土的产品质量。

铝粉表面的硬脂酸，在使用时必须除去，即脱脂。常用的方法有烘烤法和化学法两种。烘烤法已不多用，化学法是以化学脱脂剂与铝粉一起搅拌而脱去表面的硬脂酸。常用的化学脱脂剂有拉开粉（二丁萘磺酸钠）、平平加（高级脂肪醇环氧乙烷）、皂素粉或皂素植物浸出液及普通洗衣粉等。

用于加气混凝土生产的铝粉，并不仅仅能与水反应产生氢气这么简单，前面我们讨论了加气混凝土的强度，其中包括加气混凝土的气孔结构。要形成理想的气孔的结构，就必须是铝粉的发气与加气混凝土料浆的稠化硬化相适应，这就要求铝粉不仅要有较多的金属铝含量，即能参加反应，置换水中氢的铝——活性铝的含量，还要求具有一定的细度及颗粒形状，以保证合适的发气曲线。

1、铝粉的发气量

铝粉的发气量决定了铝粉在加气混凝土中的用量。铝粉的发气量指单位质量的铝粉在标准状态下与充分反应产生的氢气体积。1g 金属铝，在标准状态下的理论值，显然，铝粉中金属铝含量越多，发气量就越大，在加气混凝土料浆中，参加反应的活性铝越多（能参加发气反应，产生氢气的铝，称为活性铝；在铝粉膏中，区别于活性铝的另一个指标是固体分），实际发气量也就越大。为此，用于加气混凝土的铝粉膏中，区别于用纯度比较高的铝锭（纯度 98%以上）来生产。而铝粉的金属铝含量一般要求不小于 98%，活性铝含量不小于 89%（铝粉膏稍低）。

2、铝粉的细度

铝粉的细度不影响发气量，但影响发气速度，铝粉越细，比表面积越大，参加反应的表面积越大，因而发气开始时间也越早，速度快，同时发气结束也早。一般说来，铝粉经过生产过程中比较严格的质量控制，其细度通常控制在一定范围之内；但因生产企业及生产工艺的不同，实际细度仍有较大的波动，以致成为影响浇注稳定的性的的重要因素之一。

3、颗粒形状

铝粉颗粒形状对铝粉的发气特性有重要影响，铝粉颗粒形状主要有两种，一种是液滴状和不规则针状，是在喷制过程中形成的；另一种是阔叶状或不规则鳞

片状，是喷粉经研磨而形成的。液滴状的喷粉化学活性很低，在加气混凝土料浆中几乎不发气。其主要原因是，这种铝粉是从高温熔融的液态被压缩空气喷吹成粒，在空气中逐渐冷却的过程中，已被强烈氧化，形成了致密的氧化铝钝化膜，严重阻碍了化学反应，经过研磨后的铝粉颗粒，形成扁薄鳞片状，具有较大的新的金属表面，从而增大了发气反应的面积。而且，在研磨过程中，铝粉颗粒被研磨冲击、碾压而被延展和折断，使铝粉颗粒变成扁平且有大量不规则边缘。其不规则边缘的金属晶格必须发生更多的扭曲变形和断裂，成为活性更大的化学活泼区域，从而促使铝粉具备良好的发气特性。

三、评定铝粉的质量指标

评定铝粉质量指标，首先是铝粉的发气量，这是显而易见的。但加气混凝土的生产过程远较一般混凝土复杂，光有很大的发气量并不一定能形成理想的气孔，如果发气过快过早，氢气易从料浆逸出，造成塌模或气孔聚集形成大孔；而铝粉发过晚或发气延续时间过长（长尾巴）。当料浆逐步稠化，失去流动性时，气体必将憋在浆体内部，造成气孔与气孔相互贯通，这一现象我们称之为“憋气”，这对制品是相当有害的。因此，评定铝粉的质量，还必须考虑其发气特性。

1、盖水面积

盖水面积是表征铝粉细度和形状的物理指标。铝粉盖水面积是指每克铝粉在水面上按颗粒单层连续排列，在颗粒间无可见空隙时所具有的面积，一般情况下，铝粉的细度对应的盖水面积列于表 3-3。

表 3-3 铝粉颗粒细度与盖水面积的关系

颗粒细度 (um)	颗粒粒径 (um)	盖水面积 (cm ² /g)
200	>200	900
150	150~200	1450

片状，是喷粉经研磨而形成的。液滴状的喷粉化学活性很低，在加气混凝土料浆中几乎不发气。其主要原因是，这种铝粉是从高温熔融的液态被压缩空气喷吹成粒，在空气中逐渐冷却的过程中，已被强烈氧化，形成了致密的氧化铝钝化膜，严重阻碍了化学反应，经过研磨后的铝粉颗粒，形成扁薄鳞片状，具有较大的新的金属表面，从而增大了发气反应的面积。而且，在研磨过程中，铝粉颗粒被研磨冲击、碾压而被延展和折断，使铝粉颗粒变成扁平且有大量不规则边缘。其不规则边缘的金属晶格必须发生更多的扭曲变形和断裂，成为活性更大的化学活泼区域，从而促使铝粉具备良好的发气特性。

三、评定铝粉的质量指标

评定铝粉质量指标，首先是铝粉的发气量，这是显而易见的。但加气混凝土的生产过程远较一般混凝土复杂，光有很大的发气量并不一定能形成理想的气孔，如果发气过快过早，氢气易从料浆逸出，造成塌模或气孔聚集形成大孔；而铝粉发过晚或发气延续时间过长（长尾巴）。当料浆逐步稠化，失去流动性时，气体必将憋在浆体内部，造成气孔与气孔相互贯通，这一现象我们称之为“憋气”，这对制品是相当有害的。因此，评定铝粉的质量，还必须考虑其发气特性。

1、盖水面积

盖水面积是表征铝粉细度和形状的物理指标。铝粉盖水面积是指每克铝粉在水面上按颗粒单层连续排列，在颗粒间无可见空隙时所具有的面积，一般情况下，铝粉的细度对应的盖水面积列于表 3-3。

表 3-3 铝粉颗粒细度与盖水面积的关系

颗粒细度 (um)	颗粒粒径 (um)	盖水面积 (cm ² /g)
200	>200	900
150	150~200	1450

100	100~150	1660
90	90~100	2970
75	75~90	3440
60	60~75	4300
<60	<60	6420

由表 3-3 可以看出，铝粉越细，盖水面积越大。同时也应看到，铝粉颗粒越薄，形成阔叶状，盖水面积也越大，但是，某些喷粉颗粒很小，氧化严重，虽然盖水面积较大，但活性极差，因此，单纯用盖水面积，还不能全面反映铝粉的特性。

2、发气曲线

铝粉的物理化学性能是否满足生产加气混凝土的需要，最后必须反映在料浆的发气膨胀过程中，因此，测定铝粉在料浆中的发气过程，可以对其性能作出综合的评价。我们把铝粉在发气过程中，产气量有时间而变化的曲线叫作铝粉的发气曲线，通常，采用的方法是借用瑞典西波列克斯公司对铝粉的标准发气曲线试验规定：铝粉 70mg，在温度 45 度，由 50 克水泥、30ml 水、20ml 摩尔浓度为 0.1mol/l 的 NaOH 溶液组成的水泥浆中进行发气，其发气时间与发气量（换算成标准状态的产气量）的关系曲线即为发气曲线，现在，JC/T407-2000《加气混凝土用铝粉膏》已对试验方法作了严格的规定。

通常，我们要求铝粉的发气曲线落在一定范围之内，如图 3-1 所示，发气曲线落在 1 区的铝粉，颗粒过细，发气过早、过快。发气曲线落入 2 区的铝粉，则可能颗粒过大，反应迟缓，往往使整个发气过程拖了一个长长的尾巴。

3、对铝粉膏的要求

现在，绝大多数工厂已经改用了铝粉膏，铝粉膏除有发气铝粉的一般特性以外，

还有不易起尘、不会产生静电、不怕潮湿且有一定稳泡作用。是一种安全、经济的新品种。JC/T407-2000 对铝粉膏提出的质量指标见表 3-4。

表 3-4 加气混凝土用铝粉膏技术要求

品种	代号	固体分 % \geq	固体分 中活性 铝% \geq	细度： 0.075mm 筛筛余% \leq	发气率%			水分 散性
					4min	16min	30min	
油剂型	GLY-75	75	90	3.0	50-80	≥ 90	≥ 99	无团料
	GLY-65	65						
水剂型	GLY-70	70	85		40-60			
	GLY-65	65						

四、气泡稳定剂

加气混凝土料浆在发气以前是固-液两相系统。当铝粉在料浆中放出氢气后，料浆就变成固-液-气三相体系。形成的气泡是由液体薄膜包围着气体。这样，体系内增加了许多新表面。同时，石灰消化时放出的热量使料浆温度上升，气泡受热膨胀，进一步增加了气液界面，体系表面自由能急剧增大，体系极大稳定。由于表面张力的作用，液体表面要自动缩小，气泡容易破裂；当小气泡合并大气泡，大气泡上浮逸出，从而料浆平衡被破坏，造成塌模。因此，降低料浆体系的表面能，增加气泡膜的机械强度，均可以防止气泡破裂，表面能是表面张力与气孔表面积的乘积，降低气孔表面积显然是不允许的。因此，为了稳定料浆中的气泡，只有降低液体的表面张力。

气泡稳定剂就是表面活性物质。其作用是降低水的表面张力。增加气泡壁的机械强度常用的有以下几种：

1 可溶油

可溶油是将油酸，三乙醇胺和水在常温下按 1：3：36 的比例配合而成。

衡量油酸是否适用，可以参照该种油脂的皂化值和碘值来考虑，皂化值即油脂在皂化时所需要的氢氧化钾的毫克数。油脂的平均分子量越大（即脂肪酸部分碳原子数越多），则单位重量的油脂所含摩尔数就越小，皂化时所需碱量也就越小。碘值是 100g 油脂与碘起加成反应时所需碘的克数。碘值越大，则希望用皂化值小、碘值小的油脂。

三乙醇胺是一种胺类化合物，由氯乙醇、环氧乙烷与氨作用而得，具有弱碱性。其分子式为 $N(C_2H_4OH)_3$ ，熔点为 20-30° C，沸点为 360° C，为无色或微黄色粘稠液体，有吸湿性，易溶于水和乙醇。

油酸和三乙醇混合水解反应生成皂类表面活性物质——脂肪酸皂 $C_{17}H_{33}COOHa$ ，是一种很好的稳泡剂。

2、氧化石蜡皂

氧化石蜡皂是石油工业副产品。它是以石蜡为原料，在一定温度下通往空气进行氧化，再用苛性钠加以皂化后得到的一种饱和脂肪酸皂。分子式为 $C_nH_{2n+1}COOHa$ ($n=5-22$)，氧化石蜡皂是棕色膏状体，溶于水。对氧化石蜡皂的技术要求是：总脂酸为 $37 \pm 2\%$ ，羧酸 22-24%，羟酸 15%，游离钙 $<0.1\%$ ，不皂化物 5%，氧化石蜡皂易与碳起作用。因此不宜用于粉煤灰制品或煤矸石制品中。

3 皂荚粉

皂荚粉的主要成分为皂素、糖甙、丹宁及醣类、纤维、蛋白质、脂肪等。皂荚粉中约含 23% 的皂素，呈中性，在水中可呈胶状，即使在高浓度下也是分子状态。它具有活性，是一种非离子型表面活性剂。

与皂荚有相同作用的野生动物还有多种，如皂角、肥皂荚、无患子以及茶子饼等，均属富含皂素物质。因而也都具有相近的使用价值，可以根据当地具体情

况选用。茶皂素及制品是茶子的制取物，具有以上天然物质更方便的使用性能。

4、SP 和 TS 稳泡剂

SP 和 TS 稳泡剂都是野生皂素植物的再制剂。SP 稳泡剂是从油茶榨油后的残渣，经提纯、结晶、真空干燥后获得的米黄色粉末。TS 稳泡剂是从脱脂茶仔饼粕中提出来的以茶皂素为主体的液剂。

第三节调节材料

为了使加气混凝土料浆发气膨胀和料浆稠化相适应，使浇注稳定并获得性能良好的坯体；为了加速坯体硬化，提高制品强度，为了避免制品在蒸压过程产生裂缝，都需要在配料中加入适当的辅助材料，使加气混凝土在生产过程中某一工艺环节上的性能得以改善。这些材料统称为调节材料。

不同的加气混凝土，需要不同的调节材料，在水泥-矿渣-砂系列中，常用的有纯碱、水玻璃，硼砂和菱苦土；在水泥-石灰-粉煤灰和水泥-石灰砂系列中，常用的有烧碱、水玻璃、石膏等；在生产加筋板材时，则加入菱形苦土。

一石膏

石膏是一种常用的胶凝材料，在加气混凝土中常作发气过程的调节剂，在蒸压石灰-粉煤灰制品中，石膏不仅作为发气过程调节剂，同时也因参与水热合成反应而可以提高制品强度，减少收缩，提高抗冻性。在石灰-砂、水泥-砂制品中，则主要为调节作用，石膏的调节作用主要体现在对生石灰消解和料浆稠化速度的延缓。

石膏的主要化学成分是 CaSO_4 。自然界存在的石膏主要有两种，一种是含 2 个结晶水的二水石膏。即石膏 ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)；一种是不含结晶水的无水石膏，即硬石膏 (CaSO_4)。这两种石膏都可以从矿床中直接开采获得。

将生石膏加热烧炒，使其失去一个半水分子，形成半水石膏 [$\text{CaSO}_4 \cdot (1/2)\text{H}_2\text{O}$]，

又叫熟石膏。半水石膏在遇水后会立即与石膏胶凝材料。所以，废模型石膏可当二水石膏使用。

另外，在工业生产中也有废石膏产生，这些大多是以石灰进行脱硫时形成，如制造磷酸时以二水石膏为主要成份的下脚料，因含有磷酸盐杂质，故称为磷石膏；生产氢酸时的下脚料（因含氟）氟石膏，其主要成分也是二水石膏。

加气混凝土较常用的是天然生石膏、废模型石膏和磷石膏。氟石膏近年来因氟里昂产量增加而有所增加，与一般石膏不同，氟石膏具有促凝作用，因而被一些工厂用来生产低体积密度加气混凝土，但因对蒸压釜有一定的腐蚀，所以未被广泛采用。

石膏在加气混凝土中的作用：

- 1、抑制石灰的消化，使其消化时间延长，并降低最终消化温度。
- 2、参加铝粉的发气反应，当有石膏存在时，同铝粉在与水反应时生成的氢氧化铝反应生成硫铝酸钙。因此，在某些加气混凝土（如水泥-矿渣-砂，水泥-砂）中，水泥中石膏被铝粉的反应消耗过多时，由于水泥中铝酸盐成分得不到石膏的抑制就可能发生快速凝结，这时应补充加入石膏。
- 3、提高坯体及制品的强度，改善收缩等性能。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，使坯体强度提高。增强了坯体适应蒸压时温差应力和湿差应力的能力。在蒸压过程中，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进入 CSH (I) 中，其中部分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，阻止其向硬硅钙石转化，因而强度提高，收缩值降低。

二 纯碱

纯碱即碳酸钠 (Na_2CO_3)。主要用于水泥-矿渣-砂加气混凝土，其作用为：

- 1、提高料浆碱度，参与并加速铝粉的发气反应。
- 2、加速加气混凝土坯体的硬化，缩短坯体切割时间（主要是用于激发矿渣的潜能）
- 3、提高加气混凝土制品的强度，；因为 Na_2CO_3 能促进 SiO_2 溶解，有利于生成更多的水化产物。

三 硼砂

硼砂是白色结晶颗粒，分子式是 $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$ ，分无水硼砂、5 个结晶水硼砂和 10 个结晶水硼砂。

硼砂在水泥-矿渣-砂加气混凝土料浆中的作用是延缓料浆中水泥的水化和凝结速度，从而调节料浆的稠化速度，使其与铝粉发气速度相适应，并促进料浆的稳定。

四 烧碱

烧碱或称苛性钠即氢氧化钠 (NaOH)，易溶于水，能吸收空气中的水份和二氧化碳生成碳酸钠。烧碱具有强碱性和强烈的腐蚀性。

烧碱可以有效提高加气混凝土料浆的碱性，从而改善铝粉的发气条件，提高铝粉的发气速度。对于不用矿渣的加气混凝土，可以不用纯碱，而用烧碱来促进铝粉的发气反应。在采用矿渣的加气混凝土中，有时候为了改善发气和料浆流动性也采用少量烧碱。在以石灰为钙质材料的加气混凝土中一般很少使用。

五 水玻璃

水玻璃是将固体酸钠（或硅酸钾、硅酸钾钠）熔解在水中而得到的具有一定粘性的液体，分别称为钠水玻璃 ($\text{Na}_2\text{O} \cdot n\text{SiO}_2$)、钾水玻璃 ($\text{K}_2\text{O} \cdot n\text{SiO}_2$) 和钾钠水玻璃 ($\text{NaO} \cdot \text{K}_2\text{O} \cdot n\text{SiO}_2$)。式中 n 是 SiO_2 与 Na_2O （或 K_2O ）的摩尔比，又称为模数。

一般水玻璃的比重在 1.30-1.60 之间，模数在 2.0-3.5 之间，模数越大，水玻璃越粘。

水玻璃在加气混凝土生产过程中的作用是延缓铝粉在料浆中开始发气的时间，消除因铝粉，料浆温度、料浆碱度变化所引起的发气过早或过快的现象，使铝粉开始发气的时间与料浆浇注速度和稠化速度相适应。

水玻璃之所以能调节铝粉发气速度，目前有两种说法，一认为水玻璃深于水后生成硅酸胶体 (H_2SiO_3)，它可以推迟料浆中 NaOH 与铝粉的反应，其反应式如下：



另一种看法认为水玻璃在水中形成粘性胶体，粘附在铝粉颗粒表面，阻碍了与料浆的接触，从而推迟铝粉的发气。

水玻璃不仅能延缓铝粉开始发气时间，对铝粉的整个发气过程也有一定影响，若水玻璃过多，铝粉发气虽然控制了，但料浆稠化可能因此而提前，造成不良的后果。因此，用量应考虑多方面因素确定。

六 菱苦土

菱苦土又叫煅烧镁石灰，淡黄色或略带棕色的粉末，是菱镁矿 ($MgCO_3$) 经 700-1100 度煅烧后磨细而得，故又称苦土粉，是目前使用最多的蒸压养护过程的调节剂。

菱苦土的主要成分是 MgO，比重 3.5 左右，堆积密度 800-900kg/m³。煅烧时的分解反应式为：



低温 (700-900 度) 烧成的菱苦土遇水很快反应生成 $Mg(OH)_2$ 体积比原来增加 118%。而高温 (1000-1100 度) 烧成菱苦土则在遇水后消解时间延长至 8 小时以后，因此可用来调节蒸压过程中加气混凝土制品的膨胀。

配置钢筋的加气混凝土制品在蒸压过程中，制品中钢筋与加气混凝土都将发生

膨胀。由于钢的热膨胀系数为 $1.2 \times 10^{-5} \text{mm/m} \cdot ^\circ\text{C}$ ，而加气混凝土热膨胀系数只有 $0.8 \times 10^{-5} \text{mm/m} \cdot ^\circ\text{C}$ 左右，也就是说，假如一块 3.6m 的加筋板，由 60°C 上升到 198°C 时，在长度方向上，钢筋与加气混凝土的热膨胀之差约为 1.99mm。显然，将导致板的裂缝。而菱苦土的加入，则可提高加气混凝土的热膨胀系数，使其尽量与钢筋的热膨胀系数相一致。

对菱苦土的质量要求，主要看消化时间是否满足生产的需要，一般要求消化时间在 XX（85）以上，菱苦土的消化时间与其煅烧温度有关，对应地说，煅烧温度最好在 $1000\text{--}1100^\circ\text{C}$ 。

第四节 结构材料

生产加气混凝土墙板和屋面板时，必须使用钢筋作为结构材料，以便使构件能够由弯曲荷载产生的拉应力，由于加气混凝土不同于普通混凝土而特有的多孔结构及高碱度，不能有效地保护其内部的钢筋不发生锈蚀。相反，因其蒸压养护工艺及使用过程中的吸湿性，钢筋极易被锈蚀。所以，在钢筋的使用上也不同于普通混凝土构件而必须进行防锈处理，其通常的方法是以防腐剂浸涂。

一 钢筋

在加气混凝土生产中使用的钢筋，应当满足加气混凝土板材受力情况和焊接的需要，应当考虑到加气混凝土制品进行蒸压养护等工艺特点。目前，在加气混凝土板材中，最常用的以 Q235 钢孔制的热轧圆盘条。近年来，为了适应有时市场紧缺的情况，一些企业通过试验，也采用 Q215 号钢轧制圆盘条。

1、对钢筋的技术条件

（1）根据标准 GB15762《蒸压加气混凝土板》的规定，钢筋应符合 GB1499《热轧钢筋》I 级钢的规定，即：

屈服点 \geq 240Mpa

抗拉强度 \geq 380Mpa

伸长率 \geq 21%

(2) 盘条外观尺寸偏差应符合表 3-5 规定。盘条表面不得有裂缝、折迭、结疤、分层及夹杂；允许有轻微的轧痕，局部麻面、凸块或划痕，但深度不应超过 0.2mm。

表 3-5 盘条尺寸允许偏差

直径 (mm)	直径允许偏差 (mm)		截面面积 (mm ²)	理论重量 (kg/m)
	普通精度	较高精度		
5.0	*0.5	*0.3	19.63	0.1541
5.5			23.76	0.1865
6.0			28.27	0.2219
6.5			33.18	0.2605
7.0			33.48	0.3021
7.5			44.18	0.3468
8.0			50.27	0.3946
9.0			63.62	0.4994
(10.0)			78.54	

注：计算圆盘条理论重量时，钢的比重采用 7.85。

(3) 椭圆度（在盘条同一截面内最大直径与最小直径之差）不得超过直径正负允许偏差绝对值之和的 0.5 倍。

(4) 圆盘条每盘的重量不应小于 50kf（在一批货中不少于 30kg 的圆盘条盘数允许在 5%以内），每盘应由整条钢筋组成，中间不得有断头。

(5) 各种钢号圆盘条在常温作弯心直径等于圆盘条直径的 180 度弯曲试验，试样上不应有裂缝、裂口、分层或折断。

2、钢筋的冷加工

为了提高钢筋的性能，人们利用钢在受到超过其弹性极限的外力作用下而表现

出的产生不可逆塑性变形，而其强度和硬度得到提高的现象，对钢材进行预加工，从而达到减小钢材断面，节约钢材用量的目的。通常采用的是在常温或在再结晶温度下进行冷加工，其方法有冷拉、冷轧、冷拔和冷弯。冷加工后的钢筋，强度提高，材质变硬、故这种现象和加工工艺又叫冷加工硬化。

二钢筋防腐剂

钢筋防腐的措施是针对钢材发生腐蚀的原因来采取的。其措施主要有三种，一是在钢材外表面施加保护性膜层，这里包括电镀、刷镀各种抗腐性好的金属膜；涂刷、浸渍各种非金属的水溶性或油溶性的保护涂层。二是在增强钢材自身的抗腐蚀性能上采取特殊措施，如在冶炼油过程中加入某些元素制成不锈钢或对表面进行钝化处理（发蓝、发黑）等。三是提高使用环境（如混凝土）对钢筋的保护能力。加气混凝土则采用防腐剂浸涂进行钢筋的防腐。

1、加防腐剂要求

加气混凝土的性能和生产工艺的特点，要求防腐剂除了应具备通常应当具备的防锈功能外，还应当满足与加气混凝土特点相适应的性能。其主要表现为：

（1）涂层必须能经受加气混凝土料浆和坯体高碱度（ $\text{PH} \geq 12$ ）和高温（180-200度），高湿（饱和蒸汽）的作用，不发生粉化、流淌、蒸发、脆裂或其它变质现象。

（2）经过蒸压养护以后，涂层应与钢筋和加气混凝土牢固地粘结。在作粘结力试验时，破坏应发生在加气混凝土中，而不能发生在涂层与钢筋或涂层与加气混凝土之间。

（3）涂料必须具有可加工性，如用浸渍槽浸涂，涂料必须有足够的可储存时间，在这一时间里，不产生沉降离析，不凝结，不结膜，不变质。能保持良好的流动性和粘性。

出的产生不可逆塑性变形，而其强度和硬度得到提高的现象，对钢材进行预加工，从而达到减小钢材断面，节约钢材用量的目的。通常采用的是在常温或在再结晶温度下进行冷加工，其方法有冷拉、冷轧、冷拔和冷弯。冷加工后的钢筋，强度提高，材质变硬、故这种现象和加工工艺又叫冷加工硬化。

二钢筋防腐剂

钢筋防腐的措施是针对钢材发生腐蚀的原因来采取的。其措施主要有三种，一是在钢材外表面施加保护性膜层，这里包括电镀、刷镀各种抗腐性好的金属膜：涂刷、浸渍各种非金属的水溶性或油溶性的保护涂层。二是在增强钢材自身的抗腐蚀性能上采取特殊措施，如在冶炼油过程中加入某些元素制成不锈钢或对表面进行钝化处理（发蓝、发黑）等。三是提高使用环境（如混凝土）对钢筋的保护能力。加气混凝土则采用防腐剂浸涂进行钢筋的防腐。

1、加防腐剂要求

加气混凝土的性能和生产工艺的特点，要求防腐剂除了应具备通常应当具备的防锈功能外，还应当满足与加气混凝土特点相适应的性能。其主要表现为：

（1）涂层必须能经受加气混凝土料浆和坯体高碱度（ $\text{PH} \geq 12$ ）和高温（180-200度），高湿（饱和蒸汽）的作用，不发生粉化、流淌、蒸发、脆裂或其它变质现象。

（2）经过蒸压养护以后，涂层应与钢筋和加气混凝土牢固地粘结。在作粘结力试验时，破坏应发生在加气混凝土中，而不能发生在涂层与钢筋或涂层与加气混凝土之间。

（3）涂料必须具有可加工性，如用浸渍槽浸涂，涂料必须有足够的可储存时间，在这一时间里，不产生沉降离析，不凝结，不结膜，不变质。能保持良好的流动性和粘性。

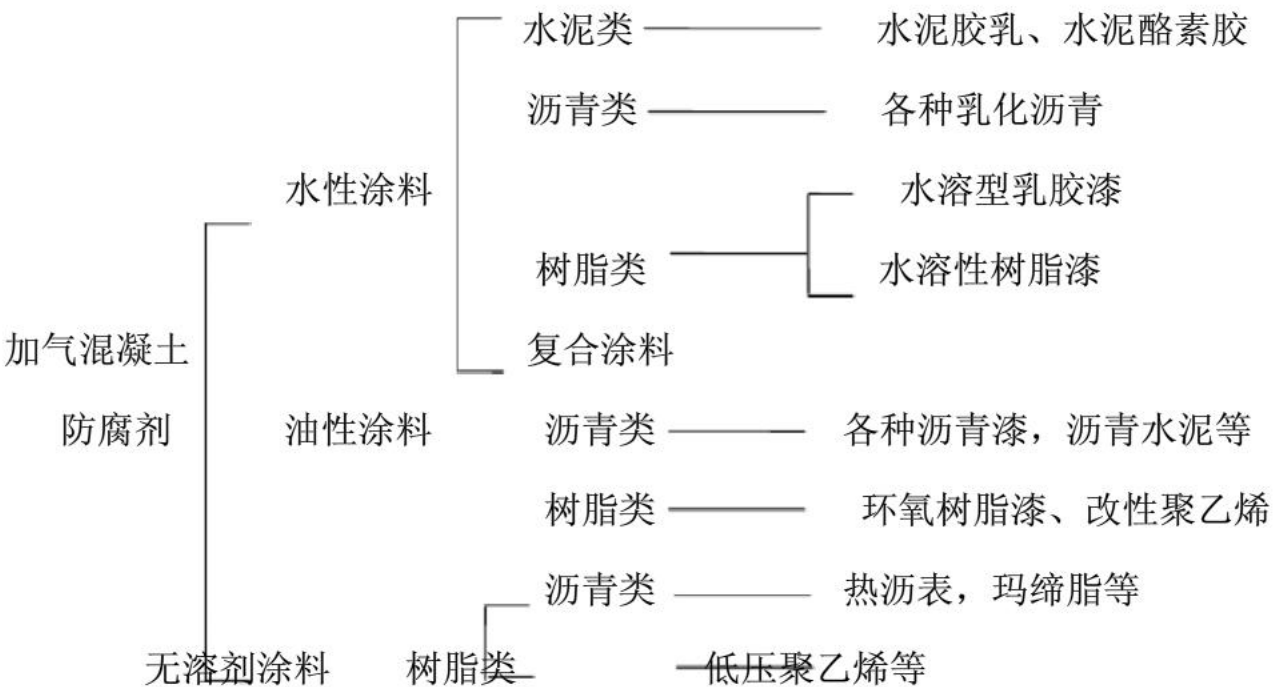
(4) 不论用什么方法浸涂，涂层必须很容易粘着于钢筋上，并在钢筋表面形成一层具有一定厚度的坚硬涂层，保证涂层在钢筋网片的搬运和组装过程中不损坏。涂层的弹性模量应远大于加气混凝土，以保证板材在长期荷载作用下具有良好的结构性能。

(5) 涂层的防腐能力应达到规定的标准，即应具有良好的抗渗性，能有效地防止氧气和其它腐蚀气体及物质的浸渗，本身对钢筋没有腐蚀性。

(6) 成本较低，原料易于解决，生产加工工艺便于掌握和控制。

2、防腐剂的主要类型

世界各国应用的防腐剂种类多，且具有各自的专利，但无论那种防腐剂，都在憎水、密实，耐温、耐碱、高强和工艺方便几个方面具备了一定程度的实用价值。其中最主要的、研究应用最多的是涂料类防腐剂，这类防腐剂又可分为三种类型：加气混凝土防腐剂的主要类型



(1) 水性涂料

以水为分散介质，将构成防腐涂层的各种物料分散或溶解在水中，形成具有良

发了工艺性能的乳浆状水性混合物。其最大优点是利用廉价的水为工艺媒介，而且无毒、不燃烧、便于操作。在这类型涂料中，又可按构成防腐涂层的物料，分为水泥类、沥青类、合成树脂类和复合类等四个类型。

（2）油性涂料

油性涂料以有机溶剂为媒介，将以高分子有机物质为主体的物料溶角稀释，制成可以涂刷施工的液体涂料。根据溶质性质，又可将这类涂料分为沥青分为沥青类和树脂类二种类型，这类涂料大多具有良好的憎水性，涂刷方便，能形成坚实的保护膜，但一般有机溶剂较贵，溶剂的挥发和易燃性也是其缺陷之一，所以目前实际使用较少。

（3）无溶剂涂料

无溶剂涂料是以加热熔化的办法使涂料成为可流动状态，然后涂敷于钢筋，这类涂料主要也是沥青类和树脂类二种。

我国加气混凝土工业先后试制、应用过石灰乳化沥青防腐涂料、水泥-酪素-乳胶防腐剂、水泥-酚醛-沥青防腐剂（即 727 防腐剂）、沥青硅酸盐防腐剂、苯-丙乳液防腐剂、沥青-乳胶防腐剂（LR 防腐剂）、聚合物水泥防腐剂（872）防腐剂）和水性高分子涂料（西北-1 型）防腐剂等 8 种，具有各自的特点，也有各自的不足。

第四章 原材料制备

加气混凝土的原料绝大多数要进行加工制备，以符合工艺要求，通过加工制备，

使物料改变物理形态，改善物理化学性能以及便于计量与输送。

第一节粉煤灰的脱水浓缩

粉煤灰的脱水浓缩是针对湿排粉煤灰进行的（部分直接采用输送过程中的尾砂也需进行脱水浓缩）。湿排粉煤灰从排灰源用高压水经排灰管道排入灰池时，按设备条件，排入的粉煤灰悬浮浓度通常只有 2.5-5%，即水和灰的液固比高达 40:1-20:1。因此，必须把过多的水分除掉才能投入使用。一般对脱水程度要求能达到以下两点：

（1）脱水后的粉煤灰料浆浓度一般不低于 50%，按配方要求粉煤灰的用量来确定其允许含水率。

（2）脱水浓缩的粉煤灰浆要便于输送和贮存。

通常，采用的脱水的方面有自然沉降、自然沉降加真空脱水和机械脱水三种。

1、自然沉降

自然沉降是一种比较原始的脱水方式，基本不需要设备投入，但脱水时间较长，占地面积较大。通常是砌筑连在一起的几个贮浆池，轮流注满粉煤灰悬浮液，使表层的清水溢出，未经一定时间沉淀后，用人工或机械挖取。自然沉降脱水后的粉煤灰含水率由气候条件决定，一般能满足生产要求。

2、自然沉降加真空脱水

在专用的沉降池中，沉降池底部设真空排管，当灰水排入池中后，先以自然沉降从溢流口排出清水，溢流水排完后，开动真空泵将沉积在池底部粉煤灰浆中的游离水吸去，脱水的粉煤灰含水率约为 30%左右，可采用机械挖取及皮带输送机输送。

3、机械脱水

机械脱水也可分为两种，一种是真空脱水机械，是以旋转的筒体，粉煤灰悬浮

液喷淋于筒体外表，并从筒体中部以真空泵抽吸脱水，脱水后的粉煤灰含水量较低。若采用湿磨，乃需加水。而采用干磨则需进行烘干，考虑到设备投入较高，一般加气混凝土生产中不采用此脱水，

为了使用方便和灰浆浓度更为稳定，在有条件的情况下，可将排灰管直接接至厂内，在厂内有限的地方，以较快的方法处理浓度很小的大量粉煤灰悬浮液，实现连续、快速、高效地使粉煤灰悬浮液得到浓缩，通常采用耙式浓缩机脱水浓缩。

为了使用方便和灰浆浓度更为稳定，在有条件的情况下，可将排灰管直接接至厂内，在厂内有限的地方，以较快的方法处理浓度很小的大量粉煤灰悬浮液，实现连续、快速、高效地使粉煤灰悬浮液得到浓缩，通常采用耙式浓缩机脱水浓缩。

由耙式浓缩机为核心设备的脱水生产线由进灰管、灰渣分离振动筛、排渣胶带输送机、耙式浓缩机、浓浆搅拌罐、砂浆泵、贮浆罐等设备组成。灰水经振动筛去渣后引入浓缩池，在池内自然沉降到池底，清水由上边溢流口排出，池底粉煤灰通过浓缩机的钢耙收集到底部中心卸料口，经管道排入搅拌罐。这时的粉煤灰为较浓的浆状，在搅拌罐内的灰浆调整到适当浓度后用砂浆泵输送到贮浆罐备用。

机械脱水可使粉煤灰浆浓度达到 53-56%其浓缩脱水的速度由进灰、排灰速度及钢耙转速决定，而钢耙转速取决于粉煤灰的细度。粉煤灰细，沉降速度慢，容易被搅拌泛起，则钢耙速度应慢些；反之粉煤灰粗则可快些。排浆次数也可快些。根据我国一些厂的经验，钢耙转速通常在 4-8m/min。

使用浓缩池应当注意以下几个方面：

- (1) 灰水放入池后应适时启动耙灰机，启动过早不利于粉煤灰沉降；启动过晚，

则容易发生“压耙”事故。

(2) 脱水过程中，新的灰水输入时，应避免向池中直接冲卸，以免把已经沉降的粉煤灰重新搅动泛起，最好在沉降池前设一溜槽，使灰水平缓流入池内。

(3) 沉降池应设紧急排浆口，以便在必要时将不合要求的灰水排出。

(4) 在突然停电或发生机械故障时，应用高压水冲排池底的积灰，以免因静置时间过长而结池。

浓缩后的粉煤灰浆，均要测定其含水量，以其干燥前后的重量来确定其含水率。但此方法费时较长，不便于控制使用，比较方便的是通过测定粉煤灰浆的比重来换算出含水率，此法在控制球磨机出料速度也同样快捷方便。方法是：先称取一定体积（500ml）的粉煤灰浆，换算其比重，然后烘干称量干灰重量，计算浓度，重复以上步骤，建立粉煤灰比重与浓度对应关系，列出不同比重时对应浓度关系表以备查用，需要注意的是，此法是建立在粉煤灰比重不变的条件下的。也就是说，适用于某一种粉煤灰。当粉煤灰出现变化时，此表也应相应修正。

第二节 块状物料的破碎和磨细

为了使物料符合工艺要求，一般钙质材料与硅质材料都要经过磨细，而有些块状物料进入磨机前，还必须首先进行破碎，以达到要求的进料粒度。

一 破碎

块状物料如生石灰和天然石膏等。在进行磨细之前必须破碎到适合磨机要求的进料粒度。常用的破碎机械有多种。加气混凝土行业主要使用鄂式破碎机，锤式破碎机，选择破碎机主要根据物料的品种，出料粒度与产量，同时参考设备的投入与维修。

在加气混凝土工厂中，块状物料的破碎量小而简单，常采用单独一台（种）破

碎机进行，破碎点也是生产线的主要扬尘点，应注意防尘及安全。

破碎机的进料口，常被告用于物料的第一次均化，操作员应树立工艺质量观念，严格按工艺操作规程进行操作。破碎后的粒状物料，通过输送设备送至磨头仓，磨头仓的作用一是储备物料，保证粉磨的连续进行，二是对物料进行第二次均化。

二磨细的作用

对粒状物料进行磨细是加气混凝土生产工艺的主要环节之一，磨细一般分干磨、湿磨、干湿磨及湿混磨四种，磨细对从浇注成型到制品的最终性能都有着重要的影响。

- 1、磨细可以极大地提高物料的比表面积，增强物料参加化学反应的能力。
- 2、磨细使物料颗粒变小，也打破了如粉煤灰的团粒，产生了许多新的表面，处于新表面的石英晶体因研磨扭曲晶格，变得不完整或无定形化，提高了溶解速度；从而促进了 SiO_2 与 CaO 的反应，起到了激发某些物料内能的作用（如粉煤灰、矿渣），使得这些物料的活性得以充分发挥。
- 3、经磨细的物料，单颗粒的体积和重量大大降低，减缓了物料的沉降分离速度，为料浆的稳定创造了条件。
- 4、磨细的料浆具有较好的保水性及部分成份的溶解而提高的粘度，可以使料浆具有适当的稠度和流动性，给发气膨胀创造了良好的条件。
- 5、适当细度的物料，有利于料浆保持适当的稠化速度，有利于形成良好的气孔结构及提高坯体强度加快硬化速度，以满足切割要求。
- 6、当两种以上物料（包括钙质材料和硅质材料）同时进行磨细，可以提高物料的均匀性，并使其进行初步反应，特别是水热球磨，能产生 C-S-H 凝胶，对料浆及制品均有利。

三材料的磨细

磨细的流程主要是由磨头仓、喂料机、磨机及料仓（料罐）等组成，中间以溜管、螺旋输送机、斗式提升机、气力输送装置及输送泵等连接。根据不同的磨细形式及材料，装置不同的设备，加气混凝土生产一般选球磨细设备，球磨机由一个圆形筒体、两个端盖、端盖的轴颈支承轴承和装在筒体上的齿轮组成图略。

根据需要，可在筒体的进料端加装给料器，在出料端加装圆料筛，筒体内装入一定量的适当的规格的研磨体（钢球和钢段）和被磨物料，通常其总装入量为筒体有效容积的 25-45%，当电动机通过齿轮带动筒体转动时，磨内研磨体和物料在摩擦力和离心力的作用下被带动作相应的弧形运动。当磨机转速达到工作速度时，钢球通过衬板被带到筒体的上部，在接近顶端的位置，由上向下抛落或泻落，从而对下部物料进行冲击，而钢段则主要作翻滚运动，从而对物料进行研磨，钢球的冲击，以破碎大颗粒为主，钢段的研磨是以磨细较小的颗粒为主。球磨机就是通过这不断的冲击和研磨，实现对物料的磨细。磨细的物料通过磨机出料端的格子板，场料板和轴颈内的出料螺旋卸出料罩的圆筒筛内过筛卸出。

1、干磨

加气混凝土原材料采用干磨，主要是石灰单一干磨、石灰和石膏的混磨、石灰和粉煤灰（或砂）的混磨。

石灰的单独磨细是加气混凝土工厂最常见的粉磨方式。其过程是块状石灰经破碎以后进入磨头仓，由磨头仓经给料机送入球磨机，石灰的硬度并不高，但对于其它原材料，却有其特殊性。即石灰在磨细过程中易吸湿而引起糊磨，使磨机效率降低，通常，在磨细的过程中需要加入适量的助磨剂，用得比较多的

是三乙醇胺，其方法是在喂料器出料口设-自流滴管，控制一定的速度滴加。三乙醇胺的加入量一般控制在 0.16-1.3%之间。

采用三乙醇胺助磨剂，除了提高粉磨效率，消除糊磨现象外，还能有效延缓石灰混磨或与石灰轮换使用同一台磨机磨细，前者石膏还能起到助磨作用，两种物料混合更加均匀，有利于石膏发挥调节石灰消化速度和促进水化产物生成的作用。但是，因石膏已掺入石灰，比例已固定，若生产中需单独调整石灰或石膏的比例时，都将带入另一物料，因而，减少了的生产中调节的机会；后一种形式在粉磨后分别送入不同的配料仓，配料时，石灰、石膏仍单独计量配料，但在轮换磨物料时，仍然使石灰里掺有一定的石膏或石膏里混有部分石灰，而且，主要集中在轮换的开始阶段，石膏中掺入石灰对浇注的影响较小，但石灰中混有石膏，对浇注的影响就比较大，因此，配料时更应注意。

粉煤灰与砂的干磨，在控制上比石灰方便。有些工艺也采用混磨胶结料，如干粉煤灰中掺入石灰和石膏、水泥；或砂中掺入部分石灰、水泥等，具有提高粉磨效率、使物料充分混合的优点。

干磨的质量控制主要是检测物料的细度。一般都是以测定物料的筛余量来实现。

2、湿磨

湿磨，故名思意就是湿法磨细（主要针对硅质材料）。在工艺上基本与干磨相同，所采用的磨机也相似，所不同的贮存改用罐，而输送改用渣浆泵。

当所采用的硅质材料含有较多的水份时，可采用湿磨工艺来制浆，从而避免了湿物料的烘干工艺及烘干过程的能源消耗。湿磨也能大降低生产场地的粉尘污染，提高生产效率。

通常，湿磨是在磨机喂料口加水，加水量直接影响磨面出浆的浓度及物料的细度，加水量大，则出料速度快，而细度较粗；加水量小，出料慢，出料慢，出

料细度小，但也往往造成糊磨或出料堵塞。因此，各厂都应根据各自的原料，掌握各自合适的加水量。一般，以控制出料的比重较为方便（参见第一节），既可控制浆体浓度，也能控制细度。

硅质材料磨细后的贮浆罐通常设置两个以上，不仅具有贮存作用，以保证配料的连续进行，更是磨细的质量控制点，以控制细度和调节浓度，同时，浆体的贮存，也能改善其自身的某些性能（特别是粉煤灰），如悬浮性。因为贮存有利于粉煤灰玻璃体的溶解，提高浆体的粘度，从而改善其悬浮性能，有利于浇注稳定。

为了改善硅质材料浆体的悬浮性，近几年来，我国科技人员结合国情，开创出水热球磨工艺，将部分石灰等提前与硅质材料一同加水湿磨，提供了一个石灰预先消化并与硅质材料初步反应的机会，水泥-石灰-砂加气混凝土的水热球磨投入磨细的是全部的砂子、石膏掺入配比中 5%的石灰（约占有石灰用量的 25%）；水泥-石灰-粉煤灰加气混凝土的水热球磨是全部的粉煤灰和石膏，掺入配比中 5-10%的石灰（约占石灰用量的 20-30%）。在湿磨或制浆时加入部分废浆这种单纯消化废浆的方法，此方法配合错层配料工艺首先用于徐州永发新型墙体材料有限公司，后在焦家金矿建材公司、枣庄鲁南新型材料有限公司等企业得到普遍应用。

第三节 液体物料及铝粉悬浮液的制备

一、纯碱溶液的配制

纯碱和硼砂系固体粉末，在水中溶解较慢（尤其是硼砂），因此，必须事先配成溶液才能满足配料浇注的要求。

碱溶液的浓度不宜太高和太低，浓度太高，在贮存和输送过程中，纯碱和硼砂容易结晶析出，使管道和阀门堵塞；浓度太低，使配制和贮存容器体积增大，

同时还要增加配制碱溶液的操作次数。根据北京加气混凝土厂的情况和经验，碱溶液浓度在 35-40%比较适宜。

碱溶液的温度根据碱溶液的浓度和贮存条件而定。当碱溶液浓度定为 40%时，其温度最好保持在 60-80 度，低于此温度时，由于纯碱和硼砂的溶解降低，溶解速度减慢，配制搅拌时间要加长，另外，配好的溶液也容易结晶析出，对生产使用不利，一般要求能在 80 度以上，此时溶液浓度比较稳定。

二可溶油的配制

将 40-50 度的热水加入可溶油搅拌机（容积为 0.2 立方米，转速 80r/min，电机功率 0.2kw）内，开动搅拌机；加入三乙醇胺和油酸，继续搅拌，直到油酸全部溶解为止。注意，用凉水配制时，需要多搅些时间并最好在开始时少加些水，等搅开后再补齐。

三铝粉悬浮液的配制

目前，加气混凝土行业大多数企业已采用铝粉膏作为发气剂，但也不排除以铝粉为发气剂，通常，若采用铝粉时，均以脱脂剂进行脱脂，而不使用烘烤法脱脂，以保证生产的安全。

1、铝粉的脱脂

（1）以拉开粉（二丁奈酸钠）作脱脂剂

将拉开粉用 50 度左右的热稀释溶解。拉开粉与水的重量比为 1：500。使用时把拉开粉溶液计量注入铝粉脱脂搅拌机内，然后加入经计量的铝粉，搅拌至铝粉均匀分散地悬浮在水中即可，每克拉开粉可处理铝粉 25g。

（2）以 SP 型稳泡脱脂剂处理铝粉

用温度为 50-60 度的热水浸泡剂干粉 8h，配制重量比为干粉，水=1：20。使用时把溶液搅匀，取溶液连同渣滓一起加入铝粉脱脂搅拌机中即可。每克 SP 干粉

同时还要增加配制碱溶液的操作次数。根据北京加气混凝土厂的情况和经验，碱溶液浓度在 35-40%比较适宜。

碱溶液的温度根据碱溶液的浓度和贮存条件而定。当碱溶液浓度定为 40%时，其温度最好保持在 60-80 度，低于此温度时，由于纯碱和硼砂的溶解降低，溶解速度减慢，配制搅拌时间要加长，另外，配好的溶液也容易结晶析出，对生产使用不利，一般要求能在 80 度以上，此时溶液浓度比较稳定。

二可溶油的配制

将 40-50 度的热水加入可溶油搅拌机（容积为 0.2 立方米，转速 80r/min，电机功率 0.2kw）内，开动搅拌机；加入三乙醇胺和油酸，继续搅拌，直到油酸全部溶解为止。注意，用凉水配制时，需要多搅些时间并最好在开始时少加些水，等搅开后再补齐。

三铝粉悬浮液的配制

目前，加气混凝土行业大多数企业已采用铝粉膏作为发气剂，但也不排除以铝粉为发气剂，通常，若采用铝粉时，均以脱脂剂进行脱脂，而不使用烘烤法脱脂，以保证生产的安全。

1、铝粉的脱脂

（1）以拉开粉（二丁奈酸钠）作脱脂剂

将拉开粉用 50 度左右的热稀释溶解。拉开粉与水的重量比为 1：500。使用时把拉开粉溶液计量注入铝粉脱脂搅拌机内，然后加入经计量的铝粉，搅拌至铝粉均匀分散地悬浮在水中即可，每克拉开粉可处理铝粉 25g。

（2）以 SP 型稳泡脱脂剂处理铝粉

用温度为 50-60 度的热水浸泡剂干粉 8h，配制重量比为干粉，水=1：20。使用时把溶液搅匀，取溶液连同渣滓一起加入铝粉脱脂搅拌机中即可。每克 SP 干粉

可处理铝粉 1g。

(3) 以净洗剂 7102 作脱脂剂

将净洗剂计量后倒入桶内，放自来水使液面到达预定的高度，搅拌使溶液均匀。溶液浓度为 1%。使用时先在铝粉搅拌机内的放适量温水，水温约 40 度。然后计量净化洗剂溶液并倒入搅拌机，在搅拌的情况下放入计量好的铝粉并继续搅拌至形成悬浮即可。每克净洗剂可处理 100-150g 铝粉。

(4) 以皂素粉为脱脂剂

先计量皂素粉，然后将其倒入已经放有适量自来水的铝粉搅拌机中，搅拌约 1min。将计量好的铝粉倒入搅拌机，搅拌至铝粉悬浮于水中为止。每克皂素粉可处理铝粉 1-1.5g。

除以上工艺而外，还可以用平平加，石蜡皂，天然皂素植物和洗衣粉等处理铝粉，因平平加，石蜡皂已基本不用，天然植物类使用很少（应提前数小时制备，以便皂素折出），洗衣粉等使用时可以直接加入水中，因而本节不再详述。必须提及的是，如皂素粉等起泡力较强的材料，在使用时应注意不要过分搅拌，以免泡沫过多溢出搅拌机，处理铝粉的水温虽然对脱脂有一定帮助，但水温过高（比如 60 度以上），可能会促成脱脂铝粉表面的氧化而造成发气迟缓，严重时可能发生不发气现象。另外，处理好的铝粉悬浮液最发了及时使用，不要长时间贮存，以免铝粉变质，影响发气和浇注的稳定。

2、铝粉膏制备悬浮液

通常，铝粉膏不用脱脂，且目前市场提供的铝粉膏多为亲水性，水分散性较好，可直接投入搅拌机，但为了使铝粉能迅速与料浆混合均匀，并改善浆体的稳定性、在实际使用中，还是将其制成悬浮液，其方法是将 1500g 铝粉膏与 200-500g（视铝粉膏和洗衣粉性能而定）普通洗衣粉溶入 6-8l，50 度左右的温水中，经

搅拌即可。

第五章 配料浇注

配料浇注是将各种加工制备好的物料按配合比要求进行计量、搅拌混合后浇注

入模，经过发气膨胀形成加气混凝土坯体的过程，是加气混凝土生产过程中的关键工序。

从坯体形成的过程来看，加气混凝土坯体实际上经过了形成气孔和坯体硬化两个阶段。因此，可以说，配料浇注的目的在于使料浆中产生气孔，形成含有符合要求的气孔的坯体。前者靠发气材料在料浆中发气来实现，后者主要靠料浆中的胶凝材料的水化和凝结完成。两者性质不同而又紧密相关。可以说，没有顺畅的发气，就形不成好的坯体，同时，没有胶凝材料良好的水化与凝结，也不能实现顺畅的发气，同样得不到好的坯体，而这一切都由在配料浇注过程中的配合比及工艺条件所决定。可以说，它关系到坯体性能的好坏。因而关系到加气混凝土制品性能的优劣和产品质量水平。

第一节 配合比与生产配方

一、配合比的基本概念

1、钙硅比

如前所述，加气混凝土之所以能够具有一定的强度，其根本原因是由于加气混凝土的基本组成材料中的钙质材料和硅质标志着蒸压养护条件下相互作用，氧化钙与二氧化硅之间进行水热合成反应形成新的产物的结果。因此，为了获得必要的生成物（包括质量和数量），必须使原材料中的氧化钙（CaO）与二氧化硅（SiO₂）成分之间维持一定的比例，使其能够进行充分有效的反应，从而达到使加气混凝土获得强度的目的。我们把加气混凝土原材料中的氧化钙与二氧化硅之间的这种比例关系，称为加气混凝土的钙硅化，它是加气混凝土组成材料中 CaO 与 SiO₂ 的总和的摩尔数比，写成 C/S。

加气混凝土不同于水泥等其它硅酸盐制品，其强度还包括气孔的开关和结构，而良好的气孔与结构又有赖于料浆的发气膨胀过程。因此，对某一品种的加气

混凝土和一定的材料，生产工艺来说，C/S 有一个最佳值和最佳值和最佳范围。从我国主要的三种加气混凝土品种来看，水泥-矿渣-砂加气混凝土的 C/S 在 0.54 左右；水泥-石灰-粉煤灰加气混凝土的 C/S 在 0.8 左右；而水泥-石灰-砂加气混凝土的 C/S 约在 0.7-0.8 之间。

加气混凝土的钙硅化比不同于溶液中的摩尔比，更不等于水化硅酸钙的碱度。因此，不能机械地把钙硅比与水化产物的组成和性能等同起来。

2、水料比

水在加气混凝土生产中是很重要的，它既是发气反应和水热合成反应的参与组份，又是使各物料均匀混合和进行各种化学反应的必要介质，水量的多少直接关系到加气混凝土生产过程的质量。

衡量西方中用水量的多少，常用水料比这个概念，水料比指料浆中的总含水量与加气混凝土干物料总和之比。

水料比=总用水量/基本组成材料干重量

水料比不仅为了满足化学反应的需要，更重要的是为了满足浇注成型的需要。适当的水料比可以使料浆具有适宜的流动性，为发气膨胀提供必要的条件，适当的水料比可以使料浆保持适宜的极限剪切应力，使发气顺畅，料浆稠度简适宜，从而使加气混凝土获得良好的气孔结构，进而对加气混凝土的性能产生有利的影响。

不同的加气混凝土品种，原材料性能及产品的体积密度，在一定的工艺条件下，都有它的最佳水料比，一般来说，体积密度 500kg/立方米的水泥-矿渣-砂加气混凝土的最佳水料比为 0.55-0.65；500 每千克立方米的水泥-石灰-粉煤灰加气混凝土的最佳水料比为 0.60-0.75。

从加气混凝土的气孔结构和制品强度出发，通常希望水料比能够稳定在较小的

范围内，并保持较低的数值，而当因材料波动需较林范围变动水料比时，将影响浇注的稳定性、气孔的结构和坯体的稠化硬化速度，从而大大地影响到制品的质量。

3、设计体积密度

加气混凝土的体积密度（原称容重）是加气混凝土制品的一个重要物理性能指标。体积密度与制品的含水量有关。通常，可分为出釜体积密度和绝干体积密度在自然状态下旋转一定时间后，制品的含水因空气湿度的相对稳定而达到相对平衡，此时称为自然状态体积密度（因气候条件而变）。

加气混凝土的设计体积密度是进行配全比计算的基本根据之一，代表所设计的加气混凝土制品在完成蒸压养护后，单位体积的理论干燥重量。即包括各基本组成材料的干物料总量和制品中非蒸发水总量（其中包括化学结合水和凝胶水）

二加气混凝土的配合比

加气混凝土和其它混凝土一样是由几种材料组成的。因此，就存在用哪几种材料，每种材料用多少的问题。配料中所采用的各材料用量的百分比就叫作配合比。

对加气混凝土而言，确定一个好的配合比，必须满足下列要求：

（1）制品具有良好的使用性能，符合建筑的要求。在诸多性能中，首先是体积密度和抗压强度。同时，也要考虑到制品的耐久性性能。

（2）制品或坯体具有良好好的工艺性能，与工厂生产条件相适应。如浇注稳定性。料浆的流动性（稠度）、硬化时间以及简捷的工艺流程等。

（3）所采用的原材料品种少，来源广泛，价格低廉，无污染或低污染，并尽可能多利用工业废料。

加气混凝土的配合比的确定和使用，一般要经过理论配合比的研究试验，生产

用基本配合比的确定，并考虑配合比的经济性，最后计算确定配方。

1、水泥-石灰-粉煤灰加气混凝土的配合比

(1) 钙质材料的选用

水泥和石灰都可以单独作为钙质材料来生产加气混凝土，但都存在一些缺陷，以水泥作单一钙质材料，其最适宜的用量为 40%，不仅水泡用量大，产品成本高，而且制品强度较低；而采用石灰作单一钙质材料，粉煤灰虽然可以用到 75%以上，但是由于石灰用量单一，其消化特性和硬化特点不能得到有效调节和补充。一般来说，坯体往往在初期硬化速度较快（快于发气速度），而后期硬化速度又较慢，坯体强度较低，静停时间较长，难以适应机械切割；又由于石灰质量波动较大，作为单一钙质材料时，增加了控制的难度。因此，目前国内加气混凝土厂都趋向于使用水泥-石灰（以石灰为主）混合钙质材料。这样既可以降低水泥用量，又可以更好地控制生产，需要说明的是，也有少数工厂现在采用石灰单一钙质材料进行生产，这与所使用的硅质材料粉煤灰的质量及工厂的生产控制水平密切相关。

(2) 水泥和石灰用量确定

当配方的 C/S 比确定后，仅是确定了粉煤灰与石灰加水泥的比例，确定石灰与水泥各占多少，也是一个相当复杂的过程。期间，要考虑到形成水化产物，也要考虑到生产中工艺参数的控制，以形成良好的气孔结构；还要考虑到生产周期的长短。一般说来，在钙质材料中，起主要作用的是石灰，因为石灰是 CaO 的主要提供材料，也是料浆中热量的主要提供者，对制品的性能起着关键的作用，更对料浆稠化过程及坯体的早期强度起着决定性的作用；水泥也是 CaO 的提供者，但其遇水后迅速反应，产生大量的水化硅酸钙凝胶，料浆粘度迅速增长，坯体形成后，水泥的初凝促进了坯体强度的提高，从而有利于切割，这对

加气混凝土生产来说意义巨大，也就是说，水泥的作用主要是保证浇注稳定性并加速坯体的硬化。通常。在粉煤灰加气混凝土配比中，石灰的用量约为18%-25%；水泥的用量则是6-15%，石灰与水泥总量占30-35%，相应地粉煤灰为65-70%。

(3) 石膏用量

石膏在加气混凝土生产中的作用也具有双重性，在蒸压粉煤灰制品中，由于石膏参与形成水化产物，掺加石膏可以显著提高强度，减少收缩，碳化系数也有很大提高。同时，在浇注过程中，对石灰的消解有着明显的延缓作用，从而减慢了料浆的稠化速度。所以，石膏的掺入量。既要考虑提高制品性能，也要考虑控制工艺参数。如料浆的水料比、石灰的质量及用量等，一般石膏的掺入量控制在5%以内。

(4) 铝粉用量

铝粉用量取决于加气混凝土的体积密度。在使用相同质量的铝粉时，制品的体积密度越大，则铝粉用量越小。

理论上，我们可以根据制品的体积密度精确计算出铝粉用量：

根据铝粉在碱性条件下，置换水中氢的反应式：



可知，2克分子的纯金属铝，可产生3克分子的氢气，而在标准状态下，1克分子气体体积是22.41，铝的原子量是27，所以，铝粉的产气量为：

$$V_0 = 22.4 \times [3 / (2 \times 27)] = 1.241 / \text{g}$$

根据上式，可以用气态方程 $(V_1/T_1) = (V_2/T_2)$ 求出任何温度下铝粉的产气量：

加气混凝土体积可以简化为两部分：一部分为基本组成材料的绝对体积，另一部分是铝粉发气后形成的气孔体积，根据气孔体积，可以计算铝粉的用量：

$$M_{\text{铝}} = V_{\text{孔}} / (V_2 K)$$

式中： $m_{\text{铝}}$ ——单位制品铝粉用量（g/立方米）；

K ——活性铝含量

气孔体积等于制品体积减去各原材料及水所占体积通过材料用量与各自比重求得)。但是，在生产过程中，发气量受到随时变化的温度，料浆稠度等诸多因素的影响，通过理论计算来确定铝粉用量既不可能，也无必要，工厂都是在实践的基础上经验选取，并随时调整。通常，采用铝粉膏时，生产 600 千克/立方米加气混凝土以干物料 8/万的比例加铝粉膏。

(5) 废料浆

使用废料浆，不仅可以减少二次污染，而且可以大大改善料浆性能，提高浇注稳定性，并且提高制品性能。因为（新鲜）废料浆中，含有大量的 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 及水化硅酸钙凝胶，提高了料浆的粘度，改善了浆体性能，有利于形成良发了的坯体，从而提高产品质量。通常，废料浆加入以 5% 为宜。

2、水泥-石灰-砂加气混凝土

水泥-石灰-砂加气混凝土是历史最悠久的品种。但各国的配合比因各地材料及经济因素也各不相同。

(1) 钙质材料在配料中与粉煤灰加气混凝土有相似的情形，一般来说，单独使用水泥，不仅水泥用量大（多达 35-40%），经济上不合理，而且坯体硬化慢，强度低；单独采用石灰，也不便于对质量的控制。采用混合钙质材料，无论料浆浇注性能和制品性能，都创造了一个便于调节控制的条件，有利于生产高质量的产品，通常在加气混凝土配比中，石灰用量约占 20-30%，水泥约占 10-20%，石灰与水泥总量占 40%，相应地砂约占 60%。

(2) 石膏的用量

石膏在水泥-石灰-砂加气混凝土中与粉煤灰加气混凝土中的作用不尽相同，其作用主要为对石灰消解的抑制，可以使料浆稠化时间延长，使料浆温度上升平缓，有利于形成良好的气孔结构。因而对制品的强度在一定范围内有好外，但当用量过多时，易造成料浆稠化过慢而引起冒泡和下沉，甚至塌模。通常，石膏用量控制在 3%以内。

3、水泥-矿渣-砂加气混凝土

水泥-矿渣-砂加气混凝土是在水泥-砂加气混凝土工艺的基础上发展而来的，其特点是采用水泥为钙质材料，并尽可能多地以矿渣代替水泥，以减少水泥用量，由于目前高炉矿渣的应用前景广阔，矿渣已不再是无用的工业废料而供应渐趋紧张。许多原以矿渣为原料的加气混凝土生产企业，逐步改用水泥-石灰-砂工艺。

水泥在水泥-矿渣-砂加气混凝土中作用很重要，其性能好坏，将直接影响浇注稳定性、坯体硬化速度和制品强度，从综合效果来看，使用 42.5 普硅水泥比较合适，其用量约为 20%左右，相应地用矿渣量约为 30%，两者之各约 50%，若采用 32.5 矿渣水泥，则水泥用量将大大增加，矿渣用量则可降低。

4、各类加气混凝土配比范围：

表 5-1 各类加气混凝土配比范围

名称	单位	水泥-石灰-砂	水泥-石灰-粉煤灰	水泥-矿渣-砂
水泥*	%	10-20	6-15	18-20
石灰	%	20-30	18-25	—
矿渣	%	—	—	30-32
砂	%	55-65	—	48--52
粉煤灰	%	—	65-70	—

石膏	%	≤3	3-5	--
纯碱. 硼砂	千克/立方米	--	--	4.0.4
铝粉膏**	1/万	8	8	8
水料比		0.65-0.75	0.60-0.65	0.55-0.65
浇注温度	°C	35-38	36-40	40-45°C
铝粉搅拌时间	S	30-40	30-40	15-25

注：*采用 42.5 普硅水泥；**铝粉膏用量按 600kg/立方米规格计算。

三加气混凝土的配方计算

1、单位体积制品的干物料用量

在生产绝干体积密度为 500kg/立方米的产品时，实际干物料投料量不中 500kg。因为制品绝干体积密度是将单位体积制品在 105°C 下干燥至恒重的重量。此时，制品含有化学结合水，在计算干物料时，这部分水并没有计入配料重量。因此，计算干物料量时，应减去化学结合水的重量，制品中化学结合水量，视使用的钙质材料多少而异。根据经验，生石灰中 1 克分子有效氧化钙的化学结合水为 1 克分子；水泥中取 0.8 克分子氧化钙所化合的化学结合水为 1 克分子，则不难算出单位体积产品中结合水量，求出单位体积制品干物料用量。

$$M=r_0-B$$

式中：M——单位体积制品干物料用量（千克/立方米）

R_0 ——设计体积密度（千克/立方米）

B——制品中结合水量（千克/立方米）

例：绝干体积密度为 500 千克/立方米的粉煤灰加气混凝土配比为：水泥：石灰：粉煤灰：石灰=13：17：67：3；水泥中氧化钙含量 60%，石灰有效氧化钙含量 75%，

石膏	%	≤3	3-5	--
纯碱. 硼砂	千克/立方米	--	--	4.0.4
铝粉膏**	1/万	8	8	8
水料比		0.65-0.75	0.60-0.65	0.55-0.65
浇注温度	°C	35-38	36-40	40-45°C
铝粉搅拌时间	S	30-40	30-40	15-25

注：*采用 42.5 普硅水泥；**铝粉膏用量按 600kg/立方米规格计算。

三加气混凝土的配方计算

1、单位体积制品的干物料用量

在生产绝干体积密度为 500kg/立方米的产品时，实际干物料投料量不中 500kg。因为制品绝干体积密度是将单位体积制品在 105°C 下干燥至恒重的重量。此时，制品含有化学结合水，在计算干物料时，这部分水并没有计入配料重量。因此，计算干物料量时，应减去化学结合水的重量，制品中化学结合水量，视使用的钙质材料多少而异。根据经验，生石灰中 1 克分子有效氧化钙的化学结合水为 1 克分子；水泥中取 0.8 克分子氧化钙所化合的化学结合水为 1 克分子，则不难算出单位体积产品中结合水量，求出单位体积制品干物料用量。

$$M=r_0-B$$

式中：M——单位体积制品干物料用量（千克/立方米）

R_0 ——设计体积密度（千克/立方米）

B——制品中结合水量（千克/立方米）

例：绝干体积密度为 500 千克/立方米的粉煤灰加气混凝土配比为：水泥：石灰：粉煤灰：石灰=13：17：67：3；水泥中氧化钙含量 60%，石灰有效氧化钙含量 75%，

CaO 分子量 56, H₂O 分子量 18, 求单位体积干物料用量?

设: 每立方米制品化学结合水为 Bkg, B₁ 为水泥所需的结合水量; B₂ 为石灰所需的结合水量。

则: 每立方米制品干物量为 500-B

$$B_1 = \{ [13\% \times (500 - B) \times 60\%] / (56 \times 0.8) \} \times 18$$

$$B_2 = \{ [17\% \times (500 - B) \times 75\%] / 56 \} \times 18$$

$$B = B_1 + B_2 = 34 \text{ 千克/立方米}$$

即: 干物料重量为 500-34=466 千克/立方米

2、配方计算

配方可根据配比用:

$$M_x = mP_x$$

式中: M_x-单位制品中某原材料用量 (千克/立方米);

进行计算 (当加入废料浆时, 加入量抵硅质材料用量)。

为了避免二次污染及提高料浆的浇注稳定性, 配方中往往加入废料浆, 废料浆的加入方式有两种, 一种是将切除的面包头、边料等直接加入料浆罐, 另一种则制成一定比重的废料浆于配料时投入, 前者可以测定含水量后经验加入 (一般面包头含水率波动不很大), 而后一种则可根据各种材料的比重及配比计算废料浆的干物料量。用于配料的废料浆通常控制的比重是:

水泥-石灰-砂加气混凝土: 1.2-1.25 (kg/l)

水泥-石灰-粉煤灰加气混凝土: 1.25-1.35 (kg/l)

水泥-矿渣-砂加气混凝土: 1.2-1.3 (kg/l)

例: 已知加气混凝土的配比是水泥: 石灰: 砂: 石膏=10: 25: 63: 2, 水泥的比重为 3.1, 氧化钙 60%, 石灰比重取 3.1, 有效氧化钙 75%, 砂子比重 2.65,

石膏比重 2.3，废浆比重 1.25，水料比 0.65，浇注温度 45 度，求废浆中固体物料含量及 500 千克/立方米制品中各物料配方。

设：单位体积废料浆中固体物料为 X (kg/1)

例：已知加气混凝土的配比是水泥：石灰：砂：石膏=10:25:63:2，水泥的比重为 3.1，氧化钙 60%，石灰比重取 3.1，有效氧化钙 75%，砂子比重 2.65，石膏比重 2.3，废浆比重 1.25，水料比 0.65，浇注温度 45 度，求废浆中固体物料含量及 500 千克/立方米制品中各物料配方。

设：单位体积废料浆中固体物料为 X (kg/1)、含水量为 y(kg/1)。

则，单位体积废料浆中各组分绝对体积之各应为 1. 即：

$$(0.1X/3.1) + (0.25X/3.1) + (0.63X/2.65) + (0.02X/2.3) + (y/1) = 1$$

各组分重量之和应等于废料比重 1.25，即：

$$X+Y=1.25$$

得：Y=1.25-x 代入前式得

$$(0.1X/3.1) + (0.25X/3.1) + (0.63X/2.65) + (0.02X/2.3) + (1.25-x) = 1$$

整理得：X=0.39 (kg/1)

$$Y=1.25-0.39=0.86 \text{ (kg/1)}$$

这时，废浆重量百分比浓度为 31.2%，各物料配方根据

$$M=r_0-B \quad MX=mPx \text{ 计算}$$

$$\text{水泥结合水: } B_1 = \{ [10\% (500-B) \times 60\%] / 56 \times 0.8 \} \times 18$$

$$\text{石灰结合水: } B_2 = \{ [25\% (500-B) \times 75\%] / 56 \} \times 18$$

$$B=B_1+B_2=38.74 \text{ 千克/立方米}$$

$$\text{干物料: } m=r_0-B=500-38.74=461.26 \text{ 千克/立方米;}$$

$$\text{水泥: } M_{\text{水泥}}=MP_{\text{水泥}}=461.26 \times 10\%=46.1 \text{ 千克/立方米;}$$

石灰：M 石灰=MP 石灰=461.26X25%=115.3 千克/立方米

砂：M 砂=M (P 砂-P 废) =461.26X (63%-5%) =267.5 千克/立方米

石膏：M 石膏=MP 石膏=461.26X2%=9.2 千克/立方米

废料浆：M 废=MM 废=461.26X5%=23 千克/立方米

(M 废=23/0.39=59 (1/立方米))

(折算成重量的废料浆为：23.1/31.2%=74kg)

用水量：W=M₀-V 废 x Y=461.26X0.65-59X0.86=249.08 (千克/立方米)

铝粉量：已知标准状态下，1g 铝粉的理论产气量为：

$V_{45}=V_1X (T_2/T_1) =1.24X \{273+45\} /273) =1.44 (1/g)$

设 1 立方米加气混凝土总体积 V=10001，基本材料的绝对体积为 V 废。

则 V 基= (46.1/3.1) + (115.3/3.1) + [(461.26X63%) /2.65]+ (9.2/2.3)
+461.26X0.65=469.02 (1)

铝粉发气气孔体积：

$V 孔=V-V 基=1000-469.02=530.98 (1)$

根据 M 铝=V 孔/ (V₂xK)

铝粉量为：

M 铝=530.98/ (1.44X0.90) =409.7 (g)

(根据产品说明，铝粉活性铝含量为 90%)

至此，加气混凝土的配方全部计算得出。需要特别提出的是，以上计算是理论上的用量，并没考虑搅拌机余料及面包头余料。实际上，生产中石灰等原材料波动相当大，使生产中料浆的稠度、浇注浊度随之波动，导致配方的频繁更改，而往往更改配方落后于生产。因此，一些企业在积累了相当生产经验以后，均以一套简单的近似计算来确定配方，并在生产中随时调节各原材料的用量，以

适应工艺参数的要求，保证产品质量，现仍以上题为例。

根据生产经验，考虑到搅拌机余料，面包头及结合水等因素。单位体积用料量按体积密度干物料量加 5%的余量计算。

即干物料总量： $M=r_0(1+5\%)=500\times 1.05=525$ （千克/立方米）

废料浆：根据经验数据，5%的用量约为 25（千克/立方米）

即比重 1.25 时，体积取 $V_{废}=60$ （1/立方米）

其中含水： $W_{废}=50$ （千克/立方米）

配料用水： $W=W_0-W_{废}=525\times 0.65-50=291.25$ （千克/立方米）

水泥： $M_{水泥}=MP_{水泥}=525\times 10\%=52.5$ （千克/立方米）

石灰： $M_{石灰}=MP_{石灰}=525\times 25\%=131.25$ （千克/立方）

砂： $M_{砂}=MP_{砂}-25=525\times 63\%-25=305.75$ （千克/立方米）

石膏： $M_{石膏}=MP_{石膏}=525\times 2\%=10.5$ （千克/立方米）

铝粉：500 千克/立方米的加气混凝土，铝粉膏用量取 9/万

$M_{铝粉}=525\times 0.9\%=0.473$ （千克/立方米）

根据以上结果，以生产实际采用的模具规格（有时模具较小时，以 2 模为一搅拌单位）计算体积，就可求得实际投料量。在生产中，配合比常因工艺控制参数，生产成本等作适当调整，调整的依据之一，就是保持已知配合比的 C/S，对有关原材料进行调整。

第二节 配料搅拌及浇注

加气混凝土的配料工艺一般都是将各种物料的计量设备布置在同一楼层的同一房间内，其上层是供料的各种料罐及料仓，下层是进行搅拌和浇注的搅拌浇注机。配料采取分别控制或集中控制的办法进行操作，以便统一管理，方便工作；各设备的操作方式可以由操作者眼观手动，也可以通过电气联动实现自动控

制。国内外，已有不少企业以微机进行自动控制。浇注工艺方式主要有移动浇注和定点浇注两种，移动浇注是用行走式搅拌机，将物料配好下到搅拌机内，一边搅拌一边行走，到达模位后将搅拌好的料浆好的料浆浇注入模（由于物料接口无法固定，操作环境粉尘较大，且浇注后模具不便于保温，因此新建企业较少采用）；定点浇注是搅拌机固定，而模具移动到搅拌浇注机傍或下方接受浇注后再移开。

一、配料与浇注设备及其工艺特点

供配料使用的原材料从物理形态分有三种：即液体物料、浆状物料和粉状物料，此外还有铝粉或铝粉膏。

1、液体物料的计量

液体物料常用体积计量罐计量（现已多用重量计量）。其构造为一定体积的圆筒（下部为锥形），进出料管装有电磁阀（或气动阀），筒体上接有液位指示控制器。

2、浆状物料的计量

浆状物料采用料浆计量罐计量，分体积计量式和重量计量式两种。体积计量式料浆计量以玻璃液面计观察面进行控制。其结构比较简单，计量精度不高，不便于自动控制，重量式料浆计量罐一般以传感器为计量元件，计量精度高，便于自动控制，但结构较复杂。

3、粉状物料的计量

粉状物料的计量均采用重量计量，使用比较多的是杠杆粉料计量秤（现已很少使用）和电子传感式粉料计量秤两种。杠杆式计量秤结构比较简单，但计量精度不高，物料出料不直观，易造成误操作，且大多只能计量一种物料，使配料系统布置复杂化；电子传感式计量秤计量精度高，能实现自动记录及全程序控

制，并可进行多物料计量，计量进出料指示明确，不至形成误操作，便对设备维护保养要求较高。

4、铝粉的计量

铝粉和铝粉膏用量较少，一般采用人工计量，但卫生条件较差，国外采用先将铝粉配制成铝粉悬浮液后，再将铝粉悬浮液按配料量进行计量，一般适用于规模较大的企业，国内中小型企业也有采用将铝粉膏集中在一个料仓中，通过给料机送入计量秤，计量后再送入铝粉搅拌机进行搅拌，但因铝粉用量较少，对发气的影响较大，计量略有误差，就容易造成质量事故，所以国内大多数工厂目前仍使用人工计量，以保证计量的准确。

5、物料的搅拌

物料的搅拌与料浆的浇注由搅拌机完成。搅拌机必须使各种物料在短时间内搅拌均匀，并能进行加热以调节温度，还要求在更短的时间（1min 以内）内，将铝粉悬浮液等迅速分散到料浆中，最后进行浇注。搅拌机是所有工艺设备中比较关键的装备。

搅拌机由筒体、搅拌器、传动机构及放料机构组成，影响搅拌机效率和搅拌效果的主要因素是：搅拌器型式、筒体构造、搅拌器与筒体的尺寸关系、电机功率和搅拌器的转速。目前在加气混凝土生产工艺中，实际采用的搅拌机主要有五种，即涡轮式搅拌机、螺旋式搅拌机、旋浆式搅拌机、浆叶式搅拌机和涡轮与旋浆复合式搅拌机，除以上五种形式，搅拌机还可分移动式（又称浇注车）和固定式；底部下料和侧底部下料；下料管和布料槽等多种形式。

（1）蜗轮式搅拌机（西波列克斯专利）

蜗轮式搅拌机的搅拌器是一个圆型底板和六个顺时针斜向布置的弧型叶片组成的圆盘（图 5-1）。筒体为钢质平底圆筒，筒壁四周均匀布置四只长条形挡料板，

搅拌器悬挂安装在筒体中轴线上，一般都将驱动电机附着在筒体外壁和挡板向上翻涌的湍流，这几股向上涌的料浆达到筒体上部后又沿着筒体轴心下落在调整旋转的圆盘上方。重新加入旋流之中。

加气混凝土料浆在这种复杂激烈的运动中，各物料之间、物料与筒体内壁、挡料板和圆盘之间发生强烈的磨擦、碰撞、冲击，实现不停的翻滚混合，从而达到搅拌均匀的目的。

这种搅拌机结构比较简单，制作维修和清理都比较方便，因而使用的厂家较多。不过，由于其对料浆的作用主要是推动料浆高速旋转，在挡料板反挡作用下，形成的上行湍流到达顶端后主要靠料浆重力下落与下沉，因此，当物料粘度较大时（特别是搅拌粉煤灰系列料浆），料浆上下各层次之间就有可能不易混合均匀，短期内不能达到预期效果。

（2）螺旋式搅拌机（乌尼泊尔专利）

这种搅拌机的筒体为一具有锅状底和封顶的圆筒，搅拌器为螺旋状，在搅拌器外面套有支撑在筒底和筒壁的导游筒（5-2）。物料由上面进入，搅拌好的料浆由筒底中部的卸料口排出。

在搅拌器转动时，料浆受离心力的作用沿筒底弧面向上翻腾，到达筒体顶部后向中心部抛落并由旋转的螺旋叶片形成的吸力强制地往下拉，经过导流筒，推压到筒体底板上，在底板的阻挡下又重新上升。

这种搅拌机内壁周边没有任何阻挡，因而使料浆形成更高速的旋转运动状态，同时，在搅拌器的吸拉和推送作用下，料浆快速地上下翻滚，因而，使料浆各部分都能受到更有力的推压和牵拉，这对于粘度较大的料浆的搅拌是比较有利的。

（3）旋浆式搅拌机（海波尔专利）

旋浆式搅拌机由带固定浆叶的筒体和带旋转浆叶的搅拌器两部分组成。固定浆叶分层布置在筒体内壁上，浆叶用钢质板条件作成，旋转浆叶与固定浆叶的倾斜方向相反而又互相交叉，其传动方式又分上传动和下传动两种（见图 5-3 和图 5-4）。

图略

这种搅拌器以较高的速度旋转，料浆在各个层面均受到旋转浆叶的推动，而旋转流动，同时又受到与旋转浆叶角度相反的固定浆叶的阻挡，从而被迫改变流动方向。因此，在这种搅拌机内，加气混凝土料浆能够形成更多复杂多变的、互相交叉的湍流，这对料浆的混合、剪切作用将更为强烈、存在于物料中的团块就能更好地被打碎分散。

（4）浆叶式搅拌机（司梯玛技术）

这种搅拌机采用较深的筒体，筒体周边可布置二对挡板。采用螺旋浆式搅拌器，并在搅拌器主轴上半部加装一对或二对倾角向下的浆叶

当搅拌器旋转时，料浆在浆叶的旋转推动下，一方面在筒体底部的螺旋浆叶作用下，沿旋转的切线方向向筒体内壁抛出并旋转流动，另一方面，还在被迫沿浆叶平面的法线方向向上翻滚。当料浆达到筒体上部时，又立即被上面的搅拌叶强制下压，使其迅速下落。这样，料层从各方向混合，效果较好。

（5）复合型搅拌机

这类搅拌机保留了上述各类搅拌机的优点后作适当的改进复合而成。

二、生产配料

1、浆状物料的配料

加气混凝土生产工艺中，将砂、矿渣及粉煤灰以湿磨工艺进行磨细时，这些材料都以浆状形态进行配料，在废料浆单独进行计量配料时，也视同浆状物料。

配料前，应对正待使用的灰浆体，测定并调整其比重量、浓度等，以确定其称量值。浆状物料的计量采用体积计量或重量计量，计量用的计量罐一般设有搅拌装置，以保持浆体的均匀性，避免沉淀。当配料中使用多种浆状物料时，宜采用一个有足够容量的计量罐累加计量。在有数种浆状物料进行配料时，应将比较稳定的材料放在最前，如在水泥-矿渣-砂加气混凝土的配料过程中，计量程序应为砂浆、废料浆，最后投矿渣浆。当配料中使用可溶油、水玻璃时，可于浆状物料计量好后投入其中，全部计量工作完成后（包括加水），即可向搅拌机投料。一般来说，浆状物在搅拌投料顺序中排第一。

2、粉状物料的配料

粉状物料的配料分两种形式，一种是以电子秤进行多种物料的累加计量；一种是以杠杆秤分别对各物料进行计量，当粉煤灰以干物料进行配料时，因用量较大，且又需先行搅拌制浆。所以，宜单独使用一台计量秤。

以累加计量方式进行计量时，计量进料次序应遵从搅拌投料顺序，累加计量的电子秤，一般都是自动控制，但操作者必须监视并记录各物料的准确计量。当出现误动作时，应及时以手动操作进行补救。以保证配料的准确；各材料独自计量时，应严格把握计量秤（杠杆秤）是否完全空载或是否满载，特别是投料时，容易在未投尽时，输送设备即停止运转，造成较大的计量误差。

计量后的物料投入搅拌机的速度，即要考虑下料后，能让搅拌机充分搅拌均匀而不至结团结块，又要给石灰等材料（特别是采用快速石灰时）留有足够的搅拌时间，一般水泥、石灰的投料时间控制在 2-3min。

3、其它物料的配料

铝粉经计量后先投入铝粉搅拌机与脱脂剂等一起搅拌均匀后待用。当采用移动式搅拌机（浇注车）时，还应将搅拌好的铝粉悬浮液预先投入料浆搅拌机内的

铝粉搅拌罐。

碱液采用碱液计量罐进行体积计量（浓度已预先调制好）。水玻璃（以量杯计量好后）投入方式应视采用的搅拌机形式（移动式或固定式）及工艺控制情况而定。一般采用移动式搅拌机（浇注车）时，可将水玻璃投入料浆计量罐；而采用固定式搅拌机时，则宜在投入铝粉前将水玻璃直接投入搅拌机。

三投料与浇注

投料与浇注，是将各种计量好的物料按一定次序加入搅拌机直至浇注入模的过程，也是各种物料开始进行初步反应的阶段。特别是水泥与石灰的消解，将极大地影响到坯体质量。因此，在此阶段应严格掌握各种物料的投料次序，控制料浆的搅拌时间，准确进行浇注。

1、浇注前的准备

在浇注前，应作好以下准备工作：

- （1）检查搅拌机，消除筒体内的残留物和积水，检查各传动部件或行走机构是否完好灵活，计时器件和各开关阀门是否灵活准确。
- （2）检查模具和模车辊道情况，保证装配处密封良好和行走正常。
- （3）检查初养调入工艺善符合工艺要求。
- （4）了解上一班浇注情况及本班原料情况和配料情况，落实作业要求和应变措施。

2、投料与操作顺序

投料顺序一般是先浆状物料和水，其次是粉状物料，最后投辅助材料和发气材料。

- （1）检查搅拌机，消除筒体内的残留物和积水，检查各传动部件或行走机构是否完好灵活、计时器件和各开关阀门是否灵活准确。

铝粉搅拌罐。

碱液采用碱液计量罐进行体积计量（浓度已预先调制好）。水玻璃（以量杯计量好后）投入方式应视采用的搅拌机形式（移动式或固定式）及工艺控制情况而定。一般采用移动式搅拌机（浇注车）时，可将水玻璃投入料浆计量罐；而采用固定式搅拌机时，则宜在投入铝粉前将水玻璃直接投入搅拌机。

三投料与浇注

投料与浇注，是将各种计量好的物料按一定次序加入搅拌机直至浇注入模的过程，也是各种物料开始进行初步反应的阶段。特别是水泥与石灰的消解，将极大地影响到坯体质量。因此，在此阶段应严格掌握各种物料的投料次序，控制料浆的搅拌时间，准确进行浇注。

1、浇注前的准备

在浇注前，应作好以下准备工作：

- （1）检查搅拌机，消除筒体内的残留物和积水，检查各传动部件或行走机构是否完好灵活，计时器件和各开关阀门是否灵活准确。
- （2）检查模具和模车辊道情况，保证装配处密封良好和行走正常。
- （3）检查初养调入工艺善符合工艺要求。
- （4）了解上一班浇注情况及本班原料情况和配料情况，落实作业要求和应变措施。

2、投料与操作顺序

投料顺序一般是先浆状物料和水，其次是粉状物料，最后投辅助材料和发气材料。

- （1）检查搅拌机，消除筒体内的残留物和积水，检查各传动部件或行走机构是否完好灵活、计时器件和各开关阀门是否灵活准确。

(2) 在使用移动式搅拌机时, 应先将制备好铝粉悬浮或碱液先行分别投入搅拌机上的铝粉搅拌罐和碱液罐。

(3) 投入粉状物料(钙质材料), 当投入总量的 50%时, 开始记录搅拌时间, 全部投完约 1-2min 后, 采样测定稠度(详件附录 3), 并作适当调整后待浇注。若采用移动式搅拌机(浇注车), 此时应将浇注车开至待浇注模位。

(4) 当搅拌达到时间要求时, 立即开启碱液贮罐及铝粉搅拌罐(机)阀门, 将铝粉悬浮液及碱液加入搅拌机, 当铝粉搅拌时间一到, 立即开启下料阀, 向模具进行浇注, 并测定浇注高度。

(5) 浇注完毕, 应及时将有关工艺参数填入工艺控制卡, 作好原始记录。

(6) 观察记录发气情况

至此, 浇注工作结束, 进入发气与静停阶段。如前所述, 此阶段没有太多的操作, 但对生产有着及其重要的关系。

第三节 浇注稳定性

加气混凝土与密实混凝土不同, 它存在着一个浇注稳定性问题, 所谓浇注稳定性是指加气混凝土料浆在浇注入模后, 能否稳定发气膨胀而不出现沸腾、塌模的现象, 要做到浇注稳定, 实质上就是使料浆的稠化与铝粉发气相简单, 当料浆的稠化跟不上发气速度, 将产生塌模; 当料浆稠化过快则发气不畅, 产生憋气、沉陷、裂缝。因此, 保证浇注稳定性乃是提高加气混凝土产量、稳定质量、降低成本的关键之一。

一 加气混凝土料浆的发气和稠化过程

1、料浆发气膨胀过程

在加气混凝土料浆中, 铝粉与水在碱性环境下反应, 最初生成的氢气立即溶解于液相中。由于氢气的溶解度不大, 溶液很快达到过饱和。当达到一定的过饱

和度时，在铝粉颗粒表面形成一个或数个气泡核。由于氢气的逐渐积累，气泡内压力逐渐加大，当内压力克服上层料浆对它的重力和料浆的极限剪应力以后，气泡长大推动料浆向上膨胀。气泡长大后内压力降低，膨胀近于停止；但由于氢气不断补充，内压力再次加大，气泡进一步长大，料浆进一步膨胀。因此，铝粉与水反应产生氢气与料浆膨胀是处于动态平衡状态。

由此可知，料浆膨胀的动力是气泡内的内压力，料浆膨胀的阻力是上层料浆的重力和料浆极限剪应力。

发气初期，铝粉与水作用不断产生氢气、内压力不断得到补充，此时料浆可能还处于牛顿液体状态，没有极限剪应力，因此料浆迅速膨胀。

随着石灰、水泥不断水化，粒度浆的骨架结构逐渐形成，极限剪应力不断增大，这时，铝粉与水的反应仍在继续进行，只要气泡内压力继续大于上层料浆的重力和极限剪应力，膨胀就会继续下去。当铝粉与水的反应接近尾声，料浆迅速稠化，极限剪应力急剧增大，这样膨胀就会逐渐缓慢下来，当铝粉反应结束，气泡内不再继续增加内压力，或者这种内压力不足以克服上层料浆的策略和料浆的极限剪应力时，膨胀过程就停止了。

2、料浆的稠化过程

加气混凝土料将失去流动性并具有支承自重能力的状态称为稠化，稠化是由于料浆中的石灰、水泥不断水化形成水化凝胶，使坯体中的自由水越来越少，水化凝胶对材料颗粒起到粘结和支撑作用。从而极限剪应力急剧增大的结果。因此，料浆的稠化过程就是在化学和吸附作用下，料浆极限剪应力和塑性粘度不断增大的过程。

料浆稠化意味着推动流动性。以一根细铁丝在料浆表面划一道痕，如果料浆尚未稠化，此沟痕必然流平闭合，如果料浆已经稠化不再流动，此沟痕无法闭合，

这是目前鉴定稠化的经验方法，然而，此法非常粗糙，无法定量，更不能表示其稠化过程。

料浆极限剪应力随时间的变化曲线，可以看作是料浆稠化曲线，采用拔片法来测定各时间段的剪切应力，来绘制稠化曲线。当实际稠化曲线低于理想稠化曲线，表示料浆稠化太慢，有可能首先塌模；当实际稠化曲线高于理想稠化曲线，表示料浆稠化太快，有可能产生不满模、憋气等现象。

二浇注过程中的不稳定现象

不同品种的加气混凝土浇注稳定性的现象，有相同之处，也有不同之处，产生的原因也不尽相同，不同品种的加气混凝土为实现浇注稳定，对原材料和工艺参数的要求也不一样。

如水泥-矿渣-砂加气混凝土生产中要求料浆浇注后 6-8min 铝粉发气基本结束，否则就会出现铝粉发气时间太长而引起收缩下沉。而以水泥、石灰为混合钙质材料的加气混凝土，一般正常的发气时间为 15-20min，有的甚至达 30min。

在水泥-矿渣-砂加气混凝土中，无论发生在料浆膨胀过程中，还是在膨胀结束后的冒泡，都被认为是浇注不稳定的现象。而对粉煤灰加气混凝土来说。在料浆稠化后，发生在坯体顶部的冒泡不一定是浇注不稳定的表现。在某些情况下甚至还是有益的。

另外，对水泥-矿渣-砂加气混凝土，铝粉的搅拌机内的搅拌时间大于 15s 就能使其基本实现均匀分布。而对掺入生石灰的加气混凝土，由于料浆粘性大，即使搅拌 30s，仍可能会因铝粉搅拌不匀而造成浇注不稳定。

以水泥、石灰为混合钙质材料的加气混凝土，由于石灰消化过程中的放热。使铝粉发气过程中料浆温度不断升高，温度的变化即影响料浆稠化又影响着铝粉发气，使它们两者间的协调比以水泥为单一钙质材料的水泥-矿渣-砂加气混凝

土更为困难。

1、稳定浇注的宏观特征

稳定浇注的基本要求如下：

（一）料浆的发气及膨胀过程

（1）发气开始时间紧接在料浆完成浇注之后，或在料浆即浇完之前，料浆的膨胀不得在浇完之后长时间不起动，或者尚有大量料浆未浇注到模内，而模内料浆已开始上涨。

（2）发气时，料浆膨胀平稳，模内各部分料浆上涨速度基本均匀一致。

（3）发泡大小适当，模具各部分各层次料浆中的气泡大小均匀，形状良好。

（4）发气即将结束时，料浆开始明显变稠，进而达到稠化和及时凝固，使料浆能够保持良好的气孔结构。

（5）料浆凝固后，发气反应及料浆膨胀结束，并能保持体积的稳定。

（二）发气过程的相关工艺参数

料浆的稠化速度与铝粉的发气速度应互相适应和协调一致。

如图图略。所示，当铝粉开始进行发气反应时，料浆的稠度（以料浆的极限剪应力表示）处于最低值，随着发气过程继续进行，料浆极限剪应力逐步增加，直到铝粉发气基本结束时，料浆应当达到稠化点，并开始进入凝结阶段。例如，对水泥-石灰-粉煤灰加气混凝土来说，在比较理想的状况下，铝粉发气在料浆浇注接近完毕时就已开始，料浆浇注结束后即开始膨胀，料浆平面平稳上升，此时料浆极限剪应力很小，料浆保持着良好的流动性，发气激烈进行，料浆迅速膨胀，在 2-10min 内达到最大，12min 后，发气趋缓，而稠化加速，约在 20min 时料浆达到稠化点，此时，料浆将表现出明显的塑性，用细铁丝划痕时，料浆表面能留下清晰的划沟，此后，尽管铝粉尚有微量余气产生。但料浆极限剪应

力值已经足以阻止其自由膨胀，少量气体只起进一步充实气泡结构，增强气泡内压力、增强气孔结构的支承力的作用。其它的品种加气混凝土，因具体工艺条件不同，这种相互适应的关系在图形上可能有所不同，但发气与稠化相互适应的要求是相同的。如果料浆的发气与稠化相互适应，浇注成型过程就是稳定的，否则，就不稳定。

2、浇注过程的不稳定现象

浇注过程中的不稳定现象，在不同的加气混凝土品种和不同的具体情况下，有各种不同的表现，归纳起来，主要有以下几种。

(1) 发气过快

所谓发气过快是指铝粉发气反应过早，或速度过快。例如，铝粉发气反应不在料浆浇注即将完毕时，而是提前在浇注过程之中，甚至提前到搅拌过程中，这样，就造成一边浇注，一边发气，气泡结构受到很大破坏，甚至使浇注失败。发气速度过快与发气过早相关，但主要表现为铝粉的反应速度。当发气速度过快时，料浆将迅猛上涨，往往造成料浆稠化滞后而发生冒泡、沸腾等不良现象。

(2) 发气过慢

发气过慢现象基本上与发气过快的情况相反，即产生料浆膨胀困难，发不到应有的高度或有其他破坏现象。

(3) 冒泡

这种现象通常发生在料浆膨胀到一定高度或发气基本结束之后，料浆表面出现浮出的气泡或是在表层料浆下鼓起气泡，随后气泡爆裂，气体散失。冒泡轻微时，只是模具中个别角落或部分区域发生，严重时甚至可以形成整个模具中普遍冒泡的局面。冒泡现象可能不一定给浇注成败造成决定的影响。但必然影响料浆内部的气泡结构。冒泡严重时，由于大量气体散失，往往会造成坯体的收缩下

沉，甚至使坯体报废。

(4) 沸腾

这是由于气泡结构不稳定而制成的全面破坏现象，很象水在锅内沸腾一样，沸腾现象通常都有一个渐变的发展过程，一开始可能只是局部冒泡，甚至只是个别角落或部位少量冒泡，然后逐步发展，冒泡点不但不能停止，反而迅速扩展，最终形成整个料浆气泡迅速破坏（塌模）的连锁反应。

沸腾现象可能产生在发气基本结束之后，也可能产生在发气过程之中或发气初期，少数情况产生在料浆稠化之后。沸腾现象在使用水泥作单一钙质材料的水泥-矿渣-砂加气混凝土中产生的频率比其它加气混凝土容易产生。

产生沸腾的料浆不能形成正常的坯体，因此是完全的破坏。

(5) 发气不均

产生这种现象时，料浆表面各部分上涨速度不一致。料浆不是平稳上升，而是某些部分因发气量大于其它部分而上涌外翻，也有上下层发气不均匀及气孔大小不合要求。这种现象往往使坯体产生层次或疏密不同的气孔结构，严重时会造成塌模破坏。

(6) 料浆稠化过快

料浆稠化过快一般指料浆稠化大大超前于铝粉发气结束的时间，因而对铝粉的发气和料浆顺利膨胀造成障碍，这种现象表现坯体竖立地“长出”模框，表示料浆已失去良好的流动性，在生产中，常见的现象是憋气、发不满模，甚至料浆表面出现裂缝，同时伴随放气现象。稠化过快情况严重时，也会导致坯体的破坏、浇注失败。

(7) 料浆稠化过慢

料浆稠化过慢是指稠化大大滞后于铝粉发气结束时间，稠化慢的料浆虽然发气

舒畅，但保气能力差，而且容易形成气泡偏大，料浆超常膨胀，有时还会造成料浆发满模具之后向模外溢出，这种料浆形成的气泡结构也不够稳定，容易冒泡、沸腾和塌模。

（8）收缩下沉

这是发气膨胀结束后料浆出现的不稳定现象。“收缩”指坯体横向尺寸的减小，坯体与模框之间形成收缩缝。“下沉”指料浆从原来膨胀高度下降，收缩下沉由多种原因引起，但总的后果都气孔结构受到不同程度的破坏。这必然到制品的性能。在生产板材时，还将导致混凝土与钢筋粘着力（握裹力）减弱，对板材的结构性能带来不利影响。收缩下沉严重时，将直接造成浇注失败而成为废品。

（9）塌模

塌模是浇注完成后，料浆在发气膨胀过程中出现的一种彻底破坏的现象。多数是因料浆冒泡导致沸腾而塌模，有时是料浆在发气结束后，由于模内某一局部的不稳定。出现气孔破坏，初凝的料浆严重下沉，并牵动其余部位的料浆也失去平衡而依次逐渐形成不同程度的破坏，因而有时会出现塌半模的情况。

塌模的原因也是多方面的，但结果都使浇注完全失败。

三影响浇注稳定性因素

加气混凝土的发气膨胀是由于铝粉在碱性溶液中的化学反应，而且这个反应是在具有流变特性的加气混凝土料特定环境中进行的。铝粉的发气反应表现为料浆体积的膨胀。而料浆自身弹-粘-塑性特性的变化在宏观上就表现为料浆逐步稠化和凝结，这两个随时间而变化的过程同存于一个体系中，若相互谐调一致，发气过程就稳定。因此，影响这两个过程的因素也必然影响到浇注过程的稳定。为了分析浇注过程的稳定性，必须首先了解影响上述两个过程的主要因素。

1、影响发气速度的因素

(1) 铝粉的发气特征。

用于加气混凝土的发气铝粉或铝粉膏，由于生产工艺和质量控制上的差别，各生产厂的产品，甚至同一工厂不同批次的产品总不会完全相同，因而，铝粉或铝粉膏在使用中表现出来的实际发气特性曲线就会有不同的形状、并与料浆的极限剪切应力曲线形成不同的对应关系。图略，

铝粉发气速度基本上在工艺要求的范围内，料浆膨胀速率落在图中阴影面范围内，在这种情况下，铝粉发气的前期虽然也有短暂的集中发气时间，但随后变得缓慢，有较多的铝粉留在料浆接近稠化时才发气，在这种情况下，后期发气过程受阻，可能发生憋气和冒泡现象，浇注不够稳定。

铝粉发气更不集中，发气曲线平缓上升，大量的气体在料浆稠化后产生。在这种情况下，料浆膨胀迟缓，后期憋气严重，甚至料浆不能正常膨胀，在料浆内部气泡穿孔合并，冒泡甚至下沉。出现以上现象，主要是铝粉颗粒组成不良，虽有部分细颗粒，但偏大粒子较多，或者混有某些活性低的颗粒。如果铝粉过细，则其发气时间将大大提前，在此情况下，如果料浆太稀。保气能力太差、也可能发生严重冒泡，甚至沸腾。在某些情况下，可能在搅拌机内出现大量发气的现象，其浇注稳定性就会受到更大的影响。

(2) 料浆温度

铝粉的发气反应速度与温度有密切的关系。温度高、反应进行得就快，在较高的温度下，介质溶液对反应物和反应产物的溶解速度和溶解度相应增大，这无疑将有利于反应的进行。铝粉发气反应速度与温度的关系，可由实验测定。温度越高，反应开始时间越早，相反，则反应进行迟缓，时间拖长。由此可见，通过改变料浆温度，可以在一定程度上协调发气和稠化过程，当然，这只能是一定范围之内，而不可能无限地调节，正象料浆稠化速度的调节不可能无限制

地适应发气速度一样。如果为了适应稠化快的料浆，而过多地提高温度，例如将料浆温度提高到 60-70 度，这在大多数情况下恐怕在搅拌中就发气了，另外也必然会促使料浆更快稠化，效果将适得其反。

(3) 搅拌时间

搅拌铝粉的时间主要从两个方面影响发气速度及其与料浆稠化的协调性，一方面是铝粉投入料浆的时机；另一方面是铝粉在料浆中所需搅拌时间。前者主要是从调控铝粉与碱溶液接触的时间来调节铝粉开始发气的时机，后者主要是从铝粉搅拌时间的长短来调控铝粉的发气速度，为了使铝粉发气能在适当的稠度条件下进行。显然应当选择一个适当的时机。过早，料浆太稀，过晚，料浆太稠，对铝粉发气和料浆膨胀都不利。

(4) 碱浓度

料浆中的碱浓度越高。铝粉反应越快，铝粉在碳酸钠溶液中的发气速度比在石灰溶液中快。当溶液中加入氢氧化钠时，铝粉的反应速度将大大加速，因此，有的工厂常常备用一些氢氧化钠溶液来调节发气速度。

(5) 石灰

在以石灰为主要钙质材料的料浆中，石灰的消解生成了 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ，因此，石灰中 A-CaO 含量的多少及消解温度，直接影响发气速度。所以，以石灰为钙质材料时，一般不另加碱液。

(6) 水泥品种

水泥的水化速度及水化热影响铝粉发气，如果水泥中含有较多的铬酸盐，它会使铝粉表面氧化，使发气反应变得迟钝，在这种情况下，可以使用少量硫酸亚铁。但在石灰用量较大时，水泥的影响很小。

(7) 石膏

石膏会显著延缓铝粉的发气过程，根据北京加气混凝土厂的实验，在水泥-石灰-砂加气混凝土中，当石膏用量是铝粉重量的 3 倍左右时，铝粉的发气速度将延长 5-8 倍。若石膏用量更多时，铝粉的发气还将受到更严重的抑制。当然，这一关系也并不总是成正比关系发展下去。当石膏用量达到铝粉用量的 6 倍以上时，抑制作用达到最大程度。因此，在使用石膏作调节剂的加气混凝土中，石膏用量是否适当，不仅关系到制品性能，而且也是影响发气过程的重要因素。

(8) 外加剂

某些外加剂对铝粉发气过程也有不同程度的影响，例如在化学脱脂剂中，平平加在 20-30 度的水温下可以使铝粉脱脂，获得正常的发气速度，但在 40-50 度的水温下，虽然也能脱脂，但同时又使发气速度比正常的情况有所减慢。

水玻璃和某些强氧化剂能够抑制铝粉发气。三乙醇胺和乙二醇等外加剂，在作为石灰消化抑制的同时，还可以起到促进铝粉发气的作用。而减水剂 NNO 则与此相反。

(9) 水料比

加气混凝土料浆的水料比对铝粉发气过程有间接的影响。水料比太小，料浆太稠，其极限剪应力势必偏大，因而气泡不易成长和推动料浆膨胀，发气过程迟缓甚至受阻。水料比太大时，料浆粘度太小，保气性差，气体容易浮升逃逸，已经形成的气泡也容易合并、破裂，因而也对发气过程有不良影响。

2、影响料浆稠化速度的因素

(1) 水泥的品种和用量

当水泥中氧化钙含量（或更确切的是指 C_3S 含量）高时，其水化速度快，凝结硬化也快。尤其在以水泥为主要钙质材料的加气混凝土料浆中，水泥的作用更为明显。在使用以石灰为主的混合钙质材料时，水泥对料浆的稠化速度不起主导

石膏会显著延缓铝粉的发气过程，根据北京加气混凝土厂的实验，在水泥-石灰-砂加气混凝土中，当石膏用量是铝粉重量的 3 倍左右时，铝粉的发气速度将延长 5-8 倍。若石膏用量更多时，铝粉的发气还将受到更严重的抑制。当然，这一关系也并不总是成正比关系发展下去。当石膏用量达到铝粉用量的 6 倍以上时，抑制作用达到最大程度。因此，在使用石膏作调节剂的加气混凝土中，石膏用量是否适当，不仅关系到制品性能，而且也是影响发气过程的重要因素。

(8) 外加剂

某些外加剂对铝粉发气过程也有不同程度的影响，例如在化学脱脂剂中，平平加在 20-30 度的水温下可以使铝粉脱脂，获得正常的发气速度，但在 40-50 度的水温下，虽然也能脱脂，但同时又使发气速度比正常的情况有所减慢。

水玻璃和某些强氧化剂能够抑制铝粉发气。三乙醇胺和乙二醇等外加剂，在作为石灰消化抑制的同时，还可以起到促进铝粉发气的作用。而减水剂 NNO 则与此相反。

(9) 水料比

加气混凝土料浆的水料比对铝粉发气过程有间接的影响。水料比太小，料浆太稠，其极限剪应力势必偏大，因而气泡不易成长和推动料浆膨胀，发气过程迟缓甚至受阻。水料比太大时，料浆粘度太小，保气性差，气体容易浮升逃逸，已经形成的气泡也容易合并、破裂，因而也对发气过程有不良影响。

2、影响料浆稠化速度的因素

(1) 水泥的品种和用量

当水泥中氧化钙含量（或更确切的是指 C_3S 含量）高时，其水化速度快，凝结硬化也快。尤其在以水泥为主要钙质材料的加气混凝土料浆中，水泥的作用更为明显。在使用以石灰为主的混合钙质材料时，水泥对料浆的稠化速度不起主导

作用，但水泥用量的增加，在一定程度上可以延缓稠化，而在坯体硬化过程中，能显著提高坯体强度。

相同种类的水泥，甚至相同标号和相似化学成分的水泥，在加气混凝土料浆稠化硬化过程中，效果可能很不相同。因此，生产中还应及时调整。

（2）石灰的性能和用量

石灰中所含有效氧化钙的数量和结晶状况决定着石灰的消化温度、消化时间和消化特性曲线。当以石灰为主要钙质材料时，石灰的消化温度、消化时间和消化特性曲线在加气混凝土料浆的稠度、稠化速度和坯体的硬化方面起着重要的作用。

一般的情况下，石灰消化越快，加气混凝土料浆的稠化速度也越快，这是因为石灰消化时吸收了大量的水分并生成氢氧化钙胶体的缘故。

石灰的消化温度对加气混凝土料浆稠化速度有一定的促进作用。一般来说，消化温度高，使料浆温度也相应提高，可以进一步促进水泥和石灰的水化凝结，料浆稠化必然加速。生产实践证明，使用高温快速灰，料浆稠化过快，浇注稳定性很差。

石灰用量高时，加气混凝土料浆稠度大。稠化也快；用量小，料浆流动性好，稠化也较缓慢。在采取其它措施的情况下，可以有所改变。

生石灰在运输贮存过程中受潮后，一部分生石灰会消化成消石灰。含有消石灰成分的石灰，在消化温度和速度方面比原来有所减小，人们利用这一现象，采取措施，从控制石灰中消石灰含量入手达到改变石灰消化特性的目的。

（3）料浆温度

料浆的初始温度（或称浇注温度）对料浆的稠化速度有重要影响，在使用石灰的各类加气混凝土中，料浆温度不仅对水泥的水化速度产生影响，更重要的是

将影响石灰的消化进程。像大多数化学反应一样。温度越高。反应越快，无论是快速灰、中速灰还是慢速灰，其受初始温度影响的规律性基本相同，即温度高，反应快。同一种石灰，在不同的初始温度下，其消化规律却不同，即温度越高，消化时间越短，消化温度越高，而且消化曲线的斜率越大。掌握料浆的初始温度，控制料浆的升温速度和料浆最终达到的最高温度，不仅影响到料浆中各物料的化学反应和料浆稠化过程，还影响到气泡的最终体积。例如当料浆温度由 40 度升到 70 度时，氢气体积将膨胀 11%以上，若每模坯体中铝粉发气产生的氢气体积为 2.5 立方米时，则氢气的总体积将膨胀约 0.274 立方米，如果在整个模具中存在温度不均匀的情况。这种膨胀则可能给已经定形的坯体带来不良的影响。

(4) 水料比

无论哪种加气混凝土，水料比都会对料浆的稠度和稠化速度产生重要的影响。在一般情况下，水料比小，料浆稠化过程中粘度增长的速度快，达到稠化的时间短，水料比大，料浆粘度增长速度慢，达到稠化的时间长。由于水料比的减小，料浆的碱度及碱度增长速度加强，因此水料比小的料浆其后期发气膨胀速度可能会更快，而水料比大的料浆则前期膨胀较快。在实际生产中，水料比可能因为操作误差造成波动而偏离原配方规定的值。如果是采用蒸汽在搅拌机内对料浆加热，应注意蒸汽中的含水量和蒸汽冷凝水对料浆含水量的影响。必要时，应将这部分由蒸汽带入的水量从配料中要求的总水量中扣除。

(5) 石膏

石膏对石灰的消化有抑制作用，因而使加气混凝土料浆稠化时间延长。石膏过多时有可能影响气泡的稳定，发生冒泡和收缩下沉，甚至料浆不能稠化而发生塌模。

(6) 硅质材料的细度

硅质材料的细度是决定料浆需水量的重要因素。在相同水料比时，硅质材料越细，料浆越稠。某些具有潜在水化活性的硅质材料如粉煤灰等，其细度越高。在料浆被激发时表现出的水化活性越大，料浆越容易因此而加速变稠，但应注意，随着硅质材料细度增高，需水量也将增大，因此，静停时间可能延长。

(7) 辅助原料及外加剂的性能和用量

不同品种的加气混凝土，往往使用不同种类的辅助原料和外加剂，这些材料大多对加气混凝土料浆的稠化过程有不同程度的影响。

A、三乙醇胺 在水泥-矿渣-砂和水泥-石灰-粉煤灰加气混凝土中，作为石灰消化速度的调节剂使用时，通过抑制石灰的消化，从而影响加气混凝土料浆的稠化。

B、碱液 在水泥-矿渣-砂加气混凝土中，碱液既是铝粉发气的促进剂，又是料浆稠度和稠化速度的调节剂，硼砂是水泥的缓凝剂，纯碱在投入料浆的初期有降低料浆稠度的作用，以后又可促进水泥的水化和矿渣活性。促使料浆加速稠化。碱液对铝粉发气和料浆稠化速度都有影响。因此选择适当的用量是很重要的。

C、表面活性剂 使用在加气混凝土中的表面活性物质，可以显著降低料浆的表面张力，从而增加其流动性，不同的表面活性物质使料浆表面张力降低的情况有所不同。其中，可溶油、拉开粉使表面张力下降最多。但无论哪种表面活性物质，都不是随其浓度的增加而使表面张力无限下降，而是有各自的极限。超过一定的浓度时，表面张力将不再降低。有的反而有所上升。

不同的表面活性物质对石灰有不同的影响。其中皂素类表面活性剂对石灰的消化有明显的延缓作用，因而也可以使料浆稠化推迟，原因可能是皂素分子吸附

在石灰颗粒表面，形成单分子薄膜，对石灰与水的接触起到一定的阻碍作用。使用废浆不仅仅是为了利用废料，而且废浆是一种重要的调节剂。废浆中含有大量的水泥和石灰的水化产物，具有较高的碱度和粘稠性，因此可以使新配制的加气混凝土料浆的性能得到改善。不过一般认为，废浆量超过 5%时，料浆似乎过稠而对发气不利，还可能使加气混凝土坯体透气性变差，容易在蒸压养护时产生裂缝。

废浆加入到硅质材料中共同搅拌贮存或是共同磨细贮存，可以更有效地发挥废浆的作用，在一定程度上促进硅质材料与氧化钙的反应，甚至有可能生成某些硅配钙水化物。因此，用这种方法使用废浆时，加气混凝土料浆的浇注稳定性能得到明显的改善。

（8）搅拌工艺

搅拌工艺对料浆稠化的影响主要表现在搅拌强度和搅拌时间上，在有限的时间内，能否将加气混凝土料浆充分搅拌均匀，水泥、石灰等胶凝材料能否均匀颁布到料浆的每一部分的微小空间，关系到料浆能否均匀地稠化和硬化。搅拌强度还可以对物料起到再分散的作用，防止结团，促进反应，改善料浆流动性。在生产中搅拌强度的差异对料浆均匀性和稳定性有重要影响。

搅拌时间不仅关系到料浆的均匀性，而且在一定程度上决定着料浆浇注入模时的初始粘度，从而可以调整料浆稠化速度与铝粉发气速度之间的相互关系。当铝粉发气快，而料浆稠化速度较慢时，可以适当延长搅拌，使料浆稠化过程的起点高一些。反之，则可以适当缩短搅拌，以此降低料浆的初始稠度去适应铝粉发气的需要。

在搅拌强度不够的情况下，用延长搅拌时间的办法来达到搅拌均匀的目的，当产生使料浆过稠时，应当首先改善搅拌机的工作状态，有的操作人员无原则地

随意减少料浆搅拌时间或者提前加入铝粉，则降低了料浆性能，破坏了气孔结构。

（9）特殊工艺措施的影响

在生产中，根据不同情况可以采取不同的工艺措施以解决某些具体的工艺问题，这些措施可能对料浆的稠度和稠化产生重要的影响。例如使用减少剂、促凝剂可以使料浆增稠；使用硫酸钠可以促进发气并加速料浆稠化，使用氟石膏则可促凝，当使用植物脱指剂时，其中的某些成份可以起延缓石灰消化，推迟料浆稠化的作用。有的工厂为了解决石灰消化快的问题，采取分二次加料的方法来消除浆升温过快和温度过高的现象。在这种情况下，第一批投入的石灰在料浆中消化放出热量，使料浆温度升高、粘度增大，但在连续的搅拌下并不能形成凝聚结构。第二投入的石灰，应当恰好为工艺的料浆初始温度，即当第二批石灰搅拌完成后，料浆温度适合浇注。这种方法浇注的加气混凝土料浆一般都较稠，而且稠化时间早，但相对于一次加料的料浆来说，其稠化过程稍平缓些，基本上可以避免速凝。

在水泥-石灰-粉煤灰加气混凝土中，采用混合湿磨工艺，对改善料浆性能有显著的作用。采用混合湿磨的加气混凝土料浆，在发气初期的 30-40min 内，粘度增长缓慢，从而发气顺畅，并且料浆悬浮性能好，无泌水现象，稠化较快，能够较好地与铝粉发气过程相配合。掺入一定量的废料浆，也有湿混磨的作用，坯体塑性强度发展也比较快，但也不是掺得越多越好。目前，加气混凝土行业中，采用高钙粉煤灰的较多，其生产特性类似于混合湿磨。

四加气混凝土浇注不稳定现象分析

加气混凝土料浆在浇注过程中的不稳定性是一种比较复杂多变的现象。它在不同品种的加气混凝土中既有共同之处，双有不同之处。

1、水泥-石灰-粉煤灰加气混凝土的浇注稳定性

浇注时最理想的情况是发气和稠化同时结束，即稠化正好出现在再也没有体积膨胀的瞬间，但原材料中石灰、水泥和铝粉在与水反应过程中都放热，它们的成份与掺量的变化都会影响料浆的升温速度和温度的绝对值，都会影响热膨胀值的大小，其中，尤以石灰的影响更为显著。因此，稠化和体积膨胀完全同步是有困难的。一般铝粉发气应在料浆体积可以自由变化的状态下进行，铝粉发气完成后，料浆还允许自由膨胀一些，这也是操作控制难点。料浆浇注的不稳定现象，均由于些点控制不好而产生。

(1) 塌模及其控制

(一) 前期塌模，前期塌模即发生在料浆发气过种前期的塌模，一般指浇注15min 以内，在高膨胀阶段的塌模，通常由下列原因引起；

- A、水料比大，料浆粘度增长慢，气泡极易汇集大气泡并上浮。
- B、铝粉颗粒太细，覆盖面积大于 6000 平方米/克，早期发气太快。
- C、料浆温度太低，生石灰消化温度低。
- D、粉煤灰存放时间过长，颗粒较粗，含碳量较大，当冬季使用湿排灰时，灰中含有冰粒，

解决办法主要围绕提高料浆的粘度，抑制铝粉发气及采用稳泡措施进行，其途径有：

- A、检查粉煤灰采灰点，避免使用存放时间久，出现板结和含碳量较大的粉煤灰。
- B、检查粉煤灰的磨细效果，保证粉煤灰的细度；
- C、适当减小水料比，促使粘度迅速增长；
- D、粉煤灰浆中掺入一定量的废料浆（掺入时间尽量提前）；
- E、适当减小水料比，促使粘度迅速增长

F、加入适量水玻璃，克服铝粉发气太早的缺陷。

G、加入一定量的可溶油等气泡稳定剂

H、配料中适当增加石灰掺量。

I、延长料浆的搅拌时间。

(二) 后期塌模 后期塌模即发生在料浆接近稠化时，局部发生冒泡、沉陷而引起的塌模，一般发生在 15min 之后，后期塌陷常因石灰性能波动或石灰消化速度过快引起。

当采用消化速度过快，消化温度过高的石灰，由于料浆温度在模内高度方向变化大，顶部散热快，温度最低，底部散热次之，温度较低，中部不易散热，温度最高。这样气孔压力、压力梯度，极限剪应力沿模高方向都不均匀，中部极限剪应力最大，发气就容易被抑制，欲向极限剪应力较小的地方伸展而顶部极限剪应力最小，发气最舒畅，但当某一局部由于继续发气或气体压力的传递，就会在顶部拉断料浆表面而形成冒泡，打破浆体平衡而引起塌模，其解决的主要途径有：

A、抑制生石灰的消化速度（参见“原材料制备.生石灰”）、配料中适当增加石膏，并可考虑适量加入三乙醇胺等；

B、将部分生石灰提前消化，延长石灰存放时间；

C、调整配合比，适当减少石灰用量，增加水泥用量；

D、不要使用过粗的铝粉（覆盖面积小于 4000 平方米/克）或适当减小铝粉用量；

E、适当降低浇注温度

(2) 冒泡程度的控制

冒泡一般发生在料浆稠化之后，此时料浆已形成坯体，并不发生体积变形。冒泡是由热膨胀引起的。当坯体中部温度高，气体压力大时，将产生膨胀力。由

于坯体顶部温度低，料浆塑性强度低，就有可能在顶面的薄弱部位造成破裂。排出部分气体而使坯体内部膨胀力减小，这就是冒泡。

掺有生石灰的加气混凝土，在水料比较大、铝粉发气时间较长、坯体温度升高缓慢的条件下，在料浆稠化后，经常是不冒泡而保持了浇注稳定。在水料比较小、铝粉发气时间较短时，在料浆稠化后将出现冒泡，但不一定是破坏因素，而往往是属于正常现象。正常的冒泡在生产中被看作是发气结束的一个标志，是发生在离坯体顶部 3cm 的深度范围内（此范围正好属面包头而切掉），其特征是冒泡时一次放出的气体量较大，但不连续，有时是脱泡（将坯体表面冲开一片，冒出气体，而后又重新盖合坯体表面，坯体没有因此而下沉）。深入制品内部形成大孔的冒泡是不允许的，但沿模壁的冒泡（在制品外表面留下了气泡痕迹）难以避免。

当坯体表面塑性强度较大，虽然坯体内部有一定的膨胀力，却不能在坯体顶面造成裂缝，气体无法排除，我们称之为憋气。（当发气后期出现面包头竖起时，自言自语伴随憋气现象），憋气是由于膨胀力继续要求坯体体积膨胀，但却因坯体塑性强度过高而不能膨胀，又不能在顶部排除气体。憋气往往在坯体上部形成水平裂缝，这将对坯体产生破坏。

因此，粉煤灰加气混凝土出现适量的冒泡，有利于获得良好的坯体，但冒泡量过多易于坯体中因料浆下沉而出现密实部分或出现深层孔洞，对坯体形成破坏。消除因憋气引起的水平裂缝，首先应该使坯体出现冒泡，增加热膨胀值。为些，可以用多掺生石灰、提高料浆温度，或用消化温度较高的生石灰来提高坯体温度升高值，也可适当加大水料比，降低顶面坯体的塑性强度。

出现严重冒泡时，应适当减少石灰用量或适当降低料浆的浇注温度，用降低坯体温度来减少热膨胀值；严重的冒泡还可能由于环境温度太低，顶面坯体塑性

强度太低而引起，考虑以适当的措施来保证环境的温度。

(3) 泌水

泌水是指料浆在浇注后期（一般将满模时），在模具四角及边沿，因料浆与混合水的分离而出现一层不含物料的清水，这种现象主要是由于粉煤灰过粗、含碳量较大、料浆保水性能差，而石灰中生烧成分较多，造成料浆温度偏低，坯体稠化硬化较慢，料浆满模后仍未稠化，使粗物料下沉而引起。出现此现象，轻者形成的坯体周较软，中部较硬，不利于切割；重则极易引起塌模。当出现泌水时，应立即调节配合比，增加胶结料（石灰、水泥）的用量。同时，应调整磨机的出料细度，在有条件的情况下，可以采用粉煤灰与石灰、水泥等胶结料混磨工艺，以改善浇注稳定性。

(4) 坯体龟裂

坯体发气结束后，表面出现不规则裂纹，主要原因是石灰过火成分较多，或与原使用石灰相比，消解温度及 A. CaO 含量明显提高，也因为因石灰存放过久及吸湿、发热量较低，从而增加石灰用量所致。

遇有坯体龟裂现象，首先必须检查石灰性能，及时根据石灰性能调节其用量，若发生经常性含有过量过火石灰。则应在工艺上采取相应的措施，如提前部分消解、混磨等，另外，石灰的运输与贮存应严格把握。

(5) 面包头竖起

发气后期，料浆高于模框时，料浆不是向盾框外漫延，而是垂直向上升起，我们称之为包头竖起，面包头竖起主要发气滞后于稠化，也就是稠化后继续发气，这一现象极易造成坯体的破坏，一般可采用增加石膏等延缓石灰的消解或改用中速石灰等办法，使稠化适应发气。

(6) 切后坯体裂缝及其它损伤

坯体在切割时，易造成一定的破坏，较常见的有裂缝及缺棱掉角，其原因主要表现在两方面，其一是坯体强度过低，轻微的震动或碰撞或遇剪应力所致。可通过重新选择采灰点，以保证所采粉煤灰存放期较短，活性较好：保证粉煤灰（砂）的磨细度；保证水泥的质量及配料量等措施予以改善，其二是机械原因损坏，除切割机的因素，主要原因在于浇注底板不平整（造成原因是起吊时，没使所有吊钩钩牢底板；底板置放不平整等）；底板、小车、模框等设备刚度不够等。可通过加强操作管理及设备维护等予以避免，对于变形和质量过差的设备应有计划进行修理或更换。

2、水泥-石灰-砂加气混凝土的浇注稳定性

水泥-石灰-砂加气混凝土浇注稳定性与水泥-石灰-粉煤灰加气混凝土有相似之处，其主要的影响因素也是原材料性能和工艺方法。但在控制和操作上，又有其特点；生产的主要原料砂相对于粉煤灰来说，其物理化学性质稳定，因此，在浇注稳定性上一般可看作相对稳定的因素，而石灰与水泥作为主要影响因素。

通常，在水泥-石灰-砂加气混凝土中，钙质材料（水泥和石灰）的问题较高（达配料量的 35-40%），因此，石灰及水泥质量的波动，对浇注稳定性有着更显著的作用。特别是如果石灰消化太快，消化放热又高，料浆可能在短时间内（如 5-6min）达到 90 度的高温，使料浆失去流动性而稠化，铝粉的发气反应不能完成，出现发气不畅、憋气，从而造成不满模及气孔不封闭且大小均匀，严重时可能发生因石灰过高的水化热使气泡再膨胀，产生坯体分层开裂，影响到生产正常进行。

水泥-石灰-砂加气混凝土中的砂，在浇注静停过程中基本不参加反应。坯体强度的形成主要靠石灰与水泥消解产生的凝胶及水泥初凝强度的贡献。其中，凝胶中的 SiO_2 由水泥提供。因此，要获得的良好坯体及合适的静停时间，所采

坯体在切割时，易造成一定的破坏，较常见的有裂缝及缺棱掉角，其原因主要表现在两方面，其一是坯体强度过低，轻微的震动或碰撞或遇剪应力所致。可通过重新选择采灰点，以保证所采粉煤灰存放期较短，活性较好：保证粉煤灰（砂）的磨细度；保证水泥的质量及配料量等措施予以改善，其二是机械原因损坏，除切割机的因素，主要原因在于浇注底板不平整（造成原因是起吊时，没使所有吊钩钩牢底板；底板置放不平整等）；底板、小车、模框等设备刚度不够等。可通过加强操作管理及设备维护等予以避免，对于变形和质量过差的设备应有计划进行修理或更换。

2、水泥-石灰-砂加气混凝土的浇注稳定性

水泥-石灰-砂加气混凝土浇注稳定性与水泥-石灰-粉煤灰加气混凝土有相似之处，其主要的影响因素也是原材料性能和工艺方法。但在控制和操作上，又有其特点；生产的主要原料砂相对于粉煤灰来说，其物理化学性质稳定，因此，在浇注稳定性上一般可看作相对稳定的因素，而石灰与水泥作为主要影响因素。

通常，在水泥-石灰-砂加气混凝土中，钙质材料（水泥和石灰）的问题较高（达配料量的 35-40%），因此，石灰及水泥质量的波动，对浇注稳定性有着更显著的作用。特别是如果石灰消化太快，消化放热又高，料浆可能在短时间内（如 5-6min）达到 90 度的高温，使料浆失去流动性而稠化，铝粉的发气反应不能完成，出现发气不畅、憋气，从而造成不满模及气孔不封闭且大小均匀，严重时可能发生因石灰过高的水化热使气泡再膨胀，产生坯体分层开裂，影响到生产正常进行。

水泥-石灰-砂加气混凝土中的砂，在浇注静停过程中基本不参加反应。坯体强度的形成主要靠石灰与水泥消解产生的凝胶及水泥初凝强度的贡献。其中，凝胶中的 SiO_2 由水泥提供。因此，要获得的良好坯体及合适的静停时间，所采

用的水泥必须严格符合要求，水泥的用量也必须得到保证，一些国家为了保证以砂为硅质材料的加气混凝土的质量。常采用砂与石灰的混磨工艺或采用以水泥作为单一钙质材料的生产工艺，虽然生产成本有所增加，但产品的成品率及质量均有较大提高。

3、水泥-矿渣-砂加气混凝土的浇注稳定性

水泥-矿渣-砂加气混凝土是我国历史较长的产品，其生产中浇注稳定性的影响因素亦是原材料、水料比等工艺参数。因此，可以通过控制原材料的质量（如水泥、矿渣及铝粉的质量）及生产工艺参数如配合比、水料比、浇注温度等）进行调节，所不同的是，水泥

-矿渣-砂加气混凝土常使用碱性较强碳酸钠作调节剂，因此，铝粉的发气反应是生产中必须经常调节的因素。

通常，在使用了强碱性的碳酸钠时，铝粉发气反应一般都较快，如果工艺条件处理不当，常会发生发气过早的问题。甚至铝粉在搅拌机中便开始反应发气，或边浇注边发气。料浆在模具内互相冲击翻卷，气泡受到很大破坏，发生以上情形，一般采用增加水玻璃用量，减少碱用量或降低料浆温度，列换颗粒较粗的铝粉等办法加以解决，值得提出的是，如此调整，极易使浇注稳定性导向相反的方向。即铝粉发气太晚。

4、生产设备对浇注稳定性的影响

以上只是分析了原材料及生产工艺对浇注稳定性的影响，生产设备对浇注稳定性也有极大的影响，如当料浆发气过程与前一模有明显差异时或发气不均匀时，都有可能由于设备引起。

常见的设备因素有：计量秤精度误差；计量后给料器放料不完全。搅拌机功率不足（如搅拌叶磨损、缺相）或搅拌机长期没有清理。造成结料和结料集中落

下。

相对讲，机械设备引起的浇注稳定性波动，现象比较明了，易于区别和排除，但也往往被我们忽略。

第六章 静停切割

加气混凝土生产，经过了浇注工艺后，料浆经发气、稠化、初凝等一系列物理化学变化形成了坯体，坯体在一定温度的条件下，继续完成其硬化过程，以达到切割所需的强度要求，这一过程被称为静停。切割是对加气混凝土坯体进行外形加工的重要工序。是加气混凝土制品实现几乎任意的外观尺寸的必要手段。静停和切割在生产过程中是密不可分的两个工序。静停质量的好坏，不仅关系到前道工序浇注成型目标的实现，更影响到下道工序切割的成败，而切割则是加气混凝土制品达到外形尺寸的必然步骤。

第一节 坯体的静停

坯体静停，从定义来讲，是料浆浇注、发气、稠化及初凝以后的继续硬化，直至可以切割的阶段，但从生产特点来讲，则从料浆浇注入模便开始了静停，一般，我们将浇注以后至发气结束的这一过程称为发气和稠化过程，而将发气结束至坯体硬化，适合切割的过程称为静停过程。

一 静停的作用

发气稠化过程，是加气混凝土坯体形成的过程。以形成良好的孔结构来达到浇注的目的。该过程主要决定于原材料性质及浇注控制的工艺参数等，环境条件相对比较次要。

静停过程没有多少操作和控制，只是坯体内部仍在进行物理化学的反应，在这一过程中，由于水泥和石灰等胶凝材料产生的水化物凝胶继续不断地增多，使坯体中的自由水越来越少，而凝胶更加紧密。硅质材料颗粒在凝胶的粘合和支撑下，越来越牢固地占有固定的位置，形成以硅质材料颗粒为核心的弹-粘-塑

性体结构。当坯体塑性强度达到一定的数值，能够承受其自身的重力并在切割工艺中具有保持其几何形状而不发生有害变形的能力时，我们就说它已经硬化，或者说其硬化程度已经适合切割。也可以就，静停的过程就是坯体硬化的过程。在这一过程中，除了原材料性质、工艺参数外，环境温度及时间也是其直接影响因素。

二影响坯体硬化速度的因素

硬化速度指加气混凝土坯体达到可切割的硬化程度所需要的时间，在工艺上，硬化速度又称为静停时间。静停时间关系到生产的组织及生产能力的发挥。

加气混凝土坯体的硬化过程不仅是其料浆流变特性变化过程的继续和发展，而且硬化过程的发展规律与料浆稠化过程的发展规律在很大程度上是一致的，在一般情况下，料浆粘度增长速度快，坯体塑性强度增长也快，反之，料浆粘度增长慢，坯体强度增长也慢，料浆从浇注入模到形成可切割的坯体，要宏观上发生一系列弹-粘-塑性演变，使料浆从液体逐步演变成具有可塑特征的粘塑性体，料浆失去流动性而稠化，最后具有一定的结构强度，这个由稠化到形成结构强度的过程在微观上就是加气混凝土料浆体由分散悬浮体系到凝聚结构，再到凝聚结晶结构的形成和发展过程。因此。坯体强度的变化规律同其料浆粘度的变规律一样，取决于原材料的组合及其物理化学性质，浇注过程中控制的工艺参数等，调节这些因素，可以影响料浆的稠化过程，同样也可以影响坯体的硬化，从而我们有可能在较短的时间内获得理想的坯体。

1、胶结料用量

胶结料指水泥、石灰等钙质材料和采用湿磨工艺制备的含有一定量水泥、石灰的混合材料，胶结料用量的变动是影响坯体硬化速度的重要因素。在总配料量和工艺条件一定的情况下，增加胶结料用量，坯体硬化就会加快，反之则会变

慢，但改变胶结料用量就是改变配合比，因此，提高胶结料用量，应考虑到制品的性能要求。

2、水泥与石灰相对用量

胶结料中水泥与石灰的总量相对固定后，两者用量比例对坯体的硬化也有直接影响，一般情况下，石灰用量增加（石灰与水泥总量不变）料浆稠化加快，坯体初期强度增加较快，而后后期强度增加减慢，并且坯体强度也有所降低。在经砂为硅质材料的加气混凝土生产中尤为明显。而水泥增加，料浆稠化减缓，坯体后期强度增长较快，并且坯体的强度也较高。由于测定坯体强度方法的限制，我们测得的坯体强度包括抗压应力和抗剪应力。在实际生产中，往往经水泥和石灰用量调整后，虽然坯体强度值相近，但后者的坯体明显优于前者，切割时不易产生裂缝或破损。这是因为，增加水泥用量后，提高了坯体的抗剪应力，而石灰减少，则降低了水化热，减少了水份的蒸发，同样提高了坯体的抗剪应力。

3、石灰和水泥的品种

石灰和水泥品种对坯体硬化的影响是，石灰的消解速度快，消解温度高，有效钙含量高、则坯体硬化快。特别是石灰的消解温度，当料浆稠化时（石灰消解结束），消解温度较高，则坯体内部温度较高，有利于坯体的快速硬化，但过高的温度也易造成坯体裂缝等损坏，水泥一般相对稳定，对坯体的影响也较稳定，水泥凝结时间短，则坯体硬化快。

4、水料比和浇注温度

水料比对坯体硬化也有影响，一般来讲，水料比增大，坯体硬化延缓，并且坯体的硬化时间与水料比成正比，当石灰消解，或砂中含泥量增加，或配料中加入菱苦土时，必然提高了水料比，也将延长坯体的硬化时间。

对加气混凝土坯体来说，浇注温度高则坯体升温起点高，有利于水化反应的快速进行，水化反应放热集中，从而且提高坯体的温度，加快硬化速度。

5、硅质材料

硅质材料对坯体硬化速度的影响，主要表现在粉煤灰的性质上，粉煤灰中， Al_2O_3 含量高，坯体硬化较快；粉煤灰颗粒较粗，且未经磨细时，因其需水量较大，所以坯体的硬化较慢；粉煤灰中，含碳量较高时，坯体硬化较慢。

6、废浆和混磨

废浆的掺入和采用混磨工艺，对坯体硬化均有促进作用。废浆本身不仅具有较高的碱度，而且经长时间贮存后，各物料初步进行水化反应，凝胶数量较多。混磨工艺则使部分物料先行反应，有利于坯体的硬化。

三、坯体的静停

坯体的静停。也就是静置坯体以待其硬化，静停质量的好坏，除了影响静停时间的长短，从而影响生产能力的发挥及生产的正常进行，还影响到生产的成品率及制品质量，

静停环境温度的高低，直接影响到静停时间的长短，静停的环境温度高，则相对地静停时间短，反之，则静停时间长，这是因为环境温度低，坯体热损失大，温度上升较慢，不利于坯体硬化，同时，当环境温度过低时，坯体热损失较大，造成坯体内外温度差别很大，坯体内外的硬化程度不同，由此而引起的应力将使坯体在蒸压养护前即有可能产生裂纹，因此，硬化不均的坯体，在进行翻转、切割和切面包头工序时，容易产生变形、裂纹、沉陷及外层剥落等弊病。

当坯体因为环境温度太低而具有过量水分进行养护时，由于温度应力和湿度应力，将使坯体发生局部或全部变形。

因此，加气混凝土生产中，对静停的环境温度有一个基本要求，即一般应不低

于 20 度，为了缩短静停时间，提高产量和质量，目前工厂大多采用定点浇注，热室静停，静停的温度要求在 40-50 度，有些移动浇注工艺，因没有热静停室，冬季普遍采用暖气来提高车间温度。

采用热室静停工艺，必须解决模具的行走问题，若解决不好，也极易造成塌模（因浇注完毕即进入热室）、坯体裂纹而影响产量质量。一般采用的行走方式为磨擦轮或辊道输送（如伊通和乌尼泊尔）、专用推车机构（如海波尔、司梯玛等）及国内采用的以卷扬机钢丝牵引或人工推行，前两种方式因设备性能较好，模车行走稳定，可以保持连续行走，而后两种方式因牵引时振动过大，不便于连续行走，应在浇注完毕后一次牵引就位，避免因振动引起塌模。

还需说明的是，有些工厂在切割以后也采用热室静停（称为釜前静停），以提高入釜的坯体温度，从而减少蒸压过程的升温时间，但是，若控制不好，极易造成坯体脱水（特别在北方干燥地区），严重影响消化反应的进行，降低制品性能。因此，在采用釜前静停时，不宜使用加热器加热，并采取保湿措施。

四坯体在硬化过程中的缺陷及其原因

加气混凝土在硬化过程中虽然基本上处于静止状况，不会受到外力的破坏和干扰，但是由于坯体内部的原因和硬化环境某些不利因素的影响，也常会产生各种不利于坯体质量和制品性能的缺陷。由于加气混凝土品种的不同和生产工艺的差别，各生产厂中加气混凝土坯体出现的缺陷也各不相同。

1、硬化不均

同一模具中坯全各部分硬化程度不一致。由于坯体在静停过程中，因为坯体的不断散热，导致坯体各部分温度不均匀，从而致使加气混凝土坯体各部分的硬化程度也不同，越靠近模边和上下表面，温度就越低，硬化也就越慢，强度（指坯体强度）越低，而中心部位温度较高。尤其是在室内自然静停硬化条件

下，这种现象更加明显。如果室内温度较低，还可能形成内外强度悬殊的问题，经实测，坯体中部中心处的强度与四角部位和表底层的坯体强度相比，边角部一般只及中心强度的60-90%，严重时这一差距更大。

坯体硬化不均可能造成硬化不足的假象，导致错过切割时机；当以模具中部硬度为切割依据时，又可能发生边缘坯体坍塌或裂缝等现象，若采用翻转切割，则造成的破坏更严重，坯体硬化不均的原因较多，但主要的是以下三点：

(1) 环境温度过低，通常，生产加气混凝土的模框为钢板制成（只有极少量是钢木复合、如威翰工艺的模框），因此，模框的保温较差，环境温度对坯体有直接的影响，因而，目前大多厂家采用热室静停，以保证坯体的正常硬化。

(2) 搅拌不均。由于搅拌机的能力或配料投料的误差，易造成搅拌不均的现象，特别是以石灰为主要钙质材料。且石灰质量不好，致使配料时加大石灰用量时，更易发生此现象，也有因设计不合理。钙质材料下料过快而引起，这种硬化不均不同于前一种，由中心到边缘逐步降低强度，而是强度高的部分和强度低的部分不均匀地间隔存在。切割后的产品，除有钢丝切不透的现象外，切割缝成波浪形，也是比较常见的现象，除此之外，制品强度不均，坯体有团状硬块及不均气孔，对产品质量也都存在破坏。

(3) 料浆沉析。当浇注后料浆发生沉析，也会引起坯体的硬化不均。主要表现在下部强度较高，而上部较低。发生沉析比较常见的因素是粉煤灰过粗且未经磨细，砂子细度过粗等，有时喷油燃煤的粉煤灰，烧失量过大的粉煤灰和堆放时间过久的湿排灰也有此现象。一般可能通过保证磨细度，粉煤灰或砂与石灰、水泥进行混磨，加入废料浆、碱液等方法进行调节，有时，甚至只要提前制浆，也能得到较大的改善。值得提出的是，当铝粉搅拌不均，也会出现上下分层的现象。虽不属于沉析，但其结果也不例外是导致体强度上下不均，此原因引起

的表面特征是坯体上层气孔多而大，而下层则少且小，引起的原因一般是铝粉搅拌不均等。

2、不硬化

不硬化现象是指坯体硬化时间过长（超过 4 小时以上，有时甚至达 12 小时），长时间无法切割的现象，引起的原因主要为配料中石灰用量过多，且质量较差，而水泥用量过少，标号较低或掺有较多混合材。这一现象在环境温度较低时（低于 5 度），更易发生。当生产板材时因配料中加入一定量的菱苦土，以及矿渣质量较差，也时有此现象发生。有效地避免不硬化的措施，可以从增加水泥用量或选用较好的水泥（如 42.5 硅酸盐水泥）及好的石灰，提高环境温度如的热室静停等着手，当采用石灰和石膏轮磨时，石灰中掺混着过多的石膏，也易出现此现象。

3、收缩下沉

收缩下沉是指料浆发气结束，坯体形成中期，坯体出现下沉和周边裂缝，造成的主要原因有水料比过大、水泥质量较差、石灰质量较差和矿渣活性较低等。

4、坯体表面裂缝

坯体在静停后期往往出现一些裂缝，大面是龟裂，四周靠模框则为环绕一周的均匀缝隙，主要可能是石灰掺量过多（特别是采用快速灰时）或浇注温度过高所引起，配料时石膏因误差而投入过少也是起因之一，解决的方法是及时掌握原材料的波动，保证计量与投料的准确，同时，应注意合适的静停温度。

5、坯体内部裂缝

坯体在脱模后，常在侧面或端面出现一些水平的、弧形的和横向的裂缝。这类裂缝因为深入坯体内部，所以对制品影响较大，而且常常造成切割时发生坯体碎裂断落甚至坍塌。

产生以上裂缝的原因大多与发气不够均匀舒畅有关。当料浆温度高，稠化快时，铝粉发气后期的气体和温度上升，可能使已经稠化的初期坯体产生水平层裂。当料浆发气早，边浸度不均的弧形分层，在坯体硬化过程中，这些分层的界面处就容易产生裂缝。

另外，机械损伤也是造成坯体裂缝的一大原因，如坯体的降温收缩、模具的机械震动吊运、摆度或辊道的振动以及脱模时的损伤等。

解决坯体裂缝应从具体情况出发，根据其成因，不外乎一是从工艺控制出发，一是机械设备控制出发。

五坯体强度的测定

坯体强度是判断坯体是否适合切割的一个重要指标，也是对浇注及静停质量的检验，因切割方式的不同，对坯体强度的要求不同。一般地说，不采用将坯体进行搬运、翻转的切割方式对坯体硬化程度的要求低些，坯体越少受冲击、震动、弯折或挤压等的外力作用，其塑性强度要求也就越低。

判断加气混凝土坯体的硬化程度是否宜于进行切割。也就是说是否达到切割的强度要求，在生产中采用两种方法，一种是经验法，凭操作者的经验判断是否可以切割，通常都是以手指按压坯体表面或手掌拍压坯体表面，凭感觉判断其硬度，也有以打开模具侧板分别按压各部位。判断坯体上、中、下各部位硬化是否均适宜。有时借助钢钎插向坯体内部，以了解坯体内部强度，这种方法比较简单，但是，随意性较大，又不能得定量的结果，对于生产记录，分析及研究没有帮助，另一种方法是仪器法，即借助仪器，定量地测出坯体的强度。塑性强度需要特殊的仪器装置，不便于在生产现场灵活使用，一些工厂只是利用测试出某种加气混凝土坯体的可供切割的塑性强度范围，实用上有相当的局限性，比较常用的仪器是简易，通用的和可靠的“落球仪和落锥仪。落球仪是测

产生以上裂缝的原因大多与发气不够均匀舒畅有关。当料浆温度高，稠化快时，铝粉发气后期的气体和温度上升，可能使已经稠化的初期坯体产生水平层裂。当料浆发气早，边浸度不均的弧形分层，在坯体硬化过程中，这些分层的界面处就容易产生裂缝。

另外，机械损伤也是造成坯体裂缝的一大原因，如坯体的降温收缩、模具的机械震动吊运、摆度或辊道的振动以及脱模时的损伤等。

解决坯体裂缝应从具体情况出发，根据其成因，不外乎一是从工艺控制出发，一是机械设备控制出发。

五坯体强度的测定

坯体强度是判断坯体是否适合切割的一个重要指标，也是对浇注及静停质量的检验，因切割方式的不同，对坯体强度的要求不同。一般地说，不采用将坯体进行搬运、翻转的切割方式对坯体硬化程度的要求低些，坯体越少受冲击、震动、弯折或挤压等的外力作用，其塑性强度要求也就越低。

判断加气混凝土坯体的硬化程度是否宜于进行切割。也就是说是否达到切割的强度要求，在生产中采用两种方法，一种是经验法，凭操作者的经验判断是否可以切割，通常都是以手指按压坯体表面或手掌拍压坯体表面，凭感觉判断其硬度，也有以打开模具侧板分别按压各部位。判断坯体上、中、下各部位硬化是否均适宜。有时借助钢钎插向坯体内部，以了解坯体内部强度，这种方法比较简单，但是，随意性较大，又不能得定量的结果，对于生产记录，分析及研究没有帮助，另一种方法是仪器法，即借助仪器，定量地测出坯体的强度。塑性强度需要特殊的仪器装置，不便于在生产现场灵活使用，一些工厂只是利用测试出某种加气混凝土坯体的可供切割的塑性强度范围，实用上有相当的局限性，比较常用的仪器是简易，通用的和可靠的“落球仪和落锥仪。落球仪是测

定坯体的表面硬度，以一定高度落球压痕的直径来表示，”普瓦维硬度仪，也是一种以落球方式测试坯体强度的仪器，不同的是不是以压痕直径表示，而是以压入深度表示，这两种方法都可以间接地定量反映坯体的硬化程度，给出的是有标准试验方法的客观数据，其科学性、可靠性可对比性都比经验法进了一大步，但是，这两种方法还只是反映了坯体的表面强度，不能反映坯体内部中下层的硬化情况，特别是当坯体硬化不均匀时，其测试数据也就推翻了意义。为了解决这一问题，中国建材科学研究所和常州建材研究设计所共同研制了一种贯入式坯体强度测定仪。它是直径 10mm，长度 330mm 的插杆 1；可固定在插杆上的深度限位片 2；测力弹簧 3，套筒 4，游标 5，和标尺 6 组成。当手握套筒以一匀速将插入坯体时，插杆受到的坯体阻力压缩弹簧，套筒与插杆发生相对移动。并推动游标而指示一定数值，坯体强度越大，对插杆的阻力越大，需要施加的贯入力也越大，因而弹簧压缩量也越大，游标同时指示出相应的数值，从而测出了坯体近中部的强度。通常，为了使用方便，采用测定仪与经验相结合，确定出适合切割的贯入力范围，用以指导对坯体硬化程度的判断。该仪器有不甚完善之处，不同的人员、不同的插入速度以及插入时的垂直度与稳定程度，都对测试结果有一定影响。

第二节坯体的切割

由于加气混凝土由浇注、发气膨胀而形成坯体，所形成的坯体体积较大，要达到所要求的外形尺寸，必须于最终形成产品前进分割加工，这就是加气混凝土的切割，是加气混凝土生产过程中的一个重要工艺过程，在进行的同时，往往伴随着其他外型加工，包括进行铣槽、手抓孔加工和异型块加工，这些加工目前国内尚未普遍推广，但在国外已是外型加工的基本要求。

一、切割工序的意义与工艺要求

切割工序的意义在于，切割工序是加气混凝土制品外形尺寸形成的加工工序。加气混凝土成品外形尺寸的可变动范围，取决于切割工艺的适应能力，其外形尺寸的准确程度，取决于切割工序的设备性能和工作质量，切割工作过程对制品外形尺寸的影响不仅是决定性，也是一次性的。因此切割是产品外观质量的重要工序，切割工序同时可以完成对加气混凝土制品的外部开关进行加工，如铣槽、刮边、铣侧平面、倒角或作板材大面的特种表面处理等，切割工序还影响上道工序浇注工序和下道工序蒸压养护工序的生产效率及成本支出，切割工序时间节拍掌握严格，可以保证模具的周转，满足蒸压养护的入釜编组，既不至坯体过长时间的停留，避免了坯体失水及底板延搁，也保证了釜的利用效率及蒸汽的合理使用（倒汽）从而保证了单位时间产量。

为了实现良好的外形尺寸，加气混凝土在切割过程中，都要借助于一定的切割工具，不论是手工切割还是机械切割，使用的切割工具都必须满足一定的要求。

1、切割尺寸的灵活性

加气混凝土切割工具完成切割的灵活性是指可进行的最大和最小的切割尺寸范围及其它变动的最小间隔，以及在特殊要求情况下，可能采取的临时变通措施。最基本的要求是按国家标准《蒸压加气混凝土砌块》和《蒸压加气混凝土板》所载明的多种规格要求，并尽可能地满足当地建筑部门所要求的常用规格及习惯尺寸。

2、切割尺寸的精确性

加气混凝土制品的切割尺寸，直接影响到建筑施工速度和效率及建筑施工的方法。目前，国内建筑的特点还主要是混合砂浆砌筑，这对加气混凝土制品的尺寸要求尚不是很高。但是过大的尺寸的偏差（特别是正负偏差同时存在时），对施工的不利影响还是很大的。如墙与柱的连接及墙面抹灰，都直接影响了施

工效率和材料耗量。国外及国内先进地区（如上海、南京）加气混凝土施工，多已进入胶泥（加气混凝土专用砂浆）粘结、组合拼装及以直接装饰阶段。墙体的砌筑以胶泥粘结，板材与结构梁柱的组装采用结构胶粘结；墙面不打底而直接进行装饰，这就对制品提出了更高的要求。在德国，砌筑灰缝的要求为0.8mm；在国内也已提出3mm的要求。显然，加气混凝土制品的切割精度目标为小于1.5mm。另外，尺寸偏差大的制品，由于连接缝隙的热桥作用而影响建筑物的质量和功能。对于板材来说，尺寸的误差，更易带来施工安装的不便并影响建筑质量，因此，切割尺寸的精度是加气混凝土坯体切割工具的又一基本要求。

3、切割工具的生产能力

切割工序不仅要完成对坯体的外形加工，还要保证前后工序的正常运转，实现企业的生产能力，因此，切割工具必须达到一定的生产能力，这一能力也包含切割的成品率。

4、功能完善、

功能完善主要指是否满足标准规范对制品的要求的加工，特别是满足六面切割的要求。

此外，切割工具的操作简单，运行稳定，故障率低，维修方便，对坯体同时有其它外形加工能力以及对坯体的损伤程度也都是最基本的要求。

二切割的工艺类型

根据加气混凝土坯体切割的基本要求，在设想完成切割的方式所必须考虑的是经济性和合理性。因此，目前不管采用哪种方式切割都是以钢丝作为切割材料，而各种切割方式，乃至各种专利技术的切割机，也都是围绕钢丝如何切割坯体、坯体如何与模具底板分离来展开工作。比较通俗的切割方式的划分为：预铺钢丝切割、钢丝压入切割和坯体与底板分离后再以钢丝切割。在设计具体的切割

方式时，往往是以上三种基本方式的组合。

1、预铺钢丝切割

预铺钢丝切割是预先按要求将切割钢丝铺设在模具底板或切割台上，等坯体形成后或移动切割台上，将钢丝以一定的方法从下向上拉出而完成切割。我国许多小型加气混凝土厂采用的人工切割属前一种，而后一种可以看出已经成复合方式，国产的预铺钢丝卷切式（杨浦式）和预铺钢丝提拉式（北京常州式）的纵切属后一种，其中，切割前已经完成了坯体与底板的分离。

2、钢丝压入切割

压入式切割是将钢丝自上而下（或坯体自下而上）压入坯体达到分割坯体的目的。这是实现切割的最简单的方式。但是，显然存在着中间部位的坯体难以切透的问题。钢丝长度适合切割坯体的宽度和长度受到一定限制，司梯玛切割机是典型的压入钢丝切割方式，另外，预铺钢丝提拉式（北京常州式的横切，国产翻转式切割机的横切、伊通的横切、乌尼泊尔的横切等也都是压入钢丝切割。

3、坯体与底板分离后再以钢丝切割

这是所有切割机中运用最多的切割方式，虽然坯体与底板分离方式很多，但都有一个共同的优点，就是能进行大体积坯体的切割。通常，分离坯体与底板的方式有：底板由若干块小块组成，逐块分离以便钢丝通过而完成切割（西波列克斯切割机）；以负压吸吊（连模框）坯体至预铺钢丝的切割机（杨浦式）上或有可以通过钢丝的切割台的切割机（海波尔）上完成切割；以夹具夹起坯体移至有可以通过钢丝的切割台（底板）的切割机上（威翰 I）完成切割，将坯体翻转 90 度并移开底板进行切割（国产翻转切割机、伊通切割机）等。南京旭建的西波列克斯切割机则将坯体夹起后进行横切，在输送带上移动中完成纵切。

三、切割机的工作原理及工艺特点

国内外加气混凝土企业使用的切割机种类较多，并且所采用的切割方法也各不相同，操作控制方法有简单的分步手控，也有电脑程度联运。目前，国内采用的切割机列于表 6-1。

1、西波列克斯切割机

西波列克斯切割机是北京加气混凝土厂于 1965 年从瑞典西波列克斯公司引进的一种琴键式切割机，与带活动底板的组合式模具及带专用抓具的天车连成切割机组。其特点是所有切割动作都在切割机上完成，机构比较复杂，制品切割完后仍然将模具合上，带模入釜养护，所以，外部配套设备简单。由于制品带模养护，模具数量多，耗钢量大，能耗也较高。切割机能力为 5-7 模/H，模具尺寸：6000X1540X650mm

表 6-1 国内切割机的类型

切割机的工作原理是：待切割的加气混凝土坯体连模具一起由天车吊至拆模提升架，由拆模提升架将模具平稳地落在切割台上，并打开模具侧板的紧固螺栓，使模具四框与底板和坯体分离。然后把模框升起，坯体由 24 块活底板托着座落在切割台上，此时，纵向切割车启动开始纵向切割，同时，纵向切割进口支撑架和纵向切割出口支撑架抵信坯体，当挂有垂直的纵切丝的纵向切割车进行纵切时，24 块活底板便与切割台联运，逐块下降让过小车后再复位，以便切割钢丝通过分割坯体，纵切的同时，纵向切割车上的螺旋铰刀完成面包头的切除；纵切完成后，横向切割支撑架抵信坯体，横向切割车启动进行横切，横切的钢丝由 24 块底板的缝隙中通过。完成切割后，载有模框的拆模提升架落下，重新合模于已切割的坯体上，待吊起已切割坯体后，切割机各部分完全复位，等待下一次工作。南京旭建新型建材有限公司引时的西波列克斯改进型切割机组。采用的是将坯体夹起完成横切。然后再将坯体置于纵切输送带上，在坯体推进

行走时完成纵切，完成纵切的坯体改由可作履带式运动的养护底板支承并再吊运码坯。

2、伊通切割机

伊通切割机是由纵向切割装置，横向切割装置在不同的工位分别完成切割的一部分步式切割机，与翻转吊具，专用组合模具及掰板机等组成切割机组。在切割过程中，由坯体移动分别完成各道工序的切割。下道工序不占上道工序的位置，当前一模制品离开第一道工序后，第二模又开始了第一道工序，整个切割过程是流水作业，因此，该机型结构简单，产量较高，因切割过程是以坯体侧立状态进行，坯体可进行六面切割（六面剥皮）和铣槽等多种加工。产品质量较高，可充分满足建筑需要，该切割机可同时进行砌块与板的生产，生产能力：5-8 模/H 模具尺寸：6000X1200X650mm，

坯体的切割程序是：静停后的坯体用脱模翻转吊具在空中翻转 90 度后脱模，脱模后的坯体连同底板（侧模板）一起落在切割车上，坯体在移动的过程中先后完成铣削平面和榫槽，纵向切割，铣削的废料落入废料输送槽中。

平面铣削装置有两种形式，一种是钢丝切割式，一种是旋转铣削式（两根带有铣削刀具的旋转轴）。平面铣削装置和榫槽铣削装置可以根据需要“进刀”或“退刀”，这对于在同一坯体内既有板材又有砌块的加工是非常方便的。调整平铣削机构的“进刀”尺寸，可以得到不同宽度的板材或不同长度的砌块。

在同一坯体内，要求板材与砌块的厚度不一致时，在水平（纵切）切割前需要将坯体在过度处加工出退换刀（钢丝）槽由掏空装置加工，掏空装置是由螺旋铣刀或两根不平行钢丝构成，当坯体需要掏空时，切割车作一停留。掏空装置自上向下完成动作，掏空宽度为 200mm，以便于退换刀（钢丝）进行水平钢丝切割（纵切）。

当全部完成铣削平面和榫槽、纵切后，切割车继续至横切装置下（终点）停止，终端位置的液压支座升起，将坯体托起，切割车可立即返回始端。此时横切装置对坯体进行横向切割，安装在横切架上的钢丝摆着由上至下完成切割（北京加气混凝土厂引进道斯腾的横切为铡刀式），切割完毕待横切装置复位，坯体由另一小车承载并送到吊运工位。由吊具吊走坯体进行编组入釜养护。

与伊通切割机相配套的设备主要有：

模具：模具由一块活性侧板与三面边框加底板的箱体构成。模具上装有活动侧板自动锁紧装置和翻转轴销（在端板上），以便于装拆模和模具翻转。

脱模翻转吊具：该吊具的作用是吊运的同时，完成坯体的翻转及装拆模，翻转与装拆模的动作由吊具上的液压站和工作油缸完成。

掰板机：由于伊通技术是把坯体翻转 90 度，纵切以水平切割形式完成。切割后坯体不再翻回，因此，蒸压养护时，坯体仍一块一块叠在一起，易造成粘连，掰板机就是用以掰开粘连制品的工具。

蒸养车：由于伊通切割机切割后，坯体以侧立状入釜养护，在进行码坯时，蒸养车总是于一边先受力。因此，该蒸养车与一般小车不同，在四角处设有触地支承腿，在码坯时使其支于地面。防止倾翻。

伊通切割机是在原机型的基础上不断吸收各种切割机的优点后加以完善的机型，也是当今国际上比较先进的一种机型。我国于 1990 年由北京加气混凝土厂引进（德国道斯腾仿制型）。代替原来的西波列克斯切割机，从运行情况看效果较好。可实现全自动控制。上海伊通有限公司 1996 年引进了伊通原型机，中国新型建筑材料公司常州建材研究设计所和北京建都设计研究院先后根据北加伊通原理和伊能原型。结合国内实际，简化了一些功能，使之更适合国情，同时降低造价，设计了适合 10-20 万立方米/年规模各型（包括坯体行走式和切割

机构行走式、模具自行和辊道输送与摩擦轮输送)4.2m 和 6m 系列分步式切割机。现已装备了兰州金轮、徐州永发、烟台宏源和上海宇山红等厂家。

3、海波尔切割机

海波尔切割机是我国于 80 年代初从罗马尼亚引时的技术。并先后配备了三套。其中两套采用负压吸吊方式吊运坯体，而另一套（哈尔滨）则采用夹具吊运坯体，因海波尔切割机的纵切钢丝靠长杆牵拉。因此，又称为长杆式切割机，生产能力 5-6 模/H，模具尺寸：6000X1500X+6500mm。

切割机的工作原理是：切割台是由许多“T”形块组成，块与块之间的缝隙，其宽度方向可通过养护栅式底板、长度方向可穿过送钢丝的长杆；切割前预先铺好养护底板，预置横切和纵切钢丝，当负压吊具将坯体（脱去底板）带模吊至切割台，并脱去模框（若采用夹坯式，则直接将坯体夹在切割台上），横切钢丝由下向上摆完成切割，然后由切割小车完成纵切、水平切割和面包头切割，完成切割的坯体由养护栅式底板托起并码坯。

海波尔的主要配套设备有：模具包括模框和底板。采用负压吸吊，使用的是固定模框；采用夹坯式，则模框可松开；底板专门用于浇注静停；采用定点浇注，则底板带行走装置。为了能与切割台配合，在切割完毕后托走坯体，养护栅式底板与切割台都做成间隔状，因此，该工艺采用专用的养护栅式底板。吊具，一种为带负压风机的负压吊具，以吸吊坯体；另一种则为液压驱动夹臂的夹坯吊具。

我国专门组织了对海波尔切割机组测绘翻版，由中国新型建筑材料公司常州建材研究设计所和中国建筑东北设计院等承担。样机曾提供上海硅酸盐制品厂使用。后东北院在此基础上设计了 JHQ-3.9 系列切割机。

4、乌尼泊切割机

我国的三套乌尼泊尔切割机组，是 80 年代初从波兰引进的，其生产能力为 7-8 模/H，乌尼泊尔切割机采用的分离坯体底板的原理是，浇注底板由 2 组篦板组成，坯体形成后，以其中 1 组篦板托运坯体至切割机上完成切割。

乌尼泊尔切割机也是一种长杆式切割机，切割的原理是：浇注成型的坯体在辊道上完成静停硬化，并由辊道输送至切割机前，在此，由抽装底板装置松开篦式底板并抽走活动篦式底板，由脱模吊车送至切割台上并脱去模框，纵切的原理与动作和海波尔相似，而横切则是由横切装置自上而下完成。横切钢丝为 $\phi 1.2\text{mm}$ 钢丝上间隔缠绕 $\phi 0.4\text{mm}$ 细钢丝构成。在进行横切时，钢丝来回摆动；切割完毕的坯体仍推到输送辊道上，然后吸走面包头。乌尼泊尔切割工艺的一五特点是：整个生产工艺都是在地面行走。很少采用吊车输送。

乌尼泊尔的配套设备有辊道（坯体从浇注到切割完毕均由辊道输送）；带斜度的固定模框和篦式底板组成的模具；底板抽装机，其作用是从待切割的带坯体模具中抽出活动篦式底板，并进行清理、润滑，然后装入组模的篦式底板中，脱模吊车，用于脱去模框，真空吸罩，用于吸走坯体的面包头和两端的余料。

5、司梯玛切割机

司梯玛切割机是 1984 年南通硅酸盐制品厂（现南通支云硅酸盐制品有限公司）从德国引进的二手设备，原为丹麦技术。其切割原理与求劳克斯相似。该切割机将所有切割动作分步完成。因此，机械结构简单可靠，且全部采用地面行走，无需行车吊运，但因坯体与底板始终不分离，钢丝必须由上而下完成切割，因此，采用的是长 X 宽为 2.1X1.24 的小模具，带来了不能生产板材的弱点，然而，也因坯体与底板始终不分离，使坯体受到的损伤最小。切割机正常工作时为连续作业，每个动作都与步进行走装置联动，完成时间约为 5-6min。因每个动作都同时在不同的坯体上分步完成，因而，切割机的切割周期也为 5-6min。

司梯玛切割机组分脱模、横切与水平切、纵切和真空吸罩四个单元组成。国产化后又增加了码架装置。其切割过程是工；脱去模框的坯体经模车顶推装置送入横向及水平切割机构，并于送入过程中完成水平切割，进入机构的坯体定位后由切割框架自上而下完成切割，切割时钢线来回摆动，切割完毕，切割架自行复位，横切完毕的坯体由模车顶推装置送入纵向切割机构，纵切钢丝间隔错动，仍为由上而下完成切割，完成纵切后的坯体进入真空吸罩，吸去坯体上的面包头，吸下的面包头送入该机构下的打浆机制浆，并输送回配料系统；最后码架机构完成码坯。

司梯玛切割机的配套设备主要有：模具（包括模框、底板）小车、液压站（提供切割机及地面行走的模具顶推装置的液压动力）。

司梯互切割机的翻版工作由中国新型建筑材料公司常州建材研究设计所承担。

近几年来，翻版设备先后在甘肃兰州及江苏常熟等厂家应用。

6、威翰切割机

威翰是德国的又一建材设备制造商。南京建通墙体材料公司（现南京旭明新型墙体材料有限公司。目前，该公司已改为仿伊通工艺）引进了威翰 I 型（WEHRHAHNI）二手切割机，生产能力为年产 10 万立方米，其原理是：浇注成型的坯体完成静停后，开启模具由夹坯装置夹至切割机上，并改由以篦条式养护底板支承，横切装置自上而下完成横切，完成横切后，坯体被送入纵切装置，纵切钢丝通过养护底板的缝隙完成对坯体的纵切，该机的特点是，生产线全为地面作业而不用行车，模具为可以开启的五面联体式，但因采用夹坯式和篦条式养护底板，易对坯体造成破坏，浙江开元新型墙体材料有限公司 2006 年引进的威翰 II 型，则已参照伊通技术，采用了脱模翻转切割，侧立养护工艺，与伊通的区别为延用了威翰特有的五面开启式模框；面包头和底面切割从纵切机构

司梯玛切割机组分脱模、横切与水平切、纵切和真空吸罩四个单元组成。国产化后又增加了码架装置。其切割过程是工；脱去模框的坯体经模车顶推装置送入横向及水平切割机构，并于送入过程中完成水平切割，进入机构的坯体定位后由切割框架自上而下完成切割，切割时钢线来回摆动，切割完毕，切割架自行复位，横切完毕的坯体由模车顶推装置送入纵向切割机构，纵切钢丝间隔错动，仍为由上而下完成切割，完成纵切后的坯体进入真空吸罩，吸去坯体上的面包头，吸下的面包头送入该机构下的打浆机制浆，并输送回配料系统；最后码架机构完成码坯。

司梯玛切割机的配套设备主要有：模具（包括模框、底板）小车、液压站（提供切割机及地面行走的模具顶推装置的液压动力）。

司梯互切割机的翻版工作由中国新型建筑材料公司常州建材研究设计所承担。

近几年来，翻版设备先后在甘肃兰州及江苏常熟等厂家应用。

6、威翰切割机

威翰是德国的又一建材设备制造商。南京建通墙体材料公司（现南京旭明新型墙体材料有限公司。目前，该公司已改为仿伊通工艺）引进了威翰 I 型（WEHRHAHNI）二手切割机，生产能力为年产 10 万立方米，其原理是：浇注成型的坯体完成静停后，开启模具由夹坯装置夹至切割机上，并改由以篦条式养护底板支承，横切装置自上而下完成横切，完成横切后，坯体被送入纵切装置，纵切钢丝通过养护底板的缝隙完成对坯体的纵切，该机的特点是，生产线全为地面作业而不用行车，模具为可以开启的五面联体式，但因采用夹坯式和篦条式养护底板，易对坯体造成破坏，浙江开元新型墙体材料有限公司 2006 年引进的威翰 II 型，则已参照伊通技术，采用了脱模翻转切割，侧立养护工艺，与伊通的区别为延用了威翰特有的五面开启式模框；面包头和底面切割从纵切机构

中分出单独工作，以便于废料的集中收集，其它工位的废料较少，坯体行走地沟实现了封闭结构；完成切割后，再对坯体进行二次 90 度翻转，以除去底部余料。

7、6M-10A 翻转式切割机

6M—10A 翻转式切割机是中国建筑东北设计院设计，在国内应用较多的一种机型，生产能力为 10 万立方米/年，配套模具规格为 6000X1500X640mm。目前，武汉春笋集团（原武汉硅酸盐制品厂）、甘肃省构件公司硅酸盐制品厂等厂家仍采用该切割机。6M-10A 翻转式切割机由翻转台、拆模装置、水平切割车、垂直切割装置，废料回收装置和水平支撑组成。其工作原理是：待切割的坯体连同底板、模框用专用吊具吊放在切割机的翻转台上，拆模装置运行至坯体就位处进行脱模，脱下模框稍加清理后到回模车上进行合模，脱掉模框的坯体连同底板，在翻转台上作水平移动，并使坯体的一个侧面靠紧翻转台上的小滑车，坯体翻转 90 度，小滑车水平移动，使坯体脱离底板，并运送到切割位置，启动水平切割车，挂在水平切割车上的钢丝自上而下完成对坯体的切割，然而丝仍沿原切割缝返回，至止，即完成垂直切割（横切）；切割完的坯体，又重新返回到翻转台上的起始位置，靠上底板，并加翻 90 度。坯体即可由吊车吊运码坯，准备养护，切割机工作时，废料加收装置启动工作，将切割下的废料（主要是面包头）经打碎后输送到料浆罐。

6M-10A 翻转式切割，是我国自行开发比较成功的一种机型。设计生产能力为 10 万立方米/年，实际最大生产能力达 20 万立方米/年，装备该切割机的企业均为行业中的骨干企业。为满足市场需要，目前已推出了该机的改进型，规格有 4000X1200X640mm、4200X1200X540mm 等多种型号。

8、预铺钢丝卷切式切割机

预铺钢丝卷切式切割机是 70 年由华东新型建材厂（当时为上海杨浦煤渣砖厂，故该切割机又称为杨浦式切割机）研制、后经数次改进完善的一种机型，一般适合用于 5 万立方米/年规模的企业，其配套模具长度为 4m，宽度有 1m、1.2m 和 1.5m。

该切割机采用预先铺设钢丝的原理，故与配套的还有负压吊具，以使坯体脱离底板；钢丝在进行切割时，一面切割，一面收缩卷曲，切割机由切割台、切割机架、螺旋铣刀、纵向切割车、横切翻转架等组成，进行切割时，应先将养护底板吊入在切割台上，横切翻转架落下至最低位置，同时将半圆轮复位，这样就将一组横切钢丝预铺在蒸养底板上，启动纵向切割小车，将上一切割周期结束时的切割小车返回，钢丝卷筒反转，当切割小车行至终点时，切割钢丝不接触底板而成一倾斜直线，用负压吊具将坯体连同整体模框吊运至预放底板及预铺钢丝的切割台上，在坯体下降过程中，模框压住倾斜的纵切钢丝至贴住底板，以完成纵切钢丝的预铺，然后脱去模框，启动纵切支撑和纵切小车，使支撑抵紧坯体，纵切小车行走进行纵向切割。同时，启动螺旋铣刀进行面包头切割，在纵切小车行走进行切割时，钢丝卷筒将自动收卷钢丝，纵切小车到达尽头，开动钢丝卷筒，将坯体内的剩余钢丝卷出，以此完成纵向切割；启动横切支撑抵紧坯体，启动横切割翻转架，使坯体被横切翻转架上的钢丝切割，切割时，钢丝亦靠钢丝卷筒收卷以完成横切，最后由吊车吊运码坯，准备入釜。

该切割机结构紧凑，工艺简单，比较适合小型企业使用。但因切割钢丝过长，涨紧程度较难控制，因此，切割精度受到一定影响。

9、预铺钢丝提拉式切割机

预铺钢丝提拉式切割机，也是一种预铺钢丝式切割机，为与前一种（杨浦式）区别，根据其纵切钢丝的切割过程，称为预铺钢丝提拉式切割机，该切割机由

北京市建材工业设计院设计（现北京建都设计研究院），生产能力 6-7 模/H。

预铺钢丝提位式切割机由切割台、车架、横切机构、导向机构、轨道及铰刀等组成。切割之前（上一模完成切割之后），先将养护底板吊放在切割台上，然后将车架开回到切割起始位置，放下车架上的纵切钢丝横梁，使纵切钢丝预铺在底板上，然后放在横切机构，也使横切钢丝预铺在底板上，以负压吊具吊起模框与坯体（负压吊启动负压），使其与底板分离，并移至切割机上，负压吊具开启正压，脱去模框；启动横切机构，对坯体自下而上完成横向切割；提拉纵切钢丝横梁，使纵切钢丝一端于坯体上部（另一端始终在坯体底部）而成斜线状，启动车架，使斜线状纵切钢丝向前移动进行切割，同时，启动铰刀，进行面包头的铣切，在车架行走的同时，布置于车架上的水平切割钢丝完成对坯体的水平切割，车架行走至终止位置，即完成纵切，由吊车连同底板吊起坯体进行码坯，准备入釜，切割机则可进行下轮切割。

预铺钢丝提拉式切割机由于采用了预铺钢丝的方法，使切割台部分大大简化，因而简化了切割机的总体结构，但由于该机采用先横切，再纵切，且纵切钢丝成斜线状向前推移。使制品上部棱角容易破损，另外，纵切钢丝过长，对切割精度也有不利影响。

四手工切割

对于大多数小型加气混凝土厂来说，手工切割过去也是作为生产工艺中普遍采用的一种切割方式。手工切割的方法主要有三种，即模内切割、脱模后切割和起吊切割，都是以手工拉动钢丝完成切割，而起吊切割仅是将横切钢丝挂在模具上，靠行车起吊脱模时拉动切割钢丝完成切割，手工切割在过去曾在过去曾被广泛运用，但因切割精度太差而被逐步淘汰。

第三节 坯体的损伤及防止

坯体的损伤，大多出现在进行切割的前后，损伤出现的原因较多，工艺控制条件，切割机的机械性能、吊运过程的影响及操作人员的技能等，不可避免地都将直接影响产品质量与产量，因此，控制并防止坯体损伤，是加气混凝土生产的一大课题，本节着重讨论机械设备与操作造成的坯体损伤。

一吊运中的损伤

坯体形成以后进入切割时，都必须经过一定距离的输送，吊运是采用较多的方法，也是极易造成损伤的工艺过程。

1、坯体的断裂

加气混凝土成型的模具都比较大，特别是 6M-10A 翻转式切割工艺，模具长度为 6m。当起吊力量过猛，过大的冲击荷载使模具（或底板）发生变形，或使坯体受到过大震动，容易造成坯体的断裂；一般模具，底板，起吊抓孔即行起吊，极易造成模具底板的变形，特别是结构刚度差，或磨损锈蚀严重的模具底板，其变形更大，这是坯体断裂损伤的潜在因素，也是浇注时，模具漏浆的一大原因。在采用负压吊吸运时，由于坯体两端强度不匀，形成不均匀下滑，也易造成坯体的断裂。

空中翻转时，因坯体由大面支承改由侧面支承，翻转后的上部中间已受到较大的压应力，而此时若产生较大的振动（如较快地旋转于切割支撑架，踏为承受拉应力），就极易造成断裂。

2、缺棱掉角

缺棱掉角主要是吊运脱模过程中，模具的幌动造成了棱角的损坏。这一现象在以单钩起吊脱模时尤其严重。可采取的措施主要是设置脱模导向槽（杆），或以人工扶持，单钩吊改为双钩吊。

3、吊运过程中的其他缺陷

负压吸吊时坯体下滑，甚至没落，设备上的原因是负压吊负压不够或负压吊与模框连接不密封，应检查负压风机、风管和密封条；工艺上的原因主要是坯体过软。吊运后坯体下陷，主要是坯体大面积粘模（坯体贴在模底板上），应清理底板而使坯体断裂，应及时调整设备，保证动作准确到位。

4、缺棱掉角

缺棱掉角现象因切割机型号不同而各异，对于大多数切割机来说，缺棱掉角主要由于钢丝从坯体中离开时发生，若有支撑，因支撑不能抵紧坯体被钢丝崩坏，而对于预铺提拉式切割机，因其纵切钢丝是成斜线状向前推移完成切割，切割钢丝对于坯体的施力既有水平方向，又有垂直向上，在完成横切及面包头后进行纵切，纵切时坯体上部没有向下的支撑。因此，钢丝很容易于每一块制品的端部崩坏棱角，伊通机型因无纵切支撑，易出现端部崩角现象，可以提高坯体强度或预先人工倒角来避免。

5、表面鱼鳞状

在使用螺旋绞刀铣切面包头时，常因坯体过软或绞刀刀口粘积废料过多而将表面拉成鱼鳞状；而坯体过软，钢丝又较粗且粘有余料，也易造成鱼鳞状。伊通型的大面铣切刀也会因坯体过软而造成鱼鳞状。

6、双眼皮

双眼皮是指同一钢丝的切割缝有两道，是因为坯体硬度不均，退出切割钢丝不慎而造成。主要发生于6M-10A翻转式（地翻）切割机的横切，乌尼泊尔的横切等切割钢丝需从原路返回的机型，且以端部最为常见，一般可以提高坯体强度、拉紧切割钢丝、稳固切割台和保证静停温度的办法来避免钢丝与坯体的错动，从而避免双眼皮的发生。

7、边缘塌落

切割后，坯体常发生边缘塌落，其原因主要是坯体边缘部分强度过低，切割后割断了与中部坯体的连接，难以独自承受自身的重量而造成塌落。一般可通过改善原材料状况或改善静停条件。以保证坯体强度均匀发展，避免边缘的塌落。

8、尺寸偏差

尺寸偏差是切割过程中较常出现的缺陷，一般来说，有规律的尺寸偏差来自于设备的系统误差，应通过对切割机的调试加以解决，而无规律的尺寸偏差，引起原因较复杂，但也不外呼在切割机和坯体两方面找原因。在切割机上，较常见的原因是切割钢丝过松、涨紧弹簧疲劳、涨紧气缸磨损以及切割动作的传动部分的故障等，在坯体方面，经常出现的原因是料浆搅拌不均、坯体强度不均、原料中含有较粗的颗粒和原料中含有过烧石灰或氧化镁等。

三切割后的损伤

坯体在切割后仍会造成损伤，其典型的损伤有如下几种。

1、坍塌

坍塌的主要原因是坯体强度过低，在完成切割后的吊运过程中，经受不起晃动和振动所造成。地翻型切割机由于底板变形，使切割后的坯体，在翻回时不能完全与底板接触而造成冲击和倾斜，使坯体受到损伤。

2、裂纹

有时，坯体在切割时并没有出现裂纹，但切割后却逐渐出现了裂纹，一般来说，这不是切割所造成，而是坯体温度过高引起的。因为，坯体温度过高时，切割缝增加了坯体的散热面积，大量的散热必然使坯体内部产生应力，当坯体的强度不能抵挡热应变时，自然会产生裂纹，避免这种热应变裂纹的方法是降低坯体内部温度（可从降低浇注温度或减少石灰用量着手），或者切割后对坯体进行

适当的保温。

3、酥松

切割后坯体出现酥松一般在完成蒸压养护后才能发现，但原因却是在切割后对坯体的管理上，当坯体完成切割后等待入釜的过程中，会大量散失掉水份，使水热合成反应不能正反进行，因此，在完成切割后，应尽快进釜。在编组等待过程中也避免水份大量散失。

对大多数生产厂来说，切割是加气混凝土生产中对外形的唯一的一道加工工序。切割质量的好坏，直接影响产品的质量，就工序而言，切割质量的主要影响因素是坯体质量，要求坯体强度均匀，硬化程度适中，但各厂情况各不相同，我们应该按照切割的要求，结合工艺特点，制订出适合各自企业的工艺规程来指导生产。

第七章 蒸压养护

蒸压养护是加气混凝土获得高强度等性能的必要条件，是使制成品实现水热合成的具体方案和手段，它不仅关系到制成品性能的好坏，也关系到生产效率的提高和能源的消耗。本章将着重介绍蒸压釜内的水热物理过程和三种加气混凝土的最佳蒸压养护的主要工艺装备和操作。

第一节 蒸压的热物理过程

一 蒸压过程中的热传递

在蒸压釜内，当高压蒸汽进入后，蒸汽与坯体之间，蒸汽与釜体，蒸养车和底板等设备之间将进行一系列热交换，将蒸汽的热量传给坯体（包括与之接触的设备），热量传递效率越高，坯体升温越快，坯体内外达到均匀温度的时间越短。蒸汽与坯体的热交换是从坯体外露的表面首先开始的。当敢问的蒸汽与坯体表面接触时被迅速冷却，同时释放出气化热，蒸汽冷凝后在坯体表面形成水膜并充满外表气孔。这时，坯体表面首先被加热，逐渐形成坯体外层温度和湿度高于坯体内曾温度和湿度的情形，在这种情况下，表层温度势必向较低的内部传递，较高温度的水分也将向内层渗透。这种传递和渗透直到坯体内外温度湿度达到平衡为止。在坯体与模板接触的部分，热量的传递通过模板间接进行，由于没有和蒸汽直接接触的机会，也没有冷凝水由外向内的迁移运动，因而这部分坯体的温度降滞后蒸汽直接接触的部分。当坯体内外各部分温度接近均衡，釜内蒸汽达到要求的温度时，升温过程即告结束，养护进入恒温阶段。

恒温的目的主要是使制成品充分进行水热合成反应，生成足够的水化产物并达到必要的结晶度，使制成品获得良好的性能：同时坯体中心部分少量尚未达到恒温温度的部分将在恒温阶段前期达到与外层一直的温度。在此期间，由于制

品内部水热合成反应大量进行，放出较多的水化，可能出现釜内温度在升高的现象爱（有时釜内压力升高 0.1MPa）。

降温阶段的热交换与升温过程相反，由于釜内蒸汽的排出，气压下降，制品表面水分迅速汽化，吸收制品热量并随之带出釜外，坯体表面湿度和温度的降低，是制品内部的高湿液体向表层迁移。釜内制品的温度就是在这样连续进行的水分迁移和不断汽化中降低温度，同样，由于模底板的阻隔，制品和模底板接触部分的降温过程将滞后于其它的部分。由于在降温的开始阶段制品的内部处于饱水阶段，降温的过程基本是靠水分的迁移和汽化的完成，因而湿液体变成蒸汽，水分迁移变慢，热交换速度随之降低。此时制品内外的热传导将主要靠温度差的作用，整个制品总的降温速度将明显低于前一阶段。这时实际中常见的现象。由于在整个蒸压过程中，热量在坯体内部分的传递主要靠冷凝水的迁移和蒸汽的渗透来完成，所以加气混凝土坯体的透气性对坯体内部的热传具有较大的影响。表现为对坯体升温速度的影响。影响加气混凝土坯体透气性的因素主要是原材料的品种，同品种的加气混凝土，则材料的细度影响透气度。一般来说，从品种看透气性较好的依次为水泥—矿渣—砂，水泥—石灰—砂和水泥—石灰—粉煤灰；而从细度看，则较粗的材料优于较细的材料。

干空气的传热效率大大低于水蒸气，空气中含湿量越高，其含热量和放热系数也越高。所以，蒸压釜内含有干空气，对热交换是一种阻碍。例如，在 $\Phi 2.85 \times 26\text{m}$ 的蒸压釜内，当装满 12 个 $6\text{m} \times 1.5\text{m} \times 0.6\text{m}$ 的加气混凝土坯体时，除去坯体，蒸压养护底板和小车的体积后，尚有约 100 m^3 的自由真空，若不进行抽真空，釜内坯体经 3h 的升温达到 120°C 左右，6.5h 才能达到温度均匀，而若进行 30min 抽真空，使釜内真空度达 -0.06MPa ，则 1.5h 便可升温 175°C 以上，3h 左右可

达到均匀恒温。这是因为空气再坯体表面形成一层静止的薄层，这层气膜的导热系数很小，它阻碍蒸汽向坯体的传热，同样，根据气体方程，计算处这部分空气将使蒸汽压力下降 MPa，气体和坯体的温度都将低于相应压力的饱和蒸汽温度。

另外，蒸汽经过热交换后形成的冷凝水也将吸收一部分热量，且冷凝水较多时，聚集在釜的底部，加之空气的比重大于蒸汽，因而往往造成了釜内上下部分的温度差。因此，再生产中，在升温的同时应及时地排放过多的冷凝水。

二 蒸压养护的热平衡

蒸压养护过程中，釜内热量的来源是饱和蒸汽，热量的消耗是以下几个方面：

1 加热制品（坯体及所含水分） 2 加热釜体 3 加热模具（包括模底板及支承件）及釜养车 4 加热釜内残留空气 5 加热釜内冷凝水 6 釜体向空间散热 7 釜内自由空间蒸汽的热量。

除以上几个方面的蒸汽消耗外，蒸汽的实际耗用量与采取的蒸压养护制度，气候条件，原材料性质及蒸压釜的保温隔热措施等有关。加气混凝土的水热反应是放热反应，理论上蒸压养护到达恒温时，蒸压釜的压力和温度不应降低，但实际上因釜体的散热及管，阀的泄露，使恒温后的压力很难保持不变。从行业的平均水平看，每 m^3 的加气混凝土，其蒸压养护消耗的蒸汽量是 224kg

三 蒸压过程中的热膨胀

加气混凝土坯体在蒸压养护过程中都会因为温度的变化而发生体积的膨胀和收缩。对体积密度为 $500\text{kg}/\text{m}^3$ 的加气混凝土试件进行测量的结果表明，加热开始阶段试件相对变形增长较快，以后逐渐变缓。当温度上升到 $100\text{--}110^\circ\text{C}$ 时，加气混凝土的变形大约是最大值的 70%，达到 $0.9\sim 1.0\text{mm}$ 。在恒温阶段，加气混凝土

达到均匀恒温。这是因为空气再坯体表面形成一层静止的薄层，这层气膜的导热系数很小，它阻碍蒸汽向坯体的传热，同样，根据气体方程，计算处这部分空气将使蒸汽压力下降 MPa，气体和坯体的温度都将低于相应压力的饱和蒸汽温度。

另外，蒸汽经过热交换后形成的冷凝水也将吸收一部分热量，且冷凝水较多时，聚集在釜的底部，加之空气的比重大于蒸汽，因而往往造成了釜内上下部分的温度差。因此，再生产中，在升温的同时应及时地排放过多的冷凝水。

二 蒸压养护的热平衡

蒸压养护过程中，釜内热量的来源是饱和蒸汽，热量的消耗是以下几个方面：

1 加热制品（坯体及所含水分） 2 加热釜体 3 加热模具（包括模底板及支承件）及釜养车 4 加热釜内残留空气 5 加热釜内冷凝水 6 釜体向空间散热 7 釜内自由空间蒸汽的热量。

除以上几个方面的蒸汽消耗外，蒸汽的实际耗用量与采取的蒸压养护制度，气候条件，原材料性质及蒸压釜的保温隔热措施等有关。加气混凝土的水热反应是放热反应，理论上蒸压养护到达恒温时，蒸压釜的压力和温度不应降低，但实际上因釜体的散热及管，阀的泄露，使恒温后的压力很难保持不变。从行业的平均水平看，每 m^3 的加气混凝土，其蒸压养护消耗的蒸汽量是 224kg

三 蒸压过程中的热膨胀

加气混凝土坯体在蒸压养护过程中都会因为温度的变化而发生体积的膨胀和收缩。对体积密度为 $500\text{kg}/\text{m}^3$ 的加气混凝土试件进行测量的结果表明，加热开始阶段试件相对变形增长较快，以后逐渐变缓。当温度上升到 $100\text{--}110^\circ\text{C}$ 时，加气混凝土的变形大约是最大值的 70%，达到 $0.9\sim 1.0\text{mm}$ 。在恒温阶段，加气混凝土

体积大体稳定。当蒸压釜内气压开始降压时，试件开始收缩，压力低于 0.3MPa 时收缩量最大。试件的蒸压膨胀值不会因降温而完全消失，其残余变形值约为 0.12mm/m。制品的受热变形不是均匀的，在升温阶段，制品表面温度首先上升，因而其变形也早于制品内部。降温时则与此相反，制品内部温度下降的速度低于制品表面。由于温度分布不均，导致制品各部分的不均匀热变形，当制品表层温度高于内部时，表层应力为压应力，而内部则为受拉；当制品表层温度低于内层时，表层为拉应力而内层则受压。制品有可能因为过大的温差而受到破坏。

在加气混凝土坯中，除固体物质外，还有大量的液体和气体。当坯体受热时，液体和气体的膨胀系数要大得多（水是坯体的 25-70 倍，气体是坯体的 300-350 倍），因此，当制品在升温及降温时，其内部压力（主要由于蒸汽和空气的膨胀与收缩产生）也将不同，但一般对制品不构成威胁，因为坯体或制品中的孔隙并不是完全封闭的。水分和空气混合物可以通过相通的毛细管孔移动或被挤出，内压差因此得以缓解。只有当制品强度过低或内压差增长过快时，才对制品有破坏作用。

制品固体组成物料的热膨胀主要取决于材料的品种和数量，一般来说，使用石灰做原料组分时，制品蒸压膨胀值比不用石灰时的要大些。而在使用石灰为钙质材料的加气混凝土中，水泥是蒸压膨胀的主要因素。

第二节 蒸压养护制度

蒸压养护制度是为了达到对坯体进行充分有效的养护而制订的有关温度和时间的具体控制要求。要达到对坯体进行充分和合理的养护，使制品在较短的

时间内获得需要的强度，而又最大限度地避免可能遭受的损害，就必须做到以下几点：

- (1) 提供良好的热载体(一般是适合当压力的饱和水蒸气)。为了获得最大的有效热交换，应尽量避免蒸汽中携带液体水或使用过热蒸汽。
- (2) 创造良好的热交换环境，良好的热交换环境除了需要封闭的蒸压釜外，还要排出釜内自由空间中存留的空气。
- (3) 适当的加热速度，对坯体的加热速度取决于制品承受内应力的程度。坯体入釜强度高，抵抗力应力的能力强，升温就可快一些，反之则应慢一些。
- (4) 足够的温度和保温时间。这是使坯体能在养护阶段充分完成水热反应，生成必需的水化产物，使制品具有实际使用所需的各项物理力学性能的条件。
- (5) 合理的降温。合理降温主要是保证降温过程中的内应力不致对制品造成破坏及合适的时间以保证生产的最佳安排。

加气混凝土的种类较多，但蒸压养护的要求大体相同，主要包括抽真空、升温、恒和降温四个阶段。

一、抽真空

我们已经知道，当蒸汽中混有一定的空气时，将大大地影响热交换。而且，釜内的剩余空气的分压，使蒸汽压下降约 0.06Mpa，同时，温度也有相应的下降。因此，加气混凝土的生产工艺中，蒸压养护都有抽真空的要求(有些小型企业不采用抽真空是不妥的)。在蒸压养护过程中，先行抽真空后，釜内空气大部分被排出，蒸汽与坯体的热交换效果得以改善。同时，由于釜内和制品气孔内的部

分气体排出后形成的负压状态，在送气升温时，蒸汽不仅在皮体表面冷凝和渗透，而且在坯体内部负压的作用下被坯体内层吸入，有利于把热量传送到坯体中部，使整个坯体温度迅速上升，缩短了升温时间，还有利于各部分温度的均匀，减少了升温时坯体内部的应力。

以水泥-石灰-砂加气混凝土为例，在不抽真空的釜内，耸起升温约 1 小时釜内蒸汽达 130 摄氏度以上，坯体外层（约 10cm 处），温度才 100 摄氏度，而坯体内层（约 30cm 处）的温度还是原来的温度（约 60 摄氏度愒适度），这种坯体内层温度滞后现象，甚至可延续到恒温阶段数小时。而抽真空后，坯体内外温差可减少 30-40 摄氏度。

抽真空的速度和真空度取决于坯体的透气性、坯体的硬化情况以及蒸压膨胀值，透气性好，入釜时坯体塑性强度较高，抽真空可以快一些，真空度也可以高一些。反之，则应慢一些，真空度也应稍低，但要求的真空度应不低于 -0.04MPa ，若低于此值时，热交换效果明显减弱，升温过程坯体内部温度滞后于表层温度的幅度增大，必须延长蒸压养护恒温时间，否则，坯体中部实际很稳时间不足，将影响制品质量，当真空度高于 -0.007Mpa 时，坯体内部水分会因为过高的真空度而过多的蒸发并在强大的负压作用下使切开的坯体重新粘连，根据大多数厂的实际生产，控制的合适的真空度为 $-0.06\sim-0.07\text{Mpa}$ 。

图 7-1

抽真空的速度一般不宜太快，通常是用 30-50 分钟均匀的使釜内表压达到 -0.06Mpa ，速度过快，也可能因坯体内外过大的压差额受到损害。

二 升温

升温过程中，坯体内外层的温度差总是存在的，关键在于不要使这种温度差过

大，以免造成制品结构的破坏。不同类型的加气混凝土升温的要求略有不同。对于水泥-矿渣-砂加气混凝土，因其透气性较好，可以采用较快的速度直线升温，一般升温时间约 100 分钟，其中前段适当可缓慢一些，以保证产品质量和安全生产，而水泥-石灰-砂加气混凝土，因透气性稍差（胚体内外温差达 6 摄氏度/cm）升温时间约需 120~180 分钟，同样升温的后期可以加快速度。水泥-石灰-粉煤灰加气混凝土，与水泥-石灰-砂加气混凝土相似，因为受到传热效率和透气性的影响，一般在生产中多采用比较缓慢的升温制度。其过程约 120~180 分钟。但粉煤灰本身是一种具有活性的材料，在不太高的温度环境下就可与氢氧化钙发生反应，生成高碱的水化硅酸钙凝胶，这种高碱性水化合物逐渐包裹在粉煤灰颗粒表面，对在较高温度时生产低碱性水化产物托勃莫来石等起到了一定的阻碍作用，从而影响到制品的性能。

三 恒温

恒温是硅酸盐混凝土进行水热合成的反应阶段，此时的温度、压力与材料及产品的规格等密切相关，是加气混凝土获得物理力学性能的关键，反应在蒸压养护制度上，就是对恒温温度及恒温时间的要求。

实践证明，水泥-矿渣-砂加气混凝土在 200-213 摄氏度的温度范围内养护能够取得最好的强度。当温度低于 200 摄氏度时，制品强度随着养护温度的提高增加。当温度超过 213 摄氏度时，强度不仅不增加，反而会降低。养护时间除了保证水热合成反应的充分进行。对各种水化产物的比例也有影响，从而影响制品的性能。在整个养护时间不变的情况下，恒温温度（压力）越高，恒温时间可以越短，恒温温度比恒温时间对制品的性能有更大影响。

水泥-石灰-砂加气混凝土，理论上其水热合成反应在 174.5 摄氏度以上都可以

进行，不过，考虑到加气混凝土在釜内的传热特点，为保证制品的性能和企业的生产效率，世界各国都倾向于较高的恒温恒压力（即较高温度下恒温）。使压力一般为 1.0~1.2MPa（183~191 摄氏度），若采用 1.1MPa 的养护压力，则养护时间应不少于 4~4.5 小时。

水泥-石灰-粉煤灰加气混凝土，在恒温时的情况与前两种有相似之处，即各种压力下均有一个较佳恒温时间，而且随着压力的提高，最佳恒温时间相应缩短，一般采用的恒温压力为 0.8~1.3MPa，时间为 8~12 小时。但粉煤灰加气混凝土因主要原材料粉煤灰的特性，也有与砂加气混凝土不同的区别。蒸压养护制度对制品的干燥收缩、抗冻性、抗碳化性等耐久性指标影响很大，在相同的养护压力下随着恒温时间的延长，干燥收缩值降低，而压力过大（2.0MPa），并不有益于干燥收缩性能的改善；抗冻性的冻融强度损失与恒温时间密切相关，随着时间的延长，其冻融强度损失减少，相反压力提高（2.0MPa）其冻融强度损失反而增加；抗碳化性则随着压力和时间的增加而提高。现在行业中一种扩大产量的方法是缩短养护时间，显然缩短养护时间的同时，也对产品的性能构成了威胁。

恒温过程直接影响到制品的水热合成反应的进行，在生产中是一个关键的过程，必须提出的是，前面所述的恒压时间，均以胚体中部达到要求温度算起。因此，生产中还必须增加升温的滞后时间，若不进行抽真空，则所需的时间还要加长，表 7-1 为部分企业的蒸压养护制度。

四 降温

一般来说，加气混凝土砌块可以采用较快的速度排气，排气降温的时间约 2 小时。整个降温过程开始时速度较慢，中期较快。到后期（表压为 0.1Mpa 以下）

又较慢。在降温的 2 小时内，后期降温放出多余的蒸汽就需要 40-60 分钟。这是因为，降温出去釜内蓄热量很大，排出一些蒸汽后，釜内蒸汽压力下降，温度也随之有所下降，但这反映到制品上尚不明显。随着釜内压力继续下降，制品含水大量蒸发，温度将较快下降。降温后期耗时较长是因为釜内外压差很小，蒸汽外排动力减弱及制品水分的继续蒸发（包括釜内积水的蒸发）。因此一些企业排温降压时，先放一次冷凝水，然后再排气。

降温过程对制品（特别是加筋板）极易造成破坏，在冬季开釜门之际，由于釜外的冷空气骤然与制品接触，易使制品产生微裂纹（粉煤灰制品出现较多），防止的方法是拧松釜门。

开门后不要立即打开，有条件时尽量多等些时间，以使制品逐渐冷却。

表 7-1 蒸压养护制度实例子

加混凝土品种	水泥-矿渣-砂		水泥-石灰-粉煤灰					
	压力 (Mpa)	时间 (min)	压力 (Mpa)	时 间 (min)	压力 MPa	时 间 (min)	压力 (Mpa)	时间 (min)
抽真空	-0.06	30	-0.05	40	-0.06	30		
升温	-0.06~1.5	100	-0.05~1.	190	-0.06~1.	150	0~0.8	150
恒温	1.5	420	2	500	2	600	0.8	600
降温	1.5~0	100	1.2	150	1.2	120	0.8~0	150
			1.2~0		1.2~0			
合计		650		900		900		650
企业	北京加气	混凝土厂	北京现在	建材公司	上海华东新型	建材公司	武汉硅酸盐	制品厂

续表

加气混凝土品种	水泥-石灰-砂					
	压力 Mpa	时间 (min)	压力 (Mpa)	时间 (min)	压力 (Mpa)	时间 (min)
养护制度						

抽真空	-0.04	30	-0.06	40	-0.06	35
升温	-0.04~1.	180	-0.06~1.2	90	-0.06~1.0	150
恒温	1	420	1.2	480	1.0	360
降温	1.1~0	120	1.2~0	90	1.0~0	150
合计		750		700		635
企业	哈尔滨加气混凝土厂		瑞典西波列克斯公司		德国海波尔公司	

注：升温至 0.1Mpa 时，排放冷凝水 50min.

第三节 蒸压养护过程中制品的损伤与缺陷

加气混凝土制品在生产过程中所处出现的各种损伤，一般可划分为两类，即蒸压养护前和蒸压养护后，是以出现或发现损伤的时间来划分的。虽然，蒸压养护后所出现的损伤也不完全是蒸压养护所造成的，但作为损伤出现的时间，我们还是归于蒸压养护损伤进行讨论。

一 裂纹

出釜制品出现裂纹是加气混凝土生产中常见的损坏，造成裂纹的原因可能是原材料，也可能蒸压养护本身（机械原因前面以作叙述）。

一般来说，掺有石灰的加气砖混凝土因为坯体的热膨胀值较大而易引起裂纹，其裂纹产生的方向总是垂直坯体的最长方向，也就是在切割后坯体的高度方向（一般为 60cm）。当坯体产生较大的热膨胀和收缩时，在坯体的最长方向产生裂纹以减少收缩引力，与此类似的是当石灰中含有较多的 MgO 时，也将出现上述情形，或是表面大面积龟裂。

在坯体强度过低时（当硅质材料颗粒太小，难以起骨架作用，也使坯体自身强度降低），蒸养养护也易对坯体造成破坏，其破坏主要表现在制品的裂纹，但裂纹的部位与方向和上面的情况不同，其裂纹的破坏面大多垂直于底板，而出现的部位大多在每块（或大多数）制品的边角部位。这主要是由于升温和降温造

成坯体体积变形而产生的内应力所形成。

当蒸压养护制度不当，主要是升温或降温速度过快而产生的过大的内应力，对制品形成破坏，其裂缝多为整坯体的外缘一周，裂缝形成的断面垂直于底板，当料浆搅拌不均匀，特别是铝粉不均匀时，坯体上、下部气孔相差悬殊，坯体下部密度过高，也可能使整模坯体产生弧线裂纹。

其他还有些裂纹虽然并非蒸压养护所造成，但在蒸压护后才能发现，其中以水料比，浇注温度，配合比，坯体的停放环境等影响最大。水料比过大，坯体成型的后期因水分大量蒸发，易造成坯体收缩而引起裂纹，这类裂纹一般较细，并且破坏深度较浅，水料比较大且硅质材料较粗时，容易使固体物料快速沉降，引起坯体密度上下偏差过大，会因坯体的上下压力差偏大造成水平裂纹，并使制品断裂，水料比过小，则会因石灰消解时缺少必要的水分使坯体失去流动性而表面发生龟裂，这类裂缝随浅，但裂纹宽度较大，浇注温度过高，容易引起成型后期坯体大量失水，特别是在切割以后，由于坯体缺少弹性，难以抵抗大量散热引起的收缩而使坯体产生裂纹，这类裂纹主要发生在模具中部热量集中的部位，配合比中，常由于石灰等钙质材料使用过多而引起坯体总的热量过大，坯体过早失去弹性。从而造成裂纹，这类裂纹基本类似于水料比过小和浇注温度过高造成的裂纹，坯体的停放环境也是造成裂纹的一大因素，其主要为环境温度和湿度过低，使坯体周围（或切割后快体周围）因温度差或快速失水造成裂纹，这也是制品缺陵掉角的原因之一，还有与蒸压养护没有直接关系的，如负压吊的吊运破坏，翻转裂纹，发气时的憋气裂纹等，都已在前面做了讨论，

值得提出的是，裂纹的反面就是粘连，因此，必须综合考虑各种因素，从多方面入手，寻找合适的平衡点，实现生产质量目标。

蒸压过程中，产生裂纹损伤较多的是加筋板材，这在以后专门讨论。

二 粘连

粘连是指出釜产品块与块之间粘连在一起，引起粘连的原因很多，但此现象主要在蒸压养护后出现，因此，我们在此一并讨论，粘连其实就是切割裂缝隙没能阻隔缝隙两边的坯体，在蒸压养护过程中，由于水热合成反应时，水化产物通过缝隙中的物料碎末，向对面延伸结晶，从而使本已分隔开的坯体重又连接在一起，粘连的要素是水分，缝隙中残余物料所占空间的比例，水分中 SiO_2 和 CaO 的溶解量等。也就是说，粘连与坯体中的水分，切割缝的宽度以及配料有关，实践表明，粘连与切割时坯体的强度配合比水料比浇注温度静停时间，蒸压养护制度密切相关，只要解决好以上的关系，完全能解决制品的粘连问题。

切割时坯体的强度，既反应了切割时坯体的水分含量，又保证了切割缝隙的宽度，坯体强度高，水分含量少，切割后缝隙中的残末强度也相对较高，能保证已有切割缝隙的宽度，已大量失水的物料碎末阻止了缝隙两边坯体在反应时向对面延伸结晶，反之，则水分含量多，残末强度也相对较低，坯体通过自重缩小了已有的切割缝隙，并能顺利向对面延伸结晶，因此，

切割时对坯体的强度高，粘连的可能小，强度低则易产生粘连。

配合比对粘连的影响，主要表现为胶结料和废料浆过多。当胶结料过多时，一方面未参加反应的胶结料通过切割缝隙中残留的物料碎末。经过自身的水化反

应，形成具有一定强度的粘接层，将缝隙两边的坯体粘接起来，另一方面，过多的胶结料（特别是石灰）降低了坯体的透气性，延长了蒸汽在坯体表面的滞留时间，导致在坯体表面产生过多的冷凝水。提供了坯体通过缝隙残末延伸结晶的条件，使坯体产生粘连，过多的废料浆，其影响与过多的胶结料相似，也会使坯体产生粘连，需要特别说明的是，石灰质量好，粘接的可能少，这与石灰的用量，以及它的发热量有关。

水料比对粘连的影响，表现为水料比大，坯体的水分较多，相同的时间内坯体的强度就低，当然容易导致坯体粘连，即使延长静停时间，在相同的原材料和配合比条件下，坯体总的热量不变，水分蒸发量不变，坯体中的水分相对较多，还是容易产生粘连。

浇注温度对粘连的影响，表现为坯体温度高低对坯体中水分蒸发的影响和坯体强度发展的影响，浇注温度高，坯体温度发展快，坯体强度增长相应加快，坯体中水分蒸发量加大，粘连不易发生，反之，则容易发生粘连。

静停时间对粘连的影响，应该是静停时间长，坯体强度高，不易产生粘连，但我们总是以坯体的切割强度条件来确定静停时间，也就是说，强度一定，而静停时间有长有短，因此，实际上，静停时间长短反应了原材料性能，配合比以及浇注温度等工艺参数的变化，静停时间长，坯体强度增长和温度上升慢，水分蒸发少，坯体容易发生粘连，反之，则不易发生粘连。

蒸压养护制度对粘连的影响，主要为抽真空的影响，真空度高（小于 -0.06Mpa ），坯体切割后的缝隙容易缩小，从而容易导致坯体粘连，这一现象尤以坯体强度较低时更为明显，当然，真空度过低又失去了抽真空的意义，一般来说，真空

应，形成具有一定强度的粘接层，将缝隙两边的坯体粘接起来，另一方面，过多的胶结料（特别是石灰）降低了坯体的透气性，延长了蒸汽在坯体表面的滞留时间，导致在坯体表面产生过多的冷凝水。提供了坯体通过缝隙残末延伸结晶的条件，使坯体产生粘连，过多的废料浆，其影响与过多的胶结料相似，也会使坯体产生粘连，需要特别说明的是，石灰质量好，粘接的可能少，这与石灰的用量，以及它的发热量有关。

水料比对粘连的影响，表现为水料比大，坯体的水分较多，相同的时间内坯体的强度就低，当然容易导致坯体粘连，即使延长静停时间，在相同的原材料和配合比条件下，坯体总的热量不变，水分蒸发量不变，坯体中的水分相对较多，还是容易产生粘连。

浇注温度对粘连的影响，表现为坯体温度高低对坯体中水分蒸发的影响和坯体强度发展的影响，浇注温度高，坯体温度发展快，坯体强度增长相应加快，坯体中水分蒸发量加大，粘连不易发生，反之，则容易发生粘连。

静停时间对粘连的影响，应该是静停时间长，坯体强度高，不易产生粘连，但我们总是以坯体的切割强度条件来确定静停时间，也就是说，强度一定，而静停时间有长有短，因此，实际上，静停时间长短反应了原材料性能，配合比以及浇注温度等工艺参数的变化，静停时间长，坯体强度增长和温度上升慢，水分蒸发少，坯体容易发生粘连，反之，则不易发生粘连。

蒸压养护制度对粘连的影响，主要为抽真空的影响，真空度高（小于 -0.06Mpa ），坯体切割后的缝隙容易缩小，从而容易导致坯体粘连，这一现象尤以坯体强度较低时更为明显，当然，真空度过低又失去了抽真空的意义，一般来说，真空

度-0.04Mpa----- -0.04Mpa 为宜

坯体的粘连，是生产过程中诸多因素共同影响的结果，我们在调整过程中不能说仅通过个别因素的调整，就能解决粘连现象，但是，诸多因素的影响，最终还是表现为几个特征值（或特征现象），比如静停时间若超过 2.5h，切割强度低于 0.3Mpa 时，容易发生粘连现象，以上提到的仅是比较典型的影响因素，加气混凝土生产是一个复杂的过程，影响粘连的因素也因原材料生产条件生产工艺而变化，另外，除了以上工艺因素外，对有些机械因素的调整，严格要求设备操作，也能有效地避免粘连，如采用较粗的切割钢丝或在切割钢丝上间断地缠绕一段细钢丝，可以有效提高缝隙宽度，上海以通有限公司在每模完成切割后，都要用油刷清理切割钢丝，无疑这是提高切割面平整度的基本措施，也为避免粘连起到了积极地作用。

裂纹与粘连的影响因素有些是共同双向的，例如，浇注温度过高，能有效避免粘连，但是容易产生裂纹，而浇注温度过低，则裂纹的可能降低，粘连的可能增加，静停时间长的坯体容易粘连，但不易产生裂纹，静停时间短的坯体容易产生裂纹，但不易粘连，有些又是共同。

而单向的，例如，水料比过大，即容易产生裂纹，也容易造成粘连。还有些只对裂纹或粘连有关，例如，蒸压养护时升温和降温速度主要对裂纹有影响，而抽真空的真空度只对粘连有影响。这确定了加气混凝土生产工艺控制的范围，但这一范围因原材料，生产工艺而变，每一种原材料和工艺条件，都有相应的范围，在生产实践的不断总结和积累中，都能找到这一范围，并生产出合格产

品。

三 爆裂

爆裂主要表现为出釜时，制品表面成片（大片约 10cm²，小片则有 1cm²）剥落，形成表面麻面。其产生的原因主要为过烧的石灰颗粒或没有搅拌均匀的实惠及其他材料的团粒。

过烧的石灰颗粒，在浇注静停时没有消解，而在入釜后的高温条件下迅速消解，同时伴随着体积的膨胀，对制品造成破坏。没有搅开的石灰团粒，在静停或切割后的消解，可能已经对坯体形成了破坏，在蒸压养护过程中，因石灰团粒较大的膨胀值进一步使受破坏的部分剥离坯体。其他材料的团粒也因吸水较慢而在后期膨胀对制品形成破坏。

爆裂还可能由于坯体透气性较差，入釜时坯体强度过低，在抽真空过程中，孔壁结构承受不了坯体内外压差而产生；当气孔不均匀或加铝粉脱脂剂不当时，也可能引起爆裂，但各种爆裂各有其特征。如石灰颗粒或较差的气孔结构，我们根据不同情况予以调整。

四 表面麻坑及坍塌

表面麻坑及坍塌多为管道中冷凝水造成，过去，蒸压釜的进气管多布置在上方，使得进气升温时，管中冷凝水直接冲击上面坯体，从而形成破坏。现在，大多数蒸压釜已改成两侧进气，但也应避免进气管的布气孔直接对着坯体。

五 粘膜

粘膜是浇注、切割之蒸压养护阶段最常出现的损伤，不论是在那一阶段发生，其产生的原因大致一样，即其一底板涂油不当，或是底板没有吸透油，或是选用的油粘度过低。当底板没有吸透油时，在浇注过程中易被料浆冲走，浇注结

束后，涂层也易渗入坯体，不仅破坏了隔离作用，还使坯体底层强度降低，容易发生粘模。其二，有些静停台（主要为移动浇注）下布有蒸汽加热管，当蒸汽温度过高，易使底板涂油层渗入坯体，从而造成粘模。其三，底板清理不干净（这主要由上次粘模造成），地板上的粘着物与重新浇注的坯体形成牢固的结合，而底板粘着物经反复蒸压养护，与地板的粘结力也越来越强，由此造成反复的粘模。

六 生心

有时出釜的制品中间部位颜色较深，我们称之为生心或黑心，甚至，也有整块制品颜色较深而无光泽，这都是没有蒸透所造成，应首先检查蒸汽是否符合要求，蒸压养护制度是否可行，相关仪器设备是否处于完好状态；然后检查原材料情况，最后做出调整。

第四节 蒸压釜安全操作及余热利用

蒸压釜是硅酸盐制品进行水热合成反应，获得物理力学性能的主要设备。其操作使用在加气混凝土生产中，是关系安全生产及能源利用的关键。

一 蒸压釜的安全操作

蒸压釜由釜体、釜门、布气管、安全阀等部分组成。釜体是蒸压釜的主要部分，是蒸汽机吹养护制品的容器，又是模车、底板和制品重量的载体；釜圈是釜体与釜门的过渡部分。起到毗合釜门，保证密封的作用，密封主要靠安装在釜圈上的密封圈完成；釜门，即隔离釜体内部与外界的门；布气管将外部通入的高压蒸汽均匀的分布于釜；疏水器主要为隔离蒸汽、排出冷凝水之用；安全阀则在紧急情况（如超压）时，自动泄出蒸汽，保证安全生产。国内常见的蒸压釜规格有 1.65x21m ϕ ，2x21m ϕ 、2.68x32m ϕ 、2.85x26m ϕ 及 2.85x39m ϕ 等；

若按工作压力分又有 1.2mpa、1.3mpa 和 1.5mpa；按规矩分别有 600mm 和 750mm；按开门形式又有侧开门。上开门和电动门三种；而按照釜门数量分又双开门（釜的两端均有门）和单开门（又称单端釜）两种。

蒸压釜是一种大型压力容器，生产中频繁多次的反复使用，常年累月的重复升温降温、升压降压、加荷卸荷的过程。不仅蒸压釜体。要不断地热胀冷缩，而承受多种应力，而且会受到蒸汽混合物和冷凝水中有害成分的侵害腐蚀，各转动部件和密封材料也在磨损和老化。因此，安全是蒸压釜使用的首要问题。

蒸压釜的操作过程虽比较简单，但相当重要，一般操作的过程是：连接号釜内外轨道过桥，拉入釜车，并检查釜两端停车位置妥当，撤走过桥，关闭釜门（关门前应在釜圈上涂刷石墨润滑剂，冲汽涨紧密封圈，然后按养护制度，进行抽真空，送汽升温，恒温和降温，最后开门出釜。蒸压釜在侧走中应注意以下几点。

1 安全阀

安全阀是蒸压釜内高压超限时，自动卸荷，的部件，因此，作为高压容器的蒸压釜都因配备，并同时配备两只，以便当一只偶然失灵时，一般应稍低于允许压力值。为了保证安全阀的良好性能，必须定期检修和做好日常维护工作

2、开关釜门

制品入釜后，应认真关闭号釜门，使釜门与釜圈毗合到位，并拉下安全把，在送气前最后检查釜门关闭情况完成养护后，再开釜门之前必须注意检查釜内是否还有压力。并首先打开安全把，使釜内余汽放尽后才可打开釜门，并注意操作者避免正对釜门，以防被高温余汽烫伤。

3、密封圈

釜门和釜圈之间用以密封的密封圈是橡胶制品，在每次关闭釜门前，应在釜圈上涂刷掺石墨粉的润滑剂，以减轻密封圈对釜门的摩擦力，同时，也可延长密封圈的使用寿命。密封圈

在使用中应经常检查，及时更换，以保证釜门的有效密封。

4 保持疏水畅通

蒸压釜釜体出来要承受蒸汽形成的内压力引起的荷载外，还有在轨道支点和釜体支图上承受的蒸压釜自重及蒸养车和制品重量形成的荷载，由于冷凝水引起的釜顶和釜底之间的稳定差形成的应力。蒸压釜长期在这周期性的应力作用下，易使其构成材料疲劳而失去部分强度。同时水和气体的腐蚀，也易是材料强度降低。因此，我们在使用过程中应及时排出冷凝水，尤其在升温的最初阶段（30分-60分）釜内产生大量的冷凝水，若不及时排除，将在釜底聚集，使釜体下班形成一个低温区，是釜体上下温差增大（一般约10摄氏度左右。也可能达到60-70摄氏度），形成釜内上下过大的应力差和热变形差。

二 蒸压釜的余热利用

蒸压养护室加气混凝土生产中的主要耗能工序。制品在养护过程中需要消耗多少热量，主要取决于制品本身的物理化学性能和养护制度。整个蒸压养护过程的市价耗能除以上两方面因素外，还与操作管理有关。目前，我国加气混凝土的一般煤耗为 35-55kg 标煤/m³。当产品合格率高，生产管理好余热利用充分时，单位煤耗可能低于上述水平。根据国内外一些资料的分析记载，加气混凝土，加气混凝土蒸压养护时热量消耗如表 7-2

表 7-2 加气混凝土蒸压养护热耗分析（1.5mpa）

项目	热耗 (%)	项目	热耗 (%)
----	--------	----	--------

蒸压釜内蒸汽总热量	100	升温过程散热	1.21
加热制品	9.92	很稳过程散热	
加热釜体	14	釜内自由空间 蒸汽含热	6.5
加热制品汇中水分	29.87		
加热养护车等	10.5	冷凝水含热	29

由表可知，无论如何蒸压釜的每个生产周期总有大量余热，仅余汽和冷凝水部分就约占 35%，利用价值可观。

1 余汽的利用

蒸压釜在恒压结束时，尚维持较高压力。因此，在有多富生产时，可通过循环“调气”的办法，把蒸汽从压力高的釜转换到压力较低的釜内，其方法主要有以下三种：

(1) 单釜一次调气

这是一种将待降温釜的蒸汽送热升温釜中。直到两釜气压平衡位置的调气方法，这种方法简单省事，因而使用较多。一般恒温压力为 1.5mpa 时，升温釜经“调气”后，不仅可加热胚体及设备，还可将蒸汽压力升至 1.3mpa 左右。

(2) 两釜梯次转换

这是一种一次向两台待升温的蒸压釜“调气”方法，首先，将待降温釜的蒸汽调入具有一定初压的升温釜，当达到压力平衡后，将降温釜的蒸汽继续调入无初压的升温釜，以提高蒸汽的利用率。

(3) 喷射泵强制转换

如果采用蒸汽喷射泵的方法，基本上可以使余汽全部利用，蒸汽在经过上述调汽后，尚有一大部分余汽，在加气混凝土生产中，还可以用以作为静停的热源和加热料浆配料水及采暖等

2 冷凝水的利用

蒸压养护过程中，随着蒸压釜的容积、制品状况及蒸压养护制度等不同，将产生不同量的冷凝水。一般来说，一台 2.85x26m 的釜，其冷凝水约 5-8 吨；一台 2x21m 的釜的冷凝水约为 4-5 吨。利用冷凝水，不仅可以利用相当一部分热量，而且还可以节约水资源，冷凝水热利用，主要是通过热交换器来加热生产和生活用水；而冷凝水的利用则主要用于配料和磨细工艺。

蒸压釜排出的余汽及冷凝水虽然利用价值较大，但切记直接用于生活。因为蒸汽机冷凝水中一含有一定的油类和硫离子等杂质，同时还有一股较浓的气味。

思考题

1. 蒸压养护过程中抽真空有什么作用
2. 试述恒温压力和恒温时间的相互关系
3. 蒸压养护过程中，常见的制品损伤和缺陷有哪些？其原因是什么？

第八章 加气混凝土板

加气混凝土是假期混凝土制品的一种，是在生产过程中按一定要求配以钢筋后使制品具有结构性能的建筑构件。加气混凝土板不仅具有加气混凝土砌块的各种特性，而且还具有生产附加值高，并可大幅度提高施工效率和降低建筑物综

合造价有点，因而备受推崇具有生产附加值高，并可大幅度提高施工效率和降低建筑物综合造价优点，因而备受推崇。

加气混凝土板在生产过程中除了遵循一般加气混凝土生产要求外，也有其突出的地方。本章简要介绍加气混凝土板的生产技术。

第一节 钢筋网片

加气混凝土板油墙板、屋面板和楼板等多种，其区别主要是按不同的要求配有不同的钢筋。加气混凝土板中的钢筋与普通混凝土楼板不同，他要求钢筋无锈，按规格支撑网片，浸涂防锈涂料，然后才能进入浇注工段用于浇注。

钢筋网片中，置于板的上部（使用状态）长度方向的钢筋，因承受的是压应力，我们称之为受压筋；置于板的下部长度的钢筋则承受拉应力，称之为受拉筋，这是办承载的主要钢筋，因此在生产中，我们必须严格表明方向；联系受压筋或受拉筋（板的宽度方向）为联系筋；而为了加强受压筋或受拉筋与胚体的粘着力，在板的两端还没有若干锚固筋。

一 钢筋除锈

钢筋到厂或进行加工时，往往已有一定程度的锈蚀，如果这种锈蚀程度尚轻，则可以进行除锈后进行使用。

钢筋在调直过程中，受调直机的告诉拉伸和扭转，以及调直模对钢筋表面的机械刮削用，在一定程度上消除了钢筋表面的轻度浮锈层。因此，在轻微锈蚀的情况下，可不使用专门的除锈设备。

当锈蚀面较大，在调直机上不能除去钢筋的锈蚀时，则应以机械的方法进行除锈，比较简单的方法是利用一对或一组相对转动的钢丝轮来刷除钢筋表面的锈蚀。这种装置可以做称单独的除锈剂以布置在调直机前，也可以直接安装在

调直机的前端，钢筋先经过钢丝刷除锈，然后再送进调直机调直。

在钢筋锈蚀相对严重时，则可采用化学方法除锈。即所谓的酸洗。是利用硫酸与铁锈发生化学反应，使之生成可溶性硫酸亚铁的原理来进行的。这种方法一般采用三个处理池来进行，首先是将钢筋盘条吊放到酸洗池中，在硫酸溶液中浸泡一段时间，让钢筋上的铁锈与酸液充分反应，并溶解脱落，然后吊出，在放入盛有石灰水的池内，使钢筋上多余的酸液中和掉，最后将钢筋吊入清水中也清洗干净，晾干备用。

二 钢筋的冷加工和调查

钢筋的冷加工可以改善钢筋的力学性能，提高其屈服强度，从而减少用钢量。钢筋冷加工的方法有冷拉、冷拔和冷扎等几种。冷拉的效率较低，占用场地大，钢筋增强幅度较小，加气混凝土厂一般不采用。

冷拔是钢筋强行通过一个或一组带楔形空言的拔丝模，使钢筋挤拉变细，这种方法可以较大幅度地减少钢筋直径，并显著增强钢筋抗拉强度。但其速度较慢，且为了减少钢筋与拔丝模孔之间的摩擦力。所使用的润滑剂，在点焊之前应作清除。

冷轧是通过数对轧辊对钢筋的挤压来实现的。冷轧后钢筋的形态随轧辊的形状而异，钢筋的截面积可通过对辊之间的间隙和对辊的组数来调节

钢筋的调制一般都采用钢筋调直机来完成，钢筋调直机是利用快速旋转的调制模是钢筋受到迅速发福的弯曲和拉伸发生塑性变形，并使其内部晶体产生位移。晶格重新排列，使钢筋得到冷轧机拉直。调直机都有切断功能，可以更具要求将钢筋切断。

三 钢筋的点焊

加气混凝土板中使用的钢筋网用焊接的方法制作，使用的焊接设备主要是落地长臂点焊机。为适应生产不同规格钢筋网的需要，也是用悬挂式电焊机。

由于加气混凝土的钢筋网在点焊时使单片进行，大多数网片中钢筋配置规格基本相同，因此，为了焊接工作台固定在点焊机两侧的工作平台支架和带滚轮的网台板组成，台板上均匀布置七条可供钢筋的沟槽，钢筋网的纵筋按配筋图的要求放在这些沟槽内，在台板横跨两平台支架的中间空挡处，用电焊机将钢筋网的连系筋与台板上的主筋（受拉筋与受压筋）进行焊接。

目前，我国采用的大多为平面网片，但也有一部分企业将受拉网片与受压网片坐在一起，如此在焊接以后还要将网片弯曲成 u 型网，这样才完成钢筋网的加工。

四 浸涂与烘干

制作好的钢筋网因进行防腐涂料的浸涂烘干。浸涂在专门的浸渍槽中进行，浸渍槽的大小是生产产量的大小而定，浸渍槽内装有自动定时搅拌器，可以在槽内以便行走以便搅拌（但需要进行浸涂时，可令其暂停），以保证防腐剂在每次浸涂时具有相同的流动性，且均匀而不沉淀。

烘干箱为宜封闭的烘烤装置，箱内两侧有两组相互平行并通过横轴连接其传动齿轮室之保持同步行走的链轨或传送机构。浸涂了防腐剂的钢筋网吊放到传送机构的链轨上，随着链轨的运行而缓慢浸涂烘箱内部，完成烘干。烘烤的热源一般采用暖气片，装配在烘箱上下和两侧内壁。

第二节 钢筋网的组装

钢筋网在完成浸涂防腐涂料后进行浇注前，必须先进行组装，即需要把整模的

加气混凝土板中使用的钢筋网用焊接的方法制作，使用的焊接设备主要是落地长臂点焊机。为适应生产不同规格钢筋网的需要，也是用悬挂式电焊机。

由于加气混凝土的钢筋网在点焊时使单片进行，大多数网片中钢筋配置规格基本相同，因此，为了焊接工作台固定在点焊机两侧的工作平台支架和带滚轮的网台板组成，台板上均匀布置七条可供钢筋的沟槽，钢筋网的纵筋按配筋图的要求放在这些沟槽内，在台板横跨两平台支架的中间空挡处，用电焊机将钢筋网的连系筋与台板上的主筋（受拉筋与受压筋）进行焊接。

目前，我国采用的大多为平面网片，但也有一部分企业将受拉网片与受压网片坐在一起，如此在焊接以后还要将网片弯曲成 u 型网，这样才完成钢筋网的加工。

四 浸涂与烘干

制作好的钢筋网因进行防腐涂料的浸涂烘干。浸涂在专门的浸渍槽中进行，浸渍槽的大小是生产产量的大小而定，浸渍槽内装有自动定时搅拌器，可以在槽内以便行走以便搅拌（但需要进行浸涂时，可令其暂停），以保证防腐剂在每次浸涂时具有相同的流动性，且均匀而不沉淀。

烘干箱为宜封闭的烘烤装置，箱内两侧有两组相互平行并通过横轴连接其传动齿轮室之保持同步行走的链轨或传送机构。浸涂了防腐剂的钢筋网吊放到传送机构的链轨上，随着链轨的运行而缓慢浸涂烘箱内部，完成烘干。烘烤的热源一般采用暖气片，装配在烘箱上下和两侧内壁。

第二节 钢筋网的组装

钢筋网在完成浸涂防腐涂料后进行浇注前，必须先进行组装，即需要把整模的

钢筋网按要求的位置一次悬挂到一个专用的框架上（组装架），然后放到模具内进行浇注。

一 组装设备

组装架：组装架由 4 个立柱的固定框架和悬吊架组成。悬吊框架是一个侧边可以开合的金属架，通过其四角的定滑轮悬吊在固定框架的升降机构上，可以从控制固定框架上的电机使其升降；以手动拉杆控制侧边的开合，完成假钞提升组装衡量和将组装好的钢筋网放入模具等。

钢筋网存放车：用以暂时存放准备组装的网片和塑料卡

横梁：是带有两排定位孔的“工字”型钢梁。孔间距离为 25mm，两排孔较差排列，以适应不同厚度板材的需要。横梁两端有定位爪，以便与模具固定，定位爪也可放置定位螺栓，以避免钢筋网及横梁在发气时上浮。

钢钎：是一种带耳环的弹簧钢钎，上部（不插入坯体部分）则带有锥度，以便装卸塑料卡和从坯体中拔出。

塑料卡：用以将钢筋网固定在钢钎上，其形状中间为插钢钎的圆孔，两端为卡钢筋的卡爪。

组装构：用以将钢筋网暂时吊挂在横梁上。

钢钎盒：用以存放钢钎。并可在河内给钢钎涂油。

二 平面网的组装

平面网在组装前，应首先准备好符合板材厚度规格的塑料卡及适当的铁丝钩（用以与原理钢钎的地方固定两片钢筋网；将横梁放在组装架下的地面上（横梁的数量由板的长度而定，一般 3.3m 以下用两个横梁，3.3m 以上则用三个）），横梁的位置影视最佳地分布在板的长度方向，以保证对钢筋网定位，根据板的

厚度（即钢筋网的间距）选好横梁上的定位孔，将钢钎逐根插入孔内，然后将组装钩挂在各钢钎之间；开动升降电机，落下悬吊框架操纵拉杆，将地面上的横梁家住，然后提升到适合操作的高度；一次将钢筋网的上下网交替悬挂在组装构上，网片的一端因以挡板顶住；将塑料卡由下而上套入钢钎，并用力将钢筋网的纵筋卡入塑料卡的卡爪（每根钢钎套两个塑料卡，分别卡住最上和最下的两根纵筋），在两片网之间距离偏差较大时，再以铁丝钩作补充固定，将组装好的整模钢筋网掉图模具，并使组装架脱离横梁；检查横梁是否放妥且固定，对钢筋网作最后整理以备浇注。

三 “u”型网的组装

现在，一些企业倾向使用 U 型钢筋网或 Σ 型钢筋网，这两种网与平面网相比具有两个明显的优势，一是整个钢筋网基本上组成了骨架结构，受拉筋和受压筋通过联系筋联在一起，改善了板内钢筋的受力状态，提高了板的性能；其二可以大大简化平面网在组装过程中的繁琐工作。

组装“U”型网与平面网的不同之处在于不用塑料卡固定，而是在钢筋网横筋上焊一块带有椭圆形小孔的铁片，在定位钢钎上相应位置上有一销钉，钢钎插入铁片之后转动 90 度即可卡住，并可把钢筋网悬挂起来，使之不触模底；浇注完成后，拔钎时只要把钢钎转回 90 度就可拔出。此法不便于机械作业。

钢筋网表面浸涂的防锈涂层增大了增筋的直径，因而增加了钢筋网对料浆膨胀的阻力，使钢筋网在料浆膨胀时“上浮”，一些企业对模具及横梁、钢钎进行了改造，有效避免了钢筋的“上浮”

第三节板的生产

加气混凝土板，除了于板中增加了结构材料钢筋外，其他生产过程（包括配料、

浇注、静停、切割、蒸压养护)与生产加气混凝土砌块基本相同,便在工艺控制上有其更严格的要求。

一 配料浇注

按照板材的质量指标,其内容之一即立方体抗压强度,因此,要生产加气混凝土板,首先就必须能生产出高质量的加气混凝土砌块,只有立方体抗压强度达到要求,才能保证诸如钢筋粘着力等一系列质量指标。

加气混凝土的配料,除了选用成熟的相应体积密度的砌块生产配比外,还应按每 m^3 大约 50kg (具体掺量可由试验获得) 的比例,投加菱苦土,由前文知道,菱苦土是使坯体适应钢筋的膨胀,但在加入菱苦土的同时,也使工艺参数有较大的变化,如坯体硬化比较慢,静停时间延长,这在配料时也应予以重视。

在浇筑加气混凝土板时,由于预先于模具中置入了钢筋,因此,比较理想的料浆应具有较好的流动性,以便于发气流畅。另外,也希望料浆发气应结束得“干净利索”,而不留尾巴,因为后期发气,特别是稠化以后的缓慢发气,会使钢筋的上部形成大气孔,从而降低钢筋的粘着力。

二. 静停与切割

板材生产中的静停与砌块生产一样,也是使坯体获得可供切割的强度,在板材静停过程,还要完成拔钎和移去横梁。

板材的配料中增加了菱苦土,在相同条件下,硬化的速度将比砌块慢,除了配料中应做适当调整外,静停时还要注意坯体的保温。

一般来说,能进行砌块切割的切割机,也能切割板材。进行板材切割时,所掌握的坯体强度一般要求比砌块的坯体强度稍高,同时切割机的各项要求也比砌块高,其中主要是切割精度。

现在，还要求在切割时同时完成对板材外形的加工，如铣槽、倒角等。这比在完成蒸压养护后再行加工，具有污染小，加工质量好、余料回收方便等优点。

三、 蒸压养护

因为板材配料中的菱苦土一般要求在 8 小时前后消解。所以，板材在完成浇注后 8 小时左右必须完成切割并入釜蒸压养护，以保证坯体的膨胀适应钢筋的膨胀。

在进行板材的蒸压养护时，与砌块不同之处是温度的升降必须缓慢，以尽量缩短坯内外的温差，避免板材因裂缝而报废。

四、 板材的后期加工

板材的后期加工，主要是铣槽、倒角、锯切、粘拼等，其中，铣槽、倒角也可以在切割机上完成（如伊通型切割机），否则，必须于蒸压养护后配置铣削设备进行加工；粘拼则主要根据用户要求而做的再加工，以满足诸如门窗过度处的使用要求等。

思考题：

- 1 屋面板中，受拉筋、受压筋、锚固筋和联系筋分别指什么？
- 2 板材在浇注时，为什么要求有较好的流动性，为什么发气不应留有尾巴？

第九章 质量控制

加气混凝土的生产受到多方面因素的影响，是一个比较复杂的动态过程，产品质量受到人、机器、材料、方法、环境和检测六大因素的影响，为此展开的质量管理活动是一个完整的系统，本章将着重讨论质量控制。

第一节 质量管理的一般概念

质量是反映实体满足规定或潜在需要能力的特性之总和。对企业而言，质量是企业生命，是企业信誉的标志，是企业开拓市场的武器，是提高企业经济效益的最佳途径，纵观当今世界成功的经营者，无不把质量管理作为经营活动的重点。

质量管理是指确定质量方针，目标和职责，并在质量体系中通过质量策划、质量控制、质量保证和质量改进，使其实质量体系的同时，对关键的工序（岗位）实行有效的质量控制，是追求产品质量的有效途径。

质量控制是指为达到质量要求而采取的作业技术活动，控制是一个制订以及达到预定质量要求的管理过程。它包括确定标准、检测结果、发现差异、采取措施调整、达到预定质量要求的五个方面。

第二节 质量控制

依据质量控制的含义，质量控制就是要把管理的结果（产品的质量特性）转变

成管理的原因（影响质量的因素）。具体地讲，就是把一种产品或一条生产线上的关键质量特性，通过因果分析图分析后，找出主要因素逐级展开，可展开两次、三次或多次，直到便于管理为止，然而，建立管理办法，规定这些主要因素的管理项目和允许界限，并通过管理这些主要因素来保证产品的质量，我们称这些被管理的主要因素为质量控制点。

显然，质量控制点是质量控制工作中的关键，建立质量控制点是实现质量控制工作的基础。

一建立质量控制点的原则

建立质量控制点，一般有以下四条原则：

（1）对产品的性能、成份、精度、寿命、可靠性和安全性等有直接影响的关键项目和关键部件，应建立质量控制点；

（2）工序本身有特殊要求，或对下道工序有影响的质量特性，应建立质量控制点；

（3）质量不稳定，出现不良品种的工序，应建立质量控制点；

（4）对从用户或各种抽检、试验中所反馈回来的不良项目，应建立质量控制点。

为了保证生产和产品质量，在遵循上述原则的前提下，对确定的质量控制点要依据其对生产和产品质量的影响程度进行分类，一般为 A、B、C 三类。

A 类：如果控制点失控，将直接影响到产品的安全性，如加气混凝土的力学性能、耐久性能等；

B 类：如果控制点失控，将降低产品的使用功能，如加气混凝土的导热系数、体积密度等；

C类：如果控制点失控，会造成用户不便及损害企业形象，如加气混凝土的外观和尺寸和偏差等。

二建立质量控制点的方法和步骤

建立质量控制点一般由企业的质量管理部门负责组织设计、工艺、检验等科室和有关车间进行，具体步骤如下：

(1) 确定质量控制点，编制质量控制点明细表，质量管理部门组织有关部门，根据产品质量特性分级、产品工艺流程和存在的质量问题，通过分析，按建立质量控制点的原则，确定产品全过程应建立的质量控制点数，然后编制“质量控制点明细表”。

(2) 编制控制点的有关文件：

A、设计绘制“质量控制点流程图”，明确标出控制点的工序、质量特性、质量要求、测量方法、测量工具、管理方法以及采用的管理工具（图表）等；

B、编制控制点质量特性分级表（可合并 in 质量控制点明细表上）。

C、组织有关车间的工艺人员等进行工序分析，找出影响控制质量特性的主导性要素。编制“工序质量表”；

D、根据操作规程，编制“作业指导书”（或工艺操作卡）和“质量控制点表”（自检表）。

以上文件均匀按企业规定的工艺文件审批程序，经工艺部门领导审查，总工程师批准。

(3) 由设备、工具、检验等部门，根据工序分析提出的与本部门职能有关的，影响控制点质量特性的主导性要素，编制“设备周期点检卡”、“工装周期点检卡”以及“计量仪器周期点检卡”等，并制订管理办法加以贯彻实施。

(4) 由质量管理部门负责有关车间的质量管理员收集数据，计算并绘制控制点所用控制图和数据记录表。

(5) 建立“质量责任制”等制度，明确奖惩办法，组织操作工人学习控制点文件和有关制度。

(6) 落实控制点实施条件，组织工人实施，并组织人员对控制点进行验收。

三加气混凝土工厂质量控制点

依据质量控制点设置的原则，可以从原材料开始直至成品出厂的过程，逐一质量控制点，然后编制各相关文件，现以水泥-石灰-粉煤灰加气混凝土砌块的生产为例，试列质量控制点明细表。

加气混凝土砌块质量控制点明细表

序号	工序	控制点编号	控制点名称	技术要求	检测方式	检测工具	检测频次	质量特性分级			管理手段
								A	B	C	
1	原材料	1	石灰	JC/T621	专检	略	每批				数据表
2	1	2	粉煤灰	JC/T409	专检	略	每批	√			数据表
3		3	水泥	GB/175	专检(控制)	略	每批	√			数据表
4		4	铝粉膏	JC/T407	专检	略	每桶	√			数据表
5		5	石膏		专检	略	每批	√			数据表
6	石灰加工	6	石灰破碎粒度	≤15mm	自检	略	每15min		√		控制图
7		7	石灰磨细度(出磨口)	≤5%(0.08mm筛余)	自检	分样筛	每15min	√			控制图
8		8	粉状石灰性能(仓)	A-CaO ≥ 60% 消解温度 ≥ 80度; 细度 ≥ 15% 消解速度 10-15min	专检	略	每30min	√			控制图
9	粉煤灰加工	9	粉煤灰浓度	比重 1.39-1.41	自检	量杯	每15min		√		控制图
10		10	粉煤灰细度	≤5%(0.08mm筛余)	专检	分样筛	每池		√		数据表
11		11	石膏含量	工艺工艺规程	专检	略	每池	√			数据表
12	配料	12	石灰性能	A-CaO ≥ 60% 消解温度 ≥ 80度; 细度 ≤ 15% 消解速度 10-15min	专检	略	每5模	√			数据表

13		13	石灰计量	当日配料单	自检	计量称	每模	√		数据表
14		14	水泥计量	当日配料单	自检	计量称	每模	√		数据表
15		15	粉煤灰计量	当日配料单	自检	计量称	每模	√		数据表
16		16	铝粉等计量	当日配料单	自检	计量称	每模		√	数据表
17	浇注	17	各物料投料 搅拌时间	当日配料单	自检	秒表	每模	√		数据表
18		18	料浆扩散度	18-20cm	自检	略	每模		√	数据表
19		19	浇注温度高度	42度/32cm	自检	略	每模		√	数据表
20	静停	20	发气速度	0-10min1.5- 2.5cm/min; 11-15min0.8 -1.2min 结束	自检	钢直尺	每 2-5 模		√	数据表
21		21	稠化时间冒 泡时间	15-20min	自检	秒表	每模		√	数据表
22		22	坯体强度	工艺规程	自检	强度仪	每模		√	数据表
23	切割	23	外观质量	粘模≤200平 方米棱角损 坏 ≤ 300X30cm	自检	钢直尺	每模		√	数据表
24		14	尺寸精度	±2, ±2, ± 4(坯体四周)	自检	钢直尺	每模		√	数据表
25	蒸压 养护	25	蒸压养护	抽真空间 0.06MPa 恒温 8h, 降温 2h。	自检	压力表	每釜每 15min	√		数据表
26	出釜	25	外观尺寸	GB/T11968	自检	钢直尺	抽检		√	数据表
27	堆放	26	堆放	分等分级	自检	钢直尺	抽检		√	数据表
28		28	出厂检验	GB/T11968	专检	略	抽检	√		数据表

以上仅以某一个企业的生产工艺)石膏与粉煤灰混磨)而设计,各企业在建立质量控制点时,应考虑各自的工艺特点及装备、规模。

13		13	石灰计量	当日配料单	自检	计量称	每模	√		数据表
14		14	水泥计量	当日配料单	自检	计量称	每模	√		数据表
15		15	粉煤灰计量	当日配料单	自检	计量称	每模	√		数据表
16		16	铝粉等计量	当日配料单	自检	计量称	每模		√	数据表
17	浇注	17	各物料投料 搅拌时间	当日配料单	自检	秒表	每模	√		数据表
18		18	料浆扩散度	18-20cm	自检	略	每模		√	数据表
19		19	浇注温度高度	42度/32cm	自检	略	每模		√	数据表
20	静停	20	发气速度	0-10min1.5- 2.5cm/min; 11-15min0.8 -1.2min 结束	自检	钢直尺	每 2-5 模		√	数据表
21		21	稠化时间冒 泡时间	15-20min	自检	秒表	每模		√	数据表
22		22	坯体强度	工艺规程	自检	强度仪	每模		√	数据表
23	切割	23	外观质量	粘模≤200平 方米棱角损 坏 ≤ 300X30cm	自检	钢直尺	每模		√	数据表
24		14	尺寸精度	±2, ±2, ± 4(坯体四周)	自检	钢直尺	每模		√	数据表
25	蒸压 养护	25	蒸压养护	抽真空间 0.06MPa 恒温 8h, 降温 2h。	自检	压力表	每釜每 15min	√		数据表
26	出釜	25	外观尺寸	GB/T11968	自检	钢直尺	抽检		√	数据表
27	堆放	26	堆放	分等分级	自检	钢直尺	抽检		√	数据表
28		28	出厂检验	GB/T11968	专检	略	抽检	√		数据表

以上仅以某一个企业的生产工艺)石膏与粉煤灰混磨)而设计,各企业在建立质量控制点时,应考虑各自的工艺特点及装备、规模。

结束语

加气混凝土完成了蒸压养护，并经质量检验验收后，只能说是完成了产品的加工过程，只有将产品提供给用并具有使用价值时，才真正完成了商品的生产，这就要求我们的生产过程还必须包括产品的堆放，合适的储和运输，使用现场的技术服务及其他售后服务等。需要特别提出的是，产品质量不是决定于出釜以后的检验，而是决定于生产的全过程（包括售后服务）。

附录 1

常用单位中的法定单位和应淘汰的单位及换算

物理量名称	单位		说明	与 SI 单位换算关系
	名称	符号		
长度	米	m	法定单位	
	[市]尺		应淘汰的单位	1[市]尺=1/3m
	英寸	in	应淘汰的单位	1in=0.254m
	英尺	ft	应淘汰的单位	1ft=12in
质量 (重量)	千克(公斤)	kg	法定单位	
	吨	t	法定单位	1t=1000kg
	[市]斤		应淘汰的单位	1[市]斤=500g=0.5kg
时间	秒	s	法定单位	
	分	min	法定单位	1min=60s
	[小]时	h	法定单位	1h=60min=3600s
	天(日)	d	法定单位	1d=24h=86400s
温度	开尔文	K	法定单位	
	摄氏度	。C	法定单位	。C=K-273.15
	华氏度	F		F=(9/5)K-459.67
力 重力	牛[顿]	N	法定单位	1N=1kg·M/s ²
	千克力[公斤力]	kgf	应淘汰的单位	1kgf=9.80665N
	吨力	tf	应淘汰的单位	1tf=9.80665X10 ³
压力 压强 应力	帕[斯卡]	Pa	法定单位	1Pa=1N/m ²
	巴	bar	应淘汰的单位	1bar=0.1MPa=10 ⁵ Pa
	千克力每平方厘米	Kgf/cm	应淘汰的单位	Kgf/cm ² =98066.5Pa

	标准大气压	atm	应淘汰的单位	1atm=101325Pa
	毫米汞柱	mmHg	应淘汰的单位	1mmHg=133.322Pa
	毫米水柱	MmH ₂ O	应淘汰的单位	1mmH ₂ O=9.806375Pa
速度	米每秒	M/s ²	法定单位	
加速度	米第二次方秒	M/s ²	法定单位	
能量功 热量	焦耳	J	法定单位	1J=1N·m
	千瓦小时	kw·h	法定单位	1kw·h=3.6×10 ⁶ J
	千克力米	kgf·m	应淘汰的单位	1kgf·m=9.80665J
	卡[路里]	Cal	应淘汰的单位	1Cal=4.1868J
功率	瓦[特]	W	法定单位	
	[米制]马力		液压淘汰的单位	1 马力=735.4985W
物理量 名称	单位		说明	与 SI 单位换算关系
	名称	符号		
导热 系数	瓦[特]每米开尔文	W/m·K	法定单位	
	千卡每米小时摄氏度	Cal/m·h·°C	应淘汰的单位	kCal/m·h·°C=1.163W/m·K
电流	安[培]	A	法定单位	KCal/m·h·°C=1.163W/m·K
电荷	库[仑]	C	法定单位	
电位 电压 电势	伏[特]	V	法定单位	
电容	法[拉]	F	法定单位	
电阻	欧[姆]	Ω	法定单位	
面积	平方米	M ²	法定单位	
体积	立方米	M ³	法定单位	
	升	l	法定单位	1l=10 ⁻³ m ³
密度	千克每立方米	Kg/m ³	法定单位	

附录 2

加气混凝土主要采用标准

1. GB/T11968-2006 蒸压加气混凝土砌块
2. GB15762-1995 蒸压加气混凝土板
3. JC/T409-2001 硅酸盐建筑制品用粉煤灰
4. JC/T622-1996 硅酸盐建筑制品用砂
5. JC/T621-1996 硅酸盐建筑制品用石灰

6. JC/T407-2000 加气混凝土用铝粉膏
7. GB175-1999 硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥
8. GB/T11969-11975-1997 加气混凝土性能试验方法
9. GB/T176-1996 水泥化学分析方法
10. GB1345-1991 水泥细度检验法（80 μ m 筛筛析法）
11. JC/T855-1999 蒸压加气混凝土板钢筋涂层防锈性能试验方法
12. JC890-2001 蒸压加气混凝土用砌筑砂浆与抹面砂浆。

附录 3

加气混凝土料浆稠度测试方法

1、概述

本方法参照石膏标准稠度测定方法制定。

2、仪器设备

2、1 稠度仪。由内径为 $\Phi 50 \pm 0.1\text{mm}$ ，外径为 $\Phi 60\text{mm}$ ，高为 $100 \pm 0.1\text{mm}$ 的铜质或不锈钢的筒体和面积为 $40 \times 40\text{cm}$ 的玻璃板组成，筒体的内表面及两个端面应充分磨光，在玻璃板上或在玻璃下面的纸上面一组同心圆，其直径从 6 到 40cm，每隔 1cm 画一个。

2、2 钢直尺

2、3 接料勺

3、试验步骤

3、1 试验前应用洁净清水将圆筒及玻璃板冲洗，并用湿布擦试，将圆筒严格垂直地放在同心圆正中。

3、2 打开检料阀，放出少量料浆，然后以接料勺接取料浆，迅速注入圆筒，以

钢直尺沿圆筒上端面刮去多余料浆，交垂直提起圆筒，整个动作应在 30s 内完成。

3、3 读取垂直的两个料浆扩散度尺寸，单位：cm。

4、结果评定

以两个扩散度尺寸的算术平均值作为被检料浆的稠度值，单位：cm。

附录 4

石灰有效钙的测定（蔗糖法）

1、概述

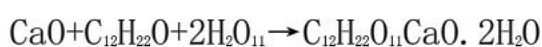
石灰的活性决定于其中 CaO=MgO 的含量，这些氧化物含量愈高，则其胶结性能愈好。

本法适用于测定拌制石灰砂浆，石灰混合砂浆及煤渣、煤灰等石灰稳定类混合料用的石灰。

2、说明

石灰中的有效钙（活性氧化钙）亦称游离氧化钙。样品中实际物质可能是氧化钙，也可能是氢氧化钙，但统一计算到氧化钙的含量百分比。利用较稀的盐酸和较快的速度滴定，可排除与火山灰质材料很少起作用的钙盐和碳酸钙的干扰，其精度已能满足上述适用范围的需要。

蔗糖溶液能加速石灰在水中的溶解速度，结全滴定终点的控制从而减少氧化镁的干扰。其作用是蔗糖先与氧化钙和水化合成溶解度较大的蔗糖钙，然后再与盐酸作用。依旧析出蔗糖，反应式如下：



氧化钙 蔗糖 蔗糖钙



蔗糖钙

蔗糖

氧化钙

3、仪器设备和试剂

- (1) 标准筛，筛孔 1mm 和 0.15mm 各 1 个。
- (2) 称量瓶，直径 3cm，容积 20cm³。
- (3) 分析天平，称量 100g，感量 0.1mg。
- (4) 烘箱，温度范围为能调温 100-110 度
- (5) 干燥器，直径 25cm。
- (6) 锥形瓶，容积 250ml。
- (7) 滴定管，50ml。
- (8) 玻璃珠。
- (9) 盐酸，分析纯，配制为 0.5N 左右。
- (10) 无水碳酸钠，保证试剂。
- (11) 蔗糖，分析纯。
- (12) 1%酚酞指示剂。

4、试验步骤

- (1) 将石灰试样粉碎，通过 1mm 筛孔，用四分法缩分为 200g，再用研钵磨细通过 0.15mm 筛孔，用四分法缩分为 10g 左右。
- (2) 称量瓶，直径 3cm，容积 20cm³
- (3) 分析天平，称量 100g，感量 0.1mg。
- (4) 烘箱，温度范围为能调温 100-110 度。
- (5) 干燥器，直径 25cm。

(6) 锥形瓶，容积 250ml。

(7) 滴定管，50ml。

(8) 玻璃珠。

、(9) 盐酸，分析纯，配制为 0.5N 左右。

(10) 无水碳酸钠，保证试剂。

(11) 蔗糖，分析纯。

(12) 1%酚酞指示剂。

4、试验步骤

(1) 将石灰试样粉碎，通过 1mm 筛孔，用四分法缩分为 200g，再用研钵磨细通过 0.15mm 筛孔，用四分法缩分为 10g 左右。

(2) 将试样在 105-110 度的烘箱中烘干 1h 然后移于干燥器中冷却。

(3) 用称量瓶按减量法称取试样为 0.2g (准确至 1mg) 置于锥形瓶中，迅即加入蔗糖约 5g 盖于试样表面 (以减少试样与空气接触) 同时加入玻璃珠为 10 粒。接着即加入新煮沸并已冷却的蒸馏水 50ml，立即加盖瓶塞，并强烈摇荡 15min (注意时间不宜过短)。

(4) 摇荡后开启瓶塞，加入酚酞指示剂 2-3 滴，溶液即呈现粉红色，然后用盐酸标准溶液滴定。在滴定时应读出滴定管初读数，然后以 2-3 滴/s 的速度滴定。直至粉红色消失。如在 30s 钟内仍出现红色，应再滴盐酸以中和最后记录盐酸耗量 (ml)。

5、计算方法

按下式计算石灰活性氧化钙含量

$$\text{CaO} = \frac{0.028N \cdot V}{100} \cdot 100\%$$

G

式中：0.028——氧化钙毫克当量（g）

N——盐酸标准溶液液精确当量浓度；

V——滴定消耗盐酸标准溶液体积（ml）。

G——石灰试样重量（g）

6、盐酸浓度标定

（1）取 41ml 浓盐酸用蒸馏水稀释至 11。

（2）在分析天平用减量法称取无水碳酸钠 W g (约 0.2-0.3g)，在锥形瓶中用蒸馏水小心加热溶解，冷却后滴入甲基橙指示剂 2 滴，此时溶液呈黄色。用配制好的 HCL 溶液盛于滴定管中，进行滴定直至锥形瓶中溶液由黄色刚转变为橙色为止。记录盐酸耗量（ml）。按下式计算 HCL 溶液的准确浓度：

$$N_{HCL} = \frac{W}{0.053 \cdot V_{HCL}}$$

式中 W ——无水碳酸钠的重量（g）；

V_{HCL} ——到达等当点时 HCL 的耗量（ml）

0.053——无水碳酸钠的毫克当量（g）。

7、结果评定

以两次平行试验的算术平均值作为试验结果数值。

附录 5

石灰消化速度试验

1、试验意义

生石灰遇水起化学反应，此项反应的快慢称为消化速度，消化速度是以石灰开

始加入水中至温度上升至最高时的时间来表示。

2、仪器设备

(1) 消化速度测定仪 (如下图): 该仪器系由 200-250ml 烧杯旋转于一体种较大些的容器内, 在容器与烧杯壁间真以绝热材料石棉粉等。石灰试样置于烧杯中, 温度计通过木塞插入杯内, 以测定其温度变化。

(2) 秒表。

(3) 天平: 称量 100g (感量 0.01g)

3、试验步骤

(1) 称取预先磨细并通过 900 孔/平方米的石灰试样 10g, 倾于盛有温度为 20 度蒸馏水 20ml) 的消化仪烧杯中, 开动秒表, 记录开始时间。

(2) 迅速加盖并插入温度计, 将烧杯摇动数次即置勿动。

(3) 自石灰加入水中时起每隔 30s 读记温度一次, 直至达最高温度并开始下降为止。

(4) 绘制时间—温度曲线。

以横轴表示时间, 纵轴表示温度, 绘制时间—温度曲线, 并确定消化速度。

4、结果评定

以两次平行试验之算术平均值作为试验结果数值。消化速度在 10min 以内者称为快速石灰; 在 10-30min 之间者称为中速石灰; 因 30min 以上者称为慢速石灰。

附录 6

试验室基本条件

1、总则

1.1 为促进加气混凝土企业建立健全试验室, 提高检测水平, 保证产品质量, 特

制定本条件。

1.2 试验室的检验项目按《加气混凝土制品企业质量管理规程》和有关标准的规定设置。

1.3 试验室的环境条件（如温度、湿度、粉尘、振动、卫生等）必须满足有关标准的规定。

1.4 人员和素质

1.4.1 试验室主任应具有初级以上技术职称，有相应的任命文件，精通本专检验业务，熟悉监督检验管理，了解有关法律、法规。

1.4.2 检验人员应符合《加气混凝土制品企业质量管理规程》的要求。

2、规章制度

试验室必须制定下列规章制度

2.1 工作计划、检查和总结制度；

2.2 各类人员岗位责任制。

2.3 产品检验，质量判定和抽查对比制度，

2.4 检验报告的编写、审核和批准制度；

2.5 危险品管理制度；

2.6 仪器设备管理、维修和检验制度

2.7 检验事故报告制度。

3、必备检测仪器设备

3.1 生产加气混凝土砌块的企业，必须具备的仪器设备数量、技术要求及检验周期见表 1

表 1

制定本条件。

1.2 试验室的检验项目按《加气混凝土制品企业质量管理规程》和有关标准的规定设置。

1.3 试验室的环境条件（如温度、湿度、粉尘、振动、卫生等）必须满足有关标准的规定。

1.4 人员和素质

1.4.1 试验室主任应具有初级以上技术职称，有相应的任命文件，精通本专检验业务，熟悉监督检验管理，了解有关法律、法规。

1.4.2 检验人员应符合《加气混凝土制品企业质量管理规程》的要求。

2、规章制度

试验室必须制定下列规章制度

2.1 工作计划、检查和总结制度；

2.2 各类人员岗位责任制。

2.3 产品检验，质量判定和抽查对比制度，

2.4 检验报告的编写、审核和批准制度；

2.5 危险品管理制度；

2.6 仪器设备管理、维修和检验制度

2.7 检验事故报告制度。

3、必备检测仪器设备

3.1 生产加气混凝土砌块的企业，必须具备的仪器设备数量、技术要求及检验周期见表 1

表 1

名称	单位	数量	精度	检定周期	量度范围或规格
材料试验机	台	1	1%	1年	300kN
电热鼓风干燥箱	台	2	2℃		0-250℃
低温箱（或冷冻室）*	台	1	2℃	1年	-25℃
恒温加热器*	台	1			
钢直尺	把	2	0.5mm		30cm
立式收缩仪*	台	1	0.01mm	1年	
空调器*	台	1			
调温调湿箱*	台	1			相对湿度 35-95%
天平*	架	1	0.5g	1年	500g
天平	架	2	2g	1年	2kg
	架	2	0.2g	1年	200kg
分析天平	架	1	0.5-1	1年	200g
干燥器	个	数个			
高温炉	台	1			0-1300℃
电炉	台	2			1000W
铂坩锅	个	1			25ml
瓷坩锅	个	数个			25ml
玛瑙研钵	个	1			
标准筛	个	3			0.08mm 0.075mm 0.045mm
分样筛	套	1			
温度计	支	数支	1℃		200℃ 和 100℃
磁力搅拌器**	个	1			
化学分析用玻璃仪器	套	1			
钢卷尺	个	数个			2m
小保温瓶	个	1			0.5P
秒表	个	1			
比重瓶	个	1			
发气量测量仪	套	1			
坯体强度测定仪	支	2			
石膏稠度计	个	1			

*企业若无此仪器，可和委托具备条件的检验机构检测（每半年一次）。**

企业自定

3.2 生产加气混凝土板材的企业，除了 3.1 条规定的全部内容之外，尚需具备表 2 所列仪器。

表 2

名称	单位	数量	精度	检定周期	量度范围或规格
钢卷尺	只	数只	1mm		10m

靠尺	把	1	1mm		2m
楔形塞尺	把	1			
调温调湿箱	台	1			
百分表	只	3	0.01mm	1年	
荷重块*	块	10			5kg
	块	80			10kg
	块	80			20kg
读数显微镜	台	1	0.05mm		

3.3 除表列仪器设备外，企业可视需要添置其它仪器设备。

3.4 当产品标准或试验方法标准改变时，企业应根据标准要求及时更换仪器设备。

国家建筑材料工业局

一九九三年二月一日

附录 7

加气混凝土常见缺陷成因及对策

序号	现象	成因	对策
1	塌模		
1.1	坯体稠化速度正常，发气速度过快	浇注温度偏高。	降低浇注温度。
		铝粉偏多	降低铝粉用量。
1.2	发气速度正常，坯体稠化速度过慢	料浆水料比偏大。	减小水料比，提高稠度
		石灰或水泥少，或石膏多。	增加石灰或水泥，或减石膏
1.3	冒泡大，气泡被破坏	粉煤灰（砂）太粗，料浆粘度低。	粉煤灰磨细，增加干料量（干粉煤灰、石灰、水泥），使用皂荚粉等稳泡剂，提前制浆
		石灰过多，坯体内部温度高	减少石灰用量
		水料比偏大，模框四周泌水。	提高料浆比和重，使用稳泡剂，减少料浆量。
		浇注温度高，发气量大	降低浇注温度

		粉煤灰含炭量高。四周泌水	更换粉煤灰
1.4	铝粉发气过于集中	铝粉颗粒细	更换铝粉
1.5	模具漏浆	密封条老化, 模具、轨道变型	更换密封条, 整修模具轨道。
1.6	意外塌模	人为或机械振动, 顶棚滴水。	注意避免
2	发气高度不够		
2.1	发气速度正常, 稠化速度过快, 坯体不能正常发气	料浆太稠。	降低料浆比重。
		石灰(或水泥)太多, 或石膏少。	减少石灰(或水泥), 增加石膏。
		浇注温度过高	降低浇注温度
2.2	发气稠化正常, 坯体总量不足	总料量少。铝粉用量少(或铝粉质量差)。	增加总配料量。 增加铝粉用量。
3	坯体脱模后, 靠模框底角处坯体掉角		
3.1	坯体内外强度不一致, 内硬外软	环境温度低	提高环境温度。
3.2	坯体塑性较低。	坯体温度过高, 严重失水。	降低浇注温度或减少石灰用量。
3.3	切割时坯体侧角强度不够	切割过软, 坯体塌陷	提高切割硬度
3.4	坯体表面硬化慢	水料比大, 干料量(特别是石灰量)偏少。	1、增加石灰、水泥用量 2、减少料浆量 3、提高料浆稠度
3.5	模框碰坯体	桁车大车行走不同步。	1、消除轨道表面油渍。 2、消除桁车大车行走装置缺陷
		翻转吊具翻转臂松。	消除翻转吊具缺陷
		模框变形	1、消除模框组合缺陷 2、消除模框自身缺陷
4	侧边裂纹		
4.1	侧板一侧裂纹(仿伊通切割机)	坯体落下过猛	坯体距切割台 10 厘米处必须停一下, 再缓慢落下。
		水料比小, 坯体弹性不足。	1、降低料浆比重 2、增加料浆用量。 3、减少石灰量
		粉煤灰(砂)过细, 坯体早期强度跟不上。	1、提高切割硬度。 2、提高粉煤灰筛余量。
		坯体容重偏大	1、控制容重 2、使用添加剂, 提高坯体切割强度
4.2	翻转时顶部裂纹(地翻切割机)	水料比小, 坯体弹性不足。	1、降低料浆比重 2、增加料浆用量 3、减少石灰量
5	与地面垂直的竖向裂纹(仿伊通和地翻切割机)		
5.1	切割后, 从上向下连续多排竖向裂纹	水料比大, 干料量(特别是石灰量)偏少, 石灰质量差。	1、减少料浆量, 或提高料浆稠度 2、增加石灰量 3、减少石膏量, 加快稠化速度
5.2	切割后, 从上到下多个位置间断断裂	粉煤灰过细	提高粉煤灰筛余量
		石灰偏多, 或浇注温度偏高	降低石灰用量或浇注温度

		石膏偏少。	提高石膏用量。
6	整模中部断裂（地翻切割机）		
6.1	翻转后裂纹	坯体强度偏低。	提高切割强度
		坯体强度不均。	注意石灰质量和环境温度。
6.2	切割后裂纹	坯体与底板间有间隙	调整翻转后底板的垂直度。
		翻转过度或不到。	控制翻转速度和程度。
7	砌块 600mm 方向断裂（水平裂）		
7.1	裂纹成水平状	粉煤灰（砂过粗，物料沉降	磨细粉煤灰（砂）
		料浆粘度过低	提前制浆，掺废料浆。
7.2	裂纹成弧状	严重憋气	提高料浆扩散度，降低温度
		搅拌不均匀。	检查搅拌叶轮是否磨损
			检查电机是否缺相。
		检查是否石灰下料过快。	
8	“双眼皮”		
8.1	两道横切缝	坯体强度较低，钢丝未从原路返回（地翻）	提高切割强度
		切割钢丝过松（地翻）	调整切割钢丝
		横切装置运行间隙大（地翻）	调整横切架
		模车定位偏松（司梯码）	调整模车定位
9	“蜂窝”		
9.1	坯体表面冒泡大而深，伴有较多深陷，冒泡处形成蜂窝状硬块。	浇注温度高	降低浇注温度
		水料比大。	缩小水料比
		石灰多。	减石灰用量
		石膏少	增加石膏
10	“花斑”（仿伊通切割机）		
10.1	坯体纵切后，表面出现斑状脱落	石灰吸水性太差水泥用量少	增加石灰和水泥用量
		石灰热值不足	提高浇注温度
		水料比过大	减少水料比
		粉煤灰过细	提高粉煤灰筛余量
		切割太软	提高切割硬度
		“面包头”太厚。	先拉去“面包头”
		刀片变形、磨损、结垢	消除刀片缺陷
11	“鱼鳞纹”（仿伊通切割机）		
11.1	坯体表面靠侧板处在纵切后呈波浪状鱼鳞纹	切割时坯体强度低。	提高切割强度
		静停时间长，坯体硬化慢	1、减水料比 2、加石灰量、水泥量 3、提高浇注温度 4、减石膏量
12	坯体脱模后，上方靠模框底角处出现裂纹或与模框粘连		
12.1	坯体干裂、掉角	切割时坯体强度高	适当提前切割
		硬化过快，坯体严重失水	1、加大水料比 2、减石灰量、水泥量 3、降低浇注温度 4、增加石膏量。

		模杠刷油缺陷，或油质差。	1、刷油均匀到位 2、换质量符合要求的油
13	沉陷（又称“老鼠窝”）		
13.1	坯体表面靠厝框处发生收缩、沉陷、形同“老鼠窝”。	水泥少，水料比较大，坯体硬化慢	1、增加水泥用量 2、减水料比
		石灰内热高，发气时间长	1、减少石灰用量。 2、降低浇注温度 3、加石膏用量
14	粘连（仿伊通切割机）		
14.1	产品出釜后，靠侧板的产品与侧板粘连在一起，较难从原切割缝分开。	切割时坯体太软	提高切割硬度
		静停时间长，硬化慢	1、减小水料比 2、增加石灰，水泥用量 3、提高浇注温度 4、减少石膏量 5、减少废料浆用量 6、避免使用过细硅质材料。
15	龟裂		
15.1	坯体表面切割前呈龟壳状裂纹	石灰用量过大，后期大量失水	减少石灰用量
		石灰过烧，前期吸水性差，后期热值大	1、加水泥用量 2、减石灰用量 3、降低浇注温度 4、加石膏用量
16	坯体中有白点		
16.1	坯体底部白点	沉降的磷石膏颗粒	磷石膏过磨或滤去粗颗粒
		搅拌机中粘着陈石灰掉入	及时清理搅拌机
16.2	坯体中部多处出现未水解的石灰团块	搅拌不匀	1、延长搅拌时间 2、更换搅拌机叶轮
		石灰过烧	更换石灰
		石灰用量大	减少石灰用量
		石灰太粗	降低石灰筛余量
17	断钢丝		
17.1	断纵切钢丝	坯体沉陷大（即蜂窝“），局部坯体过硬	消除沉陷
		坯体过硬	适当提前切割
		钢丝损伤	更换钢丝
		坯体内有异物	系统检查，清除异物源
17.2	断横切钢丝	钢丝损伤	更换钢丝
		坯体内有异物	消除异物
		切割过硬	适当提前切割
		横切下限位过低	调高横切下限位位置
		横切在下限位停留时间过长	缩短横切在下限位的时间
18	切割蹦料		
18.1	横切钢丝回到顶时将坯体上沿带	钢丝过松	更换钢丝

		坯体失水	1、适当提前切割 2、调整配方，降低坯体温度
19	切不到底		
20	正面掉角（仿伊通切割机）		
20.1	纵切后坯体正面被刀片带角	面包头太厚	1、拉去面包头 2、预先对端部进行倒角
		切割时坯体太软	提高切割硬度
21	尺寸误差		
21.1	切割面成波浪形	切割钢丝过松。	调整或更换钢丝
		搅拌不均匀	石灰下料过快，料浆过稠
		导轨或导向柱有杂物或松动，	清理并调整
		坯体中有杂物	清理搅拌机
21.2	大小头	切割时坯体过软	提高坯体强度
		导轨或导向柱有杂物	清理导轨或导向柱
213	制品膨胀	石灰中过烧灰或 MgO 含量高，	重新选择石灰
21.4	尺寸出现超差	挂错钢丝位置	重挂并校正钢丝
		刀片位置不对	调整刀片位置
		立柱上下窜位	调整立柱位置
		横切标尺安装不好	调整标尺位置
		弹簧板位置不对	调整弹簧板位置
		切割钢丝过松	调整或更换钢丝
		弹簧板疲劳	换弹簧板
		坯体在切割台上位置偏移	1、清除切割台上杂物 2、摆正坯体位置
		干料量少	增加干料量
22	产品强度低		
22.1	蒸压养护不充分	蒸压养护操作不规范	1、抽真空 2、及时放冷凝水 3、保证恒温温度和时间
		粉煤灰太细，砂中含泥量超标	控制粉煤灰或砂的质量
		配方不合理	1、保证合理的钙硅比 2、保证合理的水料比 3、保证合理的石膏比例 4、减少废料浆用量
22.2	制品发脆	粉煤灰太细	1、提高粉煤灰筛余量 2、应用添加剂调节
		石灰用量过多	调整石灰用量
		微裂纹多	浇注石灰用量
223	制品发软，无光泽	静定时间长，失水过多	尽快入釜或采取保湿措施
23	出釜裂纹		
231	同一釜中每模边沿呈框形裂纹	前期升温度速度过快	降低前期升温速度
232	端部裂纹	打开釜门过快	降温后稍慢开门并避免冷风
233	不规则裂纹和暴烈	石灰中过烧灰或 MgO 含量高	重新选择石灰
234	垂直于底板裂纹	进釜时轨道和过桥振动损伤	维修轨道过桥

235	每模同部位裂纹	切割机或模具引起的损伤	检查维修设备
-----	---------	-------------	--------