

蒸压加气混凝土工艺

亨 娜·雅 迪 莫 维 茨

[波兰] 雅 尼 娜·谢 依 高 著

盖诺维法·柴波托茨那-西旦克

顾 德 姮 白 明 华 译

中国建筑工程出版社

蒸压加气混凝土工艺

亨 娜 · 雅 迪 莫 维 茨
[波兰]雅 尼 娜 · 谢 依 高 著
盖诺维法·柴波托茨那-西旦克
颜德姮 白明华 译

中国建筑工业出版社

本书介绍了波兰蒸压加气混凝土的生产方法, 生产加气混凝土用的胶结料和骨料, 及其主要性质对制品性能的影响, 并阐述了各主要生产工艺的特点以及对生产和成品质量的检验方法。本书可供加气混凝土工厂的生产技术人员和管理人员阅读。

本书由颜德姮、白明华同志翻译, 颜德姮同志校订。在翻译、校订过程中得到薛挺秋同志的大力协助。

Hanna Jatymowicz
Janina Siejko
Genowefa Zapotoczna-Sytek
TECHNOLOGIA AUTOKLAWIZOWANEGO
BETONU KOMÓRKOWEGO
Arkady Warszawa 1975

* * *

蒸压加气混凝土工艺
颜德姮 白明华 译

*

中国建筑工业出版社出版 (北京西郊百万庄)
新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售
中国建筑工业出版社印刷厂印刷

*

开本: 787×1092毫米 1/32 印张: 5 5/8 插页: 3 字数: 126千字

1978年12月第一版 1978年12月第一次印刷

印数: 1—10,630册 定价: 0.45元

统一书号: 15040·3527

目 录

第一章 蒸压加气混凝土的分类和特性	1
第一节 分类	1
第二节 主要的物理及机械性能	2
一、容重和导热系数	3
二、强度和耐久性能	4
第二章 蒸压加气混凝土生产的发展, 构件种类 及其使用情况介绍	8
第一节 国外蒸压加气混凝土生产的发展情况	8
第二节 波兰蒸压加气混凝土生产的发展情况	13
一、概述	13
二、波兰加气混凝土工厂的发展史	15
第三节 波兰生产大型构件的主要种类及其应用	22
第三章 生产蒸压加气混凝土的原料	28
第一节 胶结料	28
一、概述	28
二、加气混凝土生产中胶结料的选择	30
三、水泥	31
四、生石灰	43
五、石膏	47
第二节 骨料	50
一、加气混凝土骨料的选择	50
二、骨料的主要物理化学性质对浇注体工艺参数 及加气混凝土性能的影响	51
三、粉煤灰	54

四、石英砂.....	71
五、其它.....	75
第三节 发气剂.....	75
一、概述.....	75
二、要求.....	76
三、铝粉的主要性质对加气混凝土性能的影响.....	78
第四节 表面活性剂.....	80
一、表面活性剂的种类.....	80
二、要求.....	81
三、表面活性剂对加气混凝土工艺过程 和性能的影响.....	82
第五节 水.....	83
第四章 工艺流程及基本分析.....	84
第一节 工艺类型.....	84
一、乌尼波尔工艺.....	84
二、BLB工艺.....	93
三、PGS工艺.....	95
四、SW工艺.....	96
五、其它工艺.....	98
第二节 确定加气混凝土料浆的原材料组成.....	101
一、选择胶结料和骨料的粒度.....	102
二、确定胶结料和骨料的用量.....	107
三、确定发气剂的用量.....	108
四、确定用水量.....	111
五、确定生产配方.....	114
第三节 加气混凝土的生产工艺.....	117
一、半成品制备.....	118
二、料浆制备.....	123
三、成型.....	125

四、料浆的发气和凝结(亦称初养)	128
五、坯体的切割	132
六、蒸压前制品的静停	135
第四节 加气混凝土的水热处理	136
一、水热处理方法	137
二、水热处理时的主要物理和物理化学现象	138
三、确定水热处理最适宜的制度	142
第五节 加气混凝土制品在生产过程中产生的缺陷和损坏	145
一、缺陷种类	145
二、制品产生生产性缺陷的原因	148
第五章 检验与测试	152
第一节 原料和半成品检验	152
一、原料检验	152
二、半成品检验	155
第二节 加气混凝土料浆的质量检验	157
一、稠度	158
二、初始温度	158
三、料浆硬度测定	158
第三节 加气混凝土产品质量检验	159
一、非全面性检验	160
二、全面性检验	160
第六章 劳动安全卫生问题	164
第七章 规范及规程	168
第八章 资料索引	171

第一章 蒸压加气混凝土的分类和特性

第一节 分 类

蒸压加气混凝土属于轻混凝土类，即指容重不超过1800公斤/米³的混凝土。轻混凝土的主要分类示于图1-1。

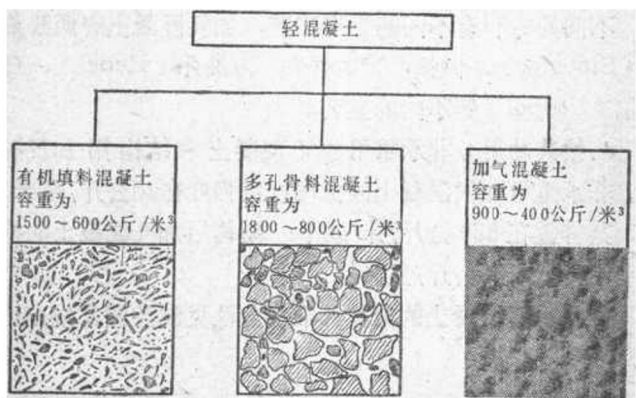


图 1-1 轻混凝土的一般分类

蒸压加气混凝土在国际上没有统一的分类名称，一般按下列准则进行分类：

1. 按所采用的主要原材料

即按胶结料或骨料的种类进行分类：例如，苏联以其在生产中所采用的主要胶结料而取名为加气混凝土及加气硅酸

盐，即，加气混凝土是指生产中采用水泥作胶结料的多孔混凝土；而加硅酸盐则是指由生石灰所组成的胶结料生产的多孔混凝土；粉煤灰加气混凝土是指生产中以水泥和粉煤灰作主要原料的多孔混凝土。

2. 按产生气孔的方法

分为泡沫混凝土，加气混凝土，泡沫加气混凝土及泡沫加硅酸盐^①。在泡沫混凝土或泡沫硅酸盐中，气孔是由于掺入了通过机械搅拌而引起的泡沫所形成；在加气混凝土中，气孔是由于料浆中起化学反应的结果。

3. 按生产工艺分类

不同的专利有不同的生产工艺，加气混凝土有西波莱克斯（Siporex），伊顿（Ytong），海波尔（Hebel），乌尼波尔（Unipol）等不同的工艺。

4. 按其功用分非承重用加气混凝土和结构用加气混凝土。非承重用加气混凝土的标准抗压强度在40公斤/厘米²以下，其容重在550公斤/米³以下；结构用加气混凝土的抗压强度不得低于40公斤/厘米²。

波兰加气混凝土的分类标准和方法见波兰国家规范PN-66/B-06259。

第二节 主要的物理及机械性能

波兰对蒸压加气混凝土物理及机械性能方面的要求，见波兰国家规范PN-66/B-06260。该规范对下列材料性能列有具体要求：内部结构的均一性；比重 γ_w ；容重 γ_0 ；库存-发

① 原文如此。——译注

货湿度及自然湿度 W_0 ；体积透水性 N_0 ；吸湿及不吸湿程度 W_{sc}, W_{ds} ；抗冻性；收缩 S_{ms} ；导热系数 λ ；水蒸气传递系数 δ ；抗压强度 $R_{\Phi 10}$ ；抗拉强度 R_t ；弹性模量 E_0 。

一、容重和导热系数

决定加气混凝土经济效果的主要物理性能是容重 γ_0 和导热系数 λ 。

加气混凝土在建筑工程中的使用范围受到限制的主要原因是，它的抗压强度和抗拉强度均较低。由于加气混凝土的上述特性，将它主要用作各类建筑工程的外墙材料尤为有效；考虑到满足加气混凝土墙体承重的要求，它可用作：三层及三层以下房屋的承重墙；五层及五层以下房屋的自承重墙；层数不限的填充墙^①。

波兰蒸压加气混凝土的生产品种有04，05，06，07，08及09^②。它们在不同湿度情况下的容重值见表1-1。

不同湿度情况下04~09品种加气混凝土的容重值 表 1-1

品 种	最 大 容 重 (公斤/米 ³)		
	加 气 混 凝 土 所 处 的 状 态		
	干 燥 时	库存-发货湿度为25%(以重量计)时	自然湿度为8%(以重量计)时
04	≤450	563	486
05	451~550	687	594
06	551~650	813	702
07	651~750	938	810
08	751~850	1063	918
09	851~950	1188	1026

① 此处按容重分品种，如06品种即容重为600公斤/米³的加气混凝土。——译者

加气混凝土的保温性能随材料容重及湿度的不同而变化。各品种加气混凝土的导热系数值 λ 见表1-2。

加气混凝土的导热系数值 λ 表 1-2

品 种	导 热 系 数 (千卡/米·时·度)	
	加 气 混 凝 土 所 处 的 状 态	
	干 燥 时	自然湿度为8%(以重量计)时
04	0.09	0.13
05	0.12	0.18
06	0.14	0.21
07	0.17	0.26
08	0.20	0.32
09	0.23	0.36

由于加气混凝土的导热性与其容重大小有关，必须使制品达到使用者所要求的（最低的）容重。同时必须注意材料的湿度，不允许将超过库存-发货湿度（25%，以重量计）的材料送往建筑工地。

上列加气混凝土特性对建筑外墙形成一定的热-湿性能具有决定性的影响。

二、强度和耐久性能

加气混凝土在使用期间，决定其耐久性的主要性能为：强度；抗冻性；体积变化（收缩及开裂）。

1. 抗压强度 $R_{\#10}$

波兰加气混凝土的抗压强度 $R_{\#10}$ ，是通过 $10 \times 10 \times 10$ 厘米的立方体，在垂直于料浆发气方向进行加压所得的强度而确定的，平行于料浆发气方向所压得的强度较小，可以大

约取为 $\frac{2}{3}R_{\#10}$ 。

波兰各品种加气混凝土所要求的最小抗压强度 $R_{\#10}$ 见表1-3。

各品种加气混凝土的规定标号

表 1-3

品 种	在干燥状态下的最小 抗压强度 $R_{\#10}$ (公斤/厘米 ²)	品 种	在干燥状态下的最小 抗压强度 $R_{\#10}$ (公斤/厘米 ²)
04	10 15	07	40 50 60
05	20 25	08	60 70
06	30 40	09	70 85

2. 抗拉强度

各品种加气混凝土的抗拉强度不得小于其抗压强度 $R_{\#10}$ 的10%。

由波兰“中央混凝土工业研究发展中心”对不同龄期加气混凝土所进行的强度试验（长期强度试验持续了十年）指出，材料的强度性能不仅保持稳定，甚至还有增长的趋势^[59]。

3. 抗冻性

加气混凝土的抗冻性是根据波兰规范的规定，将试块在温度为 $-17 \sim +20^{\circ}\text{C}$ 的范围内进行十五次冻融循环后，按其抗压强度的变化及重量损耗而加以确定的。

各品种加气混凝土经抗冻性试验后，其抗压强度损失及重量损耗的最大允许值见表1-4。

加气混凝土在使用期间，决定其抗冻性的主要因素是它本身的湿度。根据对使用情况所进行的系统、多年的观察以

各品种加气混凝土所要求的抗冻性

表 1-4

品 种	重量损耗(最大%)	抗压强度损失(最大%)
04	15	未定
05	10	
06	4	15
07	3	10
08	2	10
09	1.5	5

及国内^[43,58]、外^[24]的大量试验研究,一致指出,加气混凝土在毛细管湿润状态下,即指其湿度不超过30%(以重量计)时,它是一种完全抗冻的材料,并且在冻融循环的作用下,其内部组织不发生任何破坏。然而,当房屋外墙及其它部位在使用期间的湿度长期超过30%(以重量计)时,则在冰冻作用下,有可能使加气混凝土发生损伤。因而在建筑工地上及对于房屋外墙等部位,不允许使加气混凝土过度受潮。

还应指出:加气混凝土在过度潮湿时,其保温隔热性能将发生非常明显的恶化。当材料的湿度为30%(以重量计)时,其隔热值仅为干燥时的三分之一。

4. 体积变化

蒸压加气混凝土的体积变化(收缩及开裂)与材料的干燥或潮湿程度有关。当加气混凝土的湿度由蒸压后的湿度(25~30%,以重量计)变化至稳定湿度(4~6%,以重量计)时,其收缩值不超过0.5毫米/米。因此,蒸压加气混凝土在正常条件下干燥,其收缩很小。

然而,由于材料堆放不恰当,或构件在使用期间,由于

防止其受自然条件影响的措施不适当，例如，水通过房屋外墙的水平接缝渗透，以致使加气混凝土再度受到极大的潮湿，在这种情况下，加气混凝土的收缩性质将发生变化，并且其收缩值极大。如果材料干燥不均匀，则在构件的横断面上，可能产生很大的及不同的收缩变形。尤其对于大型构件，这种收缩变形甚至会导致产生裂缝和断裂^[5]。

第二章 蒸压加气混凝土生产的发展， 构件种类及其使用情况介绍

第一节 国外蒸压加气混凝土生产的发展情况

蒸压加气混凝土构件首先是由瑞典的伊顿 (Ytong) 公司和西波莱克斯 (Siporex) 公司以及西德的海波尔 (Hebel) 公司生产和使用的。各国蒸压加气混凝土生产的发展起始于1929年瑞典的伊顿公司及1934年瑞典的西波莱克斯公司。

第二次世界大战后，在西欧，另一些国家也开始生产蒸压加气混凝土。在生产水平及现代化程度方面，其中以丹麦的丹麦加气混凝土 (Dansk gas beton) 以及荷兰的求劳克斯 (Durox) ——凯尔西劳克斯 (Calsilox) 为最好。

由于蒸压加气混凝土在生产和使用中具有实用价值及良好的经济效果，因而加气混凝土的生产和应用发展很快。足以说明的事实是，在从1967年到1972年的近六年中，各国加气混凝土的产量增长近一倍，即由1967年的1400万立方米左右，增长到1972年的2700万立方米以上。其中，1972年各国由西波莱克斯厂 (三十个厂) 生产的加气混凝土构件的总产量达 400 万立方米左右，由伊顿厂 (三十五个厂) 生产的达 450 万立方米^[19,9]。

加气混凝土的生产，是上述各公司在自己独特的工艺方法及机械化体系的基础上不断加以发展的。工艺上的独特

性，主要是指采用单组分或两组分胶结料，采用不同类型的骨料以及对加气混凝土原料、即料浆各组成料的最终制备（加工）方法有所不同（表2-1）。此外，不同的工艺方法，在生产配方中还掺加了一定的化学外加剂。外加剂的作用是调整拌和料浆的流动性，它们通常是生产中的秘密，并属于专利的范围。

国外蒸压加气混凝土生产工艺示例

表 2-1

生产工艺名称	主要原料		原料的制备方法
	胶结料	骨料	
凯尔西劳克斯 (Calsilox)	生石灰+水泥	石英砂	胶结组成料和骨料混合干磨
海波尔(Hebel)	生石灰+水泥	石英砂	砂和水粉磨成砂浆
西波莱克斯 (Siporex)	水泥	石英砂或石英砂+高炉矿渣	砂和矿渣与水粉磨成砂浆
伊 顿 (Ytong)	生石灰+水泥 或高炉矿渣（代替水泥）	石英砂，砂砾石，石英岩，粉煤灰，燃烧页岩	根据所采用骨料的种类，将其与水粉磨成砂浆或与胶结料混合干磨

然而，生产上的主要特点，是对初凝料浆坯体的切割方法各不相同，并由此而在工厂的各成型工段中采用不同的设备及生产管理方法。

在伊顿方法中，料浆坯体的切割过程如下：将装有料浆坯体的模具绕纵轴旋转 90° ，并将模具沿着它的一个长边搁置在专用的小车上，拆除其余三边的侧模及底模。将载有料浆坯体的小车移动经过切割机，从而对坯体进行纵向（水

平)切割。然后坯体不动,进行横向切割(图2-1)。

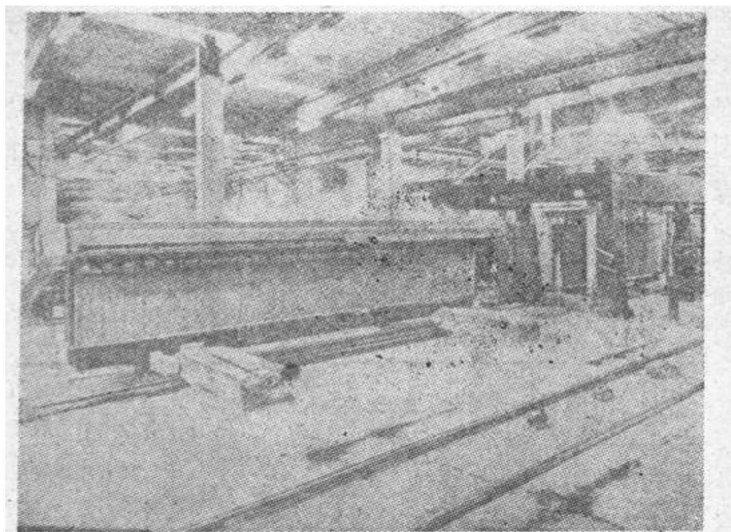


图 2-1 伊顿厂中的切割设备

在凯尔西劳克斯方法中,初凝的料浆坯体在打开侧模后,用特制的抓卡将其运送到通用切割机的格栅上,由通用切割机完成各种切割要求(图2-2)。

本书对生产上的一些问题虽不作详细介绍,但应指出国外一些最主要现代化生产厂的共同发展方向以及生产特点:

(1) 配筋构件的产量为全厂总产量的50~100%。

(2) 只采用高模具的生产方法,模具高60厘米,长600厘米。用这种同样的模具,可以生产不同厚度和宽度的多种小型构件,以及中型和大型的条板构件(构件的长度为600厘米)。

(3) 原材料的储存,料浆各组成料的备料和称量以及料浆搅拌等过程均为自动控制。

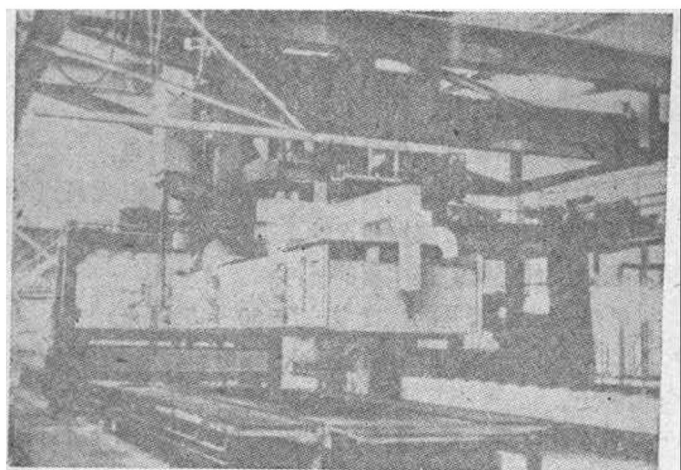


图 2-2 凯尔西劳克斯厂中坯体的运送情况

(4) 在成型车间内, 生产设备和生产流水线为自动控制。

(5) 切割加气混凝土坯体用的设备, 能保证其沿纵向、横向及水平向进行高精度的切割, 构件尺寸的误差不超过:

厚度—— ± 1 毫米;

宽度—— ± 2 毫米;

长度——当构件长度在 300 厘米以下时, ± 2 毫米;

当构件长度在 300 厘米~600 厘米时, ± 3 毫米。

(6) 湿热处理过程为自动控制。

(7) 蒸压后, 通过半自动化的专用加工线, 对构件进行机械加工(铣槽、斜棱边等), 以及通过对中型和大型的