

泡沫混凝土与泡沫硅 酸盐制件的工厂预制

〔苏联〕М. Я. 克利維茨基 Н. С. 伏洛索夫 著

上海科学技术出版社

泡沫混凝土与泡沫硅酸盐 制件的工厂预制

[苏联] M. Я. 克利維茨基 H. C. 伏洛索夫 著
朱賢民 徐世忠 譯

上海科学技术出版社

内 容 提 要

本书阐明泡沫混凝土和泡沫硅酸盐制件的生产工艺，概述现代化的制造工厂和新的工艺设备。书中对泡沫混凝土和泡沫硅酸盐物理-机械性能方面的各种数据，以及其在居住建筑和工业建筑中的各种应用范例亦作了详尽的介绍。

本书可供建筑工业工厂，工程技术人员，建筑材料工艺师、设计师以及高等建筑学校学生参考之用。

泡沫混凝土与泡沫硅酸盐 制件的工厂预制

ЗАВОДСКОЕ ИЗГОТОВЛЕНИЕ
ИЗДЕЛИЙ ИЗ ПЕНОБЕТОНА И
ПЕНОСИЛИКАТА

原著者 [苏联] М. Я. 克利维茨基
Н. С. 伏洛索夫

原出版者 Гостройиздат · 1958 年版

译者 朱 贤 民 徐 世 忠

上海科学技术出版社出版

(上海瑞金二路450号)

上海市书刊出版业营业许可证出 093 号

新华书店上海发行所发行 各地新华书店经售

上海市印刷六厂印刷

开本 787×1092 1/32 印张 6 字数 122,000

1960年9月第1版 1960年9月第1次印刷

印数 1—3,500

统一书号：15119·1541

定 价：(十二) 0.70 元

序

苏联居住建筑和工业建筑的规模是与年俱增地在日益扩大着。这就要求竭尽一切可能展开工业化和广泛地采用先进的材料。属于这类先进材料的，有用各种不同方法制成的多孔混凝土。

一系列的研究工作和国内外的实际施工经验，证实了采用多孔混凝土制件的适宜性。在许多国家内，多孔混凝土已在居住建筑和工业建筑中获得了广泛的应用。

必须指出，近年来在苏联，以泡沫为基础的多孔混凝土制件的工厂生产的发展，已发生了重要的、根本的改变。以前只是生产尺寸较小的制件，以厂房用的屋面板为主，而目前（在别莱兹尼克、库拉好夫克、克拉斯诺雅尔斯克、彼尔伏乌拉尔斯克、塔林）已开始了大型制件的生产。因此，就需要确定出一系列新的工艺参数，并拟定使用新工艺设备的多孔混凝土工厂的标准设计。

本书概括地介绍了泡沫混凝土和泡沫硅酸盐制件的生产经验，以及在这方面的研究成果。

第一、二章系由 M. Я. 克利维茨基编著；第三、四章系由 M. Я. 克利维茨基和 H. C. 伏洛索夫编著。

由于涉及的问题比较新颖，本书中可能有些问题未能作充分的说明，对作者的批评意见都表示深切的感谢。

目 录

序

概論	1
----	---

第一章 蒸压泡沫混凝土和蒸压泡沫硅酸盐	8
---------------------	---

泡沫的获得	8
-------	---

多孔拌合物的获得和影响泡沫混凝土强度的各种因素	11
-------------------------	----

蒸压处理	14
------	----

物理-技术性能	36
---------	----

第二章 泡沫混凝土与泡沫硅酸盐制件	40
-------------------	----

工业建筑用屋面板与墙板	40
-------------	----

居住房屋用的制件	45
----------	----

技术-经济指标	51
---------	----

第三章 泡沫混凝土和泡沫硅酸盐大型制件的生产	55
------------------------	----

干法磨砂的生产組織	55
-----------	----

湿法磨砂的生产組織	59
-----------	----

各种材料和对它们的要求	59
-------------	----

生产用砂子的准备	63
----------	----

干燥筒	63
-----	----

球磨机	69
-----	----

盘式給料机	77
-------	----

砂泥浆池	79
------	----

运输砂泥浆用的气动装置	82
-------------	----

泡沫剂的制备	86
--------	----

多孔拌合物的制备	90
泡沫混凝土和泡沫硅酸盐的配合比的选择	91
多孔拌合物的制造	97
泡沫混凝土搅拌机	99
ДАН-750 型称量器	107
砂浆的供应槽	110
多孔拌合物的配集料斗	112
制件的成型	114
模型中充填多孔拌合物	115
蒸压小车	119
电动输送桥及电动输送小车	121
操作规范	126
制件的蒸压处理	128
蒸压釜	129
制件的蒸压制度	137
制件蒸压过程的自动调节	139
制件脱模及贮藏	143
多孔混凝土大型墙块加工用的 MC-14 型机床	144
生产检查	149
第四章 泡沫混凝土和泡沫硅酸盐大型制件生产工厂	151
别莱兹尼克多孔混凝土建筑构件工厂	151
年产量 1.5 万与 3 万立方米的多孔混凝土(干法磨砂)	
工厂	155
年产量 3 万立方米的多孔混凝土(湿法磨砂)标准工厂	161
年产量 6 万立方米的多孔混凝土标准工厂	172
附录一	175
附录二	179
附录三	181

概 論

多孔混凝土是属于多孔組織的人造石材。这种混凝土系由胶凝材料、微粒二氧化硅集料、泡沫剂和水組成的拌合物硬化而形成。

多孔混凝土中多孔結構的形成，基本上采用下列二种方法：一种是将某些能产生气体的拌合料的溶化物质掺入悬浮液中形成；另一种是将悬浮液和泡沫一起拌合而成。用第一种方法制成的称为加气混凝土；用第二种方法制成的称为泡沫混凝土。通常采用水泥作为制造多孔混凝土的胶凝材料。除了加气混凝土和泡沫混凝土以外，加气硅酸盐和泡沫硅酸盐也得到普遍的采用，这类拌合物的制成是以磨細的生石灰作为胶凝材料的。

根据 B. F. 斯克拉姆塔耶夫^[1]的著作，利用盐酸和碳酸氢鈉的反应以制成加气混凝土的首創专利权还是在 1889 年就已经获得。在专利权文献中，可以見到在混凝土中采用其它加气方法的說明，其中：包括采用鋁粉和氢氧化鈣作为气体发生剂；采用碳化鈣，这种碳化鈣由于和水起反应就析出乙烯；采用过氧化氢、盐酸和碳酸氢鈉作为气体发生剂，以及其它許多的加气方法。在加气混凝土生产上获得实际应用的主要是鋁粉。

1923 年，首次提出了用預制气泡和水泥砂浆相拌合的方法来制造多孔混凝土。从这时起，泡沫混凝土的制造工艺便开始发展起来。

国外书籍中列举的多孔混凝土制造工艺的资料，多半带有吹嘘的性质。在国外的文章和各国作者的专题论文中，主要强调多孔混凝土的技术经济优越性，对其物理-机械性能的报道则分歧不一，矛盾百出，而对其生产工艺特点方面的资料又寥寥无几，为数有限。

在苏联，加气混凝土和泡沫混凝土的研究工作，首先由 A. A. 勃留什柯夫^[2]在 1926 年开始进行。在 1935 年至 1939 年期间，H. A. 波波夫^[3]对加气混凝土进行了最有系统的研究工作，同时又制订了这种混凝土的制造方法和性能试验方法。但是由于当时缺乏铝粉，加气混凝土在苏联没有得到广泛的发展。

由于上述情况，在苏联工业上采用的多孔混凝土是由泡沫剂制成的。

目前，建筑业用的铝粉，供应上已具备了许多有利的条件，因此，加气混凝土问题在苏联已开始给予应有的注意，在这样的趋势下，许多科学研究院正在进行这方面的研究工作。

多孔混凝土在苏联的第一个发展阶段，是研究非蒸压绝热泡沫混凝土的制造工艺问题。这个阶段占的时间是 1926~1930 年，A. A. 勃留什柯夫、M. H. 根兹列尔、B. H. 卡乌夫马恩等研究了这种材料的制造工艺和性能。

纯水混悬浮液的多孔拌合物的制造原理是以绝热泡沫混凝土的制造工艺作为基础的，它不用任何磨细的掺合料，在十分润湿的环境下养护三十天，直至成熟为止。

A. A. 勃留什柯夫在分析泡沫混凝土生产工艺过程时指出，必须采用高度稳定的泡沫。泡沫在不改变它体积之下的稳定性，应该一直保持到水泥凝固为止。

И. А. 列賓杰尔^[4]在研究絕热泡沫混凝土生产的物理-化学原理时指出, 泡沫混凝土是一种复杂而无一定組織的分散体系: “……一方面, 这是一种由于水泥微粒和其周圍的含水分散介质相互結合而形成的凌亂分散体系; 另一方面, 这是一种泡沫体系, 它是由于介质中形成的气泡乳状液产生”。

絕热泡沫混凝土从 1930 年起, 便开始在实际建筑业中被采用。

在絕热泡沫混凝土的生产过程中, 曾发现这种混凝土有如下的缺点: 水泥的消耗量很大, 达 450 公斤/立方米, 收縮很大, 逐漸会形成裂縫, 抗压强度不大 (只有 7~8 公斤/平方厘米)。因此, 目前絕热泡沫混凝土的应用范围是比較有限的。

多孔混凝土制造工艺的第二个发展阶段是从 1936 年起至 1938 年止, 那时 И. Т. 庫德利雅舍夫^[5]曾进行了研究; 以求获得更高强度指标的結構用多孔混凝土。

研究进行的結果, 获得了一种不仅絕热性能良好, 而且又能作为承重結構用的材料, 这种承重結構, 例如工业建筑用的屋面板。

又证明, 如果在泡沫混凝土拌合物成分內掺以微粒二氧化硅摻合料, 并运用蒸压法加以处理, 那末水泥的消耗量至少可以减少一半, 同时这种泡沫混凝土的强度要比絕热泡沫混凝土的强度高得多。

大約从 1938 年起, 在苏联便已开始建立起主要为制造工业建筑屋面用的配筋屋面板的多孔混凝土工厂。这些屋面板既能承重又具絕热的功能。屋面板的最大尺寸为 2.3×0.5 米, 厚度不超过 14 厘米。

泡沫混凝土在蒸压釜中經受 8 个大气压的蒸汽压力和

174° 溫度的濕熱處理，可以大大地縮短其硬化過程，又可以使水泥的膠凝性能獲得更充分的利用，水泥在一般條件下硬化或是在大氣壓力下進行蒸氣養護，在很大程度上仍然是沒有水化得徹底。此外，高溫度和濕介質能促使磨細的二氧化矽摻合料和水泥硬化時析出的游離石灰相互之間發生化學作用，這時又產生了含水矽酸鈣。

以後，И. Т. 庫德利雅舍夫的研究證明，在多孔混凝土蒸壓處理時，也可以採用磨細生石灰來代替水泥。庫德利雅舍夫又制訂了泡沫矽酸鹽的製造工藝，這就有可能得以製造更高經濟指標的制件^[6]。

在這之前，П. В. 拉普申及 П. С. 諾維柯夫，曾企圖用石灰漿或熟石灰來製造無水泥的泡沫矽酸鹽，但是這種試驗並未獲得良好的結果。

只有在採用了磨細的生石灰作為膠凝材料後，製造無水泥的泡沫矽酸鹽問題，才獲得解決。用石灰漿或熟石灰制成的多孔混凝土，每易產生沉淀，這是在蒸壓處理之前，缺乏必要的硬化條件。採用了磨細的生石灰後，由於其在制就的泡沫矽酸鹽拌合物中起着消化作用，因此就防止了沉淀現象的發生。

1948 年，К. Л. 涅克拉索夫^[7]為了要獲得絕熱的非蒸壓耐熱泡沫混凝土，曾首先進行了研究。在這個工作的進展過程中，作者也在蒸壓泡沫混凝土的耐熱性能方面進行了研究^[8]。

以波特蘭水泥為基礎的耐熱泡沫混凝土，是根據製造耐熱混凝土^[9]同樣的原理而製造的。

為了要在建築實踐中能廣泛地採用蒸壓多孔混凝土，要求擬訂其生產上的工藝參數、規定使用範圍，以及研究其各種

性能^[10,11]①。

从1952年起,开始进行了结构用的多孔混凝土方面进一步改善制造工艺的工作,以使其能在居住建筑和工业建筑的各种大型制件的制造上获得采用。

为了使这些制件能够在建筑实践中推广采用,需要进行相应的研究工作,以确定各种配筋的大型结构的承载能力。关于这方面的研究是由 B. B. 馬卡利切夫^[12]負責进行的。

目前,在苏联已具备了下列型式的居住建筑用的多孔混凝土制件的生产經驗:

1. 各种“房間”尺寸的大型墙板;
2. 中型尺寸的墙板和楼板;
3. 四行叠砌式的外墙砌块。

由容重为900公斤/立方米泡沫混凝土制成的各种“房間”尺寸的大型板材已在彼尔伏烏拉尔斯克工厂制造,該厂設置有直徑为3.6米的蒸压釜。这种大型制件要制造得絕无裂縫还有某些困难,但該厂在这方面所进行的工作,为使制品有可能获得規定的质量創造了基础。

在別萊茲尼克多孔混凝土制造厂,現能制造外墙用的飾面壁板,其最大尺寸为 $3.6 \times 1.6 \times 0.35$ 米。这种飾面壁板是用容重为800公斤/立方米的泡沫混凝土制成。用这种壁板組成的牆是自承重牆,因为別萊茲尼克型的房屋是一种无骨

① 在蒸压多孔混凝土方面从事研究制造工艺和性能的,以及在鋼筋泡沫混凝土屋面板的生产方面特別有研究的,有下列各学者: A. T. 巴拉諾夫, P. E. 勃利林格, B. C. 布尔加科夫, A. M. 威克斯曼, M. Д. 沃罗比也夫斯基, M. K. 賽柯夫, B. И. 伊凡諾夫, E. И. 科諾歇夫斯基, B. A. 庫采来因科, И. Т. 庫德利雅舍夫, M. Я. 克利維茨基, H. A. 高尔涅夫, Г. М. 列比林, И. А. 曼恩夫, M. E. 曼謝略柯夫, Ю. B. 尼科拉也夫, B. И. 奧夫斯錫金, B. H. 巴甫洛夫, Л. М. 羅賓費爾德, K. Ф. 福金, A. У. 弗朗楚克, И. А. 雅庫勃及其他學者。

架而有橫向承重牆的^[13,14]房屋。壁板的配筋只是根據運輸安裝應力而計算。

這種制件上面有時也會見到裂縫（這是在製造時不遵守操作規程的關係，所以這種缺陷是易予消除的）。1953～1955年間在別萊茲尼克城所建的多孔混凝土房屋，都具有令人滿意的使用品質。

多孔混凝土作為外牆、內牆及樓板的使用經驗，可以看作是居住建築走向工業化的方向之一。

在外牆的多孔混凝土制件的製造和採用方面值得令人注意的事，是四行疊砌式的大型外牆砌塊。這種砌塊（ $1.2 \times 0.8 \times 0.4$ 米）不需配筋，從這一點來看，可以說這種砌塊比別萊茲尼克型房屋用的外牆壁板來得更經濟。蘇聯阿塞拜疆和阿爾明尼亞混凝土和鋼筋混凝土科學研究院，以及在費查夫斯基（莫斯科）和克拉斯諾雅爾斯克工廠所進行的試驗，證明有可能製造一種豎向成型的、有工藝空孔的優質砌塊。

具有空孔的數量占砌塊總截面的 8～10%，就有可能使制件在蒸壓過程中獲得更均勻的加熱和冷卻。由此，制出的砌塊就無裂縫，而所需的蒸壓處理的時間亦大大縮短。豎向成型的辦法可以減少砌塊表面的加工工作，同時又可以更充分地利用蒸壓釜的容積。這樣的砌塊最好用容重為 1000～1100 公斤/立方米的多彩混凝土來製造。由於這種混凝土的強度很高，用這種砌塊組成的牆可以作為承重牆之用，因而，對於樓層間的樓板，可以使用目前十分普遍採用的 6 米多彩鋪板。此外，這種砌塊可以不加飾面層就予以採用，因此就大大簡化了它們的製造過程。

如上所述，在製造多彩混凝土大型制件時，在蒸壓過程的一定條件下，可能出現降低製品質量的裂縫。形成裂縫的主

要原因，是由于制件在蒸压处理过程中发生收缩和温差应力所起的应变，在这方面的研究是不够的。

所以，在多孔混凝土部门工作的工艺师、生产者和工作人员应很好地注意这个问题^①。

同时，与改善各种多孔混凝土制件生产的技术-经济指标有关的许多其他问题，都是必须解决的。

① 蒸压多孔混凝土大型制件，由于下列直接参加生产的工作者和科学工作者工作者的集体协作，已在各地推行制造：B. П. 阿包夫斯基，A. T. 巴拉诺夫，M. Л. 沃罗皮也夫斯基，A. M. 威克斯曼，K. Э. 戈利雅依诺夫，E. B. 古茨柯夫，B. M. 士威列夫，B. И. 依凡诺夫，B. M. 卡尔罗，M. Я. 克利维茨基，И. Т. 库德利雅舍夫，H. Б. 列翁琴，Ф. К. 曼茹拉，C. A. 米罗脱沃尔斯基，A. Л. 莫尔斯柯依，И. A. 欣特，K. H. 卡尔塔晓夫，K. H. 米雅格柯夫，B. K. 米雅格柯夫，B. B. 马卡利切夫，И. Ф. 彼什柯夫，Ф. K. 波奇塔列夫，T. Ф. 斯捷法耐柯，H. П. 斯脱列利尼柯夫，B. C. 特鲁金，П. A. 捷斯列尔，B. П. 切赫基，И. A. 雅库勃及其他人员。

第一章 蒸压泡沫混凝土和 蒸压泡沫硅酸盐

蒸压泡沫混凝土和蒸压泡沫硅酸盐的生产工艺，可以分为以下几个主要阶段：

1. 由泡沫剂水溶液組成稳定泡沫的制造阶段；
2. 由机械拌和水泥砂浆或石灰砂浆和泡沫制造多孔拌合物以及多孔拌合物构成初期砂浆和泡沫相互作用阶段（泡沫的矿化）；
3. 水泥砂浆硬化及二氧化硅和石灰相互作用阶段，石灰是在水泥水化作用时形成，或是在制造泡沫硅酸盐时加到多孔混凝土組成里去的。

泡沫的获得

泡沫是由最小空气气泡組成的分散体系，气泡之間由細微的液体薄膜隔开。为了获得泡沫，需要在任何泡沫剂液体中加入气体或气体混合物（例如空气）。最好是用机械方法将气泡加入到液体中，如用攪拌、混和或吹入等方法。

化学上純淨的液体实际并不能发生大量的泡沫。在純淨液体中，二个气泡相碰就会毫无阻碍地結合在一起。但如果在液体中溶解一种物质，这种物质能形成一层在成分上与其他液体有区别的临界层，那末在二个气泡相碰时，这种临界便可作为“缓冲层”，特别是如果这种临界层具有某种机械强度的話。

已經确定,稳定的泡沫可用下列胶体物质,如肥皂、动物胶、皂素等的水溶液以机械拌和,方法和空气相混合而制成。这种水溶液就叫做泡沫剂。

泡沫形成时,在分界“水—空气”表面上形成的一层吸附薄膜,其性能对泡沫的坚韧性有很大的意义。

象皂素、蛋白质、动物胶等这些能发生泡沫的物质,可以造成一层很坚固的薄膜,这就很有利于稳定泡沫的形成。

同时必須指出:磨細的坚硬物质也能够象乳状液一样,使泡沫稳定,它一进入泡沫表面层就机械地形成一层坚固的薄膜。特别是坚硬物质使泡沫稳定显得是有效的,如果在液体中同样含有胶态分散质体的話。

根据 Л. М. 罗津費尔德的資料,发生泡沫时可看到三个阶段^[13]。

在第一阶段中,泡沫气泡彼此之間有一层厚的液体薄膜相隔开,并可自由地移动,它組成一种多少是胶粘的但是流动的体系。这个阶段泡沫还有着与一般濃縮的乳状液相似的特征。

第二阶段的特征是气泡失去移动的自由,变为由泡沫剂

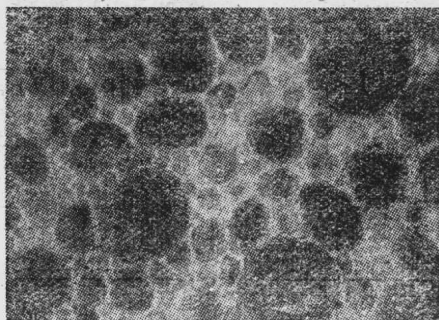


图 1 泡沫的结构

液体薄膜划分的网状气泡。这种网状体系有着一定的組織形态。在这个阶段中，泡沫与有胶粘作用的乳状液相仿，由于泡沫剂液体薄膜层形成的网络是具有机械强度的，因此泡沫得以稳定(图1)。

第三阶段——泡沫气泡的破裂和融合(聚結)阶段。泡沫轉化为二个状态，但相隔表面极小。

我們知道，能产生泡沫的物质是很多的，但并不是在泡沫混凝土的生产中完全可以予以利用。

我們所需要的是那些能够产生下面一种泡沫的泡沫剂，这种泡沫的薄膜，能够在制造多孔拌合物过程中，亦是在泡沫和砂浆相混合的时候不被破坏。此外，泡沫应具有足够的稳定性。最后，泡沫剂不应该对胶凝材料的凝固和硬化起着有害的影响。

泡沫成气态状态所应具的质量，可由下列三种性能：坚韧性、发泡倍数、泌水量来鉴定。泡沫的坚韧性，就是它在空气中于规定时间内不致破坏的特性。泡沫的坚韧性是以泡沫柱在单位时间内破損的高度来确定。发泡倍数(或泡沫的产量)，是泡沫体积大于泡沫剂水溶液体积多少倍的数值。泌水量是指泡沫破損后所产生的泡沫剂水溶液的体积。

如果在 ЦНИПС-1^①型仪器(参閱 93 頁)上进行試驗測定：泡沫的沉陷經過 1 小时后不大于 10 毫米，发泡倍数——不超过 20，泌水量——不超过 80，那末这样的泡沫便是令人满意的，可以在多孔混凝土的生产上加以采用。

在多孔混凝土生产中获得最广泛使用的泡沫剂有以下几种：胶质松香、树脂皂素脂、石油磺酸铝和 ГК——水解血。

① 中央工业建筑科学研究所——譯者注。

A. B. 盖采列夫^① 建議制造胶质松香泡沫剂时, 可用动物胶来代替酪素胶。

根据 П. М. 馬克西明柯^② 的資料, 制造多孔混凝土用的优质泡沫剂, 可用松香皂脂和水玻璃溶液两者混合而得。

多孔拌合物的获得和影响泡沫混凝土强度的各种因素

在制造泡沫混凝土时, 多孔拌合物是由于剧烈攪拌水泥-砂浆和泡沫而产生的。这种攪拌是基于一定的物理現象——泡沫浮选法。水泥和砂子的硬質微粒, 由于还没有在水-空气的分界表面上完全浸湿, 就粘附到泡沫的外壳上面。由于这样攪拌, 泡沫的气泡就变为互相隔开的单个气泡, 气泡的壁体是由泡沫剂溶液的微粒和水构成(图 2)。

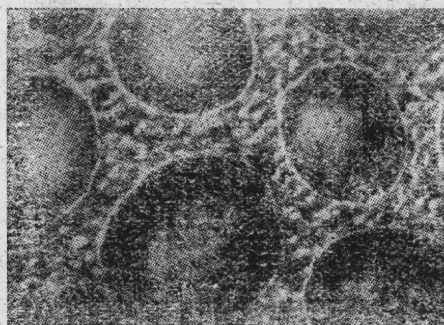


图 2 多孔拌合物的结构

水料比对多孔拌合物的结构起着很大的影响, 因而也影响及泡沫混凝土的质量和强度。多孔混凝土的水料比就是指

① 机械制造企业建筑部消息通报第 4 期, 莫斯科, 1952 年。

② 泡沫混凝土用的水玻璃泡沫剂 (П. М. 馬克西明柯的建議), 重工业企业建筑部, 1952 年。