

TQ175.7/2

14103

煤烧膨胀珍珠岩

唐启山 幸庆繁 编著

科学技术文献出版社

TQ175.7/2
14103

煤烧膨胀珍珠岩

唐启山 李庆繁 编著

科学技术文献出版社

1989

内 容 简 介

膨胀珍珠岩是应用最广泛的现代保温材料之一。为促进我国珍珠岩工业这一新兴工业的发展,我们在总结实践经验和学习国外先进技术的基础上,编写了《煤烧膨胀珍珠岩》一书,其内容涉及其制造原理、技术、方法、设备及其应用等各方面。本书具有通俗易懂,图文并茂,紧密联系工厂实际等特点,是企业生产及工厂设计必备的参考书。

本书可供有关企业工程技术人员、工人及大专院校师生参考。

煤烧膨胀珍珠岩

唐启山 李庆繁 编著

科学技术文献出版社出版

大连凌水印刷厂印刷

大连市科技情报研究所发行

✱

787×1092毫米32开本 印张:6.1 字数:131千字

1989年3月北京第一出版第一次印刷

印数:1—1000册

ISBN7-5023-0946-2/TQ.7

定价:2.50元

前 言

膨胀珍珠岩是一种白色、多孔的粒状物料它是现代保温材料中应用最广泛的品种之一。生产膨胀珍珠岩的原料是珍珠岩。我国珍珠岩矿藏极为丰富，这些矿藏资源对发展我国珍珠岩工业创造了有利条件。珍珠岩工业是一门新兴工业，一九六五年前，我国还不能生产膨胀珍珠岩产品，依靠国外进口。一九六五年在原建材工业部的支持下，大连耐火材料厂在我国首次研制成功并成批生产了膨胀珍珠岩及其制品。

在近二十年时间里，我国膨胀珍珠岩生产已推广到二十七个省市，有几百个生产企业生产这种产品，现已发展成为一个初具规模的独立行业，膨胀珍珠岩已成为我国保温材料的一个主要门类。目前，我国膨胀珍珠岩的年产量，为我国保温材料的年产量50%左右，已占世界第三位。我国珍珠岩工业的发展很快，其品种已发展到三十多种，用途也越来越广。所以，在“六五”期间膨胀珍珠岩被列为国家新技术推广重点项目之一。同时，我们也相信膨胀珍珠岩在“七五”期间，在贯彻“民用建筑节能设计标准”和“设备及管道保温技术通则”中将发挥它的作用。

我国膨胀珍珠岩生产之初，燃料以油为主，由于用油焙烧膨胀不符合国家的能源政策，且近十几年来燃料油供应日趋紧张，严重地影响珍珠岩工业的发展，因此于八十年代初，一些国家先后研究出以煤烧代油焙烧膨胀珍珠岩的新工

艺。煤烧膨胀珍珠岩新工艺的研究成功是我国珍珠岩工业发展中的一项重要技术突破，这不仅贯彻了国家以煤为主的能源政策，而且为我国珍珠岩工业的发展开辟了广阔的前景。为更广泛推广此项新工艺，本书重点介绍煤烧膨胀珍珠岩新工艺的理论、工艺过程、设备及其应用。

在本书的编写过程中，还得到了全国保温材料情报信息网的大力支持，在此一并致谢。

本书由唐启山、李庆繁主编，参加编写的有高汉民、丛喜春。由潘延龄、王富海、李华春、王悦凯同志审校。

由于水平所限，错误与缺点难免，敬请有关专家和广大读者批评指正。

编著者

一九八八年十一月

目 录

第一章 概 述	(1)
一、珍珠岩	(1)
二、煤烧膨胀珍珠岩	(2)
第二章 燃料与燃烧基本知识	(23)
一、燃料的种类和组成	(23)
二、燃料的热工特性	(27)
三、燃料燃烧计算	(33)
四、固体燃料的燃烧过程及燃烧设备	(56)
第三章 颗粒流体力学	(72)
一、颗粒在流体内相对运动时的阻力	(72)
二、颗粒在静止流体内的沉降	(76)
三、颗粒在流动着的流体内的运动	(81)
第四章 煤烧膨胀珍珠岩焙烧窑的设计	(89)
一、煤烧珍珠岩窑炉结构及其焙烧窑的特点	(89)
二、焙烧窑的设计	(92)
第五章 通风设备	(104)
一、自然通风装置——烟囱	(104)
二、喷射器	(113)
三、离心式通风机	(130)
第六章 气力输送设备	(145)
一、气力输送的特点及应用	(145)

二、管道式气力输送设备类型、构造及特点·····	(146)
三、气力输送系统主要部件的结构和设计·····	(149)
四、煤烧膨胀珍珠岩气力输送系统的设计·····	(158)
第七章 膨胀珍珠岩的应用 ·····	(174)
一、膨胀珍珠岩在建筑业的应用及效益·····	(174)
二、珍珠岩及其产品的其它应用·····	(183)
主要参考资料 ·····	(194)

第一章 概 述

一、珍 珠 岩

(一) 珍珠岩

生产膨胀珍珠岩的原料是珍珠岩。珍珠岩是一种酸性岩浆喷出而成的玻璃质熔岩，因具有珍珠裂隙结构而得名。

我国珍珠岩矿藏极为丰富，已发现的就有辽宁、吉林、黑龙江、河北、河南、山东、山西、江西、内蒙、浙江、江苏、广东、广西、安徽、福建、湖北、新疆等省（自治区）。在辽宁省凌源、法库、建昌、建平、朝阳、锦州、黑山、彰武、锦西和河北省的张家口、宣化、崇礼、万全，黑龙江省木兰、逊克、伊春，河南省信阳、湖北省鄂州等地区野外勘察表明，各地矿石的矿物组成基本相同，主要是由酸性火山玻璃质组成，其中含不等量的透长石，石英的斑晶、微晶和各种形态的雏晶，以及隐晶质矿物；角闪石、刚玉、叶腊石、黑云母、赤铁矿，呈点状的磁铁矿也可见到。各地矿石的化学成份也很近似，见表1—1，其中：

SiO_2	68~75%	Al_2O_3	9.0~14.0%
TiO_2	0.13~0.2%	Fe_2O_3	0.9~4.0%
FeO	0.5~0.7%	MnO_2	0.03~0.05%

MgO	0.4~0.1%	CaO	1.0~2.0%
P ₂ O ₅	0.01~0.04%	K ₂ O	1.5~4.5%
Zr	0.02~0.08%	H ₂ O	3.0~6.0%
Na ₂ O	2.5~5.0%		

珍珠岩的膨胀性与化学成份有关。珍珠岩是一个多元系统的硅酸盐熔体，其主要成份是SiO₂、Al₂O₃、Na₂O、K₂O、H₂O，其它为MgO、Fe₂O₃、CaO等。化学成份和温度对其熔融粘度影响较大，一般来说，FeO、Na₂O、K₂O使粘度降低，而SiO₂、Al₂O₃则使粘度升高。熔融珍珠岩的粘度随温度升高而逐渐下降，非晶体的珍珠岩无一定熔点，加热到一定温度，开始软化。不同产地的珍珠岩其软化的温度范围不同。

在研究珍珠岩的“有效含水量”时，必须和熔融粘度联系起来。在一定的温度范围内，珍珠岩迅速变成粘稠的熔体，具有一定的粘度。当“有效含水量”汽化所产生的蒸汽压力稍大于熔体的塑性强度时，珍珠岩便在以水蒸汽压为主的内动力作用下起泡膨胀，若此内动力使珍珠岩泡体具有最薄的孔壁和最大的空腔，又不使泡体孔壁破裂，即为珍珠岩的最佳膨胀状态。

珍珠岩有黄白、灰白、淡绿、褐、棕、灰、黑等色。它所以具有不同的颜色，是由于含有不同颜色离子的缘故。Fe²⁺、Fe³⁺、Ti⁴⁺、Mn³⁺、Fe²⁺+Fe³⁺等离子对玻璃质颜色起主导作用，OH⁻、K⁺、Ca²⁺等离子对颜色也有影响，见表1—2。

另外，由于珍珠岩浆喷出时粘度大，内部气体难以扩

表 1—1 部分地区珍珠岩化学成分 (%)

地名	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	TiO ₂	CaO	MgO	P ₂ O ₅	MnO	K ₂ O	Na ₂ O	烧失量
凌源	76.62	12.55	0.79	—	—	—	0.22	—	—	3.33	4.57	6.03
平泉	71.28	11.90	0.49	0.33	0.05	0.75	0.07	—	—	4.75	2.75	7.51
穆棱	70.72	12.82	2.17	0.44	0.20	0.90	0.56	0.03	0.10	3.54	3.58	5.58
多伦	72.58	12.45	0.94	—	0.3	0.57	痕迹	—	—	4.85	2.97	4.56
彰武	69.26	12.95	—	—	—	0.74	0.49	—	—	4.78	3.06	6.16
法库	73.73	12.06	0.17	—	—	0.84	0.29	—	—	4.12	2.81	4.52
黑山	69.90	14.90	1.20	—	—	0.90	0.80	—	—	2.90	4.72	5.60
建平	69.15	15.54	1.01	—	—	0.87	0.31	—	—	(7.83)	—	5.58
张家口	72.79	12.40	2.04	0.24	0.13	0.77	0.36	0.04	0.03	3.12	3.90	4.18
木兰	71.18	11.09	1.50	—	0.10	0.56	0.27	—	—	1.45	3.41	4.52
灵邱	72.05	12.70	0.32	0.72	0.13	0.86	0.12	—	0.05	4.00	3.28	4.39
信阳	71.62	12.62	0.36	0.66	0.03	0.72	0.31	—	—	4.79	3.20	4.58
缙云	70.19	11.68	0.62	—	0.15	0.64	0.05	—	0.03	2.40	3.40	5.57
关台	67.79	11.85	0.75	—	0.09	1.10	0.04	—	0.03	1.78	1.66	5.70

表 1—2 各种色素离子引起玻璃质的颜色

色 素 离 子	对 颜 色 有 影 响 的 离 子	生 成 颜 色
Fe^{2+}	OH^- 、 K^+	绿、褐、黄
Fe^{3+}	OH^- 、 H_2O 、 Ca^{2+}	绿褐、褐、红
$\text{Fe}^{2+} + \text{Fe}^{3+}$	OH^- 、 H_2O 、 K^+ 、 Ca^{2+}	蓝、黑绿
Ti^{4+}	OH^- 、 K^+ 、 Ca^{2+}	红褐、褐
Mn^{3+}	OH^- 、 Ca^{2+}	红

散，玻璃质中保存了部分气体，如 CO 、 CO_2 、 H_2S 、 Cl_2 、 N_2 、 H_2 及其它惰性气体，而这些气体的存在，也能参与珍珠岩的膨胀过程。

从这些气体逸出的温度看，它们也与珍珠岩的膨胀有关。当然，从数量上分析，无疑水分子 H_2O 是主要内因。

表 1—3 不同温度下珍珠岩逸出的气体

温 度 ($^{\circ}\text{C}$)	逸 出 的 气 体 成 分 (%)			
	CO_2	SO_2	H_2O	合 计
450	—	—	2.85	2.85
450	0.8	0.17	3.03	4.00
500	0.83	0.52	3.48	4.83
800	0.87	0.58	3.64	5.34
1000	1.12	0.68	3.81	5.61

珍珠岩的光泽：新鲜断口为玻璃光泽（偏暗）或珍珠光泽，风化后为油脂光泽。

珍珠岩断口：呈参差状（或锯齿状），较平坦，偶见有贝壳状。

硬 度：5.5~6

比 重：2.2~2.4

折光率：1.492~1.502

耐火度：1280~1360℃

辽宁凌源矿石的微观特征：薄片在镜下呈浅黄绿色透明的玻璃质体，玻璃质中珍珠岩结构极为发育，环形珍珠裂隙彼此相套，圆弧状裂开极为明显，珍珠结构和圆弧状裂开沿流向拉长。含极微量的长石、石英微晶和黑色不透明的、分散的磁铁矿颗粒。玻璃基质中存在小量针状、联状和斑点状维晶，流动构造发育。见图1—1。

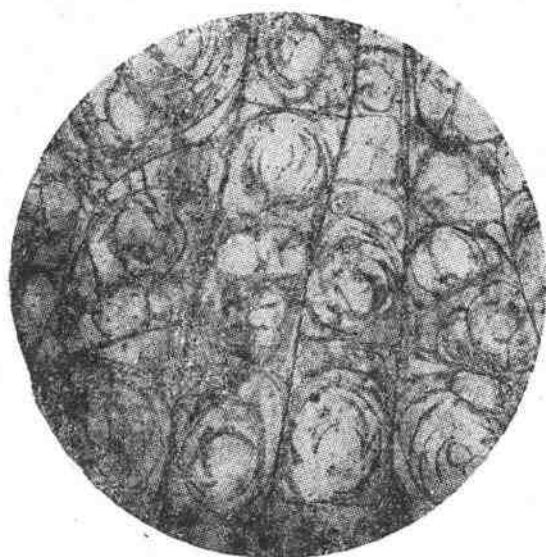


图1—1 偏光100×(辽宁凌源矿石)

张家口矿石的薄片在镜下呈浅黄绿色的透明玻璃质体。玻璃基质中珍珠结构发育，圆弧状裂开较明显，珍珠结构沿流向拉长。含少量透长石和石英的斑晶，极少量黑色不透明磁铁矿晶粒和黑云母，玻璃基质中有针状、短柱状、斑状和球珠状雏晶，流动构造发育。见图1—2。

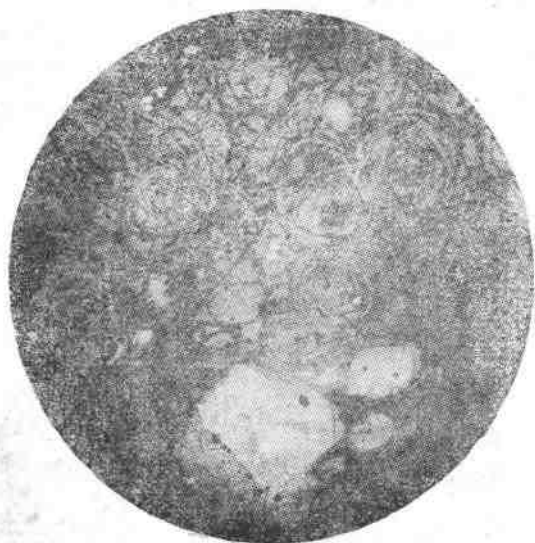


图1—2 单偏光100×(张家口矿石)

除珍珠岩外，酸性玻璃质熔岩还包括黑曜岩、松脂岩、玻璃质流纹岩、石英粗面岩。它们在焙烧时都具有一定的膨胀能力，它们与珍珠岩共生在同一岩流中，因而具有某些共性。生存条件都是在岩浆喷出地表，温度、压力发生急剧变化下凝结成的；基质都是玻璃质，化学成份相似；但不同程度的流动构造。

（二）珍珠岩的形成

我国从中生代的侏罗纪、白垩纪直到第三纪以来，由于造山运动，各类岩浆喷出比较频繁，为生成珍珠岩和各种非金属矿、金属矿床创造了有利条件。我国珍珠岩矿多产生在中生代侏罗纪白垩纪地层中，强烈的火山喷发形成了北起黑龙江畔、南达南海海滨的一条又宽又长的火山岩带，珍珠岩矿石也多产于该带中。这条巨大的火山岩带分成三个亚带：其一为大兴安岭、燕山亚带，其二是东北北部—山东亚带，其三是东南沿海亚带。

珍珠岩在化学成分上与松脂岩等很相近，由于成矿过程的特殊条件，使它的表观形态与上述岩石有所不同，酸性岩浆在喷出地表后因氧化还原作用放出一定热量，使其温度迅速上升至 $1000\sim 1200^{\circ}\text{C}$ 。由于岩浆温度与地表温度相差悬殊，岩浆温度迅速下降，引起体积收缩，形成具有特殊裂隙结构的玻璃质体。因热胀冷缩，玻璃质的熔岩体被分割成更小的圆形珍珠裂隙结构的集合体。酸性玻璃质熔岩还由于粘度大，不易扩散，形成不同颜色不同结构的条带状或薄层状构造。岩浆喷出地表时，由于温度、压力的急剧变化，岩浆的结晶分异作用不能正常进行，在玻璃质中形成大量的雏晶，这些雏晶大部分沿流向定向排列。

酸性玻璃质熔岩由于粘度大，喷出形式常为中心式，形成岩钟和岩锥等。有时也可以裂隙或面式喷出，形成岩流和岩被。酸性玻璃质熔岩在喷发时常带有爆破，伴有大量的火山碎屑岩和凝灰岩。不论以哪一种形式喷出，其矿床规模大小都不同。矿床长度从几十米到几千米，宽度从几米到几百

米，厚度从几十厘米到近百米，变化较大。就目前国内所发现矿床资料来看，都属于巨大的喷出熔岩流。

(三) 珍珠岩的质量标准

珍珠岩矿石质量的好坏，直接影响膨胀珍珠岩产品的质量、产量和成本。

工业上对珍珠岩矿石质量评价标准，最主要的是它的膨胀性能，目前，根据矿石焙烧后膨胀倍数将珍珠岩划分为三个等级，即：

膨胀倍数 $K_0 > 20$ 为一级珍珠岩矿石；

膨胀倍数 $K_0 = 10—20$ 为二级珍珠岩矿石；

膨胀倍数 $K_0 < 10$ 为三级珍珠岩矿石。

矿石的含水量也是产品质量优劣的因素之一，工业生产上一般选用含水量4—6%的矿石。

概括起来，珍珠岩矿石的一般工业要求是：

1. 膨胀倍数 $K_0 > 20$ ；

2. 矿石呈无色透明或略带浅色的全玻璃质体，珍珠结构发育，去玻化作用轻微、无斑晶或偶见微晶的无斑晶珍珠岩。

3. 化学成分：

SiO_2	70%左右
H_2O	4~6%

下表所列为矿石品级划分标准：

对珍珠岩矿石的工业要求，即矿石品级划分中，三级矿石目前工业生产不予采用。

表 1—4

珍珠岩矿石的品级

品 级	膨胀倍数	显 微 镜 下 特 征
一 级 (优 质 矿 石)	$K_v > 20$	全玻璃质体，无色透明或略带暗色。珍珠结构发育，环状珍珠裂隙彼此相套，圆、弧状裂开极弱。去玻作用轻微，偶有微量的雏晶和斑晶。
二 级 (中 等 矿 石)	$K_v = 10-20$	玻璃基质无色或色浅，珍珠状结构发育，脱玻化程度轻微或较强，雏晶、微晶、斑晶含量不等。
三 级 (劣 质 矿 石)	$K_v < 10$	玻璃基质透明度不好，珍珠结构不发育，含大量雏晶、微晶、斑晶，脱玻化强烈。

二、煤烧膨胀珍珠岩

膨胀珍珠岩是一种白色，多孔的粒状物料，它是酸性火山玻璃质熔岩(即珍珠岩)经过破碎、预热、焙烧而制成。再将它用不同的胶结剂胶结可以制成各种形状和性能的制品。

膨胀珍珠岩及其制品具有容重轻、导热系数低、化学稳定性好、使用温度范围广、吸湿能力小、防火、无毒、无味、吸音等性能。因而可以广泛地用于国防、化工、石油、冶金、电力、机械、运输和建筑部门，在节约能源方面是一种很有发展前途的轻质、高效能的保温、隔热、保冷材料。

煤烧膨胀珍珠岩是针对膨胀珍珠岩生产耗油的问题研究的煤烧新工艺，是因以煤代油生产膨胀珍珠岩的新工艺而得名。

(一) 膨胀珍珠岩的膨胀机理概述

珍珠岩是在酸性熔岩喷出地表时，由于与空气温度相差悬殊，岩浆骤冷而具有很大粘度，使大量水蒸汽未能逸散而存于玻璃质中。焙烧时，珍珠岩突然受热升温达到软化点程度，玻璃质结构内的水汽化，产生很大压力，使粘稠的玻璃质体积迅速膨胀，当它冷却到其软化点以下时，便凝成具有孔径不等、空腔的蜂窝状物质，即膨胀珍珠岩。

珍珠岩的膨胀性能与玻璃质的透明度、珍珠结构发育程度、各类斑晶和其它杂质含量、含水量有关。珍珠岩的玻璃质是引起矿石膨胀的基础条件，珍珠岩的玻璃质中结合水是引起矿石膨胀的内在原因。

珍珠岩矿石中所含水分以两种形态存在，一种是附着在珍珠裂隙中的水，这种水在高温焙烧时，产生很大的蒸汽压力而使颗粒炸裂，增加产品的粉化率。它的存在是不利的，在焙烧前必须排除。在较低的温度下即可将该种水除掉。另一种是在岩浆喷出地表面后遇冷或成矿过程中留在玻璃质中的水。

图1—3是不同产地珍珠岩的差热曲线。从图中可看出，各地珍珠岩的差热曲线均无明显的吸热放热峰，不存在晶格破坏的问题，说明珍珠岩中不含结晶水。

可以认为，玻璃质结构中的水是引起矿石膨胀的主要内动力，它在矿石中的数量与膨胀效果有关，为了获得最佳膨胀，必须根据原料取合适的生产工艺参数（如有效含水量、预热温度、矿砂粒径等）。珍珠岩含水量大时，高温焙烧时水分汽化产生的压力过大，将冲破颗粒中玻璃质薄弱的地