

膨
胀
珍
珠
岩

膨胀珍珠岩

大 连 耐 火 材 料 厂

中
国

5.6

中国建筑工程出版社

膨胀珍珠岩

大连耐火材料厂

中国建筑工业出版社

本书内容包括：珍珠岩的性质和形成，膨胀珍珠岩及其制品的生产工艺、性能和应用。

本书可供膨胀珍珠岩生产和使用部門的工人及技術人員参考。

膨 胀 珍 珠 岩
大连耐火材料厂

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 各地新华书店經售
中国建筑工业出版社印刷厂印刷

开本：787×1092毫米 1/32 印张：3 插頁：2 字数：62 千字

1974年7月第一版 1974年7月第一次印刷

印数：1—11,210 册 定价：0.26 元

統一書号：15040·3135

毛主席语录

鼓足干劲，力争上游，多快好省地
建设社会主义。

在生产斗争和科学实验范围内，人
类总是不断发展的，自然界也总是不断
发展的，永远不会停止在一个水平上。
因此，人类总得不断地总结经验，有所
发现，有所发明，有所创造，有所前
进。

我们必须打破常规，尽量采用先进
技术，在一个不太长的历史时期内，把
我国建设成为一个社会主义的现代化的
强国。

FBP4 / 30 18

前 言

膨胀珍珠岩是一种白色、多孔的粒状物料。它是由酸性火山玻璃质熔岩（即珍珠岩）经过破碎、预热、焙烧而制成。用不同的胶结剂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，因而可以广泛地应用于国防、化工、石油、冶金、电力、机械、运输和建筑等部门，是一种很有发展前途的超轻质、高效能的保温、隔热、保冷材料。

我们遵照毛主席关于“人类总得不断地总结经验，有所发现，有所发明，有所创造，有所前进”的伟大教导，总结了几年来我厂的生产实践并吸取兄弟单位的经验，写成这本小册子，供有关工人和技术人员参考。

本书在编写过程中得到北京电力公司修配厂珍珠岩车间有关同志的协助，在写成后经河南建筑工程材料科学研究所有关同志阅过并提出了宝贵意见，对本书，特别是第二章生产工艺部分，作了大量的补充和修改。在此，向他们表示感谢！

因为我们水平低，加上工作上的局限性，书中难免有不妥之处，请读者批评指正。

1973 年 12 月

目 录

第一章 生产膨胀珍珠岩原料	1
第一节 珍珠岩	1
第二节 珍珠岩的形成	5
第三节 珍珠岩的质量标准	7
第二章 膨胀珍珠岩生产工艺	9
第一节 破碎	9
第二节 预热	13
第三节 焙烧	19
第三章 膨胀珍珠岩性能	39
第一节 容重	39
第二节 导热系数	41
第三节 耐火度和安全使用温度	48
第四节 吸水性、吸湿性、抗冻性	49
第五节 其他性能	51
第四章 膨胀珍珠岩制品	54
第一节 磷酸盐膨胀珍珠岩制品	55
第二节 水玻璃膨胀珍珠岩制品	64
第三节 水泥膨胀珍珠岩制品	67
第四节 其他膨胀珍珠岩制品	71
第五章 膨胀珍珠岩及其制品的应用	72
第一节 在工业热设备上的应用	72
第二节 在保冷方面的应用	77
第三节 在建筑方面的应用	79
第四节 在其他方面的应用	87

第一章 生产膨胀珍珠岩原料

第一节 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的玻璃质熔岩，由于具有珍珠裂隙结构而得名。

我国珍珠岩的产地很多，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、叶蜡石、黑云母、赤铁矿，呈点状的磁铁矿也可见到。

各产地矿石的化学成分也很近似，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	0.4~1.0%；	CaO	1.0~2.0%；
Na_2O	2.5~5.0%；	K_2O	1.5~4.5%；
P_2O_5	0.01~0.04%；	H_2O	3.0~6.0%；
Zr	0.02~0.08%		

珍珠岩有黄白、灰白、淡绿、暗绿、褐、棕、灰、黑等色。它所以具有不同的颜色，是由于含有不同色素离子的缘故。 Fe^{++} 、 Fe^{+++} 、 Ti^{++++} 、 Mn^{+++} 、 $\text{Fe}^{++} + \text{Fe}^{+++}$ 等色素离子对玻璃质颜色起主导作用， OH^- 、 K^+ 、 Ca^{++} 等离子对颜色也有影响，见表1-1。

各种色素离子引起玻璃质的颜色

表 1-1

色素离子	对颜色有影响的离子	生成颜色
Fe ⁺⁺	OH ⁻ K ⁺	綠、褐、黃
Fe ⁺⁺⁺	OH ⁻ H ₂ O、Ca ⁺⁺	綠褐、褐、紅
Fe ⁺⁺ +Fe ⁺⁺⁺	OH ⁻ , H ₂ O, K ⁺ , Ca ⁺⁺	藍, 黑綠
Ti ⁺⁺⁺⁺	OH ⁻ K ⁺ Ca ⁺⁺	紅褐、褐
Mn ⁺⁺⁺	OH ⁻ Ca ⁺⁺	紅

另外, 由于珍珠岩岩浆喷出时粘度大, 气体难于扩散, 玻璃质中保存了部分气体, 如 CO、CO₂、H₂S、Cl₂、N₂、H₂及其他惰性气体。这些气体的存在, 对矿石的颜色也有影响。

珍珠岩的光泽: 新鲜断口为玻璃光泽(偏暗)成珍珠光泽, 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°C

珍珠岩矿石的微观特征, 列举辽宁凌源和张家口矿石的镜下描述说明。

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。玻璃基质中珍珠结构极为发育, 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。玻璃基质中存在少量针状、联状和斑点状雏晶, 流动构造发育, 见图1-1。

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。

珍珠岩的膨胀性能：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，使大量水蒸汽未能从岩浆逸散而存于玻璃质中。当焙烧珍珠岩时，珍珠岩突然受热达到软化温度时，玻璃质中结合水汽化，产生很大压力，在粘稠的玻璃质中体积迅速膨胀。这时如果玻璃质冷却至软化温度以下，便凝成空腔结构，形成多孔的膨胀珍珠岩。珍珠岩的膨胀倍数可达7~30倍。

除珍珠岩外，酸性玻璃质熔岩还包括黑曜岩、松脂岩。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，因而具有某些共性如：①生成条件都是在岩浆喷出地表时，温度、压力发生急剧变化条件下凝结成的。②基质都是玻璃质。③化学成分相似。④有不同程度的流动构造。由于熔岩流凝结成岩的先后及与围岩接触关系不同，又形成各自的内部结构和外部构造上的不同。珍珠岩最先凝结成岩，形成时温度变化最激烈，熔体收缩最严重，形成了具有特殊圆弧裂隙结构。黑曜岩、松脂岩与珍珠岩相比，成岩稍后，开始形成各种不同形状的雏晶及隐晶质并沿流向排列，流动构造发育。

珍珠岩、松脂岩和黑曜岩的主要区别在于，珍珠岩具有珍珠状裂隙而与其它两者不同。松脂岩具有独有的松脂光泽。它们在化学成分上差别不大，唯有含水量上有差异，如表1-2。

我国辽宁省河北省部分珍珠岩、黑曜
岩和松脂岩化学成分

表 1-2

矿石名称 \ 化学成分	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	CaO
珍珠岩	68~75	0.13~ 0.2	9~14	0.9~4	0.5~ 0.7	0.03~ 0.05	1.0~2
黑曜岩	72.36	0.94	12.76	3.36	0.30	0.17	0.60
松脂岩	71.28	0.05	11.90	0.49	0.30	—	0.75

矿石名称 \ 化学成分	Na ₂ O	K ₂ O	MgO	P ₂ O ₅	H ₂ O	备 注
珍珠岩	2.5~5	1.5~ 4.5	0.4~ 1.0	0.01~ 0.04	3.0~ 6.2	辽宁省、河北省部分珍珠岩矿
黑曜岩	3.34	4.49	0.10	0.01	2.25	河北省某地黑曜岩
松脂岩	2.75	4.75	0.07		7.51	河北省某地松脂岩

国外有些人认为，黑曜岩含水量为 $<1\%$ ，珍珠岩含水量为 $2\sim 5\%$ ，松脂岩含水量为 $5\sim 10\%$ 。目前我们接触到的珍珠岩含水量为 $3\sim 6.2\%$ 左右，黑曜岩比珍珠岩小，松脂岩比珍珠岩大，但不大于 10% 。

除了珍珠岩外，有些厂还用松脂岩作生产膨胀珍珠岩的原料。例如，天津立新保温材料厂曾用某地的松脂岩生产出容重为 $40\sim 60$ 公斤/米³的膨胀产品，膨胀倍数达32倍。上海石棉水泥制品厂也用松脂岩生产出质量良好的膨胀珍珠岩产品。

松脂岩为浅黄绿色或墨绿、茶褐色块状玻璃体。新鲜断

口呈松脂光泽，贝壳状，少量为参差状。含少量透长石和白色凝灰物质，呈不规则分布，锤击不易碎，条痕白色，硬度5.5~6。薄片在显微镜下呈浅绿微带黄褐色透明的玻璃体，玻璃基质中羽毛状雏晶较发育，有少量针状、短柱状和球状及斑状雏晶，流动构造发育，见图1-3。

有些国家还用黑曜岩作膨胀珍珠岩的原料，但在我国还没有成功的经验。

黑曜岩多为黑及灰黑色，也有浅绿、暗绿等其它颜色。玻璃光泽，风化后为油脂光泽。断口平坦或贝壳状，部分参差状。条痕白色，硬度5.5~6，大部分锤击不易碎。光片在镜下呈浅褐或浅绿色玻璃质体。玻璃基质中针状、长联状、发状、斑点状雏晶发育，含少量石英，长石斑晶，极少量不透明的磁铁矿、刚玉、叶蜡石、黑云母等。流动构造发育，见图1-4。

第二节 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，对生成珍珠岩和各种非金属矿、金属矿床创造了有利条件。我国珍珠岩矿目目前在中生代侏罗纪、白垩纪找到不少，第三纪，第四纪也有发现。

在太古代虽有酸性玻璃质熔岩喷出，因长期受变质或区域变质作用都脱玻化了，即使没有受变质作用，在地壳表面长期保存，也受到风化剥蚀作用，所以在太古代和古生代中较难找到珍珠岩。

珍珠岩在化学成分上与花岗岩、松脂岩等很相近，由于成矿过程的特定条件，使它的表现形态与上述岩石有所不同

同。酸性岩浆在地表一米以下，处于流动状态时的温度约 800°C 以上，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作定向排列。

酸性玻璃质熔岩由于粘度大，喷出形式常为中心式，而形成岩钟和岩锥等。有时也以裂隙或面式喷出，形成岩流和岩波。酸性玻璃质熔岩在喷发时常带有爆破，伴生有大量的火山碎屑岩和凝灰岩。不论以那一种形式喷出，其矿床规模大小都不同，有的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。就目前国内所发现矿床资料来看，是属于巨大的喷出熔岩流。

一般的酸性火山喷出岩都是沿着断裂带而喷出地表，喷出的顺序大致为火山灰、安山岩、玻璃质流纹岩、流纹岩等。地质勘测表明，珍珠岩、黑曜岩、松脂岩的矿床与以上岩浆喷出顺序都有直接和间接关系。常常是珍珠岩与黑曜岩、松脂岩、流纹岩等共生在一起，有时作薄层状互层在一起，不细观察，易误认均为珍珠岩，也有单一的珍珠岩矿床存在。

第三节 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 $K_0 = 10 \sim 20$ 为二级珍珠岩矿石

膨胀倍数 $K_0 < 10$ 为三级珍珠岩矿石

珍珠岩的膨胀性能与玻璃质的透明度、珍珠结构发育程度、长石、石英斑晶和其它杂质含量、含水量有关。

矿石的玻璃质透明度和珍珠结构发育程度是影响矿石膨胀性能的重要因素，玻璃质由透明至半透明至不透明，珍珠结构由极发育至较发育至不发育，膨胀倍数 K_0 值由大至小。

玻璃质中透长石及石英斑晶的存在，不利矿石的膨胀。显微镜下观察膨胀珍珠岩产品发现，长石斑晶及金属杂质不能膨胀，长石晶体经高温作用已变成具有带状构造的斜长石。镜下观察还表明，有斑晶矿石膨胀后，其气孔互相联通，造成孔隙过大，其气孔之间的壁也较之无斑晶矿石膨胀后孔隙壁厚，而使其绝热性能降低。

另外，矿石中含铁量过高，有降低膨胀效果的趋势，影响产品的颜色，所以要求其含量不超过 1%。

矿石的含水量也是影响产品质量的因素之一。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

3. 化学成分：

SiO_2 70%左右

H_2O 4~6%

$\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO}$ < 1%

表1-3所列为矿石品级划分标准

珍珠岩矿石的品级

表 1-3

品 级	膨胀倍数	显 微 镜 下 特 征
一 级 (优质矿石)	$K_0 > 20$	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，圆弧形裂开极明显。去玻作用轻微，偶见微量的雏晶和斑晶
二 级 (中等矿石)	$K_0 = 10 \sim 20$	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)	$K_0 < 10$	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

对珍珠岩矿石的工业要求，即矿石品级划分中的一级矿石的标准。三级矿石目前工业生产中不予采用。

第二章 膨胀珍珠岩生产工艺

从第一章讨论里，我们知道，珍珠岩含有结合水。当这种含水的玻璃熔岩受高温作用时，玻璃质由固态软化为粘稠的状态，而其内部的水由液态变成高压水蒸汽，并使粘稠的玻璃质膨胀，这时如使玻璃质迅速冷却到软化温度以下，就形成多孔结构。因此，珍珠岩膨胀工艺的关键是通过焙烧，使物料在窑内获得瞬时高温并迅速冷却的条件。然而，物料焙烧时欲得到好的膨胀效果，还必须保证一定的粒度和水分。因此，在焙烧之前，物料须经破碎和预热处理。

生产膨胀珍珠岩的工艺是：破碎、预热、焙烧三个工序。

我厂膨胀珍珠岩的生产工艺流程是：

原料→三段破碎→筛分→贮料仓→预热→焙烧→产品。

图2-1为我厂膨胀珍珠岩生产工艺流程图。

第一节 破 碎

矿石在焙烧时的粒度依焙烧工艺和用户对产品要求而定。

生产轻质、隔热的膨胀珍珠岩时，粒度在0.15~5毫米为宜。这是因为矿粒较细受热时，比表面积大，受热快且热量从表面传到内部的时间短，满足急速受热，迅速冷却的工艺要求，使珍珠岩最大限度的膨胀。

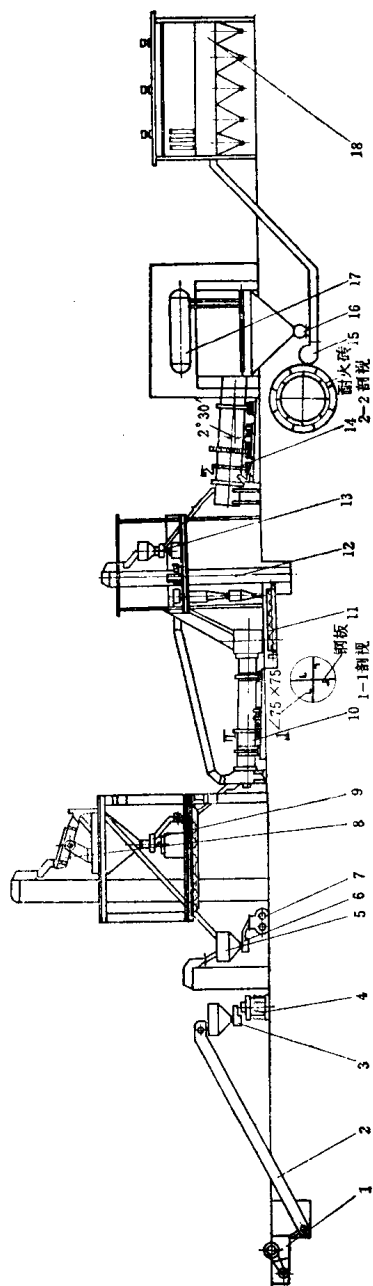


图 2-1 膨胀珍珠岩生产工艺流程图

1—颚式破碎机；2—皮带运输机；3—給料机；4—圆锥破碎机；5—貯料罐；6—給料机；7—滚式破碎机；8—振动筛；9—給料机；10—预热器；11—螺旋給料机；12—斗式提升机；13—貯料仓；14—回轉焙烧炉；15—风机；16—卸料机；17—废热锅炉；18—料仓

国外在建筑方面使用的膨胀珍珠岩，除要求质轻，保温性能好外，还要具有一定的机械强度以达到承重要求，这时矿石粒度就要增大到5~10毫米，甚至20毫米以上。

焙烧工艺还要求矿石粒度比较均匀。相对于适宜的粒度组成来说，颗粒过大、过小都将影响焙烧效果。粒度过大，热传导达不到内部，没有充分的膨胀时间。粒度过细，水分迅速脱出而没有良好的膨胀效果。表2-1列举了本厂生产条件下，粒度与膨胀倍数的关系。

珍珠岩粒度与膨胀倍数的关系

表 2-1

粒 度 范 围 (毫米)	<0.15	0.15~0.5	0.5~1.5
矿石的膨胀率 (倍数)	5.8	16~25	5.0
产 品 容 重(公斤/米 ³)	220	50~80	256

我厂使用卧窑焙烧最适宜的粒度是0.15~0.5毫米，立窑焙烧适宜的粒度一般是0.15~0.3毫米。

矿山开采的矿石粒度较大。珍珠岩硬脆易碎，为减少运输中产生大量细粉，往往要求矿山开采粒度大些，如在200~300毫米以上。为了达到焙烧对粒度的要求，破碎工序是不可缺少的。

为保持焙烧时矿石粒度均匀，防止矿石在破碎过程中过粉碎，除选择适宜的破碎机外，在破碎流程中还要考虑相应的筛分作业。

我厂破碎流程如下：