

新型建筑材料

陈雅福 编著

中国建材工业出版社

新型建筑材料

陈雅福 编著

中国建材工业出版社

(京)新登字177号

内容简介

本书介绍了各种新型建筑材料。全书共十二章，其内容包括有轻集料混凝土、加气混凝土、建筑装饰色彩与功能、建筑装饰涂料、新型防水涂料与卷材、高雅型装饰壁纸与墙布、地毯、大理石、白水泥与彩色水泥、铝及铝合金材料、玻璃幕墙材料及对2000年混凝土的展望，同时书中还附录了装饰涂料的试验方法。

该书不仅可作为建材专业、土建专业师生的教材，亦可作为建材、建筑施工企业技术人员的参考书。

图书在版编目 (CIP) 数据

新型建筑材料/陈雅福编著. —北京: 中国建材工业出版社, 1994.9

ISBN 7-80090-318-4

I. 新… II. 陈… III. 建筑材料 IV. TU5

中国版本图书馆CIP数据核字 (94) 第11491号

新 型 建 筑 材 料

陈雅福 编著

中国建材工业出版社出版

(北京百万庄国家建材局内 邮政编码100831)

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

北京市海淀区东华印刷厂印刷

开本: 787×1092毫米1/16 印张: 20.25 字数: 505千字

1994年9月第1版 1994年9月第1次印刷

印数: 1—4000册 定价: 25.00元

ISBN 7-80090-318-4/TU · 63

目 录

第一章 轻集料混凝土	1
第一节 概 述	1
第二节 轻集料的分类和技术性能	2
第三节 轻集料生产工艺流程	6
第四节 轻集料混凝土及其性能	12
第五节 轻集料混凝土配合比设计	18
第六节 轻集料混凝土施工工艺	24
第七节 轻集料混凝土的应用及技术经济效果	26
第二章 加气混凝土	30
第一节 概 述	30
第二节 原材料的技术性能及要求	30
第三节 加气混凝土的配合比选择	35
第四节 加气混凝土的生产工艺	41
第五节 加气混凝土的品种和技术性能	44
第六节 加气混凝土制品在建筑上的应用	48
第三章 建筑·装饰·色彩·功能	50
第一节 概 述	50
第二节 建筑装饰材料的功能与选择	50
第三节 质感、线型、色彩	53
第四节 建筑色彩与体系	54
第五节 色彩的调配与组合	57
第六节 色彩的 感情	59
第七节 装饰色彩的内容	62
第八节 使用房间功能与色彩	66
第四章 建筑装饰涂料	70
第一节 涂料的基本知识	70
第二节 外墙涂料	77
第三节 内墙涂料	90
第四节 地面涂料	96
第五节 特种涂料应用及发展途径	106
第六节 涂料在装饰中的质量问题及修补方法	110
第七节 有关涂料的术语名词解释	114
第五章 新型防水涂料与卷材	121
第一节 新型防水涂料	121
第二节 新型防水卷材及施工	129

第六章 高雅型装饰——壁纸、墙布.....142

第一节 墙纸的种类、规格和装饰效果.....142

第二节 聚氯乙烯塑料壁纸.....145

第三节 玻璃纤维印花贴墙布.....146

第四节 装饰墙布.....147

第五节 无纺贴墙布.....149

第六节 化纤装饰贴墙布.....150

第七节 麻草壁纸.....151

第八节 纸基涂塑壁纸.....152

第九节 塑料墙布的生产工艺流程.....152

第十节 墙纸墙布的裱贴施工.....155

第七章 高贵型装饰材料——地毯.....163

第一节 概 述163

第二节 各种纤维材料的分类及鉴别方法.....163

第三节 地毯的等级、品种、花色.....166

第四节 化纤地毯构造及其技术性能.....169

第五节 地毯铺设技术要点和施工工序.....173

第八章 饰面石材——大理石.....178

第一节 天然大理石——由来及应用特点.....178

第二节 人造大理石发展状况及分类.....182

第三节 人造大理石——生产工艺.....184

第四节 人造大理石的合成机理及技术性能.....190

第五节 大理石的安装工艺.....191

第六节 大理石、花岗岩饰面细部构造处理.....195

第七节 饰面石材在亚运工程中的应用.....196

第九章 白水泥、彩色水泥、装饰混凝土.....198

第一节 白水泥、彩色水泥的生产工艺.....198

第二节 白水泥和彩色水泥的物理力学性能.....201

第三节 白水泥的白度与色调.....205

第四节 白水泥的混合材料.....206

第五节 白色水泥混凝土.....208

第六节 装饰混凝土.....211

第七节 混凝土着色的五种方法.....217

第十章 铝及铝合金材料.....222

第一节 铝222

第二节 铝合金分类和性质.....223

第三节 铝合金的生产工艺.....225

第四节 铝合金门窗.....232

第五节 铝合金装饰板及吊顶.....234

第六节 装饰性铝合金.....238

第十一章 玻璃幕墙材料.....241

第一节 概 况241

第二节 中空玻璃.....242

第三节 新型防热片——窗用遮阳绝热薄膜.....246

第四节 新型热反射玻璃——镀膜玻璃.....253

第五节 新型吸收红外线玻璃——吸热玻璃.....256

第六节 窗用镀膜玻璃生产工艺及特性.....257

第七节 封缝材料.....260

第八节 玻璃幕墙的结构类型.....261

第九节 玻璃幕墙设计应注意的问题.....262

第十二章 展望2000年的混凝土.....267

第一节 日本对混凝土未来的展望.....267

第二节 美国对2000年混凝土的展望.....277

第三节 前苏联对2000年混凝土的展望.....283

附录A 建筑涂料检验项目.....287

附录B 各种装饰涂料的试验方法.....288

一、水性内墙涂料试验方法.....288

二、水性外墙涂料试验方法.....294

三、聚乙烯醇水玻璃内墙涂料试验方法.....300

四、合成树脂溶剂型外墙涂料试验方法.....303

附录C 装饰材料的白度试验.....308

第一章 轻集料混凝土

第一节 概 述

轻集料混凝土是用轻粗集料、轻细集料(或普通砂)和水泥配制而成的一种轻质混凝土。它与普通混凝土相比具有自重轻、相对强度高、保温、抗震性能好、易于施工等优点。轻集料混凝土的表观密度一般在 $600\sim 1950\text{kg/m}^3$ 以内,比普通混凝土约轻 $1/4\sim 1/3$,抗压强度与普通混凝土相近,约在 $3.5\sim 60\text{MPa}$ 之间,用高强轻集料还可配制强度高达 80MPa 的轻集料混凝土。由于轻集料混凝土可以根据不同用途和结构性能的要求配制成不同表观密度和强度的混凝土,加之轻集料混凝土的生产工艺简便,施工适应性强,它同普通混凝土一样不需要特殊的生产设备,便于制成各种形状的构件与构造物。

目前各国生产的轻集料品种很多,有天然轻集料如浮石、火山渣等,人造轻集料如粘土陶粒、页岩陶粒、膨胀珍珠岩、膨胀蛭石等,工业废料轻集料如粉煤灰陶粒、煤矸石陶粒、膨胀矿渣珠等。据有关资料统计,目前国外轻集料的生产从产量来看,前苏联居第一位,美国次之,日本近年发展很快。从使用轻集料的品种来看,西德和日本大量采用天然浮石;英国以工业废渣轻集料为主,约占其总产量的70%;前苏联则以人造轻集料为主,但也注意了工业废料的利用。

我国轻集料的发展,是以研制人造轻集料开始的,先后在山东、天津、上海等地试制成功粘土陶粒和页岩陶粒,并建立了生产试验线,还较系统地进行了生产工艺的试验研究工作,以及又开始利用工业废料粉煤灰研制和生产了粉煤灰陶粒,随后又生产了膨胀矿渣珠,大颗粒膨胀珍珠岩等。到目前为止,全国已建成各种轻集料厂20余个,主要有粘土陶粒、页岩陶粒、粉煤灰陶粒、膨胀矿渣珠以及大颗粒膨胀珍珠岩轻集料等品种,总设计生产能力已近60万立方米/年,全国已建成轻集料混凝土建筑约500万平方米,并在工业与民用建筑、道路、桥梁、水利建设等工程中得到使用。

自1975年以来,随着墙体改革和建筑工业化的进展,我国轻集料生产又有了许多新的布点,如上海、辽宁、河北等地设计和兴建了一批陶粒厂,单机产量一般都在 $5\sim 10\text{万m}^3$ 以上,辽宁清河还兴建了我国最大的粉煤灰陶粒厂,年产30万立方米,是由三台单机产量为 1万m^3 的烧结机组成的。

广州华穗轻质陶粒制品厂由国家建材工业局与广州市合资联合经营,引进丹麦史密斯公司的先进设备与技术,生产轻质粘土陶粒及其制品的新型建筑材料工厂,工厂年产轻质粘土陶粒 18.8万m^3 ,全部制成轻集陶粒混凝土空心砌块为 18.1万m^3 ,该厂于一九八七年六月建厂投产。

国内外生产实践表明,发展人造轻集料必须相应地采用先进的生产工艺和大型、高效的生产设备,才能更有效地提高劳动生产率,降低产品成本,使人造轻集料得到迅速地发展。据有关资料介绍,当轻集料的设备生产能力从年产 1.25万m^3 提高到 $5\sim 10\text{万m}^3$ 时,每 m^3 人

造轻集料的成本可降低1~2倍。可见，轻集料的生产特点是宜向大型化的方向发展，才更有利于经济效益的进一步提高。

为进一步减轻结构自重，改善建筑功能，加速建筑工业化的进程，应当充分利用地方资源和工业废料努力发展各种轻集料，深入研究轻集料混凝土配合比设计理论，寻求新的生产工艺及高效率的新设备，以进一步降低燃料和成本，使轻集料混凝土以更为显著的技术经济效益为我国四化建设服务。

第二节 轻集料的分类和技术性能

一、轻集料的分类

轻集料是以地方天然资源及工业废料为主要原料生产的一种多孔轻质集料。其材料来源广泛，便于就地取材，各地区可按自己的资源条件及工业废渣来源，因地制宜地进行发展。因此轻集料的品种很多，其分类方法也各不相同。国内外一般是按所用材料的来源，焙烧工艺以及轻集料使用功能的不同加以分类。

1. 按焙烧工艺不同可分为：

(1) 烧胀型集料；

(2) 烧结型集料。

2. 按使用功能可分为：

(1) 结构型轻集料；

(2) 结构保温用轻集料；

(3) 保温用轻集料。

3. 按原材料来源可分为：

(1) 天然轻集料；

(2) 工业废渣轻集料；

(3) 人造轻集料。

此外，轻集料又按其粒径的大小分为轻粗集料和轻细集料，一般粒径在5mm以上，最大松散密度不超过 $1000\text{kg}/\text{m}^3$ 者，称为轻粗集料；粒径在5mm以下，最大松散密度不超过 $1200\text{kg}/\text{m}^3$ 者，称为轻细集料（简称轻砂或陶砂）。

二、轻集料的品种与性能

由于轻集料的品种很多，因而各品种轻集料的性能差异也很大，一般说来，轻集料的性能主要因各品种的矿物组成，形成条件以及它们的空隙结构和表面情况等因素的不同而有较大的差别。我国目前生产和使用的轻集料，按原料来源划分，主要有下列品种：

1. 天然轻集料

(1) 浮石：浮石是火山爆发时，岩浆喷至天空后急剧冷却而形成的一种轻质多孔岩石。我国黑龙江、吉林、辽宁、山西及内蒙等地都有较丰富的蕴藏量，浮石经开采后，一般不需要特别加工可直接利用，有的仅破碎，筛选后便可使用。浮石一般为浅灰色块状，表面较粗糙，具有泡沫状结构，气孔较多，呈圆形或椭圆形。

(2) 火山渣：火山渣也是因火山喷发而形成的轻质多孔岩石。主要分布在东北火山群，以黑龙江、吉林省最多。据调查，吉林省的龙山火山群，仅辉南县大椅山附近，粒径20mm

左右的火山渣储量就达1.6亿多 m^3 ，矿层厚度约30m，开采十分方便。这些火山渣多为铁黑色或咖啡色，外观呈松散的煤渣颗粒状，具有发达的浮岩结构，气孔极多，表面极不规则，棱角较多。

由于矿物组成和形成条件不同，天然轻集料的性能变化较大，松散密度最轻的仅有 $240\text{kg}/\text{m}^3$ ，而最重的却达 $900\text{kg}/\text{m}^3$ ；筒压强度一般偏低，在 $1.1\sim 1.9\text{MPa}$ 之间；吸水率变化较大，在 $10\%\sim 40\%$ 之间。

2. 工业废渣轻集料

(1) 粉煤灰陶粒：粉煤灰陶粒是以电厂废渣——粉煤灰为主，经成珠、烧结或烧胀而成的多孔轻质集料，它是我国目前使用较多的一种轻集料。外观为圆球形，堆集密度在 $650\sim 900\text{kg}/\text{m}^3$ 之间，筒压强度一般在 4MPa 以上，高的可达 8MPa ，是各种轻集料中筒压强度最高的品种之一。适用于配制强度等级为CL30~CL50结构轻集料混凝土。

(2) 煤矸石轻集料：烧制煤矸石轻集料是国外较为普遍采用的一种工业废渣轻集料。一般是把煤矸石破碎后，用烧结机进行烧结，然后经破碎、筛分而成。也有将选好的煤矸石破碎，再按一定的工艺成球，经烧结或膨胀而制成。烧制煤矸石轻集料质量较好，性能稳定，省燃料，成本比其它工业废料及人造轻集料低，一般可用于配制结构用轻集料混凝土。

煤矸石中含有较多的挥发分及含碳量。堆积后有的可以自燃，有的需点火自然，再经破碎、筛分可得到碎石状的自然煤矸石轻集料。自然煤矸石轻集料不耗燃料，成本低，但由于自燃温度不均匀，故性能差异较大，质量不够稳定。

3. 人造轻集料

粘土陶粒和页岩陶粒：粘土陶粒和页岩陶粒是以粘土、页岩等天然地方资源为原料，经加工制粒、膨胀而成的一种人造轻集料。人造轻集料的性质一般随它们所用原材料的成分和生产工艺的不同，而有较大的差别。但是一般可以根据使用要求人为的加以控制，使其性能满足其所要求，这是人造轻集料的极重要的特点。因此，人造轻集料的堆集密度较小，可以控制在 $350\sim 900\text{kg}/\text{m}^3$ 之间，其强度较高可达 $2\sim 6\text{MPa}$ ，吸水率较低，在 $3\%\sim 15\%$ 之内。而且质量较稳定，比其它种类的轻集料更具有轻质高强的特性，是轻质集料向轻质、高强度发展的方向之一。

采用不同品种的人造轻集料，既可配制表观密度较小的保温或结构保温用轻混凝土，又可配制轻质、高强的承重用结构轻混凝土。

轻粗集料按其粒型可分为三类：

(1) 圆球型的——原材料经造粒工艺加工而成的，呈圆球状的轻集料（如粉煤灰陶粒和磨细成球的页岩陶粒等）；

(2) 普通型的——原材料经破碎加工而成的，呈非圆球状的轻集料（如页岩陶粒、膨胀珍珠岩等）；

(3) 碎石型的——由天然轻集料或多孔烧结块经破碎加工而成的，呈碎石状的轻集料（如浮石、自然煤矸石和煤渣等）。

三、轻集料的主要性能指标与技术要求

轻集料的性能主要以颗粒级配、堆集密度、筒压强度、吸水率、粗集料的颗粒表观密度和抗冻性等指标来衡量。

1. 颗粒级配

轻质集料累计重量筛余小于10%的该号筛孔尺寸,称为该轻粗集料的最大粒径。粗集料的最大粒径对轻集料混凝土的拌合物稠度、砂率、水泥用量、干缩和强度等性能均有一定影响。一般说来,用最大粒径较小的粗集料所拌制的混凝土的强度比最大粒径较大的轻集料所拌制的混凝土强度要高些。因此,为了配制各种结构用均能满足要求的轻集料混凝土用的粗集料的最大粒径不宜大于20mm,保温及结构保温轻集料混凝土用的粗集料的最大粒径不大于40mm。

轻粗集料的级配应符合表 1-1 的要求,其自然级配的空隙率不应大于50%。

表1-1 轻粗集料的配级

筛 孔 尺 寸		d_{min}	$\frac{1}{2}d_{max}$	d_{max}	$2d_{max}$
圆球型的及单一粒级	累计筛余	≥ 90	不规定	≤ 10	0
普通型的混合级配		≥ 90	30~70	≤ 10	0
碎石型的混合级配	(按重量计, %)	≥ 90	40~60	≤ 10	0

轻砂的细度模数不宜大于4.0,其大于5mm的累计筛余量不宜大于10% (按重量计)。

2. 轻集料的堆积密度等级

轻集料的堆积密度等级按表 1-2 划分。

其实际堆积密度的变异系数:对圆球型的和普通型的轻粗集料不应大于0.10;碎石轻集料不应大于0.15。

3. 筒压强度及强度标号

轻集料的筒压强度是将10~20mm 粒级的轻粗集料装入截面积为100cm² 的圆筒内作抗压试验,取其压入深度为2cm 时的抗压强度指标,作为该轻集料的筒压强度。

用筒压强度测定轻粗集料的强度时,轻集料的表面结构对它的强度有影响。表面呈开孔状的碎石型集料,其筒压强度偏低。由于集料在筒内为点接触,在荷载作用下,是多向挤压而破坏的,故其抗压强度指标不是轻集料颗粒的极限抗压强度,而只是一个相对的强度指标。不过,它在一定程度上也反映了轻集料的颗粒强度,而且对各种轻集料颗粒强度的大小,有一定的可比性。

此外,粗集料的筒压强度还与集料在筒内是以松散的、半振实的或振实的堆积状态有关,试验表明以填充密实状态为好。因此,集料入筒后应当振实,一般振至集料在筒内不再下沉为止。

轻集料的筒压强度和强度标号应不小于表 1-3 的规定值。

4. 吸水率

轻粗集料的吸水率主要以测定其干燥状态的吸水率作为评定轻集料质量和确定混凝土拌合物附加水量的指标。

轻集料的吸水率主要取决于轻集料的生产工艺及其内部的孔结构和表面状态。通常,孔隙率越大,吸水性也越强,特别是具有开孔而有微小孔隙的材料,其吸水率往往都较大。由

表1-2 轻集料的密度等级

密 度 等 级		堆积密度范围 (kg/m ³)
轻粗集料	轻 砂	
300	—	210~300
400	—	310~400
500	500	410~500
600	600	510~600
700	700	610~700
800	800	710~800
900	900	810~900
1000	1000	910~1000
—	1100	1010~1100
—	1200	1110~1200

表1-3 轻粗集料的筒压强度及强度标号

密度等级	筒压强度 f_s (MPa)		强度标号 f_{sk} (MPa)	
	碎石型	普通和圆球型	普通型	圆球型
300	0.2/0.3	0.3	3.5	3.5
400	0.4/0.5	0.5	5.0	5.0
500	0.6/1.0	1.0	7.5	7.0
600	0.8/1.5	2.0	10	15
700	1.0/2.0	3.0	15	20
800	1.2/2.5	4.0	20	25
900	1.5/3.0	5.0	25	30
1000	1.8/4.0	6.5	30	40

注：碎石型天然轻集料取斜线以左值；其他碎石轻集料取斜线以右值。

于轻集料系多孔结构，大都比普通砂石重集料具有较大的吸水（膨珠除外）。一般烧胀陶粒24小时吸水率可达10%，烧粉煤灰陶粒、火山渣、膨胀珍珠岩等集料1小时吸水率都几乎达到24小时吸水率80%以上。并且变异系数也与24小时的差不多。因此，国家标准中规定以1小时的吸水率作为轻集料的吸水率指标。

轻砂和天然轻粗集料的吸水率不作规定；其他轻粗集料的吸水率不应大于22%。

5. 抗冻性

轻集料的抗冻性是指轻集料在吸水饱和状态下，能经受多次冻结和融化的循环作用而不破坏，也不严重降低其强度的性能，它也是表示轻集料耐久性的一个重要指标。

轻集料之所以冻坏是由于集料内部孔隙中含有的水分在负温下结冰，引起体积膨胀而导致的。可见，轻集料的吸水率越小，它的抗冻性就越好。在寒冷的北方使用轻集料混凝土时，必须要对轻集料的抗冻性指标进行检验，只有采用抗冻性合格的集料配制的混凝土，才能保持其耐久性。

轻集料的抗冻性试验是将按要求称取重量的轻集料试样，置入有盖带孔的容器中，浸水48小时，取出滤干附着水，放入-15~-20℃的冰箱内冷冻3小时后取出，再放入20±5℃的水中融化1小时，如此反复冻融循环15次后再烘干至衡重，其重量损失不大于5%者即认为合格。

6. 颗粒表观密度

轻集料的颗粒表观密度是指粗、细集料单个颗粒本身单位体积在绝干状态下的重量。颗粒表观密度对计算粗细集料的空隙率和孔隙率，设计混凝土的配合比及检验粗细集料质量等都很重要。一般陶粒的颗粒表观密度在900~1500kg/m³，膨珠在1700~2300kg/m³之间。

7. 轻集料的抗冻性、安定性、有害杂质及有机物含量指标要求

轻集料中严禁混入煅烧过的石灰石、白云石和硫化铁等体积不稳定的物质。轻集料的有害物质含量和其他含量指标不应大于表1-4的规定值。

表1-4 轻集料性能指标的要求

项 目 名 称	指 标
抗冻性(D ₁₅ ，重量损失，%)	5
安定性(煮沸法，重量损失，%)	5
烧失量①，轻粗集料(重量损失，%)	4
轻 砂 (重量损失，%)	5
硫酸盐含量(按SO ₃ 计，%)	1
氯盐含量(按Cl ⁻ 计，%)	0.02
含泥量②(重量%)	3
有机杂质(用比色法检验)	不深于标准色

① 煤渣烧失量可放宽至15%；

② 不宜含有粘土块。

第三节 轻集料生产工艺流程

工业废渣轻集料和人造轻集料种类繁多,生产工艺较复杂,根据所用原材料的性质及内部材料结构的不同,可采用不同的生产工艺。目前,我国主要采用干法、半干法和塑化法三种工艺。总的说来,当选用的原料成分均匀、结构致密、且只需一种原料就能满足生产要求时,一般可用干法生产工艺,例如页岩陶粒、膨胀珍珠岩;当选用的原材料粘结性差,仅用单一材料不容易成型(造粒或成珠)或不能满足焙烧要求,需用两种原料配合或补加别的辅助材料时,宜用半干法工艺,例如粉煤灰陶粒;当所用原材料结构松散或天然含水量较大时,宜采用塑化法生产工艺,如粘土陶粒。

现仅用粉煤灰陶粒、粘土陶粒、页岩陶粒等品种为例简介如下:

一、粉煤灰陶粒

粉煤灰陶粒是以火力发电厂排放的废渣——粉煤灰为主要原料,加入一定量的粘结剂和水,经加工成球,高温焙烧而制得的一种轻集料。

根据粉煤灰陶粒焙烧前后体积收缩与膨胀的变化,粉煤灰陶粒可分为烧结型和烧胀型两种。烧结型比烧胀型颗粒表观密度大,强度高,两种陶粒应用范围也有所不同。目前国内外多采用烧结机生产烧结型粉煤灰集料。

(一) 原材料的性质与技术要求

1. 粉煤灰:粉煤灰为灰色细粉,密度为 $1.9\sim 2.4$,堆集密度在 $555\sim 700\text{kg}/\text{m}^3$ 之间,细度为4900孔/ cm^2 筛的筛余量 $10\%\sim 30\%$,其化学成分主要为 SiO_2 、 Al_2O_3 和 Fe_2O_3 ,该三者含量约占 80% 左右,粉煤灰中还含有少量的残余炭分(各电厂差别很大),其含量一般在 $3\sim 20\%$ 之间。粉煤灰是生产烧结陶粒的良好原料,它的含炭量可以代替一部分燃料,因而可减少燃料消耗,节省能源。

用于生产烧结陶粒原料的粉煤灰的化学成分一般控制范围,其中主要是 Fe_2O_3 含量不宜大于 10% ,以免 Fe_2O_3 过多的还原成 FeO ,会使焙烧温度范围减小,不利于控制焙烧,但少量 FeO 的存在,却有明显的助熔作用; K_2O 、 Na_2O 也起助熔作用,使焙烧温度范围更宽,有利于生产控制,故希望它们的含量较多为好; SO_3 对管道设备有严重腐蚀作用,其含量应尽量少为好。

对粉煤灰的技术要求,列于表1-5。

表1-5 生产烧结陶粒对粉煤灰的技术要求

原 料	细度4900 孔/ cm^2 筛余(%)	含 炭 量 (%)	Fe_2O_3 (%)	温 度 ($^{\circ}\text{C}$)		块状煤渣杂草等 有害杂质
				高温变形	软 化	
粉 煤 灰	20~35	≥ 10	≥ 10	1200×1300	1500	不得混有

2. 粘结料:由于粉煤灰的粘结性不好,成球较困难,因而在生产中必须掺入少量粘结料,可以改善原料的塑性,增加料球的机械强度及热稳定性以满足焙烧要求。

对粘结料的要求是粘结性高,并含有足够的助熔成分。常用的有粘土、页岩、煤矸石和纸浆废液等,其中粘土塑性好,熔点低,不但易于成球而且焙烧时还起助熔作用,可提高陶

粒产量。目前我国多用粘土作粘结料，其掺量一般为10%~17%。若粘土塑性好或粉煤灰较细时，粘土掺量还可适当减少。

3. 固体燃料：当粉煤灰中含炭量少，不能满足焙烧要求时，还应掺入适量的固体燃料。其掺入量主要取决于粉煤灰含炭量及燃料中的含炭量。一般可掺无烟煤、焦炭下脚料、炭质页岩及含炭量大于20%的炉渣等。要求燃料中挥发分少，灰分低，SO₃含量少，并用球磨机磨成细粉，细度为4900孔/cm²筛的筛余量小于50%为宜。

(二) 生产工艺流程

粉煤灰陶粒适宜于采用半干法工艺生产。主要包括：原材料处理、配料与混合、料球制备、焙烧及筛分工艺过程。

在整个工艺过程中，以料球制备（成球）与焙烧为生产粉煤灰陶粒的关键过程。当采用不同的成球工艺与设备时，对原材料的处理、配料与混合等工艺过程则有不同的要求。同时，当采用别的焙烧设备时，对其它工艺过程亦应作相应的改变，才能适应生产要求。

图1-1为采用粉末成球、成球盘制备生料球，用烧结机焙烧粉煤灰陶粒的生产工艺流程图。其工艺过程为：

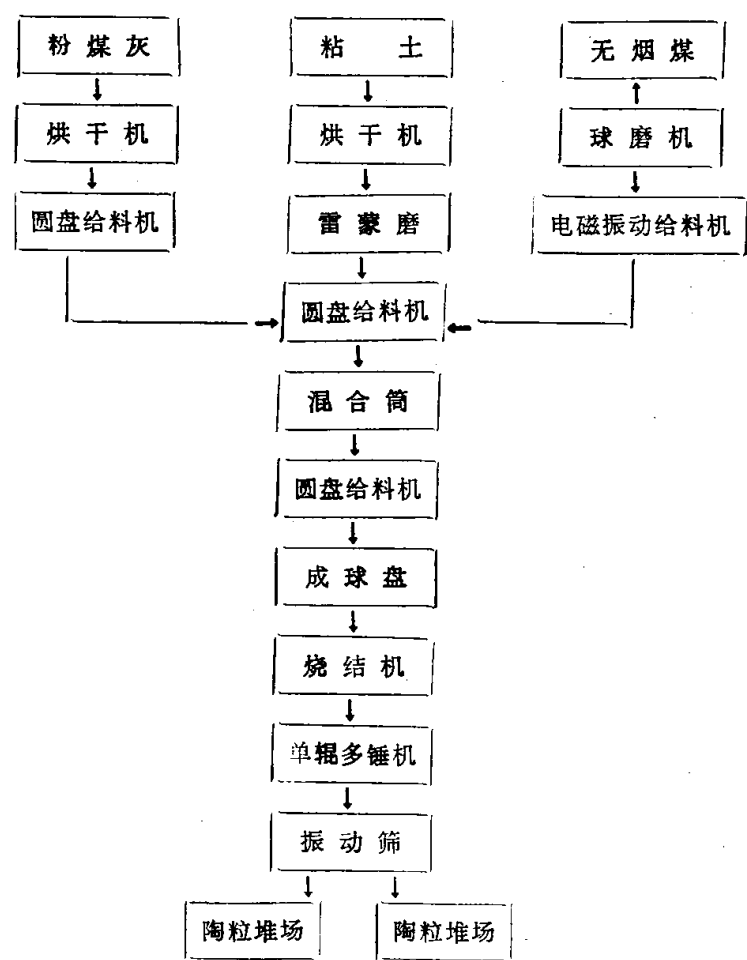


图1-1 用烧结机生产粉煤灰陶粒的工艺流程图

1. 原材料处理：生产粉煤灰陶粒的主要原材料——粉煤灰在原材料总量中占30%左右，它的排放方式一般有干排灰和湿排灰两种。目前我国电力工业大多采用湿排灰方式，采用湿排粉煤灰为原料时，需进行脱水处理。常用的脱水方法有自然沉淀脱水法和机械脱水法。自

然沉淀脱水法是通过沉淀池以自然沉淀来降低粉煤灰含水量的方法。此法简便易行，投资少，但工效低，劳动条件较差，且受季节限制，机械脱水法是采用真空泵根据井点抽水的原理进行脱水处理的方法，此法脱水效果佳，劳动条件好，不受季节限制，只是投资较大。

2. 配料与混合成球：在生产粉煤灰陶粒的原材料配合比中，主要是控制它的总含炭量和粘土的实际掺入量两项指标。其总含炭量一般应控制在4%~6%之间；粘土的实际掺入量一般是按粘土的塑性来决定，若其塑性指数大，掺入量可适当少些，塑性指数小则应适当增加。当塑性指数在15左右时，粘土掺入量应控制在13%~15%之间。

配料时多以质量计量法，计量配合后需用搅拌设备，搅拌好坏将直接影响焙烧成品的质量。料球成球时应满足一定的颗粒级配和强度的技术要求，还应有较高的热稳定性，以保证在运输过程中不致损失，在入窑预热时不致爆炸。

制备生料球的设备较多，但国内普遍采用成球盘成球。成球盘的优点是构造较简单，料球质量好，产量高、动力消耗少，运动可靠，调节灵敏；缺点是操作技术要求较高，必须配备熟练技工。

3. 焙烧：焙烧是陶粒生产中最重要的一环。目前国内烧制各种陶粒的焙烧设备，主要有烧结机、双筒回转窑和机械立窑等。这些设备均可进行连续生产，机械化联动化程度高。烧结粉煤灰陶粒普遍采用烧结机进行焙烧，它是目前比较先进的焙烧设备。

烧结机由导料槽及挡料板、台车（底部有炉篦子）环行导轨、传动装置、吸风箱、密封装置、机架油路润滑系统等组成。沿台车移动方向在烧结机上可分为加料、点火、烧结和冷却四个区域。其烧结原理及方法是使制备好的生料球，经导料槽分散于烧结机的台车上，随着台车前进，挡料板将料球层刮平并保持250~300mm的料层厚度，继而行至点火器下方，并进入烧结区，点火温度按料球内含炭量的高低，常控制在1150~1300℃范围内（含碳高时取低值，反之取高值），点火后，上层料球很快着火并燃烧形成灼烧层，台车离点火器后继续前进，灼烧层也逐渐往下移动，空气从料层表面被吸入，自上而下温度逐渐提高，通过灼烧层并预热下部生料球，最后进入吸风箱，由通风机抽出。这样，料球从表面到球心，从上层到下层不断进行物化反应完成烧结，随着可燃物的烧尽，料层温度自上而下逐渐冷却，台车运行到尾端时，沿导轨滚动滑落冷却的陶粒便自动翻落卸出（卸料温度控制在200~300℃左右），空台车又进入导轨向传动装置方向移动，不断循环工作。

料球在焙烧过程中，部分软化和出现液相，整个料球进行着复杂的物理化学反应，形成晶体矿物和较多的玻璃体，尤其在烧结后的陶粒表面，以玻璃体为主形成一层坚硬的外壳，从而具有较高的强度。其内部，由于焙烧时产生气体而形成许多细微气孔。在产生气体的同时，如果料球处于高温可塑状态，则气体溢出，形成开口气孔。经观察分析，粉煤灰陶粒内部开口气孔多于封闭气孔。

4. 成品筛分：烧结后卸出的陶粒大部分是符合规格的，但也有部分结成大块的，还夹有少量陶砂。因此，必须进行破碎和筛分，才能满足使用要求。

正常情况下，陶粒结块仅是表面粘结，只需轻击即散，但若焙烧不正常，粘结严重时就需要破碎，一般是卸入单辊多锤破碎机，散状陶粒及小块可不受破碎而顺利地通过多锤空隙，粘结不严重的大块冲击于多锤上立即分散，随后通过多锤间隙。粘结较严重的陶粒大块则受到多锤慢速剪切破碎成细粒，而后通过多锤间隙。破碎后的物料经振动筛分后，并进行外观和物理性能的检验，以符合质量要求，最后按级送入成品库。

二、粘土陶粒

粘土陶粒是一种性能良好的人造轻集料。它是采用易熔性粘土（或亚粘土）为原料，经制粒或成球，预热干燥后，再经1050~1200℃高温烧胀而成。

（一）原材料技术要求

粘土陶粒的主要原料是粘土。粘土的膨胀系数越大，陶粒的表观密度就越小；反之膨胀系数越小，表观密度就越大。然而粘土的膨胀系数与其化学成分有很大的关系（见表1-6）。生产粘土陶粒应当选择膨胀性能良好的，中膨胀粘土作原料。

此外，对粘土的颗粒组成也应有适当的控制，若粘土颗粒太细，粘土质含量高（大于40%），虽然可塑性好，但料球干燥时容易开裂，则应适量掺入煤粉或砂土以便调整，若粘土质含量低，砂土含量大，不仅料球成型困难，而且还会影响成品的强度及膨胀系数。故粘土质含量宜控制在20%~30%以内。

（二）生产工艺流程

粘土陶粒一般宜用塑化法成型工艺。其生产工艺过程包括：原材料处理、料球制备、干燥、焙烧、冷却及成品筛分等工序。其基本工艺流程，如图1-2所示。

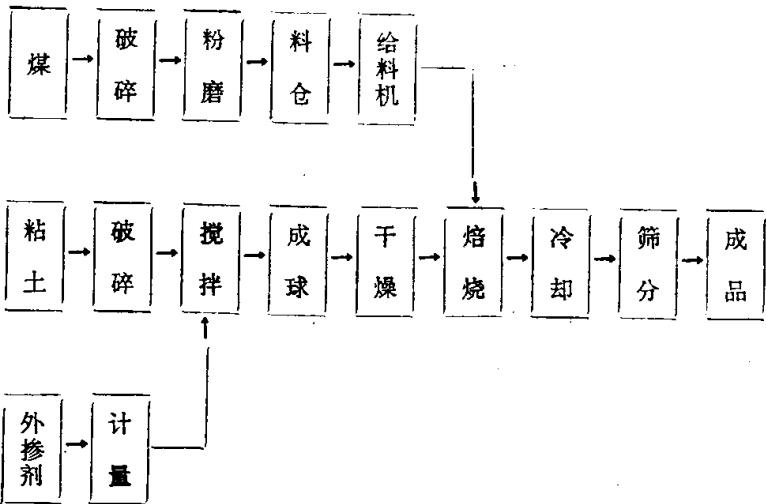


图1-2 粘土陶粒基本生产工艺流程图

- 1. 原材料处理：用于生产陶粒的粘土原料，须进行塑化处理，即将粘土破碎后分层加水塑化，塑化后粘土的适宜含水量为18%~25%。有外掺料时，应先将外掺料与粘土拌合均匀然后加水塑化。
 - 2. 料球制备：由于粘土原料含水率较大，粘土陶粒的生料球备制宜使用塑化法成型工艺，一般可用做砖瓦的挤泥机成型，也可以采用对辊机成球。成球后可通过辊式筛分机，也可直接进入干燥窑，进行干燥和预热。
- 辊压成球机的结构与制砖用的对辊机相似，所不同的是在辊筒上密布着圆形的孔眼，原料泥在辊压机中间经过时被挤入孔眼，形成长柱形的料球。料球的长短视粘土的含水率而异。粘土含水率高，料球长径比大，反之料球长径比小。一般要求料球的直径和长度比不大

于1.5, 粘土含水率应在20%左右。

半成品料球的形状是决定制成陶粒粒型的重要因素, 表面光滑的圆球型陶粒在混凝土中具有较好的受力状态。若陶粒的形状不规则或含有较多锐角和扁平形时, 不仅颗粒强度会降低, 而且由于陶粒级配差、粒径大而限制了它在某些薄壁构件中的使用范围。因此, 国家标准中对各种陶粒的粒型系数(即单个陶粒长向最大尺寸与中间截面最小尺寸之比)作了规定。目前国内采用塑化法对辊挤压成球工艺生产的陶粒, 普遍存在颗粒级配较差、粒型系数不佳, 粒径偏平等问题, 为此对页岩陶粒生产线上对辊机进行改造, 在距成球辊筒内表面1厘米处加2~3把刮刀, 以活套接支撑在中心轴上, 靠配重与辊筒产生异步转动和往复摆动而及时切割挤出的泥条, 使陶粒的平均粒型系数变为1.32~1.37, 粒型系数为2~2.5的颗粒含量仅为0.7%~1.3%, 远小于国家标准中页岩陶粒粒型系数大于3的含量不应大于20%的要求, 且有72%~86%的陶粒粒型系数均小于1.5。这样生产的陶粒基本上为椭圆型或近于圆球形的。用对辊机成型粘土陶粒时, 亦可采取同样措施。

半成品料球的水分及密实度, 对料球的膨胀性能和强度有较大的影响。一般采用强膨胀性粘土制成的陶粒半成品, 不论其水分及密实度怎样, 焙烧陶粒时, 均能强烈膨胀。若用中、弱膨胀性粘土制成的陶粒, 只有提高料球密实度, 且在窑前烘干才能减少制品裂缝产生, 使其膨胀性及强度得到改善。

3. 干燥: 生料球在焙烧之前应具有一定的强度, 以免在运输过程及加料时变形、破碎, 在焙烧时发生炸裂等, 因此生料球在入窑前应进行干燥, 脱水和预热, 采用回转窑焙烧陶粒时, 多采用回转式干燥筒进行料球的干燥和预热。回转式干燥是由锅炉钢板焊接或铆接而成的一个圆筒体, 长8~30m, 直径1~2.8m, 以一定斜度安装在两个托轮上, 筒体通过减速机或传动皮带转动大齿轮。干燥筒与回转窑的联结形式主要有两种: 一种是将干燥筒布置在回转窑尾的上方, 它与回转窑有一定的高度差, 称为高差式双筒窑, 另一种将干燥筒从回转窑尾部插入, 称为插入式双筒窑。

用回转式干燥筒进行干燥时, 可利用出窑陶粒的冷却余热, 并采用外界空气来调节温度, 干燥温度宜控制在200~600℃之间, 干燥时间为20~40分钟, 干燥后料球的水分约3%~10%。由于利用了冷却余热, 不需另增加燃料, 可降低生产成本。

在干燥后的料球中, 往往夹杂许多碎屑和粉末, 需用振动筛过筛后, 再入窑焙烧。

4. 焙烧: 粘土陶粒属烧胀型陶粒, 一般多用回转窑焙烧, 也可用机械化立窑或普通立窑焙烧。

料球干燥后进入预热带, 温度逐渐升高, 料球发生错综复杂的氧化还原、脱水和碳酸盐分解等反应。预热带约占全窑长度的20%~30%。料球再向前, 进入1050℃以上的高温膨胀带, 料球开始膨胀, 在一定的温度范围内, 其膨胀率随温度的升高而增大。粘土料球发生最大膨胀率的温度范围是1200~1250℃, 此时焙烧的最佳时间约8~12分钟, 时间长短与粘土矿物组成有关, 高于此温度范围或焙烧时间过长, 对料球正常膨胀不利。焙烧过程(预热膨胀、冷却)的温度和时间, 应通过试验和生产实践来确定。膨胀带长度约为全窑总长的15%~20%。

煨烧好的陶粒温度约在950~1050℃之间, 需进行冷却。陶粒的强度、耐久性、吸水性等重要性能都直接与冷却制度有关。为了防止料球在冷却过程中产生裂缝及破坏, 必须确定最佳冷却制度, 冷却之初应使热料球在低于膨胀温度50~100℃的温度中给以保温, 然后缓慢

地冷却，最后方可快速冷却。一般是在单筒式冷却机或抗冷式冷却装置内进行。

5. 成品筛分：粘土陶粒烧成后，也需通过振动筛进行分级，并进行外观、物理力学性能检验，以满足质量要求，最后再分级送入成品库。

三、页岩陶粒

页岩陶粒是将天然的页岩经破碎、筛分或粉磨、成球后，再入窑经高温快速烧胀而成的一种人造轻集料。

1. 原材料处理

页岩陶粒的原材料一般采用结构致密，成分较均匀的粘土质页岩或板岩，仅此一种原料就能满足生产要求。其原材料处理简便，只需将页岩破碎，通过振动筛筛分至需要粒级便可入窑焙烧；但若页岩成分不太均匀，膨胀性能欠佳，需将原料破碎、粉磨、成球后，再入窑焙烧。

2. 生产工艺流程

页岩陶粒原材料单一，生产工艺简单，一般采用干法生产工艺，也有采用湿法工艺的，其主要区别为：

- (1) 干法工艺：即页岩经破碎、筛分后，直接入窑快速烧胀，所成陶粒为普通型陶粒。
- (2) 湿法工艺：即页岩经破碎、粉磨、成球后，入窑快速烧胀，所得的陶粒为圆球型陶粒。

页岩膨胀型陶粒，常采用回转窑或立窑焙烧。如北京市陶粒厂采用的是 $\phi 1.16/0.93 \times 21.37\text{m}$ 插入式双筒回转窑。按其烧成特点，沿整个窑长可以划分为：预热带、膨胀带（也称烧成带）和冷却带。预热带温度在 600°C 左右，物料运转时间约45分钟；烧成带温度在 $1050 \sim 1250^{\circ}\text{C}$ 左右，物料运转时间约为3~6分钟；烧成以后至窑出料口的一段称为冷却带，物料约停留4分钟左右。最后用摇摆式冷却机，将出窑温度为 900°C 左右的陶粒冷却到 $200 \sim 300^{\circ}\text{C}$ 即为成品。

燃料可用原煤或天然气，原煤需经破碎、粉磨后，送入双管螺旋机，再由鼓风机吹入窑内燃烧。其生产工艺流程，如图1-3所示。

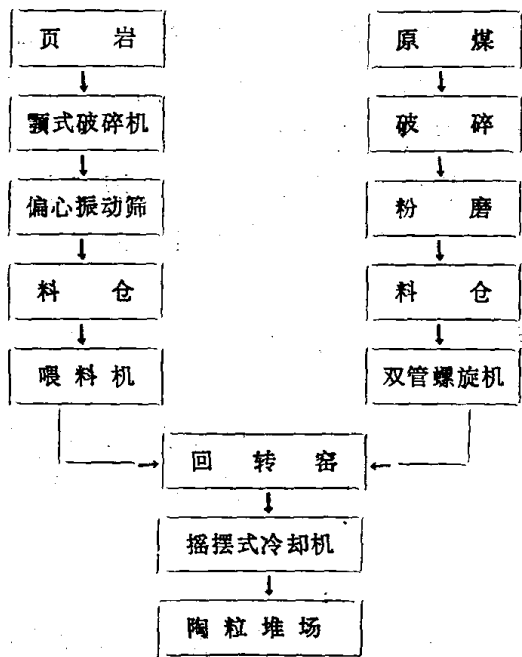


图1-3 页岩陶粒（干法）生产工艺流程图