

粘土砖瓦工艺

原料

中国建筑工业出版社

81.5461
115

粘土砖瓦工艺 原料

上海市第一建筑材料工业公司
重庆市建筑材料工业公司

112560

中国轻工业出版社

本书为《粘土砖瓦工艺》的一个分册，这一套书还包括《成型》、《干燥》、《焙烧》、《检验》等四个分册。

本书主要介绍粘土、页岩的成因、性能及开采、运输、制备等工艺，叙述这些原料的破碎、磨细、筛分、搅拌等机械操作和维修。书中也介绍了煤矸石、粉煤灰的性能，原料处理工艺及设备。它可供粘土砖瓦厂职工，特别是原料工阅读，也可供其它烧结砖瓦厂有关人员参考。

本书由上海市第一建筑材料工业公司和四川省重庆市建筑材料工业公司编写，何维雄、唐显真执笔；北京市墙体材料工业公司和四川省重庆市第二砖瓦厂有关人员参加了讨论和修改。

粘土砖瓦工艺

原 料

上海市第一建筑材料工业公司

重庆市建筑材料工业公司

*

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

北京市顺义县印刷厂印刷

*

开本：787×1092毫米1/32 印张：3⁵/₁₆ 字数：75 千字

1977年10月第一版 1980年12月第二次印刷

印数：12,231—23,990册 定价：0.23元

统一书号：15040·3407

目 录

第一章 概述	1
第一节 粘土原料	2
一、粘土的成因和分类	2
二、粘土的物理和化学性质	6
三、制砖瓦粘土的技术性能	20
四、粘土可塑性的调整	24
第二节 页岩	25
一、页岩的成因和矿物组成	25
二、页岩的化学成分和主要物理性能	27
第三节 煤矸石和粉煤灰	29
一、煤矸石	29
二、粉煤灰	34
第二章 原料的开采和运输	39
第一节 原料的勘探和剥离	39
一、粘土的探测	40
二、页岩的勘探	40
三、表土及覆盖层的剥离与处理	41
第二节 原料的采掘与装载	42
一、采掘要求	42
二、人工开采与装载	46
三、机械开采与装载	47
第三节 原料的运输与贮存	55
一、原料的运输	55
二、原料的贮存	64

第三章	原料的加工处理	66
第一节	页岩和煤矸石的加工处理	66
	一、破碎	66
	二、磨细	75
	三、筛分	79
	四、掺水与搅拌	81
第二节	粉煤灰的加工处理	84
	一、粘合料的制备	85
	二、湿排粉煤灰的脱水	86
第四章	内燃料的制备	91
	一、内燃料的制备	92
	二、内燃料与制坯原料配合比的计算	95

第一章 概 述

我国烧制砖瓦有悠久的历史。

根据史料记载，远在西周（公元前十一世纪至公元前770年），我国勤劳智慧的劳动人民就已经制作瓦板、脊瓦。河北省易县出土的战国燕下都花纹大瓦，说明制瓦技术在当时即已达到了相当高的水平。砖出现于战国（公元前476年至公元前221年），当时有条砖、方砖和空心砖，还有陶土栏杆和排水管。到了秦、汉，砖瓦有了迅速的发展，开始出现异型砖。北魏就有琉璃瓦。相当长的一段万里长城是在明代用大块青砖补砌的。

虽然砖瓦在我国有如此悠久的历史，但是在解放前，由于历代封建王朝的反动统治，帝国主义的野蛮侵略和国民党反动派的残酷压榨，砖瓦工业长期处于落后的状态，产量很低，品种单一，工艺设备陈旧，工作条件极差，劳动强度很大。砖瓦所用原料，一直是沿袭数千年的传统原料——粘土。

解放后，在党的正确领导下，我国砖瓦工业在社会主义建设事业蓬勃发展的同时，也得到了相应的发展，生产工艺日益改进，产量逐渐上升，质量有所提高，砖瓦所用原料也由单一的粘土扩大到页岩及工业废渣，如煤矸石、粉煤灰、煤渣等。

砖瓦是重要的建筑工程材料。随着基本建设事业的不断发展，建筑工程对砖瓦的产量、质量和品种都提出了新的要求；砖瓦产品本身亦正在进行改善，以适应社会主义现代化建设的要求。目前，在国外，包括砖瓦、砌块和板材在内的烧结建筑制品正在向大型、空心、轻质、预制化、多样化的方向发展，并被广泛地用于各类建筑物的墙体、屋面和楼板。由于这些制品在适应室内居住舒适条件方面具有良好性能，所以，尽管有很多新型建筑材料出现，即使在一些建筑工业化比较发达的国家，它们也仍然保持着一定的地位。

第一节 粘土原料

一、粘土的成因和分类

（一）粘土的成因

粘土是制造烧结砖瓦的主要原料。

粘土加适量的水拌和后成为可塑的泥料，它能塑成任何形状，干燥后又能保持其塑成的形状，经焙烧后，能成为致密坚硬、具有一定物理力学性能的制品。

在自然界，地壳表层的各种硅酸盐岩石，如长石、花岗岩、斑岩、片麻岩等，长期在水、潮汐、风、雨、冰、雪等急剧变化的作用下，崩解破裂，成为碎块。粘土即是这种碎块岩石在水和大气中碳酸气的作用下，因化学分解而成的。

粘土生成后，有的直接留在生成粘土的母岩地方，称为残留粘土（或称原生粘土、一次粘土）。有的则借风力或水力转移到别的地方去，则称为运积粘土（或称漂积土、次生粘土、二次粘土等）。

残留粘土中，有的是由长石或其它硅酸盐岩石发生分解而成；有的是由于碳酸盐岩石（石灰石、白云石）发生溶解而成；也有的是由于粘土页岩发生崩解而成。它通常夹有未完全分解的原生岩石颗粒。

运积粘土中，有的是由于水运堆积而成；有的则是由于风运堆积而成。水运粘土有河泥、淤泥、海泥和冰川泥等。当水流经过原生粘土矿床，将粘土冲散，粘土的悬浮颗粒就被冲走。随着流速的减小，块度和比重较大，如礫石、砾石、砂子等依次沉积下来。当流速进一步减小或停止时，粘土泥浆也逐渐沉积下来。这样，水流就将原生粘土按照颗粒组成分级。所以就颗粒来说，次生粘土较原生粘土为纯净。但次生粘土在沉淀过程中，常常夹杂各种盐类和氧化铁等杂质。因此就化学成分来说，次生粘土又较原生粘土为不纯净。

风运粘土，也称黄土。它是由粘土、细粒石英和其它矿物混合组成的。黄土属于几乎没有被胶结过的疏松的粉砂，其中含有大量的碳酸盐和其它盐类。黄土多呈淡黄色或暗黄色，没有层理，分布很广，沉积较厚。

（二）粘土的分类

粘土形成后，由于来源的不同，粘土的成分和性质也不同，因而它的分类也是多种多样的。一般按其外貌、组成及性质，将粘土分为高岭土、粘土、瘦化粘土和页岩状粘土。

高岭土 是高岭石所组成的较纯净的粘土，它是长石、钙长石自然风化的产物。高岭土具有显著的晶体结构，可塑性较低，呈淡黄色或白色。高岭土有原生和次生之分。原生高岭土由主要含有长石和云母的火成岩、变质岩和沉积岩分解而成。离开原沉积地有一定距离而沉积的为次生高岭土，

矿物成分很不相同，且含有大量杂质。高岭土有较高的耐火度（ $1730\sim 1770^{\circ}\text{C}$ ），烧结温度在 1400°C 左右，烧后呈白色，它是优质的陶瓷原料。

粘土 一般都是次生粘土，其颗粒较细，是各种矿物岩石的碎屑组成的混合物，杂质也较多。根据其耐火性能，又可分为：耐火粘土、难熔粘土及易熔粘土。

①耐火粘土 耐火度高于 1580°C ，是一种含杂质较少比较纯净的粘土。其颗粒组成比较分散，一般具有较高的可塑性。它的颜色有多种，但经过焙烧后，则成为白色、灰色或淡黄色。多用作耐火材料或陶瓷原料。

②难熔粘土 耐火度在 $1350\sim 1580^{\circ}\text{C}$ ，含杂质熔剂 $10\sim 15\%$ ，在天然状态下有各种不同的颜色，焙烧后呈黄色或褐色。用作坩埚、地砖及污水管等原料。

③易熔粘土 耐火度在 1350°C 以下，含有较多的杂质，是制造砖瓦的主要原料。根据其所含杂质的不同性状，又可分为砂质粘土、铁质粘土、泥灰粘土、复州粘土、明矾粘土、膨润粘土或漂白粘土，沥青质粘土和黄土等。

砂质粘土 含有大量机械混合的石英砂。

铁质粘土 含有大量的氧化铁、氢氧化铁或铁硅酸盐杂质，使其呈黄色或红色。它是砖瓦工业用得较多的原料。粘土中含铁量若继续增加，颜色将随之加深而成为赭石。赭石可用来做着色剂。

泥灰粘土 含有大量的碳酸钙杂质，若其含量继续增加，则成为泥灰岩。

复州粘土 其中氧化钙和氧化镁含量高达 7% ，它是以铝硅酸盐水化物的形态混合于粘土中的。复州粘土一般具有较低的可塑性，较高的孔隙率，具有胶体结构或稳晶结构。

这种粘土的主要特性是，能从动物油、植物油、矿物油及脂肪中吸取主要的色素，也能部分地从水中吸取，因而又可称为漂白粘土。

明矾粘土 其中含有明矾 $[\text{K}_2\text{Al}_2(\text{SO}_4)_4 \cdot 24\text{H}_2\text{O}]$ 。明矾是由于矿物粘土中的黄铁矿氧化生成物与氧化铝及碱发生作用而形成的。

膨润土或漂白粘土 通常含有大量的碱金属及碱土金属氧化物的胶状物质，有皂化和吸收油脂的特性。属于这类粘土的有膨润土、灰泥土等。膨润土和复州土很接近，难于明确划分。

沥青粘土 含有大量的沥青物质，呈黑色。

黄土 为不分层的细土状风成岩。在我国华北和西北地区分布较广，它是在干燥气候条件下形成的一种具有黄褐色、灰黄或褐黄等色，并有针孔状，无层理，有时厚度较大。化学成分属于砂质粘土和泥灰粘土之间，由粘土物质，碳酸钙和石英、长石、云母等矿物细粒所组成，可塑性较低。

瘦化粘土（或硬质粘土） 硬度很大，氧化铝含量很高，断口呈贝壳状，结构致密，在水中不易水解，因此不能形成软泥，可塑性极差，它是耐火制品的原料。

由于瘦化粘土的结构非常细致，用显微镜也不能测定它的矿物组成。关于瘦性粘土的成因，意见很不一致，一种意见是，瘦性粘土是在地质化学过程的影响下结紧的再结晶的细沉淀物。另一种意见认为，是由于胶体硅石，胶体矾土互相作用而生成的化学沉淀物。

页岩状粘土（或粘土质页岩） 是由于粘土矿床发生动力变质而生成的。它主要由粘土物质和石英及云母的细屑所组成。其中常见的矿物杂质有金红石、电气石、黄铁矿和方

解石等。

粘土质页岩的可塑性很不一致，在有些情况下，将它磨细掺水搅拌，能够获得软泥。在另一种情况下，如果页岩的变质发生在很高的压力和较高的温度下，那就不具有可塑性，或可塑性极低。

粘土质页岩的耐火度，一般在 $1180\sim 1200^{\circ}\text{C}$ 左右，焙烧后呈灰黄色，红色或暗红色。经磨细后掺水能获得软泥的粘土质页岩，可以代替粘土用作制砖原料。

粘土除上述分类法外，可根据粘土在掺水后所得浆体的性质来划分，如肥粘土（塑性较大或称富粘土）和瘦粘土（塑性较小或称贫粘土）。还可根据粘土用途的不同来分类的，如陶瓷粘土、造纸粘土、耐火粘土、赤陶土、砖土、瓦土、染料用粘土、漂白粘土等。

二、粘土的物理和化学性质

（一）粘土的外观颜色

粘土的颜色，主要与粘土中含有金属氧化物或有机物有关。色泽及其深浅根据氧化物的形式和它的含量多少而定。含氧化铁能使粘土呈玫瑰色、红色或褐色；含低价铁氧化物能使粘土呈淡蓝色或淡绿色；含氧化锰能使粘土呈淡褐色；含有机物能使粘土呈淡黄色、灰色、黑色或玫瑰色。当有几种杂质存在时，粘土的颜色则以其中主要的或深色的杂质为转移。例如同时存在着氧化铁和大量的有机物时，粘土被有机质染成暗灰色或黑色，而氧化铁的颜色就反映不出来。当粘土被有机质染成暗色时，按其外观颜色很难判别其质量。通常粘土的颜色经焙烧后，它并不保留于焙烧后的制品中。

（二）粘土的颗粒组成

粘土的颗粒组成，对粘土的成型、干燥等，有很大影

响。根据不同的产品要求，选择适当颗粒组成的粘土甚为重要。

现在国内对粘土的颗粒组成，一般分为三级：颗粒粒径小于0.005毫米称为粘土级；颗粒粒径在0.005~0.05毫米称为尘土或粉尘级；颗粒粒径大于0.05毫米称为粉砂或砂土级。

粘土的分级如表1-1所示。

粘 土 的 分 级		表 1-1
名 称	颗 粒 含 量 (%)	
	<0.005毫米 (粘土)	>0.005毫米 (尘土及粉砂)
肥 粘 土	>60	<40
粘 土	30~60	70~40
砂 质 粘 土	10~30	90~70
砂 土	5~10	95~90
砂	0~5	100~95

粘土中的细颗粒粘土物质愈多，则粘土的塑性也愈高。肥粘土和粘土适宜于制瓦和薄壁空心制品；砂质粘土与粘土适宜于制普通砖。

测定粘土颗粒组成的方法有：筛分析法、沉降法、风析法和比重法。国内砖瓦厂一般采用筛分析法和沉降法（如移液管法和比重计法等）。

筛分析法 用于测定粗颗粒物质（粒径大于0.1毫米），也用于多级分散系统的粗颗粒部分的分离（如制备沉降分析用粘土试样）。此法虽是一种古老的直接分析法，但其操作迅速，设备简单，且一般又能达到分析的要求，故砂土分析多用此法。

沉降法 此法适用于测定细颗粒部分（粒径为1~50微米）的组成。沉降法的原理是根据斯托克斯定律：球形物体因重力的作用，当其在粘滞液体内下落时，此下降速度成一常数，并与该球形物体半径的平方成正比。其计算公式如下：

$$v = \frac{2}{9} R^2 \times \frac{(\gamma_{\text{物}} - \gamma_{\text{液}})}{\eta} \times g$$

或
$$R = \sqrt{\frac{9\eta v}{2(\gamma_{\text{物}} - \gamma_{\text{液}})g}}$$

式中 v ——颗粒下降速度（厘米/秒）；
 R ——颗粒的半径（厘米）；
 $\gamma_{\text{物}}$ ——颗粒物料的比重；
 $\gamma_{\text{液}}$ ——液体的比重；
 η ——液体的粘滞度（克/厘米·秒）；
 g ——重力加速度，为98厘米/秒²。

颗粒下降速度亦可用下式表示：

$$v = \frac{H}{t}$$

式中 v ——颗粒下降速度（厘米/秒）；
 H ——颗粒下降高度（厘米）；
 t ——颗粒下沉时间（秒）。

即得
$$R = \sqrt{\frac{9\eta}{2(\gamma_{\text{物}} - \gamma_{\text{液}})g} \times \frac{H}{t}}$$

或
$$D(\text{直径}) = 2R = \sqrt{\frac{18\eta}{(\gamma_{\text{物}} - \gamma_{\text{液}})g} \times \frac{H}{t}}$$

沉降法又可分为移液管法和比重计法等。移液管法分析精确度较高，需用设备较多，操作也较繁琐，特别是分析所需时间较长。而比重计法，虽在分析精度方面不如移液管

法，但所需设备少，操作简便，尤其是分析所需时间较短。在生产上比重计法逐渐为一些砖瓦厂采用，以代替移液管法。现将这两种方法分别概述于后。

移液管法主要用来求粘土类泥料（粘土、砂质粘土等）的级配，还可用作细砂土的分析。此法用来求直径 0.25~0.05 毫米，0.05~0.01 毫米，0.01~0.002 毫米，0.002~0.001 毫米及小于 0.001 毫米各部分在土中的含量是比较准确的。如果在粘土中有较粗部分存在，则此法可与筛分法合用。

移液管法主要是根据一定大小的固体颗粒在水中有一定的下沉速度这一原理，将粘土中各类颗粒的物质分开。按斯托克斯公式算得的颗粒在水中的下沉速度如表 1-2 所示。

颗粒在水中的下沉速度 表 1-2

颗粒直径 (毫米)	颗粒在水中的下沉速度 (毫米/秒) 当水温为				
	10°C	12°C	15°C	17°C	20°C
0.05	1.727	1.871	2.041	2.042	2.246
0.01	0.070	0.076	0.083	0.083	0.091
0.005	0.0173	0.0187	0.0204	0.0204	0.0225
0.002	0.0028	0.0030	0.0033	0.0033	0.0036
0.001	0.00070	0.00076	0.00083	0.00083	0.00091

移液管法是在泥料的沉洗过程中，自悬浮液一定深处，用移液管取样进行蒸发烘干，求得粘土中各粒径区段的颗粒重量百分率。

比重计法是将比重计放入盛有泥料悬浮液的器皿中，使其自由沉降。在沉降过程中，由于悬浮液中所含的颗粒大小不同，各层悬浮液的浓度也就不一样，故比重计下沉速度要

受悬浮液浓度影响。如果控制比重计的时间（即土粒沉降的深度），从液面所在处的标尺刻度所表示的密度（比重）数值，便可得知各深度处浓度的大小。然后根据斯托克斯公式，即可求得相应的颗粒直径。

（二）粘土的含水率

自然状态存在的粘土一般含有一定数量的水。用作砖瓦原料的粘土，由于产地、季节和气候不同，其自然含水的多少很不一致。但含水量的多少，又将直接影响生产工艺的控制。为了能正确控制工艺中的补充水量或脱水数量，必须对粘土进行含水率的测定。

粘土中的含水有两种，一是掺合水，二是化学结晶水。所说的粘土含水率，是指掺合水与干粘土之比。其测定方法有烘干法、酒精燃烧法和炒干法等。烘干法比较精确，也是常用的方法。

烘干法是在预先烘干至恒重的称量瓶（或坩埚）内迅速称取一定数量试样，放置烘箱内，以 110°C 温度将粘土烘干至恒重，移入干燥器中冷却，进行称量。为了加速水分蒸发，缩短干燥时间，有将称量好的试样，先用酒精全部浸泡后放入烘箱中，以加速水分的蒸发。

含水率按下式计算：

$$W_{\text{相}} = \frac{G_1 - G_0}{G_1} \times 100$$

$$W_{\text{绝}} = \frac{G_1 - G_0}{G_0} \times 100$$

式中 $W_{\text{相}}$ ——相对含水率（%）；

$W_{\text{绝}}$ ——绝对含水率（%）；

G_1 ——湿试样重量（克）；

G_0 ——干试样重量（克）。

对于含水率，必须注明是相对含水率（湿基）或绝对含水率（干基），才能便于区别和比较。一般试验常以绝对含水率（干基）为准。

（四）粘土的可塑性

粘土加适当水分经拌和并捏练后能得到软泥（可塑泥料）。所得的软泥在外力的作用下，能任意改变其形状而不发生裂纹。当压力除去后，又能保持已改变了的形状，这种特性是粘土的可塑性。可塑性是粘土的基本性能，亦是主要的工业技术指标，是粘土能够制成各种陶土制品的首要条件。

粘土的可塑性主要决定于其固相和液相的性质。固相的化学性质、分散度、微粒的含量和形状都影响到可塑性。

高岭土的可塑性随着颗粒细度的增大而增高。粘土中如含有胶体物质则可塑性也高。液体对于固体微粒的浸润，是产生可塑性的必要条件，具有浸润性的液体，对可塑性起决定作用的是它的表面张力和粘度。表面张力和粘度愈大，则可塑性也愈高。

对于同一种粘土，可塑性的高低，取决于掺合液体种类的不同和数量的多少。粘土的塑性高低，用塑性指数表示。粘土呈可塑状态时含水率的变化范围代表着粘土的可塑程度，其值等于液性限度（简称液限，也称流限）与塑性限度之差。液限和塑限用塑性指数法测定。这里所讲液性限度（流限），就是粘土呈可塑状态的上限含水率（干基），当粘土中含水率超过液限，粘土就成为流动状态。所谓塑性限度，就是粘土呈可塑状态时的下限含水率（干基），当粘土中含水率低于塑限时，粘土即成为半固体状态。

液性限度的测定：取准备好的试样两份，每份 100 克左

右，加入适量的水拌和均匀，一份作为液限测定之用，另一份则用于测定塑限。

将调整到基本符合要求的泥料装入试杯中，然后将多余的试样刮去，使之与杯口齐平为止。将试杯置于流性限度仪的平台上，并使其保持水平。然后手持平衡锥的手柄，使锥尖刚与试样表面接触并垂直于试样面，松手后任其自重沉入土中。如锥体沉入试样的深度不符合要求时，则需继续调整含水量，一直做到15秒钟锥体自由落入土中的深度恰为10毫米时为止。同一杯中应试几点，当锥体下沉深度均为10毫米时，从杯中取湿土样5~10克，测定其含水量，即得粘土的液性限度 ($W_{液}$)。

塑性限度测定（搓条法）：取含水量略偏高于塑限的试样一小块，先捏成椭圆形，放在毛玻璃板上（磨砂玻璃板），用手掌轻轻搓滚，搓滚时以手掌均匀施力于土条，不得重压滚动，土条长度不宜超过手掌宽度，不应产生中空现象。若土条已搓至3毫米时仍未发生裂纹或断裂，表示试样含水量高于塑限。可将土条重新捏成团，待减少其水分后，再按上法搓滚，直至土条达到3毫米时，先产生裂纹而后断裂为止。此时迅速收集断裂土条3~5克，测定其含水量，即得粘土的塑性限度 ($W_{塑}$)。由于手工操作不稳定，应多做几个平行试验，取其算术平均值。塑性指数按下式计算：

$$IP = W_{液} - W_{塑}$$

式中 IP ——塑性指数；

$W_{液}$ ——液性限度（%）；

$W_{塑}$ ——塑性限度（%）。

在指数法中，提出用流性限度仪测定塑限的问题，认为流限塑限联合测定时，锥体沉入深度为2毫米时的含水量为