

粘土砖瓦工艺

检 验

中国建筑工业出版社

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

本书介绍粘土砖瓦厂中粘土和燃料的检验（包括粘土坯体收缩率、临界含水量、可塑性、烧结温度、颗粒组成和燃料发热量的测定），生产工艺的检验（包括原料处理、成型、干燥和焙烧过程的检验）以及成品的检验（包括粘土砖瓦的外观检查和物理力学性能的试验），叙述常用的简易检验仪器设备的结构和性能，附有各种检验参数和图表。本书可供粘土砖瓦厂职工，特别是检验人员阅读，也可供硅酸盐砖瓦厂检验人员参考。

本书由唐修仁、李启云执笔，李蔭余审阅，在编审过程中，得到陕西省砖瓦研究所、北京市墙体材料工业公司的协助。

粘土砖瓦工艺 检 验 南京工学院第五系

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
中国建筑工业出版社印刷厂印刷

开本：787×1092毫米1/32 印张：3/8 字数：72千字

1974年5月第一版 1974年5月第一次印刷

印数：1—18,655册 定价：0.22元

统一书号：15040·3138

毛主席语录

人们为着要在自然界里得到自由，就要用自然科学来了解自然，克服自然和改造自然，从自然里得到自由。

一切产品，不但求数量多，而且求质量好，耐穿耐用。

目 录

第一章 粘土和燃料检验	1
第一节 试样的准备	1
第二节 粘土含水量的测定	2
第三节 粘土坯体收缩(干燥与烧成)率的测定	4
第四节 临界含水量的测定和干燥敏感性系数的确定	8
第五节 粘土可塑性的测定	10
第六节 粘土坯体的烧结温度和烧结温度范围的测定	16
第七节 粘土颗粒组成的测定	19
第八节 燃料发热量的测定	27
第二章 生产工艺检验	32
第一节 原料处理及成型过程的检验	33
第二节 干燥过程的检验	37
第三节 焙烧过程的检验	48
第三章 成品检验	60
第一节 普通粘土砖的检验	60
第二节 粘土平瓦的检验	72
第四章 粘土砖瓦厂的简易检验室	77
第一节 确定砖的标号的试验设备	77
第二节 土高温炉与简易烘样器	81
第三节 热电高温计	83
第四节 微压计与干湿球温度计	88
第五节 简易检验室设备表	93

附 录	94
一、比重计在各种温度下的校正值	94
二、土粒比重校正值	95
三、各种温度下水的粘度[泊(克/厘米·秒)]及密度 (克/厘米 ³)	96
四、煤的发热量的计算系数 α 值表	97
五、当冷端(自由端)温度为 0 °C 时, 铂-铂铑、镍铬-镍铝 与铜-康铜热电偶的刻度数值表	98
六、相对湿度表	99

第一章 粘土和燃料检验

第一节 试样的准备

在粘土和燃料进行检验前，事先应选取一定数量的平均试样。平均试样选取得正确与否，关系到整个检验结果的准确程度，而平均试样的选取方法与原料的开采、运输及物理状态等因素有关，所以应根据具体情况，制订选取方案。

对大面积开采的土场可从上、中、下及左右不同的位置上取等量试样，总重20~40公斤。如有几个土场同时开采，则可按每个土场的开采量的比例来选取。如土场与土场之间的土质相差较大，可分别取样检验。

对散装运输的原料（包括煤和煤渣等），应从车厢、船仓的平面和高度的各个不同位置上选取试样20~40公斤。如已堆放在场地上，因大颗粒总是撒落在四周，而造成颗粒之间分布很不均匀，所以应从堆的平面和高度的各个不同位置上选取试样20~40公斤。

将已选取好的试样，用人工敲碎（太湿的粘土应先风干再敲碎）至粒径为1~2厘米。对硬质原料可用机械破碎。然后混合均匀，按四分法缩减至试验所需的数量。

所谓四分法，就是将试样铺成一圆形或正方形的均匀薄层，然后划上两条相互垂直的直径（或对角线），分试样为四等分，弃去对角的两份（图1-1），将留下的两份再混合并铺成圆形（或正方形），按上法缩减至一半，一直缩减到略多于检验项目所需要的数量为止。

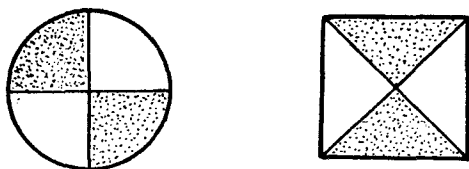


图 1-1 四分法取样示意图

将缩减后的平均试样风干，进行细碎，使全部试样通过 0.5 毫米孔径的筛子（对含有石英等杂质的粘土可用水簸法除去其杂质，并计算其含量），备作各项检验之用。

对测定含水量的试样，选取后不要破碎，应立即装入密封容器或用湿布包裹好，防止水分蒸发。

对煤和煤渣试样可用人工或机械（如球磨机）进行粉磨，细度要求愈细愈好。而对测定粘土颗粒组成的试样，则不要进行粉磨。

第二节 粘土含水量的测定

粘土原料和内燃掺料含水量的波动，将直接影响砖瓦生产的正常进行，所以要经常检验与控制其含水量。

含水量就是湿的试样在 $105\sim 110^{\circ}\text{C}$ 的情况下干燥到恒重（所谓恒重是指试样经烘烤 2 小时后的重量，减轻值不超过试样重量的千分之一）为止，试样所失去的水分重量和原湿试样重量之比值的百分数，称为相对含水量；如失去水分重量和干试样重量之比值的百分数，称为绝对含水量。

含水量的测定方法有烘干法、酒精燃烧法和炒干法等。烘干法是公认的检验方法，又较为精确，本节重点介绍此

法，其它仅作简单介绍。

一、烘干法

在预先干燥至恒重的称量瓶（或坩埚）内迅速称取试样 5~10 克，放入 105~110°C 的烘箱或简易烘样器中，干燥 4~8 小时。为了加速水分蒸发，缩短干燥时间，可将称好的试样用酒精全部浸润后放入烘箱中，这样干燥时间可缩短到 1~2 小时。干燥前取下瓶盖也放在烘箱内，烘好后先将盖子盖上再取出。取出后放入装有干燥剂（氯化钙）的干燥器中，冷却 30 分钟（但不要超过 4 小时）后称量。然后进行检查性的干燥，每次约 30 分钟，直到恒重为止。每次称量应准确到 0.01 克。

含水量按下式计算：

$$W_{\text{相}} = \frac{G_1 - G_0}{G_1} \times 100 \quad (1-1)$$

$$W_{\text{绝}} = \frac{G_1 - G_0}{G_0} \times 100 \quad (1-2)$$

式中 $W_{\text{相}}$ ——相对含水量（%）；
 $W_{\text{绝}}$ ——绝对含水量（%）；
 G_1 ——湿试样重量（克）；
 G_0 ——干试样重量（克）。

此种试验必须进行两次以上的平行测定，取其算术平均值。

二、酒精燃烧法和炒干法

（一）酒精燃烧法：用瓷皿或坩埚称取试样 5~10 克，加酒精充分浸透试样并混合均匀，然后点燃酒精，燃烧至火焰熄灭。再加酒精浸透，再燃烧至火焰熄灭。重复三次后称取干试样重量，按式 1-1 和 1-2 计算其含水量。

(二)炒干法：用金属容器称取试样 500~1000 克，放在电炉或火炉上将它炒干，称取干试样重量，按式1-1和1-2计算其含水量。

第三节 粘土坯体收缩（干燥与烧成）率的测定

粘土坯体在干燥过程中，由于机械结合水的蒸发，使粘土粒子互相靠拢，坯体的体积有收缩的现象，此种情况称为干燥收缩。通常以其收缩的长度对坯体原长度的百分比来表示，称为干燥线收缩率。

如将干燥过的坯体加以焙烧，则在烧成过程中产生一系列的物理化学反应和易熔杂质生成液态填充于颗粒之间，因而使坯体产生收缩，这种现象称为烧成收缩，以其收缩的长度对干燥坯体长度的百分比来表示，称为烧成线收缩率。

在砖瓦生产中，粘土坯体的收缩率是一种重要的性质。收缩过大的粘土容易开裂，会延长干燥时间，甚至造成废品。

收缩的表示方法有线收缩与体积收缩两种。通常只测定线收缩，但有的收缩较大的粘土，在干燥与烧成过程中常发生翘曲与歪扭等现象，此时必须用体积收缩法来测定，然后按下式换算成线收缩率。

$$\text{线收缩率} = \left[1 - \sqrt[3]{1 - \frac{\text{体积收缩率}}{100}} \right] \times 100\% \quad (1-3)$$

一、线收缩法

取预先准备好的试样约 500 克，加水揉练成标准泥团（即可塑而不粘手）；或在挤泥机出口处，用细金属丝或小刀切下约 2 厘米厚的泥片。将泥料放在铺有湿布的大理石平

台或玻璃板上，用同样的湿布盖在泥片上，然后用木质或金属质的碾棒（图 1-2）压碾，并不时更换压碾方向（更换约 4~8 次，每次更换 90°）。

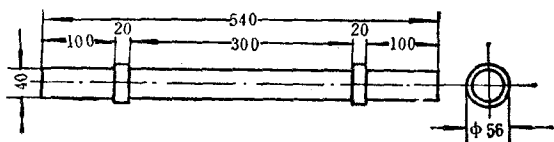


图 1-2 碾棒

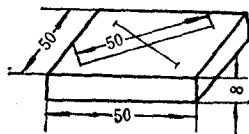


图 1-3 干燥试件

从压碾好的泥片上用涂有凡士林的小刀切成 50×50 毫米的试块 3~5 块。将切好的试块小心地放置在垫有薄纸或涂有凡士林的玻璃板上。用小刀尖在试件表面轻轻划两条对角线，同时在对角线上用圆规及游标卡尺量出一线段为 50 毫米（图 1-3），并在线段两端压入深度为 2~3 毫米的记号。

然后将试件放在室内通风而避阳处自然干燥，或放在低于 60°C 的烘箱中干燥。为了保证试件不开裂，升温速度应缓慢而平稳。在其含水量低于 5% 时，可将试件放入 105~110°C 的烘箱（简易烘样器）中干燥 4 小时。冷却后量出两记号间的距离，即可按式 1-4 求出干燥线收缩率。

将已干燥的试件放入高温炉或窑内焙烧到烧成温度（一般在 900~1100°C）后，缓冷到 600°C 以下取出，在空气中冷却到室温并量出两记号间的距离，即可按式 1-5 求出烧成线

收缩率。

$$Y_{\text{干}} = \frac{l_0 - l_1}{l_0} \times 100 \quad (1-4)$$

$$Y_{\text{烧}} = \frac{l_1 - l_2}{l_1} \times 100 \quad (1-5)$$

$$Y_{\text{总}} = \frac{l_0 - l_2}{l_0} \times 100 \quad (1-6)$$

式中 $Y_{\text{干}}$ ——干燥线收缩率(%)；

$Y_{\text{烧}}$ ——烧成线收缩率(%)；

$Y_{\text{总}}$ ——总线收缩率(%)；

l_0 ——刚成型试件上两记号间的距离(毫米)；

l_1 ——干燥后试件上两记号间的距离(毫米)；

l_2 ——烧成后试件上两记号间的距离(毫米)。

试件变形将引起测量误差，故对变形显著者应不予计入。成型水分对干燥收缩率影响较大，所以应同时测定成型时的含水量。

亦可考虑采用普通粘土砖坯进行测定。

二、体积收缩法

体积收缩法是用收缩皿来测定的，收缩皿是金属质的，直径约45~50毫米，高20~30毫米，壁与底成一平滑曲线形的器皿(图1-4)。收缩皿的容积可预先测定，将水银注满收缩皿，用平玻璃板压紧在皿上，使多余水银流出，称皿中水银的重量并量其温度。以该温度下的水银容重(在18°C以下可取13.6克/厘米³；18°C以上可用13.5克/厘米³)除以水银重量即得收缩皿的容积。

将按线收缩法制备好的标准泥团装入收缩皿(皿内壁抹一薄层凡士林)，用直尺刮去多余试样。将收缩皿连同试样

一起放在室内阴干，或在低于60°C的烘箱中干燥5小时，最后再将试件放在105~110°C下干燥至恒重。干试件的体积用水银排开法测定（图1-5），用一平口玻璃容器1装满水银，将三脚玻璃板2压紧在容器上，使多余水银流去。然后将玻璃容器连同水银一起放在大瓷皿3中，并将干试件4放入水银中，再将三脚玻璃板盖在玻璃容器上，这时三脚玻璃板将试件压入水银并排出多余的水银。收集大瓷皿中被试件排出的水银，称其重量和量其温度。以该温度下水银容重除以水银重量即得干试件的体积。计算公式如下：

$$V_{\text{干}} = G / \gamma \quad (1-7)$$

式中 $V_{\text{干}}$ ——干试件体积（厘米³）；

G ——被干试件排出的水银重量（克）；

γ ——测试时水银容重（克/厘米³）。

再将干试件放入高温炉中焙烧到烧成温度（一般在900~1100°C）后缓冷至600°C取出，在空气中冷却至室温，用水银排开法测得烧成后的体积。体积收缩率按下式计算：

$$Z_{\text{干}} = \frac{V_{\text{湿}} - V_{\text{干}}}{V_{\text{湿}}} \times 100 \quad (1-8)$$

$$Z_{\text{烧}} = \frac{V_{\text{干}} - V_{\text{烧}}}{V_{\text{干}}} \times 100 \quad (1-9)$$

$$Z_{\text{总}} = \frac{V_{\text{湿}} - V_{\text{烧}}}{V_{\text{湿}}} \times 100 \quad (1-10)$$

式中 $Z_{\text{干}}$ ——干燥体积收缩率（%）；

$Z_{\text{烧}}$ ——烧成体积收缩率（%）；

$Z_{\text{总}}$ ——总体积收缩率（%）；

$V_{\text{湿}}$ ——湿试件的体积即收缩皿的容积（厘米³）；

$V_{\text{干}}$ ——干试件的体积（厘米³）；

$V_{\text{烧}}$ ——烧成后试件的体积(厘米³)。

此种试验称量要求准确到 0.1 克。两个以上平行试验,取其算术平均值。

有时,限于条件或其它原因,可用木模成型,试件尺寸为 20×20×60 毫米,用浸液称量法来测定试件(湿、干与焙烧)的体积,再按式 1-8、1-9、1-10 各式计算体积收缩率。

所谓浸液称量法,就是将试件称得在空气中的重量 $G_{\text{空}}$ 和悬于液体(如煤油)中的重量 $G_{\text{液}}$,再根据液体的比重 $\gamma_{\text{液}}$,按下式计算其体积 V :

$$V = (G_{\text{空}} - G_{\text{液}}) / \gamma_{\text{液}} (\text{厘米}^3)$$

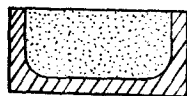


图 1-4 收缩皿

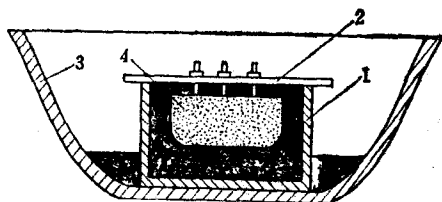


图 1-5 水银排开法测定体积

1—平口玻璃杯; 2—三脚玻璃板;
3—瓷皿; 4—试件

第四节 临界含水量的测定和 干燥敏感性系数的确定

砖瓦坯体中含有大量水分,在干燥过程中,逐渐蒸发、干燥,其尺寸亦逐渐缩小。当制品外层已干燥其体积缩小时,内层仍为潮湿状态,这样就阻止了外层的收缩,使制品内产生有害的应力,而产生开裂现象。

所谓临界含水量,就是坯体逐渐干燥到这个含水量下,

粘土坯体停止收缩，水分继续排除，坯体中的孔隙增加而不会产生内应力，故这时干燥速度可以尽量加大，而坯体不会开裂。

粘土的干燥敏感性，即粘土制品在干燥过程中产生裂纹的现象。粘土的干燥敏感性同粘土的矿物组成、干燥收缩、可塑性、体积气孔率、塑性粒子的分散度、粘土粒子表面的碱性元素阴离子数量等等有关。粘土的干燥敏感性随粘土的温度的升高而减少。

关于粘土的干燥敏感性系数，国内外研究人员提出了不同的理论及确定方法。实际测定时，干燥敏感性系数是按下式来确定的：

$$K = \frac{W_{初} - W_{临}}{W_{临}} \quad (1-11)$$

式中 K ——干燥敏感性系数；

$W_{初}$ ——试样初始含水量（%）；

$W_{临}$ ——试样临界含水量（%）。

试样初始含水量和临界含水量均以绝对值表示。为了避免误差，一般取粘土的最大分子水容量之 1.7 倍为标准成型稠度。

临界含水量的测定和干燥收缩的方法一样，因而可以同时进行。

用体积收缩法测定临界含水量时，需测定成型时的含水量，即称取制备好的标准泥团 5 克左右，按第二节方法测定含水量，最后需称取干试件的重量即可。临界含水量按下式计算：

$$W_{临} = W_{成} - \frac{V_{湿} - V_{干}}{G_0} \cdot \gamma_w \times 100 \quad (1-12)$$

式中 $W_{\text{临}}$ ——临界含水量(%)；
 $W_{\text{成}}$ ——试件成型时的含水量(绝对值，%)；
 $V_{\text{湿}}$ ——成型时的湿试件体积(厘米³)；
 $V_{\text{干}}$ ——干燥后试件体积(厘米³)；
 G_0 ——干燥后试件重量(克)；
 γ_w ——水的容重(=1克/厘米³)。

用线收缩法测定临界含水量时，成型以后的试件，从放入烘箱起计，需每隔0.5~1小时称与量一次，一直称与量到收缩停止(即线段长度不变)为止。最后将试件在105~110°C的烘箱中干燥到恒重。

临界含水量和成型时的含水量按下式计算：

$$W_{\text{临}} = \frac{G_2 - G_0}{G_0} \times 100 \quad (1-13)$$

$$W_{\text{成}} = \frac{G_1 - G_0}{G_0} \times 100 \quad (1-14)$$

式中 G_0 ——干燥后试件的重量(克)；
 G_1 ——成型时试件的重量(克)；
 G_2 ——干燥收缩停止时的重量(克)。

这时干燥敏感性系数可用下式确定：

$$K = \frac{G_1 - G_2}{G_2 - G_0} \quad (1-15)$$

一般干燥敏感性系数应等于或小于1较为适宜；系数在1~2之间为中等；系数大于2者则容易造成缺陷。

第五节 粘土可塑性的测定

粘土与一定量的水调和以后即成可塑状态，这时在外力作用下能任意改变它的形状而不开裂，当外力去除以后，能

保持这种形状，粘土的这种性质称为可塑性。

可塑性是粘土的基本性能，亦是主要的工业技术指标。可塑性大的粘土，需要的调和水量也多，其结合能力亦强，但干燥收缩亦大。所以可塑性太大的粘土，在生产上要掺入非塑性的物质，进行瘠化。

表示粘土可塑性的方法很多，但目前通用的有塑性指数、塑性指标和粘土的结合能力等。这里就前两种方法分别加以介绍。

一、塑性指数法

塑性指数表示粘土呈可塑状态时含水量的变化范围，其值等于液性限度和塑性限度之差，所以塑性指数法包括液限和塑限两个测定内容。所谓液性限度，就是粘土呈可塑状态时的上限含水量，当土中含水量超过液限，即进入流动状态。所谓塑性限度，就是粘土呈可塑状态时的下限含水量，当土中含水量低于塑限时，即进入半固体状态。

（一）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，一份作为塑限测定之用。

将拌和均匀的试样制成适当大小的圆柱形泥团，置于手掌心，用流性限度仪—华氏平衡锥（图1-6）检验其稠度大致情况（即15秒钟锥体落入深度），若15秒钟锥体自由落入深度小于10毫米（在锥体10毫米处有一条记号线），则表示土中含水量低于液限，此时需加入少量水分，重新拌和均匀，若15秒钟落入深度大于10毫米，则表示土中含水量大于液限，此时将试样置于器皿中多加拌和或用手捏练使水分蒸发再试。一直调整到基本符合要求后，将泥料装入试杯中。在装料过程中，注意勿使土内聚集空气，并不时予以轻敲，

以除去杯中的气泡，然后用刮刀将多余的试样刮去，使与杯口齐平为止。

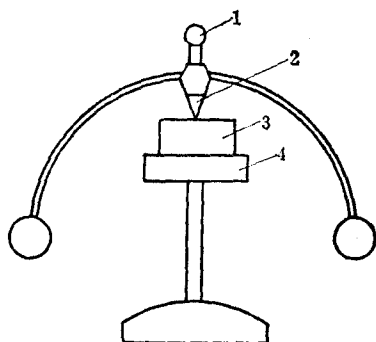


图 1-6 流性限度仪—华氏平衡锥

1—手柄；2—30°的圆锥体；3—试样杯；4—台架

将试样杯置于流性限度仪的平台上，并使平台保持水平。用清洁布将平衡锥的锥体擦净，涂以少量的凡士林，用手提住平衡锥的手柄，使锥尖刚与试样表面接触并垂直于试样面，松手后任其自身重量沉入土中。当锥体沉入试样的深度不符合要求时，则继续调正含水量，一直做到15秒钟锥体自由落入土中的深度恰好为10毫米时为止。一般粘土在前几秒钟内就达到10毫米，而后就不再有明显的下沉。

同一杯中应试验数点，当锥体下沉深度均为10毫米时，从杯中取出没有凡士林的湿土约5~10克，按第二节方法测定其含水量，即得粘土的液性限度 (W_L)。

平行试验可从—个试样杯中取出2~3份试样测定含水量，但最好做两次以上的平行试验。

流性限度仪使用注意事项：