

卫生陶瓷生产技术丛书

# 理化检验与生产控制

唐山建筑陶瓷厂〈卫生陶瓷生产技术丛书〉编写组

中国建筑工业出版社

# 目 录

前 言 .....	1
一、粘土原料物理性能的测定 .....	2
(一) 原料的试烧 .....	2
(二) 原料试样的选取和制备 .....	2
(三) 粘土可塑性能的测定 .....	3
(四) 粘土结合性的试验 .....	8
(五) 粘土抗折强度的测定 .....	10
(六) 粘土的收缩试验(干燥收缩和烧成收缩) .....	14
(七) 粘土稀释性能试验 .....	16
(八) 粘土原料或陶瓷坯料烧结(或玻化)范围的测定 .....	20
二、泥浆性能测定 .....	26
(一) 概述 .....	26
(二) 含水量的测定 .....	26
(三) 颗粒细度的测定(筛分法) .....	27
(四) 流动性的测定 .....	28
(五) 厚化度的测定 .....	30
(六) 泥浆比重的测定 .....	31
(七) 泥浆pH值的测定 .....	32
三、坯料干燥(烧成)收缩和抗折强度测定 .....	33
(一) 坯体干燥(烧成)收缩测定 .....	33
(二) 干燥抗折强度 .....	34
四、釉性能的测定 .....	35
(一) 釉熔融温度的测定 .....	35
(二) 釉粘度的测定 .....	36

(三) 釉烧成范围试验.....	37
<b>五、成品物理性能测定</b> .....	39
(一) 吸水率、气孔率、体积密度的测定.....	39
(二) 白度的测定.....	40
(三) 热稳定性的测定.....	41
(四) 便器冲洗功能的测定.....	42
<b>六、化学及化学分析基础知识</b> .....	44
(一) 化学的基本概念.....	44
(二) 无机物的分类.....	49
(三) 溶液的一般知识.....	51
(四) 化学分析基础知识.....	53
<b>七、仪器设备及其使用</b> .....	56
(一) 天平的使用和注意事项.....	56
(二) 玻璃仪器.....	59
<b>八、平均试样的采取和制备</b> .....	65
(一) 平均试样的采取.....	65
(二) 平均试样的制备.....	66
<b>九、试剂</b> .....	68
(一) 试剂浓度的表示方法.....	68
(二) 标准溶液的配制与标定.....	72
<b>十、陶瓷坯料、普通釉料、粘土、长石、滑石、匣钵等的全分析</b> .....	77
(一) 烧失量的测定.....	78
(二) 二氧化硅的测定.....	78
(三) 氧化铝的测定.....	81
(四) 氧化铁的测定(光电比色法).....	83
(五) 氧化钛的测定(光电比色法).....	84
(六) 氧化钙的测定.....	85
(七) 氧化镁的测定.....	87

(八) 三氧化硫的测定	88
(九) 氧化钾和氧化钠的测定	90
十一、采用镍(银坩埚)熔样和重量法进行	
全分析	92
(一) 灼烧减量的测定	92
(二) 二氧化硅的测定	92
(三) 三氧化二物的测定	92
(四) 氧化铁的测定	94
(五) 氧化钛的测定	95
(六) 氧化钙的测定	96
(七) 氧化镁的测定	97
(八) 氧化钾、氧化钠的测定(重量法)	98
十二、高铝矾土样品的融熔和处理	102
十三、石灰石的分析	104
(一) 烧失量的测定	104
(二) 酸不溶物的测定	104
十四、石英的简易分析	106
十五、碳酸钠的分析	107
(一) 水分的测定	107
(二) 氧化钠的测定	107
(三) 碳酸钠和碳酸氢钠的测定	108
十六、水玻璃的分析	110
(一) 二氧化硅的测定	110
(二) 氧化钠的测定	110
十七、石膏的全分析	112
(一) 结晶水的测定	112
(二) 酸不溶物的测定	112
(三) 三氧化硫的测定	113

## 前 言

物理检验与化学分析，是陶瓷生产中一项很重要的技术工作。陶瓷生产中的物理检验主要是用一定的仪器和设备测定原料、半成品、成品和辅助材料的物理性能。陶瓷厂的化学分析则主要是用定量分析的方法，准确地测定原料、坯料、釉料、辅助材料各组成部分的百分含量。

在陶瓷生产中，首先要了解原料的物理性能和化学成分，根据原料的这些理化性能设计坯料、釉料和辅助材料的配方，然后进行试验和生产。在生产工艺过程中，也必须经常测定各项工艺指标是否正常；配方的化学组成是否符合设计的要求，以便及时发现和消除产品缺陷，提高产品质量，科学地管理生产。

## 一、粘土原料物理性能的测定

### (一) 原料的试烧

陶瓷原料大部分为自然界的矿物。由于地质条件不同，外观上往往呈现不同的颜色，如果在一定温度下煅烧，外观将发生一定的变化。根据这些变化我们可以初步鉴别原料的优劣。在生产上，往往对新进厂原料首先进行试烧，以鉴别原料质量并为精选原料提供参考。

试烧方法是在原料堆上取各种具有代表性的原料试样，将每一块分成两半，用钴兰色料写上标号（两块写同一标号），将其中一块放入生产窑炉或电炉中煅烧（注意隔烟），煅烧温度在 $1250\sim 1280^{\circ}\text{C}$ 左右。将烧后试样与烧前试样进行比较，记录其烧前、烧后的外观呈色、结构和烧结程度等。如所烧的试样是长石等易熔原料，则应将试样放在高铝（或粘土）质无釉坩埚或匣钵内，以免在煅烧过程中沾污产品或电炉。

### (二) 原料试样的选取和制备

#### 1. 平均试样的选取

测定物理性能用的粘土原料试样，必须具有代表性，才能充分反映原料的性质。为此，在工厂原料堆上，选取具有代表性的试样约15公斤，将其中块状原料打碎至小于3公分，用四分法缩分至5公斤左右，混均待用（取样和缩分的具

体方法可参阅本书九)。

## 2. 试样的制备

试样的制备，是采取和生产相同的方法，即将试样于小球磨中加水磨细，并用万孔筛检查，其筛余物在1~1.5%之间即可出磨。将料浆倒入铺有一层白布（或纱布）的石膏模内，吸去部分水分，至泥料可以混合成团的软泥，即可从石膏模中取出，置于搪瓷盘中，用湿毛巾覆盖，以备下列各项试验之用。也可将软泥烘干，压碎后用0.5毫米孔径的筛子过筛，备用。

### （三）粘土可塑性能的测定

#### 1. 概述

可塑性是粘土的基本性能，即粘土和水混合后形成的泥团，在外力作用下，能变成任何形状，当外力消除后，形状保持不变，粘土的这种性质称为可塑性。

粘土的可塑性是陶瓷制品成型性能的主要依据。塑性太弱的粘土不利于成型；塑性太大的粘土，需要的调和水多，其结合能力也强，但干燥收缩大。结合能力强，有利于成型操作及提高生坯强度。干燥收缩大会使产品在干燥时产生有害的应力，造成变形或开裂。因此，粘土可塑性能的测定是非常必要的。

表示粘土可塑性的方法，通常有塑性指数及塑性指标两种。

塑性指数表示粘土呈可塑状态时，含水量的变化范围，代表粘土的可塑性的程度，其值等于液限与塑限之差。

塑性指标是代表粘土的成型性能，为粘土试样在外力（如加压）作用下的变型程度，为可塑性测定方法中较常用

的一种。

## 2. 塑性指数法

### (1) 方法要点

塑性指数法包括液限与塑限两个指定内容，液限是粘土呈可塑状态时的上限含水量，当粘土中含水量超过液限，即进入流动状态。塑限是粘土呈可塑状态时的下限含水量，当粘土中含水量低于塑限时，即进入半固体状态。

### (2) 所需设备

华氏平衡锥（包括全套附件）如图 1 所示；

天平（感量0.01克）；

小瓷皿；

干燥器；

调泥刀；

烘箱（105~110°C

恒温）。

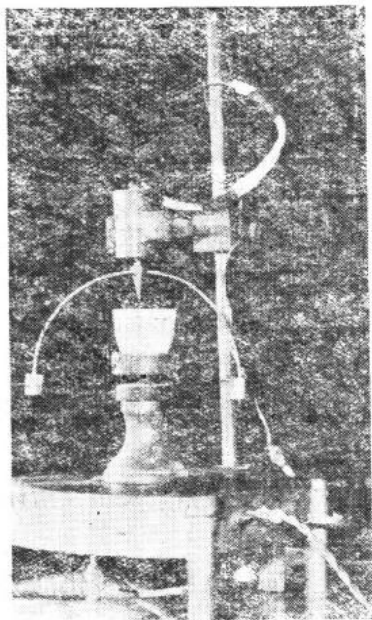


图 1 华氏平衡锥

### (3) 试验步骤

#### 1) 液限测定

A. 将经石膏模吸水以后的泥团拌合均匀，取其中一小块，制成适当大小的圆柱体，置于掌心，即用平衡锥检验其稠度大致情况（以平衡锥下落至刻度为准），然后将泥料用调泥刀装入试验杯内，装

料时用刮刀分层装入，并加以轻敲，以除去泥料和杯中气



泡。然后用刮刀将多余的泥料刮去，至与杯口齐平为止。

B. 将平衡锥体用布擦干，用少许凡士林涂于锥身及尖端。

C. 握住锥体之手柄，使圆锥垂直地、轻轻地放在试验杯泥样面上（尖端刚好与泥面接触），任其自身重量沉入泥中（为了在操作上便于控制，减少误差，可利用电磁铁装置吸住平衡锥手柄，试验时断绝电源，使锥体自由落下）。

D. 锥体经15秒钟自由落入试样之深度，若小于10毫米，则表示粘土中含水量低于液限。此时，需加入少量的水于试样中，重新拌合，再重复试验其落入深度。如果锥体落入深度大于10毫米，则表示试样中水分过多，需将试样用手捏练，使水分减少再试验之。当锥体沉入试样的深度恰为10毫米时，即表示达到液限。

E. 同一试验杯中的试样，应该试验数点，如其结果一致，即从杯中取出约5~10克试样，置于小瓷皿中，称其重量。经烘箱于105~110°C烘干至恒重后，冷却，称重，计算其含水量。其数值即为该粘土的液性限度，以 $W_1$ 表示。

计算公式：
$$W_1 = \frac{G_1 - G_2}{G_2 - G_0} \times 100\%$$

式中  $W_1$ ——液限（%）；

$G_1$ ——皿与湿试样重（克）；

$G_2$ ——皿与干试样重（克）；

$G_0$ ——皿重（克）。

## 2) 塑限测定

### A. 搓条法

a. 取拌合均匀的试样，用手捏成椭球体泥块，然后放在玻璃板上，用掌心（不准用手指）轻轻搓滚，至搓成直径为

3毫米的圆条。此时如果泥条尚未断裂，则用手将泥条混成一团捏练之（以减少水分），再依上法搓滚。如此反复搓滚，直至泥条搓成直径为3毫米时出现分段为止。

b. 迅速收集5~10克断裂的泥条，放入瓷皿中，称其重量，于105~110°C烘干至恒重后，冷却，称重。计算其含水量，即得塑性限度，以 $W_2$ 表示。

搓条法纯系人工操作，所得结果甚不稳定。基于最大分子吸水量与土壤的塑性限度相近，我们曾用测定最大分子吸水量来代替塑性限度值，以减少人为的误差。

#### B. 最大分子吸水量测定方法

a. 取20张直径6~7公分的滤纸，在滤纸上面加放一块和滤纸相同大小的丝绸布，将模板放在丝绸布上，把做完液限后的泥料试样填入模孔之中，用刀将多余的粘土刮去，拿去模板，令粘土饼置于丝绸布上。

b. 在粘土饼上加盖一块丝绸布，布上加盖20张滤纸。

c. 将泥饼连同滤纸和丝绸布，一并放在压力机上，开动压力机，加压至1310公斤后，维持10分钟（压力不变）。

d. 取下试样，将粘土饼称重，烘干，测定其含水量，即为最大分子吸水量。

$$\text{塑性指数} = \text{液限} - \text{最大分子吸水量}$$

注：

- (1) 模板尺寸为厚2公厘，内径5公分的金属圆板；
- (2) 压力机可用油压机或手压机；
- (3) 每次需做两个平行试验。

### 3. 塑性指标法

#### (1) 方法要点

塑性指标法是粘土可塑性的直接测定方法。一定直径的泥球，受外力作用后，发生变形并开始产生裂纹，以应力与

应变的乘积来表示其可塑性程度。

### (2) 所需设备

塑性指标仪(附弹丸)见图2;

天平(感量0.01克);

烘箱;

干燥器;

调土刀;

直径4.5公分,高4.5公分的金属圈一个。

### (3) 试验步骤

1) 将从石膏模中取出的软泥充分捏练,使其达到标准工作状态的水分(以不沾手为准)。

2) 用金属空心圆筒将泥料切割成高4.5公分,直径4.5公分的圆柱体,并将圆柱体试样用湿布盖好,以防水分蒸发。然后将试样用手心团成圆球体(在搓球之前要用湿布擦湿手心),搓球的时间力求迅速,以免失去水分。圆球的直径为4.5公分 $\pm$ 0.1公分。搓好的圆球试样立即用湿布盖好,并尽快进行试验。

搓球时,几个试样要由同一个人搓,球的表面要力求光滑无气孔、无皱纹和任何微小的夹杂物,以免影响实验结果。

3) 试验开始时,将圆球试样放在指标仪机座平盘中央。将金属杆降下,使其下面的平盘与试样表面稍稍接触,

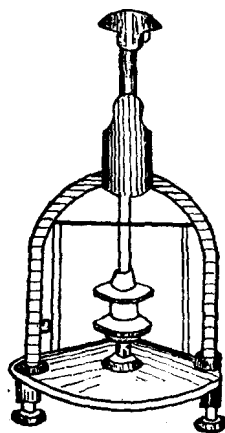


图2 塑性指标仪

即用夹紧螺钉将金属杆固定，记录杆在标尺上的位置。

4) 在上面的圆盘上放置一个容器，然后松开夹紧螺钉，将弹丸逐渐地加入容器中(缓慢加入，不应有冲击力)，随着弹丸荷重的增加，泥球直径逐渐发生变化，当试样开始出现细小裂纹时，立即停止向容器内加入弹丸，旋紧螺钉，固定金属杆的位置(当开始往容器内加入弹丸时，就应仔细地、不间断地通过镜子观察试样可能在某一瞬间出现裂纹。当裂纹一出现，马上停止加入弹丸，并固定金属杆)。

5) 记录下降后金属杆的位置，计算试样在该荷重下的变形大小(试验前和试验后金属杆在标尺上的位置之差，即球体试样直径的变化，以公分(cm)计。

6) 称量容器连同弹丸的重量(金属杆和上面的圆盘的重量在试验前预先称过)。

7) 测定试验后泥团的含水量。计算其可塑水分。

8) 可塑指标计算公式：

$$S = (a - b) \times P$$

式中  $S$ ——可塑指标；

$a$ ——泥球在试验前的直径(公分)；

$b$ ——泥球受压后的高度(低压的方向)；

$P$ ——泥球出现裂纹时的负荷重量(包括弹丸、容器和金属杆)。

#### (四) 粘土结合性的试验

##### 1. 概述

粘土能与非可塑性材料粘合，并形成成型性能良好的泥团，及在干燥后能形成坚实生坯的性能，称作粘土的结合性。

粘土的结合能力越好，其可塑性能越强。因此，了解粘

土的结合性，就可以判断粘土的可塑性。还可以了解粘土加入非可塑性原料后的物理性能，对生产中坯料配方的合理配比有一定的指导意义。

测定粘土结合性能包括两项内容：

- (1) 粘土中加入不同比例的瘠性原料后之成型能力；
- (2) 粘土中加入不同比例的瘠性原料经干燥后，毛坯的机械强度。

## 2. 所需设备

试样成型模（ $20 \times 20 \times 150$ ）；

抗折强度试验仪（图3）；

天平（感量0.01克）；

卡尺。

## 3. 试料的准备

(1) 瘠性原料的准备

以石英砂做为瘠性原料，其颗粒配比如下：

0.25~0.15毫米粒度70%，

0.15~0.09毫米粒度30%。

(2) 粘土试料的准备

将粘土原料粉碎至全部通过0.5毫米孔径筛，于105~110°C烘干备用。

## 4. 试验方法与步骤

(1) 按以下配比，将粘土和石英砂相加，并充分干混均匀。

$$\frac{\text{粘土}}{\text{石英砂}} = \frac{100}{0}; \frac{80}{20}; \frac{60}{40}; \frac{40}{60}; \frac{20}{80}。$$

如粘土结合性很差，后面几个配比可以不做试验。

(2) 将已经干混后的试料，撒在搪瓷平盘上。每撒一

薄层试料后，再洒上少量的水，使试料润湿。然后用湿毛巾盖好，陈腐24小时后将试料充分混均至正常操作水分。

### (3) 成型能力的试验

将正常操作状态的泥料，用辘棒辗压至厚度为8毫米的泥饼，并用有锋利刀韧的调泥刀切割泥饼。在操作过程中，注意观察泥料的成型能力（试样成型之难易，表面及切口是否平滑），对其成型能力做出经验估计，将观察结果以下式符号表示。

+++成型很容易；    ++成型尚可；  
+不易成型；        -不能成型。

### (4) 测定机械强度

测定抗折强度的方法和试样的制备，参阅下述“粘土抗折强度的测定方法”，用抗折仪测定各试样的抗折强度，依公式计算抗折强度值。

## (五) 粘土抗折强度的测定

### 1. 概述

粘土原料加水混合，成型干燥后，由于粘土的粘合能力，使制品具有一定的抗折强度。粘土的抗折强度越高，其可塑性能和结合性能越好，所以一般可通过粘土抗折强度试验来判断粘土的可塑性能和结合性能。

抗折强度试验，是将粘土制成一定大小的试体，在抗折强度试验仪上检验其受到弯曲作用而破坏时的最大应力，用破坏弯曲力矩（公斤·厘米）与折断处截面阻力力矩（厘米<sup>3</sup>）之比表示（单位：公斤/厘米<sup>2</sup>）。

### 2. 所需设备

抗折强度试验机（如没有试验机可用简易试验机），如

0481822

图3所示，

卡尺，

小磅秤，

试样成型模（ $20 \times 20 \times 150$ ），

玻璃板。

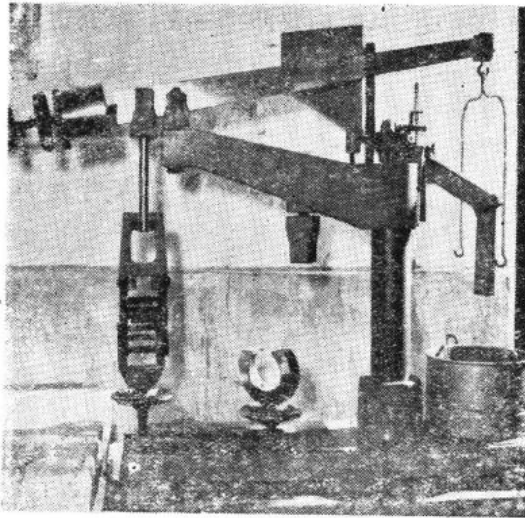


图3 抗折强度试验机

### 3. 试样制备

（1）将经过磨细，并用石膏模吸水后的泥块用手捏练（若水分太大可在石膏板上摔打）至正常操作水分。若使用干燥试料，则先加水混合，陈腐24小时以后再行捏练。

（2）在成型模的下边，垫一块白布，模型的四周涂擦少许润滑油，然后将泥块放入模型中并使之充满模型的全部。在上面加一层白布，然后用木锤将试样打结实，打时不要用力过猛，并要逐点均匀，两面都打，以保持试样的致密

性。把布揭开，用刮刀刮平使表面光滑，用一条和试样相同尺寸的木条将试样顶出，放在铺有白纸的玻璃板上阴干。在阴干过程中要时时翻动试样，以免变形。

(3) 试样阴干至发白，放入60°C烘箱中烘4小时，再升高温度至105~110°C，烘至恒重，取出，冷却。

(4) 干燥后的试样，要仔细检查，取其中无裂纹、歪扭、弯曲等缺陷的试样，在抗折强度试验机上试验。

#### 4. 试验程序

##### (1) 抗折试验机

1) 将仪器的各支承刀口安放好，移动平衡锤，使杠杆平衡。

2) 旋转螺钉，将附有卡箍的铁杆提起，装入试样，使上部可动卡箍的刀口正好位于试样的中央，而下部卡箍的刀口则与试样两端等距离。

3) 向相反的方向扭转螺钉，使所有的刀口和试样表面呈紧密状态。

4) 开动流出器，流出弹丸（流速为100克/秒），试样折断后，自动关闭流出口，取下小桶，称重弹丸（如不挂桶平衡则应连桶一起称），记下重量（ $P$ ）。

5) 用卡尺量取试样折断处的宽度（ $D$ ）和高度（ $h$ ），以厘米计。

##### (2) 简易抗折试验仪（图4）

1) 取干燥无缺陷的试样，放在两支架上，并使吊环挂在试样中间。

2) 将小桶挂在吊钩上，小桶里面预先放入部分弹丸或比较大的类似物品（预先放入的弹丸重量应低于折断负荷，如果大于或等于折断负荷，则应减少弹丸，重新试验）。



3) 用一直径为5~7毫米的乳胶管，连通自来水管，用手拿住，开动水门，令水流入小桶中，在试样折断的瞬间，随即用手指捏紧胶管，断绝流水。

4) 称取小桶连同弹丸及水的重量。

5) 量取试样折断处的宽度和厚度，以厘米计。

用简易抗折试验机测定抗折强度，其结果和抗折试验机一样准确。不同的是，弹丸不能自动加入。开始试验时，由于预先加入弹丸，使负荷量增加过急。但注意加入弹丸量要适当和挂桶时要缓慢，不要产生冲击力；挂上小桶以后立即加水，流水不要过急；样品折断的同时流水立即停止。这些操作熟练以后，完全可以得到准确的结果。

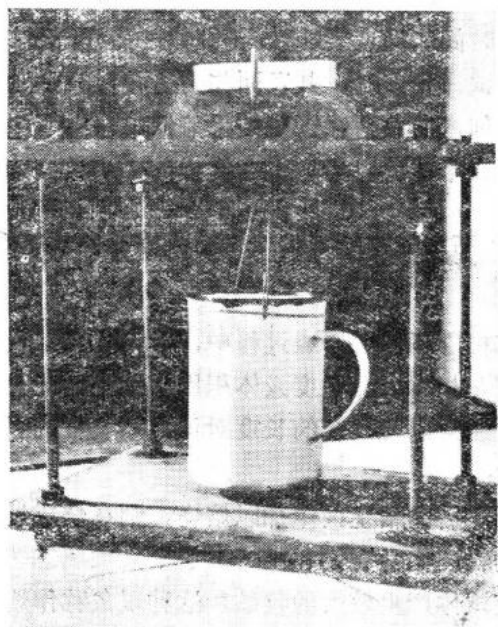


图 4 简易抗折试验机