

## 绪 论

建筑材料与水利水电工程技术的关系十分密切，它是水利水电工程建设的物质基础。建筑材料的性能、质量、品种和规格，直接影响着土建工程的结构形式和施工方法，各种建筑物和构筑物的质量在很大程度上取决于正确的选择和合理地使用建筑材料。

建筑材料实训是水利水电工程技术专业的一门技术课，为学员在学习工程材料识别、使用、质量检验诸方面进行基本技能的严格训练和基本能力的培养，以达到水利水电工程相应技术工作所要掌握的技能要求。为今后从事专业技术工作时能合理选择和使用建筑材料打下基础。

学习检测材料方法时，应了解建筑材料常用的试验仪器；熟悉常用建筑材料试验规程；着重掌握常用建筑材料的试验方法以及质量鉴定方法。建筑材料种类繁多，需要研究的内容范围很广，涉及原料、生产、材料组成与结构、性质、应用、检验、运输、验收和储藏等各个方面。本课程着重于材料的检验。

建筑材料试验室应保持空气流通。试验室空气温度和相对湿度及养护池水温在工作期间每天至少记录一次。养护箱或雾室温度与相对湿度至少每 4h 记录一次，在自动控制的情况下记录次数可以酌减至一天记录二次。

试验时对设备的率定要正确。检测设备检测的公差不符合规定时，该设备应替换，或及时进行调整和修理。对新设备的接收检测应包括本设备标准规定的质量、体积范围，对于公差规定值要特别注意。有的设备材质会影响试验结果，这些材质也必须符合要求。

在试验室对材料检验时，必须严格遵守材料检验的操作规程。要注意用电安全，有些试验项目操作时应戴好手套与口罩。使用玻璃器皿时要小心，要爱护试验设备，试验结束，擦洗干净所用的仪器与设备并摆放整齐。

材料试验过程中，应认真按规定的记录表格记录试验数据。

# 第一章 水泥技术指标检验

水泥技术指标检验的基准方法按照水泥检验方法（ISO 法）标准，也可采用 ISO 法允许的代用标准。当代用后结果有异议时以基准方法为准。

本节检验方法适用于硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥、矿渣硅酸盐水泥、粉煤灰硅酸盐水泥、复合硅酸盐水泥、石灰石硅酸盐水泥，其他品种水泥检验采用本方法时必须研究本方法规定的适用性。

以同一水泥厂、同一强度等级、同一品种、同期达到的水泥不超过 400t 为一个取样单位（不足 400t 者也可以作为一个取样单位）。取样应有代表性，可连续取，也可从 20 个以上不同部位分别抽取约 1kg 水泥，总数至少 10kg；水泥试样应充分拌匀，通过 0.9mm 方孔筛并记录筛余物情况，当试验水泥从取样至试验要保持 24h 以上时，应把它贮存在基本装满和气密的容器里，这个容器应不与水泥起反应。试验用水应是洁净的淡水，仲裁试验或其他重要试验用蒸馏水，其他试验可用饮用水。试验室温度为 17~25℃，相对湿度大于 50%；水泥试样、拌和水、仪器、用具和试模的温度与试验室一致。

## 第一节 水泥细度检验

### 一、检验目的

检验水泥颗粒的粗细程度。由于水泥的许多性质（凝结时间、收缩性、强度等）都与水泥的细度有关，因此必须检验水泥的细度，以它作为评定水泥质量的依据之一。

### 二、仪器设备

#### 1. 试验筛

试验筛由圆形筛框和筛网组成（筛网孔边长为  $80\mu\text{m}$ ），其结构尺寸见图 1-1。

#### 2. 水筛架和喷头

水筛架上筛座内径为 140 mm。喷头直径 55mm，面上均匀分布 90 个孔，孔径 0.5~0.7mm。水筛架和喷头见图 1-2。

#### 3. 天平

天平最大称量为 100g，分度值不大于 0.05g

### 三、检验步骤

#### 1. 水筛法

（1）筛析试验前，应检查水中无泥沙，调整好水压及水筛架的位置，使其能正常运转。喷头底面和筛网之间距离为 35~75mm。

（2）称取试样 50g，置于洁净的水筛中，立即用淡水冲洗至大部分细粉通过后，放在水筛架上，用水压为  $0.05 \pm 0.02\text{MPa}$  的喷头连续冲洗 3min。筛毕，用少量水把筛余物冲

至蒸发皿中，等水泥颗粒全部沉淀后，小心倒出清水，烘干并用天平称量筛余物，称准至 0.1g。

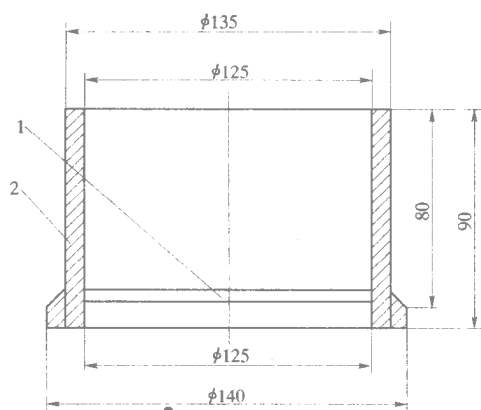


图 1-1 试验筛 (单位: mm)

1—筛网; 2—筛框

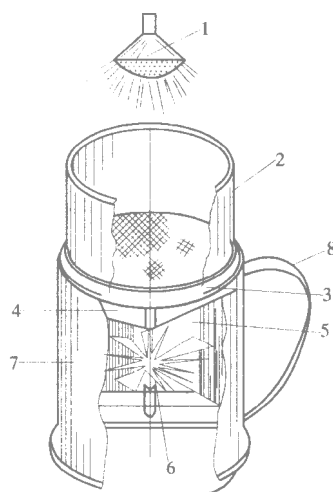


图 1-2 水筛法装置系统图

1—喷头; 2—标准筛; 3—旋转托架;  
4—集水斗; 5—出水口; 6—叶轮;  
7—外筒; 8—把手

## 2. 干筛法

(1) 称取水泥试样 50g 倒入干筛内。

(2) 用一只手执筛往复摇动，另一只手轻轻拍打，拍打速度 120 次/min，每 40 次向同一方向转动 60°，使试样均匀分布在筛网上，直至每分钟通过的试样量不超过 0.05g 为止，用天平称量筛余物，称准至 0.1g。

## 四、检验结果

水泥试样筛余百分数按下式计算：

$$F = (R_s / m_c) \times 100\% \quad (1-1)$$

式中  $F$ ——水泥试样的筛余百分数，%；

$R_s$ ——水泥筛余的质量，g；

$m_c$ ——水泥试样的质量，g。

按表 1-1 进行记录，结果计算至 0.1%。

水筛法和干筛法均以一次检验测定值作为鉴定结果，两者结果发生争议，以水筛法为准。

表 1-1

水泥细度记录表

| 水泥品种 | 强度等级 | 试验方法 | 试样质量<br>(g) | 筛余量<br>(g) | 细 度<br>(筛余百分率) |
|------|------|------|-------------|------------|----------------|
|      |      |      |             |            |                |

## 第二节 水泥标准稠度需水量检验

### 一、检验目的

通过试验测定水泥净浆达到标准稠度的需水量，作为水泥凝结时间、安定性试验需水量之标准。

### 仪器设备

(1) 测定水泥标准稠度和凝结时间的维卡仪见图 1-5。

(2) NJ-160B 型水泥净浆搅拌机见图 1-3。

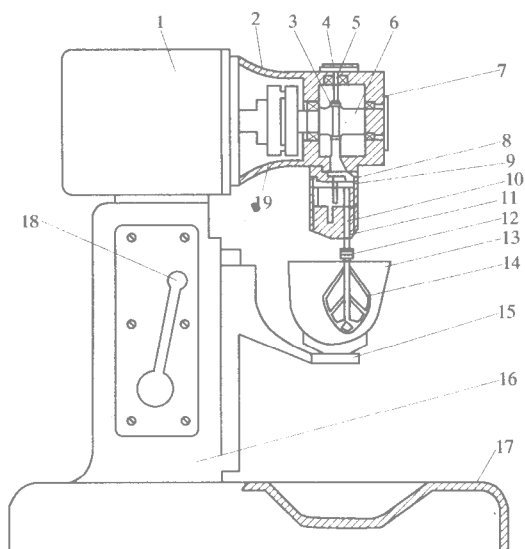


图 1-3 水泥浆搅拌机

1—双速电动机；2—连接法兰；3—蜗轮；4—轴承盖；5—蜗轮轴；6—蜗杆轴；7—轴承盖；8—内齿圈；9—行星齿轮；10—叶片轴；11—行星定位套；12—调整螺母；13—搅拌锅；14—搅拌叶片；15—滑板；16—立柱；17—底座；18—手柄（背面）；19—减速箱

NJ-160B 型水泥净浆搅拌机主要结构由底座 17、立柱 16、减速箱 19、滑板 15、搅拌叶片 14、搅拌锅 13、双速电动机 1 组成。

其工作原理是双速电动机轴由连接法兰 2 与减速箱内蜗杆轴 6 连接，经蜗轮轴副减速使蜗轮轴 5 带动行星定位套同步旋转。固定在行星定位套上偏心位置的叶片轴 10 带动叶片 14 公转，固定在叶片轴上端的行星齿轮 9 围绕固定的内齿圈 8 完成自转运动，由双速电机经时间继电器控制自动完成一次慢转—停—快转的规定工作程序。

本机器安装不需特别基础及地脚螺钉，只需将设备放置在平整的水泥平台上，并垫一层厚 5~8mm 的橡胶板。

本机将电源线插入，红灯亮表示接通电源，将钮子开关拨到程控位置，即自动完成一次慢转—停—快转程序，若置钮子开关于

手动位置，则手动三位开关分别完成上述动作，左右搬动手柄 18 即可使滑板 15 带动搅拌锅 13 沿立柱 16 的燕尾导轨上下移动，向上移动用于搅拌，向下移动用于取下搅拌锅。搅拌锅与滑板用偏心槽旋转锁紧。

机器出厂前已将搅拌叶片与搅拌锅之间的工作间隙调整到  $2 \pm 1\text{mm}$ 。时间继电器也已调整到工作程序要求，经试车后维修时确需调整时方法如下：

搅拌叶片与搅拌锅之间的工作间隙，若超过  $2 \pm 1\text{mm}$  可松开调整螺母 12 旋转，叶片 14 以调整叶片与锅曲面部分的间隙，合格后再拧紧调整螺母 12，或松开电机与立柱 16，减速箱的法兰与电动机 1 连接的螺钉，以调整叶片与锅直线部分的间隙，合格后再拧紧螺钉。

应保持工作场地清洁，每次使用后应彻底清除搅拌叶片与搅拌锅内残余净浆，并清

除散落在机器上的灰浆及脏物，擦干后套上护罩，防止落入灰尘。机器无外部加油孔，减速箱内蜗轮轴副，齿轮轴副及轴承等运动部件每季加二硫化钼润滑剂一次，加油时可分别打开轴承盖 4、7，滑板 15 与立柱 16 导轨之间应经常滴入机油润滑，每年应将机器全部清洗一次，加注润滑剂。

(3) 试锥和锥模见图 1-4。

### 三、检验步骤

(1) 标准稠度需水量可用调整水量和不变水量两种方法中的任一种测定。如有争议，以前者为准。

(2) 试验前必须检查仪器金属棒应能自由滑动；试锥至试模顶部位置时，指针应对准标尺零点；搅拌机应运转正常等。

(3) 搅拌锅和搅拌叶片先用湿布擦过，然后将称好的 500g 水泥试样倒入搅拌锅内。拌和时，先将锅放到搅拌机锅座上，升至搅拌位置，开动机器，同时徐徐加入拌和水，慢速搅拌 120s，停拌 15s，接着快速搅拌 120s 后停机。

采用不变水量方法时，拌和水量用 142.5mL 水；采用调整水量方法时，拌和水量按经验放。水量准确至 0.5mL。

(4) 拌和完毕，立即将水泥净浆一次装入锥模中，用小刀插捣，并振动数次，刮去多余净浆，抹平后，迅速放到维卡仪的试模固定位置上。将锥降至净浆表面，拧紧螺丝，然后突然放松，让试锥自由沉入净浆中，到试锥停止下沉时，记录试锥下沉深度。整个操作应在搅拌后 90s 内完成。

### 四、检验结果

(1) 用调整水量方法测定时，以试锥下沉深度为  $28 \pm 2\text{mm}$  时的净浆为标准稠度净浆，其拌和水量为该水泥的标准稠度需水量 ( $P$ )，以质量百分数计。

$$P = (\text{拌和用水量} / \text{水泥质量}) \times 100\% \quad (1-2)$$

如超出范围，须另称试样，调整水量，重做试验，直至达到  $28 \pm 2\text{mm}$  时为止。

(2) 用不变水量方法测定时，根据测得的试锥下沉深度  $S$  (mm)，可按以下（或仪器上的对应标尺计算标准稠度需水量  $P\%$ ）。

$$P = 33.4 - 0.185S \quad (1-3)$$

当试锥下沉深度小于 13mm 时，应改用调整水量方法测定。按表 1-2 记录。

表 1-2

标准稠度用水量测定记录表

| 水泥用量<br>(g) | 加水量<br>(mL) | 下沉深度<br>(mm) | 标准稠度用水量<br>(%) |
|-------------|-------------|--------------|----------------|
|             |             |              |                |

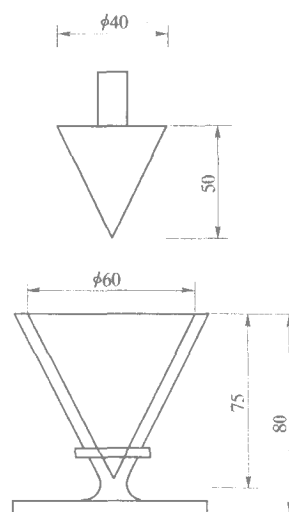


图 1-4 试锥和锥模

(单位：mm)

### 第三节 水泥净浆凝结时间检验

#### 一、检验目的

测定水泥达到初凝和终凝所需的时间，以评定水泥的质量。

#### 二、仪器设备

(1) 测定水泥标准稠度和凝结时间的维卡仪见图 1-5。

标准稠度测定用试杆，如图 1-5 (c) 有效长度为  $50 \pm 1\text{mm}$ ，由直径为  $\phi 10 \pm 0.05\text{mm}$  的圆柱形耐腐蚀金属制成。测定凝结时间时取下试杆，用试针 [图 1-5 (d)、

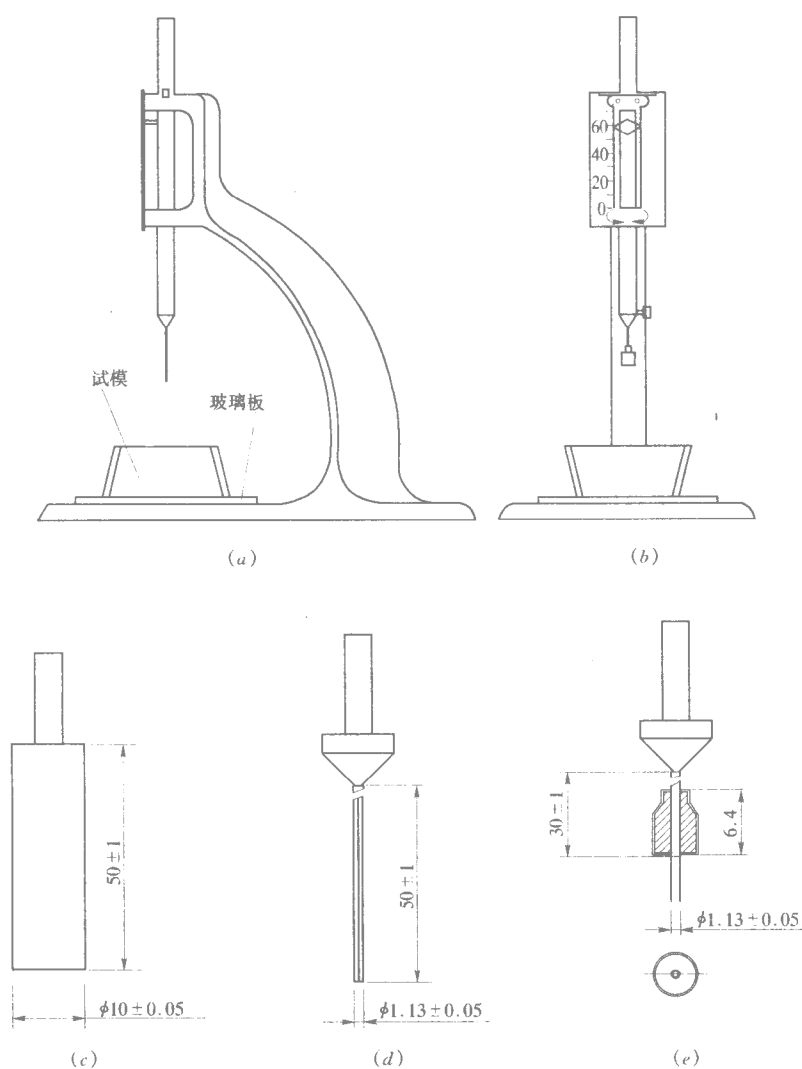


图 1-5 维卡仪 (单位: mm)

(a) 初凝时间测定用立式试模的侧视图; (b) 终凝时间测定用反转试模的前视图

(c) 标准稠度试杆; (d) 初凝用试针; (e) 终凝用试针

图 1-5 (e)] 代替试杆。试针由钢制成, 其有效长度初凝针为  $50 \pm 1\text{mm}$ 、终凝针为  $30 \pm 1\text{mm}$ 、直径为  $\phi 1.13\text{mm} \pm 0.05\text{mm}$  的圆柱体。滑动部分的总质量为  $300 \pm 1\text{g}$ 。与试杆、试针联结的滑动杆表面应光滑, 能靠重力自由下落, 不得有紧涩和旷动现象。

盛装水泥净浆的试模 [图 1-5 (a) 与图 1-6] 应由耐腐蚀、有足够硬度的金属制成。试模为深  $40 \pm 0.2\text{mm}$ 、顶内径  $\phi 65 \pm 0.5\text{mm}$ 、底内径  $\phi 75 \pm 0.5\text{mm}$  的截顶圆锥体。每只试模应配备一个大于试模、厚度为  $5\text{mm}$  的平板玻璃底板。

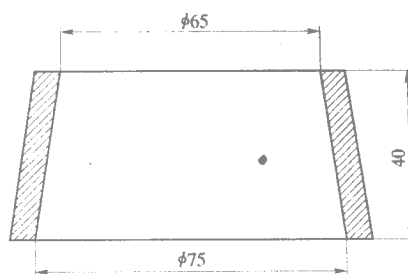


图 1-6 圆模 (单位: mm)

(2) 试模: 采用圆模见图 1-6。

(3) 湿汽养护箱。养护箱应能将温度控制在  $20 \pm 3^\circ\text{C}$ , 湿度大于 90% 的范围。

(4) 玻璃板 ( $150\text{mm} \times 150\text{mm} \times 5\text{mm}$ )。

### 三、检验步骤

(1) 将圆模内侧稍许涂上一层机油, 放在玻璃板上, 调整凝结时间测定仪的试针, 当试针接触玻璃板时, 指针应对准标尺零点。

(2) 以标准稠度需水量的水, 制成标准稠度净浆后, 立即一次装入圆模振动数次刮平, 然后放入湿汽养护箱内。记录开始加水的时间作为凝结时间的起始时间。

(3) 试件在湿汽养护箱中养护至加水后  $30\text{min}$  时进行第一次测定。

(4) 测定时, 从养护箱中取出圆模放在试针下, 使试针与净浆面接触, 拧紧螺丝  $1 \sim 2\text{s}$  后突然放松, 试针垂直自由沉入净浆, 观察试针停止下沉时指针读数。

最初测定时应轻轻扶持金属棒, 使徐徐下降, 以防试针撞弯, 但结果以自由下落为准。在整个测试过程中试针贯入的位置至少要距圆模内壁  $10\text{mm}$ 。

临近初凝时, 每隔  $5\text{min}$  测定一次; 临近终凝时, 每隔  $15\text{min}$  测定一次每次测定不得让试针落入原针孔内, 每次测试完毕应将试针擦净并将圆模放回湿汽养护箱内, 测定全过程中要防止圆模受振。

### 四、检验结果

自水全部加入水泥中至试针沉入净浆中距底板  $2 \sim 3\text{mm}$  时, 所需时间为初凝时间。

表 1-3

水泥凝结时间记录表

| 试样编号 | 标准稠度用水量 $P$<br>(%) | 加水时刻<br>(时:分) | 初凝时刻<br>(时:分) | 初凝时间<br>(min) | 终凝时刻<br>(时:分) | 终凝时间<br>(min) |
|------|--------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
|      |                    |               |               |               |               |               |
|      |                    |               |               |               |               |               |
|      |                    |               |               |               |               |               |
|      |                    |               |               |               |               |               |

终凝时间的测定：为了准确观测试针沉入的状况，在终凝针上安装了一个环形附件[图 1-5 (e)]。在完成初凝时间测定后，立即将试模连同浆体以平移的方式从玻璃板取下，翻转  $180^\circ$ ，直径大端向上，小端向下放在玻璃板上，再放入湿气养护箱中继续养护，临近终凝时间时每隔 15min 测定一次，当试针沉入试体 0.5mm 时，即环形附件开始不能在试体上留下痕迹时，为水泥达到终凝状态，自水全部加入水泥中至终凝状态的时间为水泥的终凝时间，用 min 表示。按表 1-3 进行记录。

## 第四节 水泥安定性检验

### 一、检验目的

如果用含有较多游离  $\text{CaO}$ 、 $\text{MgO}$  或  $\text{SO}_3$  的水泥拌制混凝土，会使混凝土出现龟裂、翘曲、甚至崩溃，造成建筑物的漏水，加速腐蚀等危害。所以必须检验水泥加水拌和后在硬化过程中体积变化是否均匀。

水泥体积安定性用试饼法或雷氏法检验，有争议时以雷氏法为准。试饼法是观察水泥净浆试饼沸煮后的外形变化来检验水泥的体积安定性。雷氏法是观测由两个试针的相对位移所指示的水泥标准稠度净浆体积膨胀的程度，即水泥净浆在雷氏夹中沸煮后的膨胀值。

### 二、主要仪器设备

#### 1. 雷氏沸腾箱 (图 1-7)

雷氏沸腾箱的内层由不易锈蚀的金属材料制成。箱内能保证试验用水在  $30 \pm 5\text{min}$  由室温升到沸腾，并可始终保持沸腾状态 3h 以上。整个试验过程无需增添试验水量。箱体有效容积为  $410\text{mm} \times 240\text{mm} \times 310\text{mm}$ ，一次可放雷氏夹试件 36 件或试饼 30~40 个。篦板与电热管的距离大于 50mm。箱壁采用保温层以保证箱内各部位温度一致。

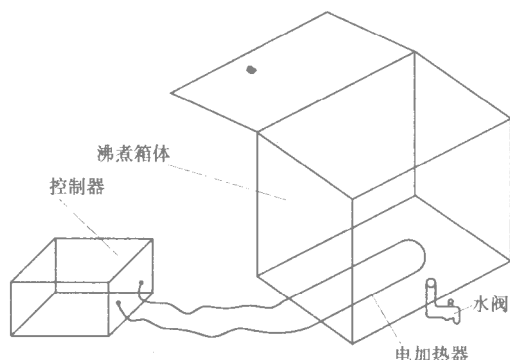


图 1-7 雷氏沸腾箱

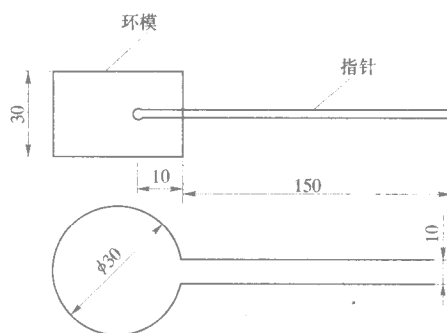


图 1-8 雷氏夹 (单位: mm)

#### 2. 雷氏夹

雷氏夹由铜质材料制成，其结构如图 1-8 所示。当一根指针的根部悬挂在一根金属丝或尼龙丝上，另一根指针的根部再挂上 300g 质量的砝码时，两根指针的针尖距离增加应在  $17.5 \pm 2.5\text{mm}$  范围 (图 1-9 的 2X) 以内，当去掉砝码后针尖的距离能恢复到挂砝码前的状态。



### 3. 雷氏夹膨胀测定仪

如图 1-10 所示, 雷氏夹膨胀测定仪标尺最小刻度为 0.5mm。

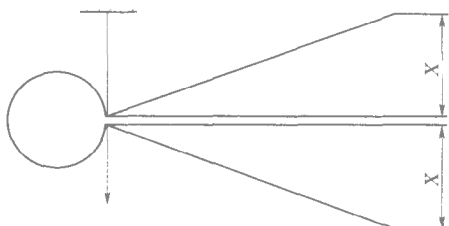


图 1-9 雷氏夹受力示意图

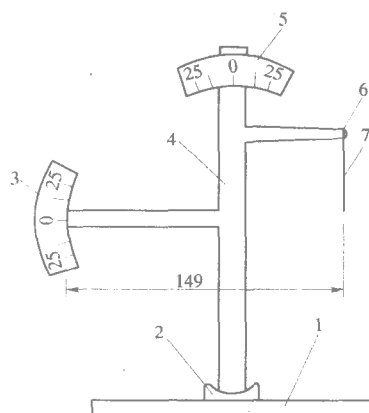


图 1-10 雷氏夹膨胀测定仪

1—底座；2—模子座；3—测弹性标尺；4—立柱；5—测膨胀标尺；6—悬臂；7—悬丝

### 4. 玻璃板

每个雷氏夹需配备质量约 75~80g 的玻璃板两块。若采用试饼法时, 一个样品需准备两块约 100mm×100mm 的玻璃板。

### 5. 水泥浆搅拌机

水泥浆搅拌机如图 1-3 所示。

## 三、试验步骤

### 1. 试饼法试件的制备

- (1) 按标准稠度用水量的试验步骤, 拌制 500g 水泥的水泥净浆。
- (2) 从拌好的净浆中取约 150g, 分成两份, 放在预先准备好的涂抹少许机油的玻璃板上, 呈球形, 然后轻轻振动玻璃板, 水泥净浆即扩展成试饼。
- (3) 用湿布擦过的小刀, 由试饼边缘向中心修抹, 并随修抹随将试饼略作转动, 中间切忌添加净浆, 做成直径为 70~80mm、中心厚约 10mm 边缘渐薄、表面光滑的试饼。接着将试饼放入湿气养护箱内。自成型时起, 养护  $24 \pm 2$ h。

### 2. 雷氏夹试件的制备

将雷氏夹放在已准备好的玻璃板上, 并立即将已制好的标准稠度净浆装满试模。装模时一手扶持试模, 另一手用宽约 10mm 的小刀插捣 15 次左右, 然后抹平, 盖上玻璃板, 立刻将试模移至湿气养护箱内, 养护  $24 \pm 2$ h。

### 3. 煮沸

将养护好的试饼, 从玻璃板上取下, 置于沸煮箱的水中篦板上。当用雷氏夹法时, 先测量试件指针尖端间的距离, 精确到 0.5mm, 然后将试件放入水中篦板上。注意指针朝上, 试件之间互不交叉, 在  $30 \pm 5$ min 内加热试验用水至沸腾, 并恒沸  $3\text{h} \pm 5\text{min}$ 。在沸腾过程中, 应保证水面高出试样 30mm 以上。煮毕将水放出, 打开箱盖, 待箱内温度冷却到

室温时，取出试件进行判别。

四、试验结果处理

1. 试饼法

煮后经肉眼观察未发现裂纹，用直尺检查没有弯曲，称为体积安定性合格。反之，为不合格（图 1-11）。当两个试饼判别结果有矛盾时，该水泥的体积安定性也为不合格。



图 1-11 安定性不合格的试饼

2. 雷氏夹法

煮后测量指针端的距离，记录至小数点后一位。当两个试件煮后增加距离的平均值不大于 5.0mm 时，即认为该水泥安定性合格。当两个试件的增加距离值相差超过 5mm 时，应用同一样品立即重做一次试验。按表 1-4 进行记录。

安定性不合格的水泥禁止使用。

表 1-4 水泥安定性记录表 (单位：mm)

| 试件编号 | 煮前指针距离 | 煮后指针距离 | 平均值 | 结 论 |
|------|--------|--------|-----|-----|
| 1    |        |        |     |     |
| 2    |        |        |     |     |
| 3    |        |        |     |     |
| 4    |        |        |     |     |

第五节 水泥胶砂强度检验

一、检验目的

检验水泥各龄期强度，以确定强度等级；或已知强度等级，检验强度是否满足表 1-5 规定中各龄期强度数值。

二、仪器设备

(1) 胶砂搅拌机（见图 1-12）。

(2) 振实台。振实台（图 1-13）应符合 JC/T682 要求。振实台应安装在高度约 400mm 的混凝土基座上。混凝土体积约为 0.25m<sup>3</sup>，重约 600kg。需防外部振动影响振实效果时，可在整个混凝土基座下放一层厚约 5mm 天然橡胶弹性衬垫。

当无振实台时，可用全波振幅 0.75±0.02mm，频率为 2800～3000 次/min 的振动台代用，其结构和配套漏斗如图 1-14 与图 1-15 所示。

表 1-5 水泥强度指标摘录

| 水泥品种  | 等级   | 抗压强度 (MPa) |      | 抗折强度 (MPa) |     | 水泥品种    | 等级   | 抗压强度 (MPa) |      | 抗折强度 (MPa) |     |
|-------|------|------------|------|------------|-----|---------|------|------------|------|------------|-----|
|       |      | 3d         | 28d  | 3d         | 28d |         |      | 3d         | 28d  | 3d         | 28d |
| 硅酸盐水泥 | 42.5 | 17.0       | 42.5 | 3.5        | 6.5 | 普通硅酸盐水泥 | 32.5 | 11.0       | 32.5 | 2.5        | 5.5 |
|       | 52.5 | 23.0       | 52.5 | 4.0        | 7.0 |         | 42.5 | 16.0       | 42.5 | 3.5        | 6.5 |
|       | 62.5 | 28.0       | 62.5 | 5.0        | 8.0 |         | 52.5 | 22.0       | 52.5 | 4.0        | 7.0 |

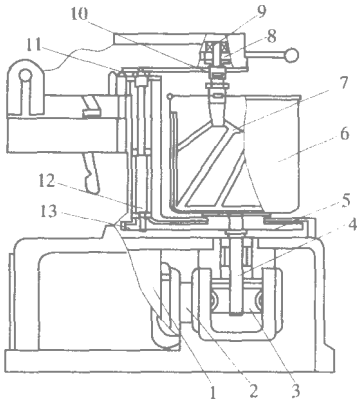


图 1-12 胶砂搅拌机构造示意图

1—电机；2—蜗杆；3—蜗轮轴；4—蜗轮轴；  
5—齿轮；6—搅拌锅；7—搅拌机；8—齿轮  
带；9—齿形带；10—搅拌轴；11—传动轴；  
12—主轴；13—齿轮

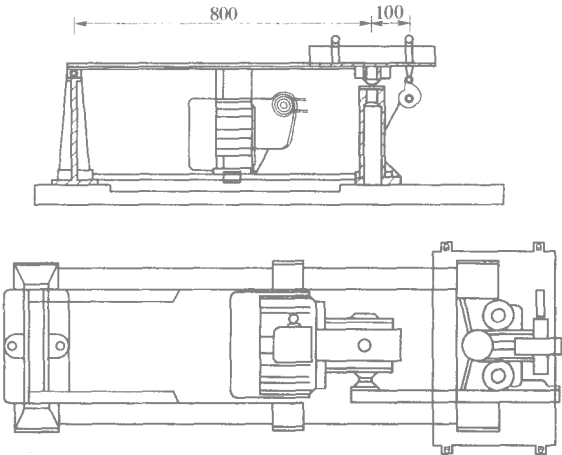


图 1-13 水泥胶砂振实台 (单位: mm)

(3) 胶砂振动台。胶砂振动台见图 1-14, 台面面积为 360mm×360mm, 台面装有卡住试模的卡具, 振动台中的制动器能使电动机在停车后 5s 内停止转动。

(4) 下料漏斗。下料漏斗用厚度为 0.5mm 的白铁皮制成, 由漏斗和模套组成 (图 1-15), 下料口宽度一般为 4~5mm, 模套高度为 25mm 用金属材料做成。

(5) 试模。试模为可装卸的三联模, 由隔板、挡板、底板组成 (图 1-16), 组装后内壁各接触面应互相垂直。试模可同时成型三条为 40mm×40mm×160mm 的棱形试体, 其材质和制造应符合 JC/T 要求。

(6) 抗折试验机。电动双杠杆抗折试验机见图 1-17。抗折夹具的加荷与支撑圆柱直径

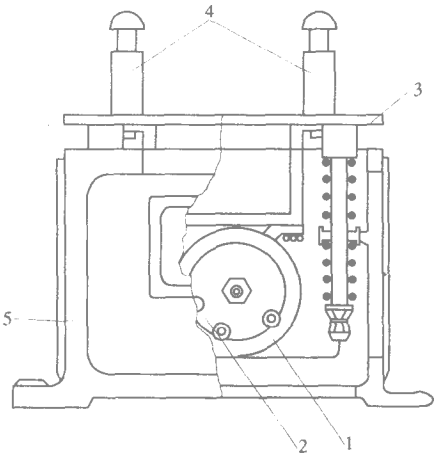


图 1-14 振动台构造示意图

1—电机；2—偏重轮；3—台面；4—卡具；  
5—机座及电气控制箱

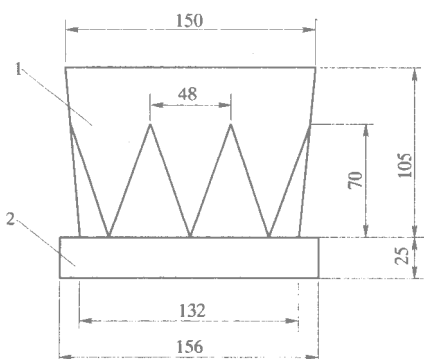


图 1-15 下料漏斗 (单位: mm)

1—漏斗; 2—模套

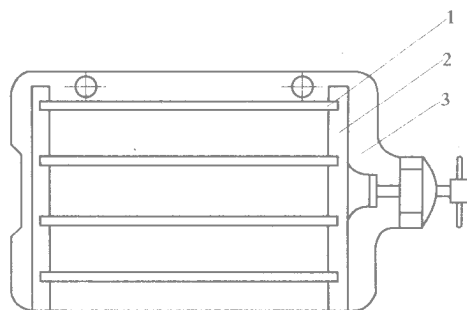


图 1-16 水泥胶砂强度检验试模

1—隔板; 2—端板; 3—底板

均为  $10 \pm 0.1 \text{ mm}$ ，两个支撑圆柱中心距为  $100 \pm 0.2 \text{ mm}$ 。

抗折强度试验机应符合 JC/T724 的要求。试件在夹具中受力状态如图 1-18 所示。

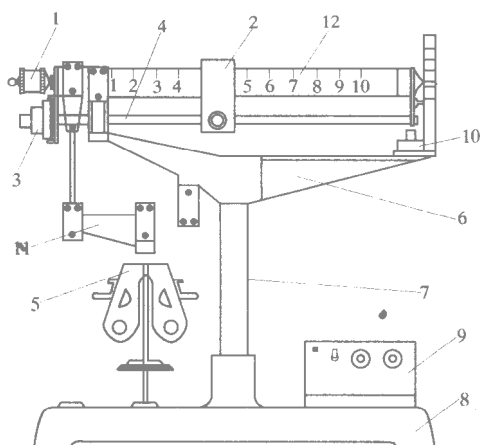


图 1-17 电动抗折试验机

1—平衡锤; 2—游动砝码; 3—电动机;  
4—传动丝杠; 5—抗折夹具; 6—机架;  
7—立柱; 8—底座; 9—电器控制箱;  
10—启动开关; 11—下杠杆; 12—上杠杆

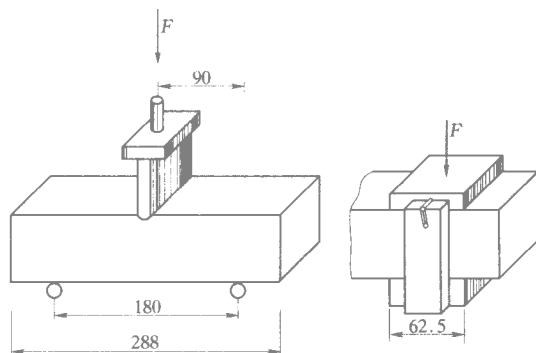


图 1-18 水泥软练胶砂强度

试验示意图 (单位: mm)

通过三根圆柱轴的三个竖向平面应该平行，并在试验时继续保持平行和等距离垂直试体的方向，其中一根支撑圆柱和加荷圆柱能轻微地倾斜使圆柱与试体完全接触，以便荷载沿试体宽度方向均匀分布，同时不产生任何扭转应力。

(7) 抗压试验机。抗压试验机以  $200 \sim 300 \text{ kN}$  为宜，误差不得超过 2% (图 1-19)。

(8) 抗压夹具。抗压夹具由硬质钢材制成，加压板长为  $62.5 \pm 0.1 \text{ mm}$ ，宽不小于  $40 \text{ mm}$ ，加压面必须磨平 (图 1-20)。

(9) 刮平刀。刮平刀断面为三角形，三角形边长  $26 \text{ mm}$ ，刮平刀包括两个手柄的总长

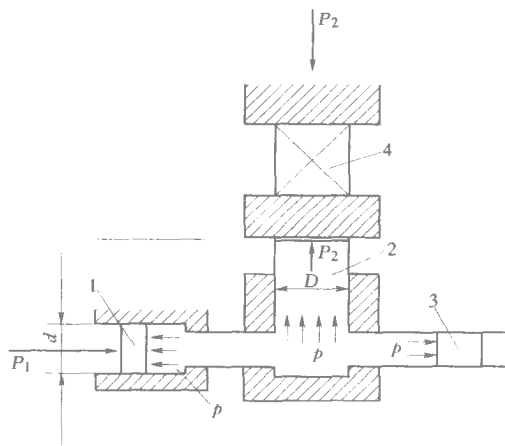


图 1-19 液压式压力机工作原理图  
1—油泵柱塞；2—工作油缸；3—测力活塞；4—试块

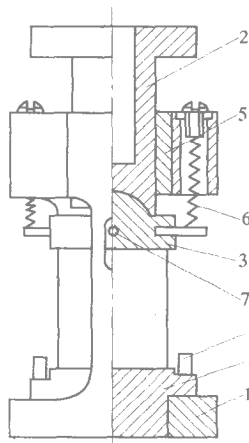


图 1-20 抗压夹具  
1—框架；2—传压柱；3—上压板和球座；4—下压板；5—铜套；6—吊簧；7—定向销；8—定位销

约为 320mm。

### 三、水泥胶砂试样用砂

ISO 基准砂是由含量不低于 98% 的天然的圆形硅质砂组成，其颗粒分布见表 1-6 的规定。

砂的筛析试验应用有代表性的样品来进行，每个筛子的筛析试验应进行至每分钟通过量小 0.5g 为止。砂的湿含量是在 105~110 °C 下用代表性砂样烘 2h 的质量损失来测定，以干基的质量百分数表示，应小于 0.2%。颗粒分布和湿含量的测定每天应至少进行一次。

表 1-6 ISO 基准砂颗粒分布

| 方孔边长<br>(mm) | 累计筛余<br>(%) | 方孔边长<br>(mm) | 累计筛余<br>(%) | 方孔边长<br>(mm) | 累计筛余<br>(%) |
|--------------|-------------|--------------|-------------|--------------|-------------|
| 2.0          | 0           | 1.0          | 33±5        | 0.16         | 87±5        |
| 1.6          | 7±5         | 1.5          | 67±5        | 0.08         | 99±1        |

中国 ISO 标准砂可以单级分包装，也可以各级预配合以 1350±5g 量的塑料混合包装，但所用塑料袋材料不应影响强度试验结果。

### 四、试件成型步骤及养护

(1) 将试模擦净，四周模板与底板接触面上应涂黄油，紧密装配，防止漏浆。内壁均匀刷一薄层机油。

(2) 硅酸盐水泥、普通水泥、矿渣水泥、火山灰水泥和粉煤灰水泥的每锅材料用量为：水泥 450±2g，标准砂 1350±5g，拌和水 225±1g。

(3) 胶砂搅拌时, 先将称好的水泥与标准砂倒入搅拌锅内, 开动搅拌机。拌和 5s 后徐徐加水。20~30s 内加完, 自开动机器起搅拌  $180 \pm 5s$  停车, 将粘在叶片上的胶砂刮下, 取下搅拌锅。

(4) 胶砂搅拌的同时将试模及下料漏斗卡紧在振动台面中心, 将搅拌好的全部胶砂均匀地装入下料漏斗中, 开动振动台, 胶砂通过漏斗流入试模的下料时间应为 20~40s (下料时间以漏斗三格中的两格出现空洞时为准)。振动  $120 \pm 5s$  停车。

(5) 振动完毕, 取下试模, 用刮刀轻轻刮去高出试模的胶砂并抹平。

(6) 给试件编号, 编号时应将试模中的三条试件分在两个以上的龄期内。

(7) 将试件带模放入养护箱养护 (温度  $20 \pm 3^{\circ}\text{C}$ , 相对湿度大于 90%)。养护  $24 \pm 3h$  后取出脱模。试件脱模后即放入水槽中养护, 养护水温度应为  $20 \pm 3^{\circ}\text{C}$ , 试件之间应留有间隙, 水至少高出试件 20mm, 养护水每两周换一次。

## 五、强度检验

各龄期的试件必须在规定的时间内进行强度试验。龄期的规定时间分别是  $24h \pm 15min$ 、 $48h \pm 30min$ 、 $72h \pm 45min$ 、 $7d \pm 2h$ 、不小于  $28d \pm 8h$ 。

### (一) 抗折强度检验

#### 1. 检验步骤

(1) 每龄期取出三条试件先做抗折强度检验。检验前须擦去试件表面的附着水分和砂粒, 清除夹具上的杂物, 试件放入抗折夹具内, 应使侧面与圆柱接触。

(2) 采用杠杆式抗折试验机检验时, 试件放入前, 应使杠杆成平衡状态。试件放入后调整夹具, 使杠杆在试件折断时尽可能地接近平衡位置。

(3) 抗折检验加荷速度为  $50 \pm 10\text{N/s}$ 。

#### 2. 检验结果

(1) 抗折强度值, 可在仪器的标尺上直接读出强度值。也可在标尺上读出破坏荷载值, 按下式计算, 精确至  $0.01\text{N/mm}^2$ 。

$$f_{ce,m} = 1.5FL/b^3 \quad (1-4)$$

式中  $f_{ce,m}$ ——抗折强度, MPa;

$F$ ——折断时施加于棱柱体中部的荷载, N;

$L$ ——支撑圆柱中心距, 即 100mm;

$b$ ——试件正方形截面宽, 均为 40mm。

(2) 抗折强度结果以三块试件强度值平均并取整数。当三个强度值中有一个超过平均值  $\pm 10\%$  时, 应剔除后再平均, 作为抗折强度检验结果。

### (二) 抗压强度检验

#### 1. 检验步骤

(1) 抗折检验后的两个断块应立即进行抗压试验。抗压检验须用抗压夹具进行, 试件受压面为  $40\text{mm} \times 62.5\text{mm}$ 。检验前应清除试件受压面与压板间的砂粒或杂物。检验时以试件的侧面作为受压面, 试件的底面靠夹具定位销, 并使夹具对准压力压板中心。

(2) 压力机加荷速度应控制在  $2400 \pm 200\text{N/s}$  范围内, 在接近破坏时应严格控制。

2. 检验结果

(1) 抗压强度按下式计算，精确至 0.1N/mm<sup>2</sup>。

$$f_{ce} = F/A = 0.0004F \tag{1-5}$$

式中  $f_{ce}$ ——抗压强度，MPa；  
 $F$ ——破坏荷载，N；  
 $A$ ——受压面积，即 40mm×62.5mm。

(2) 抗压强度结果以 6 个试件取平均值，当 6 个强度值中有一个超过平均值 ±10% 时，应剔除后再平均，作为抗压强度检验结果。只有 5 个抗压结果时，取平均值，当 5 个强度值中有一个超过平均值 ±10% 时，则试验作废。按表 1-7 进行记录。

表 1-7 水泥强度试验记录表

| 受力<br>种类 | 编号 | 7d        |             |               | 28d       |             |               |
|----------|----|-----------|-------------|---------------|-----------|-------------|---------------|
|          |    | 荷载<br>(N) | 强度<br>(MPa) | 平均强度<br>(MPa) | 荷载<br>(N) | 强度<br>(MPa) | 平均强度<br>(MPa) |
| 抗折       | 1  |           |             |               |           |             |               |
|          | 2  |           |             |               |           |             |               |
|          | 3  |           |             |               |           |             |               |
| 抗压       | 1  |           |             |               |           |             |               |
|          | 2  |           |             |               |           |             |               |
|          | 3  |           |             |               |           |             |               |
|          | 4  |           |             |               |           |             |               |
|          | 5  |           |             |               |           |             |               |
|          | 6  |           |             |               |           |             |               |

## 第二章 砂子技术指标检验

砂按产源分为天然砂、人工砂两类。天然砂包括河砂、湖砂、山砂、淡化海砂；人工砂包括机制砂、混合砂。

天然砂是由自然风化、水流搬运和分选、堆积形成的、粒径小于 4.75mm 的岩石颗粒，但不包括软质岩、风化岩石的颗粒。

人工砂是经人工处理的机制砂、混合砂的统称。机制砂是由机械破碎，筛分制成的，粒径小于 4.75mm 的岩石颗粒，但不包括软质岩、风化岩石的颗粒。混合砂是由机制砂和天然砂混合制成的砂。

砂按细度模数分为粗、中、细三种规格，其细度模数分别为：粗为 3.7~3.1；中为 3.0~2.3；细为 2.2~1.6。

砂的表观密度、堆积密度、空隙率应符合如下规定：表观密度大于  $2500\text{kg/m}^3$ ；松散堆积密度大于  $1350\text{kg/m}^3$ ；空隙率小于 47%。经碱集料反应试验后，由砂制备的试件无裂缝、酥裂、胶体外溢等现象，在规定的试验龄期膨胀率应小于 0.1%。

砂中的含泥量是指天然砂中粒径小于  $75\mu\text{m}$  的颗粒含量。石粉含量是指人工砂中粒径小于  $75\mu\text{m}$  的颗粒含量，泥块含量是指砂中原粒径大于 1.18mm，经水浸洗，手捏后小于  $600\mu\text{m}$  的颗粒含量。

砂的颗粒级配应符合表 2-1 的规定。

表 2-1 砂的颗粒级配

| 累计筛余 %<br>方筛孔 | 级配区   |       |      | 累计筛余 %<br>方筛孔     | 级配区    |        |        |
|---------------|-------|-------|------|-------------------|--------|--------|--------|
|               | 1     | 2     | 3    |                   | 1      | 2      | 3      |
| 9.50mm        | 0     | 0     | 0    | 600 $\mu\text{m}$ | 85~71  | 70~41  | 40~16  |
| 4.75mm        | 10~0  | 10~0  | 10~0 | 300 $\mu\text{m}$ | 95~80  | 92~70  | 85~55  |
| 2.36mm        | 35~5  | 25~0  | 15~0 | 150 $\mu\text{m}$ | 100~90 | 100~90 | 100~90 |
| 1.18mm        | 65~35 | 50~10 | 25~0 |                   |        |        |        |

注 1 砂的实际颗粒级配与表中所列数字相比，除 4.75mm 和 600 $\mu\text{m}$  筛档外，可以略有超出，但超出总量应小于 5%。

2. 1 区人工砂中 150 $\mu\text{m}$  筛孔的累计筛余可以放宽到 100~85；2 区人工砂中 150 $\mu\text{m}$  筛孔的累计筛余可以放宽到 100~80；3 区人工砂中 150 $\mu\text{m}$  筛孔的累计筛余可以放宽到 100~75

砂的取样方法有几种情况。在砂堆上取样时，取样部位应均匀分布，取样前先将取样部位表面铲除，然后分不同部位抽取等量的砂 8 份，组成一组样品；从皮带运输机上取样时，应用接料器在皮带运输机尾的出料处定时抽取大致等量的砂 4 份，组成一组样品；从火车、汽车、货船上取样时，从不同部位和深度抽取大致等量的砂 8 份，组成一组样品。



表 2-2

单项试验取样数量

(单位: kg)

| 序 号 | 试 验 项 目 | 最少取样数量 | 序 号 | 试 验 项 目   | 最少取样数量   |
|-----|---------|--------|-----|-----------|----------|
| 1   | 颗粒级配    | 4.4    | 8   | 硫化物与硫酸盐含量 | 0.6      |
| 2   | 含泥量     | 4.4    | 9   | 氯化物含量     | 4.4      |
| 3   | 石粉含量    | 6.0    | 10  | 坚固性       | 天然砂 8.0  |
| 4   | 泥块含量    | 20.0   |     |           | 天然砂 20.0 |
| 5   | 云母含量    | 0.6    | 11  | 表观密度      | 2.6      |
| 6   | 轻物质含量   | 3.2    | 12  | 堆积密度与空隙率  | 5.0      |
| 7   | 有机物含量   | 2.0    | 13  | 碱集料反应     | 20.0     |

试样数量单项试验的最少取样数量应符合表 2-2 的规定。做几项试验时,如确能保证试样经一项试验后不致影响别一项试验的结果,可用同一试样进行几项不同的试验。

试验取砂可用分料器法与人工四分法。分料器法是将样品在潮湿状态下拌和均匀,然后通过分料器,取接料斗中的其中一份再次通过分料器。重复上述过程,直至把样品缩分到试验所需量为止。人工四分法是将所取的样品置于平板上,在潮湿的状态下拌和均匀,并堆成厚度约为 20mm 的圆饼。然后沿互相垂直的两条直径把圆饼分成大致相等的四份,取其中对角线的两份重新拌匀,再堆成圆饼。重复上述过程,直到把样品缩分到试验所需量为止。

## 第一节 砂子表观密度检验

### 一、检验目的

测定砂子的表观密度,为计算砂子的空隙率和进行混凝土配合比设计提供数据。

### 二、仪器设备

- (1) 天平:最大称量 100g,分度值不大于 0.1g。
- (2) 密度瓶:见图 2-1。
- (3) 鼓风烘箱:能使温度控制在  $105 \pm 5^\circ\text{C}$ 。
- (4) 浅盘、料勺、温度计等。

### 三、检验步骤

(1) 按规定取样,并将试样缩分至约 300g,放在烘箱中于  $105 \pm 5^\circ\text{C}$  下烘干至恒量,恒量系指试样在烘干 1~3h 的情况下,其前后质量之差不大于该项试验所要求的称量精度。待冷却至室温后,分为大致相等的两份备用。

(2) 向密度瓶中注水至一定刻度处,擦干瓶颈内部附着水,记录水的体积  $V_1$ 。

(3) 称取烘干砂样  $m_s = 50\text{g}$ ,徐徐装入盛水的密度瓶中。

(4) 试样全部装入瓶中后,用瓶内的水将粘附在瓶颈和瓶壁的试

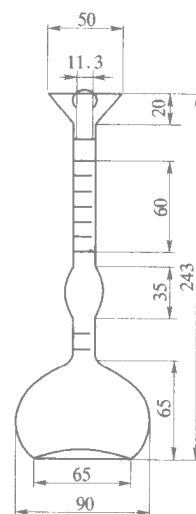


图 2-1 密度瓶

(单位: mm)