

建筑材料实验讲义

大连理工大学土木水利实验教学中心

建筑材料实验室

2010年9月

第一章 试验数据统计分析的一般方法

在建筑施工中，要对大量的原材料和半成品进行试验，取得大量数据，对这些数据进行科学的分析，能更好的评价原材料或工程质量，提出改进工程质量，节约原材料的意见，现简要介绍常用的数理统计方法。

§1 平均值

1. 算术平均值

这是最常用的一种方法，用来了解一批数据的平均水平，度量这些数据的中间位置。

$$\bar{X} = \frac{X_1 + X_2 + \dots + X_n}{n} = \frac{\sum X}{n}$$

式中 \bar{X} ——算术平均值；

X_1, X_2, \dots, X_n ——各个试验数据值；

$\sum X$ ——各试验数据的总和；

n ——试验数据个数。

2. 均方根平均值

均方根平均值对数据大小跳动反映较为灵敏，计算公式如下：

$$S = \sqrt{\frac{X_1^2 + X_2^2 + \dots + X_n^2}{n}} = \sqrt{\frac{\sum X_n^2}{n}}$$

式中 S ——各试验数据的均方根平均值；

X_1, X_2, \dots, X_n ——各个试验数据值；

$\sum X^2$ ——各试验数据平方的总和；

n ——试验数据个数。

3. 加权平均值

加权平均值是各个试验数据和它的对应数的算术平均值。计算水泥平均标号采用加权平均值。计算公式如下：

$$m = \frac{X_1 g_1 + X_2 g_2 + \dots + X_n g_n}{g_1 + g_2 + \dots + g_n} = \frac{\sum X_g}{\sum g}$$

式中 X ——加权平均值；

X_1, X_2, \dots, X_n ——各试验数据值；

$\sum X_g$ ——各试验数据值和它的对应数乘积的总和。

$\sum g$ ——各对应数的总和。

§ 2 误差计算

1. 范围误差

范围误差也叫极差，是试验值中最大值和最小值之差。

例如：三块砂浆试件抗压强度分别为 5.21, 5.63, 5.72MPa，则这组试件的极差或范围误差为：5.72-5.21=0.51MPa

2. 算术平均误差

算术平均误差的计算公式为：

$$\delta = \frac{|X_1 - \bar{X}| + |X_2 - \bar{X}| + |X_3 - \bar{X}| + \dots + |X_n - \bar{X}|}{n} = \frac{\sum |X - \bar{X}|}{n}$$

式中 δ ——算术平均误差；

X_1, X_2, \dots, X_n ——各试验数据值；

\bar{X} ——试验数据值的算术平均值；

n ——试验数据个数，

$| \quad |$ ——绝对值。

例：三块砂浆试块的抗压强度为 5.21, 5.63, 5.72 MPa，求算术平均误差。

解：这组试件的平均抗压强度为 5.52 MPa，其算术平均误差为：

$$\delta = \frac{|5.21 - 5.52| + |5.63 - 5.52| + |5.72 - 5.52|}{3} = 0.2MPa$$

3. 均方根误差（标准离差、均方差）

只知试件的平均水平是不够的，要了解数据的波动情况，及其带来的危险性，标准离差(均方差)是衡量波动性(离散性大小)的指标。标准离差的计算公式为：

$$S = \sqrt{\frac{(X_1 - \bar{X})^2 + (X_2 - \bar{X})^2 + (X_3 - \bar{X})^2 + \dots + (X_n - \bar{X})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{\sum (X - \bar{X})^2}{n-1}}$$

式中 S ——标准离差(均方差)，

X_1, X_2, \dots, X_n ——各试差数据值，

\bar{X} ——试验数据值的算术平均值；

n ——实验数据个数。

例：某厂某月生产 10 个编号的 325 矿渣水泥，28d 抗压强度为 37.3、35.0、38.4、35.8、36.7、37.4、38.1，37.8，36.2，34.8MPa，求标准离差。

解：10 个编号水泥的算术平均强度

$$\bar{X} = \frac{\sum X}{n} = \frac{367.5}{10} = 36.8 \text{ MPa}$$

X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	X_8	X_9	X_{10}	
37.5	35.0	38.4	35.8	36.7	37.4	38.1	37.8	36.2	34.8	
$X - \bar{X}$	0.5	1.8	1.6	-1.0	-0.1	0.6	1.3	1.0	-0.6	-2.0

$$(X-\bar{X})^2 \quad 0.25 \quad 3.24 \quad 2.56 \quad 1.0 \quad 0.01 \quad 0.36 \quad 1.69 \quad 1.0 \quad 0.36 \quad 4.0$$

$$\sum(X-\bar{X})^2 = 14.47$$

$$\text{标准离差 } S = \sqrt{\frac{\sum(X-\bar{X})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{14.47}{9}} = 1.27 \text{ MPa}$$

§ 3 数值修约规则

试验数据和计算结果都有一定的精度要求，对精度范围以外的数字，应按属《数值修约规则》(GB8170—2008)进行修约。简单概括为：“四舍六入五考虑，五后非零应进一，五后皆零视奇偶，五前为偶应舍去，五前为奇则进一”。

1. 在拟舍弃的数字中，保留数后边(右边)第一个数小于 5(不包括 5)时，则舍去。保留数的末位数字不变。

例如：将 14.2432 修约后为 14.2

2. 在拟舍弃的数字中保留数后边(右边)第一个数字大于 5(不包括 5)时，则进一。

保留数的末位数字加一。

例如：将 26.4843 修约到保留一位小数。

修约前 26.4843 修约后 26.5

3. 在拟舍弃数字中保留数后边(右边)第一个数字等于 5，5 后边的数字并非全部为零时，则进一。即保留数末位数字加一。

例如：将 1.0501 修约到保留小数一位。

修约前：1.0501 修约后：1.1

4. 在拟舍弃的数字中，保留数后边(右边)第一个数字等于 5，5 后边的数字全部为零时，保留数的末位数字为奇数时则进一，若保留数的末位数字为偶数(包括“0”)则不进。

例如：将下列数字修约到保留一位小数。

修约前 0.3500 修约后 0.4

修约前 0.4500 修约后 0.4

修约前 1.0500 修约后 1.0

5. 所拟舍弃的数字，若为两位以上数字，不得连续进行多次(包括二次)修约。应根据保留数后边(右边)第一个数字的大小，按上述规定一次修约出结果。

例如：将 15.4546 修约成整数：

正确的修约是： 修约前 15.4546 修约后 15

不正确的修约是：

修约前	一次修约	二次修约	三次修约	四次修约(结果)
-----	------	------	------	----------

15.4546	15.455	15.46	15.5	16
---------	--------	-------	------	----

§ 4 可疑数据的取舍

在一组条件完全相同的重复试验中，当发现有某个过大或过小的可疑数据时，按数理统计方法给以鉴别并决定取舍。最常用的方法是“三倍标准离差法”。其准则是 $|X_1 - \bar{X}| >$

3σ 。另外还有规定 $|X_1 - \bar{X}| > 2\sigma$ 时则保留，但需存疑，如发现试件制作，养护，试验过程中有可疑的变异时，该试件强度值应予舍弃。

实验一 粉体材料密度试验

(1) 实验目的

通过粉体材料密度的测试，了解粉体材料密度的测定方法；加深对建筑材料有关概念的理解。

(2) 试样制备

将试样研磨，用孔径 0.2 mm 筛子筛分除去筛余物，放在烘箱内 ($110 \pm 5^\circ\text{C}$) 至恒重，将烘干的粉料放入干燥器中冷却至室温待用。

(3) 实验原理

将粉体材料倒入装有一定量液体介质的李氏瓶内，并使液体介质充分地浸透粉体材料颗粒。根据阿基米德定律，粉体材料的体积等于它所排开的液体体积，从而算出粉体材料单位体积的质量即为密度。液体介质可选择水、无水煤油等，不可选择与粉体材料发生反应的液体。如测定水泥密度时，应采用无水煤油。

(4) 仪器设备

1. 李氏瓶(见图1-1)，李氏瓶容积为 $220\text{—}250\text{cm}^3$ ，带有长 $18\text{—}20\text{cm}$ ，直径约为 1cm 的细颈，下面有鼓形扩大颈，颈部有体积刻度，颈部为喇叭形漏斗并有玻璃磨口塞。
2. 烘箱，温度能在 $110 \pm 5^\circ\text{C}$ 内恒定。
3. 天平，感量为 0.01g ，称量 500g 。
4. 筛子，孔径 0.20mm 或 $900\text{孔}/\text{cm}^2$ 。
5. 干燥器。
6. 温度计等。

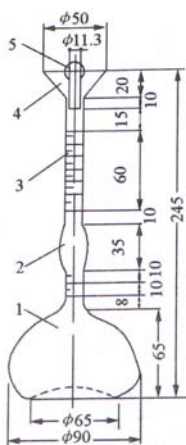


图 1-1 李氏瓶

(5) 实验步骤

1. 将李氏瓶内注入火油或其他与试样不起反应的液体至突颈下部，盖上瓶塞放入恒温水槽中(温度保持 $20 \pm 0.5^\circ\text{C}$)恒温 30min ，记上初始读数 V_1 (弯月面底部为准)。
2. 从恒温水槽中取出李氏瓶。
3. 称取试样 $60\text{—}90\text{g}$ ，精确至 0.01g 。用小匙装入李氏瓶中。反复摇动李氏瓶至无气泡逸出。称取剩余试样重量，记为 m_2 。
4. 将李氏瓶放入恒温水槽中，恒温 30min ，记下液面(弯月面底部为准)刻度，记为 V_2 。

(6) 结果处理与评定

1. 按下式计算出石粉的密度：

$$\rho = \frac{m_1 - m_2}{V_2 - V_1} \quad (1-1)$$

式中 ρ —石粉密度 (g/cm^3)，精确到 $0.01\text{g}/\text{cm}^3$ ；

m_1 —试样总重 (g)；

m_2 —剩余试样重 (g)；

V_1 —李氏瓶内液体初始读数 (ml)；

V_2 —李氏瓶内液体第二次读数 (ml)。

2. 取两次测试结果的算术平均值做为试验结果。两次试验结果的差值不准大于 $0.02\text{g}/\text{cm}^3$ ，否则重新取样进行试验。

(7) 注意事项

1. 将石粉装入李氏瓶时应仔细，防止石粉粘附在颈壁上或溅出瓶外。装样时可用细铁丝捅捣，以免阻塞瓶颈，但要小心铁丝捅破李氏瓶。

2. 摇动李氏瓶时，防止液体溅出瓶外。

3. 李氏瓶内石粉颗粒间空气的排出程度对试验结果影响较大，必须尽力将气泡排除干净。

4. 读液体体积时，读液面下凹部切线对应刻度。

(8) 问题与讨论

1. 在进行密度试验时，试样的研碎程度对试验结果有何影响，为什么？

2. 在测试密度的试验中，为什么要轻轻摇动李氏瓶？

3. 本实验是以石粉密度为例，如果要测水泥密度？测试过程有什么不同？

(9) 相关标准

1. GBT208- 水泥密度测定方法

实验二 水泥试验

(1) 试验目的及依据

1.1 试验目的:

学习水泥性质的检验方法,熟悉水泥的主要技术性质,检验水泥是否合格。为砂浆配合比与混凝土配合比设计提供原材料参数。

1.2 试验依据:

国家标准 GB 1345-2005《水泥细度检验方法-筛析法》、GB/T8074-2008《水泥比表面积测定方法—勃氏法》、GB/T 1346-2011《水泥标准稠度用水量、凝结时间、安定性检验方法》、GB/T176-2008《水泥化学分析方法》及 GB/T 17676-1999《水泥胶砂强度检验方法》。

1.3 评定标准:

GB175-2007《通用硅酸盐水泥》及其它水泥产品标准。

(2) 取样方法

1. 水泥出厂前按同品种、同强度等级编号和取样。袋装水泥和散装水泥应分别进行编号和取样。每一编号为一取样单位。水泥出厂编号按年生产能力规定为:

200×104t 以上,不超过 4000t 为一个编号;

120×104-200×104t,不超过 2400t 为一编号;

60×104t-120×104t,不超过 1000t 为一个编号;

30×104t-60×104t,不超过 600t 为一个编号;

10×104t-30×104t,不超过 400t 为一个编号;

10×104t 以下,不超过 200t 为一个编号;

取样方法按 GB 12573 进行。可连续取,亦可从 20 个以上不同部位取等量样品,总量至少 12kg。当散装水泥运输工具的容量超过该厂规定出厂编号吨数时,允许该编号的数量超过取样规定吨数。

2. 取样应有代表性。

①在袋装水泥堆场取样。用取样管随机选择 20 个以上不同的部位,将取样管插入水泥适当深度,用大拇指按住气孔,小心抽出取样管。将所取样品放入洁净、干燥、不易受污染的容器中。

②散装水泥卸料处或输送水泥运输机具上取样。当所取水泥深度不超过 2m 时,采用散装水泥取样管,通过取样管内管控制天窗,在适当位置插入水泥一定深度,关闭后小心抽出,将所取样品放入洁净、干燥、不易受污染的容器中。

3. 样品制备

样品缩分可采用二分器,一次或多次将样品缩分到标准要求的规定量。水泥样要通过 0.9 mm 方孔筛,均分为试验样和封存样。样品应存放在密封的金属容器中,加封条。容器应洁净、干燥、防潮、密闭、不易破损、不与水泥发生反应。存放于干燥、通风的环境中。

4. 试验室条件

①用水必须是洁净的淡水。

②试验室温度为 17~25℃,相对湿度应大于 50%。养护箱温度为 20±2℃,相对湿度应大于 90%。水中温度 20±1℃。

③水泥试样、标准砂、拌合用水及试模等的温度均应与试验室温度相同。

以同一水泥厂、同期到达、同品种、同强度等级的水泥,按规定的取样单位取样。

当散装水泥运输工具的容量超过该厂规定出厂编号吨数时,允许该编号的数量超过取样规定吨数。取样应有代表性,可连续取样,亦可从 20 个以上不同部位取等量样品,总量至少 12 kg。

(3) 实验方法

试验 3.1 水泥细度实验-筛析法

试验 3.2 水泥细度实验-比表面积测定-勃氏法

试验 3.3 水泥标准稠度用水量、凝结时间和安定性试验

试验 3.4 水泥胶砂强度试验

(4) 问题与讨论

①水泥技术指标中并没有标准稠度用水量,为什么在水泥性能试验中要求测其标准稠度用水量?

②进行凝结时间测定时,制备好的试件没有放入湿气养护箱中养护,而是暴露在相对湿度为 50%的室内,试分析其对试验结果的影响?

③某工程所用水泥经上述安定性检验(雷氏法)合格,但一年后构件出现开裂,试分析是否可能是水泥安定性不良引起的?

④测定水泥胶砂强度时,为何不用普通砂,而用标准砂?所用标准砂必须有一定的级配要求,为什么?

(5) 测试结果的评定

测试结果按照 GB175-2007《通用硅酸盐水泥》及其它水泥产品标准的限定值进行评定。

实验 3.1 水泥细度检验

——筛析法,适用于矿渣硅酸盐水泥、火山灰质硅酸盐水泥、粉煤灰硅酸盐水泥和复合硅酸盐水泥的细度的测定。

(1) 主要仪器

1. 试验筛

试验筛由圆形筛框和筛网组成,筛网符合 SSW0.080/0.56GB6004,分负压筛和水筛两种,其结构尺寸见图 2-1 和图 2-2。负压筛应附有透明筛盖,筛盖与筛上口应有良好的密封性。

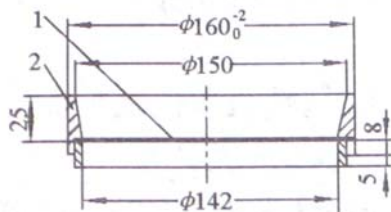


图 2-1 负压筛
1—筛网; 2—筛框

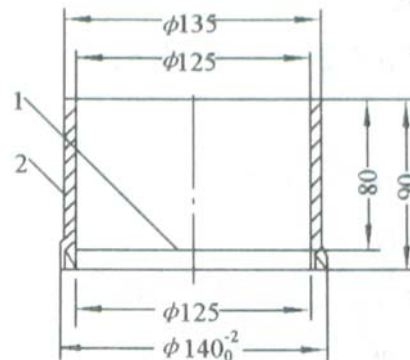


图 2-2 水筛
1—筛网; 2—筛框

筛网应紧绷在筛框上，筛网和筛框接触处，应用防水胶密封，防止水泥嵌入。筛孔尺寸的检验方法按有关标准规定进行。

2. 负压筛析仪

负压筛析仪由筛座、负压筛、负压源及收尘器组成，其中筛座由转速为 $30 \pm 2 \text{r/min}$ 的喷气嘴、负压表、控制板、微电机及壳体等构成，见图2-3，2-4。

筛析仪负压可调范围为4000—6000Pa。

喷气嘴上口平面与筛网之间距离为2~8mm。

喷气嘴的上开口尺寸见图2-5。

负压源和收尘器，由功率600W的工业吸尘器和小型旋风收尘筒组成或用其他具有相当功能的设备。



图 2-3 负压筛

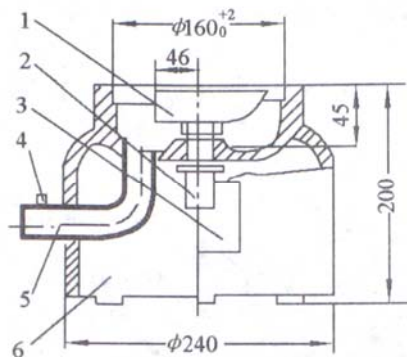


图2-4 筛座

1—喷气嘴，2—微电机，3—控板开口，4—负压表接口，5—负压源及收尘器接口，6—壳

体

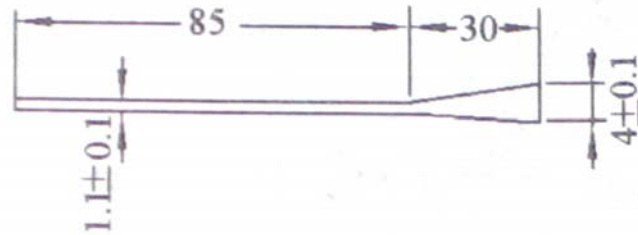


图2-5 喷气嘴上开口

3. 水筛架和喷头

水筛架和喷头的结构尺寸应符合GB33507第23~27条的规定，但其中水筛架上筛座内径为 140_0^{+3} mm。

4. 天平

最大称量为100g，分度值不大于0.05g。

(2) 实验原理与样品处理

采用 $45\mu\text{m}$ 方孔筛和 $80\mu\text{m}$ 方孔筛对水泥试样进行筛析试验，用筛上筛余物的质量百分数来表示水泥样品的细度。

为保持筛孔的标准度，在用试验筛应用已知筛余的标准样品来标定。

水泥样品应充分拌匀，通过0.9mm方孔筛，记录筛余物情况，要防止过筛时混进其他水泥。

(3) 实验步骤

1. 负压筛法

(1) 筛析试验前，应把负压筛放在筛座上，盖上筛盖，接通电源，检查控制系统，调节负压至4000~6000Pa范围内。

(2) 称取试样25g，置于洁净的负压筛中，盖上筛盖，放在筛座上，开动筛析仪连续筛析2min，在此期间如有试样附着在筛盖上，可轻轻地敲击，使试样落下。筛毕，用天平称量筛余物。

(3) 当工作负压小于4000Pa时，应清理吸尘器内水泥，使负压恢复正常。

2. 水筛法

(1) 筛析试验前，应检查水中无泥、砂，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 ± 0.02 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。

3. 手工干筛法

在没有负压筛析仪和水筛的情况下，允许用手工干筛法测定。

(1) 称取水泥试样50g倒入符合规定要求的干筛内。

(2) 用一只手执筛往复摇动，另一只手轻轻拍打，拍打速度每分钟约120次，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。

(3) 称量筛余物。

4. 试验筛的清洗

试验筛必须经常保持洁净，筛孔通畅。如其筛孔被水泥堵塞影响筛余量时，可用弱酸浸泡，用毛刷轻轻地刷洗，用淡水冲净、晾干。

(4) 结果处理

1. 水泥试样筛余百分数按式(2-1)计算；

$$F = \frac{R_s}{W} \times 100 \quad (2-1)$$

式中 F—水泥试样的筛余百分数，%；

R_s—水泥筛余物的质量，g；

W—水泥试样的质量，g。

2. 筛余结果的修正

为使试验结果可比，应采用试验筛修正系数方法修正上述的计算结果。修正系数的测定，按有关规定进行。

3. 负压筛法或手工干筛法测定的结果发生争议时，以负压筛法为准。

试验 3.2 水泥细度实验-比表面积测定-勃氏法

——比表面积测定-勃氏法，适用于硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥细度的测定。

(1) 仪器设备与辅助材料

1、透气仪

本方法采用的勃氏比表面积透气仪，分手动和自动两种，均应符合JC/T 956的要求。

2、烘干箱

控制温度灵敏度±1℃。

3、分析天平

分度值为0.001g。

4、秒表

精确至0.5s。

5、基准材料

GSB 14-1511或相同等级的标准物质。有争议时以GSB 14-1511为准。

6、压力计液体

采用带有颜色的蒸馏水或直接采用无色蒸馏水。

7、滤纸

采用符合GB/T 1914的中速定量滤纸。

8、汞

分析纯汞。

(2) 试验原理及样品处理

本方法主要是根据一定量的空气通过具有一定空隙率和固定厚度的水泥层时，所受阻力不同而引起流速的变化来测定水泥的比表面积。在一定空隙率的水泥层中，空隙的大小和数量是颗粒尺寸的函数，同时也决定了通过料层的气流速度。

水泥样品按GB 12573进行取样，先通过0.9mm方孔筛，再在110℃±5℃下烘干1h，并在干燥器中冷却至室温。

试验室条件：相对湿度不大于50%。

(3) 试验步骤

1、测定水泥密度

按GB/T 208测定水泥密度。

2、漏气检查

将透气圆筒上口用橡皮塞塞紧，接到压力计上。用抽气装置从压力计一臂中抽出部分气体，然后关闭阀门，观察是否漏气。如发现漏气，可用活塞油脂加以密封。

3、空隙率（ ε ）的确定

PI、PII型水泥的空隙率采用 0.500 ± 0.005 ，其他水泥或粉料的空隙率选用 0.530 ± 0.005 。

当按上述空隙率不能将试样压至第5条规定的位置时，则允许改变空隙率。

空隙率的调整以2000g砝码(5等砝码)将试样压实至第5条规定的位置为准。

4、确定试样量

试样量按公式(2-2)计算。

$$m = \rho V(1 - \varepsilon) \quad (2-2)$$

式中：

m——需要的试样量，单位为克(g)；

ρ ——试样密度，单位为克每立方厘米(g/cm^3)；

V——试料层体积，按JC/T 956测定，单位为立方厘米(cm^3)；

ε ——试料层空隙率。

5、试料层制备

5.1、将穿孔板放入透气圆筒的突缘上，用捣棒把一片滤纸放到穿孔板上，边缘放平并压紧。称取按第四条确定的试样量，精确到0.001g，倒入圆筒。轻敲圆筒的边，使水泥层表面平坦。再放入一片滤纸，用捣器均匀捣实试料直至捣器的支持环与圆筒顶边接触，并旋转1-2圈，慢慢取出捣器。

5.2、穿孔板上的滤纸为 $\Phi 12.7\text{mm}$ 边缘光滑的圆形滤纸片。每次测定需用新的滤纸片。

6、透气试验

6.1、把装有试料层的透气圆筒下锥面涂一薄层活塞油脂，然后把它插入压力计顶端锥型磨口处，旋转1-2圈。要保证紧密连接不致漏气，并不振动所制备的试料层。

6.2、打开微型电磁泵慢慢从压力计一臂中抽出空气，直到压力计内液面上升到扩大部下端时关闭阀门。当压力计内液体的凹月面下降到第一条刻线时开始计时，当液体的凹月面下降到第二条刻线时停止计时，记录液面从第一条刻度线到第二条刻度线所需的时间。以秒记录，并记录下试验时的温度($^{\circ}\text{C}$)。每次透气试验，应重新制备试料层。

(4) 结果计算与处理

1、计算

1.1、当被测试样的密度、试料层中空隙率与标准样品相同，试验时的温度与校准温度之差小于 3°C 时，可按式(2-3)计算。

$$S = \frac{S_s \sqrt{T}}{\sqrt{T_s}} \quad (2-3)$$

如试验时的温度与校准温度之差大于 3°C 时，则按式(2-4)计算：

$$S = \frac{S_s \sqrt{\eta_s} \sqrt{T}}{\sqrt{\eta} \sqrt{T_s}} \quad (2-4)$$

式中：

S—被测试样的比表面积，单位为平方厘米每克 (cm²/g)；

S_s—标准样品的比表面积，单位为平方厘米每克 (cm²/g)；

T—被测试样试验时，压力计中液面降落测得的时间，单位为秒 (s)；

T_s—标准样品试验时，压力计中液面降落测得的时间，单位为秒 (s)；

η—被测试样试验温度下的空气粘度，单位为微帕·秒 (μPa·s)；

η_s—标准样品试验温度下的空气粘度，单位为微帕·秒 (μPa·s)；

1.2、当被测试样的试料层中空隙率与标准样品试料层中空隙率不同，试验时的温度与校准温度之差不大于3℃时，可按式(2-5)计算。

$$S = \frac{S_s \sqrt{T(1-\varepsilon)} \sqrt{\varepsilon^3}}{\sqrt{T_s(1-\varepsilon)} \sqrt{\varepsilon_s^3}} \quad (2-5)$$

如试验时的温度与校准温度之差大于3℃时，则按式(2-6)计算：

$$S = \frac{S_s \sqrt{\eta_s} \sqrt{T(1-\varepsilon)} \sqrt{\varepsilon^3}}{\sqrt{\eta} \sqrt{T_s(1-\varepsilon)} \sqrt{\varepsilon_s^3}} \quad (2-6)$$

式中：

ε—被测试样试料层中的空隙率；

ε_s—标准样品试料层中的空隙率；

1.3、当被测试样的密度和空隙率均与标准样品不同，试验时的温度与校准温度之差不大于3℃时，可按式(2-7)计算。

$$S = \frac{S_s \rho_s \sqrt{T(1-\varepsilon)} \sqrt{\varepsilon^3}}{\rho \sqrt{T_s(1-\varepsilon)} \sqrt{\varepsilon_s^3}} \quad (2-7)$$

如试验时的温度与校准温度之差大于3℃时，则按式(2-8)计算：

$$S = \frac{S_s \rho_s \sqrt{\eta_s} \sqrt{T(1-\varepsilon)} \sqrt{\varepsilon^3}}{\rho \sqrt{\eta} \sqrt{T_s(1-\varepsilon)} \sqrt{\varepsilon_s^3}} \quad (2-7)$$

式中：

ρ—被测试样的密度，克每立方厘米 (g/cm³)；

ρ_s—标准样品的密度，克每立方厘米 (g/cm³)；

2、结果处理

2.1水泥比表面积应由二次透气试验结果的平均值确定。如二次试验结果相差2%以上时，应重新试验。计算结果保留至10 cm²/g。

2.2当同一水泥用手动勃氏透气仪测定的结果与自动勃氏透气仪测定的结果有争议时，以手动勃氏透气仪测定结果为准。

试验 3.3 水泥标准稠度用水量、凝结时间和安定性试验

(1) 仪器设备

1. 水泥净浆搅拌机：符合JC/T 729的要求。



图 2-6 水泥净浆搅拌机



图 2-7 净浆标准稠度与凝结时间测定仪

2. 净浆标准稠度与凝结时间测定仪；符合JC/T 727的要求。或技术参数符合该标准要求的凝结时间自动测定仪。

3. 沸煮箱：符合JC/T 955的要求。有效容积约为410mm×240mm×310mm，蓖板结构应不影响试验结果，蓖板与加热器之间的距离大于50mm。箱的内层由不易锈蚀的金属材料制成，能在30±5min内将箱内的试验用水由室温升至沸腾并可保持沸腾状态3h以上，整个试验过程中不需补充水量。

4. 雷氏夹：由铜质材料制成，其结构如图2-8。当一根指针的根部先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±2.5mm范围以内，即 $2x=17.5\pm 2.5\text{mm}$ (见图2-9)，当去掉砝码后针尖的距离能恢复至挂砝码前的状态。

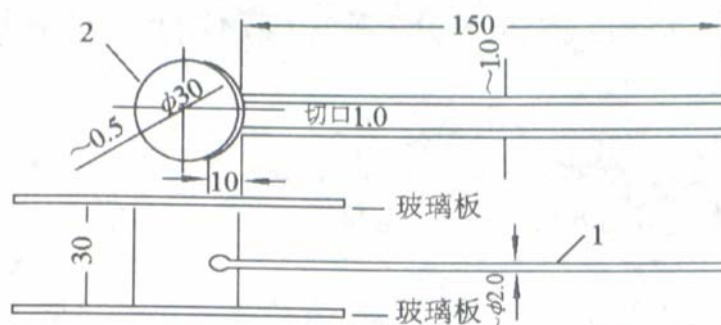


图2-8 雷氏夹

1—指针，2—环模

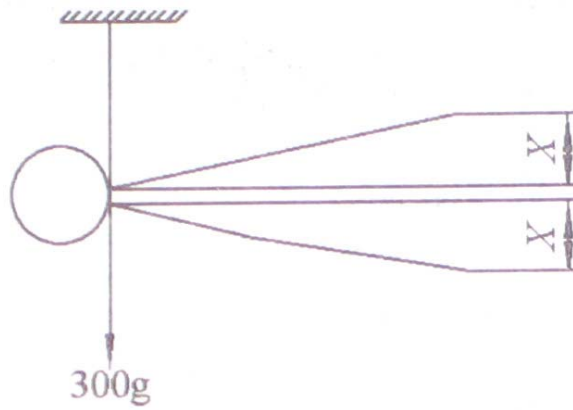


图2-9 雷氏夹受力示意图

5. 量水器：精度 $\pm 0.5\text{ml}$ 。
6. 天平：最大称量不小于 1000g ，分度值不大于 1g 。
7. 湿汽养护箱：应能使温度控制在 $20\pm 1^\circ\text{C}$ ，湿度大于 90% 。
8. 雷氏夹膨胀值测定仪：如图2-10、2-11所示，标尺最小刻度为 0.5mm 。

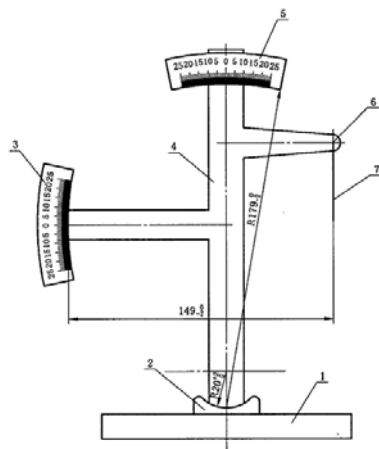


图2-10 雷氏夹膨胀值测量仪

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



图 2-11 雷氏夹膨胀值测量仪

(2) 试样准备及用水

1. 水泥试样应充分拌匀，通过0.9mm方孔筛并记录筛余物情况。但要防止过筛时混进其他水泥。

2. 试验用水必须是洁净的淡水，如有争议时也可用蒸馏水。

1. 标准稠度用水量的测定

标准稠度用水量可用调整水量和不变水量两种方法中的任一种测定，如发生争议时以调整水量方法为准。

(1) 试验前须检查：

仪器金属棒应能自由滑动；试锥降至模顶面位置时，指针应对准标尺零点；搅拌机运转正常等。

(2) 水泥净浆的拌制：

水泥净浆搅拌机搅拌，搅拌锅和搅拌叶片先用湿棉布擦过，将称好的水和500g水泥试样按先后次序倒入搅拌锅内。拌和时，先将锅放到搅拌机锅座上，升至搅拌位置，开动机器，慢速搅拌120s，停拌15s，接着快速搅拌120s后停机。

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

(3) 标准稠度的测定

拌合结束后，立即将拌置好的水泥净浆装入锥模中，用宽约25mm的直边刀在净浆体表面轻轻插捣5次，再轻振5次。刮去多余净浆；抹平后迅速放到试锥下面固定位置上，将试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1.5min内完成。

用调整水量方法测定时，以试锥下沉深度 $30\text{mm} \pm 1\text{mm}$ 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用水量(P)，按水泥质量的百分比计。如下沉深度超出范围，须另称试样，调整水量，重新试验，直至达到 $30\text{mm} \pm 1\text{mm}$ 时为止。

用不变量方法测定时，根据测得的试锥下沉深度S(mm)按下式(或仪器上对应标尺)计算得到标准稠度用水量P(%)：

$$P = 33.4 - 0.185S \quad (2-8)$$

当试锥下沉深度小于13mm时，应改用调整水量方法测定。

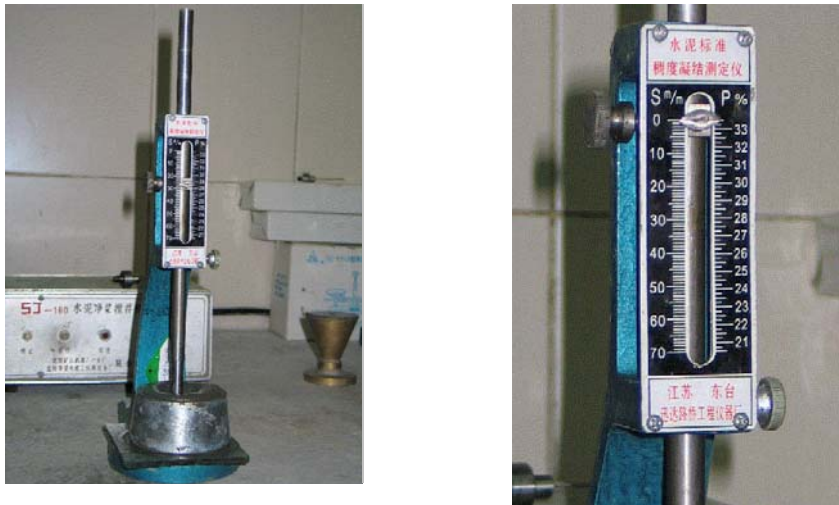


图 2-12 凝结时间的测定

2. 凝结时间的测定

此时仪器试棒下端应改装为试针，装净浆的试模采用圆模。

凝结时间的测定可以用人工测定也可用符合标准操作要求的自动凝结时间测定仪测定，两者有矛盾时以人工测定为准。

(1) 测定前的准备工作：

将圆模放在玻璃板上，在内侧稍稍涂上一层机油，调整凝结时间测定仪的试针接触玻璃板时指针应对准标尺零点。

(2) 试件的制备：

以标稠度用水量加水制成标准稠度净浆后，立即取适量水泥净浆一次性将其装入已置于玻璃底板上的试模中，浆体超过试模上端，用宽约25mm的直边刀轻轻拍打超出试模部分的浆体5次以排除浆体中的孔隙，然后在试模上表面约1/3处，略倾斜于试模分别向外轻轻锯掉多余净浆，再从试模边沿轻抹顶部一次，使净浆表面光滑。注意在锯掉多余净浆和抹平的操作过程中，不要压实净浆。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) 凝结时间的测定：

试件在湿汽养护箱中养护至加水后30min时进行第一次测定。

测定时，从湿汽养护箱中取出圆模放到试针下，使试针与净浆面接触，拧紧螺丝1~2s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。当试针沉至距底板2~3mm时，即为水泥达到初凝状态；当下沉不超过1~0.5mm时为水泥达到终凝状态。由开始加水至初凝、终凝状态的时间分别为该水泥的初凝时间和终凝时间，用小时(h)和分(min)来表示。测定时应注意，在最初测定的操作时应轻轻扶持金属棒，使其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10mm。临近初凝时，每隔5min测定一次，临近终凝时每隔15min测定一次，到达初凝时应立即重复测一次，当两次结论相同时才能确定到达初凝状态，到达终凝时，需要再试体另外两个不同点测试，结论相同时才能确定到达终凝状态。每次测定不得让试针落入原针孔，每次测试完毕须将试针擦净并将圆模放回湿汽养护箱内，整个测定过程中要防止圆模受振。

3. 安定性的测定

安定性的测定方法：可以用饼法也可用雷氏法，有争议时以雷氏法为准。

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。

雷氏法是测定水泥在雷氏夹中沸煮后的膨胀值。

(1) 测定前准备工作

若采用雷氏法时每个雷氏夹需配备两个边长或直径约80mm，厚度4mm-5mm的玻璃板或金属底板。每种方法每个试样需成型两个试件。凡与水泥净浆接触的玻璃板和雷氏夹表面都要稍稍涂上一层油。

(2) 水泥标准稠度净浆的制备

以标准稠度用水量加水制成标准稠度净浆。

(3) 试饼的成型

将制好的净浆取出一部分分成两等份，使之呈球形，放在预先准备好的玻璃板上，轻轻振动玻璃板并用湿布擦过的小刀由边缘向中央抹动，做成直径70~80mm、中心厚约10mm、边缘渐薄、表面光滑的试饼，接着将试饼放入湿汽养护箱内养护 24 ± 2 h。

(4) 雷氏夹试件的制备方法

将预先准备好的雷氏夹放在已稍擦油的玻璃板上，并立刻将已制好的标准稠度净浆装满试模，装模时一只手轻轻扶持试模，另一只手用宽约25mm的直边刀在浆体表面轻轻插捣3次。然后抹平，盖上稍涂油的玻璃板，接着立刻将试模移至湿汽养护箱内养护 24 ± 2 h。

(5) 沸煮



图 2-13 沸煮箱

调整好沸煮箱内的水位，使能保证在整个沸煮过程中都没过试件，不需中途添补试验用水，同时又保证能在 30 ± 5 min内升至沸腾。

脱去玻璃板取下试件；

当为饼法时先检查试饼是否完整(如已开裂翘曲要检查原因，确证无外因时，该试饼已属不合检不必沸煮)，在试饼无缺陷的情况下将试饼放在沸煮箱的水中篦板上，然后在 30 ± 5 min内加热至沸，并恒沸 $3h \pm 5$ min。

当用雷氏法时，先测量试件指针尖端间的距离(A)，精确到0.5mm，接着将试件放入水中篦板上，指针朝上，试件之间互不交叉，然后在 30 ± 5 min内加热至沸并恒沸 $3h \pm 5$ min。

(6) 结果判别

沸煮结束，即放掉箱中的热水，打开箱盖，待箱体冷却至室温，取出试件进行判别。

若为试饼，目测未发现裂缝，用直尺检查也没有弯曲的试饼为安定性合格，反之为不合格。当两个试饼判别结果有矛盾时，该水泥的安定性为不合格。

若为雷氏夹，测量试件指针尖端间的距离(C)，记录至小数点后一位，当两个试件煮后增加距离(C-A)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(C-A)值相差超过4mm时，应用同一样品立即重做一次试验。



图 2-14 饼法

试验3.4 水泥胶砂强度试验

(1) 仪器设备

1. 搅拌机

搅拌机(见图2-15、2-18)属行星式。用多台搅拌机工作时,搅拌锅和搅拌叶片应保持配对使用。叶片与锅之间的间隙,是指叶片与锅壁最近的距离,应每月检查一次。

2. 试模

试模由三个水平的模槽组成(见图2-16、2-17、2-19),可同时成型三条截面 $40\text{mm} \times 40\text{mm}$,长 160mm 的棱形试体。

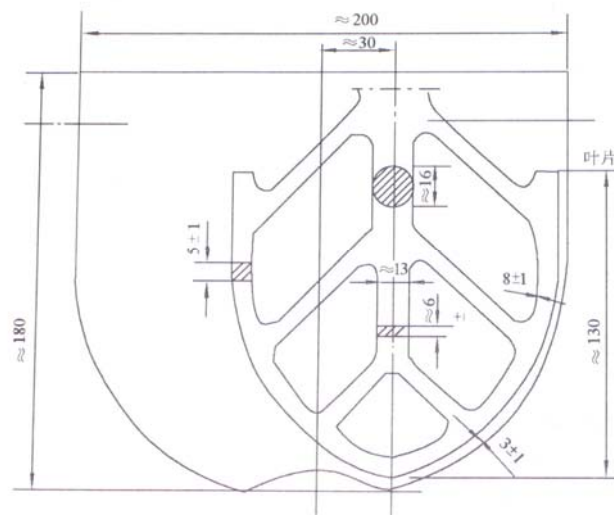
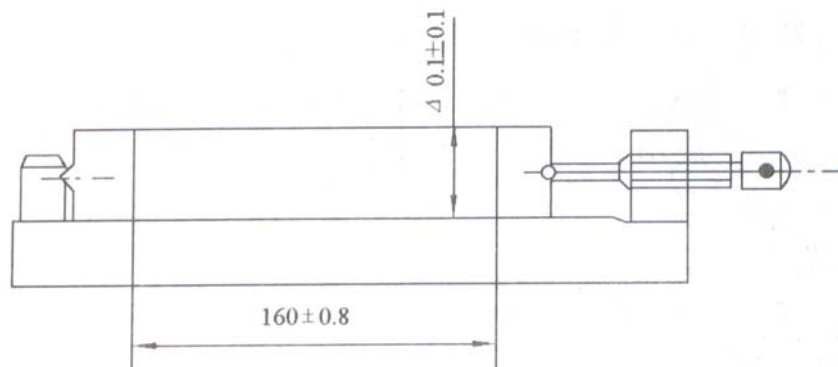


图2-15 搅拌机



2-16 典型的试模侧面图

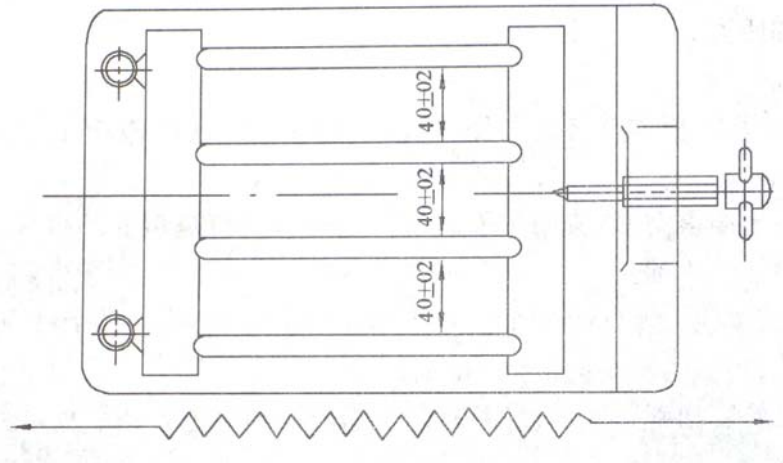


图2-17 典型的试模俯视图



图2-18胶砂搅拌机



图2-19胶砂试模

在组装备用的干净模型时，应用黄干油等密封材料涂复模型的外接缝。试模的内表面应涂上一薄层模型油或机油。

成型操作时，在试模上面加有一个壁高20mm的金属模套，当从上往下看时，模套壁与模型内壁应该重叠，超出内壁不应大于1mm。

为了控制料层厚度和刮平胶砂，应备有二个播料器和一金属刮平直尺。

3. 振实台

振实台应水平安装在高度约400mm的混凝土基座上(见图2-20、2-21)。振实台的代用设备振动台见图2-22。

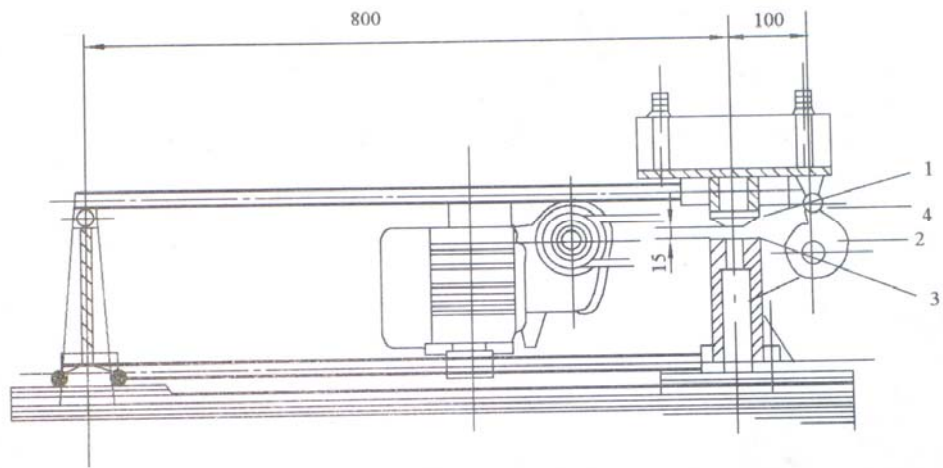


图2-20 振实台



图2-21 振实台

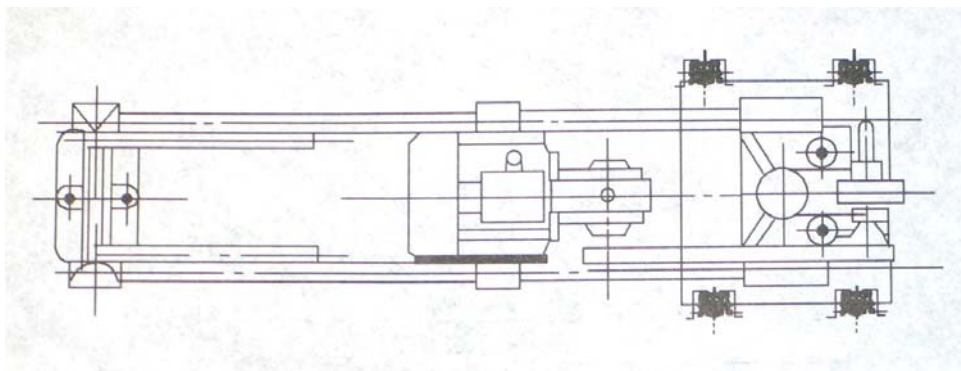


图2-22 振动台

4. 抗折强度试验机 (图2-23)
 试件在夹具中受力状态如图2-24。

通过三根圆柱轴的三竖向平面应该平行，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。

抗折强度也可用抗压试验机来测定，此时应使用符合上述规定的夹具。

5. 抗压强度试验机

抗压强度试验机在较大的五分之四量程范围内使用时记录的荷载应有 $\pm 1\%$ 精度，并具有按 $2400\text{N/S} \pm 200\text{N/S}$ 速率的加荷能力。它应有一个能指示试件破坏时荷载并把它保持到试验机卸荷以后的指示器。人工操纵的试验机应配有一个速度动态装置以便于控制荷载增加。当试验机没有球座，或球座已不灵活或直径大于 120mm 时，应采用规定的夹具。

6. 抗压强度试验机用夹具

当需要使用夹具时，应把它放在压力机的上下压板之间并与压力机处于同一轴线，以便将压力机的荷载传递至胶砂试件表面。受压面积为 $40\text{mm} \times 40\text{mm}$ 。夹具要保持清洁，球座应能转动 以使其上压板能从一开始就适应试体的形状并在试验中保持不变。



图2-23 抗折强度试验机

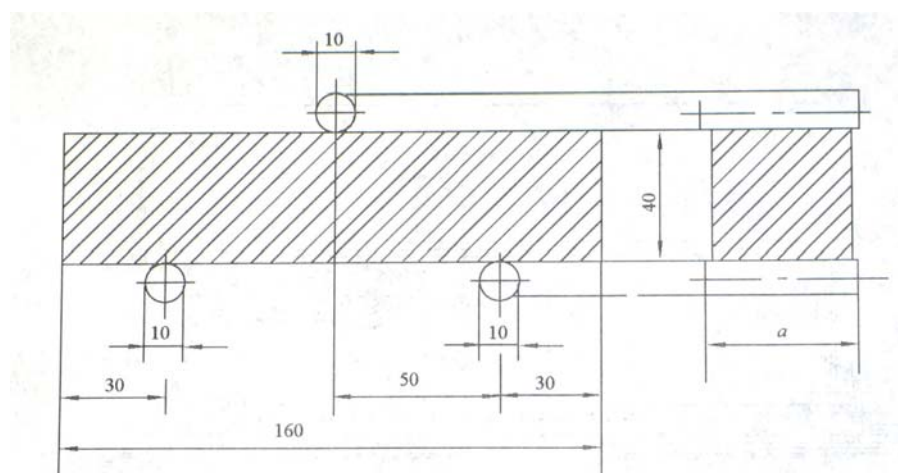


图2-24 抗折强度测定加荷

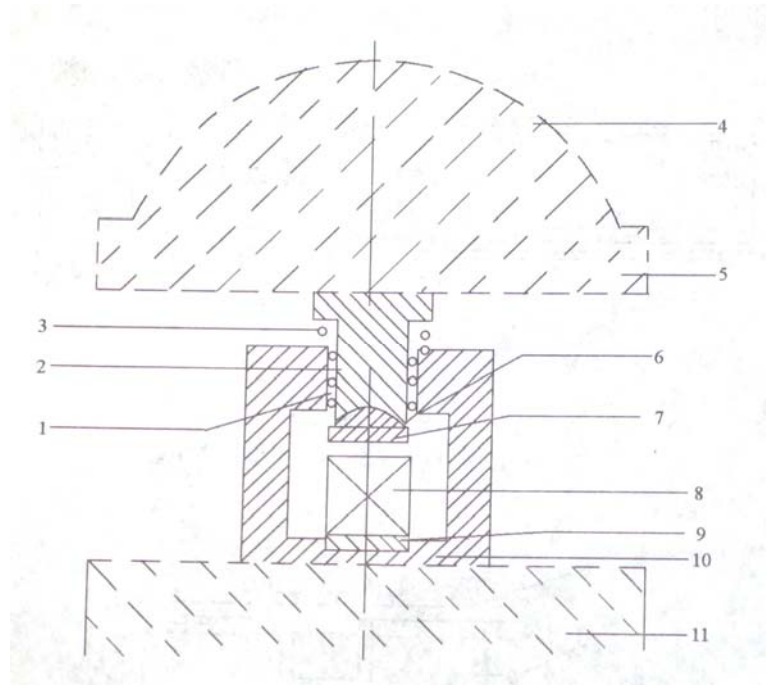


图2-25 夹具



图2-26 夹具

(2) 试验室条件

- 1、试体成型试验室的温度保持在 $20^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ ，相对湿度不低于50%。
- 2、试体带模养护的养护箱或雾室温度保持在 $20^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ ，相对湿度不低于90%。
- 3、试体养护池水温度应在 $20^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ 范围内。

(3) 胶砂的制备

1. 配合比

胶砂的质量配合比应为一份水泥三份标准砂和半份水(水灰比为0.5)。一锅胶砂成三条试体，每锅材料需要量如表2-1。

表2-1 每锅胶砂的材料数量

材料量 水泥品种	水泥 (g)	标准砂 (g)	水 (g)
硅酸盐水泥	450±2	1350±5	225±1
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			

2. 配料

水泥、砂、水和试验用具的温度与试验室相同，称量用的天平精度应为±1g。当用自动滴管加225ml水时，滴管精度应达到±1ml。

3. 搅拌

每锅胶砂用搅拌机进行机械搅拌。先使搅拌机处于待工作状态，然后按以下的程序进行操作：

把水加入锅里，再加入水泥，把锅放在固定架上，上升至固定位置。然后立即开动机器，低速搅拌30s后，在第二个30s开始的同时均匀地将砂子加入。当各级砂分装时，从最粗粒级开始，依次将所需的每级砂量加完。把机器转至高速再拌30s。

停拌90s，在第1个15s内用一胶皮刮具将叶片和锅壁上的胶砂，刮入锅中间。在高速下继续搅拌60s。各个搅拌阶段，时间误差应在±1s以内。

(4) 试件的制备

1. 尺寸应是40mm×40mm×160mm的棱柱体。

2. 成型

(1) 用振实台成型

胶砂制备后立即进行成型。将空试模和模套固定在振实台上，用一个适当勺子直接从搅拌锅里将胶砂分二层装入试模，装第一层时，每个槽里放300g胶砂，用大播料器垂直架在模套顶部沿每个模槽来回一次将料层播平，接着振实60下。再装入第二层胶砂，用小播料器播平，再振实60下。移走模套，从振实台上取下试模，用一金属直尺以近似90°的角度架在试模模顶的一端，然后沿试模长度方向以横向锯割动作慢慢向另一端移动，一次将超过试模部分的胶砂刮去，并用同一直尺以近乎水平的情况下将试体表面抹平。

在试模上作标记或加字条标明试件编号和试件相对于振实台的位置。

(2) 用振动台成型

当使用代用的振动台成型时，操作如下：

在搅拌胶砂的同时将试模和下料漏斗卡紧在振动台的中心。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。振动120s±5s停机。振动完毕，取下试模，用刮平尺刮去其高出试模的胶砂并抹平。接着在试模上作标记或用字条表明试件编号。



图2-27 成型操作

(5) 试件的养护

1. 脱模前的处理和养护

去掉留在模子四周的胶砂。立即将作好标记的试模放入雾室或湿箱的水平架上养护，湿空气应能与试模各边接触。养护时不应将试模放在其它试模上。一直养护到规定的脱模时间时取出脱模。脱模前，用防水墨汁或颜料笔对试体进行编号和做其它标记。二个龄期以上的试体，在编号时应将同一试模中的三条试体分在二个以上龄期内。

2. 脱模

脱模应非常小心。对于24h龄期的，应在破型试验前20分钟内脱模。对于24h以上龄期的，应在成型后20h~24h之间脱模。

如经24h养护，会因脱模对强度造成损害时，可以延迟至24h以后脱模，但在试验报告中应予以说明。

已确定作为24h龄期试验(或其他不下水直接做试验)的已脱模试体，应用湿布覆盖至做试验时为止。

3. 水中养护

将做好标记试件立即水平或竖直放在 $20^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ 水中养护，水平放置时刮平面应朝上。

养护期间试件之间间隔或试体上表面的水深均不得小于5mm，保证水与试件的六个面接触。每个养护池只养护同类型的水泥试件。随时加水保持适当的恒定水位，不允许在养护期间全部换水。

除24h龄期或延迟至48h脱模的试体外，任何到龄期的试体应在试验(破型)前15min从中取出。揩去试体表面沉积物，并用湿布覆盖至试验为止。

4. 强度试验试体的龄期

试体龄期从水泥和水搅拌开始试验时算起。不同龄期强度试验在下列时间里进行。

— $24\text{h} \pm 15\text{min}$

— $48\text{h} \pm 30\text{min}$

— $72\text{h} \pm 45\text{min}$

(6) 抗折强度的测定

以中心加荷法测定抗折强度。

将试体一个侧面放在试验机支撑圆柱上，试体长轴垂直于支撑圆柱，通过加荷圆柱以 $50\text{N/S} \pm 10\text{N/S}$ 速率均匀地将荷载垂直地加在棱柱体相对侧面上，直至折断。保持两个半截棱柱体处于潮湿状态直至抗压试验。抗折强度 R_f 以牛顿每平方毫米(MPa)表示，按下式进行计算(精确至0.1MPa)。

$$R_f = \frac{1.5F_f L}{b^3} \quad (2-9)$$

式中 f —折断时施加于棱柱体中部的荷载，牛顿(N)；

L —支撑圆柱之间的距离，mm

b —棱柱体正方形截面的边长，mm。

以一组三个棱柱体抗折结果的平均值作为试验结果(精确至0.1MPa)。当三个强度值中有超出平均值 $\pm 10\%$ 时，应剔除后再取平均值作为抗折强度试验结果。

(7) 抗压强度的测定

在折断后的棱柱体上进行抗压试验，受压面是试体成型时的两个侧面，面积为 $40\text{mm} \times 40\text{mm}$ 。

当不需要抗折强度数值时，抗折强度试验可以省去，但抗压强度试验应在不使试件受有害应力情况下折断的两截棱柱体上进行。

半截棱柱体中心与压力机压板受压中心差应在 $\pm 0.5\text{mm}$ 内，棱柱体露在压板外的部份约有 10mm 。在整个加荷过程中以 $2400\text{N/S} \pm 200\text{N/S}$ 的速率均匀地加荷直至破坏。

抗压强度 R_c 以牛顿每平方米(MPa)为单位，按下式进行计算(精确至0.1MPa)。

$$R_c = \frac{F_c}{A} \quad (2-10)$$

式中 F_c —破坏时的最大荷载，牛顿(N)；

A —受压部分面积， mm^2 ($40\text{mm} \times 40\text{mm} = 1600\text{mm}^2$)。

以一组三个棱柱体上得到的六个抗压强度测定值的算术平均值作为试验结果(精确至0.1MPa)。如六个测定值中有一个超出六个平均值的 $\pm 10\%$ ，就应剔除这个结果，而以剩下五个的平均数为结果。如果五个测定值中再有超过它们平均数 $\pm 10\%$ 的，则此组结果作废。



图 2-28 抗折实验



图2-29 抗压实验

实验三 混凝土用骨料实验

(1) 实验目的及依据

1.1 实验目的:

熟悉普通混凝土用粗(石)细(砂)骨料的质量要求及基本性能检验方法。对其进行基本性能参数的试验,为砂浆配合比与混凝土配合比设计提供原材料参数。

1.2 试验、评定依据:

JGJ52-2006普通混凝土用砂、石质量及检验方法标准。

(2) 样品制备方法

砂石的试验样品需要先从需要试验的地方进行取样,取得多于试验最少用量的试样量,然后进行缩分,缩分到每个试验所需试验量。

(一) 取样

1. 砂的取样

①应按同产地同规格分批验收。用大型工具(如火车、货船、汽车)运输的,以400m³或600t为一验收批。用小型工具(马车等)运输的,以200m³或300t为一验收批。不足上述数量者以一批论。

②在料堆上取样时,取样部位应均匀分布,取样前先将取样部位表层铲除。然后由各部位抽取大致相等的砂共8份,组成一组样品。

③每验收批至少应进行颗粒级配、含泥量和泥块含量的检验。取样数量见表3-1。

表3-1 每一试验项目所需砂的最少取样数量

试验项目	最少取样数量(g)
筛分析	4400
表观密度	2600
吸水率	4000
紧密密度和堆积密度	5000
含水率	1000
含泥量	4400
泥块含量	10000

2. 石子的取样

表3-2 每一试验项目所需碎石或卵石的最少取样数量(kg)

试验项目	最大粒径(mm)							
	10	16	20	25	31.5	40	63	80
筛分析	10	15	20	20	30	40	60	80
表观密度	8	8	8	8	12	16	24	24
含水率	2	2	2	2	3	3	4	6
吸水率	8	8	16	16	16	24	24	32
堆积密度、紧密密度	40	40	40	40	80	80	120	120
含泥量	8	8	24	24	40	40	80	80
泥块含量	8	8	24	24	40	40	80	80
针、片状含量	1.2	4	8	8	20	40	-	-

①应按同产地同规格分批验收。用大型工具(如火车、货船或汽车)运输的,以400m³或600t为一验收批,用小型工具(如马车等)运输的,以200m³或300t为一验收批。不足上述数量者以一验收批论。

②在料堆上取样时,取样部位应均匀分布。取样前先将取样部位表面铲除,然后由各部位抽取大致相等的石子15份(在料堆的顶部、中部和底部各由均匀分布的五个不同部位取得)组成一组样品;

③每验收批至少应进行颗料级配、含泥量、泥块含量及针、片状颗粒含量检验。

(二) 缩分

1. 砂

①样品的缩分有两种方法:分料器缩分和人工四分法。人工四分法缩分如下进行:将所取每组样品置于平板上,在潮湿状态下拌和均匀,并堆成厚度约为200mm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,取其对角的两份重新拌匀,再堆成“圆饼”。重复上述过程,直至缩分后的材料量略多于进行试验所必需的量为止。

②对较少的砂样品(如作单项试验时),可采用较于的原砂样,但应经仔细拌匀后缩分。

③砂的堆积密度和紧密密度及含水率检验所用的试样可不经缩分,在拌匀后直接进行试验。

2. 石子

①将每组样品置于平板上,在自然状态下拌和均匀,并堆成锥体,然后沿互相垂直的两条直径把锥体分成大致相等的四份,取其对角的两份重新拌匀,再堆成锥体,重复上述过程,直至缩分后的材料量略多于进行试验所必需的量为止。

②碎石或卵石的含水率、堆积密度、紧密密度检验所用的试样,不经缩分,拌匀后直接进行试验。



图3-1 砂取样



图3-2 石取样

(3) 实验方法

实验3.1 砂的筛分析实验

实验3.2 砂的表观密度试验

实验3.3 砂的堆积密度试验

实验3.4 砂的含水率试验

实验3.5 碎石或卵石的筛分析试验

实验3.6 碎石或卵石的表观密度试验(简易方法)

实验3.7 碎石或卵石的吸水率试验

实验3.8 碎石或卵石的含水率试验

(4) 问题与讨论

①试分析砂、石取样时进行缩分的意义。

②进行砂筛分时，试样准确称量500 g，但各筛的分计筛余量之和大于或小于500 g，试分析其可能的原因(称量错误不计)。

③测试除了石粉密度，还有石子的表观密度，要计算孔隙率，为什么我算出来的孔隙率是负值？问题在哪里？

④砂、石空隙率在混凝土中有何意义？

3.1 砂的筛分析试验

(1) 仪器设备：

1. 试验筛—公称孔径为10.0mm、5.00mm、2.50mm、1.25mm、630 μm、315 μm、160 μm、80 μm的方孔筛（筛孔边长分别为9.50mm、4.75mm、2.36mm、1.18 mm、600 μm、300 μm、150 μm、75 μm），以及筛的底盘和盖各一只；筛框直径为300mm或200mm；

2. 天平—称量1000g，感量1g；

3. 摇筛机；

4. 烘箱—能使温度控制在 $105\pm 5^{\circ}\text{C}$ ；

5. 浅盘和硬、软毛刷等。

(2) 试样制备：

按缩分方法进行缩分，用于筛分析的试样，颗粒粒径不应大于10mm，试验前应先将来样通过10mm筛，并算出筛余百分率。然后称取每份不少于550g的试样两份，分别倒入两个浅盘中，在 $105\pm 5^{\circ}\text{C}$ 的温度下烘干到恒重。冷却至室温备用。

若试样含泥量超过5%，应先用水洗后，在 $105\pm 5^{\circ}\text{C}$ 的温度下烘干到恒重。冷却至室温备用。

(3) 试验步骤

1. 准确称取烘干试样500g，置于按筛孔大小(大孔在上、小孔在下)顺序排列的套筛的最上一只筛(即5mm筛孔筛)上。



图3-3 砂筛分

2. 将套筛装入摇筛机内固紧，筛分时间为10min左右。

3. 取出套筛，再按筛孔大小顺序，在清洁的浅盘上逐个进行手筛，直至每分钟的筛出量不超过试样总量的0.1%时为止，通过的颗粒并入下一个筛，并和下一个筛中试样一起过筛，

按这样顺序进行，直至每个筛全部筛完为止。
仲裁时，试样在各号筛由的筛余量均不得超过下式的量：

$$m_r = \frac{A\sqrt{d}}{300} \quad (3-1)$$

生产控制检验时不得超过下式的量：

$$m_r = \frac{A\sqrt{d}}{200} \quad (3-2)$$

式中 m_r —在一个筛上的剩留量(g)；
 d —筛孔尺寸(mm)；
 A —筛的面积(mm²)。

否则应将该筛余试样分成两份，再次进行筛分，并以其筛余量之和作为筛余量。

称取各筛筛余试样的重量(精确至1g)，所有各筛的分计筛余量和底盘中剩余量的总和与筛分前的试样总量相比，其相差不得超过1%。

(4) 结果处理与评定

1. 计算分析筛余百分率(各筛上的筛余量除以试样总量的百分率)，精确至0.1%；
2. 计算累计筛余百分率(该筛上的分计筛余百分率与大于该筛的各筛上的分计筛余百分率之总和)，精确至0.1%；
3. 根据各筛两次试验累计筛余的平均值，根据表3-3评定该试样的颗粒级配分布情况，精确至1%；

表 3-3 颗粒级配

累计筛余/%	级配区		
	I 区	II 区	III 区
5.00 mm	10~0	10~0	10~0
2.50 mm	35~5	25~0	15~0
1.25 mm	65~35	50~10	25~0
630 μm	85~71	70~41	40~16
315 μm	95~80	92~70	85~55
160 μm	100~90	100~90	100~90

砂的实际颗粒级配与表中所列数字相比，除 4.75mm 和 600μm 筛档外，可以略有超出，但超出总量应小于 5%。

按下式计算砂的细度模数(精确至0.01)：

$$\mu_f = \frac{(\beta_2 + \beta_3 + \beta_4 + \beta_5 + \beta_6) - 5\beta_1}{100 - \beta_1} \quad (3-3)$$

μ_f —细度模数；

β_1 、 β_2 、 β_3 、 β_4 、 β_5 、 β_6 ——分别为公称直径5.00mm、2.50mm、1.25mm、630 μ m、

315 μ m、160 μ m方孔筛上的累计筛余；。

筛分试验应采用两个试样平行试验。细度模数以两次试验结果的算术平均值为测定值(精确至0.1)。如两次试验所得的细度模数之差大于0.20时，应重新取试样进行试验。

实验3.2 砂的表观密度试验

(1) 仪器设备

天平—称量1000g，感量1g；

容量瓶—500ml；

干燥器、浅盘、铝制料勺、温度计等；

烘箱—能使温度控制在 $105 \pm 5^\circ\text{C}$ ；烧杯—500ml。

(2) 试样制备

将缩分至650g左右的试样在温度为 $105 \pm 5^\circ\text{C}$ 的烘箱中烘干到恒重，并在干燥器内冷却至室温。



图 3-4 容量瓶

(3) 试验步骤

1. 称取烘干试样300g(m_0)，装入盛有半瓶冷开水的容量瓶中；

2. 摇转容量瓶，使试样在水中充分搅动以排除气泡，塞紧瓶塞，静置24h左右，然后用滴管添水，使水面与瓶颈刻度线平齐，再塞紧瓶塞，擦干瓶外水分，称其重量(m_1)。

3. 倒出瓶中的水和试样，将瓶的内外表面洗净，再向瓶内注入与第2部水温相差不超过 2°C 的冷开水至瓶颈刻度线，塞紧瓶塞，擦干瓶外水分，称其重量(m_2)。

在砂的表观密度试验过程中应测量并控制水的温度，试验的各项称量可以在 $15 \sim 25^\circ\text{C}$ 的温度范围内进行，从试样加水静置的最后2h起直至试验结束，其温度相差不应超过 2°C 。

(4) 结果处理与评定

1. 表观密度(精确至 $10\text{kg}/\text{m}^3$):

$$\rho = \left(\frac{m_0}{m_0 + m_2 - m_1} - \alpha_t \right) \times 1000 (\text{kg}/\text{m}^3) \quad (3-4)$$

式中 m_0 —试样的烘干重量(g);

m_1 —试样、水及容量瓶总重(g);

m_2 —水及容量瓶总重(g);

α_t —考虑称量时的水温对水相对密度影响的修正系数, 见表3-4。

2. 以两次试验结果的算术平均值作为测定值, 如两次结果之差大于 $20\text{kg}/\text{m}^3$ 时, 应重新取样进行试验。

表3-4 不同水温下砂的表观密度温度修正系数

水温(°C)	15	16	17	18	19	20
α_t	0.002	0.003	0.003	0.004	0.004	0.005
水温(°C)	21	22	23	24	25	-
α_t	0.005	0.006	0.006	0.007	0.008	-

3.3 砂的堆积密度试验

(1) 仪器设备

台秤—称量5000g, 感量5g;

容量筒—金属制、圆柱形、内径108mm, 净高109mm, 筒壁厚2mm, 容积约为1L, 筒底厚为5mm;

漏斗(见图3-5、3-6)或铝制料勺;

烘箱—能使温度控制在 $105 \pm 5^\circ\text{C}$;

直尺、浅盘等。

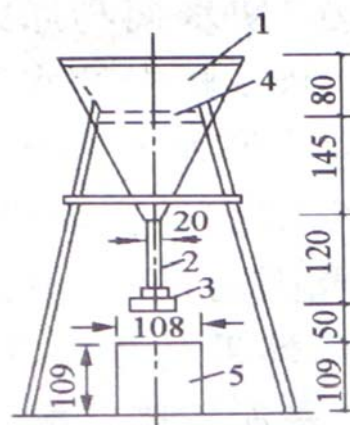


图3-5 标准漏斗(单位: mm)

1—漏斗; 2—20mm管子, 3—活动门, 4—筛, 5—金属量筒

(2) 试样制备

用浅盘装样品约3L，在温度为 $105\pm 5^{\circ}\text{C}$ 烘箱中烘干至恒重，取出并冷却至室温，再用5mm孔径的筛子过筛，分成大致相等的两份备用，试样烘干后如有结块，应在试验前先捏碎。



图 3-6 堆积密度试验

(3) 试验步骤

1. 称容量筒重 m_1 (kg)。
2. 取试样一份，用漏斗或铝制料勺，将它徐徐装入容量筒(漏斗出料口或料勺距容量筒筒口 不应超过50mm)直至试样装满并超出容量筒筒口。
3. 用直尺将多余的试样沿筒口中心线向两个相反方向刮平，称其重量(m_2)。

(4) 结果处理与评定

1. 堆积密度(ρ_L)按下式计算(精确至 $10\text{kg}/\text{m}^3$):

$$\rho_L(\rho_c) = \frac{m_2 - m_1}{V} \times 1000 \quad (3-5)$$

式中 $\rho_L(\rho_c)$ ——堆积密度(紧密密度) (kg/m^3);

m_1 ——容量筒的质量 (kg);

m_2 ——容量筒和砂总质量 (kg);

V ——容量筒容积 (L)。

2. 以两次试验结果的算术平均值作为测定值。

实验3.4 砂的含水率试验

(1) 仪器设备

1. 烘箱——能使温度控制在 $105\pm 5^{\circ}\text{C}$;
2. 天平——称量2000g，感量2g;
3. 容器——如浅盘等。

(2) 试验步骤

1. 由样品中取各重约500g的试样两份，分别放入已知重量的干燥容器(m_1)中称重，记下每盘试样与容器的总重(m_2)。
2. 将容器连同试样放入温度为 $105 \pm 5^\circ\text{C}$ 的烘箱中烘干至恒重。
3. 称量烘干后的样与容器的总重(m_3)。

(3) 结果处理与评定

1. 砂的含水量按下式计算(精确至0.1%):

$$\omega_{wc} = \frac{m_2 - m_3}{m_3 - m_1} \times 100(\%) \quad (3-6)$$

式中 m_1 —容器重量(g);

m_2 —未烘干的试样与容器的总重(g);

m_3 —烘干后的试样与容器的总重(g)。

2. 以两次试验结果的算平均值作为测定值。

实验3.5 碎石或卵石的筛分析试验

(1) 仪器设备

1. 试验筛—筛孔公称直径为100、80.0、63.0、50.0、40.0、31.5、25.0、20.0、16.0、10.0、5.00和2.50mm的方孔筛(方孔筛孔边长为90.0、75.0、63.0、53.0、37.5、31.5、26.5、19.0、16.0、9.50、4.75、2.36mm)，以及筛的底盘和盖各一只，其规格和质量要求应符合GB6003《试验筛》的规定(筛框内径均为300mm);
2. 天平或案秤—精确至试样量的0.1%左右;
3. 烘箱—能使温度控制在 $105 \pm 5^\circ\text{C}$;
4. 浅盘。

(2) 试样制备

试验前，用四分法将样品缩分至略重于表4所规定的试样所需量，烘干或风干后备用。

表3-5 筛分析所需试样的最小重量

最大公称 粒径(mm)	10.0	16.0	20.0	25.0	31.5	40.0	63.0	80.0
试样重量 不少于(kg)	2.90	3.2	4.0	5.0	6.3	8.0	12.6	16.0

(3) 试验步骤

1. 按表3-5的规定称取试样。
2. 将试样按筛孔大小顺序过筛，当每号筛上筛余层的厚度大于试样的最大粒径值时，应将该号筛上的筛余分成两份，再次进行筛分，直至各筛每分钟的通过量不超过试样总量的0.1%。当筛余颗粒的粒径大于20mm时，在筛分过程中，允许用手指拨动颗粒。



图3-7 碎石筛分

3. 称取各筛筛余的重量，精确至试样总重量的0.1%。在筛上的所有分计筛余量和筛底剩余的总和与筛分前测定的试样总量相比，其相差不超过1%。

(4) 结果处理与评定

1. 由各筛上的筛余量除以试样总重量计算得出该号筛的分计筛余百分率(精确至0.1%)；
2. 每号筛计算得出的分计筛余百分率与大于该筛筛号各筛的分计筛余百分率相加，计算得出其累计筛余百分率(精确至1%)；
3. 根据各筛的累计筛余百分率，评定该试样的颗粒级配。

实验3.6 碎石或卵石的表观密度试验(简易方法)

本方法适用于测定碎石或卵石的表观密度，不宜用于最大粒径超过40mm的碎石或卵石。

(1) 仪器设备

1. 烘箱—能使温度控制在 $105 \pm 5^\circ\text{C}$ ；
2. 天平—称量5kg，感量5g；
3. 广口瓶—1000mL，磨口，并带玻璃片；
4. 试验筛—孔径为5mm；
5. 毛巾、刷子等。

(2) 试样准备

试验前，将样品筛去5mm以下的颗粒，用四分法缩分至不少于2kg，洗刷干净后，分成两份备用。



图3-8 碎石或卵石的表观密度试验

(3) 试验步骤

1. 按表6-4-6规定的数量称取试样。
 2. 将试样浸水饱和，然后装入广口瓶中。装试样时，广口瓶应倾斜放置，注入饮用水，用玻璃片覆盖瓶口，以上下左右摇晃的方法排除气泡。
 3. 气泡排尽后，向瓶中添加饮用水直至水面凸出瓶口边缘。然后用玻璃片沿瓶口迅速滑行，使其紧贴瓶口水面。擦干瓶外水分后，称取试样、水、瓶和玻璃片总重量(m_1)。
 4. 将瓶中的试样倒入浅盘中，放在 $105 \pm 5^\circ\text{C}$ 的烘箱中烘干至恒重，取出，放在带盖的容器中冷却至室温后称重(m_0)。
 5. 将瓶洗净，重新注入饮用水，用玻璃片紧贴瓶口水面，擦干瓶外水份后称重(m_2)。
- 试验时各项称量可以在 $15 \sim 25^\circ\text{C}$ 的温度范围内进行，但从试样加水静置的最后2h起直至试验结束，其温度相差不应超过 2°C 。

表3-6 表观密度试验所需的试样最少重量

最大公称粒径(mm)	10.0	16.0	20.0	31.5	40.0	63.0	80.0
试样重量不少于(kg)	2	2	2	3	4	6	6

(4) 结果处理与评定

1. 表观密度(精确至 $10\text{kg}/\text{m}^3$):

$$\rho = \left(\frac{m_0}{m_0 + m_2 - m_1} - a_t \right) \times 1000 (\text{kg}/\text{m}^3) \quad (3-7)$$

式中 m_0 —烘干后试样重量(g);

m_1 —试样、水、瓶和玻璃片的共重(g);

m_2 —水、瓶和玻璃片共重(g);

a_t —考虑称量时的水温对表观密度影响的修正系数，见表3-7。

2. 以两次试验结果的算术平均值作为测定值，两次结果之差应小于 $20\text{kg}/\text{m}^3$ ，否则重新取样进行试验。对颗粒材质不均匀的试样，如两次试验结果之差值超过 $20\text{kg}/\text{m}^3$ ，可取四次测定结果的算术平均值作为测定值。

表3-7 不同水温下碎石或卵石的表观密度温度修正系数

水温 $^\circ\text{C}$	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
a_t	0.002	0.003	0.003	0.004	0.004	0.005	0.005	0.006	0.006	0.007	0.008

实验3.7 碎石或卵石的吸水率试验

本方法适用于测定碎石或卵石的吸水率，即测定以烘干重量为基准的饱和面干吸水率。

(1) 仪器设备

1. 烘箱—能使温度控制在 $105 \pm 5^\circ\text{C}$;
2. 天平—称量5kg，感量5g;
3. 试验筛—孔径为5mm;
4. 容器、浅盘、金属丝刷和毛巾等;

(2) 试样制备

试验前，将样品筛去5mm以下的颗粒，然后用四分法缩分至表3-8所规定的重量，分成两份，用金属丝刷刷净后备用。

表3-8 吸水率试验所需的试样最少重量

最大粒径(mm)	10.0	16.0	20.0	25.0	31.5	40.0	63.0	80.0
试样重量 不少于(kg)	2	2	4	4	4	6	6	8



图3-9 吸水率试验

(3) 试验步骤

1. 取试样一份置于盛水的容器中，使水面高出试样表面5mm左右。试样在水中浸24h。
2. 24h后从水中取出试样，并用拧干的湿毛巾将颗粒表面的水分拭干，即成为饱和面干试样，然后，立即将试样放在浅盘中称重(m_2)，在整个试验过程中，水温须保持在 $20 \pm 5^\circ\text{C}$ 。
3. 将饱和面干试样连同浅盘置于 $105 \pm 5^\circ\text{C}$ 的烘箱中烘干至恒重，然后取出，放入带盖的容器中冷却0.5~1h，称取烘干试样与浅盘的总重(m_1)。称取浅盘的重量(m_3)。

(4)、结果处理与评定

1. 吸水率应按下式计算(精确至0.01%)；

$$\omega_{wa} = \frac{m_2 - m_1}{m_1 - m_3} \times 100(\%) \quad (3-8)$$

式中 m_1 —烘干试样与浅盘共重(g)；
 m_2 —烘干前饱和面干试样与浅盘共重(g)；
 m_3 —浅盘重量(g)。

2. 以两次试验结果的算术平均值作为测定值。

实验 3.8 碎石或卵石的含水率试验

(1) 仪器设备

1. 案秤—称量50kg，感量50g，及称量100kg，感量100g各一台。
2. 容量筒—金属制，其规格见表3-9。
3. 平头铁锹；
4. 烘箱—能使温度控制在 $105 \pm 5^\circ\text{C}$ 。

表3-9 容量筒的规格要求

碎石或卵石的最大粒径(mm)	容量筒容积(L)	容量筒规格(mm)		筒壁厚度 (mm)
		内径	净高	
10.0;16.0;20.0;25.0	10	208	294	2
31.5;40.0	20	294	294	3
63.0;80.0	30	360	294	4

注 测定紧堆密度时,对最大粒径为31.5、40.0mm的集料,可采用10L 的容量筒,对最大粒径为63.0、80.0mm的集料,可采用20L的容量筒。

(2) 试样制备

试验前,取重量约等于表2所规定的试样放入浅盘,在 $105\pm 5^{\circ}\text{C}$ 的烘箱中烘干,也可以摊在清洁的地面上风干,拌匀后分成两份备用。

(3) 试验步骤

取试样一份,置于平整干净的地板(或铁板)上,用平头铁锹铲起试样,使石子自由落入容量筒内。此时,从铁锹的齐口至容量筒上口的距离应保持为50mm左右。装满容量筒并除去出筒口表面的颗粒;并以合适的颗粒填入凹陷部分,使表面稍凸起部分和凹陷部分的体积大致相等,称取试样和容量筒共重(m_2)。

(4) 结果处理与评定

1. 堆积密度按下式计算(精确至 $10\text{kg}/\text{m}^3$):

$$\rho_1 = \frac{m_2 - m_1}{V} \times 1000 (\text{kg}/\text{m}_3) \quad (3-9)$$

式中 m_1 —容量筒的重量(kg);

m_2 —容量筒和试样共重(kg);

V —容量筒的容积(L)。

以两次试验结果的算平均值作为测定值。

2. 空隙率(v_1)按下式计算(精确至1%):

$$v_1 = \left(1 - \frac{\rho_1}{\rho}\right) \times 100(\%) \quad (3-10)$$

式中 v_1 —碎石或卵石的堆积密度

ρ —碎石或卵石的表观密度(kg/m^3)。

3. 容量筒容积的校正应以 $20\pm 5^{\circ}\text{C}$ 的饮用水装满空量筒,用玻璃板沿筒口滑移,使其紧贴水面,擦干筒外壁水份后称重。用下式计算筒的容积(V):

$$V = m'_2 - m'_1 (L) \quad (3-11)$$

式中 m'_1 —容量筒和玻璃板重量(kg);

m'_2 —容量筒、玻璃板和水总重(kg)。

实验四 普通混凝土实验

(1) 实验目的

- ①通过测定和评价普通混凝土拌合物工作性（和易性）；验证所设计的初步配合比。
- ②通过普通混凝土拌合物表观密度的测定，校正混凝土的初步设计配合比。
- ③通过混凝土立方体 28 天抗压强度的测定，来评价混凝土强度是否满足设计强度要求。

(2) 取样方法

1. 混凝土拌合物试验用料应根据不同要求，从同一盘搅拌或同一车运送的混凝土中取出。

2. 混凝土工程施工中取样进行混凝土试验时，其取样方法和原则应按现行《混凝土结构工程施工及验收规范》以及其他有关规定执行。

3. 拌合物取样后应尽快进行试验。试验前，试样应经人工略加翻拌，以保证其质量均匀。

(3) 拌制方法

1. 一般规定

(1) 拌混凝土的原材料应符合有关技术要求，并与施工实际用料相同，水泥如有结块，应用0.9mm筛将结块筛除。

(2) 在试验室拌制混凝土进行试验时，拌合用的骨料应提前运入室内。拌合时试验室的温度应保持在 $20\pm 5^{\circ}\text{C}$ 。需要模拟施工条件下所用的混凝土时，试验室原材料的温度宜保持与施工现场一致。

(3) 材料用量以重量计。称量精度：骨料为 $\pm 1\%$ ，水、水泥和外加剂均为 $\pm 0.5\%$ 。

(4) 拌合物从加水拌合时算起，全部操作（包括稠度测定或试件成型等）须在30min内完毕。

2. 主要仪器设备

(1) 搅拌机，容量75~100L，转速为18~22r/min。

(2) 磅秤，称量50kg，感量50g。

(3) 天平（称量5kg，感量5g）、量筒（200mL，1000mL）、拌铲、拌板（1.5m×2m左右）、盛器。

3. 拌和方法

(1) 人工拌和

①按配合比称量各材料。

②将拌板和拌铲用湿布润湿后，将砂、水泥倒在拌板上，用拌铲自拌板的一端翻拌至另一端，如此重复直至颜色均匀，再加上石子，翻拌至均匀。

③将干混合料堆成堆，在中间作一凹坑，倒入部分拌合用水，然后仔细翻拌，逐步加入全部用水，继续翻拌直至均匀为止。

④拌和时间从加水时算起，在10min内完毕。

(2) 按配合比称量各材料。

①按配合比称量各材料。

②按配合比先预拌适量混凝土进行挂浆，以免正式拌合时浆体的损失。

③开动搅拌机，向搅拌机内依次加入石子、砂子和水泥，干拌均匀，再将水徐徐加入，全部加料时间不超过2min，水全部加入后，继续拌和2min。

④将拌合物自搅拌机中卸出，倾倒在拌板上，再人工拌和1~2min，使其均匀。

(4) 实验方法

实验4.1 普通混凝土拌合物工作性实验

实验4.2 普通混凝土拌合物表观密度实验

实验4.3 普通混凝土立方体抗压强度实验

实验4.4普通混凝土劈裂抗拉实验

(5) 问题与讨论

- ①混凝土搅拌机在使用前,应用与所拌混凝土相同水灰比的砂浆在其中预拌一次,或者将搅拌机内部进行润湿,为什么?
- ②试分析强度达到设计要求但和易性不好的混凝土应用于工程有何危害。
- ③为何混凝土试件养护用水的 PH 值不应小于 7?
- ④某学生在成型混凝土强度试件时,发现拌合物过于干硬,难以密实,便加入少量水搅拌后再成型,试分析对试验结果的影响。
- ⑤在进行混凝土强度实验时,要求试块的侧面(与试模壁相接触的四面)受压,为什么?

实验4.1 普通混凝土拌合物工作性实验

(一) 坍落度法

本方法适用于骨料最大粒径不大于40mm、坍落度值不小于10mm的混凝土拌合物稠度测定。

1. 仪器设备

坍落度筒由薄钢板或其它金属制成的圆台形筒(见图4-1)其内壁应光滑、无凹凸部位。底面和顶面应互相平行并与锥本的轴线垂直。在坍落度筒外三分之二高度处安两个手把,下端应焊脚踏板。筒的内部尺寸为:

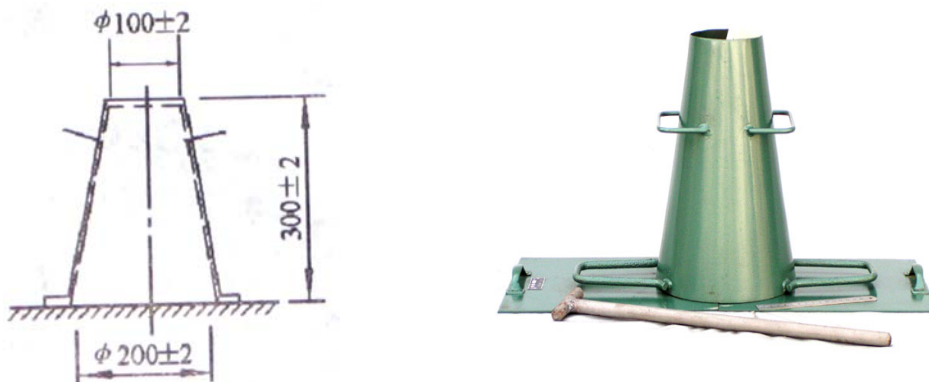


图4-1 坍落度筒

底部直径 $200 \pm 2\text{mm}$

顶部直径 $100 \pm 2\text{mm}$

高度 $300 \pm 2\text{mm}$

筒壁厚度不小于1.5mm

(2)捣棒直径16mm、长600mm的钢棒,端部应磨圆。

2. 试验步骤

(1)湿润坍落度筒及其它用具,并把筒放在不吸水的刚性水平底板上,然后用脚踩住 两边的脚踏板,使坍落度筒在装料时保持位置固定。

(2)把按要求取得的混凝土试样用小铲分三层均匀地装入筒内,使捣实后每层高度为筒高的三分之一左右。每层用捣棒插捣25次。插捣应沿螺旋方向由外向中心进行,各次插捣应在截面上均匀分布。插捣应贯穿整个深度,插捣第二层和顶层时,捣棒应插透本层至下一层的表面。

浇灌顶层时,混凝土应灌到高出筒口。插捣过程中,如混凝土沉落到低于筒口,则应随时添

加。顶层插捣完后，刮去多余的混凝土，并用抹刀抹平。

(3) 清除筒边底板上的混凝土后，垂直平稳地提起坍落度筒，坍落度筒的提离过程应在5~10s内完成。

从开始装料到提坍落度筒的整个过程应不间断地进行，并应在150s内完成。

(4) 提起坍落度筒后，量测筒高与坍落后混凝土试体最高点之间的高度差，即为该混凝土拌合物的坍落度值。

混凝土拌合物坍落度以毫米为单位，结果表达精确到5毫米。

坍落度筒提离后，如混凝土发生崩坍或一边剪坏现象，则应重新取样另行测定。如第二次试验仍出现上述现象，则表示该混凝土和易性不好。应予记录备查。

(5) 观察坍落后的混凝土试体的**粘聚性**及**保水性**。

粘聚性的检查方法是用捣棒在已坍落的混凝土锥体侧面轻轻敲打。此时，如果锥体逐渐下沉出表示粘聚性良好，如果锥体倒塌、部分崩裂或出现离析现象，则表示粘聚性不好。

保水性以混凝土拌合物中稀浆析出的程度来评定、坍落度筒提起后如有较多的稀浆从底部析出，锥体部分的混凝土也因失浆而骨料外露，表明此混凝土拌合物的保水性能不好。如坍落度筒提起后无稀浆或仅有少量稀浆自底部析出，则表示此混凝土拌合物保水性良好。



图4-2 塑性混凝土坍落

(二) 维勃稠度法

本方法适用于骨料最大粒径不大于40mm，维勃稠度在5~30s之间的混凝土拌合物稠度测定。

1. 仪器设备

(1) 维勃稠度仪(见图4-3)由以下部份组成：

① 震动台台面长380mm，宽260mm，支承在四个减震器上。台面底部安有频率为 50 ± 3 赫的震动器。装有空容器时台面的振幅应为 0.5 ± 0.1 mm。

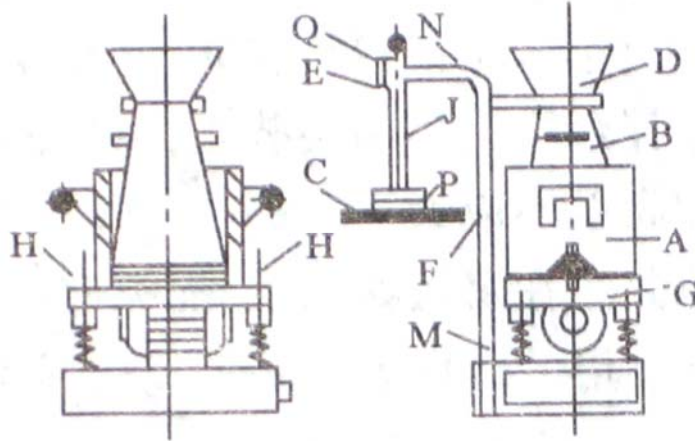


图4-3 维勃稠度仪

A-容器；B-坍落度筒；C-透明圆盘；D-料斗；E-套管；

F-定位螺丝；G-震动台；H-固定螺丝；J-测杆；M-支柱；N-旋转架；P-荷重块；Q-测杆螺丝

②容器由钢板制成，内径为 $240 \pm 5\text{mm}$ ，高为 $200 \pm 2\text{mm}$ ，筒壁厚 3mm ，筒底厚为 7.5mm 。

③坍落度筒其内部尺寸为：

底部直径 $200 \pm 2\text{mm}$

顶部直径 $100 \pm 2\text{mm}$

高度 $300 \pm 2\text{mm}$

④旋转架与测杆及喂料斗相连。测杆下部安装有透明且水平的圆盘，并用测杆螺丝把测杆固定在套管中。旋转架安装在支柱上，通过十字凹槽来固定方向，并用定位螺丝来固定其位置。就位后，测杆或喂料斗的轴线均应与容器的轴线重合。

透明圆盘直径为 $230 \pm 2\text{mm}$ ，厚度为 $10 \pm 2\text{mm}$ 。荷重块直接固定在圆盘上。由测杆、圆盘及荷重块组成的滑动部分总重量应为 $2750 \pm 50\text{g}$ 。

(2) 捣棒直径 16mm 、长 600mm 的钢棒端部应磨圆。

2. 试验步骤

(1) 把维勃稠度仪放置在坚实水平的地面上，用湿布把空器、坍落度筒、喂料斗内壁及其他用具润湿。

(2) 将喂料斗提到坍落度筒上方扣紧，校正容器位置，使其中心与喂料斗中心重合，然后拧紧固定螺丝。

(3) 把按要求取得的混凝土试样用小铲分三层经喂料斗均匀地装入筒内。

(4) 把喂料斗转离，垂直地提起坍落度筒，此时应注意不使混凝土试体产生横向的扭动。

(5) 把透明圆盘转到混凝土圆台体顶面，放松测杆螺丝，降下圆盘，使其轻轻接触到混凝土顶面。

(6) 拧紧定位螺丝，并检查测杆螺丝是否已经完全放松。

(7) 在开启震动台的同时用秒表计时，当振动到透明圆盘的底面被水泥浆布满的瞬间停表计时，并关闭震动台。

由秒表读出的时间(s)即为该混凝土拌合物的维勃稠度值。

实验4.2 拌合物表观密度试验

(1) 仪器设备

1 容量筒金属制成的圆筒，两旁装有手把。对骨料最大粒径不大于 40mm 的拌合物采用容积为 5L 的容量筒，其内径与筒高均为 $186 \pm 2\text{mm}$ ，筒壁厚为 3mm ；骨料最大粒径大于 40mm 时，

容量筒的内径与筒高均应在大于骨料最大粒径的4倍。容量筒上缘及内壁应光滑平整，顶面与底面应平行并与圆柱体的轴垂直。

- 2 台秤称量100kg，感量50g。
- 3 震动台频率应为 50 ± 3 赫，空载时的振幅应为 0.5 ± 0.1 mm。
- 4 捣棒直径10mm、长600mm的钢棒，端部应磨圆。

(2) 试验步骤

1. 用湿布把容量筒内外擦干净，称出筒重，精确至50g。
2. 混凝土的装料及捣实方法应根据拌合物的稠度而定。坍落度不大于70mm的混凝土，用震动台振实为宜，大于70mm的用捣棒捣实为宜。

①采用捣棒捣实时，应根据容量筒的大小决定分层与插捣次数。用5L容量筒时，混凝土合物应分两层装入，每层的插捣次数应为25次。有大于5L的容量筒时，每层混凝土的高度不应大于100mm，每层插捣次数按 100cm^2 截面不小于12次计算。各次插捣应均匀地分布在每层截面上，插捣底层时捣棒应贯穿整个深度，插捣第二层时，捣棒应插透本层至下一层的表面。每一层捣完后把捣棒垫在筒底，将筒左右交替地颠击地面各15次。

②采用震动台振实时，应一次将混凝土拌合物灌到高出容量筒口。装料时可用捣棒稍加插捣，振动过程中如混凝土沉落到低于筒口，则应随时添加混凝土，振动直至表面出浆为止。

3. 用刮尺齐筒口将多余的混凝土拌合物刮去，表面如有凹陷应予填平。将容量筒外壁擦净，称出混凝土与容量筒总重，精确至50g。

(3) 结果处理

混凝土拌合物容重 r_h 应按下列公式计算：

$$r_h = \frac{W_2 - W_1}{V} \times 1000 (\text{kg/m}^3) \quad (4-1)$$

式中 W_1 —容量筒重量(kg)；

W_2 —容量筒及试样总重(kg)；

V —容量筒容积(L)。

试验结果的计算精确至 10kg/m^3 。

容量筒容积应经常予以校正。校正方法可采用一块能覆盖住容量筒顶面的玻璃板，先称出玻璃板和空桶的重量，然后向容量筒中灌入清水，灌到接近上口时，一边不断加水，一边把玻璃板沿筒口徐徐推入盖严。应注意使玻璃板下不带有气泡。然后擦净玻璃板面及筒壁外的水分，将容量筒连同玻璃板放在台称上称重。两次称量之差(以kg计)即为容量筒的容积(L)。

实验4.3 立方体抗压强度试验

(1) 仪器设备

压力试验机：混凝土立方体抗压强度试验所采用试验机的精度(示值的相对误差)至少应为 $\pm 2\%$ ，其量程应能使试件的预期破坏荷载值不小于量程的20%，也不大于量程的80%。

试验机上、下压板及试件之间可各垫以钢垫板，钢垫板的两承压面均应机械加工。与试件接触的压板或垫板的尺寸应大于试件的承压面，其不平度应为每100mm不超过0.02mm。

(2) 试件以及试件制作与养护

混凝土试件的尺寸应根据混凝土中骨料的粒径按表3-4-10选定。

表3-4-10 混凝土立方体试件尺寸选用表

试件尺寸 (mm)	骨料最大粒径 (mm)
100×100×100	30
150×150×150	40
200×200×200	60

试件制作:

试件的成型方法应根据混凝土的稠度而定。坍落度不大于70mm的混凝土，宜用振动台振实；大于70mm的宜用捣棒人工捣实。检验现浇混凝土工程和预制构件质量的混凝土，试件成型方法应与实际施工采用的方法相同。

制作试件前应将试模清擦干净并在其内壁涂上一层矿物油脂或其它脱膜剂。

1. 采用震动台成型时，应将混凝土拌合物一次装入试模，装料时应用抹刀沿试模内壁略加插捣并使混凝土拌合物高出试模上口。振动时应防止试模在震动台上自由跳动。振动应持续到混凝土表面出浆为止，刮除多余的混凝土，并用抹刀抹平。

试验室用震动台的振动频率应为 50 ± 3 赫，空载时振幅约为0.5mm。

2. 人工插捣时，混凝土拌合物应分层装入试模，每层的装料厚度大致相等。插捣用的钢制捣棒长为600mm，直径为16mm，端部应磨圆。插捣应按螺旋方向从边缘向中心均匀进行，插捣底层时，捣棒应达到试模表面，插捣上层时，捣棒应穿入下层深度为20~30mm，插捣时捣棒应保持垂直，不得倾斜。同时，还应用抹刀沿试模内壁插入数次。每层的插捣次数应根据试件的截面而定，一般每 100cm^2 截面积不应少于12次。插捣完后，刮除多余的混凝土，并用抹刀抹平。

试件养护:

根据试验目的不同，试件可采用标养护或与构件同条件养护。

试件一般养护到28d龄期(由成型时算起)进行试验。但也可以按(如需确定拆模、起吊、施加预应力或承受施工荷载等时的力学性能)养护到所需的龄期。

1. 采用标准养护的试件成型后应覆盖表面，以防止水分蒸发，并应在温度为 $20 \pm 5^\circ\text{C}$ 情况下静置一昼夜至两昼夜，然后编号拆模。

拆模后的试件应立即放在温度为 $20 \pm 3^\circ\text{C}$ 的不流动水中养护。水的PH值不应小于7.0。

2. 同条件养护的试件成型后应覆盖表面。试件的拆模时间可与实际构件的拆模时间相同，拆模后，试件仍需保持同条件养护。



图4-4混凝土试件



图4-5试模



图4-6混凝土养护



图4-7混凝土试压

(三) 试验步骤

试件从养护地点取出后，应尽快进行试验，以免试件内部的温湿度发生显著变化。

1. 先将试件擦拭干净，测量尺寸，并检查其外观。试件尺寸测量精确至1mm，并据此计算试件的承压面积。如实测尺寸与公称尺寸之差不超过1mm，可按公称尺寸进行计算。试件承压面的不平度应为每100mm不超过0.05mm，承压面与相邻面的不垂直度不应超过±1度。

2. 将试件安放在试验机的下压板上，试件的取压面应与成型时的顶面垂直。试件的中心应与试验机下压板中心对准。开动试验机，当上压板与试件接近时，调整球座，使接触均衡。混凝土试件的试验应连续而均匀地加荷，加荷速度应为：混凝土强度等级低于C30时，取每秒钟0.3~0.5MPa；混凝土强度等级高于或等于C30时，取每秒钟0.5~0.8MPa。当试件接近破坏而开始迅速变形时，停止调整试验机油门，直至试件破坏。然后记录破坏荷载。

(四) 结果处理与评定

1. 混凝土立方体试件抗压强度应按下列式计算：

$$f_{cc} = \frac{P}{A} \quad (4-2)$$

式中 f_{cc} —混凝土立方体试件抗压强度 (MPa)；

P —破坏荷载 (N)；

A —试件承压面积 (mm^2)；

混凝土立方体抗压强度计算应精确至0.1MPa。

2. 以三个试件测值的算术平均值作为该组试件的抗压强度值。三个测值中的最大值或最小值中如有一个与中间值的差值超过中间值的15%时，则把最大及最小值一并舍除，取中间值作为该组试件的抗压强度值。如有两个测值与中间值的差均超过中间值的15%时，则该组试件的试验结果无效。

取150mm×150mm×150mm试件的抗压强度为标准值，用其它尺寸试件测得的强度值均应乘以尺寸换算系数，其值为对200mm×200mm×200mm试件为1.05；对100mm×100mm×100mm试件为0.95。

实验4.4 劈裂抗拉强度试验

(1) 仪器设备

1. 试验机要求同立方体抗压强度试验机

2. 垫条采用直径为150mm的钢制弧形垫条，其截面尺寸如图4-8。垫条的长度不应短于试件的边长。

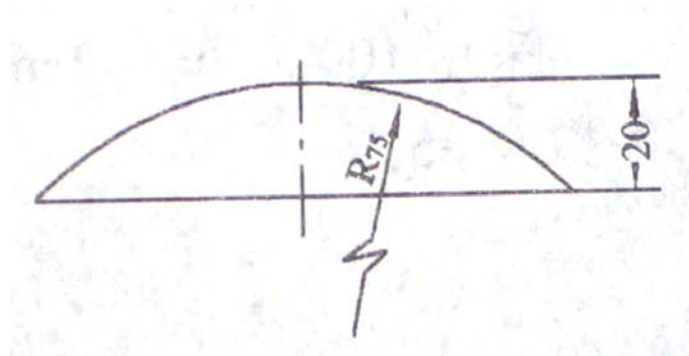


图4-8 劈裂抗拉试验用垫条

垫条与试件之间应垫以木质三合板垫层，垫层宽应为15~20mm，厚3~4mm，长度不应短于试件边长，垫层不得重复使用。

(2) 试件

劈裂抗拉强度试验应采用150×150×150mm的立方体作为标准试件，制作标准试件所用混凝土中骨料的最大粒径不应大于40mm。

必要时，可采用100mm×100mm×100mm非标准尺寸的立方体试件，非标准试件混凝土所有骨料的最大粒径不应大于20mm。

(3) 试验步骤

试件从养护地点取出后，应及时进行试验。试验前，试件应保持与原养护地点相似的干湿状态。

1. 先将试件擦试干净，测量尺寸检查外观，并在试件中部划线定出劈裂面的位置。劈裂面应与试件成型时的顶面垂直。

试件尺寸测量精确至1mm，并据此计算试件的劈裂面面积。如实测尺寸与公称尺寸之差不超过1mm，可按公称尺寸计算。

试件承压区的不平度应为每100mm不超过0.05mm，承压线与相邻面的不垂直度应不超过±1度。

2. 将试件放在试验机下压板的中心位置，在上、下压板与试件之间垫以圆弧形垫层各一条，垫条应与成型时的顶面垂直(图4-9)。为了保证上、下垫条对准提高试验效率，可以把垫条安装在定位架上使用。

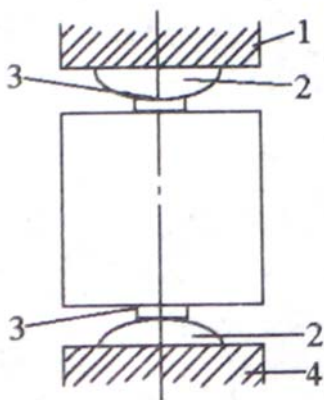


图4-9 劈裂抗拉试验示意图

1- 上压板；2-垫条；3-垫层；4-下压板

开动试验机，当上压板与试件接近时，调整球座，使接触均衡。

试件的试验应连续而均匀地加荷，加荷速度应为：混凝土强度等级低于C30时，取每秒钟0.02~0.05MPa；强度等级高于或等于C30时，取每秒钟0.05~0.08MPa。当试件接近破坏时，应停止调整试验机油门，直至试验破坏，然后记下破坏荷载。

(4) 结果处理与评定

1. 混凝土劈裂抗拉强度应按下列式计算：

$$f_{ts} = \frac{2P}{\pi A} = 0.637 \frac{P}{A} \quad (4-3)$$

式中 f_{ts} —混凝土劈裂抗拉强度(MPa)；

P—破坏荷载(N)；

A—试件劈裂面面积(mm²)。

劈裂抗拉强度计算精确到0.01MPa

2. 以三个试件测值的算术平均值作为该组试件的劈裂抗拉强度值。三个测值中的最大值或最小值中如有一个与中间值的差值超过中间值的15%，则把最大及最小值一并舍除，取中间值作为该组试件的劈裂抗拉强度值。如有两个测值与中间值的差均超过中间值的15%，则该组试件的试验结果无效。

采用100mm×100mm×100mm非标准试件取得的劈裂抗拉强度值，应乘以尺寸换算系数0.85。

实验五 建筑砂浆实验

(1) 取样方法

1. 建筑砂浆试验用料应根据不同要求，可从同一盘搅拌机或同一车运送的砂浆中取样。取样量不应小于试验所需量的4倍。

2. 施工中取样进行砂浆试验时，其取样方法和原则按相应的施工验收规范执行，并宜在现场搅拌点或预拌砂浆卸料点的至少三个不同部位及时取样。对于现场取得的试样，试验前应人工搅拌均匀。

3. 从取样完毕到开始进行各项性能试验，不宜超过15min。

(2) 拌制方法

1. 仪器设备

(1) 砂浆搅拌机。

(2) 拌合铁板：约1.5m×2m，厚约3mm。

(3) 台称：称量10kg，感量5g。

(4) 磅称：称量50kg，感量50g。

(5) 拌铲、抹刀、量筒等。

2. 一般规定

(1) 试验室拌制砂浆进行试验时，拌合用的材料要求提前运入室内，拌合时试验的温度应保持在 $20\pm 5^{\circ}\text{C}$ 。

(2) 需要模拟施工条件下所用的砂浆时，试验室原材料的温度宜保持与施工现场一致。

(3) 试验用水泥和其它原材料应与现场使用材料一致。水泥如有结块应充分混合均匀，以0.9mm筛过筛。砂也应以5mm筛过筛。

(4) 试验室拌制砂浆时，材料应称重计量。称量的精确度：水泥、外加剂等为 $\pm 0.5\%$ ；砂、石灰膏、粘土膏、粉煤灰和磨细生石灰粉为 $\pm 1\%$ 。

(5) 试验室用搅拌机搅拌砂浆时，搅拌的用量宜为搅拌机容量的30%~70%，搅拌时间不应小于120s，掺有掺合料和外加剂的砂浆，其搅拌时间不应小于180s。

3. 拌和方法

拌和方法有人工拌和和机械拌和两种。

(1) 人工拌和方法

①将称量好的砂子倒在拌和铁板上，然后加入水泥，用拌和铲将混合物拌和均匀(颜色均匀为止)。

②用拌和铲在中间做一凹槽，将称好的石灰膏倒入凹槽中，倒入适量的水，将石灰膏调稀，然后再与水泥和砂共同拌和，用量筒逐次加水拌和，直至拌和物色泽一致、和易性凭经验观察符合要求时为止。

(二) 机械拌合方法

①先拌合适量砂浆(与正式拌和的砂浆配比一致)，使搅拌机内壁粘附一薄层水泥砂浆。

②将称好的砂、水泥装入搅拌机。

③开动搅拌机，并将水徐徐加入(混合砂浆需将石灰膏或粘土膏用水稀释至浆状)，搅拌约3min。搅拌的用量不宜少于搅拌机容量的20%。

④关闭搅拌机，将砂浆拌合物倒入拌和板上，用拌和铲翻拌几次，使砂浆均匀。



5-1 砂浆试模及装填



图 5-2砂浆拌和

(3) 实验方法

实验 5.1 砂浆稠度实验

实验 5.2 砂浆分层度实验

实验 5.3 砂浆立方体抗压强度实验

(4) 问题与讨论

①进行砂浆分层度试验时，试分析静置时间对试验结果的影响？

②为何水泥混合砂浆和水泥砂浆强度试件养护时的相对湿度要求不同？

实验5.1 砂浆稠度试验

(1) 试验目的

测定砂浆的稠度(沉入度)，评定砂浆的流动性。

(2) 仪器设备

1. 砂浆稠度仪—由试锥，容器和支座三部分组成(见图5-3)试锥由钢材或铜材制成，试锥高度为145mm、锥底直径为75mm、试锥连同滑杆的重量应为 $300 \pm 2g$ ；盛砂浆容器由钢板制成，筒高为180mm，锥底内径为150mm；支座分底座、支架及稠度显示三个部分，由铸铁、钢及其它金属制成；

2. 钢制捣棒—直径10mm、长350mm、端部磨圆；

3. 秒表等。

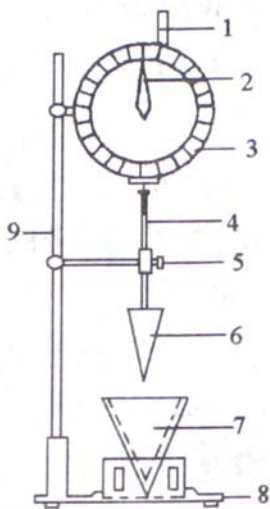


图5-3 砂浆稠度测定仪

(3) 试验步骤

1. 盛浆容器和试锥表面用湿布擦干净，并用少量润滑油轻擦滑杆，后将滑杆上多余的油用吸油纸擦净，使滑杆能自由滑动；

2. 将砂浆拌合物一次装入容器，使砂浆表面低于容器口约10mm左右，用捣棒自容器中心向边缘插捣25次，然后轻轻地将容器摇动或敲击5~6下，使砂浆表面平整，随后将容器置于稠度测定仪的底座上；

3. 拧开试锥滑杆的制动螺丝，向下移动滑杆，当试锥尖端与砂浆表面刚接触时，拧紧制动螺丝，使齿条侧杆下端刚接触滑杆上端，并将指针对准零点上；

4. 拧开制动螺丝，同时计时间，待10s立即固定螺丝，将齿条测杆下端接触滑杆上端，从刻度盘上读出下沉深度(精确至1mm)即为砂浆的稠度值；

5. 圆锥形容器内的砂浆，只允许测定一次稠度，重复测定时，应重新取样测定之。

(4) 结果处理

取两次试验结果的算术平均值，计算值精确至1mm；

两次试验值之差如大于10mm，则应另取砂浆搅拌后重新测定。

实验5.2 砂浆分层度试验

(1) 试验目的

测定砂浆拌合物的分层度，以确定在运输及停放时砂浆拌合物的稳定性。

(2) 仪器设备

1. 砂浆分层度筒(见图5-4)应有钢板制成，内径应为150mm，上节高度为200mm，下节带底净高为100mm，上、下层连接处应加宽3~5mm，并设有橡胶垫圈；

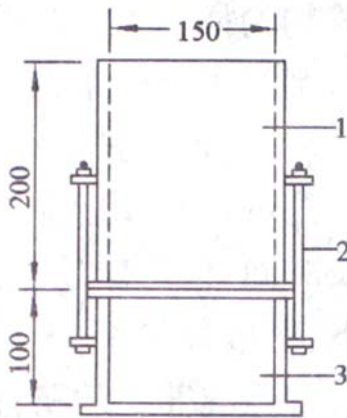


图5-4 砂浆分层度测定仪

2. 水泥胶砂振动台振幅 0.5 ± 0.05 mm，频率 50 ± 3 Hz；

3. 砂浆稠度仪、木锤等。

(3) 试验步骤

1. 首先将砂浆拌合物按稠度试验方法测定稠度；

2. 将砂浆拌合物一次装入分层度筒内，待装满后，用木锤在容器周围距离大致相等的四个不同地方轻轻敲击1~2下，当砂浆沉落到低于筒口，则应随时添加，然后刮去多余的砂浆并用抹刀抹平；

3. 静置30min后, 去掉上节200mm砂浆, 将剩余的100mm砂浆倒出放在拌合锅内拌2min, 再按稠度试验方法测其稠度。前后测得的稠度之差即为该砂浆的分层度值(mm)。

(4) 结果处理

取两次试验结果的算术平均值作为该砂浆的分层度值; 两次分层度试验值之差如大于10mm, 应重做试验。

实验5.3 砂浆立方体抗压强度试验

(1) 试验目的

测定砂浆抗压强度, 评定其强度等级。

(2) 仪器设备

1. 试模为70.7mm×70.7mm×70.7mm的带底试模, 应符合现行行业标准《混凝土试模》JG237的规定选择, 应具有足够的刚度并拆装方便。试模的内表面应机械加工, 其不平度应为每100mm不超过0.05mm。组装后各相邻面的不垂直度不应超过 $\pm 0.5^\circ$;

2. 钢制捣棒: 直径10mm, 长350mm钢棒, 端部应磨圆;

3. 压力试验机: 采用精度1%的试验机, 其量程应能使试件的预期破坏荷载值不小于全量程的20%, 也不大于全量程的80%。

4. 垫板: 试验机上、下压板及试件之间可垫以钢垫板, 垫板的尺寸应大于试件的承压面, 其不平度应为每100mm不超过0.02mm。

5. 振动台: 空载中台面的垂直振幅应为 0.5 ± 0.05 mm, 空载频率应为 50 ± 3 Hz, 空载台面振幅均匀度不应大于10%, 一次试验应至少能固定3个试模。

(3) 试件制作和养护方法

1. 应采用立方体试件, 每组试件应为3个;

2. 应采用黄油等密封材料涂抹试模的外接缝, 试模内应涂刷薄层机油或隔离剂。应将拌置好的砂浆一次性装满砂浆试模, 成型方法应根据稠度而确定。当稠度大于50mm时, 宜采用人工插捣成型, 当稠度不大于50mm时, 宜采用振动台振实成型;

1) 人工插捣: 应采用捣棒均匀地由边缘向中心按螺旋方式插捣25次, 插捣过程中当砂浆沉落低于试模扣时, 应随时添加砂浆, 可用油灰刀插捣数次, 并用手将试模一边抬高5-10mm各振动5次, 砂浆应高出试模顶面6-8mm;

2) 机械振动: 将砂浆一次装满试模, 放置到振动台上, 振动时试模不得有跳动, 振动5-10s或持续到表面泛浆为止, 不得过振。

3. 应待表面水分稍干后, 再将高出试模部分的砂浆沿试模顶面刮去并抹平;

4. 试件养护

1) 试件制作后应在 $20 \pm 5^\circ\text{C}$ 温度环境下停置一昼夜(24 ± 2 h), 凝结时间大于24h的砂浆, 可适当延长时间, 但不应超过2d, 然后对试件进行编号并拆模。试件拆模后, 应立即放入温度为 $20 \pm 2^\circ\text{C}$, 相对湿度90%以上的标准养护室中进行养护。养护期间, 试件彼此间隔不少于10mm, 混合砂浆、湿拌砂浆试件上面应覆盖, 防止有水滴在试件上;

2) 从搅拌加水开始计时, 标准养护龄期应为28d, 也可根据相关标准要求增加7d或14d。

(4) 抗压强度试验步骤

试件从养护地点取出后, 应尽快进行试验, 以免试件内部的温湿度发生显著变化。

1. 将试件擦试干净, 测量尺寸, 并检查其外观。试件尺寸测量精确至1mm, 并据此计算试件的承压面积。如实测尺寸与公称尺寸之差不超过1mm可按公称尺寸进行计算。

2. 将试件安放在试验机的下压板上(或下垫板上), 试件的承压面应与成型时的顶面垂直, 试件中心应与试验机下压板(或下垫板)中心对准。

3. 开动试验机, 当上压板与试件(或下垫板)接近时, 调整球座, 使接触面均衡受压。承压试验应连续而均匀地加荷, 加荷速度应为每秒钟0.25~1.5kN(砂浆强度2.5MPa及以下时,

取下限为宜,)，当试件接近破坏而开始迅速变形时，停止调整试验机油门，直至试件破坏，然后记录破坏荷载。

(五)结果处理与评定

1. 每个试件的砂浆立方体抗压强度应按下列公式计算：

$$f_{m,cu} = K \frac{N_u}{A} \quad (5-1)$$

式中 $f_{m,cu}$ —砂浆立方体抗压强度(MPa) (精确至0.1MPa)；

N_u —立方体破坏压力(N)；

A —试件承压面积(mm^2)。

K —换算系数，取1.35。

2. 数据处理

1) 应以三个个试件测值的算术平均值作为该组试件的砂浆立方体抗压强度平均值(f_2)，精确至0.1Mpa；

2) 当三个测值的最大值或最小值中有一个与中间值的差值超过中间值的15%时，应把最大值和最小值一并舍去，取中间值作为该组试件的抗压强度值；

3) 当两个测值中与中间值的差值均超过中间值得15%时，该组实验结果无效。

试验六 轻集料混凝土小型空心砌块实验

(1) 实验目的及依据

1.1 试验目的:

学习轻集料混凝土小型空心砌块的检验方法,熟悉轻集料混凝土小型空心砌块的主要技术性质,检验是否合格。

1.2 试验依据:

GB/T4111 砼小型空心砌块试验方法。

1.3 评定标准:

GB/T 15229 轻集料混凝土小型空心砌块。

(2) 组批规则和抽样规则

1. 组批规则

砌块按外观质量等级和强度等级分批验收。它以同一种原材料配制成的相同外观质量等级、强度等级和同一工艺生产的10000块砌块为一批,每月生产的块数不足10000块者亦按一批。

2. 抽样规则

每批随机抽取32块做尺寸偏差和外观质量检验。

从尺寸偏差和外观质量检验合格的砌块中抽取规定数量进行其他项目检验。

(3) 实验方法

实验 6.1 轻集料混凝土小型空心砌块抗压强度实验

实验 6.2 轻集料混凝土小型空心砌块体积密度实验

(4) 问题与讨论

①轻集料混凝土小型空心砌块在做抗压强度时,为什么要处理试件的坐浆面和铺浆面?不处理行不行?

(5) 试验结果判定

轻集料混凝土小型空心砌块的抗压强度与体积密度实验结果按照表 6-1 评定,当抗压强度与体积密度同时满足时,为一等品,密度等级不符合时为合格品。

表 6-1 强度等级

强度等级	砌块抗压强度, Mpa		密度等级范围, kg/m ³
	平均值	最小值	
1.5	≥1.5	1.2	≤600
2.5	≥2.5	2.0	≤800
3.5	≥3.5	2.8	≤1200
5.0	≥5.0	4.0	≤1200
7.5	≥7.5	6.0	≤1400
10.0	≥10.0	8.0	≤1400

实验6.1 抗压强度试验

(1) 设备

1. 材料试验机, 示值误差应不大于2%, 其量程选择应能使试件的预期破坏荷载落在 满量程的20%~80%。

2. 钢板; 厚度不小于10mm, 平面尺寸应大于440mm×240mm, 钢板的一面需平整, 精度要求在长度方向范围内的平面度不大于0.1mm。

3. 玻璃平板: 厚度不小于6mm, 平面尺寸与钢板的要求同。

4. 水平尺: 钢直尺或钢卷尺(分度值1mm)。

(2) 试件成型与养护

1. 处理试件的坐浆面和铺浆面，使之成为互相平行的平面。

将钢板置于稳固的底座上，平整面向上，用水平尺调至水平。在钢板上先薄薄地涂一层机油，或铺一层湿纸，然后铺一层以1份重量的32.5等级以上的普通硅酸盐水泥和2份细砂，加入适量的水调成的砂浆，将试件的坐浆面湿润后平稳地压入砂浆层内，使砂浆层尽可能均匀，厚度为3mm~5mm。将多余的砂浆沿试件棱边刮掉，静置24h以后，再按上述方法处理试件的铺浆面。为使两面能彼此平行，在处理铺浆面时，应将水平尺置于现已向上的坐浆面上调至水平。抗压强度试件数量为五个砌块。

为缩短时间，也可在坐浆面砂浆层处理后，不经静置立即在向上的铺浆面上铺一层砂浆，压上事先涂油的玻璃平板，边压边观察砂浆层，将气泡全部排除，并用水平尺调至水平，直至砂浆层平面均匀，厚度达3mm~5mm。

2. 试件养护

试件在温度10℃以上不通风的室内养护3d后做抗压强度试验。

(3) 试验步骤

1. 尺寸测量：分别测出每个试件的长度和宽度，长度在条面的中间，宽度在顶面的中间，每项在对应两面各侧一次，分别求出各个方向的平均值，精确至1mm。

2. 将试件置于试验机承压板上，使试件的轴线与试验机压板的压力中心重合，以10kN/s~30kN/s的速度加荷，直至试件破坏，记录最大破坏荷载P。

若试验机压板不足以覆盖试件受压面时，可在试件的上、下承压面加辅助钢压板。辅助钢压板的表面光洁度应与试验机原压板同，其厚度至少为原压板边至辅助钢压板最远角距离的三分之一。

(4) 结果计算与评定

每个试件的抗压强度按下式计算，精确至0.1MPa：

$$R = \frac{P}{LB} \quad (6-1)$$

式中 R—试件的抗压强度，MPa；

P—破坏荷载N；

L—受压面的长度，mm；

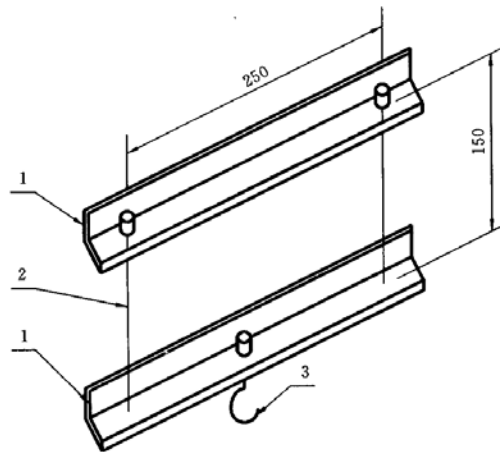
B—受压面的宽度，mm

试验结果以五个试件抗压强度的算术平均值和单块最小值表示，精确至0.1MPa。

实验6.2 轻集料混凝土小型空心砌块体积密度试验

(1) 设备

1. 台秤或者电子秤，最小称量30kg，精度大于0.05kg。
2. 水池或水箱。
3. 水桶：大小能悬浸一个主规格的砌块。
4. 吊架：见图（6-1）
5. 电热鼓风干燥箱。



1—角钢(30 mm×30 mm);2—拉筋;3—钩子(与两端拉筋等距离)

图6-1 吊架

单位: mm

(2) 试件

测试体积密度的试件数量为三个砌块。

(3) 试验步骤

1. 尺寸测量: 分别测出每个试件的长度、高度和宽度, 分别求出各个方向的平均值, 计算每个试体的体积 V , 精确至1mm (高度在顶面的中间, 宽度在顶面的中间, 每项在对应两面各测一次)。

2. 将试件放入电热鼓风干燥箱内, 在 $(105 \pm 5)^\circ\text{C}$ 温度下至少干燥24h, 然后每间隔2h称量一次, 直至两次称量之差不超过后一次称量的0.2%为止。

3. 待试件在电热鼓风干燥箱内冷却至与室温之差不超过 20°C 后取出, 立即称其绝干质量 m , 精确至0.05kg。

4. 将试件浸入室温 $15 \sim 25^\circ\text{C}$ 的水中, 水面应高出试件20mm以上, 24h后将其分别移到水桶中, 称出试件的悬浸质量 m_1 , 精确至0.05kg。

5. 称取悬浸质量的方法如下: 将磅秤置于平稳的支座上, 在支座的下方与磅秤中线重合处放置水桶。在磅秤底盘上放置吊架, 用铁丝把试件悬挂在吊架上, 此时试件应离开水桶的底面且全部浸泡在水中。将磅秤读数减去吊架和铁丝的质量, 即为悬浸质量。

6. 将试件从水中取出, 放在铁丝网上滴水1min, 再用拧干的湿布拭去内、外表面的水, 立即称其面干潮湿状态的质量 m_2 , 精确至0.05kg。

(4) 结果计算与评定

1. 每个试件的块体密度按式(6-2)计算, 精确至 $10\text{kg}/\text{m}^3$

$$\gamma = \frac{m}{V} \quad (6-2)$$

式中: γ —试件的块体密度, kg/m^3 ;

m —试件的绝干质量, kg;

V —试件的体积, m^3 。

块体密度以3个试件块体密度的算术平均值表示。精确至 $10\text{kg}/\text{m}^3$ 。

2. 每个试件的空心率按式(6-3)计算, 精确至1%:

$$K_{\gamma} = \left[1 - \frac{\frac{m_2 - m_1}{d}}{V} \right] \times 100 \quad (6-3)$$

式中：K_r——试件的空心率，%；

m₂ ——试件的悬浸质量，kg；

m₁ ——试件面干潮湿状态的质量，kg；

V——试件的体积，m³；

d—水的密度，1 000 kg/m³。

砌块的空心率以三个试件空心率的算术平均值表示。精确至1%。

实验7 建筑防水材料性能试验

(1) 实验目的及依据

1. 实验目的：通过弹性体改性沥青防水卷材的不透水性和拉伸试验，熟悉建筑防水卷材的有关技术性质，并评价其质量。

2. 实验依据：GB/T 328 建筑防水卷材试验方法

3. 评定依据：GB18242 弹性体改性沥青防水卷材

(2) 组批、抽样与试验取样、状态调节

1. 组批与抽样

同一类型、同一规格10000m²为一批，不足10000m²可作为一批。从每批产品中随机抽取五卷进行检验。

2. 取样

将取样卷材切除距外层卷头2500mm后，取1m长的卷材置于规定的条件下进行状态调节，均匀分布裁取试件，卷材性能试件的形状和数量按表7-1切取所需要的试样。



图 7-1 模具及试样



图 7-2 试样

表 7-1 试件尺寸和数量表

实验项目	试件部位	试件尺寸 (mm)	数量
不透水性	A	150×150	3
纵向拉伸强度、伸长率	D	(250~320)×50	5

3. 状态调节和标准环境

温度：23±2℃；相对湿度：45%~55%；试验前卷材应进行状态调节，调节时间不少于16h，仲裁检验时不少于96h。

(3) 实验方法

实验7.1 防水材料不透水性实验

实验7.2 防水材料纵向拉伸强度和延伸率试验

(4) 问题与讨论

(5) 结果评定

拉伸试验性能应符合表7-2。

表 7-2 材料性能

序号	项目	指标					
		I		II			
		PY	G	PY	G	PYG	
1	不透水性 30min	0.3Mpa	0.2Mpa	0.3Mpa			
2	拉力	最大峰拉力/(N/50mm) \geq	500	350	800	500	900
		次高峰拉力/(N/50mm) \geq	/	/	/	/	800
	试验现象	拉伸过程中, 试件中部无沥青涂盖层开裂或与胎基分离现象					

实验7.1防水材料不透水性实验

(1) 仪器设备

1. 不透水仪: 具有三个透水盘的不透水仪, 它主要由液压系统、测试管路系统、夹紧装置和透水盘等部分组成, 透水盘底座内径为92mm, 透水盘金属压盖见图7-3。压力表测量范围为0~0.6MPa, 精度2.5级。其测试原理见图7-4。

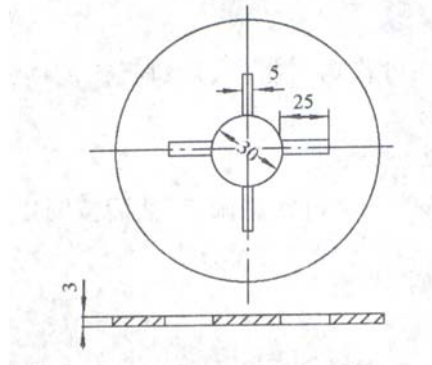


图7-3 槽盘

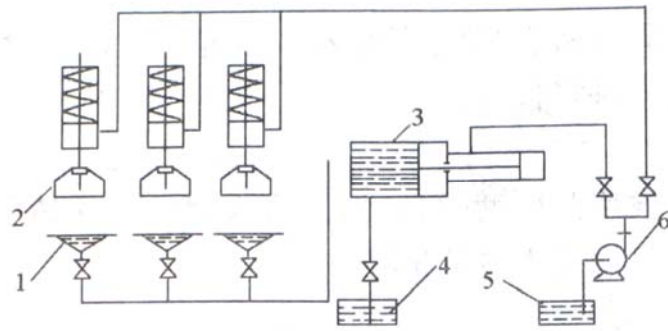


图7-4 不透水仪测试原理图



图7-5 不透水仪

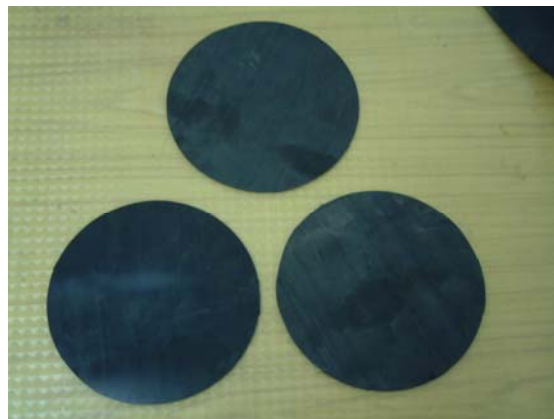


图7-6 透水实验试件

2. 定时钟(或带有定时器的油毡不透水测试仪)。

(2) 试验步骤

1. 试验准备

①水箱充水：将法净水注满水箱，水温 $20 \pm 5^\circ\text{C}$ 。

②放松夹脚：启动油泵，在油压的作用下，夹脚活塞带动夹脚上升。

③水缸充水：先将水缸内空气排净，然后水缸活塞将水以水箱吸入水缸，完成水缸充水过程。

④试座充水：当水缸充满水后，由水缸同时向三个试座充水，三个试座充满水并已接近溢出状态时，关闭试座进水阀门。

⑤水缸二次充水：由于水缸容积有限，当完成向试座充水后，水缸内储存水已近断绝，需通过水箱向水缸再次充水，其操作方法与一次充水相同。

2. 安装试件

将裁好的三块度样分别置于三个透水盘中，盖紧槽盘，然后将试件压紧在试座上。如产生压力影响结果，可向水箱泄水，达到减压目的。

3. 压力保持

打开试座进水阀，通过水缸向装好试件的透水盘底座继续充水，当压力表达达到指定压力时，停止加压，关闭进水阀和油泵，同时开动定时钟，随时观察试件是不是是渗水现象，并记录开始渗水时间。在规定测试时间出现其中一块或二块试件有渗漏时，必须立即关闭控制相应试座的进水阀，认保证其余试件能继续测试。

4. 卸压

当测试达到规定时间即可卸压取样，起动油泵，夹脚上升后即可取出试件，关闭油泵。

(2) 结果处理

三个试件均无渗漏现象评定为不透水，压力值参见表3-4-16 材料性能。

实验7.2 防水材料纵向拉伸强度和延伸率试验

(1) 仪器设备

1. 拉力试验机

拉伸试验机 有连续记录力和对应距离的装置，能按下面规定的速度均匀的移动夹具。拉伸试验机有足够的量程，至少2000N，夹具移动速度 (100 ± 10) mm/min和 (500 ± 50) mm/min，夹具宽度不小于50mm。

力值测量应符合JJG139-1999中的至少2级（即 $\pm 2\%$ ）

2. 测厚计、裁刀和裁片机。

(2) 试样制备

1. 试样的形状为矩形，见图 7-7。

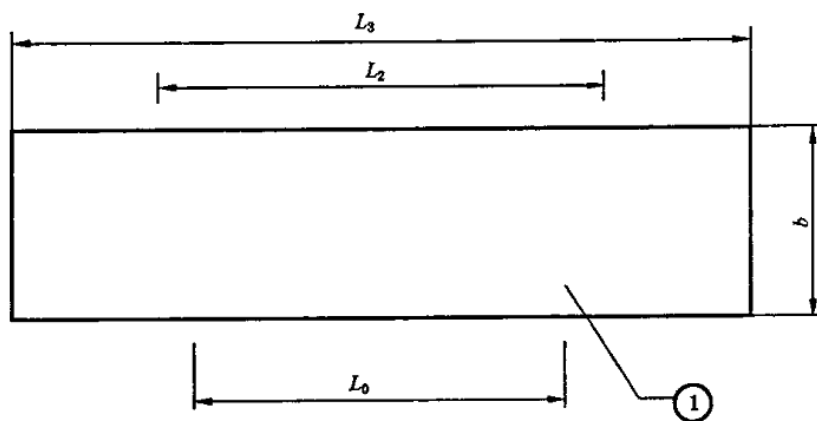


图 7-7 矩形试件 ($L_3 > 200$ mm, $L_2 = 120$ mm, $L_0 = 100 \pm 5$ mm, $b = 50$ mm)

(3) 试验步骤

1. 试样的测试

将试件紧紧的夹在拉伸试验机的夹具中，注意试件长度方向的中线与试验机夹具中心在

一条直线上，为防止试件产生任何松弛推荐加载不超过5N的力。

试验在 (23 ± 2) °C进行，夹具移动的恒定速度为 (100 ± 10) mm/min。

连续记录拉力和对应的夹具间分开的距离，直至试件断裂。试件的破坏形式应记录。

(4) 结果处理与评定

1. 结果处理

记录得到的拉力和距离，或数据记录，最大的拉力和对应的由夹具（或标记）间距离与起始距离的百分率计算的延伸率。

去除任何在距夹具10mm以内断裂或在试验机夹具中滑移超过极限值的试件的实验结果，用备用件重测。

记录试件同一方向最大拉力，对应的延伸率和断裂延伸率的结果。

测量延伸率的方式，如夹具间距离或引伸计。

分别记录每个方向5个试件的值，计算算术平局值和标准偏差，拉力的单位为N/50mm。结果精确至N/50mm，延伸率精确至两位有效数字。

实验八 高性能混凝土抗氯离子渗透性实验

(1) 实验目的及依据

实验目的:

- 1.通过测定通过高性能混凝土试件的电量和氯离子渗透系数,熟悉评价混凝土抵抗氯离子渗透的能力的试验方法。
- 2.熟悉高性能混凝土的主要技术性质。
- 3.通过分析影响高性能混凝土渗透性能的因素,提高学生综合分析问题的能力和创新实践能力,培养学生的创新素养。

实验依据:

CECS 207:2006《高性能混凝土应用技术规程》

GB/T 50082-2009混凝土长期性能和耐久性试验方法

(2) 试件制作

1.根据施工配合比或设计研究的配合比配制混凝土试件,尺寸150mm×150mm×150mm或Φ100mm×200mm。经分别标养28d、56d或90d;加工成Φ100mm×50mm的试件,一组3块。用Φ100mm×200mm的试件,将两端各切去2.0cm,然后切成Φ100mm×50mm的试件3块。

- 2.对结构工程中的混凝土,可通过现场取芯,制成试件。
- 3.也可根据配比,使用专用试模按照混凝土成型方法,成型需要的试件。

(3) 实验方法

实验8.1 混凝土抵抗氯离子渗透性能实验-电通量法

实验8.2 混凝土抵抗氯离子渗透性能实验-RCM法

(4) 问题与讨论

- 1.试着从原理上分析,氯离子渗透性能测试方法 电通量法和RCM法有什么不同点?
- 2.这里介绍的都是对于试件的氯离子渗透性实验,如果要对于现场混凝土做氯离子渗透,有没有什么好的方法?要怎么做?

实验8.1 混凝土抵抗氯离子渗透性能实验-电通量法

(1) 测试范围

适合的测量范围:0~6000 库仑;试样中不能有 Ca(NO₃)₂、钢纤维、石墨 / 碳粉等增加导电性的物质。

(2) 实验原理

采用直流电量法检测混凝土抗氯离子渗透性。利用 6h 内通过混凝土试件的电量评价其抗氯离子渗透等级。见图8-1。

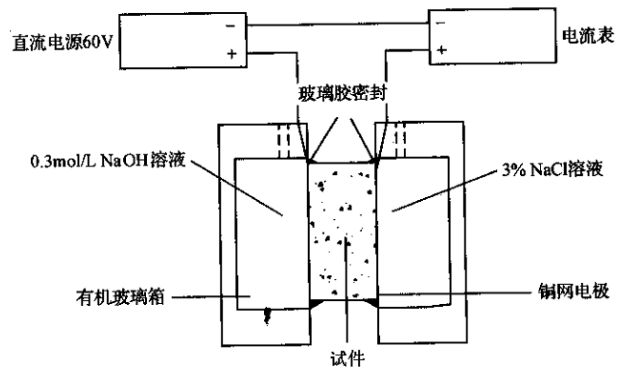
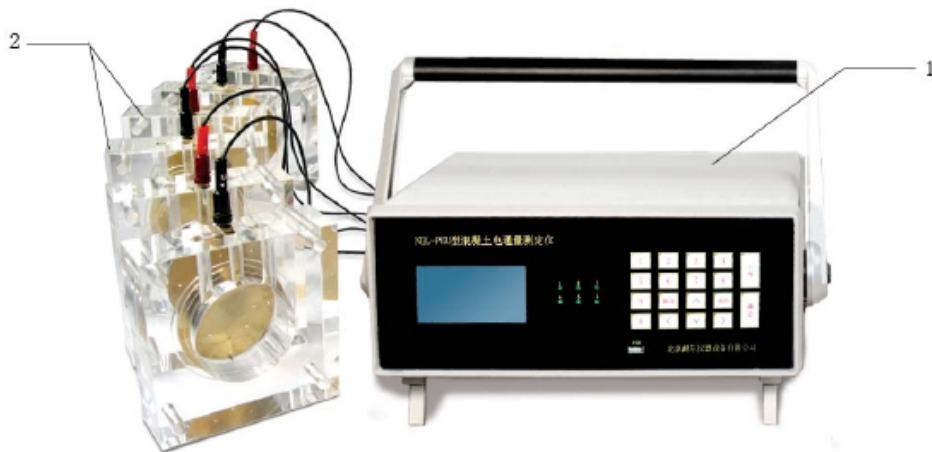


图8-1 导电量检测试验示意图

(3) 实验设备

1. NEL-PEU 型混凝土电通量测定仪，见图8-2。



1—NEL-PEU 型混凝土电通量测试主机 2—EJU 夹具

图8-2 NEL-PEU 型混凝土电通量测定仪

2.真空饱水仪，见图8-3。

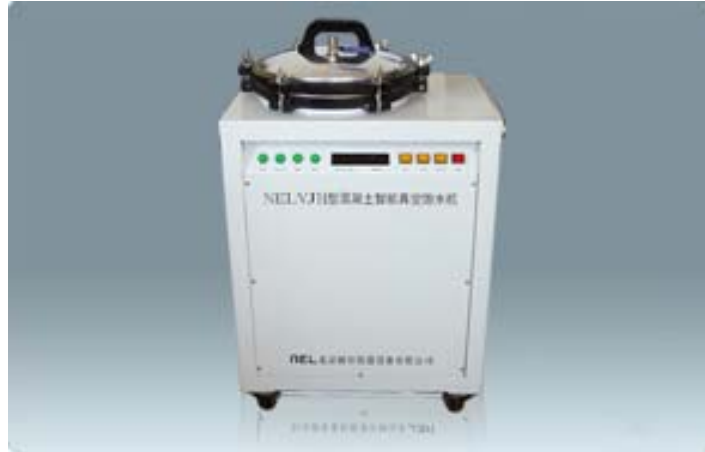


图8-3 NEL-VJH 型混凝土智能真空饱水机

(4) 实验步骤

1. 将混凝土试块切割成厚度为 $100 \times 100 \times 50\text{mm}$ 或 $\text{Ø}100 \times 50\text{mm}$ 的上下表面平行的试样；
2. 把试样进行饱水处理并安装在 EJU 夹具上；
3. 检查不渗漏后，在负极（黑接线柱）夹具中倒入 3%wt NaCl 溶液，正极（红接线柱）夹具中倒入 0.3Mol/L NaOH 溶液；
4. 用测试线连接测试主机与试样夹具的正负极；
5. 接通主机电源，按照实验操作说明设定实验；
6. 实验完毕后，清洗试样夹具，并保持干燥。

(5) 实验数据处理与评价

1. 试件开始通电时，测量初始电流，以后每 0.5h 测量一次，共测 6h。根据各次的电流测得值按式8-1计算6h通过试件的总电量Q(C):

$$Q=900 \times (I_1+2I_2+2I_3+\dots+2I_{11}+2I_{12}) \quad (8-1)$$

式中 $I_0 \sim I_{12}$ 是6h内不同时间检测的电流 (A)

2. 渗透性评估

根据6h导电量的测试结果，按附表8-1评价混凝土抗氯离子渗透性等级。

表8-1 6h通电量评价混凝土渗透性能级别表

6h总导电量 (C)	Cl ⁻ 渗透性级别	典型混凝土种类
>4000	高	水胶比>0.60的普通混凝土
>2000~4000	中	水胶比0.5~0.6的普通混凝土
>1000~2000	低	水胶比0.4~0.5的普通混凝土
>100~1000	非常低	水胶比小于0.38的含矿物微细粉的混凝土
<100	可忽略不计	水胶比小于0.3的含矿物微细粉的混凝土

实验8.2 混凝土抵抗氯离子渗透性能实验-RCM法

(1) 测试范围

适用于骨料最大粒径不大于 25mm（一般不宜大于 20mm）的实验室制作的或者从实体结构取芯获得的混凝土试件。

(2) 试剂配制与试件制备

1. 试剂制备

1升0.2 mol/L KOH溶液配制方法：将11.2g KOH放入1L的容量瓶中，向容量瓶中加入蒸馏水直至刻度线。

1升含5% NaCl的0.2 mol/L KOH溶液配制方法：将50g NaCl放入1L的容量瓶中，向容量瓶中加入0.2 mol/L KOH溶液直至刻度线。

显色指示剂：0.1mol/L AgNO₃溶液。

2. 试样制备

实验室备件：试件在实验室制作时，一般可使用Φ100mm×300mm或150mm×150mm×150mm试模。试件制作后，立即用塑料薄膜覆盖并移至标准养护室，24小时后拆模并浸没于标准养护室的水池中。试验前7天加工成标准试件尺寸的试件，并打磨平整，再继续浸没于水中养护至试验龄期。

试件取样：试件在实体混凝土结构中钻取时，应先切割成标准试件尺寸，将截面打磨平整，再在标准养护室水池中浸泡4天，然后才可以进行试验。试件加工时切除混凝土表层浮浆。

注意：如果试件是从工程中取样，最好先对试样进行真空饱水。

超声波清洗：

实验室温度控制在20±2℃。试件安装前需进行3min超声浴，超声浴槽事先需用室温饮用水冲洗干净。试件的表面应该干净、无油污、无灰砂、无水珠。

(3) 实验步骤

1. 首先应将试件从养护池中取出来，并将试件表面的碎屑刷先干净，擦干试件表面多余的水分。然后应采用游标卡尺测量试件的高度，测量应精确到0.1mm。
2. 使用真空保水机对试件进行饱氢氧化钙溶液处理。
3. 试件安装在 RCM 试验装置前应采用电吹风冷风档吹干，表面应干净，无油污、灰砂和水珠。
4. RCM 试验装置的试验槽在试验前应用室温凉开水冲洗干净。
5. 试件和 RCM 试验装置（图 8-4）准备好以后，应将试件装入橡胶套内的底部，应在与试件齐高的橡胶套外测安装两个不锈钢环箍（图 8-5），每个箍高度应为 20mm。并应拧紧环箍上的螺栓至扭矩（30±2）N·m，使试件的圆柱侧面处于密封状态。当试件的圆柱曲面可能造成液体渗漏的缺陷时，应以密封剂保持其密封性。

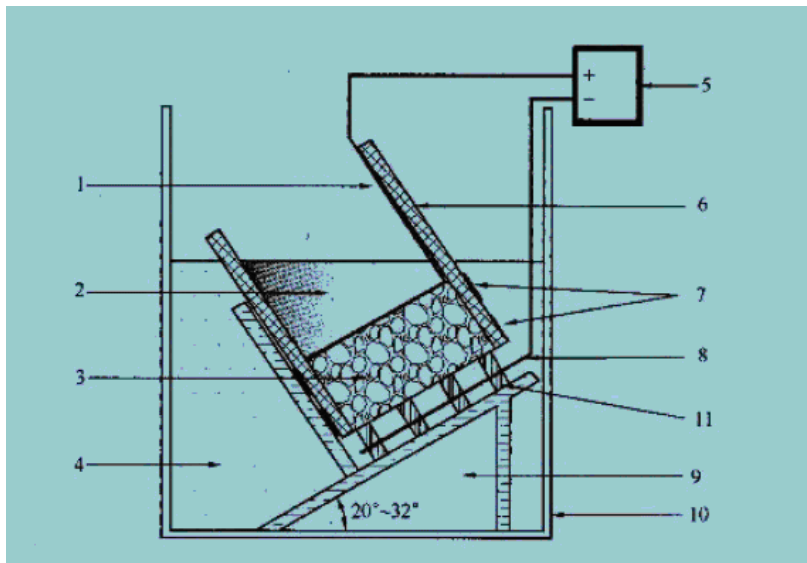


图 8-4 RCM 试验装置示意图

- 1- 阳极板；2-阳极溶液；3-试件；4-阴极溶液；5-直流稳压电源；6-有机硅橡胶套；7 环箍；8-阴极板；9-支架；10-阴极试验槽；11-支撑头

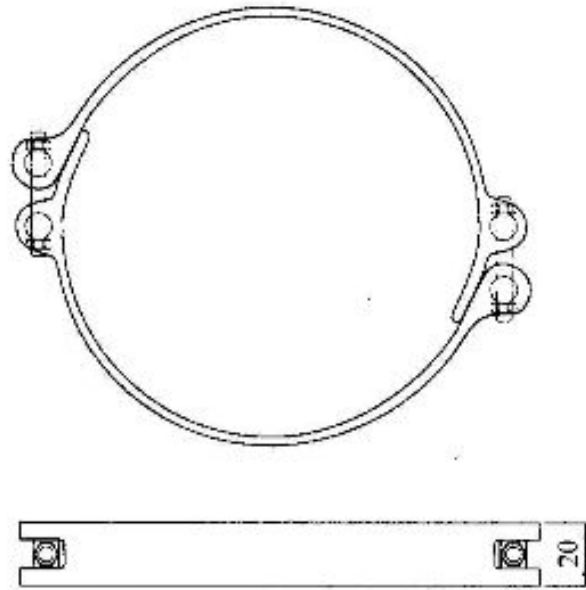


图 8-5 不锈钢环箍 (mm)

6. 应将装有试件的橡胶套安装至试验槽中，并安装好阳极板。然后应在橡胶套中注入约 300mL 浓度为 0.3mol/L 的 NaOH 溶液，并应使阳极板和试件表面均浸没于溶液中。应在阴极试验槽中注入 12L 质量浓度为 10% 的 NaCl 溶液，并应使其液面与橡胶套中的 NaOH 溶液的液面齐平。

7. 试件安装完成后，应将电源的阳极（又称正极）用导线连至橡胶筒中阳极板，并将阴极（又称负极）用导线连至试验槽中的阴极板。

8. 打开电源，将电压调整到 (30 ± 0.2) V，并应记录通过每个试件的初始电流。

9. 后续试验应施加的电压（表 8-2 第二列）应根据施加 30V 电压时测量得到的初始电流值所处的范围（表 8-2 第一列）决定。应根据实际施加的电压，记录新的初始电流。应按照新的初始电流值所处的范围（表 8-2 第三列），确定试验应持续的时间（表 8-2 第四列）。

10. 应按照温度计或者电热偶的显示读数记录每一个试件的阳极溶液的初始温度。

表 8-2 初始电流、电压与试验时间的关系

初始电流 I_{30V} (用 30V 电压) (mA)	施加的电压 U (调整后) (V)	可能的新的初始电流 I_0 (mA)	试验持续时间 T (h)
$I_0 < 5$	60	$I_0 < 10$	96
$5 \leq I_0 < 10$	60	$10 \leq I_0 < 20$	48
$10 \leq I_0 < 15$	60	$20 \leq I_0 < 30$	24
$15 \leq I_0 < 20$	50	$25 \leq I_0 < 35$	24
$20 \leq I_0 < 30$	40	$25 \leq I_0 < 40$	24
$30 \leq I_0 < 40$	35	$35 \leq I_0 < 50$	24
$40 \leq I_0 < 60$	30	$40 \leq I_0 < 60$	24

$60 \leq I_0 < 90$	25	$50 \leq I_0 < 75$	24
$90 \leq I_0 < 120$	20	$60 \leq I_0 < 80$	24
$120 \leq I_0 < 180$	15	$60 \leq I_0 < 90$	24
$180 \leq I_0 < 360$	10	$60 \leq I_0 < 120$	24
$I_0 \geq 360$	10	$I_0 \geq 120$	6

11. 试验结束时，应测定阳极溶液的最终温度和最终电流。

12. 试验结束后应及时排除试验溶液。应用黄铜刷清除试验槽的结垢或沉淀物，并应用饮用水和洗涤剂将试验槽和橡胶套冲洗干净，然后用电吹风的冷风档吹干。

(4) 氯离子渗透深度测定及数据处理

氯离子渗透深度测定应按下列步骤进行：

1. 试验结束后，应及时断开电源
2. 断开电源后，应将试件从橡胶套中取出，并应立即用自来水将试件表面冲洗干净，然后应擦去试件表面多余水分。
3. 试件表面冲洗干净后，应在压力试验机上沿轴向劈成两个半圆柱体，并应在劈开的试件断面立即喷涂浓度 0.1mol/L 的 AgNO_3 溶液显色指示剂
4. 指示剂喷洒约 15min 后，应沿试件直径断面将其分成 10 等份，并应用防水笔描出渗透轮廓线。
5. 然后应根据观察至的明显的颜色变化，测量显色分界线（图 8-6）离试件底面的距离，精确至 0.1mm
6. 当某一测点被骨料阻挡，可将此测点位置移动到最近未被骨料阻挡的位置进行测量，当某测点数据不能得到，只要总测点数多于 5 个，可忽略此测点。
7. 当某测点位置有一个明显的缺陷，使该点测量值远大于各测点的平均值，可忽略此测点数据，但应将这种情况在试验记录和报告中注明。

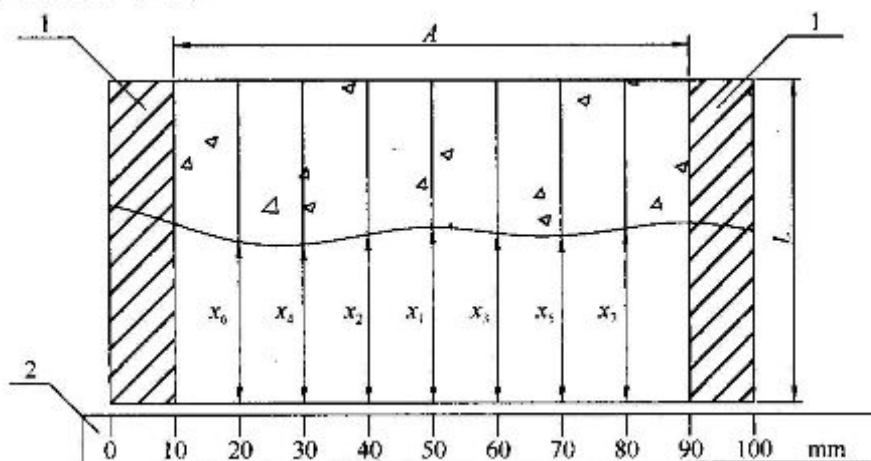


图 8-6 显色分界线位置编号

1—试件边缘部分；2 尺子；A—测量范围；L—试件高度

试验结果计算及处理应符合下列规定：

1. 混凝土的非稳态氯离子迁移系数应按下式进行算：

$$D_{RCM} = \frac{0.0239 \times (273+T) L}{(U-2) t} (X_d - 0.0238 \sqrt{\frac{(273+T) L X_d}{U-2}}) \quad (8-2)$$

式中：DRCM——混凝土的非稳态氯离子迁移系数，精确到 $0.1 \times 10^{-12} \text{m}^2/\text{s}$

U——所用电压的绝对值 (V)

T——阳极溶液的初始温度和结束温度的平均值 (°C)

L——试件厚度 (mm)，精确到 0.1mm

X_d——氯离子渗透深度的平均值 (mm)，精确到 0.1mm

t——试验持续时间 (h)

2. 每组应以 3 个试样的氯离子迁移系数的算术平均值作为该组试件的氯离子迁移系数测定值。当最大值与最小值与中间值之差超过中间的 15% 时，应剔除此值，再取其余两个值的平均值作为测定值；当最大值和最小值均超过中间的 15% 时，应取中间值作为测定值。