

《土木工程材料》 实验指导书

主编 葛继平

适用专业：建筑工程、交通土建、工程管理等

上海应用技术大学

2017年8月

前 言

土木工程材料课程是土木工程相关专业的一门专业基础课，它与公共基础课及专业紧密衔接，起着承上启下的作用。为了使学生掌握主要土木工程材料的性质、用途、检测和质量控制方法，按照高等学校土木工程本科指导性专业规范的要求，设计了系列试验，共计 12 学时。本指导书是为了配合土木工程材料的试验教学，采用了国家以及有关行业的最新规范和规程，并强调指导性和实用性。本指导书共包含 6 个试验，包括材料基本性质试验、水泥试验、骨料试验、普通混凝土试验、钢筋试验、沥青试验。限于作者水平，书中可能会存在不当之处，恳请批评指正。

目 录

实验一 建筑材料的基本性质试验.....	1
实验二 钢筋试验	5
实验三 水泥的基本性质试验.....	8
实验四 混凝土用集料试验.....	14
实验五 普通混凝土试验.....	19
实验六 沥青综合实验.....	23
附录 1 原始数据记录表.....	28

实验一 建筑材料的基本性质试验

1.1 密度试验

1. 试验目的 材料的密度是指在绝对密实状态下单位体积的质量。利用密度可计算材料的孔隙率和密实度。孔隙率的大小会影响到材料的吸水率、强度、抗冻性及耐久性等。

2. 主要仪器设备

- (1) 李氏瓶
- (2) 天平
- (3) 筛子
- (4) 鼓风烘箱
- (5) 量筒、干燥器、温度计等。

3. 试样制备 将试样研碎，用筛子除去筛余物，放到 105~110℃的烘箱中，烘至恒重，再放入干燥器中冷却至室温。

4. 试验步骤

(1) 在李氏瓶中注入与试样不起反应的液体至凸颈下部，记下刻度数 V_0 (cm^3)。将李氏瓶放在盛水的容器中，在试验过程中保持水温为 20℃。

(2) 用天平称取 60~90g 试样，用漏斗和小勺小心地将试样慢慢送到李氏瓶内（不能大量倾倒，防止在李氏瓶喉部发生堵塞），直至液面上升至接近 20 cm^3 为止。再称取未注入瓶内剩余试样的质量，计算出送入瓶中试样的质量 m (g)。

(3) 用瓶内的液体将粘附在瓶颈和瓶壁的试样洗入瓶内液体中，转动李氏瓶使液体中的气泡排出，记下液面刻度 V_1 (cm^3)。

(4) 将注入试样后的李氏瓶中的液面读数 V_1 ，减去未注入前的读数 V_0 ，得到试样的密实体积 V (cm^3)。

5. 试验结果计算 材料的密度按下式计算（精确至小数后第二位）：

$$\rho = \frac{m}{V}$$

式中 ρ ——材料的密度 (g/cm^3)；

m ——装入瓶中试样的质量 (g)；

V ——装入瓶中试样的绝对体积 (cm^3)。

按规定，密度试验用两个试样平行进行，以其计算结果的算术平均值最后结果，但两个结果之差不应超过 0.02 cm^3 。

1.2 表观密度试验

1. 试验目的 材料的表观密度是指在自然状态下单位体积的质量。利用材料的表观密度可以估计材料的强度、吸水性、保温性等，同时可用来计算材料的自然体积或结构物质量。

2. 主要仪器设备

- (1) 游标卡尺
- (2) 天平
- (3) 鼓风烘箱
- (4) 干燥器、直尺等。

3. 试验步骤

(1) 对几何形状规则的材料：将待测材料的试样放入 105~110℃ 的烘箱中烘至恒重，取出置于干燥器中冷却至室温。

1) 用游标卡尺量出试样尺寸，试样为正方体或平行六面体时，以每边测量上、中、下三次的算术平均值为准，并计算出体积 V_0 ；试样为圆柱体时，以两个互相垂直的方向量其直径，各方向上、中、下测量三次，以六次的算术平均值为准确定其直径，并计算出体积 V_0 。

2) 用天平称量出试样的质量 m 。

3) 试验结果计算 材料的表观密度按下式计算：

$$\rho_0 = m/V_0$$

式中 ρ_0 ——材料的表观密度 (g/cm^3)；

m ——试样的质量 (g)；

V_0 ——试样的体积 (cm^3)。

(2) 对非规则几何形状的材料（如卵石等）：其自然状态下的体积 V_0 可用排液法测定，在测定前应对其表面封蜡，封闭开口孔后，再用容量瓶或广口瓶进行测试。其余步骤同规则形状试样的测试。

1.3 堆积密度试验

1. 试验目的 堆积密度是指散粒或粉状材料（如砂、石等）在自然堆积状态下（包括颗粒内部的孔隙及颗粒之间的空隙）单位体积的质量。利用材料的堆积密度可估算散粒材料的堆积体积及质量，同时可考虑材料的运输工具及估计材料的级配情况等。

2. 主要仪器设备

- (1) 鼓风烘箱
- (2) 容量筒
- (3) 天平
- (4) 标准漏斗、直尺、浅盘、毛刷等。

3. 试样制备 用四分法缩取 3L 的试样放入浅盘中, 将浅盘放入温度为 105~110℃ 的烘箱中烘至恒重, 再放入干燥器中冷却至室温, 分为两份大致相等的待用。

4. 试验步骤

(1) 称取标准容器的质量 m_1 (g);

(2) 取试样一份, 经过标准漏斗将其徐徐装入标准容器内, 待容器顶上形成锥形, 用钢尺将多余的材料沿容器口中心线向两个相反方向刮平。

(3) 称取容器与材料的总质量 m_2 (g)。

5. 试验结果计算 试样的堆积密度可按下式计算 (精确至 10kg/m³):

$$\rho_0' = \frac{m_2 - m_1}{V_0'}$$

式中 ρ_0' ——材料的堆积密度 (kg/m³);

m_1 ——标准容器的质量 (kg);

m_2 ——标准容器和试样总质量 (kg);

V_0' ——标准容器的容积 (m³)。

以两次试验结果的算术平均值作为堆积密度测定的结果。

1.4 吸水率实验

(1) 将石料试件加工成直径和高均为 50mm 的圆柱体或边长为 50mm 的立方体试件; 如采用不规则试件, 其边长不少于 40~60mm, 每组试件至少 3 个, 石质组织不均匀者, 每组试件不少于 5 个。用毛刷将试件洗涤干净并编号。

(2) 将试件置于烘箱中, 以 (100±5)℃ 的温度烘干至恒重。在干燥器中冷却至室温后以天平称其质量 m_l (g), 精确至 0.01g (下同)。

(3) 将试件放在盛水容器中, 在容器底部可放些垫条如玻璃管或玻璃杆使试件底面与盆底不致紧贴, 使水能够自由进入。

(4) 加水至试件高度的 1/4 处; 以后每隔 2h 分别加水至高度的 1/2 和 3/4 处; 6h 后将水加至高出试件顶面 20mm 以上, 并再放置 48h 让其自由吸水。这样逐次加水能使试件孔隙中的空气逐渐逸出。

(5) 取出试件，用湿纱布擦去表面水分，立即称其质量 m_2 (g)。

(6) 按下列公式计算石料吸水率（精确至 0.01%）：

$$W_x = \frac{m_2 - m_1}{m_1} \times 100$$

式中： W_x —石料吸水率，%；

m_1 —烘干至恒重时试件的质量，g；

m_2 —吸水至恒重时试件的质量，g；

(7) 组织均匀的试件，取三个试件实验结果的平均值作为测定值；组织不均匀的，则取 5 个试件实验结果的平均值作为测定值。

1.5 实验结果分析与讨论

(一) 实验所得各项结果是否符合要求？

(二) 石料试样的细度对密度的测定结果有影响吗？为什么？

1.6 任选思考题

根据本实验中孔隙率及体积吸水率的实验结果，分析出该材料的孔隙构造状况。

实验二 钢筋试验

2.1 钢筋的拉伸性能试验

1. 试验目的 测定低碳钢的屈服强度、抗拉强度、伸长率三个指标，作为评定钢筋强度等级的主要技术依据。掌握《金属材料 室温拉伸试验方法》(GB/T228.1-2010)和钢筋强度等级的评定方法。

2. 主要仪器设备

(1) 万能试验机

(2) 钢板尺、游标卡尺、千分尺、两脚爪规等。

3. 试件制备

(1) 抗拉试验用钢筋试件一般不经过车削加工，可以用两个或一系列等分小冲点或细划线标出原始标距（标记不应影响试样断裂）。

(2) 试件原始尺寸的测定

1) 测量标距长度 l_0 ，精确到0.1mm。

2) 圆形试件横断面直径应在标距的两端及中间处两个相互垂直的方向上各测一次，取其算术平均值，选用三处测得的横截面积中最小值，横截面积按下式计算：

$$A_0 = \frac{1}{4} \pi \cdot d_0^2$$

式中 A_0 ——试件的横截面积 (mm^2)；

d_0 ——圆形试件原始横断面直径 (mm)。

4. 试验步骤

(1) 屈服强度与抗拉强度的测定

1) 调整试验机测力度盘的指针，使对准零点，并拨动副指针，使与主指针重叠。

2) 将试件固定在试验机夹头内，开动试验机进行拉伸。拉伸速度为：屈服前，应力增加速度每秒钟为10MPa；屈服后，试验机活动夹头在荷载下的移动速度为不大于 $0.5 L_c / \text{min}$ （不经车削试件 $L_c = l_0 + 2h_1$ ）。

3) 拉伸中，测力度盘的指针停止转动时的恒定荷载，或不计初始瞬时效应时的最小荷载，即为求的屈服点荷载 P_s 。

4) 向试件连续施荷直至拉断由测力度盘读出最大荷载，即为求的抗拉极限荷载 P_b 。

(2) 伸长率的测定

1) 将已拉断试件的两端在断裂处对齐，尽量使其轴线位于一条直线上。如拉断处

由于各种原因形成缝隙，则此缝隙应计入试件拉断后的标距部分长度内。

2) 如拉断处到临近标距端点的距离大于 $1/3 l_0$ 时，可用卡尺直接量出已被拉长的标距长度 l_1 (mm)。

3) 如拉断处到临近标距端点的距离小于或等于 $1/3 l_0$ 时，可按下述移位法计算标距 l_1 (mm)。

4) 如试件在标距端点上或标距处断裂，则试验结果无效，应重新试验。

5. 试验结果处理

(1) 屈服强度按下式计算 (精确至 1MPa):

$$\sigma_s = \frac{P_s}{A_0}$$

式中 σ_s ——屈服强度 (MPa);

P_s ——屈服时的荷载 (N);

A_0 ——试件原横截面面积 (mm^2)。

(2) 抗拉强度按下式计算 (精确至 1MPa):

$$\sigma_b = \frac{P_b}{A_0}$$

式中 σ_b ——屈服强度 (MPa);

P_b ——最大荷载 (N);

A_0 ——试件原横截面面积 (mm^2)。

(3) 伸长率按下式计算 (精确至 1%)

$$\delta_{10}(\delta_5) = \frac{l_1 - l_0}{l_0} \times 100\%$$

式中 $\delta_{10}(\delta_5)$ ——分别表示 $l_0 = 10d_0$ 和 $l_0 = 5d_0$ 时的伸长率;

l_0 ——原始标距长度 $10d_0$ (或 $5d_0$) (mm);

l_1 ——试件拉断后直接量出或按移位法确定的标距部分长度 (mm) (测量精确至 0.1mm)。

(4) 当试验结果有一项不合格时，应另取双倍数量的试样重做试验，如仍有不合

格项目，则该批钢材判为拉伸性能不合格。

2.2 钢筋的弯曲（冷弯）性能试验

1. 试验目的 通过检验钢筋的工艺性能评定钢筋的质量。掌握 GB/T232—2010 钢筋弯曲（冷弯）性能的测试方法和钢筋质量的评定方法，正确使用仪器设备。

2. 主要仪器设备 压力机或万能试验机

3. 试件制备

1) 试件的弯曲外表面不得有划痕。

2) 试样加工时，应去除剪切或火焰切割等形成的影响区域。

3) 当钢筋直径小于 35mm 时，不需加工，直接试验；若试验机能量允许时，直径不大于 50mm 的试件亦可用全截面的试件进行试验。

4) 当钢筋直径大于 35mm 时，应加工成直径 25mm 的试件。加工时应保留一侧原表面，弯曲试验时，原表面应位于弯曲的外侧。

5) 弯曲试件长度根据试件直径和弯曲试验装置而定，通常按下式确定试件长度：

$$l = 5d + 150$$

4. 试验步骤（过程）

(1) 半导向弯曲

(2) 导向弯曲

5. 试验结果处理

按以下五种试验结果评定方法进行，若无裂纹、裂缝或裂断，则评定试件合格。

(1) 完好 试件弯曲处的外表面金属基本上无肉眼可见因弯曲变形产生的缺陷时，称为完好。

(2) 微裂纹 试件弯曲外表面金属基本上出现细小裂纹，其长度不大于 2mm，宽度不大于 0.2mm 时，称为微裂纹。

(3) 裂纹 试件弯曲外表面金属基本上出现裂纹，其长度大于 2mm，而小于或等于 5mm，宽度大于 0.2mm，而小于或等于 0.5mm 时，称为裂纹。

(4) 裂缝 试件弯曲外表面金属基本上出现明显开裂，其长度大于 5mm，宽度大于 0.5mm 时，称为裂缝。

(5) 裂断 试件弯曲外表面出现沿宽度贯穿的开裂，其深度超过试件厚度的 1/3 时，称为裂断。

注：在微裂纹、裂纹、裂缝中规定的长度和宽度，只要有一项达到某规定范围，即应按该级评定。

实验三 水泥的基本性质试验

3.1 水泥细度测定

1. 试验目的 通过试验来检验水泥的粗细程度，作为评定水泥质量的依据之一；掌握 GB/T1345—2005《水泥细度检验方法（80um 筛筛析法）》的测试方法，正确使用所用仪器与设备，并熟悉其性能。

2. 主要仪器设备

- (1) 试验筛
- (2) 负压筛析仪
- (3) 水筛架和喷头
- (4) 天平

3. 试验步骤

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。

4. 试验结果计算 水泥细度按试样筛余百分数（精确至 0.1%）计算。

$$F = \frac{R_s}{W} \times 100\%$$

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）。

3.2 水泥标准稠度用水量试验

1. 试验目的 通过试验测定水泥净浆达到水泥标准稠度（统一规定的浆体可塑性）时的用水量，作为水泥凝结时间、安定性试验用水量之一；掌握 GB1346—2011《水泥标准稠度用水量》的测试方法，正确使用仪器设备，并熟悉其性能。

2. 主要仪器设备

- (1) 水泥净浆搅拌机
- (2) 标准法维卡仪
- (3) 天平

(4) 量筒

3. 试验方法及步骤

1) 试验前检查 仪器金属棒应能自由滑动，搅拌机运转正常等。

2) 调零点 将标准稠度试杆装在金属棒下，调整至试杆接触玻璃板时指针对准零点。

3) 水泥净浆制备 用湿布将搅拌锅和搅拌叶片擦一遍，将拌合用水倒入搅拌锅内，然后在 5~10s 内小心将称量好的 500g 水泥试样加入水中（按经验找水）；拌和时，先将锅放到搅拌机锅座上，升至搅拌位置，启动搅拌机，慢速搅拌 120s，停拌 15s，同时将叶片和锅壁上的水泥浆刮入锅中，接着快速搅拌 120s 后停机。

4) 标准稠度用水量的测定 拌和完毕，立即将水泥净浆一次装入已置于玻璃板上的圆模内，用小刀插捣、振动数次，刮去多余净浆；抹平后迅速放到维卡仪上，并将其中心定在试杆下，降低试杆直至与水泥净浆表面接触，拧紧螺丝，然后突然放松，让试杆自由沉入净浆中。以试杆沉入净浆并距底板 (6 ± 1) mm 的水泥净浆为标准稠度净浆。其拌和用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。升起试杆后立即擦净。整个操作应在搅拌后 1.5min 内完成。

4. 试验结果计算

以试杆沉入净浆并距底板 (6 ± 1) mm 的水泥净浆为标准稠度净浆。其拌和用水量为该水泥的标准稠度用水量 (P) ，以水泥质量的百分比计，按下式计算。

$$P = \frac{\text{拌和用水量}}{\text{水泥用量}} \times 100\%$$

3.3 水泥凝结时间的测定试验

1. 试验目的 测定水泥达到初凝和终凝所需的时间（凝结时间以试针沉入水泥标准稠度净浆至一定深度所需时间表示），用以评定水泥的质量。掌握 GB1346—2011《水泥凝结时间》的测试方法，正确使用仪器设备。

2. 主要仪器设备

- (1) 标准法维卡仪
- (2) 水泥净浆搅拌机
- (3) 湿气养护箱

3. 试验步骤

(1) 试验前准备 将圆模内侧稍涂上一层机油，放在玻璃板上，调整凝结时间测定仪的试针接触玻璃板时，指针应对准标准尺零点。

(2) 以标准稠度用水量的水，按测标准稠度用水量的方法制成标准稠度水泥净浆后，立即一次装入圆模振动数次刮平，然后放入湿气养护箱内，记录开始加水的时间作为凝结时间的起始时间。

(3) 试件在湿气养护箱内养护至加水后 30min 时进行第一次测定。测定时，从养

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的读数。临近初凝时，每隔 5min 测定一次，当试针沉至距底板 (4 ± 1) mm 即为水泥达到初凝状态。从水泥全部加入水中至初凝状态的时间即为水泥的初凝时间，用“min”表示。

(4) 初凝测出后，立即将试模连同浆体以平移的方式从玻璃板上取下，翻转 180°，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养护。

(5) 取下测初凝时间的试针，换上测终凝时间的试针。

(6) 临近终凝时间每隔 15min 测一次，当试针沉入净浆 0.5mm 时，即环形附件开始不能在净浆表面留下痕迹时，即为水泥的终凝时间。

(7) 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) 和分钟 (min) 表示。

(8) 在测定时应注意，最初测定的操作时应轻轻扶持金属棒，使其徐徐下降，防止撞弯试针，但结果以自由下沉为准；在整个测试过程中试针沉入净浆的位置距圆模至少大于 10mm；每次测定完毕需将试针擦净并将圆模放入养护箱内，测定过程中要防止圆模受振；每次测量时不能让试针落入原孔，测得结果应以两次都合格为准。

4. 试验结果的确定与评定

(1) 自加水起至试针沉入净浆中距底板 (4 ± 1) mm 时，所需的时间为初凝时间；至试针沉入净浆中不超过 0.5mm（环形附件开始不能在净浆表面留下痕迹）时所需的时间为终凝时间；用小时 (h) 和分钟 (min) 来表示。

(2) 达到初凝或终凝状态时应立即重复测一次，当两次结论相同时才能定为达到初凝或终凝状态。

评定方法：将测定的初凝时间、终凝时间结果，与国家规范中的凝结时间相比较，可判断其合格性与否。

3.4 水泥安定性的测定试验

1. 试验目的

安定性是指水泥硬化后体积变化的均匀性情况。通过试验可掌握 GB1346—2011《水泥安定性》的测试方法，正确评定水泥的体积安定性。

安定性的测定方法有雷氏法和试饼法，有争议时以雷氏法为准。

2. 主要仪器设备

- (1) 沸煮箱
- (2) 雷氏夹
- (3) 雷氏夹膨胀值测定仪
- (4) 其他同标准稠度用水量试验。

3. 试验方法及步骤

(1)测定前的准备工作 若采用饼法时,一个样品需要准备两块约 100mm×100mm 的玻璃板。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薄层机油。

(2)水泥标准稠度净浆的制备 以标准稠度用水量加水,按前述方法制成标准稠度水泥净浆。

(3)成型方法

将制好的净浆取出一部分分成两等份,使之成球形,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间抹动,做成直径为 70-80mm、中心厚约 10mm、边缘渐薄、表面光滑的试饼,然后将试饼放入湿汽养护箱内养护(24±2)h。

(4)沸煮

1)调整沸煮箱内的水位,使试件能在整个沸煮过程中浸没在水里,并在煮沸的中途不需添补试验用水,同时又保证能在(30±5)min内升至沸腾。

2)脱去玻璃板取下试件,先测量雷氏夹指针尖端间的距离(A),精确到0.5mm,接着将试件放入沸煮箱水中的试件架上,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±5min。

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

(5)试验结果的判别

目测试饼未发现裂缝,用直尺检查也没有弯曲时,则水泥的安定性合格,反之为不合格。若两个判别结果有矛盾时,该水泥的安定性为不合格。

3.5 水泥胶砂强度检验

1. 试验目的 检验水泥各龄期强度,以确定强度等级;或已知强度等级,检验强度是否满足规范要求。掌握国家标准 GB/T17671—1999《水泥胶砂强度的测定方法(ISO法)》,正确使用仪器设备并熟悉其性能。

2. 主要仪器设备

(1)胶砂搅拌机

(2)试模

(3)胶砂振实台

(4)抗折强度试验机

(5)抗压试验机

(6)抗压夹具

(7)刮平尺、养护室等

3. 试验步骤

(1)试验前准备 成型前将试模擦净,四周的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) 胶砂制备 试验用砂采用中国 ISO 标准砂，其颗粒分布和湿含量应符合 GB/T17671—1999 的要求。

1) 胶砂配合比 试体是按胶砂的质量配合比为水泥:标准砂:水=1:3:0.5 进行拌制的。一锅胶砂成三条试体，每锅材料需要量为：水泥(450±2)g；标准砂(1350±5) g；水 (225±1) mL。

2) 搅拌 每锅胶砂用搅拌机进行搅拌。可按下列程序操作：①胶砂搅拌时先把水加入锅里，再加水泥，把锅放在固定架上，上升至固定位置。②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；把机器转至高速再拌 30s。③停拌 90s，在第一个 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，各个搅拌阶段的时间误差应在±1s 以内。

(3) 试体成型 试件是 40mm×40mm×160mm 的棱柱体。胶砂制备后应立即进行成型。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，每个槽里约放 300g 胶砂，用大播料器垂直架在模套顶部沿每一个模槽来回一次将料层播平，接着振实 60 次。再装第二层胶砂，用小播料器播平，再振实 60 次。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。

(4) 试体的养护

1) 脱模前的处理及养护 将试模放入雾室或湿箱的水平架子上养护，湿空气应能与试模周边接触。另外，养护时不应将试模放在其他试模上。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对试体进行编号和做其他标记。，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，可用塑料锤或橡皮榔头或专门的脱模器。对于 24h 龄期的，应在破型试验前 20min 内脱模；对于 24h 以上龄期的，应在 20-24h 之间脱模。

3) 水中养护 将做好标记的试体水平或垂直放在 (20±1) °C 水中养护，水平放置时刮平面应朝上，养护期间试体之间间隔或试体上表面的水深不得小于 5mm。

(5) 强度试验

1) 强度试验试体的龄期 试体龄期是从水加水开始搅拌时算起的。各龄期的试体必须在表 1 规定的时间内进行强度试验。试体从水中取出后，在强度试验前应用湿布覆盖。

表 1 各龄期强度试验时间规定

龄期	时间
24h	24h±15min
48 h	48h±30min
72 h	72h±45min
7d	7d±2h
>28 d	28 d±8 h

2) 抗折强度试验

①每龄期取出 3 条试体先做抗折强度试验。试验前须擦去试体表面的附着水分和砂粒，清除夹具上圆柱表面粘着的杂物，试体放入抗折夹具内，应使侧面与圆柱接触。

②采用杠杆式抗折试验机试验时，试体放入前，应使杠杆成平衡状态。试体放入后调整夹具，使杠杆在试体折断时尽可能地接近平衡位置。

③抗折试验的加荷速度为 (50 ± 10) N/s。

3) 抗压强度试验

①抗折强度试验后的断块应立即进行抗压试验。抗压试验须用抗压夹具进行，试体受压面为 $40\text{mm} \times 40\text{mm}$ 。试验前应清除试体受压面与压板间的砂粒或杂物。试验时以试体的侧面作为受压面，试体的底面靠紧夹具定位销，并使夹具对准压力机压板中心。

②压力机加荷速度为 (2400 ± 200) N/s。

4. 试验结果计算及处理

(1) 抗折试验结果：

抗折强度按下式计算，精确到 0.1MPa 。

$$R_1 = 1.5F_1L/b^3$$

式中 R_1 ——水泥抗折强度，MPa；

F_1 ——折断时施加于棱柱体中部的荷载，N；

L ——支撑圆柱之间的距离，100mm；

b ——棱柱体正方形截面的边长，40mm；

以一组 3 个棱柱体抗折结果的平均值作为试验结果。当 3 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。

(2) 抗压试验结果：

抗压强度按下式计算，精确至 0.1MPa 。

$$R_c = \frac{F_c}{A}$$

式中 R_c ——水泥抗压强度，MPa；

F_c ——破坏时的最大荷载，N；

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

以一组 3 个棱柱体上得到的 6 个抗压强度测定值的算术平均值为试验结果。如 6 个测定值中有一个超出 6 个平均值的 $\pm 10\%$ ，就应剔出这个结果，而以剩下 5 个的平均数为结果；如果 5 个测定值中再有超过它们平均数 $\pm 10\%$ ，则该组结果作废。

实验四 混凝土用集料试验

4.1 砂的筛分析试验

1. 试验目的 通过试验测定砂的颗粒级配, 计算砂的细度模数, 评定砂的粗细程度; 掌握 GB/T14684—2011《建筑用砂》的测试方法, 正确使用所用仪器与设备, 并熟悉其性能。

2. 主要仪器设备

- (1) 标准筛
- (2) 天平
- (3) 鼓风烘箱
- (4) 摇筛机。
- (5) 浅盘、毛刷等。

3. 试样制备 按规定取样, 用四分法分取不少于 4400g 试样, 并将试样缩分至 1100g, 放在烘箱中于 (105 ± 5) °C 下烘干至恒量, 待冷却至室温后, 筛除大于 9.50mm 的颗粒 (并算出其筛余百分率), 分为大致相等的两份备用。

4. 试验步骤

(1) 准确称取试样 500g, 精确到 1g。

(2) 将标准筛按孔径由大到小的顺序叠放, 加底盘后, 将称好的试样倒入最上层的 4.75mm 筛内, 加盖后置于摇筛机上, 摇约 10min。

(3) 将套筛自摇筛机上取下, 按筛孔大小顺序再逐个用手筛, 筛至每分钟通过量小于试样总量 0.1% 为止。通过的颗粒并入下一号筛中, 并和下一号筛中的试样一起过筛, 按这样的顺序进行, 直至各号筛全部筛完为止。

(4) 称取各号筛上的筛余量, 试样在各号筛上的筛余量不得超过 200g, 否则应将筛余试样分成两份, 再进行筛分, 并以两次筛余量之和作为该号的筛余量。

5. 试验结果计算与评定

(1) 计算分计筛余百分率: 各号筛上的筛余量与试样总量相比, 精确至 0.1%。

(2) 计算累计筛余百分率: 每号筛上的筛余百分率加上该号筛以上各筛余百分率之和, 精确至 0.1%。筛分后, 若各号筛的筛余量与筛底的量之和同原试样质量之差超过 1% 时, 须重新试验。

(3) 砂的细度模数按下式计算, 精确至 0.1。

$$M_x = \frac{(A_2 + A_3 + A_4 + A_5 + A_6) - 5A_1}{100 - A_1}$$

式中 M_x —— 细度模数;

A_1 、 A_2 … A_6 ——分别为 4.75, 2.36, 1.18, 0.60, 0.30, 0.15mm 筛的累计筛余百分率。

(4) 累计筛余百分率取两次试验结果的算术平均值, 精确至 1%。细度模数取两次试验结果的算术平均值, 精确至 0.1; 如两次试验的细度模数之差超过 0.20 时, 须重新试验。

4.2 砂的表观密度测定试验

1. 试验目的 通过试验测定砂的表观密度, 为计算砂的空隙率和混凝土配合比设计提供依据。掌握 GB/T14684—2011《建筑用砂》的测试方法, 正确使用所用仪器与设备, 并熟悉其性能。

2. 主要仪器设备

- (1) 容量瓶
- (2) 天平
- (3) 鼓风烘箱
- (4) 其他

3. 试验制备 试样按规定取样, 并将试样缩分至 660g, 放在烘箱中于 (105 ± 5) °C 下烘干至恒量, 待冷至室温后, 分成大致相等的两份备用。

4. 试验步骤

(1) 称取上述试样 300g, 装入容量瓶, 注入冷开水至接近 500mL 的刻度处, 用手旋转摇动容量瓶, 使砂样充分摇动, 排除气泡, 塞紧瓶盖, 静置 24h, 然后用滴管小心加水至容量瓶颈刻 500mL 刻度线处, 塞紧瓶塞, 擦干瓶外水分, 称其质量, 精确至 1g。

(2) 将瓶内水和试样全部倒出, 洗净容量瓶, 再向瓶内注水至瓶颈 500mL 刻度线处, 擦干瓶外水分, 称其质量, 精确至 1g。试验时试验室温度应在 $20^{\circ}\text{C} \sim 25^{\circ}\text{C}$ 。

5. 试验结果计算与评定

(1) 砂的表观密度按下式计算, 精确至 10kg/m^3 ;

$$\rho_0 = \left(\frac{G_0}{G_0 + G_2 - G_1} \right) \times \rho_{\text{水}}$$

式中 ρ_0 ——砂的表观密度, kg/m^3 ;

$\rho_{\text{水}}$ ——水的密度, 1000kg/m^3 ;

G_0 ——烘干试样的质量, g;

G_1 ——试样、水及容量瓶的总质量, g;

G_2 ——水及容量瓶的总质量, g。

(2) 表观密度取两次试验结果的算术平均值, 精确至 10kg/m^3 ; 如两次试验结果之差大于 20kg/m^3 , 须重新试验。

4.3 砂的堆积密度测定试验

1. 试验目的 通过试验测定砂的堆积密度, 为混凝土配合比设计和估计运输工具的数量或存放堆场的面积等提供依据。掌握 GB/T14684—2011《建筑用砂》的测试方法, 正确使用所用仪器与设备。

2. 主要仪器设备

- (1) 鼓风烘箱
- (2) 容量筒
- (3) 天平
- (4) 标准漏斗
- (5) 直尺、浅盘、毛刷等。

3. 试样制备 按规定取样, 用搪瓷盘装取试样约 3L, 置于温度为 $(105\pm 5)^\circ\text{C}$ 的烘箱中烘干至恒量, 待冷却至室温后, 筛除大于 4.75mm 的颗粒, 分成大致相等的两份备用。

4. 试验步骤

(1) 松散堆积密度的测定 取一份试样, 用漏斗或料勺, 从容量筒中心上方 50mm 处慢慢装入, 等装满并超过筒口后, 用钢尺或直尺沿筒口中心线向两个相反方向刮平(试验过程应防止触动容量瓶), 称出试样与容量筒的总质量, 精确至 1g 。

(2) 紧密堆积密度的测定 取试样一份分两次装入容量筒。装完第一层后, 在筒底垫一根直径为 10mm 的圆钢, 按住容量筒, 左右交替击地面 25 次。然后装入第二层, 装满后用同样的方法进行颠实(但所垫放圆钢的方向与第一层的方向垂直)。再加试样直至超过筒口, 然后用钢尺或直尺沿中心线向两个相反的方向刮平, 称出试样与容量筒的总质量, 精确至 0.1g 。

(3) 称出容量筒的质量, 精确至 1g 。

5. 试验结果计算与评定

(1) 砂的松散或紧密堆积密度按下式计算, 精确至 10kg/m^3 ;

$$\rho_1 = \frac{G_1 - G_2}{V}$$

式中 ρ_1 ——砂的松散或紧密堆积密度, kg/m^3 ;

G_1 ——试样与容量筒总质量, g ;

G_2 ——容量筒的质量, g ;

V ——容量筒的容积, L。

(2) 堆积密度取两次试验结果的算术平均值, 精确至 10kg/m^3 。

4.4 粗集料含泥量及泥块含量试验

1 目的与适用范围

测定碎石或砾石中小于 0.075mm 的尘屑、淤泥和粘土的总质量及 4.75mm 以上泥块颗粒含量。

2 器具与材料

- (1) 台秤: 感量不大于称量的 0.1% 。
- (2) 烘箱: 能控温 $105 \pm 5^\circ\text{C}$ 。
- (3) 标准筛: 测泥含量时用孔径为 1.18mm 、 0.075mm 的方孔筛各 1 只; 测泥块含量时, 则用 2.36mm 及 4.75mm 的方孔筛各 1 只。
- (4) 容器: 容积约 10L 的桶或搪瓷盘。
- (5) 浅盘、毛刷等。

3 试验准备

按 T0301 方法取样, 将来样用四分法或分料器法缩分至表 T0310-1 所规定的量(注意防止细粉丢失并防止含粘土块被压碎), 置于温度为 $105 \pm 5^\circ\text{C}$ 的烘箱内烘干至恒重, 冷却至室温后分成两份备用。

表 T0310-1 含泥量及泥块含量试验所需试样最小质量

公称最大粒径 (mm)	4.75	9.5	16	19	26.5	31.5	37.5	63	75
试样的最小质量 (kg)	1.5	2	2	6	6	10	10	20	20

4 试验步骤

4.1 含泥量试验步骤

4.1.1 称取试样 1 份 (m_0) 装入容器内, 加水, 浸泡 24h , 用手在水中淘洗颗粒 (或用毛刷刷), 使尘屑、粘土与较粗颗粒分开, 并使之悬浮于水中; 缓缓地将浑浊液倒入 1.18mm 及 0.075mm 的套筛上, 滤去小于 0.075mm 的颗粒。试验前筛子的两面应先用水湿润, 在整个试验过程中, 应注意避免大于 0.075mm 的颗粒丢失。

4.1.2 再次加水于容器中, 重复上述步骤, 直到洗出的水清澈为止。

4.1.3 用水冲洗余留在筛上的细粒, 并将 0.075mm 筛放在水中 (使水面略高于筛内颗粒) 来回摇动, 以充分洗除小于 0.075mm 的颗粒。而后将两只筛上余留的颗粒和容

器中已经洗净的试样一并装入浅盘，置于温度为 $105 \pm 5^\circ\text{C}$ 的烘箱中烘干至恒重，取出冷却至室温后，称取试样的质量 (m_1)。

4.2 泥块含量试验步骤

4.2.1 取试样 1 份。

4.2.2 用 4.75mm 筛将试样过筛，称出筛去 4.75mm 以下颗粒后的试样质量 (m_2)。

4.2.3 将试样在容器中平摊平，加水使水面高出试样表面，24h 后将水放掉，用手捻压泥块，然后将试样放在 2.36mm 筛上用水冲洗，直至洗出的清澈为止。

4.2.4 小心地取出 2.36mm 筛上试样，置于温度为 $105 \pm 5^\circ\text{C}$ 的烘箱中烘干至恒重，取出冷却至室温后称量 (m_3)。

5 计算

5.1 碎石或砾石的含泥量按式 (T0310-1) 计算，精确至 0.1%。

$$Q_n = (m_0 - m_1) / m_0 \times 100$$

Q_n ——碎石或砾石的含泥量%

m_0 ——试验前试样烘干质量 g

m_1 ——试验后试样烘干质量 g

以上两次试验的算数平均值作为试验结果，两次结果的差值超过 0.2% 时，应重新取样进行试验，对沥青路面用集料，此含泥量记为小于 0.075mm 颗粒含量。

5.2 碎石及砾石中粘土泥块含量按式 (T0310-2) 计算，精确至 0.1%。

$$Q_k = (m_2 - m_3) / m_2 \times 100$$

Q_k ——碎石或砾石的泥块含量%

m_2 ——4.75mm 筛筛余量 g

m_3 ——试验后烘干试样质量 g

以上两次试验的算数平均值作为试验结果，两次结果的差值超过 0.1% 时，应重新取样进行试验。

实验五 普通混凝土试验

5.1 普通混凝土拌合物实验室拌和方法

1. 试验目的 学会混凝土拌合物的拌制方法，为测试和调整混凝土的性能，进行混凝土配合比设计打下基础。

2. 主要仪器设备

- (1) 混凝土搅拌机
- (2) 磅秤
- (3) 天平
- (4) 拌和钢板等。

3. 拌和方法 按所选混凝土配合比备料。拌和间温度为 (20 ± 5) ℃。

1) 预拌 拌前先对混凝土搅拌机挂浆，即用按配合比要求的水泥、砂、水及少量石子，在搅拌机中搅拌（涮膛），然后倒出多余砂浆。其目的是防止正式拌和时水泥浆挂失影响到混凝土的配合比。

2) 拌和 向搅拌机内依次加入石子、水泥、砂子，开动搅拌机搅动2~3min。

3) 将拌和物从搅拌机中卸出，倒在拌和钢板上，人工拌和1~2min。

5.2 普通混凝土拌合物工作性（和易性）试验——混凝土的坍落度试验

1. 试验目的 通过测定骨料最大粒径不大于37.5mm、坍落度值不小于10mm的塑性混凝土拌合物坍落度，同时评定混凝土拌合物的粘聚性和保水性，为混凝土配合比设计、混凝土拌合物质量评定提供依据；掌握GB/T50080—2002《普通混凝土拌和物性能试验方法标准》的测试方法，正确使用所用仪器与设备，并熟悉其性能。

2. 主要仪器设备

- (1) 坍落度筒
- (2) 捣棒
- (3) 直尺、小铲、漏斗等。

3. 试验步骤

(1) 每次测定前，用湿布湿润坍落度筒、拌和钢板及其他用具，并把筒放在不吸水的刚性水平底板上，然后用脚踩住2个脚踏板，使坍落度筒在装料时保持位置固定。

(2) 取拌好的混凝土拌和物15L，用小铲分3层均匀地装入筒内，使捣实后每层高度为筒高的1/3左右。每层用捣棒沿螺旋方向在截面上由外向中心均匀插捣25次。插捣筒边混凝土时，捣棒可以稍稍倾斜。插捣底层时，捣棒应贯穿整个深度，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，则应随时加料，顶层插捣完毕后，刮去多余混凝土，并用镩刀抹平。

(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。从开始装料到提起坍落度筒的整个过程应不间断地进行，并应在 150s 内完成。

4. 试验结果确定与处理

(1) 提起坍落度筒后，立即量测筒高与坍落后混凝土试体最高点之间的高度差，即为该混凝土拌和物的坍落度值。混凝土拌和物坍落度以 mm 为单位，结果精确至 1mm。

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

(3) 观察坍落后的混凝土试体的粘聚性和保水性。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，则表示粘聚性良好，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。保水性以混凝土拌和物中稀浆析出的程度来评定。如坍落度筒提起后无稀浆或仅有少量稀浆自底部析出，则表示此混凝土拌和物保水性良好；坍落度筒提起后如有较多的稀浆从底部析出且锥体部分的混凝土也因失浆而骨料外露，则表明此混凝土拌和物的保水性能不好。

(4) 和易性的调整

- 1) 当坍落度低于设计要求时，可在保持水灰比不变的前提下，适当增加水泥浆量。
- 2) 当坍落度高于设计要求时，可在保持砂率不变的条件下，增加集料的用量。
- 3) 当出现含砂量不足，粘聚性、保水性不良时，可适当增加砂率，反之减小砂率。

5.3 普通混凝土拌合物的表观密度试验

1. 试验目的 测定混凝土拌和物捣实后的单位体积重量（即表观密度），以提供核实混凝土配合比计算中的材料用量之用。掌握《普通混凝土拌和物性能试验方法》GB/T50080—2002，正确使用仪器设备。

2. 主要仪器设备

- (1) 台秤
- (2) 振动台
- (3) 捣棒等。

3. 试验步骤

- (1) 用湿布把容量筒内外擦干净，称出其重量，精确至 50g；
- (2) 混凝土的装料及捣实方法应视拌和物的稠度而定。一般来说。坍落度不大于 70mm 的混凝土，用振动台振实为宜；大于 70mm 的用捣棒捣实为宜。

(3) 用刮刀将筒口多余的混凝土拌和物刮去，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。

4. 试验结果计算 混凝土拌和物的表观密度按下式计算，精确至 kg/m^3 。

$$\gamma_h = \frac{m_2 - m_1}{V} \times 1000$$

式中 γ_h ——混凝土的表观密度， kg/m^3 ；

m_1 ——容量筒的质量， kg ；

m_2 ——容量筒和试样总质量， kg ；

V ——容量筒的容积， L 。

5.4 普通混凝土立方体抗压强度试验

1. 试验目的 掌握 GB/T50081—2002《普通混凝土力学性能试验标准》，根据检验结果确定、校核配合比，并为控制施工质量提供依据。

2. 主要仪器设备

- (1) 压力试验机
- (2) 混凝土搅拌机
- (3) 振动台
- (4) 试模
- (5) 养护室
- (6) 捣棒、金属直尺等。

3. 试件制作

(1) 制作试件前应检查试模，拧紧螺栓并清刷干净，在其内壁涂上一薄层矿物油脂。一般以 3 个试件为一组。

(2) 试件的成型方法应根据混凝土拌和物的稠度来确定。

1) 坍落度大于 70mm 的混凝土拌和物采用人工捣实成型。将搅拌好的混凝土拌和物分两层装入试模，每层装料的厚度大约相同。插捣时用捣棒按螺旋方向从边缘向中心均匀进行。插捣底层时，捣棒应达到试模底面；插捣上层时，捣棒应贯穿下层深度约 20~30mm。并用镩刀沿试模内侧插捣数次。每层的插捣次数应根据试件的截面而定，一般为每 100cm^2 截面积不应少于 12 次。捣实后，刮去多余的混凝土，并用镩刀抹平。

2) 坍落度小于 70mm 的混凝土拌和物采用振动台成型。将搅拌好的混凝土拌和物一次装入试模，装料时用镩刀沿试模内壁略加插捣并使混凝土拌和物稍有富裕，然后将试模放到振动台上，振动时应防止试模在振动台上自由跳动，直至混凝土表面出浆为止，刮去多余的混凝土，并用镩刀抹平。

4. 试件养护

(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，并在温度（20

±5)℃下静置一昼夜至两昼夜,然后拆模编号。再将拆模后的试件立即放在温度为(20±3)℃、湿度为90%以上的标准养护室的架子上养护,彼此相隔10~20mm。

(2) 无标准养护室时,混凝土试件可放在温度为(20±3)℃的不流动水中养护,水的pH值不应小于7。

(3) 与构件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。

5. 试验步骤

(1) 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。

(2) 先将试件擦拭干净,测量尺寸,并检查外观,试件尺寸测量精确到1mm,并据此计算试件的承压面积。

(3) 将试件安放在试验机的下压板上,试件的承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,当上板与试件接近时,调整球座,使接触均衡。

(4) 混凝土试件的试验应连续而均匀地加荷,混凝土强度等级低于C30时,其加荷速度为0.3~0.5MPa/s;若混凝土强度等级高于或等于C30时,则为0.5~0.8MPa/s。当试件接近破坏而开始迅速变形时,停止调整试验机油门,直到试件破坏,并记录破坏荷载。

(5) 试件受压完毕,应清除上下压板上粘附的杂物,继续进行下一次试验。

6. 试验结果计算与处理

(1) 混凝土立方体试件抗压强度按下式计算,精确至0.1MPa。

$$f_{cu} = \frac{P}{A}$$

式中 f_{cu} ——混凝土立方体试件的抗压强度值,MPa;

P ——试件破坏荷载,N;

A ——试件承压面积, mm^2 。

(2) 以3个试件测值的算术平均值作为该组试件的抗压强度值。如3个测值中最大值或最小值中有1个与中间值的差值超过中间值的15%时,则把最大或最小值舍去,取中间值作为该组试件的抗压强度值。如最大值和最小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作废。

(3) 混凝土立方体抗压强度是以150mm×150mm×150mm的立方体试件作为抗压强度的标准值,其他尺寸试件的测定结果应乘以尺寸换算系数。200mm×200mm×200mm试件,其换算系数为1.05;100mm×100mm×100mm试件,其换算系数为0.95。

实验六 沥青综合实验

6.1 针入度测定

1 实验目的

判断沥青材料是否符合标准要求，为沥青混合料配合比设计提供依。

2 实验内容

测定道路石油沥青、聚合物改性沥青针入度以及液体石油沥青蒸馏或乳化沥青蒸发后残留物的针入度，以 0.1mm 计。

3 实验原理、方法和手段

其标准实验条件为温度 25℃，荷重 100g，贯入时间 5s。针入度指数 PI 用于描述沥青的温度敏感性，宜在 15℃、25℃、30℃等 3 个或 3 个以上温度条件下测定针入度后按规定的方法计算得到，若 30℃时的针入度值过大，可采用 5 代替。当量软化点 T_{800} 是相当于沥青针入度为 800 时的温度，用以评价沥青的高温稳定性。当量脆点 $T_{1.2}$ 是相当于沥青针入度为 1.2 时的温度，用以评价沥青的低温抗裂性能。

(1) 将预先除去水分的沥青试样在砂浴或密闭电炉上小心加热，不断搅拌以防止局部过热，加热温度不得超过试样估计软化点 100℃。加热时间不得超过 30min，用筛过滤除去杂质。加热搅拌过程中避免试样中混入空气。

(2) 将试样倒入预先选好的试样皿中，试样深度应大于预计穿入深度 10mm。

(3) 试样皿在 15~30℃的空气中冷却 1~1.5h（小试样皿）或 1.5~2h（大试样皿），防止灰尘落入试样皿。软化将试样皿移入保持规定实验温度的恒温水浴中。小实验皿恒温 1~1.5h，大实验皿恒温 1.5~2h。

4 实验组织运行要求

参考《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》（JTG-2011）组织运行。

5 实验条件

(1) 针入度仪 (2) 标准针 (3) 恒温水浴

(4) 试样皿 (5) 平底玻璃皿、温度计、秒表、石棉筛、可控制温度的砂浴或密闭电炉等。

6 实验步骤

(1) 调节针入度仪的水平，检查针连杆和导轨，以确认无水和其他外来物，无明显磨擦。用甲苯或其他合适的溶剂清洗针，用干净布将其擦干，把针插入针连杆中固定。按实验条件放好砝码。

(2) 从恒温水浴中取出实验皿，放入水温控制在实验温度的平底玻璃皿中的三腿支架上，试样表面以上的水层高度应不小于 10mm，将平底玻璃皿置于针入度仪的平台上。

(3) 慢慢放下针连杆，使针尖刚好与试样接触。必要时用放置在合适位置的光源反射来观察。拉下活杆，使其与针杆顶端接触，调节针入度仪读数为零。

(4) 用手紧压按钮，同时启动秒表，使标准针自由下落穿入沥青试样，到规定时间停压按钮，使针停止移动。

(5) 拉下活杆与针连杆顶端接触，此时的读数即为试样的针入度。

(6) 同一试样至少重复测定三次，测定点之间及测定点与试样皿之间距离不应小于 10mm。每次测定前应将平底玻璃皿放入恒温水浴。每次测定换一根干净的针或取下针用甲苯或其他溶剂擦干净，再用干净布擦干。

(7) 测定针入度大于 200 的沥青试样时，至少用三根针，每次测定后将针留在试样中，直至三次测定完成后，才能把针从试样中取出。

七、思考题

1. 取三次测定针入度的平均值，取至整数作为实验结果。三次测定的针入度值相差不应大于表试 8.1 中规定的数值。否则，实验应重做。

针入度测定允许最大差值

表 6.1

针入度	0~49	50~149	150~249	250~350
最大差值	2	4	6	20

2. 重复性和再现性的要求见表试 8.2。

针入度测定的重复性与再现性要求

表 6.2

试样针入度, 25℃	重 复 性	再 现 性
小于 50	不超过 2 单位	不超过 4 单位
50 及大于 50	不超过平均值的 4%	不超过平均值的 8%

6.2 延度测定

1 实验目的

判断沥青材料是否符合标准要求，为沥青混合料配合比设计提供依。

2 实验内容

适用于测定道路石油沥青、聚合物改性沥青、液体石油沥青蒸馏残留物和乳化沥青蒸发残留物等材料的延度。

3 实验原理、方法和手段

沥青延度的实验温度与拉伸速率可以根据要求采用，用来测定沥青延度，按照国家标准规范测定沥青性能，确保工程质量。

4 实验组织运行要求

《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》（JTG-2011）

5 实验条件

- (1) 延度仪
- (2) 试模
- (3) 恒温水浴、温度计、金属筛网、隔离剂等。

6 实验步骤

1. 试样制备

(1) 将甘油滑石粉隔离剂（甘油：滑石粉=2：1，以质量计）拌和均匀，涂于磨光的金属板上。

(2) 将除去水分的试样在砂浴上小心加热，防止局部过热，加热温度不得超过试样估计软化点 100℃。用筛过滤，充分搅拌，避免试样中混入空气。然后将试样呈细流状，自模的一端至另一端往返倒入，使试样略高于模具。

3.试样在 15~30℃的空气中冷却 30min，然后放入（25±0.1）℃的水浴中，保持 30min 后取出，用热刀将高出模具的沥青刮去，使沥青面于模具面平齐。沥青的刮法应自模的中间向两边，表面应十分光滑。将试件连同金属板再浸入（25±0.1）℃的水浴中恒温 1~1.5h。

2. 实验步骤

(1) 检查延度仪的拉伸速度是否符合要求，然后移动滑板使其指针正对标尺的零点，保持水槽中水温为（25±0.5）℃。

(2) 将试件移至延伸仪的水槽中，模具两端的孔分别套在滑板及槽端的金属柱

上，水面距试件表面应不小于 25mm，然后去掉侧模。

(3) 确认延度仪水槽中水温为 (25 ± 0.5) °C 时，开动延度仪，此时仪器不得有振动。观察沥青的拉伸情况。在测定时，如发现沥青细丝浮于水面或沉入槽底时，则应在水中加入食盐水调整水的密度，至与试样的密度相近后，再进行测定。

(4) 试件拉断时指针所指标尺上的读数，即为试样的延度，以 cm 表示。在正常情况下，应将试样拉伸成锥尖状，在断裂时实际横断面为零。如不能得到上述结果，则应报告在此条件下无测定结果。

7 思考题

(1) 取平行测定三个结果的算术平均值作为测定结果。若三次测定值不在平均值的 5% 以内，但其中两个较高值在平均值的 5% 以内，则舍去最低测定值，取两个较高值的平均值作为测定结果。

(2) 两次测定结果之差，不应超过：重复性平均值的 10%，再现性平均值的 20%。

6.3 软化点测定

1 实验目的

通过测定沥青的软化点，可以评定其温度感应性并依软化点值确定沥青的牌号；也是在不同温度下选用沥青的重要技术指标之一。掌握《沥青软化点测定法》（环球法），正确使用仪器设备。

2 实验内容

用环球法测定沥青的软化点。

3 实验原理、方法和手段

将黄铜环置于涂有甘油滑石粉质量比为 2: 1 的隔离剂的金属板或玻璃板上。将试样注入黄铜环内至略高出环面为止。若估计软化点在 120°C 以上时，应将黄铜环和金属板预热至 80~100°C。

4 实验组织运行要求

《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》

5 实验条件

(1) 沥青环与球软化点仪

(2) 烧杯

- (3) 钢球
- (4) 试样环
- (5) 钢球定位环
- (6) 实验架
- (7) 其他 电炉或其他加热器、金属板或玻璃板、金属筛网、隔离剂等。

6 实验步骤

试样制备 (1) 将黄铜环置于涂有甘油滑石粉质量比为 2: 1 的隔离剂的金属板或玻璃板上。

(2) 将预先脱水试样加热熔化, 不断搅拌, 以防止局部过热, 加热温度不得高于试样估计软化点 100°C , 加热时间不超过 30min, 用筛过滤。将试样注入黄铜环内至略高出环面为止。若估计软化点在 120°C 以上时, 应将黄铜环和金属板预热至 $80\sim 100^{\circ}\text{C}$ 。

(3) 试样在 $15\sim 30^{\circ}\text{C}$ 的空气中冷却 30min 后, 用热刀刮去高出环面的试样, 使沥青与环面平齐。

(4) 估计软化点高于 80°C 的试样, 将盛有试样的黄铜环及板置于盛有水的保温槽内, 水温保持在 $(5\pm 0.5)^{\circ}\text{C}$, 恒温 15min。估计软化点高于 80°C 的试样, 将盛有试样的黄铜环及板置于盛有甘油的保温槽内, 甘油温度保持在 $(32\pm 1)^{\circ}\text{C}$, 恒温 15min, 或将盛试样的环水平地安放在环架中承板的孔内, 然后放在盛有水或甘油的烧杯中, 恒温 15min, 温度要求同保温槽。

(5) 烧杯内注入新煮沸并冷却至 5°C 的蒸馏水 (估计软化点不高于 80°C 的试样), 或注入预先加热至约 32°C 的甘油 (估计软化点高于 80°C 的试样), 使水平面或甘油面略低于环架连杆上的深度标记。

表 6.3

软化点, $^{\circ}\text{C}$	<80	80~100	100~140
允许差数, $^{\circ}\text{C}$	1	2	3

7 思考题

取平行测定两个结果的算术平均值作为测定结果。平行测定的两个结果的偏差不得大于下列规定: 软化点低于 80°C 时, 允许差值为 0.5°C ; 软化点高于或等于 80°C 时, 允许差值为 1°C 。否则实验重做。

附录 1 原始数据记录表

1. 土木工程材料基本性质试验

组号_____ 专业_____ 学号_____ 姓名_____

实验日期：_____年__月__日 实验室温度：____℃ 测试材料：

表 1 密度实验

试样编号	试样质量 (g)	比重瓶液面读数 (mL)		试样体积 (mL)	试样密度 (g/cm ³)	两次差值 (g/cm ³)	平均密度 (g/cm ³)
		初值	终值				
1							
2							

表 2 表观密实

试样编号	长 (mm)		宽 (mm)		高 (mm)		体积 (cm ³)	质量 (g)	表观密度 (kg/m ³)	平均表观密度 (kg/m ³)
	每次	平均	每次	平均	每次	平均				
1										
2										
3										
4										
5										

表 3 吸水率

试件编号	试件质量 (g)		所吸水的 质量 (g)	吸水率 (%)	
	干燥状态	吸水饱和		个值	平均值

表 4 堆积密度

实验序号	容量筒		(筒+砂)质量/g	砂质量/g	堆积密度/(kg/m ³)	
	容积/L	质量/g			个值	平均值
1						
2						

2. 钢筋拉伸、冷弯实验原始记录

组号_____ 专业_____ 学号_____ 姓名_____

实验日期：_____年__月__日 实验室温度：_____℃

(一) 实验目的

(二) 准备

所用原材品种：_____ 牌号：_____ 直径：_____

原始标距：_____

直径 (mm)	公称面积 (mm ²)	拉伸时应力速度 (N/mm ² · s ⁻¹)		拉伸时加荷速度 (kN/s)		
		最小	最大	最小	最大	实际采用

(三) 实验流程

拉伸：

冷弯：

(四) 实验记录、计算

试件 编号	直径 (mm)	公称面积 (mm ²)	标距 (mm)		伸长率 (%)	拉伸时受力 (kN)		强度 (MPa)	
			原始	断后		下屈服	最大	下屈服	抗拉
1									
2									

试件编号	直径 (mm)	压头直径 (mm)	弯曲角度 (°)	弯曲后，试件情况
1				
2				

(五) 结果评定

该钢筋××、…、××指标均符合（或××指标不符合）国家标准《×××》GB×××的要求，为合格品（或不合格品）。

(六) 备注

3. 水泥实验原始数据

组号_____ 专业_____ 学号_____ 姓名_____

实验日期：_____年__月__日 水泥品种、强度等级：_____

表 1 水泥标准稠度用水量实验

次数	试样质量, g	加水量, ml	下沉深度, mm	标准稠度用水量, %

表 2 水泥细度检验

试样	原始重量	筛余重量	筛余百分数 (%)	均值筛余百分数
1				
2				

评价：

表 3 水泥凝结时间实验

加水时刻：__时__分

序号	检测时刻	指针读数	所用时间, min	浆体状态
1	__时__分			
2	__时__分			
3	__时__分			

表 4 水泥强度实验

1. 试件成型

成型日期：_____年__月__日 材料用量：水泥_____g, 标准砂_____g, 水_____ml

试件尺寸：_____ 脱模后养护条件：_____

2. 强度测定

测强日期：_____年__月__日；龄期：__天

抗折强度, MPa					抗压强度, MPa				
试件编号	个值	算术平均值	误差校验	最终结果	试件编号	个值	算术平均值	误差校验	最终结果
1					1				
	2								
2					3				
	4								
3					5				
	6								

表 5 水泥安定性试验

拍摄试饼照片，插入到报告中。

4. 混凝土骨料实验报告

组号_____ 学号_____ 姓名_____ 实验日期：_____年__月__日

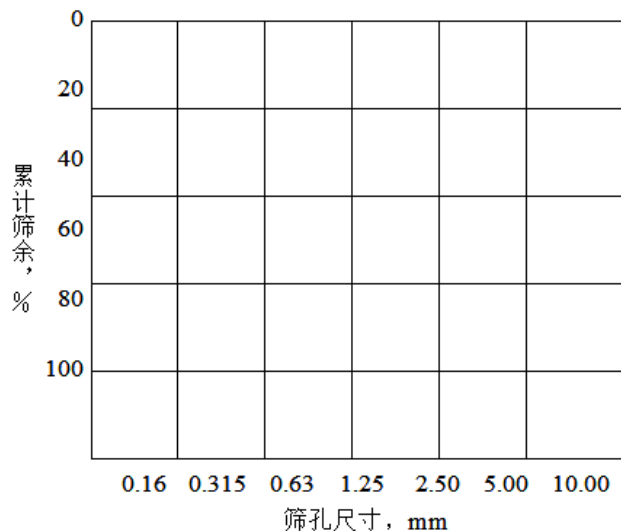
表 1 砂筛分析实验

筛孔尺寸/mm		5.00	2.50	1.25	0.63	0.315	0.16	筛底
分计筛余量	g							
	%							
累计筛余量/%								

筛分前后试样质量误差(%) =

细度模数 $M_x =$

实测颗粒级配曲线、级配区范围：



结果评定

(1) 该砂级配属于_____区，级配_____；

(2) 按细度模数，该砂样属于_____砂。

表 2 砂堆移

实验序号	容量筒		(筒+砂)质量/g	砂质量/g	堆积密度/(kg/m^3)	
	容积/L	质量/g			个值	平均值
1						
2						

表 3 砂的表观密度测定

实验序号	试样质量 m_0 /g	(瓶+砂+水)质量 m_1 /g	(瓶+水)质量 m_2 /g	表观密度/(kg/m^3)	
				个值	平均值
1					
2					

表 4 骨料含泥量

试样	原始重量	水洗后重量	含泥量百分数(%)	均值含泥量
1				
2				

评价：

5. 混凝土实验报告

组号_____ 专业_____ 学号_____ 姓名_____

混凝土原材料与配合比

1. 原材料
2. 配合比

表 1 拌合物坍落度实验

实验编号	坍落度/mm			粘聚性观测	保水性观测
	个值	差值	平均值		
1					
2					
调整方法： 调整后坍落度：_____ 粘聚性：_____ 保水性：_____					

表 2 拌合物表观密度实验

实验序号	筒体积/L	混凝土质量/kg	表观密度/(kg/m ³)	
			个值	平均值
1				
2				

表 3 混凝土抗压强度实验

加载速度换算：_____ (MPa/s) × 试件受压面积_____ = 操作时速度 _____ (KN/s)

试件尺寸：_____ 养护条件：_

成型日期：_____年___月___日 测强日期：_____年___月___日 龄期：_____天

组次	破坏荷载 (KN)	强度 (MPa)	与中间值之差 (%)	代表值 (MPa)	预估 28d 强度 (MPa)	平均值 (MPa)	标准差 (MPa)
1							
2							
3							
4							
5							
6							

注：若龄期不足 28d，则预估 28d 强度 (MPa)

自己所在的_____组试件详细计算过程：

① 单块抗压强度

② 与中间值之差

③ 强度代表值

④ 预估 28d 强度 (若龄期不足 28d 时)

结果评定

1. (预估) 强度评定 (按非统计法)

2. (预估) 强度等级评定

3. 生产管理水平评定

6. 沥青试验原始数据

组号_____ 专业_____ 学号_____ 姓名_____

实验日期：_____年__月__日 沥青种类：_____

表 1 沥青针入度试验记录表

试验温度 (°C)	试针荷重 (g)	贯入时间 (s)	刻度盘初读数	刻度盘终读数	针入度 (0.1mm)	
					测定值	平均值

试验者_____记录者_____校核者_____日期

表 2 沥青延度试验记录表

试验温度 (°C)	试验速度 (cm/min)	测定值 (mm)	平均值 (mm)

试验者_____记录者_____校核者_____日期

表 3 沥青软化点试验记录表

起始 温度	第 1 钟	第 2 钟	第 3 钟	第 4 钟	第 5 钟	第 6 钟	第 7 钟	第 8 钟	测定值 (°C)	平均值 (°C)

试验者_____记录者_____校核者_____日期

沥青标号的判别：