

普通高等院校“十三五”应用型规划教材

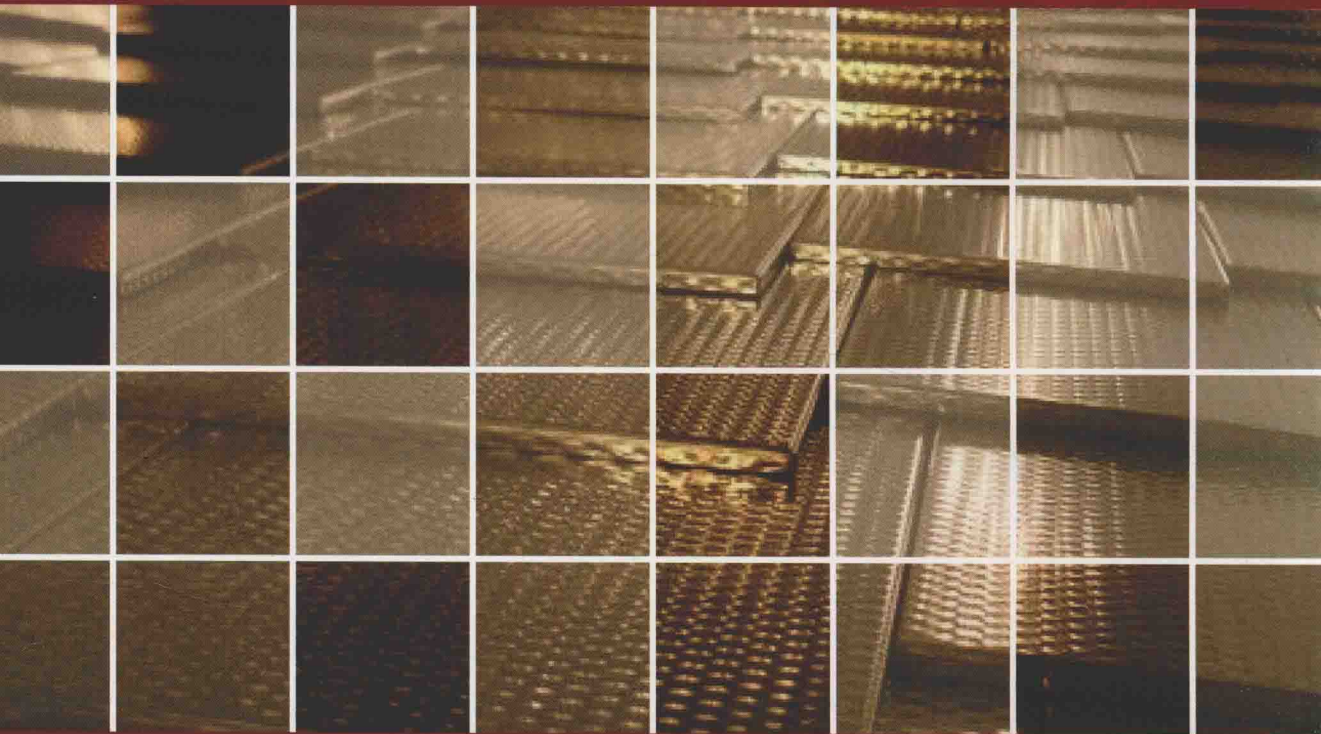
PUTONG GAODENG YUANXIAO "SHISANWU" YINGYONGXING GUIHUA JIAOCAI

建筑材料 试验指导

EXPERIMENT GUIDE
FOR BUILDING MATERIAL

本书随
主教材附送

主编 李江华 李柱凯



华中科技大学出版社

<http://www.hustp.com>

普通高等院校“十三五”应用型规划教材

建筑材料试验指导

Experiment Guide for Building Material

主 编	李江华	李柱凯			
副 主 编	胡 驰	李兴奎	易 凌	胡 鹏	
参编人员	彭 佳	安 宁	颜子博	吴金花	

华中科技大学出版社
中国·武汉

前 言

本教材根据建筑类高等职业教育及应用型本科院校人才培养目标进行定位,重点编写了建筑材料的技术性质及材料的验收、储存、检测、选用等与施工实际紧密联系的内容。本书的编写主要依据了国家及相关行业的技术标准,一律采用了最新标准和规范。

本教材在内容安排上注意加强广泛应用的材料,反映新型材料,减少了过深的理论知识,以实用性为主。在体例设计上,各单元除主干内容外,加设学习目标、本单元试验技能训练及复习思考题,供教师课堂教学和学生课后学习采用。

本教材主要由李江华、李柱凯担任主编,胡驰、李兴奎、易凌、胡鹏担任副主编,彭佳、安宁、颜子博、吴金花参与编写。全书由李江华统稿。

由于编者水平和经验有限,教材中难免存在疏漏和错误,衷心希望使用本教材的读者给予批评指正。

2016 年 5 月

目 录

单元三 水泥	(1)
项目一 试验指导	(1)
项目二 试验记录	(10)
单元四 混凝土	(14)
项目一 试验指导	(14)
项目二 试验记录	(22)
单元五 建筑砂浆	(30)
项目一 试验指导	(30)
项目二 试验记录	(34)
单元六 墙体材料	(37)
项目一 试验指导	(37)
项目二 试验记录	(39)
单元七 建筑钢材	(40)
项目一 试验指导	(40)
项目二 试验记录	(43)
单元八 有机材料	(45)
项目一 试验指导	(45)
项目二 试验记录	(49)

单元三 水 泥

项目一 试验指导

试验一 水泥试样的取样

1. 检测依据

《通用硅酸盐水泥》(GB 175—2007)、《水泥取样方法》(GB/T 12573—2008)、《水泥细度检验方法 筛析法》(GB/T 1345—2005)、《水泥标准稠度用水量、凝结时间、安定性检验方法》(GB/T 1346—2011)、《水泥胶砂强度检验方法(ISO 法)》(GB/T 17671—1999)等。

2. 水泥试验的一般规定

(1) 取样方法:水泥按同品种、同强度等级进行编号和取样。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。编号根据水泥厂年生产能力按国家标准进行。取样应有代表性,可连续取,亦可从 20 个以上不同部位取等量样品,总量不得少于 12 kg。

(2) 取得的水泥试样应通过 0.9 mm 方孔筛,充分混合均匀,分成两等份,一份进行水泥各项性能试验,一份密封保存 3 个月,供仲裁检验时使用。

(3) 试验室用水必须是洁净的淡水。

(4) 水泥细度试验对试验室的温、湿度没有要求,其他试验要求试验室的温度应保持在 $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$,相对湿度不低于 50%;湿气养护箱温度为 $(20 \pm 1)^\circ\text{C}$,相对湿度不小于 90%;养护水的温度为 $(20 \pm 1)^\circ\text{C}$ 。

(5) 水泥试样、标准砂、拌和水、仪器和用具的温度均应与试验室温度相同。

试验二 水泥细度检测

1. 检测依据

《水泥细度检验方法 筛析法》(GB/T 1345—2005)。

2. 检测目的

检验水泥颗粒粗细程度,评判水泥质量。

3. 仪器设备(负压筛法)

(1) 负压筛析仪:由筛座、负压筛、负压源及收尘器组成。筛座由转速 $(30 \pm 2) \text{ r/min}$ 的喷嘴、负压表、微电机及壳体组成,如图 3-1 所示。

(2) 天平:称量 100 g,感量 0.01 g。

4. 检测步骤(负压筛法)

(1) 试验前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 4000~6000 Pa 范围内。

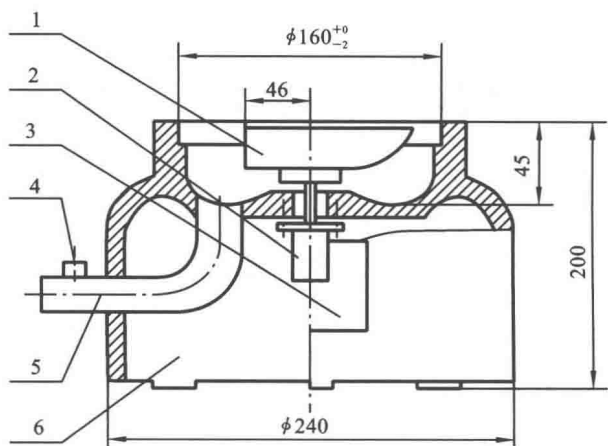


图 3-1 负压筛析仪筛座示意图(单位: mm)

1—喷气嘴;2—微电机;3—控制板开口;4—负压表接口;5—负压源及收尘器接口;6—壳体

(2) 称取水泥试样精确至 0.01 g,80 μm 筛析试验称取 25 g;45 μm 筛析试验称取 10 g。将试样置于洁净的负压筛中,放在筛座上,盖上筛盖。

(3) 启动负压筛析仪,连续筛析 2 min,在此期间若有试样粘附于筛盖上,可轻轻敲击筛盖使试样落下。

(4) 筛毕,取下筛子,倒出筛余物,用天平称量筛余物的质量,精确至 0.01 g。

5. 结果计算与评定

水泥试样筛余百分数按下式计算,精确至 0.1 %。

$$F = \frac{R_t}{W} \times 100 \% \tag{3-1}$$

式中 F ——水泥试样筛余百分数, %;

R_t ——水泥筛余物的质量, g;

W ——水泥试样的质量, g。

合格评定时,每个样品应称取二个试样分别筛析,取筛余平均值为筛析结果。

试验三 水泥标准稠度用水量、凝结时间及安定性检测

(一) 水泥标准稠度用水量测定(标准法)

1. 检测依据

《水泥标准稠度用水量、凝结时间、安定性检验方法》(GB/T 1346—2011)。

2. 检测目的

测定水泥净浆达到标准稠度时的用水量,为水泥凝结时间和安定性试验做好准备。

3. 仪器设备

(1) 水泥净浆搅拌机:由搅拌锅、搅拌叶片、传动机构和控制系统组成。搅拌叶片作旋转方向相反的公转和自转,控制系统可自动控制或手动控制。

(2) 标准法维卡仪:如图 3-2 所示,由金属滑杆(下部可旋接测标准稠度用试杆或试锥、测凝结时间用试针,滑动部分的总质量为(300±1) g、底座、松紧螺丝、标尺和指针组成,标准法采用金属圆模。

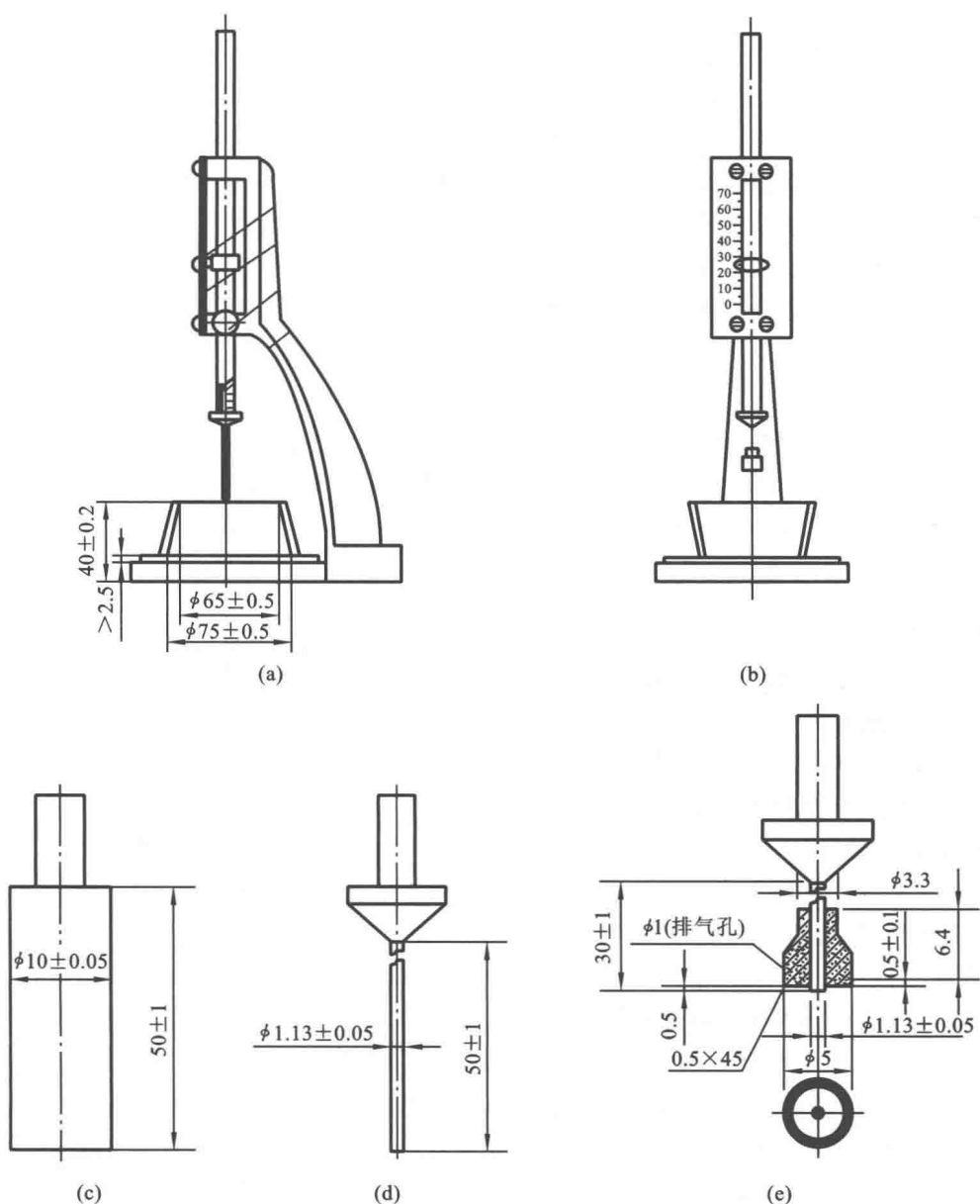


图 3-2 测定水泥标准稠度和凝结时间用的维卡仪

(a) 标准稠度、初凝时间测定用立式试模侧视图；(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

(3) 其他仪器：天平，最大称量不小于 1000 g，分度值不大于 1 g；量筒或滴定管，精度为 ± 0.5 mL。

4. 检测步骤

(1) 调整维卡仪并检查水泥净浆搅拌机。使得维卡仪上的金属棒能自由滑动，并调整至试杆接触玻璃板时的指针对准零点。搅拌机运行正常，并用湿布将搅拌锅和搅拌叶片擦湿。

(2) 称取水泥试样 500 g，拌和水量按经验确定并用量筒量好。

(3) 将拌和水倒入搅拌锅内，然后在 5~10 s 内将水泥试样加入水中。将搅拌锅放在锅

座上,升至搅拌位,启动搅拌机,先低速搅拌 120 s,停 15 s,同时将叶片和锅壁上的水泥刮入锅中间,再快速搅拌 120 s,然后停机。

(4) 拌和结束后,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 25 mm 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。在锯掉多余净浆和抹平的操作过程中,注意不要压实净浆;抹平后迅速将试模和底板移到维卡仪上,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 1~2 s 后,突然放松,使试杆垂直自由地沉入水泥净浆中。

(5) 在试杆停止沉入或释放试杆 30 s 时记录试杆距底板之间的距离。整个操作应在搅拌后 1.5 min 内完成。

5. 结果计算与评定

以试杆沉入净浆并距底板(6 ± 1) mm 的水泥净浆为标准稠度水泥净浆。标准稠度用水量(P)以拌和标准稠度水泥净浆的水量除以水泥试样总质量的百分数为结果。

(二) 水泥净浆凝结时间测定

1. 检测目的

测定水泥的初凝时间和凝结时间,评定水泥质量。

2. 仪器设备

- (1) 湿气养护箱:温度控制在(20 ± 1) $^{\circ}\text{C}$,相对湿度 $>90\%$;
- (2) 其他同标准稠度用水量测定试验。

3. 检测步骤

(1) 称取水泥试样 500 g,按标准稠度用水量制备标准稠度水泥净浆,并一次装满试模,轻拍数次并刮平,立即放入湿气养护箱中。记录水泥全部加入水中的时间作为凝结时间的起始时间。

(2) 初凝时间的测定。首先调整凝结时间测定仪,使其试针接触玻璃板时的指针为零。试模在湿气养护箱中养护至加水后 30 min 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,调整试针与水泥净浆表面接触,拧紧螺丝 1~2 s 后,突然放松,试针垂直自由地沉入水泥净浆。观察试针停止下沉或释放试针 30 s 时指针的读数。临近初凝时,每隔 5 min(或更短时间)测定一次,当试针沉至距底板(4 ± 1) mm 时为水泥达到初凝状态。

(3) 终凝时间的测定。为了准确观察试针沉入的状况,在试针上安装一个环形附件。在完成水泥初凝时间测定后,立即将试模连同浆体以平移的方式从玻璃板取下,翻转 180° ,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 15 min(或更短时间)测定一次,当试针沉入水泥净浆只有 0.5 mm 时,即环形附件开始不能在水泥浆上留下痕迹时,为水泥达到终凝状态。

(4) 测定时应注意,在最初测定的操作时应轻轻扶持金属柱,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沉入的位置至少要距试模内壁 10 mm。临近初凝时,每隔 5 min(或更短时间)测定一次,临近终凝时每隔 15 min(或更短时间)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,需要在试体另外两个不同点测试,确认结论相同才能确定到达终凝状态。每次测定不能让试针落入原针孔,每次测定后,须将试模放回湿气养护箱内,并将试针擦净,而且要

防止试模受振。

4. 结果计算与评定

(1) 由水泥全部加入水中至初凝状态的时间为水泥的初凝时间,用“min”表示。

(2) 由水泥全部加入水中至终凝状态的时间为水泥的终凝时间,用“min”表示。

(三) 水泥体积安定性的测定

1. 检测目的

检验水泥是否由于游离氧化钙造成了体积安定性不良,以评定水泥质量。

2. 仪器设备

(1) 沸煮箱:箱内装入的水,应保证在 (30 ± 5) min 内能由室温升至沸腾,并保持 3 h 以上,沸煮过程中不得补充水。

(2) 雷氏夹:如图 3-3 所示。当一根指针的根部先悬挂在一根尼龙丝上,另一根指针的根部再挂上 300 g 的砝码时,两根指针针尖的距离增加应在 (17.5 ± 2.5) mm 范围内,即 $2x = (17.5 \pm 2.5)$ mm,去掉砝码后针尖的距离能恢复至挂砝码前的状态,如图 3-4 所示。

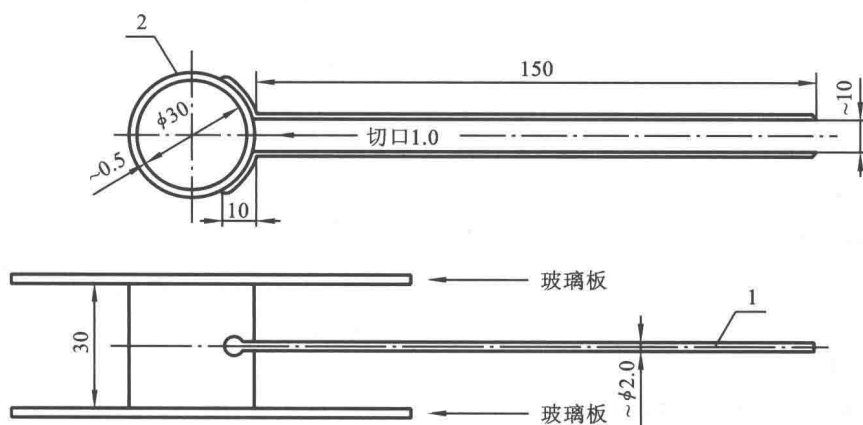


图 3-3 雷氏夹示意图(单位:mm)

1—指针;2—环模

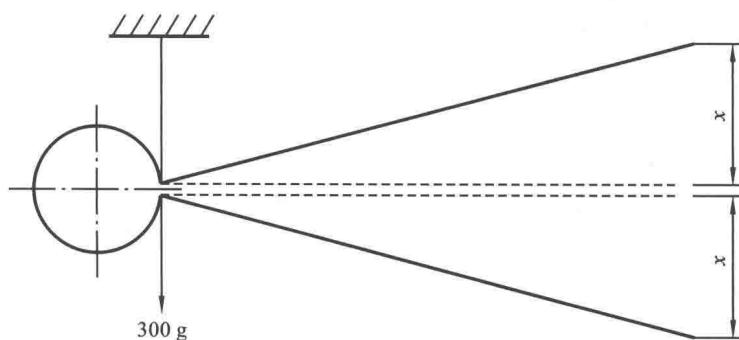


图 3-4 雷氏夹受力示意图(单位:mm)

(3) 雷氏夹膨胀测定仪:如图 3-5 所示,标尺最小刻度为 0.5 mm。

(4) 其他同标准稠度用水量试验。

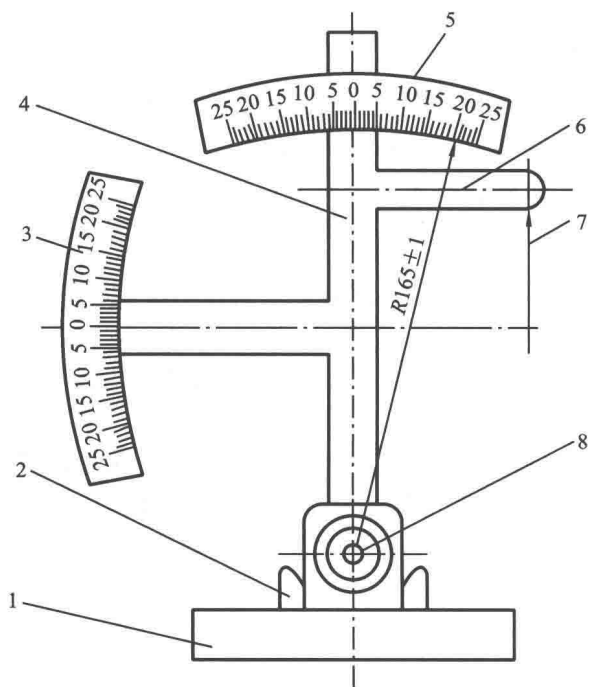


图 3-5 雷式夹膨胀测定仪

1—底座；2—模子座；3—测弹性标尺；4—立柱；5—测膨胀值标尺；6—悬臂；7—悬丝；8—弹簧顶钮

3. 检测步骤

(1) 测定前准备工作。每个试样需成型两个试件，每个雷式夹需配备两块边长或直径约 80 mm、厚度为 4~5 mm 厚的玻璃板，一垫一盖，并先在与水泥接触的玻璃板和雷式夹内表面涂一层机油。

(2) 将制备好的标准稠度水泥净浆立即一次装满雷式夹，用小刀插捣数次，抹平，并盖上涂油的玻璃板，然后将试件移至湿气养护箱内养护(24±2) h。

(3) 脱去玻璃板取下试件，先测量雷式夹指针尖端间的距离(A)，精确至 0.5 mm。然后将试件放入沸煮箱水中的试件架上，指针朝上，调好水位与水温，接通电源，在(30±5) min 之内加热至沸腾，并保持(180±5) min。

(4) 取出沸煮后冷却至室温的试件，用雷式夹膨胀测定仪测量雷式夹两指针尖端间的距离(C)，精确至 0.5 mm。

4. 结果计算与评定

当两个试件沸煮后增加的距离(C-A)的平均值不大于 5.0 mm 时，即认为水泥安定性合格。当两个试件的(C-A)值相差超过 4.0 mm 时，应用同一样品立即重做一次试验。再如此，则认为该水泥为安定性不合格。

试验四 水泥胶砂强度检测

1. 检测依据

《水泥胶砂强度检验方法(ISO 法)》(GB/T 17671—1999)。

2. 检测目的

测定水泥各龄期的强度，以确定水泥强度等级，或已知强度等级，检验强度是否满足国

家标准所规定的各龄期强度数值。

3. 仪器设备

(1) 行星式搅拌机:应符合 JC/T 681—2005 要求,如图 3-6 所示。

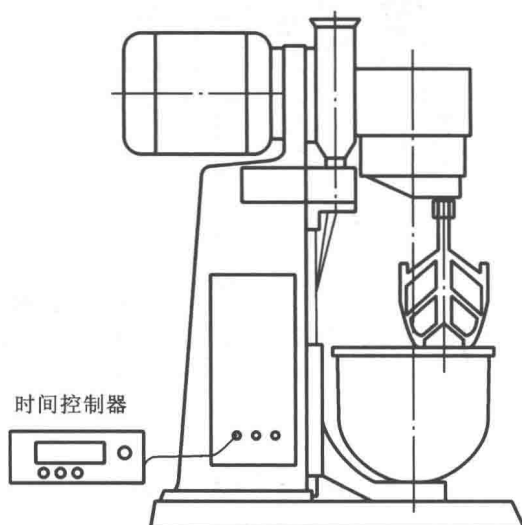


图 3-6 胶砂搅拌机示意图

(2) 试模:由三个水平的模槽(三联模)组成,可同时成型三条截面为 $40\text{ mm} \times 40\text{ mm}$ 、长 160 mm 的棱形试体。在组装试模时,应用黄干油等密封材料涂覆模型的外接缝,试模的内表面应涂上一薄层模型油或机油。为控制试模内料层厚度和刮平胶砂,应备有两个播料器和一个金属刮平直尺。

(3) 振实台:应符合 JC/T 682—2005 要求,如图 3-7 所示。

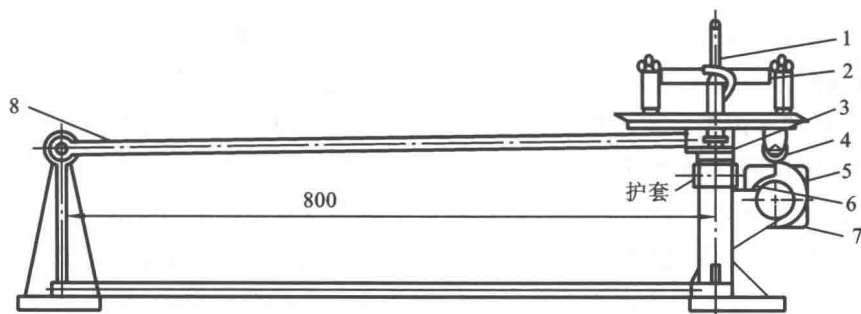


图 3-7 振实台示意图

1—卡具;2—模套;3—突头;4—随动轮;5—凸轮;6—止动器;7—同步电机;8—臂杆

(4) 抗折强度试验机:应符合 JC/T 724—2005 要求,如图 3-8 所示。

(5) 抗压强度试验机:试验机的最大荷载以 $200 \sim 300\text{ kN}$ 为佳,在较大的 $4/5$ 量程范围内记录的荷载应有 $\pm 1\%$ 精度,并具有按 $(2400 \pm 200)\text{ N/s}$ 速率加荷的能力。

(6) 抗压夹具:应符合 JC/T 683—1997 要求,受压面积为 $40\text{ mm} \times 40\text{ mm}$ 。

(7) 其他:称量用的天平精度应为 $\pm 1\text{ g}$,滴管精度应为 $\pm 1\text{ mL}$ 。

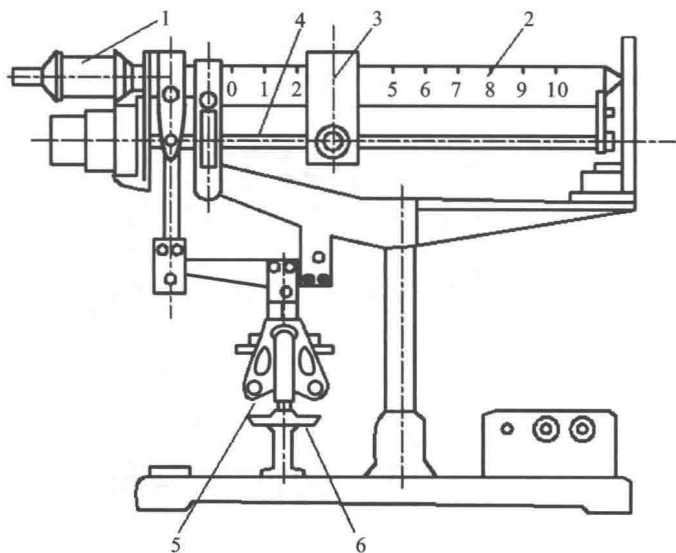


图 3-8 抗折强度试验机示意图

1—平衡砣;2—大杠杆;3—游动砣码;4—丝杆;5—抗压夹具;6—手轮

4. 检测步骤

1) 制作水泥胶砂试件

(1) 水泥胶砂试件是由水泥、中国 ISO 标准砂、拌和用水按 1 : 3 : 0.5 的比例拌制而成。一锅胶砂可成型三条试体,每锅材料用量见表 3-1。按规定称量好各种材料。

表 3-1 每锅胶砂的材料用量

材料	水泥	中国 ISO 标准砂	水
用量(g)	450±2	1350±5	225±1

(2) 将水加入胶砂搅拌锅内,再加入水泥,把锅放在固定架上,升至固定位置,然后启动机器,低速搅拌 30 s,在第二个 30 s 开始的同时均匀的加入标准砂。再高速搅拌 30 s。停 90 s,在第一个 15 s 内用一胶皮刮具将叶片上和锅壁上的胶砂刮入锅中间。在高速下继续搅拌 60 s。各阶段的搅拌时间误差应在±1 s 内。

(3) 将试模内壁均匀涂刷一层机油,并将空试模和模套固定在振实台上。

(4) 用勺子将搅拌锅内的水泥胶砂分两次装模。装第一层时,每个槽里先放入 300 g 胶砂,并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,接着振动 60 次,再装第二层胶砂,用小播料器刮平,再振动 60 次。

(5) 移走模套,取下试模,用金属直尺以近似 90°的角度架在试模模顶一端,沿试模长度方向做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件表面抹平。

2) 水泥胶砂试件的养护

(1) 脱模前的处理和养护。去掉试模四周的胶砂并做好标记,立即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他试模上。一直养护到规定的脱模时间再取出试件。脱模前用防水墨汁或颜料笔对试件编号。两个以上龄期

的试件,在编号时应将同一试模中的三条试件分在两个以上龄期内。

(2) 脱模。脱模可用塑料锤或橡皮榔头或专门的脱模器,应非常小心。对于 24 h 龄期的,应在破型试验前 20 min 内脱模。对于 24 h 以上龄期的,应在成型后 20~24 h 之间脱模。

(3) 水中养护。将脱模后已做好标记的试件立即水平或竖直放在 $(20\pm 1)^{\circ}\text{C}$ 水中养护,水平放置时刮平面应朝上。

试件放在不易腐烂的笊子上,并彼此间保持一定间距,以让水与试件的六个面接触。养护期间试件之间间隔或试件上表面的水深不得小于 5 mm。每个养护池只养护同类型的水泥试件。不允许在养护期间全部换水。

除 24 h 龄期或延迟至 48 h 脱模的试件外,任何到龄期的试件应在破型前 15 min 从水中取出。揩去试件表面沉积物,并用湿布覆盖至试验为止。

(4) 水泥胶砂试件养护至各规定龄期。试件龄期是从水泥加水搅拌开始起算。不同龄期的强度在下列时间里进行测定:24 h $\pm$ 15 min;48 h $\pm$ 30 min;72 h $\pm$ 45 min;7 d $\pm$ 2 h; $>$ 28 d $\pm$ 8 h。

3) 水泥胶砂试件的强度测定

(1) 抗折强度试验。将试件安放在抗折夹具内,试件的侧面与试验机的支撑圆柱接触,试件长轴垂直于支撑圆柱。启动试验机,以 (50 ± 10) N/s 的速度均匀地加荷直至试件断裂。

(2) 抗压强度试验。抗折强度试验后的六个断块试件保持潮湿状态,并立即进行抗压试验。将断块试件放入抗压夹具内,并以试件的侧面作为受压面。启动试验机,以 (2400 ± 200) N/s 的速度进行加荷,直至试件破坏。

5. 结果计算与评定

1) 抗折强度

(1) 每个试件的抗折强度 f_{tm} 按下式计算,精确至 0.1 MPa。

$$f_{tm} = \frac{3FL}{2b^3} = 0.00234F \quad (3-2)$$

式中 F ——折断时施加于棱柱体中部的荷载,N;

L ——支撑圆柱体之间的距离($L=100$ mm),mm;

b ——棱柱体截面正方形的边长($b=40$ mm),mm。

(2) 以一组三个棱柱体试件抗折结果的平均值作为试验结果。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。试验结果,精确至 0.1 MPa。

2) 抗压强度

(1) 每个试件的抗压强度 f_c 按下式计算,精确至 0.1 MPa。

$$f_c = \frac{F}{A} = 0.000625F \quad (3-3)$$

式中 F ——试件破坏时的最大抗压荷载,N;

A ——受压部分面积(40 mm $\times$ 40 mm $=1600$ mm²),mm²。

(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。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值

作为结果。如果五个测定值中再有超过它们平均值±10%的,则此组结果作废。试验结果精确至 0.1 MPa。

项目二 试验记录

试验日期:_____年_____月_____日 班组:_____ 姓名:_____

实验室温度:_____℃,相对湿度:_____%

水泥品种:_____强度等级:_____

生产厂家:_____出厂日期:_____年_____月_____日

一、水泥细度(80 μm 筛筛析法)检验记录

检验方法	干筛法	水筛法	负压筛法	结论
水泥试样质量(g)	50	50	25	
筛余物质量(g)				
筛余百分数(%)				

计算过程:

二、水泥标准稠度用水量测定记录(调整水量法)

水泥试样质量(g)	加水量(g)	试杆下沉深度 S(mm)	标准稠度用水量 P(%)
500			
500			
500			
500			

三、水泥净浆凝结时间测定记录

标准稠度 用水量(%)	水全部加完 的时刻(时:分)	达初凝时刻 (时:分)	达终凝时刻 (时:分)	结论	
				初凝(时:分)	终凝(时:分)

四、水泥安定性测定记录

(一) 雷氏法(标准法)

1. 检验雷氏夹是否合格

雷氏夹编号	两指针尖端间距离(mm)	挂 300 g 砝码后两指针尖端间距离(mm)	结论
1			
2			

2. 水泥安定性

试件编号	试件养护 24 ± 2 h 后指针尖端间距离 A(mm)	试件恒沸 $3\text{ h}\pm 5\text{ min}$ 后指针尖端间距离 C(mm)	(C-A)(mm)	(C-A)平均值(mm)	结论
1					
2					

(二) 试饼法

试饼经养护(24 ± 2) h 目测后,再经恒沸 $3\text{ h}\pm 5\text{ min}$:

观察结果	第一个试饼	第二个试饼	结论

五、水泥胶砂强度检验记录

试件成型日期		试件尺寸(mm)	长	宽	高
			160	40	40
三条试件所需材料		水泥(g)	标准砂(g)		水(mL)
		450	1350		225
养护条件		温度($^{\circ}\text{C}$)	相对湿度(%)		
抗折强度	有关尺寸(mm)		$L=100$	$b=40$	$h=40$
	试件编号		1	2	3
	3 d	破坏荷载 $F_f(\text{N})$			
		抗折强度(MPa)			
		抗折强度代表值(MPa)			
	28 d	破坏荷载 $F_f(\text{N})$			
		抗折强度(MPa)			
		抗折强度代表值(MPa)			

续表

		试件受压面积 A(mm ²)	40 mm×40 mm					
		试件编号	1	2	3	4	5	6
抗压强度	3 d	破坏荷载 F _f (N)						
		抗压强度(MPa)						
		抗压强度代表值(MPa)						
	28 d	破坏荷载 F _f (N)						
		抗压强度(MPa)						
		抗压强度代表值(MPa)						

注:抗折强度计算公式 $f_m = \frac{3F_fL}{2bh^2}$ (MPa);抗压强度计算公式 $f_c = \frac{F_f}{A}$ (MPa)

计算过程:

六、所测定水泥的技术指标总评定

水泥品种						
试验项目			标准要求	结论		
细度	80 μm 方孔筛筛余率(%)					
	比表面积(m ² /kg)					
标准稠度(%)						
凝结时间	初凝		不得早于:			
	终凝		不得迟于:			
安定性	试饼法					
	雷氏法					
强度(MPa)	抗折强度	3 d			水泥强度等级为:	
		28 d				
	抗压强度	3 d				
		28 d				

思考：

(1) 检验水泥细度的目的是什么？

(2) 什么叫水泥安定性？安定性不合格的水泥应如何处理？国家标准规定用什么方法检验水泥安定性？

(3) 测定水泥胶砂强度为什么要使用标准砂并与水泥有一定比例？试件应进行什么样的养护？

(4) 水泥胶砂抗压与抗折试验的加荷速度，强度计算方法和计算的精确度各有何要求？