



高等学校土木工程专业“十二五”系列规划教材·应用型



土木工程专业实验指导

● 主编 赵兰敏 主审 魏建国



WUHAN UNIVERSITY PRESS

武汉大学出版社

高等学校土木工程专业“十二五”系列规划教材·应用型

土木工程专业实验指导

主 编 赵兰敏

副主编 孟杏微 苏 平 王 婷

主 审 魏建国



WUHAN UNIVERSITY PRESS

武汉大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

土木工程专业实验指导/赵兰敏主编. —武汉:武汉大学出版社, 2016. 1
高等学校土木工程专业“十二五”系列规划教材·应用型
ISBN 978-7-307-17395-8

I. 土… II. 赵… III. 土木工程—实验—高等学校—教材 IV. TU-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 302883 号

责任编辑:路亚妮 郭 芳

责任校对:薛文杰

装帧设计:吴 极

出版发行:武汉大学出版社 (430072 武昌 珞珈山)

(电子邮件:whu_publish@163.com 网址:www.stmpress.cn)

印刷:荆州市鸿盛印务有限公司

开本:850×1168 1/16 印张:7.25 字数:196 千字

版次:2016 年 1 月第 1 版 2016 年 1 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-307-17395-8 定价:20.00 元

版权所有,不得翻印;凡购买我社的图书,如有质量问题,请与当地图书销售部门联系调换。

高等学校土木工程专业“十二五”系列规划教材·应用型

编审委员会

顾 问 王世庆 刘 华 杨家仕 戴运良

主 任 委 员 康志华 张志国

副主任委员 罗特军 李平诗 张来仪 何志伟 邹 皓 杨乃忠

王君来 周家纪 袁自峰 冯治流 李景林

委 员(按姓氏笔画排名)

万胜武 王若志 王星捷 王晓明 王涯茜 白立华

刘 琛 李 然 李忠定 李章政 吴浙文 张士彩

尚晓峰 郝献华 胡益平 段 旻 韩俊强 蒲小琼

蔡 巍 魏泳涛

总责任编辑 曲生伟

秘 书 长 王 睿

特别提示

教学实践表明,有效地利用数字化教学资源,对于学生学习能力以及问题意识的培养乃至怀疑精神的塑造具有重要意义。

通过对数字化教学资源的选取与利用,学生的学习从以教师主讲的单向指导的模式而成为一次建设性、发现性的学习,从被动学习而成为主动学习,由教师传播知识而到学生自己重新创造知识。这无疑是锻炼和提高学生的信息素养的大好机会,也是检验其学习能力、学习收获的最佳方式和途径之一。

本系列教材在相关编写人员的配合下,将逐步配备基本数字教学资源,其主要内容包括:

课程教学指导文件

- (1)课程教学大纲;
- (2)课程理论与实践教学时数;
- (3)课程教学日历:授课内容、授课时间、作业布置;
- (4)课程教学讲义、PowerPoint 电子教案。

课程教学延伸学习资源

- (1)课程教学参考案例集:计算例题、设计例题、工程实例等;
- (2)课程教学参考图片集:原理图、外观图、设计图等;
- (3)课程教学试题库:思考题、练习题、模拟试卷及参考解答;
- (4)课程实践教学(实习、实验、实验)指导文件;
- (5)课程设计(大作业)教学指导文件,以及典型设计范例;
- (6)专业培养方向毕业设计教学指导文件,以及典型设计范例;
- (7)相关参考文献:产业政策、技术标准、专利文献、学术论文、研究报告等。

 本书基本数字教学资源及读者信息反馈表请登录www.stmpress.cn下载,欢迎您对本书提出宝贵意见。

前 言

为适应应用型土木工程专业本科实践教学改革,结合河北省高等教育教学改革研究与实践项目的“基于独立学院实验课优化教学模式研究与实践”项目编写了本书。

《土木工程专业实验指导》是土木工程专业主要课程的实验指导用书,根据“建筑材料”“材料力学”“土力学”及“钢筋混凝土结构基本原理”课程中的实践教学环节进行编写。本书旨在通过介绍实验方法、实验设备、实验目的、实验要求、实验过程及实验结果整理的知识,让学生熟悉各种仪器设备在实验项目中的使用方法,锻炼学生的实验基本技能,使学生掌握实验内容和实验的基本方法,培养学生的动手能力及综合分析问题和解决问题的能力,使学生掌握实验目的以及实验参数在工程设计和施工中的应用方法,为今后的实际工程设计、施工和研究工作奠定坚实的基础。

本书共分为4章,由中国地质大学长城学院赵兰敏、孟杏微、王婷和苏平共同编写。编者参考了相关的规范标准,并结合工程实践经验及教材特点编写了本书。本书力求简明易读,用于指导学生实验并便于教师组织实验课的教学。

中国地质大学长城学院魏建国担任本书主审,并对本书的编写提出了许多宝贵的建议,特致谢意。

由于编者水平有限,加之时间仓促,书中难免存在不足和错误之处,望广大读者批评指正。

编 者

2015年10月

目 录

1 建筑材料实验	(1)
1.1 建筑材料的基本性质实验	(1)
1.2 水泥基本性质实验	(4)
1.3 混凝土用集料实验	(13)
1.4 普通混凝土实验	(22)
1.5 建筑砂浆实验	(27)
1.6 钢筋实验	(31)
2 材料力学实验	(36)
2.1 金属拉伸实验	(36)
2.2 金属压缩实验	(39)
2.3 扭转实验	(41)
2.4 纯弯曲实验	(43)
3 土力学实验	(47)
3.1 颗粒分析实验	(47)
3.2 密度、含水量实验	(49)
3.3 土的比重实验	(52)
3.4 土的界限含水量实验	(54)
3.5 土的固结实验	(57)
3.6 土的直剪实验	(59)
3.7 土的击实实验	(62)
3.8 三轴压缩实验	(64)
3.9 综合性设计实验	(68)
4 钢筋混凝土结构实验	(71)
4.1 钢筋混凝土结构实验的主要仪器设备	(71)
4.2 钢筋混凝土结构基本型实验	(74)
4.3 钢筋混凝土结构提高型实验	(92)
附录	(100)
附录 1 电子万能实验机	(100)
附录 2 扭转实验机	(103)
附录 3 纯弯曲梁实验设备	(105)
参考文献	(107)

1 建筑材料实验

1.1 建筑材料的基本性质实验

1.1.1 密度实验(李氏比重瓶法)

1. 实验目的

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:称重 500g,感量 0.01g。
- (3)筛子:孔径 0.2mm。
- (4)鼓风烘箱。
- (5)量筒、干燥器、恒温水槽、温度计等。

3. 试样制备

将石料试样粉碎、研磨,用筛子除去筛余物(如为粉末可直接测试),放到 $(100 \pm 5)^{\circ}\text{C}$ 的烘箱中烘至恒重,再放入干燥器中冷却至室温,以待取用。

4. 实验步骤

(1)往李氏瓶中注入煤油或与试样不起反应的其他液体至凸颈下部,将李氏瓶放在恒温水槽中,在实验过程中保持水温为 20°C 。使刻度部分浸入水中,恒温 0.5h。记下液面刻度数 $V_0(\text{cm}^3)$ 。

(2)用天平称取 60~90g 试样,用漏斗和药匙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 20cm^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 $m(\text{g})$ 。

(3)用瓶内的液体将黏附在瓶颈和瓶壁上的试样洗入瓶内液体中,转动李氏瓶使液体中的气泡排出,再放入 20°C 的水浴中恒温 0.5h,记下液面刻度 $V_1(\text{cm}^3)$ 。

(4)用注入试样后的李氏瓶中的液面读数 V_1 减去未注入试样前的读数 V_0 ,即得试样的密实体积 $V(\text{cm}^3)$ 。

5. 实验结果计算

材料的密度按下式计算(精确至小数点后第 2 位):

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (1-1)$$

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,密度实验要用两个试样平行进行,以其计算结果的算术平均值作为最后结果,但两个结果之差不应超过 $0.02\text{g}/\text{cm}^3$ 。

1.1.2 表观密度实验(量积法)

1. 实验目的

材料的表观密度是指材料在干燥状态下包括孔隙在内的单位体积固体材料的质量。石料的毛体积密度可采用静水称量法或蜡封法测定;对于几何形状规则的试件,可采用量积法测定其体积密度。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:精度 0.1mm 。
- (2)天平:称重 500g ,感量 0.01g 。
- (3)鼓风烘箱。
- (4)干燥器、直尺、试件加工设备等。

3. 实验步骤

(1)将石料加工成几何形状规则的试件(3个),将其放入 $(100 \pm 5)^\circ\text{C}$ 的烘箱中烘至恒重,取出置于干燥器中冷却至室温。用游标卡尺量出试样尺寸(精确至 0.1mm),并计算其体积 $V_0(\text{cm}^3)$ 。然后再用天平称其质量 m (精确至 0.01g)。

(2)测试样体积时,如试样为立方体或长方体,则每边应在上、中、下三个位置分别量测,以其算术平均值为准,并计算出体积 V_0 ;如试样为圆柱体,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,再在互相垂直的两直径与圆周交界的四点上量其高度,求四次量测的平均高度,并计算出体积 V_0 。

(3)组织均匀的石料,其体积密度应为3个试件测得结果的平均值;组织不均匀的石料,应记录最大值与最小值。

(4)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。

4. 实验结果计算

按下式计算材料的表观密度(体积密度):

$$\rho_0 = \frac{m}{V_0} \quad (1-2)$$

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 。

1.1.3 堆积密度实验

1. 实验目的

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 $105\sim 110^\circ\text{C}$ 的烘箱中烘至恒重,再放入干燥器中冷却至室温,分为大致相等的两份待用。

4. 实验步骤

(1)称取容量筒的质量 m_1 (g)。

(2)取试样一份,用标准漏斗将试样从容量筒中心上方 50mm 处徐徐倒入,让试样以自由落体的状态落下。当容量筒上部试样呈锥体且容量筒四周溢满时,即停止加料。然后用直尺沿筒口中心线向两边刮平(实验过程中应防止触动容量筒)。

(3)称取容量筒与材料的总质量 m_2 (g)。

5. 实验结果计算

试样的堆积密度可按下式计算(精确至 $10\text{kg}/\text{m}^3$):

$$\rho_0' = \frac{m_2 - m_1}{V_0'} \quad (1-3)$$

式中 ρ_0' ——材料的堆积密度, 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_0' ——容量筒的容积, m^3 。

以两次实验结果的算术平均值作为堆积密度测定的结果。

1.1.4 吸水率实验

1. 实验目的

材料与水接触吸收水分的性质称为材料的吸水性。当材料吸水饱和时,其含水量称为吸水率。

在建筑材料中,多数情况下是按质量计算吸水率的,但有时也按体积计算吸水率(吸入水的体积占材料表观体积的百分率)。

2. 主要仪器设备

- (1)鼓风烘箱。
- (2)天平:感量 0.01g。
- (3)石料加工设备、容器等。

3. 实验步骤

(1)将石料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,其边长不小于 40~60mm,每组至少 3 个试件,石质组织不均匀者,每组不少于 5 个试件。用毛刷将试件洗涤干净并编号。

(2)将试件置于烘箱中,以 $(100 \pm 5)^{\circ}\text{C}$ 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_1 (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。试件吸水至恒重时,将其取出,用湿毛巾将试件表面的水分擦去,立即称出其质量 m_2 ,精确至 0.01g。

4. 实验结果计算

试件的吸水率可按下式计算(精确至 0.01%):

$$W_x = \frac{m_2 - m_1}{m_1} \times 100\% \quad (1-4)$$

式中 W_x ——试件吸水率,%;

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。

组织均匀的试件,取 3 个试件实验结果的平均值作为测定值;组织不均匀的试件,则取 5 个试件实验结果的平均值作为测定值。

1.2 水泥基本性质实验

本实验方法适用于硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥、矿渣硅酸盐水泥、火山灰质硅酸盐水泥及粉煤灰硅酸盐水泥。

1.2.1 一般规定

(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(表 1-1)。水泥出厂编号按年生产能力规定为:

- ①200×104t 以上,不超过 4000t 为一编号;
- ②120×104t~200×104t,不超过 2400t 为一编号;

③ $60 \times 104\text{t} \sim 120 \times 104\text{t}$, 不超过 1000t 为一编号;

④ $30 \times 104\text{t} \sim 60 \times 104\text{t}$, 不超过 600t 为一编号;

⑤ $10 \times 104\text{t} \sim 30 \times 104\text{t}$, 不超过 400t 为一编号;

⑥ $10 \times 104\text{t}$ 以下, 不超过 200t 为一编号。

取样按《水泥取样方法》(GB/T 12573—2008)规定方法进行。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 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。

表 1-1

水泥实验取样单位

年产量/(10^4t)	>200	$120 \sim 200$	$60 \sim 120$	$30 \sim 60$	$10 \sim 30$	<10
取样单位/t	≤ 4000	≤ 2400	≤ 1000	≤ 600	≤ 400	≤ 200

(2) 水泥试样应充分拌匀, 通过 90mm 方孔筛, 并记录筛余百分数及其性质。

(3) 实验室用水必须是洁净的淡水, 也可使用蒸馏水。

(4) 无特殊说明时, 实验室温度应为 $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$, 相对湿度应大于 50%。养护箱温度为 $(20 \pm 1)^\circ\text{C}$, 相对湿度应大于 90%。

(5) 水泥试样、标准砂、拌合水、仪器和用具等的温度均应与实验室温度一致。

1.2.2 水泥细度测定(筛析法)

细度检验采用筛孔直径为 $80\mu\text{m}$ 的实验筛, 实验筛的有效尺寸如表 1-2 所示。实验方法分负压筛法、水筛法和手工干筛法三种, 在检验工作中, 如对负压筛法与水筛法或手工干筛法测定的结果有争议, 以负压筛法为准。

表 1-2

实验筛框有效尺寸

项目	负压筛	水筛	手工干筛
筛框有效直径/mm	150 ± 1	125 ± 1	150 ± 1
筛框高度/mm	25 ± 1	80 ± 1	50 ± 1

1. 实验目的

通过实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《水泥细度检验方法筛析法》(GB/T 1345—2005) 的测试方法, 正确使用所需仪器与设备, 并熟悉其性能。

2. 实验方法及步骤

(1) 负压筛法。

① 主要仪器设备。

a. 负压筛析仪。

b. 天平: 称重 100g, 分度值不大于 0.05g。

c. 水筛架和喷头等。

② 实验步骤。

a. 筛析实验前, 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 $4000 \sim 6000\text{Pa}$ 。

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

c. 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。

③实验结果计算。

水泥细度按试样筛余百分数计算(精确至 0.1%)。

$$F = \frac{R_s}{W} \times 100\% \quad (1-5)$$

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) 水筛法。

①主要仪器设备。

a. 天平: 称重 100g, 分度值不大于 0.05g。

b. 筛支座: 能带动筛子转动, 转速为 50r/min。

c. 喷头: 直径 55mm, 面上均匀分布 90 个孔, 孔径 0.5~0.7mm。

d. 水筛、烘箱等。

②实验步骤。

a. 筛析实验前, 应检查水中有无泥、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的距离为 35~75mm。

b. 称取试样 50g, 置于洁净的水筛中, 立即用洁净的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。

c. 筛毕, 用少量水把筛余物冲至蒸发皿中, 待水泥颗粒全部沉淀后小心地将水倾出, 烘干并用天平称量筛余物。

③实验结果计算。

同负压筛法。

(3) 手工干筛法。

①主要仪器设备。

a. 天平: 称重 100g, 分度值不大于 0.05g。

b. 干筛、烘箱等。

②实验步骤。

a. 称取试样 50g 倒入干筛中, 人工筛动。

b. 用一只手执筛往复摇动, 另一只手轻轻拍打, 拍打速度约为 120 次/min, 每 40 次向同一方向转动 60°, 使试样均匀分布在筛网上, 直至每分钟通过的试样量不超过 0.05g 为止。

c. 用天平称筛余物质量。

③实验结果计算。

同负压筛法。

1.2.3 水泥标准稠度用水量实验

1. 实验目的

通过实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、安定性实验用水量之一;掌握《水泥标准稠度用水量、凝结时间、安定性检验方法》(GB/T 1346—2011)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:符合《水泥净浆搅拌机》(JC/T 729—2005)的要求。

(2)维卡仪。

(3)天平:感量 1g。

(4)量筒。

3. 实验方法及步骤

(1)标准法。

①仪器设备检查: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,将拌和用水倒入搅拌锅内,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,先将锅置于搅拌机锅座上,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:拌和完毕后,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。

(2)代用法。

①仪器设备检查:稠度仪金属滑杆能自由滑动,搅拌机能正常运转等。

②调零点:将试锥降至锥模顶面位置时,指针应对准标尺零点。

③水泥净浆制备:同标准法。

④标准稠度的测定:在代用法中可用固定水量和调整水量两种方法中的任一种测量,如有争议以调整水量法为准。

a. 固定水量法:拌和用水量为 142.5mL。拌和结束后,立即将拌和好的净浆装入锥模,用小刀插捣、振动数次,刮去多余净浆;抹平后放到试锥下面的固定位置上,调整金属棒使锥尖接触净浆并固定松紧螺丝 1~2s,然后突然放松,让试锥垂直自由地沉入水泥净浆中。在试锥停止下沉或释放试锥 30s 时记录试锥下沉深度 S (mm)。整个操作应在搅拌后 1.5min 内完成。

b. 调整水量法:拌和用水量按经验找水。拌和结束后,立即将拌和好的净浆装入锥模,用小刀插捣、振动数次,刮去多余净浆;抹平后放到试锥下面的固定位置上,调整金属棒使锥尖接触净浆并固定松紧螺丝 1~2s,然后突然放松,让试锥垂直自由地沉入水泥净浆中。当试锥下沉深度为 (28 ± 2) mm 时的净浆为标准稠度净浆,其拌和用水量即为标准稠度用水量 P ,按水泥质量的百分比计。

4. 实验结果计算

(1)标准法。

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。

$$P = \frac{\text{拌和用水量}}{\text{水泥用量}} \times 100\% \quad (1-6)$$

(2)代用法。

①用固定水量方法测定时, 根据测得的试锥下沉深度 $S(\text{mm})$, 可从仪器上对应标尺读出标准稠度用水量 P , 或按下面的经验公式计算其标准稠度用水量 $P(\%)$ 。

$$P = 33.4 - 0.185S \quad (1-7)$$

当试锥下沉深度小于 13mm 时, 应改用调整水量法测定。

②当用调整水量法测定时, 以试锥下沉深度为 $(28 \pm 2)\text{mm}$ 时的净浆为标准稠度净浆, 其拌和用水量为该水泥的标准稠度用水量 (P), 以水泥质量百分比计, 计算公式同标准法中式(1-6)。

如下沉深度超出范围, 须另称试样, 调整水量, 重新实验, 直至达到 $(28 \pm 2)\text{mm}$ 为止。

1.2.4 水泥凝结时间的测定实验

1. 实验目的

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

(1)实验前准备: 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, 使其接触玻璃板时, 指针应对准标准尺零点。

(2)以测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至试针下, 使试针与净浆面接触, 拧紧螺丝 $1 \sim 2\text{s}$ 后突然放松, 试针垂直自由沉入净浆, 观察试针停止下沉时指针的读数。临近初凝时, 每隔 5min 测定一次, 当试针沉至距底板 $(4 \pm 1)\text{mm}$ 时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)初凝时间测出后, 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)临近终凝时间时每隔 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,最初测定时的操作应为轻轻扶持金属棒,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拭干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. 实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)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。

(3)评定方法:将测定的初凝时间、终凝时间结果与国家相关规范中的凝结时间相比较,可判断其是否合格。

1.2.5 水泥安定性测定实验

1. 实验目的

安定性是指水泥硬化后体积变化的均匀性情况。通过实验可掌握《水泥标准稠度用水量、凝结时间、安定性检验方法》(GB/T 1346—2011)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:有效容积约为 $410\text{mm}\times 240\text{mm}\times 310\text{mm}$,算板结构应不影响实验结果,算板与加热板之间的距离大于 50mm。箱的内层由不易锈蚀的金属材料制成,能在 $(30\pm 5)\text{min}$ 内将箱内的实验用水由室温升温至沸腾并可保持沸腾状态 3h 以上,整个实验过程中不需补充水量。

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

(3)雷氏夹膨胀值测定仪:如图 1-2 所示,标尺最小刻度为 1mm。

(4)其他同标准稠度用水量实验。

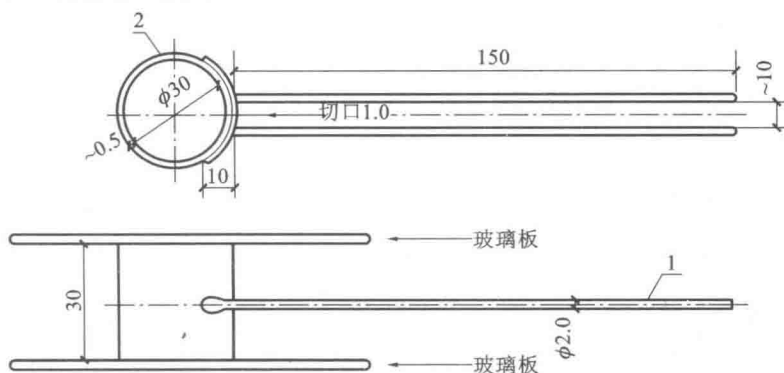


图 1-1 雷氏夹

1—指针;2—环模

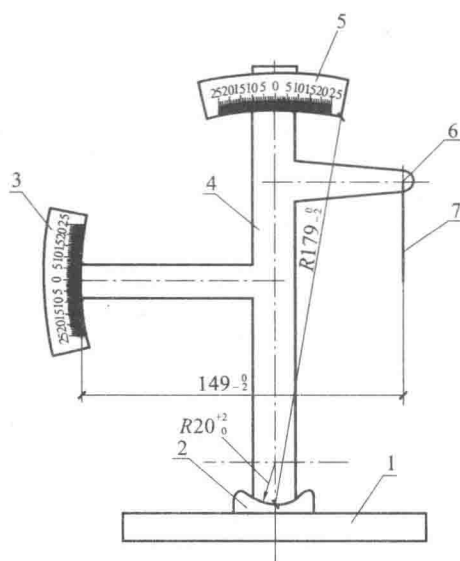


图 1-2 雷氏夹膨胀值测定仪

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

3. 实验方法及步骤

(1)测定前的准备工作:若采用试饼法,一个样品需要准备两块约 $100\text{mm} \times 100\text{mm}$ 的玻璃板;若采用雷氏法,每个雷氏夹需配备质量为 $75 \sim 85\text{g}$ 的玻璃板两块。凡与水泥净浆接触的玻璃板和雷氏夹,表面都要稍涂一薄层油。

注:有些油会影响凝结时间,因此用矿物油比较合适。

(2)水泥标准稠度净浆的制备:以标准稠度用水量加水,按 1.2.3 节中的方法制成标准稠度水泥净浆。

(3)成型方法。

①试饼成型: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 $70 \sim 80\text{mm}$ 、中心厚约 10mm 、边缘渐薄、表面光滑的试饼,然后将试饼放入湿气养护箱内养护 $(24 \pm 2)\text{h}$ 。

②雷氏夹试件的制备:将预先准备好的雷氏夹放在已稍擦油的玻璃板上,并立即将已制好的标准稠度净浆装满试模,装模时一只手轻轻扶持试模,另一只手用宽约 10mm 的小刀插捣 15 次左右,然后抹平,盖上稍涂油的玻璃板,接着立即将试模移至湿气养护箱内养护 $(24 \pm 2)\text{h}$ 。

(4)煮沸。

①调整煮沸箱内的水位,使试件能在整个煮沸过程中浸没在水中,并在煮沸的中途不需添补实验用水,同时又保证能在 $(30 \pm 5)\text{min}$ 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 ;接着将试件放入煮沸箱水中的试件架上,指针朝上,试件之间互不交叉,然后在 $(30 \pm 5)\text{min}$ 内加热至沸腾,并保持沸腾 $3\text{h} \pm 5\text{min}$ 。

煮沸结束后,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)实验结果的判别。

①试饼法判别:目测试饼未发现裂缝,用直尺检查也没有弯曲时,水泥的安定性合格;否则为不