



高等学校
土建类应用型本科规划教材



University Engineering Materials Test Guide

土木工程材料试验指导书

主 编 米文瑜
副主编 张正雄
主 审 黄政宇



人民交通出版社
China Communications Press

TU502/6

2007



高等学校
土建类应用型本科规划教材

University Engineering Materials Experiment Guidance

土木工程材料试验指导书



编 米文瑜
编 张正雄
审 黄政宇



人民交通出版社

China Communications Press

图书在版编目(CIP)数据

土木工程材料试验指导书/米文瑜主编. —北京: 人民交通出版社, 2007.9

高等学校土建类应用型本科规划教材

ISBN 978-7-114-06533-0

I. 土… II. 米… III. 土木工程-建筑材料-试验-高等学校-教材参考资料 IV. TU5-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 062902 号

书 名: 土木工程材料试验指导书

著 作 者: 米文瑜

责任编辑: 王 霞 (wxccpress@126.com)

出版发行: 人民交通出版社

地 址: (100011) 北京市朝阳区安定门外外馆斜街 3 号

网 址: <http://www.ccpress.com.cn>

销售电话: (010) 85285995, 85285977

总 经 销: 北京中交盛世书刊有限公司

经 销: 各地新华书店

印 刷: 廊坊市长虹印刷有限公司

开 本: 787×960 1/16

印 张: 8.5

字 数: 146 千

版 次: 2007 年 9 月第 1 版

印 次: 2007 年 9 月第 1 次印刷

书 号: ISBN 978-7-114-06533-0

定 价: 16.00 元

(如有印刷、装订质量问题的图书由本社负责调换)

前 言

材料试验不仅是检验土木工程材料性能、评定其质量的主要手段,也是保证工程质量的重要措施。它是土木工程材料课程的重要组成部分。本书在编写过程中,理论联系实际,采用国家新颁布的技术标准和规范,以常用材料的试验方法和质量评定为重点。本书具有如下特点:

(1)将主要土木工程材料的质量评定引入教材,使学生在试验结束后,将试验结果与国家标准相比较,决定材料能否使用,从而为学生提供分析、判断材料性质的依据,激发学生学习的主动性和自觉性。

(2)只有对土木工程材料试验取得的大量数据进行科学的整理、分析,才能得出正确的试验结果。所以本书在附录中设有对“误差理论及数据处理”的介绍,使学生在试验结束后,能够圆满地完成与实际工程紧密结合的试验记录、试验报告,培养学生严谨认真的科学态度。

(3)本书中的设计性试验——普通混凝土配合比试验,其目的是培养学生的创新思维和创新能力。

(4)每章最后都有思考题,引导学生理论联系实际,培养学生运用知识解决问题的能力。

(5)本书配有多媒体课件,利用视频及计算机强大的动画功能,强化试验方法和试验操作的示范作用,增强试验教学效果。

本书由米文瑜任主编,张正雄任副主编。具体编写分工为:第1章、第2章、第4章、第5章、第6章、第7章、第8章及附录由华北科技学院米文瑜编写;第3章、第9章、第10章由福建农林大学张正雄编写。

湖南大学黄政宇教授审阅了本教材,并提出了富有建设性的意见,同时本书在编写过程中引用了部分专家的著作和文献,在此一并表示衷心的感谢!

由于编者水平有限,时间仓促,书中难免有不妥之处,敬请广大读者批评指正,以利今后本书的充实和提高。

米文瑜

2007年3月

学习导言

材料试验是土木工程材料课程的重要组成部分。通过试验,验证所学材料的基本理论,增加感性认识;掌握常用材料的取样方法、试验方法及质量评定方法;培养严谨认真的科学态度,提高发现问题、分析问题、解决问题的能力。

在试验过程中要注意以下几方面的内容:

1. 取样要求

材料的总体质量,是通过对随机抽取的样本进行检测得到试验数据,并经加工处理后得到样本信息,根据样本信息来反映。

取样是材料试验的首要环节,要求选取的试样具有代表性,从而确保试验结果较全面地反映材料的实际质量。我国现行标准和试验规程中,对各种建筑材料试验的取样方法、取样频率、取样数量均有明确的规定。

2. 测试技术

试验时必须严格按照试验操作规程进行,从而确保试验结果的准确性。

(1)仪器的选择。仪器选择的恰当,可减少误差,使试验结果更加精确。如试验中所用的天平、台称等称量仪器,其量程和精度要与试验所要求的准确度相对应。在材料强度试验中,压力机的量程应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%。

(2)加荷速度。在材料力学性能检测中,加荷速度的快慢对检测结果有一定的影响。因此,根据不同材料力学性能的特点和在工程实际应用中的应力应变情况,我国现行标准和试验规程中均规定了检测过程中的加荷速度,以此加荷速度下的检测结果为统一标准,从而判别其力学性能指标是否达到某一规定要求。

(3)试件的养护条件。试件养护的温度、湿度的高低直接影响试验结果。如对于配合比已确定的混凝土,在自然养护条件下混凝土的强度约相当于标准养护条件下强度的90%,强度的差异主要在于养护湿度的不同。

3. 试验数据的整理

材料的试验结果是以数据的形式表现出来的,所以必须对试验数据进行处理与修约,最大限度地克服系统误差、随机误差、粗大误差对试验结果的影响,使数值更接近真值,从而保证试验结果的准确性。例如在钢筋的拉伸试验中,屈服点、抗拉强度



的数据的整理:

(1)计算精度。当 $\sigma > 1000\text{MPa}$ 时,计算至10MPa;当 σ 为200~1000MPa时,计算至5MPa;当 $\sigma \leq 200\text{MPa}$ 时,计算至1MPa。

(2)数据修约。 $\sigma \leq 200\text{MPa}$ 时的数据修约:四舍六进五观察,五后有数向前进,五后无数看前位,奇进偶不进。其他强度数据修约:凡小于2.5MPa的数舍去,等于或大于2.5MPa及小于7.5MPa的数化为5MPa,等于或大于7.5MPa的数则进为10MPa。

为取得良好的试验效果,同学们在试验中应做到以下几点:

(1)试验前认真预习教材和试验指导书中的有关内容,明确试验目的,熟悉试验设备、试验步骤、结果评定,写好预习报告。

(2)试验过程中要合理分工,按照试验操作规程独立操作,注意观察试验现象,详细做好试验记录。试验记录必须如实记载,不得弄虚作假。

(3)对试验结果进行分析与总结,并作出正确的判断,独立完成试验报告。

编 者

2007年5月

目 录

第 1 章 材料基本物理性质试验	1
1.1 密度试验	1
1.2 表观密度试验	2
1.3 吸水率试验	4
思考题	5
第 2 章 水泥试验	6
2.1 水泥试验的一般规定	6
2.2 水泥细度检验	7
2.3 水泥标准稠度用水量试验	9
2.4 水泥净浆凝结时间测定	13
2.5 安定性试验	15
2.6 水泥胶砂强度检验(ISO 法)	18
2.7 水泥质量的评定	22
思考题	24
第 3 章 普通混凝土用砂石试验	25
3.1 取样方法	25
3.2 砂的筛分析试验	27
3.3 砂的表观密度测定	29
3.4 砂的堆积密度测定	31
3.5 石粉含量的测定	32
3.6 砂的含泥量测定	34
3.7 砂的泥块含量测定	35
3.8 碎石或卵石的筛分析试验	37
3.9 针、片状颗粒含量测定	38
3.10 压碎指标值测定	40
3.11 碎石或卵石表观密度测定	41
3.12 碎石或卵石堆积密度测定	42



3.13 砂、石质量的评定	44
思考题	47
第4章 普通混凝土试验	48
4.1 混凝土拌合物取样及试样制备	48
4.2 混凝土拌合物和易性试验	49
4.3 拌合物表观密度试验	52
4.4 混凝土拌合物含气量的测定	53
4.5 立方体抗压强度试验	56
4.6 混凝土劈裂抗拉强度试验	58
4.7 设计性试验——普通混凝土配合比试验	60
4.8 混凝土质量的评定	63
思考题	66
第5章 砂浆试验	67
5.1 砂浆拌合物取样及试样制备	67
5.2 砂浆稠度测定	68
5.3 砂浆分层度测定	69
5.4 砂浆抗压强度试验	71
5.5 砂浆质量的评定	72
思考题	73
第6章 烧结普通砖试验	74
6.1 取样方法	74
6.2 尺寸偏差检测	75
6.3 外观质量检查	75
6.4 抗压强度试验	76
6.5 烧结普通砖的质量评定	79
思考题	80
第7章 钢筋试验	81
7.1 取样方法	81
7.2 拉伸试验	81
7.3 冷弯试验	84
7.4 钢筋的焊接拉伸实验	86
7.5 钢筋质量的评定	86
思考题	87
第8章 木材试验	88

8.1 木材物理力学试验的一般规定	88
8.2 抗弯强度测定	89
8.3 顺纹抗压强度测定	90
8.4 顺纹抗拉强度测定	91
8.5 顺纹抗剪强度测定	93
8.6 木材含水率的测定	95
思考题	96
第9章 沥青试验	97
9.1 取样方法	97
9.2 沥青针入度试验	98
9.3 沥青延度试验	100
9.4 沥青软化点试验(环球法)	102
思考题	104
第10章 沥青混合料试验	105
10.1 沥青混合料试件的制作	105
10.2 沥青混合料物理指标测定	108
10.3 沥青混合料马歇尔稳定度试验	111
10.4 沥青混合料车辙试验	114
思考题	116
附录	117
参考文献	123

第 1 章

材料基本物理性质试验

1.1 密度试验

1.1.1 试验目的

测定材料的密度，用于计算材料的孔隙率和密实度。

1.1.2 主要仪器设备

(1) 李氏瓶 如图 1-1 所示，分度值 0.1mL。

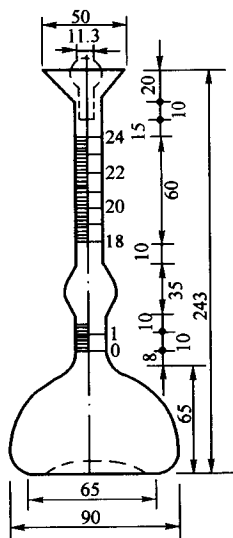


图 1-1 李氏瓶 (尺寸单位: mm)

(2) 天平 称量 500g，感量 0.01g。

(3) 烘箱、干燥器、温度计、量筒等。

1.1.3 试样制备

将试样磨细，过筛后放入烘箱内，以 105~110℃ 的温度烘干至恒重，然后放



入干燥器中，冷却至室温备用。

1.1.4 试验步骤

(1) 在李氏瓶中注入与试样不起反应的液体至突颈下部，记下刻度数，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) 用天平称取试样 60~90g，用小勺和漏斗小心地将试样徐徐送入李氏瓶内（要防止在李氏瓶喉部发生堵塞），至液面上升接近 20mL 的刻度处，称剩下的试样，计算出装入瓶内的试样质量 m (g)。

(3) 轻轻摇动李氏瓶，使液体中的气泡排出，记下液面刻度，根据前后两次液面读数，计算出液面上升的体积，即为瓶内试样的绝对体积 V (cm³)。

1.1.5 结果计算

按下式计算密度（精确至 0.01g/cm³）：

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

式中： ρ ——材料的密度，g/cm³；

m ——装入瓶中试样的质量，g；

V ——装入瓶中试样的体积，cm³。

密度试验用两个试样平行进行，以其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 0.02g/cm³。

1.1.6 试验记录

密度试验记录表见表 1-1。

密 度 试 验 记 录

表 1-1

编号	初始试样质量 m_1 (g)	剩余试样质量 m_2 (g)	注入试样质量 m (g)	未注入试样前液面读数 V_1 (cm ³)	注入试样后液面读数 V_2 (cm ³)	试样绝对体积 V (cm ³)	密度 ρ (g/cm ³)	密度平均值 $\bar{\rho}$ (g/cm ³)
1								
2								

1.2 表观密度试验

1.2.1 试验目的

测定材料的表观密度，用于计算材料的空隙率和密实度。



1.2.2 主要仪器设备

- (1) 游标卡尺 精度 0.1mm。
- (2) 天平 称量 1000g, 感量 0.1g。
- (3) 烘箱、干燥器、漏斗、直尺、搪瓷盘等。

1.2.3 试样制备

对几何形状规则的材料试件, 将其放入烘箱内, 以 105~110℃ 的温度烘至恒重, 然后放入干燥器中, 冷却至室温备用。

1.2.4 试验步骤

(1) 用游标卡尺量出试件尺寸 (试件为正方体或平行六面体时, 每边测量上、中、下三个数值, 以平均值为准; 试件为圆柱体时, 按两个互相垂直的方向量其直径, 在各方向上测量上、中、下三次, 以六次的平均值为准, 再在互相垂直的两直径与圆周交界的四点上量其高度, 以四次的平均值为准), 并计算出体积 V_0 (cm^3)。

(2) 用天平称量出试样质量 m (g)。

1.2.5 结果计算

按下式计算表观密度 (精确至 10kg/m^3):

$$\rho_0 = \frac{m}{V_0} \times 1000 \quad (1-2)$$

式中: ρ_0 ——试件的表观密度, kg/m^3 ;

m ——试件的质量, g;

V_0 ——试件的体积, cm^3 。

以五次试验结果的算术平均值作为最后结果。

1.2.6 试验记录

表观密度试验记录表见表 1-2。

表观密度试验记录

表 1-2

编号	试件尺寸 (cm)						试件体积 V_0 (cm^3)	试件质量 m (g)	表观密度 ρ_0 (kg/m^3)	表观密度平均值 $\bar{\rho}$ (kg/m^3)
	a	a	b	b	c	c				
1										



续上表

编号	试件尺寸 (cm)						试件体积 V_0 (cm^3)	试件质量 m (g)	表观密度 ρ_0 (kg/m^3)	表观密度平均值 $\bar{\rho}$ (kg/m^3)
	a	a	b	b	c	c				
2										
3										
4										
5										

1.3 吸水率试验

1.3.1 试验目的

测定材料的吸水率，作为评定材料质量的依据。吸水率与开口孔隙率成正比，它对材料的耐久性有很大影响。

1.3.2 主要仪器设备

- (1) 天平 称量 1000g，感量 0.1g。
- (2) 烘箱、水槽等。

1.3.3 试样制备

将试件放入烘箱内，以 105~110℃ 的温度烘至恒重，然后放入干燥器中，冷却至室温备用。

1.3.4 试验步骤

- (1) 称试件质量 m (g)，将其放入水槽中，试件之间应留 1~2cm 的间隔，试件底部应用玻璃棒垫起，以避免与槽底直接接触。
- (2) 将水注入水槽中，使水面至试件高度的 1/4 处，2h 后加水至试件高度的

1/2 处，隔 2h 再加入水至试件高度的 3/4 处，又隔 2h 加水至高出试件 1~2cm，再经 1d 后取出试件。这样逐次加水能使试件空隙中的空气逐渐逸出。

(3) 用拧干的湿毛巾轻轻抹去试件表面的水分（不得来回擦拭），称其质量后仍放回水槽中。

以后每隔 1 昼夜用同样的方法称取试样质量，直至试件浸水至恒重为止（质量相差不超过 0.05g 时），此时称得的试件质量为 m_1 (g)。

1.3.5 结果计算

按下列公式计算吸水率：

$$W_{\text{质量}} = \frac{m_1 - m}{m} \times 100\% \quad (1-3)$$

$$W_{\text{体积}} = \frac{m_1 - m}{V_0} \times 100\% = W_{\text{质量}} \times \rho_0 \quad (1-4)$$

式中： $W_{\text{质量}}$ ——质量吸水率，%；

$W_{\text{体积}}$ ——体积吸水率，%；

m_1 ——试件吸水饱和后的质量，g；

m ——试件干燥时的质量，g；

V_0 ——试件的体积， cm^3 ；

ρ_0 ——试件的表观密度， g/cm^3 。

以三个试件的算术平均值作为其测定结果。

1.3.6 试验记录

吸水率试验记录表见表 1-3。

吸水率试验记录

表 1-3

编号	干试件质量 m (g)	试件吸水饱和后 质量 m_1 (g)	质量吸水率 $W_{\text{质量}}$ (%)	质量吸水率平均值 $\bar{W}$ (%)	体积吸水率 $W_{\text{体积}}$ (%)
1					
2					
3					



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？

2. 在进行吸水率试验时，为什么要逐次加水，以使试件全部浸入水中？如果将试件一次性放入水中，对试验结果有何影响？



第 2 章 水 泥 试 验

2.1 水泥试验的一般规定

2.1.1 取样要求

水泥取样依据国家标准《水泥取样方法》(GB 12573—1990) 的规定进行。

(1) 散装水泥。对同一水泥厂生产的同期出厂的同品种、同强度等级(标号)的水泥,以一次进厂(场)的同一出厂编号的水泥为一批。但一批的总量不得超过 500t。随机地从不少于 3 个车罐中各采取等量水泥,经搅拌均匀后,再从中称取不少于 12kg 水泥作为检验试样。

(2) 袋装水泥。对同一水泥厂生产的同期出厂的同品种、同强度等级(标号)的水泥,以一次进厂(场)的同一出厂编号的水泥为一批。但一批的总量不得超过 200t。随机地从不少于 20 袋中各采取等量水泥,经搅拌均匀后,再从中称取不少于 12kg 水泥作为检验试样。

(3) 按照上述方法取得的水泥样品,在按标准规定进行检验前,将其分成两份:一份用于标准检验;一份密封保存三个月,以备有疑问时复检。

(4) 当在使用中对水泥质量有怀疑或水泥出厂时间超过三个月时,应进行复检,按复检结果使用。

(5) 对水泥质量发生疑问需要作仲裁时,应按仲裁的方法进行。

(6) 交货与验收。交货时水泥的质量验收可抽取实物试样以其检验结果为依据,也可以水泥厂同编号水泥的检验报告为依据。采取何种方式验收由买卖双方商定,并在合同协议中注明。

2.1.2 养护条件

试体成型试验室的温度应保持在 $20^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$,相对湿度应不低于 50%,试体带模养护箱温度保持在 $20^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$,相对湿度不低于 90%。试验室空气温度和相对湿度及养护池水温在工作期间每天至少记录一次。



2.1.3 对试验材料的要求

(1) 当试验水泥从取样至试验要保持 24h 以上时, 应把它贮存在基本装满和气密的容器里, 这个容器应不与水泥起反应。

(2) 仲裁试验或重要试验用蒸馏水, 其他试验可用饮用水。

(3) 我国所采用的 ISO 标准砂可以单级分袋包装, 也可以各级预配以 $1350\text{g} \pm 5\text{g}$ 量的塑料袋混合包装, 但所用塑料袋材料不得影响强度试验结果。

(4) 水泥试样、ISO 标准砂、拌和水及试模等的温度均应与试验室温度相同。

2.2 水泥细度检验

本试验依据国家标准《水泥细度检验方法(筛析法)》(GB 1345—2005) 进行。

2.2.1 试验目的

检验水泥颗粒的粗细程度, 作为评定水泥质量的依据之一。

2.2.2 检验方法

(1) 负压筛法

①主要仪器设备。

a. 负压筛 负压筛由圆形筛和筛网组成, 筛框有效直径为 142mm, 高为 25mm, 方孔边长为 0.080mm。

b. 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 $30\text{r}/\text{min} \pm 2\text{r}/\text{min}$ 的喷气嘴、负压表、控制板、微电机及壳体等构成, 如图 2-1 所示。筛析仪负压可调范围为 4000~6000Pa。喷气嘴上口平面与筛网之间的距离为 2~8mm。

c. 天平 最大称量为 100g, 分度值不大于 0.05g。

②试验步骤。

a. 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。

b. 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, 可轻轻敲击, 以使试样落下; 筛毕, 用天平称量筛余物。

当工作负压小于 4000Pa 时, 应清理吸尘器内的水泥, 使负压恢复正常。

(2) 水筛法

①主要仪器设备。



1-筛网；2-筛框

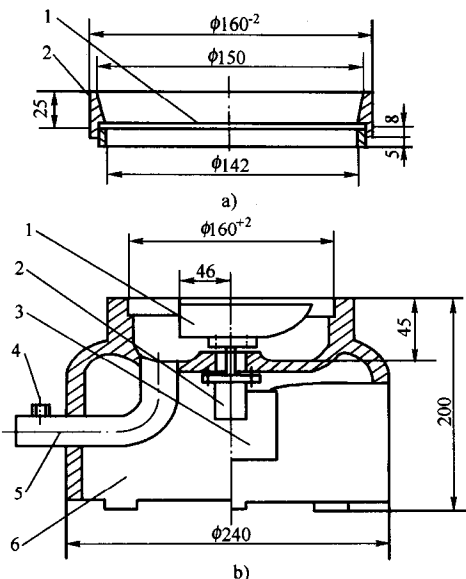


图 2-1 负压筛析仪 (尺寸单位: mm)

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

a. 标准筛 筛布为方孔铜丝网筛布，方孔边长为 0.080mm；筛框有效直径为 125mm，高为 80mm。

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. 天平 最大称量为 100g，分度值不大于 0.05g。

②试验步骤。

a. 筛析试验前，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，立即用淡水冲洗至大部分细粉通过后，将余样放在水筛架上，用水压为 $0.05\text{MPa} \pm 0.02\text{MPa}$ 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，等水泥颗粒全部沉淀后，小心将水倒出，烘干后用天平称量筛余物，称量精确至 0.1g。

d. 筛子应保持清洁，定期检查校正；喷头应防止孔眼堵塞。常用的筛子可浸于净水中保存，一般在使用 20~30 次后，必须用 0.3~0.5mol/L 的乙酸或食醋进行清洗。

(3) 手工干筛法

①主要仪器设备。

a. 干筛 筛框有效直径为 150mm，高 50mm，方孔边长为 0.080mm 的铜布筛。