

职业技术教育土木工程专业规划教材

# 土木工程材料 实验指导书

(第2版)

TUMU GONGCHENG  
CAILIAO  
SHIYAN ZHIDAOSHU

主编 曹建生



西南交通大学出版社

职业技术教育土木工程专业规划教材

职业技术教育土木工程专业规划教材

# 土木工程材料实验指导书

(第2版)

曹建生 主编

(号)

http://www.cnjy.com  
成都蓉利印务有限公司  
185 mm × 260 mm  
13  
219 千字

址 网  
编 印  
寸 品 页  
茶 印  
数 字

西南交通大学出版社

028-8760263

· 成 都 ·

图书在版编目 ( C I P ) 数据

土木工程材料实验指导书 / 曹建生主编. —2 版.  
—成都: 西南交通大学出版社, 2014.8 (2015.7 重印)  
职业技术教育土木工程专业规划教材  
ISBN 978-7-5643-3353-9

I. ①土… II. ①曹… III. ①土木工程—建筑材料—  
实验—中等专业学校—教学参考资料 IV. ①TU502

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 195094 号

职业技术教育土木工程专业规划教材

土木工程材料实验指导书

(第 2 版)

主编 曹建生

责任编辑	杨 勇
封面设计	米迦设计工作室
出版发行	西南交通大学出版社 (四川省成都市金牛区交大路 146 号)
发行部电话	028-87600564 87600533
邮政编码	610031
网 址	<a href="http://www.xnjdcbs.com">http://www.xnjdcbs.com</a>
印 刷	成都蓉军广告印务有限责任公司
成品尺寸	185 mm × 260 mm
印 张	13
字 数	319 千字
版 次	2014 年 8 月第 2 版
印 次	2015 年 7 月第 4 次
书 号	ISBN 978-7-5643-3353-9
定 价	26.00 元

图书如有印装质量问题 本社负责退换  
版权所有 盗版必究 举报电话: 028-87600562

## 第 2 版 前 言

随着建设行业的快速发展，我国在土木工程新材料、新工艺等方面都取得了许多新的成果。近年来颁布了一些新的标准、规程和规范。为紧跟行业新技术的发展步伐，适应新标准和规范的要求，改正第 1 版教材中与新标准、规程和规范表述不相吻合的内容，也弥补第 1 版教材在使用过程中的不足，因此，对 2010 年出版的教材按以下原则重新编写。

★ 增补的标准主要为《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》(JTGE20—2011)、《水泥标准稠度用水量、凝结时间、安定性检测方法》(GB/T1346—2011)、《建筑用碎石、卵石》(GB/T14685—2011)、《普通混凝土配合比设计规程》(JGJ55—2011)。

编 者

2014 年 7 月

2010 年 5 月

# 第 1 版前言

工程试验检测工作是工程施工技术管理中的一个重要组成部分,同时,也是工程施工质量控制和竣工验收评定工作中不可缺少的一个主要环节。通过试验检测能充分地利用当地原材料,能迅速推广应用新材料、新技术和新工艺;能用定量的方法科学地评定各种材料和构件的质量;能合理地控制并科学地评定工程质量。因此,工程试验检测工作对于提高工程质量、加快工作进度、降低工程造价、推动工程施工技术进步,将起到极为重要的作用。工程试验检测技术是一门正在发展的新学科,它融合试验检测基本理论和测试操作技能及工程相关学科基础知识于一体,是工程设计参数确定、施工质量控制、施工验收评定、养护管理决策及各种技术规范和规程修定的主要依据。

工程试验所担负的任务是:按照国家和部颁的有关技术标准及时对工程原材料、半成品及构筑物实体,准确地进行必要的检测试验,当对有出厂合格证或其他技术证件的原材料持有疑问时,要进行抽样试验,监督检查施工中所用原材料是否经济合理,努力推行有关的新技术、新工艺、新材料,推进本行业的技术进步,进行探讨性的理论研究,验证已有理论的正确性。

工程试验中所得到的数据是评价、选择材料的依据,为了得到准确的结果,必须使用标准的试验方法,符合国标规定的检测试验设备,同时须制订严密的质量保证体系,以保证检测试验结果在不同的试验室,或同一试验室前后多次试验时,有一定的可靠性的可比性。国家《标准化法》中规定:“一切工程建设的设计和施工,都必须按照标准进行,不符合标准的工程设计不得施工,不符合标准的工程不得验收。”因此,从一开始我们必须养成良好的习惯,以严谨认真的科学态度对待每项试验、每个检测试验数据,认真如实地填写试验记录并按规范规定的方法评定试验结果,严肃认真地填写检测报告,试验方法必须遵循有关标准的规定。我国有国家标准、部颁标准、行业标准、企业标准,企业标准的各项质量指标均不得低于同类产品的国家标准;在国际上有国际标准化组织推荐的标准(ISO)以及各国标准。标准是随着科学进步不断更新的,所以同学们在工作过程中须注意新标准颁发的情况。

编者依据工地常规试验的要求,参考最新试验的标准规范,并结合我校具体试验教学过程和试验设备条件为主要内容编写了这本工程试验检测指导书,供试验课以及试验员岗位培训、试验实训参考使用。

本书编写过程仓促,疏漏之处在所难免,恳请各位读者批评指正,以便及时修订。

编者

2010年5月

## 试验须知

为了使试验顺利进行，达到预期目的，应注意下列事项：

### 一、做好试验前的准备工作

1. 按每次试验的预习要求，认真预习试验指导书，复习有关理论知识，明确试验目的，掌握试验原理，了解试验步骤和方法。
2. 对试验中所用到的仪器设备、试验装置等应了解其工作原理，对其操作注意事项应特别重视。
3. 必须清楚地知道本试验需记录的数据的处理方法，事前准备好记录表格。
4. 除试验指导书中规定的试验方案外，学生也可根据试验目的、试验原理自己设计试验方案，经试验指导教师审核后进行治疗。
5. 试验小组各成员要明确分工，对自己担负的试验工作做到胸中有数并负起责任，使试验工作顺利完成。

### 二、严格遵守试验的规章制度

1. 按课程表规定的时间准时进入试验室，保持室内整洁、安静。
2. 经试验指导老师同意，不得动用试验室内的机器、仪器等一切设备。
3. 在试验时，应严格按照操作规程操作试验仪器、设备，如发生故障，应及时报告，不得擅自处理。
4. 在试验结束后，应将所用仪器、设备擦拭干净，并恢复到正常状态。
5. 认真接受试验指导老师对预习情况的抽查，注意听好老师对试验内容的讲解。
6. 在试验时，要严肃认真、相互配合，认真仔细地按试验步骤方法逐步进行。
7. 在试验过程中，要密切注意对试验对象的观察，记录下全部所需测量的试验数据。
8. 学生试验是培养学生动手能力的一个重要环节，小组成员虽有一定的分工，但要及时轮换，每个学生都应自己动手完成所有的试验环节。
9. 学生自己设计的试验方案，在完成规定的试验项目后，经指导老师同意方可进行。
10. 试验原始记录需交试验指导老师审阅签字，若不符合要求应重做。

### 三、注意试验报告的一般要求

试验报告是对所做试验的综合反映，通过试验报告的书写，能培养学生准确有效地用文字来表达试验结果的能力，这是一项业务技术能力的培训。因此，要求学生在动手完成试验的基础上，用自己的语言文字扼要地叙述试验目的、原理、步骤和方法，所使用的设备和仪器的名称与型号及精度与量程，能进行数据计算，分析试验结果，就试验中和理论上的一些问题进行探讨分析，独立地写出试验报告，并做到字迹端正、绘图清晰、表格简明。基于这一愿望出发，同学们一定要填好试验综述一栏，并认真完成思考题。

# 目 录

第一章 砂石材料试验	1
试验一 细集料筛分试验	1
试验二 细集料表观密度试验（容量瓶法）	4
试验三 细集料堆积密度及紧装密度试验	6
试验四 细集料含泥量试验	9
试验五 细集料泥块含量试验	10
试验六 粗集料的筛分试验	12
试验七 粗集料及集料混合料的筛分试验	14
试验八 粗集料表观密度试验（液体比重天平法）	19
试验九 粗集料堆积密度及紧装密度试验	22
试验十 粗集料压碎值试验	24
试验十一 粗集料含泥量及泥块含量试验	26
试验十二 水泥混凝土用粗集料针片状颗粒含量试验（规准仪法）	28
第二章 水泥试验	32
试验一 水泥细度试验	32
试验二 水泥标准稠度用水量试验	34
试验三 凝结时间测定试验	36
试验四 水泥安定性试验	37
试验五 水泥胶砂强度试验（ISO法）	40
试验六 水泥胶砂流动度测定试验	45
第三章 水泥混凝土和建筑砂浆试验	47
试验一 水泥混凝土拌制和工作性试验	47
试验二 水泥混凝土含气量试验	54

试验三	水泥混凝土的强度试验	58
试验四	水泥混凝土静力受压弹性模量试验	63
试验五	混凝土抗氯离子渗透试验(电通量法)	66
试验六	砂浆拌和物的拌制	69
试验七	砂浆稠度试验	70
试验八	砂浆的分层度试验	71
试验九	砂浆的抗压强度试验	73
<b>第四章</b>	<b>土的工程性质试验</b>	<b>76</b>
试验一	含水率试验(酒精燃烧法)	76
试验二	密度试验(蜡封法)	78
试验三	比重试验(比重瓶法)	80
试验四	界限含水率试验	82
试验五	颗粒分析试验(筛分法)	86
试验六	击实试验	90
试验七	土的压缩固结试验	95
试验八	土直接剪切(快剪)试验	98
<b>第五章</b>	<b>无机结合料稳定土试验</b>	<b>101</b>
试验一	无侧限抗压强度试验	101
试验二	水泥或石灰剂量测定试验(EDTA滴定法)	105
<b>第六章</b>	<b>沥青试验</b>	<b>110</b>
试验一	沥青针入度试验	110
试验二	沥青延度试验	113
试验三	沥青软化点试验(环球法)	116
试验四	沥青标准黏度试验	120
<b>第七章</b>	<b>沥青混合料试验</b>	<b>123</b>
试验一	沥青混合料试件制作试验(击实法)	123
试验二	压实沥青混合料密度试验(表干法)	128
试验三	沥青混合料马歇尔稳定度试验	134
试验四	沥青混合料中沥青含量试验(离心分离法)	138
试验五	沥青混合料车辙试验	141



第八章 建筑钢材试验 .....	145
试验一 钢筋的拉伸试验 .....	145
试验二 钢筋的冷弯试验 .....	150
试验三 建筑钢材的硬度试验 .....	152
第九章 路基路面现场试验 .....	157
试验一 路面厚度测试试验 .....	157
试验二 路面材料压实度试验（灌砂法） .....	159
试验三 路基路面回弹弯沉试验 .....	164
试验四 路面平整度试验 .....	170
试验五 路面抗滑性能试验 .....	174
试验六 回弹法检测混凝土抗压强度试验 .....	182
参考标准规范 .....	194

# 第一章

## 砂石材料试验

### 试验一 细集料筛分试验

(GB/T 1464—2011)

#### 一、试验目的及适用范围

测定细集料(天然砂、人工砂、石屑)的颗粒级配及粗细程度。对水泥混凝土用细集料可采用干筛法,如果需要也可采用水洗法筛分;对沥青混合料及基层用细料必须用水洗法筛分。

注:当细集料中含有粗集料时,可参照此方法用水洗法筛分但需特别注意保护标准筛筛面不遭损坏。

#### 二、仪器与材料

- (1) 方孔筛:规格为 9.5 mm、4.75 mm、2.36 mm、1.19 mm、0.6 mm、0.3 mm、0.15 mm 各 1 只,并有筛底和筛盖。
- (2) 天平:称量 1 000 g,感量不大于 1 g。
- (3) 摇筛机。
- (4) 烘箱:能控制温度在  $105\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。
- (5) 其他:浅盘和硬、软毛刷等。

#### 三、试验准备

按规定取样,用 9.5 mm 筛(水泥混凝土用天然砂)或 4.75 mm(沥青路面及基层用天然砂、石屑、机制砂等)筛除去其中的超粒径材料(并算出筛余百分率);然后将样品在潮湿状态下充分拌匀,用分料器法或四分法缩分至每份不少于 550 g 的试样两份;在  $105\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$  的烘箱中烘干至恒重,冷却至室温后备用。

注:恒重系指相邻两次称量间隔时间大于 3 h(通常不小于 6 h)的情况下,前后两次称量之差小于该项试验所要求的称量精密度的(下同)。

## 四、试验步骤

### 1. 干筛法试验步骤

(1) 称取烘干试样约 500 g ( $m_0$ ), 准确至 1 g, 置于套筛的最上面一只, 即 4.75 mm 筛上, 将套筛装入摇筛机, 摇筛约 10 min, 然后取出套筛, 再按筛孔大小顺序, 从最大的筛号开始, 在清洁的浅盘上逐个进行手筛, 筛至每分钟的通过量小于试样总质量的 0.1% 时为止, 通过的试样颗粒并入下一号筛, 和下一号筛中的试样一起过筛, 以此顺序进行至各号筛全部筛完为止。

注: ① 试样如为特细砂时, 试样质量可减少到 100 g。

② 如试样含泥量超过 5%, 不宜采用干筛法。

③ 无摇筛机时, 可直接用手筛。

(2) 称出各号筛的筛余量, 精确至 1 g。试样在各号筛的筛余量不得超过式 (1.1) 计算的量。

$$G = \frac{A \times \sqrt{d}}{200} \quad (1.1)$$

式中  $G$ ——在一个筛上的筛余量 (g);

$A$ ——筛面面积 ( $\text{mm}^2$ );

$d$ ——筛孔尺寸 (mm)。

超过时应按下列方法之一处理:

① 将该粒级试样分成少于上式计算出的量, 分别筛分, 并以筛余量之和作为该号筛的筛余量。

② 将该粒级以下各粒级的筛余混合均匀, 称出其质量, 精确至 1 g, 再用四分法缩分为大至相等的两份, 取其中一份, 称出其质量, 精确至 1 g, 继续筛分。计算该粒级及以下各粒级的分计筛余时应根据缩分比例进行修正。

所有各筛的分计筛余量和底盘中剩余量之和与原试样质量 ( $m_1$ ) 之差超过 1% 时, 应重新试验。

### 2. 水洗法试验步骤

(1) 称取烘干试样约 500 g ( $m_1$ ), 准确至 1 g。

(2) 将试样置一洁净容器中, 加入足够数量的洁净水, 将集料全部淹没。

(3) 充分搅动集料, 将集料表面洗涤干净, 使细粉悬浮在水中, 但不得有集料从水中溅出。

(4) 取 1.18 mm 及 0.075 mm 筛组成套筛。仔细将容器中混有细粉的悬浮液徐徐倒出, 经过套筛流入另一容器, 但不得将集料倒出。

注: 不可直接倒至 0.075 mm 筛上, 以免集料掉出损坏筛面。

(5) 按 (2) ~ (4) 步骤, 直至倒出的水洁净且小于 0.075 mm 的颗粒全部倒出。

(6) 将容器中的集料倒入搪瓷盆中,用少量水冲洗,使容器上黏附的集料颗粒全部进入搪瓷盆中。将筛子反扣过来,用少量的水将筛上的集料冲入搪瓷盆中。操作过程中不得有集料散失。

(7) 将搪瓷盆连同集料一起置  $105\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$  烘箱中烘干至恒重,称取干燥器集料试样的总质量 ( $m_2$ ),准确称量至 0.1%。 $m_1$  与  $m_2$  之差即为通过 0.075 mm 筛的部分。

(8) 将全部要求筛孔组成套筛(但不需 0.075 mm 筛),将已经洗去小于 0.075 mm 部分的干燥器集料置于套筛上(通常为 4.75 mm 筛),将套筛装入摇筛机,摇筛约 10 min,然后取出套筛,再按筛孔大小顺序,从最大的筛号开始,在清洁的浅盘上逐个进行手筛,直到每分钟的筛出量不超过筛上剩余量的 0.1% 时为止,将筛出通过的颗粒并入下一号筛,和下一号筛中的试样一起过筛,这样顺序进行,直至各号筛全部筛完为止。

注:如为含有粗集料的集料混合料,套筛筛孔根据需要选择。

(9) 称量各筛筛余试样的质量,精确至 0.5 g。所有各筛的分计筛余量和底盘中剩余量的总质量与筛分前试样总量  $m_2$  的差值不得超过后者的 1%。

## 五、试验结果与评定

(1) 计算分计筛余百分率:

各号筛上的筛余量除以试样总量 ( $m_1$ ) 之比。精确至 0.1%。对沥青路面细集料而言,0.15 mm 筛下部分即为 0.075 mm 的分计筛余,由上面水洗法试验步骤中(7)测得的  $m_1$  与  $m_2$  之差即为小于 0.075 mm 的筛底部分。

(2) 计算累计筛余百分率:

该号筛的分计筛余百分率加上该号筛以上的各号筛的分计筛余百分率之和,精确至 0.1%。

(3) 计算质量通过百分率:

各号筛的质量通过百分率等于 100 减去该号筛的累计筛余百分率,精确至 0.1%。

(4) 根据各筛的累计筛余百分率或通过百分率,绘制级配曲线。

(5) 天然砂的细度模数按下式计算,精确至 0.01。

$$M_x = \frac{A_{0.15} + A_{0.3} + A_{0.6} + A_{1.18} + A_{2.36} - 5A_{4.75}}{100 - A_{4.75}} \quad (1.2)$$

式中  $M_x$ ——砂的细度模数;

$A_{0.15}, A_{0.3}, \dots, A_{4.75}$ ——0.15 mm, 0.3 mm,  $\dots$ , 4.75 mm 各筛上的累计筛余百分率(%)。

(6) 应进行两次平行试验,以试验结果的算术平均值作为测定值。累计筛余百分率的平均值,精确至 1%。各号筛的累计筛余百分率,采用修约值比较法评定该试样的颗粒级配。细度模数平均值,精确至 0.1。如两次试验所得的细度模数之差大于 0.2,应重进行试验。试验记录见表 1.1。

表 1.1 细集料技术性能试验记录

项目名称						取样地点					
使用范围						试验规程					
试验单位						试验日期					
试样质量	I = _____ g					II = _____ g					
筛孔尺寸/mm	分计筛余/g		分计筛余百分率/%		累计筛余百分率/%			级配曲线			
	I	II	I	II	I	II	平均值	100 90 80 70 60 50 40 30 20 10 0			
				A <sub>1</sub>	A <sub>1</sub>						
				A <sub>2</sub>	A <sub>2</sub>						
				A <sub>3</sub>	A <sub>3</sub>						
				A <sub>4</sub>	A <sub>4</sub>						
				A <sub>5</sub>	A <sub>5</sub>						
				A <sub>6</sub>	A <sub>6</sub>						
筛底											
砂的细度模数	$M_x = [(A_2 + A_3 + A_4 + A_5 + A_6) - 5A_1] / (100 - A_1)$						I				
							II				
							平均值				
结论	属 _____ 砂，颗粒级配处于 _____ 区，级配										

试验者 \_\_\_\_\_ 组别 \_\_\_\_\_ 成绩 \_\_\_\_\_ 试验日期 \_\_\_\_\_

## 试验二 细集料表观密度试验（容量瓶法）

（GB/T 1464—2011）

### 一、试验目的及适用范围

测定砂的表观密度。

砂的表观密度是砂单位体积（含材料的实体矿物成分及闭口孔隙体积）物质颗粒的干质量，为空隙率计算和水泥混凝土配合比设计提供数据。

## 二、仪器设备

- (1) 天平：称量 1 kg，感量 0.1 g。
- (2) 容量瓶：500 mL。
- (3) 烘箱：能使温度控制在  $105\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。
- (4) 烧杯：500 mL。
- (5) 蒸馏水。
- (6) 其他：干燥器、浅盘、料勺、滴管、毛刷、温度计等。

## 三、试样制备

按规定取样，并将试样缩分至约 650 g，放在干燥箱中于  $105\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$  下烘干至恒量，并在干燥器内冷却至室温，分为大至相等的两份备用。

## 四、试验步骤

- (1) 称取烘干的试样约 300 g ( $G_0$ )，精确至 0.1g，将试样装入容量瓶中。注入  $15\text{ }^{\circ}\text{C} \sim 25\text{ }^{\circ}\text{C}$  的温开水，接近刻度线。
- (2) 摇转容量瓶，使试样在已保温至  $23\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$  的水中充分搅动以排除气泡，塞紧瓶塞；静置 24 h 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，称其总质量 ( $G_2$ )。精确至 1 g。
- (3) 倒出瓶中的水和试样，将瓶的内外表面洗净，再向瓶内注入与上水温相差不超过  $2\text{ }^{\circ}\text{C}$  的蒸馏水至瓶颈刻度线，塞紧瓶塞，擦干瓶外水分，称其总质量 ( $G_1$ )。

注：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  $15\text{ }^{\circ}\text{C} \sim 25\text{ }^{\circ}\text{C}$  的范围内进行。但从试样加水静置的最后 2 h 起直至试验结束，其温度相差不应超过  $2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

## 五、试验结果计算与评定

表观密度  $\rho_0$  按式 (1.3) 计算，准确至小数点后 3 位。

$$\rho_0 = \left( \frac{G_0}{G_0 + G_2 - G_1} - \alpha_t \right) \times \rho_k \quad (1.3)$$

式中  $\rho_0$ ——细集料的表观密度 ( $\text{g}/\text{cm}^3$ )；

$\rho_k$ ——1000，单位为千克每立方米 ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )；

$\alpha_t$ ——试验时的水温对水的密度影响的修正系数，见表 1.2；

$G_0$ ——烘干试样的质量，单位为克 (g)；

$G_1$ ——试样，水及容量瓶的总质量，单位为克 (g)；

$G_2$ ——水及容量瓶的总质量，单位为克 (g)。

表 1.2 不同水温时水的密度 $\rho_T$ 及水温修正系数 $\alpha_t$

水温/ $^{\circ}\text{C}$	15	16	17	18	19	20
水的密度 $\rho_T / (\text{g}/\text{cm}^3)$	0.999 13	0.998 97	0.998 80	0.998 62	0.998 43	0.998 22
水温修正系数 $\alpha_t$	0.002	0.003	0.003	0.004	0.004	0.005
水温/ $^{\circ}\text{C}$	21	22	23	24	25	
水的密度 $\rho_T / (\text{g}/\text{cm}^3)$	0.998 02	0.997 79	0.997 56	0.997 33	0.997 02	
水温修正系数 $\alpha_t$	0.005	0.006	0.006	0.007	0.007	

以两次平行试验结果的算术平均值作为测定值，如两次结果之差值大于  $0.02 \text{ g}/\text{cm}^3$  时，应重新取样进行试验。采用修约值比较法进行评定。

记录格式示例见表 1.3。

表 1.3 细集料表观密度（视比重）试验记录

试验次数	试样烘干质量 $G_0/\text{g}$	试样、水加容量瓶 的质量 $G_2/\text{g}$	水加容量瓶 的质量 $G_1/\text{g}$	表观密度 $\rho_a / (\text{g}/\text{cm}^3)$		备注
				个别	平均	
1						
2						

试验者\_\_\_\_\_ 组别\_\_\_\_\_ 成绩\_\_\_\_\_ 试验日期\_\_\_\_\_

## 试验三 细集料堆积密度及紧装密度试验

(GB/T 1464—2011)

### 一、试验目的及适用范围

测定砂在自然状态下的堆积密度、紧装密度并计算空隙率，为水泥混凝土配合比设计提供数据。

### 二、仪器设备

(1) 天平：称量 10 kg，感量 1 g。

(2) 容量筒：金属制，圆筒形，内径 108 mm，净高 109 mm，筒壁厚 2 mm，筒底厚 5 mm，容积约为 1 L。

(3) 标准漏斗（图 1.1）。

(4) 烘箱：能使温度控制在  $105\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

(5) 方孔筛：4.75 mm 的筛 1 只。

(6) 垫棒：直径 10 mm，长 500 mm 的圆钢。

(7) 其他：直尺、漏斗、料勺、浅盘、毛刷等。

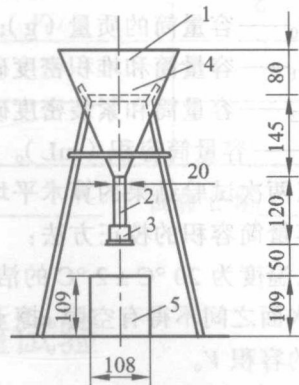


图 1.1 标准漏斗（尺寸单位：mm）

1—漏斗；2— $\phi 20$  mm 管子；3—活动门；  
4—筛；5—金属量筒

### 三、试样制备

按规定取样，用浅盘装试样约 3 L，在温度为  $105\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$  的烘箱中烘干至恒量，取出并冷却至室温，筛除大于 4.75 mm 的颗粒，分成大致相等的两份备用。

注：试样烘干后如有结块，应在试验前先捏碎。

### 四、试验步骤

#### 1. 堆积密度

将试样装入漏斗中，打开底部的活动门，将砂流入容量筒中，也可直接用小勺向容量筒中心上方徐徐倒入试样，但漏斗出料口或料勺距容量筒筒口均应为 50 mm 左右，直至试样装满并超出容量筒筒口（呈堆体），用直尺将多余的试样沿筒口中心线向两个相反方向刮平（试验过程中应防止触动容量筒），称取质量（ $G_1$ ）。精确至 1 g。

#### 2. 紧装密度

取试样 1 份，分两层装入容量筒，装完一层后，在筒底垫放一根直径为 10 mm 的钢筋，将筒按住，左右交替颠击地面各 25 下，然后再装入第二层。第二层装满后用同样方法颠实（但筒底所垫钢筋的方向应与第一层放置方向垂直）。二层装完并颠实后，添加试样超出容量筒筒口，然后用直尺将多余的试样沿筒口中心线向两个相反方向刮平，称其质量（ $G_2$ ）。精确至 1 g。

### 五、试验结果计算整理

(1) 堆积密度  $\rho$  及紧装密度  $\rho'$  分别按式 (1.4) 和式 (1.5) 计算，精确至  $0.01\text{ g/cm}^3$ 。

$$\rho = \frac{G_1 - G_0}{V} \quad (1.4)$$

$$\rho' = \frac{G_2 - G_0}{V} \quad (1.5)$$



式中  $\rho$ ——砂的堆积密度 ( $\text{g}/\text{cm}^3$ );

$\rho'$ ——砂的紧装密度 ( $\text{g}/\text{cm}^3$ );

$G_0$ ——容量筒的质量 (g);

$G_1$ ——容量筒和堆积密度砂总质量 (g);

$G_2$ ——容量筒和紧装密度砂总质量 (g);

$V$ ——容量筒容积 (mL)。

以两次试验结果的算术平均值作为测定值。

容量筒容积的校正方法:

以温度为  $20\text{ }^\circ\text{C} \pm 2\text{ }^\circ\text{C}$  的洁净水装满容量筒,用玻璃板沿筒口滑移,使其紧贴水面,玻璃板与水面之间不得有空隙。擦干筒外壁水分,然后称出其质量( $m'_2$ ),精确至 1 g。用式(1.6)计算筒的容积  $V$ 。

$$V = m'_2 - m'_1 \quad (1.6)$$

式中  $m'_1$ ——容量筒和玻璃板总质量 (g);

$m'_2$ ——容量筒、玻璃板和水总质量 (g)。

(2) 砂的空隙率按式(1.7)计算,准确至 1%。

$$V_0 = \left(1 - \frac{\rho}{\rho_a}\right) \times 100 \quad (1.7)$$

式中  $V_0$ ——砂的空隙率 (%);

$\rho$ ——砂的堆积或紧装密度 ( $\text{g}/\text{cm}^3$ );

$\rho_a$ ——砂的表观密度 ( $\text{g}/\text{cm}^3$ )。

记录格式示例见表 1.4、表 1.5 及表 1.6。

表 1.4 砂的堆积密度试验记录

试验次数	容量筒体积 $V/\text{mL}$	容量筒质量 $G_0/\text{g}$	容量筒和堆积 密度砂总质量 $G_1/\text{g}$	砂质量 $(G_1 - G_0)/\text{g}$	堆积密度 $\rho/(\text{g}/\text{cm}^3)$		备注
					个别	平均	
1							
2							

试验者 \_\_\_\_\_ 组别 \_\_\_\_\_ 成绩 \_\_\_\_\_ 试验日期 \_\_\_\_\_

表 1.5 砂的紧装密度试验记录

试验次数	容量筒体积 $V/\text{mL}$	容量筒质量 $G_0/\text{g}$	容量筒和紧装 密度砂总质量 $G_2/\text{g}$	砂质量 $(G_2 - G_0)/\text{g}$	紧装密度 $\rho'/(\text{g}/\text{cm}^3)$		备注
					个别	平均	
1							
2							

试验者 \_\_\_\_\_ 组别 \_\_\_\_\_ 成绩 \_\_\_\_\_ 试验日期 \_\_\_\_\_