

# 道路



# 建筑材料 试验指导书

DAOLU  
JIANZHU  
CAILIAO  
SHIYAN  
ZHIDAO  
SHU

主 编 石玥茹 副主编 张宁锋  
主 审 石义军



兰州大学出版社  
LANZHOU UNIVERSITY PRESS

# 道路建筑材料试验指导书

主 编 石玥茹  
副主编 张宁锋  
主 审 石义军

兰州大学出版社

---

**图书在版编目(CIP)数据**

道路建筑材料试验指导书/石玥茹主编. —兰州:兰州大学出版社, 2005. 12  
ISBN 7-311-02623-7

I. 道... II. 石... III. 道路工程—建筑材料—材料试验 IV. U414.03

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 151830 号

---

**道路建筑材料试验指导书**

主 编 石玥茹

副主编 张宁锋

主 审 石义军

兰州大学出版社出版发行

兰州市天水南路 222 号 电话:8912613 邮编:730000

E-mail: [press@onbook.com.cn](mailto:press@onbook.com.cn)

<http://www.onbook.com.cn>

---

兰州大学出版社激光照排中心排版

兰州残联福利印刷厂印刷

开本: 787×1092 1/16 印张: 12.5

2005 年 12 月第 1 版 2005 年 12 月第 1 次印刷

字数: 273 千字 印数: 1~1600 册

---

ISBN7-311-02623-7/T·170 定价: 25.80 元

# 前 言

为满足交通高等职业技术教育培养“既能动手,又能动脑的交通建设的实用型人才”的需求,根据交通职业教育路桥工程学科委员会的精神,特编写本试验指导书。

本试验指导书可作为交通高等职业技术教育教材《道路建筑材料》的配套教材,编者依据多年从事道路建筑材料的教学和工程实践经验,简明扼要地阐述了建材实验过程中的操作要点及注意事项,在取材上尽量做到精炼内涵,由浅入深,通俗易懂,从常规实验技术到试验新技术、新仪器、新方法,基本涵盖了道路建材试验各个方面的内容。本书既适用于学员全面系统地学习和掌握道路建材试验,又可用于学员单科培训或自学,具有较强的实用性和可操作性。

本书由甘肃交通职业技术学院石玥茹主编,甘肃路桥总公司石义军副总主审。参加本书编写工作的人员:甘肃交通职业技术学院石玥茹、张宁锋。具体编写情况如下:石玥茹编写第二章、第三章、第四章、第五章,张宁锋编写第一章、第六章、第七章。

本书在编写过程中,得到武汉理工大学张航教授、甘肃交通职业技术学院张世海副教授、赵新成讲师、黄成福讲师等同事的指导和帮助,在此深表谢意。

限于编者学识水平疏浅,书中难免存在错误,恳请专家和学者提出宝贵建议,以便进一步修订完善。

编者

2005年11月

## 实验须知

一、首先要重视和端正对实验课的态度,加强对感性知识的认识。课前必须仔细阅读实验指导书和认真复习有关课堂讲授内容,做到实验目的和操作要领心中有数。准时到实验室上课。

二、实验操作过程中要求精心测试,一丝不苟,读数要及时,准确无误,记录要清晰。

三、实验资料应随着试验操作过程,随时整理入资料库,不得拖延。如有错误立即重新测试。

四、学生进入实验室后应保持安静,不得喧哗,更不许打闹。室内实验设备未经老师许可不得随意乱动,在实验中,若有仪器设备破损等情况应立即报告老师,听候处理。

五、要保持实验室的整齐清洁,实验室中的废弃物应倒入指定地点。实验完毕后应主动清洗仪器设备,打扫清洁,将所用仪器设备清点归位。

## 实验要点

一、以探索者的姿态进行实验,以生产者的姿态进行实习。

二、在实验和实习中巩固理论知识。谚语云:“从书本上学到的东西,大部分还是停留在书本上,从实验中学到的东西,大部分永远是您自己的。”

三、通过实验与实习发展智力。在实验中自己亲自操作设备,仔细观察现象,认真测定数据,全面训练注意能力、观察能力、思维能力、记忆能力和操作能力,使智力达到全面发展。

四、在实验和实习中训练操作技能。古人云:“知行合一”,“知而不行,只是未知”,主张“学射,则必张弓挟矢,引满中的”。

# 目 录

试验须知	(1)
试验要点	(1)
第一章 绪论	(1)
第一节 概述	(1)
第二节 实验操作及其要求	(1)
第二章 土的基本试验	(3)
试验 2.1 含水量试验	(3)
试验 2.2 比重试验(比重瓶法)	(5)
试验 2.3 土体密度试验	(7)
试验 2.4 土的最大干密度、最佳含水量	(12)
试验 2.5 粘性土的液限和塑限含水量试验	(16)
试验 2.6 砂性土的渗透系数试验	(19)
试验 2.7 颗粒分析试验	(21)
第三章 水泥混凝土材料试验	(25)
试验 3.1 石料的密度试验、毛体积密度试验	(25)
试验 3.2 石料的饱水率试验	(29)
试验 3.3 石料饱水抗压强度试验	(30)
试验 3.4 磨耗试验	(32)
试验 3.5 砂的筛分、表观密度、松装密度试验	(33)
试验 3.6 砂的含泥量、有机质含量、云母含量试验	(40)
试验 3.7 粗集料试验	(43)
试验 3.8 粗集料的针、片状含量试验	(51)
第四章 砂石材料试验	(54)
第一节 石灰和水泥基本试验	(54)
试验 4.1 石灰有效氧化钙及氧化镁的测定试验	(54)
试验 4.2 水泥混凝土粗集料压碎指标试验	(59)
试验 4.3 水泥细度、标准稠度用水量和凝结时间的测定试验	(60)
试验 4.4 水泥安定性的测定	(66)
试验 4.5 水泥胶砂软练法标准试件的制备及抗折、抗压强度的测定	(67)
第二节 普通水泥混凝土、建筑砂浆和稳定土试验	(72)
试验 4.6 水泥混凝土混合料坍落度、维勃稠度的测定	(73)
试验 4.7 水泥混凝土毛体积密度试验	(76)

试验 4.8 水泥混凝土抗压、抗折强度试验 .....	(78)
试验 4.9 砂浆的和易性及抗压强度试验 .....	(82)
试验 4.10 无机结合料稳定土强度试验 .....	(85)
<b>第五章 沥青材料试验 .....</b>	<b>(90)</b>
第一节 沥青材料基本试验(概述) .....	(90)
试验 5.1 石油沥青的针入度、延度、软化点试验 .....	(92)
试验 5.2 石油沥青的标准粘度试验 .....	(98)
试验 5.3 石油沥青的蒸发损失试验 .....	(100)
试验 5.4 石油沥青的闪点与燃点试验(克利夫兰开口杯法) .....	(102)
试验 5.5 石油沥青的含水量试验 .....	(105)
试验 5.6 沥青与粗集料的粘附性试验 .....	(106)
第二节 沥青混合料试验 .....	(109)
试验 5.7 沥青混合料试件制作方法(击实法) .....	(109)
试验 5.8 压实沥青混合料密度试验(表干法) .....	(113)
试验 5.9 沥青混合料马歇尔稳定度试验 .....	(117)
试验 5.10 沥青混合料中沥青含量试验(离心分离法) .....	(120)
<b>第六章 金属材料试验 .....</b>	<b>(124)</b>
试验 6.1 金属拉伸试验 .....	(124)
试验 6.2 金属冷弯试验 .....	(133)
<b>第七章 Microsoft Excel 及数据分析实例 .....</b>	<b>(137)</b>
7.1 安装和删除 Excel .....	(137)
7.2 新建工作簿 .....	(138)
7.3 自定义 Excel .....	(139)
7.4 工作簿和工作表 .....	(140)
7.5 工作表中的数据 .....	(150)
7.6 创建和更正公式 .....	(176)
7.7 图表 .....	(178)
7.8 数据分析实例 .....	(186)
<b>参考文献 .....</b>	<b>(190)</b>



# 第一章 绪论

## 第一节 概述

实验是进行科学研究的一种重要方法,科学史上许多重大的发现就是依靠科学实验而得到的,许多理论的建立也要靠实验来验证。

通过这一环节,可以使学生学到实验的基本知识、基本技能和基本方法,初步掌握验证材料性能测试的现行国家规范。这对于培养学生的动手能力、互相尊重的集体精神、实事求是的科学态度和严肃认真的工作作风,对于培养学生在社会主义现代化建设中的实际工作能力具有极其深远意义。

## 第二节 实验操作及其要求

在进行实验时,一般至少需要3~5人协调进行,否则就不能有效地完成实验。

实验的过程及其要求简述如下:

### 一、实验准备工作

首先要预习实验指导书,明确实验的目的、原理和步骤。了解所用机器及其测量仪表的构造、工作原理、精度等级、使用方法及安全要求。然后选定试样,估算最大荷载并拟定加载方案。实验分组进行,每组5~7人,轮换操作机器、观察仪表、记录原始数据,各项操作要互相协调。

### 二、实验的进行

在实验正式开始前,先要检查试验机器是否正常(如摆锤是否垂直、测力度盘指针是否对准零点),变形测试仪是否安装稳妥,试件装置是否正确。然后进行一次试加载,观察各部分情况是否正常;若正常,卸载后再正式加载实验并做好记录。实验中要注意安全。实验完毕,要检查数据是否齐全完整,并分析数据的可靠性,由指导教师认可后,切断电源,清理好设备,方可离开实验室。

### 三、实验报告的书写

实验报告是实验者最后的成果,实验报告应包括下列内容:

## 2 道路建筑材料试验指导书

---

- (1) 实验名称、实验日期、当时的室温、实验人员的姓名。
- (2) 实验目的。
- (3) 实验所用的机器与仪表的名称、型号、精度(或放大倍数)。
- (4) 实验原始数据及其处理,计算分析试验结果。
- (5) 回答思考问题。

## 第二章 土的基本试验

### 试验 2.1 含水量试验(烘干法、酒精燃烧法)

#### 2.1.1 烘干法

##### 1. 定义和适用范围

(1)土的含水量是在 105~110℃ 下烘至恒量时所失去的水分质量和达恒量后干土质量的比值,以百分数表示,本法是测定含水量的标准方法。

(2)本试验方式适用于粘质土、粉质土、砂类土和有机质土类。

##### 2. 仪器设备

(1)烘箱。可采用电热烘箱或温度能保持 105~110℃ 的其它能源烘箱,也可用红外线烘箱。

(2)天平。感量 0.01g。

(3)其它。干燥器、称量盒[为简化计算手续,可将盒质量定期(3~6个月)调整为恒值]等。

##### 3. 试验步骤

(1)取具有代表性试样,细粒土 15~30g,砂类土、有机土为 50g,放入称量盒内,立即盖好盒盖,称质量。称量时,可在天平一端放上与该称量盒等质量的砝码,移动天平游码,平衡后称量结果即为湿土质量  $m$ 。

(2)揭开盒盖,将试样和盒放入烘箱内,在温度 105~110℃ 恒温下烘干。烘干时间对细粒土不得少于 8h,对砂类土不得少于 6h。对含有机质超过 5% 的土,应将温度控制在 65~70℃ 的恒温下烘干。

(3)将烘干后的试样和盒取出,放入干燥器内冷却(一般只需 0.5~1h 即可)。冷却后盖好盒盖,称质量,准确至 0.01g。

##### 4. 结果整理

(1)按下式计算含水量:

$$w = \frac{m - m_s}{m_s} \times 100$$

式中:  $w$ ——含水量(%);

$m$ ——湿土质量(g);

$m_s$ ——干土质量(g);

计算至 0.1%。

(2)本试验记录格式如表 2-2。

### 5. 精密度和允许差

本试验须进行二次平行测定,取其算术平均值,允许平行差值应符合如表 2-1 规定。

表 2-1 含水量测定的允许平行差值

含水量(%)	允许平行差值(%)	含水量(%)	允许平行差值(%)
5 以下	0.3	40 以上	$\leq 2$
40 以下	$\leq 1$		

表 2-2 含水量试验数据记录表

材料产地		初拟用途			试验日期			
试验次数	盒质量 (g)	盒+湿土 质量(g)	盒+干土 质量(g)	含水量 (g)	干土质量 $m_s$ (g)	含水量 $w$ (%)		
						单值	平均值	
1								
2								
备注								

### 2.1.2 酒精燃烧法

#### 1. 目的和适用范围

本试验方法适用于快速简易测定细粒土(含有机质的除外)的含水量。

#### 2. 仪器设备

(1)称量盒(定期调整为恒质量)。

(2)天平:感量 0.01g。

(3)酒精:纯度 95%。

(4)滴管、火柴、调土刀等。

#### 3. 试验步骤

(1)取代表性试样(粘质土 5~10g,砂类土 20~30g),放入称量盒内,称湿土质量  $m$ 。

(2)用滴管将酒精注入放有试样的称量盒中,直至盒中出现自由液面为止。为使酒精在试样中充分混合均匀,可将盒底在桌面上轻轻敲击。

(3)点燃盒中酒精,燃至火焰熄灭。

(4)将试样冷却数分钟,按本试验(2)至(3)方法重新燃烧两次。

(5)等第三次火焰熄灭后,盖好盒盖,立即称干土质量  $m_g$ ,准确至 0.01g。

其余同 2.1.1。

注:用燃烧法测定含水量不适宜测定有机质含量过高的土样,否则将影响试验数据的准确性,另外用燃烧法测含水量时,一定要使酒精充分燃烧。

#### 4. 试验结果

(1)土的鉴定分类和代号。

(2)土的含水量。

#### 5. 结论

指导教师 \_\_\_\_\_ 批阅日期 \_\_\_\_\_

## 试验 2.2 比重试验(比重瓶法)

### 1. 目的和适用范围

(1)土的比重是土在 105~110℃ 下烘至恒量时的质量与同体积 4℃ 蒸馏水质量的比值。

(2)本试验的目的是测定土的颗粒比重,它是土的物理性基本指标之一。

(3)本试验方法适用于粒径小于 5mm 的土。

### 2. 仪器设备

(1)比重瓶:容量 100(或 50)ml。

(2)天平:称量 200g,感量 0.001g。

(3)恒温水槽:灵敏度  $\pm 1^\circ\text{C}$ 。

(4)砂浴。

(5)真空抽气设备。

(6)温度计:刻度为 0~5℃。

(7)其它:如烘箱、蒸馏水、中性液体(如煤油)、孔径 2mm 及 5mm 筛、漏斗、滴管等。

### 3. 比重瓶校正

(1)将比重瓶洗净、烘干,称比重瓶质量,准确至 0.001g。

(2)将煮沸经冷却的纯水注入比重瓶。对长颈比重瓶注水至刻度处,对短颈比重瓶应注满纯水,塞紧瓶塞,多余水分自瓶塞毛细管中溢出。调节恒温水槽至 5℃ 或 10℃,然后将比重瓶放入恒温水槽内,直至瓶内水温稳定。取出比重瓶,擦干外壁,称瓶、水总质量,准确至 0.001g。

(3)以 5℃ 级差,调节恒温水槽的水温,逐级测定不同温度下的比重瓶、水总质量,至达到本地区最高自然气温为止。每个温度时均应进行两次平行测定,两次测定的差值不得大于 0.02g,取两次测值的平均值,绘制温度与瓶、水总质量的关系曲线。

## 4. 试验步骤

(1) 将比重瓶烘干, 将 15g 烘干土装入 100mL 比重瓶内(若用 500mL 比重瓶, 装烘干土约 12g), 称量。

(2) 为排除土中空气, 将已装有干土的比重瓶, 注入蒸馏水至瓶的一半处, 摇动比重瓶, 并将瓶中的液体在砂浴中煮沸, 煮沸时间自悬液沸腾时算起, 砂及低液限粒土应不少于 30min, 高液限粘土应不少于 1h, 使土粒分散。注意沸腾后调节砂浴温度, 不使土液溢出瓶外。

(3) 如系长颈比重瓶, 用滴管调整液面恰至刻度(以弯液面下缘为准), 擦干瓶外及瓶内壁刻度以上部分的水, 称瓶、水、土总质量。如系短颈比重瓶, 将纯水注满, 使多余水分自瓶塞毛细管中溢出, 将瓶外水分擦干后, 称瓶、水、土总质量, 称量后立即测出瓶内水的温度, 准确至 0.5℃。

(4) 根据测得的温度, 从已绘制的温度与瓶、水总质量关系曲线中查得瓶水总质量。如比重瓶体积事先未经温度校正, 则立即倾去悬液, 洗净比重瓶, 注入事先煮沸过且与试验时同温度的蒸馏水至同一体积刻度处, 短颈比重瓶则注水至满, 按本试验(3)步骤调整液面后, 将瓶外水分擦干, 称瓶、水总质量。

(5) 如系砂土, 煮沸时砂粒易跳出, 允许用真空抽气法代替煮沸法排除土中空气, 其余步骤与本试验(3)至(4)相同。

(6) 对含有某一定量的可溶盐, 不亲水性胶体或有机质的土, 必须用中性液体(如煤油)测定, 并用真空抽气法排除土中气体。真空压力表读数宜为 100kPa, 抽气时间 1~2h(直至悬液内无气泡为止), 其余步骤同本试验(3)至(4)。

(7) 本试验称量应准确至 0.001g。

## 5. 结果整理

(1) 用蒸馏水测定时, 按下式计算比重:

$$G_s = \frac{m_s}{m_1 + m_s - m_2} \times G_{wt}$$

式中:  $G_s$ ——土的比重;

$m_s$ ——干土质量(g);

$m_1$ ——瓶、水总质量(g);

$m_2$ ——瓶、水、土总质量(g);

$G_{wt}$ —— $t$ ℃时蒸馏水的比重(水的比重可查物理手册), 准确至 0.001。

(2) 用于中性液体测定, 按下式计算比重:

$$G_s = \frac{m_s}{m'_1 + m'_s - m_2} \times G_{kt}$$

式中:  $m'_1$ ——瓶、中性液体总质量(g);

$m'_2$ ——瓶、土、中性液体总质量(g);

$G_{kt}$ —— $t^{\circ}\text{C}$ 时中性液体比重(应实测),准确至0.001。

(3)试验数据记录如表2-3。

#### 6. 精密度和允许差

本试验必须进行二次平行测定,取其算术平均值,以两位小数表示,其平行差值不得大于0.002。

#### 7. 试验结果

(1)土的鉴别分类和代号。

(2)土的比重  $G_s$  值。

表2-3 土比重试验数据记录表

材料产地		初拟用途				试验日期				比重 $G_s$	
试验编号	比重瓶号	温度 ( $^{\circ}\text{C}$ )	液体比重	比重瓶质量 (g)	瓶+干土质量 (g)	干土质量 $m_s$ (g)	瓶+液总质量 (g)	瓶+液+土总质量 (g)	与干土同提及的液体质量 (g)	单值	平均值
	1										
	2										
备注											

#### 8. 结论

指导教师\_\_\_\_\_ 批阅日期\_\_\_\_\_

### 试验2.3 土体密度试验(环刀法、灌砂法)

#### 2.3.1 环刀法

##### 1. 目的和适用范围

本试验方法适用于细粒土。

##### 2. 仪器设备

(1)环刀:内径6~8cm,高2~3cm,壁厚1.5~2mm。

(2)天平:感量0.1g。

(3)其它:修土刀、钢丝锯、凡士林等。

##### 3. 试验步骤

(1)按工程需要取原装上或制备所需状态的扰动土样,整平两端,环刀内壁涂一薄层凡士林,刀口向下放在土样上。

(2)用修土刀或钢丝锯将土样上部削成略大于环刀直径的土柱,然后将环刀垂直下压,

边压边削,至土样伸出环刀上部为止。削去两端余土,使与环刀口面齐平,并用剩余土样测定含水量。

(3)擦净环刀外壁,称环刀与土合质量  $m_1$ ,准确至 0.1g。

#### 4. 结果整理

(1)按下列公式计算湿密度及干密度。

$$\rho = \frac{m_1 - m_2}{V}$$

$$\rho_d = \frac{\rho}{1 + 0.01w}$$

式中: $\rho$ ——湿密度( $\text{g}/\text{cm}^3$ );

$m_1$ ——环刀与土合质量(g);

$m_2$ ——环刀质量(g);

$V$ ——环刀体积( $\text{cm}^3$ );

$\rho_d$ ——干密度( $\text{g}/\text{cm}^3$ );

$w$ ——含水量(%)。

(2)试验数据记录如表 2-4。

表 2-4 土的密度试验数据记录表

材料产地		初拟用途			试验日期		干密度		
试验次数	环刀号	环刀体积 $V$ ( $\text{cm}^3$ )	环刀质量 $m_2$ (g)	环刀与土 合质量 $m_1$ (g)	土样质量 (g)	湿密度	含水量 $w$ (%)	单值	平均值
								1	1
	2								
2	3								
	4								
备注									

#### 5. 精密度和允许差

本试验须进行两次平行测定,取其算术平均值,其平行差值不得大于  $0.03\text{g}/\text{cm}^3$ 。

#### 6. 试验结果

(1)土的鉴别分类和状态描述。

(2)土的含水量  $w$ (%)。

(3)土的湿密度  $\rho$ ( $\text{g}/\text{cm}^3$ )。

(4)土的干密度  $\rho_d$ ( $\text{g}/\text{cm}^3$ )。



## 7. 结论

指导教师\_\_\_\_\_ 批阅日期\_\_\_\_\_

## 2.3.2 灌砂法

## 1. 目的和适用范围

本试验法适用于现场测定细粒土、砂类土和砾类土的密度。试样的最大粒径不得超过15mm,测定密度层的厚度为150~200mm。

注:①在测定细粒土密度时,可以采用 $\phi 100$ 的小型灌砂筒。

②如最大粒径超过15mm,则应相应地增大灌砂筒的尺寸,例如,粒径达40~60mm的粗粒土,灌砂筒和现场试筒的直径应为150~200mm。

## 2. 仪器设备

(1)灌砂筒:金属圆筒(可用白铁皮制作)的内径为100mm,总高为360mm,灌砂筒主要分两部分:上部为储砂筒,筒深27mm(容积约 $2120\text{cm}^3$ ),筒底中心一个直径10mm的圆孔;下部装一倒置的圆锥形漏斗,漏斗上端一口直径为10mm,并焊接在一块直径100mm的铁板上,铁板中心有一直径10mm的圆孔与漏斗上开口相接。在储砂筒筒底与漏斗顶端铁板之间设有开关,开关为一薄铁板,一端与筒底及漏斗铁板铰接在一起,另一端伸出筒身外,开关铁板上也有一个直径10mm的圆孔。将开关向左移动时,开关铁板上的圆孔恰好与筒底圆孔及漏斗上开口相对,即三个圆孔在平面上重叠在一起,砂就可通过圆孔自由落下。将开关向右移动时,开关将筒底圆孔堵塞,砂即停止下落。

(2)金属标定罐:内径100mm,高150mm和200mm的金属罐各一个,上端周围有一罐缘。注:如由于某种原因,试坑不是150mm或200mm时,标定罐的深度应该与拟挖试坑深度相同。

(3)基板:一个边长350mm,深40mm的金属方盘,盘中心有一直径100mm的圆孔。

(4)打洞及从洞中取料的合适工具,如凿子、铁锤、长把勺、长把小簸箕、毛刷等。

(5)玻璃板:边长约500mm的方形板。

(6)饭盒(存放挖出的试样)若干。

(7)台秤:称量10~15kg,感量5g。

(8)其它:铝盒、天平、烘箱等。

## 3. 量砂

粒径0.25~0.5mm、清洁干燥的均匀砂,约20~40kg。应先烘干,并放置足够时间,使其与空气的湿度达到平衡。

## 4. 仪器标定

确定灌砂筒下部圆锥体内砂的质量,其步骤如下:

(1)在储砂筒内装满砂,筒内砂的高度与筒顶的距离不超过15mm,称筒内砂的质量