

建设工程质量检测人员岗位培训教材

SHIZHENG JICHU SHESHI  
JIANCE



# 市政基础设施 检测

江苏省建设工程质量监督总站 编

中国建筑工业出版社

建设工程质量检测人员岗位培训教材

# 市政基础设施检测

江苏省建设工程质量监督总站 编

中国建筑工业出版社

## 图书在版编目 (CIP) 数据

市政基础设施检测/江苏省建设工程质量监督总站编.  
—北京: 中国建筑工业出版社, 2009  
(建设工程质量检测人员岗位培训教材)

ISBN 978-7-112-11094-0

I. 市… II. 江… III. 基础设施—市政工程—工程  
施工—质量检验—技术培训—教学 IV. TU99

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第112329号

本书是《建设工程质量检测人员岗位培训教材》之一, 内容包括: 市政工程常用材料检测、桥梁伸缩装置检测、桥梁橡胶支座检测、市政道路检测、市政桥梁检测等。

本书既是建设工程质量检测人员的培训教材, 也是建设、监理单位的工程质量检测见证人员、施工单位的技术人员和现场取样人员学习用书。

责任编辑: 郦锁林

责任设计: 郑秋菊

责任校对: 袁艳玲 刘 钰

建设工程质量检测人员岗位培训教材

### 市政基础设施检测

江苏省建设工程质量监督总站 编

\*

中国建筑工业出版社出版、发行 (北京西郊百万庄)

各地新华书店、建筑书店经销

南京碧峰印务有限公司制版

北京同文印刷有限责任公司印刷

\*

开本: 850 × 1168 毫米 1/16 印张: 19 $\frac{1}{4}$  字数: 554 千字

2010 年 4 月第一版 2010 年 11 月第二次印刷

印数: 3001 - 6000 册 定价: 49.00 元

ISBN 978-7-112-11094-0

(18357)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题, 可寄本社退换

(邮政编码 100037)

# 《建设工程质量检测人员岗位培训教材》

## 编写单位

**主编单位:**江苏省建设工程质量监督总站

**参编单位:**江苏省建筑工程质量检测中心有限公司

东南大学

南京市建筑安装工程质量检测中心

南京工业大学

江苏方建工程质量鉴定检测有限公司

昆山市建设工程质量检测中心

扬州市建伟建设工程检测中心有限公司

南通市建筑工程质量检测中心

常州市建筑科学研究院有限公司

南京市市政公用工程质量检测中心站

镇江市建科工程质量检测中心

吴江市交通局

解放军理工大学

无锡市市政工程质量检测中心

南京科杰建设工程质量检测有限公司

徐州市建设工程检测中心

苏州市中信节能与环境检测研究发展中心有限公司

江苏祥瑞工程检测有限公司

苏州市建设工程质量检测中心有限公司

连云港市建设工程质量检测中心有限公司

江苏科永和检测中心

南京华建工业设备安装检测调试有限公司

# 《建设工程质量检测人员岗位培训教材》 编写委员会

主任:张大春

副主任:蔡杰 金孝权 顾颖

委员:周明华 庄明耿 唐国才 牟晓芳 陆伟东  
谭跃虎 王源 韩晓健 吴小翔 唐祖萍  
季玲龙 杨晓虹 方平 韩勤 周冬林  
丁素兰 褚炎 梅菁 蒋其刚 胡建安  
陈波 朱晓旻 徐莅春 黄跃平 邵扣霞  
邱草熙 张亚挺 沈东明 黄锡明 陆震宇  
石平府 陆建民 张永乐 唐德高 季鹏  
许斌 陈新杰 孙正华 汤东婴 王瑞  
胥明 秦鸿根 杨会峰 金元 史春乐  
王小军 王鹏飞 张蓓 詹谦 钱培舒  
王伦 李伟 徐向荣 张慧 李天艳  
姜美琴 陈福霞 钱奕技 陈新虎 杨新成  
许鸣 周剑峰 程尧 赵雪磊 吴尧  
李书恒 吴成启 杜立春 朱坚 董国强  
刘咏梅 唐笋翀 龚延凤 李正美 卜青青  
李勇智

# 《建设工程质量检测人员岗位培训教材》 审定委员会

主任:刘伟庆

委员:缪雪荣 毕佳 伊立 赵永利 姜永基  
殷成波 田新 陈春 缪汉良 刘亚文  
徐宏 张培新 樊军 罗韧 董军  
陈新民 郑廷银 韩爱民

# 前 言

随着我国建设工程领域内各项法律、法规的不断完善与工程质量意识的普遍提高,作为其中一个不可或缺的组成部分,建设工程质量检测受到了全社会日益广泛的关注。建设工程质量检测的首要任务,是为工程材料及工程实体提供科学、准确、公正的检测报告,检测报告的重要性体现在它是工程竣工验收的重要依据,也是工程质量可追溯性的重要依据,宏观上讲,检测报告的科学性、公正性、准确性关乎国计民生,容不得丝毫轻忽。

《建设工程质量检测管理办法》(建设部第141号令)、《江苏省建设工程质量检测管理实施细则》、江苏省地方标准《建设工程质量检测规程》(DGJ 32/J21-2009)等的相继颁布实施,为规范建设工程质量检测行为提供了法律依据;对工程质量检测人员的技术素质提出了明确要求。在此基础上,江苏省建设工程质量监督总站组织编写了本套教材。

本套教材较全面系统地阐述了建设工程所使用的各种原材料、半成品、构配件及工程实体的检测要求、注意事项等。教材的编写以上述规范性文件为基本框架,依据相应的检测标准、规范、规程及相关的施工质量验收规范等,结合检测行业的特点,力求使读者通过本教材的学习,提高对工程质量检测特殊性的认识,掌握工程质量检测的基本理论、基本知识和基本方法。

本套教材以实用为原则,它既是工程质量检测人员的培训教材,也是建设、监理单位的工程质量见证人员、施工单位的技术人员和现场取样人员的工具书。本套教材共分九册,分别是《检测基础知识》、《建筑材料检测》、《建筑地基与基础检测》、《建筑主体结构工程检测》、《市政基础设施检测》、《建筑节能与环境检测》、《建筑安装工程与建筑智能检测》、《建设工程质量检测人员岗位培训考核大纲》、《建设工程质量检测人员岗位培训教材习题集》。

本套教材在编写过程中广泛征求了检测机构、科研院所和高等院校等方面有关专家的意见,经多次研讨和反复修改,最后审查定稿。

所有标准、规范、规程及相关法律、法规都有被修订的可能,使用本套教材时应关注所引用标准、规范、规程等的发布、变更,应使用现行有效版本。

本套教材的编写尽管参阅、学习了许多文献和有关资料,但错漏之处在所难免,敬请谅解。为不断完善本套教材,请读者随时将意见和建议反馈至江苏省建设工程质量监督总站(南京市鼓楼区草场门大街88号,邮编210036),以供今后修订时参考。

# 目 录

第一章 市政工程常用材料检测 .....	1
第一节 土工 .....	1
第二节 土工合成材料 .....	62
第三节 水泥土 .....	79
第四节 石灰(建筑用石灰、道路用石灰) .....	83
第五节 道路用粉煤灰 .....	98
第六节 道路工程用粗细集料(粗细集料、矿粉、木质素纤维) .....	103
第七节 埋地排水管 .....	144
第八节 路面砖与路缘石 .....	169
第九节 沥青与沥青混合料 .....	180
第十节 路面石材与岩石 .....	210
第十一节 检查井盖及雨水算 .....	218
第二章 桥梁伸缩装置检测 .....	230
第三章 桥梁橡胶支座检测 .....	242
第四章 市政道路检测 .....	255
第五章 市政桥梁检测 .....	277
参考文献 .....	302

# 第一章 市政工程常用材料检测

## 第一节 土工

### 一、含水率试验

#### 1. 概念

本法所指含水率仅适用于测定粗粒土、细粒土、有机质土和冻土的含水率。含水率为某物质所含水质量与该物质干质量之百分比。含水率是土工试验中的一个基本参数。

#### 2. 检测依据

《土工试验方法标准》GB/T 50123—1999

#### 3. 仪器设备及环境

##### (1) 仪器设备

天平:称量 200g,精度 0.01g(10 ~ 50g);

称量 600g,精度 0.1g(50 ~ 500g);

称量 6 000g,精度 1g(500 ~ 5 000g)。

烘箱:能控制温度在 105 ~ 110℃。

铝盒:大小适当。

料盘:大小适当。

##### (2) 环境

在室内常温条件下进行。

#### 4. 取样及制备要求

(1)素土、灰土等细粒土每份一般取 15 ~ 30g,二灰碎石等粗粒土由于含大颗粒,每份宜取 1 000g以上。

(2)取样要有代表性,宜采用四分法取样。当取样后不立即进行称量测定时,必须密封防止水分损失。

(3)当采用抽样法测定含水率时,必须抽取两份样品进行平行测定,平行测定两个含水率的差值应符合以下要求:

含水率小于 40%,差值不大于 1%;

含水率不小于 40%,差值不大于 2%;

冻土,差值不大于 3%。

当采用整体法测定含水率时,则直接测定其含水率。

#### 5. 操作步骤

(1)素土、灰土取代表性试样或环刀中试样 15 ~ 30g,放入已称重的铝盒,称重精确至 0.01g;二灰碎石等粗粒土取代表性试样 1 000g 左右,称重精确至 1g,放在已称重的料盘中;整体法测定环刀中土的含水率时,称重精确至 0.1g。

(2)将打开盖的铝盒或存料盘放入烘箱,在 105 ~ 110℃ 下烘至恒量(恒量的概念一般为间隔



2h 质量差不大于 0.1%)。烘干时间对黏土、粉土不得少于 8h,对砂土不得少于 6h,对有机质含量超过 5% 的土,应在 65~70℃ 恒温下烘至恒量,时间需更长一些。

(3)将铝盒或料盘从烘箱中取出,铝盒盖上盒盖,放入干燥容器内冷却至室温,称重精确至 0.01g 或 1g 或 0.1g。

#### 6. 数据处理与结果判定

试样的含水率应按下式计算,准确至 0.1%。

$$w_0 = (m_0 - m_d) / m_d \times 100\% \quad (1-1)$$

式中  $m_d$ ——干土质量;

$m_0$ ——湿土质量。

$$\text{或 } w_0 = (m_1 - m_2) / (m_2 - m_3) \times 100\% \quad (1-2)$$

式中  $m_2$ ——盒加干土质量;

$m_1$ ——盒加湿土质量;

$m_3$ ——盒质量。

当两个平行测定含水率的差值符合误差要求时,取两个平行测定含水率的平均值作为测定结果。当两个平行测定含水率的差值超出误差要求时,重新测定。

## 二、环刀法测密实度试验

### 1. 概念

所谓环刀法是采用一定体积的不易变形的钢质环刀打入被测土样内,使土样充满环刀,修平上下面而测定土样密度的一种方法。本法适用于测定细粒土的密度和压实度。密度为单位体积内物质的质量;在土木工程中压实度为实测干密度与最大干密度之比。

### 2. 检测依据

《土工试验方法标准》GB/T 50123—1999

### 3. 仪器设备及环境

#### (1) 仪器设备

环刀:1) 体积 60cm<sup>3</sup>, 内径 61.8mm, 高度 20mm。

2) 体积 100cm<sup>3</sup>, 内径 79.8mm, 高度 20mm。

手柄:与环刀相配套。

修土刀:刀口应锋利平整。

榔头:打击用。

天平:称量 500g, 精度 0.1g。

称量 200g, 精度 0.01g。

烘箱:室温约 300℃, 精度 2℃。

#### (2) 环境要求

室内工作在常温下进行。

### 4. 取样及制备要求

(1) 建筑工程每组 2 点取平均值;市政工程路基灰土每组 1 点,其他每组 3 点取平均值。

(2) 取样频率按验收规范执行,市政工程路基每 1 000m<sup>2</sup> 每层取一组,沟槽回填每一井段每层取一组。

(3) 取样要有代表性。

### 5. 操作步骤

(1) 环刀内壁涂一薄层凡士林,装在手柄内,刀口向下对准选好的取土部位。

(2)用榔头垂直向下打击,直至环刀全部没入土内。

(3)用铁锹挖去环刀四周的土,再用铁锹对准环刀下将整个环刀连同土一起铲出,注意不得扰动环刀内的土。

(4)用修土刀修去环刀四周多余的土,修平环刀上下表面土层,并与环刀口平齐。

(5)擦净环刀外壁,放入铝盒带回称量,称铝盒、环刀和土的总质量  $m_1$ ,精确至 0.1g。

(6)测定环刀内土的含水量:可整个在 105 ~ 110℃ 烘干称重  $m_2$  测定,也可取样烘干测定。一般大环刀宜用取样烘干测定含水量,在环刀内土样中分别取两份土样,重约 20 ~ 30g,精确至 0.01g,分别放入两个铝盒称重  $m_4$ 、烘干称重  $m_5$  测定其平均值。

保证环刀法测量准确的操作要点:

- 1) 环刀体积准确。
- 2) 选取的测量部位要有代表性。
- 3) 挖出及修土时不得扰动环刀内的土,并修平。
- 4) 准确称量。
- 5) 烘干到位。

## 6. 数据处理与结果判定

(1) 计算

$$\text{含水率 } w = (m_1 - m_2) / (m_2 - m_3 - m_6) \quad (1-3)$$

式中  $m_3$ ——环刀质量;

$m_6$ ——铝盒质量。

$$\text{或含水率 } w_1 = (m_{4-1} - m_{5-1}) / (m_{5-1} - m_{6-1}) \quad (1-4)$$

$$w_2 = (m_{4-2} - m_{5-2}) / (m_{5-2} - m_{6-2}) \quad (1-5)$$

$$w = (w_1 + w_2) / 2 \quad (1-6)$$

$$\text{湿密度 } \rho = (m_1 - m_3 - m_6) / V \quad (1-7)$$

$$\text{干密度 } \rho_d = (m_2 - m_3 - m_6) / V \quad (1-8)$$

式中  $V$ ——环刀的体积。

$$\text{或干密度 } \rho_d = \rho / (1 + w) \quad (1-9)$$

$$\text{平均干密度 } \rho_d = (\rho_{d1} + \rho_{d2} + \rho_{d3}) / 3 \quad (1-10)$$

$$\text{或平均干密度 } \rho_d = (\rho_{d1} + \rho_{d2}) / 2 \quad (1-11)$$

$$\text{压实度} = \rho_d / \rho_{\text{最大}} \quad (1-12)$$

(2) 结果判定

当干密度或平均干密度大于等于设计要求的干密度时为合格;

当干密度或平均干密度小于设计要求的干密度时为不合格;

或当压实度大于等于设计要求的压实度时为合格;

当压实度小于设计要求的压实度时为不合格。

## 三、灌砂法测密实度

### 1. 国标方法

(1) 概念

所谓灌砂法是利用已知密度的砂灌入试坑来测得被测土样试坑的体积从而测定土样密度的一种方法。本法适用于现场测定粗粒土的密度和压实度,也可以测定细粒土的密度和压实度。

(2) 检测依据

《土工试验方法标准》GB/T 50123—1999

(3) 仪器设备及环境

1) 仪器设备

密度测定器:由容砂瓶、灌砂漏斗和底盘组成(图 1-1)。

灌砂漏斗高 135mm,直径 165mm,底部有孔径为 13mm 的圆柱形阀门;容砂瓶容积为 4L,容砂瓶与灌砂漏斗之间用螺纹接头连接;底盘承托灌砂漏斗和容砂瓶。

天平:称量 15kg,精度 5g(1~15kg);称量 6 000g,精度 1g(1 000~5 000g)。

烘箱:能控制温度在 105~110℃。

料盘:大小适当。

工具:挖土铲,料勺,尺等。

2) 环境

室内工作在常温下进行。

(4) 取样及制备要求

1) 每组 1 点。

2) 取样频率按验收规范执行,市政工程路基每 1 000m<sup>2</sup> 每层取一组。

3) 取样要有代表性。

(5) 操作步骤

1) 标准砂密度的测定

①标准砂应清洗洁净并烘干,粒径宜选用 0.25~0.50mm,密度宜选用 1.47~1.61g/cm<sup>3</sup>。

②组装容砂瓶与灌砂漏斗,螺纹连接处应拧紧,称其总质量。

③将密度测定器竖立,灌砂漏斗口向上,关阀门,向灌砂漏斗中注满标准砂,打开阀门使灌砂漏斗内的标准砂漏入容砂瓶中,继续向漏斗内注砂漏入容砂瓶中,当砂停止流动时迅速关闭阀门,倒掉漏斗内多余的砂,称容砂瓶与灌砂漏斗和灌满的标准砂的总质量,准确至 5g,试验中应避免振动。

④倒出容砂瓶内的标准砂,通过漏斗向容砂瓶内注水至水面高出阀门,关上阀门,去掉漏斗中多余的水,称容砂瓶与灌砂漏斗和灌满的水的总质量,准确至 5g,并测定水温,准确至 0.5℃。重复测定三次,三次测值之间的差值不得大于 3mL,取三次的平均值。

⑤容砂瓶的容积应按下式计算:

$$V_r = (m_{r2} - m_{r1}) / \rho_{wr} \quad (1-13)$$

式中  $V_r$  ——容砂瓶容积(mL);

$m_{r2}$  ——容砂瓶与灌砂漏斗和灌满的水的总质量(g);

$m_{r1}$  ——容砂瓶与灌砂漏斗质量(g);

$\rho_{wr}$  ——不同温度时水的密度(g/cm<sup>3</sup>),见表 1-1。

不同温度时水的密度

表 1-1

温度(℃)	水的密度(g/cm <sup>3</sup> )	温度(℃)	水的密度(g/cm <sup>3</sup> )	温度(℃)	水的密度(g/cm <sup>3</sup> )
4	1.000 0	15	0.999 1	26	0.996 8
5	1.000 0	16	0.998 9	27	0.996 5
6	0.999 9	17	0.998 8	28	0.996 2
7	0.999 9	18	0.998 6	29	0.995 9
8	0.999 9	19	0.998 4	30	0.995 7
9	0.999 8	20	0.998 2	31	0.995 3

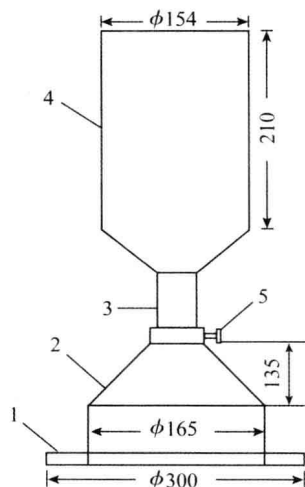


图 1-1 密度测定器  
1-底盘;2-漏斗;3-漏斗口;  
4-容砂瓶;5-阀门

续表

温度(°C)	水的密度(g/cm <sup>3</sup> )	温度(°C)	水的密度(g/cm <sup>3</sup> )	温度(°C)	水的密度(g/cm <sup>3</sup> )
10	0.999 7	21	0.998 0	32	0.995 0
11	0.999 6	22	0.997 8	33	0.994 7
12	0.999 5	23	0.997 5	34	0.994 4
13	0.999 4	24	0.997 3	35	0.994 0
14	0.999 2	25	0.997 0	36	0.993 7

⑥标准砂的密度计算:

$$\rho_s = (m_{rs} - m_{rl}) / V_r \quad (1-14)$$

式中  $\rho_s$  ——标准砂的密度(g/cm<sup>3</sup>); $m_{rs}$  ——容砂瓶与灌砂漏斗和灌满的标准砂的总质量(g)。

2) 灌砂法试验步骤

①根据试样最大粒径,确定试坑尺寸,见表1-2。

试坑尺寸

表1-2

试样最大粒径(mm)	试坑尺寸(mm)	
	直径	深度
5(20)	150	200
40	200	250
60	250	300

②将选定试验处的表面整平,除去表面松散的土层。

③按确定的试坑直径划出坑口轮廓线,在轮廓线内下挖至要求深度,边挖边将坑内挖出的试样装入盛土容器中,称试样质量  $m_p$ ,精确至5g,带回后测定试样的含水率。④向容砂瓶中注满砂,关上阀门,称容砂瓶与灌砂漏斗和灌满的标准砂的总质量  $m_0$ ,精确至5g。⑤将密度测定器倒置(容砂瓶向上)于挖好的坑口上,打开阀门,使砂注入试坑。在注砂过程中不得有振动。当砂注满试坑时关闭阀门,称容砂瓶与灌砂漏斗和余砂的总质量  $m_1$ ,精确至5g,并计算注满试坑所用的标准砂质量  $m_s$ (实际上,仅通过上述方法还无法求得  $m_s$ ,  $m_0 - m_1 \neq m_s$ ,因为灌入试坑的量砂除了试坑表面以下部分  $m_s$  外,由于灌砂漏斗的存在还在试坑表面以上形成一个量砂圆锥体,  $m_0 - m_1$  必须减去该量砂圆锥体的质量才是我们所需要的  $m_s$ 。而该量砂圆锥体的质量只有通过试坑未挖前的表面上先空灌一次量砂来获得)。

(6) 数据处理与结果判定

1) 试样的密度,应按下式计算:

$$\rho_0 = m_p / (m_s / \rho_s) \quad (1-15)$$

2) 试样的干密度,应按下式计算,精确至0.01g/cm<sup>3</sup>:

$$\rho_d = \rho_0 / (1 + w_1) \quad (1-16)$$

3) 试样的压实度,应按下式计算:

$$\text{压实度} = \rho_d / \rho_{\text{最大}} \times 100\% \quad (1-17)$$

(7) 注意事项

1) 挖试坑要注意尽量不扰动旁边的土,挖松的土要全部取出称量,不得漏掉。

2) 称量好后要立即装入塑料袋密封,防止水分蒸发影响试样含水率的测定,从而影响干密度测定的准确性。

## 2. 交通方法

### (1) 概念

所谓灌砂法是利用已知密度的砂灌入试坑来测得被测土样试坑的体积从而测定土样密度的一种方法。本法适用于测定粗粒土的密度和压实度,也可以测定细粒土的密度和压实度。测定粒径不大于 15mm 细粒土时用  $\phi 100\text{mm}$  灌砂筒,测定粒径不小于 15mm,达 40~60mm 时,应用  $\phi 150 \sim \phi 200\text{mm}$  的灌砂筒。密度为单位体积内物质的质量;压实度为实测干密度与最大干密度之百分比。

### (2) 检测依据

《公路土工试验规程》JTG E40—2007 (T 0111—1993)。

### (3) 仪器设备及环境

#### 1) 仪器设备

灌砂筒:直径 100mm、150mm、200mm

(图 1-2)。

标定罐:直径 100mm、150mm、200mm

(图 1-2)。

台秤:称量 10~15kg,精度 5g (1~

15kg);

烘箱:能控制温度在 105~110℃。

料盘:大小适当。

工具:挖土铲,料勺,尺等。

#### 2) 环境

室内工作在常温下进行。

### (4) 取样及制备要求

1) 每组 1 点。

2) 取样频率按验收规范执行,市政工程路基每 1000m<sup>2</sup> 每层取一组。

3) 取样要有代表性。

### (5) 操作步骤

#### 1) 确定灌砂筒下部圆锥体内量砂的质量

①在灌砂筒上部储砂筒内装满量砂,筒内量砂的高度与筒顶的距离不超过 15mm,称重  $m_1$ ,准确至 1g。每次标定及而后的试验都维持这个质量不变。

②将开关打开,让砂流出,并使流出砂的体积与工地所挖试坑的体积相当(或与标定罐体积相当)。然后关上开关,称量筒及余砂质量  $m_5$ ,准确至 1g。

③将灌砂筒放在玻璃板上,打开开关,让砂流出,直到筒内砂不再下流时,关上开关,细心取走灌砂筒。

④收集并称量玻璃板上的量砂  $m_{2i}$ 或称量筒及余砂质量  $m_5'$ ,准确至 1g( $m_{2i} = m_5 - m_5'$ )。玻璃板上的量砂就是填满灌砂筒下部圆锥体的量砂。

⑤重复上述过程三次,取平均值  $m_2$ ,准确至 1g。

#### 2) 标定量砂的密度

①在灌砂筒上部储砂筒内装入质量为  $m_1$  的量砂,将灌砂筒放在标定罐上,打开开关,让砂流

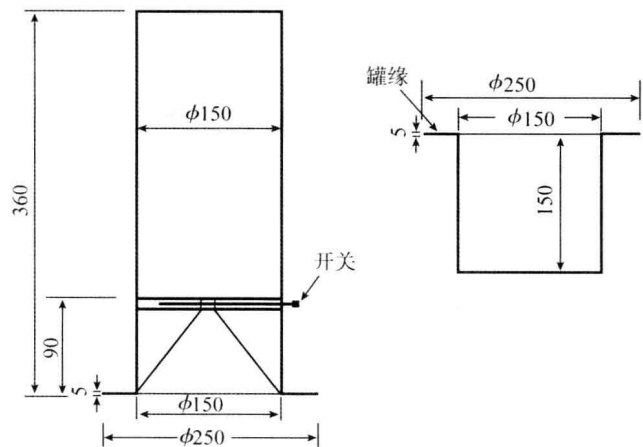


图 1-2 灌砂筒

出,直到筒内砂不再下流时,关上开关,取下灌砂筒,称量筒及余砂质量  $m_{3i}$ ,准确至 1g。

②重复上述过程三次,取平均值  $m_3$ ,准确至 1g。

③按下式计算填满标定罐所需量砂的质量  $m_a$ :

$$m_a = m_1 - m_3 - m_2 \quad (1-18)$$

④用水确定标定罐的体积。

将空罐放在称台上,使罐上口处于水平位置,称量罐的质量  $m_7$ ,准确至 1g。罐顶放一直尺,慢慢加水至水面刚好接触直尺,移去直尺,称量罐和水的总质量  $m_8$ ,并测量水温。重复三次,取平均值。重复测量时仅需用吸管从罐中吸取少量水,并用滴管重新将水加满至接触直尺。标定罐的体积按下式计算:

$$V = (m_8 - m_7) / \rho_{\text{水}} \quad (1-19)$$

⑤按下式计算量砂的密度  $\rho_s$  ( $\text{g}/\text{cm}^3$ ):

$$\rho_s = m_a / V \quad (1-20)$$

3) 灌砂法试验步骤:

①选择一个尺寸为 40cm × 40cm 的平坦表面,清扫干净,放上基板,将装有适量量砂的灌砂筒(质量为  $m_5$ )放在基板中心圆孔上,打开开关,至筒内砂不再流动,关上开关,取走灌砂筒并称其质量  $m_6$ ,准确至 1g。

②取走基板,回收量砂,重新将表面清扫干净。将基板放在原位上,沿基板圆孔边凿洞,直径控制在比基板圆孔直径稍小,随时取出凿松的料,小心放入塑料袋中以防丢失,密封以防失水。洞深控制在标定灌深度左右为宜。凿毕清空松料后,称全部取出料质量  $m_1$ 。

③如果所选表面非常平整,则可不用基板,直接挖坑测定。需注意所挖坑要圆整,直径比灌砂筒稍小。

④从全部取出料中取有代表性样品测其含水量  $w$ 。细粒土不小于 100g,粗粒土不宜小于 1 000g。

$$w = (m_{\text{湿}} - m_{\text{干}}) / m_{\text{干}} \times 100\% \quad (1-21)$$

⑤将灌砂筒(质量  $m_1$ )放在对准试坑的基板中心圆孔上(不用基板时直接放试坑上),打开开关,至筒内砂不再流动,关上开关,取走灌砂筒,称量筒及余砂质量  $m_4$ ,准确至 1g。

⑥回收量砂以备后用。若量砂的湿度已变化或混有杂质,则应烘干过筛,并放置一段时间与空气湿度平衡后再用。

⑦如试坑中颗粒间有较大孔隙,量砂可能进入孔隙时,则应按试坑外形,松弛地放入一层柔软的纱布,再进行灌砂测定。

⑧填满试坑所需量砂的质量  $m_b$  按下式计算:

$$\text{有基板: } m_b = m_1 - m_4 - (m_5 - m_6) \quad (1-22)$$

$$\text{无基板: } m_b = m_1 - m_4 - m_2 \quad (1-23)$$

(6) 数据处理与结果判定

1) 试样的湿密度  $\rho$  ( $\text{g}/\text{cm}^3$ ),应按下式计算,准确至 0.01  $\text{g}/\text{cm}^3$ :

$$\rho = m_1 / (m_b / \rho_s) \quad (1-24)$$

2) 试样的干密度  $\rho_d$  ( $\text{g}/\text{cm}^3$ ),应按下式计算,准确至 0.01  $\text{g}/\text{cm}^3$ :

$$\rho_d = \rho / (1 + 0.01w) \quad (1-25)$$

3) 试样的压实度,应按下式计算:

$$\text{压实度} = \rho_d / \rho_{\text{最大}} \times 100\% \quad (1-26)$$

## 四、标准击实

### 1. 概念

所谓标准击实试验其目的是求得土样的最大干密度和最佳含水量。最大干密度表示在一定击实功下某土样所能达到的干密度最大值,而达到最大干密度所对应的含水量即为某土样的最佳含水量。

标准击实分轻型和重型两种,单位体积击实功分别为:轻型—— $592.2\text{kJ/m}^3$ ;重型—— $2\,684.9\text{kJ/m}^3$ 。轻型击实适用于粒径小于 $5\text{mm}$ 的黏性土,重型击实适用于粒径不大于 $20\text{mm}$ 的土,当采用三层击实时,最大粒径不大于 $40\text{mm}$ 。

2. 检测依据

《土工试验方法标准》GB/T 50123—1999

3. 仪器设备及环境

(1) 仪器设备

1) 标准击实仪:重型、轻型,由击实筒、击锤和导筒组成(表 1-3、图 1-3)。

标准击实仪技术条件

表 1-3

试验方法	锤底直径 (mm)	锤质量 (kg)	落高 (mm)	击实筒			护筒高度 (mm)
				内径 (mm)	筒高 (mm)	容积 ( $\text{cm}^3$ )	
轻型	51	2.5	305	102	116	947.4	50
重型	51	4.5	457	152	116	2\,103.9	50

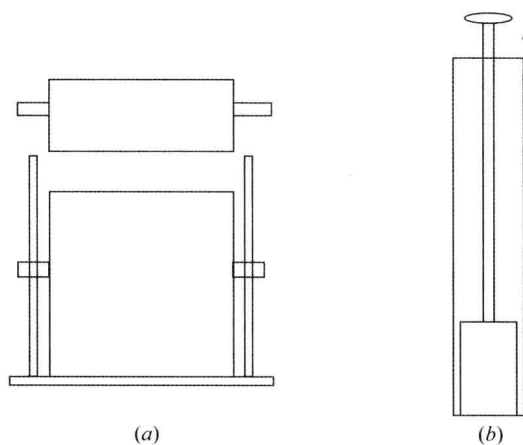


图 1-3 击实仪简图

(a) 击实筒;(b) 击锤与导筒

2) 脱模器。

3) 烘箱:室温约  $300^\circ\text{C}$ ,精度  $2^\circ\text{C}$ 。

4) 天平:感量  $0.01\text{g}$ 。

5) 台秤: $10\text{kg}$ ,感量  $5\text{g}$ 。

6) 其他:喷水设备、盘、铲、量筒、铝盒、修土刀等。

(2) 环境

在室内常温条件下进行。

4. 取样及制备要求

(1) 干土法(土样重复使用)

取有代表性的风干或  $50^\circ\text{C}$  下烘干试样,碾碎,过筛,用四分法取样,大筒  $6.5\text{kg}$ ,小筒  $3\text{kg}$ 。估计土样现有含水量,适量加水至五级含水量中最低一级含水量,充分拌合,闷料一夜备用。

(2) 干土法(土样不重复使用)

用四分法取 5 个样,按 2% ~ 3% 含水量间隔分别加入不同量的水,充分拌合,闷料一夜备用。

### (3) 湿土法(土样不重复使用)

对于高含水量土,不用过筛,拣去大于 40mm 粗石子并进行修正(参见 JTGE 40—2007)。以天然含水量土样作为第一个土样,可直接用于击实。其余几个试样分别风干,使含水量按 2% ~ 3% 递减。

### 5. 操作步骤

(1) 将准备好的一份试样分 3 ~ 5 次加入装好套模的击实筒内,使每一层击实后的试样层高略高于筒高的 1/3 或 1/5。每一层按规定次数击实后,应拉毛该层表面,再加入下一层料进行下一层击实。击实结束后,试样应高出筒顶 2 ~ 5mm。

轻型击实分三层,每层击实 25 次。

重型击实分五层,每层击实 56 次。

或分三层,每层击实 94 次。

(2) 脱去套筒,用修土刀齐筒顶仔细削平试样表面,拆除底板,擦净筒外壁,称量  $m_1$ ,精确到 1g。

(3) 用脱模器脱出筒内试样,从试样中心处取样测其含水量。素土一般取 20 ~ 30g 两份,其他试样按最大粒径的大小,适当增加取样数量,取一份。

也可整个试样全部烘干来测其含水量。

称量 100g 以内精确到 0.01g,称量 100g 以上精确到 0.1g,称量 1000g 以上精确到 1g。含水量精确到 0.1%。

(4) 按上述步骤击实其他几个试样。

### 6. 数据处理与结果判定

#### (1) 计算

$$\text{湿密度} \quad \rho = (m_1 - m_0) / V \quad (1-27)$$

式中  $m_0$  —— 击实筒重;

$V$  —— 体积。

$$\text{干密度} \quad \rho_d = \rho / (1 + w) \quad (1-28)$$

#### (2) 确定最大干密度和最佳含水量

以干密度为纵坐标,含水量为横坐标,绘制干密度与含水量的关系曲线,曲线上峰值的纵、横坐标分别为该试样的最大干密度和最佳含水量。

标准击实 GB/T 50123—1999 与 JTGE 40—2007 的主要区别在于击实仪尺寸及击实功稍有不同。

## 五、界限含水率试验(液塑限联合测定法)

### 1. 概念

界限含水率试验的目的是测定土样的液限和塑限,塑限是土样从固体颗粒不可塑状态变为塑性状态的含水率界限,而液限则是土样从塑性状态变为液性状态的含水率界限。本方法适用于粒径小于 0.5mm 以及有机质含量不大于 5% 的土。

### 2. 检测依据

《土工试验方法标准》GB/T 50123—1999

### 3. 仪器设备及环境

#### (1) 仪器设备

1) 液塑限联合测定仪:包括带标尺的圆锥仪、电磁铁、显示屏、控制开关和试样杯。圆锥质量



为 76g, 锥角为  $30^\circ$ ; 读数显示宜采用光电式、游标式和百分表式; 试样杯内径为 40mm, 高度为 30mm(图 1-4)。

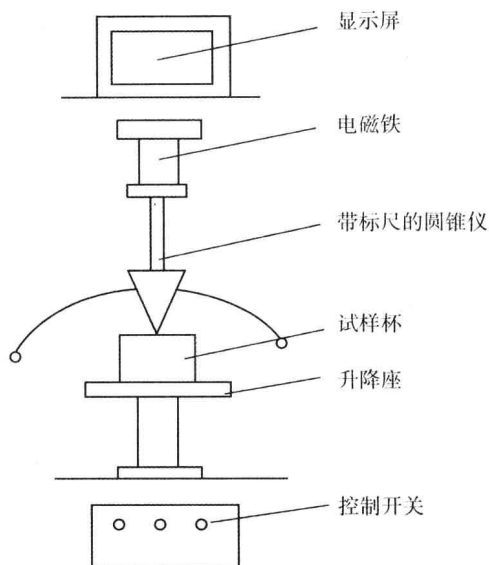


图 1-4 液塑限联合测定仪

2) 天平: 量程 200g, 最小分度值 0.01g。

(2) 环境

在室内常温下进行。

4. 取样及制备要求

(1) 本试验宜采用天然含水率试样, 当土样不均匀时, 采用风干试样, 当试样中含有粒径大于 0.5mm 的土粒和杂质时, 应过 0.5mm 筛。

(2) 采用天然含水率试样时, 取代表性土样 250g; 采用风干试样时, 取 0.5mm 筛下的代表性土样 200g; 将试样放在橡皮板上用纯水将土样调成均匀膏状, 放入调土皿, 浸润过夜。

5. 操作步骤

(1) 将制备的试样充分调拌均匀, 填入试样杯中, 填样时不应留有空隙, 对较干的试样, 应充分搓揉, 密实地填入试样杯中, 填满后刮平表面。

(2) 将试样杯放在联合测定仪的升降台上, 在圆锥上抹一薄层凡士林, 接通电源, 使电磁铁吸住圆锥。

(3) 调节零点, 将屏幕上的标尺调到零位, 调整升降座, 使圆锥尖接触试样表面, 指示灯亮时圆锥在自重下沉入试样, 经 5s 后测读下沉深度(显示在屏幕上), 取出试样杯, 挖去锥尖入土处的凡士林, 取锥体附近的试样不少于 10g, 放入铝盒内, 测定其含水率。

(4) 将试样再加水或吹干并调匀, 重复步骤(3)测定第二点、第三点试样的圆锥下沉深度及相应的含水率。液、塑限联合测定应不少于 3 点。3 点入土深度宜控制在 3~4mm、7~9mm、15~17mm 左右。

6. 数据处理与结果判定

(1) 以含水率的对数为横坐标, 圆锥入土深度的对数为纵坐标绘制关系曲线(图 1-5)。3 点应在一直线上, 如图 1-5 中 A。当 3 点不在一条直线上时, 通过高含水率的点分别与其余两点连成两条直线, 在入土深度为 2mm 处查得 2 个含水率, 当这两个含水率的差值小于 2% 时, 应以其平均值与高含水率点再连一条直线作为结果, 如图 1-5 中 B; 当这两个含水率的差值不小于 2% 时, 应重作试验。