

工程材料与试验

GONGCHENG CAILIAO YU SHIYAN

● 主编 唐 辉



WUHAN UNIVERSITY PRESS

武汉大学出版社

工程材料与试验

主编 唐 辉

主审 高 勇 杨崇勇 唐松荣



WUHAN UNIVERSITY PRESS

武汉大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

工程材料与试验/唐辉主编. —武汉:武汉大学出版社,2015.3
ISBN 978-7-307-15436-0

I.工… II.唐… III.工程材料—材料试验—教材 IV.TB302

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 056490 号

责任编辑:刘小娟

责任校对:方竞男

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:虎彩印艺股份有限公司

开本:787×1092 1/16 印张:9 字数:225 千字

版次:2015 年 3 月第 1 版 2015 年 3 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-307-15436-0 定价:26.00 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。

前 言

随着我国经济体制改革及产业结构调整的不断深化,我国开始由生产型大国向技术型大国转变。伴随这一转变的不断推进,全社会对高技术人才特别是应用型、技能型人才的需求将出现越来越大的缺口。为适应我国经济社会改革发展的需要,中等职业学校的改革势在必行。按照中华人民共和国教育部、人力资源和社会保障部、财政部《关于实施国家中等职业教育改革发展示范学校建设计划的意见》(教成〔2010〕9号)的要求,中等职业学校应建立由企业、学校和有关社会组织等多方参与的教材建设机制,针对岗位技能要求变化,在现有教材基础上开发补充性、更新性和延伸性的教辅资料;依托企业研发适应新兴产业、新职业和新岗位的校本教材。创新教材展示方式,实现教材、教辅、教具、学具、课件和网站等多种介质的立体化融合。

本书是在大量的企业岗位能力需求调研的基础上,结合学校软硬师资条件和学生实际基础编写而成的。本书摒弃了传统教材单方面强调理论的缺陷,本着“理论够用,技能为先”的原则,注重学生综合能力的培养;在内容的体现形式上,以试验员典型工作为章节,采用任务驱动的形式,实现了“学中做、做中学”的教学模式转变。同时,为进一步降低教与学的难度,学校与企业合作开发了教材中涉及的所有典型试验项目的CAI课件。

本书重点阐明了工程材料相关典型试验,如筛分试验、密度试验、混凝土与砂浆试验、建筑钢材方面试验等。内容上尽可能系统、全面地反映试验目的、仪器设备、实验步骤、结果评定及安全注意事项等,以动手引导知识的学习与掌握;在知识链接中对工程材料学科的基本知识及新成就、新技术和新标准等作针对性的重点介绍,为学生的知识升华与能力拓展提供了可能。本书还收录了各种生产性试验表格和仪器设备的实际操作规程,目的在于使教与学更贴近现场生产实际,让学生真正掌握实际生产过程中主要工程材料的性质、制备和使用方法,以及质量检测与控制方法。

本书以典型试验项目为例,知识体系简明扼要、浅显易懂,便于学习。本书可供土木建筑工程相关专业的中等职业学校学生、高等学校自学学生参考使用,也可供水泥与混凝土企业及土木建筑工程的技术人员培训使用。

本书由凉山州职业技术学校唐辉担任主编。凉山州职业技术学校校长高勇,高级讲师杨崇勇,中铁八局集团有限公司高级工程师、一级建造师唐松荣担任本书主审。

由于编者水平有限,本书错误和不足之处在所难免,敬请读者批评指正。

编 者

2015年1月

目 录

项目一 岩土	(1)
任务一 土的筛分试验	(3)
任务二 密度试验	(5)
任务三 含水率试验(烘干法)	(9)
任务四 击实试验	(9)
任务五 土的承载比试验	(12)
任务六 液限、塑限试验	(14)
任务七 岩石单轴抗压强度试验	(17)
项目二 细骨料	(23)
任务一 颗粒级配试验	(24)
任务二 细骨料含泥量和泥块含量试验	(26)
任务三 细骨料含水率试验	(27)
任务四 细骨料表观密度试验	(28)
项目三 粗骨料	(31)
任务一 粗骨料筛分试验	(32)
任务二 粗骨料含泥量和泥块含量试验	(34)
任务三 粗骨料表观密度试验	(35)
任务四 粗骨料体积密度与空隙率试验	(37)
项目四 水泥	(40)
任务一 水泥细度试验	(40)
任务二 水泥标准稠度用水量试验(标准法)	(42)
任务三 水泥凝结时间试验	(44)
任务四 水泥体积安定性试验(标准法)	(46)
任务五 水泥胶砂强度试验	(47)
项目五 砌筑砂浆	(61)
任务一 砂浆凝结时间试验	(61)
任务二 砂浆稠度试验	(63)
任务三 砂浆抗压强度试验	(64)
任务四 砂浆拉伸黏结强度试验	(65)

项目六 混凝土	(72)
任务一 坍落度试验	(72)
任务二 维勃稠度试验	(73)
任务三 混凝土立方体抗压强度试验	(74)
任务四 混凝土抗渗试验	(77)
任务五 混凝土抗折强度试验	(80)
项目七 建筑钢材.....	(103)
任务一 拉伸试验.....	(105)
任务二 弯曲疲劳试验.....	(107)
任务三 钢筋焊接接头试验.....	(109)
附录.....	(118)
附录一 实验室注意事项.....	(118)
附录二 原材料的技术要求及取样方法.....	(118)
附录三 实验报告表.....	(123)
参考文献.....	(136)

项目一 岩 土

一、适用范围

本作业指导书适用于实验室对现场原状土和扰动土的含水率、密度、击实、回弹模量试验。同时应符合国家现行有关强制性标准的规定。

二、引用标准

- (1)《土工试验方法标准[2007 版]》(GB/T 50123—1999)。
- (2)《土的工程分类标准》(GB/T 50145—2007)。
- (3)《岩土工程仪器基本参数及通用技术条件》(GB/T 15406—2007)。
- (4)《工程岩体试验方法标准》(GB/T 50266—2013)。

三、试样制备

1. 仪器设备

- (1)分析筛:孔径为 2.0mm、5.0mm,如图 1-1 所示。
- (2)天平(图 1-2):称量 5000g,最小分度值为 1g;称量 1000g,最小分度值为 0.1g;称量 200g,最小分度值为 0.01g。
- (3)环刀(图 1-3):不锈钢制成,内径 61.8mm 和 79.8mm,高 20mm;内径 61.8mm,高 40mm。

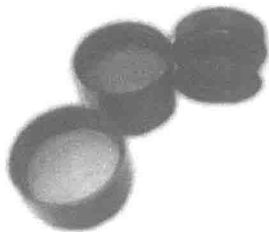


图 1-1 分析筛

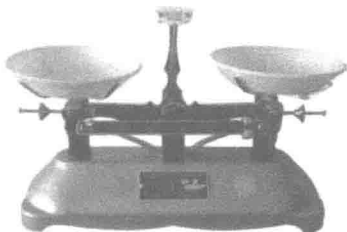


图 1-2 天平

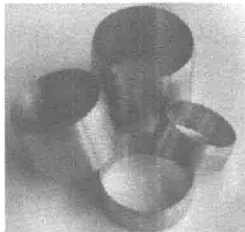


图 1-3 环刀

- (4)压样器:包括活塞和推土器,如图 1-4 所示。
- (5)其他:包括干燥器、保湿缸、切土刀、碎石器、凡士林等。

2. 扰动土试样制备步骤

(1)对土样的颜色、土类、气味及夹杂物等进行描述,并将土样切成碎块,拌和均匀,取代表性土样,测定其含水率。

(2)对均匀和含有机质的土样,宜采用天然含水率状态下的代表性土样,做颗粒分析、界限含水率试验。对非均质土样,应根据试验项目取足够数量的代表性土样,置于通风处晾干至可碾散为止。

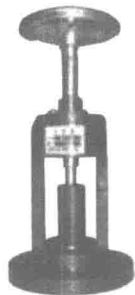


图 1-4 压样器

(3)将风干或烘干的土样放在橡皮板上用木碾碾散,对不含砂和砾的土样,可用碎土器碾散(碎土器不得将土粒破碎)。

(4)将碾散后的土样通过孔径为 2mm 或 5mm 的筛,取筛下足够试验用的土样,充分拌匀,测定风干含水率,装入保湿缸或塑料袋内备用。

(5)根据试验所需的土量与含水率,制备试样所需的加水量应按下式计算:

$$m_w = \frac{m_0}{1 + 0.01w_0} \times 0.01(w_l - w_0)$$

式中 m_w ——制备试样所需的加水量, g;

m_0 ——湿土(或风干土)质量, g;

w_0 ——湿土(或风干土)含水率, %;

w_l ——制样要求的含水率, %。

(6)称取过筛的风干土样平铺于搪瓷盘内,将水均匀喷洒于土样上,充分拌匀后装入盛土容器内盖紧,润湿一昼夜,砂土的润湿时间可酌减。

(7)测定润湿土样不同位置处的含水率,不应少于两处,当试样的含水率与要求的含水率之差超过 1% 时,应适当增减土中水分。

(8)试样制备数量视需要而定,宜多制备 1~2 个,扰动土样同一组试样的密度与要求的密度之差不得大于 $\pm 0.01 \text{g/cm}^3$, 一组试样的含水率与要求的含水率之差不得大于 $\pm 1\%$ 。

(9)根据环刀容积及所需的干密度,制样所需的湿土量应按下式计算:

$$m_0 = (1 + 0.01w_0) \rho_d V$$

式中 m_0 ——湿土(或风干土)质量, g;

w_0 ——湿土(或风干土)含水率, %;

ρ_d ——试样的干密度, g/cm^3 ;

V ——试样体积(环刀容积), cm^3 。

(10)扰动土制样可采用击样法和压样法。

①击样法:将根据环刀容积和要求干密度所需质量的湿土倒入装有环刀的击样器内,击实到所需密度。

②压样法:将根据环刀容积和要求干密度所需质量的湿土倒入装有环刀的压样器内,以静压力通过活塞将土样压紧到所需密度。

(11)取出带有试样的环刀,称取环刀和试样的总质量,精确至 0.1g。对不需要饱和,且应立即进行试验的试样,应存放在保湿缸内备用。

3. 原状土试样制备步骤

(1)根据力学试验项目要求,制备样同一组试样间密度的允许差值为 0.03g/cm^3 , 含水率差值不应大于 2%。

(2)将土样筒按标明的上、下方向放置,剥去蜡皮和胶带,开启土样筒取出土样。检查土样情况,当确定土样已扰动或取土质量不符合规定(如土样结构受到破坏、土样直径小于制样要求尺寸等)时,不应制备力学试验的试样。

(3)整平土样两端,将土样放正,切土方向应与土样的天然沉积方向一致。

(4)将环刀的内壁涂一薄层凡士林,刀口向下放在土样上,用切土刀将土样切削成略大于

环刀直径的土柱。边垂直下压环刀边切削土柱至伸出环刀为止。

(5)用钢丝锯或切刀将环刀与土柱分离,削去两端余土并修平。切削过程中应细心观察土样的情况,并描述试样的层次、气味、颜色,有无夹杂物,土质是否均匀等。

(6)切取软塑的细粒土,当土样竖直放置易产生堆瘫时,可将土样水平放置,切成略大于环刀高度的土样段,用环刀一次压入制成试样。

(7)切取试样后剩余的原状土样应装入原筒并用碎土将四周填紧,或用蜡纸包好放在保湿缸内,以备补做试验时用。切好的试样,若不立即进行试验和无须饱和,则应将其暂存于保湿缸内。

四、职业健康安全注意事项

当用干法制备试样时,应注意防尘。做好自我防护,严格执行相关操作规程,以确保试验及人员安全。

五、环境保护注意事项

对于试样,特别是具有放射性和含有毒物质的土样,或取自瘟疫流行区和农业病虫害流行区的土样,试验完毕应集中堆放,统一处理。

任务一 土的筛分试验

颗粒分析试验一般用筛分法、密度计法和移液管法测定。其中筛分法是利用一套孔径不同的标准筛,来分离一定量的砂性土中与筛孔相应的粒组,而后称重,计算各粒组的重量百分比,确定砂性土的粒度成分。

一、仪器设备

(1)分析筛:粗筛,孔径为 60mm、40mm、20mm、10mm、5mm、2mm;细筛,孔径为 2.0mm、1.0mm、0.5mm、0.25mm、0.075mm。

(2)天平:称量 5000g,最小分度值 1g;称量 1000g,最小分度值 0.1g;称量 200g,最小分度值 0.01g。

(3)振筛机(图 1-5):筛析过程中应能上下振动。

(4)其他:烘箱、研钵等。

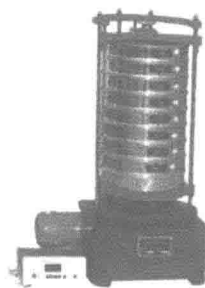


图 1-5 振筛机

二、试验步骤

(1)先用风干法制样,然后从风干松散的土样中,按表 1-1 取试样质量,应精确至 0.1g,试样质量超过 500g 时,应精确至 1g。

表 1-1

筛分法取样质量

颗粒粒径/mm	取样质量/g
<2	100~300
<10	300~1000

续表

颗粒粒径/mm	取样质量/g
<20	1000~2000
<40	2000~4000
<60	>4000

(2)将试样通过 2mm 筛,称取筛上和筛下的试样质量,当筛下的试样质量小于试样总质量的 10%时,不作细筛分析;当筛上的试样质量小于试样总质量的 10%时,不作粗筛分析。

(3)取筛上的试样倒入依次叠好的粗筛中,筛下的试样倒入依次叠好的细筛中,进行筛析。细筛宜置于振筛机上振筛,振筛时间宜为 10~15min。再按由上而下的顺序将各筛取下,称取各级筛上及底盘内试样的质量,应精确至 0.1g。

(4)筛后各级筛上和筛底上试样质量的总和与筛前试样总质量的差值,不得大于试样总质量的 1%。

注:根据土的性质和工程要求可适当增减不同筛径的分析筛。

三、含有细粒土颗粒的砂土的筛分法试验步骤

(1)按表 1-1 取试样,置于盛水容器中充分搅拌,使试样的粗、细颗粒完全分离。

(2)将容器中的试样悬液通过 2mm 筛,取筛上的试样烘至恒量(恒量是指试样在烘干 1~3h 的情况下,其前后质量之差不大于该项试验所要求的称量精度),称取烘干试样质量,精确至 0.1g。

(3)将粒径大于 2mm 的烘干试样倒入依次叠好的粗筛的最上层筛中,进行粗筛分析。由最大孔径的筛开始,按顺序将各筛取下,称取留在各级筛上及底盘内试样的质量,精确至 0.1g。

(4)取通过 2mm 筛下的试样悬液,用带橡皮头的研杆研磨,然后通过 0.075mm 筛,并将留在 0.075mm 筛上的试样烘干至恒量,称取烘干试样质量,精确至 0.1g。

(5)将粒径大于 0.075mm 的烘干试样倒入依次叠好的细筛的最上层筛中,进行细筛分析。细筛宜置于振筛机上进行振筛,振筛时间一般为 10~15min。

(6)当粒径小于 0.075mm 的试样质量大于试样总质量的 10%时,应采用密度计法或移液管法测定小于 0.075mm 的颗粒组成。

四、结果计算与评定

(1)按下式计算小于某粒径的试样质量占试样总质量的百分数:

$$X = \frac{m_A}{m_B} \cdot D_x$$

式中 X——小于某粒径的试样质量占试样总质量的百分数,%。

m_A ——小于某粒径的试样质量,g。

m_B ——当进行细筛分析时或用密度计法分析时所取试样质量,进行粗筛分析时则为试样总质量,g。

D_x ——粒径大于 2mm 或粒径小于 0.075mm 的试样质量占总质量的百分数,%。如试

样中无大于 2mm 的粒径或无小于 0.075mm 的粒径,在进行粗筛分析时则 $D_x = 100\%$ 。

(2)绘制颗粒大小分布曲线。以小于某粒径的试样质量占试样总质量的百分比为纵坐标,以粒径在对数横坐标上进行绘制,求出各粒组的颗粒质量百分比,列于表 1-2 中。

表 1-2 颗粒大小分析试验(筛分法)记录表

姓名_____					班级_____				
学号_____					日期_____				
粗筛分析					细筛分析				
孔径/ mm	留筛 土重/g	小于该孔径 的土重/g	小于该孔径的 土重百分比/%	占总土重 百分比/%	孔径/ mm	留筛 土重/g	小于该孔径 的土重/g	小于该孔径的 土重百分比/%	占总土重 百分比/%
60					2				
40					1.0				
20					0.5				
10					0.25				
5					0.075				
2					筛下				
底									
备注及评语									

(3)必要时计算级配指标。

任务二 密度试验

(1)人员:经过培训,取得上岗资格的试验员两名。

(2)材料:

- ①凡士林;
- ②石蜡;
- ③与试坑大小相等的塑料薄膜袋;
- ④量砂设备一套;
- ⑤粒径为 0.25~0.5mm 的标准砂。

一、环刀法

环刀法适用于细粒土密度的检测。

1. 仪器设备

(1)环刀:内径 61.8mm 和 79.8mm,高 20mm。

(2)天平:称量 500g,最小分度值为 0.1g;称量 200g,最小分度值为 0.01g。

2. 试验步骤

根据试验要求用环刀切取试样时,应在环刀内壁涂一薄层凡士林,刃口向下放在土样上,

将环刀垂直下压,并用切土刀沿环刀外侧切削土样,边压边削至土样高出环刀。根据试样的软硬采用钢丝锯或切土刀整平环刀两端土样,擦净环刀外壁,称取环刀和土的总质量。

3. 结果计算与评定

(1) 试样的湿密度应按下式进行计算:

$$\rho_0 = \frac{m_0}{V}$$

(2) 试样的干密度应按下式进行计算:

$$\rho_{d1} = \frac{\rho_0}{1 + 0.01w_0}$$

(3) 本试验应进行两次平行测定,两次测定的差值不得大于 $0.03\text{g}/\text{cm}^3$,取两次测定值的平均值。

二、蜡封法

蜡封法适用于易破裂土和形状不规则的坚硬土。

1. 仪器设备

(1) 蜡封设备:应附熔蜡加热器。

(2) 天平:称量 500g ,最小分度值为 0.1g ;称量 200g ,最小分度值为 0.01g 。

2. 试验步骤

(1) 从原状土样中,切取体积不小于 30cm^3 的代表性试样,清除表面浮土及尖锐棱角,系上细线,称取试样质量,精确至 0.01g 。

(2) 持线将试样缓缓浸入刚过熔点的蜡液中,浸没后立即提出,检查试样周围的蜡膜,当有气泡时应用针刺破,再用蜡液补平,冷却后称取蜡封试样质量。

(3) 将蜡封试样挂在天平的一端,浸没于盛有纯水的烧杯中,称取蜡封试样在纯水的质量,并测定纯水的温度。

(4) 取出试样,擦干蜡面上的水分,再称取蜡封试样质量。若浸水后试样质量增加,则应另取试样重做试验。

3. 结果计算与评定

(1) 试样的密度应按下式进行计算:

$$\rho_0 = \frac{m_0}{\frac{m_n - m_{nw}}{\rho_{wt}} - \frac{m_n - m_0}{\rho_n}}$$

式中 m_n ——蜡封试样质量, g ;

m_{nw} ——蜡封试样在纯水的质量, g ;

ρ_{wt} ——纯水在 $t^\circ\text{C}$ 时的密度, g/cm^3 ;

ρ_n ——蜡的密度, g/cm^3 。

(2) 试样的干密度按上式进行计算。

(3) 本试验应进行两次平行测定,两次测定的差值不得大于 $0.03\text{g}/\text{cm}^3$,取两次测定值的平均值。

三、灌水法

灌水法适用于现场测定粗粒土的密度。

1. 仪器设备

(1) 储水筒: 直径应均匀, 并附有刻度及出水管。

(2) 台秤: 称量 50kg, 最小分度值为 10g, 如图 1-6 所示。

2. 试验步骤

(1) 根据试样的最大粒径, 确定试坑尺寸, 见表 1-3。

表 1-3

试坑尺寸

(单位: mm)

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



图 1-6 台秤

(2) 将选定试验处的试坑地面整平, 除去表面松散的土层。

(3) 按确定的试坑直径画出坑口轮廓线, 在轮廓线内下挖至要求深度, 边挖边将坑内的试样装入盛土容器内, 称取试样质量, 精确至 10g, 并应测定试样的含水率。

(4) 试坑挖好后, 放上相应尺寸的套环, 用水准尺找平, 将大于试坑容积的塑料薄膜袋平铺于坑内, 翻过套环压住塑料薄膜袋四周。

(5) 记录储水筒内初始水位高度, 拧开储水筒出水管开关, 将水慢慢注入塑料薄膜袋中。当袋内水面接近套环边缘时, 将水流调小, 直至袋内水面与套环边缘齐平时关闭出水管, 持续 3~5min, 记录储水筒内水位高度。当袋内水面下降时, 应另取塑料薄膜袋重做试验。

3. 结果计算与评定

(1) 试坑的体积应按下式进行计算:

$$V_p = (H_1 - H_2) \cdot A_w - V_0$$

书中 V_p ——试坑体积, cm^3 ;

H_1 ——储水筒内初始水位高度, cm ;

H_2 ——储水筒内注水结束时水位高度, cm ;

A_w ——储水筒断面积, cm^2 ;

V_0 ——套环体积, cm^3 。

(2) 试坑的密度应按下式进行计算:

$$\rho_0 = \frac{m_p}{V_p}$$

式中 m_p ——取自试坑内的试样质量, g 。

四、灌砂法

灌砂法适用于现场测定粗粒土的密度。

1. 仪器设备

(1) 密度测定器:由容砂瓶、灌砂漏斗和底盘组成。

(2) 天平:称量 10kg,最小分度值为 5g;称量 500g,最小分度值为 0.1g。

2. 试验步骤

(1) 将标准砂清洗至洁净,粒径宜选用 0.25~0.50mm,密度宜选用 1.47~1.61g/cm³。

(2) 组装容砂瓶与灌砂漏斗,螺纹连接处应旋紧,称取其质量。

(3) 将密度测定器竖立,灌砂漏斗口向上,关闭阀门,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内,继续向灌砂漏斗内灌砂,砂逐渐漏入容砂瓶内,当砂停止流动时迅速关闭阀门,倒掉灌砂漏斗内多余的砂,称取容砂瓶、灌砂漏斗和标准砂的总质量,精确至 5g。试验中应避免振动。

(4) 倒出容砂瓶内的标准砂,通过灌砂漏斗向容砂瓶内注水至水面高出阀门,关闭阀门,倒掉灌砂漏斗中多余的水,称取容砂瓶、灌砂漏斗和水的总质量,精确至 5g,并测定水温,精确至 0.5℃。重复测定 3 次,3 次测定值之间的差值不得大于 3mL,取 3 次测定值的平均值。

(5) 按步骤挖好规定的试坑尺寸,并称取试样质量。

(6) 向容砂瓶内注满砂,关闭阀门,称取容砂瓶、灌砂漏斗和标准砂的总质量,精确至 10g。

(7) 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,在注砂过程中不应振动。当砂注满试坑时关闭阀门,称取容砂瓶、灌砂漏斗和余砂的总质量,精确至 10g,并计算注满试坑所用的标准砂质量。

3. 结果计算与评定

(1) 容砂瓶的容积应按下式进行计算:

$$V_r = \frac{m_{r2} - m_{r1}}{\rho_{wr}}$$

式中 V_r ——容砂瓶容积, mL;

m_{r2} ——容砂瓶、灌砂漏斗和水的总质量, g;

m_{r1} ——容砂瓶和灌砂漏斗的总质量, g;

ρ_{wr} ——不同水温时水的密度, g/cm³。

(2) 标准砂的密度应按下式进行计算:

$$\rho_s = \frac{m_{rs} - m_{r1}}{V_r}$$

式中 ρ_s ——标准砂的密度, g/cm³;

m_{rs} ——容砂瓶、灌砂漏斗和标准砂的总质量, g。

(3) 试样的密度应按下式进行计算:

$$\rho_l = \frac{m_p}{\frac{m_s}{\rho_s}}$$

式中 m_s ——注满试坑所需标准砂的质量, g。

(4) 试样的干密度应按下式进行计算:

$$\rho_d = \frac{\frac{m_p}{1 + 0.01w_l}}{\frac{m_s}{\rho_s}}$$

任务三 含水率试验(烘干法)

一、仪器设备

(1)电热烘箱:控制温度为 105~110℃,如图 1-7 所示。



图 1-7 电热烘箱

(2)天平:称量 200g,最小分度值为 0.01g;称量 1000g,最小分度值为 0.1g。

(3)称量盒。

二、试验步骤

(1)选取具有代表性的试样 15~30g(有机质土、砂类土和整体状构造冻土为 50g),放入称量盒内,盖上盒盖,称取称量盒与湿土的质量,精确至 0.01g。

(2)打开盒盖,将称量盒置于烘箱内,在 105~110℃的恒温下烘至恒量。对有机质质量超过干土质量 5%的土,应将温度控制在 65~70℃的恒温下烘至恒量。

(3)将称量盒从烘箱中取出,盖上盒盖,放入干燥器内冷却至室温,称取称量盒与干土的质量,精确至 0.01g。

三、结果计算与评定

(1)土的含水率是指土在烘至恒量时所失去的水分质量与干土质量的比值,以百分数表示,精确至 0.1%,即:

$$w_h = \frac{m_0 - m_d}{m_d} \times 100\%$$

式中 w_h ——含水率,%,精确至 0.1%;

m_d ——干土质量,g;

m_0 ——湿土质量,g。

(2)本试验必须对两个试样进行平行测定,测定的差值:当含水率大于等于 40%时为 2%,对层状构造和网状构造的冻土不大于 3%。取两个测定值的平均值,以百分数表示。

任务四 击实试验

击实试验是测定试样在标准击实功作用下含水率与密度之间的关系,从而确定该试样的

最优含水率和最大干密度。轻型击实试验适用于粒径小于 5mm 的黏性土。重型击实试验适用于粒径不大于 20mm 的土。采用三层击实时,最大粒径不大于 40mm。

一、仪器设备

(1)击实仪:包括击实筒、击锤和导筒等主要部件。其规格如表 1-4 所示,实物如图 1-8 所示。

表 1-4 击实仪主要部件规格表

试验方法	击锤			击实筒			导筒高度/mm
	锤底直径/mm	锤质量/kg	落距/mm	内径/mm	筒高/mm	容积/cm ³	
轻型	51	2.5	305	102	116	947.4	50
重型	51	4.5	457	152	116	2103.9	50

击锤可用人工操作或机械操作。击锤应配备导筒,击锤与导筒之间应有足够的间隙使击锤能自由下落;电动操作的击锤必须有控制落距的跟踪装置和锤击点按一定角度(轻型 53.5°、重型 45°)均匀分布的装置(重型击实仪中心点每圈要加一击)。

- (2)推土器:螺旋式推土器或其他适宜的设备。
- (3)天平:称量 200g,最小分度值为 0.01g。
- (4)台秤:称量 10kg,最小分度值为 5g。
- (5)标准筛:孔径为 40mm、20mm 和 5mm。
- (6)其他:碾土设备、喷水设备、切土刀、称量盒、烘箱等。

二、试样制备

1. 干法试样制备

(1)将代表性土样风干或在低于 50℃下烘干。烘干后以不破坏试样的基本颗粒为准。将土碾碎,通过 5mm(重型过 20mm 或 40mm)筛,拌和均匀备用,试样质量最少为 20kg(重型最少为 50kg)。

(2)按烘干法测定试样的风干含水率。按试样的塑限估计最优含水率,在最优含水率附近选择依次相差约 2%的含水率制备一组试样(至少 5 个,其中 2 个含水率大于塑限、2 个小于塑限、1 个接近塑限)。加水量可用下式计算:

$$m'_w = \frac{m_0}{1 + w_0} (w' - w_0)$$

式中 m'_w ——所需加水量,g;
 m_0 ——风干试样质量,g;
 w_0 ——风干试样含水率,%;
 w' ——要求达到的含水率,%。

(3)按预定的含水率制备试样。取试样 2.5kg,平铺于不吸水的平板上,洒水并拌和均匀,

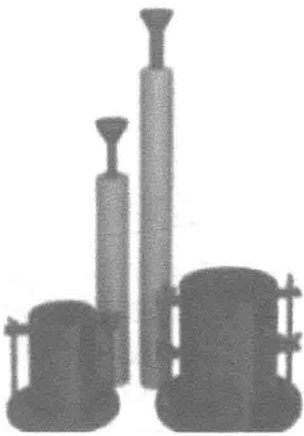


图 1-8 击实仪

然后分别放入有盖的容器里静置备用。高塑性黏性土静置时间不得小于 24h,低塑性黏性土静置时间可缩短,但不应小于 12h。

2. 湿法试样制备

(1)将天然含水率的试样 20kg(重型为 50kg)碾碎,通过 5mm(重型通过 20mm 或 40mm)筛,混合均匀后,按选用击实筒容积取 5 份试样,其中 1 份保持天然含水率,其余 4 份分别风干或加水达到所要求的不同含水率。

(2)将制备好的试样完全拌匀,保证水分均匀分布。

三、试验步骤

(1)将击实仪平稳置于刚性基础上,连接好击实筒与底座,安装好导筒,在击实筒内壁均匀涂一薄层润滑油。称取一定量的试样,倒入击实筒内,分层击实,轻型击实试样为 2~5kg,分 3 层,每层 25 击;重型击实试样为 4~10kg,分 5 层,每层 56 击,分 3 层,每层 94 击。每层试样高度宜相等,两层交界处的土面应刨毛。击实完成时,超出击实筒顶的试样高度应小于 6mm。

(2)卸下导筒,用直刮刀修平击实筒顶部的试样,拆除底板,试样底部若超出击实筒外,也应修平,擦净击实筒外壁,称取击实筒与试样的总质量,精确至 1g。试样的湿密度按下式进行计算:

$$\rho_0 = \frac{m_2 - m_1}{V}$$

式中 ρ_0 ——击实后试样的湿密度, g/cm^3 , 精确至 $0.01\text{g}/\text{cm}^3$;

m_2 ——击实后击实筒与湿试样的质量, g;

m_1 ——击实筒质量, g;

V ——击实筒容积, cm^3 。

(3)用推土器将试样从击实筒中推出,取 2 个代表性试样测定其含水率,2 个含水率的差值应不大于 1%。

(4)按以上步骤进行不同含水率试样的击实试验。

(5)击实后试样的干密度按下式计算:

$$\rho_d = \frac{\rho_0}{1 + 0.01w_i}$$

式中 ρ_d ——击实后试样的干密度, g/cm^3 , 精确至 $0.01\text{g}/\text{cm}^3$;

ρ_0 ——击实后试样的湿密度, g/cm^3 ;

w_i ——某点试样的含水率, %。

(6)干密度和含水率的关系曲线,应在直角坐标纸上绘制。并应取曲线峰值点相应的纵坐标为击实试样的最大干密度,相应的横坐标为击实试样的最优含水率。当关系曲线不能绘出峰值点时,应进行补点,土样不宜重复使用。

(7)气体体积等于零(饱和度 100%)的等值线应按下式计算:

$$w_{\text{set}} = \left(\frac{\rho_w}{\rho_d} - \frac{1}{G_s} \right) \times 100\%$$

式中 w_{set} ——试样的饱和含水率, %;