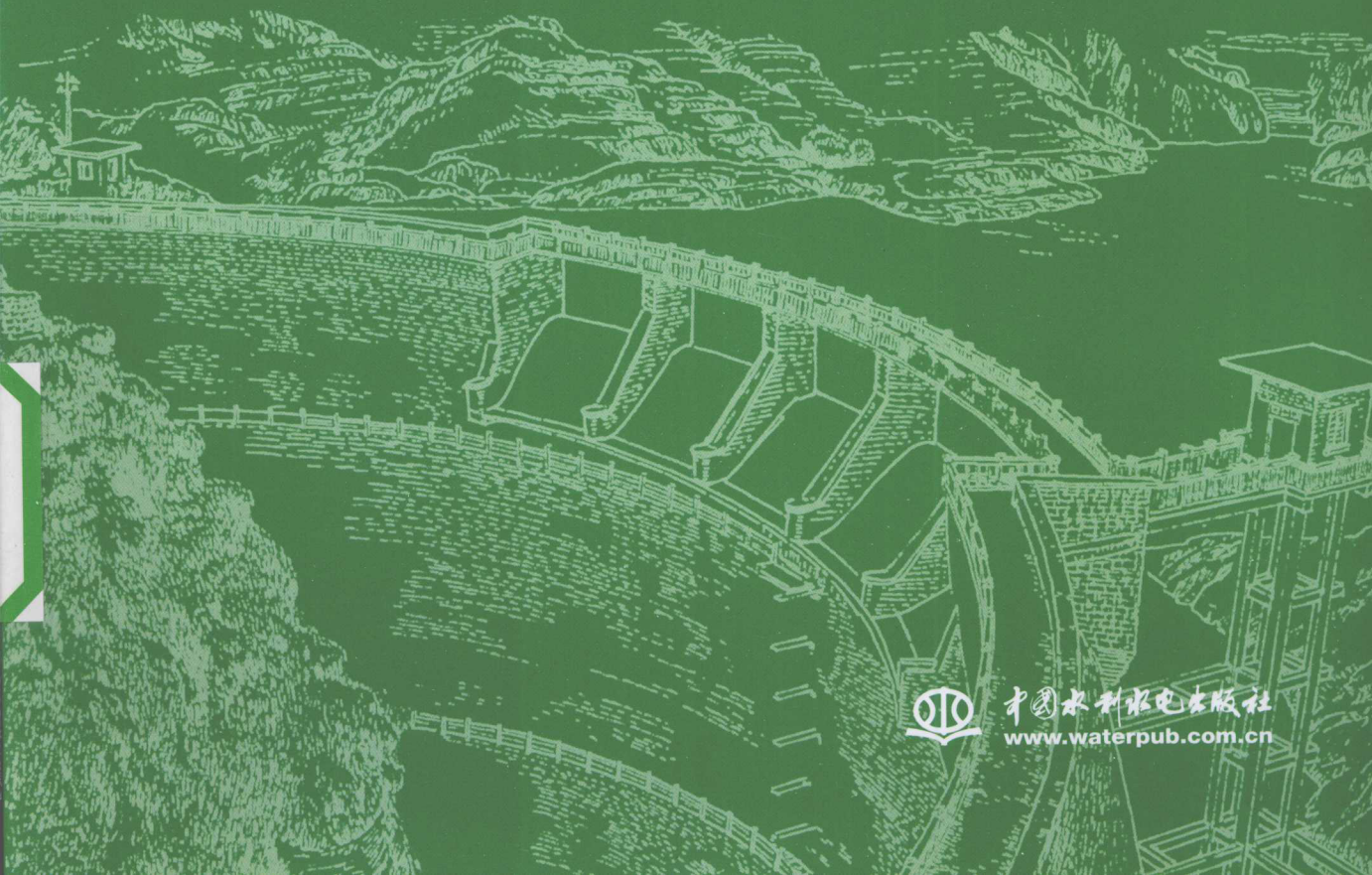


普通高等教育国家级规划配套辅导教材  
高等学校水利学科专业规范核心课程配套教材

# 土力学实验指导

主编 孙红月



中国水利水电出版社  
www.waterpub.com.cn

要 录 容 内

普通高等教育国家级规划配套辅导教材  
高等学校水利学科专业规范核心课程配套教材

# 土力学实验指导

主编 孙红月

主编 孙红月

中国水利水电出版社

地址

ISBN

ISBN 978-7-122-23010-2

中国

清华大学出版社  
中国水利水电出版社  
中国水利水电出版社  
中国水利水电出版社

中国水利水电出版社  
中国水利水电出版社  
中国水利水电出版社

 中国水利水电出版社  
www.waterpub.com.cn

中国水利水电出版社地址：北京... 中国水利水电出版社

## 内 容 提 要

本书介绍了常用的土工试验的原理、试验仪器设备、试验方法及步骤。全书共分十二章，内容包括土的基本物理、力学性质指标试验和设计性实验，土样的制备和饱和方法，土的含水率、密度、比重、颗粒分析试验，相对密度试验，固结试验，抗剪强度试验，击实试验，同时提出设计性实验的思路和方法。主要章节试验后附有思考题，以便读者加深对相关内容的理解。

本书可作为普通高等教育水利水电工程、港口航道与海岸工程、海洋工程等专业的教学实验指导书，也可供相关专业教学和工程技术人员参考，还可作为土工实验人员的培训参考教材。

### 图书在版编目（CIP）数据

土力学实验指导 / 孙红月主编. -- 北京 : 中国水利水电出版社, 2010.5  
普通高等教育国家级规划配套辅导教材. 高等学校水利学科专业规范核心课程配套教材  
ISBN 978-7-5084-7523-3

I. ①土… II. ①孙… III. ①土力学—实验—高等学校—教学参考资料 IV. ①TU4-33

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第092719号

书 名	普通高等教育国家级规划配套辅导教材 高等学校水利学科专业规范核心课程配套教材 土力学实验指导
作 者	主编 孙红月
出版发行	中国水利水电出版社 (北京市海淀区玉渊潭南路1号D座 100038) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sales@waterpub.com.cn
经 售	电话: (010) 68367658 (营销中心) 北京科水图书销售中心(零售) 电话: (010) 88383994、63202643 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	中国水利水电出版社微机排版中心
印 刷	北京瑞斯通印务发展有限公司
规 格	184mm×260mm 16开本 7.5印张 178千字
版 次	2010年5月第1版 2010年5月第1次印刷
印 数	0001—3000册
定 价	15.00元

凡购买我社图书，如有缺页、倒页、脱页的，本社营销中心负责调换

版权所有·侵权必究

# 前 言

本书是高等学校水利学科专业规范核心课程（土力学）配套实验教学用书。土力学是一门实践性很强的科学，实践是掌握土力学知识、推动学科发展的关键。土工试验是土力学课程的重要组成部分，通过试验加深对课堂所学知识的理解，熟悉试验设备，掌握必要的试验技术，培养学生试验研究的基本技能和独立工作能力。

为了充分适应教学的要求，本书每个试验项目内容包括相关的土力学概念和基本理论、试验原理、详细的试验操作及数据整理方法、分析实验指标的影响因素及工程应用、简要介绍新方法新技术的发展，使学生能够参照相关内容独立完成试验过程。

根据教育部2004年发布的《普通高校本科教学工作评估方案》，教学实验应包括基础性（验证性）实验、综合性实验、设计性实验。本书第二章至第五章为基础性实验，包括土的含水率、密度、比重、颗粒分析试验；第六章至第十一章为综合性实验，包括土的界限含水率试验、相对密度试验、渗透试验、固结试验、直剪试验、三轴压缩试验、无侧限抗压强度试验、击实试验；第十二章为设计性实验。设计性实验是给定实验目的要求和实验条件，由学生自行设计实验方案并加以实现的实验，是新型的教学实验，可以培养学生的创新思维和实际应用能力。本书提供两个设计实验思路，实验一是地基变形与地基承载力确定，与工程实践相结合；实验二是含水率对黏性土性状的影响，通过简单的研究题目，培养科学研究的能力。本书的实验项目可以根据课时情况选择。

本书由天津大学严驰教授、耿久月高工，中交天津港湾工程设计院有限公司阚卫明教授级高工审阅。

本书在编写过程中，得到天津大学建筑工程学院岩土所教师的支持和帮助，并参考了有关规程规范及高等院校编著的教材，引用了相关内容，在此表示衷心的感谢。由于编者水平有限，编写时间仓促，书中的错误和不当之处敬请读者批评指正。

编者

2010年2月

# 目 录

## 前言

<b>第一章 试样制备与饱和</b> .....	1
第一节 概述 .....	1
第二节 试样制备 .....	1
第三节 试样饱和 .....	3
第四节 土的描述 .....	5
<b>第二章 含水率试验</b> .....	6
第一节 概述 .....	6
第二节 烘干法试验 .....	7
第三节 酒精燃烧法 .....	8
思考题 .....	9
<b>第三章 密度试验</b> .....	10
第一节 概述 .....	10
第二节 环刀法 .....	10
第三节 蜡封法 .....	11
思考题 .....	13
<b>第四章 比重试验</b> .....	14
第一节 概述 .....	14
第二节 比重瓶法 .....	14
第三节 浮称法 .....	16
第四节 虹吸筒法 .....	17
附 比重瓶校正 .....	19
思考题 .....	20
<b>第五章 颗粒大小分析试验</b> .....	21
第一节 概述 .....	21
第二节 筛分析法 .....	23
第三节 密度计法 .....	25
思考题 .....	34

<b>第六章 界限含水率试验</b> .....	35
第一节 概述 .....	35
第二节 液塑限联合测定法 .....	37
第三节 锥式仪液限试验 .....	40
第四节 搓滚法塑限试验 .....	41
思考题 .....	42
<b>第七章 相对密度试验</b> .....	44
<b>第八章 渗透试验</b> .....	48
第一节 概述 .....	48
第二节 常水头渗透试验 .....	50
第三节 变水头渗透试验 .....	53
第四节 土的渗透性的影响因素 .....	56
第五节 特殊的渗透试验方法 .....	57
思考题 .....	59
<b>第九章 固结试验</b> .....	60
第一节 概述 .....	60
第二节 试验原理 .....	63
第三节 标准固结试验 .....	65
第四节 快速固结试验 .....	70
第五节 土的压缩特征及影响因素 .....	72
思考题 .....	73
<b>第十章 剪切强度试验</b> .....	74
第一节 概述 .....	74
第二节 摩尔—库仑强度理论 .....	74
第三节 直接剪切试验 .....	76
第四节 三轴压缩试验 .....	81
第五节 无侧限抗压强度试验 .....	92
第六节 排水条件与实际的关系 .....	95
第七节 影响抗剪强度的因素 .....	96
第八节 土体强度的特殊试验 .....	97
思考题 .....	98
<b>第十一章 击实试验</b> .....	99
第一节 概述 .....	99
第二节 试验原理 .....	100
第三节 轻型击实试验 .....	100
第四节 击实试验的影响因素 .....	103

思考题.....	105
<b>第十二章 设计性实验</b> .....	106
第一节 概述 .....	106
第二节 设计实验一 地基变形与地基承载力确定.....	106
第三节 设计实验二 含水率对同一种黏性土性状的影响.....	110
参考文献 .....	112

# 第一章 试样制备与饱和

## 第一节 概 述

试样的制备程序是获得正确试验结果的前提，为了保证试验成果的可靠性和试验数据的可比性，必须统一试样的制备方法和程序。

土样的制备包括原状土制备和扰动土制备。原状土的土样制备包括开启、切取等程序。扰动土的土样制备包括土的风干、碾散、过筛、匀土、分样和贮存等预备程序和击实、饱和等制备程序。这些步骤的正确与否，都直接影响试验成果。土样制备程序视需要的试验而异，所以在土样制备前应拟定土工试验计划。

## 第二节 试 样 制 备

### 一、原状土试样的制备

(1) 对密封的原状土样除小心搬运和妥善存放外，在试验前不应开启，试验前如需要进行土样鉴别和分类而必须开启时，应在检验后迅速妥善封好贮藏，尽量使土样少受扰动。

(2) 将土样筒按标明的上下方向放置，剥去蜡封和胶带，小心开启土样筒取出土样，整平试样两端。

(3) 检查土样结构，记录土质是否均匀、有无裂缝等，描述它的层次、气味、颜色、有无杂质。

(4) 当土样已受扰动或取土质量不符合要求时，不应作为制备力学性质试验的试样。

(5) 根据试验要求用环刀切取试样时，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（环刀不垂直切取的试样层次倾斜，与天然结构不符，且试样与环刀内壁之间容易产生间隙）。切土时削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，采用钢丝锯或削土刀整平环刀两端试样，擦净环刀外壁，称环刀和试样的总质量。用环刀切取试样时，要防止扰动，否则会影响测试结果。视试样本身及工程要求，决定试样是否进行饱和，如不立即进行试验和饱和时，将试样暂存于保湿缸内。

(6) 从余土中取代表性试样测定含水率，留土测比重、颗粒分析、界限含水率等项试验。

(7) 根据力学性质试验项目要求，原状土样同一组试样间密度的允许差值为  $0.03\text{g}/\text{cm}^3$ 。



## 二、扰动土试样的制备

(1) 扰动土样取出后描述,包括土类、颜色、气味、夹杂物及均匀程度等。将扰动土样充分拌匀,取代表性土样测定含水率。

(2) 风干或烘干较大含水率土样。先将土样风干或烘干至易碾散,将块状扰动土放在橡皮板上用木碾碾散,对不含砂砾的土样用碎土机碾散,注意不得将土粒碾碎。

(3) 将碾散的土样根据试验要求过筛。物理性试验土样过 0.5mm 筛;力学性试验土样过 2mm 筛;轻型击实试验土样过 5mm 筛,重型击实试验的土样,用五层击实法过 20mm 筛,而三层击实法过 40mm 筛。

已有的试验研究表明:直剪试验、无侧限、三轴压缩试验、固结试验土样需过 2mm 筛,由于粒径 2mm 为砂粒的上限,所以规定扰动土样过 2mm 筛进行试样制备。

(4) 对砂和砂砾土用分砂器或四分法细分土样,取代表性土样进行颗粒分析试验,其余过 5mm 筛,分别供比重及最大、最小孔隙比试验用,取部分过 2mm 筛的试样供力学性试验。

(5) 过筛后用四分对角取样法,测定风干含水率,取出足够数量的代表性土样,分别装入保湿缸或塑料袋内备用,标以标签(写明工程名称、土样编号、过筛孔径、用途、制备日期和试验人员等)。

(6) 配制一定含水率的土样。

1) 根据试样所要求的含水率,按下式计算所需的加水量

$$m_w = \frac{m}{1 + 0.01w_0} \times (w' - w_0) \quad (1-1)$$

式中:  $m_w$  为土样所需的加水量, g;  $m$  为风干含水率时的土样质量, g;  $w_0$  为风干含水率, %;  $w'$  为土样要求的含水率, %。

2) 取足够试验用的过筛后的风干土 1~5kg, 平铺于不吸水的盘内。

3) 用喷雾器喷洒预计的加水量, 拌匀, 然后装入保湿缸(盖紧)或塑料袋内扎紧, 润湿一昼夜备用。测定润湿土样不同位置的含水率, 差值不大于  $\pm 1\%$ 。

(7) 试样的数量视试验项目而定, 应有备用试样 1~2 个。扰动土试样的制备, 视工程实际情况分别采用击样法、压样法和击实法。

1) 击样法: 根据环刀容积及要求的干密度计算出所需要的湿土质量, 称量湿土并倒入装有环刀的击样器内, 击实到所需密度。采用击样法, 宜用单层击实。

2) 压样法: 根据环刀容积及要求的干密度计算出所需要的湿土质量, 按计算值称量湿土并倒入装有环刀的压样器内, 通过活塞用静压力将土样压实到所需密度。

3) 击实法: 采用击实仪, 将土样击实到所需密度, 用推土器推出, 然后按原状试样制备方法切取试样。

(8) 取出带有试样的环刀, 称环刀和试样总质量。

(9) 同一组试样的密度与要求的密度之差不得大于  $\pm 0.01\text{g}/\text{cm}^3$ ; 一组试样的含水率与要求的含水率之差不得大于  $\pm 1\%$ 。

(10) 对不需要饱和且不立即进行试验的试样, 应存放在保湿器内备用。

## 第三节 试样饱和

土的孔隙逐渐被水填充的过程称为饱和，孔隙被水充满的土，称为饱和土。试样饱和方法宜根据土样的透水性能分别采用浸水饱和法、毛细管饱和法、抽气饱和法、二氧化碳饱和法、反压力饱和法等方法。

### 一、浸水饱和法

粗粒土采用浸水饱和法，可直接在仪器上饱和。

### 二、毛细管饱和法

渗透系数大于  $10^{-4}$  cm/s 的细粒土，采用毛细管饱和法。

(1) 选用框式饱和器，见图 1-1 (b)。在装有试样的环刀上下分别放滤纸和透水板，装入饱和器内，并旋紧螺母。

(2) 将装有试样的饱和器放入水箱内，注入清水，水面不宜将试样淹没，以使土中气体得以排出。

(3) 关上箱盖，防止水分蒸发，借土的毛细管作用，使试样饱和。浸水时间不得少于两昼夜，使试样充分饱和。

(4) 取出饱和器，松开螺母，取出环刀，擦干外壁，取下试样上下滤纸，称环刀和试样总质量，并按下式计算试样的饱和度，当饱和度低于 95% 时，应继续进行饱和。

$$\left. \begin{aligned} S_r &= \frac{(\rho - \rho_d)G_s}{\rho_d e} \\ S_r &= \frac{w G_s}{e} \end{aligned} \right\} \quad (1-2)$$

式中： $S_r$  为试样的饱和度，%； $w$  为试样饱和后的含水率，%； $\rho$  为试样饱和后的密度， $g/cm^3$ ； $G_s$  为土粒比重； $e$  为试样的孔隙比； $\rho_d$  为试样的干密度， $g/cm^3$ 。

### 三、抽气饱和法

渗透系数小（等）于  $10^{-4}$  cm/s 的细粒土，采用抽气饱和法。

(1) 选用框式或叠式饱和器和真空饱和装置，如图 1-1、图 1-2 所示。将试样装入饱和器。

(2) 将装有试样的饱和器放入真空缸内，在盖和缸之间涂一薄层凡士林，以防漏气。

(3) 将真空缸和抽气机接通，启动抽气机，当真空压力表读数接近当地一个大气压力值时，继续抽气不少于 1h，然后稍微开启管夹，使清水徐徐注入真空缸。在注水过程中，真空压力表读数宜保持不变。

(4) 待水淹没饱和器后停止抽气，引水管自盛水器中提出，开管夹使空气进入真空缸，静止一段时间，细粒土宜为 10h，借大气压力使试样充分饱和。

(5) 打开真空缸，从饱和器内取出带环刀的试样，称环刀和试样总质量，按式

(1-2) 计算饱和度。若饱和度低于 95% 时，应继续进行饱和。

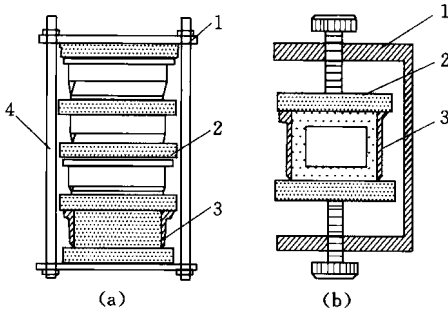


图 1-1 饱和器

(a) 叠式; (b) 框式

1—夹板; 2—透水板; 3—环刀; 4—拉杆

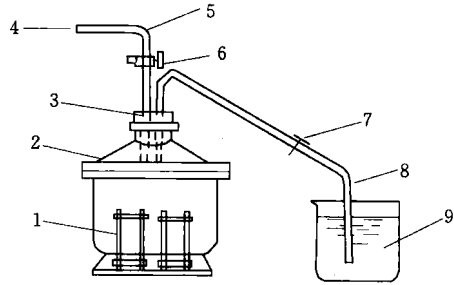


图 1-2 真空饱和装置

1—饱和器; 2—真空缸; 3—橡皮塞; 4—接抽气机; 5—排气管; 6—通阀; 7—管夹; 8—引水管; 9—盛水器

#### 四、其他饱和方法

饱和度的大小对渗透试验、固结试验和剪切试验的成果均有影响。对于不测孔隙压力的试验，一般饱和度大于 95% 即认为饱和。需要测定孔隙压力参数的试验，对饱和度的要求较高，应在 99% 以上，宜采用二氧化碳或反压力饱和方法。

##### 1. 二氧化碳饱和法

二氧化碳饱和法是近年来发展的一种方法。适用于无黏性的松砂、紧砂及密度低的粉土。由于二氧化碳比空气重且易溶于水，从试样底部注入二氧化碳后，试样孔隙中的空气逐渐从试样顶端排出。二氧化碳是气体，用一种气体驱赶另一种气体，不会出现气泡阻滞现象。又由于二氧化碳在水中的溶解度远比空气大（一个大气压力下 0℃ 时，1cm<sup>3</sup> 水可溶解空气 0.029cm<sup>3</sup>，可溶解二氧化碳 1.71cm<sup>3</sup>），所以，当试样孔隙充满二氧化碳后，用水头饱和法饱和时，试样孔隙中的二氧化碳气泡很快溶于水成碳酸，继续水头饱和时，成为一种液体（水）驱赶另一种液体（稀碳酸），最后使试样孔隙中充满纯净水，达到饱和的目的。

##### 2. 反压力饱和

对试样施加反压力以使试样饱和为一种常用的饱和方法。反压力饱和是人为地在试样内增加孔隙水压力，使试样内的孔隙气体在压力作用下完全溶解于水中，在增大孔隙水压力的同时，等量地对试样增加周围压力，以保证作用于试样的有效压力或试样的内外应力差不变。这个在孔隙水和压力室液体中同时作用的力即为反压力。对试样施加反压力的大小与起始饱和度有关，当起始饱和度过低时，即使施加很大的反压力，也不一定能使试样饱和。因此，当试样起始饱和度低时，应先进行抽气饱和，然后再施加反压力，使试样完全饱和。

施加反压力不能太快，施加反压过程中要允许试样的含水率有足够的时间调整，而保持试样体积不变。只有在含水率增加的情况下达到饱和，才对土的骨架结构没有影响。为了防止试样膨胀而影响结构，产生附加的有效应力，在施加反压过程中始终保持周围压力

略大于反压力，一般应保持差值为 20kPa。反压力必须分级施加，并相应地施加周围压力，尽量减少对试样的扰动。每级反压力的大小与起始饱和度及密度有关。在每一级压力下必须等待孔隙水压力稳定后，再施加下一级压力。下一级压力施加前，检查饱和度，方法是保持反压不变，单独增加周围压力，观测孔隙水压力的增长，若两者的增量相等，则证明试样已经完全饱和。

## 第四节 土 的 描 述

在现场采样和试验室开启土样时，应按下述内容描述土的状态。

### 1. 粗粒土

土的名称及当地名称；土颗粒的最大粒径；估计巨粒、砾粒、砂粒组的含量百分数；土颗粒形状（圆、次圆、棱角或次棱角）；土颗粒矿物成分；土的颜色和有机物含量；细粒土成分（黏土或粉土）；密实度；均匀程度。

如：粉质砂土，含砾约 20%，最大粒径约 10mm，砾坚，带棱角；砂粒由粗到细，粒圆；含约 15% 的无塑性粉质土，干强度低，密实，天然状态潮湿，系冲积砂（SM）。

### 2. 细粒土

土的名称及当地名称；土粒的最大粒径；估计粗粒组的含量百分数；潮湿时颜色、气味及有机质含量；土的湿度（干、湿、很湿或饱和）；土的状态（流动、软塑、可塑或硬塑）；土的塑性（高、中或低）。同时原状土样还需描述层次、结构与层理特征、有无杂质、土质是否均匀、有无裂缝等。

如：黏质粉土，棕色，微有塑性，含少量细砂，有无数垂直根孔，天然状态坚实，系黄土（CLY）。

## 第二章 含水率试验

### 第一节 概 述

含水率试验目的是测定土的含水率，用以了解土的含水情况。含水率是土的基本物理性质指标之一，是计算土的干密度、孔隙比、饱和度、液性指数等不可缺少的基本数据。

土的含水率是试样在 105~110℃ 下烘至恒量时所失去的水质量和达到恒量后干土质量的比值，以百分数表示。

土中水的状态主要分为三种：结晶水、结合水、自由水。

结晶水存在于矿物结晶构造中，只有在高温下才能使它从矿物中析出，可把它视作矿物本身的一部分。

结合水是指吸附于土粒表面成薄膜状的水，受土粒表面引力的作用，不服从静水力学规律，冰点低于零度，分为强结合水和弱结合水。

自由水是指在土粒表面引力作用范围以外的水，性质与普通水相同，受重力支配，能传递静水压力并具有溶解能力，包括毛细管水和重力水。

#### 一、试验方法及适用范围

(1) 烘干法：室内试验的标准方法。适用于有机质含量不超过干质量 5% 的土，当土中有机质含量在 5%~10% 之间，仍可采用烘干法进行试验，但需注明有机质含量。对于有机质含量超过 10% 的土，应将温度控制在 65~70℃ 的恒温下烘至恒量。

在野外无烘箱设备或者要求快速测定含水率时，用下述试验方法。

(2) 酒精燃烧法：适用于简易快速测定细粒土含水率。

(3) 比重法：适用于砂类土。

#### 二、试验影响因素及试样的选取

很多因素影响试验结果：土层的不均匀，试样数量过少，扰动土样拌和不均匀，取土时试样排水，试样在运输和存放期间保护不当等。

含水率试验的试样选取应根据试验目的和要求而定。为了解全土层综合而概略的天然含水率，可以沿土层剖面竖向切取土样，拌和均匀测定其含水率；如果是配合固结、抗剪强度、渗透试验测定含水率，应在切取试样环刀的上下两面选取土样，这样测得含水率的结果可能由于土样不均匀有所差异，但有助于了解土层的真实情况和对试验成果的分析。

### 三、关于平行试验

采用平行试验是为了避免操作中发生的错误。对原状土通过平行试验还可以进一步了解含水率的均匀程度。为了保证试验准确度，需规定平行试验的允许误差。

## 第二节 烘干法试验

### 一、试验原理

烘干法是根据加热后水分蒸发的原理，通过烘干前后试样的质量之差求得水分的含量，进而计算含水率。

### 二、仪器设备

- (1) 烘箱：电热烘箱或温度能保持 105~110℃ 的其他能源烘箱。
- (2) 天平：称量 200g，分度值 0.01g。
- (3) 其他：干燥器（通常采用装有氯化钙干燥剂的玻璃干燥缸）、称量盒、削土刀等。

### 三、试验步骤

- (1) 取代表性试样两份，每份 15~30g，分别放入称量盒内，立即盖好盒盖，称量。
- (2) 打开盒盖，将试样和盒放入烘箱，在温度 105~110℃ 下烘到恒量。烘干时间对于黏质土不少于 8h；砂类土不少于 6h；对含有有机质超过 10% 的土，应将温度控制在 65~70℃ 的恒温下烘至恒量。
- (3) 将烘干后的试样和盒取出，盖好盒盖放入干燥器内冷却至室温，称干土质量。
- (4) 试验称量应准确至 0.01g。
- (5) 试验需进行两次平行测定，取其算术平均值，允许平行差值应符合表 2-1 的规定。

表 2-1 含水率测定的允许平行差值

含水率 (%)	<10	10~40	>40
允许平行差值 (%)	0.5	1.0	2.0

### 四、计算

计算含水率

$$w = \left( \frac{m}{m_d} - 1 \right) \times 100\% \quad (2-1)$$

式中：w 为含水率，%；m 为湿土质量，g；m<sub>d</sub> 为干土质量，g。

### 五、记录

试验记录格式见表 2-2。

表 2-2

含水率试验记录表

 试样编号 \_\_\_\_\_  
 小组编号 \_\_\_\_\_

 试验日期 \_\_\_\_\_  
 试验者 \_\_\_\_\_

 试样说明 \_\_\_\_\_  
 合作者 \_\_\_\_\_

次别	盒号	盒质量 (g)	盒+湿土 质量 (g)	盒+干土 质量 (g)	水质量 (g)	干土质量 (g)	含水率 (%)	含水率平 均值 (%)	备注
		(1)	(2)	(3)	(4) = (2) - (1)	(5) = (3) - (1)	(6) = (4) / (5)	(7)	
1									
2									

## 六、注意事项

- (1) 取样后立即盖上盒盖，称量湿土质量，以免水分蒸发。
- (2) 烘干试样应放置于干燥环境下冷却后再称量，避免天平受热影响测量精度。
- (3) 计算至 0.1%。

## 第三节 酒精燃烧法

### 一、试验原理

酒精燃烧法是将酒精加入土中点火燃烧，使土中水分蒸发。利用酒精和水极易混合的特点，把酒精洒在土上，使土中水分溶于酒精而燃烧蒸发，燃烧开始时，液体酒精在未达到燃点之前即气化，酒精的气体部分构成火焰的焰心，将外焰与内焰的燃烧气体部分与土隔离，火焰恒与土面保持 2~3cm 的距离，而不会燃烧土的本身，并且此时土的温度一直保持在 75~80℃，仅在最后火焰将熄灭的几秒钟时间才与土面接触使土的温度上升到 180~200℃，此后温度会很快下降到 85~90℃，缓慢地冷却，即使再度燃烧，其最高温度也只达到 200~220℃。因此，有机物被酒精燃烧的可能性很小，测定结果与烘干法非常接近。

### 二、仪器设备

- (1) 称量盒。
- (2) 天平：称量 200g，分度值 0.01g。
- (3) 酒精：纯度 95%。
- (4) 其他：滴管、火柴、调土刀等。

### 三、试验步骤

- (1) 取代表性试样（黏质土 5~10g，砂质土 20~30g），放入称量盒内，称量湿土质量。
- (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) 点燃称量盒中酒精，烧至火焰熄灭。

(4) 将试样冷却数分钟，按步骤(2)、(3)再重复燃烧两次。当第三次火焰熄灭后，立即盖好盒盖，称干土质量。

(5) 本试验称量应准确至0.01g。

(6) 本试验需进行两次平行测定，允许平行差值符合表2-1的规定，取算数平均值。

#### 四、计算与记录

用式(2-1)计算含水率，与烘干法相同。

试验记录表格同表2-2。

#### 五、注意事项

(1) 试样在称量盒中掰碎散开。

(2) 滴入酒精要仔细操作，不要滴在盒外面，没过土样就可以了。

(3) 酒精燃烧后应等火焰完全熄灭，冷却数分钟后，再滴入酒精重复燃烧，以免发生意外。

#### 思 考 题

1. 说明土的含水率测定方法和适用条件。
2. 烘干法试验注意事项有哪些？



# 第三章 密度试验

## 第一节 概 述

试验目的是测定土在天然状态下单位体积的质量，借以了解土结构的松紧。用于挡土墙土压力、边坡稳定、承载力和沉降量的计算及施工质量控制等。

土的密度是土的单位体积质量，是土的主要物理性质指标之一。

试验方法及适用条件如下：

- (1) 环刀法：适用于细粒土，对于一般黏质土，宜采用。
- (2) 蜡封法：适用于易破裂土和形状不规则难以切割的坚硬土。
- (3) 灌砂法：适用于现场测定粗粒土的密度。
- (4) 灌水法：适用于现场测定粗粒土的密度。

## 第二节 环 刀 法

### 一、试验原理

利用一定体积的环刀切割土样，土样充满环刀后称量，即可量测试样的密度。试验结果准确度很大程度上取决于环刀高度与直径的比。若环刀太高，切土时摩擦增大；直径太大又不易切成平面，结构易被扰动。一般采用径高比为 2.5~3.5。

### 二、仪器设备

- (1) 环刀：直径 79.8cm，高度 2cm 或直径 61.8cm，高度 2cm 两种。
- (2) 天平：称量 500g，分度值 0.1g；称量 200g，分度值 0.01g。
- (3) 其他：削土刀、钢丝锯、凡士林等。

### 三、试验步骤

(1) 按需要取原状土样或按所需状态制备扰动土样，整平其两端，在环刀内壁涂一薄层凡士林，刃口向下放在土样上。

(2) 用削土刀（或钢丝锯）将土样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，至土样伸出环刀为止，两端余土削去修平，取剩余的代表性土样测定含水率。

(3) 擦净环刀外壁称量。准确至 0.1g。

(4) 本试验需进行两次平行测定，平行差值不得大于  $0.03\text{g}/\text{cm}^3$ ，取其算术平均值，