



“十三五”普通高等教育本科规划教材

(附实验报告)

土力学 实验教程

陈榕 主编

郝冬雪 高宇聪 副主编



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS



“十三五”普通高等教育本科规划教材

土力学 实验教程

主 编 陈 榕

副主编 郝冬雪 高宇聪

参 编 董景刚 邢 爽



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

本书为“十三五”普通高等教育本科规划教材。

全书按照“基础性”、“综合性”、“设计性”实验的设置要求,将目前土力学历论课程所涉及的10个室内常规实验进行分类,其中基础性实验主要包含:土的颗粒分析试验、含水率试验、密度试验、比重试验;综合性实验主要包含:界限含水率试验、击实试验、渗透试验、固结试验、三轴压缩试验、直接剪切试验,同时依据实验室现有设备和大学生实践能力培养要求,增加了静力触探、土工合成材料性能测定与载荷试验三个设计性实验环节,并基于相关国家规范,增加了土样和试样制备、实验成果的分析整理方法两部分内容。

本书可作为高等院校土木工程、水利水电工程、道路工程及环境工程等专业土力学、土力学与地基基础等课程的实验指导书,并可供工程技术人员参考或作为土工实验人员的培训教材。

图书在版编目(CIP)数据

土力学实验教程/陈榕主编. —北京:中国电力出版社,
2016.9

“十三五”普通高等教育本科规划教材

ISBN 978-7-5123-9813-9

I. ①土… II. ①陈… III. ①土力学—实验—高等学校—教材 IV. ①TU4-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 226544 号

中国电力出版社出版、发行

(北京市东城区北京站西街19号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>)

三河市百盛印装有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2016年9月第一版 2016年9月北京第一次印刷
787毫米×1092毫米 16开本 5.25印张 173千字

定价 20.00 元

敬告读者

本书封底贴有防伪标签,刮开涂层可查询真伪
本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换

版权专有 翻印必究

前 言

土力学是高等院校工科类土木工程、水利水电工程及环境工程等专业的一门重要专业基础课，它属于应用学科，又属于工程技术学科，具有鲜明的实验性和实践性。其教学包括理论教学和实验教学两部分，而其学科特点更加偏重于实践。土力学实验是土力学教学中的重要环节，通过实验加强学生对基本概念、土体运动基本规律和基本理论的理解，也是培养学生了解实验及科研仪器，掌握实验技能，加强实验思维，整理实验成果和编写实验报告的能力。

本书是土木工程类本科、硕士研究生培养计划中的主干课程《土力学》与《高等土力学》的配套实验教材，主要包括基础性实验、综合性实验与设计性实验三大部分共 13 个实验，实验难度由浅入深，适合于不同教育程度的人群。根据教育部发布的《普通高校本科教学工作水平评估方案》，综合性实验是指实验内容涉及本课程综合知识或与本课程相关课程知识的实验。所谓设计性实验，就是要求学生运用所学的知识自行设计一个新的实验方案，包括设计实验原理，选择实验仪器设备，安排操作，设计数据处理的方法及分析实验误差等。设计性与综合性实验是以继承为基础，以全面发展为目的，以培养学生创新精神和实践能力为价值取向的新型实验教学。

本书由东北电力大学建筑工程学院陈榕副教授任主编，东北电力大学建筑工程学院郝冬雪副教授和高宇聪教师任副主编，全书由高宇聪进行统稿。本书结合课堂理论教学，要求学生能熟练掌握土的成分、分类、结构等基本概念，并对地基的承载力、最终沉降量等基本理论有清楚的认识和计算能力。以“实用为主、够用为度”为原则，遵照《土工试验方法标准》(GB/T 50123—1999) [2007 版] 和《土工试验技术手册》而编写。

本书在编写过程中得到了中国电力出版社的关心与大力支持，在此表示由衷的感谢！限于编写时间和编者水平，书中疏漏和错误在所难免，恳请读者批评指正。

编 者

2016 年 9 月



本书试验视频总码，约 2.88GB
请在 Wi-Fi 环境下扫描观看！

目 录

前言

第一篇 实验前期制备——土样和试样制备	1
第二篇 基础性实验	7
试验一 土的颗粒分析试验	8
试验二 含水率试验	15
试验三 密度试验	19
试验四 比重试验	22
第三篇 综合性实验	27
试验一 界限含水率试验	28
试验二 击实试验	35
试验三 渗透试验	39
试验四 固结试验	43
试验五 三轴压缩试验	51
试验六 直接剪切试验	60
第四篇 设计性实验	65
试验一 静力触探试验	66
试验二 土工合成材料性能测定	71
试验三 载荷试验	76
土力学实验报告	

第一篇

实验前期制备——土样和 试样制备



一、目的和适用范围

(1) 土样和试样的制备程序是试验工作的第一个质量要素,为保证试验成果的可靠性和试验数据的可比性,必须统一土样和试样的制备方法和程序。土样在试验前必须经过制备程序,扰动土的土样制备包括土的风干、碾散、过筛、匀土、分样和储存等预备程序和击实、饱和等试样制备程序。原状土的土样制备包括开启、切取等。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订土工试验计划。

(2) 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必须开启时,则在检验后,应迅速妥善封好储存,尽量使土样少受扰动。

(3) 本试验适用于颗粒粒径小于 60mm 的扰动土样的预备程序。原状土样和扰动土样的制备程序,以及特殊试样的制备程序,分别在有关试验项目中阐述。

(4) 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 $0.03\text{g}/\text{cm}^3$;对扰动土样为了控制试样的均匀性,减少试验数据的离散性,一般用含水率和密度作为控制指标,不能仅规定各试样间的允许误差,还要规定试样的密度及含水率的允许误差,所以规定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 $\pm 1\%$ 。

二、试样制备

1. 扰动土试样的制备

(1) 将扰动土样进行图样描述,如颜色,土类、气味及夹杂物等。如有需要,将扰动土样充分拌匀,取代表性土样测定含水率。将块状扰动土放在橡皮板上用木碾碾散,或用碎石机碾散。如果土样含水率较大,可先风干至易碾散为止。

(2) 根据试验所需土样数量,将碾散的土样过筛。物理性试验土样过 0.5mm 筛;力学性试验土样过 2mm 筛;击实试验土样过 5mm 筛。过筛后用四分对角取样法,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)。对风干土应测定风干含水率。标准对碾散后的黏质土样的砂质土样规定了进行过筛程序,筛孔大小取决于试验所用仪器的容器大小。根据已有的试验研究表明:用于直剪试验的土样最大颗粒粒径不应大于剪切盒内径的 $1/20$ (剪切盒内径为 61.8mm),土样需过 2mm 筛;对无侧限、三轴压缩试验的土样最大颗粒粒径与试样直径的比值为 $1/8\sim 1/12$ 。目前国内三轴试验一般采用 39.1、61.8、101mm,其试样的允许最大粒径为 2、5、10mm;对固结试验的土样最大颗粒粒径为容器高度的 $1/8\sim 1/6$,国内固结仪容器的高度为 20mm,用过 2mm 筛的土样是可以的,鉴于粒径 2mm 为砂粒的上限,所以土样制备中统一规定扰动土样过 2mm 筛进行试样制备。对轻型击实试验的土样过 5mm 筛,重型击实试验的土样,用五层击实过 20mm 筛,而三层击实过 40mm 筛。

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。

(3) 配制一定含水率的土样。取足够试验用的过筛后的风干土 $1\sim 5\text{kg}$,平铺于不吸水的盘内,按下式计算所需的加水量。

$$m_w = \frac{m}{1 + 0.01\omega_0} \times 0.01(\omega' - \omega_0) \quad (1-1-1)$$

式中 m_w ——土样所需的加水量 (g);
 m ——风干含水率时的土样质量 (g);
 ω_0 ——风干含水率 (%);
 ω' ——土样要求的含水率 (%).

用喷雾器喷洒预计的水量, 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, 要求差值不大于 $\pm 1\%$ 。

(4) 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和压样法。

1) 击样法: 将根据环刀容积及要求的干密度所需要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: 将根据环刀容器及要求的干密度所需要的湿土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要密度。

取出带有试样的环刀, 称环刀和试样总质量。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。

对于扰动土试样的制备, 以往通常用击实法将土样击实后再切成试样, 这样做往往应分层击实, 试样上、下密度不一致及土体结构情况、饱和方法及开始含水率等条件而变化。试样制备龄期会对抗剪强度有影响, 但试样一经压密, 此影响即消失, 故在实际中可忽略不计。击样和压样两种方法对密度影响不大, 显然不同的制样方法, 对于土的力学性质有着不同的影响。黏性大的土, 压样时空气不易排出, 以致密度不十分均匀, 为此, 在各使用单位有形式不一的压样器, 有的活塞有排气孔, 有的带透水石, 有的采用上下活塞两面压样等。总之, 制备试样的方法应当用与击实试验近似的击实方法。击样法可以控制击锤的击实高度, 这样比较易于控制试样的密度。

2. 原装土试样的制备

(1) 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。检查土样结构, 并描述它的层次、气味、颜色, 有无杂质, 土质是否均匀, 有无裂缝等。为了保证试验成果的可靠性, 当确定土样已受扰动或取土质量不符合要求时, 不应制备力学性质试验的试样。

(2) 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 (因为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。

(3) 从余土中取代表性试样测定含水率。比重、颗粒分析、界限含水率等项试验的取样见扰动土试样的制备。

三、试样饱和

土的孔隙逐渐被水填充的过程称为饱和, 当孔隙被水充满时的土, 称为饱和土。试样饱和和方法宜根据土样的渗水性能分别采用以下方法。

(1) 粗粒土采用浸水饱和法，可直接在仪器上饱和。

(2) 渗透系数大于 10^{-4} cm/s 的细粒土采用毛细管饱和法。该法选用框式饱和器，在带试样的环刀上、下放滤纸和透水板，装入饱和器内，并旋紧螺母，将饱和器放入水箱内，注入清水，水面不宜将试样淹没，使土中气体得以排除。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。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，并根据下式计算试样的饱和度。

$$\left. \begin{aligned} S_r &= \frac{(\rho_{sr} - \rho_d)G_s}{\rho_d \cdot e} \\ \text{或} \\ S_r &= \frac{\omega_{sr} \cdot G_s}{e} \end{aligned} \right\} \quad (1-1-2)$$

式中 S_r ——试样的饱和度 (%)；

ω_{sr} ——试样饱和后的含水率 (%)；

ρ_{sr} ——试样饱和后的密度 (g/cm^3)；

G_s ——土粒比重；

e ——试样的孔隙比；

ρ_d ——试样的干密度 (g/cm^3)。

(3) 渗透系数小(等)于 10^{-4} cm/s 的细粒土采用抽气饱和法。该法选用框式或叠式饱和器和真空饱和装置。将试样装入饱和器，在盖和缸之间涂一薄层凡士林，以防漏气。真空压力表读数接近当地一个大气压力值时，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。带水淹没饱和器后停止抽气，引水管自水桶中提出，开管夹使空气进入真空缸，静止一段时间，细粒土宜为 10h，借大气压力使试样饱和。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 (1-1-2) 计算饱和度。

(4) 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。对于不测孔隙水压力的试验，一般饱和度大于 95% 即认为饱和。对于需要测定孔隙水压力参数的试验，如三轴压缩试验，应变控制加荷固结试验，对饱和度的要求较高 ($S_r = 99\%$ 以上)，宜采用二氧化碳或反压力饱和方法。

1) 二氧化碳饱和试样是近年来发展的一种方法。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。又因二氧化碳在水中的溶解度远比空气大，因而，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，又可以成为一种液体驱赶另一种液体，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已成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。为此，当试样起始饱和度低时，应先进行抽气饱和，然后在施加反压力，使试样完全饱和。

为使试样达到完全饱和，需要施加多大反压力，应在试验前进行估算。如在施加反压力过程中试样体积不变，则相当于把空气水在压力作用下挤入试样，以取代其中的空气，于是所需施加的反压力可按下式计算。

$$U_0 = U_a \left[\frac{100 - (1-h)S_0}{100 - (1-h)S_{tr}} - 1 \right] \quad (1-1-3)$$

式中 U_0 ——所需施加的反压力 (kPa)；

U_a ——起始孔隙气压力 (kPa)；

h ——亨利系数；

S_0 ——起始饱和度 (%)；

S_{tr} ——最后饱和度 (%)。

当 U_a 取为一个大气压力，按上式可算出由各个 S_0 达到 $S_{tr}=100\%$ 时，所需的反压力值，见表 1-1-1。

表 1-1-1

各种 S_0 下所需的反压力值

起始饱和度 S_0 (%)	100	95	90	85	80	75	70
反压力值 U_0 (MPa)	0	2.45	4.90	7.30	9.75	12.20	14.70

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。在施加反压过程中，为了防止试样膨胀而影响结构，产生附加的有效应力，通常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，以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，才施加第二级压力。当反压力增加到预估值时，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。

第二篇

基础性实验



试验一 土的颗粒分析试验

一、试验目的

颗粒大小分析是测定土中各种粒组所占该土总质量的百分数的方法，借以明了颗粒大小分布情况，供土的分类及概略判断土的工程性质及建材选料之用。土是由各种大小和形状不同的颗粒所组成，根据颗粒的大小划分为若干组，称为颗粒粒组。所谓颗粒组成就是土中各种粒径范围的粒组的相对比例，通常用占总土质量的百分数来表示。

二、试验方法

颗粒大小分析的试验方法主要有两大类：一是机械分析法，如筛析法（见图 2-1-1）；二是物理分析法，如密度计法（见图 2-1-2）等。筛析法适用于粒径大于 0.0075mm，不大于 60mm 的土；密度计法适用于粒径小于 0.0075mm 的土。若土中粗细颗粒兼有，则联合采用筛析法及密度计法。



图 2-1-1 标准振筛机

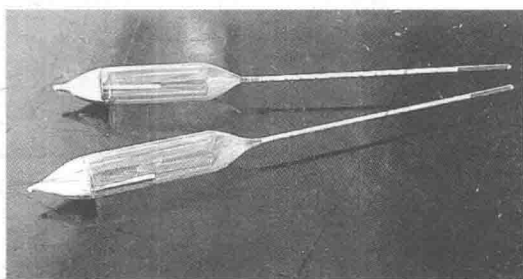


图 2-1-2 密度计

三、筛析法

1. 仪器设备

(1) 本试验采用分析筛（见图 2-1-3），分为粗筛和细筛两大类。粗筛孔径分别为 60、40、20、10、5、2mm；细筛孔径分别为 2.0、1.0、0.5、0.25、0.075mm。

(2) 筛析法采用振筛机，在筛析过程中能上下振动。

(3) 托盘天平或电子天平（见图 2-1-4）。称量为 1000g，最小分度值为 0.1g；称量为 5000g，最小分度值为 1g（备用）。

(4) 研钵及带橡皮头研棒。

(5) 其他设备和日用品，包括瓷盘、铜丝刷、白纸、木尺、匙等。

2. 操作步骤

(1) 取具有代表性的试样，取样质量按颗粒尺寸不同可分为以下 5 种情况：



图 2-1-3 标准分析筛

- 1) 粒径小于 2mm 颗粒的土取 100~300g。
- 2) 最大粒径小于 10mm 的土取 300~1000g。
- 3) 最大粒径小于 20mm 的土取 1000~2000g。
- 4) 最大粒径小于 40mm 的土取 2000~4000g。
- 5) 最大粒径小于 60mm 的土取 4000g 以上。

(2) 将试样过 2mm 筛,称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,不做细筛分析;筛上的试样质量小于试样总质量的 10%时,不做粗筛分析。

(3) 把标准筛依孔径大小顺序排好,最下面为底盘。取筛上的试样倒入依次排好的粗筛中。筛下的试样置于细筛最上面的筛内加好盖放在摇筛机上摇振约 15min。

(4) 再按由上而下的顺序将各筛取下,称各级筛上及底盘内试样的质量。并用毛刷将筛网中的土粒轻轻刷下,然后再分别倒入铝盒中称土样的质量,应精确至 0.1g。

(5) 筛后各级筛上和底盘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%。

3. 计算

(1) 小于某粒径的试样质量占试样总质量的百分比按下式计算:

$$x = \frac{m_A}{m_B} \times dx \tag{2-1-1}$$

式中 x ——小于某粒径的试样质量占试样总质量的百分比(%)；

m_A ——小于某粒径的试样质量(g)；

m_B ——细筛分析时为所取试样质量,粗筛分析时为试样总质量(g)；

dx ——粒径小于 2mm 的试样质量占试样总质量的百分比(%)。

(2) 制图。

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,土粒直径为横坐标,在单对数坐标纸上绘制颗粒大小分布曲线。如图 2-1-5 所示。

4. 试验记录 (见表 2-1-1 和表 2-1-2)

表 2-1-1

颗粒大小分析试验记录 (筛析法)

工程名称 _____	试验者 _____
试验方法 _____	计算者 _____
试验日期 _____	校核者 _____
风干土质量 _____ g	小于 0.075mm 的土的质量占总土质量百分数 _____ %
2mm 筛上土质量 _____ g	
2mm 筛下土质量 _____ g	小于 2mm 的土的质量占总土质量百分数 _____ %



图 2-1-4 电子天平

试验日期	孔径 (mm)	累计留筛土质量+皿质量 (g)	皿质量 (g)	累积留筛土质量 (g)	小于该孔径的土的质量 (g)	小于该孔径的土的质量占总质量的百分数 (%)

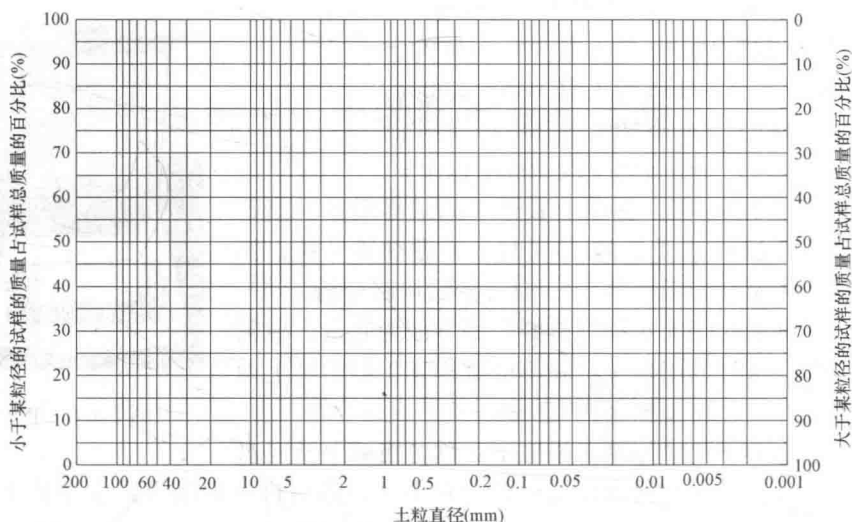


图 2-1-5 土的粒度成分累计曲线

表 2-1-2

颗粒成分分析成果表

粒组 (mm)	粒度组分 (以质量百分数计)		
	土样 <i>a</i>	土样 <i>b</i>	土样 <i>c</i>
60~40			
40~20			
20~10			
10~5			
5~2			
2~1			
1~0.5			
0.5~0.2			
0.2~0.1			
0.1~0.05			
0.05~0.01			
0.01~0.005			
0.005~0.001			

四、密度计法

1. 仪器设备

(1) 密度计, 分为甲种和乙种。甲种密度计读数表示 1000mL 悬液中的干土重; 乙种密度计读数表示悬液比重。两种密度计其制造原理和使用方法并无不同之处。但两种密度计刻度时所采用的悬液温度标准不同 ($20^{\circ}\text{C}/20^{\circ}\text{C}$, $20^{\circ}\text{C}/4^{\circ}\text{C}$), 因此在密度计校准及土量百分比的计算公式中, 有严格区别, 如不加以注意, 将会造成错误。国家标准采用 $20^{\circ}\text{C}/20^{\circ}\text{C}$ 。由

于密度计制造不一定规范,造成浮泡体积、刻度不准确,加以密度计的刻度是以纯水为标准的,当悬液加入分散剂后,则比重增大,故需要在使用前对刻度、弯月面、土粒沉降距离、温度、分散剂等的影响进行校验。这些校验工作是极其繁杂的。国内已有单位生产准确度符合国际标准的密度计,甲种密度计最小分度值为0.5,乙种密度计为0.0002,无须进行刻度、沉降距离和弯月面的校准,但必须有计量部门的鉴定证书。若使用其他型号的密度计,仍然需要进行有关项目的校准。

- (2) 量筒3个:容量1000mL、500mL、250mL的量筒各一个。
- (3) 锥形烧瓶一个:容积500mL。
- (4) 瓷皿:大小瓷皿各一个。
- (5) 洗筛一个:孔径为0.075mm。
- (6) 洗筛漏斗一个:上口直径大于洗筛直径。
- (7) 天平:称量1000g,最小分度值0.1g;称量200g,最小分度值0.01g。
- (8) 搅拌器:轮径50mm,孔径3mm,杆长约450mm,带螺旋叶。
- (9) 煮沸设备:附冷凝管装置。
- (10) 温度计:刻度0~50℃,最小分度值0.5℃。
- (11) 其他:坩埚、脱脂棉球、秒表等各一个。

2. 试验步骤

(1) 试验所用的试样建议采用风干试样,当试样中易溶盐含量大于0.5%时,应洗盐。易溶盐含量的检验可用电导法和目测法。采用电导法时,先用电导率仪测定T℃时,试样溶液的电导率,当电导率大于1000 μ s/cm时应洗盐;若用目测法则取少量(3g)试样放入烧杯中,加适量纯水调成糊状研散,再加25mL纯水,煮沸10min,冷却后移入试管中,静置过夜,若出现凝胶现象应洗盐。

(2) 取具有代表性的风干试样200~300g,过2mm筛,求出筛上试样占试样总质量的百分比。取筛下土测定试样风干含水率。

(3) 取试样干质量为30g的风干试样倒入500mL锥形瓶,注入纯水200mL,浸泡过夜,置于煮沸设备上煮沸,时间约为40min。

(4) 将冷却后的悬液移入烧杯中,静置1min,通过洗筛漏斗将上部悬液过0.075mm筛,遗留杯底的沉淀物用碾杆碾散,再加适量的水,再过0.075mm的筛,如此反复清洗,直至杯底砂粒洗净,将筛上和杯底砂粒合并洗入蒸发皿,倾去清水,烘干、称量,进行细筛分析,并计算各粒组占试样总质量的百分比。

(5) 将过筛悬液倒入量筒,加入4%浓度六偏磷酸钠10mL,再注入清水达1000mL。将搅拌器放入量筒,沿悬液深度上下搅拌1min,取出搅拌器,将密度计放入悬液,按规定时间读取密度计读数。读数均以弯月面上沿为准。每次读数需测记相应的悬液温度。

3. 计算

(1) 甲种密度计。

$$x = \frac{100}{m_d} C_s (R + m_1 + n - C_d) \quad (2-1-2)$$

(2) 乙种密度计。

$$x = \frac{100V_x}{m_d} C'_s [(R' - 1) + m'_1 + n' - C'_d] \rho_{w20} \quad (2-1-3)$$

式中 x ——小于某粒径的试样质量百分比 (%)；

m_d ——试样干质量 (g)；

C_s 、 C'_s ——土粒比重校正值，查表 2-1-3；

m_1 、 m'_1 ——悬液温度校正值，查表 2-1-4；

n 、 n' ——弯月面校正值；

C_d 、 C'_d ——分散剂校正值；

R 、 R' ——甲、乙种密度计读数；

V_x ——悬液体积 (mL)；

ρ_{w20} ——20℃时纯水的密度 (g/cm³)。

表 2-1-3 悬液温度校正值

悬液温度 (℃)	甲种温度计 温度校正值 m_1	乙种温度计 温度校正值 m'_1	悬液温度 (℃)	甲种温度计 温度校正值 m_1	乙种温度计 温度校正值 m'_1
10.0	-2.0	-0.0012	20.0	0.0	0
10.5	-1.9	-0.0012	20.5	+0.1	+0.0001
11.0	-1.9	-0.0012	21.0	+0.3	+0.0002
11.5	-1.8	-0.0011	21.5	+0.5	+0.0003
12.0	-1.8	-0.0011	22.0	+0.6	+0.0004
12.5	-1.7	-0.0010	22.5	+0.8	+0.0005
13.0	-1.6	-0.0010	23.0	+0.9	+0.0006
13.5	-1.5	-0.0009	23.5	+1.1	+0.0007
14.0	-1.4	-0.0009	24.0	+1.3	+0.0008
14.5	-1.3	-0.0008	24.5	+1.5	+0.0009
15.0	-1.2	-0.0008	25.0	+1.7	+0.0010
15.5	-1.1	-0.0007	25.5	+1.9	+0.0011
16.0	-1.0	-0.0006	26.0	+2.1	+0.0013
16.5	-0.9	-0.0006	26.5	+2.2	+0.0014
17.0	-0.8	-0.0005	27.0	+2.5	+0.0015
17.5	-0.7	-0.0004	27.5	+2.6	+0.0016
18.0	-0.5	-0.0003	28.0	+2.9	+0.0018
18.5	-0.4	-0.0003	28.5	+3.1	+0.0019