

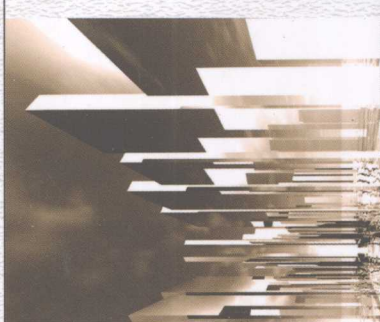


中国地质大学(武汉)实验教学系列教材
中国地质大学(武汉)实验技术研究项目资助

土工实验指导书

TUGONG SHIYAN ZHIDAOSHU

聂良佐 项伟  编著



中国地质大学出版社
ZHONGGUO DIZHI DAXUE CHUBANSHE

中国地质大学(武汉)实验教学系列教材
中国地质大学(武汉)实验技术研究项目资助

土工实验指导书

聂良佐 项伟 编著



中国地质大学出版社
ZHONGGUO DIZHI DAXUE CHUBANSHE

图书在版编目(CIP)数据

土工实验指导书/聂良佐,项伟编著. —武汉:中国地质大学出版社,2009.9
ISBN 978-7-5625-2376-5

- I. 土…
- II. ①聂…②项…
- III. 土工试验-高等学校-教学参考资料
- IV. TU41

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 127531 号

土工实验指导书

聂良佐 项伟 编著

责任编辑:陈 琪

责任校对:张咏梅

出版发行:中国地质大学出版社(武汉市洪山区鲁磨路 388 号)

邮政编码:430074

电 话:(027)67883511 传 真:67883580

E-mail:cbb@cug.edu.cn

经 销:全国新华书店

http://www.cugp.cn

开本:787mm×1092mm 1/16

字数:285千字 印张:11.125

版次:2009年9月第1版

印次:2009年9月第1次印刷

印刷:荆州鸿盛印务有限公司

印数:1—3 000册

ISBN 978-7-5625-2376-5

定价:20.00元

如有印装质量问题请与印刷厂联系调换

中国地质大学（武汉）实验教学系列教材

编委会名单

主任：成金华

副主任：向东 杨伦

编委会成员：（以姓氏笔划排序）

王广君 王莉 李珍 李鹏飞 陈凤

吴立 杨坤光 卓成刚 周顺平 饶建华

段平忠 胡祥云 夏庆霖 梁杏 梁志

程永进 董范 曾健友 薛秦芳 戴光明

选题策划：

梁志 毕克成 郭金楠 赵颖弘 王凤林

前 言

《土工实验指导书》以《土工试验规程》和《土工试验方法标准》为理论依据,同时增添了经本校独立自主研发的虹吸比重瓶测定粘性土颗粒成分方法、微波炉测定土的含水率方法,在总结大学本科传统实验教学实践基础上编著,它可作为岩土、地质、土木、环境、建筑、测绘工程等专业,在开展土工实验教学时的实验指导书,也可作为上述专业研究生在从事课题研究时的参考工具书。

本书著述按土的室内、外物理力学性质实验及附录三部分的内容展开。书中涉及的实验内容,首先考虑为满足土力学理论教学安排的实验教学课需要而设置,同时也有高校目前尚未开设的部分实用性较强的实验项目列出,以适应不同实验教学和开放性实验的需要,便于随机灵活掌握相关实验技术方法信息。书中附有专业名词解释、土的物理力学性质指标的应用、国内外土工实验仪器图片介绍;同时对于实验数据的整理、扰动试样制备技术作了介绍。学生实验成果报告,由相关实验课内容与图表组成,附在本指导书最后。

土工实验是上述专业理论体系中的重要组成部分。开展土工实验教学应以探索实验教育的内在规律性为出发点,注意在有限的实验教学时间单元里,由浅入深地开展实验教学,让学生在掌握土工基本实验方法与技能的同时,强化学生对土工实验系统方法论的深刻理解,积极开动脑筋思考专业理论教学中提出的测试技术手段与方法,使专业理论学习与实践技能训练相互融合,最大程度地开阔学生的认知视野,提高实验方法与技能的整合能力,以便形成实验技能训练与培养上的学习迁移,成为适应将来祖国地质事业建设与发展需要的高素质技术人才。

在本书编著过程中,笔者花费大量时间、精力,仔细地查阅、检索了不同的土工实验规范和相关专业理论文献,为丰富本实验指导书实验内容,提供了必要的技术性素材。一并在此感谢编委会成员的关心与支持,感谢出版社陈琪编辑的辛勤劳动。

由于笔者学识、能力以及内容篇幅所限,难免存在不足之处,诚祈专家学者惠赐教正。

笔 者

2009年5月于中国地质大学(武汉)

目 录

第一部分 土的室内实验	(1)
实验一 颗粒成分实验	(3)
一、筛析法测定砂类土的粒度成分	(3)
二、密度计法测定细粒土的粒度成分	(5)
三、移液管法测定粘性土的粒度成分	(11)
四、虹吸比重瓶法测定粘性土的粒度成分	(12)
实验二 测定土的物理性质指标实验	(19)
一、比重瓶法测定土粒的密度	(19)
二、环刀法和蜡封法测定土的密度	(21)
三、烘干法测定土的含水率	(24)
四、微波炉法测定土的含水率	(25)
实验三 测定粘性土的液限和塑限	(27)
一、锥式液限仪法测定液限	(27)
二、碟式仪法测定液限	(28)
三、搓条法测定塑限	(30)
四、联合测定仪法测定液限和塑限	(31)
实验四 土的压缩性质实验	(33)
一、杠杆式固结仪求参(低压)	(33)
附 测定黄土湿陷性指标	(38)
二、杠杆式固结仪求参(中、高压)	(39)
实验五 测定土的抗剪强度指标	(42)
一、直接剪切实验	(42)
二、静三轴压缩剪切实验	(45)
三、振动三轴剪切实验	(52)
实验六 击实实验	(55)
实验七 变水头法渗透实验	(57)
附 室内土工实验数据的整理与成果报告	(60)
第二部分 土体的原位实验	(65)
实验八 静力触探实验	(67)

一、静力触探的贯入设备·····	(67)
二、探头·····	(68)
实验九 圆锥动力触探实验·····	(72)
实验十 旁压实验·····	(87)
一、预钻式旁压实验·····	(87)
二、自钻式旁压实验·····	(93)
实验十一 扁铲侧胀实验·····	(97)
实验十二 膨胀性质实验·····	(104)
一、自由膨胀率实验·····	(104)
二、无荷载膨胀率实验·····	(105)
三、有荷载膨胀率实验·····	(107)
四、膨胀力实验·····	(107)
实验十三 相对密度实验·····	(109)
一、最大孔隙比实验·····	(109)
二、最小孔隙比实验·····	(110)
实验十四 平板载荷实验·····	(112)
一、浅层平板载荷实验·····	(112)
二、深层平板载荷实验·····	(118)
三、螺旋板载荷实验·····	(121)
附录·····	(129)
附录一 国内外土工仪器图片·····	(131)
附录二 土的物理力学性质指标的应用·····	(140)
附录三 专业名词解释·····	(142)
附录四 扰动试样制备技术方法介绍·····	(149)
参考文献·····	(152)
实验成果报告·····	(153)

第一部分

土的室内实验

实验一 颗粒成分实验

颗粒成分实验是用来测定土中各种粒组所占该土总质量的百分数的实验,可分为筛析法和静水沉降分析法。其中,静水沉降分析法包括密度计法、移液管法和三通虹吸比重瓶法。粒径大于 0.075mm 土粒可用筛析法来测定;粒径小于 0.075mm 土粒则用静水沉降分析法来测定。

一、筛析法测定砂类土的粒度成分

主题词:筛析法;颗粒成分;粒径;粒组;粒组质量百分含量;累积质量百分含量;不均匀系数;曲率系数;级配判断

1. 基本原理

筛析法是利用一套孔径不同的标准分析筛(图 1-1)来分离一定质量的砂土中与筛孔径相应的粒组,而后称量,计算各粒组的相对含量,确定砂土的粒度成分。此法只适用于分离粒径大于 0.075mm 的粒组。

2. 仪器设备

- 1) 标准分析筛一套(图 1-1);
- 2) 普通天平:感量为 0.1g,称量为 500g;
- 3) 研钵及橡皮头研棒;
- 4) 毛刷、白纸、尺等。

3. 操作步骤

(1) 制备土样

1) 风干土样,将土样摊成薄层,在空气中放 1~2 天,使土中水分蒸发。若土样已干,则可直接使用。

2) 若试样中有结块时,可将试样倒入研钵中,用橡皮头研棒研磨,使结块成为单独颗粒为止。但须注意不要把颗粒研散。

3) 从松散的或研散的土样中取代表性试样,其数量如下:

- 最大粒径小于 2mm 者,取 100~300g;
- 最大粒径为 2~10mm 的,取 300~900g;
- 最大粒径为 10~20mm 的,取 1 000~2 000g;
- 最大粒径为 20~40mm 的,取 2 000~4 000g;
- 最大粒径大于 40mm 者,取 4 000g 以上。

用四分法来选取试样,方法如下:将土样拌匀,倒在纸上成圆锥形[图 1-2(a)],然后用尺以圆锥顶点为中心,向一定方向旋转[图 1-2(b)],使圆锥成为 1~2 cm 厚的圆饼状。继而用尺划两条相互垂直的直线,使土样分成四等份,取走相同的两份[图 1-2(c),图 1-2(d)],将

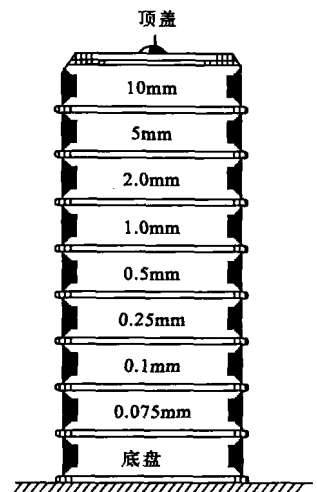


图 1-1 标准分析筛

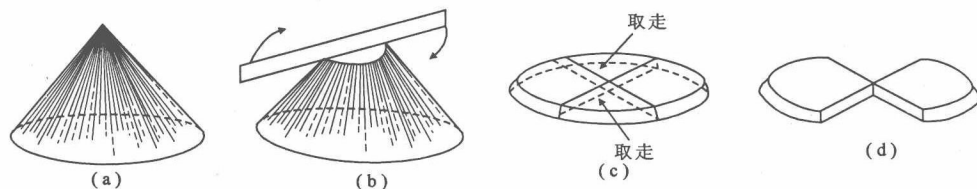


图 1-2 四分法图解

剩下的两份样拌匀；重复上述步骤，直到剩下的土样约等于需要量为止。

(2) 过筛及称量

1) 用普通天平称取一定量的试样(m_s)，准确到 0.1g，记录之。

2) 检查标准分析筛是否按顺序(大孔径放在上面，小孔径放在下面)叠好，筛孔是否干净，若夹有土粒，需刷净。然后将已称量的试样倒入顶层的筛盘中，盖好盖，用摇筛机或手进行筛析，摇振时间一般为 10~15min，然后按顺序将每只筛盘取下，在白纸上用手将筛盘轻叩，摇晃，直到筛净为止。将漏在白纸上的土粒放入下一层筛盘内，按此顺序，直到最末一层筛盘筛净为止。

3) 称量留在各筛盘上的土粒 m_i ，准确至 0.1g，并测量试样中最大颗粒的直径。若大于 2mm 的颗粒超过 50%，则应再用粗筛进行筛析。

(3) 计算及误差分配

1) 计算各粒组的质量百分含量，准确至小数点后一位。

$$X_i = \frac{m_i}{m_s} \times 100\% \quad (1-1)$$

式中： X_i ——粒组质量百分含量，%；

m_i ——某粒组质量，g；

m_s ——试样质量，g。

2) 各筛盘及底盘上土粒的质量之和与筛前所称试样的质量之差不得大于 1%；否则，应重新实验。若两者差值小于 1%，可视实验过程中误差产生的原因，分配给某些粒组；最终，各粒组质量百分含量之和应等于 100%。

(4) 核查土类

若粒径小于 0.075 mm 的含量大于 50%，则该土不是砂土，而是细粒土，将这一部分用沉降法继续分析。

(5) 成果

将实验数据填写在记录表格中(参见后面“实验成果报告”)，根据试样的粒度成分定出土的名称，绘制累计曲线，求不均匀系数 C_u 和曲率系数 C_c ，并说明该土的均一性。

4. 注意事项

1) 在筛析进行中，尤其是将试样由一器皿倒入另一器皿时，要避免微小颗粒的飞扬。

2) 过筛后，要检查筛孔中是否夹有颗粒，若夹有颗粒，应将颗粒轻轻刷下，放入该筛盘上的土样中，一并称量。

5. 思考题

1) “粒组”与“粒度成分”两术语有什么区别？

2) 试样数量的选取根据什么原则?

3) 你的实验有无误差? 若有误差, 你是如何进行分配的?

二、密度计法测定细粒土的粒度成分

主题词: 密度计法; 颗粒成分; 粒径; 粒组; 粒组质量百分含量; 累积质量百分含量

1. 基本原理

密度计是测定液体密度的仪器。它的主体是一个玻璃浮泡, 浮泡下端有固定的重物, 使密度计能直立地浮于液体中; 浮泡上为细长的刻度杆, 其上有刻度和读数。目前使用的有甲种密度计和乙种密度计两种型号。甲种密度计刻度杆上的刻度单位表示 20℃ 时每 1 000ml 悬液内所含土粒的质量; 乙种密度计则表示 20℃ 时悬液的密度。由于受实验室多种因素的影响, 若悬液温度不是 20℃ 时, 则为准确测得 20℃ 时悬液的密度 (或土粒质量), 则必须将初读数经温度校正; 此外, 还需进行弯液面校正、刻度校正、分散剂校正。

本实验用斯托克斯(stokes)公式来求土粒在静水中之沉降速度; 密度计法是通过测定土粒之沉降速度后求相应之土粒直径, 如下式所示:

$$d = \sqrt{\frac{1800\eta}{(\rho_s - \rho_w)g} \cdot v} \quad (1-2)$$

若土粒密度一定, 悬液温度恒定, 令

$$\frac{1800\eta}{(\rho_s - \rho_w)g} = A = \text{常数}$$

$$\text{则} \quad d = \sqrt{A \cdot v} = \sqrt{A \cdot \frac{H_r}{t}} \quad (1-3)$$

式中: d ——颗粒直径, mm;

η ——水的动力粘滞系数, Pa·s(10⁻³);

ρ_s ——土粒的密度, g/cm³;

ρ_w ——4℃ 时水的密度, g/cm³;

g ——重力加速度, cm/s²;

v ——沉降速度, cm/s;

H_r ——有效深度, cm;

t ——沉降时间, s。

已知密度的均匀悬液在静置过程中, 由于不同粒径土粒的下沉速度不同, 粗、细颗粒发生分异现象。随粗颗粒不断沉至容器底部, 悬液密度逐渐减小。密度计在悬液中之沉浮决定于悬液之密度变化。密度大时浮得高, 读数大; 密度小时浮得低, 读数小。若悬液静置一定时间 (t) 后, 将密度计放入盛有悬液的量筒中, 可根据密度计刻度杆与液面指示的读数测得某深度 H_r (称有效深度) 处的密度, 并可按式 (1-2) 求出下沉至 H_r 处的最大粒径 d ; 同时, 通过计算即可求出 H_r 处单位体积悬液中直径小于 d 的土粒含量, 以及这种土粒在全部土样中所占的质量百分含量。由于悬液在静置过程中密度逐渐减小, 相隔一段时间测定一次读数, 就可以求出不同粒径在土中之相对含量。

(1) 有效深度 H_r 的计算

在均质悬液静置过程中, 由于土粒不断下沉, 使不同深度处的悬液的密度随时间的推移不

断地变化,所以利用密度计测得的密度近似于密度计浮泡所排开的悬液的平均密度。若近似地将液面至密度计浮泡中心之间液柱的密度变化当作一直线(实际上是曲线),如图 1-3 所示,则可以认为液面指示的读数相当于浮泡中心所在平面的悬液密度,那么求出密度计的浮泡中心,并记录密度计读数,就可以求出浮泡中心距液面的深度 h 。但由于密度计放入悬液后,使原来的悬液面升高(图 1-4)。所以, h 值需经校正后才可以求出下沉距离 H_r ,从而求得密度计浮泡中心所在平面上之最大的土粒直径 d 。在这一平面上的最大粒径之土粒是由悬液表面沉下来的,因此密度计放入悬液中后,浮泡中心至液面的距离应是:

$$h = \frac{N-R}{N}L + a \quad (1-4)$$

式中: h ——浮力中心至液面距离, cm;

N ——密度计最低刻度的读数,无量纲;

R ——液面所指示的读数,无量纲;

L ——由密度计最小刻度读数至最大刻度读数间的绝对长度,是一个可以直接量得的密度计常数(不同的密度计,其数值各异);

a ——密度计浮力中心到最低刻度的绝对长度,也是一个可以直接量得的常数;

$\frac{N-R}{N}L$ ——按平均内插法求密度计读数到最低一个刻度的长度。该值也可以直接量

测。

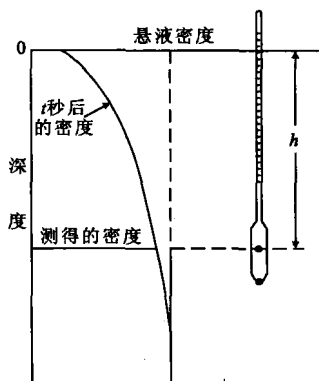


图 1-3 密度计测定悬液密度图解

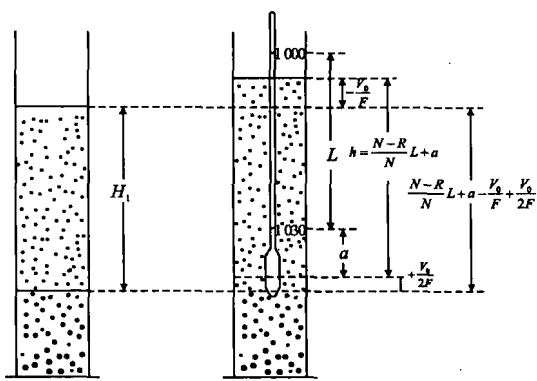


图 1-4 密度计各测定数值间的关系图解

必须注意, h 是浮泡中心附近的液体质点在密度计放入液体后所具有深度。这个质点在未放入密度计前的深度 H_r 比 h 有更大的意义。将液体置于横截面积为 F 的量筒中,密度计浮泡体积为 V_0 (刻度杆的体积忽略不计),液面将因密度计的放入而升高 $\frac{V_0}{F}$ 。与此同时,位于浮泡中心的质点比未放入密度计前所处的位置高 $\frac{V_0}{2F}$,因此此质点以下的液体由于浮泡下半截的沉入而升高了。由图 1-4 不难看出如下的关系:

$$H_r = \frac{V_0}{2F} + h - \frac{V_0}{F} = h - \frac{V_0}{2F}$$

由式(1-4),则得

$$H_r = \frac{N-R}{N}L + a - \frac{V_0}{2F} \quad (1-5)$$

式中,仅 R 为变数,通常用图解法表示 H_r 与 R 的关系,从而求出 H_r 。

(2)密度计浮泡中心平面上之最大粒径 d 的计算

求出 H_r 后,按式(1-3)求 d ,为计算方便起见,现将常数项 A 列于表 1-1 中。

表 1-1 粒径计算系数 $A (= \sqrt{\frac{1800\eta}{(\rho_s - \rho_w)g}})$ 值表

粒径计 算系数 温度(°C)	土 粒 密 度($g \cdot cm^{-3}$)								
	2.45	2.50	2.55	2.60	2.65	2.70	2.75	2.80	2.85
5	0.138 5	0.136 0	0.139 9	0.131 8	0.129 8	0.127 9	0.126 1	0.124 3	0.122 6
6	0.136 5	0.134 2	0.132 0	0.129 9	0.128 0	0.126 1	0.124 3	0.122 5	0.120 8
7	0.134 4	0.132 1	0.130 0	0.128 0	0.126 0	0.124 1	0.122 4	0.120 6	0.118 9
8	0.132 4	0.130 2	0.128 1	0.126 0	0.124 1	0.122 3	0.120 5	0.118 8	0.118 2
9	0.130 5	0.128 3	0.126 2	0.124 2	0.122 4	0.120 5	0.118 7	0.117 1	0.116 4
10	0.128 8	0.126 7	0.124 7	0.122 7	0.120 8	0.118 9	0.117 3	0.115 6	0.114 1
11	0.127 0	0.124 9	0.122 9	0.120 9	0.119 0	0.117 3	0.115 6	0.114 0	0.112 4
12	0.125 3	0.123 2	0.121 2	0.119 3	0.117 5	0.115 7	0.114 0	0.112 4	0.110 9
13	0.123 5	0.121 4	0.119 5	0.117 5	0.115 8	0.114 1	0.112 4	0.110 9	0.109 4
14	0.122 1	0.120 0	0.118 0	0.116 2	0.114 9	0.112 7	0.111 1	0.109 5	0.108 0
15	0.120 5	0.118 4	0.116 5	0.114 8	0.113 0	0.111 3	0.109 6	0.108 1	0.106 7
16	0.118 9	0.116 9	0.115 0	0.113 2	0.111 5	0.109 8	0.108 3	0.106 7	0.105 3
17	0.117 3	0.115 4	0.113 5	0.111 8	0.110 0	0.108 5	0.106 9	0.104 7	0.103 9
18	0.115 9	0.114 0	0.112 1	0.110 3	0.108 6	0.107 1	0.105 5	0.104 0	0.102 6
19	0.114 5	0.112 5	0.110 8	0.109 0	0.107 3	0.105 8	0.103 1	0.108 8	0.101 4
20	0.113 0	0.111 1	0.109 3	0.107 5	0.105 9	0.104 3	0.102 9	0.101 4	0.100 0
21	0.111 8	0.109 9	0.108 1	0.106 4	0.104 3	0.103 3	0.101 8	0.100 3	0.099 0
22	0.110 3	0.108 5	0.106 7	0.105 0	0.103 5	0.101 9	0.100 4	0.099 0	0.097 67
23	0.109 1	0.107 2	0.105 5	0.103 8	0.102 3	0.100 7	0.099 30	0.097 93	0.096 59
24	0.107 8	0.106 1	0.104 4	0.102 8	0.101 2	0.099 70	0.098 23	0.096 00	0.095 55
25	0.106 5	0.104 7	0.103 1	0.101 4	0.099 0	0.098 39	0.097 01	0.095 66	0.094 34
26	0.105 4	0.103 5	0.101 9	0.100 3	0.098 79	0.097 31	0.095 92	0.094 55	0.093 27
27	0.104 1	0.102 4	0.100 7	0.099 15	0.097 67	0.096 23	0.094 82	0.093 49	0.092 25
28	0.103 2	0.101 4	0.099 75	0.098 18	0.096 70	0.095 29	0.093 91	0.092 57	0.091 32
29	0.101 9	0.100 2	0.098 59	0.097 06	0.095 55	0.094 13	0.092 79	0.091 44	0.090 28
30	0.100 8	0.099 1	0.097 52	0.095 97	0.094 50	0.093 11	0.091 76	0.090 50	0.089 27

(3)粒径小于 d 之土粒的累积质量百分含量的计算

1)乙种密度计的计算方法。

其原理是:悬液经搅拌历时 t 后,在 H_r 深处的密度应等于 1ml 的水之质量加上分散到这 1ml 水内的土粒质量,减去这些土粒所排开的同体积液体之质量,即

$$R_{20} = \rho_{w20} + \frac{m_s}{V} - \frac{m_s}{\rho_s V} \rho_{w20} \quad (1-6)$$

式中: R_{20} ——悬液温度为 20℃ 时密度计读数, g/cm³;

ρ_{w20} ——悬液温度为 20℃ 时水的密度, g/cm³;

m_s ——小于某粒径土粒之质量, g;

ρ_s ——土粒之密度, g/cm³;

V ——悬液体积, cm³。

如果悬液温度为 20℃ 时水的密度近似地等于 1, 根据上式可得悬液中粒径小于 d 的土粒之质量

$$m_s = \frac{\rho_s}{\rho_s - 1} (R_{20} - 1) V \quad (1-7)$$

粒径小于 d 之土粒的累计质量百分含量应是

$$X_d = \frac{m_i}{m_s} \times 100\% = \frac{\rho_s}{\rho_s - 1} \times \frac{V \cdot 100}{m_s} (R_{20} - 1)\% \quad (1-8)$$

式中: m_i ——试样干土质量, g;

其余符号同前。

2) 甲种密度计的计算方法。

甲种密度计的读数表示 20℃ 时悬液中粒径小于 d 的土粒质量, 因其刻度是假定土粒密度为 2.65 g/cm³ 制作的, 所以土粒密度不等于该值时需进行校正(表 1-2):

$$X_d = \frac{100}{m_s} \times R'_{20} \times C_s \% \quad (1-9)$$

式中: C_s ——土粒密度校正值, $C_s = \frac{\rho_s}{\rho_s - \rho_{w20}} \times \frac{2.65 - \rho_{w20}}{2.65}$;

R'_{20} ——悬液温度为 20℃ 时甲种密度计的读数。

表 1-2 土粒密度校正值 C_s

土粒密度(g·cm ⁻³)	2.60	2.62	2.64	2.65	2.66	2.68	2.70	2.72
校正值	1.012	1.007	1.002	1.000	0.998	0.993	0.989	0.985
土粒密度(g·cm ⁻³)	2.74	2.76	2.78	2.80	2.82	2.84	2.86	2.88
校正值	0.981	0.977	0.973	0.969	0.965	0.961	0.958	0.954

2. 仪器设备

1) 密度计:

甲种密度计: 刻度杆上的读数自 0~60, 最小刻度单位为 1.0;

乙种密度计: 刻度杆上的读数自 0.995~1.030, 最小刻度单位为 0.001。

2) 量筒: 1 000ml、500ml、250ml 各一个。

3) 制备土样的设备: 研钵和研棒、筛、天平、煮沸设备、洗瓶、烧瓶、大漏斗、瓷皿、烘箱、干燥器等。

4) 悬液搅拌器、温度计、木尺等。

3. 操作步骤

(1) 测定密度计及量筒的各种常数

1) 测量密度计浮泡体积 V_0 : 取 250ml 量筒一个, 注水约 150ml, 记下读数, 将密度计浮泡

没于水中至最低刻度处,读出量筒上液面读数,此读数与原读数之差即浮泡体积。

2)测量密度计浮泡中心到最低刻度处的校正距离 a :将密度计浮泡的一半没入水中,当排开的水等于 $\frac{V_0}{2}$ 时,用尺量出由水面到最低刻度的长度。

3)测量密度计玻璃杆上最低刻度至最高刻度间长度 L 。

4)测定 1 000ml 量筒的内径,以求得量筒的横断面面积 F 。

(2)测定密度计读数的校正值

1)密度计的各个刻度校正值 n :把密度计放入已知密度的液体中,其读数与已知密度之差即为刻度校正值。此值可正,可负,课前应绘制校正曲线备查。

2)弯液面校正值 u :密度计读数应以弯液面的底面为准,但放入浑浊的悬液中就看不清底面的刻度了,所以在观测时都读弯液面顶面刻度。因此,必须于测定之前,在清水中读数弯液面顶面高出其底面的数值(图 1-5),以便校正每一读数。因弯液面顶面刻度永远小于底面刻度,故此值永远为正(某些密度计,出厂时已注明以弯液面上缘为准,即 $u=0$)。

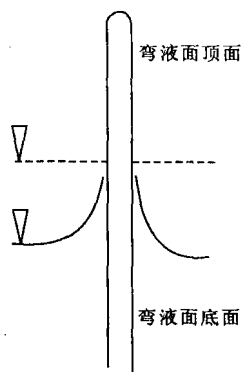


图 1-5 读数弯液面顶面高出其底面的数值

3)温度校正值 m :悬液温度影响悬液密度和密度计玻璃杆的膨胀值,故悬液温度如不等于 20℃ 时,应加温度校正值(表 1-3)。

表 1-3 温度校正值

悬液温度(℃)	甲种密度计 温度校正值	乙种密度计 温度校正值	悬液温度(℃)	甲种密度计 温度校正值	乙种密度计 温度校正值
10.0	-2.0	-0.001 2	20.0	+0.0	+0.000 0
10.5	-1.9	-0.001 2	20.5	+0.1	+0.000 1
11.0	-1.9	-0.001 2	21.0	+0.3	+0.000 2
11.5	-1.8	-0.001 1	21.5	+0.5	+0.000 3
12.0	-1.8	-0.001 1	22.0	+0.6	+0.000 4
12.5	-1.7	-0.001 0	22.5	+0.8	+0.000 5
13.0	-1.6	-0.001 0	23.0	+0.9	+0.000 6
13.5	-1.5	-0.000 9	23.5	+1.1	+0.000 7
14.0	-1.4	-0.000 9	24.0	+1.3	+0.000 8
14.5	-1.3	-0.000 8	24.5	+1.5	+0.000 9
15.0	-1.2	-0.000 8	25.0	+1.7	+0.001 0
15.5	-1.1	-0.000 7	25.5	+1.9	+0.001 1
16.0	-1.0	-0.000 6	26.0	+2.1	+0.001 3
16.5	-0.9	-0.000 6	26.5	+2.2	+0.001 4
17.0	-0.8	-0.000 5	27.0	+2.5	+0.001 5
17.5	-0.7	-0.000 4	27.5	+2.6	+0.001 6
18.0	-0.5	-0.000 3	28.0	+2.9	+0.001 8
18.5	-0.4	-0.000 3	28.5	+3.1	+0.001 9
19.0	-0.3	-0.000 2	29.0	+3.3	+0.002 1
19.5	-0.1	-0.000 1	29.5	+3.5	+0.002 2
20.0	-0.0	-0.000 0	30.0	+3.7	+0.002 3

4)分散剂校正值 c :为了使悬液充分分散,会加一定量的分散剂,导致增大了悬液的密度,故应减去这部分密度。测定 20°C 蒸馏水密度和 20°C 蒸馏水加分散剂水溶液的密度,其差值就是分散剂校正值。

(3)处理土样及制备悬液

1)取代表性试样 $200\sim 300\text{g}$,风干并测定试样的风干含水率,放入研钵中,用带橡皮头的研棒研散。

2)称风干试样 30g 倒入锥形瓶,注入蒸馏水 200ml ,浸泡过夜。

3)将盛土液的锥形瓶稍加摇晃后放在煮沸设备上煮沸,自沸腾时算起,粉土不少于 30min ,粘性土 60min 。

4)将冷却后的悬液全部冲入瓷皿中,用带橡皮头研棒研磨;静止约 1min ,将上部悬液倒在 0.075mm 洗筛上,经漏斗注入大量筒内,加蒸馏水于瓷皿中研磨,倒出上部悬液过筛入量筒内。如此反复,直至悬液澄清后将瓷皿中全部试样过筛,冲洗干净;将筛上砂粒移入蒸发皿内,烘干后,按实验一方法过筛称量,并计算各粒组质量百分含量。

5)在大量筒中加入 4% 浓度的六偏磷酸钠 10ml ,再注入蒸馏水至 1000ml 。

(4)按时测定悬液的密度及温度

1)搅拌悬液,直到土粒完全均布到整个悬液中为止,注意搅拌时勿使悬液溅出量筒外。

2)取出搅拌器,同时立即开动秒表,测定经过 1min 、 5min 、 30min 、 120min 和 1440min 的密度计读数,并测定其相应的悬液温度。根据实验情况或实际需要,可增加密度计读数次数,或缩短最后一次读数时间。

3)每次读数时均应在预定时间前 $10\sim 20\text{s}$ 将密度计徐徐放入悬液中部,不得贴近筒壁,并使密度计竖直,还应在近似于悬液密度的刻度处放手,以免搅动悬液。

4)密度计读数均以弯液面上缘为准。甲种密度计应准确至 1 ,估读至 0.1 ;乙种密度计应准确至 0.001 ,估读至 0.0001 。每次读数完毕,立即取出密度计,放入盛有清水的量筒中。

5)测定悬液温度,应准确至 0.5°C 。

(5)读数校正

根据密度计初读数 R_0 ,在所用密度计的弯液面刻度校正曲线上查得弯液面及刻度校正 u 、 $\pm n$ 。根据悬液温度在表 1-3 中查得温度校正 $\pm m$ 。校正后的读数应是 $R_{20} = R_0 \pm n + u \pm m - c$ 。根据该数值来计算相应之土粒直径及累积质量百分含量。

(6)求有效深度 H_r

1)作 H_r-R 关系图:因每一个密度计制造时有差别,所以需对每一个密度计都要作出 H_r-R 关系曲线。以 R 为横坐标,以 H_r 为纵坐标,选择几个 R 值,按式(1-5)计算相应之 H_r ,绘制 H_r-R 关系图。

2)根据校正后的密度计读数 R_{20} ,在 H_r-R 关系曲线图上求得相应的 H_r 值。

(7)计算密度计浮泡中心平面上之最大粒径 d

根据土粒密度及悬液温度,由表 1-1 查得粒径计算系数 A ,而后根据 A 、 H_r 及读数时间按式(1-3)计算粒径 d 。

(8)计算

按式(1-8)或(1-9)计算粒径小于 d 之颗粒累积质量百分含量。