

土工测试技术

王保田 编著

河海大学出版社

土

工测试 技术

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60
61
62
63
64
65
66
67
68
69
70
71
72
73
74
75
76
77
78
79
80
81
82
83
84
85
86
87
88
89
90
91
92
93
94
95
96
97
98
99
100

土工测试技术

王保田 编著

河海大学出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

土工测试技术/王保田编. - 南京: 河海大学出版社,
2000.12

ISBN 7-5630-1565-5

I. 土… II. 王… III. 土工试验 IV. TU41

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2000) 第 84560 号

书 名 / 土工测试技术

书 号 / ISBN7-5630-1565-5/TU·58

责任编辑 / 施 萍

封面设计 / 张世立

出 版 / 河海大学出版社

地 址 / 南京西康路 1 号 (邮编: 210098)

电 话 / (025) 3737852 (总编室) (025) 3722833 (发行部)

经 销 / 江苏省新华书店

印 刷 / 南京京新印刷厂

开 本 / 787 毫米 × 1092 毫米 1/16 7.5 印张 187 千字

版 次 / 2000 年 12 月第 1 版 2000 年 12 月第 1 次印刷

印 数 / 1~5000 册

定 价 / 12.50 元 (册)

前 言

土工测试技术是岩土工程学科的重要组成部分。岩土工程设计参数就是由设计合理、条件相似、方法和操作正确的岩土工程测试得到的。土工测试技术一般分为室内试验和现场测试两部分，本书包括了常用的室内试验和现场测试内容。

土力学教学中特别强调土工试验，我校在 80 年代初编写了土工试验指导书和土工试验报告，供土工试验课程教学使用。由于 80 年代末以来土工试验规范和岩土工程规范有较大的变动，迫切需要新的土工试验教材。本书即是在此背景下编写的，其中有许多内容继承了土工试验指导书中合理部分，先作为讲义使用了三年，现以土工测试技术著作形式出版，充实现场测试内容和笔者多年试验工作成果部分。

本书中室内试验部分以中华人民共和国国家标准《土工试验方法标准》(GB/T50123-1999)为基准，参照水利部、交通部相关标准编写，包括了常用的 11 种土工试验方法并简要介绍了土样和试样制备方法；现场测试部分以《岩土工程勘察规范》为基准，参照其它手册和教学参考书编写。

室内试验包括了土的物理性质指标、渗透性、击实性、压缩性和抗剪强度特性等几个方面的内容，现场测试包括静力、动力和波动测试等内容。每一种试验介绍了基本原理、仪器设备、操作步骤、试验记录、成果整理及笔者多年从事试验工作的经验总结等几个方面的内容。

土工试验成果的可靠性和能否应用于具体工程设计中，主要与测试设备的工作状态、操作人员的熟练程度、取样的代表性、取样和制样过程中的扰动情况、试验工作条件与现场受力特性的差异等诸多因素有关。作为试验操作人员，应始终保持试验仪器处于良好的工作状态，细心整理试验成果，详细记录试验过程中出现的各种异常现象。只有这样，才能使试验成果有较高的可靠性。

通过本课程的学习，要求掌握各种试验的基本原理、操作方法和成果整理方法，了解各试验仪器的工作原理、校验方法及维护措施，本书作为岩土工程专业土工试验课程教材。并作为水利、土木等学科各专业本专科生和研究生土工试验参考书，同时可作为从事土工试验和现场测试专业人员的参考书。

本书在成稿后，经方开泽教授仔细审阅，提出了许多宝贵的修改意见，在此表示衷心谢意。河海大学岩土工程研究所余湘娟、张福海等教师在讲义使用期间提出了许多宝贵意见，卢廷浩教授为本书编写和出版做了大量工作。河海大学将本书列入校十五期间重点教材之一，并优先出版，笔者借该书出版之际向所有关心本书出版并付出辛勤汗水的同仁表示深深的谢意。

王保田

2000 年 12 月 20 日

目 录

上 篇 室内试验

第一章	含水率试验	1
第二章	密度试验	5
第三章	比重试验	10
第四章	颗粒分析试验	17
第五章	界限含水率(稠度)试验	29
第六章	相对密实度试验	37
第七章	击实试验	41
第八章	渗透试验	45
第九章	固结试验(压缩试验)	51
第十章	直接剪切试验	57
第十一章	三轴剪切试验	61
第十二章	土样和试样制备	71

下 篇 现场测试

第十三章	载荷试验	74
第十四章	静力触探试验	81
第十五章	圆锥动力触探试验	86
第十六章	现场直剪试验	92
第十七章	旁压试验和扁铲侧胀试验	98
第十八章	波速测试	105
参考文献		111

上篇 室内试验

第一章 含水率试验

第一节 概 述

土体含水率(ω)是土的物理性质指标之一。土体含水率高低与粘性土的强度和压缩具有密切的关系。土体在各种状态下的含水率是计算其它物理性质指标、测量其它物理状态指标的最基本试验。

第二节 试验原理

土样含水率是指土样在 105℃至 110℃的温度下烘干至恒重时所失去的水分质量与烘干土质量的比值,用百分数表示。即:

$$\omega = \frac{m - m_s}{m_s} \times 100\% \quad (1-1)$$

式中: ω ——土样含水率(%);

m ——湿土质量,单位:克(g);

m_s ——烘干土质量,单位:克(g)。

含水率试验的室内试验方法以烘干法为标准方法。在野外,如条件不满足可依土的性质和工作条件选用如下试验方法:

1. 酒精燃烧法;
2. 比重法(适用于砂性土);
3. 实容积法(适用于粘性土);
4. 炒干法(适用于砾质土)。

含水率试验的上述方法在水中还会发生水解适用于无机土(有机质含量低于5%),对于有机质土和有机土,在温度较高时会发生分解,使测得的含水率偏高,从而造成试验误差。

有机质含量超过5%的有机质土和有机土,含石膏和硫酸盐矿物的土,因这些矿物晶体中含结晶水,因此需采用 65℃~70℃温度将土烘干至恒重,测量其含水率。

上述各种试验方法都是利用水在加温后逐渐变成水蒸气的性质。加热一定时间后,在温度不高于 110℃时,土中自由水全部变成气体挥发,之后土重不再发生变化,即处于恒重状态。这时挥发掉的水重 $m_w = m - m_s$ 。土恒重即认为是干土质量。对粘性土, m_s 实际

上是土粒质量与强结合水质量之和，因强结合水需要温度高于 120℃ 才能析出，故将其作为固体颗粒的一部分。

第三节 烘干法测定含水率

一、仪器设备

烘干法仪器设备主要包括：

1. 恒温烘箱：一般要求在 50℃ ~ 200℃ 范围内能在任一点保持一定恒温范围。最常用的恒温范围在 105℃ ~ 110℃，控制温度的精度高于 $\pm 2^\circ\text{C}$ ；
2. 天平：称量 200g，感量 0.01g。常用天平分机械天平和电子天平两类；
3. 附属设备：铝盒（称量盒）、干燥器、铅丝篮、温度计等。

二、操作步骤

烘干法含水率试验操作主要步骤包括：

1. 取代表性试样 15 ~ 30g，对于砾类土，取 100g 以上试样。放入铝盒内，迅速盖好盒盖，称量 m_1 ，准确至 0.01g，称量结果减去铝盒质量 m_0 ，得到湿土质量 $m = m_1 - m_0$ ；
2. 揭开铝盒盖，将试样和铝盒一起放入恒温烘箱，在温度 105℃ ~ 110℃ 下烘至恒重。在设定温度下烘至恒重所需时间由土类和烘箱构造决定。一般砂土约需 1 ~ 2 小时，粉土和粉质粘土约 6 ~ 8 小时，粘土约 10 小时，有机质土用 65℃ ~ 70℃ 烘干需 48 小时以上；
3. 将烘干后的试样和铝盒取出，盖好铝盒盖后，放入干燥器内冷却至室温后，称铝盒加土质量 m_2 ，准确至 0.01g。计算干土质量 $m_s = m_2 - m_0$ ；
4. 按下式计算该试样的含水率：

$$\omega = \frac{m - m_s}{m_s} \times 100\% = \frac{m_1 - m_2}{m_2 - m_0} \times 100\% \quad (1-2)$$

5. 按前面的步骤进行两次平行试验，当两次测定含水率的差值在允许的范围时，取其算术平均值作为该土样的含水率。两次测定的差值允许范围为：含水率低于 40% 时，不得大于 1%；含水率高于 40% 时，不得大于 2%。本允许范围是对均质土而言，对原状土由于非均质，样筒上下水在重力作用下重新分布使含水率差值增大，可适当放宽平行试验差值允许范围。

三、试验记录

试验记录包括土样描述、试验过程说明和记录表格三个主要组成部分。试样描述内容有：1. 土样颜色；2. 土样初步定名；3. 土质均匀性及是否含有机质等。试验过程说明通常有：1. 取样位置；2. 试验方法；3. 试验条件（如烘干法试验的温度、时间、试验设备等）。含水率试验记录表格见表 1-1 所示。在填写原始记录表格过程中，要求使用黑色圆珠笔或钢笔填写，特别注意严禁随意涂改试验记录，对于书写错误，用细线杠去错误数字（要能清楚看出错误数字），把正确数字写在旁边，试验人员要签章。

表 1-1 含水率试验

工程名称: _____

试验者: _____

送检单位: _____

计算者: _____

土样编号: _____

校核者: _____

试验日期: _____

试验说明: _____

试样 编号	试样 名称	盒 号	盒质量 (g)	盒 + 湿土 质量 (g)	盒 + 干土 质量 (g)	湿土质量 (g)	干土质量 (g)	含水率 %	均值 %

第四节 酒精燃烧法

一、仪器设备

酒精燃烧法仪器设备主要包括:

1. 铝盒 (称量盒);
2. 天平: 称量 200g, 感量 0.01g;
3. 酒精: 纯度高于 95%;
4. 其它: 滴管, 火柴, 调土刀等。

二、操作步骤

酒精燃烧法测定土样中含水率是通过酒精燃烧过程中产生的热量使土中水气化蒸发。主要操作步骤如下:

1. 取代表性试样 (粘性土 5 ~ 10g, 砂性土 20 ~ 30g), 放入铝盒内, 盖好盒盖, 称盒加湿土质量 m_1 , 准确至 0.01g。 m_1 减去铝盒质量 m_0 即为湿土质量 $m = m_1 - m_0$;
2. 用滴管将酒精注入放有试样的铝盒中, 至酒精超过试样面为止。轻轻敲击铝盒, 使酒精与土样充分混合均匀;
3. 点燃盒中酒精, 烧至火焰熄灭;
4. 让试样冷却数分钟, 按 2 至 3 的步骤再重复燃烧两次。当第三次火焰熄灭后, 立即盖好盒盖, 称量盒加干土质量 m_2 , 准确至 0.01g。干土质量 m_s 即为: $m_s = m_2 - m_0$;
5. 与烘干法记录格式一样 (见表 1-1) 记录。每个试样平行测定两次。计算公式及允许平行差与烘干法相同。

第五节 附加说明

1. 含水率试验以烘干法和酒精燃烧法最为常用。若在实际工作中需要采用其它方法, 操作步骤参见文献 [2, 6]。

2. 含水率试验中质量测定精确至 0.01g。铝盒质量由于磨损及氧化作用随时间发生变化。对查表得出的铝盒质量，规范要求使用 3~6 个月后率定一次铝盒质量；

3. 现场取至实验室的原状土样，在取样和运输过程中，含水率会重新分布。如土样中间与外围、顶部与底部存在含水率差异。在测定含水率的取样时，所谓代表性土样即指各部位土样都有，使测出的平均含水率能代表原状土样含水率。

4. 平行试验的含水率误差允许范围的规定，是针对均匀的同一块土样在试验过程中取两个试样测定含水率时产生的误差，对于不同点取样的含水率试验结果，取平均值时不受此限制。特别是在一个样筒的不同水位取含水率试验，可以有较大的差值。

5. 室内试验过程中的误差来源和注意事项如下：

(1) 天平未调平（机械天平）或零点漂移（电子天平）。要求将天平放在平整结实的台板上，保持天平间干燥、无振动。天平间内温度变化小，相对湿度低于 75%，不能放置高温发热物体。窗帘采用红黑双层布组成。电子天平要在一开机预热 30 分钟，用标准砝码校验后，才能作为测量工作器具；

(2) 铝盒质量改变。在试验过程中禁止用铁刀等硬物括铝盒，试验后将铝盒洗净晾干放置，试验前烘干铝盒。每隔 3~6 个月复核一次铝盒质量；

(3) 试样没有烘干。在有此疑问时，称量后放入烘箱再烘干 4 小时后称干土质量，计算含水率，若前后两次测量含水率有显著差异，则应继续对土进行烘干；

(4) 部分土掉出盒外或向铝盒装土时有土留在盒外；

(5) 计算错误和测试过程中操作错误等因素造的粗大误差。要求计算分析中计算者和校核者分开，整个试验过程严格按照规范操作；

(6) 土样中含有有机质。有机质在温度较高时发生分解和碳化，使测得的含水率偏高。当确定土体中有机质含量超过 5% 时，需降低烘干温度，不允许用酒精燃烧法等温度高又不能控制温度的方法进行含水率试验。

思考题

1. 烘干法与酒精燃烧法测量砂土和粘性土的含水率时，哪种土含水率差别较大，为什么？
2. 为什么有机质土要用较低温度烘干？

第二章 密度试验

第一节 概 述

土体的密度是土体直接测量所得的物理性质指标之一。土体密度大小与土的松紧程度、压缩性、抗剪强度等均有密切联系。土体密度是计算地基自重应力的重要参数。密度测试还是土体相对密实度等物理指标的测试方法。

单位体积土体质量叫土的密度，定义式为：

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (2-1)$$

式中： ρ ——土样密度，单位 g/cm^3 ；

m ——土样质量，单位 g ；

V ——土样体积，单位 cm^3 。

实验室内直接测量的密度为湿密度（对原状土称作天然密度），用 ρ 表示。工程中常用的土体在不同状态下的密度有干密度（ ρ_d ）、饱和密度（ ρ_{sat} ）、浮密度 ρ 等。与密度相对应的常用指标——容重的定义为单位体积土体的重量。定义式为：

$$= \frac{mg}{V} = \rho g \quad (2-2)$$

式中： γ ——土样容重，单位 kN/m^3 ，工民建规范称作重度；

g ——重力加速度，一般取 $9.81\text{m}/\text{s}^2$ ；

其余符号同前。

与不同状态下土的密度对应的不同状态土的容重分别记作：干容重 γ_d 、饱和容重 γ_{sat} 、浮容重 γ' 。

本章介绍湿密度的实验室测定方法。

第二节 试验原理

根据公式（2-1），密度试验方法即包括测定试样体积 V 和质量 m 。试验时，将土充满给定容积 V 的容器，然后称取该体积土的质量 m 。或者反过来，测定一定质量 m 的土所占的体积。前者最常用的有环刀法，后者有蜡封法、灌砂法、灌水法等。

第三节 环刀法

一、仪器设备

环刀法测试土的密度需要如下设备：

1. 环刀：内径 6~8cm，高 2~3cm。体积定期校正为恒值，常用环刀体积为 60cm³；
2. 天平：称量 200g，感量 0.01g。也可用称量 1000g，感量 0.1g 的天平。
3. 附加设备：切土刀，钢丝锯，凡士林等。

二、操作步骤

1. 取原状土或制备的扰动土样，整平两端，将环刀内壁涂一薄层凡士林，刃口向下放在土样上，将环刀垂直向下压至约刃口深处，用切土刀（或钢丝锯）将土样切成略大于环刀直径的土柱后，边压边削，直至土样伸出环刀顶部，将两端余土削平；
2. 用切下的代表性土样测定含水率 ω ；
3. 擦净环刀外壁，称环刀加土的质量 m_1 ，准确至 0.1g；
4. 按下式计算试样密度和干密度：

$$\rho = \frac{m_1 - m_0}{V} \quad (2-3)$$

$$\rho_d = \frac{\rho}{1 + 0.01\omega} \quad (2-4)$$

式中： ρ ——试样密度，单位 g/cm³；

ρ_d ——试样干密度，单位 g/cm³；

m_1 ——环刀加试样质量，单位 g；

m_0 ——环刀质量，单位 g；

V ——环刀容积，单位 cm³；

ω ——试样含水率，单位 %。

5. 按 1 至 4 的步骤进行两次平行测定，其平行差不得大于 0.03g/cm³，取其算术平均值作为试验结果。

三、试验记录

环刀法测定土的密度记录格式及成果可参考表 2-1。

第四节 蜡封法

当土样易碎易裂或较硬而不易切割成型时，不能用环刀法测试土的密度，这时常采用蜡封法测试土的密度。

表 2-1 密度试验 (环刀法)

工程名称: _____

试验者: _____

送检单位: _____

计算者: _____

土样编号: _____

校核者: _____

试验日期: _____

试验说明: _____

试样 编号	试样 类别	环刀 号	环刀质量 (g)	环刀体积 (cm ³)	环刀 + 湿土 质量 (g)	湿土质 量 (g)	密度 (g/cm ³)	平均密度 (g/cm ³)	含水率 %	干密度 (g/cm ³)

一、仪器设备

蜡封法主要仪器包括:

1. 天平: 称量 200g, 感量 0.01g; 具有吊环方式称量方法, 机械式天平见图 2-1;
2. 辅助设备: 切土刀、蜡、温度计、纯水、烧杯、细线、针等。

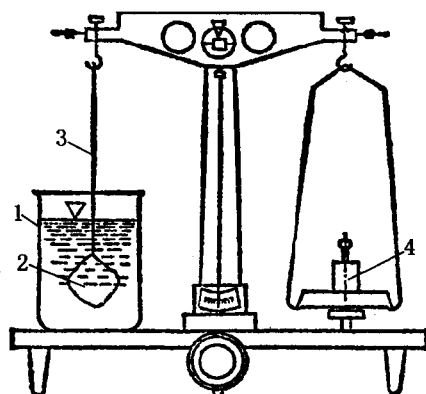


图 2-1 蜡封法称量天平

1. 盛水杯 2. 蜡封试样 3. 细线 4. 砝码

二、操作步骤

1. 切取约 30cm³ 的试样, 削去松浮表土及尖角后, 系于细线上, 称土的质量 m , 精确至 0.01g;
2. 用切下的代表性土样进行含水率试验, 获得土样的含水率;
3. 持线将试样徐徐浸入刚过熔点的蜡中, 待全部沉没后, 立即将试样提出蜡面, 检查涂在试样四周的蜡中是否有气泡。如有气泡, 用热针刺破, 涂平孔口。冷却后称土加蜡质量 m_1 , 准确至 0.01g;
4. 用线将试样吊在天平一端, 并使试样浸没于纯水中, 称量此时土加蜡质量 m_2 , 准

确至 0.01g, 测计纯水温度;

5. 取出试样, 擦干蜡表面的水后, 再称量一次, 检查试样中是否有水浸入, 如有水浸入, 试验重作;

6. 按下式计算试样密度:

$$\rho = \frac{m}{\frac{m_1 - m_2}{\rho_{wt}} - \frac{m_1 - m}{\rho_n}} \quad (2-4)$$

式中: ρ ——试样密度 (g/cm^3);

m ——湿土质量 (g);

m_1 ——土加蜡质量 (g);

m_2 ——土加蜡在水中质量 (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)。

7. 重复上述步骤, 进行两次平行试验, 当其平行差不超过 $0.03\text{g}/\text{cm}^3$ 时, 取其算术平均值; 若平行差过大, 重做试验, 并找出原因。

三、试验记录及成果

蜡封法试验记录及成果见表 2-2。

表 2-2 密度试验 (蜡封法)

工程名称: _____	试验者: _____
送检单位: _____	计算者: _____
土样编号: _____	校核者: _____
试验日期: _____	试验说明: _____

湿土质量 (g)	土加蜡质量 (g)	土加蜡在水中 质量 (g)	水温 ($^\circ\text{C}$)	$t^\circ\text{C}$ 水的密度 (g/cm^3)	蜡的密度 (g/cm^3)	试样密度 (g/cm^3)	平均密度 (g/cm^3)

第五节 附加说明

1. 密度试验最常用的方法是环刀法, 其它试验方法在环刀法不能应用时才采用;
2. 环刀法适用于砂土、粉土和粘性土; 灌砂法和灌水法一般用于现场密度试验, 特别对于建筑垃圾填土、砾类土、二灰土、结石土等, 城建规范建议用灌砂法, 水利部门建议用灌水法, 现场试验表明灌水法精度较高, 试验方法见 [16];
3. 蜡封法适用于粘结性较好的粗细粒混合土, 且一般在室内进行;
4. 密度试验的精度主要取决于取样过程中对土样的扰动程度、环刀体积是否准确、

水的纯度、标准砂密度精确性等因素。蜡封法的关键是在水下称量时蜡密封面是否漏水；

5. 密度试验要求进行两次平行试验，平行误差小于 $0.03\text{g}/\text{cm}^3$ ，这时取平均值作为结果，否则重做，这一要求是对均质土，试验过程中随机误差的控制标准。对不均匀土层，当两点土样有变化时，不受此限制，这时要给出该土层密度变化范围、均值、标准差等量。

思考题

1. 环刀法测量砂土的密度有什么困难？
2. 式 (2-4) 的分母两项各代表什么意义？
3. 为什么说一般灌水法比灌砂法测量密度的精度高？

第三章 比重试验

第一节 概 述

土粒比重是土体直接测量的物理指标之一，土粒比重受组成土粒的矿物成分所决定。因此，土粒比重大小间接反映了土粒的矿物成分，从而在一定程度上反映了土的力学性质。土粒比重还是计算土的换算指标的一个必不可少的物理量。

第二节 试验原理

土粒比重是土在 105℃ ~ 110℃ 下烘至恒重，当土中有机质含量超过 5% 时，采用 65% ~ 70% 的温度烘干至恒重。土粒质量与同土粒体积相同的 4℃ 纯水质量的比值，即：

$$G_s = \frac{m_s}{V_s \rho_{w4^\circ\text{C}}} \quad (3-1)$$

式中： G_s ——土粒比重；

V_s ——土粒体积， cm^3 ；

m_s ——土粒质量，g；

$\rho_{w4^\circ\text{C}}$ ——4℃ 时水的密度， g/cm^3 。

土粒比重测试包括测量土粒质量 m_s 、土粒体积 V_s 和水温三个参数。因为土粒质量 m_s 和水温易于测量，所以本试验集中介绍测试土粒体积的方法。土粒体积采用排开液体体积（一般为纯水，对于有机质土用煤油等中性液体）方法测试。根据测试过程中使用的手段不同，分为下述三种试验方法：

1. 比重瓶法：适用于粒径小于 5mm 的土；
 2. 浮称法：适用于粒径大于 5mm 但粒径大于 20mm 的土粒含量小于 10% 的土；
 3. 虹吸筒法：适用于粒径大于 5mm 且粒径大于 20mm 的土粒含量大于 10% 的土；
- 当土体中既含粒径大于 5mm 土粒，又有小于 5mm 土粒时，先筛析，然后分别测定。

第三节 比重瓶法

一、仪器设备

1. 比重瓶：容重 100（或 50） cm^3 ；
2. 天平：称量 200g，感量 0.001g；
3. 辅助设备：砂浴，恒温水槽，真空抽气设备，温度计（量程 0℃ ~ 50℃），烘箱，纯水，中性液体（如煤油等），孔径 2mm 及 5mm 分析筛，漏斗，滴管等。

二、操作步骤

1. 一般土的比重用纯水测定, 当土中含有可溶盐、亲水性胶体或有机质时, 须用中性液体(如煤油)测定;

2. 将比重瓶烘干, 称得瓶质量 m_0 。装烘干土约 15g 放入 100cm³ 比重瓶内(或约 12g 土入 50cm³ 比重瓶内), 称瓶加土粒质量 m_1 ;

3. 为排除土中的空气, 将已装有干土的比重瓶, 注纯水至瓶的一半处, 摇动比重瓶, 并将比重瓶放在砂浴上煮沸。煮沸时间自悬液沸腾时算起, 砂及砂质粉土应不少于 30 分钟, 粘土及粉质粘土不少于 1 小时。煮沸时应注意不使悬液溢出瓶外;

4. 对于煮沸时易跳出的砂土及用中性液体做试验时不能用煮沸法排气的情况, 可用真空抽气法代替煮沸法排除土中空气。抽气时真空度须接近一个大气压, 从达到近一个大气压的稳定值算起, 抽气时间一般为 1~2 小时, 直至悬液内无气泡逸出时为止;

5. 将纯水(或中性液体)注入比重瓶, 对长颈瓶注水至略低于瓶的刻度处, 然后用滴管调整液面至刻度处。对短颈比重瓶, 加水(或中性液体)至近满, 待瓶上部悬液澄清, 塞好瓶塞, 使多余水分自瓶塞毛细管中溢出。擦干瓶外水分后, 称瓶、水、土总质量 m_2 。测量瓶内水温;

6. 根据测定的水温, 由已绘制的温度与瓶水总质量关系曲线中查出瓶、水总质量 m_3 。如果无此曲线, 则立即倾去悬液, 洗净比重瓶, 注入与试验同温度的纯水至相同刻度处, 称瓶水总质量 m_3 ;

7. 按下式计算土粒比重:

$$G_s = \frac{m_s}{m_3 + m_s - m_2} \times G_{wt} \quad (3-2)$$

式中: G_s ——土粒比重;

m_s ——土粒质量, (g), $m_s = m_1 - m_0$;

m_1 ——瓶 + 干土质量, (g);

m_2 ——瓶、水、土总质量(或瓶、液体、土总质量), (g);

m_3 ——瓶、水总质量(或瓶、液体总质量), (g);

m_0 ——瓶质量, g;

G_{wt} ——水温 t ℃时纯水(或液体)比重。

8. 本试验须平行测定两次, 平行差小于 0.02 时, 取其算术平均值。