

# 土壤物理性质测定法

中国科学院南京土壤研究所土壤物理研究室 编

科学出版社

# 土壤物理性质测定法

中国科学院南京土壤研究所土壤物理研究室 編

科学出版社

1978

## 内 容 简 介

本书系统地介绍了一些土壤物理性质的测定方法，内容包括土壤比重、容重和实容积，土壤颗粒，土壤孔隙度，土壤结构，土壤水分，土壤吸力，土壤水分蒸发，土壤渗透性，土壤空气组成及通气性，土壤温度，土壤物理机械性质等的测定方法。书中所介绍的方法较简便、准确，适于推广应用。

本书可供土壤工作者、农业工作者和农林院校有关专业师生参考。

## 土壤物理性质测定法

中国科学院南京土壤研究所土壤物理研究室 编

科学出版社出版

北京朝阳门内大街 137 号

中国科学院印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

1978 年 11 月第 一 版 开本：787×1092 1/32

1978 年 11 月第一次印刷 印张：7 5/16

印数：0001—19,690 字数：165,000

统一书号：13031·867

本社书号：1235·13—12

定 价：0.90 元

## 前 言

自伟大领袖和导师毛主席发出“农业学大寨”的伟大号召以来，农业学大寨的群众运动蓬勃开展，人民公社更加壮大和巩固，农业生产连续多年获得丰收，广大农村欣欣向荣。

1975年9月和1976年12月党中央先后召开了两次全国农业学大寨会议，号召全党大办农业，为1980年把全国三分之一以上的县建成大寨县，全国基本上实现农业机械化，以粮为纲，全面发展，农林牧副渔各业的生产超《纲要》、超计划而奋斗。

要大规模地开展农田基本建设，尽快建设高产稳产农田，就必须坚持党的基本路线，抓纲治国，贯彻执行毛主席的革命路线。同时，还要以改土、治水为中心，实行山、水、田、林、路综合治理；全面贯彻农业“八字宪法”，大搞科学种田，充分发挥县、社、大队、生产队四级农业科学实验网的作用，广泛开展群众性的科学实验活动。

为了适应形势发展的需要，特别是随着四级农业科学实验网的建立和发展以及群众性的农业科学实验活动的广泛开展，我们编写了这本《土壤物理性质测定法》，以供四级农科网进行土壤物理测试，开展科学种田时参考。

我们在编写中力求做到通俗易懂，方法简便准确。但是，由于我们的水平有限，在取材方面还不够广泛，有些方法还不够简易，有的地方还可能有错误，恳请读者批评指正。

# 目 录

前言	i
第一章 土壤物理分析样品的采集和处理	1
第二章 土壤基本物理性质的测定	3
一、土壤比重	3
(一) 土壤比重的测定	3
(二) 比重瓶及水重的校正	9
二、土壤容重	11
(一) 环刀法	11
(二) 蜡封法	13
三、土壤实容积	17
第三章 土壤颗粒分析	26
一、土壤颗粒成分和颗粒组成的分类	27
二、土壤颗粒分析理论简述	28
三、土壤颗粒分析方法	34
(一) 吸管法	34
(二) 比重计法	43
(三) 比重计速测法	53
(四) 室外鉴别土壤质地的方法	56
四、比重计的选择及校正	58
第四章 土壤孔隙度测定法	66
一、土壤总孔隙度	66
二、土壤毛管孔隙度	68
三、土壤非毛管孔隙度	70
四、土壤三相比	70
五、土壤孔隙比	71

六、土壤当量孔隙容积的测定 .....	71
第五章 土壤结构分析 .....	77
一、土壤大团聚体水稳性的测定 .....	78
(一) Н. И. 萨维诺夫(Саввинов)法 .....	78
(二) R. E. 约得尔(Yoder)法 .....	83
二、土壤微团聚体分析 .....	86
(一) 土壤微团聚体组成的分析(卡庆斯基法) .....	86
(二) 土壤分散系数、结构系数和团聚度 .....	87
三、水稻土水稳性大小团聚体联合测定 .....	88
四、团聚体孔隙度的测定 .....	91
(一) 石蜡法 .....	92
(二) 显微镜法 .....	95
第六章 土壤水分测定法 .....	99
一、土壤自然含水量的测定 .....	99
(一) 烘箱法 .....	99
(二) 酒精燃烧法 .....	102
(三) 中子测量法 .....	103
二、几种水分常数的测定 .....	107
(一) 土壤最大吸湿水的测定 .....	107
(二) 稳定凋萎含水量的测定 .....	110
(三) 土壤持水当量的测定(离心机法) .....	112
(四) 土壤田间持水量的测定 .....	114
A. 田间测定(淹灌方框法) .....	114
B. 室内测定(威尔科克斯法) .....	118
(五) 土壤毛管持水量的测定 .....	119
(六) 土壤饱和含水量的测定 .....	121
第七章 土壤吸力的测定 .....	123
第八章 土壤水分蒸发的测定 .....	131
一、ГГИ-500 型土壤蒸发器测定法(田间法) .....	132
二、铝盒法(室内法) .....	138

第九章 土壤渗透性的测定 .....	140
一、室外法 .....	141
(一) 渗透筒法 .....	141
(二) 渗透管法 .....	145
二、室内法(环刀法) .....	147
三、水田土壤渗漏快速测定法 .....	148
第十章 土壤空气组成及通气性的测定 .....	154
一、土壤空气组成的测定 .....	154
(一) 土壤空气中 CO <sub>2</sub> 容量分析 .....	156
(二) 土壤空气中 CO <sub>2</sub> 和 O <sub>2</sub> 的气量分析 .....	159
(三) 土壤水中溶解态 CO <sub>2</sub> 和 O <sub>2</sub> 的测定 .....	163
A. 土壤水中溶解态 CO <sub>2</sub> 的测定 .....	163
B. 土壤水中溶解态 O <sub>2</sub> 的测定(碘量法) .....	165
C. 记录格式 .....	168
二、田间土壤通气性测定法 .....	168
第十一章 土壤温度测定法 .....	178
一、土壤温度的测定 .....	178
(一) 轻便插入式温度计的使用 .....	179
(二) 曲管地温计的使用 .....	180
(三) 直管地温计的使用 .....	182
二、气象用温度表的读数规则 .....	184
三、温度表的选择 .....	185
四、温度表的校正 .....	186
第十二章 土壤的物理机械性质 .....	188
一、土壤坚实度的测定 .....	188
(一) NTL-75 型坚实度仪 .....	190
(二) TE-3 型土壤硬度计 .....	197
(三) 简易土壤硬度计 .....	200
(四) SY-1 型水田静载式承压仪 .....	200
(五) 十字板剪力仪 .....	204

二、土壤的粘着力(外附力)和粘结力(内聚力)的测定 .....	208
三、土壤塑性的测定 .....	210
(一) 土壤流限的测定 .....	211
(二) 土壤塑性下限或土壤滚搓界限(塑限)的测定 .....	215
(三) 土壤塑性指数 .....	219
四、土壤膨胀的测定法 .....	219
附录 .....	225
附表 1 标准筛孔对照表 .....	225
附表 2 纯乙醇的密度( $d$ , 克/厘米 <sup>3</sup> ) .....	226



# 第一章 土壤物理分析样品的 采集和处理

进行土壤物理分析用的样品的采集和处理往往和土壤化学分析用的不同，如土壤结构、土壤容重等的测定需要原状土，它们的采集将在以后的有关测定方法中介绍。这里仅介绍一般土壤物理样品的采集和处理。

在野外采样时，选择具有代表性的地段，挖一长2米，宽1米的土坑(土壤剖面)，土壤剖面的深度视其研究目的而定。

土壤剖面挖好后，沿着土坑平滑的垂直面根据土壤颜色、质地、结构、新生体、侵入体、硬度以及根系的分布情况等来划分土壤层次，同时进行剖面描述，然后分层采样。

土壤样品名称的定义如下：

(1) 原始样品。野外采样时在同一采样区多点采得的同层混合样品，或同一剖面层次的剖面样品。原始样品应该能代表分析的对象(采样区的某层或某剖面层)。

(2) 平均样品。原始样品经充分混匀，用四分法淘汰至所需数量，作室内分析的样品。平均样品应该能代表原始样品。

(3) 分析样品。平均样品经本章所述步骤处理后，可供分析之用。分析样品应该能代表平均样品。

(4) 称样。每次测定时称取的一份分析样品。称样应该能代表分析样品。

采样时，从剖面下层向上分层采取，装入布袋并拴好标签，带回室内，到室内后要立即打开布袋，将土样风干。在

半干时,须将大块土壤弄碎(尤其是粘性土壤),以免完全干后难以磨细。

在风干过程中应随时拣去较粗大的动植物残体、侵入体和新生体等。将原始样品充分混匀后用四分法淘汰到所需的数量(通常为1~2斤),即为平均样品。四分法的操作手续是:将混匀的样品平铺成圆形或正方形,划一十字线,等分为四部分,弃去对角的两分,剩下的部分如果还太多,可以重新混匀后继续用四分法淘汰。

风干土样的磨细须用硬木棒在硬木板或硬橡皮板上进行压碎,不可用铁棒或矿物粉碎机磨细,以防压碎石块或使铁质沾污样品。然后用孔径为1毫米的筛子过筛,未筛过的土样必须重新压碎过筛,直至全部筛过为止。将筛过的土样贮瓶备用,瓶内也放一张同样的标签,以防瓶外贴的标签脱落后失去查考依据而造成混乱。但有砾石时切勿压碎,须用孔径为1毫米的筛子过筛,称其重量,计算占风干土样品的重量百分率,以便换算颗粒分析结果之用。

## 第二章 土壤基本物理性质的测定

本章包括土壤比重、土壤容重和土壤实容积的测定。

### 一、土壤比重

#### (一) 土壤比重的测定

土壤比重是土壤固体部分的重量与同体积 4°C 时的水重之比。比重的大小与土壤中矿物质的组成和有机质的数量有关。利用土壤比重、容重可以计算土壤孔隙度,在测定土壤颗粒组成时,为了照司笃克斯公式计算颗粒沉降的速度也须知土壤的比重。

##### 1. 测定原理

测定土壤比重通常是用比重瓶法。借用排水称重法的原理,可测得同体积的水重,再测出土壤含水率,便可计算出土壤的比重。但是,有些含活性胶体较多,或某些可溶盐较多的土壤,不能用蒸馏水测定比重。因为土壤中如果活性胶体多,胶体周围粘滞水亦多,粘滞水的比重大于 1,故对试验结果有影响。此外,含盐土壤在煮沸时,盐分溶于水,使液体比重增大,土壤颗粒体积减小,故其测定结果显著地偏大。因此要用非极性液体代替蒸馏水,试样须预先烘至恒重,用真空抽气代替煮沸以排除土壤中的空气。

## 2. 仪器设备

(1) 比重瓶若干个(短颈容积 50 或 100 毫升), 如图 2-1 所示。

(2) 千分之一天平一架。

(3)  $0^{\circ}\sim 50^{\circ}\text{C}$  温度计一支, 每格刻度为  $0.1^{\circ}\text{C}$ 。

(4) 电炉、砂浴或电热板。

(5) 真空抽气设备。

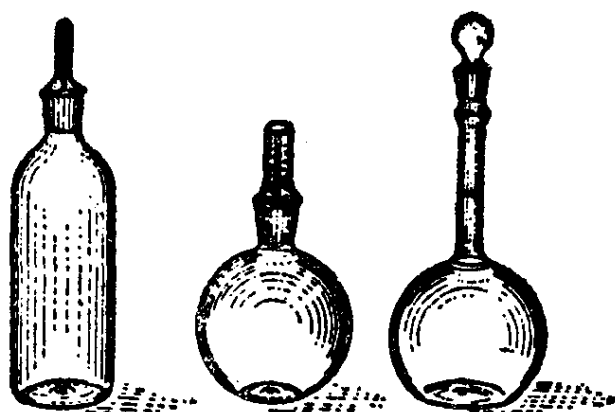


图 2-1 比重瓶

(6) 滴管、小漏斗、蒸馏水、非极性液体(苯、甲苯、二甲苯、汽油、煤油)等。

## 3. 操作步骤

(1) 将风干土样磨碎, 通过孔径为 1 毫米的筛子, 混合均匀, 称取试样 10 克(短颈比重瓶, 容积为 50 毫升)。同时称取土样, 测定含水量。

(2) 比重瓶加满蒸馏水(为了除去水中的空气, 事先须将蒸馏水煮沸冷却至室温后加入瓶中), 塞好瓶塞, 用清洁的干毛巾将瓶外的水擦干, 于 0.001 天平上称重( $W_1$ ), 并测记当时水温  $T_1$ 。如果比重瓶已经校正, 可不作此步骤。但比重瓶

必须每年至少校正一次。

(3) 将瓶中蒸馏水倒出,用毛巾擦干瓶的外部,然后用小漏斗将已称好的土样小心装入比重瓶中。装蒸馏水于比重瓶内,使水和土的体积占比重瓶的  $1/3 \sim 1/2$ , 为了去除土和水中的空气,须将比重瓶放入电热板上或砂浴上,(注意温度不能太高,以免瓶内土液跳动太厉害)煮沸 1 小时。在煮沸过程中要不断地摇动比重瓶,以驱逐水及土壤中的空气,使水和土更好地接触。

(4) 用滴管将煮沸过的比重瓶(内盛土样和水)瓶口的土粒小心洗入瓶中,塞好瓶塞,待冷却至室温,用滴管加满经过煮沸的蒸馏水,并塞好瓶塞,擦干瓶的外部,于 0.001 天平上称重( $W_2$ ),测记当时水的温度  $T_2$ 。将测得结果按表 2-1 的

表 2-1 土壤比重测定记录表 (比重瓶法)

土 壤:	试验方法: 蒸馏水煮沸					
试验者:	计算者:		校核者:			
测 定 日 期						
土 样 编 号			33-6		33-4	
比 重 瓶 号			2	4	36	4
瓶土合重(克)	(1)		67.932	59.051	61.815	58.212
瓶 重(克)	(2)		42.372	43.212	46.815	43.212
土 重(克)	(3)	(1) - (2)	15.560	15.839	15.000	15.000
瓶、液、合重(克)	(4)		128.010	144.233	131.629	144.136
瓶、液、合重加土重(克)	(5)	(3) + (4)	143.570	160.072	146.629	159.136
瓶、液、土合重(克)	(6)		137.843	154.242	141.053	153.551
排开液体重(克)	(7)	(5) - (6)	5.727	5.830	5.576	5.585
温度 (°C)			20	20	26	26
液体比重	(8)		0.998	0.998	0.997	0.997
土壤比重	(9)	$\frac{(3) \times (8)}{(7)}$	2.716	2.718	2.690	2.689
平均值			2.72		2.69	

表 2-2 不 同 温 度 情

$t^{\circ}\text{C}$	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4
0	0.9998679	0.9998746	0.9998811	0.9998874	0.9998935
1	0.9999267	0.9999315	0.9999363	0.9999408	0.9999452
2	0.9999679	0.9999711	0.9999741	0.9999769	0.9999796
3	0.9999922	0.9999937	0.9999951	0.9999962	0.9999973
4	1.0000000	0.9999999	0.9999996	0.9999992	0.9999986
5	0.9999919	0.9999902	0.9999883	0.9999864	0.9999842
6	0.9999681	0.9999649	0.9999616	0.9999581	0.9999544
7	0.9999295	0.9999248	0.9999200	0.9999150	0.9999099
8	0.9998762	0.9998701	0.9998638	0.9998574	0.9998509
9	0.9998088	0.9998013	0.9997936	0.9997859	0.9997780
10	0.9997277	0.9997189	0.9997099	0.9997008	0.9996915
11	0.9996328	0.9996225	0.9996121	0.9996017	0.9995911
12	0.9995247	0.9995132	0.9995016	0.9994898	0.9994780
13	0.9994040	0.9993913	0.9993784	0.9993655	0.9993524
14	0.9992712	0.9992572	0.9992432	0.9992290	0.9992147
15	0.9991265	0.9991113	0.9990961	0.9990808	0.9990653
16	0.9989701	0.9989538	0.9989374	0.9989209	0.9989043
17	0.9988022	0.9987848	0.9987673	0.9987497	0.9987319
18	0.9986232	0.9986046	0.9985861	0.9985673	0.9985485
19	0.9984331	0.9984136	0.9983938	0.9983740	0.9983541
20	0.9982323	0.9982117	0.9981909	0.9981701	0.9981490
21	0.9980210	0.9979993	0.9979775	0.9979556	0.9979335
22	0.9977993	0.9977765	0.9977537	0.9977308	0.9977077
23	0.9975674	0.9975437	0.9975198	0.9974959	0.9974718
24	0.9973256	0.9973009	0.9972760	0.9972511	0.9972261
25	0.9970739	0.9970482	0.9970225	0.9969966	0.9969706
26	0.9968128	0.9967861	0.9967594	0.9967326	0.9967057
27	0.9965421	0.9965146	0.9964869	0.9964591	0.9964313
28	0.9962623	0.9962338	0.9962052	0.9961766	0.9961478
29	0.9959735	0.9959440	0.9959146	0.9958850	0.9958554
30	0.9956756	0.9956454	0.9956151	0.9955846	0.9955541
31	0.9953692	0.9953380	0.9953068	0.9952755	0.9952442
32	0.9950542	0.9950222	0.9949901	0.9949580	0.9949258
33	0.9947308	0.9946980	0.9946651	0.9946321	0.9945991
34	0.9943991	0.9943655	0.9943319	0.9942981	0.9942643
35	0.9940594	0.9940251	0.9939906	0.9939560	0.9939214
36	0.9937119	0.9936767	0.9936414	0.9936061	0.9935707
37	0.9933565	0.9933206	0.9932846	0.9932484	0.9932123
38	0.9929936	0.9929568	0.9929201	0.9928833	0.9928463
39	0.9926232	0.9925857	0.9925482	0.9925106	0.9924730
40	0.9922455				

况下水的比重表

0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
0.9998995	0.9999053	0.9999109	0.9999163	0.9999216
0.9999494	0.9999534	0.9999573	0.9999610	0.9999645
0.9999821	0.9999844	0.9999866	0.9999887	0.9999905
0.9999981	0.9999988	0.9999994	0.9999998	1.0000000
0.9999979	0.9999970	0.9999960	0.9999947	0.9999934
0.9999819	0.9999795	0.9999769	0.9999741	0.9999712
0.9999506	0.9999467	0.9999426	0.9999384	0.9999340
0.9999046	0.9998992	0.9998936	0.9998879	0.9998821
0.9998442	0.9998374	0.9998305	0.9998234	0.9998162
0.9997699	0.9997617	0.9997534	0.9997450	0.9997364
0.9996820	0.9996724	0.9996627	0.9996529	0.9996428
0.9995803	0.9995694	0.9995585	0.9995473	0.9995361
0.9994660	0.9994538	0.9994415	0.9994291	0.9994166
0.9993391	0.9993258	0.9993123	0.9992987	0.9992850
0.9992003	0.9991858	0.9991711	0.9991564	0.9991415
0.9990497	0.9990340	0.9990182	0.9990023	0.9989862
0.9988876	0.9988707	0.9988538	0.9988367	0.9988195
0.9987141	0.9986961	0.9986781	0.9986599	0.9986416
0.9985295	0.9985105	0.9984913	0.9984720	0.9984526
0.9983341	0.9983140	0.9982937	0.9982733	0.9982529
0.9981280	0.9981068	0.9980855	0.9980641	0.9980426
0.9979114	0.9978892	0.9978669	0.9978444	0.9978219
0.9976846	0.9976613	0.9976380	0.9976145	0.9975910
0.9974477	0.9974435	0.9973991	0.9973747	0.9973502
0.9972010	0.9971758	0.9971505	0.9971250	0.9970995
0.9969445	0.9969184	0.9968921	0.9968657	0.9968393
0.9966786	0.9966515	0.9966243	0.9965970	0.9965696
0.9964033	0.9963753	0.9963472	0.9963190	0.9962907
0.9961190	0.9960901	0.9960610	0.9960319	0.9960027
0.9958257	0.9957958	0.9957659	0.9957359	0.9957059
0.9955235	0.9954928	0.9954620	0.9954312	0.9954002
0.9952127	0.9951812	0.9951495	0.9951178	0.9950861
0.9948935	0.9948612	0.9948286	0.9947961	0.9947635
0.9945660	0.9945328	0.9944995	0.9944661	0.9944327
0.9942303	0.9941963	0.9941622	0.9941280	0.9940938
0.9938867	0.9938518	0.9938170	0.9937820	0.9937470
0.9935351	0.9934996	0.9934639	0.9934282	0.9933924
0.9931760	0.9931397	0.9931032	0.9930668	0.9930302
0.9928093	0.9927722	0.9927351	0.9926978	0.9926605
0.9924352	0.9923974	0.9923595	0.9923216	0.9922836

格式进行记录。

(5) 如系含水溶盐及活性胶体较多的土, 须用非极性液体代替蒸馏水, 并用真空抽气法排除烘干土中的空气。抽气时真空度须接近一个大气压, 并经常摇晃比重瓶, 直至无气泡逸出时为止。其余步骤同上。

#### 4. 结果计算

比重瓶中水重必须按温度进行校正, 由表 2-2 查出  $T_1$  和  $T_2$  时水的比重差数, 然后将此差数乘上比重瓶之体积而得  $x$ , 从  $W_1$  中减去或加上  $x$  ( $T_1 < T_2$  时应减,  $T_1 > T_2$  时应加), 即得校正后的比重瓶加水的重量  $W = W_1 \pm x$ 。不同温度下比重瓶 + 水的重量可事先求得, 绘成曲线, 以后根据曲线可立刻求得所需的瓶 + 水重, 详见(二)比重瓶及水重的校正。

例如: 当  $15^\circ\text{C}$  时称得瓶 + 水合重  $W_1$ , 于  $22^\circ\text{C}$  时测得瓶 + 水 + 土合重  $W_2$ ,  $W_1$  应根据温度进行校正。

因为称  $W_1$  时之温度为  $15^\circ\text{C}$ , 水的比重为 0.999, 而称  $W_2$  时为  $22^\circ\text{C}$ , 水的比重为 0.998, 比重瓶体积为 50 毫升, 测温度校正系数为:

$$(0.999 - 0.998) \times 50 = 0.001 \times 50 = 0.05$$

校正后的比重瓶加水的重量  $W = W_1 - 0.05$ 。

(1) 在蒸馏水中测定时:

$$d = \frac{P}{W_1 + W_s - W_2} \times \frac{dW_2}{dW_0}$$

式中:  $d$ ——土壤比重;

$W_s$ ——烘干土样重, 克;

$W_1$ ——校正后比重瓶 + 水重, 克;

$W_2$ —— $T_2^\circ\text{C}$  时比重瓶 + 水 + 土重, 克;

$dW_2$ —— $T_2^\circ\text{C}$  时水的比重, 准确至 0.001;



$dW_0$ ——4°C时水的比重。

(2) 在非极性液体(苯、汽油、甲苯、二甲苯、煤油)中测定时:

$$d = \frac{W_s}{W_1 + W_s - W_2} \times dW_2^1$$

式中:  $W_s$ ——烘干土样重,克;

$W_1$ ——比重瓶 + 非极性液体重,克;

$W_2$ —— $T_2$ °C 时比重瓶 + 非极性液体 + 土重,克;

$dW_2^1$ —— $T_2$ °C 时非极性液体的比重,准确至 0.001。

本试验须进行二次平行测定,取其算术平均值,以两位小数表示,其平行误差不得大于 0.02。记录格式及实例如表 2-1 所示。

## (二) 比重瓶及水重的校正

水的密度随温度变化而变化,同时比重瓶的玻璃也因温度的变化而膨胀或收缩,所以不同温度下的比重瓶 + 水重,必须校正。可以事先测得不同温度下的瓶 + 水重,绘成曲线,以便查阅。比重瓶 + 水重每年至少校正一次,并应经常抽查。如发现有误差时,应重新校正。

### 1. 仪器设备

(1) 比重瓶:长颈及短颈两种,容量 50 及 100 毫升。

(2) 天平:感量 0.001 克。

(3) 恒温水槽:灵敏度  $\pm 1^\circ\text{C}$ 。

(4) 温度计:刻度范围  $0\sim 50^\circ\text{C}$ ,精确至  $0.1^\circ\text{C}$ 。

(5) 其它:如蒸馏水、滴管等。

### 2. 操作步骤

(1) 将比重瓶洗净并放入温度不超过  $60^\circ\text{C}$  的烘箱中烘干,称重,准确至 0.001 克。再称重一次,取其算术平均值;两