

土壤分析标准方法

北京大学出版社

《分析化学译丛》第三集

土壤分析标准方法

〔日〕土壤标准分析·测定法委员会编

秦荣大 郑永章 译

郑永章 李述信 校

北京大学出版社

《分析化学译丛》编委会

顾 问

梁树权 姚元恺 钱振彭

主 编

高小霞

副 主 编

孟广政 李维华 吴 毅

柯瑞华 孙德中 李述信

〔日〕土壤标准分析·测定法委员会编

土壤标准分析·测定法

〔日〕博友社出版

《分析化学译丛》第三集

土壤分析标准方法

秦荣大 郑永章 译

北京大学出版社出版

(北京大学校内)

北京昌平百善印刷厂印刷

《光谱学与光谱分析》编辑部发行

(北京海淀区魏公村学院南路76号)

787×1092毫米 16开本 12印张 291千字

1988年6月第一版 1988年6月第一次印刷

统一书号: ISBN 7-301-00573-3/O-115 定价: 4元

目 录

1. 试样采取方法..... (1)	27. 可给态硅酸..... (97)
2. 试样调制方法..... (3)	28. 全量分析分解方法..... (100)
3. 通则..... (4)	29. 硅 (全量分析)..... (105)
4. 水分 (干热法)..... (5)	30. 铝 (全量分析)..... (108)
5. 三相分布和容积重..... (7)	31. 铁 (全量分析)..... (110)
6. 粒度分布 (吸管法)..... (9)	32. 锌..... (112)
7. 硬度..... (15)	33. 镉..... (116)
8. 插入阻力..... (18)	34. 铜..... (118)
9. 保水性..... (22)	35. 镍..... (119)
10. 饱和渗透系数..... (34)	36. 铅..... (120)
11. 渗入率..... (37)	37. 钴..... (123)
12. pH值..... (44)	38. 锰..... (127)
13. 中和石灰量..... (45)	39. 钼..... (129)
14. 电导率..... (47)	40. 铬..... (132)
15. 有机碳..... (48)	41. 汞..... (137)
16. 全氮..... (58)	42. 硒..... (143)
17. 氨态氮..... (65)	43. 砷..... (150)
18. 亚硝酸态氮..... (66)	44. 实地条件下的有机物分解..... (153)
19. 硝酸态氮..... (68)	45. 土壤呼吸..... (155)
20. 可给态氮..... (73)	46. 细菌数..... (160)
21. 磷酸吸收系数..... (76)	47. 直接法细菌计数..... (162)
22. 可给态磷酸..... (78)	48. 微生物量..... (167)
23. 水溶性阳离子..... (82)	49. 硝化能..... (176)
24. 水溶性阴离子..... (85)	50. 线虫..... (181)
25. 阳离子交换容量..... (91)	51. 蚯蚓..... (184)
26. 交换性阳离子..... (93)	

1. 试 样 采 取 方 法

1.1 概 要

采取土壤试样总有某种目的。采样的目的大体上有两种。其一是为了了解某地区乃至某个地点土壤的基本性质；其二是为了检查土壤的现状。前者适合于土壤生成分类调查和土壤组成成分天然赋存量的调查；后者适合于土壤肥沃程度的判定、受污染程度的了解、土壤生物调查、人为影响的调查等。采样目的不同采样方法也有差别。

从土壤的利用状态看，大致可分为水田土壤、旱田土壤、设施土壤、草地土壤、果园土壤、桑园土壤、茶园土壤、森林土壤、非农林地土壤，在这些地块上采样的有关注意事项也不尽相同。

出于不同目的或在不同种类的土壤上取样，采样方法上有若干差别。不仅如此，在某些情况下分析测试项目的不同取样方法也有差别。所以很难规定统一的土壤试样采取方法。但是，充分理解土壤在水平方向和垂直方向上的不均匀性，针对采样目的尽可能减小取样误差可以说是采样中带有共性的注意事项。

关于采取土壤试样共同注意事项的详细内容请参阅文献中列出的书籍。本章内主要阐述适合土壤化学性质分析测定的常用标准采样方法。虽说设计适于采样目的的恰当的取样方法是必不可少的，若能接受有关专家的指导就更稳妥了。

1.2 采 样 手 续

以了解土壤基本性质为目的的采样手续

在选定的能代表该地域土壤的地点挖掘一个取样坑，或者在该地域内的一个特定地点挖掘一个取样坑（见图1-1）。取样坑一般宽1 m，深1—1.5 m。对于基岩浅的地点，取样坑的深度可达到基岩。挖好取样坑后用不锈钢土铲将坑壁刮削整洁，露出的植物根用苗剪清理整齐。整个清理作业从上到下进行。

在整理好的采样坑断面的各层次中央部位采取1—2 kg土壤，装入标有采样部位和编号的聚乙烯袋内。采取试样的顺序为，首先取表层土样（取样深度约10—15 cm），然后从下层依次向上层取样。

在耕地上采样，采样时间应选在作物收获之后到下次耕作施肥之前这一期间。

以检查土壤现状为目的的取样手续

在取样的区域内随机地选定若干个地

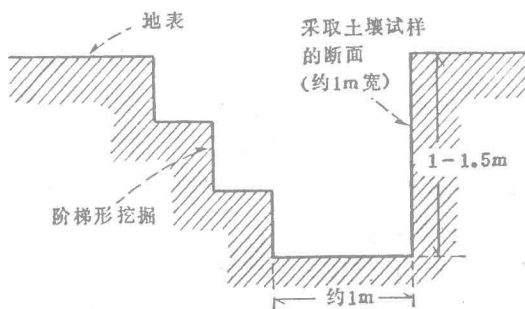


图1-1 取样坑的挖掘方法

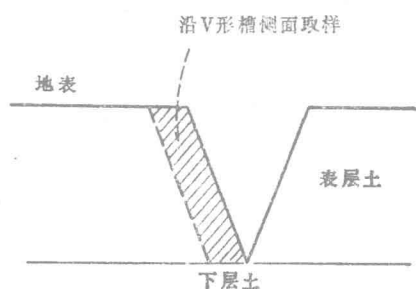


图1-2 检查土壤用试样的采取

点，从每个地点上采取相同量的土壤(200—500g)，混合后装入聚乙烯袋内。采样方法如图1-2所示，用土铲挖一个V型槽，沿着槽的斜面采取一定厚度的土壤。如果需要采取下层土样，必须清除表层土，然后用图1-3所示的相应采样器插入所需深度进行非破坏性采样。

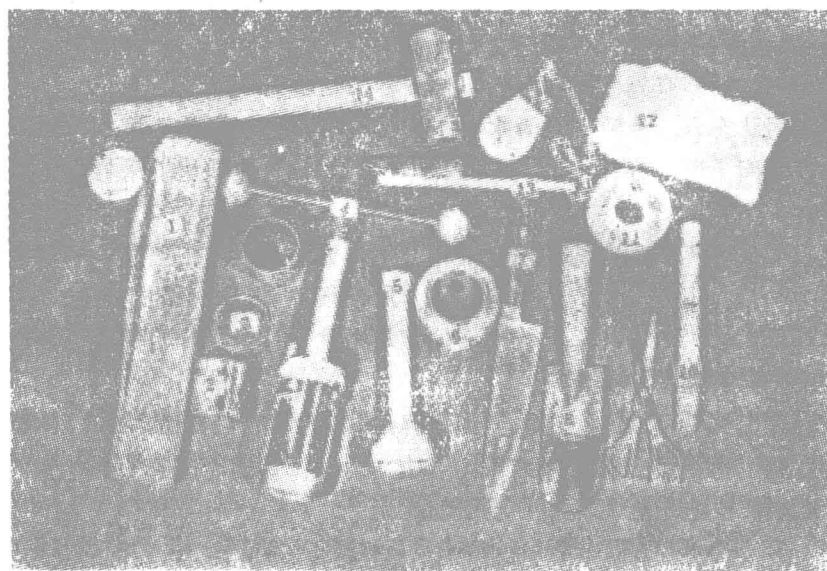


图1-3 采取器和必备的小工具

1. 采土管外壳，2. 采土管100ml，3. 采土管盖，4. 塞入式采土器（适合于火山灰腐殖黑表土），5. 砸入式采土器（适合于矿物质土），6. 脚踏式采土器（适合于水稻田），7. 菜刀，采样坑整形用，刃口直，可用大型切割刀代替），8. 采土铲，9. 剪刀，10. 折尺，11. 维尼纶带（密封采土管用），12. 擦布（擦采土管用），13. 四用采土整形和采土器扫除器，14. 锄头。

1.3 注 意 事 项

- 1) 详细记录试样采取的场所、采取深度、采取方法等，并绘出图示。
- 2) 在地面设施上取样时，土壤中的养分大多集积在表层0—2.3cm中，回填时又常与底土交换，取样时必须认真考虑采样深度。
- 3) 草地土壤的特性是草类根系一般分布在浅层，表层5cm厚土壤的性质容易变化，取样时应注意这一点。
- 4) 果园的地形常是经过改造的，选择采样坑地点时应注意这一问题。以检查诊断土壤为目的时，取样地点应选在树冠内30cm左右的地方。
- 5) 以土壤诊断为目的在茶园和桑园采样时，在各采样点上都应从茎间中点到植株范围

内采样。

6) 采取森林土壤时应注意A₀层的处理。所谓A₀层是指除泥碳黑泥外由地表沉积的落叶及其腐朽物构成的层次。

7) 对于农用土壤污染治理的地域,采取以分析镉、砷、铜等指定元素为目的的试样时,应按照总理府法令中规定的方法进行。具体作法是,将水田地块的入水口、地块的中心点和地块中水最后达到地点连接成线,将连线分成三等分,在每一线段的中点采取土壤试样。采土深度从地表到15cm左右。

文 献

- 1) DEWIS, J. and F. FREITES: Physical and chemical methods of soil and water analysis, FAO Soil Bulletin 10, p.16~23, FAO (1970)
- 2) 土壤养分测定法委员会编:肥沃度测定のための土壤养分测定法, p.1~28, 養賢堂 (1970)
- 3) 農林水産省農産園芸局農産課編:土壤環境基礎調査における土壤、水質及び作物体分析法, p.3~4, 土壤保全調査事業全国協議会 (1979)
- 4) ベドロジスト懇談会編:土壤調査ハンドブック, p.109~120, 博友社 (1984)
- 5) 渋谷政夫・小山雄生・渡辺久男:重金属測定法——土壤汚染元素と定量法の解説——, p.1~8, 博友社 (1978)

2. 试样调制方法

2.1 风干细土的调制

将采来的土壤充分混合,在混合中用清洁的手指将土块碾碎。将混匀的土样摊在聚乙烯布上,不断搅拌使之风干。应避免阳光直射。在适当的情况下也可以在室内风干,也可以在30—40℃的鼓风干燥箱内风干。

用大的磁乳钵和木制乳棒将风干的试样团粒捣碎。使粉碎的试样通过孔径2mm的萨纶筛网。将筛上粒度大于2mm的砂砾洗净风干,称其重量求出砂砾的含量。筛下部叫作风干细土,装入容积1L的试样瓶内保存。

2.2 分析试样的调制

装入1L试样瓶中的风干细土不能直接作为分析测试的试样,必须重新调制供分析测试的试样。

有些分析测试项目可以直接用通过2mm筛孔的风干细土进行。此时可以将风干细土取出,用四分法缩分出必要量装入中型试样瓶内。

有些分析测试项目要求将风干细土进一步粉碎,使之通过1mm或0.5mm孔径的筛网。

此时要用玛瑙乳钵将缩分的试样磨碎，使之通过1 mm或0.5mm孔径的非金属筛网。一次研磨后未能完全通过筛网的部分应再次研磨，直至完全过筛为止。将过筛的试样充分混匀，装入小型试样瓶内保存。

2.3 注 意 事 项

- 1) 调制风干细土及分析试样时，如果不用于分析其中的金属成分，可以使用金属筛网。
- 2) 将调制好的分析测试试样装入试样瓶时，不能装得太满，只能装到六、七分。

3. 通 则

3.1 原 子 量

本分析测试中所涉及的各元素的原子量均按照 IUPAC 1983年公布的原子量表。

3.2 重量和体积

本书中凡是前面冠以“准确”二字的操作（如准确称取、准确分取等），对于重量而言意味着精确到1 mg，对于体积而言，意味着用移液管、滴定管、容量瓶等正确量取。凡冠有“约”字的重量、体积单位的数字，是指用简易量器（粗天平、量筒等）量取。

3.3 温 度

- 1) 标准温度为20℃，常温为15—25℃，室温为1—35℃。
- 2) 除特指之外，冷的地方是指1—15℃的场所。
- 3) 温水一般指40—60℃的水，热水指60℃以上的水，冷水指低于15℃的水。
- 4) 所谓在水浴上或水浴中加热或蒸发，除特指外一般是指水浴中的水接近100℃时加热或蒸发。

3.4 试 剂

1) 本文中所用的试剂全部为化学试剂，除特别指明之外完全符合日本工业标准(JIS)，或者相当于工业标准规定的纯度。但分析镉、汞、硒等微量元素时，必须使用精密分析所用的高纯试剂。

2) 本文中所用的醋酸、盐酸、高氯酸、硝酸、磷酸、硫酸、氨水、乙醇等试剂, 除特别指明者外, 其浓度如下:

醋酸: 比重1.05 ($\text{CH}_3\text{CO}_2\text{H}$ 含量99—100%, 17.4N)

盐酸: 比重1.18 (HCl 含量约35%, 11.5N)

高氯酸: 比重1.55 (HClO_4 含量60—62%, 9.4N)

硝酸: 比重1.38 (HNO_3 含量60—62%, 13.4N)

磷酸: 比重1.69 (H_3PO_4 含量约85%, 44.0N)

硫酸: 比重1.84 (H_2SO_4 含量约95%, 35.6N)

氨水: 比重0.90 (NH_3 含量约28%, 14.8N)

乙醇: 比重0.79 ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ 体积比99.5%以上)

3) 本文中所用的试剂, 凡含结晶水的, 只要不特别指明, 其重量数字是包括其中结晶水重量的。如硫酸铜10克即是 $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 10克。

4) 本文中各测定方法中所用的水, 除特别指明者外, 均用蒸馏水或离子交换水。

5) 本文中所用的各种试剂溶液, 除特别标明溶剂之外, 均是水溶液。

6) 本文中表达液体试剂稀释比时, 以(a+b)的方式表达, 其中a表示原试剂的体积, b表示水的体积。如(1+5)盐酸, (3+7)氨水等。

3.5 用仪器分析测定

使用仪器分析时应依据JIS分析法通则和仪器使用说明书预先设定最佳工作条件。例如, 采用原子吸收法测定时, 应参照 JIS K 0121。当然必须注意, 不同型号的仪器其工作条件和测量浓度范围会有些差异。

4. 水分〔干热法〕

4.1 概要和原理

土壤中水分的含量是体现土壤性质和状态的最基本数据, 同时也是计算其它各成分含量必不可少的前提。通常是将土壤在105℃干燥后减少的量作为土壤的水分含量。土壤水分含量一般用水分占干土的百分比(含水比)表示, 有时也用水分体积占湿土总体积的百分比(体积水分率)表示。体积水分率与三相分布中的液相率是相同的, 可用于计算每一土层的水分量。除以上两种表示方法之外, 本书后面的资料中还收集了其它的表达方式。

4.2 分析试样

按照试样采取方法采取试样。使用移植铲取样时容易造成从深浅层取样不均, 对此应给

予注意。

分析现场土样中的水分时，应尽快将试样粉碎混合，取其一部分供分析用。分析风干土中的水分时，使用经过筛分制备的风干细土试样。

4.3 操 作

含水比

测定工作使用称量管、蒸发皿、铝管等器具，这些器具的形状和大小没有硬性规定。对于均匀性好的试样，可以使用小的称量管，取10克左右的试样就可以了。对于土块较大均匀性差的试样，应该使用大型称量瓶取50—100克试样。称量操作一般精确到小数点后第二位就可以了。使用大量试样时称量精确到小数点后一位就可以了。测定工作的操作步骤如下：

- a) 称量容器的重量： W_0
- b) 测定容器和试样的总重量： W_1
- c) 放入105℃的烘箱中烘干半天到一天
- d) 放在干燥器中使之达到室温
- e) 测定容器和干土的总重量： W_2

体积水分率

测定体积水分率必须用100ml圆筒等定容的容器采取分析试样（将在三相分布一节中介绍），测定内容与含水比的测定相同。

4.4 计 算

- 1) 含水比(%)： m

$$m = \frac{W_1 - W_2}{W_2 - W_0} \times 100$$

- 2) 体积水分率(%)： v

$$v = \frac{W_1 - W_2}{V_s} \times 100 \quad (V_s: \text{采样容器的容积})$$

4.5 注 意 事 项

- 1) 用100ml圆筒采取的分析试样烘干一天有时不能充分干燥，为此必须持续烘干 2—3 天，直至重量不再变化为止。
- 2) 通常情况下一个采样点分析一个试样就可以了，如果试样不均匀则必须测定双份。
- 3) 水分含量的测定值通常给出小数点后的一位数就足够了。



5. 三相分布和容积重〔实容积法〕

5.1 概 要

土壤是由固体（土壤粒子、有机物）、液体（水）和气体（空气）组成的，各种形状所占的体积比叫作三相分布。三相分布是最能反映土壤物理状态的指标，它关系着植物根的发展和水分供给是否良好。

实容积法是三相分布测定最常用的方法，此处介绍这种方法。

土壤的容积重（假比重）是单位体积土壤的固相重量，是土壤充填度最简易的体现。容积重的测定通常是与三相分布的测定同时进行。

5.2 试 样

用容积100ml（内径50mm、高51mm）的采土圆筒在现场采取土样。由于现场的土壤缺乏均匀性，每一个采样地点最少要取3个试样。采样的各种辅助用具均可从市场上购得，采样时最为紧要的是要使圆筒垂直并缓缓插入。采土圆筒插入表层后有时很难继续插入，此时必须尽可能地靠体重的重力缓缓下压，必须使用锄头加力时也要十分谨慎，以防破坏土层构造。采满土样的圆筒用小刀将两端削平，加盖后用尼龙胶带密封供分析用。

5.3 仪 器 装 置

实容积测定装置如图5-1所示。整个装置由U型管连接起来的左、右两个系统构成。左系统包括试样室C、微量测定管B、游标尺L、微量测定泵P₁、双路活塞K₁等，经活塞K与大气相通。右系统由测定管A、测定泵P₃、双路活塞K₃、标准捕集器R组成，经活塞K与大气相通。

试样室C内有一个托盘和金属网，将带有试样的圆筒放在网上。

泵P₂是测定操作用的，操作开始的位置定于U型管下方。

该装置的测定范围一般在20—100ml，测定管A的刻度为1ml，微量测定管B的刻度为0.1ml。

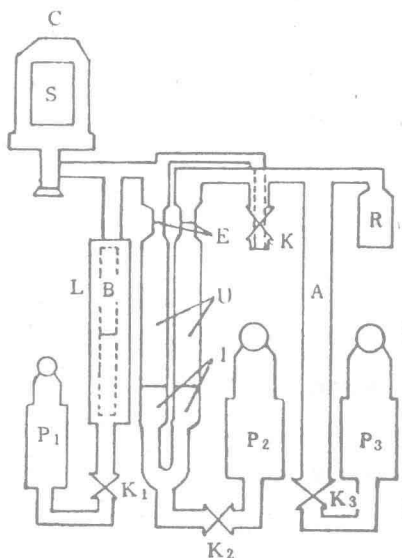


图5-1 实容积测定装置

S: 试样圆筒, C: 试样室, R: 标准捕集器, B: 微量测定管, L: 刻度游标, U: U型管, E: 上部定点, I: 下部定点, A: 测定管, K: 常压活塞, K₁、K₃: 测定管活塞, K₂: U型管活塞, P₁、P₃: 测定管泵, P₂: U型管泵。

5.4 操 作

零点调节

- a) 打开常压活塞K, 使整个系统为大气压。
- b) 将空的试样圆筒放入试样室C的托盘和网上, 装入60ml的标准体积片后密封。
- c) 靠泵P₁使测定管B的液面上升到中央位置, 关闭活塞K₁。
- d) 靠泵P₃使测定管A的液面达到60cm³刻度位置, 关闭活塞K₃。
- e) 靠泵P₂使U型管液面位于其下部I处, 并使左右液面高度相等。
- f) 关闭常压活塞K。
- g) 靠泵P₂使U型管液面上升到E处。
- h) 如果U型管左右液面在E处相等, 此时应将游动尺L的零点对准B测定管的液面, 零点的调节也就完毕了。
- i) 如果U型管左右两侧的液面在E处不相等, 应重新使U型管的液面降到下部I处, 打开常压活塞, 靠泵P₁调节B测定管的液面, 再次观察U型管两侧的液面在E处是否相等, 直至液面相等为止。
- j) U型管液面左右两侧相等时测定管B的液面恰好作为滑尺L的零点。
- k) U型管的液面返回下部定点I处之后, 打开常压活塞。

实容积的测定

- a) 将采集了试样的100ml采土圆筒放在试样室C内的网和托盘上, 密闭试样室。
- b) 按照零点调节的要领, 首先调节测定管A的液面, 然后调节测定管B的液面, 最后使U型管上部左右两侧的液面在E处相等。此时测定管A和测定管B显示的数字即是土壤的实容积。应注意测定管B显示的数字在零点以上时为负值, 在零点以下时为正值。

水分测定

- a) 测定实容积之后, 直接测定包括采土圆筒在内的总重量, 求出湿润土壤的重量。
- b) 在105℃烘干24小时以上(至恒重), 测定干燥土壤的重量。

5.5 计 算

测定项目

湿土重量(g) = W ; 干土重量(g) = D ; 实容积(ml) = V ;

计算项目

气相率(%) = $100 - V$; 液相率(%) = $W - D$; 固相率(%) = $V - (W - D)$; 容

积重(假比重, g/ml) = $\frac{D}{100}$

根据以上测定还能计算出其它反映土壤物理性质的数据。例如

$$\text{真比重} = \frac{\text{干土重}}{\text{固相率}} = \frac{D}{V - (W - D)}$$

$$\text{总孔隙率} (\%) = 100 - \text{固相率}$$

5.6 注 意 事 项

1) 除实容积法外, 如果用比重瓶法测出真比重也能计算出三相分布。此时

$$\text{固相率} = \frac{\text{干土重}}{\text{真比重}}$$

2) 容积重和假比重可以作为同意语对待。只是以往也有用每百毫升土壤克数的方法表示“容积重”这一概念的, 可见一些术语上仍存在着混乱。

3) 只测定容积重时不必测定实容积, 只需按照第四节测定水分就可以了。

4) 为了防止采样时圆筒内的土壤被压缩, 可以预先在圆筒内壁涂上薄薄的一层润滑剂。润滑剂的用量应限制在最小。

文 献

- 1) 丹原一寛・美国 繁: 实容积法; 土壤物理性测定法委员会编, 土壤物理性测定法, p. 1 ~ 24, 養賢堂 (1972)
- 2) 農林水産省農蚕園芸局農産課編: 土壤環境基礎調査における土壤, 水質及び作物体分析法, p. 11 ~ 15 (1979)

6. 粒度分布〔吸管法〕

6.1 概要和原理

土壤粒子一般都是互相粘结着形成土块, 但总可以用某种物理和化学方法使之分离。调查土壤粒径组成的方法叫粒径分析、机械分析或粒度试验。将筛分法和沉降法组合起来是完成这一工作最常采用的方法。粒径组成是土壤最稳定最基本的性质之一, 可用来区分不同的土壤和不同的土层。粒度分析方法有各种不同的称呼, 如分散法、粒度分类界限、粒度组成等。这种情况反映了不同国家、不同机构以及不同历史时期对土壤的不同认识。由于这种原因, 我们给出土壤粒度分析的结果时必须给出所用的测试方法。

土壤粒子的名称和粒度列于表 6-1, 粒度组分的名称如图 6-1 所示。

本文介绍按照国际土壤学会分级的粒度分析法, 其实按照 USDA 法确定粒度级别, 分析操作基本相同。

需要获得粒径大于 2 mm 的砂砾含量数据时, 在风干土过筛时直接求出砂砾的含量。分

析粒度组成时使用通过 2mm 筛网的细土进行。对于粒径大于 0.2mm 的粗砂组分用筛分法测定。分析粒径小于 0.2mm 的细砂、粉砂、粘土时，用超声波处理后使之分散在酸性或碱性溶液中，以沉降法测定。本文介绍这一方法。

表6-1 土壤粒子的名称和粒径

国际土壤学会法		USDA 法	
粒子名称	直径(mm)	粒子名称	直径(mm)
粗 砂	2.0—0.2	极 粗 砂	2.0—1.0
细 砂	0.2—0.02	粗 砂	1.0—0.5
粉 砂	0.02—0.002	中 砂	0.5—0.25
粘 土	<0.002	细 砂	0.25—0.10
		极 细 砂	0.10—0.05
		粉 砂	0.05—0.002
		粘 土	<0.002

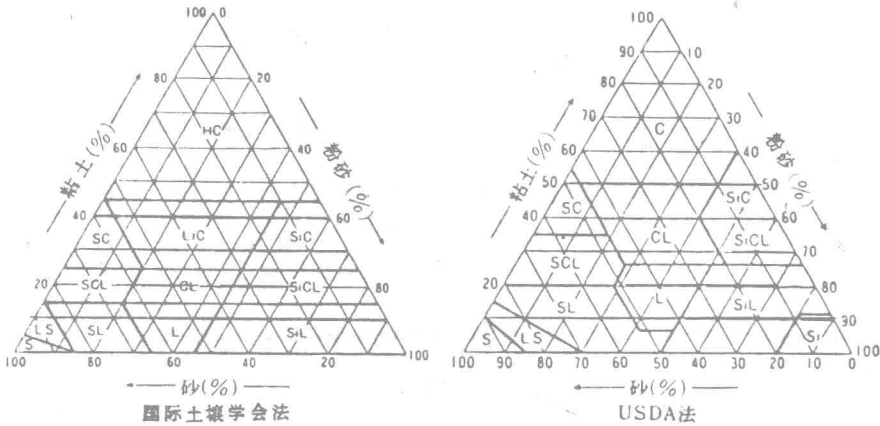


图6-1 粒度组成

S：砂粒；LS：壤质砂土；SL：砂壤土；
L：壤土；SiL：粉砂壤；SCL：砂质粘壤土；
CL：粘壤土；SiCL：粉粒粘壤土；SC：砂质粘土；
LiC：细粘土；SiC：粉粘土；HC：重粘土；
Silt：粉砂；C：粘土。

沉降法基于球形微粒子在溶液中的沉降速度与粒径的平方成正比的斯托克斯公式。

$$V = \frac{2(\rho_2 - \rho_1)g}{9\eta} \gamma^2$$

V ：沉降速度； g ：重力加速度； ρ_2 ：分散状态球形粒子的密度； ρ_1 ：溶液密度； η ：溶液粘度系数； γ ：粒子半径。

在本分析方法中，如何使土壤粒子完全均匀地分散在溶液中，如何保持粒子间处于没有引力和凝聚力的状态，是粒度分析的关键。

6.2 装 置

超声波发生器

最好使用振荡频率10-20kHz、额定功率在100—200W的超声波发生器。

吸管法的采样装置

吸管法的采样和吸取装置如图6-2所示。吸管B由滴定台A支持，滴定台A上带有能正确指吸管B插入深度的标尺。C是一个三通活塞，E、F、G通道构成一个虹吸管。活塞F用于流量调节，虹吸溶液时活塞G处于全开状态，从沉降瓶D内吸取试样需10秒钟。虹吸的落差必须在60cm以上。活塞H和给水瓶I用为虹吸补水。

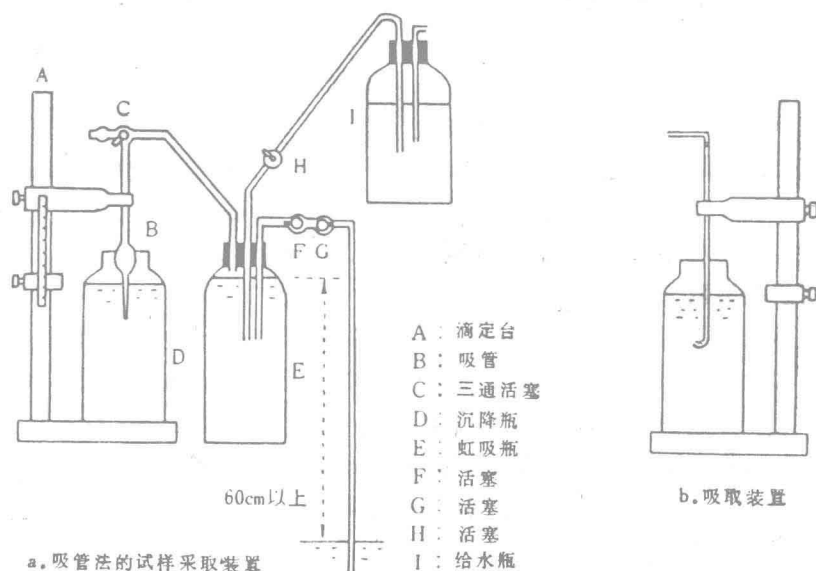


图6-2 吸管法的试样采取和吸取装置

6.3 试 剂

- 1) 过氧化氢 (30%)
- 2) 1N盐酸
- 3) 1N氢氧化钠溶液

6.4 操 作

过氧化氢处理

准确称取风干细土10克置于800ml的高型烧杯中，加入约50ml水使试样完全湿润，加入20ml过氧化氢盖上表面皿，放在浸水的衬垫上防止激烈发热起泡。待激烈反应结束后放入温水浴中，再加入20ml过氧化氢。当土样显出褐色或灰色即可认为土壤中有机物已被分解。若

有机物分解不彻底应重新补加过氧化氢。此后放在水浴中至少再加热 2 小时，以使氧化分解完全，并赶尽剩余的过氧化氢。冷却后加入 50ml 水放置，用图 6.2b 所示的装置小心地吸除上清液。

粗砂的筛分

将一个孔径 $212\mu\text{m}$ (70 网目) 的筛子放在一个 300ml 的烧杯上，将过氧化氢处理的试样转移到筛子中，用 80°C 的热水 200ml 强制吹洗筛上的试样，将筛上物冲洗干净。如果试样中有团粒，应用淀帚轻轻压碎。将筛上残留的试样转移到称量瓶内，于 105°C 烘干 4 小时以上至恒重。干燥后再次过筛，准确称量筛上试样的重量作为粗砂的重量。干筛后的筛下部分与湿筛的筛下部分合并。

超声波处理

分离粗砂后的筛下部分作超声振荡 2 次，每次 15 分钟。超声波频率为 15kHz、额定功率为 15W。

分散

试样经超声波处理后转移到容积 1 L 的沉降瓶内。对于层状粘土矿物成分多的土壤，加入 1N 氢氧化钠溶液 2ml，使之达到 pH9—10。对于腐殖质、非晶态的水合氧化铁和铝含量多的土壤，加入 1 N 盐酸 2ml，使之达到 pH3.5—4。将沉降瓶放在每分钟振荡 50 次的振荡机上处理 2 小时。振荡处理后重新调整 pH 至上述值，加水稀释至 500ml。

粉砂和粘土的采取

沉降瓶中的悬浊液至少用手剧烈振荡 1 分钟后静置。根据悬浊液的温度从表 6-2 中找出相应的放置时间，在该放置时刻从 10cm 深度吸取溶液（见图 6-2a）。例如，悬浊液温度为 20°C 时静置 4 分 48 秒后从 10cm 深度采取悬浊液，置于称量皿中。以同样操作用吸管吸取蒸馏水，洗涤吸管两次，洗涤水注入称量皿中。称量皿中的悬浊液用来测量粉砂和粘土的含量。将称量皿放在水浴上蒸发至干，于 105°C 烘干后称重。将采取的 20ml 悬浊液中的粉砂和粘土量乘 50 倍即得原土样中粉砂和粘土的含量。

将沉降瓶再次振荡 1 分钟，液温为 20°C 时静置 8 小时后从 10cm 深度采取悬浊液，以同样方法干燥称重测定粘土含量。根据粉砂、粘土的含量与粘土量求出粉砂量。

细砂的采取

使沉降瓶中残留悬浊液保持在 20°C ，振荡后放置 4 分 48 秒后吸除 10cm 深的悬浊液。再次加水至 1 L，反复吸取操作，直至上清液不混浊为止。如此得到的残留物即是细砂，收集到称量皿中干燥称重。

6.5 计 算

粒度分布

粒度分析的结果用粗砂、细砂、粉砂、粘土的百分率表示。预先根据各组分出干土的总量。

$$\text{干土中粗砂}(\%) = \frac{\text{粗砂的干物重}}{\text{干土的重量}} \times 100 \quad a$$

表6-2 粉砂和粘土采样时间 (10cm沉降时间, d=2.6076)

粒径 温度	0.02mm 粉 砂	0.002mm 粘 土	0.05mm 细砂	0.01mm 粉砂
℃	分 秒	小时 分	分 秒	分 秒
0	8 32	14 14	1 22	34 08
1	8 14	13 44	1 19	32 57
2	7 58	13 16	1 16	31 51
3	7 42	12 50	1 14	30 48
4	7 28	12 29	1 12	29 50
5	7 14	12 03	1 09	28 54
6	7 00	11 41	1 07	28 02
7	6 48	11 20	1 05	27 12
8	6 36	11 00	1 03	26 24
9	6 26	10 41	1 02	25 39
10	6 14	10 23	1 00	24 56
11	6 04	10 06	58	24 14
12	5 53	9 49	57	23 33
13	5 44	9 34	55	22 57
14	5 35	9 19	54	22 22
15	5 27	9 05	52	21 47
16	5 19	8 51	51	21 14
17	5 11	8 38	50	20 42
18	5 02	8 24	48	20 10
19	4 55	8 12	47	19 41
20	4 48	8 00	46	19 12
21	4 41	7 48	45	18 43
22	4 34	7 37	44	18 17
23	4 28	7 26	43	17 51
24	4 22	7 16	42	17 26
25	4 16	7 06	41	17 02
26	4 10	6 56	40	16 39
27	4 04	6 47	39	16 16
28	3 59	6 38	38	15 54
29	3 53	6 29	37	15 34
30	3 48	6 21	37	15 14
31	3 43	6 12	36	14 54
32	3 39	6 05	35	14 36
33	3 34	5 57	34	14 17
34	3 30	5 50	34	14 00
35	3 26	5 43	33	13 43

干土中细砂 (%) = $\frac{\text{细砂的干物重}}{\text{干土的重量}} \times 100$ b

干土中粉砂 (%) = $\frac{\text{粉砂的干物重}}{\text{干土的重量}} \times 100$ c

干土中粘土 (%) = $\frac{\text{粘土的干物重}}{\text{干土的重量}} \times 100$ d

溶解损失物 (%) = $100 - (a + b + c + d)$ e

为了求出粗砂、细砂、粉砂、粘土的相对比例，将a、b、c、d各值分别乘以 $\frac{100}{100-e}$ 即可。土壤粒度分布表示为粗砂（2—0.2mm）、细砂（0.2—0.02mm）、粉砂（0.02—0.002mm）、粘土（小于0.002mm）的百分比。

土性区分

粗砂和细砂加在一起作为砂，根据砂、粉砂和粘土的百分率从图 6.1 划分土壤性质。