

A. Ф. 瓦久尼娜 З. А. 柯察金娜

# 土壤及土质物理性质测定法

科学出版社

# 土壤及土质物理性质测定法

A. Ф. 瓦久尼娜 З. А. 柯察金娜 著

程云生 姚賢良 等譯

科 学 出 版 社

1 9 6 5

А. Ф. ВАДЮНИНА З. А. КОРЧАГИНА  
МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ФИЗИЧЕСКИХ  
СВОЙСТВ ПОЧВ И ГРУНТОВ  
ГОСУДАРСТВЕННОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО  
«ВЫСШАЯ ШКОЛА»

1961

### 內容簡介

本书除序言外共分十章,包括土壤机械分析、土壤结构分析、土壤比重和孔隙度测定法、土壤空气性质及土壤空气组成研究法、土壤含水量的一般测定法、土壤水分的能量状况和运动、土壤和土质的透水性、土壤水分蒸发测定法、土壤的热性质及其测定法和土壤的物理机械性质等。书末尚有附录表,可供工作时查阅。

本书不仅系统地介绍了现有的有关土壤和土质物理性质的测定方法和原理,而且还阐述了研究这些性质在生产实践和科学研究上的意义。可供高等农业院校土壤专业的师生、科研机关和生产单位的土壤工作者、土壤改良工作者和农业工作者参考。

参加翻译的有中国科学院土壤研究所土壤物理组程云生、姚贤良、袁剑舫、夏家淇、赵诚斋、邓时琴、樊润威、朱铭富和周月华等,并由程云生、姚贤良负责校订。

### 土壤及土质物理性质测定法

[苏联] A. Ф. 瓦久尼娜 З. А. 柯察金娜 著

程云生 姚贤良 等译

\*

科学出版社出版

北京朝阳门内大街 117 号

北京市书刊出版业营业许可证出字第 061 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

\*

1965 年 8 月第一版 开本: 850×1168 1/32

1965 年 8 月第一次印刷 印张: 10 15/16

精装: 0001—1,650 插页: 3

平装: 0001—2,050 字数: 287,000

统一书号: 13031·2157

本社书号: 3285·13-12

定价: [科六] 精装本 2.20 元  
平装本 1.70 元

## 前 言

本教科书是为大学生在学习土壤学、土壤物理学、土壤和土质改良学课程时参考之用而编写的。

目前，迫切需要一本关于测定土壤和土质物理性质方面能够反映苏联和国外科学家最近的科学研究的教科书。因为没有这样的教科书，会使教学过程发生困难，并在同一种土壤性质的研究方法中造成分歧，从而很难于对理论总结的科学资料 and 为进一步发展农业生产的实际建议进行评价和利用。本书中所讨论的许多方法是在国立莫斯科大学，由 Н. А. 卡庆斯基 (Качинский) 教授领导下的土壤物理实验室所拟定的。很多实验室的方法和仪器，在土壤研究实践中已获得了普遍的承认和广泛的应用。

本书中引用了全苏列宁农业科学院农业物理研究所、苏联科学院土壤研究所和苏联其他科学研究机关的研究方法，也引用了国外土壤物理学教科书中的资料及近年来在期刊上发表的材料。

本教科书共有十章和附录。第一、四、五、六、八和第九章以及附录是由 А. Ф. 瓦久尼娜 (Вадюнина) 编写的；第二、三、七和第十章是由 З. А. 柯察金娜 (Корчагина) 编写的。

各章是根据土壤的基本物理性质而划分的。在每一章中，对所研究的土壤性质作了简评，描述了在田间和实验室中这种性质的测定方法，特别着重指出所获得资料的实际意义。在同一种土壤性质存在有不同的测定方法的情况下，作者根据这些方法中所规定的基本原理，归纳在一起描述。

作者希望本书对大学生、农学家和土壤工作者有所裨益。

作 者

# 目 录

|    |     |
|----|-----|
| 前言 | iii |
| 緒論 | 1   |

## 第一章 土壤的机械分析

|  |    |
|--|----|
| 土壤机械成分的分类  | 6  |
| 机械分析前土壤制备的方法   | 8  |
| 土壤制备的物理法   | 8  |
| 湿土研磨法(8)。土壤悬液的煮沸法(8)。土壤悬液的振荡法(用手搖或仪器)(9)。  |    |
| 化学和化学-机械法  | 10 |
| 卡庆斯基法(11)。国际法“A”(11)。苏丹法或苏打法(12)。普里法(12)。  |    |
| 机械分析前石灰性土壤的制备  | 13 |
| 土壤机械组成的测定方法  | 15 |
| 用目测和手摸测定土壤的机械组成(15)。用筛子分筛土壤(16)。用不同速度的水流淘洗颗粒(按申涅法)的方法(18)。静水淘洗法(19)。用淘洗法从土壤和土质中分离不同大小的粒级(22)。比重计法(25)。沉降法(34)。在静水中按平均试样测定机械组成(36)。 |    |
| 机械分析资料的表示方法  | 48 |
| 机械分析资料的实际应用  | 50 |
| 土壤图上机械组成的描繪  | 54 |
| 根据机械组成計算某些物理指标   | 56 |

## 第二章 土壤结构分析

|          |    |
|----------|----|
| 结构的形态学鉴定 | 60 |
|----------|----|

• v •

|   |    |
|---|----|
| 微团聚体分析.....   | 63 |
| 土壤微团聚体分析(卡庆斯基法)(64)。土壤的分散系数和结构系数(64)。   |    |
| 土壤大团聚体水稳性的测定法.....  | 66 |
| H. И. 萨维诺夫法(66)。维尔申宁和列乌特结构分析规程(70)。土壤大团聚体分析的摇筛法(70)。Д. Г. 威林斯基团聚体冲蚀性测定法(73)。静水中土壤团聚体水稳性的测定(74)。法捷耶夫-威廉斯法(78)。原状土样土壤结构水稳性的测定法(79)。 |    |
| 土壤团聚体机械稳定性(粘結性)的测定.....   | 81 |
| 团聚体孔隙度的测定.....  | 83 |
| 石蜡法(83)。显微镜法(87)。土壤团聚体的胶体化学和显微镜分析法(90)。   |    |

### 第三章 土壤比重和孔隙度的测定方法

|   |     |
|---|-----|
| 土壤固相的比重.....  | 93  |
| 土壤固相比重的测定.....  | 94  |
| 比重瓶容积的测定(96)。供分析用的土壤的制备(97)。土壤固相比重的测定(97)。  |     |
| 土壤骨架的比重.....  | 101 |
| 钻取法测定土壤骨架的比重(102)。皮古洛夫斯基和泽别尔格的固定法(104)。用液体测定土壤骨架的比重(106)。С. Н. 普斯托沃伊特法测定土壤骨架的比重(108)。测定土壤容重的填砂法(109)。γ射线法测定土壤的紧实度(111)。 |     |
| 土壤孔隙度.....  | 111 |
| 用仪器测定孔隙度.....   | 113 |
| 按 H. A. 卡庆斯基計算法测定孔隙度.....   | 117 |

### 第四章 土壤空气性质及土壤空气组成研究法

|                                       |     |
|---------------------------------------|-----|
| 土壤空气的物理状态.....                        | 123 |
| 自由态空气(123)。土壤吸附态空气(124)。溶解态土壤空气(124)。 |     |

|  |     |
|--|-----|
| 土壤空气性质及其测定方法                             | 125 |
| 空气容量                                     | 125 |
| 土壤空气容量测定法(126)。吸附态空气的分离和计算(128)。         |     |
| 土壤的透气性                                   | 131 |
| 土壤和大气间的气体交换(通气性)                         | 135 |
| 土壤空气试样的采取及其组成的测定                         | 144 |
| 钻取法(144)。用液体排出土壤空气的方法(146)。土壤空气的分析(148)。 |     |
| 土壤空气组成测定的仪器                              | 151 |
| 低浓度条件下气体的测定(154)。土壤空气中水蒸汽的测定(155)。       |     |
| 土壤水中溶解态气体的测定(155)。                       |     |
| 土壤溶液的通气性和氧化还原电位                          | 159 |

## 第五章 土壤含水量的一般测定法

|  |     |
|--|-----|
| 测定含水量土样的采取   | 163 |
| 土壤含水量表示法   | 165 |
| 土壤含水量的测定   | 168 |
| 水分的直接计算(168)。间接测定含水量的方法(169)。测定土壤含水量的重量法(173)。根据土壤容积的变化测定含水量(174)。 |     |
| 根据试剂浓度的变化测定含水量(175)。电测定法(177)。测定含水量的放射性方法(185)。                    |     |
| 土壤水分的分类  | 194 |
| 土壤中各种形态水分的测定   | 197 |
| 紧束缚水(197)。松束缚薄膜水(203)。毛管水和重力水(206)。                                |     |
| 总持水量的田间测定法   | 207 |
| 总持水量的实验室测定法  | 209 |
| 整段标本法(209)。破坏结构土样中持水量的测定(212)。实验室管子法(212)。算法(212)。                 |     |

## 第六章 土壤水分的能量状况和运动

|            |     |
|------------|-----|
| 土壤的持水力或吸水力 | 214 |
|------------|-----|

|  |     |
|--|-----|
| 毛管计(张力计)法(215)。用吸取潮湿土壤中水分的方法测定持水力(217)。冰点降低法(218)。根据蒸汽压测定水分张力(220)。  |     |
| 毛管上升高度和速度  | 221 |
| 毛管上升高度和速度的理論計算   | 222 |
| 水分毛管上升高度的田间測定(224)。在田间无地下水条件下的毛管上升高度和速度的測定(225)。在整段标本上研究毛管上升高度(225)。 |     |
| 湿度、温度和盐分浓度梯度对毛管水运动的影响  | 229 |

## 第七章 土壤和土质的透水性

|  |     |
|--|-----|
| 測定透水性的方法                                     | 236 |
| 野外方法   | 236 |
| 小区淹灌法(236)。管子法(242)。排水收集器法(247)。             |     |
| 实验室方法  | 248 |
| 整段标本法(249)。扰动样品透水性的測定(249)。在基马仪器中測定透水性(250)。 |     |

## 第八章 土壤水分蒸发测定法

|         |     |
|---------|-----|
| 計算法     | 254 |
| 实验室法    | 256 |
| 田间測定法   | 257 |
| 土壤田间蒸发器 | 259 |

## 第九章 土壤的热性质及其测定方法

|   |     |
|---|-----|
| 湿润热   | 267 |
| 土壤的热性质  | 271 |
| 土壤的热容量  | 271 |
| 用热量仪測定热容量(272)。土壤的导热性(275)。用球形探针法(III3)測定土壤的导热性(276)。 |     |
| 土壤的导温性  | 280 |
| 土壤温度  | 285 |



测定土壤冻结的深度( 292 )。用热量仪测定冻结的和非冻结的水( 294 )。

## 第十章 土壤的物理机械性质

|  |     |
|--|-----|
| 土壤的坚实度   | 300 |
| 利用 ВИСХОМ 型坚实度计测定土壤坚实度( 301 )。用卡庆斯基<br>仪测定土壤的坚实度( 306 )。 |     |
| 土壤和土质的位移阻力   | 309 |
| 土壤的粘着力   | 315 |
| 土壤的塑性  | 318 |
| 根据土壤坚实度计算比阻及曳引力  | 322 |
| 参考文献   | 325 |
| 附录   | 327 |

## 緒 論

关于作为历史自然体的土壤的物理性质和状况的学说称为土壤物理学。土壤物理学的研究包括下列几方面：

(1) 土体的研究，即研究土壤的重量、分散状态和结构状态以及土壤的构造；(2) 空气的性质和土壤空气状况的研究；(3) 土壤水分性质和水分状况的研究；(4) 土壤热性质及其状况的研究；(5) 土壤物理机械性质的研究；(6) 土壤电性质和放射性的研究（由于利用这些性质测定土壤和土质的含水量，故在第五章中对它们作了描述）。

为了有效地栽培农作物以及研究土壤的发生，必须了解土壤的物理性质。作为一门科学来说，土壤物理学与耕作学和土壤改良学的关系最为密切。耕作学和土壤改良学的基本任务主要在于为了农业生产实际目的而暂时的或根本的改善土壤的物理性质。例如，当根据不同地带为各种作物制订农业技术时，这一地带的土壤物理性质是基本的指标。在不够湿润的地带，能促进水分在土壤中积累和保持的措施会取得良好的评价；相反，在过度潮湿的条件下，土壤改良和农业技术的措施应该是面向减少土壤的含水量和增加土壤的通气性。

应该认为这样的土壤物理性质和状况（水、空气和热的）是最好的，即在这种物理性质的土壤上，当充分保障土壤的营养元素时，就能获得最高的农作物产量。

在农业实践中往往对土壤物理条件的重要性估计不足，认为土壤肥力主要与营养元素的存在有关。其实，早在 19 世纪中叶就已经确定，如果不供给植物相应的水分、空气和热量，就绝对不能提高土壤的肥力。俄罗斯学者 В. В. 道库恰耶夫（Докучаев）和 П. А. 柯斯特切夫（Костычев）不止一次地指出，为了防治土壤

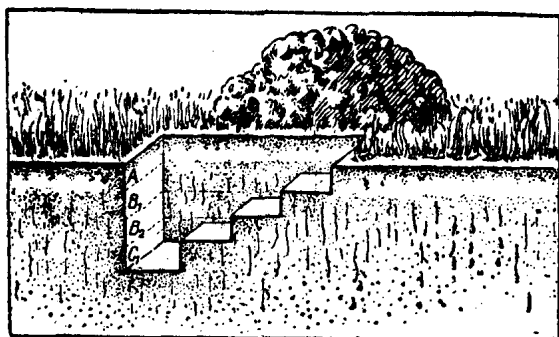


图1 研究土壤物理性质的土壤剖面示意图

干旱,必須根本上改善土壤的水分和物理性质。

目前,对土壤物理性质的研究给予很大的重视,无论在定位试验研究或野外调查中,都进行土壤物理性质的研究。在编制集体农庄、国营农场和试验站地区的大、小比例尺的土壤图以及编制地方性的小比例尺土壤图时,对主要土壤类型都必须作土壤物理性质的鉴定。在田间条件下研究土壤物理性质可应用“小区解剖”(Ключ)法,这个方法的实质如下:在已有的土壤图上区分出主要发生土壤的差异性及其按机械组成的变异,之后,在该区内典型的地形和土壤上划出试验区,面积为 $10 \times 10$ 米或 $100 \times 100$ 米,其上布置1—2个深达2米或更深一些的土壤剖面,进行详细的土壤形态描述,此后,挖成阶梯,作为工作的小区(面积为1—1.5平方米),以供研究土壤剖面的物理性质(图1)。阶梯的表面与土壤发生层的起始深度相一致。在每个供试小区上测定下列各项目:

1. 土壤骨架的比重<sup>1)</sup>: 表层重覆测定5次,以下各层为3次。
2. 土壤坚实度: 用卡庆斯基仪或其他结构的仪器测定,重覆10次。
3. 土壤透水性: 用管子法进行研究,小管子重覆10次,大管子重覆5次。土壤表面透水性的测定可在主要剖面附近用小区淹

1) 即土壤容重,有时称作土壤假比重(以下同)——译者注。

灌法进行,重覆3次。

4. 土壤含水量: 在测定土壤骨架比重时可顺便测定含水量, 深度到2米。2米以下用土钻在剖面底部每经10厘米取土, 一直到地下水为止, 如果地下水埋藏较深, 则采到5—10米深处。当用土钻采样后, 用手摸测知样品的湿度和机械组成, 并指明有无新生体和侵入体, 以此为基础编写母质和下垫母质的鉴定书。

5. 土壤持水量: 当测定透水性后在小区中就可测定持水量。为了防止小区表面的水分蒸发, 可用油布、草及禾稻等覆盖, 在砂土上经过24小时、壤土上经过48小时后, 根据整个土壤湿润层及明显的湿润界限下20厘米处取样以测定持水量。

6. 土壤的湿润剖面: 通过整个小区的中心, 挖一深达湿透深度的坑, 用描繪法测定。

7. 土壤水分蒸发: 在专门设置的小区上, 用蒸发器或根据土壤的含水量状况而测定。在定位或半定位的条件下研究水分蒸发。

8. 土壤温度的测定: 用薩維諾夫(Савинов)温度计测定到20厘米深。测定土壤表面的温度则用定期的、最高的和最低的温度计。在研究蒸发时测定土温最好是把一组温度计安置在人工湿润的小区內, 而另一组放置在自然湿润的小区內进行测定。

要在实验室中进行土壤研究, 必须在田间正确地取样。为测定土壤机械组成、水、热和其他物理性质的土样, 在发生层的中部采取(土重约1公斤)。采时从土壤中切出高和长各为10厘米、宽为6—8厘米的直角平行六面体形的土块, 小心地和牢固地包装好以便运至实验室。

供显微镜法研究土壤结构和孔隙度的土样, 在田间用石蜡封固: 把体积为 $5 \times 5 \times 5$ 厘米的三个重覆土样浸入熔化石蜡的器皿中, 冷却后包装并运至实验室。

可利用在田间测定过的土壤骨架比重, 或容重的样品在实验室中测定土壤固相的比重。把同一层內所有重覆的样品放在一起而运回实验室。

为了在实验室中研究土壤的渗透系数和其他水分性质，须采集大小为  $15 \times 20 \times 50$  和  $15 \times 20 \times 100$  厘米的土壤的整段标本。

为了研究土壤粘着力和坚实度的动态变化，须采集大小为  $50 \times 50 \times 50$  厘米的整段标本。

以上所指出的工作都是由具有专门装备的调查队在田间进行的。

# 第一章

## 土壤的机械分析

土壤和土质的固相是由矿物的、有机矿物的和有机的颗粒所组成,这些颗粒的大小从分子、胶粒到粗分散物(如粘粒、粉粒、砂粒和石块),因此,可以把土壤视为多分散体系。研究土壤,首先必须测定组成土壤的颗粒的大小以及各种大小的颗粒在土壤中的含量。土壤机械分析的主要任务<sup>1)</sup>就在于测定土壤中基本机械颗粒的数量。

土壤的机械组成是土壤重要的发生特性和农业特性。在拟订土壤发生分类时,根据机械组成来划分所研究的土壤类型的土种和变种。土壤的肥力在很大程度上与其机械组成有关。例如,大家所熟知的,在砂土和砂壤土中,植物所需的营养元素是贫乏的;而在粘土和壤土中,植物所需的营养元素则相当丰富。

所有的土壤物理性质几乎都决定于土壤的机械组成:如土壤的孔隙性、持水性、透水性、水分上升性能以及土壤的空气和热状况等。这些性质在很大程度上决定着农作物的生长、发育和产量。

土壤的工艺性质同样也决定于土壤的机械组成:如坚实度,对耕作农具的附着性,耕作时土垡的破裂,也由此土壤的机械组成决定了耕翻的质量以及在进行耕作时土壤的比阻。

土壤和土质中含有的粘粒,使土壤具有可塑性,这种性质在进

---

1) “机械的”这一术语与“物质分散状态”的概念不同,它只和进行分散分析的技术有较密切的关系,正如颗粒分析是意味着小颗粒 (granulum) 和测量 (metria) 一样,因此在很大程度上是符合这个术语的概念。但“机械分析”的术语则有更广泛的领域。

行土壤耕作、利用土质进行陶器生产以及在翻砂車間中都具有很重大意义。

## 土壤机械成分的分类

为了正确地进行机械分析，熟知土壤机械成分的基本分类是很重要的。

晶形或非晶形构造的单独的矿物、有机矿物和有机的颗粒，它们所有的分子都处于化学的相互联系中，这种颗粒称为粒或基本土壤颗粒。把土壤机械成分区分为原生颗粒和次生颗粒，前者是在岩石和矿物的崩解和风化过程中(在大气的物理因素——温度、风和水流的影响下)形成的，而后者是通过风化的最终产物(分子和胶粒大小)的合成、凝聚以及通过生物(高等和低等植物的生命活动)的途径而形成的。

粗粒级通常是由原生颗粒所组成，而细粒级(粘粒和粘化粒)是由次生颗粒所组成。很多学者[К. Д. 格林卡(Глинка)、А. А. 阿特柏尔格(Atterberg)、А. А. 罗戴(Роде)、馬祖連科(Мазуренко)、Г. 季基(Дикий)、С. С. 莫罗佐夫(Морозов)、П. Ф. 梅里尼科夫(Мельников)、Е. И. 科切林娜(Кочерина)等]的研究确定，不同大小的颗粒具有不同的化学和矿物组成以及不同的物理性质。这种情况就成为颗粒分类的基础。

很多学者[克诺普(Кноп)、奥斯鲍尔恩(Osborne)、А. А. 阿特柏尔格、А. Н. 薩巴宁(Сабанин)、В. Р. 威廉斯(Вильямс)、В. Т. 格卢什科夫(Глушков)、В. В. 奥霍京(Охотин)、Н. А. 卡庆斯基等]都曾经从事机械成分分类问题的研究。А. А. 阿特柏尔格根据大小不同的基本颗粒的性质的研究确定，直径为0.2毫米的颗粒具有良好的透水性。其中水分沿毛管上升是很快的，但上升不高；直径为0.2—0.02毫米的颗粒能保证土壤有良好的透水性和水分上升性能；直径为0.02—0.002毫米的颗粒，其透水性弱，水分能上升得很高，但很慢。由直径为0.002毫米的颗粒所构成的土壤的透水性最差和沿毛管上升的性能最慢。直径为0.02毫米

的顆粒在盐溶液中已能凝聚，而大于这个直径的顆粒則不凝聚。小于 0.002 毫米的顆粒已經有布朗运动。阿特柏尔格的这些結論，自 1930 年起就成为机械成分国际分类的基础。但在苏联很少采用这个分类。

H. A. 卡庆斯基采用了本国的有关不同大小粒級的性質的資料，提出了自己的机械成分的分类，这个分类在目前的土壤实践中已得到广泛应用。在这个分类中（表 1）分出了石块部分，不同大小的砂粒，粉粒和粘粒。根据顆粒在水中沉降的速度而区分粉粒級和粘粒級，也就是应用司篤克氏（Stokes）公式測出的顆粒的靜水直径。在这个分类中同时也考虑了顆粒的化学、物理<sup>1)</sup>和物理化学性質。

表 1 土壤机械成分的分类

| 土壤机械成分的有效直径<br>(毫米) | 机 械 成 分 的 命 名  |
|---------------------|--|
| >3                  | 土壤的石块部分  |
| 3—1                 | 砾石   |
| 1—0.5               | 粗砂   |
| 0.5—0.25            | 中砂   |
| 0.25—0.05           | 细砂   |
| 0.05—0.01           | 粗粉粒(黄土性粒級)   |
| 0.01—0.005          | 中粉粒  |
| 0.005—0.001         | 细粉粒  |
| <0.001              | 粘粒<br>a) 0.001—0.0005——粘质粘粒； б) 0.0005—<br>0.0001——胶粒； в) <0.0001*——胶体 |
| >0.01               | “物理性”砂粒  |
| <0.01               | “物理性”粘粒  |

\* 原文为 0.0001，恐系 <0.0001 之誤——译者注。

大于 1 毫米的整个顆粒称为土壤的骨骼部分，而小于 1 毫米者称为細土。

为了进行土壤机械組成的分类，H. M. 西比尔切夫(Сибирцев)

1) 原文为“水分”，恐系“物理”之誤——译者注。



把顆粒分成“物理性砂粒”(顆粒大于 0.01 毫米)和“物理性粘粒”(顆粒 < 0.01 毫米)。这种分法在目前进行土壤机械組成的分类中尚被广泛应用。

## 机械分析前土壤制备的方法

单独存在的土壤机械成分,特别是細小的,只有在砂性土壤中能遇到;而在粘質和壤質土壤中,机械成分是联結成微团聚体和結構的小团块。因而,为了計算不同大小顆粒的数量,土壤必須专门制备。

机械分析前土壤制备的主要任务,是在于把土壤的团聚体分散成組成这些团聚体的原生机械成分或顆粒。

土壤团聚体破坏成单独的机械成分,可用二种方法实现:(1)机械的或物理的方法和(2)化学的方法。

### 土壤制备的物理法

在磁鉢中用带有橡皮头的研杵研磨干土或湿土,用煮沸悬液以及震蕩悬液均能破坏土壤的团聚体。

**湿土研磨法** 此法在1902年由 Г. Ф. 涅費多夫(Нефедов)所提出。近年来,阿金揚(Айдинян)和莫斯科大学土壤物理实验室的 В. Б. 科連涅夫斯卡婭(Корневская)对这个問題进行了較詳細的研究。为了分散,把土样放在磁皿中,用水湿润到稠糊状,即大約相当于流性下限的含水量。然后,用带有橡皮头的研杵研磨 10—15 分钟再进行分析。这个方法适用于制备生草灰化土、灰色森林土,对非石灰性的黑鈣土較差(与 Н. А. 卡庆斯基法相比),而对石灰性土壤和紅壤則完全不能采用,因为当研磨后这些土壤的悬液就很快凝聚。当进行顆粒的矿物、化学組成和物理性质的研究时,此法广泛应用于提取不同大小的顆粒。

**土壤悬液的煮沸法** 它是分散土壤的強烈方法。在煮沸过程中,由于在矿物的各个面上和团聚体本身的膨胀不同,故随着温度的提高,团聚体分裂和崩解为机械成分的作用也随之增强,并