

研究生教学用书

教育部研究生工作办公室推荐

土壤物理学

Soil Physics

秦耀东

高等教育出版社

研究生教学用书

教育部研究生工作办公室推荐

土壤物理学

Soil Physics

高等教育出版社

内容简介

本书除前言外,共分7章。第1章土壤基质及基质特征是“土壤物理学”与“土壤学”交叉部分的内容;第2章至第6章是“土壤物理学”的中心内容,介绍了水、溶质、空气和热量在土壤中的转移以及与相邻自然体的交换。其中2至3章介绍了土壤水的保持和运动以及在田间的循环过程;第4章介绍了土壤热流的运动;第5章介绍了土壤空气的运动;第6章介绍了土壤溶质的运动。第7章土壤的空间变异,相比较而言,属“土壤物理学”较新的内容,介绍土壤参数的空间变异规律以及根据这些规律如何取样和进行田间过程模拟。每一章后都附有习题,供选修这门课的研究生练习。

本书可作为土壤、农田水利、环境保护类专业研究生的教科书,并可供有关专业技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

土壤物理学/秦耀东. —北京:高等教育出版社,
2003.3

ISBN 7-04-011453-4

I. 土... II. 秦... III. 土壤物理学 IV. S152

中国版本图书馆CIP数据核字(2002)第099188号

出版发行	高等教育出版社	购书热线	010-64054588
社 址	北京市东城区沙滩后街55号	免费咨询	800-810-0598
邮政编码	100009	网 址	http://www.hep.edu.cn
传 真	010-64014048		http://www.hep.com.cn

经 销 新华书店北京发行所
印 刷 北京地质印刷厂

开 本	787×960 1/16	版 次	2003年3月第1版
印 张	15	印 次	2003年3月第1次印刷
字 数	240 000	定 价	21.20元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

郑重声明

高等教育出版社依法对本书享有专有出版权。任何未经许可的复制、销售行为均违反《中华人民共和国著作权法》。行为人将承担相应的民事责任和行政责任,构成犯罪的,将被依法追究刑事责任。社会各界人士如发现上述侵权行为,希望及时举报,本社将奖励举报有功人员。

现公布举报电话及通讯地址:

电 话:(010)84043279 13801081108

传 真:(010)64033424

E-mail:dd@hep.com.cn

地 址:北京市东城区沙滩后街55号

邮 编:100009

策 划	安 琪
编 辑	张庆波
封面设计	李卫青
责任绘图	朱 静
版式设计	史新薇
责任校对	胡晓琪
责任印制	宋克学

前 言

土壤物理学属于土壤科学一个分支,但随着人类社会的日益进步,已发展成为一门独立的学科。土壤物理学在水文、水利、气象、自然地理、水土保持和环境保护等领域都得到了广泛的应用,这主要是因为水、溶质、空气和热量在土壤中的转移以及与相邻自然体的交换构成了上述物质和能量在自然循环中的一个重要环节。所以,当今的土壤物理学主要以研究物质和能量在土壤中的转移为中心内容。

传统的土壤物理学以研究土壤的物理结构为主要内容,对土壤中水、溶质、空气和热的研究主要是静态的定性描述。传统的土壤物理学向当今土壤物理学的跨越主要是由于20世纪初土水势概念的提出和20世纪30年代张力计的发明,直到20世纪70年代由于计算机的普及和计算手段的改进,当今土壤物理学才从传统土壤物理学中脱颖而出。与传统的土壤物理学相比,当今土壤物理学对土壤中的物质和能量的研究更偏重于动态的定量模拟。目前,土壤物理学正在孕育着第二次飞跃,其研究重点在确定性模型的基础上更偏重于随机型模型的发展,原因是显而易见的,因为土壤在自然界是随机分布的。

与传统的土壤物理学相比,当今土壤物理学在研究应用方面也有变化。传统土壤物理学主要应用于农业生产和农业研究方面。而现在,由于人类社会的发展,大量的废弃物,比人类历史任何时期都要多地污染着我们的地球,这些废弃物,大多数最终都会归于我们赖以生存的土壤。因此当今土壤物理学已不仅仅是一门农业科学学科,而已发展成为一门环境保护科学的学科。

本书是在华孟和王坚1993年主编的《土壤物理学》基础上编纂而成的,书中大多数内容已重写或得到充实。在编写过程中,主要参考了Willam A. Jury等编写的第五版“*Soil Physics*”和清华大学雷志栋等人编写的《土壤水动力学》。在这里向他们表示感谢。

书中缺点错误,恳请读者批评指正。

秦耀东
2002年7月

目 录

第 1 章 土壤基质及基质特征	(1)
1.1 土粒的粒径分布	(1)
1.1.1 土粒的粒级	(1)
1.1.2 土粒的粒径分布和分析	(4)
1.1.3 土壤质地	(7)
1.2 土壤结构	(10)
1.2.1 粘粒矿物的结构	(10)
1.2.2 粘团的形成	(12)
1.2.3 粘团的再团聚	(13)
1.2.4 土壤团粒的稳定性和团粒粒径分布	(14)
1.2.5 土壤结构	(15)
1.3 土壤的比表面积和孔隙状况	(16)
1.3.1 土壤的比表面积	(16)
1.3.2 土壤的孔隙状况	(19)
1.4 土壤的胀缩	(20)
1.4.1 粘粒的水化作用	(21)
1.4.2 渗透压的作用	(21)
1.5 土壤基质的三相物质比	(22)
1.5.1 土粒密度	(23)
1.5.2 土壤容重	(23)
1.5.3 总容重	(23)
1.5.4 孔隙度	(24)
1.5.5 土壤湿度	(24)
1.5.6 土壤水量	(25)
1.5.7 充气孔隙度 f_a	(26)
习题一	(26)
参考文献	(27)
第 2 章 土壤水的保持和运动	(28)
2.1 水的几个物理性质	(28)
2.1.1 水分子的结构	(28)
2.1.2 表面张力	(29)
2.1.3 弯曲液面下的附加压强	(30)
2.1.4 浸润现象	(32)

2.1.5	毛细现象	(34)
2.1.6	液体的粘滞性	(35)
2.2	土壤含水量的测定	(35)
2.2.1	烘干法	(36)
2.2.2	中子法	(36)
2.2.3	γ 射线法	(38)
2.2.4	TDR法	(39)
2.3	土壤水的能态	(40)
2.3.1	基准系统	(41)
2.3.2	土水势	(41)
2.3.3	土水势的分势	(42)
2.3.4	两个术语	(45)
2.3.5	平衡条件下土水势分析	(46)
2.4	土水势几个分势的测定	(47)
2.4.1	重力势	(47)
2.4.2	溶质势	(47)
2.4.3	气压势	(47)
2.4.4	压力势	(47)
2.4.5	基质势	(47)
2.5	土水势的热力学基础	(50)
2.5.1	自由能	(50)
2.5.2	土壤水的自由能	(51)
2.5.3	土—水—气系统的自由能	(52)
2.6	土壤水特征曲线	(53)
2.6.1	土壤水特征曲线的定义	(54)
2.6.2	土壤水特征曲线在分析土壤水保持和运动中的几个用途	(54)
2.6.3	影响土壤水特征曲线的因素	(57)
2.6.4	土壤水特征曲线的滞后现象	(58)
2.6.5	土壤水特征曲线的测定	(60)
2.7	土壤水流概述	(62)
2.7.1	毛细管中的层流运动	(63)
2.7.2	土壤水流简化模型	(64)
2.8	饱和流	(65)
2.8.1	Darcy定律	(65)
2.8.2	Darcy定律的适用范围	(67)
2.8.3	导水率	(68)
2.9	非饱和流	(74)
2.9.1	非饱和流与饱和流的比较	(74)

2.9.2	Buckingham-Darcy 通量定律	(75)
2.9.3	非饱和导水率	(75)
2.9.4	非饱和导水率的毛细管模型	(76)
2.9.5	稳定状态下的非饱和流问题	(80)
2.10	连续性方程	(84)
2.11	Richards 方程	(86)
2.11.1	Richards 方程的含水量形式 (θ 方程)	(86)
2.11.2	Richards 方程的基质势形式 (h 方程)	(87)
2.11.3	测定非饱和导水率的瞬时剖面法	(87)
2.11.4	零通量面 (ZFP—Zero Flux Plane)	(89)
2.12	Richards 方程的柱坐标形式	(90)
	习题二	(93)
	参考文献	(96)
第 3 章	田间水分循环	(97)
3.1	入渗	(97)
3.1.1	概述	(97)
3.1.2	经验入渗模型	(99)
3.1.3	Green-Ampt 入渗模型	(100)
3.1.4	Philip 入渗模型	(102)
3.1.5	非均匀土壤剖面的入渗	(108)
3.1.6	二维入渗	(110)
3.2	再分布	(111)
3.2.1	土壤水的再分布	(111)
3.2.2	关于田间持水量的讨论	(113)
3.2.3	非饱和导水率的田间测定	(114)
3.3	通过大孔隙的土壤水流	(115)
3.4	土面蒸发	(116)
3.4.1	概述	(116)
3.4.2	土面蒸发的三个阶段	(117)
3.4.3	蒸发条件下土壤水运动的定解问题	(118)
3.4.4	地下水位一定时的稳态土面蒸发	(120)
3.4.5	无地下水 (或地下水埋深很深) 时的非稳态土面蒸发	(122)
3.4.6	降低蒸发	(123)
3.5	植物存在情况下田间土壤水循环	(124)
3.5.1	辐射	(124)
3.5.2	地面能量平衡	(126)
3.5.3	蒸散率 E_1 和显热 H 的估算	(127)
	习题三	(131)

参考文献	(132)
第4章 土壤温度和热流	(133)
4.1 土壤的热状况	(133)
4.1.1 土壤的热容	(133)
4.1.2 Fourier 热传导定律和热导率 κ	(134)
4.1.3 土壤的热扩散率 α	(137)
4.2 土壤热流基本方程	(138)
4.2.1 土壤热流基本方程	(138)
4.2.2 土壤热流基本方程的解	(139)
4.3 温度对土壤水、气保持和运动的影响	(142)
4.3.1 温度对土壤水吸力的影响	(142)
4.3.2 温度梯度影响下土壤水、气的再分布	(143)
4.3.3 非恒温条件下非饱和土壤水运动	(144)
习题四	(144)
参考文献	(145)
第5章 土壤空气	(146)
5.1 土壤空气的组成	(146)
5.2 土壤空气与植物生长	(147)
5.3 土壤中的气流	(149)
5.3.1 气体质量守恒方程	(149)
5.3.2 土壤中的气体对流	(150)
5.3.3 土壤中的气体扩散	(151)
5.3.4 气体传输方程	(153)
5.4 几种情况下气体传输方程的解	(153)
5.4.1 稳态情况下无反应气体的传输	(153)
5.4.2 稳态情况下土壤中 O_2 的传输和消耗	(154)
5.4.3 稳态情况下土壤中 CO_2 的传输和变化	(156)
5.4.4 在植物根界面 O_2 的消耗	(157)
5.5 通过土壤的水气流	(158)
5.5.1 水汽通量方程	(158)
5.5.2 近似的水汽通量定律	(159)
习题五	(160)
参考文献	(161)
第6章 土壤溶质和溶质运移	(162)
6.1 土壤溶质的形成形式	(162)
6.2 溶质质量守恒公式	(163)
6.2.1 守恒公式的推导	(163)
6.2.2 土壤中溶质的存储	(164)

6.2.3 通过土壤的溶质通量	(164)
6.2.4 对流 - 弥散模型	(165)
6.3 对流 - 弥散方程	(166)
6.3.1 无反应、无吸附溶质运移	(166)
6.3.2 无反应、有吸附溶质的运输	(170)
6.3.3 土壤结构对溶质运移的作用	(172)
6.4 土壤中的化学反应	(174)
6.4.1 一阶衰变 (first-order decay)	(174)
6.4.2 对流 - 弥散方程和一阶衰变	(175)
6.4.3 活塞流模型和一阶衰变	(175)
6.5 通过土壤的可挥发有机化合物的运移	(176)
6.5.1 相分配定律	(176)
6.5.2 线性分配定律	(177)
6.5.3 有效液 - 气扩散	(178)
6.5.4 总的溶质通量	(179)
6.5.5 化学物质从土壤中的挥发	(179)
6.6 溶质运移的传递函数模型	(181)
6.6.1 溶质运移容积	(182)
6.6.2 溶质生存时间及传输时间分布函数	(182)
6.6.3 传递函数方程	(183)
6.6.4 传递函数参数的测定	(183)
6.6.5 传递函数模型的分布函数	(185)
6.6.6 随机 - 对流传递函数模型	(185)
6.6.7 模型参数的估计	(187)
习题六	(189)
参考文献	(190)
第7章 土壤的空间变异	(191)
7.1 传统统计学研究方法	(192)
7.1.1 合理取样数目的确定	(192)
7.1.2 Monte-Carlo 模拟的应用	(195)
7.2 Inverse-Distance Method	(199)
7.3 区域化变量 (regionalized variables) 和它的随机函数	(200)
7.3.1 区域化变量	(200)
7.3.2 随机过程 (时间序列) 的概念	(200)
7.3.3 随机场和区域化变量的表示	(201)
7.4 区域化变量的数字特征	(202)
7.4.1 区域化随机变量的一阶矩	(202)
7.4.2 区域化随机变量的二阶矩	(202)

7.5 二阶平稳假设和本征假设 (内蕴假设)	(203)
7.5.1 二阶平稳假设	(204)
7.5.2 本征假设 (内蕴假设)	(204)
7.5.3 二阶平稳假设与本征假设的比较	(205)
7.5.4 准二阶平稳假设及准本征假设	(205)
7.6 半方差模型	(206)
7.6.1 半方差值的估算	(207)
7.6.2 实际计算中的几个问题	(207)
7.6.3 半方差函数的功能	(209)
7.6.4 半方差函数的理论模型	(212)
7.7 取样尺寸、取样间距对半方差函数的影响	(216)
7.7.1 支撑尺寸 (size of support) 正则化 (regularization)	(216)
7.7.2 套合模型 (nested models)	(216)
7.8 横互相关	(218)
7.9 克里格插值 (Kriging)	(219)
7.9.1 克里格插值	(219)
7.9.2 半方差函数的检验	(223)
习题七	(224)
参考文献	(226)

第 1 章 土壤基质及基质特征

土壤基质是指土壤的固体部分,它是一个分散和多孔的体系。与土壤固体一词相比,土壤基质一词更强调土壤的分散和多孔的特性。

土壤基质的分散性是指土壤的固体物质由不同比例的、粒径粗细不一、形状和组成各异的颗粒(通称土壤颗粒,本书简称土粒)所组成。土粒中粘粒的粒径($< 1 \sim 5 \mu\text{m}$,各国规定不同)最细,属胶粒范围,比表面积巨大,是土粒中最活跃的部分。粘粒中无机和有机胶粒的比例以及粘粒矿物的类型都对其表面活性有重大影响。土壤基质中各级粗细土粒的数量和比例,称为土壤(或土粒)的粒径分布,习惯上也称为土壤的机械组成。自然土壤基质的土粒除碱土外,大多是多个粘粒和其他细土粒团聚在一起称为土壤团粒。许多情况下,这些团粒在水中并不完全分散,其不分散者是水稳性团粒。水稳性团粒的粒径不一,各级粗细团粒在土壤基质中的数量比称为土壤团粒的粒径分布。

分散的土粒和团粒间以及团粒内必然存在着许多孔隙,大多数土壤基质中孔隙所占的容积为一半左右。单位容积于土壤(即土壤基质)中孔隙所占容积,用百分数表示称为孔隙度。土粒和团粒的粒径分布和排列的紧实程度自然会影响到孔隙度。土壤基质的孔隙度、各级不同孔径孔隙的数量比、孔隙的形状、弯曲和连接程度,这些特征合称为土壤的孔隙状况。

每一类土壤各有其特殊的基质特征,通常是指土粒和团粒的粒径分布,土壤比表面积和土壤孔隙的孔径分布。有时也包括有机胶体的数量和粘粒矿物的种类。土壤基质特征是土壤成土过程的产物,是物质和能量在土壤中保持和运动以及植物生长的基础或介质。土壤基质和土壤的环境因素共同决定着这些物质和能量在自然界循环中土壤环节的过程以及植物生长状况。不了解土壤的基质特征,也就无法了解土壤中各项运动过程的真实状况。

1.1 土粒的粒径分布

1.1.1 土粒的粒级

土壤基质中土粒的粗细不同,不但比表面积有巨大差异,而且土粒间

孔隙的孔径也有显著差异。人们按土粒粗细将土粒分为若干级别,每一个粒级范围称为一个粒级,近百年来粒级的划分才逐渐有明确的尺度。显然,粒级的划分是人为的,因而随研究者的目的不同就有不同的划分标准,比如,在土力学、地质学等方面就有与土壤科学不同的划分标准。另外,还有两点必须注意:一是各粒级的界限并不是绝对的,即不是超出这个界限的土粒就有完全不同的性质和组成,而是在这个界限范围内的绝大部分土粒具有某些特定的性质和组成;二是土粒的形状极不规则,已知粘粒是扁平状的,粗一些的土粒则形状各异。在实际工作中粗土粒(粒径 >0.25 mm)用不同圆形孔径的筛加以分离;细土粒(粒径 <0.05 mm)已细到无法筛分,而用其在静态介质(水)中沉降的速度加以分别。土粒在水中沉降的速度因其形状而异,而土粒的形状又各不相同,因而都采用与土粒沉降速度相同的球体土粒的直径为其粒径,称为当量粒径。同理区分粗土粒的圆筛孔的孔径也是区分它们的界限,但在文献中不常这样明确说明。

世界各国大都按土粒粗细分为砾、砂粒、粉粒和粘粒四个大的粒级,但其具体界限和每个大粒级的进一步划分则有一定差异。我国自 20 世纪 30 年代引进近代实验科学的土壤学以来,因种种原因未能进行土粒分级的基础研究,而是借用美国、前苏联和国际土壤学会通过的分级方案。1975 年,中国科学院南京土壤研究所制定了一个暂行的粒级分级方案。他们的划分尺度如表 1.1.1。

表 1.1.1 国际制、美国制、前苏联制和中国制(暂行)土壤粒级划分方案

国际制		美国制		前苏联制(卡庆斯基)		中国制(暂行)									
粒级名称	粒级/mm	粒级名称	粒级/mm	粒级名称	粒级/mm	粒级名称	粒级/mm								
石砾	>2	石块	>3	石块	>3										
		粗砾	3~2	石砾	3~1	石砾	3~1								
粗砂粒 细砂粒	2~0.2 0.2~0.02	极粗砂粒 粗砂粒 中砂粒 细砂粒 极细砂粒	2~1 1~0.5 0.5~0.25 0.25~0.1 0.1~0.05	粗砂粒 中砂粒 细砂粒	1~0.5 0.5~0.25 0.25~0.05	粗砂粒 细砂粒	1~0.25 0.25~0.05								
								粉(砂)粒	0.02~0.002	粉(砂)粒	0.05~0.002	粗粉粒 中粉粒 细粉粒	0.05~0.01 0.01~0.005 0.005~0.001	粗粉粒 细粉粒	0.05~0.01 0.01~0.005
								粘粒	<0.002	粘粒	<0.002	粗粘粒 (粘质的) 细粘粒 (胶质的) 胶体	0.001~0.0005 <0.0005 0.0005~0.0001 <0.0001	粗粘粒 粘粒	0.005~0.001 <0.001

砾是最粗的土粒,我国主要农区的土壤并不多见,只是在土石区、近河滩的山坡土壤中才出现以至达到影响土壤基质特征的程度。传统的概念,特别是在农业土壤工作中,常把 $<2\sim 3\text{ mm}$ 作为土粒粒径的上限,室内制备供分析用的土壤样品是将砾筛分出去。但当砾的数量达到影响土壤性质时,应加以记载,列在分析报告中。

砂粒是不规则颗粒状的,矿物组成主要是石英,也有长石、云母等的碎块(片),有时还含有少量的角闪石、锆石、辉石和电气石等深色或重矿物。石英和长石等常见的砂粒矿物表面往往局部地附着有氧化铁、锰或碳酸钙的沉淀。细小颗粒有时也成胶膜包被在砂粒的表面,使得砂粒的颜色并不完全同于其原矿物的颜色。砂粒在各国进一步(亚级)划分方案中,大多数分为粗、中、细砂三个亚级或只划分为粗砂和细砂两个亚级,只有美国制将砂粒分为五个亚级。

粗砂泛指 $1\sim 2\text{ mm}$ 或 $1\sim 3\text{ mm}$ 的土粒,它们的比表面积小,表面只能吸附微量水分子(包括水汽分子),水分子包被在砂粒表面,形成极薄的水分子层。粗砂粒间的孔隙粗,大多超过毛细作用的孔径,所以其所保持的水往往是在粗砂粒间的接触点,在与植物根接触时,也能被吸收。这种情况在砂、砾混合或以砾为主时更为明显。

细砂和粗砂的矿物组成类似,两者性质相近。细砂已有明显的表面吸附水分子的能力,颗粒间的孔隙表现出最活跃的毛管作用,毛管水上升迅速,上升高度可达 $2\sim 3\text{ m}$ 。

粗粉粒的性质与细砂相近,但透水性稍逊。其不同之处表现为有明显的粘结性,粘着性,干缩和湿胀的性质,大雨或灌溉后,经干燥,土表出现结皮、板结或起坷拉(但不坚实),出现深度不同的裂纹,一般不超过 $1\sim 2\text{ cm}$ 。在一定含水率范围内表现出可塑性。

中、细粉粒的矿物组成仍与砂粒相同,但表面积增大,表现出不同程度的属于胶粒范畴粘粒的若干性质。表面吸附水分子的力强,毛管力强,毛管水上升或向其他方向运动缓慢,毛管水上升高度可能相当高,但所需时间过长,速度慢,实践意义不大,透水性相当差。中、细粉粒的粘接、粘着、可塑性以及干缩湿胀皆较强,土表容易形成结皮、板结和硬坷拉。土壤基质中这样的粒级含量高,尤其是细粉粒会造成耕作上的困难,耕作质量也不易保证。剖面中有这样的土层会使水的垂直流动困难。

粘粒是土粒中最细部分,其粒径上限的规定在各种划分方案中虽有差异(如美国农业部的方案规定为 0.5 mm ,国际方案规定为 0.2 mm ,前苏联卡庆斯基方案规定为 0.1 mm),但实际意义并不大。对大量土壤粒径分析表明, $<0.5\text{ mm}$ 的土粒绝大部分是 $<0.1\text{ mm}$ 的。粘粒矿物主要由

次生的(在土壤形成过程中产生的,以区别原在地球表层存在的原生矿物,如砂粒和粉粒所含的矿物)铝铁硅酸盐组成,一般分为蒙脱石、伊利石(水化云母)和高岭石三大组;此外还有无定形二、三氧化物和硅酸盐或水合二氧化硅的凝胶,经常含有可察觉数量的腐殖质胶粒,它们往往成复合状胶粒存在。粘粒矿物是扁平的片状或盘状,具有极大的比表面积,胶粒表面有负电荷与邻近的土壤水中的阳离子形成双电层。巨大的表面积和表面电荷,使得粘粒有极强的吸附水分子能力,形成与其粒径比较相对厚的吸附水层或水膜。粘粒间的孔隙孔径极细微,粘粒吸附的水膜有可能充满或堵塞这些细微的孔隙。或许孔隙中在吸附水膜外还有少许空间借助毛管作用保持少量水,孔隙越细毛管力越强,致使粘粒间孔隙总容积较同体积砂粒间的孔隙多,所以粘粒的总(最大)持水量高。不言而喻,粘粒在一定含水率范围会表现极强的粘结性、粘着性和可塑性,干缩湿胀的程度极高,经湿润后的粘粒容易出现较厚的结皮和板结,并且形成坚硬的坷拉和土块,要极大的力才能敲破打碎,也需要很高的耕作技术才能达到较好的耕作质量。所以粘粒含量高的土壤,尽管有较多的作物养料,却很难管理。幸亏田间情况下,除碱土外,粘粒大多团聚成微团粒或团粒,可以自然缓解或改善上述情况。

1.1.2 土粒的粒径分布和分析

土壤基质中含有不同比例的各级土粒,完善的表达方式是用土壤的粒径分布曲线,曲线的横坐标为粒径 $d(\text{mm})$,一般用对数坐标;纵坐标为单位质量土样小于某一粒径土粒含量的累计百分数,如图 1.1.1。

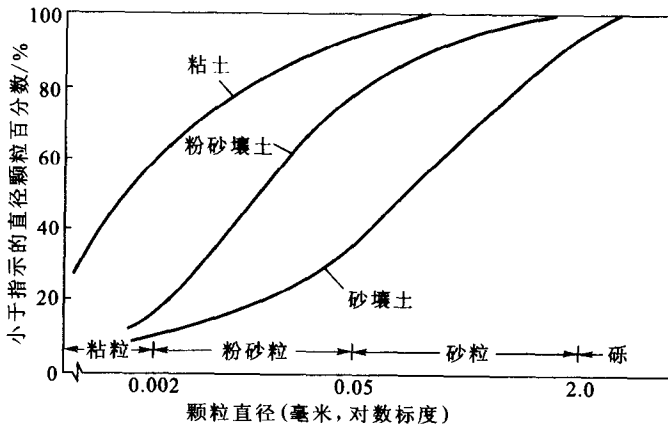


图 1.1.1 三种土壤的粒径分布曲线

粒径分析过去也称机械分析,是土壤实验科学中最古老的测定技术之一,它包含以下操作步骤。严格而论,几乎每项步骤都有一定程度偏离实际的假定。

1.1.2.1 土粒的分散

田间或自然土壤,绝大部分或全部粘粒都是相互团聚成粒径不同的团粒,微团粒是粘粒直接凝聚而成,粗团粒则主要是由腐殖质和某些情况下土壤中的石灰物质、游离铁等所起的作用。在中性土壤中主要是交换性 Ca^{2+} 起作用,在酸性土壤中还有交换性 Al^{3+} 的作用,土壤溶液中盐类溶质浓度高也促进粘粒团聚。因此传统的分散处理包括用 H_2O_2 — HCl 处理和添加含 Na^+ 的化合物作为分散剂。 H_2O_2 的作用是为了破坏有机质,稀 HCl 的作用是为了溶解游离的 CaCO_3 和其他胶结剂,并用 H^+ 代换有凝聚作用的 Ca^{2+} 、 Al^{3+} 等离子和淋洗土壤溶液中的溶质。交换性 H^+ 也有凝聚作用,必须用分散粘粒的 Na^+ 代换之,所用的 Na^+ 的数量不能过多超过土壤的交换量。

凡此种种,不仅手续繁杂费事,且在稀 HCl 淋洗中,也可能淋出一部分粘粒的组分,如无定形的二三氧化物和水合氧化硅等。因此需要收集稀 HCl 淋洗液进行化学分析测定。更重要的是腐殖质和碳酸盐也是土壤固相的一部分,若去除它们则与田间情况不一致。因此近来常对供分析的土样直接投入可固定 Ca^{2+} 、 Al^{3+} 离子的 Na 盐,通常是酸性土壤加氢氧化钠,中性土壤加草酸钠,碱性土壤加六偏磷酸钠。然后用各种机械的方法进行搅拌,使其分散完全。常用的方法是煮沸法,也有用震荡法或高于大气压的气流激荡法的。由于土样的分散处理尚无统一规定,因此分析报告中必须说明。

1.1.2.2 粗土粒的筛分

用粗细不同孔径的筛相继筛分经分散处理的样品滤液可得出不同粒径的土粒数量。根据标准筛的情况,筛孔 $> 0.6 \text{ mm}$ 允许 5% 的筛孔偏离规定值,筛孔孔径在 $0.6 \sim 0.125 \text{ mm}$ 之间为 7.5%,筛孔孔径 $< 0.125 \text{ mm}$ 则可高达 10%。所以,为了保证筛分相对误差在 10% 以内,常规粒径分析应该只对 $> 0.25 \text{ mm}$ 的土粒进行筛分。由表 1.1.1,对大多数土壤粒级划分方案,0.25 mm 为细砂粒上分界限,因此,筛分只是对细砂粒以上的土粒分级有效。但在实际操作中,细土粒的分离用土粒在水中的沉降速度区分不同土粒的粒径,由于 $> 0.1 \text{ mm}$ 的土壤颗粒在水中沉降速度太快,测定常常得不到好的结果,因此筛分范围可放宽到 0.1 mm,即对 $> 0.1 \text{ mm}$ 的土粒进行筛分。

1.1.2.3 细土粒的沉降分离