

中国科学院南京土壤研究所专刊

土壤专报

第 43 号

土壤微形态专辑

(纪念土壤微形态学建立 50 周年, 1938—1988)

科学出版社

中国科学院南京土壤研究所专刊

土 壤 专 报

第 43 号

土壤微形态专辑

(纪念土壤微形态学建立 50 周年, 1938—1988)

科 学 出 版 社

1 9 8 9

内 容 简 介

本书是为纪念土壤微形态学建立 50 周年而编写的土壤微形态专辑。书中系统地论述了土壤微形态学的历史、现状和发展动向,土壤微形态学的方法以及应用土壤微形态方法进行研究所取得的一些成果,同时还汇编了在一般词汇书中不易查到的英汉土壤微形态术语约 2000 条。本书可供土壤学、第四纪地质学、工程地质、水文地质、考古学等的有关科技人员参考。

中国科学院南京土壤研究所专刊

土 壤 专 报

第 43 号

土壤微形态专辑

(纪念土壤微形态学建立 50 周年, 1938—1988)

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

*

1989 年 1 月第 一 版 开本: 787×1092 1/16

1989 年 1 月第一次印刷 印张: 7 1/4 插页: 11

字数: 156,000

ISBN 7-03-000713-1/S·23

定 价: 8.90 元

序 言

1938 年库比纳 (W. L. Kubiena) 的《微土壤学》(Micropedology) 一书的出版,标志着土壤微形态学——土壤学领域中一门新兴的学科分支的诞生。1988 年是这门新兴学科诞生 50 周年,这是值得纪念的一件喜事,故特刊印本专刊以示庆贺,并以此配合国际上纪念土壤微形态学建立与发展的 50 周年活动。

半个世纪以来,通过以原状土壤制成切片,在显微镜下观察土壤的组成、垒结和微化学现象等一系列研究,使得土壤这一不均质系的自然体,能取得较符合土壤实际情况的丰富资料。随着科学的不断发展,研究手段的不断革新,土壤微形态的观察也开始采用高倍观察方法,即电子显微镜及超微分析手段,因而向超微方向发展。经过多次国际学术会议的交流与推动,使之在体系、内容上不断丰富,更加完善与发展。现在,不仅观察更加深入,而且已向超微土壤方向演变。仅举一例即可说明:过去只知土壤腐殖质可以包被粘粒,促使其垒结。新近的观察表明,有机胶体尚可进入晶格。从其进入与吐出的过程,可以引伸和发展一些重大理论问题,大大丰富和发展了土壤学和其他学科领域。这说明实验科学的成果足以推动科学的长足进展。

经五十年来的发展,土壤微形态学已成为土壤学研究中必不可少的较大领域。它并不像研究的对象那样 Micro,而是已渗入到其他不同研究领域,超出了仅仅是土壤学的一门学科分支的范围,被第四纪地质、工程地质、水文地质、沉积学和考古学等学科广泛应用。它已越来越多地受到土壤学和上述各学科的广泛重视。

我国土壤微形态学研究虽然较晚,但近年来已取得较大的进展。值此土壤微形态学建立 50 周年之际(1938—1988),为总结我国土壤微形态研究所取得的进展,展望未来,进一步推动我国土壤微形态学的开展,中国科学院南京土壤研究所曹升赓同志组织全所从事此项研究的有关同志,将他们近年来在土壤微形态与超微形态研究方面所取得的成果,进行一次系统的总结,撰写出有关文章,汇编成本专辑。一方面作为土壤微形态学建立与发展 50 周年的纪念活动;另一方面,以这附有 108 幅显微照片和近 18 幅插图的 9 篇文章,供土壤学界及其他有关科技工作者们参考。

本书共涉及下列几个方面的内容:首先,全面回顾了土壤微形态学的建立与发展,同时,还论述了今后发展的前景,读者可从中领略土壤微形态学发展的概貌。其次,论述有关土壤发生、分类和农业上应用方面的土壤微形态研究,这是与土壤微形态学联系密切的学科领域。第三,有关土壤超微形态研究,包括超微形态在土壤研究中的应用,诸如热带、亚热带土壤中长石的风化,氧化铁的显微特征与发生机理,盐渍土中某些盐类结晶的显微特征等,这是从我国分布广泛的湿润热带、亚热带土壤及多种类型的盐渍土中取得的较新成果。第四,研究方法的改进,包括土壤薄片的系统制备法和盐结晶的观察研究法等,这

是在观察研究过程中,从遇到的实际问题中摸索出的一些方法。

随着土壤微形态学的迅速发展,其术语也相应地不断有所增加。鉴于这些名词大多根据拉丁语和希腊语词根缀撰而成,我国读者常感生疏费解,在一般词汇书中又不易查得,因此,本书末附录了当前土壤微形态文献中常出现的有关词汇,供读者参阅使用。

本专辑对土壤微形态学的系统介绍,将有助于广大土壤工作者和使用土壤微形态手段从事本学科研究的科技工作者更进一步了解土壤微形态学在土壤研究和其他研究领域里的重要意义。如果本专辑能推动我国土壤微形态研究及其应用,使之日新月异,取得更大成就,则深感幸甚!

席承藩

1987 年仲夏

目 录

序言.....	席承藩 (iii)
土壤微形态学的历史、进展和将来——纪念土壤微形态学建立 50 周年(1938—1988)	曹升赓 (1)
我国铁铝土发生层的划分及其微形态诊断指标.....	曹升赓 (15)
不同耕作施肥措施下土壤微形态特征的变化.....	费振文 (31)
土壤超微形态在土壤研究中的应用.....	顾新运 (37)
土壤氧化铁的电子显微学研究.....	顾新运 (57)
海南岛花岗岩成土过程中长石风化的超显微研究.....	李淑秋 (67)
盐渍土中硫酸盐、氯化物盐类结晶的显微研究.....	张粹雯 (77)
土壤和非固结物质薄片的系统制备方法.....	曹升赓 金光 (83)
英汉土壤微形态术语汇编.....	曹升赓 (91)
后记.....	(107)

TURANG ZHUANBAO (SOIL BULLETIN, CHINA)

No. 43

Special Issue on Soil Micromorphology

(Jubilee of the 50th anniversary of the founding of soil
micromorphology, 1938—1988)

CONTENTS

Preface.....	Xi Chengfan(iii)
History, progress and future of soil micromorphology	Cao Shenggeng (1)
Horizon designations of the ferrallisols of China and their micromorphological diagnostic criteria.....	Cao Shenggeng (15)
Micromorphological changes of soils under different cultivation practices	
.....	Fei Zhenwen (31)
Application of soil submicromorphology in soil studies.....	Gu Xinyun (37)
Electron-microscopic investigation of iron oxides in soils.....	Gu Xinyun (57)
Submicroscopic study of the weathering of feldspars in grainites in the soil- forming processes in Hainan Island.....	Li Shuqiu (67)
A microscopic study of salt crystals of sulphates and chlorides in saline soils...	
.....	Zhang Cuiwen (77)
Systematic preparation of thin sections of soils and unconsolidated materials ...	
.....	Cao Shenggeng and Jin Guang(83)
An English-Chinese glossary on soil micromorphology.....	Cao Shenggeng (91)
Postscript.....	(107)

土壤微形态学的历史、进展和将来

——纪念土壤微形态学建立 50 周年 (1938—1988)

曹 升 赓

一、土壤微形态学的历史

20 世纪初,一些土壤学者开始尝试把岩相学方法应用于土壤学研究。在此以前,土壤工作者不可能像地质工作者那样去研究未扰动的土壤物质。1904 年法国 Delage 和 Lagatu 首先企图制作土壤薄片,但由于没有良好的胶结剂,而只能制备土壤碎屑薄片来研究土壤的组分 (Kubiena, 1938; Мочалова, 1956)。1906 年俄国 Глинка 把显微镜观察与化学分析相结合,研究土壤中原生矿物的风化和形成次生粘粒矿物的过程 (Добровольский, 1983)。后来,Полынов (1914) 用薄片法研究灰化土淀积层的矿物组成 (Мочалова, 1956)。与此同时,Пигулевский (1914) 也报道了用石蜡和萘制备土壤光片研究土壤结构 (Day, 1948)。但是所有这些只能看作是土壤微形态的萌芽。

真正系统进行土壤微形态研究的是奥地利土壤学家 W. L. Kubiena。从他 1931 年发表第一篇题为《微土壤研究》的论文开始,在较长时间内 (1931—1937) 发表了多篇利用显微镜对原状土研究土壤生物、土壤矿物组成和用微化学方法研究土壤新生体,特别是引入岩相学方法研究土壤垒结的论文。经过系统总结,于 1938 年出版了专著《微土壤学》。这是第一本涉及用显微镜和微化学方法研究土壤的巨著。该书阐述了研究土壤矿物组成、有机物质和微生物的方法和原则,指出微形态与微化学方法相结合的重要性,提出了土壤垒结分析的原则和目的,以及关于土壤垒结的划分、成因和命名。该书的问世引起了许多土壤工作者的注意,认为是在土壤学发展中首创了一种全新而极为重要的概念 (Pijls, 1964),标志着一门土壤学新分支的建立 (河井完示, 1969; Парфенова и Яридова, 1977; 黄瑞采, 1979; 曹升赓, 1980a; Ромашкевич и Герасимова, 1982a; Bullock, 1983)。也有少数土壤学者认为这仅是奠定了土壤微形态学在土壤科学中作为一种独立的方法和方向的基础,而真正成为现代土壤学的分支是在 1969 年国际土壤学会成立国际土壤微形态工作小组以后 (Добровольский, 1983)。另外,对土壤微形态在现代土壤学中的地位也存在两种不同的观点。大多数认为它是土壤学中的一个独立领域,而有些则把它看作是进一步扩大野外土壤描述的一种方法 (Ромашкевич и Герасимова, 1982a); Wilding 等 (1985) 说在美国只是将它看作是一种研究土壤形态和土壤发生的工具,而不是一门分

支学科。

尽管如此, Kubiena 被一致公认为土壤微形态学的创始人和奠基人,他不仅在建立,而且在发展土壤微形态学中起着卓越的作用。在其后来的著作《土壤的演化》(1948)、《欧洲之土壤》(1955)、《微形态学和显微生物学在现代土壤学中的作用和使命》(1964)和《土壤地理的微形态特征》(1970)中充分阐述了土壤微形态在研究土壤发生、土壤分类、古土壤和土壤地理分布中的应用。在其生命的最后几年中,还为发展定量微形态研究方法作了许多工作¹⁾。

《微土壤学》一书出版后,推动了更多的土壤工作者从事土壤微形态研究,特别是从本世纪 50 年代起,土壤微形态工作有了较大发展,但仍限于少数欧洲国家。澳大利亚土壤微形态学家 R. Brewer 的工作,尤其是其著名的专著《土壤的垒结分析和矿物分析》(1964)为加速土壤微形态学的发展作出了很大贡献。他的关于土壤物质组配水平的概念和土壤微形态特征的分类、概念、定义、术语和描述系统具有重要意义,为国际上许多土壤微形态工作者接受和应用。

为了推进土壤微形态工作,共同讨论发展土壤微形态学的可能性和途径,1958 年在西德不伦瑞克举行第 1 届国际土壤微形态会议 (Altemüller 等, 1962),参加会议的有来自 11 个国家的 80 名代表,但提交论文者仅有联邦德国、苏联、荷兰、比利时、美国 and 丹麦等六国的土壤微形态工作者(其中联邦德国占 60%,苏联占 10%)。1964 年于荷兰阿纳姆召开第 2 届会议 (Jongerins, 1964),有 13 个国家提交 46 篇论文,更多的欧洲国家开展了这方面的工作,但仍以西德为主,次为荷兰。第 3 届会议于 1969 年在波兰弗劳兹拉夫召开 (Rutherford, 1974)。鉴于土壤微形态学作为现代土壤学的一门分支学科已趋于成熟,故在会议期间国际土壤学会决定成立国际土壤微形态工作小组,其最初目的有二,一是鉴于新的微形态术语在迅速扩大,常引起混淆,有必要编一本名词汇编,二是准备建立一个通用的微形态描述分类系统。此后,土壤微形态工作迅速发展,而且在结合扫描电镜、电子探针等超显微方法研究土壤微形态特征方面也日益增多。以后每隔四年召开一次国际性会议,第 4、5 届分别于 1973 年在加拿大金斯顿和 1977 年在西班牙格拉纳达举行。从 1974 年第 10 届莫斯科国际土壤学会大会开始都设立了土壤微形态专题讨论。考虑到土壤微形态学这门分支学科已经成熟,在 1978 年第 11 届加拿大国际土壤学会大会上,决定将前国际土壤微形态工作小组改为国际土壤学会土壤微形态委员会²⁾。1981 年便正式以国际土壤学会名义在英国伦敦召开了新的国际土壤微形态会议(相当于第 6 届) (Bullock 等, 1983)。第 7 届会议 1985 年在法国巴黎举行³⁾。1988 年 7 月在美国得克萨斯州圣安东尼奥提前召开第 8 届国际土壤微形态会议⁴⁾。

随着超显微技术的发展以及土壤微形态研究的深入,自 60 年代末、70 年代初以来,电镜和电子探针技术已成为土壤微形态工作的重要组成部分。80 年代以后则进一步发展至应用电子探针分析 (EMA) 和能量色散 X 射线分析仪 (EDXRA) 综合法、俄歇电子光谱法 (AES)、离子显微术 (SIM)、离子微探针分析 (IMMA) 和激光微探针光谱

1) 集中反映在他主编的《土壤微形态计量分析》(Die Mikromorphometrische Bodenanalyse, Enke, Stuttgart, 1967) 一书中。

2) First Newsletter, Sub-commission of Soil micromorphology, ISSS, 1980.

3) Newsletter, Subcommission B: Soil micromorphology, ISSS, 1985, No.3.

4) Newsletter, Subcommission B: Soil micromorphology, ISSS, 1986, No.4.

分析 (LAMMA) 等超显微技术在土壤薄片和土壤磨块 (Polished block) 中进行微化学分析、测定颗粒和其它形态单位的矿物组成 (Bisdom, 1983)。

法国 Bresson (1974) 首先把用电镜等超显微技术研究土壤的学问叫做土壤超微形态学 (Soil ultramicro morphology), 以区别于一般所指的用光学显微镜 (偏光显微镜) 研究土壤的土壤微形态学。1980 年在荷兰成立了国际原状土壤物质超显微术工作小组 (IW-GSUSM), 并且召开了第 1 次国际会议 (Bisdom and Ducloux, 1983a)。1981 和 1982 年相继在法国召开第 2 和第 3 次会议 (Bisdom and Ducloux, 1983a; Newsletter of soil micromorphology¹⁾, 1983)。第 4 次会议于 1984 年在英国举行²⁾。1983 年国际土壤学会土壤微形态委员会经与该工作小组商洽, 已决定将 IWGSUSM 作为它的分委员会³⁾。标志着土壤超微形态学成为土壤微形态学的一个分支。

上面提及, 在 1969 年第 3 届国际土壤微形态会议期间成立的国际土壤微形态工作小组为了推进土壤微形态术语规范化的工作, 于 1971 年在莫斯科讨论土壤微形态词汇的编写问题 (Ромашкевич и Герасимова, 1982a); 由 Babel 等 14 人参加编辑, 并于 1979 年出版了由 Jongerius 和 Rutherford 主编的《土壤微形态名词汇编》, 共计 661 条, 均附有其原作者的定义, 并附有 5 国文字索引。苏联全苏土壤学会土壤微形态委员会在 1971 年莫斯科国际土壤微形态术语编辑讨论会议之后, 也着手组织人员开展此项工作, 于 1975 年出版了《土壤微形态学基本概念的术语》一书 (Ромашкевич и Герасимова, 1982a)。同年, 在我国对土壤微形态术语的中译也作了初步介绍³⁾。考虑到国内土壤微形态工作的需要, 笔者在参与主编《英汉土壤学词汇 (新版本)》的基础上, 将原提供的“土壤微形态词汇部分”予以修订, 并增选了 20% 的新词汇, 共约 1200 条汇编成一篇, 发表于本特辑中。

国际土壤微形态委员会成立后, 1979 年设薄片描述系统咨询小组 (Bullock 等, 1983 a), 经过多年努力, Bullock 等 5 位土壤微形态学者在与许多土壤微形态工作者讨论的基础上, 编写了《土壤薄片描述手册》(1985) 一书, 该书采用了简明易懂的术语, 适合于不同熟练程度的土壤微形态工作者使用。为了使描述标准化, Murhy 等 7 位不同国家的有经验的土壤微形态工作者 (1985) 用该手册的描述系统对 7 张土壤薄片进行了示范性描述, 找出描述中存在差异的原因和提出改进建议。同时, 为了使土壤微形态术语定型化, 便于国际交流, 由 G. Stoops 主编 (1986), 组织国际力量, 将该手册中的术语译成了荷、法、德、葡、西、俄等多国文字。

另外, 国际土壤微形态工作小组于 1973 年设立风化现象和新生体小组, 随着土壤微形态工作小组改为土壤微形态委员会, 该小组也易名为风化现象和新生体咨询小组 (Bisdom 等, 1983 b)。其宗旨是 (1) 研究风化矿物和风化岩石的描述。已发表了 Stoops 等集体编写的《土壤微形态中矿物蚀变描述指南》(1979)。待发表的《风化岩屑的描述指南》。(2) 研究矿物的蚀变和次生产物。已发表了 Delvigne 等集体编写的《橄榄石, 其假晶和次生产物》(1979) 和 Bisdom 等集体编写的《风化黑云母及其次生产物的微形态特征》(1982)。

迄今, 土壤微形态工作已在许多国家积极开展。澳大利亚堪培拉实验室过去在 Bre-

1) Newsletter, Subcommission B: Soil micromorphology, ISSS, 1983, No.1.

2) Newsletter, Subcommission B: Soil micromorphology, ISSS, 1985, No.3.

3) 曹升展, 1975. 土壤微形态名词的中译及其含义简介。中国科学院南京土壤研究所。

wer 领导下,荷兰土壤调查所微土壤研究室过去在 Jongerius 领导下,联邦德国以 Altemüller 为首的土壤微形态工作者等均对土壤微形态的发展作出其历史贡献。在苏联,土壤微形态工作也很普及。И. И. Феофанова 的著作《龟裂土的微形态特征》为苏联的土壤微形态研究奠定了基础 (Ромашкевич 等, 1982a)。目前在莫斯科大学和其它高等农业院校均设置有土壤微形态课程 (Добровольский, 1983)。在全苏土壤学会下也设立了土壤微形态委员会¹⁾,开展土壤微形态方面的学术活动。已出版的专著和论文集有:《土壤学中的矿物学研究》(Парфенова и Ярилова, 1962)、《土壤发生研究的微形态方法》(苏联科学院地理研究所编, 1966)²⁾、《土壤的矿物和微形态研究方法》(苏联土壤研究所编, 1971)³⁾、《土壤和疏松沉积物的微形态特征》(苏联科学院地理研究所编, 1973)、《土壤微形态研究指南》(Парфенова и Ярилова, 1977)、《微形态与成土作用诊断》(Ромашкевич и Герасимова, 1982 b)、《土壤微形态研究方法指南》(Добровольский 主编, 1983)、《土壤与成土过程的微形态诊断》(Таргульян 主编, 1983) 等。此外,并有大量论文发表于各种土壤期刊中。在美国,早在 1937 年,在 Kubiena 的工作影响下,就开展了土壤微形态方面的研究 (Wilding and Flach, 1985)。至 60 年代后,结合美国第七次土壤分类草案 (Soil Survey Staff, 1960) 中提出的诊断层作了许多有关微形态研究。至《美国土壤系统分类》(Soil Survey Staff, 1975) 一书出版,即 1960—1975 年期间进行了如下的微形态研究: (1) 粗质底土层上面淀积粘化层的发生; (2) 砂质土壤中的带状淀积粘化层; (3) 淀积粘化层中迁移粘粒的定量; (4) 高膨胀收缩势土壤的淀积粘化层; (5) 干旱土淀积粘化层的发生; (6) 灰化淀积层中开裂有机胶膜和球粒的鉴定; (7) 钙积层和石化钙积层的形成阶段; (8) 脆磐的发生和性质; (9) 硅胶结的阶段和硬磐的发生; (10) 胶膜表面的成分分析和胶膜对根土界面的压实作用; (11) 基岩风化为腐岩和雏形层的土壤发生; (12) 铁磐 (薄铁磐层) 中的 Fe, Al, Si 氧化物和有机络合物等。这些研究为确定这些诊断层的指标作出了贡献。1982 年美国土壤学会召开了土壤微形态与土壤分类讨论会,来自 6 个国家的 15 位代表出席了会议⁴⁾。会后出版了《土壤微形态与土壤分类》(1985) 一书。其中除一篇综述外,其余均以美国土壤系统分类中的各土纲 (除新成土外) 为主题。同年,还召开了土壤微形态学的新应用讨论会,主要讨论重金属污染土壤、X 射线显微照相术、土壤孔隙的微形态计量和古土壤的土壤形成物等问题⁵⁾。

我国的土壤微形态工作起步较晚,60 年代有零星工作 [陈清硕, 1962; 樊润威等, 1963; Hwang (黄瑞采) 等, 1964; 熊毅等, 1965]。70 年代中期以来,一些科研单位开始正式开展土壤微形态研究,并且为推动此项工作在我国的普及作出了一些努力 (曹升赓, 1975⁶⁾, 1980a, 1980b, 1987⁶⁾; 黄瑞采, 1979; 李连捷, 1979⁷⁾)。目前正处于发展阶段。

1) 从 Ромашкевич 等 (1982a) 一文推测,至少于 1971 年前成立。

2) Ин-т геогр. АН СССР, 1966. Микроморфологический Метод в Исследовании Генезиса Почв. Изд-во НАУКА, 172 стр. (见于: Реферативный журнал, 57. Почвоведение и агрохимия, 1967, No. 8, стр. 9.)

3) Почвен. ин-т, 1971. Методы Минералогического и Микроморфологического Изучения Почв. Изд-во НАУКА, 175 стр. (见于: Реферативный журнал, 57. Почвоведение и агрохимия, 1971, No. 7, стр. 7.)

4) Newsletter, Subcommission B: Soil micromorphology, ISSS, No. 2, 1984.

5) 曹升赓, 1975. 土壤微形态名词的中译及其含义简介。

6) Парфенова и Ярилова (1977) 著, 曹升赓译: 《土壤微形态研究指南》。

7) Kubiena (1970) 著, 李连捷译: 《土壤地理的微形态特征》。

二、土壤微形态学的进展

土壤微形态学不仅是土壤学的一门分支学科,而且,作为一种方法,也是研究土壤和其它陆地表面物质的有用手段。其发展与土壤微形态学体系(如概念、术语、垒结分析、描述系统、技术方法等)的逐渐完善、提高及其在土壤学和其它领域中的应用研究密切有关,而且两者又相辅相成,互为促进。

土壤微形态学是借助各种放大仪器,主要是光学显微镜(以偏光显微镜为主)和电子显微镜(以扫描电镜和电子探针为主),研究原状土壤物质的微形态特征。随着观察级别的提高,研究对象的视野越来越小,而分辨水平则越来越高。虽然目前在土壤微形态研究上已不单是利用偏光显微镜观察土壤薄片,但它仍是土壤微形态的主要研究方法,一般所说的土壤微形态学也是指在偏光显微镜下研究土壤薄片的学问。

土壤微形态研究的主要目的就是确定不同土壤组成分之间的空间关系,从而推断它们的功能、发生和年代学关系。历届国际土壤微形态会议的材料和大量文献表明,土壤微形态学在土壤学的许多分支学科和其它一些学科中的应用日益增多,但仍主要集中于土壤发生和分类的研究。Stoops (1986)指出,微形态分析是唯一适于提供土壤发生信息的方法,它可以用于说明土壤物质中哪些是继承的,哪些是新生的;哪些土壤过程是目前最活跃的,哪些是早期进行的(土壤过程的先后顺序)。其次是与土壤发生有关的问题,如诊断层鉴定、土壤类型鉴定等。它在其它领域中的应用,也表明了土壤微形态能发挥其应有的贡献。因此已普遍受到土壤工作者的重视,其应用范围也越益广泛和深入。

50年来,许多土壤微形态工作者在土壤微形态概念和术语的定型化,垒结分析和描述系统的标准化,微形态单位的定量化等方面作了大量工作。近十多年来,方法的改进,特别是新技术的应用发展迅速。这些方面,在第一部分已经涉及,下面仅就其应用和方法上的主要进展作一简略的回顾。

(一) 土壤发生的分类的研究

Kubiena 的《微土壤学》(1938)的主要内容是用显微镜和微化学方法研究土壤的形态特征,用以解释其形成原因和过程。该方法在其《土壤的演化》(1948)一书中进一步发展,而在《欧洲之土壤》(1953)中又进而用微形态指标鉴别土壤类型和腐殖质组型,即首先在土壤分类中系统应用了土壤微形态方法和指标。他在1958年明确指出土壤微形态分析有助于土壤分类的解决(Ярилова, 1963)。

关于成土过程的研究,除了一般的干湿交替作用(Greene-Kelly 等, 1970; McCormack 等, 1974; Jim, 1986)、冻融交替作用(Fedorova 等, 1972; Конищев 等, 1973, 1977; Van Vliet 等, 1983; Fox 等, 1983)、土壤扰动作用(Jongierius, 1970)、均质化作用(Flach 等, 1968; 曹升赓, 1986a, 1988a)等以外,以粘粒淋移淀积作用的研究较为集中,McKeage (1983a)曾就此问题作过专门综述。近年来,结合淀积粘化层的研究,这仍是一个热门课题。Gile 等(1965, 1966)和 Sehgal 等(1972)基于微形态研究提出关于钙积作用的论述,已为许多土壤工作者引用(Nettleton and Peterson, 1983; 雷

文进¹⁾, 1987)。灰化作用和灰化淀积层的微形态研究以 De Coninck 等的工作(1974, 1980, 1983) 较为系统,分出了疏松型、胶结型、多凝团型和薄铁磐型等 4 种灰化淀积层。薄片研究可以揭示人为活动对耕作土壤形成的影响。de Olmedo Pujol (1983) 通过对耕种和非耕种的地中海棕色土的比较微形态研究发现,梯田土壤中细粒物质迁移作用较为强烈,粘粒-土壤物质复合胶膜可深及 2 米深土层中。笔者在对耕种红壤的微形态研究中(1986a, 1988a) 发现,耕作淀积作用的强度与土壤的“熟化”程度有关。上述研究均为耕作淀积层的诊断提供了依据。Ромашкевич 等(1982b)提出成土作用微域性的概念,把土壤中由存在不同垒结状况所反映的不均质性称为微域性,它反映成土过程的叠加或局部影响;按其起源可以分为继承性的、初始成土作用性的和正常的;指出土壤微域性研究有助于阐明土壤发生和土壤生态。

关于诊断层,上面已经提及,美国的土壤微形态工作者曾作了许多工作,近年来主要集中于淀积粘化层、氧化层、灰化淀积层、雏形层、变性特征的研究。

《美国土壤系统分类》(1975) 出版后,许多土壤微形态工作者结合该分类的十大土纲进行了以土纲类型为单位的微形态研究。70 年代末 Buol 等(1978, 引自 Eswaran, 1979, 和 Eswaran (1979) 首先发表了《氧化土的微形态特征》。如上所述,1985 年在美国举行的土壤微形态与土壤分类讨论会上,不同国家的土壤微形态工作者系统地提交了除新成土纲外的有关论文,包括:(1) 淋溶土的微形态特征(英国 Bullock 等),着重讨论淋溶土中淀积粘化层的特征和鉴定、迁移粘粒的定量测定等;(2) 雏形层的显微鉴定(法国 Au rousseau 等),基于对作为始成土纲诊断层——雏形层中风化特征、结构、孔隙、基质、土壤形成物的研究,提出把雏形层细分为酸性雏形层、火山灰性雏形层、石灰性雏形层的建议;(3) 一些松软表层的微形态特征(加拿大 Pawluk 和荷兰 Bal),研究软土纲诊断表层中垒结型式与环境、气候因素的关系及其形成过程;(4) 有机土的微形态鉴定(加拿大 Fox),提出了纤维性有机土壤物质、半分解有机土壤物质、高分解有机土壤物质、淀积腐殖物质和湖积物质的鉴定指标——微垒结和供描述有机土用的土壤垒结符号;(5) 氧化土的微形态特征(比利时 Stoops 和美国 Buol),讨论了氧化层的微形态特征、氧化层上下的非氧化层的微形态特征、物质迁移和多轮迴土壤的微形态证据、氧化性土壤物质的鉴定等问题;(6) 灰土的微形态特征(加拿大 de Coninck 等),报道了灰土各土层(O 层、A 层、E 层、灰化淀积层、薄铁磐层等)的微垒结类型、微垒结类型与灰土发生的关系以及微形态研究在灰土分类中的应用;(7) 老成土的微形态特征(法国 Fedoroff 和美国 Eswaran),提出了排水良好的、排水不良的、富腐殖质的、多元发生的等老成土的微形态诊断参数,研究了老成土中聚铁网纹体、石化聚铁网纹体、石化铁质接触面和石化多孔聚铁网纹层的微形态特征,讨论了老成土淀积粘化层的野外鉴定、粘粒来源和老成土的多元发生问题,最后得出结论,认为美国土壤系统分类中关于老成土的概念是正确的;(8) 变性土的微形态特征(美国 Nettleton 和澳大利亚 Sleeman),主要讨论变性土中土壤开裂、土壤干湿交替扰动对微形态特征的影响,指出在许多变性土中存在的淀积粘粒胶膜是一种残遗形貌;(9) 干旱土的微形态特征(美国 Allen),系统阐述了干旱土中淀积粘化层、钠质层、雏形层、钙积层、石化钙积层、石膏层、石化石膏层、盐积层和硬磐的微形态特征。

1) 雷文进, 1987。钙积作用。土壤发生中的化学过程,第十一章(待印稿)。

其它一些国家,特别是苏联,也就本国的土壤类型作了大量研究。在我国,有关于红壤(曹升赓,1986a)、棕壤和褐土(费振文,1983)等方面的报道。

另外,有少量实验土壤学的微形态研究,如粘粒通过土柱淋移并形成淀积粘粒胶膜的试验(Brewer, 1956; Brewer 等, 1957), 干湿交替变化对细粒物质垒结形成的影响(Greene-Kelly 等, 1970; McCormack 等, 1974; Jim, 1986) 冻融交替作用的模拟试验(Конищев 等, 1973, 1977) 等。这些实验土壤学方法都很好地说明了土壤中某些成土作用的发生机理,但迄今这方面的工作做得不多。

Meunier (1983) 在题为《岩石风化微形态研究进展》一文中指出,如今微形态观察已成为研究岩石风化的基础,通过观察各种原生矿物在风化过程中的稳定状况、被风化矿物的再结晶作用、风化岩石内微裂隙的形貌及其分布、风化溶液过去在岩石内的流动途径等来解释晶体矿物在风化条件下的不均质行为。关于风化形貌的研究,除如前所述的由土壤微形态委员会风化现象和新生体咨询小组进行专题研究外,大多数工作主要借助扫描电镜和电子探针等超显微技术。

(二) 在农业中的应用

Jongerius (1983) 指出,土壤微形态在农业中的应用已与日俱增,主要有下列一些方面:(1) 土地利用状况的变化(如林地或草地的开垦)对土壤结构和腐殖质组型的影响;(2) 农具和机械的运行对耕作层土壤结构的影响;(3) 免耕效果;(4) 松土和深耕的效果;(5) 作物轮作对土壤垒结状况的影响;(6) 表土泥糊化的机理;(7) 施肥和盖草对土壤垒结的影响;(8) 犁底层土壤压实的原因和效果;(9) 粘质土壤中水流型式的微形态计量分析;(10) 灌溉、排水对土壤垒结的影响;(11) 微结构与根系发育的相互关系;(12) 土壤改良对结构的影响;(13) 土壤侵蚀对土壤结构的影响。

此外,研究废渣的农业利用方面,过去偏重于对土壤肥力和污染的影响,Pagliai 等(1983) 通过微形态研究指出,施用含有机物质的废渣后,土壤有机质含量,特别是孔隙度和每平方厘米孔隙数量明显增加,表层结皮状况减轻。Ledin (1981)¹⁾ 指出,粘质土壤施用石灰后,结构的稳定效应是由于在土壤结构体表面和长形孔隙中形成了碳酸钙胶膜,或是在结构体间形成了碳酸钙桥;另外,碳酸钙进入孔隙附近的基质内更增强了结构的稳定性。

曹升赓(1982, 1988a) 关于水稻土、旱作土壤肥力诊断的微形态研究表明,基质类型、基质的颜色型式、骨骼颗粒大小和排列、结构、孔隙、光性定向粘粒、土壤形成物、垒结类型等在鉴定土壤肥力水平上具有重要意义。

(三) 第四纪地质和古土壤的研究

自从第1届国际土壤微形态会议以来,土壤微形态在第四纪地质和古土壤研究中的应用日益增多。Butter (1959) 把第四纪分为以土壤形成占主导的稳定时期和以侵蚀、沉

1) Ledin, S., 1981. Calcite formation in a clay soil after addition of Cao and its stabilising effect. Programme and Abstracts of Intern. Working-Meeting on Soil Micromorphology, London, P. 71.

积占主导的不稳定时期 (Mücher 等, 1983)。稳定时期形成的古土壤不仅可用来划分沉积物, 而且也可用来重建古地理和古气候条件。用微形态方法可以揭示古成土过程的残遗特征、推断其古成土环境, 复原古土壤的发生特征, 并从土壤的多元发生微形态特征了解古成土环境到现代成土条件的变化和土壤发育历史。Jongerijs 等 (1972) 指出, 用微形态方法研究古土壤的前提是 (1) 详细了解导致现代土壤特征的过程和环境条件; (2) 知道气候变化对土壤发育的影响; (3) 区别沉积作用与风化-成土作用; (4) 掌握辨识土壤残遗体和分析其形成的方法; (5) 应与其它研究领域, 如沉积学、矿物学、岩相学等相结合 (Mücher 等, 1983)。古土壤的微形态特征可根据粘粒胶膜、复合粘粒胶膜、铁质浓聚物、埋藏性残遗体、植物石、硅藻、海绵骨针等来鉴定 (曹升赓, 1980a, 1981)。Mücher 等 (1983) 指出, 一些用微形态方法鉴定出的在现代土壤剖面中不应出现的土层, 可用来推测古土壤的发生条件, 例如聚铁网纹体、氧化层、硬结核和薄铁磐层的存在示淋溶环境, 钙质硬结体、钙积层、石膏层、石化钙积层的存在示沉(淀)积环境。另外, 骨骼颗粒的大小、分布不仅可推测沉积条件, 也可说明风化特点; 黄土中岩砾(岩石残遗体)的存在说明风积后受过扰动; 硅藻、海绵骨针、花粉、植物石等生物残遗体可用来推测古水文和古植物条件; 细粒物质的组成、类型、垒结等可说明土壤的发育阶段; 各种胶膜则是不同成土作用的指标。Молозова (1975) 把黄土中的土壤微形态特征的稳定性分为 3 类: (1) 稳定的(基本垒结、骨骼颗粒、结构体、孔隙、各种光性定向粘粒、各种淀积胶膜等); (2) 稍稳定的(腐殖质); (3) 不稳定的(水溶性盐类的次生淀积物); 据此对黄土中的古土壤的形成阶段和类型进行区分 (Mücher 等, 1983)。

我国西北黄土高原的黄土塬区, 黄土地层剖面中含有 20 余层古土壤, 微形态研究 (朱海之, 1965; 安芷生等, 1980; 唐克丽, 1979¹⁾) 初步揭示了这些古土壤的类型, 从而对恢复黄土古土壤层的古气候、古地理条件和探讨其形成时期提供了微形态依据。类似的报道还见于郑泽厚 (1984, 1986²⁾) 关于下蜀黄土层和第四纪红土层中古土壤的微形态研究。

(四) 土壤有机质的研究

关于土壤有机质的微形态研究由于较少受到注意, 向来较为薄弱。但是从 60 年代末至 70 年代, 在有机单位分类和描述系统方面有了较大的进展 (Barratt, 1969; Bal, 1973; Bable, 1974 等)。80 年代以来, 则集中于腐殖质组型的研究 (曹升赓, 1986b)。

(五) 在土木工程、工程地质上的应用

1956 年以来有一些关于把土壤微形态方法应用于土木工程和工程地质的报道。例如 Michell (1956), Lafeber (1963) 和 Chandler (1973) 关于自然工程土壤的垒结状况、结构状况与工程性质的关系的研究; Morgenstern 等 (1967) 和 Foster 等 (1971) 关于实验室制备粘土样品的粘粒定向型式和剪切性结构的薄片研究; Smart (1966)、Pusch (1966) 和 McConnachie (1974) 等利用透射电镜和 Sides 等 (1971), Tovey 等 (1980) 利用扫描电镜研究实验室制备粘土样品的颗粒排列、微垒结、微结构等特征与工

1) 唐克丽, 1979。武功黄土层中第一层古土壤的微形态及其成因的探讨。中国土壤学会, 1979 年学术年会论文摘要, 第二集, 57—58 页。

2) 郑泽厚, 1986。鄂北豫西南第四纪地层中的古土壤问题 (油印稿)。

程性质的关系; Gillot (1969), Barden (1972), Collins 等 (1974) 和 Sergeyey 等 (1980) 则借助扫描电镜研究自然工程土壤和沉积物的垒结、结构等状况(据 Collins 等, 1983)。

Collins 等 (1983) 在土木工程研究中提出了全垒结研究 (total fabric study) 的概念, 用以系统研究工程土壤的大、中、微垒结与土壤工程性质稳定性的关系。

(六) 在考古工作中的应用

土壤微形态在考古工作中的应用虽然较少, 但已引起一些考古工作者的注意。Goldberg (1983) 指出, 在考古工作中用微形态方法研究考古地点沉积物在沉积前后的过程, 以及在生物和人为活动影响下的变化, 结合考古地点泥砖和出土陶器的薄片分析, 有助于在综合其它研究手段的情况下, 更好地推测其历史年代。

(七) 微形态研究方法

1. 超显微术的应用

(1) 扫描电子显微镜和电子探针 自 60 年代末以来, 扫描电镜和电子探针的应用已日益增加, 但对充分认识土壤超显微特征来说, 尚有很大潜力。其在土壤研究中的应用主要有两方面。

a. 微结构和垒结分析。扫描电镜是研究土壤微结构和垒结的理想仪器, 因此这方面的工作较多。

b. 土壤发生。70 年代以来关于借助扫描电镜研究胶膜、硬结物、生物形成物、生物残遗体、硅酸盐、盐类结晶、氧化物等土壤发生形貌的文献已有大量报道。但关于土壤发生的研究则较少。因此有必要促使掌握土壤发生学知识的土壤微形态工作者和擅长超显微技术的土壤工作者共同作出努力, 才能充分发挥扫描电镜在研究土壤发生中的作用。

(2) 土壤薄片的微化学研究 这是 70 年代末兴起的一门新技术。Bisdom (1983) 报道了应用能量色散 X 射线分析仪、电子探针分析仪、离子显微镜、离子微分析仪、激光探针质谱仪在土壤薄片上进行微化学分析的概况和前景; 用背散射电子扫描图象法可定量测定直径小于 0.1 微米的孔隙。Bresson (1981)¹⁾ 报道了用减薄技术制备超薄片供在透射电镜的高倍情况下研究土壤组分的形态特征、垒结状况和矿物的风化。

2. 微形态计量

微形态计量技术的改进使在土壤薄片测定孔隙、结构体、矿物颗粒、各种土壤形成物由过去的方格网测积法、计点法、测长法、投影仪法、测光法、绘图或照相称重法等改为自动定量测定。自从 Jongerius (1972, 1974) 首先利用图象分析仪测定土壤薄片中的孔隙和矿物数量以来, 已见有不少关于这方面的报道。后来 Murphy 等 (1977a, 1977b) 和 Delgado 等 (1983) 就图象分析仪在微形态计量方面的扩大应用作了专门论述。

1) Bresson, L. M., 1981. On micro-milling applied to the ultra-microscopic study of soils. Programme and Abstracts of Intern. Working-Meeting on Soil Micromorphology, London, p. 27.

3. 显微摄影

对大薄片直接黑白印相已被普遍应用的情况下, Guilloire (1983) 介绍了用 Ciba-chorme system 银染料漂洗法感光材料快速制作薄片彩色印相照片的方法。

三、土壤微形态学的将来

历届国际土壤微形态会议的材料和大量文献表明, 土壤微形态学的前景与土壤学中某些基本问题的解决有关。

(一) 土壤发生和分类的研究

土壤微形态学主要研究对象, 不论在过去、现在还是将来都是土壤发生问题, 包括自然和人为过程的揭示、解释和诊断、土壤类型的综合微形态特征及其鉴定。需要进一步加强土壤微形态工作者与其他分支的土壤工作者的联系和渗透, 以达到深入研究土壤发生和分类的目的。系统研究主要土壤类型的微形态特征仍将为今后各国土壤微形态研究的重要课题之一。实验土壤学方法是研究土壤发生的有力手段, 因此也应为土壤微形态工作者多加采用, 以便更好地阐明某些成土过程的微形态机理。

(二) 农业应用的研究

由于大多数土壤微形态工作者把注意力集中于土壤发生、分类和其它问题(如第四纪地质与古土壤等), 因此关于农业上应用的研究相对较少。但从当前逐渐增加的这方面的研究情况来看, 土壤微形态还有很大的潜力。Jongerius (1983) 把研究土壤侵蚀对结构的影响作为农业应用研究的一方面, 实际上土壤侵蚀的内在原因、侵蚀对土壤性质的影响和不同水土保持措施的效果是一个重要的土壤学问题。过去这方面的土壤微形态研究很少, 今后应注意开展。在本文第二部分所提及的一些农业应用问题, 都有很多土壤微形态工作可做。

(三) 术语和描述系统

术语是土壤微形态工作者之间, 土壤微形态工作者与其他土壤工作者进行学术和工作交流的重要工具。土壤微形态术语的最大问题是或不能望字生义, 或不够简明, 或异名繁多, 常使其他土壤工作者, 甚至缺少经验的土壤微形态工作者感到困惑。而中文译名更有一层译名混乱或不够确切的问题。国际土壤学会和各国土壤微形态工作虽然已经做了不少工作, 但今后仍应放在重要的议事日程上。描述系统的统一或基本统一也是有待进一步解决的问题, 而且为了便于参比, 微形态描述系统应有利于资料的贮入数据库。

(四) 方法的改进和新技术的应用

1. 薄片制备

薄片制备过程中难免会引起土壤样块产生不同程度的裂隙或裂纹。对如何防止样品开裂, 过去曾作过不少努力, 但仍未能完善解决。特别是渍水土壤(如水稻土耕层)的采样