

土壤微形态研究指南

[苏] E. M. 帕尔芬诺娃 著
E. A. 亚里洛娃

曹 升 康 译

农业出版社

土壤微形态研究指南

〔苏〕 E. И. 帕尔芬诺娃 著
E. A. 亚里洛娃

曹升康 译

农业出版社

土壤微形态研究指南

〔苏〕 E. M. 帕尔芬诺娃 著
E. A. 亚里洛娃

曹升康 译

* * *
责任编辑 杨皓华

农业出版社出版 (北京朝内大街130号)

新华书店北京发行所发行 农业出版社印刷厂印刷

787×1092毫米 32开本 7.25印张 12插图 160千字

1987年3月第1版 1987年3月北京第1次印刷

印数 1—1,960册

统一书号 16144·3147 定价 1.75元

内 容 简 介

本书是作者根据多年来在土壤微形态方面的研究以及对世界上有关文献的系统综述写成的。主要阐述了土壤全矿单位(矿质部分和有机部分)的鉴定、描述系统和描述方法;详细介绍了著名土壤微形态学家库比纳和布鲁尔的著作中的主要论述;最后叙述了土壤薄片的制备和研究方法。书中附有插图4幅、显微照片图版11幅(173张)和参考文献目录339篇。

本书可供土壤工作者(特别是正在或准备从事土壤微形态工作的科技人员)和自然地理、第四纪地质、工程地质工作者,以及高等院校土壤、地理、地质等专业的师生参考。

Е. И. ПАРФЕНОВА, Е. А. ЯРИЛОВА
РУКОВОДСТВО
К МИКРОМОРФОЛОГИЧЕСКИМ
ИССЛЕДОВАНИЯМ
В ПОЧВОВЕДЕНИИ
ИЗДАТЕЛЬСТВО «НАУКА», МОСКВА, 1977

译 者 的 话

本书是作者继《土壤学中的矿物学研究》(Минералогические исследования в почвоведении, 1962)一书之后又一本根据自己多年的研究成果和工作经验并参考了国际上大量有关文献而写成的土壤微形态专著。

早在30年代初,奥地利土壤学家库比纳就开始利用显微镜方法对土壤生物、土壤矿物、土壤新生体、土壤垒结和土壤微化学现象进行了一系列的研究;经过系统总结,于1938年出版了专著《微土壤学》(Micropedology)。这本书的问世引起了许多土壤学家的注意,认为是在土壤学发展中首创了一种新的极为重要的研究方向,标志着一门土壤学的新分支——土壤微形态学的建立。

从50年代末以来,随着土壤微形态研究的广泛传播和发展,其内容和体系也获得不断丰富和完善。澳大利亚土壤微形态学家布鲁尔的著作《土壤的垒结分析和矿物分析》(Fabric and mineral analysis of soils, 1964)在这方面的贡献也是举世公认的。

本书作者以较多的篇幅详细介绍了库比纳和布鲁尔的主要论述,还有其他一些土壤微形态学家的工作,这对于读者了解土壤微形态学这门分支的特点、内容和方法将是十分有益的。

当前,土壤微形态学已经渗入不同的研究领域,不仅几乎包括土壤学的各个分支,而且还被应用于第四纪地质、工

程地质、水文地质、沉积学、考古学等方面。因此越来越受到有关科技工作者的重视和注意。作为本书的核心——土壤全结单位的鉴定和描述，以及有关土壤微形态计量和土壤薄片制备等方法的介绍，无疑对于我国土壤工作者（特别是正在或者准备从事土壤微形态工作的科技人员）和自然地理、第四纪地质、工程地质工作者，以及有关高等院校师生具有一定的指导意义和参考价值，可以认为这是一本在土壤微形态学方面较好的参考书和工具书。

在翻译过程中，对涉及介绍国外（苏联外）土壤微形态研究的论述部分，尽可能地查阅和核对了原著，对于俄译部分不妥或不够明白之处均按原著作了润饰或校正。

由于土壤微形态术语有的系引自岩相学，有的系一些土壤微形态工作者自己撰造，而其中大部分又系库比纳和布鲁尔等著名土壤微形态学家所创，这些术语在世界土壤微形态学界已广为传播和使用，但对于广大中国读者来说，由于过去缺少专门的介绍和翻译，可能还是颇为生疏，甚至感到不解，因此译者在译出这些术语*的同时，尽可能附上原文（在本书第一次出现时），对于那些由英文译成俄文（特别是音译）的术语则附以英文原名和俄文译名，以便读者参考。对于书中认为需要注释的地方，均作了必要的注释，个别错误之处也一一予以更正。

由于译者在业务和语言方面水平有限，错误之处在所难免，敬请读者批评指正。

一九八〇年十二月于

中国科学院南京土壤研究所

* 译注：这些土壤微形态术语的中译名是译者根据多年来在土壤微形态工作方面的体会，在阅读文献过程中经过仔细琢磨推敲其含义后译出的。

目 录

引言	1
第一章 土壤微形态的基本原则	6
第二章 土壤垒结的一般概念	16
第三章 布鲁尔系统的土壤垒结分析	22
一、土壤物质的组配单位	23
(一) 土壤基体	23
(二) 土壤结构体	24
(三) 土壤形成物	25
二、土壤物质的组配水平	37
第四章 土壤垒结单位的鉴定	42
一、骨骼颗粒	43
二、细粒物质	50
(一) 土壤基体中的粘粒质细粒物质	52
(二) 土壤基体中的腐殖质-粘粒质细粒物质	64
(三) 土壤基体中的碳酸盐-粘粒质细粒物质	66
(四) 土壤基体中的铁质-粘粒质细粒物质	67
三、土壤基本垒结	70
四、孔隙度	81
五、土壤结构体(团聚体、土块)	90
六、土壤微结构型式	103
七、土壤有机质	106
(一) 腐殖质及其组型的基本概念	106

(二) 腐殖质组型的分类和鉴定	108
(三) 植物残体分解过程中的形态学变化	119
(四) 一些地带性土类中的有机质	131
八、矿质新生体	135
(一) 钙质新生体	136
(二) 铁锰新生体	151
(三) 粘粒新生体 (波雷石)	165
(四) 生物岩	174
(五) 包裹体	185
第五章 微形态计量	187
第六章 土壤薄片的制备和研究方法	196
显微照片图版	

引 言

目前,土壤微形态研究已与在野外和实验室进行土壤大、中形态观察一样,成为研究自然原状土壤的一个必不可少的环节。通过微形态研究,能够看到那些组成土壤微固相部分的全部相关分布型式、形状和大小、(或多或少精确的)物质成分,以及各种空隙的外形和大小,全部土壤组成分之间的数量比例。

每一种土类均有其一定的剖面层次垒结,它十分详细地反映了土壤的发育方向。可使我们获得关于土壤中进行的微过程以及(首先是)成土母质矿物和有机体之间相互作用的概念。

薄片观察可揭示岩生地衣对坚硬岩石的破坏以及形成矿质或有机-矿质新生体的机制;这些新生体既可在地衣体内部形成,也可由于原始土壤中地衣残体的矿化和腐殖化而发生。

薄片可清楚显示铁锰凝粒 (железистые и марганцевые стяжения) 的垒结,正如微生物研究所表明的,这种凝粒是由于专性细菌的作用而在土壤中形成的。在显微镜下所见呈特定泉华态的胶体物质和悬浮物质,说明这些物质的活性;此外,迁移物质的数量及其在一定土层中的沉积则说明淀积过程的强度和造成这些物质在一定部位中停滞的剖面内部条件的变化。在薄片中可以识别盐分种类,并可根据

其形状、大小和在土体中的排列获得其在剖面中分布、聚集部位、沉积条件（溶液浓度、干燥速度）等方面的资料。土壤中各种中型动物区系代表的活动可根据其排泄物的形状、组成、大小和分布来判断。对比不同分解程度植物残体的微形貌，可以研究植物残体变化的全部连续阶段、直至腐殖质的形成。

对未破坏植物组织矿质部分构造的植物灰分制样的研究是薄片研究的一个极为重要的补充。可观察不同植物种类所特有的生物岩——蛋白石、由随土壤溶液进入植物体内的元素所形成的草酸钙晶体和其他盐类晶体。蛋白石是通常在薄片观察到的最稳定的一种生物岩。

土壤微形态可以解决许多复杂而有争议的土壤发生问题（例如土壤剖面的单元发生性或多元发生性问题、各种冲积物的垒结特征问题等）。微形态可以从一定种类但却非现代成土类型所固有的新生体识别古土壤过程的残遗特征。特别常见的例子是可见在灰色森林土的孔隙壁方解石晶霜上沉积有波雷石（попынит）^①，二者是在不同条件下沉积的（波雷石形成于酸性环境，而方解石晶霜则形成于碱性环境）。埋藏土壤的微形态研究可得出有价值的古地理结论。

西欧学者在区分拉西维土（soils lessivés）和假潜育土（pseudogley soils）时，微形态起着很大的作用；它对于查明我国灰色森林土和灰化系列土壤的假灰化现象，以及揭示不同土类中这种过程的差异也具有较大的意义。在显微镜下可以清楚区别由于粘粒淀积作用形成的粘粒淀积层和由于土内风化作用而形成的粘化层。各种新生体的微形态特征是

^① 见“粘粒新生体（波雷石）”一节。

土壤过程的良好指标并可用于土壤诊断、土壤系统和土壤分类。

盐类形成物以及与水分-空气性质有关的土壤微结构 (микроструктура) (团聚作用和孔隙度) 方面的知识对于农业实践和土壤改良措施具有特别重大的意义。只有在薄片 中才能研究原状土壤的微结构并推断各种大小的大团聚体和微团聚体的内部构造和彼此间的连系,推断孔隙的空间特征。

目前,定量测定各种土壤垒结单位 (часть микро- строения почв) 已获得越来越大的发展。从而产生了微形态学的专门分支——微形态计量。它在实践上用来解决如下问题:土壤耕作、侵蚀防治、施肥、土壤灌溉和排水等。

利用基于电子发射和 x 射线原理的最新仪器和方法进行微形态研究的可能性已经大大增加。这就有可能更完善地诊断最微细的土壤垒结单位。在许多国家,利用 x 射线电子探针显微分析仪测定薄片 中 2—3 平方微米的微区范围内的化学元素含量已十分普遍。接触射线照相术也可用于这方面的研究。

扫描电子显微镜可观察原状土样的表面特征,放大范围从 20 倍至 20 万倍,可以逐级揭示其细节,直至 <0.1 微米的孔隙、细菌菌落及其单个细胞。利用偏光显微镜和上述仪器进行综合观察研究土壤,显然能够揭开有关土壤形成的许多未解之谜。

土壤微形态的基本理论概念是由土壤微形态学的奠基人库比纳 (W. L. Kubiĕna, 1938) 和后来的布鲁尔 (R. Brewer) 以其重要专著 (1964 a) 奠定的。两位学者的著作尚未译成俄文,故我们认为有必要在本书介绍一下他们的主要论述。第一章阐述库比纳关于土壤微形态的指导思想,在

第四章的相应章节中分别引述关于土壤垒结单位的鉴定。第三章叙述布鲁尔专著的主要内容。

布鲁尔提出的土壤垒结分析的系统和垒结单位的分类是当今最完善的（有机部分的鉴定除外）。但他在分类中首先注意到形状，因而在许多情况下，把物质成分和发生上不同的垒结单位归为一类（例如在硬结物一类中既包括了石质碎屑，也包括了土壤中发生的铁质结核）；这样就未必恰当。

在布鲁尔的专著出版以后，有些外国作者又对这种或那种土壤垒结单位制订了进一步细分的分类。由于提出了一系列由希腊语、拉丁语、英语等词源组成的新名称，使微形态描述有可能越来越简练的趋势。但是过多地增加这种简练词汇会给明确阐明土壤垒结的概念带来困难。最明显的就是表现在布鲁尔的最近著作中，他采用了由5—7个词“段”组成的、犹如一种文字公式的术语来描述土壤垒结。

此外，在目前的国外分类中还表现为尽可能地追求概念的抽象化。不久前出版的巴尔的专著（L. Bal, 1973）就是一例，该书专门论述土壤有机物质的微形态，而完全不谈矿物质部分。

波雷诺夫（Б. Б. Полянов）曾对那些只详细研究个别问题，而不去注意对它们之间的相互关系予以应用的工作说过：“任何学科按其发展均可分化出单独的分支、单独的专业……。这种分化是必然的，也是必需的；众所周知这种分化是学科发展和研究方法复杂化的直接结果。但是由于局限于个别问题，只研究一种性质，从而丢掉了整体概念，所以有时会带来很大的危险性。丢掉整体概念就势必降低这种研究工作的价值”。他继而写道：“如果教科书和专家们要在所

谓的自然界和自然现象之间设立壁障的话，那末这种壁障实际上是不存在的。而土壤中在土壤有机部分和矿质部分之间、在土壤胶体和土壤晶体之间、在土壤物理和土壤化学之间以及在土壤发生和土壤肥力之间也都不存在着什么壁障”（1940，第 10 页）。

苏联的微形态研究首先是由库恰耶夫土壤研究所波雷诺夫院士于 1944 年建立的。结合其他方法（化学方法、矿物学方法、光谱方法以及 x 射线分析等）对土壤和未破坏构造的植物灰分进行了微形态研究，用这些方法综合阐明矿质元素在生物圈中的迁移和矿质元素在岩石、土壤和生物之间的置换问题。在进行这类研究时，无论是大形态描述还是微形态描述对于认识自然土壤的整个面貌是非常重要的。

本书作者在进行垒结单位的分类时，尽可能力求较完整地概括在具体土壤中所见的任何垒结单位在其成分和形状上所表现的多样性。

与布鲁尔系统的不同处在于把垒结单位的物质成分、还有形状和排列作为分类的依据，因为“……微形态是土壤化学组成成分的反映”（库比纳，1962 a）。从这种观点来看，微形态可使我们更进一步了解土壤发生问题，而这些问题的揭示也是土壤学的主要任务。

本书是为研究土壤微形态者编写的，但只讨论了土壤薄片的偏光显微镜研究。书中除文献资料外，利用了作者多年来在土壤微形态和土壤矿物学方面的工作成果。作者认为广泛引用国外文献是十分有益的，因为许多外国出版物只有在最大的图书馆里才有，广大读者就不太知道。

第一章 土壤微形态的基本原则

首先开始土壤微形态研究的是奥地利学者库比纳。他的最早论文早在 30 年代初就发表了。他首先用细菌学和真菌学方法，借助专门的反射光显微镜、分离微生物的显微操作仪以及其他仪器，直接在土壤剖面上（就地或从土壤剖面取下土块）研究微生物。接着他研究了土壤的无机微组分，主要是一些不同种类的结晶形成物。为了确定其成分和形成条件，库比纳进行了微化学反应试验和对各个孔隙（甚至同一孔隙的不同部位）中的土壤溶液进行了微量测定 pH。随后，他转为研究整个土壤剖面的垒结并把岩相学方法引用到这方面的研究上。他还研究了原状土壤薄片的制备技术。

在很长时间内他一个人坚持开展这方面的工作。1938 年出版了他的专著《微土壤学》，标志着微形态学作为土壤学的一门独立分支而出现。该书的问世引起了土壤学家们的注意并推动了他们的工作，有更多的研究者致力于土壤微形态问题的研究。这方面的论文已越来越多地出现在各国的期刊中。从 1950 年前后起，微形态研究获得了十分广泛的传布，并在土壤学家中出现了土壤微形态学专家。

1958 年在德意志联邦共和国不伦瑞克举行了第一届国际土壤微形态会议，目的是有必要共同讨论有关发展微形态学科的可能性和途径。后来相继在荷兰（1964 年）、波兰（1969

年)和加拿大(1973年)召开了国际会议*。前三届会议是由库比纳主持的,第四届会议在他死后举行。库比纳在报告中阐述了土壤微形态的目的、任务及其在自然科学中应用范围的多种多样性,以及在两届会议之间的时期内微形态工作的新成就和今后研究的前景**。

下面我们引述库比纳报告中的基本原则,尽可能地保留他的那些不仅涉及土壤微形态的,而且也涉及研究整个自然界的十分形象的定义、例子、对比和结论。

库比纳问道,为什么在不同专业的土壤学家中对土壤微形态越来越注意?是否是由于采用了新的显微镜技术,还是由于有了更多的内容呢?如果是那样的话,那末微形态是否给研究土壤创造了新的可能性、并带来新的成就?最后,如果没有土壤微形态,土壤学是否照样发展?如果不应用微形态方法,土壤学是否能达到同样的认识水平?库比纳在揭示了微形态的作用并列举一系列例子后断言,现代土壤学如果没有微形态、微形态技术和研究土壤的微形态原则,那么将来就不可能发展。没有这些,对土壤的认识也将是较为肤浅的。

微形态的基本特点在于微形态学家永远是用原状土进行研究——或是在野外用直接镜检法对土壤剖面进行直接观察,或是进行土壤薄片的研究。在微形态学家面前,土壤永远表现为统一的整体,可从中详细观察到呈各种特定形状和相关分布的全部组成分。库比纳说道:微形态使我们有可能

* 译注:第五届国际土壤微形态工作会议于1977年在西班牙格拉那达召开。1981年在英国伦敦召开新的国际会议。

** 译注:即库比纳分别在第一、二届国际土壤微形态工作会议上所作的报告。

观察巧妙的自然界。在土壤垒结中没有偶然的東西，也没有彼此不联系的东西。在土壤中有其一定的形成规律和力，能把所有偶然的和杂乱的物质组织成具有一定的形状和相互组合的形态。这种形成作用是逐步进行和相继发生的，每一种成分在总的垒结中占有一定的位置；在不同发展方向的成土过程的影响下，形成了高度发育的组配状态。在土壤形成进程中所表现的全部长时间过程的特征均反映在多种多样的剖面微结构中。库比纳强调指出，形成这些形态的原因是运动。这种出发论点构成了土壤微形态研究方法论的基础。

同一来源的物质在不同自然环境下形成不同的垒结。正如道库恰耶夫所指出的，土壤类型和土壤剖面依赖于环境条件，这种依赖性对于土壤微形态来说也完全一样。垒结和自然环境的统一是土壤系统分类的最重要依据。通过研究不同土壤的各个垒结单位和大量对比研究物质的运动和转化阶段可以认识土壤形成的动态、动力学和力能学。土壤发育的学说就是土壤形成过程中形态变化规律的学说。

在微形态研究引入土壤学以前，研究土壤特征和性质的各种方法主要是用扰动土样进行的。根据所得的全部分析结果来尽力想像整体的特征，这种方法蕴有一定的危险性：可能得到不够完整和正确的整体特征，因为这种整体特征会因所用分析方法的不同而异。当然，这并不是说要抛弃习用的分析方法，这些方法是必需而首要的。但微形态可修正由这些分析结果所获得的结论。微形态可以直接（用眼）观察客观事实，从而减少那些假设的概念。土壤微观世界的每一个观察使我们有可能看到，用其他方法研究的那些土壤性质是以怎样的形状和相互组配出现的。通过镜下观察，我们每一次总可看到一些新的垒结特征，观察到垒结的多样性和发现

我们知识上的空白点，这种空白点对于整体观念来说是必需予以补充的。

库比纳在阐述了土壤微形态研究法的原则之后指出，它可以与研究不同构造的钟表机械相比拟。我们能够通过不同的方法来研究钟表。可以把它捣成粉末进行化学分析。这种分析可使我们对组成钟表的不同金属的数量有一个全面的了解，但是不能对组成钟表并参与钟表运转的各种机械（如齿轮、螺丝、轴芯等）有所认识。为了查明这些零件，有必要将它们分门别类，并对它们进行个别的或分组的研究。但是很明显，通过这样的分离不易得知这些被分离出来的各种组成成分在整个机械组成中的联系，也很难推断每个零件的功能及整个机械的功能。第三种方法是不加破坏地来研究它，在原位考察钟表的每一个零件，确定它们之间的相互联系；这可以更加明确地阐明它们的功能。最后还有第四种分析的可能性，那就是研究正在走动中的钟表，检查那些组成成分的位置及其在运转中的作用。后两种分析方法符合整体研究土壤的微形态方法。

库比纳在工作中引用了一系列微形态方法。例如，不遵循微形态原则的矿物学家在矿物分析中只能测定出某土壤中含有大量针铁矿和很多无定形氢氧化铁；而采用微形态原则的矿物学家则会测定这些针铁矿晶体沉积在那些土壤微区中，呈何种形态，经过那几个发育阶段才达到最后阶段，它们是在什么样的外界自然条件影响下发生的，其形态与什么样的内部垒结状况有关。

现代显微技术使科学家有可能观察大量未知的细节。初学的微形态学者通常总是把他们所看到的东西全都描述下来。但是这种描述过于繁琐并且很难阅读。因此善于从大量