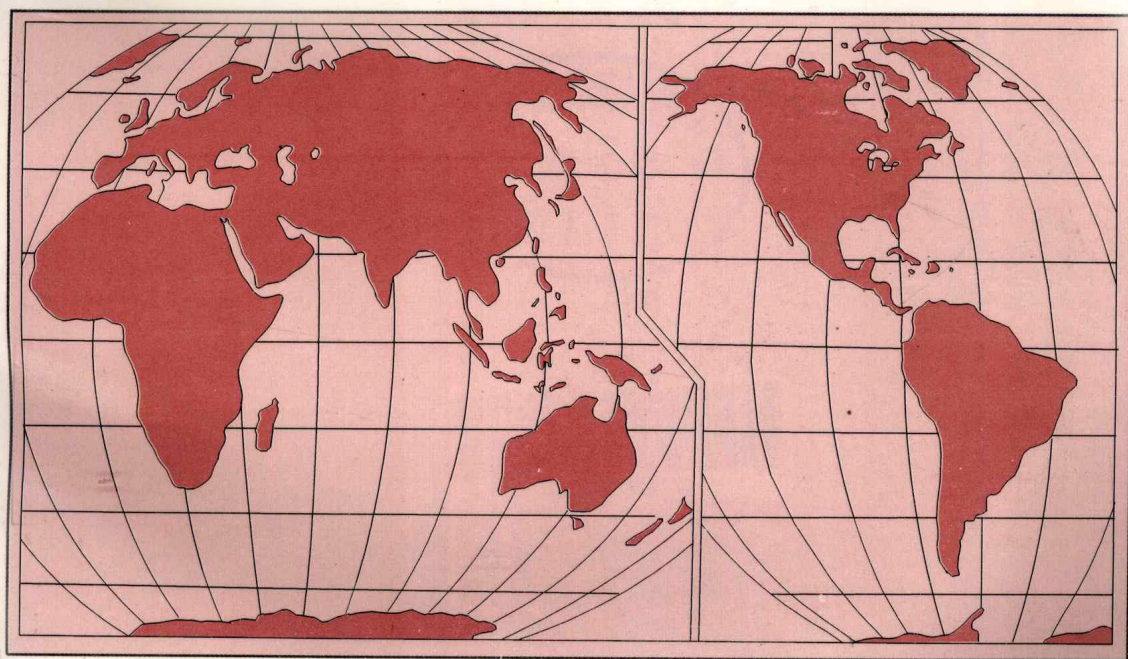


土壤制图

李 锦 主编



福建地图出版社

土 壤 制 图

主 编：李 锦

副主编：周明枏

编 著 者

李 锦 周明枏 徐彬彬

王鹤林 曹锦铎

福建地图出版社

1997年9月

内 容 简 介

本书介绍了我国土壤制图的历史、成就和发展趋势。在作者长期工作实践、认识和吸收国内外制图经验的基础上,系统地总结了土壤制图的理论和方法。论述了土壤制图的目的和任务,理论、原则和内容,程序和方法。并分述了大、中、小比例尺土壤制图的特点和调查制图的方法。阐述了遥感技术在土壤制图中的应用和发展。专门讨论了土壤系列成图和各种土壤专题图的成图特点和编制方法。最后撰述了土壤图的质量评价和土壤制图成果的应用。

本书可供农、林、牧、水利等生产部门以及从事土壤、地理、地质、生物、生态、资源、环境以及地图、测绘工作的专业人员和有关高等院校的师生参考。

土 壤 制 图

李 锦 主编

责任编辑: 王秀斌 王 军

* * * *

福建省地图出版社出版

(福州市华林路205号)

南京化工大学印刷厂印刷

开本: 787×1092毫米 1/16 14印张 330千字

1997年10月第1版第1次印刷

印数: 1—1000

ISBN7-80516-368-5/K·360

定价: 25.00元

序 一

土壤制图是土壤科学中的一门重要分支学科。它是运用地理制图手段,进行现场测试或编制土壤图、单项土壤性质(如pH值、碳酸钙、有机质及N、P、K)和多种土壤微量元素含量图;也可编制较大地区乃至全国性的小比例尺土壤图及其相关专题图。土壤图显示土壤在地球陆地表面的地理分布与组合情况,直观地表达土壤类型及其区域分异规律。土壤性状及养分图反映不同土壤类型的性状特征和养分的区域分异特点,有助于掌握各种营养元素的丰缺情况,为因土种植、合理施肥和计划化肥生产与地区调配提供科学依据。

土壤是独立的历史自然客体。在我国960万平方公里广阔的土地上有880万平方公里的面积为土壤层所覆盖,其他为裸岩、冰川雪被及大型水体,属非土壤区。它们均可通过测制或编制土壤图具体加以区别。

土壤作为绿色植物生长繁衍的基地,植物根系密集于土壤层中获得其生长发育所需的水分和养分。自然植被如此,人工植被更是如此。因此,根据不同作物、果木和牧草的生物学习性,选择其所适宜的土壤类型与肥力性状,通过人工培育与灌溉,促使一切人工植被获得高产稳产,均需绘制土壤图及相关养分图作为科学依据。

土壤又是可变的自然客体。植物在土壤中生长的同时,将枯枝落叶与全部根系残留在土壤中,丰富了土壤有机质及养分,使土壤逐渐变肥。古谚语中的“万物土中生”,严格讲不可能包括所有物体,但从“没有土壤任何植物就生长不出来”的观点看(水培、砂培除外),也有它的积极意义。土壤制图能把多种绿色植物生长基地——土壤类型及其肥力变化规律充分反映出来,为改土培肥和合理利用土壤资源提供科学依据。

我国土壤制图在近数十年的不同时期里,先由地质学家以土状地质形成物类型测制土壤图,也有采用土壤单因子如pH值、质地等以代号表示不同级别或类型,并在同一幅图内用色泽、花纹区分制图的尝试,但更多的是用土系为单元测制土壤图。后来则依据土壤的地带分布规律测制与编制土壤图。充分说明我国土壤制图的历史发展是兼收并蓄地引用各不同流派的制图原则与体系。

国际上从事土壤制图也仅刚刚超过一个世纪。就我国来说,虽然发展较晚,但也有60余年的历史。土壤制图经历过从局部地区或小范围的详测或概测取得资料编制土壤图,也进行过部分县、乡镇、农场的土壤制图,以至区域性和全国性土壤制图和土壤图集的编制等。全国第二次土壤普查还进行了逐乡测制详图,然后逐县、逐地(市)、省(市、区)以至全国完成土壤系列成果图的编制出版。随着航空像片判读、卫星资料解译及应用卫星磁带数据计算机自动识别制图等,更可提取丰富的专题信息,供编制各种土壤图和土地图参考应用。上述所有专题图件和资料,不仅为国土资源整治与保护、改土培肥和发展生产所需,而且从中获得了土壤专题制图的宝贵经验,为丰富土壤制图的学科内容,发展中国土壤制图奠定了实践和理论基础。

土壤作为自然资源中不可替代的重要农业资源,正面临着耕地锐减、土壤污染、水土流失、风蚀沙化、地力减退等重大威胁。人-地矛盾日益突出。因此,要大力养护土壤,保护现有耕地,因地制宜地挖掘不同土壤类型的生产潜力,使土壤愈种愈肥,越用生产越发展。土壤调查制图能把各类土壤资源的数量、质量及其分布规律具体地直观反映出来,通过实践应用,对养护土壤资源和综合开发利用土壤资源,必将获得明显的经济、生态和社会效益。

本书系我国自1930年以来的60余年岁月里土壤制图工作的全面总结和回顾，是我国第一本土壤制图方面的专著。本书的编著者均是具有多年土壤调查制图经验，并从事土壤制图和土壤遥感研究工作的高级科技人员，在编写过程中，充分注意到了将理论与实践结合起来并加以总结提高。

本书提出了土壤制图体系的概念，土壤制图组合发生的原则，图斑结构与图斑组合的认识，特别是制图时不应孤立地考虑图斑的个体，还须注意全图图斑与图斑之间的组合所反映的地理分布规律，包括广域、中域、微域土壤分布规律。还明确了土壤制图的范围不仅仅是普通土壤图，而应包括各种土壤制图的成果，并且专门论述了土壤系列成图及其实用目的。同时对遥感新技术在土壤制图中的应用作了系统的阐述。对土壤图的质量评价和土壤制图成果的应用也给予了重视。这些在理论和应用上都有发展和提高。

根据当今土壤制图发展的趋势，书中还指出今后应当进一步研究土壤制图的理论，扩大土壤制图的领域，不断发展新技术在土壤制图中的应用，增强土壤制图的实用性。我认为提高土壤制图的科学性和实用性应当是我国土壤制图发展的方向。

本书内容全面系统，具有科学性、应用性和可操作性，既反映了我国土壤制图的历史发展，也反映了我国土壤制图的现代水平，是一本可供农、林、牧、水利等生产部门和土壤、地学、生态、资源、环境、地图等科研人员和有关高等院校师生参考的有价值的读物。

席承藩(中科院院士)

1994年10月

序 二

地图的产生和发展同社会的需要密切相关,地图的内容、形式与编制方法也随着科学技术的日益进步而不断发展。18世纪以后,由于自然科学进一步分工和深化,产生了详细深入表示一种自然要素或现象的专题地图。各种探险、考察和气象、水文台站网的建立,促进了专题地图的发展。20世纪初飞机问世,随后航空摄影机与立体测图仪研制,地形图的测绘开始采用航空摄影测量方法,航空像片成为专题制图的重要资料来源。到50年代,地质、地貌、土壤、植被、土地利用及气候、水文、经济统计等专题制图已得到很大发展,为专题地图学的建立奠定了基础。60年代以后许多国家在完成各种比例尺地形图测制与更新的同时,已将重点转向专题制图方面。70年代以来,国际上专题制图更进一步发展,而且具有两个明显的特点与发展趋势:一是专题制图向纵深发展,进一步提高了专题地图的科学意义与实用价值;二是遥感技术与计算机制图技术的广泛应用,从根本上改变了专题制图的方法。

新中国成立近50年来,专题制图得到了很大发展。在广泛开展地质勘察、资源调查、国土整治、环境保护、区域综合考察、海岸带调查、流域规划的基础上,编制出版了一大批各种类型的专题地图。尤其是近20年来我国出版的全国和区域性专题地图集已达百部之多。数量与种类均占世界首位。而上述开展的各类专题制图工作中,土壤制图已成为不可缺少的重要组成部分。

我国土壤制图取得了很大成就。《土壤制图》一书,是由中国科学院南京土壤研究所李锦研究员等几位土壤制图专家经过几年的辛勤努力撰写而成。李锦研究员长期从事土壤制图的科研和实践。早在50年代后期她就参加新疆综合科学考察中的1:100万土壤调查与制图工作。她是我国最具权威的首本《中国土壤图集》常务副主编,还负责完成了1:400万中华人民共和国土壤图、1:100万中国土壤图制图规范与部分全国1:100万土壤图,及其他全国性与区域性的土壤图的编制。以李锦为首的南京土壤所土壤制图研究集体,在完成上述大型土壤制图任务过程中,对土壤制图的理论方法、土壤图的制图体系、不同种类土壤图编制特点、土壤图的标准化和规范化等进行了系统深入研究,积累了丰富的实践经验并掌握了大量实际资料。《土壤制图》一书全面系统地总结和概括了他们本身以及全国土壤制图的实践经验。该书不仅分别论述了大、中比例尺野外调查制图、室内中、小比例尺编图方法,还论述了我国不同区域土壤分布规律与特点及其在地图上的反映;不仅论述了土壤类型图、土壤区划图等基本土壤图的编制理论方法,还分别阐明其他各种土壤图的编制特点与要求;不仅总结了常规与传统的土壤制图方法,而且还介绍了遥感土壤制图与计算机土壤制图等新的技术方法。此外,该书还分析和介绍了土壤图在国民经济、科研、教育等各方面的具体应用。

该书是国内第一部高水平的土壤制图专著,不仅具有重要的科学意义,而且有很重要的实用价值,对农业、林业部门和土壤、生物、地理、资源、生态、环境等方面的科研、教学与生产都有很重要的指导与参考作用。在各部门专题制图领域中,比较系统地进行理论与方法的总结并出版专著的很少,尤其在目前学术著作出版非常困难的条件下,《土壤制图》的完成与出版更是难能可贵。该书的出版将填补我国土壤制图的空白,必将受到广大读者的欢迎与好评。本人曾对该书进行过全面审稿,认为该书内容丰富,资料翔实,结构严谨,文字通顺。既有理论分析,又有具体方法的阐述,理论与实际结合较好。我相信本书将是专题地图学著作中的优秀作品。本书的出版是对我国土

壤学和地图学的重要贡献。

廖 克
(国际欧亚科学院院士、中科院地理
研究所研究员、中国地理学会地图
学与GIS专业委员会主任委员)
1997年1月

前 言

土壤制图学是土壤地理学与地图学相结合的边缘学科，它的产生和发展与农业生产的需要密不可分，随着土壤学及其相关学科特别是土壤地理学研究的全面进展，制图技术手段的不断进步，它的研究领域得到拓宽，并向纵深发展，而成为专题地图学的一门分支学科。

土壤是被覆在地球表面上独立的历史自然体，是自然资源的重要组成部分，尤其是农业生产的基本生产资料。我国幅员辽阔，土壤类型繁多，区域分异明显。为了进行各地的农业生产，古代就有土地利用类型示意图。1930年，在我国现代土壤科学研究起始时即开始了土壤调查制图工作。

本世纪30—40年代为我国土壤制图的初创阶段，我国土壤科学工作者进行过各种比例尺的土壤调查制图和路线约测工作，编制了某些地区性的中、小比例尺土壤图和全国性小比例尺土壤略图和概图，积累了较多基本资料，对我国一些主要地区土壤类型的特征和分布有了初步的认识和了解。这一阶段开始以地质学观点进行分类和制图，后来受到美国学者的影响，在分类和制图中既有大土类的概念，又有土系的观点。50—60年代是土壤制图大发展阶段，1949年以后，为了适应社会主义经济建设的需要，围绕着各项国民经济重大任务，土壤调查制图工作大规模蓬勃开展，编制了大、中、小各种比例尺的大量区域性土壤图和小比例尺全国土壤图。1958年—1959年还进行了以耕地为主要对象的第一次全国土壤普查和制图。这一阶段我国广大土壤工作者在进一步吸收苏联土壤发生学观点和土壤地带性学说的基础上，发展到以发生土类为基本分类单元、以土种为基层分类单元、分类系统与制图单元系统基本一致的土壤类型图，图幅内容得到充实和完善，土壤类型进一步地确定、细分和增添，土壤分布规律和资源特色也得到较好的反映。60年代上半期还开展了土壤航片判读制图的研究，对新技术的应用进行探索。70年代至今，随着国民经济的发展和科学技术的进步，进一步围绕国家重大攻关任务、边远地区的荒地和科学考察、农业区划等进行了许多土壤调查和制图工作。1979年还开展了第二次全国土壤普查。在这些工作中不断应用和发展航、卫片目视判读，编制和出版了相当数量的土壤专业图，图幅内容更加充实和准确。由于生产建设多方面的需要和各分支学科之间的相互渗透，扩大了土壤制图的领域，从编制普通土壤图、土壤图组扩展到包含土壤学各分支学科领域研究成果的土壤图集。为提高土壤制图的科学性和应用性，结合中、小比例尺土壤图的编制，进行了土壤制图理论和方法的研究，推进了土壤制图的定量化和规范化。土壤遥感在土壤制图中日益成为不可分割的部分。60多年来，从制图指导思想、制图体系、图幅内容、理论基础、表示方法和技术手段上均有显著的发展和进步，积累了许多经验和成果。

作为这一研究领域的成员，早想系统地总结我国土壤制图的理论和方法，介绍我国土壤制图的成就，供以后研究者借鉴，不断提高我国土壤制图水平，使土壤制图成果在国民经济中发挥更大的作用。

本书主要根据编著者数十年来的工作实践和认识，吸收国内外有关图件、资料和成果撰写而成。主要有如下特点：

一、从土壤制图作为一门学科领域，有自己的研究对象和范畴出发，对土壤制图研究的对象、目的、理论、内容和方法进行全面和系统地论述，而不局限于论述制作土壤图的技术和方法。

二、全书贯彻科学性、应用性和可操作性。既注意了土壤制图科学内容的研究和表达，也重视

了土壤制图成果的应用及制图方法的可操作性,使本书具有较高的科学水平和实用价值。

三、土壤制图的范围不仅是基本的、综合性的普通土壤图,还应包括土壤学各分支学科内容编制的图幅,以及各种派生图和衍生图等。土壤制图可以编制单幅图或数幅图,也可以编制系列图。根据这一认识,在系统介绍普通土壤图编制理论和方法的同时,在土壤系列成图一章中介绍了其他各种土壤图制图单元(分类、分级、分区)的划分和编制方法,在土壤制图成果的应用一章中论及的是整个土壤专题图的应用,而非狭义的普通土壤图范围。

四、遥感资料和制图技术已经成为土壤制图方法的重要组成部分,而且越来越成为土壤制图的主要方法,并将促进土壤制图理论的发展和制图程序的变化。它虽与一般土壤调查制图遵循共同的制图原则,具有共同的制图内容,但却有方法上的显著特点,故本书用比较大的篇幅论述应用航、卫片和遥感磁带数据土壤制图的原理和方法。

全书共十一章。第一章绪论,简述土壤制图的目的、任务,土壤图分类,土壤制图国内外发展历史、现状及趋势。第二、三章系总论,全面阐述土壤制图的理论、原则和内容,程序和方法。第四、五章分论大、中、小比例尺土壤制图的目的和范围,调查制图的程序和方法。第六章综述土壤系列图的编制原则和方法,不同种类系列成图的制图目的、成图特点、编制方法。第七、八、九章论述土壤航、卫片目视判读的原理、方法和调查制图程序,遥感磁带数据和信息系统在土壤制图中的应用。第十章土壤图质量的评价,并分述大、中、小比例尺图质量评价的侧重点。第十一章阐述土壤制图成果应用的范围、效果和实例。

本书由李锦任主编,负责全面审改定稿。周明枞任副主编,参与了部分章节的审改。全书按统一的提纲和要求分工撰写。各章撰写人是:第一、二章李锦,第三章王鹤林,第四章周明枞,第五章李锦、王鹤林,第六章李锦、周明枞、徐彬彬,第七、八、九章徐彬彬,第十章曹锦铎,第十一章周明枞、曹锦铎。

全书插图由王鹤林、谢佩珠、黄翠琴清绘,部分由高俊发复照;遥感照片由崔荣浩翻拍;章扬德同志为本书提供了部分外文资料。在编写过程中,还得到许多同志的关心和支持,特别是席承藩、廖克先生为本书作序,廖克先生支持本书的编撰和出版,在此一并表示衷心的感谢。

由于作者水平有限,对《土壤制图》从理论、方法和实践上全面进行撰写尚属初步尝试,疏漏和不足之处在所难免,敬请同行专家和广大读者批评指正。

李 锦

1994年10月

目 录

序一		
序二		
前言		
第一章 绪论		1
第一节 土壤制图的目的和任务		1
第二节 土壤图的分类		2
第三节 土壤制图的国内外发展历史及现状		3
第四节 我国土壤制图的发展方向和趋势		14
第二章 土壤制图的理论、原则和内容		15
第一节 土壤制图的理论基础		15
第二节 土壤制图的原则和依据		24
第三节 土壤制图的内容		26
第三章 土壤制图的程序和方法		40
第一节 土壤图的编制		40
第二节 土壤图出版原图的制作		48
第三节 土壤资源统计		61
第四章 大、中比例尺土壤制图		67
第一节 大、中比例尺土壤调查制图设计的主要内容		67
第二节 大、中比例尺土壤调查制图强度		68
第三节 大比例尺土壤调查制图		73
第四节 中比例尺土壤调查制图		84
第五章 小比例尺土壤制图		93
第一节 制图目的和范围		93
第二节 制图方法		93
第三节 质量要求		105
第六章 土壤系列成图		107
第一节 土壤系列成图的意义和种类		107
第二节 土壤综合系列成图		109
第三节 土壤历史系列成图		114
第四节 不同比例尺土壤系列成图		119
第五节 土壤遥感系列成图		121
第七章 航空相片在土壤制图中的应用		124
第一节 航片的简介		125
第二节 航片土壤判读的原理和方法		128

第三节	航片土壤调查制图的工作程序和纠正转绘	131
第四节	航片土壤判读中的有关问题	134
第五节	航片土壤判读实例	138
第八章	卫星相片与磁带数据在土壤制图中的应用	144
第一节	卫星像片简介	144
第二节	卫片土壤判读的原理和方法	147
第三节	卫片土壤判读的工作程序	153
第四节	卫片土壤判读实例	154
第五节	土壤调查制图中不同航、卫片信息源的合理选择	156
第六节	数字图像处理及其分类原理	157
第七节	数字图像处理技术	159
第八节	应用遥感数字图像进行土壤制图的工作程序	166
第九章	信息系统在土壤制图中的应用	169
第一节	信息系统简介	169
第二节	信息系统在土壤制图中的应用	174
第十章	土壤图的质量评价	180
第一节	土壤图的质量和精度	180
第二节	大比例尺土壤图的质量评价	183
第三节	中比例尺土壤图的质量评价	184
第四节	小比例尺土壤图的质量评价	187
第十一章	土壤制图成果的应用	191
第一节	土壤制图成果应用于土壤资源评价和土壤改良利用分区规划	191
第二节	土壤制图成果应用于调整作物布局	195
第三节	土壤制图成果应用于区域治理与农业发展规划	197
第四节	土壤制图成果应用于工程土壤环境评价	200
第五节	土壤制图成果应用于三峡大型水利工程库区移民可垦地规划	202
第六节	应用土壤制图成果指导因土合理施肥	205
第七节	土壤制图成果在其他方面的应用	206
参考文献		207

第一章 绪 论

土壤制图学是土壤地理学与地图学相结合的边缘学科，它研究和表达土壤及其性质的空间分布规律与群体结构形式，着重如何科学地以图形反映土壤类型、组合及其分布规律性。还与土壤学其它分支学科相结合，反映土壤性质的地理特点及区域分异。它的发展与土壤分类和分布的研究，制图技术手段的进步密切相关；它的研究进一步促进土壤地理学的发展以及与其他学科分支在微观与宏观上的结合。

第一节 土壤制图的目的和任务

土壤制图是随着农业生产的需要而产生和发展的，它具有明确的生产目的性，即清查土壤资源，了解土壤资源的特点和存在问题，以便对其进行合理的利用、保护和改良。综合起来，至今土壤制图的任务主要有如下几个方面：

一、自然和农业资源全国性布局

为因地制宜地利用和改造资源，需要对全国和较大区域自然和农业资源进行分区划片。这种自然区划和农业区划均以土壤区划为其重要的科学基础，工作中必须进行全国性或较大区域的土壤调查和编制小比例尺土壤图和土壤区划图等，以反映土壤资源的概况和区域差异。

二、区域综合治理和改造自然

为整个流域水土资源的合理利用和综合治理而进行的流域规划；为水土保持、风沙防治、盐碱土改良、海涂利用、山地利用等目的而开展的大规模改造自然的任务，都需要进行大范围中、小比例尺土壤调查制图和系列成图。

三、土地资源开发利用

在边远地区，为了摸清土地资源、估算和评价土地资源，便于荒地资源的开发利用；在南方地区，为了经济植物宜林地的选择（如橡胶宜林地的选择等），都需要进行大、中、小比例尺相结合的土壤制图工作。

四、土壤改良和培肥

为了改造低产田、培育高产稳产田进行因土种植、改良和施肥；为基层农业生产单位和农、林、牧场范围土地资源清查和评价而了解土壤和地理条件的本底，都需要进行大比例尺的土壤调查制图。

此外，还有为特定目的服务的如建设自然保护区、防治管道腐蚀、营造“三北”防护林等目的的大、中比例尺土壤调查制图，以及环境保护、工程建设、土地规划等所进行的土壤调查制图。

第二节 土壤图的分类

土壤图的种类很多，通常是根据比例尺或根据图幅内容划分的。

一、根据土壤图的比例尺划分

土壤图的比例尺取决于土壤调查的对象和目的，决定了土壤调查制图的详度。

各国土壤图比例尺的划分不完全一致。如前苏联学者^[1]曾分为详测图(1:200~1:5000)、大比例尺图(1:1万~1:5万)、中比例尺图(1:10万~1:30万)、小比例尺图(<1:30万)和概图(1:250万~1:500万)。美国农业部^[2]概括为实测图和编制图两大类。实测图有土壤详测图(Detailed soil maps, 田间多为1:15840, 出版多为1:31680)、土壤概测图(Reconnaissance soil maps, 田间多为1:31680、出版约为1:62500~1:50万)、土壤详测-概测图(Detailed-reconnaissance soil maps, 部分内容为详测、部分为概测)；编制图有土壤概图(Generalized soil maps, <1:63360)、土壤略图(Schematic soil maps, <1:100万)、土壤勘察图(Exploratory soil maps, 更概略)。加拿大土壤调查所^[3]分为极详测(1:1000~1:8000, 按出版比例尺, 下同)、详测(1:5000~1:4万)、概测(Reconnaissance, 1:1.5万~1:10万)、粗概测(Broad reconnaissance, 1:5万~1:25万)、勘察(1:12.5万~1:25万)等土壤调查详度级进行制图。可以看出, 美国着重在土壤实测图的制作, 而对比例尺较小的编制图划分得比较粗略。前苏联对土壤制图比例尺的研究比较全面和系统, 比例尺的划分比较详细和明确, 由于研究的深度和广度不一样, 在比例尺划分的级别和名称上都有差异。

根据国内外土壤调查制图的经验, 结合自身的制图实践, 我们对制图比例尺的划分主要概括为大、中、小三种。

1 大比例尺土壤图 比例尺 $\geq 1:5$ 万。重点反映土壤微域分布规律。采用比较详细的调查填图或航测结合调查等实测方法填图。可确切统计制图地区的面积, 为制定土壤利用改良方案及施肥、耕作、灌溉等农业技术措施提供科学依据, 通常作为县级以下基层生产单位安排生产、制定计划、落实措施的参考。

2 中比例尺土壤图 比例尺为1:5万~1:50万之间。重点反映土壤中域分布规律。以路线调查与重点样区详查相结合或航、卫片结合调查的实测方法制图, 也可综合大比例尺图进行编制。可统计和评价较大地区、流域范围、县或省的土壤资源, 为进行农、林、牧、副、渔全面规划, 合理利用土壤资源, 进行流域综合治理, 开垦荒地和制定大范围的土壤改良方案等提供依据。

3 小比例尺土壤图 比例尺 $\leq 1:50$ 万。重点反映土壤广域分布规律。主要根据中、小比例尺图结合路线考察编制而成。可为全国、大区和大流域范围的自然区划、农业区划、土壤利用改良区划、土壤资源评价和估算提供科学依据。

此外，在大比例尺图中可细分为大比例尺图(1:1万~1:5万)和详图(1:200~1:5000)，在小比例尺图中还可分出概图(<1:250万)。

二、根据图幅内容划分

1 普通土壤图 普通土壤图又称基础土壤图，简称土壤图。即具有综合特征的土壤图，如土壤类型图、土壤组合图、土被结构图等。它反映土壤的主要类型、组合及其分布规律，是最基础的图件。

2 专项土壤图 专项土壤图即为某一特定目的而编制的土壤图，如森林土壤图、盐渍土壤图、低产土壤图、侵蚀土壤图、工程土壤图等。

3 土壤性质图 该图是以土壤的某一物理或化学性质，或几种性质为内容的图幅，如土壤质地图、土壤酸碱度图、土壤粘粒矿物图、土壤的各种营养元素图、土壤盐渍度图等。多以土壤图为基础图，根据有关的分析资料编制，有的还参考其他图件完成。

4 土壤分区图 该图是以自然区划、农业区划和规划、土壤合理利用和改良为目的，对土被进行分区划片的图幅，如土壤区划图、土壤利用改良分区图、土壤盐渍分区图等。一般以土壤图为基础图，结合自然地理图件和农业经济资料编制。

5 特殊土壤图 这类图是为反映自然或改造自然的某一特定目的，以土壤学科为主，吸收其他学科内容编制的图幅，如土壤地球化学类型图、土壤生态类型图、土壤资源图等。一般由土壤图与有关学科的图件或资料结合编制而成。

围绕制图的目的，土壤性质图和分区图中的某些图幅常与土壤图配套编制。

第三节 土壤制图的国内外发展历史及现状

由于土壤制图在促进国民经济和土壤学科的发展上有重要意义，所以世界各国都开展了土壤制图工作，取得了很大进展，并促进了土壤制图学的研究^[4, 5]。如前苏联、澳大利亚、墨西哥、法国、英国、泰国、中国等都先后开展了1:100万全国土壤制图；日本、罗马尼亚、匈牙利等都先后完成了1:50万全国土壤制图；荷兰进行了1:5万全国系统土壤调查制图。各国还结合本国生产实际，开展和完成了各种大、中比例尺土壤调查和制图，并各自根据本国的特点，在图幅中表示土壤类型和有关因素或制作系列图。联合国粮农组织和教科文组织动员了世界各地土壤学家自1961~1981年陆续编制出版了1:500万世界土壤图^[6, 7]，以便制订第一个世界土壤资源的评价标准，提供不同类型地区经验应用的科学基础，交流和促进共同接受的分类和命名等。这些成果都体现了世界各国土壤分类和制图的研究水平和特色。

一、世界土壤制图的发展

从世界范围来看，土壤制图可概分为三个阶段。

1 土壤制图开创阶段

用现代科学的理论方法进行土壤调查制图始于19世纪中期，其目的在于评价土地、确定赋税额，

查明适于开垦利用的荒地等。因当时美、俄土地辽阔,科学技术比较发达,为达到上述目的必须研究土壤,并编制土壤分布图,故土壤制图开展最早^[8,9]。它们早期的工作受到农业化学观点和农业地质学观点的影响,往往根据土壤的某个或某些性质划分制图单元。如俄国学者维谢洛夫斯基(К С Вселовский)1851年绘制的第一幅俄国欧洲部分土壤图,仅根据质地和一些土壤特征划分黑钙土、粘土、砂土、壤土、砂壤土、淤泥、碱土、冰沼、沼泽和石砾区^[10]。美国惠特尼(M Whitney)1909年根据地貌特征把美国划分为13个“省”或“区”,以下再根据土壤颜色、心土特征、大致相似的地形和排水状况以及母质起源等划分土系(土壤类别),土系下又根据土壤质地细分为土组(制图单元)。此外,西欧国家如德国从1878年起,也广泛进行了为土壤改良、划分轮作田块、选择肥料和规定施肥量等目的的农业地质图的编制,东欧国家如匈牙利也开展了大比例尺农业地质图或其系列图的编制。

因此,这一阶段主要是根据与农业利用有关的因素或少数几个因素进行制图,土壤制图仅是作为了解和表示土壤某些性质及其地理特点的手段。

2 土壤制图理论基础建立阶段

19世纪80~90年代,道库恰耶夫(В А Докучаев)提出了土壤是一个历史自然体的概念和土壤发生学的观点,创立了土壤地带性、土壤地形学和成土因素、土壤形成等学说,并提出了发生学土壤分类,拟定了土壤与环境联系起来进行分析的土壤调查制图方法^[6,12]。俄国开始由单因素制图转变为以发生学土类、亚类及其续分单位为制图单元的土壤类型制图阶段。在美国希尔加德(E W Hilgard)早就持有与道库恰耶夫类似的分类观点。其后,马伯特(C F. Marbut)提出了以发生学概念为基础的分类方案,后来在美国广为流传,并反映在土壤制图中(基层分类仍保留土系)。与此同时,土壤发生学观点还传播到欧洲和亚洲一些国家,如这一时期我国进行的中、小比例尺土壤制图即有这一观点的反映^[13-14]①。

20世纪30年代,美国学者在土壤制图上出现分歧,美国土壤保持局的学者主张把与土壤利用和保持有关的土壤属性如深度、坡度、质地等分别作为变数进行制图组合,列入制图单元中,用几千个排列组合的结果编制出土地利用潜力等级。而土壤调查局的凯洛格(C E Klogg)等人则坚决主张土壤调查应根据自然特征拟订土壤制图单元,并认为这些制图单元具有广泛的利用价值。争论延续到50年代初期,最后较一致的意见是以土壤属性为制图单元的依据。1935年英国学者米尔恩(G Milne)首先阐明“土链”(Catena)的问题,确定其定义为“在与一定地形条件相结合下土壤剖面一定系列的重复”^[15],并赋予土链有土壤制图单元的意义。他还指出:土链仅仅是土壤组合的一种。后来凯洛格认为在制图中给组合以应有的承认,是土壤调查制图中最大的进步,并在美国开始广泛引用土壤组合为制图单元。同时,法国土壤学家拉福热(Lafforge)等1936年也提出了“土链”的名称,并在土壤制图的内容上特别强调组成成分发生上的相关性。

此外,道库恰耶夫在提出地带性同时提出的土壤地形学(1895年),后来经过西比尔切夫(Н М Сибирцев)、涅乌斯特鲁耶夫(С С Неуструев)普拉索洛夫(Л. И. Прасолов)、格拉西莫夫(И П Герасимов)等人的研究,逐步形成了土壤复域(Комбинация)的概念,认为地形是土壤复域形成的主要因素,并划分出分别与微地形和中地形相联系的复区和组合。涅乌斯特鲁耶夫(1926年)还认为任何一个土壤图都是组合图(这里指广义的组合,即包括复区和组合),提出了土被结构普遍存在的概念,土壤演化与地形演化一起发生的概念等。20世纪40年代还出现了划分不同土被结构类型的土壤图。所有这些都成了近些年来弗里德兰德(В А Фридланд)研究土

①引自马溶之、朱莲青编制的1:1000万中国土壤概图,1941。

被结构图的基础,他对基本土域、土壤复域、土被结构分类、土被结构应用等方面有系统的阐述^[16]。土被结构图也相应地成为苏联土壤制图的一个方向。

这一阶段建立了土壤制图的理论基础,苏、美和一些欧洲国家开展了大量以土地资源评价和土壤改良为目的的土壤调查制图工作,并将土壤图与土壤分类和地理分布规律联系起来。中国、加拿大、新西兰、澳大利亚、非洲南部、非洲东部等也在20~30年代开展了土壤调查制图,先后建立和发展了土壤制图的研究。

3 土壤制图技术革新及制图理论和方法深入研究阶段

1918年美国入科布(W. B Cobb)最早将航空摄影用于土壤制图中,至40年代,许多国家都以航片作为土壤调查的底图。继后,美国又先后研究了航片判读方法。荷兰国际航测中心在总结各国研究成果和经验的基础上提出了航片土壤分析法(即地理比较法)。50年代,苏联运用土壤发生学说和自然景观学说的概念研究了航片土壤判读的原理和方法。其后,航空遥感也同时用于土壤航判制图。这一技术上的革新,大大提高了大、中比例尺土壤制图的速度和精度。随后假彩色片、红外片和各种遥感摄影仪器陆续制成。从美国1972年发射第一颗地球资源卫星后,又使土壤制图进入了卫星遥感技术的新阶段。随着卫星遥感技术和电子计算机的发展,许多国家都开展了卫片目视判读编制中、小比例尺土壤图的工作,一些国家并将以地物波谱特性为主要依据的自动识别分类和制图自动化技术应用到土壤制图中^[17]。我国自60年代以来也逐步运用了上述土壤遥感制图技术。制图技术的这一发展,提高了土壤制图的质量,并促进了新的制图理论和方法的研究。

与制图技术革新的同时,国际上土壤分类理论和方法也在不断推进,美国以属性为依据的“土壤系统分类”在60年代以“草案”方式公布以后影响甚大,它使土壤分类走向量化的途径。土被结构的研究也深入到土壤复域的划分标准、系统及土被的演化、土被结构在生产上的应用等^[18, 19]。格拉佐夫斯卡娅(М А Глазовская),弗里德兰德(1978、1986年)还编制了1:1500万的土壤类型和土被结构两种图式的世界土壤图^[19, 20]。这些都对土壤制图的发展起重要作用。联合国粮农组织和教科文组织编制出版的1:500万《世界土壤图》对加强世界土壤分类和制图的交流起了促进作用。1986年国际土壤参比和信息中心(ISRIC)提出建立“1:100万世界土壤和土地数字化数据库(SOTER)”^[21],把土壤信息与地理信息结合起来,使土壤制图的信息量扩大,将土壤-土地图的编制与建立土壤-土地数据库结合,势必促进土壤制图的定量化和自动化,并推进土壤制图理论和方法的发展。

二、世界土壤制图体系

根据土壤制图的原则和内容,世界各国土壤制图体系主要可分为以下几种。

1 土壤类型制图

土壤类型制图以前苏联为代表^[19, 22-26],日本、越南、东欧^[27-29]一些国家亦采用,我国也较长期采用。前苏联学者主张土壤地理发生分类观点,强调成土因素对土壤形成和属性的影响以及土壤分布的地带性,认为土壤图的编制虽主要是为解决农业生产的一系列实际问题,但还“应该成为进一步从理论上研究作为历史自然体和农业生产资料的土壤的基础^[12]”。格拉西莫夫(1960年)还指出:土壤图本身应是整个地理景观的表达者,在调查制图中广泛应用各种成土因素与众多的土壤形成条件和地理延伸间的相互关系^[22]。故他们以地带性学说和成土因素学说为理论根据,运用地理相关分析法进行制图。土壤图主要以图斑中占优势的单个土壤类型作为制图单元,少数以两个土壤类型构成复区图斑表示。由于高级分类单元与一定的生物气候条件相应,各级分类单

元间有密切的地理和发生上的联系，即使是小比例尺图，经过高度概括，仍多以类型图表示。对于影响土壤形成、分布和农业生产有关的陆地单元如冰川、多年冻土、沙漠等以制图单元或符号标出。

不同比例尺的图适应于不同的生产目的，需要反映科学内容的详度和细度也有所差异。诺辛(B. A. Носин) (1959年)指出^[13]详图可能在图上表示各个面积很小的土壤“斑块”，并可能精确地勾绘较大土壤“斑块”的界线；大比例尺土壤图可以完全揭示土壤组合(大多数是与中地形相联系的)中的土被变化；中比例尺土壤图可以描绘与大地形以及其他同样尺度景观变化相联系的占优势的土壤空间变化；小比例尺土壤图表示占优势的土壤，有时还表示分布上伴随和附属的一种其他土壤。最小图斑面积规定约为0.2cm²。

图例的排列注意反映土壤分布的地理规律性。如小比例尺土壤图往往将平地土壤与山区土壤分开，并标示出土壤的母岩和机械组成。一般先排平地土壤，后排山区土壤，并体现土壤地带的分布规律。如罗佐夫(Н. Н. Розов)编制的1:400万《苏联土壤图》(1954年)和1:1000万《苏联土壤图》(1960年)^[24, 25]即首先分出平原地区和山区土壤两大系列，然后再由北向南和由高向低进行排列。格拉佐夫斯卡娅和弗里德兰德编制的1:1500万《世界土壤图》(1986年)^[20]图例按坐标系排列，水平方向为土壤水分状况，垂直方向为土壤热状况，土壤在按其形成的水热条件分开后，再按土壤形成的总方向(主要土壤过程)划分为发生组，发生组中有数个上图单元，它们一般相当于土类和亚类。

这种图反映的土壤地理分布规律清楚，但图斑范围内土壤组成的定量概念不够严格，特别是比例尺较小时，更难以准确地表示土壤面积。

此外，西欧国家如德国与法国也采取类型或以类型为主辅以组合的制图方式。其图例排列的大顺序按照土壤剖面的发育程序，在制图单元中重视表现母岩类型和质地状况，其清晰明显的程度类似于上述土壤图，但却具有这些国家固有的传统^[30-32]。

2 土壤组合制图

土壤组合制图可以美国和联合国为代表，加拿大、英国、墨西哥等国亦采用^[6, 7, 33-37]。美国学者强调根据诊断层和诊断特性分类的观点和分类的定量化，认为土壤属性的形成与成土因素有关，但不强调土壤的地带性分布^[38]。土壤制图中注重定量的要求，因而一般在最小图斑允许的范围内就可能出现几个需要表示的土壤类型及其他的土地单元，除一部分详图外，土壤图均为组合图。在成土因素学说的基础上，发展为依据土壤景观模式，以土壤景观单元作为组合图土壤制图单元的背景^[39, 40]，根据赫德森(Berman D. Hudson)的认识“土壤景观单元可认为是受一个或多个特定成土因素影响的地貌单元”^[40]。

土壤制图单元的确定虽主要以土壤分类单元为基础，但是制图单元与分类单元在内容上与组成上均有区别。美国土壤调查手册叙及：“土壤图是为表示土壤类型或其他土壤制图单元(与地球表面其他突出的自然特征和耕作特征有关)的分布而设计的”^[2]。制图单元多为两个以上的分类单元或很少有土壤的杂集区所组成，此外，还根据不同的“相”进行区分。“杂集区”(Miscellaneous areas)指劣地、海滩、吹蚀地、火山地、沙丘地、冰川、石膏地等。“土相”(Phases)不属分类单元间的差别，而是对土地利用与管理有重大意义的土地特征，任何分类级别的土壤都可用“相”区分，而且根据不同的调查目的可以确定不同的“相”。如联合国编制的1:500万《世界土壤图》所认定的“相”有水耕、硬磐、脆磐、冻胀、挤压微地形、泛滥、石质、石化铁质、地下水、薄铁磐、砾石、盐化、粗骨、钠质、龟裂、漠境等^[7]。

美国还进一步将组合类型细分为：类似土壤组合(Consociation)——同样的或相似的分类单元或杂集区占优势或同类土壤不同的相所组成；组合(Association)和复区(Complex)——由地理上有