

中国1:100万土壤图制图原则和方法的研究*

李 锦 曹锦铎 王鹤林

(中国科学院南京土壤研究所)

一、前 言

中国1:100万土壤图是国家的基本图幅,其编制的目的在于反映全国和大地区的主要土壤类型,组合及其分布规律,并体现土壤的区域特征,全面展示我国土壤资源的概况,粗略地估计和评价我国土壤资源的数量和质量。它既是编制全国和大地区土壤资源图、土壤性质图、土壤肥力图的基础图,也可为国家及省(区、市)进行自然区划、农业区划、土壤利用改良分区规划提供科学依据。因此,在发展国民经济中,对自然资源的开发利用,农业生产的合理配置,国土整治以及国防建设均有很大的实用价值。同时,对加强土壤分类,土壤分布和土壤制图的研究,以及土壤地理学科的发展也有重要的意义。

土壤制图(包括1:100万土壤图)起源于农业生产的需要,它的发展深受土壤分类思想、分布概念以及制图定量化程度的影响。19世纪中期因受农业地质学派和农业化学派观点的影响,根据土壤的某个性质或某些性质进行单因素制图。19世纪80—90年代以B. A. Докучаев为代表的地理发生学派的建立,促使俄国由单因素制图转变为主要以发生学单个土壤类型为制图单元的综合特征制图阶段,并广泛传播到其他国家。20世纪30年代英国学者Milne提出了土链的概念后,美国土壤制图中开始普遍地应用了土壤类型组合作为制图单元。40年代以来苏联在B. A. Докучаев提出的土壤地形学的基础上,逐步形成了土壤复域的概念,并开始进行土被结构和以土壤复域为制图单元的土被结构制图研究。因而,目前国际上有三种制图体系,(一)以苏联为代表的土壤类型制图;(二)以美国、联合国为代表的土壤组合制图;(三)以苏联B. M. Фридланд等人为代表的土被结构制图〔1〕。

我国土壤调查制图开始于20世纪30年代,解放前小比例尺土壤图仅编制了一些小于1:100万的约图和概图。解放后50—60年代在借鉴苏联发生学基础上,结合自然区划、流域规划、水土保持、荒地开垦、宜林地选择和农业区划,先后编制了新疆、内蒙、东北、江苏、广东、广西、云贵南部、长江流域等省区1:100万土壤图,并编制了更小比例尺的全国土壤图。70—80年代结合土壤资源调查和土壤普查,继续编制了部分省区如宁夏、黑龙江、青海等1:100万土壤图,并进一步编制和出版了各种比例尺全国土壤图。编制中逐步应用了卫片目视判读等遥感技术;在总结和吸取国内外经验的基础上,进行了土壤制图方法论的研究。过去虽然完成了许多省区1:100万土壤图,但对于编制全国1:100万国家分幅土壤图还缺少统一的原则和方法。近年来根据国家科研规划的重点任务,我们进行了这方面的研究,其结果有1980年发表的“编制全国1:100万土壤图的原则和方法试拟”一文〔2〕,1983年在全国1:100万土壤图协作会

* 中国科学院科学基金资助课题。本文是完成中国科学院全国1:100万土壤图科学基金资助项目的阶段工作总结;曾在1985年8月在南京召开的编制中国百万分之一土壤图试点图幅协作会议上进行过交流和讨论。

议上的报告稿“中国1:100万土壤图的制图纲要(草案)”(李锦执笔),1985年在编制中国1:100万土壤图试点图幅会议上的报告稿“中国1:100万土壤图制图规范(讨论稿)”(李锦、曹锦铎、王鹤林)。并于1984年开展了1:100万乌鲁木齐幅的土壤调查制图工作*,根据土壤组合发生的制图原则,采用基本图幅资料,必要的土壤调查,卫星象片判读三者相结合的制图方法,以单区和复区图斑结合的方式制图,取得了干旱地区制图的经验,这些工作为全面开展国家分幅1:100万土壤图的编制打下了良好基础。

二、制图原则和依据

土壤图是以图形的形式客观而概括地反映自然界土壤空间分布的型式和面积比例关系。由于各种土壤在自然界的空间分布以组合形式出现,同时各种组合格局的形成在发生上有一定原因,在分布上有一定的规律性,因此,土壤制图不应简单地表现土壤信息的空间分布和组合现象,而必须以发生学的观点研究图斑内部之间土壤组合的发生原因、土壤组合中组成成分的内在联系以及各种土壤组合的图形特征,并以此为基础,经过科学的综合,将土壤类型、组合的数量范围及其分布规律反映在图上,这种制图原则可称为“土壤组合发生”原则。

1:100万土壤图反映与生物气候条件相联系的土壤广域分布规律,如土壤的水平分布规律,土壤的垂直分布规律,高原土壤的水平和垂直复合分布规律。同时,还反映受大地貌的影响而形成的各种土壤分布的区域性特征,对于与中地形,母质,水文地质条件有联系的中域土壤组合规律也可以单区或复区图斑体现。如在塔里木盆地(干旱内陆盆地)、华北平原(半干旱平原地区),江南丘陵低山(湿润丘陵山区)的土壤分布就各具特色。

编制1:100万土壤图的依据如下:

1. 土壤制图单元以土壤分类系统的相应级别的分类单元或分类单元的组合为基础;
2. 图斑结构和图斑之间的组合以土壤分布规律为依据;
3. 区域性特征根据制图单元的内容、细度以及图斑之间组合形状的差异来体现;
4. 图幅内容的生产性除不同土壤类型本身所表示的以外,还根据所确定的相(phase)和与生产有关的非土壤形成物。

三、制图单元及系统

土壤制图单元是表示图斑内容的单位,它虽主要以土壤分类系统的各级分类单元为基础,但制图单元与分类单元两者并不等同。作为反映在图上的内容,制图单元还应根据制图体系(土壤类型图、土壤组合图、土被结构图等)、比例尺大小、制图目的来确定。

为适应土壤资源清查和利用的目的,1:100万土壤图宜根据土壤组合发生的制图原则,以土壤类型和类型组合作为制图单元的主要内容,并表示其它与生产利用有关的成分,用单区和复区图斑相结合的方式制图,在一幅图上可视具体情况确定各种图斑的具体结构形式。

制图单元的成分除包括相应级别的各种分类单元外,还包括冰川、雪被、盐壳、盐泥、岩石露头等非土壤形成物。此外,可以根据各类土壤及不同地区确定一些相,如侵蚀、石质戈壁、有效土体的厚度等等。它们表明与利用、管理有关的土壤和环境条件上的差异,而不一定属于分类单元之间的差别,每一个分类级别都可以出现不同的相。这些相不作为单独的制

* 由中国科学院南京土壤研究所、新疆生物土壤沙漠研究所、新疆生产建设兵团勘察设计院二分院进行。

图单元，但却是区分制图单元的因素。

制图单元中土壤类型的分类级别大体相应于成图比例尺。分类级别过高，不足以反映土壤的实际情况，过低则图面繁琐、复杂，难以清楚地表示土壤的分布规律。1:100万土壤图的最低一级制图单元一般反映到土属，少数可到土种或亚类，不同地区可不尽相同，大体上山区高于平原地区，农区低于非耕作区。平原区尽量到土属，山区到土属或亚类。

制图单元的等级宜少，系统宜简明。1:100万土壤图采取制图单元与分类单元间等级不一致的方式，使用两级制，第一级为上层制图单元，相当于土类，阐明土壤类型间的发生关系，主要作归纳用。第二级为基本制图单元，即实际上图单元，可以是土属、土种和亚类。在排列上不论是土属、土种或亚类均作为第二级制图单元统一排列。

制图单元系统的排列以正确表现土壤分布规律和图幅内容清晰易读为前提，将分类系统作为结构的基础，但不一定与分类系统排列完全一致，复区图斑中的制图单元依主要土壤成份排在单区制图单元之后。中国1:100万土壤图制图单元中的土壤成分，除将初育土排在前面外，可以按地带性土壤、隐域性土壤的顺序，由北往南，由西向东，由高到低进行排列。而作为制图单元成分的冰川、雪被、盐壳、盐泥等非土壤形成物排在其后。耕种土壤类型能成为独立制图单元成份者如各种水稻土、黑垆土、潮土、灌淤土等，以单区或复区图斑表示，反之，则以各种符号定位或定量标出。高山土壤和分布在垂直带中而水平带没有的建谱山地土壤类型，应作为独立的制图单元列出，如属主要成分，则在图斑中加斜线或山地符号；山地土壤在水平带中有相似类型者，不单列制图单元，但在图斑中也应附加斜线或符号表示。

四、图斑结构和组合

图斑是制图单元在图上所表示的有区界的空间范围，每个图斑均有一定的几何形状和面积。图斑结构是指单个图斑中制图单元存在的基本形式，包括组成分，面积对比关系，结构形成的基础等。1:100万土壤图采取单区与复区图斑兼有的方式，并重视复区图斑中各组成成分之间的联系和组合的发生原因及几何形状。

根据图幅成图比例尺表达的可能性以及编图的目的，首先确定保留的最小图斑面积为0.2厘米²。在最小图斑允许的范围内，土壤类型能够单独表示的则以单区图斑表示，否则以复区图斑表示。一般来讲，在生物气候条件类似的地区，如地形变化不大，或垂直带的更替幅度较宽，在一个带内土壤类型又比较一致，不同类型容易分开者，多用单区图斑；而中域或微域地形变化复杂，母质变异大，或土壤垂直带幅度较窄，或一个带内不同类型交叉分布，或者耕作活动强烈的地区，不同土壤类型难以完全分开表示者，多用复区图斑。复区图斑主要是指在地理上有一定发生联系，并毗连分布的土壤组合。其主要和次要组成分的面积比，初步考虑分别为50—70%和30—50%，农耕地次要成分可到10%，一般土壤为10—30%者可作为在命名上不表示的内含物计算面积。

根据成因，复区图斑可以归纳为地形系列、母质系列、历史演化系列、耕种系列等成因系列，每一系列下可分为许多成因类型。例如：

地形系列下可分为：1. 山地地形高差悬殊垂直带过渡迅速引起的复区图斑类型。如喜马拉雅山南侧边缘山地的黄壤与黄棕壤组合；2. 山区坡度陡缓引起的。如各种山地土壤与石质土的组合；3. 山地坡向差别引起的。如天山北坡的黑钙土(阳坡)与灰褐色森林土(阴坡)的组合；4. 丘陵起伏引起的。如南方丘陵区红壤与潮泥田或冷侵田组合；5. 平原区水分状况

或水盐状况变化引起的。如太湖平原不同类型水稻土的组 合，华北平原潮土与盐渍化土壤的组 合。

母质系列下可分为：1. 风沙覆盖引起的复区图斑组 合。如干旱的塔里木盆地流动风沙土与普 通龟裂土的组 合，半固定风沙土与盐化胡杨荒漠林土的组 合等；2. 侵蚀作用引起的。如西北黄土高原地区的黄绵土与红粘土的组 合；3. 不同母岩交叉分布引起的。如南方丘陵区红壤与紫色土的组 合，中性紫色土与酸性紫色土的组 合。

历史演化系列下可分为：1. 荒漠化作用引起的复区图斑类型。如塔里木盆地普通龟裂土与荒漠化草甸土的组 合；2. 成土年龄不同引起的。如淮北平原的砂姜黑土和潮土，西北黄土高原黄绵土与黑垆土的组 合。

耕种系列下可分为：1. 不同耕种类型组 合的复区图斑类型。如西北干旱区的灌 淤熟化绿洲土与灌淤普通绿洲土的组 合，南方湿润区的潜育性水稻土与潜育性水稻土的组 合；2. 耕种与非耕种类型组 合的。如西北干旱区灌淤绿洲潮土与草甸盐土的组 合，南方湿润区淹育性水稻土与红壤的组 合。

图斑组 合主要是不同规模的土壤组 合规律在图形上的显示。中国 1:100 万土壤图图斑组 合应总体反映土壤的广域分布规律，即土壤水平分布规律、土壤垂直分布规律、高原土壤水平—垂直复合分布规律，而不同地区的图斑组 合则表示土壤分布的区域性特征，如塔里木盆地的环形带状的图斑组 合，横断山脉高山峡谷区的平行状图斑组 合，黄土高原区的树枝状图斑组 合等等。

在编制 1:100 万土壤图时，为了剖析复区图斑的组 成、面积比例和发生原因，研究不同地区图斑组 合的特点，还需要进行典型地区的中、大比例尺的调查制图。

五、1:100 万土壤图制图程序和方法

制图程序分以下四个阶段：

(一)准备阶段 主要是收集资料，分析资料，勾绘影象图和做好编图与野外工作的物质准备，准备工作的好坏直接影响到下步工作的进行，甚至影响到土壤图的质量。

1. 收集资料

(1) 专业资料收集：编制 1:100 万土壤图需要收集已有的中、小比例尺土壤图以及有关的调查报告、文献资料。图件比例尺一般 1:20 万到 1:100 万之间为适宜。还需收集与编制土壤图有关的邻近学科的资料，其中包括地貌图、地质图、第四纪地质图、水文地质图、植被图、森林图、草场图、土地利用图、气候图等及有关的文字资料。

(2) 卫片的收集：卫片是编制和修编土壤图的重要资料。收集时特别要注意卫片质量，即信息损失少，图象清晰易读，层次丰富，反差适当，无云或少云。还要注意收集各地区不同时期的卫片，特别是不同地区最适当的时相，以便取得较多的信息。

(3) 地理底图的收集：以国家测绘总局新编 1:100 万与 1:50 万地形图作为工作底图和制作出版底图的基础。为了剖视典型地段土壤分布情况，还需收集部分航片，以便进行大、中比例尺土壤图的编制。

2. 资料分析

(1) 将收集到的各种资料仔细研究分析，通过读图和比较来评定内容质量，从而确定基本资料、补充资料、参考资料。在图历簿中对三种资料使用情况写出说明，并作出基本图幅

资料略图。为便于编图，应将基本资料图件通过照相或静电复印统一成1:50万过渡图，并转绘到1:50万晒蓝聚脂片上。

(2) 参阅各种图件文字资料，熟悉地区基本情况，了解土壤大致分布规律，拟订初步的土壤制图单元系统。

(3) 对卫片初步判读：首先在假彩色合成卫片上打好经纬线网；然后在卫片上判读地理要素，如水系、水库、居民地、道路、地貌等，并对应地形图加以显示，同时将名称注于卫片上同一要素旁；接着应对卫片影象色斑、图型等进行判读，判读的方法是从大到小，由粗到细，从地貌到土壤，逐级勾绘出深、浅、暗、淡各种色斑图型，初判出的这些色斑、图型，有的就是土壤界线，有的可能不是，这均有待在野外建立判读标志后加以判断。通常，这些界线都需转绘到1:50万晒蓝聚脂片上。但在土壤资料充足的部分尽量勾绘出土壤界线，而不充足的部分则先勾出不同的自然景观界线。

(4) 分幅设计书的编写：通过资料分析和卫片初判，编写分幅设计书。设计书是根据统一规范编写的一份体现该幅土壤图区域特点、编制方案和预期成果的重要文件。

(二) 野外调查阶段 野外调查的目的是：对已有编图资料加以验证；对资料不足的地区作补充调查；建立土壤卫片判读标志；分析区域土壤分布规律及土壤组合特点。

根据对卫片初判进行布点和考察路线的选择。考察路线应选择交通便利，能穿越较多的地貌类型、母质类型、植被类型，而且在卫片影象上色调变化也较多，这样能反映较多的土壤类型，易于掌握土壤分布规律。

对资料较差地区重点进行野外工作，研究各种土壤类型的特征及其分布规律。在资料较好地区，将卫片影象与基本土壤资料对照起来判读，利用卫片修改土壤界线。

为了建立土壤判读标志，必须解剖典型地段，详细记载土壤剖面特征、地形部位、地表植被、母质类型、并与卫片影象色调进行相关分析。

(三) 编制阶段

1. 1:50万土壤过渡图的编制：

(1) 在室内初判与野外工作的基础上确定土壤制图单元及其系统。将各种图件资料统一为1:50万，其制图单元应与新拟订的制图单元系统相对应，并作出统一对照表。

(2) 进行室内判读：根据野外路线调查或典型解剖地段掌握的判读标志，结合地形图、地质图、植被图及利用现状图等资料，进行综合分析，并对不同时期卫片影象色调进行对比分析，进一步判读土壤内容，整理修改卫片初判的土壤界线。

(3) 编制1:50万土壤过渡图：由于各地原有资料情况的不同，所采用的编制方法也不完全相同，可分为两种情况：A. 资料较好地区。以基本图幅资料为主，结合卫片和野外调查材料在1:50万晒蓝聚脂片上进行编制。B. 资料较差地区。以野外调查材料为主，结合卫片和补充资料进行编制。在编制中对规定标准以下的最小图斑舍去，面积虽小但在分布上或生产上有特殊意义的土壤可适当超标准保留或以符号表示。

上述两种情况编制时均须转绘到地形图上。其转绘方法是采用塑料片蒙脱。对基本资料转绘必须以地形图的经纬网和地物要素作控制，逐块转绘；对卫片的转绘要有相应地形地物作必要的控制，若影象变形较大时，必须在卫片和地形图上选择相应的同名地物约9—12个点作控制，并分成小块逐个转绘，以便保证精度。

(4) 对编成的四幅1:50万土壤过渡图进行接边与初审。图幅内容必须达到正确完整，界线精确清楚。审完后即着墨。

2. 1:100万土壤图的编制:

(1) 制图综合: 在1:50万土壤过渡图编制完成的基础上, 照相缩小成1:100万土壤草图, 在蓝图上根据1:100万土壤图图例系统和制图规范要求进行制图综合。通过综合与取舍, 要求仍能客观地反映自然界土壤的几何特征、面积对比、组合状况和分布的规律性。

制图综合取舍的途径和方法是: 以最小图斑面积和基本制图单元的土壤分类级别为基础, 从内容综合、面积综合、图形细部综合三个方面加以概括。具体说即以高一级的分类单元归并低一级的分类单元; 以面积大的图斑归并面积小的图斑; 与地形底图相应, 舍去单个图斑次要的、非本质的碎部, 保留基本的、典型的和有特征性的部分。综合的结果除主要以单区图斑和复区图斑表示外, 在生产上和分布上有意义的过小图斑可用非比例符号定位标出, 复区图斑中所表示的土壤类型最多不能超过三个。此外, 还有质地、相、非土壤形成物等均按统一符号表示。

(2) 图幅接边: 全国1:100万土壤图共有79幅, 涉及接边的有64幅。相邻图幅接边的原则是南边幅去接北边幅, 东边幅去接西边幅, 迟完成的图幅去接先完成的图幅, 接边处留出2厘米。当接边处土壤情况不一致时应认真研究, 在精度允许误差范围内(0.2厘米)可以直接接边, 若超过允许精度范围较大, 则根据资料斟酌或协商解决, 或去野外核实。接边完成后, 各类型线都应对应连接, 代号一致, 没有矛盾。

(3) 土壤面积量算: 为摸清全国各类土壤资源面积, 提高土壤图的利用率, 各分幅图编制完成后, 都要进行面积量算, 求积方法待进一步探索。

(4) 撰写分幅说明书: 在编绘完成后, 必须写出该幅图的说明书, 阐述区域概况、土壤特点及其分布规律、编制方法和存在问题等, 补充土壤图内所不能表示的内容。

3. 地理底图及其内容的选取: 本图采用国家测绘总局新编1:100万地形图为地理底图, 它是正轴等角圆锥投影。东西按经差 6° 分带, 南北按纬差 4° 分带。幅内以经、纬差 1° 分格, 注有经纬度注记。

由于地理底图是专业地图的骨架, 同时又是专业地图数学基础的体现, 所以除选择资料现势性强, 地理要素准确而完备, 符合工作需要的地理底图外, 对地理底图要素的选取, 也直接影响到土壤图的质量, 十分重要。

图上地理要素的选取依工作底图和出版底图而不同。前者需要保留等高线、水系、较多居民地和沙漠、沼泽等特殊地物区界等等要素, 以便控制专业内容的编制, 一般就采用现行地形图, 不作取舍。后者主要保留能够论证土壤地理特征的要素, 即与土壤图内容最密切的地理要素如水系、主要交通干线、一定数量的居民点(原则上选取县以上的居民点, 在人烟稀少处可选取到县以下, 必须时还需选取一些级别低但对土壤分布有意义的居民点。), 方便读图的注记符号, 以利突出专业内容, 使土壤图清晰易读。

4. 完成1:100万土壤图编绘原图: 土壤图主要由土壤专业内容和地理要素两大部分组成。土壤专业内容由制图单元和图斑来体现, 制图单元是图斑所包含的内容, 图斑是制图单元在图上所表示的有区界的空间范围。地理要素对专业内容起定向和定位的作用, 有助于揭示土壤分布与自然环境之间的相互关系, 在一定程度上可以间接校核专业内容的准确性。因此, 土壤专业内容是核心, 地理要素是骨架, 两者相辅相成。此外, 为了更好地表述图幅内容和精度, 还须配置一些更小比例尺的地势图、政区图、资料图等, 这些图与图例系统和其它内容均排在图廓外适当位置。还可根据情况考虑作某些土壤性质图如质地图, 一些较大比例尺的典型地区土壤图。同时还要完成面积量算和分幅说明书的撰写。

(四)清绘、制印与出版阶段

1. 清绘: 1:100万编绘原图要严格按照出版要求清绘, 为了保证图幅质量和套合精度以及清绘工作的方便, 采用分版刻绘。

2. 出版前的准备: 清绘完成后到送印刷厂之前的这一阶段工作称为出版前的准备。它包括照相、翻版套合成全要素图、晒蓝(或打样)、彩色设计、分色样制作等, 这里简述总色样的设计与分色样的制作如下。

(1) 总色样图的制作: 颜色的配置一般要求能反映土壤分布规律, 作到整个图幅色彩协调美观, 科学内容清晰。设色多数选择与土壤本身颜色相近, 部分使用习惯色。暖热地区用鲜艳色, 温凉地区用灰暗色, 低地用蓝绿等湿润色, 高地用灰蓝、灰绿、灰紫等寒冷色, 水稻土用蓝色, 旱地土壤用黄绿色。上层制图单元以不同色调分开, 基本制图单元以同一色调的不同饱和度区别, 但考虑到颜色太繁杂, 只区分到亚类, 同一亚类下的土属可以同色。1:100万国家统一分幅土壤图, 图幅与图幅之间有着密切的联系, 因此, 在设色过程中, 必须考虑整个64幅图面颜色的协调性与一致性。设计时参考门赛尔卡及有关色标, 逐步制作出1:100万国家土壤图总色标。

根据以上原则作总色样。总色样是印刷配色网线的依据, 印刷图的颜色基本上与总色样相近, 所以须认真制作。可以根据全国土壤图总色标作2—3份图, 相互进行比较, 选择其中理想的一份作为厂方配色的依据。

(2) 分色样图的制作: 在总色样的基础上, 制作分色样, 分色样包括线画、符号、注记分色样和图斑普染色分色样两种。它们的分版数取决于总的设色的多少, 采用多层平面印刷。

3. 制印与出版: 清绘原图, 分幅说明书, 总色样, 分色样经检查验收后即送工厂制版、打样、印刷。

参 考 文 献

[1]李锦, 土壤制图学的研究概况及其发展。土壤学进展, 5期, 1—11页, 1983。

[2]李锦、曹锦铎, 编制全国1:100万土壤图的原则和方法试拟。土壤, 3期, 88—91页, 1980。

土壤信息

某些尼日利亚土壤的热传导率、 热扩散率和热容量

20种质地不同(从砂壤到粘土)的土壤处于不同的起始含水量时, 进行热性质的测定。从热传导率的结果来看, 它随土壤含水量增加而增加, 在试验的含水量范围内, 粘土较砂土具有较低的热传导率。含水量为0.02—0.16立方厘米/立方厘米时, 热传导率(毫卡/秒·厘米·℃)范围为: 砂壤从0.37到1.42, 壤土从0.37到1.90, 砂粘壤从0.38到1.71,

粘土从0.39到0.41。土壤中热传导率在含水量低时差别较小。在含有 ≤ 1 厘米粒径砾石的土壤较没有砾石者热传导率低得多。Ghuman, B. S. 和Lal, R. 在田间测得的热传导率较实验室测得的为低, 说明原位测定土壤热性质的必要性。

砂土或壤土的热扩散率随含水量增高而增至峰值, 以后逐渐下降。富含粘粒的土壤并不出现明显的热扩散率的峰值。除粘土外, 从测得的热传导率和热扩散率的数值计算容积的热容量与用de Vries方程式估算的土壤组分的容积分数十分一致。风干后湿润粘土的热容量较砂土为高。

(刘志光据Soil Sci. 139:74—80, 1985)