

土壤调查中若干技术问题之我见

王浩清

(中国科学院南京土壤研究所)

摘 要

文章就土壤调查中有关土壤分类单位和制图单位、制图比例尺的选择、调查路线的间距、剖面的数量、土壤界线及精度等技术问题表述了作者的见解。

土壤调查是土壤地理研究法的主体。目前,很多国家都编制了土壤调查手册或规范,指导土壤和土地资源调查工作。但由于土壤是一种特别复杂的自然体,土壤工作者必须不断地探索和发展土壤调查的新的理论和方法。

我国全国性和地区性的土壤调查工作发展很快,在实践中经常发现习用的土壤调查方法和精度要求,无论是理论根据还是可行性方面,都有一些很值得进一步探讨的问题。本文择举数例,借以谈谈个人之拙见。

一、关于分类单位和制图单位

土壤分类单位与制图单位常被混为一谈。其实,二者是既有密切内在联系又有实质区别的两个概念。分类单位侧重表现的是对象的内涵,即侧重阐明对象具有的性质或特征,是比较抽象的概念。制图单位侧重表现的是对象的外延,是对象的性质和内容的形态实体,必须隐含和指示人们在野外如何去寻找和表现它们。所以,将分类单位转化为制图单位或按任何其他原则制定制图单位时,特别要考虑这些制图单位在自然界尤其是在一定的调查地区实际存在的种种具体情况,即它们在实地的面积大小、形状、分布、与相邻非土壤物体的相互位置关系,以及整个调查区土被的几何学复杂程度,它们与自然景观的相关性及其表露程度等。制图单位的地理学属性,是建立土壤调查制图方法论的基础。这也是调查者正确选择工作底图(包括航卫片)和比例尺,设计调查方法,估计工作难度和工作量等等的基本根据。

制图单位与分类单位之差别还在于它们的内涵宽窄可以不同。将分类单位转化成制图单位时(即使是同一等级的转化,例如由土种级分类单元转化为土种级制图单元),二者在内涵方面可能出现三种不同情况:制图单位的内容可以等于、或多于、或少于分类单位的内容。例如,一个分类体系的土种单位,规定要包含肥力程度、发育程度和土体构型三个分类因素,但将之转化成相当于土种级的制图单位时,制图单位所包含的内容却可以有一定程度的变动:可以就是这三个因素;也可以除此之外再增加若干其它因素;也可以减少一个或两个因素。根据内涵与外延成反比的逻辑规则,制图单位的内涵 $>$ 、 $=$ 、 $<$ 分类单位的内涵,则制图单位的实地面积(或图斑面积)便 $<$ 、 $=$ 、 $>$ 分类单位的面积。这样,调查者便可以根据调查的目的要求,调查地区的具体情况和实际的技术条件等,权衡需要与可能,来确定制图单位的

具体内容。例如，西藏农地土壤普查中，从强调生产应用目的出发，应作到土种一级。但由于现有的工作底图只有1:5—10万的地形图，这样小的比例尺与土种单元的细小实体不匹配，不适宜按土种的三个分类因素作图，因为图斑太小。于是，制图单位只选用与当地生产关系最密切的土体构型一个因素作图，而对每个土壤剖面的分类则仍按划分土种的三个因素进行详细的调查研究和记载。又如，江西红壤生态试验站作1:1000土壤详查，土壤分类至变种，但所拟的制图单位却是除包括变种的全部分类因素外，还增加了非分类因素的其它内容，如地类、微地形坡度、侵蚀、排水状况等。这就是说，分类单位虽是制图单位的基础，但制图单位却不必完全受到原来分类因素的严格限制和束缚。但分类单位不具有这样的自由度。处在某个分类系统中的任何一个分类单位，都有其严格而完整的概念和定义，分类的原则、依据和标准都有统一的规定，是不可任意增减和修改的；否则，或者它就不再是什么分类学单位，或者就破坏了整个分类系统。

另外，制图单位在表现形式上也有其特点。制图单位作为一种土壤地理体，它可以有“纯度”之言，它可以被分割也可以被组合，甚至包括非土壤物体，而且可以仍是同一等级上的制图单位。但分类学单位没有这样的特点。

由此可见，制图单位除对分类单位存在一定的依存性外，它更有其自己的独立性。它是土壤制图学研究和工作的直接对象。

二、关于制图比例尺的选择

土壤调查人员都很重视图件比例尺的选择。但是，采用多大的比例尺才最为适当，目前还没有充分理由的说法和标准。而且，由于自己专门测图十分困难，一般只能使用测绘部门现有比例尺的图件。因此，即使是执行同一规范的土壤调查，各地使用的比例尺也会相差很大。例如，在全国第二次土壤普查中，上海市采用的比例尺是1:2000，而西藏则是1:10万。

我们认为，一幅土壤图如果绝大部分图斑其面积在1—25cm²之间，若长条形图斑其宽度也在1cm左右，则整个图面就显得既结构紧凑又清晰明瞭，而会使读图人产生最佳视觉效果和便于实际使用。能产生如此效果的图件比例尺则为最佳比例尺。如果所用比例尺使绝大部分图斑>100cm²，则整个图面结构就显得甚为松散，也很浪费纸张。相反，如果绝大部分图斑<1cm²，则整个图面结构又显得过于密集紧缩，既不利于读图，又会给制图工作带来

表1 制图单位在实地和图上的面积

| 实地 比例尺 (亩) | 图上 (cm ²) | | | | | | | | | | |
|------------------|-----------------------|------|------|-------|------|-------|------|------|-------|-------|-------|
| | 小图斑 | | | | 中图斑 | | | | | 大图斑 | |
| | 0.05 | 0.1 | 0.25 | 0.5 | 1 | 2 | 5 | 10 | 25 | 50 | 100 |
| 1:2000 | 0.03 | 0.06 | 0.15 | 0.3 | 0.6 | 1.2 | 3 | 6 | 15 | 30 | 60 |
| 1:5000 | 0.19 | 0.38 | 0.94 | 1.88 | 3.75 | 7.5 | 18.8 | 37.5 | 94 | 188 | 375 |
| 1:1万 | 0.75 | 1.5 | 3.75 | 7.5 | 15 | 30 | 75 | 150 | 375 | 750 | 1500 |
| 1:2.5万 | 4.69 | 9.4 | 23.4 | 46.9 | 93.8 | 187.5 | 469 | 938 | 2344 | 4688 | 9375 |
| 1:5万 | 18.75 | 37.5 | 93.8 | 187.5 | 375 | 750 | 1875 | 3750 | 9375 | 1.88万 | 3.75万 |
| 1:10万 | 75 | 150 | 375 | 750 | 1500 | 3000 | 7500 | 1.5万 | 3.75万 | 7.5万 | 15万 |
| 1:20万 | 300 | 600 | 1500 | 3000 | 6000 | 1.2万 | 3万 | 15万 | 15万 | 30万 | 60万 |

许多技术上的麻烦。这都是比例尺选用不当造成的不良结果。

根据最佳比例尺的概念，可以从表 1 查找到所需要的最佳比例尺。具体在一个地区进行土壤调查制图时，先经路线调查或典型解剖，经验地估计待查地区绝大部分制图单位的实地面积，在表 1 中对上 1—25cm² 范围的图斑面积，其所指的比例尺即为最佳比例尺。

最佳比例尺的选择主要取决于所拟制图单位的实地面积，由表 1 可知，二者的对应关系如下：

| | | | | | |
|---------|------|---------|----------|---------|-------|
| 图斑实地面积： | 几亩 | 几十亩 | 几百亩 | 几千亩 | 几万亩 |
| 最佳比例尺： | 1:2千 | 1:5千—1万 | 1:1—2.5万 | 1:5—10万 | 1:20万 |

据此很容易判断制图比例尺上出现的问题。例如，西藏尼木县土壤普查结果，全县 6 万亩耕地共 167 个图斑，平均一个图斑相当于实地 360 亩，应选 1:1~2.5 万比例尺制图最合适。但因错用 1:10 万比例尺，结果 95% 的图斑面积 < 1 cm²，60% 的图斑 < 0.25 cm²。图斑过于细小密集，很不便于读图和使用。相反，江西红壤生态试验站大部分制图单位的实地面积为几十亩而采用 1:1000 比例尺制图，结果大量图斑 > 100 cm²，该图可以缩成 1:5000。

另外，根据制图单位的地理学特点与比例尺和图斑面积的内在关系，还可大致判断土壤调查制图中的工作质量问题。例如，有人作 1:20 万的土种级调查制图，而图上频频出现 > 25—50 cm² 的图斑；考虑到一个土种在实地广延 15—30 万亩者实属罕见，便可以怀疑其野外土壤调查工作可能做得过于粗放了。

三、关于调查路线的间距

规定调查路线的间距，一向被认为是保证调查质量的重要措施之一。各种调查手册和规范，都列有路线间距的标准，并且都与调查比例尺是一一对应的〔1~3〕。

我们认为，正确确定路线间距的基本根据也是制图单位在实地的面积大小，而与比例尺关系不大。如果是大比例尺常规土壤调查，一般可以绝大部分制图单位实地面积的平均直径作为调查路线的间距。只要制图单位及其内容一旦确定，它的实地面积等外在的地理学特征就已确定不变，要在实地调查它，路线就要经过它。比例尺只是在图上改变它图斑面积的大小，而并不影响实地调查的效率和质量。例如，若调查对象大多为 300—400 亩，即 500 × 500 m²，合适的比例尺可有 1:1 万、1:1.5 万、1:5 万三种。按苏联的规范①，与这三种比例尺对应的是三种不同的路线间距：500m、900m、1250m。我们认为，这三种比例尺都应当同样取 500m 的间距，否则就会造成漏查。换成其它更大或更小的比例尺调查，也是 500m 路线间距不变，只是图斑面积太大或太小罢了。但是，工作底图的指示信息，自然景观的指示程度，以及调查人员的知识和经验等，凡是一切能够在空间广度上提高调查效率的因素，都能在一定程度上允许扩大调查路线的间距。单以比例尺来建立与之对应的路线间距标准，是缺乏理论根据的。

四、关于剖面的数量

已有的土壤调查手册或规范，在路线间距和剖面数量之间，更强调后者对调查质量的保

① 农垦部荒地勘测设计院，土壤调查讲习班资料汇编，1956。

证作用。因此，几乎所有的调查手册或规范，也都毫无例外地列有各种土壤调查所要求的剖面数量，而且也都因比例尺不同而有不同的数量标准〔1,4〕。

但是实际上，规范上列出的剖面数量标准并不是普遍适用的，调查人员往往总是凭自己的经验自作主张，因而实际的剖面数量则差别很大。例如，苏联“大比例尺土壤制图手册”规定，作1:5000比例尺调查时，一个剖面代表150亩面积①；但在阿塞拜疆作同样比例尺的调查，却是0.3亩就挖一个剖面(包括钻孔)〔5〕。差别如此之大，事实上就否定了规程按比例尺大小对剖面数量要求所作的机械规定。

野外土壤调查制图，主要任务是调查和确定土壤类型，找出土壤单位的界线，并保证图斑具有一定的地理纯度。在技术上，主要是通过两种方法来实现：首先是经验观察，其次是挖坑打钻。经验观察法，就是观察自然景观对土壤的指示作用，利用逻辑判断来完成对制图单位的定性和定界。如果自然景观对制图单位的定性、定界和地理纯度的指示作用，或者客观上显示不出来，或者主观上把握不住，则调查者面前的土被就犹如是一个“黑箱”，就只好通过开挖剖面来解决问题。如果每一个制图单位所对应的土壤地理体都是一个“黑箱”，则所需挖的剖面数量便与图斑数量成倍数相关。一个调查地区的图斑数量，取决于制图单位的分类级别、内容、数量，以及一切影响土被分化的成土条件的复杂程度所制约的土壤的复杂程度。经验表明，任何人在任何地区从事土壤调查制图，都必定是经验法和剖面法两种方法的同时混用；而且，这两种方法被使用的程度和效果，都必定是因人因地要密切受到主客观多种因素的强烈影响。从主观因素说，调查者之间由于知识、经验、技能的人际差异很大，不同人即使对同一地区调查，他们各自运用经验法而可以省挖的剖面钻孔数量差别甚大。从客观因素说，不同地区之间由于土壤情况的复杂度以及景观对土壤的指示度和土壤“黑箱”的秘密度差异很大，即使是同一个人作同一种类同一要求的调查，他在不同地区所必须挖的剖面数量也必差别很大。不难理解，影响剖面是否要挖和要挖多少的各种主客观因素，都是因人因地因技术条件而异的随机变量，而且跟调查比例尺无多大关系。所以，统一而硬性规定剖面数量标准并又机械地跟比例尺大小对应起来，是缺乏理论根据的。

否定硬性规定剖面数量并不是否定剖面数量的重要性。我们只是指出并强调，保证土壤调查质量所必须的剖面数量，是个因多种因素影响的不定数。这里我们指出一个公式，试供调查人和成果质量鉴定人计划估算和合理判断剖面数量时参考。公式如下：

$$T = 5A - B + a + b$$

式中T——所需剖面总数，包括钻孔的观察点；A——调查地区土壤图图斑总数；5——系数，指对每个“黑箱”图斑至少要5个剖面才能揭开，其中1个剖面定土壤类型，4个剖面控制东南西北四个方位定土壤界线；B——可省剖面数，即调查者运用自己的知识和经验(主观因素)，在室内根据工作底图(包括航、卫片)及其他技术资料的指示信息(技术条件)，在野外根据自然景观的指示作用(客观因素)，确有把握确定不需要挖的剖面数量；a——因面积过小等原因而没有上图因而在土壤图上没有图斑的土壤分类单位数；b——在省挖的B数中需要采土分析的剖面数。

显然， $T = 5A - B + a + b$ 不是一个数学公式，它不能精确地计算出剖面数量；但它是一个思维公式，它提醒调查人要对每一个图斑负责并告诉怎样去做。

五、关于土壤界线及其精度

通常以为土壤界线是一简单而明瞭的问题，其实不然。大家熟知的土壤调查手册上对土壤界线概念的表述，就很容易产生歧义理解，并往往影响野外制图对土壤界线精度的正确掌握。现以表2为例来谈两个问题。

表2 土壤界线精度标准

| 苏联大比例尺土壤调查制图规范〔5〕 | | 中国第二次土壤普查技术规程〔2〕 | | |
|-------------------|---------------------|------------------|---------------------|----|
| 野外土壤显示特点 | 勾划土壤界线的最小精度(图上, mm) | 土壤界线的明显程度 | 划分土壤界线的最低精度(图上, mm) | |
| | | | 地形图 | 航片 |
| 明显看得到的 | 0.5—2.0 | 明显看得见的 | 2 | 1 |
| 明显的 | 2.0—4.0 | 明显的 | 4 | 3 |
| 不明显的(逐渐过渡) | 8.0—10.0 | 不明显的(逐渐过渡) | 8 | 8 |

(一)关于土壤界线的概念 从表中所谓“土壤显示特点”、“明显看得见的”之类表述来看，这些调查规范所说的土壤界线是指从地面景观中所看出来的界线。这样，土壤界线就有两种歧义概念：一为土壤的“实体界线”，即土壤实体本身的界线；一为土壤的“映象界线”，即土壤在景观“镜子”里间接显示出来的界线。这两种概念在野外土壤制图中都被普遍应用着。经常采用的挖土查界和景观判界方法，就是分别对土壤实体界线和映象界线概念的具体应用。而且，由于挖坑打钻寻找土壤界线甚是费力费时，远不如景观判界来得简捷，故野外制图大量使用的是景观判界方法，挖土查界只是不得已而为之。可能是因为这种原因，使得上述调查规范忘掉了土壤实体界线的概念。实际上，只有土壤实体界线才是土壤界线的本义概念；由景观形态间接显示于地面之上的映象界线，不是严格意义上的土壤界线，它只是在某种意义某种程度上指示土壤因而有助于寻找土壤界线的一种线索。况且，景观与土壤之间的相互作用关系极为复杂，景观可能指示土壤也可能不指示土壤；地面景观的映象界线与地下土壤的实体界线，可能重合(平面镜原理)也可能很不重合(曲面镜原理)。由此不难理解，作为土壤调查规范，把土壤界线精度建立在景观映象基础上，首先在概念上就产生了很大误差。谈土壤界线精度问题，必须首先把土壤界线的概念归正到土壤的实体界线之上。尤其是大比例尺调查制图，在野外借助景观显示特点进行土壤制图的可能性和准确度都较小，技术规范就更应强调土壤实体界线的概念和特点。

(二)关于土壤界线的明显程度及其与土壤界线精度的关系 土壤的实体界线和映象界线都有不同的明显程度可分，且是互成交叉复合的关系。如按习惯将实体界线的明显程度分为三个水平：a明显、b较明显、c不明显；相应地，映象界线也分三个水平：a'明显、b'较明显、c'不明显，则在自然界即可看到九种情况：aa'、ab'、ac'、ba'、bb'、bc'、ca'、cb'、cc'，其中最普遍的是aa'、ab'、ac'、bb'、bc'、cc'六种。例如，砾底壤土和均质壤土的实体界线很明显(a级)，其上作物长势一差一好也很明显(a'级)，是为aa'型组合；如果对砾底壤土特别科学管理和培肥，致其上作物生长与均质壤土一般无异，则就变为ac'型组合。ac'型组合说明，景观显示土壤不明显，不等于土壤本身的界线也不明显。又如，北方水旱田与旱地，一侧植稻一侧种棉，景观界线分明(a'级)，但其下土壤界线不明(c级)，可仍属同一

土种,这是ca'型组合。ca'型组合说明,景观形态殊异,而土壤界线却可能是不明显的逐渐过渡的。以上九种情况,对于自然土壤也屡见不鲜。

由此可见,土壤调查规范根据景观显示土壤的映象特点来制订土壤界线精度标准也是不妥的。土壤界线精度的实质,只能是土壤实体界线的精确程度;而土壤映象界线及其明显程度的意义,仅是使调查者在野外寻查判断土壤界线和保证其精度,在方法手段上有难易之分。若按界线的明显程度划分精度标准,则应按土壤实体界线的明显程度将上述九种情况分为如下三档:1.明显的——aa'、ab'、ac';2.较明显的——ba'、bb'、bc';3.不明显的(逐渐过渡)——ca'、cb'、cc'。

参 考 文 献

- [1] Академия Наук СССР, Руководство по Полевым Исследованиям и Картированию Почв. Изд. Академии Наук СССР, 1959.
- [2] 全国土壤普查办公室, 全国第二次土壤普查技术规范, 农业出版社, 1979.
- [3] K. W. G. Valentine 等, 加拿大土壤调查详度级规范, 国外农学——土壤肥料 No. 1, 1987.
- [4] A. B. Соколова Руководство по Составлению Почвенных и Агрохимических карт. изд. «когос» 1964.
- [5] Г. И. 格里戈里也夫等, 大比例尺土壤制图, 科学出版社, 1975.

(上接第293页)

黑绵(钙)土 是区内山前黄土丘陵上段的土壤类型。分布高度随地势高低而异,东部偏低,海拔2400—2700米,西北部偏高,海拔2900—3500米,当地惯称“脑山地区”。在垂直分布关系中,往上与山地草甸土相接,往下与栗绵(钙)土相连,阴坡有时与少量森林土壤灰褐土组成复域。面积小,分布零散,很少有整片带状分布出现。灰棕色(7.5YR⁴/2)腐殖质层厚40—80厘米,有机质含量在6—17%之间。其下不明显的钙积层,由白色石灰斑点、假菌丝与淡灰黄色黄土母质组成,含碳酸钙10—20%。阴坡含量偏少,部位偏下,石灰泡沫反应微弱,而阳坡则反应强烈。据此分为淋溶黑绵(钙)土和黑绵(钙)土两个土属。

现将8个代表剖面的主要性态分别列于表2及表3,以资对照。

综上所述,笔者认为,草原土壤土纲包括多腐殖质的黑钙土、黑绵(钙)土、黑垆土、栗钙土、栗绵(钙)土和少腐殖质的棕钙土、灰钙土等7个土类。

参 考 文 献

- [1] 中国科学院内蒙古宁夏综合考察队、中国科学院南京土壤研究所, 内蒙古自治区与东北西部地区土壤地理, 科学出版社, 1978.
- [2] 中国科学院南京土壤研究所黑龙江队著, 黑龙江省与内蒙古自治区东北部土壤资源, 科学出版社, 1984.
- [3] 蔡凤歧, 对我国黑钙土分类问题的商榷, 土壤通报, 6期, 1981.
- [4] 全国土地资源调查办公室, 中国土壤分类系统(第二次土壤普查分类系统)修订稿, 1984.
- [5] 全国土地资源调查办公室, 《中国土壤》分类系统表(第二次全国土壤普查汇总), 1988.
- [6] 宁夏回族自治区农林局综合勘察队, 宁夏土壤与改良利用. 宁夏人民出版社, 1974.
- [7] 中国土壤编写领导小组, 中国土壤(初稿), 1975.
- [8] 马裕之、席连之, 甘肃西部与青海东部之土壤及其利用, 土壤季刊, 3卷3—4期, 1943.
- [9] 青海省尖扎县农业区划委员会, 尖扎县农业区划, 甘肃张掖地区河西印刷厂, 1983.
- [10] 青海省同仁县农牧业区划委员会, 同仁县农牧业区划, 西北电业职工大学印刷厂, 1981.
- [11] 青海省湟源县农牧业区划委员会, 湟源县农牧业区划, 兰州部队八一印刷厂, 1983.