

遥感与抽样技术在柴达木盆地 西部土壤普查中的应用*

齐 同 光

(中国农业科学院土壤肥料研究所)

卫星图象能够宏观而连续地显示土壤分布状况和地表特征,通过地学综合分析和地面抽样验证,可快速、高精度地完成大面积制图任务,从而大大节约外业工作量和经费,特别是在交通阻塞的边远山区和荒漠地带更能发挥遥感制图的优越性。鉴于此,我们于1987和1988年在开展柴达木盆地西部格尔木市、芒崖、冷湖、大柴旦三镇的土壤普查中,全面应用了遥感和抽样技术。

一、测区范围及概况

此次调查范围包括E96°以西青海省海西州所辖的一市三镇(格尔木市、芒崖、冷湖、大柴旦三镇),总面积17万km²,涉及的卫片16景,其编号与位置如图1所示。

柴达木盆地系青藏高原北缘一个全封闭型的高原性内陆盆地,地域辽阔,矿产丰富,水草丰美,具有发展工业、农业和牧业的巨大潜力和广阔前景。但气候寒冷干燥,盐矿广布,戈壁沙滩绵延,盆地的土壤分异规律复杂多样,形成一系列荒漠土壤;盆缘及唐古拉山区土壤垂直分化明显,形成了高山土纲的独特土壤类型。过去,这一地区被视为“世界最荒凉的区域”之一,至今仍有不少地方人迹罕至,土壤状况更鲜为人知。

二、土壤解译程序和方法

遥感图象解译须建立在可靠的理论和实践基础之上。为此,要运用不同时期、片种、不同比例尺的遥感资料进行对比分析,同时,必须进行典型抽样综合研究。柴达木盆地土壤普查是该区空前的大型专业性调查,对青海省而言更属首次,为保证调查精度,我们采用了遥感图象多阶抽样与数理统计多层抽样技术相结合的解译制图方法。

遥感图象多阶抽样与解译内容如下:

1. 利用1/50万MSS卫星影象图进行宏观分层解译。主要从地貌解译入手,对山地、地带性土壤及水成、半水成和盐碱土系列的大区景观轮廓进行解译,其主要作用在于色调分层,起到大区景观分类的作用。

荒漠区中小比例尺卫星图象对大区景观轮廓反映清晰,利用1/50万卫星影象图从宏观角度研究区域景观特征及解译土壤系列的大区边界具有良好效果。调查区的山地、洪积扇、风沙带、低湿积盐区以及自东而西植被类型的过渡演替关系在卫星图象上呈明显的连续边界,

* 参加海西州格尔木市、冷湖、芒崖、大柴旦镇土壤普查制图工作的还有协作组的部分同志,特致谢意。

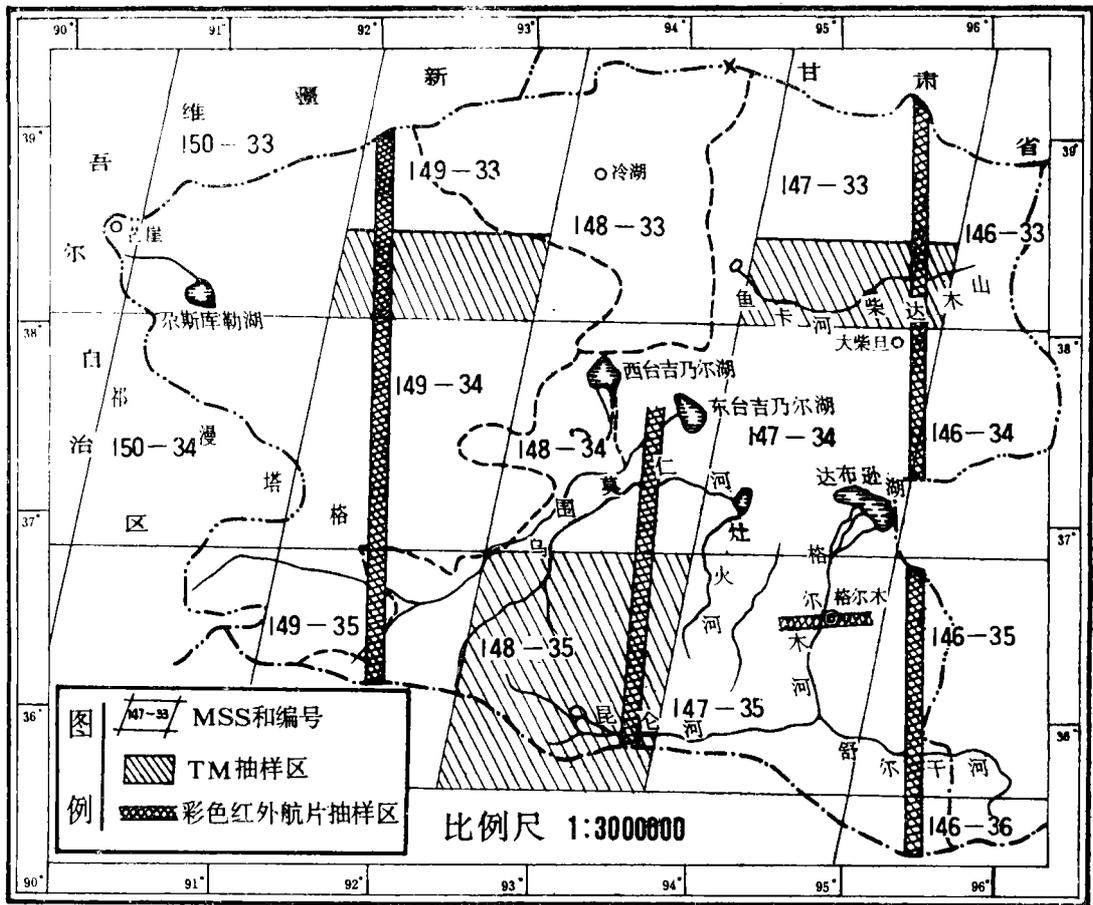


图1 柴达木盆地遥感测区编号图

从地貌解译入手，可将各个土壤系列的大区边界精确地勾绘出来，从而为进一步深入解译和接边奠定基础；对碎部的解译也起着重要的宏观控制作用。

2. TM抽样解译土壤区域类型组合。在控制解译的基础上，分别对山地、盆地和风砂盐碱3个典型区进行TM抽样，旨在研究和解决不同类型区土壤类型组合及其空间位置的上下承接关系。抽样面积近6万km²，约占总调查面积的30%，专题制图仪(TM)图象空间分辨率30×30m²，影象清晰，小区景观单元界限明显。解译过程中，采用TM图象与透明地貌图迭合法，使遥感信息与地理背景信息相结合，对土壤区域类型组合特点，各个土类、亚类的影象特征及其所处空间位置、上下交换关系进行了详尽的剖析，并依据路线调查及已有的土壤资料，分析专业要素的发生特点，分布规律和成土条件及其与影象、地理信息的对应关系，最后建立土壤解译模式，为全面的内插外延提供依据。在地理信息支持下，使土壤分类精度大为提高，约97%的图斑可以初步定性。

3. 土壤模式解译。在1/20万假彩色卫片上，依据TM抽样所确立的解译模式(色调、图型)及地理背景(海拔高度、所处地形部位及土壤制图单元之间的交接关系)，对影象进行色调和饱和度分层，内插外延勾出全部土壤边界，并对所绘图斑综合分析定性，以不同注记表示其定性的可靠程度。

4. 彩红外航片抽样进行植被和农区土壤解译。航片抽样的目的是：(1) 提供难以实地调

查的某些风砂、沼泽、雅丹地貌及高山区的卫片土壤解译的依据；(2) 为农区以土种为上图单元的详查提供航判资料；(3) 通过航判补充和完善，TM抽样所确立的土壤解译模式之不足。为此，布设3条彩红外航片象对抽样带，南北纵切盆地，格尔木农区彩红外片全覆盖。航判结果表明，彩红外航片以鲜明的色别显示出不同植被类型、耕作特点、地表状况和土壤湿度的差异，为难于进入区土壤碎部解译提供了可靠依据，卫片难以反映的细节，航片上清晰，农田灌排渠系，土壤盐化程度，作物种类和长势均历历在目。航判使卫片土壤解译成果得到进一步验证和补充，同时也为保证农区土壤详查的精度提供了可靠的底图。

三、实地抽样验证

土壤调查中有关土壤剖面数目和采样点的确定历来是依据土被复杂程度，按“代表面积”或“典型地形部位”而定的，因而具有很大主观性。为了充分地利用卫星图象、彩红外航片和地面抽样3种信息，通过实地验证对解译成果得出一个客观而全面的评价，我们在土壤模式解译的基础上，按概率 $P=90\%$ 的统计精度，试用数理统计抽样技术，确定土壤剖面数量和布设验证点位，以期最后根据验证结果对总体解译精度给予一个实事求是的评价。其具体步骤如下：

(一) 剖面抽样数量的确定

首先在解译图面上随机布置5条断面，然后分别统计各个土类在每条断面上的图斑出现率，得出每类土壤频数的一组数据： $x_1, x_2 \cdots x_5$ ，作为统计小样本。

则样本均值 $\bar{x} = \frac{\sum x}{n}$ ；其标准差 $S = \sqrt{\frac{\sum (x - \bar{x})^2}{n - 1}}$ 。

确定必要抽样单位数的重复抽样公式为： $N = (tS/L)^2$ ；当概率 $P=90\%$ ，样本 $n=5$ 时，则 $t=2.13$ ；给定极限误差 $L=3$ (即标准差的倍数)；然后将 t 、 L 及各组样本标准差 S 代入上式，即可求得各分类单元应抽验的断面数 N ；将 N 值乘其样本均值 \bar{x} ，即得每个分类单元所需抽样剖面数目。

通过计算，验证剖面共计187个，为保证调查精度乘以20%的保险系数，则地面抽样221.4个剖面，即可达到90%以上的验证精度。

(二) 抽样点位的布设

由于各个土类均有统计上的剖面数，因此在解译图上按下述原则布设面点位：(1) 严格保证各土类剖面总数不变，但应兼顾验证亚类和部分土属的需要；(2) 点位以随机配置方式进行，但要兼顾图面平衡，并力求反映点位之间的地形断面关系和影象特征的代表性；(3) 考虑到本区地理和交通条件的限制，点位的具体布设，允许在图斑内作必要的位移。

四、主要土壤类型的卫片解译标志举例

与航摄资料相比，卫片的宏观解译效果更好，更能全面地反映土被影象和土壤——植被垂直带谱，本区土壤遥感制图的实践表明，在荒漠区，航片和卫星影象对自成土、半水成土、新积土、风沙土、盐碱土以及灌溉土壤的反映十分清晰，依据其解译标志和图斑所处地理背影，大都可以有把握地定性。为避免卫片成相的差引起的色调变异，色调均以彩红外航片显示的色调为准。现把调查区卫片土壤影象解译标志列举如下(表1)。

表 1

紫达本盆地区土壤类型解译标志举例

土壤分类单元			解 译 标 志	
土 纲	土 类	亚 类	地理背景与遥感图象可显示的土被特点	影 像 特 征
高 山 土	高山寒漠土		分布于唐古拉山、昆仑山和祁连山雪线以下高山带,下接高山草甸土,地形多为分水岭脊线或古冰川台地,植被盖度1~2%,土层浅薄,地表多角砾。	色调青灰色,一般沿白色冰川下缘分布,角峰,刀脊发育、坡陡。
	高山草甸土	高山草甸土	分布于海拔4900~5300m高山带阴坡,小蒿草密生似毡。	全覆盖,红色,均匀,呈条带状。
	高山草原土	高山草原土	分布于高山草甸草原土和高山荒漠草原之间,所处地形为宽谷与湖盆,植被以紫花针茅为优势种,土表无草皮层,常为碎石,浮沙覆盖,可见黑色地衣结壳。	黄色调,间有淡色条纹。
钙层土	棕钙土	淡棕钙土	分布于昆仑山、山间盆地、海拔3200~3600m,植被为荒漠化草原,地表有荒漠结皮。	红黄色,均匀。
漠 土	灰棕漠土	灰棕漠土	分布于都兰至怀头他拉以西的洪积扇下部的戈壁滩,植被稀疏,地表满布砾石,亚表层有浅灰色蜂窝状结皮。	青灰黄色,多呈扇形,上下略有差异,向下过渡明显。
	荒漠盐土	干旱盐土	主要分布于盆地四周洪积扇中段,地形起伏,盐分积累已不受地下水影响,植被极少,有盐结皮。	背景灰色,可见云雾状花斑。
水成土	沼泽土	草甸沼泽土	分布于唐古拉山及昆仑山和排水条件较差的宽谷和山间盆地,植被茂密。	紫红色,全覆盖。
初 育 土	风沙土	固定风沙土	分布于盆地纲土带上部和山麓背风坡,生长柽柳,在雅丹地貌区出现盐壳固定风沙土。	灰色背景散布红色斑点或斑块,有波纹图型。
	粗骨土	钙质粗骨土	分布于干旱山地,薄层为AC土,一般多系第三纪或老第四纪基岩风化物,坡陡侵蚀严重,有稀疏植被。	黄色,不同的第三纪岩层色调略有变异,沟壑多呈树枝状。

五、解译精度分析

经过为期3个多月,行程近万公里的野外调查和地面验证,设典型样区27个,实挖土壤剖面256个,采土样1000余个,均已超过前述原订方案,达到全面验证解译成果精度的目的。

在遥感土壤制图中,剖面数量常因主、客观条件不同而有很大出入。剖面测算可用下列公式表示:

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

式中: T——理论上所需的剖面总数; A——检查解译图斑总数; 5——系数,指一个图斑内应有1个诊断剖面 and 4个定界剖面; B——调查在运用遥感资料和地形图的指示作用下,能够正确无误解译定性的图斑数; a——因面积过小等原因而未上图的土壤分类单元数; b——B中需采土分析的剖面数。

此次土壤调查,自然土壤的上图单元为土类和亚类。图斑的定类和纯度的确定,由于可运用发生学分析以及起决定性作用的景观指示作用,因此用200多个剖面进行验证基本上可以说明问题。

由统计结果看出,不同土壤类型的解译程度略有差异,自然土壤的图斑的定量精度达95%以上,定性精度达90%。在发生学土与成土条件密切相关的土壤定性定量误差极小,如高山土纲,水成、半水成土纲,初育土纲和新积土等。而以诊断土层划分或地表特征不明显

的土壤则易误判，例如灰棕漠土及棕钙土的各个亚类。这些定性定量误差均在调查后予以改正和补漏。

这次土壤遥感制图的情度所以较高的原因在干：(1) 所用遥感资料新，质量高，片种多，并采用点面结合的多层抽样法。从而充分发挥了各种遥感信息的长处，保证了解译详度；(2) 解译过程中，采用了遥感信息与地理信息迭合法，有利于图斑的综合分析定性；(3) 这次土壤调查主要制图单元为土壤的高级分类单元，而漠境和高寒山区土壤分类本身，尤其是土类亚类，与景观单元密切相关，二者甚至相吻合。利用植被、地形、地表特征、水文条件和盐化程度在航、卫片显示清晰的影象进行地学相关分析，不同影象特征区基本可正确区分和定性。

在柴达木盆地土壤普查中应用遥感和抽样技术的调查结果表明：(1) 荒漠区土壤分类特别是高级分类单元与景观单元密切相关，甚至高度吻合，遥感土壤制图不仅在分类精度和图面详度较常规调查显著提高，同时不受地理条件限制，利于大面积快速成图；(2) 目视解译与多层抽样技术相结合，充分利用航、卫片和地面抽样 3 种信息，可用少量的样点，有效地控制方差，获取大面积的统计精度；(3) 遥感信息与地理信息复合是土壤解译提高保证率的必由之路。在地理信息控制下，发展多种遥感信息的综合分析方法是今后提高土壤分类精度的发展方向。

参 考 文 献

- [1] 李子喜，森林资源遥感发展的特点，遥感信息，第 4 期，科学出版社，1986。
- [2] 杨绉章，青海柴达木盆地沙漠考察，治沙研究，第 3 期，1962。
- [3] 中国科学院数学研究所，常用数理统计表，科学出版社，1974。
- [4] Morrison, D. F., Multivariate statistic method, Mcgraw Hill. 1975.