

用遥感技术清查县级土地资源的实践

李 锐 宋桂琴

(中国科学院西北水土保持研究所)

提 要

县级土地资源清查,是与国民经济建设密切相关,且是迫切需要解决的问题。遥感资料为此提供了丰富的信息。据我们十几年的实践,遥感技术与常规地面调查相结合的方法,既能保证精度,又缩短了调查周期,是一种经济有效的方法。在今后相当一段时间内仍将广泛适用。主要作法是:1、建立资源卫星影像和航空象片解译标志;2、在卫片上判读I、II级土地类型;3、选择样区进行实地调查;4、航片细部判读与转绘;5、以土地类型为基本单元进行土地潜力评价;6、量算面积和编写报告。

土地资源调查的任务是清查土地的数量、质量、空间分布和演变规律,以及利用现状和存在问题,提出改造利用方向和途径。以县为单位的土地资源清查工作正在全国广泛开展。由于我国地域辽阔,土地类型复杂,加之我国土地科学研究基础比较薄弱,只有采用先进的遥感技术才能既保证调查精度,又缩短调查周期,以适应国民经济建设的新形势。过去十几年间,我们在陕西省安塞和宁夏回族自治区固原等县搞土地资源调查中,采用了遥感资料判读和常规调查相结合的方法,取得了比较理想的结果,现介绍一些我们的作法。

一、陆地卫星影像概略判读

我们选用的资料是陆地卫星(Landsat)多光谱影像。这种影像是多光谱扫描仪对地面扫描并记录多光谱信息的结果,是地面真实景观的缩影。它综合地显示了地面所有特征,内容丰富,现实性强,有利于进行综合分析,对于划分I、II级土地类型更有其优越性。

(一)制作卫星影像略图(以下简称略图)。由于黄土高原地貌类型复杂,并且在很大程度上制约着土地其它因子的形成与变化。我们选取了地貌特征显示比较清楚的七波段卫片,放大到1/50万,并将调查区内图象镶嵌起来,制成“略图”。这种“略图”与一般线划图比较,可以更好地把局部和整体、图形和地物的影象结合起来,更具有直观性和真实感,便于综合分析和认识全县土地的总特征。

(二)绘制土地类型综合剖面图。为了更详细地了解全县土地的概况,并找出土地类型的分布规律,我们用地形图和卫星影象图绘制了全县8条土地类型综合剖面图(包括纵向和横向)。海拔和坡度由地形图上量测,植被类型、地面物质组成、土壤、土地利用现状直接或间接由卫片上判读。从固原全县8条剖面图可以看出,该县地形高度可分出5个梯阶。各级梯阶上分布有各具特色的土地类型组合。

(三) 建立卫片解译标志。我们采用的是目视判读方法，将4个波段的黑白片和假彩色合成片进行综合分析。有两种方法可供选择或相互配合：一是由大到小逐级细分（也称分解法），先按总体特征，依据最明显的影象差异划分出Ⅰ级的土地类型，然后再进一步依较明显的特征在每一大类里划分出次一级类型，依此类推，直到不能再分为止；二是由小到大逐级合并（也称合成法），先将影象上可辨别的差异部分勾绘出来，然后再把有某些共同特征的部分逐级合并。我们在固原县采用的是前一种。对该县“略图”稍加分析就可以看出，全县可分成三种差异明显的类型：西北部影象表面光滑，色调均匀，水系不具或少具分支，在6月份获得的MSS 5影象上可以看出，沿河流两侧分布有许多形状规则（多为矩形）的黑色斑块；西南部影象色调较其它部分深，纹理杂乱，特别是分水岭附近，很难分清水系的来龙去脉，色调转换比较鲜明，地面显得非常破碎，在MSS 4和MSS 5上都可以看到两条平行的、走向近似南北的深色条带；其余部分则是灰白相间的色调，水系纹理清楚，或如树枝状，或如梳齿状，有的地方还夹杂一些色调比较均匀的条带状影象。这三种影象特征分别表示了三个土地系统，即河谷平原地、山地和丘陵地。我们又进一步在每一类中细分出了Ⅱ级类型。现将12个土地类（Ⅱ级）的影象特征简述如下：

1、阶地类。色调为均匀的灰色，分布有形状规则、色调较深的斑块，靠近河床间或有浅色、形状不规则的斑点，水系分支明显减少。

2、台塬地类。色调较阶地稍暗，有稀疏的沟道分支，立体观察可看到地面有向河沟倾斜的趋势，总体看起来犹如微风吹起的水面，微波连绵。

3、石质山地类。色调较深，转换明显，显得有棱有角，分水岭附近水系杂乱无章，山脊线难辨。

4、土石山地类。与石质山地影象特征不同的是山脊线可明显看出，水系能分辨清楚，末级支流短小。

5、山前土石丘陵地类。色调较山地浅淡，大的沟道近乎平行，有的是深灰色条带状，有的形似龙爪。沟间地有一些深色斑点。

6、宽谷低丘陵地类。在县东南部靠近土石山地下部，好象有几条“人参”横放在那里，这里河谷发育较宽，川台地面积较大，沟间地比较窄，与支沟合在一起犹如一个短齿梳子。

7、残塬丘陵地类。除具一般黄土丘陵地特征外，在分水岭处出现一些形状不规则，连成片的灰色影象，这是经流水切割的黄土塬地。

8、深切丘陵地类，分布在县东部，沟谷切割较深，南岸坡缓、梁长、沟直，多呈黑白相间的平行条状，形如一个长齿梳子；北岸坡短，色调较浅。

9、中切丘陵地类。主要分布在小川河中游，地形切割破碎，部分沟道较宽，形成几条浅灰色条带状影象。

10、浅切丘陵地类。分布在该县黄土丘陵区的河源部分，沟壑密度较小，梁峁宽平，色调较浅，明暗转换不甚明显，看起来模模糊糊的，水系多为歪头树枝状。

11、低山丘陵地类。在该县黄土丘陵区的中北部有几座隆起的低山，使这里兼有土石山地和黄土丘陵两种类型的影象特征，明暗转换比较明显，水系不如其它丘陵区规则，末级支流短小，但可以看到梁脊的影象。

12、砂黄土丘陵地类。北部靠近风砂区，土壤砂性大，风蚀比较严重，气候干旱，地形破碎，梁短峁多，色调较浅，沟道较窄，但分支多，影象显得模糊。

上述解译标志仅仅是简略描述，在判读过程中还要充分利用有关资料进行综合分析。这里没

有提及假彩色合成影象，原因是处理条件不同，扫描季节不一样，彩色效果有很大差异，难以定出一个通用的标准。上述黑白片的解译标志，具有很强的地域性和季节性，在判读分析过程中不能生搬硬套。

二、样地详查

第一步只是提供了一个“骨架”，要弄清土地的全部性状，必须在各土地类中选择有代表性的地段进行样地详查。主要包括以下几项工作：

(一) **绘制样区航空相片判读草图**。这项工作主要是在室内进行，选出样区范围内的航片后，通过目视判读勾绘出土地类型界线，并用蒙绘法描绘到透明纸（或聚脂薄膜）上。描绘时要尽可能将可判读地物绘出，并加必要注记，以便现场核对修改。

(二) **绘制样区土地类型综合剖面图**。到样区后，首先进行踏勘，校核并填绘航判草图，其次选择能包括该地区主要土地类型的断面进行实地测量，也可以由地形图和航片配合完成。通过调查将土壤、植被、土地利用现状、地面物质组成等特征填到图上。这样就把各类土地中土地类型的组合、相对位置及其主要性状搞清了。在此基础上拟定出全县土地分类系统。固原县土地分成了三大系统、12个类和14个型。同时根据调查的土地利用现状拟定土地利用现状分类系统。

(三) **建立土地类型航空相片解译标志**。样地详查的一项非常重要的工作是建立各种土地类型的航片解译标志，为大范围判读提供依据。解译标志的建立，需要室内外结合，常常需要把航片带到现场进行野外判读，建立地物与航片影象之间的对应关系。地面景观是一种宏观现象，可以直接由航片上看出。地面景观又是复杂的，它由地质、地貌、土壤、植被、水文等因素组成。这些因素在相片上的反映是不同的“色”和“形”。这二者是判读的基本依据。“色”是指“色调”，它是地物反射和吸收光谱特性的记录，表现在相片上是由浅灰到深灰以至黑色的一系列色调。这些色调是相对的。由于摄影时地表水分状况、气候条件、地形部位以及相片处理技术的不同，同一类型的土地可表现出不同的色调，所以必须结合其它因素仔细判断。“形”是图象的形状，有圆形的、方形的、弯曲的、直线的，有条状、带状、片状，等等，多种多样。即使是同样的形状，由于量度上的差异，也代表不同的地物，如带状的宽窄，片状的大小等。以上这些都是直接标志。由于土地本身就是一个综合的体系，单纯依靠这些标志是远远不够的，更多的时候是采用综合性标志，即直接标志和间接标志相结合。

现将固原县主要土地类型及其利用现状的航片解译标志总结如下：

1、沟谷平原地系统，一般为均匀的浅灰色调，呈宽带状分布，地面宽度几百米以至几千米，中间夹有河流。农田防护林、道路以及渠系将其分隔成规则的网格状，与其相邻的山地系统、丘陵地系统界线明显。其中主要有川地型和台塬地型。

川地型主要分布在黄河一级支流——清水河两侧，台塬地或川台地地坎以下，或直接位于沟抓地坡脚线以下，河岸线以上，呈宽条带状，表面光滑，色调为均匀的浅灰色；有作物覆盖时为暗灰色，水田呈深灰色，被渠系、林网和道路划分成规则的几何图形；地表平坦，无侵蚀沟，立体观察几乎看不出有坡度。在川地下面，河滩地位于河流的凸岸，因为被沙砾覆盖，对光的反射强，因此色调明亮而浅淡。

台塬地型主要分布在清水河河谷的中游川地上方，比较开阔，色调较均一、浅淡，地面被道路和地埂分成较规则的田块，切沟已有三级以上分支，地面坡度多在 5° 左右，有的可达 10° 以上。

2、黄土丘陵地系统，从宏观上看是大大小小的沟谷布满地面，除大沟谷内有些川台地外，其余均如波涛起伏的大海，沟谷两侧深浅色调转换明显，坡顶基本是圆滑的、隆起的盖状，色调转换和缓。

川台地型系统，主要分布在黄河三级支流红河和茹河两侧，地面景观与川地相似，只是宽度次之，没有防护林网，道路也只是田间小道。

台地位于川台地上方，即川地上缘与坡脚线之间，若无川地则位于坡脚线与沟岸线之间。从相片上看，色调较均匀，地面比较平坦，立体观察时可看出有缓坡，一般是 5° 左右，高出河床十几米至数十米。切沟将其分割成不规则的小块，雨后有的地方出现浅沟，下缘往往被吞食成锯齿状。上缘为由深到浅的色调转换线，下缘近似一条黑线——陡坎的阴影。

塬地型。所处位置与川地相反，川地低于周围，而塬地高于周围地面，塬面坦荡，坡度一般小于 5° 。固原的塬地属于残存的小块塬，无渠道，塬边坡度大，沟头发育活跃。塬坡很陡，崩塌严重，两切沟之间的塬坡经多年垦种已成阶梯状，田埂呈大致平行的弧形。

壕掌尚地型。壕掌尚地为古代沟谷被黄土性冲积物所填充的平坦谷底，沟口较宽，向里逐渐变窄，两面向中间略有倾斜，地块呈规则形状，大多数已被现代沟谷切入，而且沟头发展很快。从1958年和1979年两次拍摄的航片量测结果看，该区沟头每年平均延伸5.32米，有的可达10米以上。还有一种壕掌尚地，位置较高，周围几个崩连在一起，都向中间倾斜，坡度在 10° 以下，地面开阔平坦，色调浅淡均匀。

山谷台掌地型，位于切沟沟头，是原来的壕掌地被侵蚀后残留的。切沟两侧的台地与沟掌地剩余部分连在一起，构成了犁铧状的外形，地面向沟底有倾斜，色调浅淡，田块规则。

梁崩坡地型。谷缘线以上至崩顶统称为梁崩坡地，外表浑圆，色调较沟爪地浅，表面光滑，阳坡比阴坡更浅，色调转换部位是梁脊，坡面上浅沟呈深色条纹，凸形坡的条纹为扇形放射状，多在梁崩伸出的坡咀部位。扇形收拢状的凹形坡，多在冲沟沟头上方，沿坡面平行分布的为直斜坡，沿等高线方向常有弧形条纹，这是天然地坎。

沟爪地型。谷缘线以下至坡脚线之间的地段，坡度 35° 以上，是各种侵蚀最活跃的地段，色调较深，向光坡和背光坡分别呈暗灰色和深灰色，沟道密布，有的呈相互平行的条纹；有的已将坡面切割得支离破碎，呈明暗相间的斑块状。如果有石头出露，影象中有明亮的、有棱角的斑点，没有侵蚀沟的条纹。立体镜下的沟爪地非常陡峭。

3、山地系统。山地高度较丘陵的大，沟道短而直，从航片上看，一面坡上色调较均一，阴阳坡明显，坡脚线清晰。山脊线和谷底线多呈折线形，分支短而少。

在土地类型图的基础上，再配合航片判读土地利用现状，是很简便的办法。因为在黄土丘陵区谷缘线以上的梁崩坡地基本上都是农地，间或有些撂荒地。下面叙述几种土地利用现状的影象特征。

农地。川地、川台地、台地、台塬地、壕掌尚地、山谷台掌地等，除村庄占地外，基本都是农用地。谷缘线以上的梁崩坡地是农林牧都可以占用的土地。色调浅、表面光滑是没有覆盖作物的农地；色深而均匀，边缘整齐是覆盖作物的地块；色调居这两者之间，而且不均匀，与阳坡沟爪地色调较一致的是撂荒地。

林地。梢林的影象是在一片暗灰色的底色上密布着黑色麻点，在立体镜下可看到树冠拔地而起。人工幼林树冠很小，可以看到较有规则排列的小黑点，果园是规则排列的黑点；这两者的区别可参考周围环境。果园一般座落在背风坡，且离居民点较近，坡度也较平缓，或已修成梯田。

牧地。黄土丘陵沟壑区的沟抓地、土石山地、石质山地，都是放牧场所，灌木或草被覆盖的地面呈暗灰色，立体观察有绒毛感。

居民点。在川台地上多为规则的小长方块整齐地排列着，比较容易判读。但在山坡上的窑洞就需综合判读。一般都在阳坡，而且尽可能靠近沟的下部，以便取水。一个居民点就是一片黑色斑点，多数是树木的影象。沟抓地上的土窑洞能看见人工挖掘的陡壁的阴影。村庄周围有辐射状的道路。

道路。公路为淡灰或灰色、宽度均匀的线条，弯曲处圆滑，路两旁行道树清晰可见。乡村土路为弯弯曲曲不规则的淡灰或灰色细线条，都与居民点相连。

三、判读与转绘

确定土地类型分类系统和建立航卫片解译标志之后，就着手进行判读与转绘。目前转绘的方法很多，除了较先进的计算机自动绘图以外，常用的还有光学法、图解法等。但目前在我国，限于条件，目视手工转绘仍然是主要手段。黄土高原沟道纵横，沟底线、山脊线、坡脚线等交织在一起，构成了天然的控制网，这就为手工转绘提供了极方便的条件。只要相片质量较好，判读界线准确，底图选择合适，再加上作业者仿绘能力较高，这种手工转绘的精度完全能满足要求。

1、I、II级土地类型的判读与转绘。转绘I、II土地类型时，我们以卫片判读为主，局部地方参考了航片。卫片比例尺小，地面分解力较低，这就限制了地形、地物细部的显示，但这也并非没有益处。由于这些细部反映不出来，那些在地面上逐渐过渡的地理现象，在卫片上就能显示出明显的界线。这是卫片的优越性之一，称之为概括性。先根据土地类型解译标志进行卫片判读，并参考其它有关资料确定土地类型界线，用彩色笔在“略图”上绘出，然后根据影象与地形图上相应的地物将界线转绘到地形图上。

2、III、IV级土地类型的判读与转绘。转绘III、IV级土地类型时，我们以航片判读为主。首先根据建立的航片解译标志在航片上将土地类型界线绘出，然后再转绘到地形图上。为了提高速度，我们还采用了参考航片，在地形图上直接勾绘的方法。为了验证这种方法的精度，我们首先选取样方，以1/5万地形图上的公里网格为界线，每个样方为16个公里网格。每张地形图选5个。在每个样方范围内分别用航片和地形图勾绘出地类界线，然后将这两张图进行对照。结果表明，在地形不太复杂、地类界线较明显的样方，两张图的土地类型界线比较吻合。当然，这与作业者技术水平的高低及其对作业区土地的熟悉程度有很大关系，不同作业者之间判断的差异是误差的主要来源。为了减少这种误差，我们采取两条措施：一是建立规范，统一勾绘标准，比如坡度指标（等高线的密度）、末级冲沟沟头位置和线条的弯曲程度，等等；二是同一张图要先后经过两个人判读和勾绘，这样既可将遗漏或错判部分补充和修改，又能促使两个人的判读勾绘标准趋于一致。

当然，在判读转绘过程中会碰到一些难以判断的界线，这就要综合使用解译标志，必要时还需要到野外校核确定。将土地类型界线转绘到地形图上后，再根据拟定的分类系统编号注记，就制成了土地类型图。

以土地类型图为基础，将调查和判读的土地利用现状逐块填绘，并根据土地利用类型分类系统将土地类型界线合并或修改，就制成了土地利用现状图。

四、土地利用潜力评价与分级

在调查了土地的各种要素，并绘制出土地类型图和土地利用现状图之后，就要逐类型对其适

宜性进行评价,并按所拟定的分级指标进行潜力分级,编制土地潜力分级图。限于条件,目前我们尚不能直接用遥感技术拟定分级指标,只能为遥感技术的应用打个基础。分级指标另有专文介绍。

五、量算面积和编写调查报告

量算面积的方法很多,我们采用了方格法,分幅量算,以每一幅的理论面积作控制进行平差。调查报告中除了对土地的数量、质量、分布规律、利用现状及有关的社会经济因素进行全面论述外,还要提出土地利用和保护的原则意见。我们还对该县进行了土地合理利用分区。

从我们所取得的成果看,在县级土地资源调查中,将卫片、航片判读和常规地面调查相结合,完全可以收到比较理想的效果。这种方法不仅速度快,成本低,而且能保证一定的精度。象固原这样一个面积较大的县,我们4—5个人,内外业总共不到4个月就初步完成了。得出的数据与该县实际情况基本符合。我们对几个点的土地利用指数进行了抽样调查,结果与图上量算的数字完全吻合,使全县土地资源的一笔糊涂帐基本搞清。总之,现代遥感技术为资源调查和专题制图提供了客观现实性强的第一手资料,这必将在我国目前广泛开展的县级土地资源调查中发挥极大的作用。随着传感器的改进、解译技术的提高,特别是电子计算机制图技术的发展,一定会为遥感技术在土地调查中的应用开辟更广阔的前景。

(本工作由巨仁同志主持,参加工作的还有冯茂功等同志)

COUNTY-LEVEL LAND RESOURCES INVENTORY USING REMOTELY SENSED DATA

Li Rui Song Guiqin

Northwest Institute of Soil and Water Conservation, Academia Sinica

Abstract

County-level land resources inventory has been regarded as one of the nation's priorities. According to our practices of more than ten years, remotely sensed data can provide abundant information for this work, and we consider that Landsat image and airphoto interpretation in cooperation with the traditional method is an effective and economic way, and would be the main approach for land resources inventory in the near future. Our main procedures are:

(i) Landsat image interpretation and working out the highlevel land classes; (ii) Using airphoto and field check in the sampling areas to complete the land classification system, and establishing the interpretation criteria as well; (iii) Airphoto interpretation and transferring of land type and land current use; (iv) Land capability evaluation on the basis of land type; and (v) Measuring of area and compiling of reports involved. The final results include 3 maps(Land Type, Land Current Use and Land Capability), land resources inventories and reports. During the last several years the results mentioned above have effectively and successfully been used by the local authorities.