

# 遥感影像在土壤解译编图中的应用——以南京幅山东省部分的卫片应用为例

蒋蔚然

(山东农业大学)

## 摘 要

本文介绍了遥感影像在土壤解译编图中应用的原理及其具体工作过程和步骤。

## 一、引 言

南京幅1:100万土壤图中的山东省部分位于本幅的东北部。约占全幅面积的四分之一。属华北地区,为暖温带半湿润季风气候,东部受海洋影响较为湿润。全区垦殖系数较高,平原农田密布。本区地带性土壤有棕壤、褐土,还分布有潮土、砂姜黑土等土壤。

为编制1:100万南京幅土壤图,我们于1985年下半年接受了编制山东省部分1:50万土壤过渡图的任务\*。主要采用卫星影像目视综合解译配合有关资料和野外考察编制方法成图。本文仅将应用卫片进行土壤解译编图过程和体会加以论述。

## 二、原理与实践

**(一)卫片土壤解译编图的基本原理** 卫片目视土壤解译是建立在地物电磁波辐射理论基础上的。由于不同地物发射、吸收、反射、散射和透射电磁波的波长和频率不一样,这些差异以不同形态和色调的图象信息特征真实地记录在卫星象片上。人们据此通过不同的解译方法识别不同的地物,其中当然也包括土壤这一特定地物。

由于土壤上覆有植物,大多数情况下其特征不能在卫片上直接反映。但土壤是在各自然成土因素和人为活动的综合作用下发生、发展和演化的,是自然景观的组成部分,也是自然景观的一面镜子。成土因素的变化导致土壤的变化和景观的差异。因此,在一定的意义上,景观加剖面就是土壤。为此,我们通过卫片影像特征先解译景观类型,分析各种景观要素特点,推断土壤分异规律、确定土壤类型,勾绘土壤图斑,再配以典型地段实地调查,就能绘制出需要的图件。这是卫片土壤解译制图的基本方法。

**(二)卫片土壤解译编图过程** 卫片土壤解译编图需在结合野外工作和已有的成果资料,建立判读标志,掌握土壤分布规律的基础上进行。

### 1. 准备工作:

(1) 搜集和评选卫片。选择影像清晰、色彩丰富、层次分明的卫片是土壤目视解译的基

\*编图工作是在山东农业大学副校长李永昌教授主持下进行的。

础。我们搜集有本区1:100万、1:50万的黑白片、假彩色合成片和印刷合成影象图,有MSS图象和TM图象。此外,还有济南幅、徐州幅1:20万假彩色片。并以第5颗陆地卫星象片和部分TM图象作为解译主片,同时也选择应用了部分MSS 4个波段的黑白片。

(2) 制作卫片略图。主要是为了获得对编图区域的宏观总体印象。所用卫片为1:100假彩色影象图。制作时将相邻象幅的城镇、水系等按经纬线进行细心调整,使其大致对好镶接而成。

(3) 检查卫片比例尺。所用卫片是由原片放大而成,其比例尺的精度对编土壤图影响甚大,必须认真检查。具体方法是:A.分别量测卫片和同比例尺地形图上三个以上同名地点的直线距离,并加以比较,若点间距离近时,距离基本相等;点间距离远时略有误差方可应用;B.将透明聚脂片地形图覆于同比例尺卫片之上分块与同名地物的卫片影象对准,基本无误差时也可应用。

(4) 确定地型底图,搜集参考资料。以1:50万聚脂片地形图作为转绘土壤图斑界线的地理底图。其它参考资料有1:5万、1:20万地形图、1:100万地貌图、1:50万地质图、水文地质图、森林植被图、1:20万地质矿产图、1:20万华北平原土壤图以及有关地、市、县的土壤图和文字资料。

(5) 整理分析资料,统一土壤单元系统。根据资料确定本区的土壤制图单元,列表找出与试点幅统一土壤单元系统的对应关系,另将基础图件统一缩放到1:50万,供编图时使用。

(6) 选取典型象幅进行解译。为了取得解译经验,选择了我们熟悉制图区的济南幅为解译典型象幅。利用该幅的1:50万假彩色合成片,假彩色合成影象图、4波段黑白片进行解释,运用分析对比方法找出影象特征与土壤类型的相关关系,从而解译出各种土壤类型。

## 2. 进行景观要素影象特征与土壤类型之间关系的分析:

根据土壤发生学的观点,土壤特性的变化、土壤类型的分异与景观要素的性质、空间位置、人类经济活动有着很大的关系。在同一范围内,诸多景观要素中,地形和地貌、母岩和母质、植被和农业利用是影响土壤形成最重要的要素。故在典型象幅解译的基础上,我们对全区卫片上获得客观、详细反映的这些要素进行认真解译,并大体掌握了它们与土壤之间的关系。

(1) 地形地貌特征与土壤之间的关系。地貌类型是利用卫片进行土壤解译编图首先要考虑的,因地形影响水热条件的重新分配,不同地貌类型组成物质不同,土壤母质也不同,这对土壤的形成、特性和发育程度均有较大的影响。从全区卫片略图看,本区可分为山地丘陵区和平原区。

山丘区系燕山运动时隆起,喜马拉雅运动时又上升而形成的。一些部分被切割,地形显得破碎,阴影明显。其中以位于山丘区中部的蒙山最高,主峰龟蒙顶海拔1156米,它突出在海拔仅500米左右的低山丘陵当中。从卫片上看,山丘区河流多发源于此,呈白色或蓝色曲线往四周放射且较为短促。此外,沂沭河从本区略成东北西南方向穿过,形成河谷地,地势低平,红色农田影象明显。沭河以东的丘陵区以北部及中西部最高,其中有几条小河呈东南向独流入海,地面分割极为破碎,色调不匀。总体而言,本区由于地面起伏不平,反射同样波段的电磁波能量不一,形成了以岭脊为界的阴阳坡,阳坡色调浅,阴坡色调深。山愈高,切割愈深,色调差异愈大。山脊线若较宽平,卫片色调差异小则表示山体较平缓。山丘因地势高,迳流强,排水易,地下水位深,受当地生物气候条件的影响大,往往形成地带性土壤;但坡度较大处,由于侵蚀作用,致使土层薄,其成土过程多处于幼年阶段,土壤具薄层粗骨

特点,并伴生粗骨土。山麓地带由于地形比较平缓,有利于残积坡积物和洪积物的堆积,土层较厚。在稳定的成土环境中往往形成普通棕壤、普通褐土与淋溶褐土,卫片上影像多成狭长带状,色调或色彩随土壤而异,并在很大程度上与母岩种类及母质类型有关,如在花岗片麻岩山丘区的缓坡丘陵中下部和山麓地带易形成普通棕壤,因土层厚,色调比花岗片麻岩类粗骨土为深。

枣庄盆地为本区最大的盆地,周围基本被石灰岩丘陵所环绕,多受洪冲积物的堆积,易形成淋溶褐土和潮褐土,这些土壤在1985年的MSS假彩色合成片上表现为较大斑块状分布的红色影像。

本区山间河谷平原以沂沭河平原最大,在河道两旁有大片红色影像,发育着大面积的淡潮土及砂姜黑土。

平原区系为燕山运动以来下沉占优势的地区。其中鲁西南平原是由黄河历次决口改道、泛滥沉积形成的波状平原,沉积物常交错分布,岗、坡、洼并存,整个地形西南高东北低,同河流方向一致,其主要地貌类型有河滩高地、决口扇形地、缓平坡地、浅平洼地、背河槽状洼地等。在卫片解译时,这些地貌类型与土壤类型的对应关系极好。大体规律是:河滩高地——脱潮土;决口扇形地——沙质石灰性潮土;缓平坡地——壤质石灰性潮土;浅平洼地——粘质石灰性潮土;背河槽状洼地——盐化潮土。这种相关性除直接可在卫片上解译外,还可借助当地地形地貌的成因分析得到更为可靠的信息。河滩高地系由洪水期河流挟带大量泥沙溢出河床以后在主流旁沉积而成,其组成物质较粗。地势高亢。在1975年6月1日MSS 5波段的黑白片上可见西南东北走向不整齐的条带,即为古河道及遗留下来的自然堤,自然堤色调浅,古河道则有断续积水,色调深。决口扇形地多距黄河较近,系由黄河决口急流沉积,地面常有起伏,砂丘、砂岗、砂洼并存,图形多呈扇状,色调灰白且不均匀。缓平坡地是黄河泛滥漫流沉积,范围广,地面平坦开阔,因在平原区有较大面积分布,其灰色色调也是平原区的基本色调。浅平洼地是黄河泛滥缓流静水沉积而成,其地势低平,多呈蝶形,色调加深呈暗灰色,假彩色合成片与7波段卫片对照看则更清楚。背河槽状洼地地势低洼呈槽状,色调不匀。

南四湖以东及临(沂)、郯(城)、苍(山)低洼地的湖沼平原地势低洼,由湖积物和洪一冲积物所组成,土质粘重,多有砂姜层埋藏,在徐州幅1975年10月31日的黑白片上呈暗灰色、块状图形,其间可见到河网分布,这是砂姜黑土分布区。

(2) 母岩母质特征与土壤之间的关系。母岩母质是形成土壤的物质基础,母质类型本身往往是区分土属的重要依据;在本区甚至影响到棕壤与褐土的划分。花岗片麻岩类的山体在卫片上多呈团块状或不规则形状,水系多呈树枝状,微观的圆形也常为树枝状或呈网格状花纹。在1985年5月初的TM假彩色合成片上有植被覆盖时为亮红色,无植被覆盖时为青绿色,有时甚至呈浅白色,山间有许多蓝色色彩的小水库散布,山地多形成花岗片麻岩类母质粗骨土。在酸性岩区的山麓缓坡地段堆积有洪积物,多见不均匀的黄绿色不规则图形并点缀有红点及红线条为普通棕壤分布区。在沟谷和山地河流两岸母质为洪冲积物,出现呈条带状分布的红色图形,为潮棕壤的影像特征。

在灰岩地区一般多有基岩出露,山峰和分水岭尖峭,可见短小的树枝状结构,其水系稀少,植被不发育,色彩多为蓝绿色。与酸性岩区的山麓缓坡地段堆积的洪积物不同。来源于灰岩地区的堆积物,主要发育成淋溶褐土和普通褐土,卫片上色彩为暗绿色;河流两岸的洪冲积物呈条带状分布的褐红色图形,为潮褐土的影像特征。

山地丘陵区，由于花岗片麻岩与石灰岩相间分布，棕壤与褐土亦相间存在。

鲁西南黄泛平原是本区石灰性潮土分布区。土壤表层质地是区分石灰性潮土土属的依据，鉴别不同土属的卫片解译一般是根据不同土壤质地的组成物质的光谱反射能力在卫片影象上出现的差别。如在黑白片上沙质土壤色调浅，壤质土壤色调加深，粘质土壤色调发暗。同时根据“紧沙慢淤”和“近沙远淤”的河流沉积分选规律来加以推断。但是卫片上反映的除土壤质地差异本身的光谱特性外，还有土壤某些性状、所处环境条件的光谱特性。如地表植被的覆盖，土壤的水分含量，地下水位的的高低，土壤结构的好坏，土壤有机质的丰缺，地表的平整与粗糙程度等，因而将各种地物的混合光谱用来反映表层质地的状况还不完全确切。运用河流沉积分选规律解译土壤表层质地，在鲁西南也不完全适宜。经调查，这里的主要河流洙赵新河、万福河和红卫河均为人工新开河道，故还要结合植被和农业利用进行综合解译，即使如此，该区也难以解译得十分确切。本次工作中，为了保证精度精确曾用实地检查资料进行了校核修改。

(3) 植被、农业利用与土壤的关系。植被是自然景观形成、发展中最活泼、最敏感的因素之一，可以从植被类型及农业利用方式推断出土壤类型，本区山地丘陵属暖温带落叶阔叶林区，但原始森林已遭砍伐，荡然无存，现有林地面积不多，成片次生落叶阔叶林多见于蒙山一带，一般分布在山体的中上部气候比较湿润的地段，在1985年5月初沂水幅的TM假彩色片上以醒目的亮红色与周围色彩明显对比。多为花岗片麻岩不饱和粗骨土。在其周围淡白色基底上点缀着红色斑点成线条者是坡耕地及山麓梯田分布区，为棕壤影象。而在其中仅见稀疏红点者则是土层薄、植被稀疏且多为草本灌木的石灰岩类石灰性粗骨土。在山丘区的农田基本色彩为红色，是潮棕壤、潮褐土、淋溶褐土和褐土的分布区。湖东山前倾斜平原的大面积高产稳产农田区，农作物长势好、在近红外波段有较高的反射率，成片均匀的红色色彩突出，主要土壤亦为潮褐土。砂姜黑土是脱沼泽而形成的一种古老耕作土壤，在卫片上有其独特的影象。如在1985年5月1日郯城幅1:50万MSS假彩色合成片上因农作长势不好，叶面指数低，不能消除地面背景的影响，卫片上所反映出的，实际上是农作物与土壤的综合影象，表现为黄红色基底上衬有紫黑色的不规则图形。在1973年11月18日同一幅卫片的假彩色片上，因当时小麦处于苗期，叶面指数更低，卫片上反映的主要是土壤的影象特征，为在不规则图形上呈现成片的兰黑色彩，其间点缀一些红色斑点。砂姜黑土区为农业利用修建了排水沟渠，由于与背景反差较大，卫片上还呈现出较为密集的沟渠河网影象。

整个西部平原为粮棉产区，以1985年5月7日商丘幅MSS假彩色片为例。5月初正值小麦抽穗灌浆期，棉花苗期，首先由于两种作物生育期不同，长相长势也不一。小麦正进入生育旺期。又是密生作物，茎叶基本上覆盖了地面，卫星影象主要反映了小麦的光谱特性。而棉花正处于营养生长阶段，又属中耕作物，群体密度小，棉株个体也矮小，其地面盖度低，卫片影象主要反映了棉田土壤的特性。其次生育阶段不同所采取的土壤管理措施不同，为了促进小麦的后期生长，需进行灌溉，增加土壤水分含量，因水分对光谱的吸收作用，色调会变暗；相反，为了促进棉苗早发，根系下扎，需进行中耕松土，土表含水量降低，反光率增强。这种土壤利用上的差异又进一步扩大了影象特征的差异。但并非不同作物即为不同土壤。为了从农业利用上获得有利于解译土壤类型的有用信息，必须根据因土种植的客观实际和当时的农事活动对作物光谱特性的影响来综合分析，如本区的壤质石灰性潮土无论在肥力上或理化性状上都较好，最宜于小麦生长，也适于棉花生长。由于土地生产力较高，小麦长势好，其红外反射峰值高，卫片影象上红色色彩饱和度高。在这种色彩中，往往出现近似裸地的淡黄色

色调,无疑是处于苗期阶段的棉田的影象特征(当然也不排除是玉米等春田的影象色彩,但所占面积较小)。同时,由于这里土地利用的集约化较高,村庄影象较密集。故根据这些影象结构组合特征可解译为壤质石灰性潮土。粘质石灰性潮土地处低洼地区,不宜棉花生长,多种小麦,由于土质粘重、结构不良,离村远,往往管理跟不上,长势不及壤质石灰性潮土,红色色彩饱和度较低,土壤面积较大的一般卫片色彩较均匀。砂壤质石灰性潮土土地利用集约程度较低,所处地势高亢,易于干旱,卫片上可见发白的沟渠影象,色彩也较浅淡,在一定程度上反映了下垫面的土壤性质。砂质石灰性潮土在沿黄地区成片分布,植被少,有的与风沙土呈复区,卫片图形斑块状,色彩淡黄色,基本上反映了土壤信息特征。黄泛区盐化潮土上生长的作物易短苗断垅,影象色彩不匀,呈浅蓝至红褐色云彩状分布。位于湖西的潜育潮土因近年常稻麦两作,可见水田格网影象,其水分条件较好,麦苗长势旺,卫片色彩为紫红色。

### 3. 采用目视综合解译编图:

用景观要素单因子影象特征解译土壤类型,仅能从一个侧面间接反映土壤状况,只在少数情况可解译出一部分土壤,多数情况下要进行多因素、多波段、多时相分析,划分景观类型,并在调查和掌握土壤分布规律的基础上与已知资料结合综合解译土壤类型,勾绘土壤图斑轮廓。

(1) 解译编图步骤。总的原则是从整体到局部、从粗到细、从易到难、从已知到未知、从一般到个别。①对卫片开始解译时,首先应确定所用象幅的成象时间,它在区域中的位置,可能分布的土类和出现的编图单元;②上覆聚脂薄膜片,以地貌类型解译为先导,采用“形”、“色”、相结合的方法进行直接判读,勾绘出差异明显的较大图斑作为高级别土壤单元的界线;③深入粗勾图斑的细部,从几何形态和色调的较小差异,结合对母岩母质、植被及农业利用现状的解译进行综合分析和逻辑推理,逐级勾绘出次小差异的图斑,作为低级别土壤单元的界线;④发现影象特征相似的图斑,结合已知资料,采用外推法,将全象幅作业范围内的土壤全部解译勾绘出来,并按统一单元系统逐块初填图斑代号;⑤对把握不准,不便填写代号的图斑则作好记号,尊重影象的客观实际,待进行野外校核、补充验证确定后再填写。

#### (2) 处理好几种主次关系。

① 形与色的关系。卫片土壤目视解译主要依据影象的色调和形态特征信息。通过解译发现形态或图形特征在不同的卫片上变化不大,是一稳定要素,可信度大。而色调或色彩常有变化,是一很不稳定的动态要素,土壤解译不能单以此勾绘图斑,必须根据成象时间,所在地点、农事历、卫片合成方式、各种标志、形态特征等进行综合分析来判定,也就是说“色”只是附在一定的“形”上,“色”才有意义。

② 彩色片与黑白片的关系。假彩色合成片由多波段卫片合成,信息量多;由于进行了增强处理,图象更清晰,解译对象相对突出,所以土壤解译应尽量采用假彩色片。黑白片记录了地物在不同波段对电磁波反射的差异,如MSS第7波段有利于对土壤湿度的判别,第5波段对植物解译具有特殊作用,通过这些可间接解译土壤。因此,黑白片可作为彩色片的补充判读资料。

③ 卫片影象与已知资料的关系。运用已知资料结合卫片影象进行土壤解译能提高卫片解译精度。通过对资料的搜集、分析与整理,有助于掌握制图区土壤形成发育条件和分布规律。地貌资料有利于景观类型的判读,而地质与地质矿产资料对判别母岩、母质及第四纪沉积物的性质特别有用,各种比例尺的土壤图件资料可作为解译时的重要辅助资料或参考资料。

④ 地形骨架与图斑定位的关系。由于卫片影象比例尺与同比例尺地形图不一致,卫片土壤判读必须解决图斑准确定位。其方法是将聚脂片覆在与解译卫片同比例尺地形图上,蒙绘

河流、铁路、城镇等地理要素，然后将聚脂片覆于卫片上，在小范围内使这些要素与卫片上同名地物对准，进行逐块解译编图，直至全幅图件编完为止。若所选地理要素能大体均匀又配置合理，确能对图斑定位起控制作用。

#### 4. 选线布点进行野外校核验证：

卫片土壤解译勾图并不是编图工作的结束，勾好后必须进行野外校核验证工作。土壤无固定的几何形状，而且生长其上的植物常常遮盖了土表，使土壤信息不能在卫片上得到直接反映；即使没有植物覆盖，一般也只能反映土壤表面情况，难以表现垂直剖面的性状。野外校核工作却可以弥补这一缺陷，无论卫片解译做得多么细致、精密，这一步骤也不可少。因此编图中我们即选择了几条线路分别对山地丘陵区、平原区及不同农业利用地区进行了野外校核验证，对解译有把握的土壤类型及其界线少量检验，对没有把握和有疑问的土壤类型及界线则详细验证，并据此对土壤图作了必要的修改。如南四湖的湖西地区的潜育潮土在卫片影像上呈交角明显的水田格网图形，色彩呈表现植被生长茂盛、土壤含水量较多的紫红色，在开始解译时，我们将其定为水稻土，但经实地考察，该地区原为涝洼地，后经整治改种水稻，种稻年限短，主要实行水旱轮作，还不具有水稻土的剖面特征，故而改为潜育潮土。又如，在鲁西南平原实地校核时发现，有一部分卫片的成象时间是在1975年6月初，用它进行土壤解译时，将盐化潮土的面积定得偏大，与实际情况不符。为此，我们改用最新卫片并结合新近资料再一次进行解译，从而提高了编图质量。

#### 5. 认真清绘成图：

经室内解译和野外校核验证，在基本肯定解译结果后，即可着手进行清绘。清绘前先将它覆于与成图比例尺相同的聚脂薄膜透明地形图上，并对地理要素进行必要的选取（水系主要包括河流、湖泊、大中水库、运河等；铁路基本上全部保留；公路只选主要的；居民点选县以上的城镇），同时打好经纬线，以便对土壤图斑进行定位，显示土壤分布状况与环境因素间的相互关系，并依此对制图内容及土壤界线及勾绘的准确性，进行最后一次检查校核。因此，在解译草图与地形图套合后，需进行地图分析，检查图斑界线的勾绘是否符合地形特点；图斑内容是否符合其中土壤类型的分布状况以及土壤的分布规律。若发现山区的土壤勾绘到平地，平原的土壤图斑界线进入了湖区等现象，都必须进行必要的修改，误差大的还要对照卫片重新解译。卫片中的水体轮廓常随季节而变化，在清绘时，则以地形图上的图形轮廓为准。

进行解译编图时，宜用光面的聚脂薄膜片。因为这种膜片透视性能好，覆在卫片上，影像很清楚，有利解译，但对绘图墨汁的粘附强度小，勾图时墨汁太稠，或线条较粗均易脱墨，因而在清绘时则宜用毛面的薄膜片。其粗糙度增加，表面积增大，有利于墨汁的粘附。清绘时还须保持薄膜表面的清洁，使墨汁易于浸润。