

# 水土流失制图中仪器判读法 的初步研究\*

卜兆宏

(中国科学院南京土壤研究所)

杨太宏

(水电部海河水利委员会)

应用遥感技术清查各种资源,已在国内外较普遍地开展起来了<sup>[1-5]</sup>。在我国,水土流失调查中有用1/25万或1/20万假彩色合成卫片的目视判读法<sup>[6]</sup>,也有用Landsat MSS磁带数据经计算机运算的监督分类法<sup>[1]</sup>。从制图的速度、精度、重复性、成图比例尺和成本费用等方面来分析,它们各有长短。最近,作者在较详细地研究了地物和土壤侵蚀类型的卫星磁带数据特点以后,提出了一种仪器判读法(也可叫监控密度分割法)制水土流失图,并开展了应用实验,取得了初步的结果。

## 一、方法原理

该方法的原理主要有两条:一是水土流失类型或称土壤侵蚀类型的遥感数据具有排序特征;二是地形图提供了堆积类型的可靠信息。本文提供的图1是根据1981年5月8日131-40幅卫星磁带数据(260×314,271×258个象元)编辑成数字图后,按野外调查的地物和流失类型图斑的各象元统计出的均值绘制而成。处在山丘岗区上的各地物(如树林、草灌和土壤)或水土流失类型,按照植被的覆盖度和土壤侵蚀或出露的程度,很有次序地排列在5波段的遥感数据轴上。植被盖度大于90%的土壤(包括长有低等植被的岩石),即无明显流失,其数据值最小,卫片的灰度最暗。随着植被的减少和土壤裸露、侵蚀程度的增强,其数据也愈加增大。轻度侵蚀者数据较低;中度侵蚀者较大;强度侵蚀者更甚;极强度侵蚀者最大。卫片的灰度也由暗灰至白依次变化。虽然4波段也有这样的现象,但不如5波段明显,类与类的间距较小。对于6、7波段来说,则没有上述现象。然而,在7波段上却有按土壤水分含量的多寡而将谷地地物排序的现象:水体的数据最小,卫片灰度最暗;水稻田次之;村镇、道路变大和变亮;干沙土、沙滩地的数据最大,卫片灰度变白。7波段的这些特点,在本法操作程序中尚需利用。对于5和7波段的上述现象,我们称之为遥感数据的排序特征。

毫无疑问,5波段遥感数据和卫片灰度的排序特征,同样反映在透明正片和负片上,只是负片的最暗与最亮正好相反而已。如果我们用密度分割仪对5波段的透明正片进行光学—电子处理,则可将这种排序特征变换成不同颜色等级的图斑。如此获得的各等级密度的彩色图,经投影纠正后,对照野外调查得到的各类流失样区,将有关彩色级别归并为流失类界,再经转绘整饰,便可制出山丘岗区的水土流失图。

从图1中还可以看出,位于谷地平原区的大面积地物,(如各种水体、农田、沙滩、沙土地、村镇、道路等),其遥感数据在5波段上混杂在各流失类中,不具备排序特征。这样,在

\*中国科学院科学基金会资助的课题。

本工作在席承藩教授指导下完成,得到了江西省水保办安义县水保办的大力支持,参加野外工作的有史德明、周斌等同志,参加密度分割工作的有石晓日同志,成图工作由南京地质学校刘学老师协助完成,特此一并致谢。

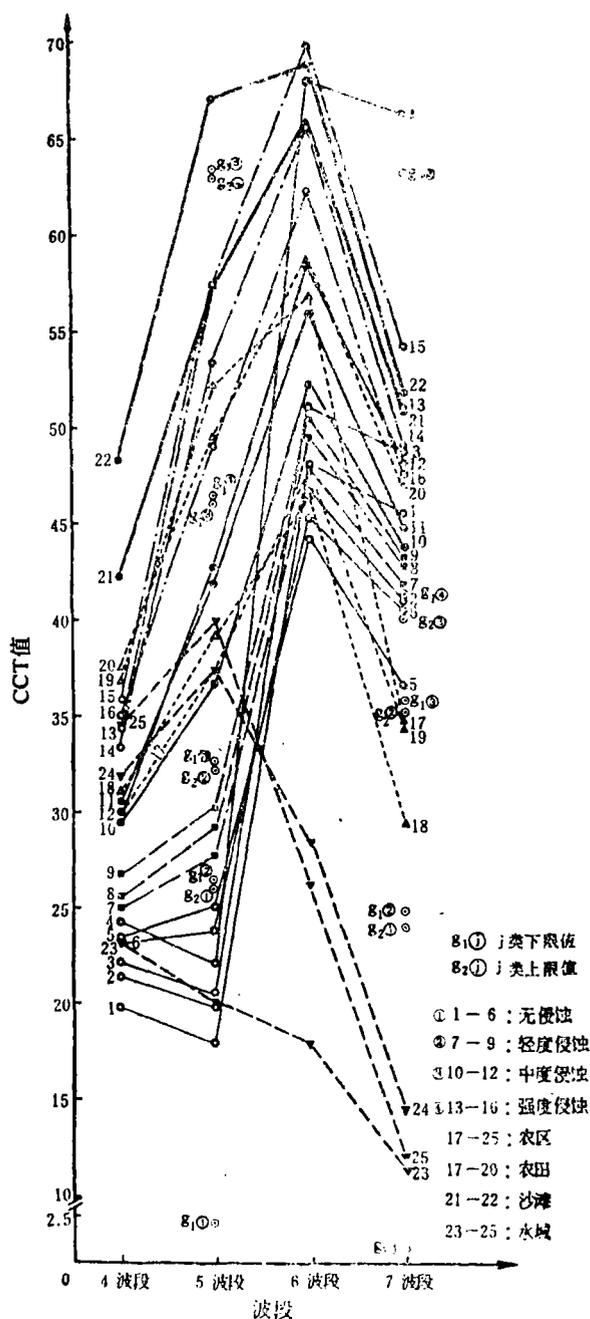


图1 土壤侵蚀类型及堆积类地物的CCT波段排序特征

在采样区时,要在同一侵蚀类中发育于不同母质的土壤(如红壤、紫色土、白暴沙等)区建立相应的样区。如果有较丰富的野外实践和目视判读经验,又有较大比例尺的黑白或合成卫片,那么,也可不做野外准备。这时,结合有关文字和图件资料,在室内目视判读出若干控制样区来。

室内准备,主要是根据地图按成图要求制备转绘底图,并在其上勾绘出调查区和堆积类型区的界线。如果成图要求高,则用较大比例尺航测地形图(1/5万或1/10万),将其上山丘岗与谷地的界线作为堆积类型的界线。在转绘底图上还应蒙绘出基本地物(如水系、村镇地名等)

密度分割了的彩色图上,会使农田、沙滩地和水体等分割成如同山丘上的流失类一样,从而影响制图精度。为了清除这些错误,提高水土流失制图的分类精度,该法尚需应用第二条原理。由于农田、沙滩沙土地和水体等均位于地势较低的山谷平原,同属于水土流失图上的堆积类型,所以根据地形图上有关地形、地物的可靠信息,完全可以改正这些错误,从而获得整个调查区内较准确的水土流失图。当然,地形图信息的可靠性,以及据其勾绘堆积类型界线的准确性,还与地图的比例尺和现势性有关。

在运用上述两条原理制图时,由于水土流失的图斑界线主要从密度分割仪获得,所以我们称之为仪器判读法。虽然在操作时人的主观因素还会起一些作用,但它与目视判读法的人为影响有本质不同。

## 二、操作程序

基于上述原理,该方法的操作程序有如下阶段:

(一)准备阶段 有野外准备和室内准备。野外准备主要携带黑白、彩色合成卫片(比例尺随制图要求和经费而定,一般以大些的好),到实地进行线路或典型地段调查,了解各种地物或流失类的影象色调、灰度特征,并在地图、5波段卫片及合成卫片上标出相应位置,以建立各流失类型的样区(样区大小以在合成片能标注出为限,越大越好)。在建

和标出样区位置。经复照缩小到成图比例尺(如1/50万)后,作为供投影转绘用的底图。

(二)密度分割与摄影阶段<sup>[8]</sup> 主要将5波段卫星正象胶片进行密度分割,并将分割好的彩色图斑摄影成彩色底片或幻灯片。同时也将7波段正象胶片放在分割仪的同一位置上(用窗口控制),但不作密度分割,只摄影其转换出的黑白象底片,以取得同一状态下的水系影象。

在密度分割时<sup>①</sup>,首先要将5波段正象胶片用无色平板玻璃压平,以黑白影象调整聚焦到荧光屏上出现清晰图象,然后再进行密度分割成彩色图斑。调整各分割旋钮,使密度分割到与野外调查或目视判读的各流失类样区达到基本一致的最佳状态,并摄影。

在摄影前,应将具有变焦距镜头或加配近拍镜的相机固定在三脚架上,离荧光屏近些,并用管状水准器将相机置平和使象平面平行于荧光屏面,以取得较大比例尺、变形小的影象图斑。光圈旋至最大,精细对光,快门速度以1/15秒为宜。在掀动快门时水准器气泡不应有变化,否则需重新摄影。

在摄影下分割图斑后,将5波段变换成黑白影象,用窗口或直线标记出5、7波段皆有明显影象的点位3—4个。在不动调焦旋钮和相机的前提下,用7波段正象胶片替代5波段正象胶片。为了使7波段摄取的影象与5波段同位,必须利用荧光屏上标记出的3—4个点位作控制,移动7波段的正象胶片。达到相应影象与点位重合。稍加调整影象亮度后,则可摄影。

在密度分割仪上,还可以量测和计算出窗口区总面积和窗口内各颜色的面积比例及其面积数值。只是其面积数尚包括政区或自然区界外的面积和农田、沙滩及水体的混淆面积。

整个密度分割仪上的操作,对于小于一幅卫片的制图区来说,有3—4小时就可完成。

(三)投影(或放大洗印)纠正转绘阶段 有两种方案。一种是用单个投影器的方案<sup>[9]</sup>。首先将7波段的黑白影象底片或幻灯片用薄玻璃夹紧放在单个投影器象框内,承影面上放转绘底图。通过调整各纠正螺旋( $\phi$ 、 $\omega$ 、 $z$ 、 $bz$ 、 $bx$ 、 $by$ ),使水系的水系影象与转绘底图中的水系重合,并在底图上标注出5、7波段皆明显的影象点位。然后,在上夹片玻璃上仔细标出7波段的影象边界位置,取出7波段并换上5波段的彩色图斑底片于同一位置,而其它纠正螺旋不动。观察投影下来的相应明显影象点,是否与用7波段标注在底图上的点位重合?如有偏移,表明彩色底片与7波段的底片未放在同一位置,可以旋转 $K$ 、 $bx$ 、 $by$ 螺旋,而不必也不许动其它纠正螺旋和转绘底图,使投影下来的象点与底图上相应点位重合。如此操作后投影下来的密度分割彩色图斑象,再经水系和山谷界线明显的地段检查无误后,则可认为是纠正了的图斑影象。接着,主要根据流失样区的颜色,并参考图,将色阶(有的密度分割仪8种颜色,也有的为12种)的颜色归并为山上4—6个水土流失类型。当正象胶片分割获得的幻灯彩色片纠正投影时,蓝白色、粉红色、紫蓝色归为极强度流失;红色、暗红色归为强度流失;黄色、黄棕色归为中度流失;绿色、暗绿色归为轻度流失;浅蓝色、青蓝色、蓝色、深蓝色归为无明显流失。当用负象胶片分割得到的幻灯片投影时,则与正象的相反,蓝白色、粉红色、紫蓝色归为无明显流失;红色、暗棕色、黄色、深黄色归为轻度流失;绿色、暗绿色归为中度流失;浅蓝色归为强度流失;蓝色、深蓝色归为极强度流失。按照这个规律,各颜色图斑投影用铅笔转绘成水土流失类型界线于底图上。如果投影下的图斑延伸或全落于底图上的谷地农区界线内,则不必作转绘。经上述投影、归并变换和转绘后,再经整饰清绘晒图,便制出调查区水土流失图。

<sup>①</sup>南京电表厂,1982,12:NST—1密度分割假彩色分析仪使用说明书,晒兰资料。

另一方案是放大洗印(纠正)制图。首先用彩色放大机,如意大制造的Durst.1840、西德造的KLIMSCH+CO(能放大纠正、合成),将7波段摄影的影像对照底图的水系放大纠正。然后,将5波段分割的彩色图斑(投影转绘时用幻灯片,这里晒印时用彩色底片)置于象片盘同一位置,经承影面的底图检验后,下放彩色相纸,露光、冲洗成彩色图斑象片。再用底图象在图斑片上,按前一方案的归并图斑变换为水土流失类型的规律,将图斑界线蒙绘在底图上为水土流失类型界线。最后,整饰清绘晒图成水土流失图。或者在底图检验后,迭加上调查区界外涂黑、山谷界线的谷地内涂黑的图,下放彩色象纸,经露光冲洗成只有山丘岗有彩色图斑的象片,然后按前述相应的归并变换规律在图例中标注出,而免去转绘、清绘作业,直接作为水土流失图。

两方案相比,以前者为优,既省钱又可纠正,但在转绘时会因隔热玻璃效果不佳而不能长时间连续作业。后一方案中的彩象表示流失虽节省大量转绘、清绘工作,但对于其中有的图斑无法在整饰过程中参照地形坡度做类型的升降调整。

**(四)面积量算阶段** 为了统计调查区的各类流失面积,尚需对各类图斑进行面积量算。面积量算方法很多<sup>[10]</sup>。手工法有秤重法、数方格网法、求积仪法,虽较费时,仍较可靠。光电求积法,虽较快,但不甚准确。如果在密度分割时只分割调查区的影象(今后有可能做到),转绘时也将谷地堆积类内的各“流失类”的错误界线转绘出,那么,只需量测各错误界线的面积,并分别从密度分割仪上量出的各色面积中减去这些错误面积,则可获得山丘岗区各流失类的面积;将各种错误面积相加,则为堆积类的面积。无论哪种量测方法,都必须与调查区的理论面积比较并进行平差计算<sup>[10]</sup>。本次实验采用的是KP—90N型数字式求积仪,在放大为1/131503图上进行了全面量测,量测误差很小。

### 三、实验结果和讨论

**(一)实验结果** 按照上述原理和操作程序,对位于131-40幅的江西省安义县开展了仪器判读法制水土流失图的实验。安义县地处亚热带北部,属一般流失治理县。所采用的分类(级)原则为1984年6月水电部遥感中心颁发的《工作细则》的规定,与兴国县的大致相同。在完成室内外准备后,用该幅1981年5月8日无云成象的1/100万负象胶片(因缺正象胶片)进行了密度分割,并用变焦相机和彩负片摄影获得了5波段分割后的彩色图斑象和7波段的同一位置下的黑白影象。采用放大洗印(纠正)制图的方案,直接制出了该县1/338611的水土流失图(因难于彩色制版,故略去)。该图与1984年常规调查制出的安义县水土流失图(略)比较,显示出许多一致之处,且更符合野外调查的实况。如表1所示,两种图的面积数据也具有很高的一致性。

**(二)讨论** 仪器判读的应用前景如何,从该方法的特点中即可知晓:

1. 该方法简便、经济、可行。从方法的原理到实现制图的整个操作程序,应该说是比较简便的。与目视判读法比,受人为的影响虽有,但比较少,而较为客观。与制作1/25万或1/20万合成片的代价比,是很节省的;通常租用国产和国外进口的密度分割仪费约为50—60元,故较经济。整个作业中所用到的器材、设备,一般在省会城市都具备,因而该法也是可行的。

2. 该方法的几何精度问题。操作过程中,虽然提出了不少“同一位置”和投影纠正的操作要求,但该方法的几何精度仍然低于计算机精校正处理的图象精度。对于谷区、农田等堆

表1

仪器判读法与常规调查法调查各类面积的一致性

类别	量算平均值	平 差 值	卫片仪器判读法 面积数(万亩)**	常规调查法面积 数(万亩)***	一致性
1. 无明显流失	90.15	90.23	23.4055	(27.2659)	85.8%
2. 轻度流失	33.50	33.53	8.6976	6.0930	71.1%
3. 中度流失	33.60	33.63	8.7236	8.8063	99.1%
4. 强度流失	31.95	31.98	8.2955	9.1232	90.9%
5. 极强度流失	1.30	1.30	0.3372	—	—
6. 农 区	188.60	188.78	48.9691	47.1402	96.3%
各类累加面积	379.10	379.45	平均分类精度		88.4%
全县总面积	379.45		98.4285	98.4285*	
轻度以上流失 面积总数			26.0538	24.0225	92.2%
强度以上流失 面积总数			8.6327	9.1232	94.6%

\* 引自省测绘局资料。

\*\* 面积数 = 平均值 ×  $\frac{98.4285}{379.45}$  (万亩)。

\*\*\* 引自“江西省安义县水土保持规划报告”，安义县水土保持规划委员会办公室，1984年11月(油印资料)。括号内数值由理论总面积推算出，原报告中没有此类。

积类型出现的混淆错误，该方法却又比计算机处理要更容易、更经济地消除。与目视判读法比，由于该法采取了一定的光学纠正措施，而目视法的基础资料——合成片，则连比例尺都未必准确，更未纠正，以致成图时靠移动底图用水系“控制”“凑合”措施来转绘界线，故仪器判读法比目视判读法的几何精度高。

3. 该方法的类型划分有可能比目视判读法准确。在实验区取得了88.4%的平均分类精度。仪器判读法基于图1中表明的遥感数据排序特征，只取用5波段山丘岗区的密度分割图斑，按野外调查的样区控制归并彩色图斑为流失类型，而用地图信息确定堆积类型和用坡度信息在整饰时对某些图斑类型做升降调整，故其类型的划分比目视判读法的要准确。目视判读中参照地图，往往会因影象与地图相应位置的判错而导致局部或整体的错误，尤其当影象比例尺与地图的比例尺相差较大时更易于出现。目视判读虽然用了三个波段的综合信息——合成彩色片，但当判读标志不明显、判读者对遥感图象颜色形成特征不甚了解，以及判读经验会随时间和判读者头脑清醒程度而变化时，其划分类型界线的准确性，就不及仪器判读法划分出的准确。因为所选用的单波段，突出反映了植被覆盖度、土壤的裸露与流失程度。当然，仪器判读法也是由目视判读发展而来，这表现在该法原理的由来和野外样区的确定方面；只是其数量较少，易于做到影象与地图的准确判读，而后经仪器判读达到全境准确分类。这种准确分类，在与该县常规调查数据比较中得到了证明，流失总面积有92.2%的一致性，强度以上侵蚀面积有94.6%的一致性。

由于上述特点，该法必将得到较广泛的应用。

#### 四、结 语

仪器判读法，主要建立在水土流失类型在5波段中的遥感数据及其相应影象的密度具有

排序特征的基础上,而堆积类型靠地图信息确定。因此,该方法专用于水土流失制图。

该方法主要使用的仪器是密度分割仪。目前此类仪器进口的和国产的均有,但充分使用的却不多,一般租用费较低。成图过程中尚需用到单个投影器或高放大倍数的彩色放大机。单个投影器,各地也易筹集到。

该方法具有简便、经济、可行、快速和较准确划分类型界线的特点,可以代替常规法,优于目视判读法,有着应用于1/50万水土流失调查制图的广阔前景。

### 参 考 文 献

- [1] 坂坂让二,吉村仁、安田嘉纯、江森康文,ランドサットによる森林自动区分。日本写真測量学会講演论文集,59—62,1979。
- [2] Chris J. Johannsen and James L. Sanders, Remote Sensing for resource management. Soil Conservation Society of America, Ankeny, Iowa. 1982.
- [3] F. B. Soetarto, Geographic information preparation using remote sensing techniques for development planning. Indonesia, 1985.
- [4] L. A. Isavwa, Application of remote sensing for resources assessment in eastern and southern Africa. Regional Remote Sensing Facility, Kenya. 1985.
- [5] S. Arrendondo G., J. A. Valds A., J. I. Miranda V., Computer-aided inventory of suger cane in Mexico. Machine Processing of Remotely Sensed Data Symposium pp, 406—410,1982.
- [6] 夏夫川,卫星图象目视解译在永定河上游水土流失调查中的应用。第三届遥感技术学术交流会议论文汇编,下册131—135页,1983。
- [7] 卜兆宏、史德明等,水土流失调查的一种新方法。中国水土保持,第3期,1983。
- [8] International Imaging Systems, Model CT-13 Image Processing System, System Manual. 650 NORTH MARY AVENUE. SUNNYVALE, CALIFORNIA 94086. 1981.
- [9] 武汉测绘学院航空摄影测量教研组,投影转绘仪。航空摄影测量学,上册,第十三章,159—160页,中国工业出版社,1961。
- [10] 卜兆宏,土地面积量算方法。土壤航测普查,第十二章,191—202页,农业出版社,1980。

(上接第314页)

瘠薄,应退耕辟为季节性天然牧场和饲料基地。

2. 低湿地潜育砂土面积很小,且分布比较集中,雨季常为积水洼地,应利用其低洼渍水条件,发展水生经济植物,如芦苇、蒲草、莲藕,增加收入。至于在背河洼地新垦种稻的局部潜育砂土,水草丛生,土壤理化性状不良,肥力低,改土培肥和排灌的难度很大,水稻年产量很低,一季稻一般亩产200—300斤,且不保收。对此,应退耕,让其自然恢复或人工发展水生经济植物,投资小,经济收入高,同时对保护农田生态也有一定的积极意义。