

卫星图象土壤类型自动识别与制图的研究

II. 自动识别结果的成图及其与常规土壤图的比较¹⁾

曾志远

(中国科学院南京土壤研究所)

摘 要

自动识别的非监督和监督分类图(谱类图)变成正式土壤图的关键,是根据谱类的内在序列、聚类树系图、波段辐射曲线和地理控制系统,建立谱类与实际土壤类间的对应关系。然后在谱类图上勾绘地理控制线并进而勾绘土壤累线。再后调整纵横比例尺并转绘成正式的土壤图。把这样编出的土壤图与用常规方法编出的土壤图进行了比较。结论是以卫星遥感数据自动识别为基础,同时运用常规调查、编图资料进行分类制图的方法,是能够在中、小比例尺土壤分类制图的实践中加以采用的。

利用陆地卫星1号(Landsat-1)的图象扫描数据,进行计算机处理,对新疆南部阿克苏附近 $165 \times 75 \text{ km}^2$ 的地面进行了土壤自动识别分类——非监督分类和监督分类^[2,3],又对分类结果进行了光谱学和地理学分析^[2]。这为土壤分类和制图奠定了基础。本文介绍分类制图结果。

一、自动识别谱类与土壤类关系表

根据自动识别谱类的内在序列分析、群分析和辐射曲线特征分析,^[2]我们可以解决一种谱类代表一种土壤,两种或两种以上的谱类的组合代表一种土壤,以及一些相同谱类以不同比例组合代表一些不同土壤的问题;根据地理分析以及在此基础上提出的地理控制系统^[2],我们可以解决把同一种谱类划分为不同种类的土壤的问题。在此基础上,我们就可以整理出非监督分类和监督分类的谱类符号与土壤类型及图例标号的关系表。监督分类的谱类-土壤类关系表如表1。表中只列出了地理控制系统的第一级,而第二级及其以下的级别,仅在表内必要的地方加以注明。

表中对应的土壤类别只列出了图例标号。各标号所代表的具体土壤种类的含义见后面图3中的图例。图例标号以阿拉伯数字、英文字母和某些辅助符号表示,但其中的数字和字母都是不连续的。这是因为要与现有的用常规方法编出的土壤图作比较,因而基本上沿用了该图的图例标号系统的缘故。我们划出的新类型则一般在原标号的脚注位置加标小写英文字母。个别新分出的大类,增加大写英文字母和必要的数字脚注。

1) 图的复照缩小由高俊发同志完成,特此致谢。

表 1 监督分类谱类符号与土壤类型图例标号关系表

Table 1 The relationship between the symbols of the spectral categories of the supervised classification and the legend codes of the correspondent soil categories

谱类符号 The symbols of the spectral categories	地理控制系统和土壤类型图例标号 The geographical control systems and the legend codes of the soil categories	
	片状绿洲系统	冲 积 平 原 系 统
#	W ₁	W ₁
\$	W ₂	W ₂
/	S	S
!	20 + 13 _a	河流两岸小面积零星分布 13 ₁
&	27 _a	河流两岸小面积零星分布 13 ₁ ; 湖沼区小面积零星分布 13 ₂
[	18 _a	
;	17 _{2b} (夹少量&时为17 _{2b} Ⅱ)	11 ₁
%	27 _b ; 27 _a 区 16 _b	河流两岸 12 _{1b} ; 湖沼区 16 _b
=	18 _b	12 _{1a}
@	26	河流两岸 12 _{1c} ; 非河流两岸 19 ₂ Ⅱ
*	16 _c	12 ₁ Ⅲ
+	16 _c	河流两岸 12 _{1c} Ⅳ; 非河流两岸 19 ₂
-	29 _b	29 _b
(	18 _c	8 _{1b} Ⅴ
~		8 ₁ Ⅲ
>	18 _c	30 _c
:	18 _d	8 _{1a} Ⅴ; 河水浸润之地 5 ₂ Ⅱ
×	18 _d	30 _b ; 盐土包围中或盐水浸渍之地 5 ₂
.	18 _e	18 _e
↑	18 _e	18 _e
&!	河流两岸不接盐土 13 ₁ ; 河流两岸邻接盐土 13 ₂	13 ₁
&[	27 _a Ⅱ	
&;	27 _a 区河流两岸 10 ₂ ; 非 27 _a 区 27 _c	小面积零星分布 10 ₂
;&	17 _{2a} + 27 _c	大面积连续分布 27 _c + 11 ₁ ; 小面积零星分布 10 ₁ 或 10 ₂ (前者在河流两岸)
%[	27 _c Ⅱ	
;;	17 _{1b}	
= +		12 _{1a} Ⅳ
% =	27 _c Ⅱ	12 _{1b}

续表 1

谱类符号 The symbols of the spectral categories	地理控制系统和土壤类型图例标号 The geographical control systems and the legend codes of the soil categories			
	片状绿洲系统	冲积平原系统		
%*	17 _{2c} + 27 _c			
=%	18 _b	12 _{1b}		
%@		12 _{1b}		
=@		12 _{1b}		
@;	27 _a			
-%		12 ₁ Ⅲ; 湖泊或水库边缘盐水浸渍之地 17 ₁ Ⅲ		
@+		19 ₂ ⅣⅢ	山地与山前洪积扇系统	
*—				
*(	16 _c		#	M
—*	16 _c	29 _a	\$	M
+—	16 _c	19 ₂ ⅣⅢ	/	M
—+	18 _c + 16 _c	19 ₂ Ⅲ	!	M
×(		30 _c	&	M
×>		30 _b	[	M
↑·			:	M
/1%		23 ₁	%	M
%[1/		16 _a	=	1 ₁
%=/1		16 _a	@	1 ₁
&=;		27 _c	+	3 _b
其它的&与/、!、[、 ;、%、=或*构成的 三种以上符号的组 合	16 _a	16 _a	—	1 _{1b}
			~	1 _{2a}
			>	1 _{2a}
			:	1 _{2c} ; 扇缘与冲积平原交接带 2
%=[	17 _{2c} ; 河流两岸 11.	17 _{2c}	×	1 _{2c}
=%;	17 _{2c} ; 河流两岸 11.	大面积连续分布 17 _{2c} + 27 _c	.	3 _a
=*%	17 _{2c} ; 河流两岸 10.		↑	3 _a
%@=			=@	1 ₁
=+%-	27 _d		%@=	M + 1 ₁ ; 洪积扇下部和前缘 1 ₁

续表 1

谱类符号 The symbols of the spectral categories	地理控制系统和土壤类型图例标号 The geographical control systems and the legend codes of the soil categories			
	片状绿洲系统	冲 积 平 原 系 统		
=+@%	27 _d		洪积平原系统	
其它的=(或%) 与%(或=)、*、 [、:]、@、+、-构 成的三种以上符 号的组合	17 _{zc}	17 _{zc}	>	18 _c Ⅲ
			×	18 _d
			·	18 _c Ⅲ; 散流区前缘亚区 30 _b
			↑	18 _c Ⅲ; 散流区前缘亚区 30 _a
@-+		19 ₁ ⅣⅢ	%*	17 _{zc}
>(+		19 ₂ Ⅲ	-+	16 _c
其它的 *、+、 -、@ 或它们 与(>、>、~构成 的三种以上符号 的组合	16 _c ; 27 _b 分布区河流两 岸 13 _b	16 _c	>(	18 _c Ⅲ
			↑·	30 _b
			=*%	17 _{zc}
			=%*等三种以上符号的 组合	17 _{zc}
			*+-等三种以上符号的 组合	16 _c
@: ×>~		15 ₂ Ⅱ	*·↑	19 ₁
>×~·(	5 ₁			

二、地理控制界线的勾绘

谱类和土壤类的关系受到地理环境的制约。因此,需要先在计算机输出的谱类符号图上勾绘出地理控制区界线和其它的地理控制线。

地理控制区的界线是容易确定的,甚至目视判读卫星照片也可大致勾绘出来。我们是以谱类分析结果为主要依据,较为准确地划定的:非监督分类和监督分类都以谱类内在序列^[2]中的谱类“@”和谱类“*”为分界,划出绿洲和荒漠的地域界线;非监督分类以谱类内在序列中的谱类“&”和“[”为分界,监督分类以谱类“;”和“%”为分界,划出片状绿洲与线状绿洲(含在冲积平原中)的地域界线。

上述两条界线划出之后,就确定了片状绿洲与其它各地理控制区之间的界线。

至于山地和山前洪积扇区与冲积平原区的界线,一般说来即是洪积扇的前缘线。根据谱类图上的谱类符号极易确定。一般以谱类内在序列中的谱类“-”或“(”与谱类“~”的分界,作为这两个区的地域界线。

但是,在发育程度高的洪积扇前缘,有一个扇缘和冲积平原交接带。按上述谱类序列分界或按卫星照片目视判读,这个过渡带似乎都应当划归冲积平原。但从土壤上说是龟裂状棕漠土,它与洪积扇和洪积扇上的砂砾质棕漠土关系都极密切,又考虑到我们的地理控制区有时虽以地貌命名,而它实际上是地理-土壤区,所以我们还是把这个过渡带归入山地和山前洪积扇区。此过渡带的谱类为“:”,故这时以谱类“:”与“~”的界线作为这两个

控制区的界线。这一点是违反谱类内在序列规律的。

在洪积平原区之下, 确定了两个控制亚区——洪流散流亚区和散流区前缘之砂丘亚区。计算机分类结果对这两个亚区的界线显示不够完全, 特别是非监督分类结果。确定它们的界线时, 参考了我们作的本区另一时相(1975年10月4日)的假彩色合成图象。

为了确定某些地理环境, 还需要事先在谱类符号图上勾绘出各大河流的河道, 作为控制。这在两种输出图上都极易办到: 有水的阿克苏河作为暗中之暗(植被中的水)显示; 无水的, 露出于河床的和田河作为暗中之亮(植被中的砂)显示; 柯坪河(红砂子河)作为亮中之暗(裸露河滨地中的深切窄河床)显示等。但在非监督分类输出图上, 阿克苏河上段未完全显示, 我们参照监督分类输出图勾出。

地理控制区和亚区的界线, 以及各大河流的河道线, 勾绘结果见图版 I、II、III、IV。

图版中的粗实线为地理控制区界线。西北部(图版 I 和图版 III 的左上部)是山地与山前洪积扇区, 东北部(图版 II 和图版 IV 的右上部)是洪积平原区, 南部(图版 I—IV 的下部)是冲积平原区, 其余部分是片状绿洲区。各区中的谱类符号与它们对应土壤类型的关系, 有一部分各区一致, 但大部分是各区有各区的特定关系。

两图中的粗虚线(图版 II, IV 的右上部)是洪积平原区之下划分的两个亚区的界线。

三、土壤界线勾绘与转绘成图

在谱类图上勾绘出地理控制线以后, 就可根据谱类和土壤类关系表中一一载明的对应关系, 进而勾绘土壤界线。

图版 I、II、III、IV 上的细线即为土壤界线。其中图版 I II 是根据非监督分类的谱类-土壤类关系表(略); 图版 III IV 即根据表 1。

为了保留图斑中谱类符号的明晰性, 各图斑的土壤类型标号均未在这两图版上注明。请参看经过转绘的正式土壤图。

许多图斑中的谱类符号不是单一的, 而是两种或两种以上的组合。这时, 其土壤类型意义, 一般来说, 是由这些符号的有机组合决定的, 而不是由各个单纯符号的机械叠加决定的。

从计算机输出结果和土壤界线勾绘过程中可以看出, 非监督分类和监督分类的结果都能较满意地独立成图, 而且各有其优缺点。但总体来看, 监督分类结果明显要好些。尤其是因为它多分出了三个类型, 把地面潮湿、植物较密的典型盐土和绿洲潮土 I 分开了, 把一部分流砂(30a)和覆盖有盐霜的典型盐土分开了, 把另一部分流砂(30b)从半固定风砂土中分出来了。各类的界线也以监督分类结果更准确些。

图版 I—IV 是计算机打印图直接缩小的, 故它们的纵横比例尺都不一致。横向偏长, 纵向偏窄。正式土壤图要求纵横比例尺一致。此外, 图上还需有土壤类型标记, 而不应保留计算机打印符号和地理控制线等非土壤标记。因此, 图版 I—IV 还必须通过比例尺调整、转绘和加注土壤标记等, 才能成为正式的土壤图。

变焦转绘仪 Zoom Transfer Scope™ 能同时完成纵横比例尺的调整和转绘工作。我们利用它使图版 I—IV 左右方向压缩, 上下方向拉伸, 使纵横比例一致。同时, 纵横比例

尺均调整到 1:40 万¹⁾,以便与现有的 1:40 万²⁾土壤图相比较。比例尺调整后就开始转绘。转绘好后,分别加上各自的土壤类型标记和其它某些注记,就成了正式的土壤图。

这里仅附上根据监督分类谱类图勾绘和转绘而成的土壤图(图 1)。

图 1 上有时可见到相邻两图斑为同一图例标号的情况。我们没有去掉它们之间的界线。这是因为这两个图斑有不同的谱类符号组合(参看图版 III, IV)。二者是有差异的,也可能是土壤差异。但尚缺乏资料来说明其差异。故保留它们之间的界线供进一步研究。

图 2 是同一地区现有的、通过野外调查和航片判读编制(作者参与编制)的 1:40 万土壤图(简称常规图)。下面把本次工作作的图(简称遥感分类图)与它作些比较。

四、遥感分类图与常规图的比较

遥感分类制图的精度是大家所关心的。精度估计最好是定量估计。但是,一方面正如 Quirk 等人所指出的“遥感数值分类精度的定量估计是个非常复杂难办的问题,因为没有易行的确定精度的方法。……有些研究者尝试在地面上定出一些点或象元来核对,但只有图象点不多时才是可行的(当制图面积很大时)。要达到统计上有意义的数量,金钱和时间的耗费将变到不可取”。^[4]另一方面中、小比例尺土壤图编制中通常也很少提供或不提供精度的定量估计,所以我们主要是将遥感分类图与常规图作比较,定性地估计其精度。

把两种遥感分类图和常规图作比较可知,在图斑的内容、大小和形状等方面,二者都十分相似,但遥感图无论在土壤类型划分上,还是在界线上,都比常规图精细得多。

例如常规图上的绿洲潮土只有一类,标号 27。遥感图上分成了 5 类: 27a、27b、27c、27d 和 27e。更重要的是,这种细分与地形、水文状况相当一致。例如奥墩—阿瓦提—杭岗一线以北为潮度小的绿洲潮土 II(27b),以南为过渡类型绿洲潮土 III(27c),到乌鲁桥一带和 16 团场一带变为潮度大的绿洲潮土 I(27a)。在 1:20 万的地形图(1944 年编)上,恰巧就以奥墩附近为界,以上的阿克苏河两岸标着 4 米左右的陡坎(可参看文献[2]的图 1),自然两侧地势较高,地下水位深,土壤潮度小;奥墩以下的阿克苏河两岸基本无陡坎或局部低陡坎,无疑两侧地势低,地下水位高,土壤潮度大。16 团场和乌鲁桥等地,简直可算是荒漠地带的水网地区了。沙井子一带的土壤,遥感图显示为绿洲潮土向绿洲黄土的过渡类型:中北偏东是更多地带有潮土性质的绿洲潮土 IV(27d),南部是保留较多绿洲黄土特征的绿洲潮土 V(27e)。沙井子这片绿洲所处的地形部位,和分布着绿洲黄土的阿恰—七郎滩绿洲类似,即山前洪积扇和冲积平原交接带,本来也应为绿洲黄土,但它为国营农场开垦经营,耕作集约化,灌溉强烈,因而土壤迅速地向绿洲潮土演变。其中,北偏东地势较低,地下水位较高的一部分更接近于一般的绿洲潮土,而南部地势较高、地下水位较低的一部分仍保留了较多的绿洲黄土特征,就是不难理解的了²⁾。

再如常规图上的半固定风砂土一类(标号 29),遥感图分作 4 类: 29a、29b、30c、30b。其中 30c 这一部分,在常规图上虽然标为半固定风砂土 29,但在谱类图上,计算机输出符号,却与常规图上塔克拉玛干大沙漠北缘的流砂(标号 30)的计算机输出符号“>”相同。

1) 本文印出的图 1 和图 2 的比例尺已经缩小为 1:50 万。

2) 实际上,在沙井子绿洲的西缘和东北缘,按谱类图还可细分出一种较干旱的类型(绿洲黄土变种?)。它呈马蹄形分布,向东开口。这一点与地形图上 1075 米等高线(参看文献 2 图 1)显示的地形更加一致。

表 2 监督分类训练样本的识别情况(混淆矩阵)

Table 2 The discrimination ratio of the training samples in the supervised classification (confused matrix)

样本个数	分 类 前 所 属 的 类 别																			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	164	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	1	112	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	1	86	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	6	146	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	7	158	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	2	0	112	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	3	0	119	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0	0	185	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	1	0	0	1	171	0	4	11	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	2	0	2	158	0	2	2	0	1	3	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0	0	1	8	0	209	3	0	15	0	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0	0	0	7	0	1	181	4	0	17	0	0	0	0	0
13	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	9	424	1	0	7	0	0	0	0
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11	1	1	144	8	0	0	0	0	2
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	9	332	0	0	4	0	2
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	18	0	0	266	9	0	0	0
17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	259	20	1	0
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	335	5	7
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	105	1
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	16	12	241

分 类 后 所 属 的 类 别

所以我们将这一部分半固定风砂土作为流砂的一个变种 30_c。事实上这一部分所谓半固定砂丘有相当大的流动性,宁可归入流砂类。例如羊瓦力克公社西面的一大块地方,常规图上全画为半固定风砂土 29,计算机却在其中划出很大一部分流砂 30_c。后来从文献上居然查到了这样的记载:“阿瓦提县羊拉里克巴札(即羊瓦力克公社——引者注)的西面有大片新月形砂丘链。据访问,这里的砂丘在盛行的西北风的吹动下,正严重地危害着分布在它东侧的房屋和田地”^[1]。又如在三团场的西北面和北面以及该场部南 6—7 公里处,计算机都分出了 30_c,而常规图上连半固定砂丘也没有。我们后来的访问和调查都肯定地证明这几片砂地不仅都存在,而且流动性都很大。

又如上游水库及其西侧,常规图上只有水和典型盐土两种;而遥感图则分出水、草湖、沼泽、沼泽盐土和盐化沼泽化草甸土、典型盐土 I、胡杨林土等多种类型。此类例子还很多。

还有两个事实可辅助说明遥感图达到了相当的精度:(1) 尽管非监督分类和监督分类所用的数学方法迥然不同,但得到的结果却非常一致。这说明二者都非常接近于实际。因为只有二者都趋近于实际才能一致起来。(2) 监督分类训练样本的正确识别率很高。根据表 2 统计可知: 训练样本总数为 4201, 识别正确数(主对角线上的数字之和)为 3907, 识别错误数为 294。由此算得识别正确率为 93.00%。这是训练样本选择和计算机分类好坏的一个量度,因而也是最后的土壤图质量的一个间接量度。

尽管遥感图也有些类型的确定和勾界不如常规图,但瑕不掩玉,整体看来,用遥感分类图为基础编出的 1:40 万的土壤图,其详细和准确程度远超过仅用常规法编出的 1:40 万土壤图。看来,用此方法作 1:20 万的图也是没有问题的。笔者的结论是,以卫星遥感数据自动识别为基础,同时运用常规调查资料进行分类制图的方法,是能够在中、小比例尺的土壤调查、分类和制图实践中加以采用的。

五、遥感分类制图的局限性和问题

遥感数据土壤分类主要是根据卫星能够接收到的地物光谱的信息。不同的土壤类别,如果其谱信息相同或差异甚小,遥感分类就比较困难。这时需要参考其它的地理或土壤资料。我们建立的地理控制系统,是利用这类资料的一种简单有效的形式。今后如能逐步做到将这类资料(地形、水文、母质等信息)数字化,并与遥感数据相匹配,必将进一步提高分类制图的水平。

遥感数据对水和水分、植物密度、地表物质的颜色和糙度等较为敏感,对此有关的土壤差别分得较细,但对于不易反映到地表的土壤性质差异不够敏感。所以,遥感分类并非总是都分到某一个土壤分类等级,而是有些分到土类和亚类,有些分到土属和土种。所以遥感分类结果还需参照常规调查进行适当调整、补充或删减,才能符合土壤分类制图的要求。

中、小比例尺遥感制图以至一般制图的精度估计,目前主要还是定性比较。笔者认为,切实可行的、适合于中、小比例尺遥感分类制图的精度定量估计方法,是个值得研究的问题。

这次分类所用的遥感图象是秋末季节的。由于植物落叶或庄稼收获,地表差异变小,

影响到某些地物的分辨。如能选择其它时相(如植物生长季节)的图象,可能会提高许多地物的分辨率。土壤遥感的最佳时相研究和多时相研究,是一个有意义的课题。

这次分类结果是用行打机以符号图的形式输出的。符号图比彩色图有易于逐点识别和分析的优越性,但图的纵横比例不一,尚需一个比例尺调整过程才能转绘成图。如果采用输出的每个字符(包括周围属于它的空白)各占一个正方形空间的行打机,如改良的 IBM 行打机^[5],那就能使输出图同时满足分析和成图的双重要求。

参 考 文 献

- [1] 朱震达、刘华训、陈恩久等, 1962: 新疆塔克拉玛干沙漠西南地区的自然特征及其改造利用。治沙研究, 第三号, 第 6 页。
- [2] 曾志远, 1984: 计算机分类及其结果的光谱学和地理学分析(卫星图象土壤类型自动识别与制图的研究 I)。土壤学报, 第 21 卷 2 期, 182—193 页。
- [3] 曾志远、张绪定、孙立, 1984: 小密度采样卫片扫描数据的微型机处理及其在土壤分类制图中的应用,《遥感技术研究与应用资料汇编》, 158—169 页, 中国科学技术情报研究所、国家科委科技成果管理办公室编, 科学技术文献出版社出版。
- [4] Quirk, B. K., Scarpace, F. L., 1980: A Method of Assessing Accuracy of a Digital Classification, Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, Vol. XLVI, Number 11, November.
- [5] Ragg, J. M., 1977: The Recording and Organization of Soil Field Data for Computer Areal Mapping. Geoderma, Vol. 19, No. 2.

AUTOMATIC RECOGNITION AND MAPPING OF SOIL TYPES USING LANDSAT IMAGE

II. SOIL MAPPING BASED ON THE AUTOMATICALLY RECOGNIZED CATEGORIES AND THE MAPS OBTAINED IN COMPARISON WITH THE CONVENTIONAL SOIL MAP

Zeng Zhiyuan

(Institute of Soil Science, Academia Sinica, Nanjing)

Summary

The purpose of this paper is to answer the question how to transform the computer-classified maps into corresponding soil maps.

The first step, i.e. the key step, is to establish the exact relationship between the machine-divided categories and the real soil categories. The tables for expressing their relationship were listed on the basis of the internal sequence, cluster dendrogram and the band-radiation curves of the machine-divided spectral categories and the geographical control system (cf. the author's article in ACTA PEDOLOGICA SINICA, Vol. 21, No. 2).

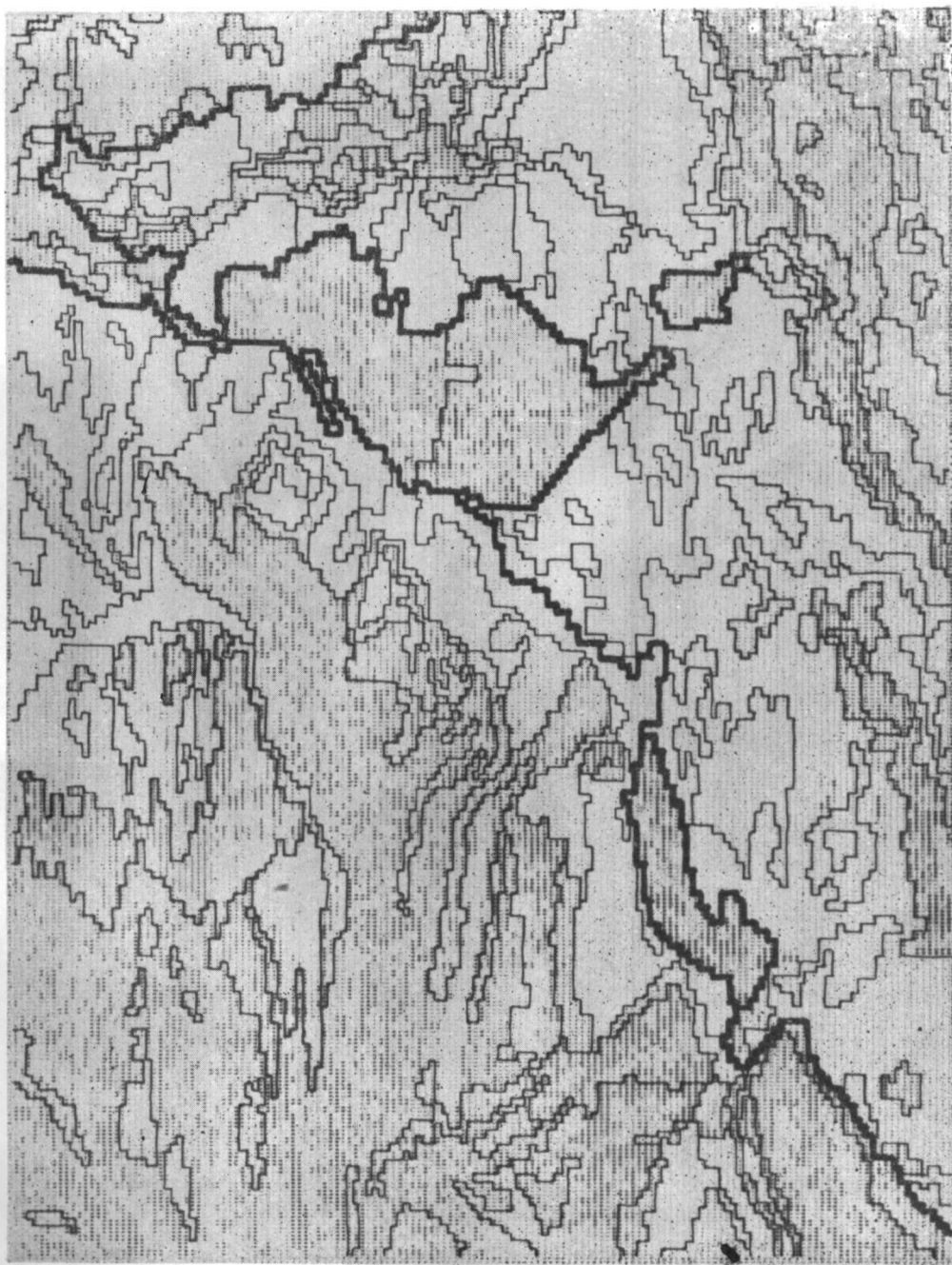
Then, on the computer printouts, the geographical control lines are drawn on basis of the geographical control system and according to the boundaries of some spectral categories in their internal sequence. Among the control lines, the most important are the boundaries of the various geographical control regions.

The third step is to delineate the soil boundaries according to the geographical control lines and the tabular relationship between spectral and soil categories.

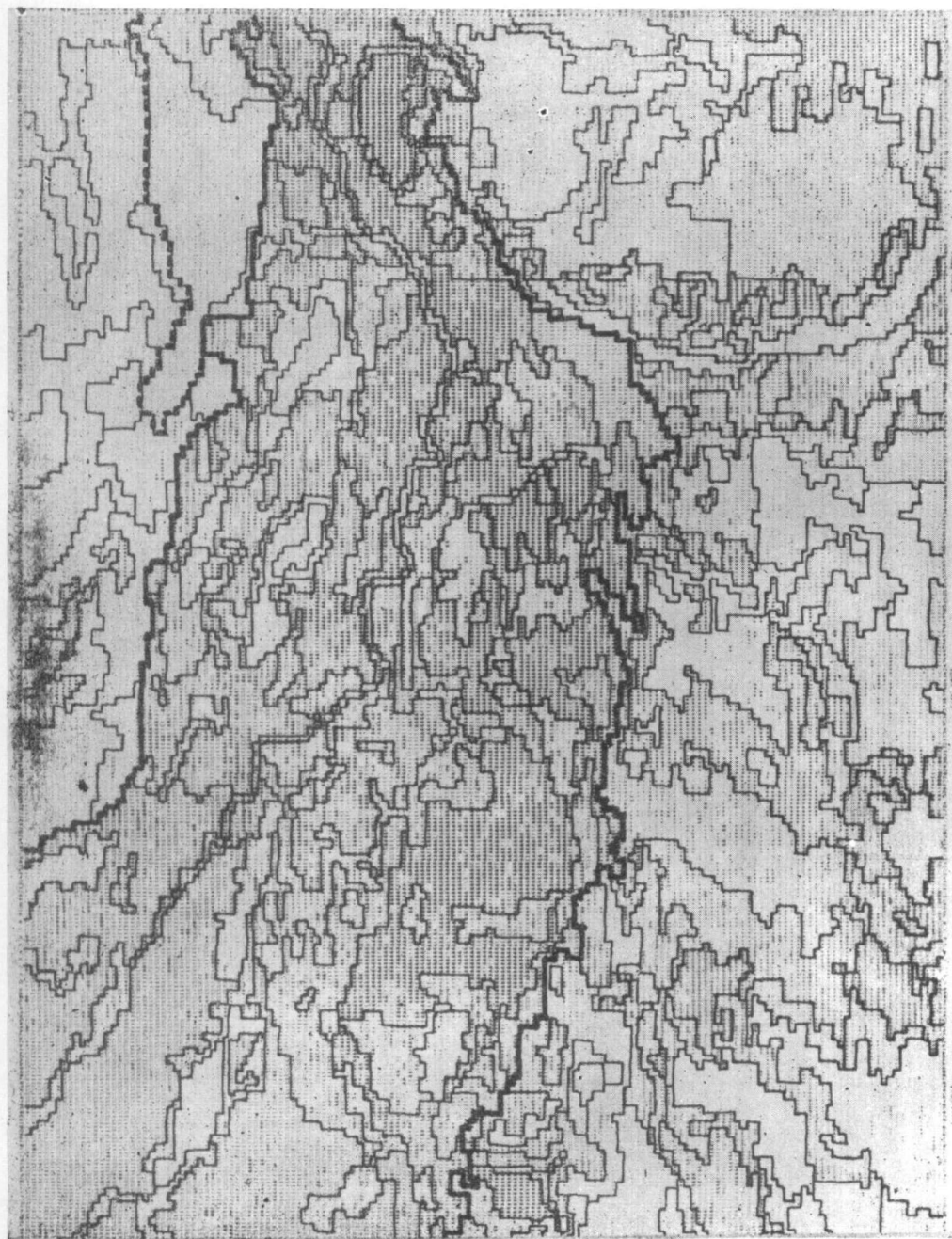
The final step is to adjust the crosswise and lengthwise scales of the delineated computer printouts and to transfer them to the formal soil maps with Zoom Transfer Scope.

It is found that the soil map of unsupervised classification is quite consistent with that of supervised classification, and the latter is better.

A comparison has been made between two computer generated soil maps and the conventional soil map. It is shown that they are very similar, and the machine-made maps are more detailed and accurate.



图版 I 根据非监督分类结果勾绘的地理控制线和土壤界线：左半部
横向往比例尺 1:574,000；纵向往比例尺 1:480,000 注：图例同 图版 II



图版 II 根据非监督分类结果勾绘的地理控制线和土壤界线：右半部
■地理控制区界线 ■地理控制亚区界线 ——土壤界线 注：比例尺同图版 I



图版 III 根据监督分类结果勾绘的地理控制线和土壤界线：左半部
横向比例尺 1:672,000 纵向比例尺 1:417,000 (注：图例同图版 IV)



图版 IV 根据监督分类结果勾绘的地理控制线和土壤界线：右半部（注：比例尺同图版 III）
■ 地理控制区界线 土壤界线 —— 土壤界线

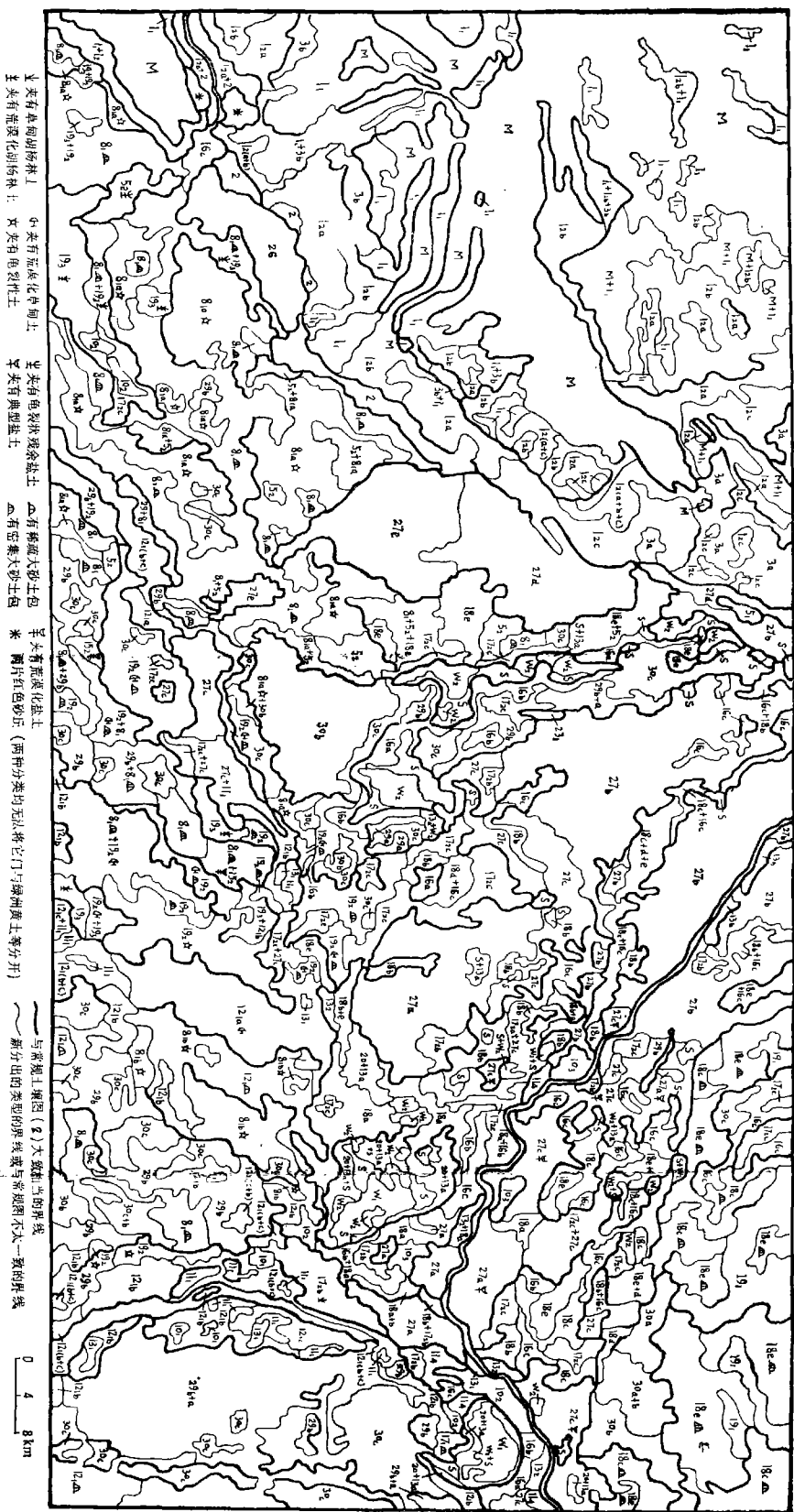
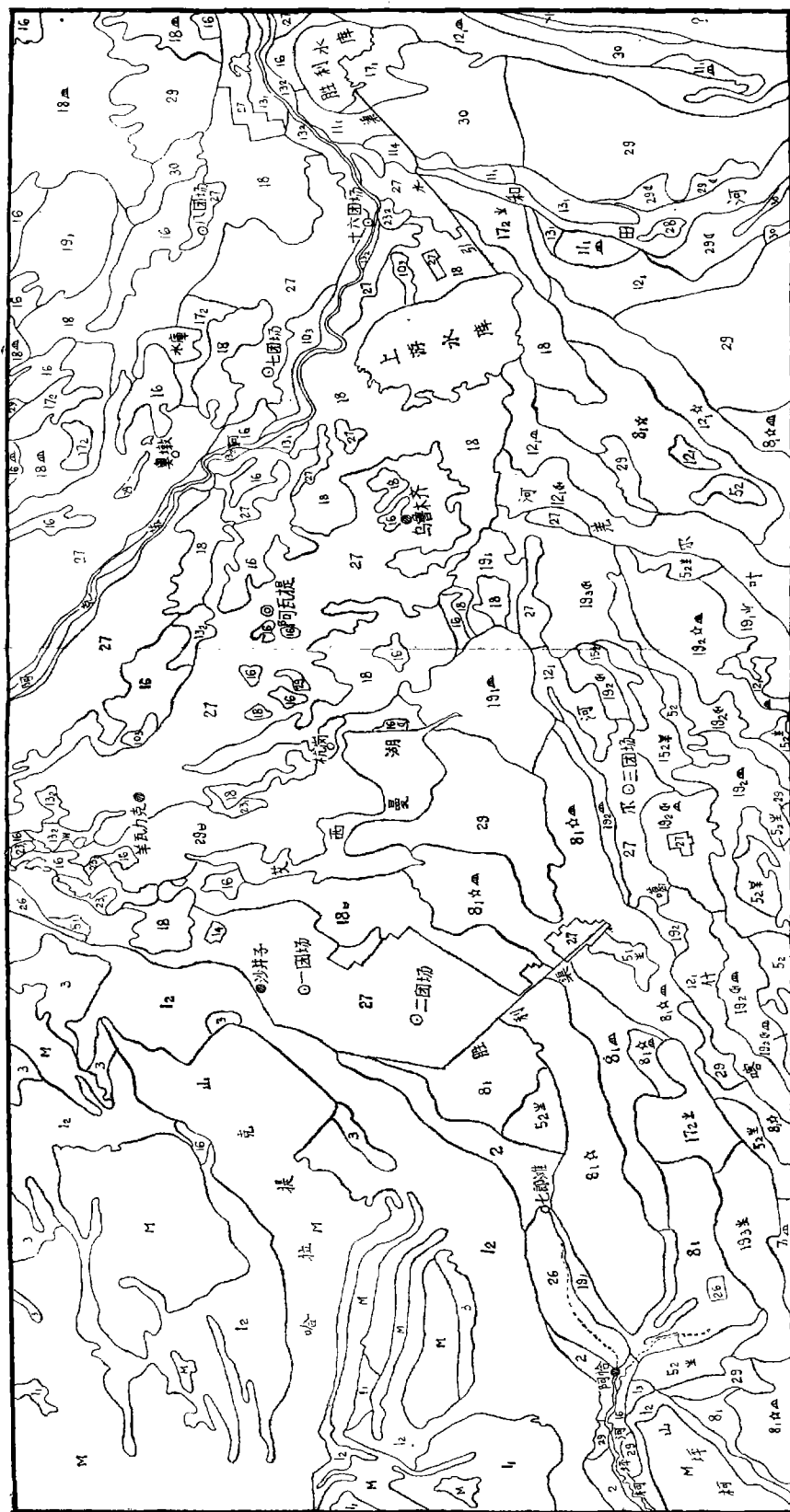


Fig. 1 The soil map defined and transferred based on the result of the supervised classification

图 1 根据监督分类结果勾绘和转绘的土壤图

1. 面腐暗棕壤 1a. 植物残体、池炭灰色的(典型的)砂质暗棕壤土 1b. 植物残体或池炭灰色的砂质暗棕壤土 1c. 植物残体或池炭灰色的砂质暗棕壤土 2. 龟裂状暗棕壤土 3. 平沙地状石质暗棕壤土 3a. 池炭灰色的砂质暗棕壤土 3b. 池炭灰色的砂质暗棕壤土 3c. 池炭灰色的砂质暗棕壤土 4. 轻度黄化暗棕壤土 5. 龟裂状暗棕壤土 6. 龟裂状暗棕壤土 7. 龟裂状暗棕壤土 8. 典型龟裂状暗棕壤土 9. 典型龟裂状暗棕壤土 10. 典型龟裂状暗棕壤土 11. 典型龟裂状暗棕壤土 12. 典型龟裂状暗棕壤土 13. 典型龟裂状暗棕壤土 14. 典型龟裂状暗棕壤土 15. 典型龟裂状暗棕壤土 16. 典型龟裂状暗棕壤土 17. 典型龟裂状暗棕壤土 18. 典型龟裂状暗棕壤土 19. 典型龟裂状暗棕壤土 20. 典型龟裂状暗棕壤土 21. 典型龟裂状暗棕壤土 22. 典型龟裂状暗棕壤土 23. 典型龟裂状暗棕壤土 24. 典型龟裂状暗棕壤土 25. 典型龟裂状暗棕壤土 26. 典型龟裂状暗棕壤土 27. 典型龟裂状暗棕壤土 28. 典型龟裂状暗棕壤土 29. 典型龟裂状暗棕壤土 30. 典型龟裂状暗棕壤土



1. 砂质棕壤土 1. 砂质棕壤土 2. 电裂状棕壤土 3. 石膏棕壤土 4. 盐化棕壤土 5. 电裂性土 6. 典型盐土 7. 残余盐土 8. 电裂状残余盐土 9. 荒漠化盐土 10. 盐化草甸红柳林土 11. 红柳林土 12. 荒漠化胡杨林土 13. 碱草甸土 14. 盐化碱草甸土 15. 盐化荒漠化草甸土 16. 草甸盐土 17. 胡杨林盐土 18. 荒漠化胡杨林盐土 19. 荒漠化红柳林盐土 20. 盐化草甸盐土 21. 草甸盐土 22. 盐化草甸盐土 23. 草甸盐土 24. 盐化草甸盐土 25. 盐化草甸盐土 26. 盐化草甸盐土 27. 盐化草甸盐土 28. 固定风砂土 29. 半固定风砂土 30. 流动风砂土

图 2 用常规方法编出的土壤图(雷文进, 刘立成等同志所编图的一部分)

Fig. 2 The soil map compiled by conventional method (W. J. Lei, L. Ch. Liu, et al.)