

遥感技术在黄土高原土地利用现状 调查中的应用研究*

杨希华

(中国科学院遥感应用研究所)

1988年9月28日收稿

摘 要

本研究选取黄土高原典型丘陵沟壑区——陕西省米脂县为试验区,用 TM 磁带、TM 假彩色合成影像、SPOT 多光谱影像和彩色红外航空像片同时对试区进行土地利用现状分类与制图的研究。通过对土地利用现状分类系统、TM 图像计算机增强处理与自动分类、TM 最佳波段组合、三种影像的目视判读与制图、以及遥感信息源的综合评价等多方面的试验研究,为遥感技术在黄土高原 1:5 万土地利用现状调查制图中的应用提供了一套技术数据及可行的方法。

关键词 黄土高原 土地利用 遥感

近年来,随着 TM 和 SPOT 产品的问世,卫星遥感应应用能力大大增强,在很大程度上解决了 MSS 不能解决的小范围复杂景象的问题,提高了土地利用分类的详尽水平。大、中比例尺土地利用现状调查制图是当前国家的一项重要任务,尤其是在黄土高原丘陵沟壑区这样交通不便、土地利用状况亟待摸清的地区尤为重要。完成此项任务,能否用 TM 和 SPOT 作为信息源?这些遥感数据如何应用以及能用到什么程度?这是人们普遍关心的问题。本文试图通过用 TM 影像和 CCT 磁带、SPOT 影像及彩色红外航空像片在黄土高原典型沟壑区 1:5 万土地利用现状调查制图中的应用研究,探讨各信息源的应用能力,力求提出一套适合该地区切实可行的应用方法,并对这几种遥感信息源在此项研究中表现出的影像特征及所获效益进行科学、准确和客观的评价。

一、试区概况与试验资料

试验区选择在陕北黄土高原中部的米脂县,分布范围是 $E109^{\circ}53'$ — $111^{\circ}25'$, $N37^{\circ}40'$ — $38^{\circ}06'$,面积约 1212km^2 。属半干旱暖温带气候,年平均降雨量 451.6mm ,年平均蒸发量为 1557mm 。试区东南部主要为峁状黄土丘陵,西北部主要为梁状黄土丘陵,中部是无定河河谷,相对高差约 150 — 200m 。主要土壤是黄绵土,约占 97% ;主要粮食作

* 本文是作者的硕士学位论文,是在北京农业大学全国农业遥感中心林培教授的悉心指导下完成的。

物有谷子、马铃薯、高粱、玉米、黑豆和糜子;自然植被多被破坏,主要乔木有刺槐(约占90%)和杂交杨(约占8%);主要灌木是柠条(约占80%);经济林以苹果为主(占90%);草地多为苜蓿和草木栖。试区无论是地貌、气候、土壤,还是土地利用,在黄土高原沟壑区都具有代表性。

试验中收集使用了如下资料:1:5万地形图,1976年航摄,1977年调绘,1981年出版;1:3.4万黑白航空像片,1977年5月摄影;1:5万彩色红外航空像片,1987年9月22日摄影;1:5万 SPOT 多光谱假彩色影像,1987年5月7日成像;1:5万 TM 假彩色合成像片和 CCT 磁带各两景,1987年5月17日和1987年9月24日,轨道号为127-34。

二、土地利用分类

土地利用分类是根据土地利用现状的相似性和差异性划分不同的类型。合理的分类将提高图件的科学性和实用价值,并能减少制图工作量。设计遥感土地利用分类系统,关键在于分类的地物要具易辨性和稳定性,既要考虑分类的系统性和完整、分类单位与制图单位的一致、地区区域特性及生产实用性,又要考虑遥感平台和解像力与分类等级的对应关系,以充分发挥遥感技术的优势。

县级土地利用分类属基层分类,通常要求划分到土地利用的第三级类型,重点反映土地利用的区域特征。米脂县土地利用分类第一级和第二级采用全国的统一划分标准^[1],第三级则考虑米脂县处于黄土高原沟壑区这一自然区域特点,根据地貌特征来划分。事实上,在这一地区,地貌条件直接影响着土地利用的方式和布局,两者之间有明显的对应关系,且具有一定的稳定性。同时,该区的基本地貌单元(如梁、峁、沟坡、川地)也正好与县级土地利用图(1:5万或1:10万)的制图单元相一致,这样的分类便于以后土地利用的规划和布局。此外,遥感数据是摄取一瞬间地物的形状、结构、色调和相关位置,具有“瞬间”的特点,如果依据植(作)物的种类进行分类,就很难反映其轮作关系和季节变化,达不到稳定和易辨的要求。土地利用现状调查不等同于植(作)物分布调查,土地利用应反映在一定自然、社会经济条件下的土地利用方式及生境关系,具有相对稳定性,所以以地貌特征为依据划分黄土高原沟壑区第三级土地利用类型是合理的。

表1列出的是米脂县土地利用分类系统,其中交通用地和水域采用二级系统,其它类型均采用三级分类。

三、TM 图像处理

对 TM 图像进行一系列处理,是为了增强 TM 的应用能力,探讨 TM 作为1:5万土地利用调查制图的遥感信息源的可行性。

1. TM 图像增强处理

图像增强处理的目的是改变原图像的灰度结构关系,以取得更好的判读效果。为选择试验区 TM 图像的最佳增强方法,选取一有代表性的窗口(约 800×800 像元),在 Aries-II 图像处理系统上用 TM_2, TM_4, TM_7 三个波段分别做了线性拉伸(LS)、指数变

表 1 陕西省米脂县土地利用分类系统

Table 1 Land use classification system of Mizi county, Shaanxi province

一级分类		二级分类		三 级 分 类			
编号	名称	编号	名称	编号	名 称		
1	耕地	12	水浇地	122	川水浇地		
				123	沟水浇地		
				124	沟坝水浇地		
				125	梯田水浇地		
		13	旱 地	132	川旱地		
				133	沟旱地		
				134	沟坝旱地		
				135	梯田旱地		
				136	坡旱地		
				14	菜 地	142	川菜地
		2	园地	21	果 园	143	沟菜地
						212	川果园
						215	梯田果园
		3	林地	31	乔木林	216	坡果园
312	川林地						
313	沟林地						
32	灌木林			316	坡林地		
				323	沟灌木林		
				326	坡灌木林		
33	疏林地			333	沟疏林地		
				336	坡疏林地		
				4	牧草地	41	人工草地
416	坡草地						
5	居民点及 工矿用地	51	城 镇				
				52	农村居民点	522	川地居民点
						523	沟谷居民点
		525	梁峁居民点				
		532	川地工矿用地				
		53	独立工矿用地	533	沟谷工矿用地		
				54	盐 田	542	川地盐田

续 表

一级分类		二级分类		三 级 分 类	
编号	名称	编号	名称	编号	名 称
6	交通用地	62	公路		
		63	农村道路		
7	水域	71	河流水面		
		73	水库水面		
		74	塘坝水面		
		75	坝淤地		
		76	河滩		
		77	沟渠		
		78	水工建筑物		
		8	未利用土地	81	荒草地
82	盐碱地			822	川盐碱地
84	沙地			845	梁峁覆沙地
85	裸土地			853	干沟床
				855	荒坡地
86	裸岩、石砾地			861	石崖石坡
				862	土石坡

注①一、二级分类除有个别增补外,分类及含义都与全国的分类相同。

②第三级分类中的“川”指黄河一、二级支流,宽度 $\geq 250\text{m}$ 的河谷川地;“沟”指黄河三级以上支流,宽度 $< 250\text{m}$ 的沟谷;“梯田”包括梯田、鱼鳞坑和人造平地;“坡”指沟缘线以上的梁峁,包括梁峁顶盖和梁峁坡;“沟坝”指沟谷中筑坝淤成的地。

换(ET)、对数变换(LG)、直方图均衡化(HE)、比值变换(DL)和边缘增强¹⁾等增强处理,然后进行 $TM_4-TM_7-TM_2(R-G-B)$ 组合,将组合结果扫成1:5万的影像,通过对主要地类的目视判读来评价各种增强效果,结果是边缘增强的效果最好,线性拉伸和直方图均衡化处理的效果次之,其它处理的效果均不理想(表2)。

线性拉伸是将原影像灰度范围按线性关系扩展到规定范围。根据TM CCT 6个波段(TM_6 除外)的灰度统计值(表3),以其中的最低灰度值(25)和最高灰度值(145)作为要求扩展的范围。经灰度线性扩展后的图像与原图像比;图像对比度增大,色彩丰富,农地和林地等主要类型变到清晰易辨,同时高、低亮度区的信息并无损失,仍可辨别。缺点是地类边界及地貌轮廓模糊。

直方图均衡化是将原图像各种灰度级在图像中所占的比例调至相等,使各部分亮度的比例关系改善。均衡化后,对比度明显增大,处于中间灰度范围的植被信息(尤其是川

1) 边缘增强由国家测绘局测绘科学研究所邱志成老师在 Prism 系统上完成。

表 2 TM 图像增强处理效果比较

Table 2 The comparisons for the enhancement treatments of TM image

效果 处理	类型	水体	植被	黄土	城镇	沙地	地貌轮廓	总体评价
		线性拉伸	易辨	易辨	易辨	易辨	易辨	较模糊
指数变换	易辨	易辨	较易辨	较易辨	难辨	易辨	模糊	不理想
对数变换	易辨	易辨	难辨	较易辨	较易辨	易辨	模糊	不理想
直方图均衡化	易辨	易辨	易辨	易辨	易辨	较易辨	模糊	较理想
比值变换(No.75)	易辨	易辨	较易辨	较易辨	难辨	较易辨	很模糊	不理想
边缘增强	易辨	易辨	易辨	易辨	易辨	易辨	清晰	理想

表 3 TM 各波段的灰度统计值

Table 3 The statistical grey range of the TM bands

波段	TM ₁	TM ₂	TM ₃	TM ₄	TM ₅	TM ₇
灰度范围	68—108	27—62	27—62	26—80	30—145	25—92
平均值	86.9	43.8	43.8	52.9	93.8	63.5
扩展范围	25—145					

注: TM CCT 的时相为 1987 年 5 月 17 日

地)得到突出,阴阳坡的反差增大。但高亮度值的沙和黄土,低亮度值的水体和阴影,在颜色上几乎趋于一致而无法分辨;此外,在处理后的影像上,一些地物发生了形态变化。如镇川机场实测跑道长度为 2588m,未增强处理的 TM 组合影像上量测长度为 2600m,而均衡化后的影像上量测为 2775m,且边界模糊,有弯曲现象,在川地上分别实测了 9 块不同形状田块的面积,然后逐一在未处理的影像和均衡化处理的影像上量测各田块的面积,结果是未处理影像的相对误差为 0.46%,均衡化影像的相对误差为 0.72%。

边缘增强是使边缘亮度值变化率额外地提高(高频增强),使图像中目标之间的边界、线条等的亮度相对变大。边缘增强的影像,其地类和地貌轮廓的几何边界变得清晰,除对严格的线状地物的几何精度及 TM 本身分辨率的影响外,TM 边缘增强的影像与 SPOT 多光谱影像几乎有同样的目视效果(表 4)。对以地貌为依据划分的第三级土地利用分类,无疑边缘增强的效果最为理想。

表 4 边缘增强影像的效果

Table 4 Evaluation of the edge enhanced image

	TM 反差增强影像 (1:5 万)	TM 边缘增强影像 (1:5 万)	SPOT 多光谱影像 (1:5 万)
地形切割与沟谷	影像几何边界模糊	影像几何边界清晰	影像几何边界清晰
线状地物	有像元框架影响	有像元框架影响	没有像元框架影响
植被与土地利用	影像色调边界模糊	影像色调边界清晰	影像色调边界清晰
分类精度(第三级)	50%	50%	60%

2. TM 波段组合

TM 对土地利用类型的潜在分辨力取决于用于组合的波段间的离散度 (或相关系数), 波段间的离散度愈大则信息量愈丰富。因此最佳的三波段组合应最少含一个可见光波段、一个近红外波段和一个中或远红外波段 (考虑 TM_6 分辨率低、噪声大, 组合中不选择此波段)。表 5 列出了 1987 年 9 月 24 日全景 TM 各波段的相关系数。由于 TM_4 的绿色植被比其它类型有更高的反射率, 且近红外波段只此一个, 所以在组合中应保留。由表 5 可知: TM 三波段组合中, TM_4 - TM_7 - TM_3 之间的相关系数最小 (或离散度最大), 其次是 TM_4 - TM_7 - TM_2 和 TM_4 - TM_5 - TM_3 , 初步认为这几种组合方案效果较好。

表 5 TM 各波段的相关系数

Table 5 The correlation coefficients for the TM bands

	TM_1	TM_2	TM_3	TM_4	TM_5	TM_7
TM_1	1					
TM_2	0.96	1				
TM_3	0.75	0.76	1			
TM_4	0.75	0.77	0.49	1		
TM_5	0.82	0.87	0.63	0.78	1	
TM_7	0.63	0.70	0.86	0.41	0.67	1

事实上, 由离散度分析所确定的最佳波段组合只在理论上含有最多的信息量^[2]。为对上面分析的结果进行检验, 我们在 VAX-750 图像处理系统 (林业部调查规划设计院) 上选取一 512×512 像元窗口, 做了 12 种不同的波段组合 (包括个别同组合的不同赋色), 将结果扫在一张彩色胶片上, 最后处理成 1:5 万的彩色影像, 在此基础上进行各类型的目视判读, 确定最佳组合 (表 6)。分析得出: 不同的组合对不同类型具有不同程度的分辨力, 但以 TM_4 - TM_5 - TM_3 , TM_4 - TM_7 - TM_3 和 TM_4 - TM_7 - TM_2 组合 (赋色顺序均为 R-G-B) 的效果好, 其中以 TM_4 - TM_7 - TM_2 组合最佳, 与理论分析的结果基本一致。

表 6 土地利用分类的最佳三波段

Table 6 The best combination of three TM bands for land use classification

	光 谱 段					
	1	2	3	4	5	7
盐碱地	×	×	×			
林地			×	×	×	
川水浇地		×		×		×
城镇		×	×	×		
梁峁旱地		×		×	×	×
水域		×		×		×
总体		×		×		×

3. TM 图像计算机分类

(1) 非监督分类: 用 1987 年 5 月 17 日的 TM CCT 磁带, 在 Aries-II 图像处理系统上选 800×800 像元窗口, 采用最大似然法分类, 结果分 8 类和分 15 类效果都不理想, 只有光谱反射差异较大的四类地物(覆沙地、水域、机场和林地)可以分辨, 但也和其它类混分严重, 其余类型根本无法确定。

(2) 监督分类: 分别用 1987 年 5 月 17 日和 9 月 24 日的 TM CCT 磁带选同一窗口做了监督分类。5 月份的数据在 Aries-II 系统上用最大似然法完成分类, 共分出 8 类, 其中四类(乔木林、沙地、坡旱地、水域)效果较好, 四类混淆严重(如城镇与水系、川水浇地与盐碱地), 约有 20% 的像元未被分类, 分类精度(分出类型数占总类型数的百分比)仅 14%。9 月份的数据采用最大似然优化分类程序(由国家测绘局测绘科学研究所丘志成提供), 在 Prism 系统上进行, 可分出 10 类, 所有像元全被分类, 分类精度为 36%。

总的来说, 监督分类要比非监督分类的效果好。尽管在分类程序上作了一些改进, 但监督分类也远达不到 1:5 万土地利用调查制图分类精度的要求。

四、影像的目视判读分类与制图

1. 判读分类的方法

(1) 地学分析: 黄土高原丘陵沟壑区, 微地貌变异非常突出, 在气候条件基本相似的情况下, 地貌条件基本控制了土地利用的方式及布局, 即每一种地貌类型都有相对应的土地利用类型, 由此可以建立两者之间的关系, 即地学模式。根据这一规律, 在判读时首先判出川地、沟道、梁峁坡地等这些显而易见的地貌类型, 再根据各利用类型(林、草、作物等)在影像上反映出的色调、纹理、图型等标志及农事历规律, 就很容易判别出各土地利用类型。

(2) 光谱特征分析: 根据 1987 年 5 月和 9 月野外测试的主要土地利用类型的光谱反射数据, 绘制光谱反射曲线图。将各类型按在绿波段 (TM_2) 和近红外波段 (TM_4) 的光谱反射分为若干类, 对比同期的影像逐一建立色调标志, 再参考农事历, 不仅易于识别各类型, 还能避免影像在洗印过程中因不同程度的偏色而引起的误判。

(3) 物候分析: 不同的作物、树种、草种在一年中都有自己的发育过程, 生长阶段的不同, 它们的反射尤其对近红外光的反射能量差异很大, 在影像上产生的色反差也不同。通过调查, 编制了米脂县主要植被物候表。由此表分析, 5 月初时黄土丘陵上的作物还没大量生长, 只有部分乔木和果树开始长叶和开花, 在影像上呈棕红色; 9 月下旬大部分作物开始枯黄、收割, 而马铃薯和黑豆生物体达最大, 呈红或棕红色。可见, 所使用的 5 月和 9 月两时相并非最理想, 只有配合使用才能取得满意的效果。此外, 从物候历可以看出, 8 月份时各植物都处于生长旺期, 个体差异最大, 所以研究该区土地利用最好的时相应是 8 月份的影像。

2. 判读标志

通过上述分析及判读实践, 并用野外调绘的样片校准, 从而逐一建立了三种信息源的各主要土地利用类型的判读标志(表 7)。

表 7 土地利用类型的判读标志
Table 7 The Interpretation keys to land use classes

编号	土地利用类型	空间置位	判 读 标 志		
			TM 图像	SPOT 图像	彩色红外航空像片
122	川水浇地	河(沟)床阶地	红至暗红色, 规则棋盘状, 棕色线状林网分隔	暗黄色, 规则块状, 其间有红色线状林网	有作物的地方呈红或暗红色, 无作物的地方浅绿色, 规则田块, 可见田间棕色线状林网
125	梯田水浇地	近水库梯田的阴坡	不能分辨	不能分辨	红色, 平滑, 可见一道道梯田埂
133	沟旱地	沟底	不能分辨	推测	浅红至红色, 无作物时橄榄绿色, 羽状
134	沟坝旱地	沟底	不能分辨	推测	红或暗红色, 羽状, 端部有白色平直坝体
135	梯田旱地	沟缘线上的梯田	不能分辨	不能分辨	浅红色或米黄色, 同心圆状田埂
136	坡旱地	沟缘线以上的梁阶坡	乳黄, 暗红至红色, 边界模糊	乳黄, 絮状, 边界模糊	浅红色或米黄色, 纹理平滑, 形状不规则
142	川菜地	河流阶地	推测	推测	呈红、蓝、青各色, 规则小田块, 近居民点
215	梯田果园	近水库的梯田	不能分辨	不能分辨	品红, 较规则点状分布, 较稀疏
212	川果园	河流阶地	红色, 规则块状, 边界清晰	同 TM	红色或品红色, 树冠颗粒较大, 排列整齐
316	坡林地	梁阶坡地	红或红棕色, 形状不规则, 边界较清晰	同 TM	红或品红、棕色, 紧密颗粒状结构, 边界清晰
323	沟灌木林	沟坡或沟底	不能分辨	不能分辨	红褐或棕褐色, 颗粒感不强
416	坡草地	梁阶坡地	不能分辨	不能分辨	浅灰或暗灰色, 与农地难分
51	城镇	河流阶地	蓝黑色, 有公路从中穿过	同 TM	青灰、蓝黑色, 可见街道和楼群, 有公路从中穿过
522	川地农村居民点	河流阶地	推测	红斑与蓝黑斑镶嵌, 周围有道路和田块	红、蓝斑, 较规则形状, 有道路与之相连, 周围有疏林和小田块
523	沟谷农村居民点	沟谷	不能分辨	不能分辨	红棕色稀疏颗粒状的疏林, 多位于沟口
54	盐田	河流阶地	白、暗棕镶嵌可见人工取土后的暗色沟槽	同 TM	暗灰色和白色, 位于村庄附近, 可见排水沟
76	河滩	河床边	棕黑色, 靠近河流	暗棕色, 靠近河流	橄榄绿色, 条状分布于河流边
813	沟荒草地	沟谷	不能分辨	不能分辨	暗黄色, 位于陡坡, 不易分辨
822	川盐碱地	河流阶地	暗棕与白斑镶嵌	白色斑状	浅黄、暗黄之间夹有白色斑块
845	梁阶覆沙地	梁阶顶部	乳白色, 有沙丘纹理	黄白色, 有沙丘纹理	黄白色, 有明显沙丘纹理
855	荒坡地	沟坡	不能分辨	不能分辨	暗灰色, 切割程度大, 没有植被呈现的红或棕色

续 表

编号	土地利用类型	空间位置	判 读 标 志		
			TM 图像	SPOT 图像	彩色红外航空像片
861	石崖石坡	梁峁坡或沟坡	不能分辨	不能分辨	灰色、不规则带状,近沟缘边
862	土石坡	梁峁坡或沟坡	不能分辨	不能分辨	暗灰、暗棕色,不规则形状,近沟缘边

注: TM 为 9 月 24 日获取的影像(4-3-2 组合),SPOT 为 5 月 7 日的多光谱影像,彩色红外航空像片为 9 月 22 日航摄。

3. 制图及精度

为评价各信息源的制图能力及精度,用 TM,SPOT 和彩色红外航空像片三种影像同时成图。由于 TM 和 SPOT 两种影像的分类精度均达不到成图要求,所以只选一小区域进行试验性判读分类,绘出草图。最后成图由彩色红外航空像片逐片判读、转绘而成,图中耕地、园地最小图斑为 6.0mm^2 ,林地、草地为 15.0mm^2 ,居民地为 4.0mm^2 ,公路、主要农村道路以及独立工矿、坝等以不等比例的符号标绘。

土地利用图的精度包括位置精度、分类精度和面积量算精度(这里不讨论面积量算精度)。位置精度通过与地形图检查点对点求得,以点位误差均值表示;分类精度由所选样区内各影像能分出的类型数占样区总类型数百分比求得(表 8)。

表 8 土地利用图的精度

Table 8 The accuracy of the land use map

	分类精度			位置精度			说明
	分出类型数	总类型数	精度	样本数	图上 (mm)	实地 (m)	
TM 磁带计算机非监督分类	4	28	14%	29	0.75	22.5	5 月 17 日的 TM CCT 数据
TM 磁带计算机监督分类	10	28	36%	29	0.75	22.5	9 月 24 日的 TM CCT 数据
TM 影像	15	30	50%	36	1.68	84	5 月 17 日影像
SPOT 影像	18	30	60%	36	0.56	28	5 月 7 日多光谱影像
彩色红外航空像片	28	30	96%	30	0.48	24.5	9 月 24 日航摄

由表 8 可见: TM 和 SPOT 的位置精度都能满足 1:5 万土地利用现状图的精度要求(最大误差 $<2\text{mm}$),但分类精度却远达不到要求($>90\%$)。之所以在黄土高原 1:5 万土地利用调查中 TM 和 SPOT 的分类精度低,主要是由于 TM 和 SPOT 的地面分辨率(TM 为 30 米,SPOT 多光谱为 20 米)的限制,使得黄土高原一些特殊而又很重要的土地利用类型(如梯田、沟坝地等)无法分辨,而分类精度又是以对这些类型(第三级类型)的分辨为基准来评价的,因此导致 TM 和 SPOT 的分类精度低。[本文所使用的 SPOT

的时相是 5 月 7 日,从农事历来看这个时相有点偏早,对一些植被不易分辨,在一定程度上影响了分类精度,但对以地貌特征为依据划分的第三级土地利用分类系统,这种影响是次要的。可以相信:如果在第二级类型(或更小比例尺)的水准上来评判, TM 和 SPOT 的分类精度将会大幅度提高。

五、遥感信息源的模糊综合评判

为综合反映遥感信息源在土地利用现状调查制图应用中有关的各个侧面,并力求简单、客观,本文采用模糊隶属函数法进行综合评判^[3]。选定分类精度、几何精度、成本费用、工作量、时效性和普及性等 6 个因子作为评判因素论域 (U),评判等级(V)分为好、较好、一般、较差、差 5 级。根据本试验取得的数据,并参考遥感信息源本身的特点及土地利用调查制图的要求,确定 6 个因素各自的隶属函数,由此建立模糊关系矩阵(R),作为模糊变换器,用专家给定的权向量(A),采用 $M(+, \cdot)$ 算子得出评判结果,优劣次序是:彩色红外航空像片>SPOT 影像>TM 影像>TM 磁带。

与此同时,我们请了 20 名专家以填表的形式参予评判,将结果统计求得模糊关系矩阵(R),采用与隶属函数法相同的权向量(A),用 $M(\cdot, +)$ 模型求得的专家评判结果,其优劣次序与隶属函数法的次序完全相同。

隶属函数法反映了客观结果,专家评判法则反映了专家经验,两结果完全一致,证明评判是合理的,即黄土高原 1:5 万土地利用现状调查以彩色红外航空像片为最佳信息源。

六、结 论

归纳起来,用遥感技术进行黄土高原 1:5 万土地利用调查制图,可得出如下结论:

- (1) 土地利用第三级分类应以地貌特征作为分类依据;
- (2) TM 图像增强以边缘增强的目视判读效果最好,理想的波段组合是 $TM_4-TM_7-TM_2$, $TM_4-TM_5-TM_3$ 和 $TM_4-TM_7-TM_3$;理想的时相是 8 月份;
- (3) 1:5 万土地利用分类以目视判读的效果为好,计算机监督分类和非监督分类均达不到分类精度的要求;
- (4) 最适合的遥感信息源是彩色红外航空像片, TM 和 SPOT 因分类精度较低而不适合用于黄土高原 1:5 万土地利用调查制图。

参 考 文 献

- [1] 全国农业区划委员会,土地利用现状调查技术规程,测绘出版社,1984年。
- [2] D. N. H. Horler and F. J. Ahern, Forestry Information Content of Thematic Mapper Data. INT. J. Remote Sensing, 7(3), pp. 405—428. 1986.
- [3] 杨希华,遥感信息源的模糊综合评判,遥感信息,(2)1989年。

The Application of Remote Sensing Techniques to Land Use Survey on Loess Plateau

Yang Xihua

(Institute of Remote Sensing Application, Academia Sinica)

Abstract

Experiments were carried out on a typical Loess Plateau area about 1000 km² in north Shaanxi province. The objective of this study was to evaluate the suitabilities of TM, SPOT imagery and color infrared aerial photos to Land use survey at a scale of 1:50000, and show how to use these data. In this paper, a land use classification system was established by concerning the remote sensing abilities as well as the geographical feature. The computer aided image enhancements and classification of TM CCT's were discussed. A combined method of divergence and visual analysis was inducted to choose the best combination of three TM bands. The interpretation keys to the main land use classes of the three used images in the study were obtained by the analysis of the landforms, spectrum and phenology. A fuzzy mathematic method was developed to quantitatively judge the application abilities of the remote sensing data used in this study. After those experiments have been done, the paper presents some valuable conclusions and provides the best practicable methods of using remote sensing data to the land use survey at the scale of 1:50000 on the loess plateau.

Key words Loess Plateau Land Use Remote Sensing