

SPOT 图像可用性初探*

——以唐山市区为例

濮静娟 阎守邕 丁纪 周艺

(中国科学院遥感应用研究所)

1987年3月20日收稿

摘 要

本文介绍了 SPOT 图像的特征,探索了 SPOT 图像在唐山市区综合调查中的应用潜力,编制了该市区的土地利用现状、地貌、土壤、植被、水系、交通和环境等系列专题图件。并得出以下初步结论:(1)经过几何精纠正的 SPOT 多波段黑白负片,可以彩色合成放大为不同比例尺的像片。1:10 万的彩色图像影像质量最佳;1:5 万的彩色图像是可用的最大比例尺图像,具有较高的平面几何精度,可供编制 1:5 万专题图用。(2)经过几何精纠正的 1:5 万的 SPOT 彩色图像,最小识别面积为 $25\text{ m} \times 25\text{ m}$,线性体宽度约 10 m ,可以满足我国区(县)级土地利用现状详查的需要,是监测区域动态变化的一种有效手段。SPOT 图像在综合调查中有广阔的应用前景。

根据 1986 年中、法政府科技合作协定,法国 SPOT Image 公司为我们提供了 SPOT 图像唐山幅(1986 年 5 月 15 日多波段 CCT 磁带和 1986 年 5 月 25 日黑白全色图像负片,1:40 万比例尺)。目的在于探索 SPOT 图像在唐山市区综合调查中的应用潜力。本文以目视判读、分析、分类方法,参照 1:1 万黑白全色航空像片和 1:1 万,1:5 万的地形图,以及野外区域调查资料,来讨论 SPOT 图像的精度和可用性。

一、SPOT 图像的特性和工作底图

SPOT-1 号卫星运行轨道为太阳同步圆形近极地轨道,倾角 98.7° ,卫星高度 832 km ,重复周期 26 d 。星上载有 2 台高分辨率可见光图像扫描仪(HRV)。扫描仪采用两种作业方式:可见光全色波段和涉及可见光、近红外波段的多光谱通道。SPOT 卫星首次成功地把先进的电荷耦合器件用于多光谱传感器,以推扫式扫描方式成像。仪器视场角是 4.13° ,可在离天底点 $\pm 27^\circ$ 范围内侧视观察,提高了对同一景物的重复观察能力,并可进行立体像对分析。每帧图像包括 3 张多波段图像和 1 张全色图像,幅宽 $60\text{ km} \times 60\text{ km}$ 。图像产品可分为一级 A,一级 B,二级和三级。一级图像产品主要用于目视判读、分析、分类方面。三级图像产品是正射像片。SPOT 图像具有较高的几何分辨率。其多光谱图像的分辨率是 20 m ,全色图像的分辨率为 10 m ,均比陆地卫星 MSS 图像和 TM 图像的分辨率高(表 1)。在我们现有图像处理条件下,在标准假彩色合成 SPOT 图像(1:5 万)

* 参加此项研究工作的还有夏明宝、刘亚军。图件由张丽华清绘。

表 1 选择波段和几何分辨率对比

Table 1 Comprasion of Selected Wave Band and Geometric Resolution

陆地卫星 1, 2, 3 号 MSS			陆地卫星 4, 5 号 TM			SPOT 卫星 HRV		
波段代号	波段 (μm)	几何分辨率 (m)	波段代号	波段 (μm)	几何分辨率 (m)	波段代号	波段 (μm)	几何分辨率 (m)
			1	0.45—0.52	30			
4	0.5—0.6	80	2	0.52—0.60	30	G	0.5—0.59	20
5	0.6—0.7	80	3	0.63—0.69	30	R	0.61—0.68	20
6	0.7—0.8	80	4	0.76—0.90	30	I	0.79—0.89	20
7	0.8—1.1	80	5	1.55—1.75	30			
			6	2.08—2.35	30			
			7	10.40—12.50	120			

上,铁路、公路、河流、渠道、飞机场、火电厂的吹灰管道等线状地物有较好的显示,宽 5m 左右的斗渠和农村道路也可以识别。在地物和背景对比度较大的情况下,25 m \times 25 m 的面状物体,如农村道旁的坑塘十分醒目。唐山市区内的街心花坛、碴石堆、烈士陵园、抗震纪念碑广场等均能识别。

其次,SPOT 卫星轨道稳定性好,卫星最大姿态变化率是 $6^\circ \times 10^{-4} \text{ s}^{-1}$,图像畸变限制在 10^{-3} ,使得几何纠正控制点位选择精度大大提高¹⁾。

从卫星选择的波段数看,SPOT 卫星选择的波段数最少,仅三个波段,包括可见光和近红外的范围。波段的分割与植物光谱曲线的特征部分相吻合。所以 SPOT 多波段图像对植物显示效果最佳。清水与浑水也有明显差异。对土壤、岩性等识别力也较强。可见三个波段分割的 SPOT 图像的功能并未减弱,而是更合理、简便,何况 SPOT 卫星每帧图像还包括有全色图像,补充提高地物识别能力,这是优于陆地卫星图像之处。

法国提供的图像是 1B 级处理的全色图像和多波段 CCT 磁带。多波段 CCT 磁带数据在我所 IRSA-II 图像处理系统上回放和几何校正,获得 1:40 万比例尺的三个波段的黑白负片。然后将其进行彩色合成放大处理,分别得到唐山市区 1:20 万,1:10 万,1:5 万和 1:2.5 万的彩色合成图像。全色图像也放大为 1:10 万,1:5 万和 1:2.5 万的黑白图像。为了检查它的平面几何精度,分别在 1:5 万图像和 1:1 万地形图上,测量 10 个任选的线性地物(如街道、大坝等)的长度。计算结果表明:在 1:5 万的 SPOT 彩色合成图像上,中误差 $\pm 0.154 \text{ mm}$,相应地面的长度为 8 m。故我们工作的基础资料是合格的正射图像。

二、SPOT 图像的应用

唐山市位于华北平原东北部,北依燕山,南临渤海,东与秦皇岛市相接,西与天津市毗邻。市区位于全市的中部,面积 1090 km^2 ,辖路北区、路南区、东矿区、开平区和新区五个市辖区及芦台、汉沽两个国营农场。受时间和图幅的限制,这次只完成除芦台、汉沽农场外的唐山市区系列图,最终得到唐山市区的土地利用现状、地貌、土壤等七种专题图。

1) 北京大学遥感技术应用研究所,SPOT 卫星译文集,1986 年 1 月。

土地利用现状调查与制图是土地资源调查的重要内容,可以为制定城市和区域发展规划、土地管理和农业生产,提供各种必要的数据和科学依据。因此,它是本研究的重点之一。

为了搞好土地利用现状调查与制图的研究,我们首先进行了唐山市区地质地貌发育史和地貌类型的研究,作为土地利用的背景。其次,土壤、植被、交通、环境现状、水系等也是影响土地利用的要素,故我们也作了专题研究。

地貌形态的平面分布和结构类型在彩色图像上都是很直观的,地貌形态迭置的关系表明,唐山市区位于燕山山前冲积洪积平原上。该区范围内的冲积洪积平原是由滦河自迁西顺直往南,经赵燕州、岩口村,沿还乡河故道南流,出丰润山口,在山前堆积了中、早更新世古老冲积扇^[1]。现今仍有还乡河、陡河(包括石榴河)和沙河切割山地,塑造平原。河流均呈蜿蜒曲流,陡河穿过唐山市区,构成本市水系网络。市区北部为剥蚀、侵蚀的低山丘陵,南部是冲积平原。

该地区在中生代构造运动强烈,断层发育。1976年7月28日凌晨,唐山市中心区发生的7.8级大地震就与北东向断裂能量激发释放有直接关系。地区地下蕴藏着丰富的煤、铁矿产,在大量开采之后,矿坑坍塌也常造成地震。坍塌区内多出现坍塌坑,或积水成湖,或成沼泽洼地,为本区独特的地貌类型。河流地貌类型(牛轭湖、迂迴扇,古河道等)和人为地貌类型(灰窑、煤井、矸石山、煤堆山等)也是本区最明显的地貌类型。

土壤是土地利用的基础。它是生物的根栖层,与地质地貌既有联系又有区别;是联系有机界与无机界的中心环节。它是综合自然条件和人类生产活动相互作用影响下形成的。土壤肥力的高低取决于水、肥、气、热等因素的协调状况及是否能稳、匀、足、适地提供植物生长发育。不同肥力的土壤,在土地利用方式上是有差异的。我们就影响土壤发生过程的地貌、水文地质、植被等因素,从 SPOT 图像上识别土类、亚类、土属、土种,按地貌形态类型分出四大土类:褐土、潮土、水稻土和砂土;依据水分条件和植被在成土过程中的作用分出7个亚类;由成土母质的成因类型分割成9个土属;又按成土母质的质地划分土种(表2)。

图像判读结果和唐山市农业局1983的编的土壤图比较,土类和亚类的划分界线基本吻合,土属的划分界线则有一定的出入。

通常是在一个区域内,根据区域自然地理条件、行政区域历史沿革,来规划工农业布局,交通运输和矿山开发等等。例如,按土壤肥力高低安排种植作物的品种和轮作倒茬次序;由田块分布格局布设渠道系统和防护林带;为连结城市、工矿企业增修交通设施,建筑新住宅等等。这中间都要考虑如何利用这有限的土地问题。

为保证城乡人民的生活需要,种植业是必不可少的。唐山市区的植被可分成大田作物和林木两大类。根据图斑形状、纹理、相对位置、布局和当地的农事史,在5月中旬的 SPOT 彩色合成图像上可识别的植物有:大田中具有整齐田垄的小麦,呈鲜红色;春玉米、春高粱正在拔节,为浅红色;未插秧的早稻田、裸土地呈浅青色,浇水后的水稻田为暗青至墨色。树种不同,叶面的反射强弱有较大差别,致使色调各异。果园中的苹果树呈鲜红色,桃树为黄绿色,柳树为酱红色(表3)。除果园、公园、苗圃和山坡上成片的树林可识别外,还可分出河边、渠边、田边、屋边和路边的树,这为调查零星分布的绿化面积提供了

表 2 SPOT 影像土壤分类表

Table 2 Soil Classification of SPOT Color Composite

土类	判读标志	亚类	判读标志	土属	判读标志	土种	判读标志
褐土	低山丘陵 山麓洪积 冲积平原	碳酸盐褐土	石灰岩丘陵,坡陡顶圆, 植被少,有采石场	坡积碳酸盐褐 土	坡积成因石灰 岩风化碎屑物		
		褐土	低山丘陵,水分、植被较 差	坡积褐土	坡积物		
		淋溶褐土	低山丘陵,水分条件较 好,有灌木,果园,林木 分布	坡积淋溶褐土	坡积物		
		草甸褐土	山麓洪积冲积平原,水 分植被条件好	冲积黄土质草 甸褐土	冲积物		
				冲积草甸褐土	冲积物		
潮土	冲积平原	潮土	河流冲积作用形成的平 原,水分、植被条件好	冲积潮土	冲积物	沙质冲积潮土	部分为风沙土, 植被稀疏
						沙壤质冲积潮 土	沙壤质部分种 水稻
						轻壤质冲积潮 土	轻壤质,大部种 水稻
				冲积-黄土质 潮土	以黄土质为主 的冲积物		
水稻土	冲积平原 (低洼地)	淹育型水稻土	冲积平原低洼处,水分 过饱和	冲积淹育型水 稻土	冲积物,后经 人淹育改造		
风砂土	冲积平原 散河道带	风砂土	冲积物经风改造后形 成,水分、植被条件差	半固定沙丘	冲积-风积物		

表 3 SPOT 彩色合成图像植物分类

Table 3 Vegetation Classification of SPOT Color Composite

作 物		作物生长期	判读标志
大 田 作 物	春小麦	扬花	鲜红
	冬小麦	抽穗	鲜红
	早稻	未插秧裸土地	浅青色
		浇水泡田	暗青—墨色
	春玉米	拔节	浅红
	春高粱		
	花生	出苗	黄绿
林地 ^[2]	苹果树	展叶盛期	鲜红
	桃树	新栽的树	黄绿
	柳树	展叶盛期	酱红
	杨树	展叶盛期	鲜红

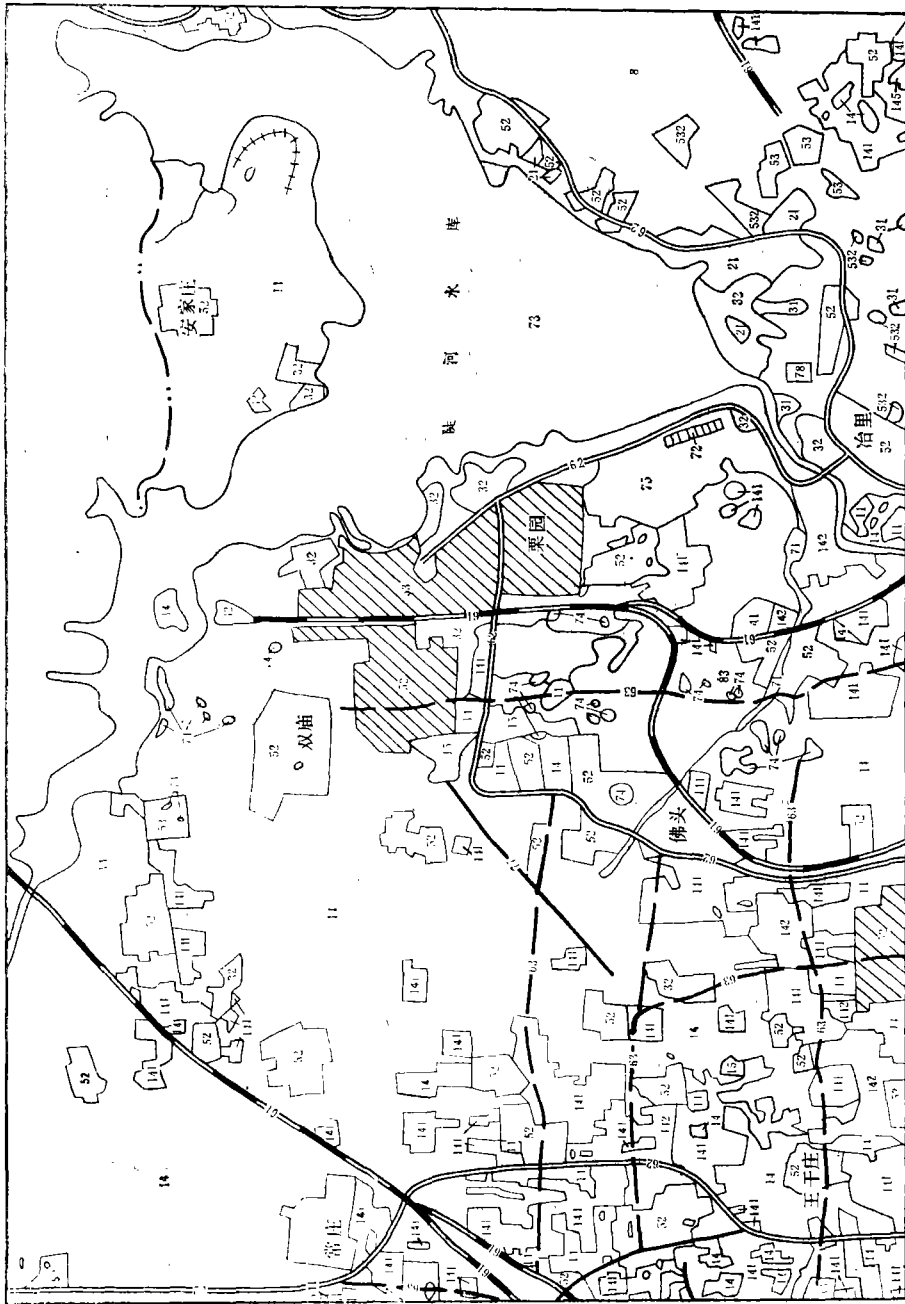


图 1 唐山市北部土地利用现状调查图
(图例见表 4)

Fig. 1 Map of Land Use Survey in the Northern of Tangshan Urban Area
(图例见表 4)

表 4 SPOT 彩色合成图像土地利用现状分类

Table 4 Land Use Survey Classification of SPOT Color Composite

分类项目	含 义	判 读 标 志
1 耕地	种植农作物的土地。	一般具有规则几何形态
11 水稻地	筑有田埂,可以蓄水,种植水稻或稻麦两茬的耕地。	未插秧的裸地为淡青色, 浇水泡田为暗青—墨色
14 旱地	无灌溉设施,靠天然降水种植作物的耕地,包括撩荒未满三年的轮歇地。	
141 麦地	常年种植麦子,或小麦间种春玉米、春高粱。	扬花期,鲜红色块状图斑
142 大田作物	种植一季高粱、玉米、杂粮的旱地	拔节期,浅红色和黄色相间图斑,行垅清晰
143 花生地	以种植经济作物花生	正值花生出苗期,黄绿色点斑
15 菜地	常年种植菜或实行菜粮间作、轮作的耕地	多数分布在城镇附近,黄红色花斑
2.园地	集中连片种植多年生草本和木本作物的园地	
21 果园	人工栽培的果树园地	常有规则的行间距,周边清晰
211 苹果园	种植苹果树的园地	展叶盛期,鲜红色树冠形
212 桃园	栽培桃树的园地	新栽的树,呈黄绿色斑点
3.林地	生长森林的林业用地	
31 疏林地	树木覆盖度为 10—30%,大于草本植物的覆盖度	不规则周边,鲜红色树冠形和背景色调交错
32 林地	树木覆盖度 > 30%	通常是树冠连成片,周边才能见树冠图形呈鲜红色为主
321 苗圃	培育各种苗木的用地	周边规则,行、株距清晰。树冠小,为鲜红点
5 居民地及工矿用地	城镇农村和工矿业的建设用地	
51 城镇居民点	城镇行政范围内实际建设用地,不包括市、镇范围内用于农、林、牧、渔业的生产用地	
511 城市居民点	市区和近邻区范围内建筑物用地	市区内街道布局清楚,建筑物类型由其平面配置和建筑材料等识别。城区面积大。
512 县镇居民点	县和镇范围内建筑物用地	占地面积比城区的小的居民点。
52 农村居民点	城镇以外的乡镇和零散农户的居民点用地	农民居民点通常有 1—2 个水坑塘,晒场,村宅四旁绿化树。
521 新建农村居民点	因坍塌区居住危险,居民搬迁所建新居民点。	
53 独立工矿	各种厂矿企业、砂石厂、砖窑、仓库等占用的土地。	
531 砖厂		通常有一场地,一烟囱和砖窑。
532 灰窑		一般靠近石灰岩低山丘陵建有窑,冒白烟。
55 特殊用地	指专门用途的占地	
551 国防用地	军营、机场等占地	机场由飞机跑道,机窝等布局识别。
553 风景游览区	公园、花园等地	由树木、小丘、小池等构成的地方。
554 陵园	纪念革命先烈而建的陵园	建筑布局较特殊,容易识别。
555 墓地	坟地占地	往往是大土包
6 交通用地	城乡居民点范围以外的交通用地,	
61 铁路、站场用地	铁道线路及站场用地,包括两旁路堤、路堑、道沟、挖土坑和宽度不足 10m 的护路林	通常以铁路线弯曲弧度,交接方式,布局等来识别
62 公路及站场用地	联络城镇、工矿区和农村居民点的公路,包括路堤、路堑、道沟和宽度不足 10m 的护路林,	
63 农村道路	农村运输用的固定道路	根据田块相互间的分割来判断
7 水域	内陆水域、滩涂和水利设施	均以特有的蓝色和自然形态加以识别
71 河流	包括河床、河漫滩地	
72 湖泊	一般为天然形成的积水地,常年最高水位岸线之内的面积,包括常遭湖水淹没的湖滩	本区因挖煤造成地面坍塌、常积水成湖。此类湖分布在主要的采矿点附近。
73 水库	人工修建蓄水的水面	

表 4 (续)

分类项目	含 义	判 读 标 志
74 坑塘	天然或人工开挖的蓄水用地。包括塘坝、蓄水池、鱼塘等。一般以塘坝边缘为界	有特殊暗红紫色、分布在水域的部分
75 苇地	连片生长芦苇的土地	
76 滩涂	湖滩和水库周围的滩地	
77 沟渠	人工修建的,用于灌水、排水的渠道	
78 水工建筑	用于防洪、涝、灾害的堤坝和水利工程	
8 未利用土地	目前条件下还未利用的土地,包括难以利用和不能利用的土地	呈淡黄色(较稀疏)
81 荒草地	没有用作农牧业的草地	
83 沼泽地	土地表层经常过于潮湿,一般生长湿生植物的土地	
84 沙地	沙质土地	
85 裸土地	主要是山地薄层风化壳,植被稀疏	
86 裸岩石砾地	表层为石砾或岩石的土地	
88 其它未利用地	指上列项目以外的难利用土地	

有效的途径。从 1:5 万 SPOT 彩色合成图像上,最小可识别的两旁栽有树木的街道和道路宽度为 7—8 m。

唐山市区土地利用现状调查是按全国农业区划委员会制定的《土地利用现状调查技术规程》^[3](1984 年)的要求做的。各种地类的判读标志,是通过野外考察和参考已有的航空像片以及地形图建立的。由于经过几何精纠正的 SPOT 图像空间分辨率和平面几何精度较高,影像的波谱和空间特征显示甚好,因而对土地利用现状调查与制图十分有利。从图像上可分出 7 个一级地类, 27 个二级地类和 36 个三级地类,我们按三级地类制图(表 4, 图 1, 图版 I)。

为了更好地考察 1:5 万 SPOT 彩色合成图像在土地利用现状调查中的应用能力,我们选取了唐山市机场西侧果园和市区东南的一些图形较复杂的三级地类进行面积量测,并与 1:1 万精纠正的航空像片上量测的相应地类面积进行比较(表 5),其误差范围在 4—11%。所以,用 1:5 万 SPOT 彩色合成图像做县级土地利用现状调查,完全能够满足精度的要求。

表 5 面积量测结果对比*

Table 5 Comparison of Measured Numbers of Areas

三级地类	果园	菜地	麦地	居民点	独立工厂	水塘	铁 路 用 地				
							I	II	III	IV	V
SPOT 图像 (1:5 万)	1068.75	468	412.5	468.75	56.25	232.5	22.5	27.5	75	7.5	101.25
航空像片 (1:1 万)	1125.5	431.25	388.5	444	51	210.9	20.55	26.1	78.6	8.4	88.65
误差	5.04%	7.85%	6.18%	5.57%	10.29%	10.24%	9.49%	5.36%	4.48%	10.71%	5.75%

* 面积量测采用 KP-90 型求积仪和透明求积格网两种方法进行,单位为亩。

在反差较大的情况下,在 1:5 万 SPOT 彩色合成图像上,可以量测的最小地块面积为 $25\text{ m} \times 25\text{ m}$,相当 1 亩地大小。各种面状地类,可由图像直接量测其面积。可识别的最小线性水体宽度为 10 m。但点状和线状地类面积的量测误差较大,若用透明求积格网进行量测,误差相对小些。

将 SPOT 彩色合成图像土地利用现状判读结果,与 1980 年航测编制的 1:5 万地形图进行对比可以发现,随着唐山市震后的重建及发展,土地利用现状发生了许多明显的变化。例如,城区向北扩展,建了许多新工厂;新修了通向新区的公路;坍塌区内的村庄搬迁了;公路旁出现新的居民点等等。如果直接比较不同时期的 SPOT 图象,可以更及时、准确地监测全区土地利用现状的变化。这对土地的科学管理和合理利用是很有价值的。

三、结 语

通过 SPOT 图像对唐山市区综合调查和研究,可得出以下初步看法:

(1) 经过几何精纠正的 SPOT 多波段黑白图像负片,可以彩色合成放大为不同比例尺的图像。在现有图像处理条件下,1:10 万的彩色合成图像具有最佳的图像质量,1:5 万的彩色合成图像是可用的最大比例尺图像,具有较高的平面几何精度,可供编制 1:5 万专题图用。

(2) 遥感系列成图可以最充分地发挥 SPOT 数据的应用潜力,为研究地区提供一套完整的专题图,成为建立地理信息系统的主要数据来源和更新手段。

(3) 经过几何精纠正的 1:5 万 SPOT 彩色合成图像,不仅分辨率高,平面定位也准确。它可以满足我国区(县)级土地利用现状调查的需要。多时相 SPOT 图像的对比研究还可监测其动态变化,检验市区规划设施效益,发现问题,作出新的决策。

(4) SPOT 图像在城市调查中有广阔的应用前景。本文只是初步的应用研究,今后还需要做许多深入细致的研究工作。

参 考 文 献

- [1] 高善明,滦河冲积扇结构和沉积环境,地理研究,(3),1985。
- [2] 竺可桢等,物候学,科学出版社,1973 年。
- [3] 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。

The Primary Application Study of SPOT Image in Tangshan Urban Area

Pu Jingjuan Yan Shouyong Ding Ji Zhou Yi

(Institute of Remote Sensing Application, Academia Sinica)

Abstract

This paper introduces character of SPOT image and explores the potential of SPOT image in comprehensive survey in Tangshan urban area. Seven thematic maps including landuse, geomorphology, soil, vegetation, drainage, transportation and environment in Tangshan urban area were mapped by using 1:50000 SPOT color composite.

From this study, it can be concluded:

1. After geometric correction, the SPOT color composite with scale of 1:100000 possesses the best visual effects, and with scale of 1:50000 is the maximum scale among usable products and can be used to produce thematic maps of 1:50000.
2. The smallest detectable area is of 25 m by 25 m, and the narrowest width of linear is about 10 m in the SPOT color composites with scale of 1:50000. It can satisfy the requirement of land use survey at the district and county. It is an effectual way monitoring dynamic changes in the area. There is wide spread of application of SPOT image for comprehensive survey in the area.

濮静娟等：SPOT图像可用性初探

Pu Jingjuan et al. : The Primary Application Study of SPOT
Image in Tangshan Urban Area

图版 I

Plate I



图 1 唐山北部的 SPOT 图像