

高分辨率卫星数据在矿山 开发状况及环境监测中的应用效果比较

王晓红, 聂洪峰, 杨清华, 汪 劲, 李成尊
(中国国土资源航空物探遥感中心, 北京 100083)

摘要: 以著名钨矿生产基地——江西省崇义县为实验区,对 QUICKBIRD 和 SPOT-5 数据在南方高植被覆盖山区矿产资源开发状况及其引发的环境问题的监测效果和与性能作了系统比较,为类似地区矿山监测时数据源的选择提供参考。

关键词: 矿产资源; 遥感; 监测; QUICKBIRD; SPOT-5; 性能

中图分类号: TP 79 文献标识码: A 文章编号: 1001-070X(2004)01-0015-04

0 引言

矿山开发带来的负面影响众所周知,有效地监测矿产资源开发状况及由此引发的生态环境问题是提高矿业管理质量的保证。随着卫星遥感技术的不断发展,商业化的资源卫星数据的空间分辨率和光谱分辨率越来越高,利用该技术手段在全国范围内对矿业秩序混乱地区、生态环境破坏严重或灾害多发地区的矿产开发点的分布状况、固体废弃物堆放情况、矿产开发引发的环境问题进行监测已经是必然的趋势。目前,遥感数据源种类较多,各种数据的光谱分辨率、空间分辨率和价格差距都非常大。以较低的成本取得较好的监测效果,是大规模开展监测工作的前提,也是决策者和专家们最为关心的问题之一。为此,以我国著名的钨矿生产基地——江西省赣州市崇义县矿区为试点,根据当地矿山分布的特点,选择 QUICKBIRD 和 SPOT-5 两种最新的遥感数据源,对其在高植被覆盖山区矿山开发状况及环境监测中的应用效果及性能作了比较。

1 研究区概况及矿山主要地物类型

1.1 研究区概况

研究区地处中亚热带南缘,属典型的亚热带湿润季风气候。地貌以丘陵和山地为主,海拔高度为 300~1 300 m,植被覆盖率高达 90% 以上。具体范

围为: 东经 114°9′23″~114°26′27″,北纬 25°33′20″~25°40′35″(插页彩片 5)。

该区钨矿矿床类型主要为外接触带石英大脉型、细脉带型、矽卡岩型等。在册登记的矿山共有 33 个,其中钨矿 14 个,其它多金属矿 8 个,煤矿 5 个,石灰岩矿 6 个,除石灰岩矿外,其它矿山采用平硐地下方式开采,是较典型的金属矿产区。由于地处山区,交通不便,各矿山零星分布,给矿管工作带来一定的困难。

1.2 矿山主要地物类型

(1) 矿山建筑物。包括选矿厂、矿部和职工宿舍等。选矿厂沿山坡阶梯式排列,其它建筑大多为平房,建筑规模较农民住房略大。

(2) 矿山道路。如运矿用的小铁轨(宽度<1m)、公路(宽度<2~4m,可走大货车或拖拉机)、人行道等。

(3) 尾矿库。为金属矿山的标志性地物,一般地处山谷,离矿区不远,状如水库,库内为灰色矿灰,占地面积 2 000~160 000 m²。

(4) 固体废弃物。实地观察可区分新旧固体废弃物堆,如新的固体废弃物堆表现为表面新鲜,堆积范围集中,呈锥形,与周围植被边界明显;旧的固体废弃物由于常年风化剥蚀,实地表现为爪状冲沟明显,在山坡上堆积的固体废弃物受雨水冲刷及重力作用顺山坡滑落,沿沟谷堆积。固体废弃物占地在 100~60 000 m² 之间。

(5) 开采硐口。大部分矿山为平硐开采,由于植

被发育导致硐口隐蔽,监测硐口位置有一定的难度。较大型的矿山采取就地建选矿厂,就地选矿的模式,选矿厂与硐口之间有小的运矿用铁轨相连,可根据轨道、运矿车、选矿厂等确定采矿硐口的位置。小型硐采金属矿山只有小工棚,矿山道路只有供手推车通过的羊肠小道,大部分金属矿山无尾矿库。但每个正在开采的矿山必有开采硐口与固体废弃物。研究区内另有露天开采的石灰岩矿,数个矿山连成一片,占地总面积达十多万平方米。

(6)煤矿。均为小煤窑,一般情况下一个采矿硐口边有一堆占地数百平方米煤矸石堆。由于加大了矿业整顿的力度,近年关闭或炸毁许多煤矿采矿点,而煤矸石堆仍在原地堆积。

2 数据源的选择

研究区矿山地物除大型尾矿库、露天石灰岩矿和大型固体废弃物占地面积大,可在中等分辨率的遥感图像上有清晰显示外,其它地物只有在高或超高分辨率遥感图像上才能有较好地反映,因此要取得较好的监测效果,需采用高分辨率数据。

目前市场上较易购买的高分辨率数据有 QUICKBIRD、IKONOS 和 SPOT-5 三种。其中 IKONOS 为世界第一颗高分辨率商用卫星数据;QUICKBIRD 是目前唯一的 1m 以下分辨率光学影像数据;SPOT-5 的 5 m 和 2.5 m 分辨率和宽成像带,在高分辨率和宽覆盖这两个因素中取得一个理想的平衡,有较高的性价比。因 QUICKBIRD 与 IKONOS 相比价格相当而分辨率更高,所以选择了 QUICKBIRD、SPOT-5 作为研究用数据。有关数据的主要技术参数如表 1 所示。

表 1 QUICKBIRD、SPOT-5 数据主要技术参数

数据源	波段范围/ μm	几何分辨率/ m	单景覆盖范围/ km^2
QUICKBIRD	B1 0.45~0.52	2.4	16.5×16.5
	B2 0.52~0.60		
	B3 0.63~0.69		
	B4 0.76~0.90		
	全色 0.45~0.90	0.6	
SPOT-5	B1 0.50~0.58	10	60×60
	B2 0.61~0.67		
	B3 0.78~0.89		
	B4 1.57~1.70	20	
	全色 0.49~0.715	2.5 或 5	

传感器校正和几何校正,且同为 2002 年 12 月 9 日获取。考虑到大部分矿山地物占地面积不大,因此购买了 SPOT-5 的 2.5 m 分辨率全色波段数据。

3 性能比较

3.1 矿山地物识别能力

地物识别能力的强弱是遥感数据信息量多寡的一种反映,信息量主要取决于传感器的光谱分辨率及地面分辨率。SPOT-5 与 QUICKBIRD 数据的光谱分辨率相近,地面分辨率后者是前者的 4.17 倍,从理论上分析,单波段的信息量 QUICKBIRD 应是 SPOT-5 的 17.4 倍。

(1)多光谱数据计算机自动识别效果。为了更好地提取各类信息,采取了计算机自动识别与人机交互解译相结合的方法。在目视解译前,分别对两种数据源的多光谱波段做了自动识别处理。自动识别采用了光谱角分类、最大似然分类等监督分类方法。从分类结果看(插页彩片 6),QUICKBIRD 数据能较好地提取各类信息,而 SPOT-5 数据除识别小煤窑的煤矸石堆效果欠佳外,其它地类也大致可分。

(2)目视识别效果。为了对两种数据有一个总体评价,参与比较的有多光谱彩色合成图像、高分辨率全色波段图像及多光谱与全色波段的自融合图像 3 种。由表 1 可知,QUICKBIRD 多光谱数据 4、3、2 波段与 SPOT-5 的 3、2、1 波段相对应,彩色图像选择相应波段合成,该种组合是常用的合成方案。融合数据采用 ISH 融合方法,参与融合的多光谱波段即为上述选出的波段。目视解译前,对图像作反差增强处理,使得待评价的图像层次清楚、反差适中,符合判读要求(插页彩片 7)。

参与比较主要从地物边界的可圈定能力、地物内部细节的反映能力两个方面考虑,这两种能力直接影响监测几何精度和对矿山开发状况的判定。比较结果如表 2 所示。总的来看,较大型地物如尾矿库、露天石灰岩矿等,在 SPOT-5 多光谱数据上即有很好的反映;大型固体废弃物在 QUICKBIRD 多光谱图像与 SPOT-5 融合图像清晰易辨,但对于开发状态的显示,前者略胜一筹;如要监测小煤窑的开发状态,则必须采用 QUICKBIRD 融合数据;对于采矿硐口位置的认定,除根据 QUICKBIRD 融合图像推测外,还需经实地调查才能最终确认。对于环境污染的监测,采用 QUICKBIRD 多光谱数据可满足需要(插页彩片 8)。

参加比较的两种数据均经过系统辐射校正、传

表 2 QUICKBIRD 与 SPOT—5 数据矿山地物可识别能力一览表

矿山地物	QUICKBIRD			SPOT—5		
	彩色合成图像	高分辨率全色波段图像	自融合图像	彩色合成图像	高分辨率全色波段图像	自融合图像
矿山建筑物	建筑物群边界清晰	清楚显示每一幢房子	清楚显示每一幢房子	尚可圈定建筑物群边界	小型建筑物不易圈定	建筑物群边界清晰
矿山道路	公路显示清晰,山间小道隐约可辨	不同级别的道路均清晰可辨	不同级别的道路均清晰可辨	公路清晰可辨,其它道路不可识别	除山间小道外,其它道路可识别	除山间小道外,其它道路可识别
尾矿库	易圈定	极易圈定,细节清晰,立体感强	库内层次丰富,细节清晰,易识别	可圈定边界,但细节不清	与背景有过渡色调,局部界定稍难	易圈定边界,有层次,立体感不强
金属矿固体废弃物	易圈定边界,较大型的废弃物可判定矿山开采状况	小规模废弃物不易识别	细节清楚,易圈定边界,可判断开发状况	可识别较大型的废弃物,开采状况难判断	基本能圈定边界,不易判断开采状况	可圈定大型废弃物边界,开发状况判别难
煤矿固体废弃物	易圈定边界,不易判断开采状态	尚可圈定边界,阴影内难识别	边界清晰,开采状况易判断	不易识别	不易识别	可圈定非阴影内边界,无法确定开采状况
开采采口	不易推断位置	可根据矿车、铁轨等推断采矿采口的位置	可根据矿车、铁轨等推断采矿采口的位置	不可推断位置	不可推断位置	不可推断位置
被金属矿污染的水体	可圈定污染范围	可圈定污染范围	易圈定污染范围	可大致了解污染的状况		可大致了解污染的状况
被煤矿污染的水体	可圈定污染范围	细节清楚,易圈定污染范围	易圈定范围,并可推断污染程度	不易圈定污染边界	不易圈定污染边界	能大致圈定污染范围
露天石灰岩开采场	边界清晰、易判读	边界清晰、易判读	边界清晰、细节清楚、易判读	边界清晰、易判读	边界清晰、易判读	边界清晰、易判读

3.2 图斑面积量算

面积量算精度也是评价监测效果的重要指标。评价方法是选取若干图斑,将图斑面积与实地测量面积相比较,算出精度。评价时,随机在 SPOT—5 和 QUICKBIRD 图像上分别提取若干对图斑,将两种图斑的面积相互比较,计算出面积相差的百分比率。因为融合图像的信息更简洁、更少冗余,评价在图像上进行。在提取图斑之前,首先以 1 :1 万地形图为基准,对两种图像进行几何校正,校正后中误差 QUICKBIRD 融合图像为 1.585 833 m,SPOT—5 融合图像为 8.751 265 m。面积差异计算以 QUICKBIRD 上提取的图斑面积为基准,结果如表 3 所示。

表 3 图斑的面积比较

序号	QUICKBIRD 图斑面积/m ²	SPOT—5 图斑面积/m ²	面积相差/%
1	160 520	161 051	0.33
2	58 725	58 579	—0.25
3	11 983	11 416	—4.73
4	13 631	13 256	—2.75
5	3 418	3 418	—0.00
6	1 901	1 754	—7.73
7	2 229	2 107	—5.47
8	3 217	3 358	4.38
9	1 328	1 311	—1.28
10	5 005	5 194	3.78
11	7 848	7 744	—1.33
12	3 217	3 475	8.02
14	1 901	1 932	1.63
15	3 458	3 482	0.69
16	1 792	1 516	—15.40

其面积的差别由以下因素造成:图像本身的几何畸变、像元分辨率、目视提取时的人为因素、阴影等。从检查结果看,占地面积较大的地物监测结果更为接近。

3.3 最小可监测面积

从某种意义上讲,遥感数据提供的信息并没有一个确定的最小值,只能是近似的极限值,即使是信息单元达到像元大小,还可以再分为亚像元。在此定义最小可监测面积为在遥感图像上人眼所能识别的最小的与采矿活动有关的信息。其实,能否识别一个地物是相对的概念,与解译人员的素质、目标地物与背景的色彩差异、目标是否成群等有关关系。如在白色的背景下,黑色目标即使只有一个像元,人眼也能分辨出来。经反复试验,认为在研究区,肉眼识别彩色影像时,一般能将 50 个像元左右的矿山地物从背景中分离出来,并能大致判定用地性质。以此推算出各不同种类彩色图像的最小可监测面积如表 4 所示。

表 4 彩色图像最小可监测面积

数 据	最小可监测面积/m ²
QUICKBIRD 融合数据	18
QUICKBIRD 多光谱数据	288
SPOT—5 融合数据	312
SPOT—5 多光谱数据	5 000

3.4 最佳及最大成图比例尺

在相同像元分辨率的情况下,成图比例尺的大小与出图分辨率有关。成图比例尺过大,则出图分辨率过小,图像会模糊不清,甚至出现“马赛克”图案,影响成图质量;比例尺过小,又会造成信息损失和资源浪费。

通常情况下,一般认为人眼分辨率为 0.1 mm,即 1 mm 单位距离内人眼能分辨 10 条线或 10 个像元。换句话说,出图分辨率每英寸 254 点时,与人眼分辨能力最相吻合,认为以此分辨率出图可达到最佳成图比例尺。但经多次反复实验,认为人眼的分辨率最高可达 0.25~0.3 mm 左右,即 1 mm 单位距离内人眼能分辨 3~4 个像元,相应地出图分辨率可达每英寸 76~100 点之间。根据以上分析,推算各数据的最佳及最大比例尺如表 5 所示。当然,图件质量的高低不仅与出图分辨率有关,还与出图设备有密切的关系。另外,成图比例尺的讨论单纯从成图质量考虑,未从测绘角度考虑成图精度问题。

表 5 最佳及最大成图比例尺

遥感数据 类型	像元 分辨率/m	最佳成图 比例尺	最大成图 比例尺
QUICKBIRD 全色	0.6	1:6 000	1:1 980~1:2 400
QUICKBIRD 多光谱	2.4	1:24 000	1:7 920~1:9 600
SPOT—5 全色	2.5	1:25 000	1:8 250~1:10 000
SPOT—5 多光谱	10	1:100 000	1:33 000~1:40 000

4 结论

(1)评价数据源的性能要针对具体工作区及监

测侧重面具体分析。如工作区内采矿规模较大,利用 SPOT—5 或较低分辨率的遥感数据即可很好地提取矿山开采信息,监测非法采矿活动,没必要购买更高分辨率的数据,以免造成资源浪费;对于野外工作困难且又采用硃采方式的矿区监测,认为采用高分辨率的数据性价比会更高一些。因为高分辨率图像室内判读效果更佳、准确率更高,可节约野外工作时间、强度,某种程度上说更节约监测成本。

(2)监测区面积和形状也是选择数据源考虑的因素。因为 QUICKBIRD 或 IKONOS 数据以平方公里为单位购买,最小购买量为 25 km²,而 SPOT—5 以景为单位购买,最小购买量为 1/8 景。如监测区同为 200 km² 面积,形状狭长的可能涉及 1/4 甚至 1/2 景,形状方正的则涉及 1/8 景,数据费用相差不多。所以,监测之初需对工作区各方面情况有较详尽的了解,才能购买合适的数据,达到最佳的性能价格比。

参考文献

[1] 杨清华,齐建伟,孙永军.高分辨率卫星遥感数据在土地利用动态监测中的应用研究[J].国土资源遥感,2001,(4):20—27.
[2] 盛业华,郭达志,张书毕,等.工矿区环境动态监测与分析研究[M].北京:地质出版社,2001.

THE DIFFERENT MONITORING EFFECTS OF QUICKBIRD
AND SPOT—5 DATA IN MINE EXPLOITATION

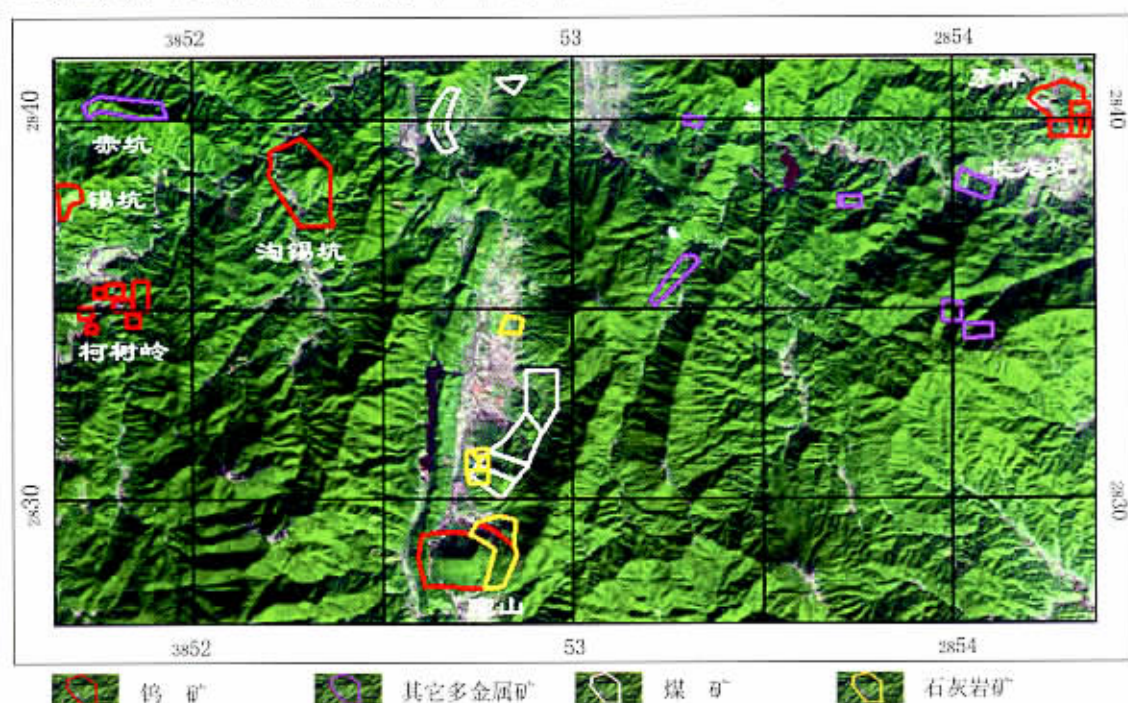
WANG Xiao—hong, NIE Hong—feng, YANG qing—hua, WANG Jin, LI Cheng—zun
(China Aero Geophysical Survey and Remote Sensing Center for Land and Resources, Beijing 100083, china)

Abstract : In order to select suitable remote sensing data for the large—scale monitoring of mine exploitation and related environment problems, the authors chose a famous Wu mine in Chongyi County of Jiangxi Province as a typical study area and used QUICKBIRD and SPOT—5 as data sources to compare the monitoring effects and application characteristics of high resolution data.

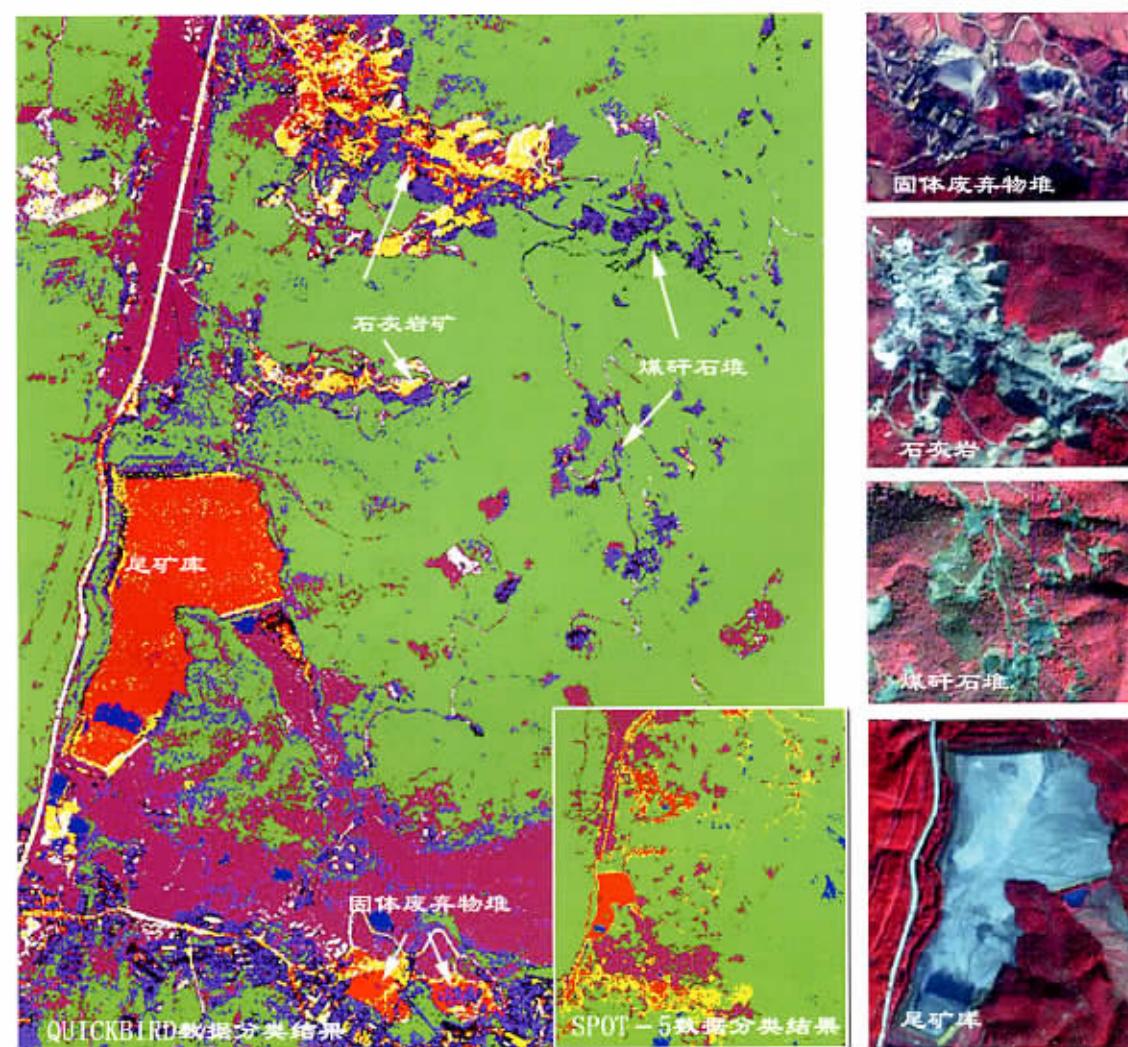
Key words : Mine; Remote sensing; Monitoring; QUICKBIRD; SPOT—5; Characteristics

第一作者简介:王晓红(1964—),女,高级工程师,硕士,主要从事遥感应用研究工作。
万方数据

(责任编辑:肖继春)



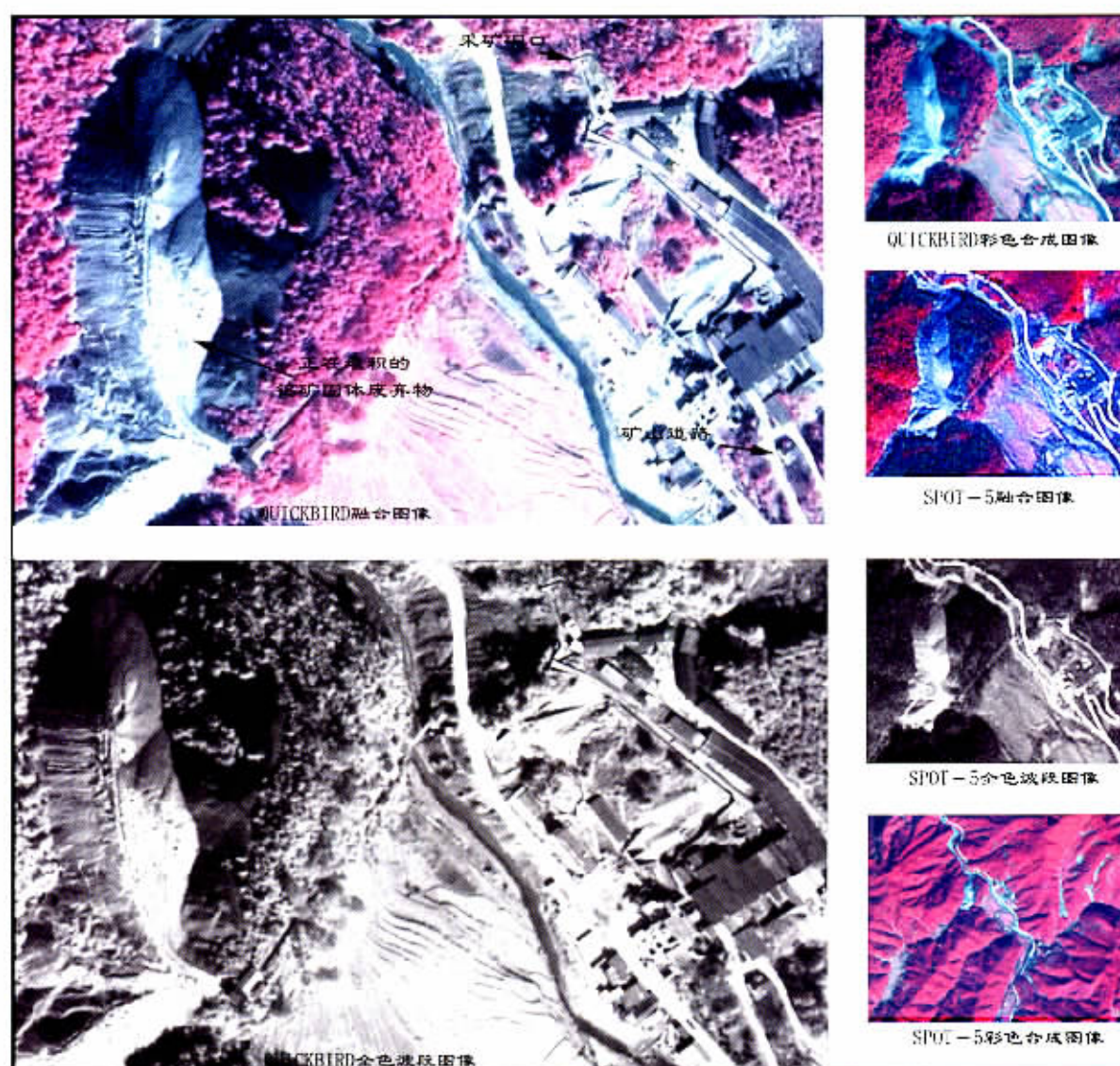
彩片5 研究区范围及矿山分布情况



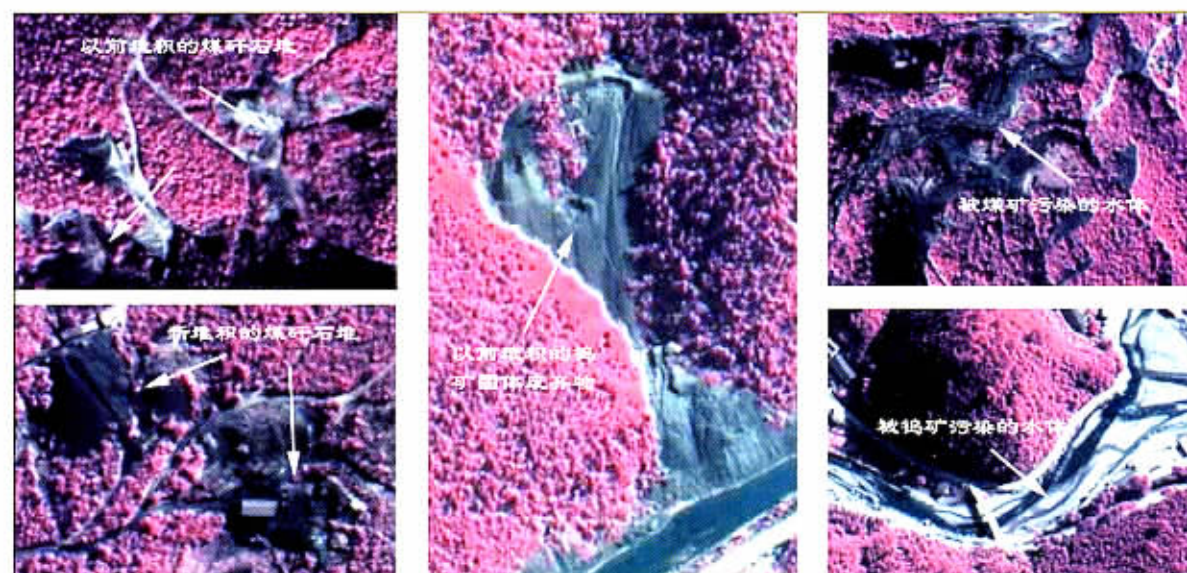
a. 两种数据分类结果

b. 不同地物QUICKBIRD合成影像

彩片6 两种多光谱数据自动提取结果



彩片7 SPOT-5与QUICKBIRD图像监测效果对比图



彩片8 QUICKBIRD融合图像对矿山开发状态及水体污染的监测效果