遥感技术在东天山大黑山地区地质填图中的应用

闫颖1,陈有炘1,孟勇2,李佐臣1

(1. 长安大学地球科学与资源学院,陕西西安 710054;2. 中国地质调查局西安地质调查中心,陕西西安 710054)

摘 要:利用不同地质体在同一波段或相同地质体在不同波段具有不同色调的变化规律,对东天山 大黑山地区的 ETM+图像和 Spot 图像进行了详细的地质解译,建立了研究区地层、侵入体和构造 的解译标志。解译结果表明,在遥感影像图上可以准确的勾绘不同地质体的界线、确定不同构造的 位置。通过野外地质调查,划分出不同的地层单位、侵入体和构造现象。遥感地质解译和野外验证 结果对比表明,遥感技术在地质填图工作中可以发挥重要作用。

关键词:遥感;地质填图;大黑山地区;东天山

中图分类号:P623.2 文献标志码: A 文章编号:1009-6248(2015)02-0231-07

Application of Remote Sensing Technique in the Geologic Mapping of Daheishan Region, Eastern Tianshan

YAN Ying¹, CHEN Youxin¹, MENG Yong², LI Zuochen¹

School of Earth Science and Resources, Chang'an University, Xi'an 710054, Shaanxi, China;
Xi'an Institute of Geology and Mineral Resources, CGS, Xi'an 710054, Shaanxi, China)

Abstract: According to the color variations of different geological bodies in the same wave band or the same geological body in different wave bands, a close geological interpretation was made on the ETM+ and Spot images of the East Tianshan orogen. As a result, interpretation markers for the strata, intrusive body and structures are established. The interpretation allows us to accurately define the strata boundaries and structures locations on the ETM+ and Spot images. The strata and intrusive bodies in the mapping area can be divided into different units based on the field survey. The structures including faults and fold can be identified in this area. It is believed that remote sensing image can play an important role in geological mapping.

Keywords: remote sensing; geological mapping; Daheishan region; eastern Tianshan

1:5万区域地质调查是一项重要的基础地质研 究工作,其成果可以直接为矿产地质研究、环境地质 和灾害地质的调查监测、经济开发区和中心城市的 资源开发与规划以及重大工程建设服务。遥感作为 一种先进的技术方法,现已广泛地应用到地质研究、 区域地质调查、生态环境调查、水文调查等地质工作 中。通过对其影像上的不同特征进行提取分析,可 以获得丰富的地质信息(于学政等,1995;朱第植等,

收稿日期: 2014-12-11;修回日期: 2015-03-12

基金项目:中国地质调查局计划项目"西北地区基础地质调查及数据更新"(1212010610313)和长安大学中央高校基本科研业务费专项基金资助项目(2013G1271102)联合资助成果

作者简介:闫颖(1975-),女,博士研究生,讲师,主要从事遥感与地理信息系统研究。E-mail:857228303@qq.com

2000;冯佐海等,2002;张玉明等,2002;方洪宾等, 2002,2010;杨晓平,2003;安徽地质调查院,2005;崔 志强等,2007;韩玲等,2008;施美凤等,2008;张绪教 等,2008;高万里等,2010;安国英等,2012)。

Landsat 7 卫星提供的 ETM+数据包含了丰富 的光谱信息,其中7个波段包含的地物信息量不一, 其中以第7波段为中红外波段,其对岩石矿物能很 好的进行分辨,地质现象在该波段反应较为明显。 另外,ETM+增加了15m分辨率的全色波段,在一 定程度上提高了分辨率要求,各类地质体、各种构造 之间差异性相对明显,地表环境信息量大,满足了此 次区域地质矿产调查解译要求。法国空间中心 CNES设计的 Spot 卫星系统可以 3 个波段进行多 光谱观察(可见、近红外),地面分辨率为 20 m;另一 个光谱范围较宽的全色波段,具有 10 m 分辨率。 其中的 Spot-5 号卫星数据已可达到多光谱 10 m 分辨率,全色波段5m或2.5m分辨率,性能上大 为提高。因此,ETM+与 Spot-5 影像联合使用能 够充分发挥各自在空间分辨率和光谱信息方面的优 势,且具有较高的性价比,是地质现象遥感调查较理 想的数据源。笔者在东天山大黑山地区 1:5万地质 填图过程中,选择了 ETM+和 Spot-2 种数据,充 分利用 ETM+数据色彩丰富与 Spot 数据分辨率高 的特点,二者的相互补充,利用2种遥感数据对填图 区地层、岩体以及构造进行了解译,获得了丰富的地 质信息,为提高野外工作效率提供基础性资料。野 外地质验证结果表明,ETM+和 Spot 遥感影像在 地质填图过程中可以发挥重要作用。

1 区域地质特征

研究区地处新疆维吾尔自治区东南部,西与吐 鲁番地区相接,南为巴音郭楞蒙古自治州,东南与甘 肃省毗邻,行政区划隶属于新疆哈密市。大地构造 位置位于天山东段,塔里木盆地北缘,属低山-丘陵 的戈壁地区,平均海拔在1000~1200 m,相对高差 不大,一般在100~300 m,个别大于500 m。区内 整体地势呈北高南低,广布山间洼地和沟谷,较高的 山峰有阿拉塔格、裤子山;低山、垅岗和线状丘陵,走 向彼此平行,大多为近东西向展布。同时也分布不 少的环形地势,组成一个类似于同心圆的环状地貌。

东天山大黑山地区横跨中天山喀拉塔格地块和 阿克塔格构造混杂岩带(图1)。其中,喀拉塔格地 块自下而上包括新太古宙一古元古代结晶基底、长 城纪一蓟县纪一青白口纪变质基底以及不整合于二 者之上的南华纪和二叠纪沉积盖层3部分。阿克塔 格构造混杂岩带中卷入了不同时代、不同构造体制 下形成的构造块体,是由3个断裂带及其所夹持的 2个构造岩片组成的复合体,为一具有多期活动特 征的构造混杂带。



图1 东天山区域构造格架遥感影像地质图

Fig. 1 The remote sensing geological image of tectonic framework in Eastern Tianshan

2 遥感影像数据选取

遥感图像能详尽的反映地质景观,为地质调查 提供了丰富的岩石、构造信息,充分合理的利用这些 信息,在解决基础地质问题、提高区域地质调查质 量,以及加快区域地质调查步伐等方面具有显著的 作用(陈昌礼,1991)。

本次研究遥感影像数据主要有:马里兰大学全 球观测实验室和中科院地理科学与资源研究所联合 实验室提供多波段 ETM+原始数据一景[139-031 (2004.10.26)];北京视宝卫星图像有限公司提供遥 感全色和多光谱原始数据各一景 Spot-5[30-266 (2004.12.24)];中国科学院中国遥感卫星地面站提 供的多光谱和全色数据等各两景 Spot-4[229-266 (2005.10.21)和 231-266(2006.10.4)]。此次解 译工作中,Landsat 7 数据一景,ETM+数据地面分 辨率 15 m。Spot 卫星数据共 3 景,分别为 5 号卫星 数据 1 景和 4 号卫星数据 2 景,经融合后,其空间分 辨率分别为 5m 和 10 m。5 m 分辨率的数据对大型 露头尺度的构造行迹反映清楚。研究选择了 ETM +和 Spot-2 种数据,充分利用 ETM+数据色彩丰 富的特点与 Spot 数据分辨率高的特点,二者相互补充,为提高地质解译的程度提供了基础。

3 遥感图像的处理

3.1 波段选择

波段选择是根据影像地图的应用目的、制图区地 质情况和图像信息量的大小确定的。ETM+图像数 据涵盖可见光 3 个波段(红、绿、蓝)及近红外、中红 外、热红外、中红外等7个波段数据信息。在对各波 段分析的基础上,选择了 ETM+7(红)、ETM+4 (绿)、ETM+3(蓝)波段组合。其中 ETM+7 波段是 绝大多数造岩矿物反射波谱的高峰段,对出露地表的 黏土和碳酸盐岩矿物比较敏感;ETM+4 波段为近红 外波段,是水的强吸收和植被的强反射波段,该波段 的图像清晰,反差大,立体感强,能显示各种微地貌; ETM+3 波段为红光波段,探测植被叶绿素吸收的差 异,是区分土壤边界和地质体边界最好的可见光波 段。因此这种波段合成的图像有较大的信息量,能保 证较好的图像质量。由于Spot-4、Spot-5号星数据 有3个波段的数据,因此,在实验中分别将3个波段 数据进行了融合(表1)。

影像类别	数据来源	波段选择	大致范围	解译目的	
1:25 万遥感影像	ETM+	ETM+7,ETM+4,ETM+3	16 340∼16 590 m 4 540∼4 785 m	主要解译区域性大断裂以及对邻区 岩体地层的展布的了解	
1:5万遥感影像	ETM+	ETM+7,ETM+4,ETM+3	41°20′~40°40′ 91°30′~93°30′	解译研究区的岩浆岩-地层-构造,了 解与邻区的接图情况,了解地表和浅 覆盖区的赋矿信息	
Spot - 4 遥感 影像	Spot – 4	全波段	裤子山幅东部-喀拉塔格幅以 及双庆铜矿幅的西部	解译研究区的岩浆岩-地层-构造,同 时对露头尺度下的褶皱进行解译	
Spot - 5 遥 感 影像	Spot – 5	全波段	裤子山幅西部,双庆铜矿幅东 部以及双庆铜矿东幅	解译研究区的岩浆岩-地层-构造,同时对露头尺度下的褶皱进行解译	

表1 遥感图像一览表 Tab. 1 The list of remote sensing image

3.2 几何校正和镶嵌配准

利用卫星数据制作影像地图所存在的误差是 由于地形的起伏、大地折射及传感器成像模式不 同等造成点位平面位置的位移。本次影像几何校 正是采用2次多项式拟合方法将图形配准到大地 坐标系下,单幅图像校正控制点大于13个。

Spot 数据单景控制面积较小,研究区共需

Spot 数据 3 景,除了几何校正外必须对图像进行 数字镶嵌处理,以获取研究区范围内的完整图像。 图像镶嵌实质上是图像间的几何匹配和色调匹 配,镶嵌后的图像应保证有足够的几何精度,接边 没有明显的几何错位现象,同一地质体色调尽可 能一致。本次工作中所收集到的数据均为冬季采 集且研究区基本无植被覆盖,因此所得到图像地 质信息丰富、色调谐和。

利用所收集到的原始数据,经过波段选择和 几何校正、镶嵌配合等步骤制作的遥感图像有 1:25万研究区及邻区 ETM+遥感影像图、1:5万 研究区及邻区 ETM+遥感影像图、1:2.5 万 Spot-5遥感影像图(表 1)。

4 遥感图像地质可解译程度分区

遥感影像地质可解译程度主要以初步解译和野 外踏勘验证的吻合程度为判定标准。在全区1:5万 TM 遥感影像解译与踏勘验证的基础上,将可解译 程度划分为2个等级(表2):解译程度中等区和解译程度较高区(图2)。

遥感解译程度中等区能解译到构造轮廓和部分 地质体之间的关系;解译程度较高区能解译出不同 类型的岩石,较准确的解译出全区的构造轮廓和大 部分地质体之间的界线。

需要特别说明的是研究区内大面积大理岩出露 区,在遥感影像上显示为蓝色细纹,野外踏勘验证表 明这些区域地表全为大理岩碎石,在划分解译程度 分区时,仍划归为解译程度较高区,主要是因为这些 区域虽然是碎石覆盖,但踏勘结果验证其基岩仍为 大理岩。

表 2	研究区基岩遥感解译程度划分表	
-----	----------------	--

leb '/ lbe nemente concernant medication intermentations democe of bedrools in atu
--

解译程度	地理位置	区域地质特征	影像可解译要素
解译程度较高区	整个研究区都有分布	分布于整个研究区,解译程度较好的地质单元 有 J xkw^{μ} 、J xkw^{μ} 、J xkw^{τ} 、QbP、Pt ₂ gn ^{γ} 、Pt ₃ v 、Pt ₃ $\gamma\delta$ 、Pt ₃ $\eta\gamma$ 、Pt ₃ $\xi\gamma$,Q,Nhb,ChX.	可解译出岩体形态、岩性,不同类型 岩石、主干断裂延展及性质、次级 断裂
解译程度中等区	裤子山幅北部地区	主要地质体单元有 ChX.、Pt ₂ gn ^y ,中酸性侵入 岩体发育,古老片麻岩区	可解译出主干断裂展布,部分地层、 岩体边界、形态



图 2 东天山大黑山地区遥感地质解译程度图

Fig. 2 The remote sensing geological interpretation degree of Daheishan area in Eastern Tianshan

5 遥感影像地质单元解译

对所收集到的遥感原始数据进行数据几何校 正、图像镶嵌等预处理,以及波段合成等基础处理 后,得到了可解译程度高的遥感图像。通过野外踏 勘以及试填图阶段的工作,修正和重新建立了遥感 影像解译标志(图 3)。

5.1 影像地层

根据各类岩石在图像上的色调、地貌特征、水系

和影纹特点,可以圈出地层和大部分侵入体。

(1)星星峡岩群(ChX)。星星峡群岩性主要为 石英岩、石英片岩、大理岩、变粒岩和片麻岩等。色 调与卡瓦布拉克群差异较大,但地貌大多为低山平 坦地貌,影纹为细小的带状,水系不发育。

(2)卡瓦布拉克岩群(JxKw)。主要由石英岩、 石英片岩、千枚岩和大理岩构成。TM影像石英岩 (JxKwa)深红色,Spot-5图像上为深灰黑色、山脊 地貌、条带状影纹,水系不发育等影纹特征;大理岩 (JxKwc)在TM影像和Spot-5图像上都为灰白色 一白色、浅蓝色色调,近东西向条带状、块状影像;石 英片岩和不纯的大理岩(JxKwb)呈浅黄红色-灰黑 色,Spot-5图像上为浅灰黑色,条带状影纹;卡瓦 布拉克群地层中水系发育。

(3)青白口系帕尔岗群(QbP)。青白口系帕尔 岗群岩性主要为灰黄色大理岩,TM 图像上主要为 白色色调,Spot-5 图像上主要为黄色色调,地貌为 高山地貌,块状影纹。

(4)南华系贝义西组(Nhb)。贝义西组由火山 碎屑岩和火山熔岩组成。TM影像上呈暗红色夹少 量蓝色斑点,Spot - 5图像上为深黑色-灰黑色,水 系发育。分布区地貌为浑圆状山脊,粗糙度大,与相 邻地层有明显不同。

(5)下二叠统阿其克库拉克组(P₁a)。主要为

碎屑岩,TM影像上色调暗红色,亮度小,影纹表面 光滑,山梁地貌,树枝状水系发育。

(6)第四系(Q)。化学沉积物(Qh^{ch}):主要为盐 碱地,化学沉积物湿度大,在TM和Spot上均显白 色,极易识别。河谷冲洪积物(Qh^{apl}):色调大多受 碎石岩性影响,色调与物源关系密切,表面光滑,粗 糙度低,羽状水系纹形。

5.2 影像侵入体

(1)基性岩在 TM 影像上显示浅暗红与黑色的 混合色,不规则状影像,覆盖严重的区域色调浅,基 岩出露越好的区域色调越深。

(2)中酸性侵入岩。中酸性岩体矿物组成中浅 色矿物含量高,因此在遥感图像上呈浅色调、亮度 稍高。



A. 星星峡岩群遥感影像图;B. 卡瓦布拉克岩群遥感影像图;C. 第四系遥感影像图;D. 贝义西组遥感影像图;
E. 阿其克库拉克组遥感影像图;F. 帕尔岗群遥感影像图;G. 侵入体遥感影像图;H. 断裂遥感影像图;I. 褶
皱遥感影像图

图 3 遥感影像地质解译标志图

Fig. 3 Remote sensing geological interpretation key

5.3 影像构造

影像构造主要有断裂等线性影像和褶皱影像。

(1)断裂影像。区内线性构造在影像上以色彩、 水系和地貌特征显示出来(图 3H)。本区主要分布 的断裂有近东西向、北西一南东向大断裂及近北 东一南西向次级断裂。遥感影像为灰白色线状、波 状延伸,局部弧状、线状影像构造明显,有时错位清 楚,呈雁行状展布,沿断裂带常形成明显的沟谷或负 地形。

(2)褶皱影像。研究区中部出露有褶皱构造 (图 31),出露于裤子山幅东。褶皱构造的解译仅限 于倾竖褶皱和高角度倾伏褶皱。褶皱形迹主要通过 其分异的脉岩和与之一起变形的大理岩体显现出 来。由于所获得 Spot - 5 图像分辨率可达 5 m,所 以部分露头尺度的褶皱也可在遥感图像中体现 出来。

6 遥感解译野外验证

常规地质现象调查往往由于调查范围大,自然 条件恶劣而十分困难,而遥感技术能快速、高效地获 取地表信息,因此能够在地质现象调查中发挥应有 的作用。地质现象的调查对影像的分辨率要求比较 高,以便充分的反映地质现象与其周围环境的形态 结构的差异。目前,高分辨率遥感卫星(Quickbird 及 IKONOS)能满足地质现象调查对空间分辨率的 要求,但是相对成本较高,数据量也较大了;相对成 本较低的 MSS 等影像因空间分辨率不足而无法满 足解译要求,所以在本次工作中选择了 Landsat 卫 星数据及 Spot 卫星的数据。

室内解译结果与野外实地踏勘验证对比显示: 在TM和Spot影像上解译程度在研究区内准确率 平均达到90%以上,遥感解译中等-较好区也能达 到80%左右,区域性大断裂可识别率为百分之百; 次级断裂、褶皱可识别为80%;而影响解译效果的 主要因素是岩性组合特征及地表覆盖情况。

总之,研究区遥感资料的岩性解译程度较高,中 基性与中酸性侵入岩易于区分,边界容易圈定;火山 岩界线清楚,但具体岩性火山熔岩和火山碎屑岩解 译标志之间不清楚;大理岩、石英岩和石英片岩容易 圈定;碎屑岩进一步解译比较困难;第四纪不同成因 类型的沉积物易于区分;图幅北部不同的填图单位 岩性组合之间解译标志相对南部复杂,难于辨认;构 造解译程度参差不齐,断裂构造解译程度较高,断裂 走向、规模、切割关系易于解译,但断裂产状(倾向、 倾角等)难于辨认。

7 结语

通过 ETM+图像与 Spot 卫星图像进行融合, 有效的利用了 2 种影像的特性,在提高空间分辨率 的同时,也提高了光谱分辨率。通过对影像的判读, 获得了大黑山地区丰富的地质信息。通过地层及构 造的详细地质解释,并结合实地的野外调查验证,很 好的划分了大黑山地区地层分类。通过对线性的影 像特征的分析,对区域内的断裂构造进行了解译分 析。此次研究不但应用了遥感技术在大黑山地区地 质研究及地质填图中的优势,而且对野外工作进行 了相应的指导。

参考文献(References):

- 安国英,刘刚.1:25 万温泉幅遥感解译水文地质图说明书 [R].北京:中国国土资源航空物探遥感中心,2012: 1-40.
- AN Guoying, LIU Gang. A guide to the hydro-geological map of Wenquan County (1:250 000) [R]. Beijing: China Aero Geophysical Survey & Remote Sensing Center for Land and Resources, 2012:1-40(in Chinese).
- 安徽地质调查院.中华人民共和国1:25万(温泉幅松西幅) 区域地质调查报告[R].合肥:安徽地质调查院,2005: 1-3.
- Geological Survey of Anhui Province. The People's Republic Of China Regional Geological Report (Wenquan and Songxi County, scale: 1:250 000) [R]. Hefei: Geological Survey of Anhui Province, 2005: 1-3 (in Chinese).
- 陈昌礼.全面推广遥感技术,加速1:5万区域地质调查进程 [J].国土资源遥感,1991,(2):1-6.
- CHENG Changli. Spreading remote sensing tectnology overall and speeding up 1:50 000 regional geological survey [J]. Remote Sensing for Land & Resources, 1991, (2): 1-6(in Chinese with English abstract).
- 崔志强,刘登忠,刘志强,等. 西藏措勤盆地新构造运动遥感 研究[J]. 新疆地质,2007,25(3):313-316.

- CUI Zhiqiang, LIU Dengzhong, LIU Zhiqiang, et al. The study of Neotectonic Movevent in Cuoqin Asin Based on Remote Sensing Technique[J]. Xinjiang Geology, 2007, 25(3):313-316(in Chinese with English abstract).
- 方洪宾,赵福岳,黄洁.1:25 万遥感地质解译技术指南[M]. 北京:地质出版社,2010:1-123.
- FANG Hongbin, ZHAO Fuyue, HUANG Jie. Remote sensing geological interpretation technology guide for 1:250 000[M]. Beijing: Geological Publishing House, 2010:1-123(in Chinese).
- 方洪宾,赵福岳.1:25 万遥感地质填图方法和技术[M].北 京:地质出版社,2002,1-156.
- FANG Hongbin, ZHAO Fuyue. Remote sensing geological mapping methods and techniques for 1:250 000[M]. Beijing: Geological Publishing House, 2002, 1-156 (in Chinese).
- 冯佐海,梁金城,张桂林,等.平桂地区遥感线性构造的分形 特征及其地质意义[J].地球学报,2002,23(6): 563-566.
- FENG Zuohai, LIANG Jincheng, ZHANG Guilin, et al. Fractal Characteristics of Remote Sensing Lineations in Pinggui Area and Their Geological Significance[J]. Actc Geoscientia Sinica, 2002, 23 (6): 563-566 (in Chinese with English abstract).
- 高万里,张绪教,王志刚,等. 基于 ASTER 遥感图像的东昆 仑造山带岩性信息提取研究[J]. 地质力学学报,2010, 16(1):59-69.
- GAO Wanli,ZHANG Xujiao, WANG Zhigang, et al. Extraction of Lithologic Information from The East Kunlun Orogenic belt using aster remote sensing image[J]. Journal of Geomechanics, 2010, 16 (1): 59-69 (in Chinese with English abstract).
- 韩玲,王润平.武都一文县地区遥感影像线性构造解译[J]. 地球科学与环境学报,2008,30(4):434-437.
- HAN Ling, WANG Runping. Remote Sensing Image Interpretation of Linear Tectonics in Wudu-Wenxian [J]. Area Journal of Earth Sciences and Environment, 2008, 30 (4):434—437(in Chinese with English abstract).
- 施美凤,李亚林,于学政.西藏冈底斯地区水系格局与新构造 活动关系的遥感研究[J].国土资源遥感,2008,(3): 69-73.

- SHI Meifeng, LI Yalin, YU Xuezheng. A remote sensing study of the relationship between water system pattern and neo-tectonic movement of Gangdise block Tibet plateau[J]. Remote Sensing for Land & Resources, 2008,(3):69-73(in Chinese with English abstract).
- 杨晓平. 基于 TM 遥感图像的流域地貌研究[J]. 科技通报, 2003,19(2):150-153.
- YANG Xiaoping. Study on river basin landform based on TM remote sensing image [J]. Bulletin of Science and Technology, 2003, 19(2): 150-153 (in Chinese with English abstract).
- 于学政,刘刚,李述靖.遥感技术在内蒙古苏尼特左旗 1:5万 区调中的应用[J].现代地质,1995,9(2):254-260.
- YU Xuezheng, LlU Gang, LI Shujing. Application of remote sensing technology to 1:50000 regional geological surveying in sonid Zuoqi area, inner Mongolia[J]. Geosciences,1995,9(2):254-260(in Chinese with English abstract).
- 张绪教,李团结,陆平,等.卫星遥感在西藏安多福1:25万区 域第四纪地质调查中的应用[J].现代地质,2008,22 (1):107-115.
- ZHANG Xujiao, LI Tuanjie, LU Ping, et al. Application of satellite remote sensing to 1:250 000 regional Quaternary investigation in Amdo sheet, Tibet [J]. Geoscience, 2008, 22 (1): 107-115 (in Chinese with English abstract).
- 张玉明,白朝军,方怀宾.TM 数据在西藏活动构造解译中的 应用[J].国土资源遥感,2002,4(54):37-39.
- ZHANG Yuming, BAI Chaojun, FANG Huaibin. The application of TM data to active tectonic zones in Tibet [J]. Remote Sensing for Land & Resources, 2002, 4(54):37-39(in Chinese with English abstract).
- 朱第植,徐洪展,郑纲,等. 遥感技术在新疆民丰区域寻找地 下水中的应用[J]. 煤田地质与勘探,2000,28(5): 34-37.
- ZHU Dizhi, XU Hongzhan, ZHENG Gang, et al. Application of remote sensing technique on locating underground water in Minfeng district in Xinjiang autonomous region [J]. Coal Geology & Exploration, 2000, 28(5): 34-37(in Chinese with English abstract).