

中巴资源卫星影像 HR 数据在煤矿矿区 地面塌陷调查中的应用

陈文平, 范英霞, 韩小明, 薛磊, 李少贞

(新疆维吾尔自治区地质矿产勘查开发局第一区调大队, 新疆 乌鲁木齐 830013)

摘要:首次应用具有我国自主知识产权的中巴资源卫星影像数据对煤矿矿区采煤地面塌陷进行遥感调查研究。煤矿采空区地面塌陷随着时间日趋严重,面积不断扩大,兼有渐变和突变的特点,用常规方法定点观测难以适应其发展,确定其边界分布非常困难。文章应用中巴资源卫星 HR 高分辨率影像数据,以六道湾—铁厂沟煤矿矿区为例,通过已知塌陷区的基本特点,建立塌陷区的遥感影像地物解译标志体系,通过人机交互遥感影像解译,圈定地面塌陷的边界并获得塌陷区的有关数据,为该地区环境地质灾害治理提供依据。

关键词:地面塌陷; 卫星影像; 中巴资源卫星; 边界特征

中图分类号: P228.4 文献标识码: B 文章编号: 1672-5867(2012)02-0080-04

Application of CBERS HR Image Data in Investigation of Surface Collapse in Coal Mine Zone

CHEN Wen-ping, FAN Ying-xia, HAN Xiao-ming, XUE Lei, LI Shao-zhen

(No. 1 Regional Geological Surveying Party of BGMRED of Xinjiang, Urumqi 830013, China)

Abstract: We apply for the first time the CBERS HR image data whose independent intellectual property rights are owned by China to investigate the surface collapse of coal mine zone through remote sensing technique. A problem which grows serious over time is coal mine zone's surface collapse which features itself by its growing area and both its gradual and sudden change. It is difficult to determine the boundary of the collapse zone and adapt to the development of the problem via conventional station observation. In this paper, we construct a remote sensing image lettering and interpreting system to interpret and delineate the boundary of collapse zones, collect relevant data and support the environmental protection of the region via human computer interaction using Liudaowan-Tiechangou coal mine zone's CBERS satellite HR image based on known fundamental features of the collapse zone as a case study.

Key words: surface collapse; satellite images; CBERS; boundary characteristic

0 引言

人类社会发展到今天,在取得巨大社会进步的同时,对自然环境的破坏也是触目惊心的,而煤炭资源开采就是一项不可忽视的重要因子,地下煤炭资源开采引发地面沉陷、塌陷、地裂缝等一系列环境地质灾害,尤其在第四系覆盖层较厚的前山或平原区,几十年的地下开采常常造成局部出现地裂缝并伴有区域性大面积的地面塌陷。这种变化兼有渐变和突变的特点,形成规模也相差悬殊。常规监测方法是设置观测仪器,定点、定时监测,或以有关人员和当地群众逐级汇报的方式。因

此,对沉陷区的宏观掌控具有一定的局限性,确定沉陷区范围及其边界分布有较大困难^[1],而且数据更新效率较低。

遥感技术具有宏观、准确、高分辨率、高精度定位和高效可重复的动态监测特点,为采空沉陷区和边界确定提供了重要信息。利用它提供的数据进行煤矿矿区地面塌陷遥感解译及环境监测评价,具有成体低、效益高的特点,是传统方法不可比拟的。本文以新疆六道湾—铁厂沟煤矿矿区遥感动态监测项目为例,首次采用中巴资源卫星遥感数据在采煤沉陷区边界圈定中的应用进行调查研究。

收稿日期: 2011-01-10

作者简介: 陈文平(1964-)男,新疆乌鲁木齐人,高级工程师,硕士,2005年毕业于中国地质大学地质矿产勘查专业,主要从事区域地质矿产调查及遥感数字图像处理、遥感信息处理等工作。

1 调查区概况及研究目的

1.1 调查区概况

六道湾—铁厂沟煤矿矿区地处乌鲁木齐市和昌吉州原米泉县境内,位于天山北麓,准噶尔盆地南缘,乌鲁木齐市以东,地理座标:东经 $87^{\circ}43'50'' \sim 87^{\circ}51'20''$,北纬 $43^{\circ}54'25'' \sim 43^{\circ}58'30''$;解译面积 144.1 km^2 。

出露地层主要有古生界二叠系、中生界三叠系、侏罗系地层、新生界第三系及第四系地层。主要工业含煤地层为早侏罗世的六道湾组(俗称下含煤层)和中侏罗世的西山窑组(俗称上含煤层)特别是西山窑组在天山北麓,岩性、岩相都较稳定,而且是新疆最重要的工业含煤地层,煤层厚度几米至几十米不等,以乌鲁木齐东西两侧至阜康一带为沉积中心和聚煤中心,为一套湖沼相含煤碎屑岩沉积,岩性为灰、灰绿色、灰黄、紫红色砂岩、石英砂岩、灰黑色泥岩、碳质泥岩夹煤层及菱铁矿薄层。整合于六道湾组之上、西山窑组之下的三工河组为一套灰绿色湖沼相沉积,仅局部地段(如哈密地区三道岭)夹煤层、菱铁矿及砾岩,本调查区中不夹有煤层。

总体来说调查区地层延伸稳定,构造变动不大,地表覆盖严重,植被不发育。

1.2 研究目的

充分运用卫星遥感技术解译圈定煤矿矿区地面塌陷范围,通过对两期遥感卫星数据的解译成果进行对比分析,了解矿山地面塌陷变化情况及发展趋势,为政府和职能部门对环境地质问题的治理提供科学参考和可靠依据。

我国是消耗煤炭资源的大国,新疆煤炭资源又占全国煤炭资源的 $1/4$ 。近几年来新疆大力发展与煤炭资源相关的产业,开采量急剧增加,塌陷范围也在不断的发展扩大。所以对煤炭矿区的地面塌陷环境治理尤为重要。

2 遥感调查的方法

中巴地球资源卫星(CBERS,简称中巴资源卫星)项目是中国和巴西两国政府的合作项目。自1999年10月14日首颗卫星成功发射后,至今已经成功发射了3颗卫星,获取了大量的观测数据,并广泛服务于中、巴两国国民经济建设的许多领域。中巴地球资源系列卫星的成功研制与运行被誉为国际高科技领域“南南合作”的成功范例。

2007年9月19日,资源系列的第3颗卫星,CBERS-02B星在中国太原卫星发射中心成功发射。CBERS-02B星是我国第一颗能为众多行业提供高空间分辨率图像数据的卫星,也是第一颗同时具有高、中、低三种空间分辨率载荷的资源卫星。02B星图像清晰,质量较好;地面系统的运行保障高效稳定,性能指标大幅度提升。

CBERS-02B卫星搭载传感器包括:CCD相机、HR相机、WFI相机。其中,HR相机是我国迄今为止民用最

高空间分辨率相机,各传感器参数见表1。

表1 CBERS-02B星上各传感器的波段设置、空间分辨率、幅宽和回归周期列表

Tab.1 The setup of band, spatial resolution, swath width and recursion period list of sensors in CBERS-02B satellite

载荷	波段数	波段范围/ μm	空间分辨率/m	幅宽/km	回归周期/d
全色多光谱相机(CCD)	B01	0.45~0.52	20	113	26
	B02	0.52~0.59	20		
	B03	0.63~0.69	20		
	B04	0.77~0.89	20		
	B05	0.51~0.73	20		
高分辨率相机(HR)	B06	0.5~0.8	2.36	27	130
宽视场成像(WFI)	B07	0.63~0.69	258	890	3~5
	B08	0.77~0.89	258		

本次应用的主要遥感数据是CBERS-02B星的HR数据(全色波段数据),其相机的主要特点:

1) HR相机是CBERS-02B星的一个重要遥感器,采用TDI CCD传感器,在可见光 $0.5 \sim 0.8 \mu\text{m}$ 范围内产生空间分辨率为 2.36 m 的全色波段图像,幅宽 27 km ,利用整星侧摆,可以拍摄 $\pm 4^{\circ}$ 范围内地面目标,其积分时间、级数及增益可调。

2) CBERS-02B星遥感数据具有反映地面信息丰富、覆盖面积适中、实时性强、周期性强、地面分辨率高、费用低、数据容易获取等特点。

为了研究地面塌陷的变化和发展趋势,为政府职能部门提供可靠的第一手资料,采用两期遥感数据同时解译进行对比,其中第一期遥感数据为20世纪70年代的美国陆地卫星Landsat 5 TM数据,分辨率较低为 30 m ;第二期遥感数据就是具有我国自主知识产权的中巴资源卫星CBERS-02B星的HR数据,拍摄时间为2008年5月。

使用PCI 9.0遥感图像处理专业软件,结合矿山环境地质问题,利用多时相遥感影像和矿管资料分析相结合的技术路线。建立遥感解译标志体系,在野外实地检查验证的基础上,主要以人机交互方式解译分析为主要信息提取方法,遥感影像目视解译的原则是先“宏观”后“微观”;先“整体”后“局部”;先“已知”后“未知”;先“易”后“难”,同时应用类比法等。

3 调查区遥感数据处理

3.1 遥感数据处理

3.1.1 遥感数据处理平台

1) 系统平台

Windows 2000, Windows XP。

2) 遥感应用处理平台

ERDAS 8.4 , PCI 9.0。

3.1.2 最佳波段组合

第一期以 Landsat 5 TM 多波段假彩色优化组合为影像数据源,如采用 B4(红)、B3(绿)、B2(蓝)波段假彩色合成为最佳,最能反映地面塌陷信息,图像相对较清晰,色彩丰富,生成多光谱信息的遥感影像,以提高地类的可判读性。

3.1.3 多种图像处理方法提取分类信息

充分发挥遥感技术特点,有效运用各种图像处理方法,如数据融合、数据对比度拉伸、比值分析等图像增强处理及热红外技术,通过计算机处理与人机交互相结合,圈定地面塌陷区范围。

4 技术要求

1) 平面坐标系

大地基准: 1954 年北京坐标系。

投影方式: 高斯-克吕格投影。

2) 高程基准

采用 1985 国家高程基准。

3) 解译比例尺精度

1: 50 000。

5 地面塌陷遥感解译标志及其边界确定

5.1 地面塌陷遥感解译标志

沉陷带、塌陷坑、地裂缝集中分布是采空沉陷区形成的直接标志,除此之外,在遥感图像上总能找到采空沉陷区的一些其他特征。我们可以从这些直接或间接指示标志确定沉陷区的分布范围。结合前人地质灾害研究成果,以卫星遥感影像信息为基础,经过详细的图像解译与野外实地验证,确定了判断地面塌陷及边界有关的 8 个解译标志^[2]。

1) 有大型煤矿或集中分布的中小型煤矿。

2) 形成多条地面沉陷带、地裂缝。

在遥感图像上,采空沉陷区有大小不等的沉陷带或地裂缝,呈暗色线状地物,其走向与农业耕作方向不一致,属非人工所为。实地验证发现:地面塌陷一般以带状、线状或槽状展布,呈直线或舒缓的波状延伸,这些暗色槽状地物为采空沉陷造成的,是地形突变引起光谱差异所致。有平行排列型、折线型和蠕虫型。规模较大的宽数十米,长几百米。

3) 塌陷状况。

有些塌陷呈断续状延伸,多呈椭圆状、哑铃状或串珠状,但总体延伸走向与地下煤层展布基本相同。塌陷都发育有暗色边,而且靠近塌陷南侧壁边,这是阴影所致,呈槽状、线状展布的塌陷,阴影呈带状、线状;呈椭圆状或哑铃状的,阴影呈月牙状(如图 1 所示)。

4) 水体发生变化。

地面长期沉降形成洼地、积水,加之矿坑排水,水体



图 1 呈线状、带状延伸的塌陷影像图

Fig. 1 Image of surface collapse extended in line and belt shape

面积发生变化,在影像上多为暗色调,是因为水反射率较低所致,通过不同时相遥感资料对比,计算新增水域或原有水体变化,这是沉陷区变化的重要依据。

5) 居民点搬迁或消失。

因矿区地质灾害整个村庄搬迁,在图像上消失或留下建筑物和街道的轮廓。不同时相遥感资料对比,可以发现已经消失村庄的分布位置和现有村庄的分布格局。

6) 出现土地退化的迹象。

沉陷带、地裂缝使得地下水渗漏,造成水位下降,原有大片水浇地不得不改种耐旱农作物,形成新的土地退化。从冬小麦的分布可大致圈定旱地的范围。

7) 生态景观发生改变。

因地面沉陷原有地貌类型或植被类型发生变化,如农田变成水体、耕地变成灌木、林地和冬季绿油油的麦田变成光秃秃的裸地。

8) 居民点分布异常区。

因地质灾害不宜人类居住或搬迁形成的居民点空白异常区,居民点密度明显偏低,是沉陷区的重要特征。

5.2 塌陷边界确定的其他方法

对不同沉陷区特征进行综合分析后,确定沉陷区的边界。在解译过程中,由于塌陷造成的暗色阴影与煤堆容易混淆,此次利用 TM 卫星数据的 6 波段(热红外波段)进行区分。因为煤热惯量小,白天接受太阳光照射,温度上升较快,因此在 6 波段白天热辐射高,煤显示浅色或亮色。但在夜晚由于煤散热快,温度低,所以热辐射小,影像上呈暗色调。而由于塌陷造成的阴影,在影像的每个波段都呈暗色调,据此可以较容易把塌陷和煤堆或煤厂区分开来^[3]。

地面塌陷一般呈槽状或椭圆状,走向一般为北东东向,与地下煤层走向基本一致,无论在 6 波段或其他波段塌陷都呈暗色,是由于阴影所致。水体有时与塌陷不太好区分,但用 TM 1 波段与 TM 7 波段之比水体呈亮色,煤层和塌陷都呈黑色,非常明显,可以把塌陷和煤堆或煤厂区分开来,另外应用热红外 TM 6 波段也可以区别开,因为水的热惯量大,在白天水吸热慢,温度升高也慢,所以

水体热辐射小,在 TM 6 波段中相对于周围地物呈暗色调,地物相对呈浅色调;而在夜间没有太阳光照射,温度逐渐下降,由于水体热惯量大,温度相对于周围地物下降速度较慢,所以夜间 TM 6 波段中水体热辐射相对周围地物较高,影像中呈现浅色调,而周围地物相对呈现暗色调,因此利用热红外 TM 6 波段和水体的热惯量大这一物理特性也可加以区分。

6 地面塌陷的解译成果

通过遥感解译,研究区 1989 年地面塌陷面积总共为 3.308 km²,2008 年为 3.950 km²(如图 2 所示),两期数据相比较,19 年来变化量为 0.642 km²,增长率为 19.40%。地面塌陷主要有 9 条,分为北部区(I) 2 条、中部区(II) 4 条和南部区(III) 3 条。其中中部区(II) 4 条塌陷最强烈,又分为 2 组,偏南的 2 条塌陷深而且延伸长,最长的一条单独塌陷槽长达 3 km,宽度一般 30~60 m,深度 5~35 m,一般呈带状或槽状;偏北侧的 2 条塌陷多呈紧密的椭圆形、哑铃形或串珠形展布,宽度一般 20~40 m,深度 5~20 m。总体看,西端六道湾矿区和中间铁厂沟矿区较强,铁厂沟矿区以东较弱,总长度延伸长达 28 km,从西端六道湾矿区一直断续延伸经过铁厂沟矿区至近白杨沟附近。北部区(I) 塌陷有 2 条,相距约 2 km,多呈椭圆形、哑铃形、串珠形,宽度一般 20~35 m,深度 5~20 m,断续延伸约 15 km,主要分布在铁厂沟矿区至白杨沟一带;南部区(III) 有 3 条,呈稀疏的椭圆形、串珠形和窄长条带状,宽度一般 5~15 m,深度 5~20 m,总延伸长度约 13 km,主要分布在铁厂沟矿区以南,该区塌陷一般较窄,说明该区煤层较薄;中间区(II) 塌陷最强烈,宽度相对较宽,连通性也最好,长度最长,说明该区煤层最厚,目前开采程度最大,所以造成的隐患也最大。

7 结束语

应用 CBERS-02B 星 HR 数据和 TM 数据,建立塌陷区的遥感影像解译标志,第二期 HR 数据分辨率高、影像清晰,可以准确地圈定塌陷区的边界位置,并获得塌陷区内有关数据,而第一期 TM 数据分辨率低,规模较小的塌陷影像模糊,边界确定相对较困难。

通过两期不同时相遥感资料对比可以获得塌陷区的动态变化信息,为矿区塌陷规律和灾害发展趋势研究提

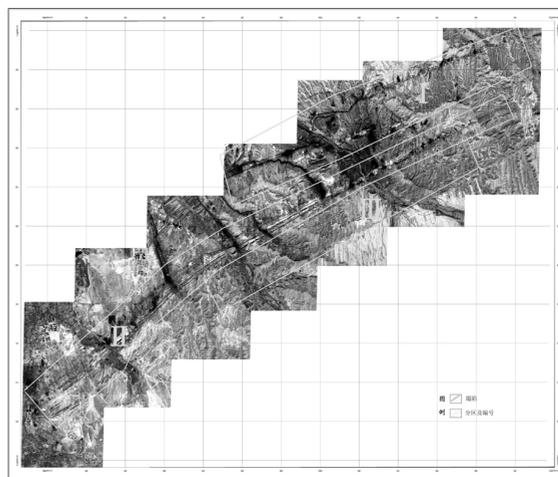


图 2 第二期 CBERS-02B 星 HR 数据煤矿区塌陷解译影像图

Fig. 2 2nd phase CBERS-02B satellite HR data coal mine area surface collapse interpretation image

供科学依据。根据煤炭资源分布和未来开采规划进行科学预测,为塌陷区受害村庄搬迁选址和新农村规划提供区域背景参考依据,避免形成“塌陷—搬迁—塌陷”的恶性循环。

采矿活动破坏了大量的耕地和建设用地,建议对煤矿的开采应严格遵循可持续性开采,要边开采边治理。严防掠夺性开采造成的危害,将是长期的,治理也是相当困难的。

参考文献:

- [1] 黎来福,王秀丽. SPOT-5 卫星遥感数据在煤矿塌陷区监测中的应用[J]. 矿山测量, 2008(2): 46-47.
- [2] 李成尊,聂洪峰,汪劲,等. SPOT-5 卫星图像在采煤塌陷区及边界圈定中的应用[EB/OL]. <http://www.geonet.cn/UploadFiles/Article/2007-6/20070606092302-24965.pdf>.
- [3] 郑辉,高洁. 煤矿区地面塌陷动态监测与恢复治理决策支持系统研究[J]. 山东国土资源, 2007, 23(10): 36-38.

[编辑:宋丽茹]

(上接第 79 页)

参考文献:

- [1] 王哲,田东林,黄平. 基于 Arc/Info 软件平台的城镇地籍管理信息系统设计[J]. 测绘通报, 2006(4): 65-68.
- [2] 宋其友. 数字地籍测量[M]. 北京: 测绘出版社, 1991.
- [3] 孙祖述,慎作林,刘家彬,等. 地籍测量[M]. 北京: 测绘出版社, 1990.
- [4] 国家土地管理局. 城镇地籍调查规程[M]. 北京: 地质出版社, 1993.

- [5] 刘庆元,韦建超,左廷英. 城镇地籍建库的数据质量控制[J]. 城市勘测, 2007(2): 33-36.
- [6] 张丰,刘南,刘仁义,等. 面向对象的地籍时空过程表达与数据更新模型研究[J]. 测绘学报, 2010, 39(3): 303-309.
- [7] 崔涛,张振宇. 城镇地籍数据库的建立于质量控制[J]. 交通科技与经济, 2010, 12(2): 105-107.

[编辑:胡雪]