

# SPOT-5 卫星图像在采煤沉陷区及边界圈定中的应用

李成尊 聂洪峰 汪劲 王晓红

(中国国土资源航空物探遥感中心, 北京 100083)

摘要: 矿区采煤沉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, 受常规方法定点观测的局限性限制, 确定其边界分布非常困难。

本文应用 SPOT - 5 卫星图像, 通过已知沉陷区的基本特点, 建立不同沉陷区的遥感影像特征, 试图根据其分布位置, 圈定沉陷区的大致边界并获得沉陷区的有关数据。

关键词: 采空沉陷带; SPOT-5; 边界特征

## 0 引言

地下煤炭资源开采引发地面沉陷、塌陷、地裂缝等一系列地质灾害, 尤其在第四系覆盖层较厚的平原区, 数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沉陷。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一定困难。

遥感技术具有宏观、高分辨率、高精度定位和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。本文以唐山矿山遥感动态监测项目为例, 就 SPOT-5 卫星遥感数据在采煤沉陷区边界圈定中的应用进行分析。

## 1 研究区概况

研究区位于: 东经  $117^{\circ}31' - 119^{\circ}19'$ , 北纬  $38^{\circ}55' - 40^{\circ}28'$ , 面积  $3600\text{ km}^2$ 。

煤矿开采区主要分布燕山南麓的山前平原, 由滦河、陡河、沙河的多期冲洪积扇构成。地势北高南低, 自西、西北向东、东南趋于平缓, 地势平坦, 高程为 5-50m。

地层有中上古界长城系、蓟县系、青白口系; 古生界寒武系、奥陶系、石炭系、二叠系地层; 新生界第四系地层; 主要含煤地层形成于石炭系(C) 和二叠系(P), 为本区主要含煤地层, 岩性主要为砂岩、砾岩、灰岩及煤层, 其分布与奥陶系地层基本一致。为本区主要含煤地层, 岩性主要为砂岩、砾岩、铝质泥岩及煤层, 主要分布在开平向斜轴部。

唐山是全国焦煤的主要产区, 全市煤炭保有量 62.5 亿吨, 煤炭资源主要赋存在石炭二叠系地层的开平、荆各庄 2 个含煤构造盆地。该向斜为本区的赋煤构造, 整个煤层向西南倾斜。倾角为  $20-40^{\circ}$ 。个别地段  $60-90^{\circ}$ 。煤层埋深相差悬殊, 数十米至上千米不等, 部分地方煤层出露地表, 埋深最大可达 2500m。

## 2 采煤沉陷区的形成过程

唐山采煤已有上百年的历史, 煤炭开采是以平峒、斜井、竖井等井下作业为主。采煤工作面顶板绝大部分采用陷落法, 即回采过程中巷道及采空区的围岩支护是临时性的, 当开采后的采空区顶板失去支撑, 顶板的拉张应力超过该岩层的抗拉强度时, 原始地层应力平衡被

破坏，产生向下弯曲和移动，发生断裂和破碎并相继冒落。致使上覆岩层相继向下弯曲、移动，进而发生断裂和断层形成地表裂缝、沉陷带、沉陷区等地质灾害。

采煤沉陷的发生与煤层的赋存条件（如：埋深、产状、厚度）和开采状况（层位、深度、围岩、边界条件）及自然环境（降雨、地震）等因素有关。一般来说，开采深度越大，变形扩展到地表的时间越长，地面变形越小；开采空间越大，地表变形越大。并逐步扩大形成比采空区大的沉陷区（盆地）。唐山矿区早在 1920 年就因地下采煤产生了采空塌陷，近十几年来，开采量急剧增加，地质灾害也不断发展和扩大。

### 3 遥感调查的方法

#### 3.1 使用资料

本次选择 SPOT - 5 卫星图像，分辨率为 2.5m。利用模型参数与 DEM 数据，对图像进行正射纠正。SPOT - 5 成像时间 2004 年 12 月 10 日，正值冬季植被干扰较小的季节，有利于矿山地质灾害信息的提取。同时，选用 1995 年的彩色红外航片，对该区环境变化进行对比分析。有关煤矿开采矿界等现状资料，来源于当地矿管部门。

#### 3.2 信息提取方法

使用 ERDARS IMAGING 软件，结合矿山环境地质问题，利用多时相遥感资料和矿管资料分析相结合的技术路线。在野外实地检查验证的基础上，以人机交互式解译分析为主要信息提取方法。

#### 3.3 沉陷区特征及其边界确定

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它特征。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，经过详细的图像分析与野外实地对比，确定了判断地面沉陷及边界有关的 7 个特征。

A、有大型煤矿或集中分布的中小型煤矿

B、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：这些暗色线状地物为采空沉陷造成微地貌陡坎，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。规模较大的宽数米，长几百米。

C、水体发生变化

地面长期沉降形成洼地、积水，加之矿坑排水，水体面积发生变化，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。

D、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。

E、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。

F、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；冬季绿油油的麦田变成光秃秃的裸地。

#### G、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。

对不同沉陷区特征进行综合分析后，确定沉陷区的边界。

#### 4 遥感调查结果

依据上述特征，我们圈定了 12 个沉陷区，其中：11 个为采煤沉陷区，芦苇庄沉陷区是唯一一个非采煤造成的沉陷区。据开滦煤矿技术人员介绍，1984 年开滦煤矿范各庄矿区特大透水淹井事故，矿区附近出现 11 个地面塌陷坑，以透水点为中心的 10 余公里范围内，水位下降 20---30m。形成地表裂缝、沉陷。

遥感调查统计显示，全区沉陷带共达 216 条，总长度 59.31 km，沉陷面积达 144.26km<sup>2</sup>。有 64 个村庄是位于沉陷区边缘或沉陷带的附近，见表 1、见图 1。

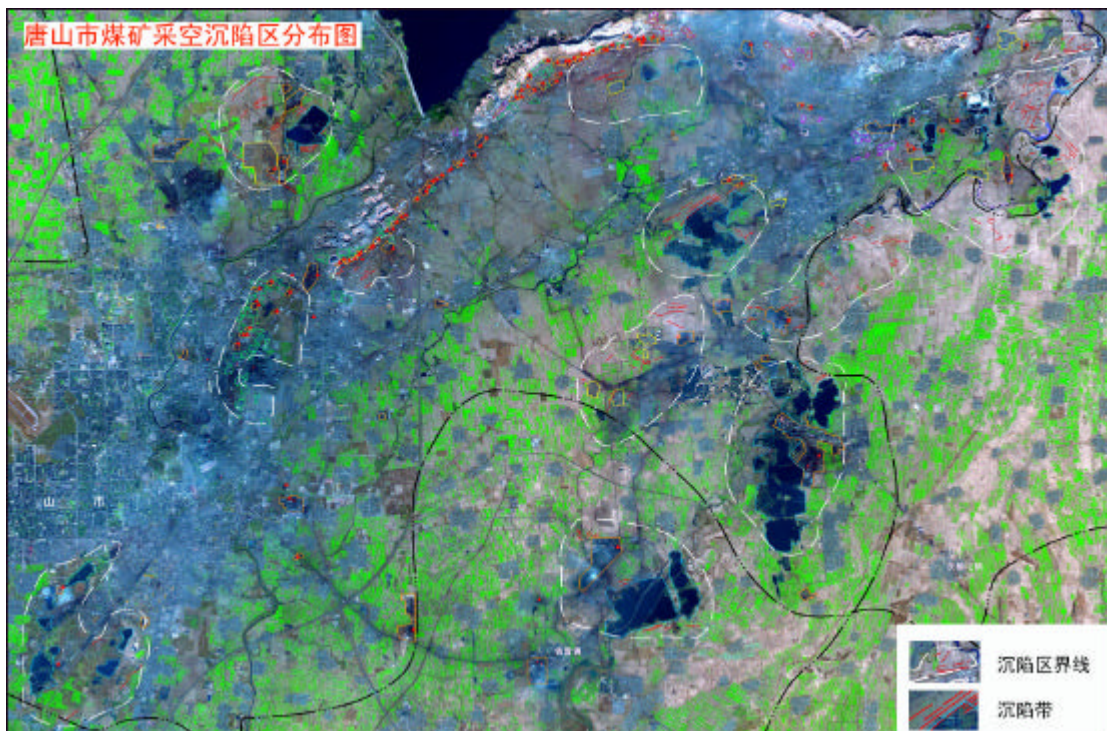


图 1 唐山市煤矿采空沉陷区分布图

表 1 唐山市煤矿采空塌陷区沉陷带统计表

名称	沉陷带 (条)	沉陷带长度 (m)	沉陷区面积(公 顷)	受威胁 村庄(个)	原因
徐家楼沉陷区	8	2793.84	105.68	1	采煤
西白道子沉陷区	5	2161.87	907.60	7	采煤
刘庄沉陷区	64	15145.01	2845.26	4	采煤
荆各庄沉陷区	16	8099.13	1089.36	11	采煤
大庄坨沉陷区	39	7298.83	899.30	3	采煤
屈庄沉陷区		0.00	1193.78	5	采煤

名称	沉陷带 (条)	沉陷带长度 (m)	沉陷区面积(公 顷)	受威胁 村庄(个)	原因
马家沟沉陷区	8	1792.71	288.08	2	采煤
南湖公园沉陷区	7	2218.23	1594.94	6	采煤
孟大寨沉陷区	27	6994.12	1246.84	4	采煤
范各庄沉陷区	6	958.52	1886.88	6	采煤
钱营沉陷区	16	4068.95	1569.86	7	采煤
芦苇庄沉陷区	20	7778.93	799.21	8	透水
合计	216	59310.14	14426.79	64	

据矿管资料,采空沉陷区所在的 11 个煤矿的批准采矿面积共 308.99km<sup>2</sup>,目前已形成的沉陷区面积 136.27km<sup>2</sup>,占批准开采区面积的 44.10%。从分布来看,所有沉陷区基本分布在批准采煤区内。

采空沉陷区积水面积 21.13km<sup>2</sup>,已超过陡河水库面积。动态变化分析显示,与十年前遥感图像比较,仅刘庄、大庄坨、荆各庄 3 个沉陷区的水域面积增加了 88.95%,达到 7.16km<sup>2</sup>。一些沉陷带也是近十年发生的,发展速度远远高于十年前。表明随着采煤量的累积,采空沉陷造成的地质灾害正进一步加剧。

从规模和危害程度上看,大型煤矿开采时间长、面积大,采空出现在人口稠密、经济发达的城市附近及农村,形成的地质灾害影响交通、居民建筑、农业、电力、土地等,给工农业带来很大危害,并严重影响生态环境。整个批准开采矿区还有近百个村庄受到地质灾害的威胁。

## 5 结论

(1)应用 SPOT - 5 卫星图像,建立沉陷区的遥感影像特征,结合矿管资料可以较准确地圈定沉陷区的边界位置,并获得沉陷区内有关数据。

(2)通过多时相遥感资料对比可以获得沉陷区的动态变化信息,为矿区沉陷规律和灾害发展趋势研究提供科学依据。根据煤炭资源分布和未来开采规划进行科学预测,为沉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“沉陷—搬迁—沉陷”的恶性循环。

## 参考文献

- [1] 武强、刘伏昌等著 矿山环境研究理论与实践 北京 地质出版社,2005 年
- [2] 盛业华 郭达志等著 工矿区环境动态监测与分析研究 北京 地质出版社,2001 年
- [3] 陈述彭、童庆喜、郭华东主编 遥感信息机理研究 科学出版社, 1998 年