

多源遥感数据在鄂尔多斯盆地 黄土塬油气勘探应用中的评价

于五一,齐小平,邹立群

(中国石油勘探开发研究院遥感地质研究所,北京 100083)

摘要:随着世界航天遥感技术的迅速发展,新的遥感数据源为油气勘探应用研究提供了更多的研究方法和手段。本文根据鄂尔多斯盆地油气勘探遥感技术应用实例,对多源遥感数据的特性及应用效果进行了评价,为应用遥感技术在黄土塬等复杂地表条件下进行油气勘探研究提供了可以借鉴的技术方法。

关键词:多源卫星遥感数据;油气勘探;黄土塬;鄂尔多斯

中图分类号:TE 19 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-070X(2000)04-0034-05

0 引言

鄂尔多斯盆地是我国中部的一个大型含油气盆地,面积约25万 km^2 。通过几十年的油气勘探已证实,鄂尔多斯盆地油气资源丰富,包括古生界和中生界3个含油气系统,是我国重要的石油和天然气生产基地。如何在黄土覆盖地区确定油气钻探目标,是目前油气勘探研究中急需解决的问题。在安塞-定边黄土塬区,通过对多平台、多源遥感数据的增强处理,突出了隐伏油气地质信息,并在地质解译基础上对线性构造进行了密度和方向性统计,为遥感在黄土塬区复杂地表条件下进行油气勘探应用研究探索了新的途径。

1 研究区位置及自然地理概况

安塞-定边地区位于鄂尔多斯盆地中部($E108^{\circ}00' - E109^{\circ}40'$, $N36^{\circ}30' - N37^{\circ}04'$),面积约23 000 km^2 。北部是毛乌素沙漠,气候干旱,植被稀少;中部及南部为典型的半干旱黄土地区,上覆黄土,呈梁峁地貌。区内沟壑密布,侵蚀切割强烈,地形起伏变化十分复杂,高差在200~300 m左右。

盆地内的水系均属黄河水系,树枝状水系十分发育,洛河、延河等自北西流向东南,汇入黄河。地面河流流量不大,旱季常干涸。该地区属大陆性干旱和半干旱气候,年平均温度在9~10 $^{\circ}\text{C}$,无霜期6个月左右,年降雨量为300~600 mm,7~9月份的降雨量占全年降雨量的一半以上,且多暴雨,时有冰雹。

2 遥感数据类型

利用多时相、多平台遥感数据对黄土塬区进行不同应用目的的图像处理,是进行非地震勘探研究的重要手段之一。本次研究采用的遥感数据见表 1。

表 1 研究区所采用的数据类型

图幅号	时相	图幅号	时相
C1C10000002928	1999-11-22	MSSK137 '34	1976-01-26
TM127 '34	1992-11-22	ETM127 '34, '35	2000-04-26
TM127 '35	1992-11-22	ETM128 '34, '35	2000-05-19
TM128 '34	1998-01-30	SPOT268~274	1988-06-15
TM128 '35	1987-04-22	RADARSAT S1	1998-08-13

3 数据统计对比及图像处理方法

3.1 统计对比

统计分析是遥感图像数据分析的基本方法。从 TM、ETM、MSS 等不同类型、不同时相的遥感数据的统计结果看,同一地区不同时相的图像,在统计特征方面有显著差别。1998 年 1 月、2000 年 4、5 月份的 TM 图像及 1976 年 1 月的 MSS 图像各波段,相关系数高,这是因为在半干旱的黄土覆盖区域,植被稀少或无植被。而 1987 年 9 月的图像,由于植被较发育,相关系数有了明显的变化。为了改善地物在图像上的显示效果,降低图像各波段之间的相关系数,采取了 TM 与 ETM 图像复合的处理办法,复合后的图像除了 $r_{2,3}$ 、 $r_{2,4}$ 和 $r_{3,4}$ 以外,其它波段的相关系数都较低。经过分析对比,选择 TM128 '34(1987 年 9 月)的 TM1、TM3、TM5 三个波段, TM128 '34(1998 年 1 月)的 TM2、TM7 两个波段和 ETM(2000 年 4、5 月)①第 4 波段,经过配准融合组成一幅具有多时相多波段的遥感图像,融合后的图像无论是色调和信息都得到了增强(插页影片 1C)。

3.2 图像处理方法

遥感色调异常及隐伏地质信息是油气遥感的重要指示标志。用于增强和提取色调异常的图像处理方法有很多,如反差增强、波段比值、主成分分析及色度空间变换等,但是,在黄土塬地区,如何将这些方法有效地组合在一起,使多源、多时相遥感数据通过融合处理后可提取更丰富、更可靠、更有用的信息是本次研究想要解决的问题。在对半干旱的黄土塬地区进行图像处理主要采用了以下几种方法:

(1)反差增强和波段比值 由于黄土覆盖区冬季植被稀少,黄土覆盖较厚,因此,当彩色合成图像三个通道的相关性较强时,图像饱和度偏低,所以对 TM7、TM4、TM1 和 TM6、TM4、

① ETM 127 '34、ETM127 '35(26. April 2000)和 ETM 128 '34、ETM128 '35(19. May 2000)数据镶嵌而成

TM1 彩色合成图像进行线性和非线性变换,并进行亮度、色度和饱和度增强处理,提高了影像的反差信息和饱和度。

研究中主要采用的波段比值有 $TM5/TM4$,用于区分植被和无植被覆盖的土壤和岩石,提取含 Fe 离子土壤、岩类信息; $TM5/TM7$ 图像用于提取粘土化晕、碳酸盐岩矿化晕; $TM2/TM4$ 图像可以提取水的信息; $TM3/TM4$ 图像用于识别植被和区分褐铁矿化岩石。在提取烃类微渗漏信息处理方法中,最常用的比值是 $TM5/TM7$ 、 $TM5/TM4$ 和 $TM2/TM4$ 。

(2)主成分分析 主成分分析算法是针对黄土塬地区的特点所采用的一种主要算法。其目的是弥补冬季 TM 数据饱和度偏低和数据相关性强等的不足,增强图像的地物颜色和亮度,从而提高图像的可识别信息。在主成分分析的基础上,结合彩色空间变换,获得‘遥感色调异常影像’(插页彩片 4)。

(3)遥感影像信息融合 研究中主要采用的是基于主成分分析的遥感信息融合和基于 HIS 变换的遥感信息融合。对于 SPOT 全色波段和多光谱图像之间的融合采用的是 HIS 变换:先对多光谱图像进行重采样,使其图像大小和全色波段的图像一致,然后对三个波段的多光谱图像实施 HIS 正变换,并用 10 m 分辨率的全色波段图像替换正变换以后得到的亮度分量 I,最后进行 HIS 逆变换得到 10 m 分辨率的多光谱图像。

(4)遥感影像与 DEM 数据之间的复合 利用 DEM 数据可以消除遥感影像上由于地形起伏而产生的几何变形,提高遥感影像的定位精度,生成具有真实感的三维立体图像,为野外勘察工作提供准确的地理坐标,并为地质工作者提供沟壑图和水系图。

(5)断裂线性体密度统计 油气的运移和聚集通常受断裂的控制,确定盆地内线性断裂密度最大的位置可以有利于预测油气远景区。线性体密度的分布反映了构造特征的趋势方向。根据 1:10 万比例尺的遥感影像断裂解译图制作了五谷城地区断裂体密度图(插页彩片 2 右),图中反映了北东方向断裂体的分布特性,断裂密度最大的地区为红色。

4 多源遥感图像的对比

(1)CBERS 与 TM 采用几何精校正之后的 CBERS 图像 B4、B3 和 B2 与 TM127 '34 和 TM127 '35 的 TM4、TM3 和 TM2 三个波段图像进行融合处理。由于 CBERS 图像的空间分辨率略高于 TM 图像的,融合后的影像比较清晰,弥补了 TM 数据中的一些纹理特征。

(2)TM 与 SPOT, TM 与 RADARSAT 图像的对比 TM 与 SPOT 全色波段的融合图像和 TM 与 RADARSAT 的融合图像,即提高了影像的像元分辨率也保留了多光谱图像的特征。从融合前后的影像看,利用多平台遥感数据进行融合处理可以最大限度地利用遥感数据中的有用信息,有利于地物空间结构和纹理结构信息的提取。

(3)主成分分析算法比较
对同一地区采用不同时相的遥感图像进行主成分分析,其统计结果存在较大差异。我们选择 ETM 数据和由多时相组合而成的数据分别在同一地区进行主成

表 2 ETM 数据和由多时相组合数据统计方差分布

图像 \ 方差(%)	1	2	3	4	5	6
ETM	96.76	2.44	0.57	0.14	0.07	0.03
ETM 与 TM 复合	83.32	10.29	4.40	1.27	0.56	0.16

分变换,得出与波段数目相同的主成分图像。不同等级的信息大致反映其在图像中所占的方差份额或动态范围(表2)。ETM数据的主成分第五、第四和第二分量假彩色合成图像中有色彩不均匀和噪声信息(插页彩片3左),而多时相组合数据主成分第六、第四和第二分量的假彩色合成图像,色调均匀,信息丰富(插页彩片3右)。

另外,主成分的第二分量表现为主要的地质或地貌单元所造成的不同景观,其反映的纹理特征和构造特征也有很大差别。插页彩片5的左图是ETM数据主成分的第二分量,右图是多时相组合数据主成分的第二分量,两者对比,后者异常影像清晰,明显突出了具有勘探意义的隐伏地质信息。

5 总结

(1)数据的选择 在黄土塬地区开展油气勘探研究工作过程中,TM与ETM数据仍是使用最多的数据。但数据时相的选择是获取丰富影像信息的关键。7~10月份的时相是比较理想的选择。因为这期间植被覆盖率相对较大,可获得较为丰富的异常影像信息;SPOT数据由于其含有10 m分辨率的全色波段,可制作1:5万比例尺的影像图,是野外地质调查工作中精度较高的参考图像。

(2)图像处理的方法 根据主成分分析的统计数据,选择波段组合及主成份分量进行假彩色合成是图像处理的一个有效方法。作为油气勘探研究的遥感影像,TM7、TM4和TM1组合较理想,但冬季或春季时相的TM6、TM4和TM1组合也较为理想;在主成分分析的基础上进行IHS变换可以得到良好的假彩色合成图像,IHS变换不仅可以用在同一种图像不同波段之间的变换,还可以用于不同类型图像的复合处理;多源及多时相遥感影像的复合和处理是黄土地区图像处理的较为理想方案,由于对雷达数据模式及参数缺乏足够的认识,渭北地区的RADARSAT与TM复合影像,没有获得理想的效果。

黄土塬地区由于特殊的自然地理条件,给数据选择及图像处理带来很大困难,本次研究根据石油遥感地质解译分析的需求,针对现有数据特点做了一些尝试性的工作,有些取得了较好的效果,有些方法还不够理想,有待于今后深入地研究和探讨。

参考文献

- [1] 日本遥感研究会.遥感精解[M].见:刘勇卫,贺日鸿译.北京:测绘出版社,1993.
- [2] 郭德方,叶和飞.油气资源遥感[M].杭州:浙江大学出版社,1995.6.
- [3] 王润生,丁谦.遥感色调异常分析的协同优化策略[J].地球科学,1999,4(5):498~503.
- [4] 丰茂森.遥感图像数字处理[M].北京:地质出版社,1991.7.
- [5] 朱述龙,张占睦.遥感图像获取与分析[M].北京:科学出版社,2000.4.
- [6] 王锡福,陈安福.鄂尔多斯盆地非地震油气勘探[M].北京:地质出版社,1992.
- [7] 张友焱,李永铁,郭祖军.世界航天遥感技术现状、发展趋势及油气遥感应用方向[J].国土资源遥感,2000(2):1~4.
- [8] 许顺义,杨农.应用遥感图像对南襄盆地断裂系统及盆地形成机制的研究[J].国土资源遥感,1998(3):64~66.
- [9] 马宏林.美国陆地卫星及遥感器的的发展[J].航天与遥感,1998(3).
- [10] 贾永红.多源遥感影像数据融合[J].遥感技术与应用,1999,15(1):41~44.
- [11] 陈建平,许进.隐伏地质异常地表间接显示模拟的遥感地质统计分析[J].地球科学,1998(2):

EVALUATION OF MULTI-SENSOR REMOTE SENSING DATA APPLIED OIL AND GAS EXPLORATION IN THE LOESS HIGHLANDS , ORDOS PLATEAU , CHINA

YU Wu-yi , QI Xiao-ping , ZOU Li-qun

(*Research Institute of Exploration and Development , CNPC , Beijing 100083 , China*)

Abstract : Satellite remote sensing technology is developing rapidly worldwide. New sources of the remote sensing data and digital image analysis techniques can be applied to the field of oil and gas exploration. This study examines and evaluates multi - sensor remote sensing data in the context of a comprehensive geology investigation in the Loess Highlands of the Ordos Plateau in China. Implications for further investigations are discussed.

Key words : Multi - sensor satellite remote sensing ; Oil and gas exploration ; Loess highlands ; China

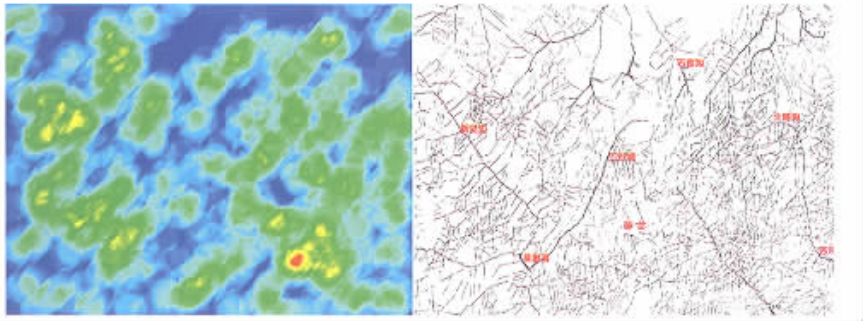
万方数据

第一作者简介:于五一(1957-),女,硕士研究生,主要从事遥感图像处理方法及遥感地质应用研究工作。

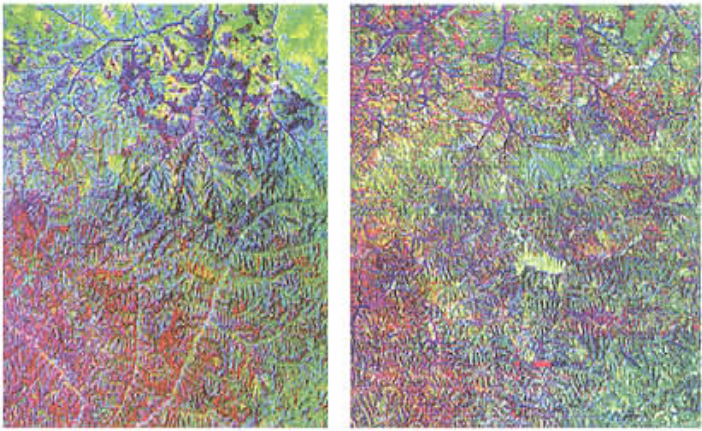
于五一等 :多源遥感数据在鄂尔多斯盆地黄土塬油气勘探应用中的评价



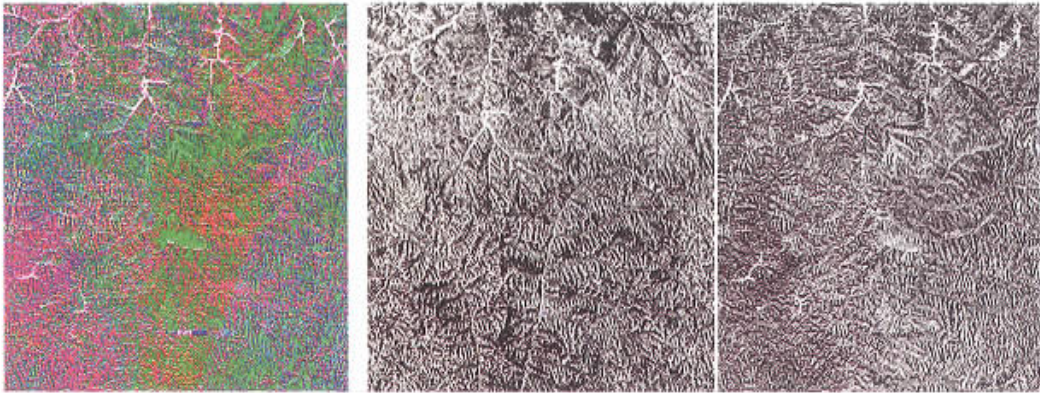
彩片 1 多时相遥感图像对比



彩片 2 五谷城地区线性体密度统计



彩片 3 主成分分析假彩色图像比较



彩片 4 主成分分析 + HIS 变换

彩片 5 主成分分析第二分量的比较