

# 基于 ETM+ 遥感影像油气晕反演： 以新疆雅克拉地区为例

刘福江<sup>1</sup>, 吴国平<sup>1</sup>, 郭艳<sup>2</sup>, 梅林露<sup>1</sup>

1. 中国地质大学信息工程学院, 湖北武汉 430074

2. 中国地质大学计算机学院, 湖北武汉 430074

**摘要:** 在基于单一方法进行油气勘探的过程中, 前人对波段比值的方法给了很高的评价, 但效果均不显著。为了找到一种高效的综合定量分析方法, 根据 ETM+(Enhanced Thematic Mapper Plus)数据各个波段特征选取 ETM753 提取构造信息; 在构造控油理论基础上, 对各种比值(如 5/1、7/5、7/3、(7-5)/(7+5) 等)分析; 使用标准偏差、相关系数、协方差和特征值对 7 种波段组合进行了叠加分析, 如 [5, NDVI(the Normalized Difference Vegetation Index), 3], [5, 4, NDVI], [7, 5, (5/1)], [7, 5, (7/1)], [7, 5, (7/3)], [7, 5, (7/5)], [7, 5, (7-5)/(7+5)]; 最后, 结合构造信息、地质资料等进行综合解译, 发现 [7, 5, 7/3] 为最佳的波段叠加组合。该方法用于新疆地区雅克拉地区油气晕信息提取效果较好, 同样也可以适用于其他地区。

**关键词:** 油气晕; 波段比值; ETM+ 数据。

中图分类号: P632; P627

文章编号: 1000-2383(2008)01-0107-05

收稿日期: 2007-05-16

## Extraction of Oil and Gas Haloes Based on ETM+ Data: A Case Study from Yakela, Xinjiang

LIU Fu-jiang<sup>1</sup>, WU Guo-ping<sup>1</sup>, GUO Yan<sup>2</sup>, MEI Lin-lu<sup>1</sup>

1. Faculty of Information Engineering, China University of Geosciences, Wuhan 430074, China

2. Faculty of Computer, China University of Geosciences, Wuhan 430074, China

**Abstract:** Though band ratio is highly evaluated as a single method in oil-gas exploration, the effect is far from satisfactory. To find a highly effective quantitative analysis method, in this paper, the bands 7, 5, 3 are chosen to extract structure information according to specific band characteristics of ETM+ (Enhanced Thematic Mapper Plus) data. Based on structure oil-controlling theory, a series of band ratios (such as 5/1, 7/5, 7/3, (7-5)/(7+5)) is compared. Then, the overlapping analysis of 7 band compositions ([5, NDVI (the Normalized Difference Vegetation Index), 3], [5, 4, NDVI], [7, 5, 5/1], [7, 5, 7/1], [7, 5, 7/3], [7, 5, 7/5], [7, 5, (7-5)/(7+5)]) are done through standard deviation, correlation coefficient, covariance, eigenvalue. Through the integrated interpretation and combined with geological structure information and geological data, [7, 5, 7/3] is found to be the best band combination. With this combination method, the extracting of oil and gas halo information in Yakela region of Xinjiang produces satisfactory result, which proves its potential usage in other regions.

**Key words:** oil and gas haloes; band ratio; ETM+ data.

油气勘探实践证明, 绝大多数深埋地的油藏, 在巨大压力下, 烃类气体, 势必会沿着岩石孔隙、节理、裂隙甚至断层, 通过渗漏或扩散, 垂直运移到达地表, 引起地表物质的“蚀变”, 产生异常。前人在构造找油, 化探找油, 遥感多时像找油取得了较好的成果 (姚俊梅等, 2000; 于五一等, 2000; 陈佑德和杨慧民,

基金项目: 国家自然科学基金项目 (No. 40674069); 中国地质大学(武汉)优秀青年教师资助计划资助项目 (Nos. CUGQNL0628, CUGQNL0640)。

作者简介: 刘福江(1973—), 男, 博士, 主要研究方向为遥感科学技术及应用、地理信息系统及其应用等。E-mail: felixwuhan@163.com

2001; 谭青, 2004). 引起地表物质异常的类型很多, 但对直接勘探油气资源有效性和遥感探测可行性分析, 主要有:(1) 地植物异常;(2) 土壤烃类组分异常;(3) 红层褪色异常;(4) 粘土矿物蚀变晕;(5) 碳酸盐矿物蚀变异常;(6) 放射性异常;(7) 热惯量异常等一系列异常。这些异常必然反映为遥感图像异常, 这就为油气遥感信息的提取提供了理论依据, 上述7项指标不可能同时出现(陈佑德, 2001)。由于油气微渗漏作用, 导致地表土壤或岩石产生地球化学蚀变。油气微渗漏引起地表土壤发生的蚀变作用还造成地表变硬, 具有抗风化作用(王桂宏等, 2000)。在油气田开发中, 由于存储层的不均一性, 其形成本来就具有灰色性, 随机性, 模糊性等, 油气藏的分布与所预测的有利区带往往相差甚远, 因此有些生产井可能要落空。要更好的圈定油气远景区, 就必须将多种方法综合运用。

## 1 基本理论依据

### 1.1 构造控油理论

雅克拉地区经历了几个构造变动期, 每个构造变动期都有与之相应的构造体系以及受其控制的相应的沉积建造序列及成油气组合, 而每个构造变动期内油气都有其完整的生、移、聚过程, 直至形成油气田。雅克拉地区油气田是不同构造期不同构造体系复合作用的综合产物。所以, 油气分布特点则应是各构造期形成的成油气组合复合的结果。各级构造分别控制着生油凹陷和油气富集带, 生油凹陷和油气田。多构造体系复合型油气藏特征是多含油气系统、多油气藏类型、多成藏期和油气田(藏)4个并存等。

### 1.2 油气晕理论

归纳油气晕在各种处理方式下的表现特征, 总结遥感油气晕的共同影像特点如下(徐忠祥等, 1999):

(1) 油气晕表现为一种淡淡的灰色色调, 这种暗灰色调并没有水体或者山体阴影那么明显突出, 呈现出一种“雾状”色晕。

(2) 晕色在不同的图像合成方式下, 或者由于每一种景图像的成像时间不同、环境不同, 图像的值域也可能不同。因此, 在图像上晕色基调会有所差异, 有时略偏灰, 有时略偏黄, 有时略偏绿, 但颜色都不深, 只是一种淡淡的晕色。

(3) 晕的边界不明显, 呈一种模糊过渡特点, 很

难准确勾画出晕色边界。如果边界明显则肯定不是油气晕, 而是地表信息。

(4) 晕中存在着晕色中心, 经常可见在晕区内有一个或者多个晕色较深的暗点, 晕色从这些晕色中心向外围逐渐减弱, 变淡。

(5) 晕色的色调反映一般都很微弱, 在植被覆盖强的地区容易被植被光谱所掩盖, 使晕色加深或难以辨别。

## 2 遥感数据综合处理流程

### 2.1 构造信息提取

构造信息提取的重点是隐伏构造判别, 隐伏构造信息可以通过地表地层含水量、水系、地形、岩性等差异特征表现出来, 反映在遥感图像上, 就是影纹结构, 颜色色调的变化与异常。但这些信息往往被掩盖在地表物质光谱的强反射信息下, 十分微弱, 在原始图像中不易发现。笔者经过对系列处理所得到的成果图像的比较, 选取 ETM753 合成, 经过光谱增强、空间增强和辐射增强。通过主成分分析, 纹理分析, 亮度反转等处理, 发现图像上面的浅灰色线形物体包含了所有的构造信息, 对照地质资料进行综合解译, 发现经过处理的遥感影像能很好的反映研究区的构造信息。经查证, 与已知构造信息的吻合率达 100%。油气晕信息提取流程如图 1 所示。

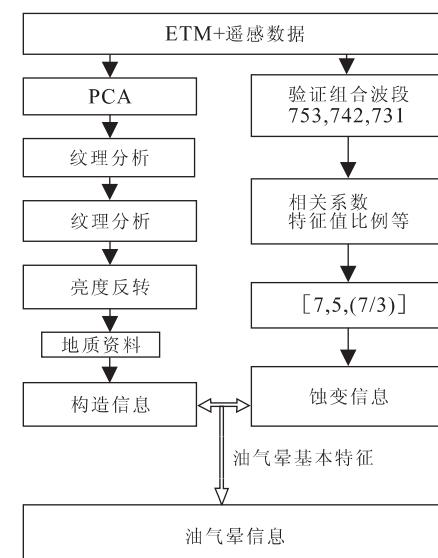


图 1 油气晕信息提取流程

Fig. 1 Process of oil and gas haloes information extract

表 1 3 种波段叠加方法中各波段相关系数  
Table 1 Correlation of three band compositions

ETM731			ETM742			ETM753		
B7	B3	B1	B7	B4	B2	B7	B5	B3
1 1.000 000	0.736 319	0.463 354	1.000 000	0.736 319	0.675 32	1.000 000	0.475 548	0.736 319
2 0.736 319	1.000 000	0.762 639	0.736 319	1.000 000	0.954 761	0.475 548	1.000 000	0.751 759
3 0.463 354	0.762 639	1.000 000	0.675 320	0.954 761	1.000 00	0.736 319	0.751 759	1.000 000

表 2 3 种波段叠加方法中各波段特征值及比例

Table 2 Eigenvalue and proportion of three band compositions

叠加波段	特征值	比例(%)
ETM731	256.033 724	82.43
	43.607 837	14.01
	10.976 266	3.56
ETM742	288.192 457	86.00
	43.215 307	12.93
	3.612 770	1.07
ETM753	308.962 377	77.82
	66.390 640	16.72
	21.657 193	5.46

## 2.2 比值与叠加分析

**2.2.1 单波段叠加** 波段叠加实际是像元点辐射能量求和。这种处理也可以理解为简单的信息压缩。但因为叠加的运算产生亮度值的“填平补齐”现象,即某些地物在不同波段上显示出差异。而在叠加影像上却能表现一致,为此常采用彩色的加色组合原理,既可以扩展每一波段影像的视觉效果,又能实现信息压缩却不至于产生过多的亮度值拉平现象(钱乐祥,2004)。

依据前人的经验,ETM731, ETM742, ETM753 种波段叠加对于油气勘探效果较好,在 Band1、Band2、Band3、Band4、Band5、Band7 等 6 个波段中,Band7 波段最能反映烃信息(即对于油气晕的表现最好),但选取其他的叠加因子还要遵守相关系数等因素的限制。笔者通过统计得出 ETM753 的效果最好,如表 1 所示。

由表 1 和表 2 可知:比较 ETM731 和 ETM753 两种组合形式,可以看出 Band1 和 Band5 与 Band3 和 Band7 两个波段的相关性相当,因此可以看特征值,由于 Band7 波段是在叠加中的固定波段,Band5、Band3 两波段特征值所占的比例远远的高于 Band3、Band1 两波段的比值。所以 ETM753 比 ETM731 要好。同理可以看出 ETM753 比 ETM742 也要好。因此笔者可以得出如下结论:ETM753 最

能更好地反映油气晕信息。

**2.2.2 复合波段(比值)叠加** 比值运算是对多光谱数据中同名像元的光谱亮度相应值实施除法运算,它可以部分的消除阴影影响,突出某些地物间的反差,比较单纯的 RGB 合成,比值因素的加入可以区分地物信息具有一定的影像增强作用(Sherrie and Mohamed, 2006)。例如在植被稀少和粘土、红层发育区可采用比值法来突出褪色蚀变的异常部位,利用比值运算可以扩大不同地物的光谱差异对两个不同时相的遥感影像进行比值运算的融合处理,融合结果虽然使总体色调和纹理细节有所下降,但是在变化区域内的色调表示却异常突出和明显,使一些细微、独立的变化都能够在融合结果中表现出来,这是因为动态变化能够引起融合影像的光谱特征、纹理特征变异,从而在融合结果中突出显示出来。另外,比值运算可以消除共同噪音,消除或削弱地形阴影、石影的影响等。应该注意的是,纹理特征的变异不总是变化区域,它还与诸如照度差异、地面度及两图像间的几何配准精度等因素有关,应与区域变化加以区分,张炳智等(2000)在土地利用动态遥感监测的研究中,采用了比值运算法对多源遥感影像进行融合,张银辉等(2002)采用比值图像方法分析了垦利县两个时相相应地物在 ETM4、ETM3、ETM2 各波段耕地的光谱特征,选择耕地特征较为突出的 TM4 参与波段运算,认为图像比值法对水体和稻田的监测效果比较理想,但无法监测出整个耕地的变化情况(翁永玲和田庆久,2003)。

虽然前人对于这种方法给予了很高的评价,但是在近年遥感在油气的勘测过中,人们很少运用,依据经验,前人给出了 [5, NDVI (the Normalized Difference Vegetation Index), 3] 和 [5, 4, NDVI] 的波段组合形式,效果较好,但是笔者发现在运用波段叠加的时,使用波段比值作为某个叠加因子效果更好,笔者选取 1、2、3、4、5、7 六个波段作了所有的比值运算,发现 5/1、7/1、7/3、7/5 反映的信息效果较

表3 经过比值运算后的复合波段信息

Table 3 Information of complex band ratio

叠加波段	标准偏差	相关系数	协方差	特征值
[5, NDVI, 3]	0	0, 0	0, 0	0
[5, 4, NDVI]	0	0, 0	0, 0	0
[7, 5, (5/1)]	0.121 431	0.01 146, 0.436 758	0.01 591, 0.586 149	0.011 198
[7, 5, (7/1)]	0.137 201	0.062 727, -0.222 677	0.098 413, -0.357 653	0.017 199
[7, 5, (7/3)]	0.536 188	-0.25 138, -0.60 817	-1.541 364, -3.603 959	0.180 458
[7, 5, (7/5)]	0.349 844	-0.280 741, -0.686 359	-1.123 119, -2.653 773	0.064 371
[7, 5, (7-5)/(7+5)]	0.047 518	0.009 520, -0.853 415	0.005 173, -0.4481 821	0.000 110

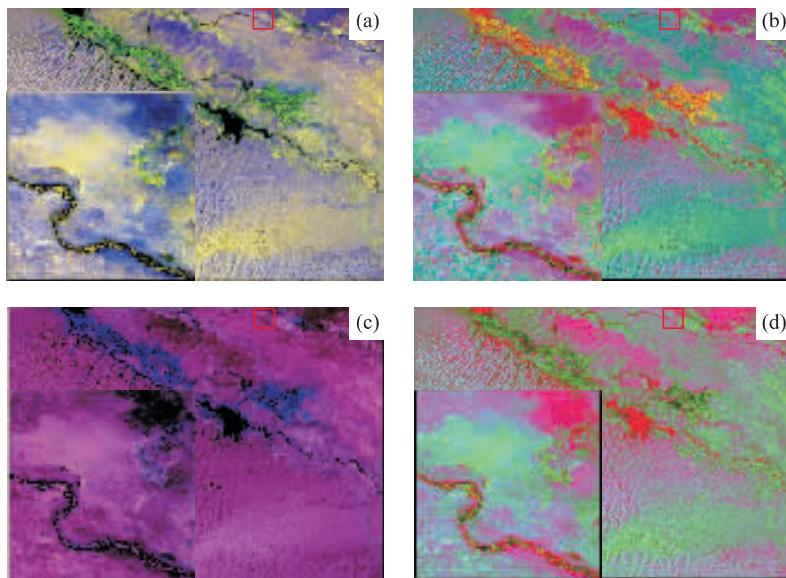


图2 四种波段叠加图

Fig. 2 Four results of band combination

a. [7, 5, 3]叠加图; b. [7, 5, 7/3]叠加图; c. [5, NDVI, 3]叠加图; d. [7, 5, (7-5)/(7+5)]叠加图

好,由于7、5波段式直接反映烃信息的波段,因此进行了以下7种波段复合叠加的比较:[5, NDVI(the Normalized Difference Vegetation Index), 3]、[5, 4, NDVI]、[7, 5, (5/1)]、[7, 5, (7/1)]、[7, 5, (7/3)]、[7, 5, (7/5)]、[7, 5, (7-5)/(7+5)]。表3为叠加波段后的标准偏差、相关系数、协方差和特征值的分析结果。

由表3可知,标准偏差越大,表明图像反映的信息越细腻,油气晕与沙地、植被等的微弱差别就可以很好的显示,相关系数表示的是各个叠加波段之间的联系,这种联系越小越好,负值则表明这两个波段的信息是相互补充的,所以相关系数越小越好,协方差越小越好,特征值表示了在这种叠加的过程中各个波段发挥作用的大小,表3中的特征值是复合因子的特征值,因此要越大越好。综上所述,笔者可以

断言,在反映油气晕的时候,这几种组合的优劣依次为:[7, 5, (7/3)]、[7, 5, (7/5)]、[7, 5, (7/1)]、[7, 5, (7-5)/(7+5)]、[7, 5, (5/1)]、[5, NDVI(the Normalized Difference Vegetation Index), 3]、[5, 4, NDVI]。可见,与前人的经验相比,加入其他的比值作为波段叠加因子效果更好,效果如图2所示。

图2(a)、(b)、(c)、(d)图的左下角为研究区的兴趣区局部放大图,通过目视解译发现,运用波段比值后再进行波段复合叠加效果较好。如在以[7, 5, 7/3]为波段复合叠加的结果图中,油气晕特征很明显。原因是Band7是反映烃的最好波段,而通过比值(Band7/Band3)更加突出了烃的异常,再通过符合叠加使得油气晕更为明显。而[5, NDVI, 3]的效果较差,基本上不能反映油气晕。

### 3 结论

采用对波段比值法进行油气勘测,前人给予较高的评价,但均未能做定量分析。基于国产遥感影像处理平台——MAPGIS-RSP,(吴信才和吴亮,2006)通过ETM+各波段比值做定量、复合叠加分析,发现了一种基于ETM+数据的波段复合叠加——[7,5,7/3],其对油气晕信息提取效果较好。在研究过程中,综合物、化、遥、地学分析进行多源信息对比,更精确的确定有用油气遥感信息。本方法在新疆雅克拉地区起到了很好的效果,有很好的推广价值。

### References

- Chen, Y. D., 2001. Significance of remote sensing for directly detecting, selection of TM information and classifying analysis in oil-gas of Chishui, Guizhou Province. *Guizhou Geology*, 67(2):123—127 (in Chinese with English abstract).
- Chen, Y. D., Yang, H. M., 2001. Analysis of the relationship between petroleum geology and oil/gas remote sensing information in Chishui, Guizhou Province. *Geology Geochemistry*, 29(1):68—74 (in Chinese with English abstract).
- Qian, L. X., 2004. Remote sensing digital image processing and geographic characters extraction. Science Press, Beijing, 24—169 (in Chinese).
- Sherrie, A. P., Mohamed, G. A., 2006. Orbital remote sensing for geological mapping in southern Tunisia: Implication for oil and gas exploration. *Journal of African Earth Sciences*, 44(2):203—219.
- Tan, Q., 2004. Remote sensing prediction technique in oil and gas exploration. *Natural Gas Industry*, 1(3):44—50 (in Chinese with English abstract).
- Wang, G. H., Zhang, Y. Y., Ran, X. Q., 2000. Recent progresses and tendency of remote sensing in hydrocarbon exploration. *Earth Science Frontiers*, 3(7): 282—289 (in Chinese with English abstract).
- Weng, Y. L., Tian, Q. J., 2003. Analysis and evaluation of method on remote sensing data fusion. *Remote Sensing Information*, 1(3):49—54 (in Chinese with English abstract).
- Wu, X. C., Wu, L., 2006. Service-oriented distributed spatial information supporting system. *Earth Science—Journal of China University of Geosciences*, 31(5): 585—589 (in Chinese with English abstract).
- Xu, Z. X., Hou, W. G., Su, J. Y., et al., 1999. Systematic research of geophysical and geochemical reservoir anomalies in Yakela region, Tarim basin, China. *China University of Geosciences*, 20(1): 63—102 (in Chinese).
- Yao, J. M., Xia, X. H., Zhang, Y. Y., 2000. Evaluation technique of integrating geochemical prospecting with remote sensing in petroleum exploration. *Remote Sensing for Land & Resources*, 45(3):26—31 (in Chinese with English abstract).
- Yu, W. Y., Qi, X. P., Zou, L. Q., 2000. Evaluation of multi-sensor remote sensing data applied oil and gas exploration in the loess highlands, Ordos Plateau, China. *Remote Sensing for Land & Resources*, 46(4):34—39 (in Chinese with English abstract).
- Zhang, B. Z., Zhang, J. X., Zhang, L., 2000. Comparison of multi-source images fusion in landuse dynamic detection. *Science of Surveying and Mapping*, 25(3):46—50 (in Chinese with English abstract).
- Zhang, Y. H., Zhao, G. X., Zhao, W. W., 2002. Methods of cultivated land dynamic monitoring by remote sensing technology in counties. *Bulletin of Surveying and Mapping*, (3): 25—27 (in Chinese with English abstract).
- 陈佑德,2001.赤水油气遥感直接探测意义与TM选择及分类分析.贵州地质,67(2):123—127.
- 陈佑德,杨慧民,2001.赤水石油地质条件与油气遥感信息关系分析.地质地球化学,29(1):68—74.
- 钱乐祥,2004.遥感数字影像处理与地理特征提取.北京:科学出版社,24—169.
- 谭青,2004.油气勘探中的遥感预测技术.天然气工业,1(3):44—50.
- 王桂宏,张友炎,冉新全,2000.油气勘探中遥感方法新进展与趋向.地学前缘,3(7):282—289.
- 翁永玲,田庆久,2003.遥感数据融合方法分析与评价综述.遥感信息,1(3):49—54.
- 吴信才,吴亮,2006.面向服务的分布式空间信息支撑平台.地球科学——中国地质大学学报,31(5):585—589.
- 徐忠祥,侯卫国,苏江玉,等,1999.塔里木盆地雅克拉地区油气地球物理地球化学异常系统研究.武汉:中国地质大学出版社,63—102.
- 姚俊梅,夏响华,张友焱,2000.油气勘探中的化探遥感综合评价技术.国土资源遥感,45(3):26—31.
- 于五一,齐小平,邹立群,2000.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.国土资源遥感,46(4):34—39.
- 张炳智,张继贤,张丽,2000.土地利用动态遥感监测中多源遥感影像融合方法比较研究.测绘科学,25(3):46—50.
- 张银辉,赵庚星,赵文武,2002.县级耕地遥感动态监测方法研究.测绘通报, (3):25—27.