

# NOAA 气象卫星 AVHRR 数据在江汉 油气勘查中的应用\*

何在成 丁暄 蒋保林 王云鹏

(中国科学院广州地质新技术研究所 510640)

崔祖强

(广州气象卫星地面站)

1992年3月31日收稿

## 摘 要

本文介绍了将 NOAA/AVHRR 图像数据扩展用于江汉盆地油气资源遥感勘查。将 AVHRR 的波段 5(红)、波段 2(绿)、波段 1(蓝)假彩色合成的图像能清楚地了解江汉盆地周缘的宏观构造轮廓;取 AVHRR 的波段 1,波段 2,波段 4 作非监督处理分 32 类,得到该盆地较稳定的湖相沉积范围(即主要的生油岩区);取 AVHRR 的波段 1,波段 2 和波段 5 作非监督处理分出了 32 类,并结合 TM 资料发现了该盆地 3 条基底断裂线性构造;用视热惯量制图,了解到该盆地主要的油气区段的视热惯量介于该盆地视热惯量分布的最高与最低之间。

**关键词** 气象卫星 无监督分类 基底构造 视热惯量

本文气象卫星数据是由广州气象卫星地面站接收的 NOAA-11 号气象卫星的高级甚高分辨率辐射计 (AVHRR) 的图像数据。为了获取高质量高清晰度的 NOAA/AVHRR 图像数据,以满足判别江汉盆地基底构造与隐伏断裂以及江汉盆地油气田引起视热惯量异常的需要,我们选取图像数据的时相在 1990 年 10 月底至 11 月初。因为 10 月底至 11 月初的季节对江汉平原来说是深秋冬初,这个季节地表农作物覆盖少,农田含水量低,江湖水面面积缩小。

接收获取潜江幅 NOAA/AVHRR 图像是以湖北省潜江市为中心参考  $563 \times 563$  平方公里一景图像。图像的经纬坐标为北纬  $28.0^{\circ}$ — $33.12^{\circ}$  东经  $110^{\circ}$ — $115.12^{\circ}$ 。

考虑到天气环境影响,我们采取 4 次重复接收,然后筛选出 1990 年 10 月 30 日中午 14:10,1990 年 10 月 31 日 2:42 两时刻获取的高质量数据作为原始数据进行图像处理与分析。在 10 月 30 日接收的数据是 NOAA/AVHRR 的全部 5 个波段,在 10 月 31 日接收的数据是 3、4、5 三个波段。

图像的预处理,假彩色合成,视热惯量制图是在广州气象卫星地面站自己开发的 PC 机上进行的;非监督分类处理在中国科学院遥感应用研究所 Terra-Mar 图像处理机上进行的。

\* 此项工作得到了中国科学院遥感应用研究所朱重光教授,郑兰芬副教授,王晋年等同志的大力支持和帮助,在此一并表示谢忱。

根据 NOAA/AVHRR 各波段功能特性, 选取 (2:10 P.M.) 获取的波段 5(红)、2(绿)、1(蓝)做假彩色合成, 其合成的图像见图版 I 图 1。

根据 NOAA-CCT 数据中像元之间类似度大小, 进行合并归类(将类似度相近的像元归为一类), 就称非监督分类<sup>[1]</sup>。对 NOAA-CCT 数据的潜江幅进行非监督分类处理是应用欧氏距离系数的方法进行的, 其定义为

$$d_{ij} = \sqrt{\frac{\sum_{k=1}^N (x_{ik} - x_{jk})^2}{N}} \quad (1)$$

式中的  $ij = 1, 2, 3, 4, \dots, M$ ;  $N$  为波段数;  $x_{ik}, x_{jk}$  分别为第  $i, j$  个像元的亮度值。

据式(1)选取 NOAA/AVHRR(2:10P.M.) 的波段 1, 波段 2, 波段 4 作非监督处理分 32 类, 并对各类编码赋色显示, 摄制成图像见图版 I 图 2。

据式(1)选取 NOAA/AVHRR(2:10P.M.) 的波段 1, 波段 2、波段 5 作非监督处理分 32 类, 并对各类编码赋色显示, 摄制成图像见图版 II 图 3。

Price 论述<sup>[2]</sup>了地物的热惯量  $P$  与视热惯量 ATI 呈正相关关系, 即

$$P = \alpha ATI + \beta \quad (2)$$

式(2)中  $\alpha$  为拉伸因子,  $\beta$  为补偿值。

因用 NOAA/AVHRR 的图像数据来讨论地物热惯性就要引入视热惯量 (ATI), 它可用下式计算:

$$ATI = \frac{BC \cdot (1 - A)}{\Delta T} \quad (3)$$

式(3)中  $B$  为拉伸因子, 取决于 ATI 在图像上的灰度等级(0—255);  $C$  为纬度和太阳高度角因子;  $A$  为反照率, 由 AVHRR 的可见和近红外波段计算而得;  $I$  表示总的入射光强;  $\Delta T$  表示同一像幅中同一像元在两时间 (2:10P.M.) 与 (2:10A.M.) 所记录的地物辐射红外亮度之差值并转换成温度之差值。根据 (3) 式, 作成江汉地区热惯性分布图见图版 II 图 4。

## 图像处理的结果与解释

由图版 I 图 1 可看出, 显示红色色调的地物标志多为城镇厂矿, 居民密集点。因为城镇厂矿, 居民密集点的环境温度高于外围原野的环境温度。显绿色色调的是植被覆盖区。呈蓝色色调的地物主要是画面上的长江, 洞庭湖即相对含泥沙量高的水体, 而像洪湖, 长湖以及武汉南部众多湖泊都呈黑(暗)色调, 这反映这些湖泊水体含泥沙量低, 已是澄清的水体。汉水流域呈品红色色调, 该流域在江汉盆地的北部, 整个流域的地势北高南低, 而且地表土质多为河床沉积, 含沙量高, 渗水快, 当时又处于初冬干燥的季节, 干燥的含沙量, 高的地表, 地物热辐射率和反射率相对要比潮湿的地表地物的热辐射率和反射率高。北部的南阳盆地更显品红色—红色色调。江汉盆地的中南部地势平坦, 高差小, 排水不畅, 因而较为潮湿, 它的色调呈浅黄绿色。以汉北河一线的北部区域呈青色色调, 这种色调是地层  $Q_3$  的展布。洞庭湖以东, 以及江汉盆地周缘的山前地带多呈黄色色调, 这主要是老的地层和岩溶岩出露的缘故。

从图版 I 图 1 的色调层次相衔接处的线性形迹可清楚地判别出该盆地周缘山地的线性构造。这些构造线性体的方位与湖北省地质构造图(1:100 万, 1990 年出版)中的主要断裂构造基本相对应。这说明用波段 5(红), 2(绿), 1(蓝)假彩色合成的图像能从宏观上(小比例尺大范围)了解盆地周缘的构造轮廓。

尝试用非监督分类的图像处理方法, 来了解含油气盆地内的地质构造情况。从波段 1、2、4 作非监督分类的彩图(图版 I 图 2)中显棕色色调为江汉盆地区域的主要色调。这种棕色色调的分布范围东起湖北黄冈, 西止松滋; 北边到了天门—孝感; 南部就大大超出江汉盆地范围, 一直可延伸到长沙以北(北纬  $28^{\circ}12'$ )。这种棕色色调的分布与 1974 年出版的湖北幅, 湖南幅(1:100 万)地质图中的  $Q_4$  地层的分布大体一致。但要指出的是一些河床沉积的  $Q_4$  地层不显棕色色调。

从波段 1、2、5 作非监督分类的彩图(图版 II 图 3)中明显看到江汉盆地是一个新生代<sup>1)</sup>菱形断陷盆地。之所以冠以“菱形”则是因为盆地四周, 尤其是北、南、东基底断裂图像表现十分明显, 围限为襄樊—广济, 武汉—岳阳, 岳阳—宜昌和不连续的宜昌—襄樊基底断裂。该菱形断陷盆地的钝角呈北北西向, 锐角近东西向。

江汉盆地是我国东部陆壳上裂谷型断-坳陷系统中的一个重要产油盆地, 其形成时代大体从侏罗纪晚期到第三纪<sup>[3]</sup>。本文所指的盆地基底构造乃白垩纪前的基底构造。

为了解译出江汉盆地基底构造, 根据非监督分类定义中像元类似度的大小进行归类, 所分各类在图像上的分布存在色调衔接处呈近似直线排列的形迹作为解译标志, 因此根据图版 I 图 1 和图版 II 图 3, 再结合 TM 沙市幅, 武汉幅两景影像解译出“江汉盆地航天影像基底线性构造解释图”, 见图 1。

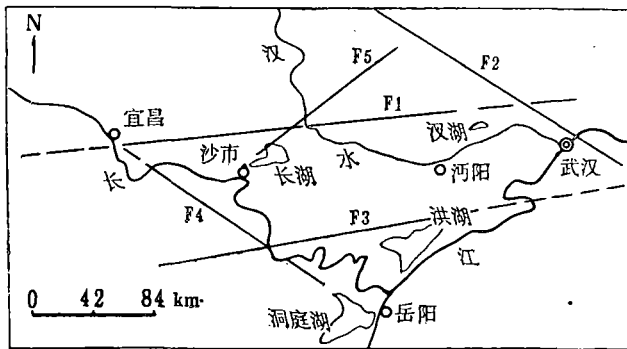


图 1 江汉盆地航天影像基底线性构造解释图

Fig. 1 Interpreted diagram of fundamental linear structures of satellite image in Jianghan Basin

图 1 中标出的近东西向构造线性体( $F_1$ )名为天门—宜昌南断裂。这条长达 400 公里的陷伏大断裂(沔汉湖—天门—后港—枝城—清江), 过去未被引起注意或在物探资料中未曾全面揭示。在张文佑教授主编 1983 年出版的“中国及邻区海陆大地构造图(1:500

1) 江汉石油管理局, 湖北省中生代沉积盆地油气资源评价, 1986。

万)上, 刁汉湖—宜昌南一线有一条张剪性的地壳断裂。

一般来说, 地表延伸长达数百公里的断裂, 往往是深断裂。识别深断裂的证据有多种, 其中控制地层构造和岩浆活动是主要的两个方面。根据航天影像结合区域地质构造图不难看出, 天门—宜昌南一线以北, 古生代—中生代基岩出露连续性尚好, 向北西走向延伸, 褶皱轴向与地层走向基本一致, 并大体至天门—宜昌南消失, 天门—宜昌南一线南全为第四系覆盖; 据 1:100 万湖北省地质构造图, 在后港一线有基性玄武岩溢出。

这条深断裂不仅控制了江汉盆地陆相油气的空间分布, 更在于油气生成聚集与它的活化有关, 即构造演化与油气演化大体是同时的, 因而, 这是一个同生构造控矿的典型例子。

在气象卫星图像上,  $F_3$  为石首北—沙口—洪湖一线, 显示一条北东东向, 延伸长达 300 多公里的构造线性体, 其两侧色调, 色彩界限分明。该断裂与北面的天门—宜昌南断裂组成了一个近东西向横贯江汉盆地的新生代断—坳陷沉降槽地, 这个槽地是江汉盆地成油条件最好, 资源量最丰富的地带。从目前勘探开发的情况看, 多集中在槽地西部的江陵凹陷, 丫角—新沟低凸起和潜江凹陷, 因此东部的沔阳凹陷, 潜东北汉水流域和潜北长湖区构造带有待加快勘探步伐。

$F_4$  宜昌—岳阳断裂, 它是被第四系覆盖的北西向大断裂。它是通过断裂线两侧松散层的厚度、湿度和绿度所表现出来的影像色调异常以及控制长江的河道诸特征判别出来的。 $F_4$  断裂是在湖北省地质矿产调查所 1990 年编制出版的湖北省地质构造图 (1:100 万) 上, 根据物探资料推断出宜昌—岳阳一线存在一条隐伏断裂。

宜昌—岳阳断裂构成了江汉盆地主沉降期(第三纪)的西南边界。从石油勘探来说, 断层西南盘第四系下易于寻找海相碳酸盐油储, 而断层东北盘的枝江—石首段可望进一步揭示新生代陆相油储, 也就是说江陵凹陷的长江流域仍具有进一步勘探的前景。

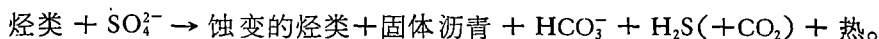
$F_2$  是位于襄樊—广济一线的北西向断裂。 $F_5$  是北东向断裂, 位于应城—沙市一线。 $F_2$  和  $F_5$  两条断裂在“湖北地质构造图(1:100 万, 1990 年出版)”上已标出, 在此不作论述。

总之, 我们解译出  $F_1$ ,  $F_3$ ,  $F_4$  三条深的断裂构造线性体, 已超出了“湖北地质构造图(1:100 万, 1990 年出版)”资料范围, 这对认识江汉盆地的基底构造具有重要意义。

根据图版 II 图 4 左下边的色度表尺显示从墨绿—棕色—灰色, 这表示视热惯量逐级增大, 据此作出“江汉地区视热惯量等值区图, 见图 2。从图 2 中可看出与视热惯量关联的油气区是介于研究区最高视热惯量—最低视热惯量之间。视热惯量中等区域包括:  $II_1$  与已知油气区吻合的沙市—沔阳的宽带状分布区;  $II_2$ , 从监利—洪湖以南, 并被长江所阻挡的三角区;  $II_3$ , 荆门地堑与当阳复向斜南部区。

据美国 H. J. Meyer 报告, 美国落矶山脉区域的 22 个油气田就有 15 个油气田存在正地热异常<sup>[4]</sup>。他们认为油气田上方的正地热异常是由向上运动的流体(主要是水)通过上覆不同的岩层进入圈闭体位置, 这样的运动不仅是这些流体移动了本身自己, 而它也把地球深处的热传递上来了。

根据烃类微渗漏理论, Hans. G. Machel 1991 年论述了如下一个化学反应过程<sup>[5]</sup>:



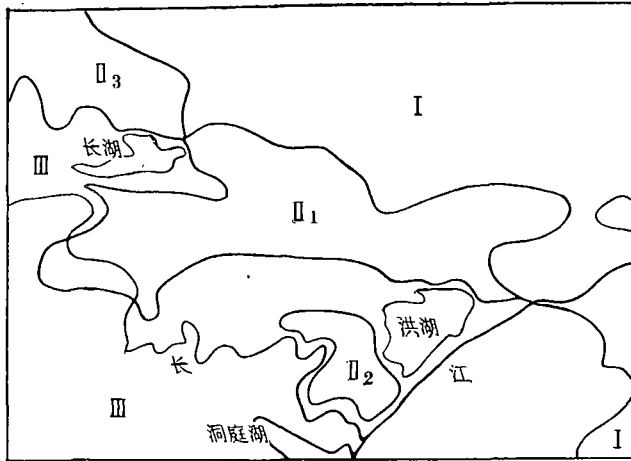


图 2 江汉地区视热惯量等值区图

Fig. 2 The grade diagram of apparent thermal inertia in Jiangnan region

据上反应式,微渗漏过程中的烃类物质受  $\text{SO}_4^{2-}$  作用,也能产热。据盛国英等研究<sup>[6]</sup>表明:江汉油气田含硫成分较高。这无疑在江汉油气藏的微渗漏过程中,也可用上述化学反应式来表述。

地下运移的流体(水)携热进入圈闭;圈闭中的烃类物质受  $\text{SO}_4^{2-}$  负离子化学作用也能产生热。这就说明油气藏上方存在正地热异常的可能。视热惯量描述的是由 NOAA/AVHRR 探测到的地表地物接受太阳辐射的光和热,并由地表地物保持这太阳辐射热的统计量度。若某一小区域地表下面有油气藏,油气藏的正地热异常能传递到地表,那么此地表地物的热异常应是地热异常加上地物受太阳辐射热之和。

如果油气藏上方地表湿度较高,上升散失的地热很快被地表水吸收,这就不存在油气藏上方地表显示正地热异常,所以视热惯量制图若在干燥区域应用会取得更好的效果。

## 结 语

1. 应用 NOAA/AVHRR 的波段 5(红),波段 2(绿)和波段 1(蓝)假彩色合成的图像能清楚了解所勘查盆地及周缘的宏观构造轮廓。

2. 取 NOAA/AVHRR 的波段 1、2、4 作非监督分类,分 32 类,可得到盆地较稳定的湖相沉积范围(主要生油岩区)。

3. 取 NOAA/AVHRR 的波段 1、2、5 作非监督分类,分 32 类,揭示了江汉盆地三条基底断裂线性构造。

4. 用视热惯量制图了解到江汉盆地主要的油气区段的视热惯量介于最高的与最低的之间。

## 参 考 文 献

- [1] 郭德方 遥感图像的计算机处理和模式识别,电子工业出版社,1987。

- [2] John, C. Préce, On the analysis of thermal infrared imagery the Limited Utility of apparent thermal inertia. *Remote Sensing of Environment*, Vol. 18, pp. 59—73, 1985.
- [3] 湖北省地质矿产局区域地质矿产调查所编, 湖北省地质志, 地质出版社, 1990。
- [4] H. J. Meyer, H. W. Mcgee, Oil and gas fields Accompanied geothermal anomalies in Rocky mountain region A. A. P. G, Vol.69, No. 6, pp. 933—945 1985.
- [5] Hans. G. Machel, Elizabeth A. Burton, Causes and spatial distribution of anomalous magnetization in hydrocarbon seepage environments A. A. P. G, Vol.75, No. 12 pp. 1864—1976, 1991.
- [6] 盛国英等, 陆相高有机硫未熟生油岩的异常生物标志物组成及其地球化学意义探讨, 中国科学院有机地化开放室研究年报, 科学出版社, pp. 15—25, 1988。

## THE APPLICATION OF NOAA/AVHRR IMAGE DATA ON OIL-GAS EXPLORATION IN JIANGHAN BASIN

He Zaicheng Ding Xuan Jiang Baolin Wang Yunpeng

(*Institute of New Technology in Geology, Guangzhou Academia Sinica*)

Cui Zuqiang

(*Guangzhou Ground Station of Meteorological Satellite*)

### Abstract

This paper introduces the application of NOAA/AVHRR image data on oil & gas exploration in Jianghan Basin. The color composite image of band 5(R), band 2(G), and band 1(B) indicates the macrotectonics of the Basin clearly. From the unsupervising processing image of band 1, band 2 and band 4(32 types) the source rocks areas of the basin are defined. In the unsupervising processing image of band 1, band 2 and band 5(32 types), three fundamental structures are interpreted, which control the oil & gas distribution. The mapping of the Apparent Thermal Inertia (ATI) indicates that the oil & gas riching areas are mainly distributed between the biggest and smallest ATI areas.

**Key words** NOAA meteorological satellite Unsupervised classification  
Fundamental structure Apparent thermal inertia (ATI)

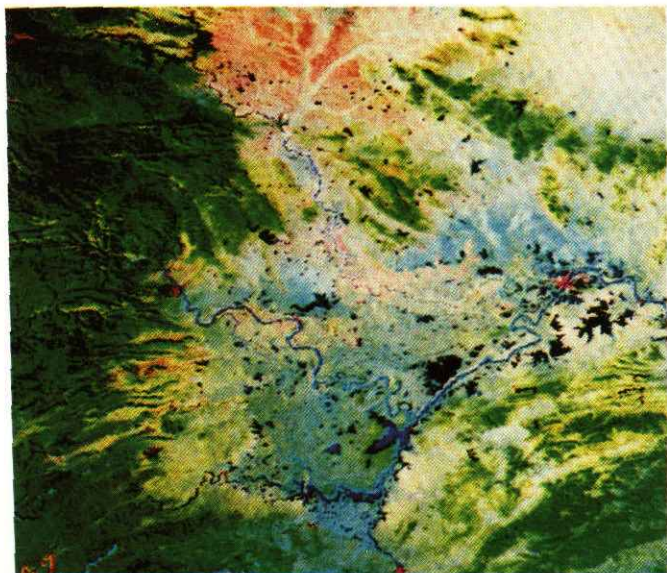


图 1 波段 1、2、5 合成图像

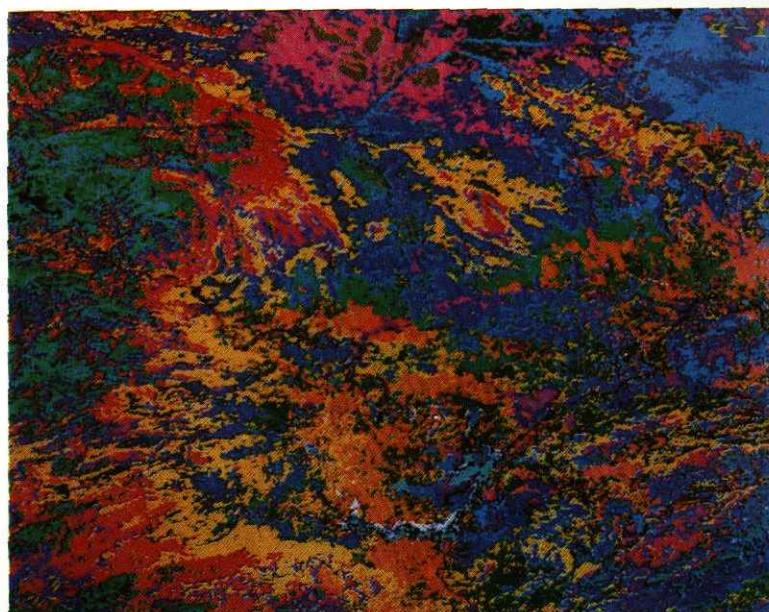


图 2 波段 1、2、4  
非监督分类图

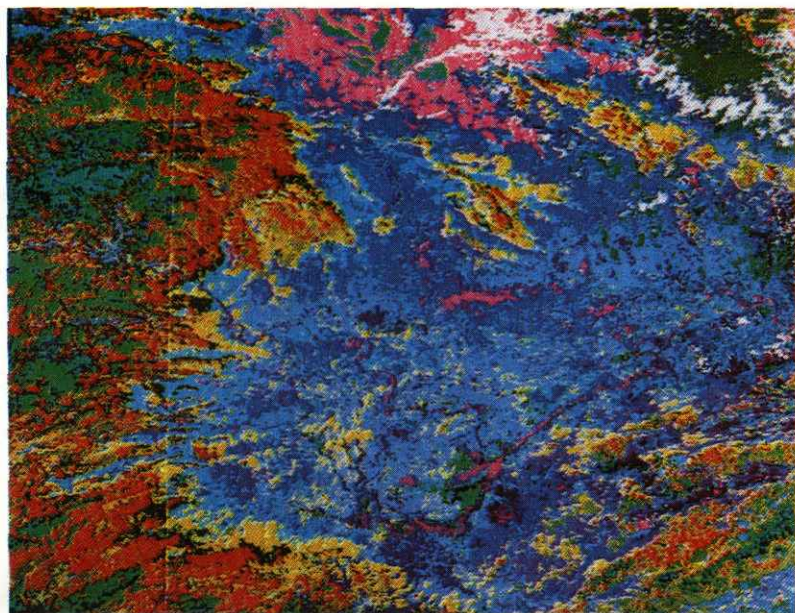


图3 波段 1、2、5  
非监督分类

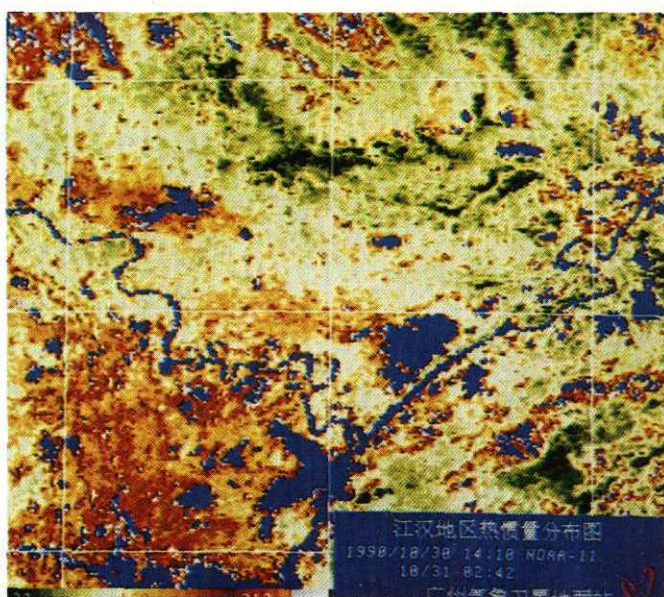


图4 热惯量分布图