

文章编号: 1007-4619 (2003) 02-0142-04

热红外遥感找油的时效性研究

黄秀华¹, 李正文², 关燕宁¹, 荆林海¹

(1. 中国科学院 遥感应用研究所, 北京 100101; 2. 华北石油勘探开发研究院, 河北 任丘 062552)

摘 要: 油气藏烃类微渗漏所造成的热异常信息, 是油气遥感勘探中最直接和最具普遍意义的标志, 对该标志的识别和时效性的研究, 具有广泛的实践意义, 并可以发挥出巨大的经济效益。在中国内蒙古二连盆地已知油田上方, 选择了勘探开发前期二个时相和勘探开发后期一个时相的遥感数据与该区油气化探数据进行定性和定量的复合分析, 指出了热红外遥感找油的最佳时机。

关键词: 热红外遥感; 油气勘探; 时效性

中图分类号: TP79 **文献标识码:** A

1 热红外遥感找油与油气化探找油机理

1.1 热红外遥感找油机理^[1]

热红外遥感找油机理, 主要是以油气藏烃类微渗漏理论为依据的。油气田中的烃类以微烃方式沿孔隙和微裂隙垂直向上运移并与周围物质相互作用, 在地表和近地表处相对应的形成近似圆形的蚀蚀变区, 并产生一系列标志。其中在热红外波段(8-14 μm)范围内, 利用遥感数据能提取热异常标志, 这主要是由于烃类物质渗漏至地表或近地表后, 改变了地表物质的理化性状, 使地表物质热导率降低, 热容量增加或者由于氧化热所致。一般温度比周边地区高出1-3 $^{\circ}\text{C}$, 在油气藏上方存在近似圆形的蚀蚀变区, 反映在热惯量等密度分割图像上, 等密度常常呈环状分布, 其热惯量值分布具有中心部位向四周递减特点, 且递减变化梯度小, 依据此图像的谱型特征圈划油气勘探远景区, 能取得很好的效果。因此, 该标志在油气遥感勘探中是最直接和最具有普遍意义的标志。

1.2 油气化探找油机理^[2]

油气化探找油机理是基于油气藏中热成因烃类气体及伴生物, 在扩散作用, 渗透作用和盆地深部水

对烃类的垂直搬运用作用下, 不断地向地表渗溢, 人们借助于精密分析仪器检测这些微油气苗及其产物, 从而获得地下油气藏的信息。

油气化探结果, 可获取与深部油气相关联的近地表不同级次的丰度值, 一般在区域化探中, 高丰度背景可用于圈定油气聚集带; 局部异常可用于圈定油气勘探靶区。

由此可得出, 热红外遥感找油与油气化探找油, 其机理都是依据油气微渗漏理论, 它们指示找油的关系是正相关关系, 即油气化探高丰度值区与热红外遥感高值区常常可以吻合或吻合很好。

然而, 在实际应用中, 有时也出现两者不符或吻合不好的现象, 为了提高热红外遥感找油的效果, 对其时效性的研究有着特殊的意义。

2 研究区的石油地质条件评价

本研究选择了内蒙古二连盆地阿南和吉尔嘎朗图2个凹陷(已知油田)作为2个样区。

2.1 阿南凹陷含油气性评价^[3]

阿南凹陷位于内蒙古东乌珠穆沁旗西南部, 构造区划属于马尼特拗陷东部, 面积约2750 km^2 。

凹陷内油气藏大多属于背斜类砂岩性质的, 储层以中孔低渗为主的孔隙型碎屑岩; 原油性质较好, 不论产自何层系, 均具有高蜡低硫的中国陆相原油

收稿日期: 2001-09-28; 修订日期: 2001-12-08

基金项目: 国家自然科学基金项目(编号49871090) Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. <http://www.cnki.net>

作者简介: 黄秀华(1944—), 上海市人, 于1965年毕业于华东师范大学地理系地质专业, 现为中国科学院遥感应用研究所研究员, 长期从事油气遥感勘探研究, 发表论文20余篇, 合作撰定专著2本。

特征。油藏埋深为 1150—1470m 左右^[3]。

1988 年初在该区开展了化探测量,控制测点 1000 个,检查点 50 个,按网度 1km×1km 采样,采样深度 1.3—1.5m。

实测结果经华北石油专家组验收认为^[4]:“整个化探结果取得了较好的效果,尤其是壤气汞,热释汞等与已知油田吻合较好,吸附烃的湿度比、紫外光谱的轻重比对浅气层有明显的效应,并指出了油气异常的远景区”。

2.2 吉尔嘎朗图凹陷含油气性评价^[3]

吉尔嘎朗图凹陷位于二连盆地乌尼特拗陷西南端,锡林浩特市近郊,为一北东走向,北断南超性箕状凹陷,面积为 1100km²。

凹陷内油气藏大多属于断块,断鼻性质的。储集层以碎屑岩为主;油藏埋深为 200—1000m,特别在凹陷的南斜坡,在井深 200—500m 处分布有两套稠油层,其油层物性好,连通好,有利于热采开发。

1988 年在该区也开展了化探测量,控点测点 1000 个,网度 1km×1km(部分测网为 0.75m×1m)布点采样,采样深度 1.3—1.5km。

实测结果经华北油田专家组验收认为^[5]:“化探结果预测了本区含油气远景区,特别在该凹陷西部次洼处发现有几处油气显示异常区”。

油气微渗漏地表效应与该区油气藏的生油、储层及盖层条件之间具有明显的相关性,通过对二个凹陷区石油地质条件的评价,可以得出这二个地区:(1) 油气微渗漏效应好,有利于进行油气遥感和油气化探试验研究;(2) 二个凹陷区均具有严格规范全套的油气化探数据,并通过验收化探结果与实际油气藏分布吻合较好。这些条件均为本研究提供了科学的依据。

3 多时相 NOAA 数据与专题图的选择和处理

3.1 NOAA 数据的时相选择和处理

按照石油部门的勘探流程,化探测量经常会安排在新区勘探和开发前期或初期进行。阿南凹陷(下称一号样区)和吉尔嘎朗图凹陷(下称二号样区)都是在 1988 年开展化探测量工作,为了比较勘探开发前期和后期热红外遥感找油的应用效果,本研究特选用 1989 年 5 月、1990 年 5 月和 1997 年 5 月的遥感数据。将 1989 年 5 月和 1990 年 5 月 NOAA 数据

处理的图像作为反映该区油气资源大规模勘探和开发前期地表热红外图像特征;1997 年 5 月 NOAA 数据处理的图像作为该区油气资源大规模勘探和开发后期的地面热红外图像特征;选用 5 月份数据是尽量避免植被的干扰。

3.2 表观热惯量的计算与处理^[1]

热惯量的物理意义,被看作是地表对温度变化产生阻滞的一种物理量,对此概念的引入可以尽量避免由自然地理环境影响和太阳辐射变化的干扰,能较客观的反演地下油气藏存在的可能性。

$$\text{热惯量: } P = (KPC)^{\frac{1}{2}}$$

其中: K 为地表物质的热导率; P 为地表物质的密度; C 为地表物质的比热。

根据 B·Kalle 定义的热惯量数学模型,

$$P = \frac{\sqrt{Q(1-A)}}{T_{\max}(0, \pi/2\omega) - T_{\min}(0, \pi/2\omega)}$$

其中: Q 为太阳总辐射量(常数); A 为地面反照率; ω 为地表温度变化周期(24 小时); $T_{\max}(0, \pi/2\omega)$ 为地表最高温度; $T_{\min}(0, \pi/2\omega)$ 为地表最低温度。

地面反照率 A 由可见光通道数据计算,地表最高和最低温度由热红外通道数据计算。通过计算获热惯量图像,经假彩色等密度分割,最后得热红外遥感图像。

3.3 专题图的选择及处理

本项目是与华北石油勘探公司石油勘探开发研究院合作完成,油气化探异常图全部由合作方提供,其中一号样区(阿南凹陷)有 9 种异常图,包括乙烷异常图, C2/C1 异常图,壤气汞异常图,吸附汞 4 次趋热剩余异常图,第三因子异常图, U220 异常图,吸附汞异常图,综合异常图及远景评价图;二号样区(吉尔嘎朗图凹陷)有 10 种油气化探异常图,包括乙烷异常图,重烃异常图,甲烷异常图,湿度异常图,蚀变碳酸盐异常图, U220 异常图,吸附汞异常图,壤气汞异常图,异常叠合图和远景评价图。

本专题主要选用两个样区的远景评价图,因为远景评价图的生成是在所有异常图的基础上,经华北石油勘探开发研究院石油地质专家结合区域地质特征去伪存真,是一种综合性强,并能全面反映油气化探异常的真实而可靠的图件。

利用 GIS 软件 ARC/INFO 将二个样区的远景评价图进行数字化、编辑和赋值,并为了与遥感图像进行空间叠合,又将专题图的投影转换为 UTM 投影。

4 多时相 NOAA 图像与专题图空间叠合的时效性分析

依据热红外遥感找油机理,其捕获的信息是与地下油气藏上方烃蚀变区地表状况保持好坏直接有关。为了比较同一地区勘探开发初期或前期与勘探开发后期的应用效果,本研究选用 1989 年和 1990 年的 NOAA 数据作为原始状态保持较好的地表状况,选用 1997 年的 NOAA 数据作为遭受破坏后的地表状况,从两个方面入手进行比较分析,试图从中找出热红外遥感找油的最佳时机。

首先,通过对 1989 年、1990 年和 1997 年 NOAA 数据和专题图的一系列处理与计算,经空间叠合,组合为 6 种图件(图版 I 图 1)。

多时相 NOAA 图像经等密度分割处理后,等密度常常呈环状分布,并具有中心部位高值向四周递减的特点,此次处理的图像从色标上可看出分为 8 个等级(色标中蓝色为云层覆盖区),为了便于与其他地区比较,归纳为 5 个等极,由高到低,一等值 >10 ,二等值 7—10,三等值 6—7,四等值 5—6,五等值 <5 。根据该区目前勘探开发的结果,热惯量一等值至三等值在该区有指示找油意义^[1]。

表 1 热惯量与油气化探异常区块面积比

Fig.1 Comparison of 1st and 2nd oil-gas Geo-chemical anomalies Areas in Extents

热惯量等级	一号样区						二号样区					
	1989 年 (km ²)	%	1990 年 (km ²)	%	1997 年 (km ²)	%	1989 年 (km ²)	%	1990 年 (km ²)	%	1997 年 (km ²)	%
<5	0		0		71	7.7	0		2	0.2	135	14.8
5—6	26	2.8	17	1.8	635	69.1	0		69	7.6	718	78.7
6—7	202	22.0	742	80.7	202	22.0	159	17.4	805	88.0	54	5.9
7—10	303	33.0	160	17.4	11	1.2	693	76.0	36	3.9	5	0.5
>10	273	29.7	0		0		60	6.6	0		0	
总面积	919		919		919		912		912		912	

基于油气微透漏理论,烃类物质是在原始状态保持较好的背景下,通过微渗漏过程不断积累起来的^[8],1989 年和 1990 年的图像特征说明当时地表原始状态保持较好,其中 1989 年又好于 1990 年的,而 1997 年的图像相比之下地表原始状态因大量勘探开发而破坏严重,所以在与油气化探异常区块进行复合分析时,结果差异很大。

通过以上多时相 NOAA 图像与油气化探异常区块的比较分析,得出了在开展热红外遥感找油方法时,如对老油田详探应选用勘探开发前期或初期的遥

4.1 二种异常区块空间位置比较分析

图版 I 图 1(a), (c), (e)为一号样区,可看出在 1989 年热惯量图上,其油气化探异常区块几乎都落在一等值和二等值范围内;1990 年热惯量图上油气化探异常区块大多落在三等值范围内;1997 年热惯量图上油气化探异常区块大多落在四等值和五等值范围内。图版 I 图 1(b), (d), (f)为二号样区,从图上同样也可看出此规律。

4.2 二种异常区块空间位置面积比

在空间位置比较的基础上,还求出各年份油气化探异常区块总面积与所对应的不同等级热惯量区块面积比(表 1),从表 1 中更加清楚的看出一号样区和二号样区,1989 年油气化探异常区块分别占一等值加二等值热惯量区块面积的 62.7%和 82.5%。1990 年油气化探异常区块分别占三等值热惯量区块面积的 80.7%和 88.3%;而 1997 年油气化探异常区块,在一号样区占一至三等值热惯量区块的面积为 23.2%,在二号样区仅占 6.4%。据此,可以得出 1989 年和 1990 年的热红外图像与油气化探异常区块吻合性较好,1997 年的热红外图像与油气化探异常区块吻合性差。

感数据,再与其它信息多元复合,也能发挥最好的经济效益。

5 结 论

热红外遥感信息找油,在卫星遥感找油流程中起着先导作用,并以其数据易获,价格低廉和图像处理快速等优势,受到生产部门的重视。本文对其方法又进行了时效性研究,其意义不但在勘探新区可起到好的效果,而且对老油田继续勘探开发过程中,

可选用相关研究区勘探开发前的遥感数据, 同样可以起到圈划远景区的效果。

参考文献 (References)

- [1] Huang Xiuhua. Evaluation of Effectiveness of Thermal Infra-red Remote Sensing Applied in Oil-gas Exploration [A]. IRSA. Collections on Knowledge Innovation in Remote Sensing [C]. Beijing: China Science and Technology Press, 1999. [黄秀华. 热红外遥感找油应用效果评价[A]. 中国科学院遥感应用研究所. 遥感知识创新文集[C]. 北京: 中国科学技术出版社, 1999.]
- [2] Wang Xifu *et al.* Non-Seismic Oil-gas Exploration in Ordos Basin [M]. Beijing: Geological Press, 1993. [王锡福等. 鄂尔多斯盆地非地震油气勘探[M]. 北京: 地质出版社, 1993.]
- [3] Liang Shengzheng. Geology of Oil and Gas in Erlian Basin [R]. Renqiu, North China Company for Petroleum Exploration, 1992. [梁生正. 二连盆地石油与天然气地质研究[R]. 任丘: 华北石油勘探公司, 1992.]
- [4] Wu Huayuan *et al.* Final Report on of Oil and Gas Chemical Exploration in A'nan Depression, Erlian Basin [R]. Erlian Company for Petroleum Exploration, North China Petroleum Bureau, 1989. [吴华元. 二连盆地阿南凹陷油气化探成果报告[R]. 华北石油管理局二连石油勘探开发公司, 1989.]
- [5] Jiang Jinji. Final Report on Oil and Gas Chemical Exploration in Ji'ergalangtu Depression, Erlian Basin [R]. Erlian Company for Petroleum Exploration, North China Petroleum Bureau, 1990. [蒋尽基. 内蒙古二连盆地吉尔嘎朗图凹陷油气化探成果报告[R]. 华北石油管理局二连石油勘探开发公司, 1990.]
- [6] Peng Xiling *et al.* Hydrocarbon Microseepage in East Zungeer Basin [M]. Beijing: Oceanology Press, 1994. [彭希龄等. 准葛尔盆地东部烃类微渗流研究[M]. 北京: 海洋出版社, 1994.]
- [7] Huang Xiuhua *et al.* Geo-botanic Mechanism of Remote sensing Applied in Oil-gas Exploration in East Hebei Province [J]. *Remote Sensing of Environment*, 1992, 7(2): 115-124. [黄秀华等. 冀东地区油气微渗流地植物的遥基础[J]. 环境遥感, 1992, 7(2): 115-124.]
- [8] Huang Xiuhua *et al.* Geo-analysis of Some Aspects of Chemical Exploration in Application of Remote Sensing Techniques to Oil-gas Detection [J]. *Remote Sensing of Environment*, 1994, 9(2): 122-128. [黄秀华等. 石油遥感勘探中油气化探若干问题的地学分析[J]. 环境遥感, 1994, 9(2): 122-128.]

Temporal Effectiveness of Thermal Infra-red Remote Sensing Applied to Oil-gas Exploration

HUANG Xiu-hua¹, LI Zheng-wen², GUAN Yan-ning¹, JING Lin-hai¹

(1. Institute of Remote Sensing Application, CAS 100101 Beijing;

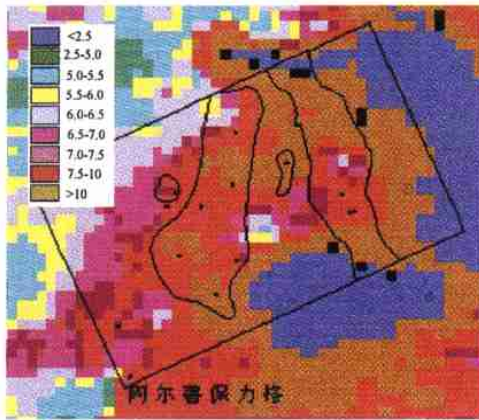
2. North China Institution for Oil and Gas Exploration, 062552 Renqiu Hebei Province, China.)

Abstract: Thermal remote sensing oil-gas exploration is based on the theory on hydrocarbon micro-seepage over oil-gas field. Hydrocarbon moves upward along cracks and fractures in the form of micro-hydrocarbon from oil-gas field and interacts with surrounding material, resulting in round-like hydrocarbon alteration area and a series of indicators on surface and subsurface concerned. Remote sensing data in the range of infra-red band (8—14 μ m) can be used to attract the information of thermal anomaly because hydrocarbon that reaches the surface and subsurface causes changes of physical and chemical properties of surface material, such as reduction of thermal conductivity and increase of thermal capacity, or production of oxidant heat. The thermal anomaly over oil-gas field caused by hydrocarbon micro-seepage is the most direct and significant criteria for oil-gas remote sensing exploration. It is of great practical and economic significances to identify these criteria and study their temporal effectiveness.

It has been revealed by the authors in the former research that Oil-gas Thermal Infra-red Remote Sensing Exploration is more effective in a new site for oil-gas-exploration, where the surface condition of hydrocarbon alteration area is well reserved, than the explored oil-gas field where the surface condition of hydrocarbon alteration area was seriously destroyed.

In order to compare the effectiveness of remote sensing data acquired before or at the beginning of and after oil-gas exploration, two sample areas has been chosen over the known oil fields in Erlian Basin of Inner-Mongolia and a set of NOAA data of two dates and of one date, which represent the data respectively taken at the beginning of oil-gas exploration and at the end of the exploration. An integrated analysis has been carried out by overlaying remote sensing data in the studied areas with data of geo-chemical exploration. It was shown that the use of remote sensing data taken before or at the beginning of oil-gas exploration, integrated with other information sources, could receive best economic benefit when thermal infra-red remote sensing is used for oil-gas exploration. This is applicable for not only a new exploration site but also a continuing exploration of the old oil-gas field.

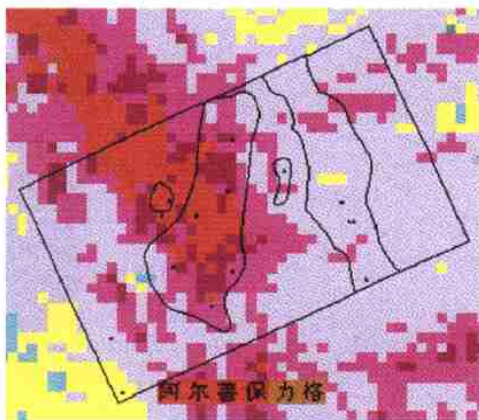
Key words: thermal infra-red remote sensing; oil-gas exploration; temporal effectiveness



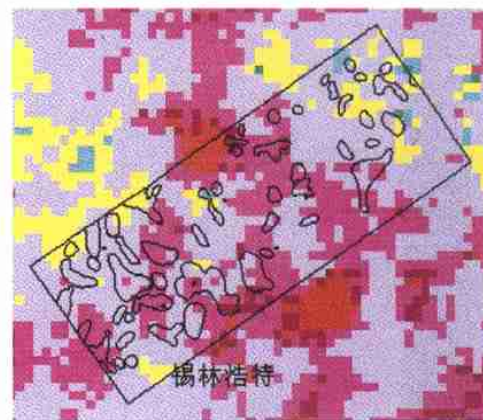
1989年一号样区



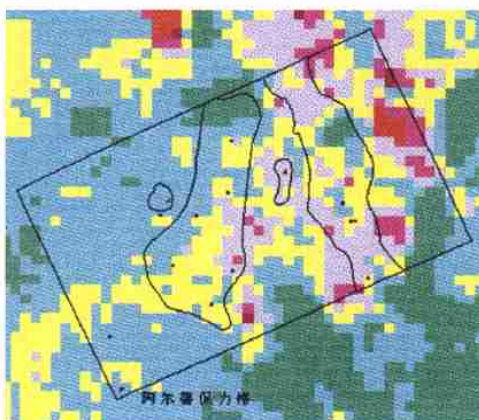
1989年二号样区



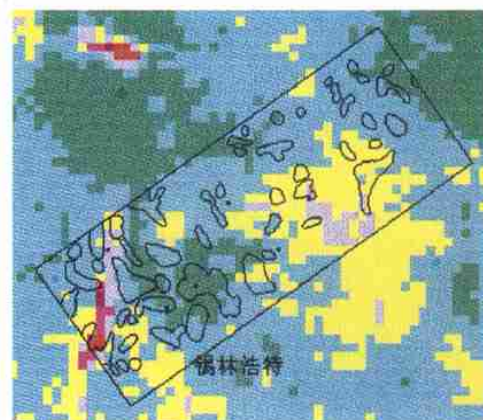
1990年一号样区



1990年二号样区



1997年一号样区



1997年二号样区

图2 热惯量等值与化探异常区块复合图