

油气遥感预测效果简析

杨金根

(华东石油地质局第六物探大队 南京 210016)

摘要 油气色调异常受地貌第四纪沉积,植被和含油气情况控制。色调异常判读有主趋势,又具多解性,它的形成同油田水在不同景观条件下的泄水条件和烃类及其伴生组分的微渗漏有关。松辽盆地西斜坡的油气遥感色调异常判读的吻合率达83%,油气显示的吻合率达63%,水的吻合率为76%。由线性体、环形构造和色调异常组合建立的油气圈闭影像识别模式来判读油气田,可提高油气水的判读精度,减少油气遥感预测的多解性。

关键词 色调,影像识别模式,环形构造

1 油气圈闭影像识别模式

油气遥感地质研究中的构造信息由线性体和环形构造两部分反映,油气信息由色调异常反映。“七五”期间,笔者在下扬子地区油气遥感攻关研究中注意到,繁杂的线性体的处理和判读因人而异,且其地质属性很难在勘探中得到相应印证。线性体的组合模式识别要求判读人员具有丰富的判读经验,较难掌握;而环形构造具有复杂的多解性,大部分油气圈闭具环形构造,但也有许多环形构造与油气无关¹⁾。在处理得当的未经取舍的判读图像上遍是环、线,令人眼花缭乱,它只能依附于其它资料进行构造判读,而不能满足油气普查、详查阶段的精度要求。但是,笔者发现,苏、沪、浙沿海第四系浅层天然气田,苏北中生代油气田和中古生代海相碳酸盐油气田都具有可同背景区相区别的色调异常特征^{2,3)}。不过,其色调异常分布范围一般偏大,也具有一定的多解性。笔者在下扬子地区油气遥感地质研究的基础上,吸收前人的研究成果,认识到一个有工业价值的油气藏,必然受盆地及邻区的区域断裂线性体控制,构成一定的断裂线性体组合,圈闭本身常呈环形影像。因受烃类及其伴生组

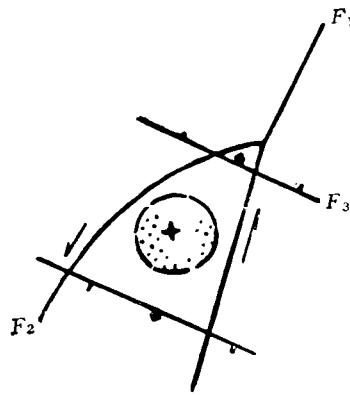


图1 ν -环-色模式

- F₁: 主干断裂,直线状线性体带
 F₂: 分枝断裂或向斜、弧形线性体带
 F₃: 横向断裂线性体、或为构造鞍部
 +: 环形构造,同构造高点一致
 ∴: 油气色调异常

Fig.1 ν Ring structure Hue anomaly assembly model

1) 杨金根等. 南南地区遥感技术应用. 华东石油地质局第六物探大队, 1991.

2) 杨金根. 金湖凹陷油气遥感地质特征. 江苏石油勘探局地质科学研究院, 1988

3) 杨金根. 溱潼-安丰地区油气勘查评价中遥感方法的应用研究. 华东石油地质局第六物探大队, 1989.

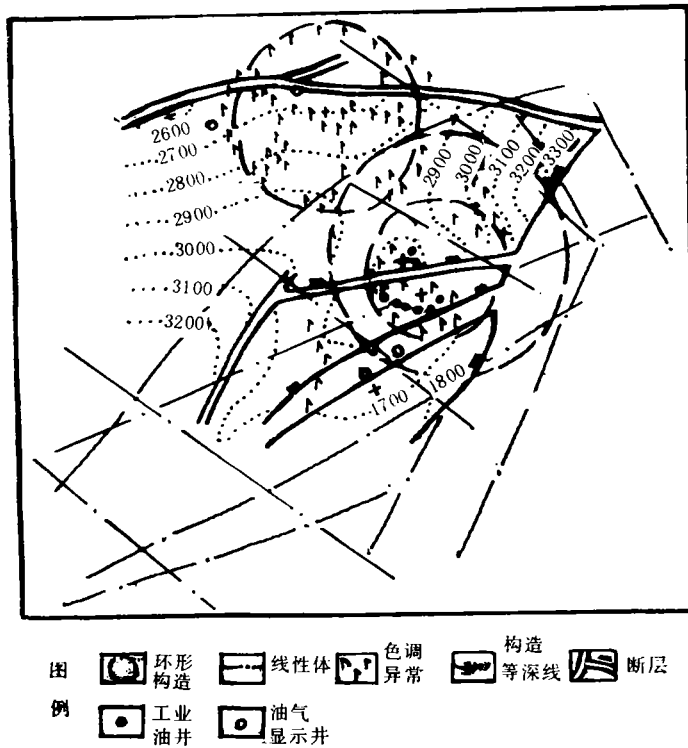


图 2 草舍油田 ν -环-色构造示意图

Fig. 2 Sketch map of ν ring structure hue anomaly in Caoshe section

分的微渗漏影响^{1,2)},其上方一般具有由铁质矿物、粘土和碳酸盐矿物、铀矿物等变化引起的土壤“蚀变”及植被和温度等异常,由此而形成色调异常。此三者在空间分布上具有一定的组合模式,可称其为油气圈闭影像识别模式。1990年笔者首先提出的 ν -环形构造-色调异常模式是识别苏北盆地油气田的主要油气圈闭影像识别模式³⁾。用这一模式在草舍、莫庄、刘庄等新生代油气田和黄桥、句容等中生代油气勘探区都取得了良好的判读效果(图1和2)。

但是,在下扬子水网发育的平原耕作地区,人文干扰极大,很难进行野外异常检查,以作出初步的异常成因分析;而且研究区钻井分布不均,对其油气预测的可靠性也难作出确切的评价。松辽盆地西部斜坡的油气遥感预测则对这一模式的成因分析和预测效果的评价提供了更多的资料。

1) 油气勘查中烃类微渗漏的遥感监测. 国外遥感地质通讯. 1986.

2) Martin J. Daridson (李敏译). 垂直迁移法在油气勘探中的应用及展望. 地质矿产部石油地质综合大队编印. 油气化探, 1987, (4).

3) 杨金根等. 南京-南通地区油气勘查中的线性体-环形构造-色调异常模式. 江苏地质科技情报. 1991, (4).

2 松辽盆地西斜坡的油气遥感¹⁾

2.1 色调异常概况

研究区地势低平,湖沼密布,牧场、盐碱地连片,高岗丘陵草地和耕地交织,间有灌木丛和以白杨树为主的林场,主要含油气地层下白垩统埋深 600—2 000m,其上为上白垩统、第三系和第四系覆盖,无基岩出露。

利用中国科学院遥感卫星地面站提供的 Landsat-5TM 数据(1989 年 5 月 24 日),优选变量,选择 KL5 (红)、KL4 (绿)、KL1 (蓝)的合成方案,用线性增强 (SCALE) 有效地增强了区内油气水的分布信息(表 1)。

表 1 反映出油气水色调异常的判读既有其主趋势,又有其多解性。它同时受地貌,植被和含油气情况控制。例如参加统计的 116 口钻井,有油气井 44 口,其主要色调为黄、橙、红三色,只有 2 口为黄绿和绿色,因此红、橙、黄色的判读主趋势是油气。本区具红、橙、黄色的钻井共 51 口,其中油气井 42 口,吻合率为

表 1
Table 1

含油气情况	低洼草地区	过渡区	高岗丘陵区	吻合率(%)
油 气 井	黄	橙	红	83
油气显示井	黄绿		红褐	63
水 井	绿	墨绿	褐	76

83%。其余 9 口为油气显示井,说明它有一定的多解性。野外检查证实,同一类型的油气田在不同地貌和不同植被区有不同的色调异常。例如,AL 和 ER 是类型相同的相邻油气田,AL 位于高岗区,其上之白杨树在图像上呈品红—紫色,草地呈红色;ER 位于低洼区,其上之芦苇和莎草长势细密,呈黄绿色,在图像上呈黄色;在无油气的高岗区,白杨树在图像上呈天蓝色,草地呈茶褐色;在无油气的低凹区,芦苇长势粗壮,叶片为绿色,在图像上呈天蓝色。这说明了在相同含油气条件下的不同地物具有不同色调,在不同含油气条件下的相同地物也具有不同色调。因此,必须按不同地物类型分别判读其油气色调异常,我们称其为色调异常判读法则。

2.2 本区色调异常形成机制简析

本区色调异常可分平原盐碱地和高岗干草地两种类型。它们的形成与油田水循环和烃类及其伴生组分垂向迁移微渗漏作用以及地表泄水条件不同有关。

本区油田水以 NaHCO_3 型为主,少量为 CaCl_2 型,油田水总矿化度 $< 4\,000\text{mg/l}$ 时为水井区, $> 6\,000\text{—}7\,000\text{mg/l}$ 时一般为工业油气田,气田成分以甲烷为主,高氮,含 CO_2 ,草原低洼区因潜水面高,地表水排泄条件差,工业油气田中高矿化度的 NaHCO_3 和 CaCl_2 油田水通过微渗漏和毛细作用,不断到达地表浓集蒸发,而使土壤盐碱化。由于芦苇和莎草对盐碱化有一定的适应性,在无油气的沼泽区无盐碱化或盐碱化轻微时,苇草秆高叶绿,长势良好;在有油气的低凹草地部位,水源充足时,沼泽轻度盐碱化,苇草长势茂密、秆细、叶片带黄,水源不足时沼泽强盐碱化或成为盐碱地,苇草萎黄、稀疏、短小;

1) 杨金根等. 黑龙江省泰康地区卫星遥感油气信息分析. 大庆石油物探公司. 1992.

在高岗丘陵区,泄水条件好,高矿化度油田水不易在地面浓集成盐碱地,因土壤适于碱草生长而成为干草地。因气田中的 N_2 和 CO_2 可作植物营养剂,其上之白杨树和草地同无油气的相同植被的长势,存在着肉眼难以觉察的差异。上述变化都引起绿度和土壤反射率的变化,因而在相应波段组合中各出现不同的色调异常。与油气田相邻的湖区,因与油田水连通性好,其含盐度随之增高,因此,在图像上在淡水湖泊的蓝色背景上出现与咸湖相似的浅蓝—白色异常。在油气田周围的湖沼洼地中,也因油田水的扩散和污染使之不

同程度的盐碱化,苇草变黄,引起难以避免的多解性。

表 2
Table 2

形 状	色 调		
	黄	橙	红
环斑状	吻合	吻合	吻合
长轴状	斜坡断裂带	斜坡断裂带	构造不明
弥散状	不吻合	无	不明显

2.3 油气圈闭影像识别模式

本区色调异常按其聚集形态可分三类:(1)具环形构造的斑状、团块状,(2)同线性体一致的长轴状,(3)不规则雾状、弥散状、镶边状。上述三类同已知油气圈闭和构造的吻合性统计见表

2。由表 2 可知,环斑状的油气色调异常同构造吻合性好,长轴状的与斜坡断裂带有关,弥

表 3
Table 3

构造或油气田	色 调 异 常			形 态 组 合			含 油 气 情 况
	红 橙 黄	黄绿 红褐	绿 褐	环 形	长 条	弥 散	
阿拉新	+			+			气田
二站				+			气田
江桥	+			+			油田
他拉红	+			+			油田
阿尔什代	+			+			油田
新店	+			+	+		油田
一心					+		油田
A			+	+			推测显示区
B			+	+			推测显示区
C			+	+			推测显示区
D	+			+	+		推测油气田
E							水井
F			+				水井
G			+				水井
H	+		+	+			推测油气田
J		+		+			油气田
L			+	+			显示井
霍 16 构造	+			+			推测油田
霍 10 构造	+			+			推测油田
烟筒屯构造	+			+			推测油田

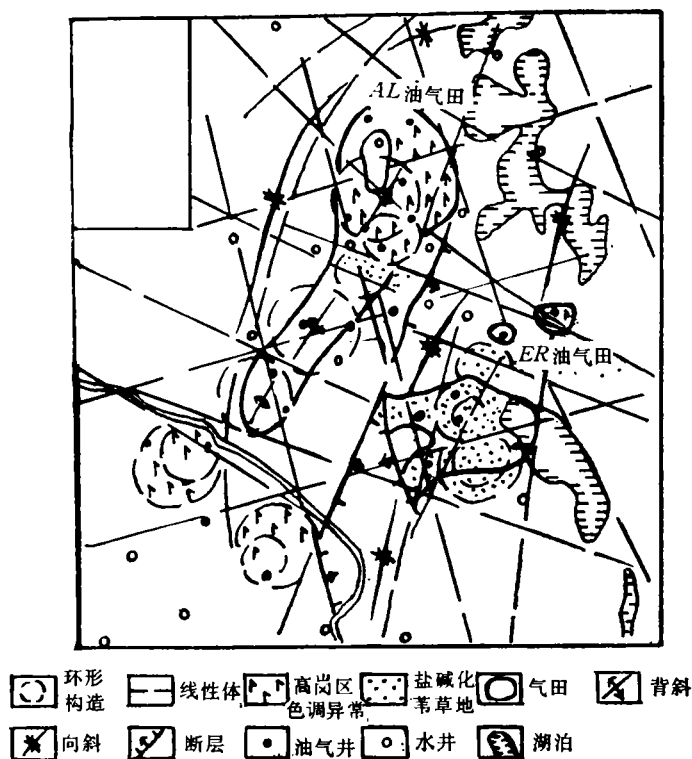


图 3 AL-ER 油气田遥感地质示意图

Fig. 3 Remote sensing geological map in AL-ER oil-gas field

散状的无对应关系。由已知油气田和构造的色调形态统计分析(表 3)可知,工业油气田都具环形色调异常,不具这一特征的构造则为油气显示或含水区。

按照线、环、色组合类型分析,本区有两种油气圈闭影像识别模式:一种是受北北东向断裂线性体带控制的 ν -一环一色模式,一种是受北东,北北东向;北西方交叉断裂线性体带控制的X-一环一色模式。

北北东向线性体带反映了控制下白垩统盆地沉积的早期压扭性断裂,喜山期有一定的继承性活动。在构造图上, ν -一环一色模式东侧主干断裂带对应平直的向斜陡坡或断层,西侧弧形线性体带反映北端向东收敛的向斜,油气圈闭位于中间短轴背斜上,呈两凹夹一凸构造形态。因受北西向横断层交切,短轴背斜在图像上呈北北东向环群,每一个环反映了一个独立的油气圈闭,它们反映了这是一种受平移断层牵引引起、又遭受后期改造的同生构造,例如 AL-ER 油气田(图 3 和图版 I 图 4)。

某些北北东向断裂线性体反映了早期生长断层和阶梯状断层,它们成为控制早期油气分布的滚动背斜或断阶构造带。受基底构造控制的北西向断裂在晚白垩世和喜山期强烈活动,它们成为控制油气二次运移的主要通道,形成了北西向的油气圈闭构造带。在图像上表现为受交叉断裂控制的 X-一环一色模式,例如克尔台邻近的 ADH 构造(图 5,图版 I 图 6)。按其断裂线性体的构造控制性质,又可划分为二个亚型:阶梯断层 X-

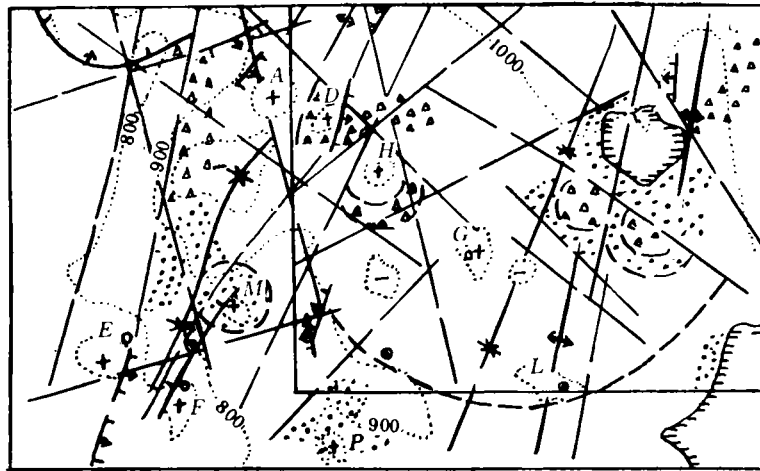


图 5 克尔台地区遥感地质示意图(方框为图 6 的位置)

Fig. 5 Remote sensing geological map of Keertai field

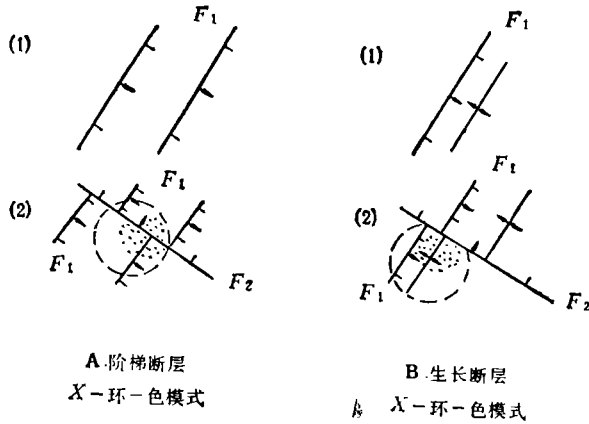


图 7 X-环-色模式图

Fig.7 X Ring structure hue anomaly assemblage model

环-色模式和生长断层 X-环-色模式(图 7)。

2.4 预测效果

按照油气勘探管理规范要求,钻井施工必须以地震资料为依据,因此,目前不可能为验证遥感油气色调异常而施工钻井,只能用预测待施工的钻井来检验其预测效果。油田部门新施工三口钻井:一口气井和一口水井同所在部位的色调区完全一致,另一口井位于具少量油气色斑的环形构造上,但施工部位无油气色调异常,特征不明显,预测时模稜两可,钻井证实为一油井。其特征不明显的原因是因为该处为一高岗荒地,未形成常见的

土壤和植被异常。

3 讨论

烃类及其伴生组分的垂向微渗漏作用引起的地表土壤及植被变化,是引起油气圈闭上方油气色调异常的原因,但因不同油气田的烃类及其伴生组分的组合类型、压力、浓度、油田水类型、活动性、地表景观和物候条件的千差万别,其色调异常也是复杂多变的。前文已述,东北地区有低凹草地盐碱化和高岗白杨树干草地两种油气色调异常类型,而在苏浙沿海第四系浅层天然气苗附近往往庄稼长势差,被称作“火烧地”;苏北草舍油田的芦苇长势旺盛、苏北西部广大地区内的油气田都有较一致的色调异常,其形成原因尚不清楚;苏南句容地区的色调异常则同植被和丘陵地区的微地貌综合因素有关¹⁾。因此,在油气色调异常研究中不存在固定的遥感变量组合,在景观、物候、油气田类型相似的地区可以参考已知模式,在景观、物候、油气田类型不同的新区,必须从已知到未知,用数理统计方法,优选变量,建立模式,才能有效地进行油气预测。在不同地区有不同模式,今后,在其它地区可能发现除 ν -环-色和X-环-色以外的新的模式。

油气色调异常的形成机制决定了它同油气化探一样,具有不可避免的多解性。除了前述油田水地表排泄扩散外,还有烃类垂直运移过程中的向外喇叭状扩散和沿断层裂隙带的斜向散逸,这必然扩大油气色调异常的分布范围。此外,更应注意上覆岩层对烃类分子渗移过程中的不同屏蔽作用。例如纯盐岩和混有陆源杂质的盐岩对烃气的遮挡作用和可透性是不同的,不同结构的粗玄岩也有不同遮挡性和可透性。炭质岩可成为非油气层的烃气源,它既可富集甲烷、乙烷和异丁烷等同系物,又可遮挡正丁烷及以上的高分子烃²⁾。因此,在油气遥感预测中,除了尽量采用线、环、色模式外,必须充分结合地质和物化探资料,进行综合预测,以提高预测的成功率。

通过以上分析可以得出如下结论:利用TM数据同已知油气田的相关分析处理所得的油气色调异常,反映了油气田地表的土壤和植被变化。用这一方法可以有效地区分油气水分布区。油气水色调异常判读既有主趋势,又有多解性。色调异常的形成与烃类及其伴生组分的垂向微渗漏迁移作用引起的一系列地球化学变化有关,用油气圈闭的线、环、色影像识别模式进行油气预测,可以减少单一线、环、色油气预测的多解性。

1) 杨金根. 句容盆地的遥感地质特征和油气综合勘探. 地质矿产部石油地质综合大队编印. 石油和天然气地质, 1993, (3).

2) 依·斯·斯达罗别涅兹著(赵文献译). 油气化探的理论基础. 地质矿产部石油地质综合大队编印. 油气化探, 1987, (4).

The Synoptic Analysis for the Effectiveness of Oil and Gas Remote Sensing Forecast

Yang Jingen

(6th Geophysical Prospecting Brigade, East China Bureau of Petroleum Geology, Nanjing)

Abstract The hue anomaly for oil and gas are controled together by the geomorphic and Quaternary sediment, vegetable and the condition of oil and gas content. The interpret for the hue anomaly is either with the majortrand or with the polysemy. The formation for the hue anomaly is related to the condition of draining water in the varied earth surface shape and the microseepage of the hydrocarbon and its assoiated compositions. The agreement rate that are interpreted for remote sensing hue anomaly of western Song-Liao basin slope may amount to 83% for oil and gas, 63% for the indication of oil and gas, and 76% for water. The image distinction model of trap structure for oil and gas that are made up line, ring and hue anomaly, it may improve on interpretative precision for oil and gas and water, and reduce the polysemy for oil and gas remote sensing forecast.

Key words Hue, Image interpret model, Ring structure