

泌阳凹陷航空伽马能谱测量油气 普查试验效果

徐东宸

(地质矿产部航空物探遥感中心, 北京)

伽马能谱测量是一种非地震勘探技术。作者等在泌阳凹陷对这一技术进行了试验, 发现凹陷内已知油田大都呈现清晰程度不等的低值异常。

关键词 泌阳凹陷 航空伽马能谱测量 非地震勘探

作者简介 徐东宸 男 52岁 高级工程师 航空物探

由于我国油气勘探工作的需要和航空物探地质应用领域的发展, 航空 γ 能谱测量技术作为一种快速、经济的非地震找油方法, 近年来又再次引起人们的关注。本文在区域 γ 场解释基础上, 对泌阳凹陷内的双河、井楼等已知油田的 γ 场形态和铀、钍、钾元素分布特征进行了剖析, 建立了本区油气藏放射性异常基本模式, 发现了一批可能与油气藏有关的放射性异常, 为本区优选找油靶区、预测油气远景、检验航空 γ 能谱测量直接找油效果, 提供了信息。

一、泌阳凹陷伽马场特征及异常拾取原则

位于河南境内的泌阳凹陷, 是我国早第三纪陆相断陷盆地中有名的“小而肥”产油区, 是物化探找油方法合适的试验场地。

为了试验航空 γ 能谱直接找油效果, 曾在区内进行了测线距为1 km的航空 γ 能谱测量, 编绘了总计数率(TC)、钾(K)、铀(U)、钍(Th)参量平剖图和TC剩余异常图, 为研究区域 γ 场特征, 拾取油气异常提供了系列能谱图件。

1. 区域 γ 场特征

泌阳凹陷的 γ 场形态, 较南阳凹陷平稳、单调。表1列举的数据反映了泌阳凹陷及北部邻区的 γ 场强度和放射性元素的分布特点。

经统计, 位于泌阳河以南、夹河以北地区的中更新统洪坡积亚粘土, 总计数率和钾、铀、钍含量分别为 $TC=1244\pm 47c/s$, $K=1.63\pm 0.08\%$, $U=1.8\pm 0.3\text{ ppm}$, $Th=10.8\pm 0.8\text{ ppm}$ 。钍、钾两者含量比较稳定。铀含量变化较大的原因(相对误差为17%), 与区内铀含量较低、涨落误差较大有密切关系。上更新统冲洪积亚砂土主要分布在夹河两侧的狭长地带和安棚等地, 范围较小, 分布零星。以凹陷北部的郭集-饶良一带的 Q_3 为例, $K=1.48\pm 0.12\%$, $U=$

表1 泌阳及南阳两地区区域伽马场特征

构造单元	TC		K		U		Th	
	$\mu_{TC} \pm S_{TC}$ (cps)	相对误差 (%)	$\mu_K \pm S_K$ (%)	相对误差 (%)	$\mu_U \pm S_U$ (ppm)	相对误差 (%)	$\mu_{Th} \pm S_{Th}$ (ppm)	相对误差 (%)
泌阳凹陷及北部邻区	1173±42	3.5	1.54±0.17	11	1.8±0.1	5.5	9.6±0.7	7.3
南阳凹陷及西部邻区	1299±109	8.4	1.61±0.14	8.3	2.3±0.5	21.7	10.8±0.7	6.5

1.7±0.4 ppm, Th=10.2±0.6 ppm, TC=1156±48c/s, 比 Q₂ 总计数率和钾、铀、钍含量分别下降 7.1%、9.2%、5.6%、5.6%。

沿夹河、泌阳河呈带状分布的全新统冲积层,其 γ 场形态较中、上更新统截然不同。由于地表水对 γ 射线的屏蔽吸收,铀钍含量沿河流均显示低值尖峰。钾含量沿河流显著升高,这是由河床两侧阶地及河漫滩中堆积的富含钾矿物的砂砾石引起的。经统计, Q₄ 平均钾含量为 1.65%,最高达 3.3%,比土壤正常钾含量高出一倍左右。钾含量及总计数率升高部位多位于上游河道狭窄地段,因航放探测圆域半径较大,故河床两侧沉积的富钾岩石碎屑均反映为高值条带,如夹河、泌阳河等地。下游地区因河床加宽、泥质成分增多,成分渐变复杂,故钾含量及 γ 场强度比上游明显下降,且多呈片状分布。

纵观泌阳凹陷 γ 场全貌,本区第四系的 γ 场一般规律是:全新统冲积层的 γ 场强度和钾、铀、钍含量最高(表2),其次是中更新统洪坡积层和上更新统冲洪积层。

表2 第四系放射性元素分布特征

时代及成因	主要成分	统计 点数	总计数率 (c/s)		钾 (%)		铀 (ppm)		钍 (ppm)	
			TC	S _{TC}	K	S _K	U	S _U	Th	S _{Th}
中更新统洪坡积层	亚粘土	100	1244	47	1.63	0.08	1.8	0.3	10.8	0.8
上更新统冲洪积层	亚砂土、亚粘土夹砂层	75	1156	48	1.48	0.12	1.7	0.4	10.2	0.6
全新统冲积层	砂、砾石及亚砂土、亚粘土互层	79	1250	44	1.65	0.21	1.9	0.4	10.4	0.9

2. 局部异常拾取原则

大量文献和众多实例说明了这样一个事实:在已做放射性测量试验的油气田中,有 70% 左右的油气田反映为放射性低值异常,另有少数油田则显示放射性高值或无任何反映。在拾取可能与油气藏有关的局部异常时,人们首先着眼于对微弱放射性低值异常的研究,其次才是微弱的高值异常,其原因就在于放射性低值异常与油气藏相关性较好,符合率较高。

实践表明,为了能准确拾取油气异常,应特别重视一直被认为是干扰因素的区域 γ 场在局部异常筛选中的作用。因为正确地解释区域 γ 场的成因,不仅对各种干扰因素的 γ 场特征和局部异常产出的区域背景资料有一全面、系统的了解,而且还可对局部异常评价和区分异常真伪提供重要线索。很难想像能在 γ 场复杂、干扰因素众多且又解释不清的区域 γ 场中筛选出较为可靠的异常。相反,在“干净”的背景场中才有可能通过高灵敏度航空 γ 能谱探测系统发现 γ 场强度和放射性元素含量的微弱变化,筛选出较为可信的异常。

以本区为例,以下几种 γ 场形态多与本区油气藏无关:

(1) 范围很大,形状不规则的低值区(带),多与岩性和土壤潮湿等干扰因素有关。

(2) γ 场方差较大,相对落差大于一般油气藏正常变化范围的低值异常,多是由区内前新生界基岩或基岩残坡积层引起的。

(3) 与地表水流向或与岗间洼地走向一致的低值区(带), 多与地貌影响有关。

基于以上分析, 结合区内已知油田的放射性异常特征, 就本区油气异常的拾取原则归纳了4条标准:

(1) 异常区的 γ 场强度较背景场降低幅度多小于20%, 且测线间 γ 场变化不大, 连续性较好。

(2) 有与一般油气田上方放射性异常理想模式大体相似的 γ 场特征, 即低值区外围有被清晰程度不一的升高 γ 场所包围, 平面上多呈现封闭较好的环形或半环形。

(3) 低值异常的放射性元素分布特征表现为总计数率和铀含量降低; 或总计数率、铀、钾含量降低。

(4) 干扰因素少, 且处于油气聚集有利区。

二、已知油气田的航空伽马能谱特征

深入分析已知油田的放射性特征, 对探讨航空 γ 能谱找油效果和解释未知地区的异常成因, 具有重要意义。作为例证, 应首推区内已开采多年的双河油田, 其次是尚未正式开采的井楼油田。

1. 双河油田

该油田是本区范围最大的主力油田之一, 已探明含油面积约30 km², 油层埋深1300—2400m。生储岩系由下第三系核三段厚层块状砂砾岩、砂岩及灰色泥岩、页岩、油页岩组成, 与双河鼻状构造相配置, 构成岩性上倾尖灭油藏。

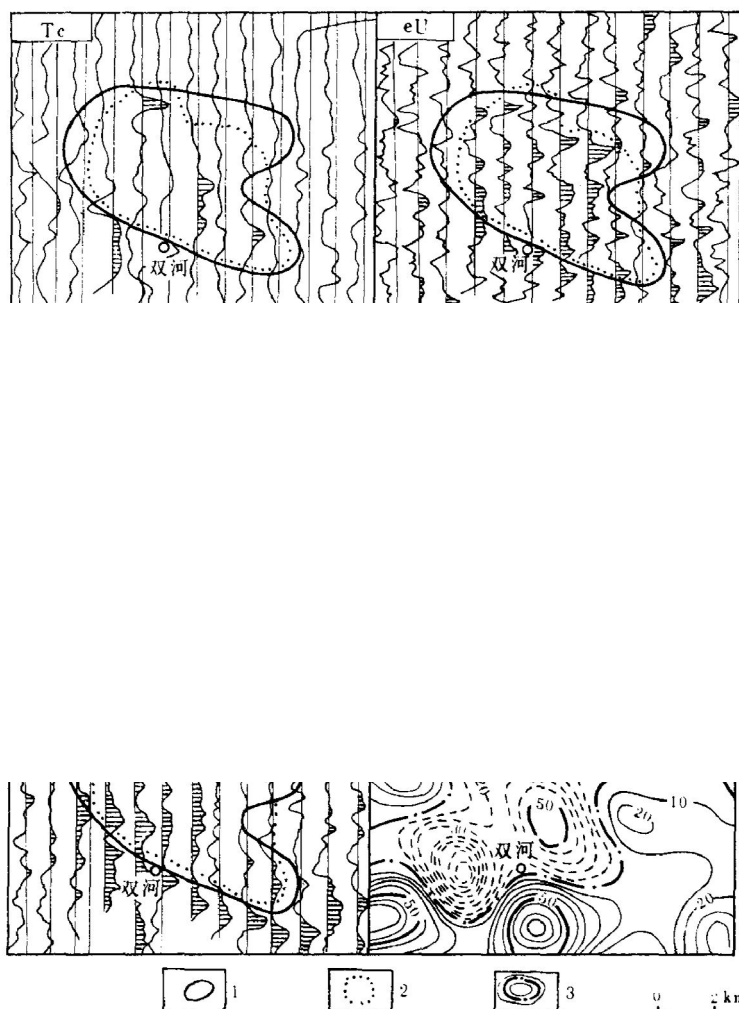
位于上述地质背景中的双河油田, 其 γ 场特征与四周迥然不同。经统计, 油田上方的总计数率(TC)较外围下降13—20%, TC剩余异常反映明显, 低值异常范围与油田基本吻合。如以泌阳凹陷区域 γ 场为背景, 则相对落差达11%, 其下降幅值为区域方差的3.1倍, 置信度大于95%, 即无论选择何种背景场, 油田上方的总计数率均较四周显著降低(图1)。

油田南部边缘的高值异常带, 其钾含量升高, 铀、钍含量降低, 经地面检查证实, 由沿夹河两岸分布的富钾岩石碎屑引起。异常北部边缘的环形 γ 场较外围仅升高约5%, 虽反映不明显, 但与低 γ 场相互映衬, 使双河油田低而变化的 γ 场形态显示得比较清晰。

双河油田的铀含量虽涨落误差较大, 但仍有明显降低趋势, 与泌阳凹陷区域铀含量相比, 下降约17%。钾、钍含量反映不明显。图2是沿11010航线穿过油田实测的地面 γ 能谱综合剖面, 其中总计数率(TC)、铀含量(U)和U/Th、U/K比值在油田上方均反映为低值, 而钾、钍含量及K/Th比值则无反映, 这与空中测定结果非常吻合。图2中还表示了11010测线的地面 α 卡测量结果, 它与空中及地面 γ 能谱测得的 γ 场形态相似, 即高值计数位于油田的边界, 而油田区内的氡计数(²²²Rn)同样显示为相对的低值区。

另据有关资料报道, 双河油田的有机组分异常反映得比较明显, 综合化探异常范围与油田基本吻合(图3)。这说明本区航空 γ 能谱测量效果与地面油气化探测量一样, 都可指示油气存在的信息。

总之, 双河油田的航空 γ 能谱异常反映得比较清晰, 提供了多种油气信息, 具有与油藏上方理想模式相似的 γ 场特征, 且经地面检查, 未发现有明显干扰因素。因此, 将该低值异常解释为油气藏引起, 其依据是充分的。

图1 双河油田的航空 γ 能谱特征

TC—总计数率平剖图, K—钾含量平剖图, Th—钍含量平剖图,

U—铀含量平剖图, ΔT —航磁 ΔT 平剖图, B—TC剩余异常图,

1—航放异常位置, 2—油田范围, 3—剩余异常零值线及正负等值线

2. 井楼油田

该油田位于泌阳凹陷的北部斜坡, 是1985年发现的一个以背斜圈闭为主的断背复合型油气藏。最浅处孔深200多米即见油层。

根据总计数率平剖图圈定的低值异常范围约18 km², 与井楼油田现已探明的油田面积重叠约80%。异常相对落差为8%, 下降幅值为区域方差的2.4倍, 置信度大于95%。该低值异常虽落差较小, 但因 γ 场形态平稳, 连续对比性较好, 故在总计数率(TC)平剖图、TC剩余图和铀含量平剖图中都反映得比较清晰。

油田区内的钾、钍含量变化不大, 分别为1.5%和11 ppm, 接近于土壤的正常含量。唯铀含量较外围降低0.5 ppm, 比泌阳凹陷区域铀含量下降约17%。油田边缘的总计数率和铀含量均显示微弱的高值, 整个异常显示得比较清楚(图4)。这说明井楼油田和双河油田一样, 油田上方 γ 场降低的原因均与铀镭系列的衰变子体——²²²Rn、²¹⁴Pb的变化有密切关系。

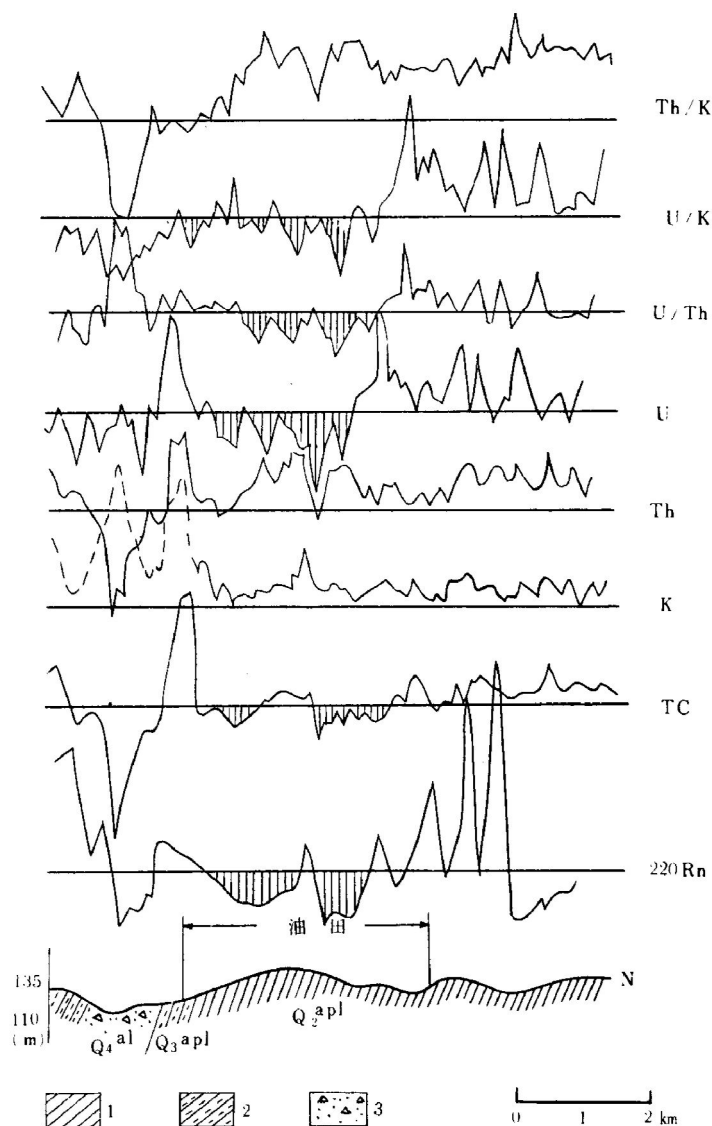


图2 双河油田综合剖面图

1—Q₂ 褐色亚粘土, 2—Q₃ 黄褐色亚砂土, 3—Q₄ 砂砾石(地面 γ 能谱剖面引自成都地质学院实测资料, 地质剖面由我们实测。)

三、试验效果

泌阳凹陷航空 γ 能谱测量“直接找油”效果, 可概括为以下3个方面:

1. 建立了本区放射性油气异常的基本模式

如上所述, 区内已知油田大都反映出清晰程度不等的低值异常, 其 γ 场及放射性元素分布的一般规律是总计数率(TC)和铀含量(U)同步下降, 且两参数的低值范围大体相同。而钍、钾元素含量变化多不明显, 因研究不深, 故尚未发现有何规律。

已知油田或与油气藏有关的放射性异常衬度一般为90%左右, 最低约80%。总计数率下

降幅值大于区域 γ 场的2倍方差,置信度大于95%。围绕低值异常边缘与油气田最大油水边界相对应的环形升高场多反映不明显,且 γ 场强度较弱,比背景场升高幅度多不大于5%。该环形升高场在铀含量平剖图中比总计数率平剖图中要清晰一些,但不及地面 γ 能谱资料显示的清楚。

2. 发现了一批放射性油气异常

根据区内已知油田的放射性异常特征和拾取油气异常的4条标准,全区共发现了11处放射性油气异常,总面积约194 km²,约占泌阳凹陷有效勘探面积的27.7%。其中油气藏异常有3处,可能与油气藏有关的异常有8处。其共同特点是 γ 场形态及放射性元素分布特征相似,且都位于油气聚集的有利区带。经统计,与已知油田或含油区块大部或部分重叠的放射性低值异常或高值异常范围约52 km²,

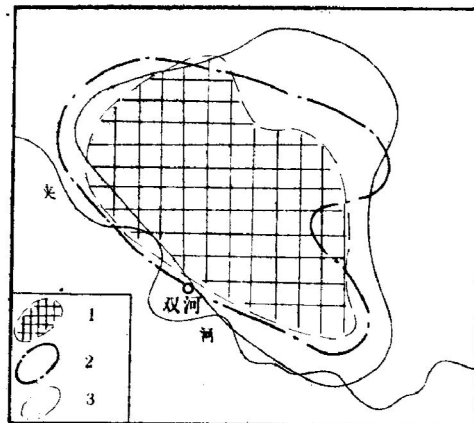


图3 范围对比图

1—油田, 2—航放低值异常 (TC 及 ²¹⁴Bi) 范围, 3—综合化探异常范围 (有机组分、微量元素、盐分异常等)

符合率达74%。如果剔除与已知油田重叠的异常范围,尚有142 km²的放射性异常面积可作为寻找油气剩余资源的重要靶区 (图5)。

3. 揭示了泌阳凹陷油气分布规律

按上述模式拾取的11处航空 γ 能谱异常,大都分布在泌阳凹陷的南部边缘和北部斜坡。这些放射性油气异常围绕着生油中心呈环带状展布的现象,与已知油田的平面分布特征基本相同。这不仅说明泌阳凹陷油气资源丰富,油气运移范围广泛,符合同生断陷盆地油气聚集、分布的一般规律,而且从另一侧面反映了航空 γ 能谱测量油气普查试验效果,进一步提高了放射性油气异常的可靠程度 (图5)。

四、结 语

泌阳凹陷油气资源丰富,生、储、盖层组合优越,故在此区内开展航空 γ 能谱测量有其重要意义。

如上所述,本区航空 γ 能谱测量效果显著,从一个方面客观地提供了有无

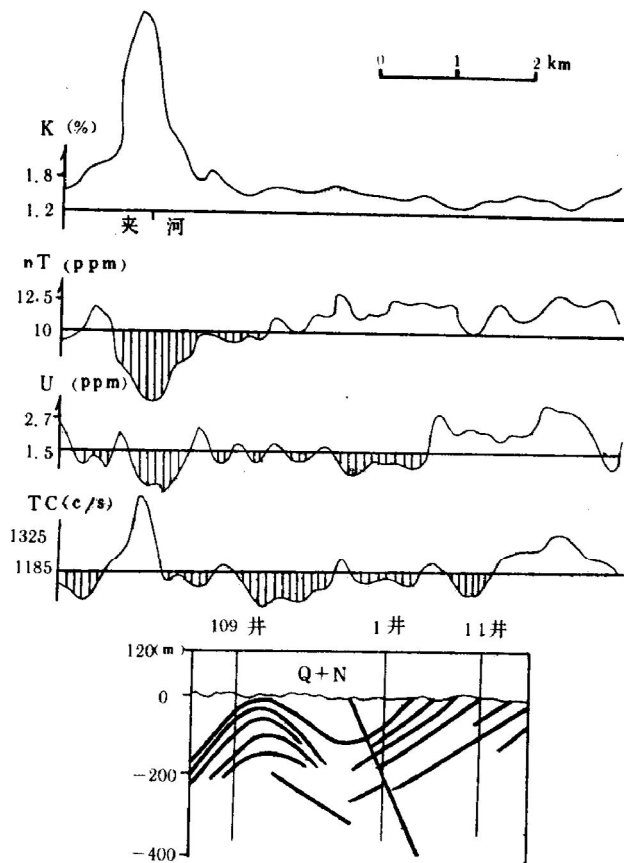


图4 井楼油田综合剖面图

该剖面相当于10910测线。油藏剖面系根据《泌阳凹陷油气藏形成条件及分布规律》报告附图缩制而成,图中油层厚度已不准确。

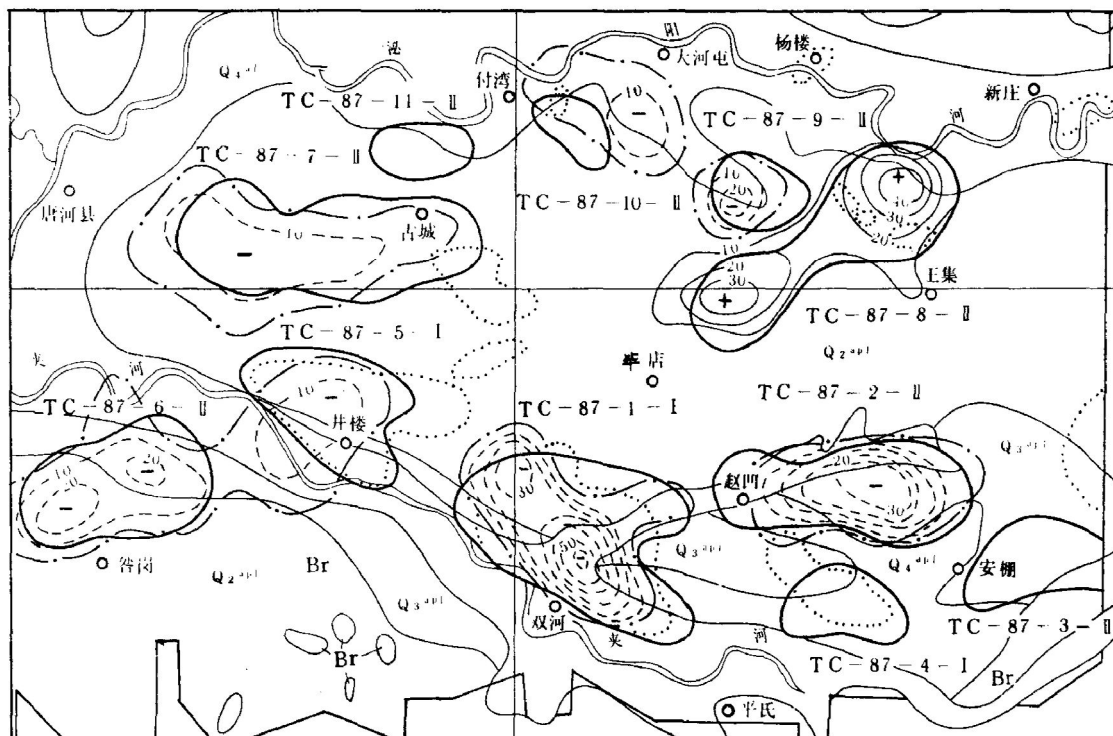


图5 泌阳凹陷航空 γ 能谱异常分布图

油气存在的信息,指出了找油方向,圈定了找油靶区。作为一种非地震找油方法,为了能在油气勘探中得到广泛应用,除应继续深入研究与寻找油气有关的航空 γ 能谱测量各种方法技术外,油田勘探开发部门的重视也是一个重要因素。如果能在油气普查勘探中,采用高精度航空磁力及 γ 能谱综合测量——地面放射性异常查证——地震勘探——井探立体勘探模式,定会加快勘探步伐,获得明显的经济效益。

APPLICATION OF AERIAL γ -SPECTROMETRY IN EXPERIMENT OF HYDROCARBON EXPLORATION IN BIYANG DEPRESSION

Xu Dongchen

(Centre of Airborne Geophysical Survey and Remote Sensing,)

Abstract

The experiment of hydrocarbon exploration by means of aerial γ -spectrometry is carried out by the author and others. The result shows that there is a clearly low value anomaly of different degree over the Quaternary System of the oilfields in the depression.