

土壤电导率方法寻找油气田的应用效果

贾国相

(中国有色金属工业总公司矿产地质研究院, 桂林 541004)

电导率(κ_s)用于寻找油气田(藏),主要是根据油气田(藏)上方发生的氧化还原作用产生的磁电流,加之油田水作用在油气田(藏)两侧形成了氧化柱。氧化柱中的金属离子在向上扩散,迁移过程中,旁侧地层中的部分阳离子随之进入氧化柱,促使氧化柱内的电导率增高。这些地球化学过程的长期作用,在围绕油气田(藏)周缘的地表形成 κ_s 环状异常。环状异常内侧的高背景区为指示油气田(藏)的有效分布范围。

关键词 油气田 氧化柱 电导率 环状异常 找矿效果

作者简介 贾国相 男 39岁 高级工程师 地球化学

电导率(κ_s)是一个物理化学参数,将该参数用于找固体矿是澳大利亚 G. J. S. Govett 首先提出的。近几年我们将该方法用于油气化探领域寻找油气田(藏)取得了可喜效果(目前国内、外未见报道)。已知油气田上方土壤电导率测量结果表明, κ_s 异常对油气藏储存部位有明显地指示作用;在未知区的试验研究取得了良好的找矿效果。与常规油气化探方法相比,该方法具有方法简便、成本低、见效快等优点,展示出其具有广阔的推广应用前景。本文就油气田(藏)上方 κ_s 异常形成机理、异常模式及其应用效果作简单介绍。

1 κ_s 异常形成机理及其模式

1.1 油气田上方土壤 κ_s 异常形成机理

最初的研究结果认为,土壤电导率(κ_s)异常是壤中水溶性离子总和的反映,即壤中水溶性离子越多,其 κ_s 值越大。通常 κ_s 值的大小主要由 Ca^{2+} 、 Na^+ 、 SO_4^{2-} 、 Cl^- 、 CO_3^{2-} 、 HCO_3^- 等离子的含量所决定。因油田水测试结果表明,其中主要离子有 K^+ 、 Na^+ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、以及 Cl^- 、 SO_4^{2-} 、 CO_3^{2-} 、 HCO_3^- 等(表1),为在油气田(藏)周边土壤中形成 κ_s 异常提供了物质条件。

表1 百色盆地某些钻孔中油田水离子含量(g/L)

井号	取样深度(m)	$\text{K}^+ + \text{Na}^+$	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Cl^-	SO_4^{2-}	CO_3^{2-}	HCO_3^-	总矿化度	
雷6	E _{3a}	600	25.62	0.45	0.15	2.65	1.23	—	22.34	52.44
百35-2	E _{3b}	1288	12.27	2.12	0.40	1.83	1.44	1.66	9.8	29.58
新花8	T ₂	1953	14.48	0.38	0.10	1.96	2.31	—	10.69	29.92

最近的研究结果认为,油气田(藏)周边 κ_s 异常的形成除与油田水中富含阴、阳离子有密切关系外,油气田(藏)两侧发生的氧化还原作用也是重要因素之一。

石油各成分总体为弱酸性液体,其pH值为5.01~5.89,平均值为5.45。当生油岩生成

的石油、天然气通过运移到达有利于油、气聚集的圈闭构造环境中储存后，便成为一个相对封闭的弱酸性体系。虽然该体系一般不与外界发生明显的地质作用，而处于一个相对稳定的还原环境，但是也需与其毗邻环境进行某种形式的物、能交换作用，才能使该体系与外界保持相对稳定的动态平衡。如果把油气田(藏)所处的还原环境看成是一个“还原柱”，则油气田(藏)周边地带即为“氧化柱”。由于储油气的圈闭构造绝大多数是由致密的砂岩体或砂岩层所组成，其本身富含多种金属离子，当携带大量阴离子和少量阳离子的石油、天然气进入砂岩形成的储油构造后，油气中的有机阴离子和岩石中的金属阳离子必向其界面运动而产生电流，形成电子场。在电子场作用下，不断产生阴、阳离子的带入带出，从而在还原柱(油气田)周边形成明显的“氧化柱”，其部位多处在储油构造与油田水交接的过渡带(图1)，从而使油田水中的阴、阳离子也向氧化柱运移，增强了氧化柱内的离子浓度。在地电场、构造、地下水及离子浓度差等因素作用下，氧化柱内的阴、阳离子不断地向上扩散、迁移，使氧化柱随

之向上延伸。在这过程中，氧化柱所通过的地层中的部分金属离子亦进入氧化柱，使之离子浓度进一步增强，这种作用可直至地表土壤。由此可认为分布在油气田(藏)两侧或周边的电导率(κ_s)异常是油气田(藏)与油田水的过渡带形成“氧化柱”作用的结果。

1.2 油气田地表土壤 κ_s 异常模式及意义

图1的上方是油气田(藏)中 κ_s 异常的理想分布模式。在剖面上，异常呈双峰状，或称为“兔耳”状异常，两峰之间的高背景区指示油气藏的赋存部位，两峰外侧的低背景区为无油气区；在平面上， κ_s 异常呈环状，被异常圈闭的高背景指示深部油气藏的分布范围。在实际工作中，油气田边缘的 κ_s 异常并不呈完整的环状，即在平面上 κ_s 异常多呈港湾状、半环状和不规则环状。这是因为前述氧化柱中的阴、阳离子在向上迁移、扩散过程中，受上覆地层的组构、温压条件、断层和裂隙发育程度等诸多因素的影响，而导致 κ_s 异常发生偏移。但总体上看， κ_s 异常仍呈环状，环的内侧即指示油气田(藏)的分布范围。

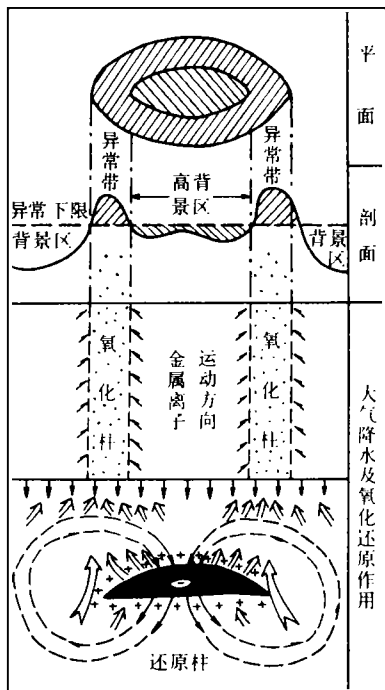


图1 油气田周围 κ_s 异常形成机制及其理想模式分布图

1. 油气藏储存部位; 2. 阴、阳离子运动方向; 3. 电子流动方向; 4. 氧化柱形成 κ_s 异常的平面投影; 5. κ_s 高背景区指示的储油范围

2 工作方法

2.1 野外工作方法

应用土壤电导率方法普查寻找含油盆地或地区，可采用 1000m×1000m(或 500m×500m)的点距采集土壤样品；若用于面积性普查评价或者评价构造圈闭含油性地区，采样点距控制在(250~500m)×(250~500m)为最佳。采样深度一般控制 120cm~150cm 左右为宜，在潜水面较低的地区，采样深度以潜水面上部为限，在新区开展土壤电导率测量，要根据当地的地球化学景观条件通过试验确定采样深度。土壤样的加工粒度最好在 100~120 目。

2.2 室内测试方法

测试仪器主要有电导率仪、酸度计、磁力搅拌器、电导电极、离子交换纯水器等。

样品测试前要制备好蒸馏水或去离子水,用酸度计做标准定位,测定纯水的 κ_s 值。

测定时称取 1g 土壤样品放 100mL 的烧杯中,加入 50mL 的蒸馏水(或去离子水),再加入特殊化合物,在磁力搅拌仪上搅拌 1min,然后将电导电极插入溶液中,过半分钟后测定溶液的电导率值。土壤的电导率值用下式计算。

$$\kappa_s = \kappa_A - \kappa_B$$

式中 κ_A 为所测土壤样品溶液的 κ_s 值; κ_B 代表纯水的 κ_s 值。

3 土壤电导率法找油气(藏)的效果

3.1 百色盆地花茶油气田

百色盆地是在南盘江拗陷基础上发育起来的新生代内陆断陷盆地。盆地基底地层为中三叠统板纳组或兰木组,盆地内的地层自下而上为六咀组、洞均组、那读组、百岗组、伏平组、建都岭组和第四系土壤覆盖。

那读组为该盆地石油、天然气的主要生油气层。那读组、百岗组和基底潜山为盆地内主要聚集层。花茶油气田正好储藏在该地层中,以断块油气藏为主。在该油气田上方土壤中检测到比较好的 κ_s 异常,其异常形态主要在油气田周边形成非常明显的港湾状、半环状异常(图 2)。港湾状、半环状 κ_s 异常圈闭的地区指示花茶油气田的分布范围。

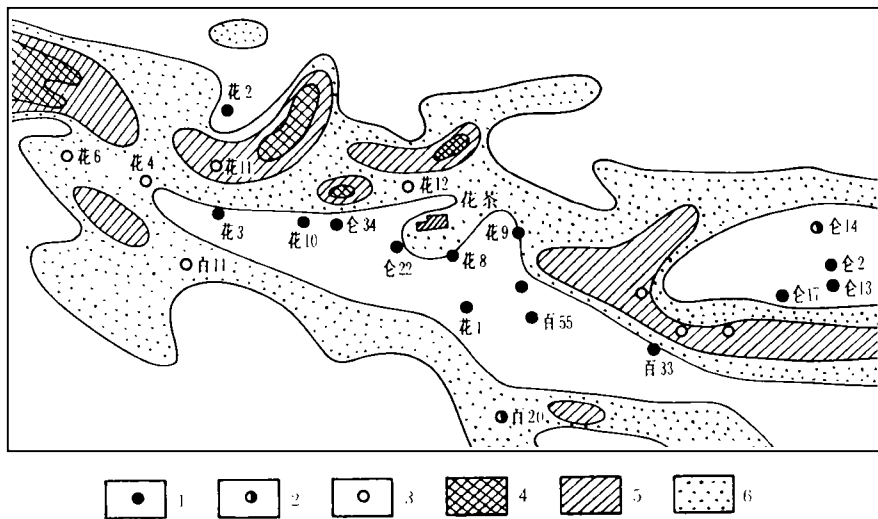


图 2 百色盆地花茶油气田 κ_s 异常平面图

(据中国有色金属工业总公司矿产地质研究院,1989)

- 1. 工业油流井; 2. 油气显示井; 3. 无油干井; 4. κ_s 异常内带;
- 5. κ_s 异常中带; 6. κ_s 异常外带

从图 2 中看出, κ_s 异常的分布规律和异常结构的完整性要比常规化探方法检测到的土壤吸附烃组份(C_2^- 、 C_1H_4 、 C_2H_6 、 C_3H_8 等)的异常好的多(图 3)。这说明油气田上方所形成的 κ_s 异常分布特征与 κ_s 异常找矿模式完全吻合,异常模式用于寻找油气田(藏)是有效的。

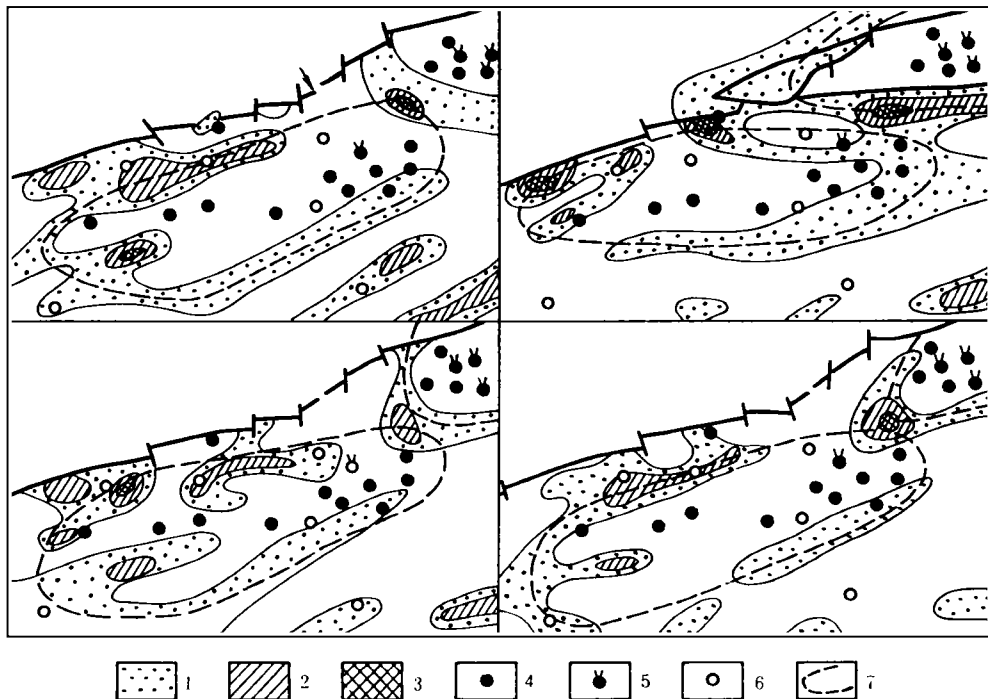


图3 百色盆地花茶油气田烃类组份异常平面图

(据中国有色金属工业总公司矿产地质研究院,1989)

1. 异常外带;2. 异常中带;3. 异常内带;4. 工业油流井;
5. 工业油气井;6. 无油干井;7. 异常圈定油气田范围

3.2 阳信洼陷商店油气藏

阳信洼陷属于渤海湾盆地的一个次洼。位于济阳拗陷西部、惠民凹陷内的次洼,北部为埕宁隆起、东部为沾化次凹陷与滨县凸起。洼陷内地层主要有下古生界寒武系(ϵ),中奥陶统(O_2),新生界第三系孔店组(E_k)、沙河街组(E_s)、馆陶组(N_g)、明化镇组(N_m)和第四系冲淤积物。沙河街组的沙二段至沙四段为该区主要生油气地层。该区被称为30年未突破的老大难地区,1991年首次应用 κ_s 方法,配合常规油气化探进行洼陷油气富集有利区段的评价研究,发现了91-1号异常远景区,后经阳16井钻探验证,在1315~1360m深处发现天然气日产50000 m^3 和30m厚的稠油层(图4)。

从图4可见, κ_s 异常在油气藏上方形成非常好的双峰异常,其异常不仅强度大,而且形态特征与吸附组份异常相似,异常双峰间的高背景区正好反映油气藏分布中心地段,而采用烃类异常则有位移,这表明 κ_s 异常在该油气藏上的指示效果比较好。

3.3 江泽演化型油气田

江泽油气田位于广西百色盆地西部的百色拗陷内,经勘探证实为演化型油气田。对该油气田内油气的演化可认为,当生油岩生成的石油和天然气,在经过二次运移到有利油气储存的江泽构造圈闭内储藏后,又因储藏中的石油、天然气受到地下某种地质和生物化学综合作

用的影响,导致储藏中石油绝大部分被演化(或者说被生物吃掉),最后在储藏中只剩下少部分残留石油和天然气,并以天然气为生。

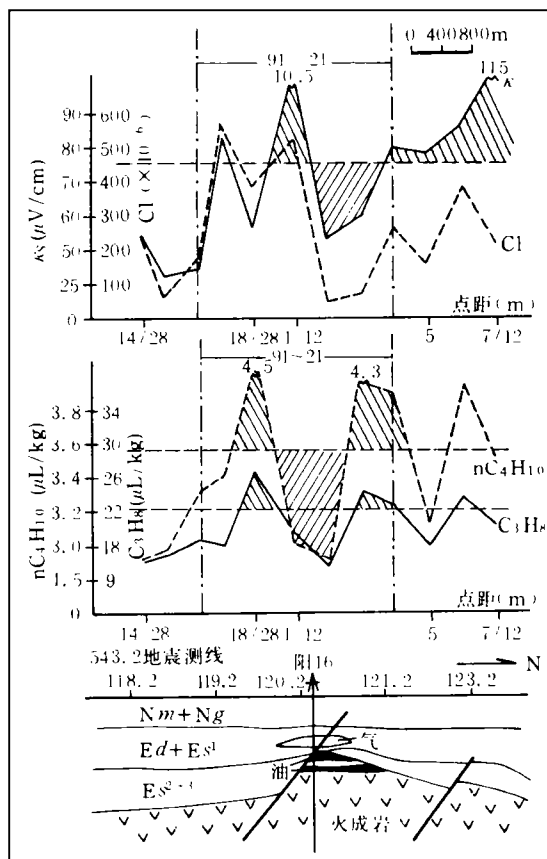


图4 阳信洼陷91-1号异常区内的 κ 异常剖面图
(据中国有色金属工业总公司矿产地质研究院,1991)

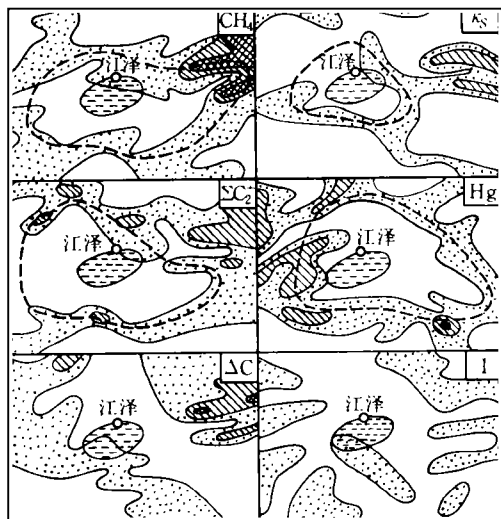


图5 江泽油气田综合化探异常平面图
1. 油田分布范围; 2. 异常外带; 3. 异常中带;
4. 异常内带

仅管如此,在该油气田上方,吸附烃组份中的 CH_4 、 ΣC_2 异常在油气田东、西、南三个方向形成宽阔的港湾状异常;另外, ΔC 和 I 异常其形态结构很不规则。唯独有 κ 异常主要仅靠油气田周边形成半环状异常(见图5)。这说明油气田已演化,而只剩下部分残留的油气, κ 异常也能比较有效地反映出来。

综上所述, κ 方法作为寻找油气田(藏)的非烃指标,应用于地表油气化学勘探领域寻找油气(藏),经实践证明具有比较好的指示效果。该方法的另一大优点为方法简单、成本低、见效快,具有广阔的前景。

(收稿日期 1993年6月1日)

APPLYING EFFECTS OF SOIL ELECTRIC CONDUCTIVITY IN SEARCHING FOR OIL AND GAS FIELDS

Jia Guoxiang

(Research Institute of Mineral Geology, China General Company of Nonferrous Metal Industry)

Abstract

Using electric conductivity (K_s) in searching for oil and gas fields (pools) is mainly based on the magneto-electric current of oxido-reduction happened on the upper position of oil and gas fields (pools) and oxidation column formed by oil-field wateracting on the both sides of the oil and gas fields (pools). With the metal ions in the oxidation column diffusing and migrating upward, part of cations in the side layer would enter the column and promotes the conductivity (K_s) of the column. Under such a long-term geochemical process it would bring about ring-abnormality of K_s around the peripheral surface of the oil and gas fields (pools). So high background area in the inner side of ring-abnormality indicates the effective area of the distribution of oil and gas fields (pools).