

油气田上建場曲线的解釋

建場法的应用

在地质地球物理勘探中建場法得到了广泛的应用。它主要用于确定基底面的起伏和埋藏深度。

最近还企图利用建場法解决其它方面的问题。例如在伽兹里油气田上研究用电法（特别是建場法）探测油气层。

伽兹里构造的沉积盖层几乎全部是由侏罗系，白垩系，老第三系，新第三系和第四系砂泥岩組成。地质断面的平均电阻率 ρ_m 及地层厚度的变化規律可利用电法資料来确定。

古生代基底是高电阻率标准层。基底上部为侏罗紀和白垩紀岩层（ $\rho_m = 4.2-7.3$ 欧姆米，厚度 1150—1500 米）。伽兹里气田的气层与白垩紀地层共生。伽兹里老第三紀的泥岩为低电阻层（ $\rho_m = 1.9-4.5$ 欧姆米，厚度达 200 米）。断面上部个别地段发育有新第三紀和第四紀的地层（ $\rho_m = 26-36$ 欧姆米，厚度 0—100 米）。

地电断面为 A 型（ $\rho_1 < \rho_2 \ll \rho_3$ ）或 H A 型（ $\rho_1 > \rho_2 < \rho_3 \ll \rho_4$ ）。在气田区内气层或全部白垩系岩层电阻率显著增高，比伽兹里构造外围部分要高 1.7—2 倍。

分析 A 型 $\rho_3 \rightarrow \infty$ 的三层建場理論曲綫說明，这种类型曲綫在右支上升之前沒有极小值。可以很好地利用曲綫的极大值帶，因为靠近接收綫圈水平不均匀对其影响很小。接收綫圈平面的非水平状态或偶极装置大小有些誤差对这一段（曲綫极大值）几乎是沒有影响的。并且建場曲綫极大值縱座标是最明显的有用信号（建場曲綫微分最大值部分）。因而建場曲綫极大值縱座标 ρ_{rmax} 可以作为說明断面特征的一种标准。

当第一层参数（ ρ_1, h_1 为常数）和电极距（ r 为常数）不变，在增大标准层以上电阻率 ρ_2 而它的厚度不变（ $h_2 = \text{常数}$ ）的情况下， ρ_{rmax} 值則显著地增大（也就是 S 值减小）。

从表 1 可以看到，A 型断面建場曲綫 ρ_{rmax} 电阻率增加的情形，当 $\mu_1 = \rho_2 / \rho_1$ 增加 4 倍，

ρ_{rmax} 增大 2 倍，而 S / S_1 减小 2 倍。

表 1

$\mu_1 = \frac{\rho_2}{\rho_1}$	$\nu_1 = \frac{h_2}{h_1}$	$\frac{\rho_{rmax}}{\rho_1}$	$\frac{S}{S_1}$	注
2	4	2.4	3	ρ_1 等于常数
4	4	3.7	2	h_1 等于常数
8	4	4.8	1.5	$\frac{r}{h_1} = 22.6; \frac{r}{h_1 + h_2} = 4.5$

同样也可以看到建場曲綫当厚度 h_2 减小而 ρ_2 不变时的变化情况（表 2）。

表 2

$\mu_1 = \frac{\rho_2}{\rho_1}$	$\nu_1 = \frac{h_2}{h_1}$	$\frac{r}{h_1 + h_2}$	$\frac{\rho_{r \max}}{\rho_1}$	$\frac{S}{S_1}$	注
2	2	6	4.1	2	ρ_1 等于常数
2	4	5.4	3.1	3	h_1 等于常数
2	8	3	2.05	5	$\frac{r}{h_1} = 27$

不难看出，当第二层参数和电极距 r 不变，增大第一层电阻率 ρ_1 (h_1 等于常数) 或减少 h_1 (ρ_1 等于常数)，则 $\rho_{r \max}$ 增加 (S 减少)。

这样一来，三层 A 型建場曲綫极大值的增加在一定条件下取决于标准层以上的电阻率的增长，也就是油气层显示的一种重要标志。但是这是比較复杂的， $\rho_{r \max}$ 的变化分别取决于 ρ_2 和 h_2 的部分作用。这时电极距 r 应当不变或者将所有的 $\rho_{r \max}$ 换算为同一的极距*。

下面选建場法理論曲綫举例說明，它与伽兹里穹隆西边的断面（它的参数由电測井和鑽井确定）相当，这里气层很厚，假定建場的电极距为一常数。

图 1 的 a 曲綫 1 表示的断面是构造范围外面不含气层的 ($\rho_1=1$; $h_1=1$; $\rho_2=2$; $h_2=8$; $\rho_3 \rightarrow \infty$; $h_3 \rightarrow \infty$)；曲綫 2 相当于伽兹里构造的断面 ($\rho_1=1$; $h_1=1$; $\rho_2=2$; $h_2=8$; $\rho_3 \rightarrow \infty$; $h_3 \rightarrow \infty$)，假设不含有气层；而曲綫 3 反映的断面为含气层的西部构造穹隆 ($\rho_1=1$; $h_1=1$; $\rho_2=2.6$; $h_2=8$; $\rho_3 \rightarrow \infty$; $h_3 \rightarrow \infty$)。如能得到建場曲綫，确定断面的参数，就能够求出真实介质内的标准层以上非均质电阻率的异常。

可以看出，在較复杂的情况下，当断面内不仅 ρ_2 和 h_1 变化而且 ρ_1 也变时，可以近似地估計由所指出的参数之一的变化所引起的 $\rho_{r \max}$ 异常 (或者 S)。对比建場法理論曲綫，它相当于东伽兹里穹隆 (这里含有气层) 到北部古生代基底下沉地区 (見表 3)，逐渐变化的地电断面，可得出由于 h_1 , ρ_1 和 ρ_2 的变化， $\rho_{r \max}/\rho_1$ 变化 1.7 倍 (且 $\rho_{r \max}/\rho_1$ 异常的 15% 是由于 ρ_2 增加 1.35 倍而引起的)。

根据分析理論曲綫，說明与标准电性层 (基底) 深度减小有关的 $\rho_{r \max}^*$ (或 S^*) 异常，是有重大意义的。这部分异常称为“构造效应”。

* 指的是 $\rho_{r \max}$ 与 r 成正比例关系，即 $\rho'_{r \max}/r' = \rho''_{r \max}/r''$ ，这在水平均匀介质内是正确的，在实际介质中仅近似地認為 $\rho_{r \max}$ 的变化与 r 有这种关系。

表 3

断 面 参 数								
断面号	h_1	h_2	ρ_1	ρ_2	ρ_3	$S = S_1 + S_2$	$\frac{r}{h_1 + h_2}$	$\frac{\rho_{r \max}}{\rho_1}$
1	1	4	1	2	∞	3	6.3	3.5
2	1	4	1	2.7	∞	2.5	6.3	4.0
3	0.41	4	1	2.7	∞	1.9	7.1	4.0
4	0.41	4	1.43	2.7	∞	1.8	7.1	5.9

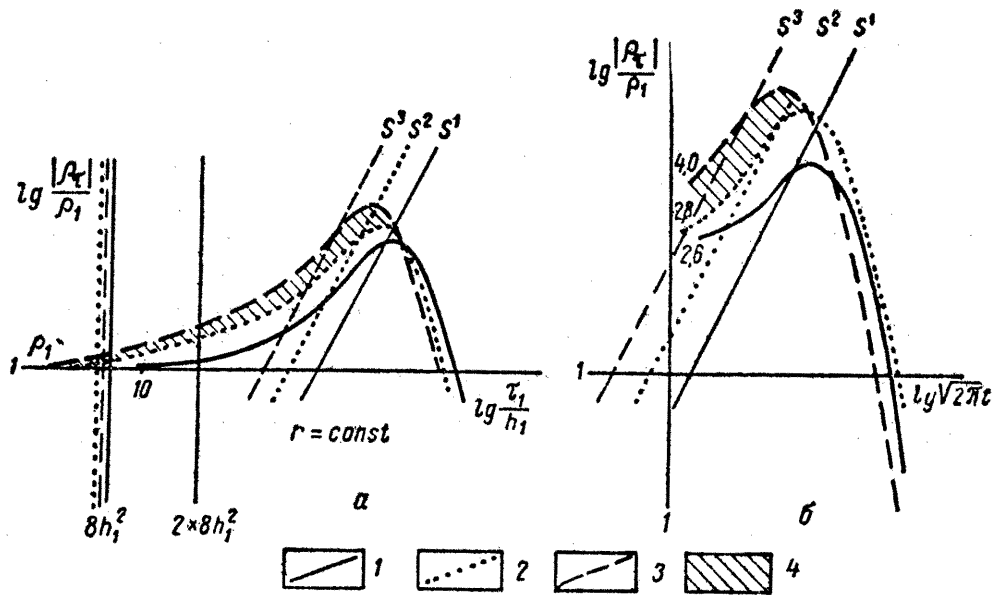


图1 建场法理论曲线(a): 1—当 $r/(h_1 + h_2) = 4.52$ 时 B_z —2—4— ∞ 量板曲线; 2—当 $r/(h_1 + h_2) = 5.0$ 时 B_z —2—8— ∞ 量板曲线; 3—当 $r/(h_1 + h_2) = 5.0$ 时 B_z —2.6—8— ∞ 量板曲线; 4—断面内 ρ_2 增大而产生的 ρ_r/ρ_1 异常(非均匀电阻率的存在)

建场法观测曲线(b): 1—伽兹里气田外围部分的曲线; 2—在构造上没有气层部分的曲线; 3—伽兹里气田范围内的曲线; 4—含气层电阻率增大产生的 ρ_r 异常

为了进行计算,根据理论曲线编绘(给定 $\mu_1 = \rho_2/\rho_1$ 值) $\rho_{r \max}/\rho_1 = f(\nu_1)$ 关系曲线(见图2)。知道 ρ_1, h_1 (按垂向测深资料)和 $H = h_1 + h_2$ (按地震资料或者在有利条件下的电法勘探资料)就可以确定 $\rho_{r \max}$ 异常值“构造效应”。测得的建场曲线异常与上述所得异常之差与 ρ_2 变化有关(将得到 $\Delta \rho_{r \max}$ 值*)。

* $\Delta \rho_{r \max}(\Delta S)$ 值即不同 $\mu_1 = \rho_2/\rho_1$ 的建场曲线 $\rho_{r \max}(S)$ 的差值。

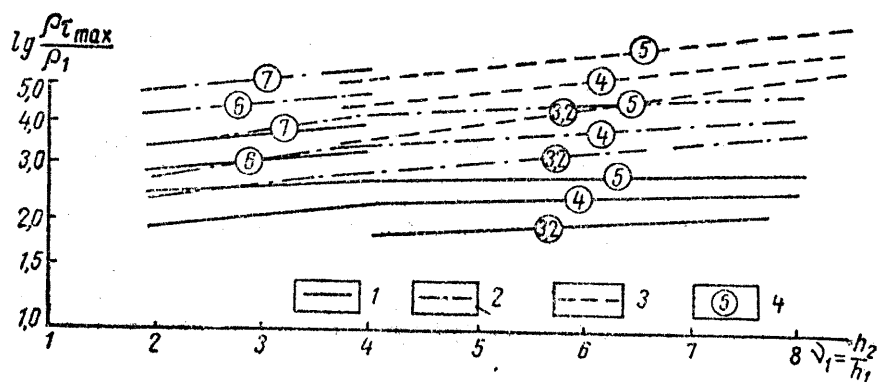


图2 $\rho_r/\rho_1=f(h_2/h_1)$ 关系曲线

1— $\rho_2/\rho_1=2$; 2— $\rho_2/\rho_1=4$; 3— $\rho_2/\rho_1=8$; 4— $r/H=5$

分析 $\rho_{r_{max}}/\rho_1=f(\nu_1)$ 列线图指出, 在很大范围内($\mu_1=2\sim 8$; $\nu_1=2\sim 8$), 当 μ_1 值增大30%时可以期望得到可靠的 $\Delta\rho_{r_{max}}$ 或 ΔS 异常(大于15—20%的异常)。例如, 断面的 $\nu_1=8$, 当 $r/(h_1+h_2)=5$ 时, $\mu_1=\rho_2/\rho_1$ 增加1.3倍, 建场曲线 $\rho_{r_{max}}$ 增加20%, 而 μ_1 再增加1倍, 则 $\rho_{r_{max}}$ 相应地增加50%。

从研究 $\Delta\rho_{r_{max}}/\rho_1=f[r/(h_1+h_2)]$ (见图3)的关系曲线能够得出以下结论:

- 1、选择大的电极距便能够得到大的 $\Delta\rho_{r_{max}}$ 值;
- 2、在 h_2/h_1 为常数时, 非均匀介质的高电阻率随着电性标准层变浅, 则很明显地表现出来 ($\Delta\rho_{r_{max}}$ 增大)。

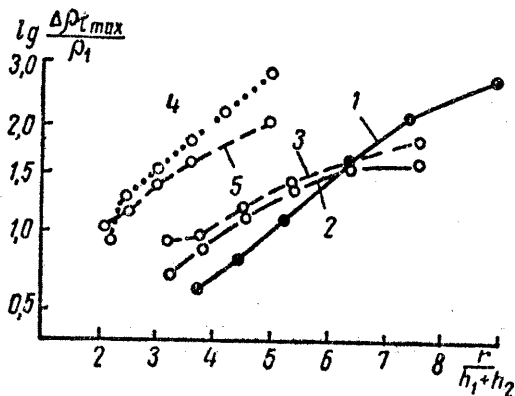


图3 $\Delta\rho_{r_{max}}/\rho_1=f[r/(h_1+h_2)]$ 关系曲线 1— $\nu_1=2$, $\mu'_1=4$, $\mu''_1=2$; 2— $\nu_1=4$, $\mu'_1=8$, $\mu''_1=4$; 3— $\nu_1=4$, $\mu'_1=4$, $\mu''_1=2$; 4— $\nu_1=8$, $\mu'_1=8$, $\mu''_1=4$; 5— $\nu_1=8$, $\mu'_1=4$, $\mu''_1=2$

建场法野外工作结果

建场法试验工作集中在伽兹里构造及其外围地区。在这个地区做了大量的钻井和电法勘探工作, 以及地震勘探工作, 这些结果有助于可靠地解释建场观测曲线。所有测深用固

定的电极距 $r = 8$ 公里 ($r/H = 3 \sim 5$) 的双边赤道式偶极装置。

分析野外资料说明, 本区的电阻率值特别是建场曲线的极大值在矿层分佈地区(构造顶部)比边缘地带要高。这就有可能按照建场法理论曲线来确定它们的差异。

图 1 的 δ 即在伽兹里构造地区测得的。一为在其北部凹陷内(曲线 1); 一为在沒有气层的构造上(曲线 2); 一为在含气的伽兹里构造上(曲线 3)。这里可以看出随着测深装置从凹陷向《沒有气层》的构造移动和从《沒有气层》的构造向含气构造移动, 曲线极大值向左和向上偏移(见图 1、6)。同时可以看到越靠近矿层处的总縱电导 S 值越减小。

因此, 根据这个规律完全可以求出异常效应 ($\rho_{r\max}$ 或 S 的异常), 即由气层引起的电阻率增高的异常。

确定 $\Delta \rho_{r\max}$ 的方法上边已经叙述过了, $S(\Delta S \rho_2)$, 与标准层以上的电阻率增大有关, 利用建场法试验结果可以求出, 关于高电阻率标准层(基底)的起伏可依靠地震或电法的资料。含气构造范围外的断面参数则根据垂向测深、偶极测深或者电测井资料求得。为此气层构造外围第二电性层的平均电阻率 ρ'_{12} 在任一个点上可按以下公式确定

$$\rho'_{12} = (H - h_1) / (S - S_1)$$

式中: H —基底埋藏深度(按反射法, 对比折射法或电法资料求得); h_1 —第一电性层深度(按垂向测深或偶极测深求得); S —沉积岩系的总縱电导(按建场法曲线的解释资料); S_1 —第一电性层的縱电导(按电测井资料)。

而后计算天然气层构造断面的总縱电导并假设电阻率 ρ''_{11} 比较外围部分来说沒有变化。

$$S^* = h''_1 / \rho''_{11} + h''_2 / \rho''_{12}$$

并且 $h'_1 = h''_1$; $\rho'_{11} = \rho''_{11}$; $\rho'_{12} = \rho''_{12}$

在解释含气构造顶部的建场法观测曲线时得到的 S 值与 S^* 之差即为所求的 $\Delta S \rho_2$, 亦即气层地带比外围 ρ_2 值相对增加所引起的异常。例如图 4 所示的即为所求异常效应 $\Delta S \rho_2$ 。

在建场法勘探地区内的总縱电导 S 值的变化: 在构造凹陷区为 550—600 姆欧, 在伽兹里构造顶部为 350—400 姆欧。求 S 值的誤差不超过 3—5%。在伽兹里构造顶部气层电阻率增高的 $\Delta S \rho_2$ 异常达到全部沉积岩总縱电导的 25—30%。

因此, 可以应用建场法在沉积岩中确定非均质高电阻率的油气层。

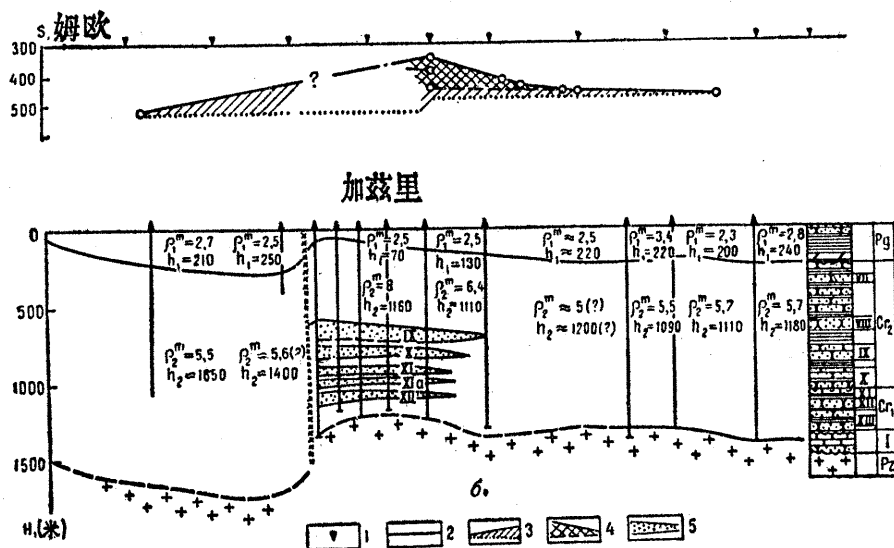


图4 在伽兹里构造区建场资料的解释结果

a—建场法 $r=8$ 公里资料的总纵电导减小的异常效应；6—地电断面
1—建场法测点；2—按观测曲线求的S曲线；3—由于构造存在所得到的S异常；4—由于矿层存在得到的S异常；5—天然气层

譯自苏修《应用地球物理学》49期，85—92頁，1967年

重要更正

1967年6期第2頁1行“到一九六二年的左傾……”中的“左”字应为“右”字，特此更正。这一严重錯誤的出現，是由于我們政治責任心不强所造成的，謹向讀者道歉。

本刊編輯部