

## 磁电(ME)勘探

## 线积分法测网的选择原则

黄仲良

## 摘 要

本文给出了油气藏上方氧化还原电流所产生的旋转磁场的正演问题的数值解。依据油气藏的埋深 $h$ 以及垂直电流上端点距地面的深度 $l$ ，可以在图2上方便地查出所需的正确测网密度。

## ABSTRACT

The forward numerical solution of rotary magnetic field caused by oxido-reduction current over hydrocarbon reservoir is given in this paper. Having got reservoir depth  $h$  and the top depth  $l$  of vertical current, we can find out the correct survey-grid density from the template shown in figure 2.

大量的事实证明，在油气藏上方存在一个由于烃类物质向上运移而形成的还原带，而在其四周则为氧化带。这种由氧化带与还原带所建立起来的电场，被形象地称为燃料电池。在油气藏上方，燃料电池的电流方向是垂直向下的，如图1所示。图中 $l$ 为垂直电流上端点距地面的深度； $h$ 为油气藏埋深； $r_0$ 为A点与电流线的水平距离； $\alpha$ 为垂直电流上端点至A点连线与电流线的夹角；

$\beta$ 为油气藏顶面至A点连线与电流线的夹角。若忽略还原带中电性在横向上的非均匀特性，则可近似地将垂直电流集中在油气藏的中心线上来研究。

由比奥—萨伐尔—拉普拉斯定律，垂直电流 $i$ 在地面A点的旋转磁场强度 $H$ 可写成

$$H = \int_{\pi-\alpha}^{\pi-\beta} k' \frac{i \sin a}{r_0} da$$

$$= k' \frac{i}{r_0} (\cos \beta - \cos \alpha) \quad (1)$$

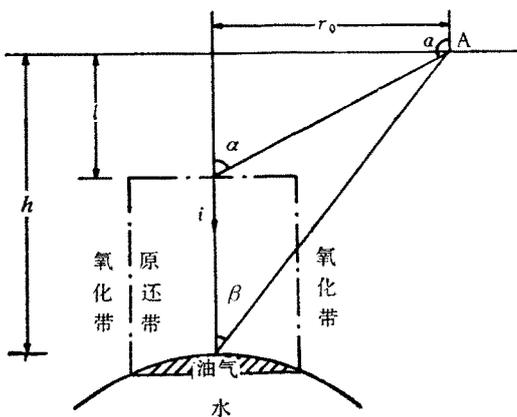


图 1

式中  $k'$  为与物理量选择有关的系数。

由于烃类在上移过程中，浓度、内压以及环境温度的梯度逐渐下降，地层在纵向上电性的不均匀，地下水的横向运移以及近地表食烃类微生物的活动等原因，使垂直电流  $i$  不能到达地表，总是距离地面有一段距离  $l$ 。随  $l$  和油气藏埋深  $h$  的不同，其垂直电流  $i$  所产生的磁场在地面、空中和海上的分布特征也是不同的。于是，电流  $i$  在  $A$  点的磁场强度，可由式 (1) 改写成

$$H = k' i \left( \frac{h}{r_0 \sqrt{h^2 + r_0^2}} - \frac{l}{r_0 \sqrt{l^2 + r_0^2}} \right) \quad (2)$$

令  $\frac{dH}{dr_0} = 0$ ，则得

$$4(h^2 - l^2)r_0^8 + 4(h^4 - l^4)r_0^6 + (h^6 - l^6)r_0^4 + (l^6 h^2 - l^2 h^6)r_0^2 + l^6 h^4 - l^4 h^6 = 0 \quad (3)$$

在式 (3) 中，令  $l = mh$ ；取  $m = 0.001, 0.01, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 0.7, 0.8$ ；对  $h = 1,000$  米， $2,000$  米， $3,000$  米， $4,000$  米， $5,000$  米分别计算出  $r_0$  值。其结果列于表 1，并绘成如图 2 所示的曲线。

表 1

系 数 $m$	$r_0$ (米)				
	$h = 1,000$ 米	$h = 2,000$ 米	$h = 3,000$ 米	$h = 4,000$ 米	$h = 5,000$ 米
0.001	1.27	2.54	3.82	5.09	6.36
0.01	12.72	25.43	38.15	50.87	63.59
0.1	124.27	248.53	372.80	497.06	621.33
0.2	234.68	469.36	704.04	938.72	1,173.40
0.3	327.90	655.80	983.69	1,311.59	1,639.49
0.4	406.46	812.92	1,219.38	1,625.84	2,032.30
0.5	473.61	947.23	1,420.84	1,894.46	2,368.07
0.6	531.93	1,063.86	1,595.79	2,127.72	2,659.66
0.7	583.27	1,166.53	1,749.80	2,333.07	2,916.33
0.8	628.96	1,257.92	1,886.88	2,515.84	3,144.80

显然，在  $l$  和  $h$  所对应的  $r_0$  上，旋转磁场强度  $H$  有极大值。因此，根据  $h$  和  $l$  查出相应的  $r_0$ ， $2r_0$  便是所需线积分正方格网的边长，亦即测线的间距。这就是 ME 法测网选择正演问题的数值解。下面举例说明其使用方法。

例如，在某新工区，由相邻油田推断，油藏埋深可能为  $3,000$  米；根据垂直电测深资料，在  $1,200$  米深处有一高阻层，其厚度为  $100$  米，因此，在  $h$  为  $3,000$  米的曲线上，横坐标  $l$  为  $1,300$  米所对应的  $r_0$  为  $1,280$  米，因此  $2r_0$  为  $2,560$  米。由于  $2r_0$  不为整数，不便于野外施工，对此还需进一步讨论。

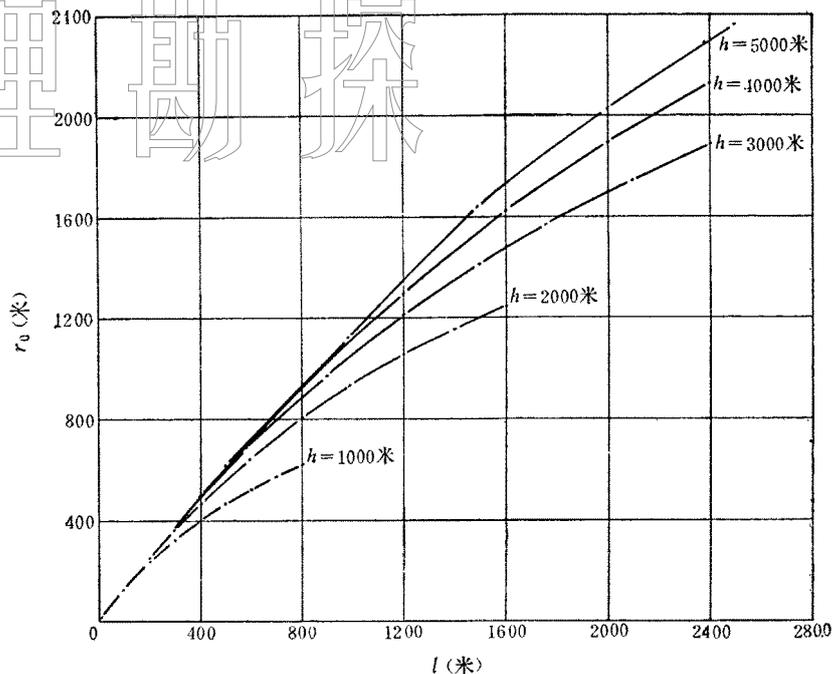


图 2

将  $h=3,000$  米,  $l=1,300$  米代入式 (2), 令  $r_0=1,280$  米处的  $H=100\%$ , 对一系列  $r_0$  计算其  $H$  所占的百分比, 其结果列于表 2。可见, 确定测线间距时, 应选  $r_0$  为 1,000 米或 1,500 米。这样, 对边长为 2,000 米和 3,000 米的正方格网求旋转磁场强度  $H$  的线积分, 就能保证在此范围内  $H$  大于其极大值的 95%。

表 2

$r_0$ (米)	100	200	400	500	800	1,000	1,280
$H$ (%)	14.7	29.1	54.7	62.8	88.5	96.4	100
$r_0$ (米)	1,500	1,600	2,000	2,500	3,000	4,000	5,000
$H$ (%)	98.6	97.2	88.7	75.8	63.7	44.9	32.5

因此, 在地质地球物理条件比较简单的地区, 如果准确地测出  $H$  的极大值和  $l$ , 便可单值求出油气藏的埋藏深度  $h$ 。

## 参 考 文 献

- [1] S.J.Pirson, Track record in ME exploration, 《Oil and Gas Journal》, Vol.74, No.38, 1976
- [2] S.J.Pirson, Computerized magnetoelectric exploration—case history: Giddings field in Texas, 《Oil and Gas Journal》, Vol.76, No.25, 1978