·非地震 ·

瞬变电磁法对薄层的探测能力

薛国强 *①　邓　湘②

(①中国科学院地质与地球物理研究所;②北京醒石维开科技有限公司)

薛国强,邓湘. 瞬变电磁法对薄层的探测能力. 石油地球物理勘探,2007,42(6):709～713

摘要　为了正确认识瞬变电磁法对薄层的分辨能力,文中设计了不同的地电模型,进行了瞬变电磁法响应正演计算,对有无薄层存在时相应视电阻率曲线进行了对比,并计算两者之间的相对误差,根据误差大小分析瞬变电磁法对薄层结构体的分辨能力,得出有实际指导意义的结论。对于同样的薄层地电模型,进行了瞬变电磁法与可控源音频大地电磁法探测能力的比较,认为瞬变电磁法对薄层的分辨能力强于可控源音频大地电磁法。

关键词　瞬变电磁法　薄层　分辨能力

1　前言

薄层地质结构体的有效性探测问题一直是地球物理勘探理论及各种地球物理方法应用研究中面临的重要问题。安志国等用一维有限元法分别计算了可控源大地电磁(CSAMT)法 TM 和 TE 两种模式下,厚层中间低阻薄层电阻率及中间低阻薄层结构的厚度分别发生变化时的一系列频率、电阻率曲线,分析了各曲线的特征,归纳了 CSAMT 法对薄层结构的分辨能力,为正确认识薄层结构的 CSAMT 频率电阻率响应提供了很好的帮助[1]。吴英隆使用直流电测深中的水平层计算软件,研究了对三层大地中的中间高阻(或者低阻)薄层的探测能力,并研究了在水文地质勘探中遇见含水砂砾层、地下含水风化破碎带的有效性探测问题[2]。关达等结合实例论述了在碎屑岩目标储层预测阶段利用地震资料解释解决薄层的主要内容和技术手段[3]。Hardage 等基于层状界面地震解释理论解释薄层[4]。石显鑫给出了地下半空间存在低阻薄层时的地下水平电偶源在地面形成的电磁场各分量的表达式,得出有意义的结论[5]。李希来等研究了如何用高分辨率电阻率测井仪准确识别薄互层、评价薄油气层,准确记录油层厚度[6]。

瞬变电磁法(TEM)与可控源音频大地电磁法(CSAMT)及大地电磁法(MT)相比,具有如下显著特点:①使用同点装置工作,与目标体具有最佳耦合,并且异常幅值大、形态简单,受旁侧地质体影响小,体积效应小;②对高阻层的穿透能力强,对低阻层有较高的分辨能力,有利于在高阻围岩地区开展工作;③一次磁场和被测磁场在时间上是分开的,分辨率较高,可以在近区观测;④装置轻便、工作效率高。

瞬变电磁法对薄层的分辨能力与围岩的电性差异、埋藏深度、最小可分辨的信号电平有关,目前对这一方面的定量化研究相对较少。如唐新功等仅以层状地层中的 2 个三维导电薄板为例,计算了距离发送源不同位置的目标体的电磁场响应,并得出有意义的结论,但是没有分析目标体的厚度发生变化时场的响应规律[7]。Li Xiu 等将自适应收缩性遗传算法与视纵向电导微分成像法相结合,反演瞬变电磁测深中的导电薄层。计算结果表明,与常规处理方法相比,该算法可以提高瞬变电磁法识别地下薄层的能力。但没有进一步讨论当装置及地下薄层结构分别发生变化时,瞬变电磁法识别目标体的能力[8]。

本文通过设计不同地电模型进行正演计算,针对薄层赋存条件的不同,分别比较了其响应值,并计算了薄层存在与不存在时的视电阻率相对误差。文中还对 TEM 和 CSAMT 法对薄层的识别能力进行了比较。

2　薄层的响应计算依据

在阶跃电流激发下,在回线的正中心(零偏移距

*北京市中国科学院地质与地球物理研究所,100029

本文于 2007 年 1 月 9 日收到,修改稿于同年 6 月 22 日收到。
本项研究受中国博士后基金(200538388)和中国科学院王宽诚博士后奖励基金资助。

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

情况下)层状介质的频率域电磁响应为[1,2]

$$E_\phi = H_r = 0 \tag{1}$$

$$H_z = I_0 a \int_0^\infty \frac{\lambda Z^{(1)}}{Z^{(1)} + Z_0} J_1(\lambda a)\,\mathrm{d}\lambda \tag{2}$$

其中:I_0 为发送电流;a 为发送回线边长;λ 为积分变量;$Z^{(1)}$ 为综合波阻抗;Z_0 为表层介质波阻抗;$\frac{Z^{(1)}}{Z^{(1)} + Z_0}$ 为积分核函数,核函数与地下电性层的电性结构有关,薄层信息与该函数值大小有关。

瞬变电磁场的求解是通过在频率域中亥姆霍兹方程求得谐变场,然后利用域的转换技术将频率域的电磁场转换到时间域来。通常所说的瞬变电磁场是用阶跃波或其他形式的脉冲电流源激励大地产生的过渡过程场,阶跃波由于激发简单、实用,被广泛采用,其对应关系为[3]

$$H(t) = \frac{1}{2\pi}\int_{-\infty}^{\infty} \frac{H(\omega)}{-\mathrm{i}\omega} \mathrm{e}^{-\mathrm{i}\omega t}\,\mathrm{d}\omega \tag{3}$$

通过傅里叶变换可以得到时间域的响应,阶跃电流激发下的磁场强度垂直分量为

$$H_z(t) = \frac{2}{\pi}\int_0^\infty \mathrm{Im}\left[I_0 a \int_0^\infty \frac{\lambda Z^{(1)}}{Z^{(1)} + Z_0} J_1(\lambda a)\,\mathrm{d}\lambda \right] \frac{\cos\omega t}{\omega}\,\mathrm{d}\omega \tag{4}$$

磁感应强度垂直分量的微分参数为

$$B_z(t) = \frac{4}{\pi\sigma_1\mu_0 a^2}\int_0^\infty \mathrm{Re}\left[I_0 a \times \right.$$

$$\left. \times \int_0^\infty \frac{\lambda Z^{(1)}}{Z^{(1)} + Z_0} J_1(\lambda a)\,\mathrm{d}\lambda \right] \cos(bt)\,\mathrm{d}b \tag{5}$$

式(5)可采用线性数字滤波技术计算。

在晚期的瞬变电磁场法近场情况下,瞬变电磁的视电阻率公式表示为[3]

$$\rho_t(t) = \frac{\mu_0}{4\pi t}\left(\frac{2\mu_0 Mq}{5tV(t)} \right)^{\frac{2}{3}} \tag{6}$$

$$V(t) = B_z(t) S_r N \tag{7}$$

式中:$V(t)$ 为所观测的二次感应电压;M 为发送磁矩;q 为接收回线总面积;S_r 为单匝接收回线面积;N 为接收回线的匝数。通过数值求解式(5)、式(6)、式(7),可以得到瞬变电磁法的视电阻率值。

3 薄层的厚度发生变化时的分辨力

在其他参数完全相同的情况下,分别计算不同厚度薄层及不存在薄层时的视电阻率值,并分析了两者的相对误差。

其相对误差为

$$\eta\% = \sum_{i=1}^{n} \frac{|\rho_{ti} - \rho_{均匀}|}{\rho_{均匀}} \times 100\% \tag{8}$$

式中:n 为视电阻率总数;$\rho_{均匀}$ 为均匀层状介质下的视电阻率;ρ_t 为不同薄层厚度的视电阻率。鉴于在薄层埋藏深度所对应异常段位置的视电阻率相对误差一般超过 15 %,所以可将总相对误差大于 12 %的异常确定为可靠异常,也就是说,可以以 12 %作为分辨的下限。

3.1 存在或不存在低阻薄层的情况

存在低阻薄层时的地质模型为:

$\rho_1 = 1000\Omega\cdot\mathrm{m}$; $\rho_2 = 10\Omega\cdot\mathrm{m}$; $\rho_3 = 100\Omega\cdot\mathrm{m}$;

$h_1 = 100\mathrm{m}$; $h_2 = 2, 4, 5, 10, \cdots, 45\mathrm{m}$。

不存在低阻薄层时的地质模型为:

$\rho_1 = 1000\Omega\cdot\mathrm{m}$; $\rho_2 = 100\Omega\cdot\mathrm{m}$; $h_1 = 100\mathrm{m}$。

针对上述地质模型分别进行 TEM 法和 CSAMT 法正演计算。TEM 法所用参数为回线边长 200m,发送电流 10A,发送频率 30Hz,时间范围为 0.087～7.015ms。CSAMT 法所用参数为赤道向装置,收—发距为 8000m,发送频率为 2^{13}～2^0 Hz。

图 1～图 6 为各种不同参数情况下的正演计算曲线,横坐标为等对数间隔的时间道,纵坐标为视电阻率值。

图 1 为采用瞬变电磁一维正演方法计算的不同厚度低阻薄层视电阻率曲线图,图中带方块标记的曲线为不存在薄层时的响应曲线,其余曲线为薄层厚度发生变化时的曲线。数值最高的曲线表示薄层

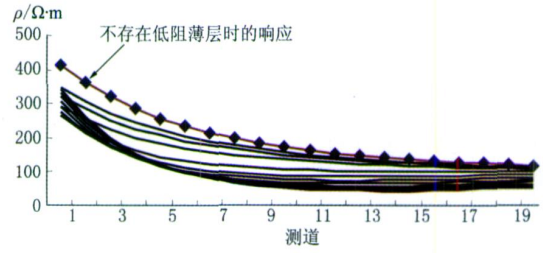

图 1 不同厚度低阻薄层视电阻率曲线图

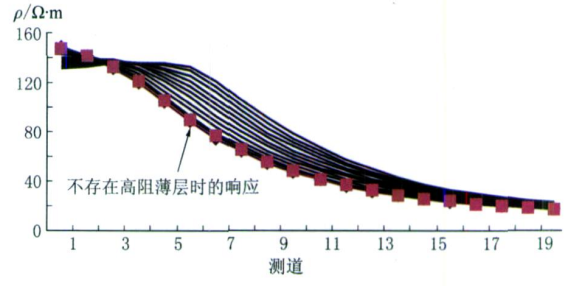

图 2 不同厚度高阻薄层视电阻率曲线图

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

厚度为 2m 时的曲线,数值最低的曲线表示薄层厚度为 45m 时的曲线,表 1 为采用两种方法计算的不同厚度低阻薄层电磁响应与均质情况下响应的百分比误差。

表 1　不同厚度低阻薄层电磁响应与均质情况下响应的百分比误差(薄层埋藏深度 100m)

厚度/ m	0	2	3	4	5	10	15	20	25	30	35	40
TEM 法误差/ %	0	9. 3	15. 2	20. 4	33. 0	41. 3	46. 8	50. 6	53. 1	55. 3	56. 7	57. 8
CSAMT 法误差/ %	0	5. 1	7. 2	10. 6	12. 1	21. 5	27. 3	31. 6	37. 9	37. 6	39. 9	41. 8

3. 2　存在或不存在高阻薄层的情况

存在高阻薄层时的地质模型为:

$\rho_1 = 100\Omega \cdot m$; $\rho_2 = 1000\Omega \cdot m$; $\rho_3 = 10\Omega \cdot m$;

$h_1 = 100m$; $h_2 = 2, 4, 5, 10, \cdots, 45m$。

不存在高阻薄层时的地质模型为:

$\rho_1 = 100\Omega \cdot m$; $\rho_2 = 10\Omega \cdot m$; $h_1 = 100m$。

在薄层与围岩电阻率差异为 10 倍关系时,对于 TEM,当厚度为 3m 时,两视电阻率曲线总相对误差达到 15. 2 %;当厚度小于 3m 时,认为不可分辨,故认为 TEM 法对厚度的分辨率极限是 3 %。对于 CSAMT,当厚度为 5m 时,两视电阻率曲线总相对误差达到 12. 1 %; 当厚度小于 5m 时,认为不可分辨,故认为 CSAMT 法对厚度的分辨率极限是 5 %。

图 2 为采用一维正演方法计算的不同厚度高阻薄层视电阻率曲线图,图中带方块标记的曲线为不存在薄层时的响应曲线,其余曲线为薄层厚度发生变化时的曲线,数值最高的曲线表示中间薄层厚度为 45m。

在薄层与围岩电阻率差异为 10 倍关系时,对于 TEM,当厚度为 15m 时,两种视电阻率曲线总相对误差达到 12. 1 %;当厚度小于 15m 时,认为不可分辨,故认为 TEM 法此时对厚度的分辨率极限是 15 %。对于 CSAMT,当厚度为 25m 时,两视电阻率曲线总相对误差达到 12. 7 %,厚度小于 20m 时,认为不可分辨,故认为 CSAMT 法此时对厚度的分辨率极限是 25 %。

对比表 1 和表 2,在同样层厚的情况下,不论是 TEM 方法还是 CSAMT 方法,有无薄层存在时的响应值之间的误差都显示同样的规律:即高阻薄层的误差小于低阻薄层的误差,这说明电磁法对高阻薄层的分辨能力比对低阻薄层的分辨能力差。

表 2　不同厚度高阻薄层电磁响应与均质情况下响应的百分比误差(薄层埋藏深度 100m)

厚度/ m	0	2	3	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
TEM 法误差/ %	0	1. 6	2. 4	4. 0	8. 1	12. 1	16. 2	20. 4	24. 6	28. 5	33. 0	37. 2	41. 5
CSAMT 法误差/ %	0	0. 84	1. 33	2. 48	4. 7	7. 2	9. 9	12. 7	15. 6	18. 6	21. 7	24. 7	27. 8

对比表 1 或者表 2 内的 TEM 和 CSAMT 方法所对应的误差可以看出:不论是低阻薄层还是高阻薄层,TEM 方法所对应的误差都比 CSAMT 大,说明 TEM 法的分辨能力均比 CSAMT 强。

4　薄层的埋藏深度发生变化时的分辨力

4. 1　存在或不存在低阻薄层的情况

存在低阻薄层时的地质模型为:

$\rho_1 = 1000\Omega \cdot m$; $\rho_2 = 10\Omega \cdot m$; $\rho_3 = 1000\Omega \cdot m$;

$\rho_4 = 100\Omega \cdot m$; $h_1 = 0, 5, \cdots, 95m$; $h_2 = 5m$;

$h_3 = 100, 95, \cdots, 0m$。

不存在低阻薄层时的地质模型为:

$\rho_1 = 1000\Omega \cdot m$; $\rho_2 = 100\Omega \cdot m$; $h_1 = 100m$。

图 3 为不同埋藏深度低阻薄层视电阻率曲线图,图中带方块标记的曲线为不存在薄层时的响应曲线,其余曲线为薄层埋藏深度发生变化时的曲线,数值最低的曲线其埋藏深度为 95m。表 3 为采用 TEM 法计算的不同埋藏深度情况下低阻薄层电

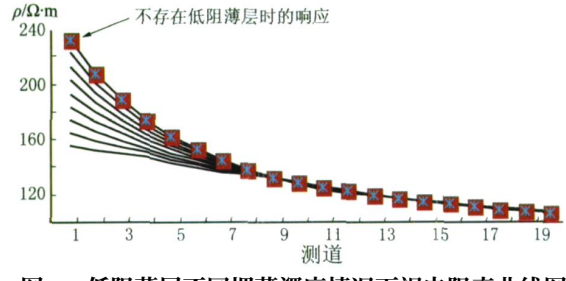

图 3　低阻薄层不同埋藏深度情况下视电阻率曲线图

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

表 3 不同埋藏深度下低阻薄层电磁响应与均质情况下响应的百分比误差(薄层厚度为 5m)

埋深/ m	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45
TEM 法误差/ %	0	2. 58	3. 44	4. 74	6. 19	7. 58	9. 05	10. 5	12. 9	13. 6
埋深/ m		50	55	60	65	70	75	80	85	90
TEM 法误差/ %		15. 2	16. 8	18. 4	19. 6	21. 6	23. 2	24. 5	26. 5	28. 2

磁响应与均质情况下响应的百分比误差。

当薄层埋藏深度较小时,薄层存在与否时的响应值相对误差较小,说明 TEM 不易分辨这一薄层。在晚期的瞬变电磁场法近场情况下,瞬变电磁法适宜探测 35m 以下的地质目标体。对于该深度以上的地质体,需要改变工作装置及采用早期信号处理手段,或者转换成全区视电阻率数据进行处理,还可以配合高密度法进行探测。

4.2 存在或不存在高阻薄层的情况

存在高阻薄层时的地质模型为:

$\rho_1 = 100\Omega \cdot m$; $\rho_2 = 1000\Omega \cdot m$; $\rho_3 = 100\Omega \cdot m$;

$\rho_4 = 10\Omega \cdot m$; $h_1 = 0, 5, \cdots, 95m$; $h_2 = 5m$;

$h_3 = 100m, 95, \cdots, 0m$。

不存在高阻薄层时的地质模型为:

$\rho_1 = 100\Omega \cdot m$; $\rho_2 = 10\Omega \cdot m$; $h_1 = 100m$。

图 4 为不同埋藏深度时低阻薄层视电阻率曲线图,图中带方块标记的曲线为不存在高阻薄层时的响应曲线,其余曲线为薄层埋藏深度发生变化时的曲线。表 4 为采用 TEM 法计算的不同埋藏深度下高阻薄层电磁响应与均质情况下响应的百分比误差。

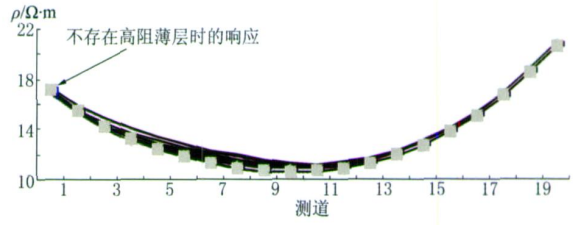

图 4 高阻薄层不同埋藏深度情况下视电阻率曲线图

表 4 不同埋藏深度下高阻薄层电磁响应与均质情况下响应的百分比误差(薄层厚 5m)

埋深/ m	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45
TEM 法误差/ %	0	0. 426	1. 06	2. 18	3. 23	4. 21	5. 52	5. 69	6. 23	6. 67
埋深/ m		50	55	60	65	70	75	80	85	90
TEM 法误差/ %		7. 03	7. 33	8. 76	7. 84	8. 08	8. 24	8. 42	8. 58	8. 73

在用晚期瞬变电磁场法计算视电阻率公式的情况下,不论是高阻薄层还是低阻薄层,瞬变电磁法对于浅部薄层分辨能力都较差。相比之下,对于浅部低阻薄层的分辨要比高阻薄层稍好一些。所以对于浅部高阻薄层探测问题,建议使用高密度电法与瞬变电磁法相结合的方法进行探测,效果会更好。

5 围岩电阻率变化对探测精度的影响

若按薄层与围岩之间电阻率差值的倍数由 1 倍到 10 倍发生变化,再把其响应与没有薄层存在时的视电阻率值进行相对误差的计算,计算结果如图 5、图 6及表 5、表 6 所示。

5.1 存在或不存在低阻薄层的情况

存在低阻薄层时的地质模型为:

$\rho_1 = 100\Omega \cdot m$; $\rho_2 = 10, 20, \cdots, 90\Omega \cdot m$;

$\rho_3 = 100\Omega \cdot m$; $h_1 = 100m$; $h_2 = 30m$。

不存在低阻薄层时的地质模型为:

$\rho_1 = 100\Omega \cdot m$; $\rho_2 = 100\Omega \cdot m$; $h_1 = 100m$。

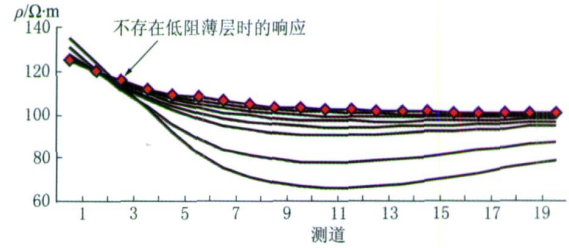

图 5 低阻薄层与围岩电性差值不同时的视电阻率曲线图

图 5 为低阻薄层视电阻率值变化时的曲线图,图中带方块标记的曲线为不存在薄层时的响应曲线,其余曲线为薄层视电阻率值发生变化时的曲线,数值最低的那条曲线表明薄层电阻率与围岩相差最大。表 5 为 TEM 法计算的薄层与围岩电阻率差值不同情况下的电磁响应误差。

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

表 5　薄层与围岩电阻率差值不同情况下的电磁响应误差(低阻薄层厚度为 30m,埋深 100m)

与围岩电阻率差值误差/(%)	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
相应的响应误差/(%)	0	0.95	2.13	3.6	5.4	7.9	10.8	16.3	24.4	39.4

5.2　存在或不存在高阻薄层的情况

图 6 为高阻薄层视电阻率值变化时的曲线图,图中带方块标记的曲线为不存在薄层时的响应曲线,其余曲线为高阻薄层视电阻率值发生变化时的曲线。表 6 为 TEM 法计算的薄层与围岩电阻率差值不同情况下的电磁响应误差。

存在高阻薄层时的地质模型为:

$\rho_1 = 100\Omega\cdot m$; $\rho_2 = 100, 200, \cdots, 900\Omega\cdot m$;

$\rho_3 = 100\Omega\cdot m$; $h_1 = 100m$; $h_2 = 30m$。

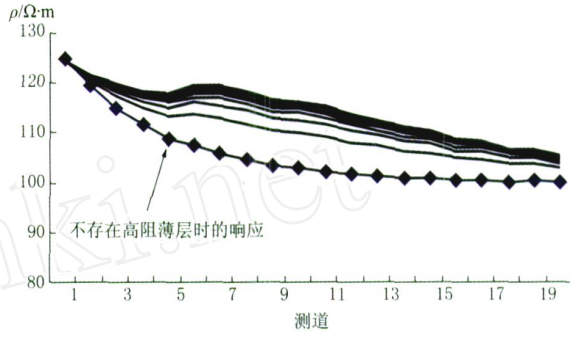

图 6　高阻薄层与围岩电性差值不同时的视电阻率曲线图

表 6　薄层与围岩电阻率差值不同情况下的电磁响应误差(高阻薄层厚度为 30m,埋深 100m)

与围岩电阻率差值误差/(%)	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
相应的响应误差/(%)	0	4.5	6.18	7.5	7.55	7.87	8.1	8.3	8.4	8.5

不存在高阻薄层时的地质模型为:

$\rho_1 = 100\Omega\cdot m$; $\rho_2 = 100\Omega\cdot m$; $h_1 = 100m$。

由表 6 可知,薄层与围岩之间的电阻率差值的变化对 TEM 识别薄层也有影响。从误差数据的大小可以看出:对于埋深 100m 以下、厚度为 30m 的低阻薄层,当其与围岩电性差异达到 70 %时,TEM 可以分辨。对于高阻薄层,当其与围岩电性差异小于 90 %时,TEM 分辨不出来。

6　结束语

瞬变电磁法探测薄层与薄层的规模、与围岩的电性差异以及干扰电平、仪器信号的灵敏度等因素有关。文中仅就几个单一影响因素做了计算和误差比较,得出以下结论:

(1) 瞬变电磁法探测低阻薄层的能力比探测高阻薄层的能力强;

(2) 在晚期的瞬变电磁场法测深中,瞬变电磁法对浅层高阻薄层分辨效果并不好,建议改变工作装置及采用全区的数据处理方法,或者配合高密度电法进行探测,另外,应该尽量减小回线的边长,让目标层所引起的异常落在近场;

(3) 在同样情况下,瞬变电磁法比可控源音频大地电磁法的探测精度高。

参 考 文 献

[1] 安志国,底青云. CSAMT 法对低阻薄层结构分辨能力的探讨. 地震地磁观测与研究,2006,27(2):32～38

[2] 吴英隆. 直流电测深对高阻和低阻薄层的探测能力. 桂林冶金地质学院学报,1994,14(2):174～182

[3] 关达,张卫红. 提高地震资料解释薄层能力的途径. 勘探地球物理进展,2002,25(2):19～24

[4] Hardage B A 等著,吴官生,刘涣正译,陈持正校. 用层状界面解释薄层. 石油物探译丛,1999,(4)

[5] 石显鑫. 水平电偶源充电电磁法正常场研究及其应用. 煤田地质与勘探,1996,4,42～48

[6] 李希来,任书俊. 高分辨率电阻率测井仪在薄层评价中的应用. 油气井测试,2002,11(5):70～73

[7] 唐新功,胡文宝,严良俊. 瞬变电磁法对存在山谷地形时的多个异常体的探测能力研究. 地震地质,2005,27(2):316～323

[8] Li Xiu et al. Application of the adaptive shrinkage genetic algorithm in the feasible region to TEM conductive thin layer inversion. *Applied Geophysics*, 2005, 2(4):204～211

(本文编辑:冯杏芝)

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

作 者 介 绍

侯成福　高级工程师,1966 年生;1989 年毕业于长春地质学院地球物理专业,获工学学士学位,2002 年获石油大学(华东)矿产普查与勘探工学硕士学位,正在攻读中科院地化专业博士学位。现在东方地球物理公司国际部从事野外地震采集工作。

丁仁伟　博士研究生,1980 年生;2005 年毕业于中国石油大学(华东),获计算机应用技术专业工学硕士学位,同年到中国石油大学(华东)地质资源与地质工程专业攻读博士学位;主要从事地震成像与偏移速度分析理论与方法、高性能计算技术等方面的研究工作。

叶月明　博士研究生,1982 年生;2004 年毕业于中国石油大学(华东),获勘查技术与工程专业学士学位,同年到中国石油大学(华东)地球探测与信息专业攻读硕士学位,2006 年免试录取为中国石油大学(华东)地质资源与地质工程专业博士研究生;主要从事地震资料真振幅成像、地震照明度分析理论与方法以及复杂地质条件下的地震偏移成像方法研究。

刘文革　博士研究生,1972 年生;现主要从事地震正、反演方法研究及地震资料处理。

朱生旺　教授级高级工程师,1962 年生;1983 年毕业于华东石油学院物探专业,现在中石化石油勘探开发研究院从事地球物理方法研究工作。

吴国忱　教授,1965 年生;1987 年获长春地质学院石油物探专业学士学位;1996 年获石油大学(华东)应用地球物理专业硕士学位;2005 年获同济大学固体地球物理专业博士学位;现在中国石油大学(华东)从事地球物理方面的教学和科研工作。

张海燕　副教授,1968 年生;1990 年毕业于清华大学精密仪器专业,获工学学士学位;1993 年毕业于中国海洋大学海洋物理专业,获理学硕士学位;目前正在职攻读中国海洋大学海洋地质专业博士学位,师从李庆忠院士。研究方向为 AVO 叠前反演、计算智能。已经在国内外核心学术期刊上发表文章十余篇,其中有多篇被 EI 收录。

杨旭明　高级工程师,1963 年生;2002 年毕业于成都理工大学,获博士学位,主要从事地震波场正反演、静校正及地震散射降噪等方面的研究工作。

裴正林　博士,副研究员,1962 年生;2000 年毕业于中国地质大学(北京),获博士学位,2003 年于石油大学(北京)博士后出站。主要从事地震波传播理论及数值模拟、井间地震层析成像、小波域地震属性提取和油气预测以及小波变换应用研究等。

董　瑶　硕士研究生,1982 年生;2005 年毕业于河北工业大学电子信息工程专业,获学士学位。现在河北工业大学攻读通信与信息系统专业硕士学位,主要从事计算智能与数据挖掘的研究,发表论文多篇。

严建文　高级工程师,1966 年生;1989 年毕业于中国地质大学(武汉)应用地球物理专业,获学士学位。一直在中国石化石油勘探开发研究院南京石油物探研究所从事专业学术期刊的编辑出版工作和专业情报研究工作。现为中国地质大学(武汉)资源学院在职博士研究生。

刘玉柱　讲师,1979 年生;2001 年和 2004 年先后获得同济大学地球物理专业学士和硕士学位。现为同济大学地球物理专业博士研究生,研究方向为地震层析成像与反演研究。

李红星　博士研究生,1981 年生;现为吉林大学地球探测科学与技术学院固体地球物理专业博士研究生,主要从事地震波及声波传播特性及图像处理研究。

黄捍东　副教授,硕士生导师,1964 年生;主要从事复杂油气藏储层地球物理方法的研究工作,完成多项中国石油和中国石化集团公司生产、科研项目,获国家科技进步二等奖 1 项,省部级科技进步一等奖 1 项,二等奖 2 项,授权发明专利 1 项,发表论文 20 余篇。现在中国石油大学(北京)资源与信息学院从事教学和科研工作。

张明振　高级工程师,1967 年生;1991 年毕业于成都地质学院石油地质勘查专业,1999 年获同济大学固体地球物理专业理学硕士学位,现为中国石油大学(华东)地质资源与地质工程专业博士研究生,主要从事地震资料的综合研究工作。

路顺行　高级工程师,硕士,1961 年生;1985 年毕业于山东海洋学院海洋地质地球物理专业,获理学学士学位;2003 年毕业于中国海洋大学地质工程专业,获工程硕士学位。现在中国石化胜利油田分公司地质科学研究院从事石油地质勘探研究工作,同时为中国海洋大学海洋地球科学学院在读博士研究生。一直在胜利油田地质科学研究院从事石油地质勘探研究、勘探生产技术管理等工作。

薛国强　工程师,1966 年生;2002 年在长安大学获得硕士学位,2005 年获西安交通大学博士学位,现在中国科学院地质与地球物理研究所博士后流动站做研究工作。

骆　遥　硕士研究生,1982 年生;2005 年毕业于中国地质大学(北京)地球物理学专业。现在中国科学院地质与地球物理研究所空间物理学专业攻读硕士学位。

王卫华　教授级高级工程师,中国石油集团公司高级技术专家,1952 年生;1990 年毕业于成都理工大学研究生院,获硕士学位。早年从事海上地震勘探工作,近年主要负责我国西部沙漠和山地山前带等复杂地区的地震勘探技术工作,现任东方地球物理公司副总工程师。先后从事地震资料解释方法、数据处理方法和采集方法研究等工作,发表论文 20 多篇。

王喜双　高级工程师,1957 年生;1982 年毕业于华东石油学院勘探系石油地质勘探专业,获学士学位,1995 年毕业于国家地震局地质所,获博士学位。长期从事物探技术管理工作。

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

carry out strong constraint to wave impedance data volume through bipartite interpolation, which can improve the resolution of reservoir description in both vertical and horizontal directions.

Key words: wave impedance inversion, model build-up, logging constraint, bipartite interpolation, high resolution

Zhang Ming-zhen, Zhuang-Gu Office, Research Institute of Geophysical Prospecting, No. 210, Beiyi Road, Dongying City, Shandong Province, 257022, China

Application of INPEFA technique to carry out sequence-stratigraphic study. Lu Shun-xing, Zhang Hong-zhen, Meng En and Sun Xiao-gong. OGP, **2007, 42(6) :703～708**

The basic function of sequence stratigraphy is to divide different level of stratigraphic sequence. Applying the INPEFA technique developed by further improving the predictive error filtering analysis approach formed on the basis of maximum entropy spectrum analysis approach, the paper acquired the INPEFA curves after processing of logging traces. We can rapidly and accurately identify different levels of sequence interfaces based on the curves. The inflection points of INPEFA reflect the interfaces in different levels of sequences and the trend of INPEFA curve reflects the change of climate, water and rhythm in different levels of sedimentary cycles. Integral INPEFA analysis can divide first three levels of sequences, applying segment INPEFA analysis can identify fourth to fifth level of sequence and applying local INPEFA can judge the connectivity in sixth level of sequence (sand body). Applying INPEFA software, the paper showed the practical applied effects of INPEFA technique in Subei basin and Jiyang depression.

Key words: sequence stratigraphy, INPEFA technique, boarder identification, strata correlation, connectivity of sand body

Lu Shun-xing, Room 502, Unit 3, Building 49, Dongli Community, Xi'er Road, Dongying City, Shandong Province, 257000, China

Capacity of Transient Electro-Magnetic (TEM) method for detecting thin layer. Xue Guo-qiang and Deng Xiang. OGP, **2007, 42(6) :709～713**

In order to know the identified capacity of TEM for detecting thin layer, the paper designed different geoelectric models to carry out the forward computation of TEM response and correlation of relevant resistivity curves of existing thin layer with non-existing thin layer. The relative error between two models was computed, from which the identified capacity of thin-layer structural body by TEM was analyzed, obtaining the conclusion having practical guide meaning. The comparison of TEM with controlled source audio-frequency magneto Tellurics (CSAMT) was carried out for same thin-layer geoelectric models, it is considered from which that identified capacity of TEM is better than that of CSAMT.

Key words: TEM, thin layer, identified capacity

Xue Guo-qiang, Institute of Geology and Geophysics, Chinese Academy of Sciences, Beijing City, 100029, China

Theoretical study on cuboid magnetic field and its gradient expression without analytic singular point. Luo Yao and Yao Chang-li. OGP, **2007, 42(6) :714～719**

On the basis of analyzing the cuboid ΔT field and its theoretical expression of gradient field presented by Mr. Guo Zhi-hong et al. that there exist some analytic singular points in hp-half source-free space where the field value is unable to be computed, the paper first introduced the Eular equation into theoretical expression of cuboid magnetic field and anew deduced the expression, resulting in the theoretical expression of the cuboid ΔT field and its gradient field without analytic singular points in hp-half source-free space, which has not only the advantages of simple and uniform form, but also important theoretical and practical meaning. The correlation of model forward computation showed the newly deduced theoretical expression of the cuboid ΔT field and its gradient field without analytic

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net