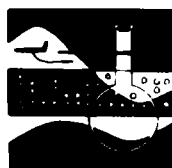


地面脉冲电磁法异常剖面的特征

吴其昌

(冶金部第一冶金地质勘探公司物探大队)



物探与化探

地面脉冲瞬变电磁法的探测深度较大,特别是在低阻覆盖下探寻导电较好的地质体,能取得好的效果,因而目前在国内外得到广泛应用。

我们使用SIROTEM—II型电磁系统进行了物理模拟,测得的叠置迴线装置的异常曲线特征,对在我国推广这一方法,对异常解释,相信会有所帮助。

球体和水平圆柱体的异常特征

在水平圆柱体上,用不同测道测得的剖面曲线如图1所示。异常曲线呈单峰,对称于柱顶。异常衰减的速度取决于时间常数 τ ($\tau = \mu\sigma a^2/5.8$),随延迟时间的增长,异常幅值降低,异常曲线的宽度变窄。

在球体上异常呈对称于球顶的单峰曲线,球体的时间常数 $\tau_{球} = \mu\sigma a^2/\pi^2$,因此 $\tau_{柱} = 1.7\tau_{球}$ 。所以,在半径 a 相同的条件下,球体异常随时间衰减的速度要比水平圆柱体快得多,异常范围也比较小。在直立的柱体上,也见有类似的规律。

倾斜薄板的异常特征

导电薄板的异常形态和幅度与导体的倾角有关(图2)。当倾角 $\alpha = 90^\circ$ 时,由于迴线与异常体之间的耦合较弱,异常效应减小,曲线的形态呈对称于导体顶部的双峰,在矿体顶部出现接近于背景值的极小。不同测道测得的曲线随延迟时间增长,幅度降低,范围也减小。其他特征与圆柱、球体大致相同。

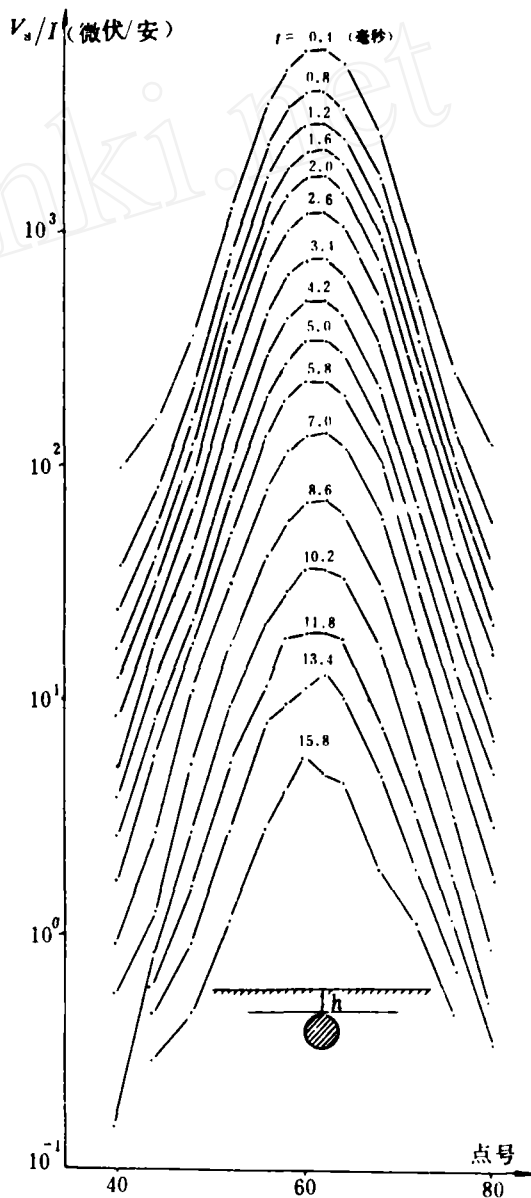


图1 在水平圆柱上模拟的曲线

矿体模型: 铜制圆柱体, 半径 $a = 8$ 厘米, 长47厘米, 埋深 $h = 5$ 厘米, 叠置迴线: 边长 $= 10$ 厘米, 点距 $= 1$ 厘米

当 $0^\circ < \alpha < 90^\circ$ 时, 随 α 的减小, 测线与板的耦合增强, 响应增大, 但曲线的双峰不再对称。

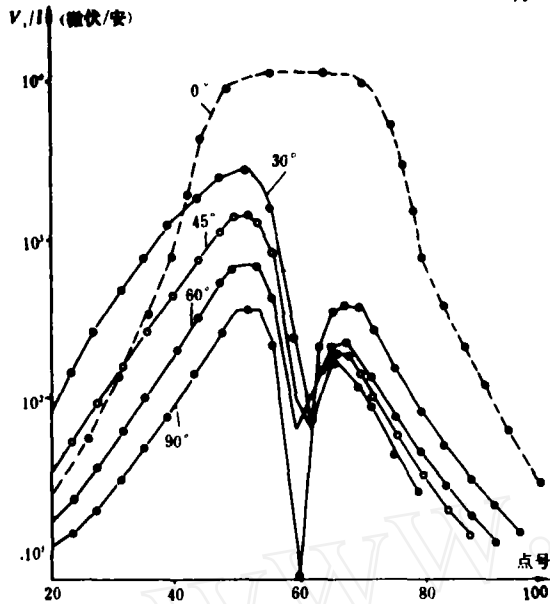


图2 不同倾角板状体的异常

矿体模型: 铝板, $70 \times 40 \times 0.1$ 厘米³, $h = 5$ 厘米,
板的上边位于60号点; 测线: 边长 = 10 厘米,
 $t = 1.2$ 毫秒

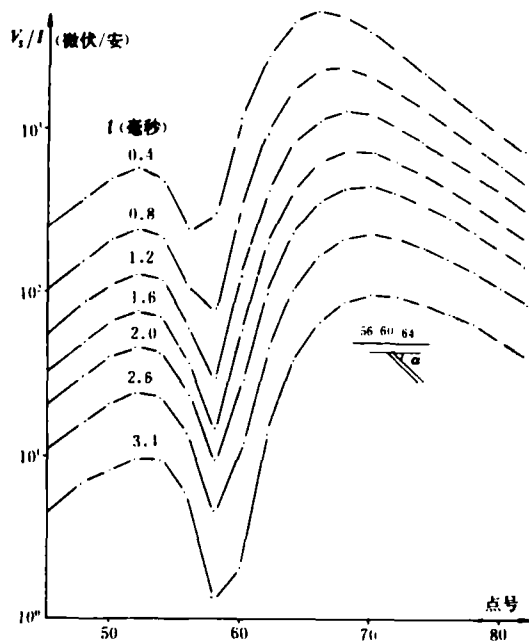


图3 不同测道测得的倾斜板的异常剖面

模型: 铝板, $50 \times 38 \times 0.1$ 厘米³, $\alpha = 45^\circ$, $h = 5$ 厘米,
测线边长 = 10 厘米

在导体倾向一侧的峰值大于另一侧的峰值; 极小值随 α 的增大而有所增大, 其位置也向倾斜的另一侧位移。两峰值的比主要受 α 角的影响, α 越小, 两峰值在数值上相差越大。根据模拟的资料作出的统计, α 与主、次峰比值 (α_1, α_2) 的关系为

$$\alpha = 90 - 22 \ln(\alpha_1 / \alpha_2)$$

由于不同测道的探测深度有差异, 在倾斜板的情况下, 不同测道测得的异常剖面在形态上也稍有差别 (图3)。随测道从晚期到早期, 极小值增大, 并向倾斜相反的一侧有少许位移, 双峰逐渐变得不明显。主峰异常的形态变化反映了导体内涡流的分布随延迟时间而改变。

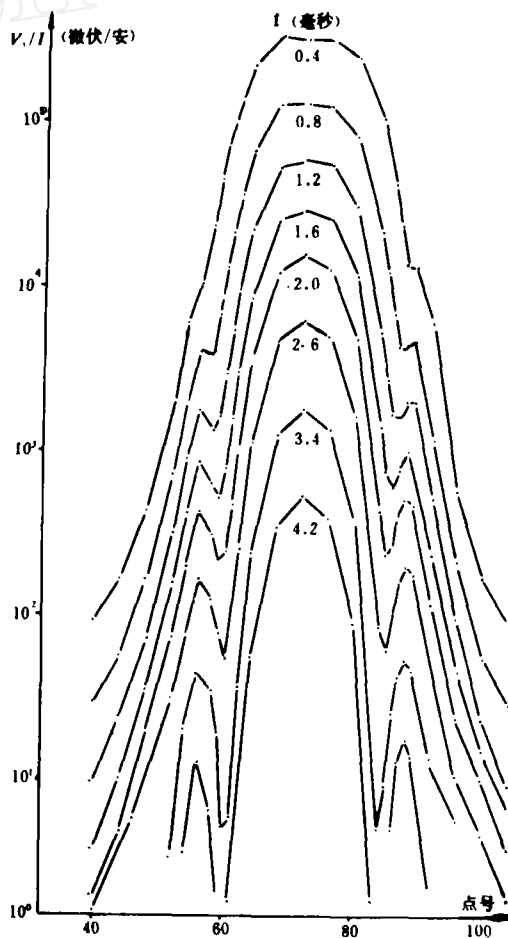


图4 不同测道测得的水平板的异常剖面

模型: 铝板, $30 \times 25 \times 0.1$ 厘米³, $h = 0.2$ 厘米,
测线边长 = 10 厘米

当 $\alpha = 0^\circ$ 时, 迴线与导体耦合最好, 异常的幅值比直立导体的异常大几十倍, 异常呈平顶的单峰, 导体边缘的外侧有不明显的极值, 随延迟时间的增大, 这种次一级的极值变得明显。

矿体的厚薄一般是指相对迴线的边长而言, 在时域法中与延迟时间以及矿体的纵向电导有关, 图5给出了直立厚板的异常曲线, 其早期道的异常具有等轴状导体的异常特征, 而晚期道的响应则逐步转化为对称于导体顶部的薄板异常, 呈双峰状。这是因为在早期, 涡流分布主要集中于导体上部, 产生的异常类似于等轴状导体的异常; 到了中、晚期, 涡流是向下分散, 其分布逐渐趋向板状体中部。这种异常特征转换时间与导体的纵向电导值有关, 纵向电导值小, 其转换时间也早。所谓薄板, 就是不出现这种转换的板状体, 异常只出现双峰。

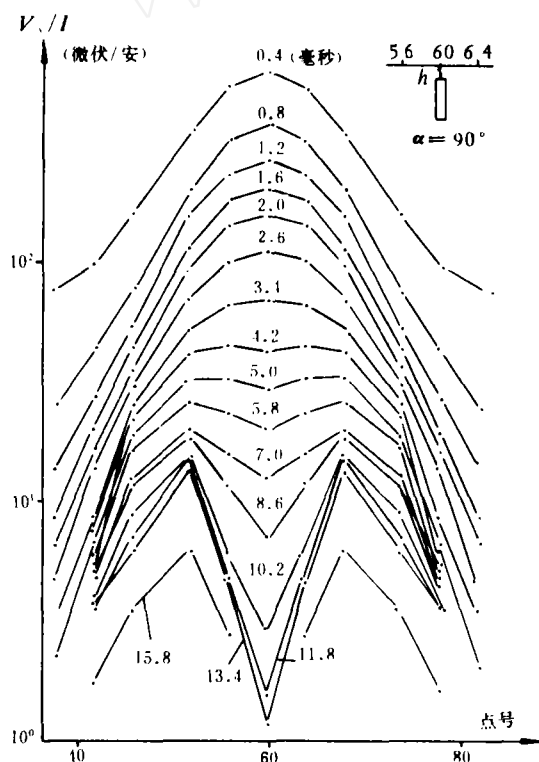


图5 直立厚板的异常剖面特征

模型: 铝板, $34 \times 31 \times 3.5$ 厘米³, $h = 5$ 厘米, $\alpha = 90^\circ$
迴线边长 = 10 厘米, 点距 = 1 厘米

随矿体埋深的加大, 物探异常的幅值一般变得平缓, 异常范围变宽。对脉冲电磁法而言, 正如模拟结果所指明的, 如果延迟时间拖长, 导体倾角变陡, 或迴线尺寸变小, 除异常幅度下降外, 异常范围也随之变窄, 或者不发生大的改变。

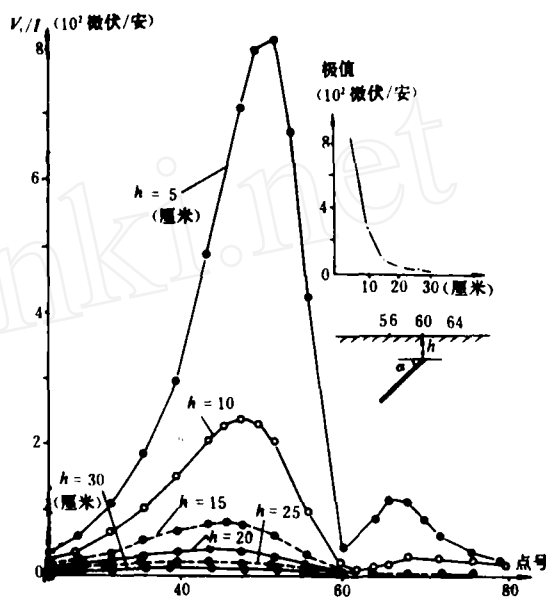


图6 不同埋深的板状体的异常对比

模型: 铝板, $70 \times 40 \times 0.1$ 厘米³, $\alpha = 45^\circ$,
迴线边长 = 10 厘米, 点距 = 1 厘米, $t = 1.6$ 毫秒

测线方向与导体走向间夹角的大小, 对异常响应有影响。由图7可见, 相对于 $\alpha = 45^\circ$ 的倾斜板的异常范围而言, 当 ϕ 从 90° 变到 60° 时, 异常响应变小; 当 $\phi < 60^\circ$ 时, 异常响应又逐渐变大。异常半极值宽度随 ϕ 角的减小而增大的情况可从下表看出。

ϕ 角	90	60	45	30
半极值点的异常宽度 (厘米)	2.2	2.3	2.7	3.0

直立板的异常幅度随 ϕ 角的变化与倾斜板的类似。

ϕ 角的改变并不影响异常曲线的基本形态, 相对地讲, 在 ϕ 角为 90° 的情况下, 异常幅度的变化小于15%。由此可以认为, 脉冲电磁法受测线与导体走向间夹角的影响不大。

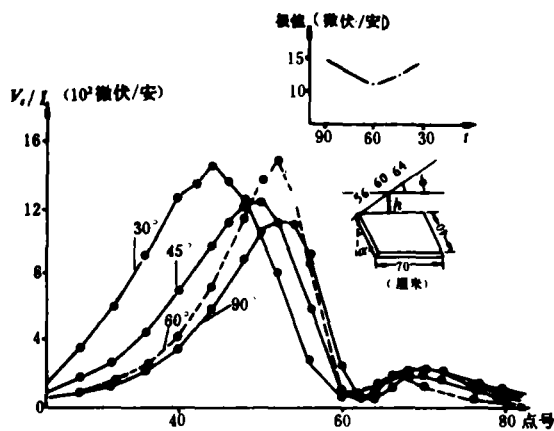


图7 不同 α 角测得的倾斜板状体的异常

模型: 铝板, $70 \times 40 \times 0.1$ 厘米³, $\alpha = 45^\circ$, $h = 5$ 厘米
 迴线边长 = 10 厘米, 点距 = 1 厘米, $t = 1.2$ 毫秒

组合导体的异常特征

当两个矿体组合在一起时, 如果其综合参数很接近, 则只有在它们之间有足够大的间距时 (两倍于迴线边长以上), 才可以从异常曲线的主峰个数分辨出单个的矿体。如果其间距较小, 异常则表现出厚板的异常特征。

如果矿体之间的综合参数有一定的差别, 由于各测道对应的“电导窗口”不同, 可以从多种延时的观测结果, 比较容易地区分出导电值比较大的矿体。图8给出的结果表明, 在早期道, 异常主要反映离地表近、纵向导电低的矿体^[1]; 在晚期, 异常中心向左位移, 主要反应埋深较大、纵向导电较高的矿体^[2]。

迴线边长对异常的影响

迴线对异常的影响除与边长有关外, 还与导体的形状、大小和导电性有关, 不能一概而论。仅在一定的边长变化范围内, 由于边长增大, $M \propto (2b)^2$, 提高了发射框的磁矩 ($2b$ 为迴线边长), 也提高了接收框的灵敏度, 接收信号 V_s/I 的值与 L 成线性关系。

由图9可见, 各个导体的异常, 其幅值随迴线边长 ($2b$) 的增大呈线性地增大, 最后趋近饱和; 曲线的线性段, 其斜率和所达到饱和值的幅度与矿体的形状、大小及导电性有关。只对等轴

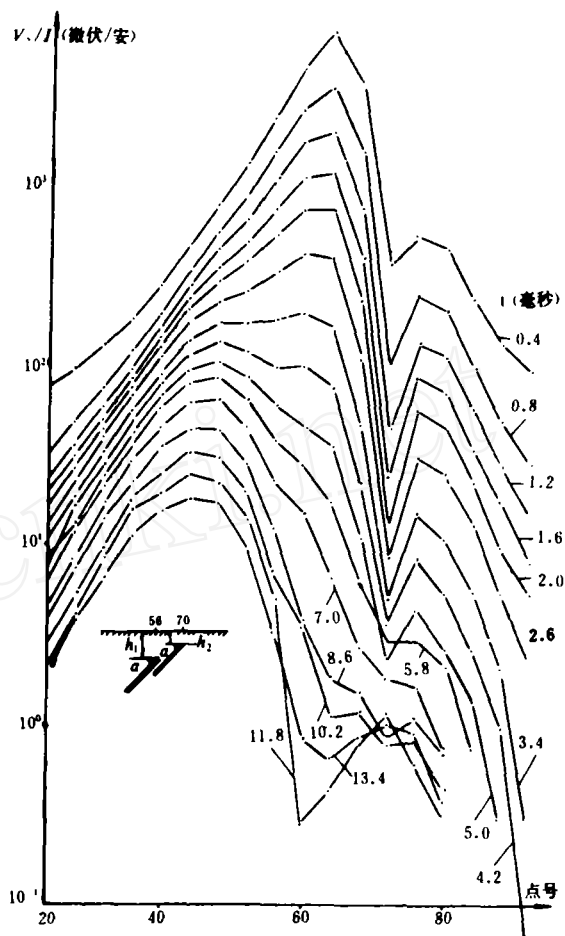


图8 两个板状体组合一起, 用不同测道测得的异常

模型: 铝板(1), $34 \times 31 \times 0.1$ 厘米³, $h_1 = 5$ 厘米;

铝板(2), $34 \times 31 \times 0.54$ 厘米³, $h_2 = 10$ 厘米;

$\alpha = 45^\circ$, 两板的间距为 5 厘米, 叠值迴线边长为 10 厘米

状或有限大小的矿体, 才有所谓的“最佳迴线边长”的问题, 即迴线边长最佳时, 获得的异常值最大。从图中曲线6和曲线7可以见到, 出现异常极大值时的 $2b/h$ 值, 也并不是固定在一次场最强的位置, 而是与矿体的大小有关。

迴线边长在一定范围内增大, 异常幅度也随之增大, 异常范围变窄。可见, 增大迴线边长能增大勘探深度。不过, 迴线边长的增大, 异常受旁侧地质体的干扰也增大, 同时外部干扰 (天然场及工业电流) 和地质噪声 (导电覆盖层、导电围岩及断裂带) 的强度也随之增大。这些干扰有时会超过有用信号, 所以, 在工作中应根据具体条

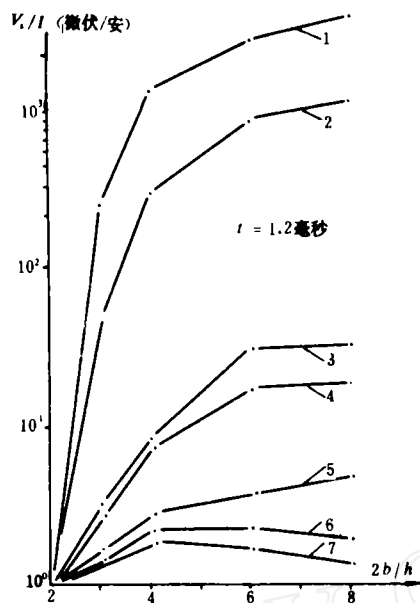


图9 形态和大小均不同的导体的
异常值与回线边长的关系

倾斜铝板模型: $\alpha = 45^\circ$, $h = 2.5$ 厘米, $t = 1.2$ 毫秒;

铝板大小:

(1) $30 \times 25 \times 0.29$ 厘米³; (2) $22.5 \times 22.2 \times 0.29$ 厘米³;

(3) $30 \times 6.8 \times 0.29$ 厘米³; (4) $6.8 \times 30 \times 0.29$ 厘米³;

(5) 水平铝制圆柱体: 直径 5 厘米, 走向长 50 厘米,

$h = 2.5$ 厘米;

(6) 铝球: 直径 11.4 厘米, $h = 2.3$ 厘米, $t = 1.2$ 毫秒;

(7) 铝球: 直径 5 厘米; $h = 2.5$ 厘米, $t = 1.2$ 毫秒

件,通过试验选择合适的回线边长,以提高信噪比。

此文在成文过程中,得到中南工业大学物探

教研室牛之璜同志和二〇二队刘本浩同志的帮助和指导,在此表示感谢。

某地野外激电异常拟断面图的模拟结果

沈连金

(冶金部地球物理探矿公司)

激电变频法用偶极装置找低阻陡倾斜极化体的效果,已被野外地质工作所证实。为配合对测得的拟断面图的推断解释,我们进行了水槽模拟实验。现将青海某地激电异常的模拟结果、钻孔验证情况和测井曲线分别介绍如下,供野外工作参考。

图1是野外实测的视频散率 P_s 拟断面图 and 不同装置的视充电率 M_s 与视电阻率 ρ_s 剖面图。据青海冶金地质八队的资料,五指山逆冲断层穿过异常附近,说明物探异常与180点附近的断层有关。从区域构造分析,力从北向南挤压形成北西—南东向多组逆断层。断层面陡立,倾向北,但由于侧向挤压力过强,以致造成浅部的断层面向南倾,如图1的地质剖面图所示。由联剖及中

梯 P_s 曲线形态分析,180点附近异常为低阻体。由 P_s 、 M_s 曲线形态看,中梯的极大值靠近断层的180点附近,异常往北还有延续。对比地质剖面可见,延续部分正好是片麻岩地带。联剖及固定点源的 M_s 曲线交点在185号点附近,由联剖 M_s 曲线形态及 P_s 拟断面图异常形态看来,在靠近180号点附近有一埋深较浅、倾角陡、倾向南的板状极化源存在。由 P_s 拟断面图可见,异常源延深大,异常中心在190号点附近,因此异常有可能和深部向北倾斜的极化源及片麻岩的高激电背景有关。

与矿有关的岩石电参数测定结果是:(1)白云母石英片岩和片麻岩,共测定标本37块, ρ 的变化范围为462~2400欧姆·米(几何平均值为