

磁电勘探中有限长水平圆柱体同点比值法 异常分布规律的研究

傅 平

(中国地质大学信息工程学院, 北京 100083)

[摘 要] 自然条件下的异常地质体常具有近于圆柱状体的形状, 而且其走向长度通常为有限值, 因此, 当采用磁电勘探中的同点比值法进行勘查时可以收到较好的勘探效果。在磁电阻率法和磁激发极化法之已有的研究成果基础上, 给出了有限长水平圆柱体同点比值法异常分布规律的研究结果。

[关键词] 磁电勘探 同点比值 磁电阻率 磁激发极化 有限长圆柱体

[中图分类号] P631.3 [文献标识码] A [文章编号] 0495-5331(2003)03-0050-03

0 前言

自从同点比值法提出以来^[1,2], 受到许多勘探地球物理工作者的关注, 在实际应用中其范围逐渐扩大, 有的厂家还生产出了基于该原理的同点比值仪, 这为同点比值法的进一步推广普及提供了物质基础。因此有必要对其原理做进一步的深入研究, 以供广大读者参考。

本文对文献[3]中的磁电阻率法和磁激发极化法之已有的研究成果进行了直接利用, 在此就不再做同样繁杂的数理推导。地质体形状有多种多样, 本文只着重给出对有限长水平圆柱体异常地质体的研究结果。

1 在有限长水平圆柱状地质体上同点比值的异常表达式

1.1 磁电阻率法中同点比值的异常表达式

设地下埋藏有一有限长水平圆柱体, 其走向与外加水平均匀的一次电流场方向平行, 如取坐标原点 O 在柱体顶部的地表面上, 并令 X 轴与一次电流场方向平行, Y 轴与一次电流场和水平圆柱体的走向垂直, Z 轴垂直地表面并指向下, 同时穿过水平圆柱体走向长度的中心点。在这种设定情况下, 在地表面的 Y 轴上, 一次磁场的各分量沿各坐标轴方向上的异常表达式如下:

$$H_{1x} = 0$$

$$H_{1y} = 2I_{1\text{异}} \left[\frac{hL}{(h^2 + y^2) \sqrt{h^2 + y^2 + L^2}} - \frac{L}{L^2 + y^2} \right] \quad (1)$$

$$H_{1z} = 2I_{1\text{异}} \frac{yL}{(h^2 + y^2) \sqrt{h^2 + y^2 + L^2}} \quad (2)$$

式中:

h 为水平圆柱状地质体的中心埋藏深度;

L 为水平圆柱状地质体沿走向之长度;

y 为观测点在 Y 轴上的坐标值;

$I_{1\text{异}}$ 为一次水平均匀电流遇走向长度较柱体半径大许多时流入柱体内部的一次异常电流强度, 并且它有如下形式:

$$I_{1\text{异}} = -2\pi r_0^2 \frac{\rho_2 - \rho_1}{\rho_2} j_0 \quad (3)$$

$$\text{或 } I_{1\text{异}} = \pi r_0^2 \frac{1 - \mu}{\mu} j_0 \quad (3)$$

在这里, r_0 为水平圆柱状地质体的半径; j_0 为一次电流密度; $\mu = \rho_2 / \rho_1$, ρ_2 为水平圆柱体电阻率, ρ_1 为圆柱体以外的围岩电阻率。

根据公式(1)和(2)可得出在 Y 轴上的任意点处, 水平与垂直两方向的一次磁场分量异常之同点比值有如下形式:

$$F_1 = \frac{H_{1y}}{H_{1z}} = \frac{hL^2 + h(h^2 + 2y^2) - (h^2 + y^2) \sqrt{h^2 + y^2 + L^2}}{y^3 + yL^2} \quad (4)$$

[收稿日期] 2002-04-22; [修订日期] 2002-06-24; [责任编辑] 曲丽莉。

[作者简介] 傅 平(1955年-), 男, 1992年毕业于中国地质大学, 获硕士学位, 副教授, 现主要从事电磁法及计算机信息处理研究工作。

1.2 磁激发极化法中二次异常电流磁场分量的同点比值表达式

对于与上述各种情况相同的水平圆柱地质体而言,若分面极化和体极化两种激发状态,则可分别表达如下:

1) 面极化情况:

$$H_{2x} = 0$$

$$H_{2y} = 2I_{2s} \left[\frac{hL}{(h^2 + y^2) \sqrt{h^2 + y^2 + L^2}} - \frac{L}{L^2 + y^2} \left(1 - \frac{h}{\sqrt{h^2 + y^2 + L^2}} \right) \right] \quad (5)$$

$$H_{2z} = 2I_{2z} \frac{yL}{(h^2 + y^2) \sqrt{h^2 + y^2 + L^2}} \quad (6)$$

式中 I_{2s} 为柱体面极化时产生的激发极化二次极化电流强度,表达式为:

$$I_{2s} = - \frac{4\rho_1^2 \lambda J_0}{(\rho_2 + \rho_1) \left(\rho_2 + \frac{\lambda}{r_0} \rho_1 + \rho_1 \right)} \quad (7)$$

式中 λ 为面极化系数,其他参数的符号内容与前述相同,故不赘述。但由此可导出面极化情况的同点比值有关系式:

$$F_{2s} = H_{2y}/H_{2z} = F_1 \quad (8)$$

2) 体极化情况

$$H_{2x} = 0$$

$$H_{2y} = 2I_{2v} \left[\frac{hL}{(h^2 + y^2) \sqrt{h^2 + y^2 + L^2}} - \frac{1}{L^2 + y^2} \left(1 - \frac{h}{\sqrt{h^2 + y^2 + L^2}} \right) \right] \quad (9)$$

$$H_{2z} = 2I_{2v} \left[\frac{yL}{(h^2 + y^2) \sqrt{h^2 + y^2 + L^2}} \right] \quad (10)$$

$$\text{式中 } I_{2v} = - \frac{4\rho_1 \rho_2 r_0 \eta_{2j_0}^0}{(\rho_2 + \rho_1) [\rho_2 (1 + \eta_2^0) \rho_1]} \quad (11)$$

这里 η_2^0 为水平圆柱体的初始极化率,并略去围岩的体极化作用。由此可导出体极化条件下的同点比值有以下关系:

$$F_{2v} = H_{2y}/H_{2z} = F_1 \quad (12)$$

3 有限长水平圆柱体上同点比值的异常分布特征

为研究沿 Y 轴上同点比值的异常规律,这里分别取 $L/h = 2, 5, 10$ 三种柱体走向长度进行了计算,并取变量为 y/h , 得到表 1 中的计算数据。

根据表 1 中的数据可绘出如图 1 所示的 3 条同点比值的理论曲线。

表 1 三种柱体计算数据

F_1 L/h	0	0.1	0.5	1	2	5	10
2	∞	6.91	1.25	0.42	-0.13	-0.61	-0.79
5	∞	8.34	1.59	0.68	0.11	-0.34	-0.72
10	∞	14.33	1.77	0.82	0.28	-0.23	-0.57

分析表 1 和图 1 中的理论研究结果可得出以下几点认识:

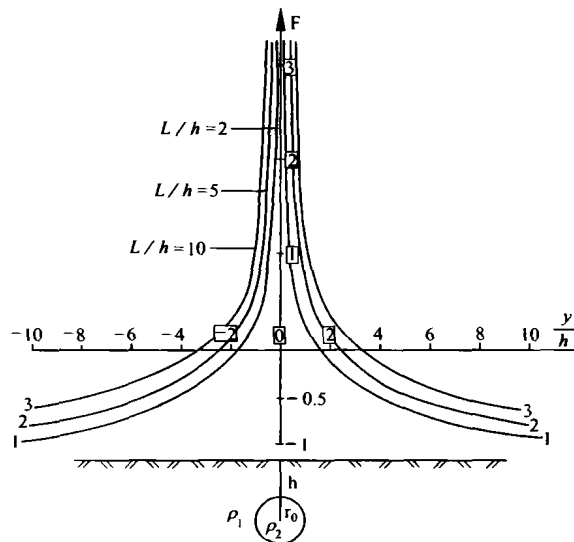


图 1 有限长水平圆柱体上同点比值法的理论曲线

1) 在 $y/h = 0$ 的水平圆柱体顶部位置上,各种物体走向长度的同点比值 F 均为无限大,但趋于无限大的速度不同,随着测点的接近柱顶,柱体愈长,趋于无限大的速度就愈快;反之愈慢。

2) 根据 F 为无限大点的水平位置,就可以判定圆柱体的水平位置;将各条平行测线上 F 为无限大的点连成一条线,便为水平圆柱体走向延伸方向,依此特征便可追索出柱体的走向埋藏情况,这是同点比值法的一个重要功能。

3) 除水平圆柱体走向长度为无限大的情况外,在通常情况下,同点比值曲线沿 Y 轴均有由正值变为负值的零值点存在,这是由于垂直磁场分量等于零造成的,且该点的水平位置随着走向长度的不断增大而逐渐外移(图 2)。

4) 由公式(8)和(12)可见,在磁激发极化法中,当观测二次极化电流引起的异常磁场分量之同点比值时,其表达式与一次异常电流引起的同点比值完全相同。一次异常场的 F_1 与二次面极化情况的 F_{2s}

以及体极化条件的 F_{2V} 三者相等,即有关系式:

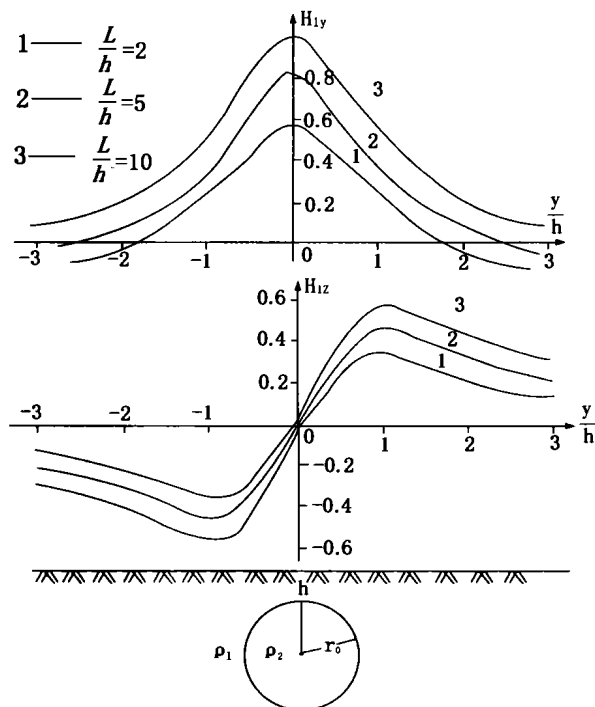


图2 有限长水平圆柱体上一次异常磁场分量的理论曲线

$$F_1 = F_{2S} = F_{2V} \quad (13)$$

而且由以上公式可见,在理论上观测 F_1 、 F_{2S} 和 F_{2V} 是相同的,其同点比值相等。但在实际工作中,三者的测量精度乃不相同。其中在观测 F_1 时往往需要对正常场做一定的校正,校正方法在文献[3]中已有说明,此文不再评述。

RESEARCH OF SAME - POINT RATIO ABNORMAL LAW ON LONGISH HORIZONTAL CYLINDER IN MAGNETO - ELECTRIC PROSPECTING

FU Ping

(China University of Geosciences, Beijing 100083)

Abstract: Under natural conditions, some abnormal geologic bodies usually have a form of approximate horizontal cylinder, and their run general is limited long. Using same - point ratio method in magneto - electric prospecting, a better prospecting effect can be gain. This paper gives research results of abnormal law on longish horizontal cylinder by same - point ratio method.

Key words: magneto - electric prospecting, same - point ratio, magnetic resistivity, magnetic IP, longish horizontal cylinder

5) 分析公式(4)、(8)、(12)可见,各同点比值均与地质体中的异常电流强度(或正常电流场的电流强度)之具体大小无关。因此其量值的不规则变化不会影响同点比值的相应变化,故采用同点比值法勘测可避免或克服由供电设备引起的不稳定干扰,因而较观测磁异常场分量有明显优点。

4 结论

综上所述,在实际工作中,勘察各类具有近于水平圆柱状地质体时,均可采用同点比值法,以精确地判定有限长水平圆柱地质体的水平位置及追索其走向延伸方向,而且根据正常场的可校正性,可选用一次场同点比值法或二次极化场的同点比值法均可,主要由观测精度而定。

[参考文献]

- [1] 傅平. 勘察地下管线的一种新方法——同点比值法[J]. 桂林冶金地质学院学报, 1992, 12(1).
- [2] 傅平. 地下管线勘察中的同点比值法及其实际效果[A]. 全国地下管线勘测技术研讨会论文集[C]. 北京: 地质出版社, 1993.
- [3] 傅良魁. 磁电勘探法原理[M]. 北京: 地质出版社, 1984.
- [4] 傅平. 磁充电法中板状体比值异常理论的研究和实验结果[J]. 现代地质, 1999, 13: 125 ~ 127.
- [5] 傅平. 利用倾斜磁场最大值点确定地下管线深度的方法理论[J]. 地质与勘探, 1992, 5.