

- 5 基于经验模态分解的地震瞬时属性提取 ..... 陈林 宋海斌(
- 6 地震多属性优选及应用 ..... 温书亮(
- 7 反射地震走时层析中的大型稀疏矩阵压缩存储和求解 ..... 成谷 张宝金等(
- 8 水平层状介质中直流点源磁场的计算 ..... 刘云鹤 高丽娟等(
- 9 海底油气藏的高分辨电磁法勘探 ..... 汤井田 罗维斌(
- 10 提高海洋磁测日变改正精度的对比研究 ..... 吴学文 高金耀等(
- 11 东海油气田开发中磁测成果的应用 ..... 高德章(
- 12 变密度界面重磁联合反演方法研究 ..... 吴健生 江凡等(
- 13 利用磁异常线性特征确定磁性体边界和埋深 ..... 于鹏 何伟等(
- 14 双探针型热流计最佳结构参数模拟 ..... 杨小秋 施小斌等(
- 15 多波束测深中声速剖面在空间上的插值技术 ..... 屈小娟(
- 16 海底地震仪数据校正方法 ..... 薛彬 阮爱国(
- 17 三分量海底地震仪记录中横波研究进展 ..... 赵明辉 丘学林等(
- 18 电磁感应方法在波西尼亚湾海冰厚度探测中的应用 ..... 郭井学 孙波(
- 19 大容量气枪在海上和陆上深地震探测中的应用 ..... 丘学林 赵明辉等(
- 20 海洋位场数据融合技术与应用 ..... 刘苗 吴健生(
- 21 厄沃特什改正中减小误差的方法 ..... 姚刚 江凡(
- 22 遥感线性体的定量分析和成矿预测研究 ..... 张海玲 王家林等(
- 23 裂谷作用盆地模型的初步研究 ..... 宋洋 宋海斌(
- 24 南海北部洋陆分界与重、磁异常分布特征 ..... 高金耀 张涛等(
- 25 东海沟弧盆体系热岩石圈结构研究 ..... 栾锡武 赵金海等(
- 26 青岛垭口-八仙墩变质海相碎屑岩的属性和构造指示意义 ..... 付永涛 虞子冶等(
- 27 南海北部陆坡特提斯洋遗迹研究 ..... 鲁银涛 栾锡武等(
- 28 南海东沙岸外陆坡区深水沉积物波的初步研究 ..... 钟广法 李前裕等(
- 29 南海北部海底地震仪记录的深部异常震相及其意义 ..... 阎贫 刘海龄(
- 30 南海东北部及其邻近地区的 Pn 波速度结构与各向异性 ..... 胥颐 李志伟等(
- 31 珠江口盆地深水区凹陷结构与沉降史分析 ..... 董冬冬 吴时国等(
- 32 琼东南盆地深水区生物礁碳酸盐岩地球物理特征 ..... 马玉波 吴时国(
- 33 南海北部陆缘深水区含油气系统研究 ..... 吴时国 董冬冬等(
- 34 海底扇-南海北部深水油气勘探的重要领域 ..... 袁圣强 吴时国(
- 35 礼乐盆地沉积地层特征及其构造演化过程 ..... 孙龙涛 周蒂等(
- 36 立足南海,构筑深水油气勘探技术平台 ..... 陈洁 温宁(
- 37 南海西北部琼东南盆地基底结构初步研究 ..... 张新兵 王家林等(
- 38 浅表层天然气水合物特征 ..... 栾锡武 孙东胜等(
- 39 海底天然气水合物 3D 层析成像数值模拟 ..... 李湘云 阮爱国(
- 40 白云凹陷水合物成藏条件研究及水合物的预测 ..... 张树林 陈多福(
- 41 海床土电阻率多电极直流快速测定技术的试验研究 ..... 郭秀军 侯晓冬等(
- 42 黄河水下三角洲沉积粉土层中波动能量衰减特征研究 ..... 马志杰 郭秀军等(
- 43 近海浅地层多道地震特点分析及高分辨率探测对策 ..... 郭秀军 王揆阳等(
- 44 生物扰动对黄河口沉积物渗流影响的电阻率测试试验研究 ..... 陈友媛 郭秀军等(
- 45 近海浅层工程勘察方法 ..... 孟庆生 郭秀军等(
- 46 近海工程高分辨率多道浅地层探测技术及设备 ..... 孟庆生 刘保华等(
- 47 海底底质声学特性及原位测量技术 ..... 谷明峰 郭常升等(
- 48 海底松散沉积物声学参数原位测量技术研究 ..... 郭常升 李会银(
- 49 南海西北部珊瑚礁区地壳升降速率分析 ..... 詹文欢 张志强等(
- 50 环渤海地区的海洋灾害综合风险管理刍议 ..... 任鲁川 薛艳等(
- 51 莺歌海盆地构造演化与强烈沉降机制的分析和模拟研究 ..... 孙珍 钟志洪等(

# 中国地球物理

## THE CHINESE GEOPHYSICS

中国地球物理学会 编



第二十三届年会  
青岛 10月19~23日

# 水平层状介质中直流点源磁场的计算

刘云鹤 高丽娟 翁爱华

(吉林大学地球探测与信息技术学院 130026)

近年来,由于磁电阻率法具有的某些明显的优点而不断的得到人们的重视,对它的研究也取得了可喜的成果。为了进一步推进它的发展,有必要计算一下它在一些理想模型下的响应。这里的模型为水平各向同性的地层, $Z$ 轴竖直向下,点源所在的位置为原点。直流电产生磁场的理论基础是电流磁场的旋度公式。由于当前情况下地中电流分布呈辐射状的对称性,因此在以 $Z$ 轴为中心、 $r$ 为半径的圆周上各点的磁场均是相等的。于是电流磁场的旋度公式的积分形式变为

$$\int_C H_g d l = \iint_S (\nabla \times H) g d S = \iint_S j g d S \quad (1)$$

式中, $H$ 是磁场强度, $j$ 是电流密度, $S$ 是某一指定的水平圆平面, $C$ 是圆平面 $S$ 的周长。

为了计算任意点 $P$ 的磁场,先以 $P$ 点到 $Z$ 轴的垂直距离为半径 $r$ 绕 $Z$ 轴画水平圆平面 $S$ ,然后求出水平圆面 $S$ 上的电流密度,再利用(1)式就可以计算出在圆周上 $P$ 点的磁场。由于模型的对称性,该磁场没有垂直分量。

因为磁电阻率法是直流的方法,没有激发极化效应,所以由几个源产生的总磁场可以通过把各个源分别产生的磁场作线性求和来获得。这里我们假设点源的供电导线是半无限长的并且垂直水平地面,这样 $P$ 点的磁场就可以分为由点源和垂直导线两部分产生的。垂直导线在 $P$ 点产生的磁场为

$$H_e(P) = (I/4\pi r)(\cos\alpha - \cos\beta) \quad (2)$$

式中, $\alpha$ 和 $\beta$ 分别为导线外某一点 $P$ 与导线两端所成的夹角, $I$ 是电流强度, $r$ 是 $P$ 点到导线的垂直距离。这样,由总的磁场减去导线产生的磁场,就可求出点源在 $P$ 点产生的磁场。

为了计算通过水平圆面 $S$ 的电流强度,我们必须先求出圆面上任意一点的电流密度 $j$ ,然后在对电流密度在圆平面 $S$ 上积分就可以求出通过圆平面的电流强度。任意一点的电流密度 $j$ 可以利用该点的电位在垂直方向上的导数除以该点的电阻率来求取。层状介质中各层的电位表达式参考 Veitch, D 的论文。经过简单的推导后得层状介质中某层任意一点的电流密度表达式为

$$j_i = \rho_s I / 4\pi \rho_i g \int_0^{\infty} \lambda [\pm e^{m\lambda z} + \alpha_i(\lambda) e^{-\lambda z} - \beta_i(\lambda) e^{+\lambda z}] J_0(\lambda r) d\lambda \quad (3)$$

式中 $\rho_s$ 为点源所在层的电阻率, $\lambda$ 为波数, $J_0(\lambda r)$ 为零阶贝塞尔函数, $\alpha_i(\lambda)$ 和 $\beta_i(\lambda)$ 为两个待定系数。两个待定系数的求法可以参考葛为中提出的递推的计算方法。把(3)式代入到(1)式中,就可以得到 $P$ 点磁场的表达式。该表达式含有对零阶贝塞尔函数的二重积分,直接计算计算量比较大,为了减少计算量,我们调换积分的次序。先把零阶贝塞尔函数对圆的半径 $r$ 积分,然后利用贝塞尔函数的性质,就可以把磁场的二重积分表达式变成一重积分表达式。经过简单的推导后 $P$ 点磁场的表达式变为

$$H_e(r_1, z_1) = \frac{I}{4\pi r_1} \left\{ r_1 (\rho_s / \rho_i) \int_0^{\infty} [\alpha_i(\lambda) e^{-\lambda z} \pm e^{m\lambda z} - \beta_i(\lambda) e^{+\lambda z}] J_1(\lambda r) d\lambda - 1 + \frac{z}{R} \right\} \quad (4)$$

式中, $R$ 是点源到测点的径向距离, $z$ 是测点的纵坐标(原点取在点源所在的位置)。为了提高计算的精度,在编程计算的时候对含有一阶贝塞尔函数的积分采用直接数值积分的方法,并利用连分式来加快积分的收敛速度。

## 参 考 文 献

- [1] 傅良魁. 磁电勘探法原理[M]. 地质出版社. 1984年10月  
 [2] 葛为中, 阮百尧. 直立多层介质地面点源电场的递推公式[J]. 桂林冶金地质学院学报, 1990, 10(2)