

运用坐标转换原理求解多地电体的电位分布

李开鹏¹, 鲍力知²

(1. 贵州省有色金属和核工业地质勘查局物化探总队, 贵州 都匀 558000;
2. 湖南化工地质勘查院, 湖南 长沙 410004)

[摘要] 利用坐标平移、旋转、和不同坐标系统之间的转换, 本文研究多个大小不同、形状各异、电性不匀的地电体共存于均匀电流场中的电位分布问题, 提出了求解这类复杂电性分布的技术思路和方法, 给出了在忽略地电体相互影响的条件下, 多个地电体共存时电位分布的理论公式和计算方法, 探讨了地电体之间影响可以忽略的具体条件。对解决复杂地电分布的正演问题作了有益的探索。

[关键词] 多地电体; 电位分布; 坐标转换

[中图分类号] P631.3 [文献标识码] A [文章编号] 1000-5943(2016)01-0077-06

1 引言

坐标的平移、旋转以及不同坐标系统之间的转换, 是解决数学物理问题常用的科学工具^[1,2,11]。勘查中遇到的地下电场分布, 实际是无数个大小不同, 形状各异, 电性不匀的电性体共存的复杂组合。一般的论文、专著(或教科书), 常常只给出大地电性均匀条件下, 单个简单形态电性体的电场分布。涉及多个地电体的正反演主要靠模型实验或有限元编程。

为了求解数学物理问题的方便, 理论文章和教科书、专著中经常采用球面坐标、圆柱坐标或者椭球坐标等正交曲线坐标来求解位场问题, 而从事实际勘查的人却习惯按直角坐标考虑空间分布。这就提出了一个从曲线坐标转换到直角坐标的问题。

本文运用坐标转换原理^[1,2], 探讨求解均匀电流场中, 两个及两个以上电性体共存的复杂条件下的电位分布, 给出多地电体共存于均匀电流场中的计算公式和转换方法, 指出了上述方法适用的条件和引起的误差。

2 坐标转换的基本公式

2.1 直角坐标系的平移

设在空间建立了直角坐标系 $Oxyz$, 将它沿 x, y, z 轴正向分别移动距离 a, b, c , 得到新坐标系 $o'x'y'z'$ 。设点 P 在坐标系 $oxyz$ 中的坐标依次为 x, y, z , 在新坐标系 $o'x'y'z'$ 中的坐标顺次为 x', y', z' , 如图 1 所示。

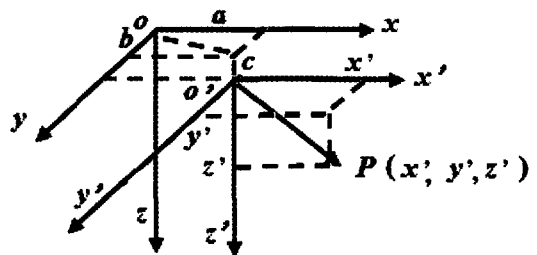


图 1 坐标系 $oxyz$ 平移后变为新坐标系 $o'x'y'z'$ 的位置关系

Fig. 1 After translation, the old coordinate system $oxyz$ becomes new coordinate system $o'x'y'z'$

点 P 在新的坐标 x', y', z' 与老坐标 x, y, z 的换算关系是^[1,2]

$$x = x' + a, y = y' + b, z = z' + c \quad (1)$$

[收稿日期] 2016-01-05

[作者简介] 李开鹏(1982—), 男, 物探工程师, 从事地球物理理论与勘探工作。

[通讯作者] 鲍力知(1941—), 男, 湖南长沙人, 高级工程师, 教授, 长期从事勘查地球物理理论与勘查实践。

2.2 直角坐标系的旋转^[1,2]

新坐标系 $o'x'y'z'$ 也可以由老坐标系 $oxyz$ 旋转产生,任何旋转总可以分解为绕 ox 轴旋转,绕 oy 轴旋转,绕 oz 轴旋转等三种不同旋转方式或它们的组合。如图 2 所示。

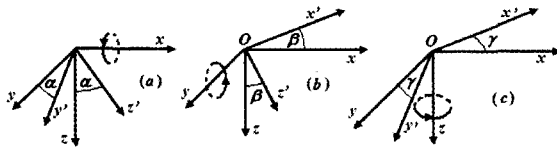


图 2 直角坐标系的旋转运动分解为绕 ox, oy, oz 三个不同转轴的旋转运动

Fig. 2 Rotation motion of descartes coordination system could be resolved into three different rotation motions

(a) ox 不动, oy, oz 绕 ox 旋转 α 角到 oy', oz' 位置; (b) oy 不动, ox, oz 绕 oy 旋转 β 角到 ox', oz' ; (c) oz 不动, ox, oy 绕 oz 旋转 γ 角到 ox', oy'

ox 轴不动, yoz 平面绕 ox 轴旋转 α 角(以反时针方向为+)到 oy', oz' 位置,由老坐标 y, z 换算新坐标 y', z' 的关系式是^[1,2]

$$\left. \begin{aligned} y' &= y \cos \alpha + z \sin \alpha \\ z' &= -y \sin \alpha + z \cos \alpha \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

由方程组(2)可解出从新坐标 y', z' 换算老坐标 y, z 的公式为^[1,2]

$$\left. \begin{aligned} y &= y' \cos \alpha - z' \sin \alpha \\ z &= y' \sin \alpha + z' \cos \alpha \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

仿此不难得到 oy 轴不动, xoz 平面绕 oy 轴旋转 β 角到 ox', oz' 位置,或者 oz 轴不动, xoy 平面绕 oz 轴旋转 γ 角到 ox', oy' 位置的换算公式。

2.3 球面坐标系与直角坐标系的互相换算^[6,7,10]

如图 3,与直角坐标系原点相同,以直角坐标的 z 轴为极轴的球面坐标 r, θ, φ 与直角坐标 x, y, z 的相互换算的关系是

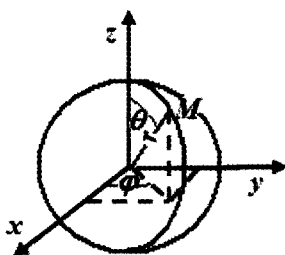


图 3 与直角坐标系原点相同,以直角坐标的 z 轴为极轴的球面坐标 r, θ, φ 与直角坐标 x, y, z 的位置关系

Fig. 3 Position relation of a Descartes coordinate system and a spherical coordinate system

$$r = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2}, \theta = \tan^{-1} \frac{\sqrt{x^2 + y^2}}{z}, \varphi = \tan^{-1} \frac{y}{x} \quad (4)$$

$$x = r \sin \theta \cos \varphi, y = r \sin \theta \sin \varphi, z = r \cos \theta \quad (5)$$

2.4 圆柱坐标与直角坐标系的互相换算^[6,7,10]

二者的位置关系如图 4,换算公式为(6)、(7)。

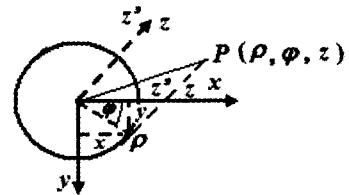


图 4 原点与直角坐标原点重合, z 轴与直角坐标 z' 轴相同的圆柱坐标系 (ρ, φ, z') 的位置关系

Fig. 4 Position relation of a Descartes coordinate system and a cylindrical coordinate system

$$x = \rho \cos \varphi, y = \rho \sin \varphi, z = z' \quad (6)$$

$$\rho = \sqrt{x^2 + y^2}, \varphi = \tan^{-1} \frac{y}{x}, z' = z \quad (7)$$

2.5 椭球坐标系 (λ, μ, v) 与直角坐标系 (x, y, z) 的位置关系及互相换算

勘查地球物理中常用到椭球坐标。椭球坐标的三个坐标曲面方程为^[3,6,12]

$$\frac{x^2}{a^2 + \lambda} + \frac{y^2}{b^2 + \lambda} + \frac{z^2}{c^2 + \lambda} = 1 \quad (8)$$

$$\frac{x^2}{a^2 + \mu} + \frac{y^2}{b^2 + \mu} + \frac{z^2}{b^2 + \mu} = 1 \quad (9)$$

$$\frac{x^2}{a^2 + v} + \frac{y^2}{b^2 + v} + \frac{z^2}{c^2 + v} = 1 \quad (10)$$

以上 3 式中, a, b, c 是常数, $a > b > c, \infty > \lambda > -c^2, -c^2 > \mu > -b^2, -b^2 > v > -a^2$ 。式(8)确定一簇共焦点的三轴椭球面,式(9)确定一簇单叶双曲面,(10)确定一簇双叶双曲面。这三个曲面两两正交,构成一个正交曲线坐标系。同时取一个原点位于椭球中心, x 轴沿椭球长半轴方向的直角坐标系,如图 5。

在椭球坐标系中,空间任一点 P 的坐标是 (λ, μ, v) 。从椭球坐标 λ, μ, v 换算到直角坐标的公式为^[3,6,12]

$$x^2 = \frac{(a^2 + \lambda)(a^2 + \mu)(a^2 + v)}{(a^2 - b^2)(a^2 - c^2)} \quad (11)$$

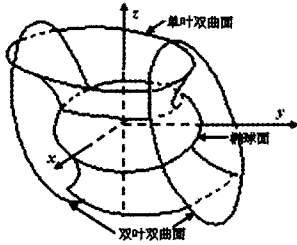


图 5 椭球坐标系的三个坐标面

Fig. 5 Three coordinate surfaces of ellipsoidal coordinate system

$$y^2 = \frac{(b^2 + \lambda)(b^2 + \mu)(b^2 + \nu)}{(b^2 - a^2)(b^2 - c^2)} \quad (12)$$

$$z^2 = \frac{(c^2 + \lambda)(c^2 + \mu)(c^2 + \nu)}{(c^2 - a^2)(c^2 - b^2)} \quad (13)$$

已知直角坐标 x, y, z 求椭球坐标的方法是将(8)~(10)式统一写作

$$\frac{x^2}{a^2 + t} + \frac{y^2}{b^2 + t} + \frac{z^2}{c^2 + t} = 1 \quad (14)$$

上式左右两边同乘以 $(a^2 + t)(b^2 + t)(c^2 + t)$, 变形为

$$(a^2 + t)(b^2 + t)(c^2 + t) - x^2(b^2 + t)(c^2 + t) - y^2(a^2 + t)(c^2 + t) - z^2(a^2 + t)(b^2 + t) = 0 \quad (15)$$

(15)式是一个关于 t 的三次方程, 椭球坐标 λ, μ, ν 是解方程(15)得到的三个实根^[6,7,12]。

3 均匀电流场中二个以上电性体共存的电位分布

3.1 二个球状体共存的情况

在电阻率为 ρ_1 的均匀大地中, 赋存有 A, B 两个等轴状的地质体, 可用球体来模拟它们。设二球的半径分别为 a_A, a_B , 电阻率分别为 ρ_A, ρ_B 。在整个空间建立密度为 j_0 的均匀电流场。取原点位于球 A 的球心, x 轴沿电流密度 j_0 的方向的直角坐标。另取一个原点也位于球 A 的球心, 极轴沿 x 轴方向的球坐标, 如图 6 所示。

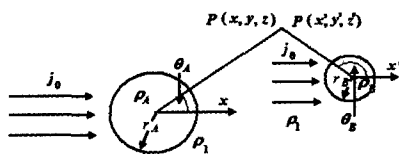


图 6 两个不同尺寸、不同电阻率的球体共存于一个均匀电流场中

Fig. 6 Two spherical bodies their sizes and resistivity are different coexisting an uniform current field

均匀电流场中单个导电球体的电位分布已经有解^[3,4,5,9], 球外由球 A 引起的电位 U_1 等于

$$U_1 = U_0 + U_A = -\left(1 + \frac{\rho_A - \rho_1}{2\rho_A + \rho_1}\right) \frac{a_A^3}{r_A^3} j_0 \rho_1 x_A \quad (16)$$

在沿 x 方向, 正常电场的强度为 $j_0 \rho_1$, 而相距 r_A 的观察点上球 A 的异常电场强度是

$$E_x = \frac{\rho_A - \rho_1}{2\rho_A + \rho_1} j_0 \rho_1 \frac{a_A^3}{r_A^3} \left(1 - 3 \frac{x_A^2}{r_A^2}\right) \quad (17)$$

当 $r_A/a_A = 4$, 即观察点到球心的距离等于 4 倍球半径, 与建立的均匀电流场相比, 球体的异常电场不到前者的 2%, 其影响可以忽略。

如果 A、B 二球共存, 二者之间的距离足够大, 使得球 A 和球 B 的相互作用及它们对总场的贡献与建立的均匀电流场相比可以忽略, 球外任一点 P 的总电位可以看成均匀电流场的电位与球 A 以及球 B 的电位三者之和, 则观察点 P 的总电位为

$$U_{0+A+B} = U_0 + U_A + U_B = -\left[1 + \left(\frac{\rho_A - \rho_1}{2\rho_A + \rho_1}\right) \frac{a_A^3}{r_A^3} x_A + \left(\frac{\rho_B - \rho_1}{2\rho_B + \rho_1}\right) \frac{a_B^3}{r_B^3} x_B\right] j_0 \rho_1 \quad (18)$$

式中 $r_A = \sqrt{(x_A^p)^2 + (y_A^p)^2 + (z_A^p)^2}$, $r_B = \sqrt{(x_B^p)^2 + (y_B^p)^2 + (z_B^p)^2}$ 。 x_A^p, y_A^p, z_A^p 分别是观察点 P 在球 A 的球心为原点的直角坐标系统的三个坐标值。 x_B^p, y_B^p, z_B^p 则是观察点 P 在球 B 的球心为原点的直角坐标系统的坐标值。设球 B 的球心在球 A 的球心为原点的直角坐标系中的坐标分别为 (a, b, c) , 根据前述坐标平移的原理, 不难写出

$$x_B^p = x_A^p - a, y_B^p = y_A^p - b, z_B^p = z_A^p - c \quad (19)$$

$$r_B = \sqrt{(x_A^p - a)^2 + (y_A^p - b)^2 + (z_A^p - c)^2} \quad (20)$$

(19)、(20)代入(18)便得到均匀电流场中有两个球状电性体共存时, 以其中一个球体中心为坐标原点的总电位

$$U = -\left[1 + \left(\frac{\rho_A - \rho_1}{2\rho_A + \rho_1}\right) \frac{a_A^3}{r_A^3} x_A + \left(\frac{\rho_B - \rho_1}{2\rho_B + \rho_1}\right) \frac{a_B^3 (x_A^p - a)}{[(x_A^p - a)^2 + (y_A^p - b)^2 + (z_A^p - c)^2]^{3/2}}\right] j_0 \rho_1 \quad (21)$$

类此不难写出均匀电流场中有 3 个、4 个... 大小不一, 电性不同的等轴状地电体共存时的电位表达式。

3.2 二个(或更多)长圆柱体共存的情况

电法勘查中实际遇到的电性体,有时可以用长圆柱体来模拟。理论研究时为简化问题起见,常常把长圆柱体看成沿走向无限长。究竟多长算“无限长”,历来没有固定的说法。笔者的看法是,如果柱体的长、短轴之比达到8倍以上,就基本上可看成“无限长”了。理由如次:

把圆柱体看成是一系列大小相等的球体沿直线排列而成,设它们的半径均为 a ,如图7。考察其中球心相距为 $r=4a$ 的两个球,由前述可知,相距 $r=4a$ 的两球相互影响很小可以忽略(不到2%)。考虑两端各取一个 $r=4a$ 的距离,柱体走向长共8倍球半径 a 。8a 以外的部分对总场的贡献越来越小,都可以忽略。

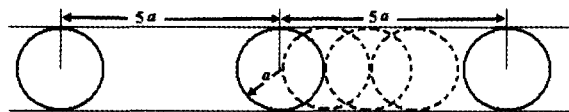


图7 一系列大小相等的球体沿直线排列成圆柱体
Fig.7 A cylinder made of series same spheres linear arrangement

设在电阻率为 ρ_1 的均匀空间中赋存有两个无限长的圆柱体 A 和 B ,圆柱体内物质的电阻率均为 ρ_2 ,两圆柱体的轴线互相平行。建立一个密度为 j_0 的均匀电流场,使电流方向与圆柱体轴线垂直。取一个原点位于柱体 A 的轴线上, z 轴与柱体的轴线重合, x 轴沿均匀电流的方向的直角坐标系,和一个原点, z 轴都与这个直角坐标相同的圆柱坐标系。设圆柱体 B 的轴线与 xoy 平面交点的坐标为 (a, b) ,如图8。

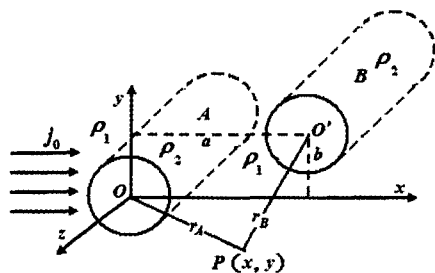


图8 均匀电流场中两个平行的无限长圆柱体共存
Fig.8 Two parallel infinite length cylinders coexisting in an uniform current field

均匀电流场中,存在一个轴向与电流垂直的无限长圆柱体内、外的电位分布公式^[5,7]是

$$U_1 = -j_0 \rho_1 \left[1 - \frac{a^2}{r^2} \frac{(\rho_1 - \rho_2)}{(\rho_1 + \rho_2)} \right] x \quad (22)$$

$$U_2 = -j_0 \rho_1 \frac{2\rho_2}{(\rho_1 + \rho_2)} x \quad (23)$$

式中下标 2、1 分别代表柱体内、外, r 为观察点在圆柱坐标中的极径。

柱体外的电位包括两部分,均匀电流场的正常电位 $-j_0 \rho_1 x$ 和柱体引起的异常电位 $j_0 \rho_1 \frac{a^2}{r^2} \frac{(\rho_1 - \rho_2)}{(\rho_1 + \rho_2)} x$ 。当上述均匀电流场中存在两个互相平行,电阻率均为 ρ_2 ,截面圆半径均为 a 的无限长圆柱体,如果两柱体之间的距离大于截面半径的5倍,则据公式(22),二者互相的影响不到正常电位的4%,可以忽略。当均匀电流场中赋存有两个互相平行,电阻率分别为 ρ_A, ρ_B ,截面圆半径分别为 a_A, a_B 的无限长圆柱体共存时,柱体外的电位可写为:

$$U_1 = -j_0 \rho_1 \left[1 - \frac{a_A^2 (\rho_1 - \rho_A)}{r_A^2 (\rho_1 + \rho_A)} \right] x_A + j_0 \rho_1 \frac{a_B^2}{r_B^2} \frac{(\rho_1 - \rho_B)}{(\rho_1 + \rho_B)} x_B \quad (24)$$

由于柱体 B 相对于柱体 A 沿 x 方向平移了距离 a ,沿 y 方向平移了距离 b ,当取柱体 A 的轴心为坐标原点时,式中的坐标 $x_B, r_B = \sqrt{x_B^2 + y_B^2}$ 应分别按坐标平移公式用 $x_A - a, r_B = \sqrt{(x_A - a)^2 + (y_A - b)^2}$ 代替。

实际的两个柱状地质体,往往互不平行,走向、倾向(倾伏)有一定的夹角。如果柱体 B 轴向相对柱体 A 轴向存在平面夹角 α ,倾伏夹角 β ,如图9所示。这时要注意两点:①电流密度 j_0 要投影到与柱体 B 轴向垂直的方向,改成 $j_0 \cos \alpha$;②柱体 B 的异常电位表达式中的坐标,除了上述的坐标平移以外,还要加上坐标的旋转变换。走向角 α 可看成 z 轴不动, xoy 平面绕 z 轴旋转,利用本文第一部分的公式(2)、(3)。倾伏角 β 可看成 x 轴不动, $yozy$ 平面绕 x 轴旋转。

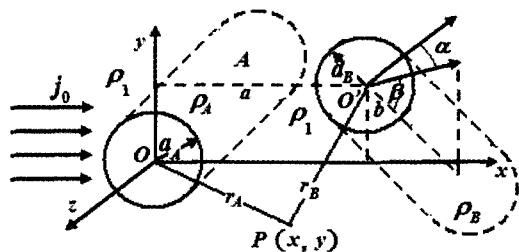


图9 均匀电流场中,柱体B相对柱体A走向夹角为 α ,倾伏角为 β ,它们的半径分别为 r_A, r_B ,电阻率分别为 ρ_A, ρ_B
Fig.9 Two different attitude cylinder coexisting in an uniform current field cylinder

如果同一均匀电流场中存在第三、第四...个大小不同, 电性不等, 产状各异的柱状地质体, 只要他们彼此之间的影响小到可以忽略, 根据上述的公式和原理, 同样可以写出空间任何一点它们共同引起的总电位。

3.3 二个(或更多)椭球体共存的情况

勘察地球物理中常常用三轴椭球体来模拟实际存在的地质体。这样做的好处是: 改变椭球三轴的比例, 可以模拟许多形态不同(球状、透镜状、柱状或板状)的地质体。

设在电阻率为 ρ_1 的均匀介质中, 有一个电阻率为 ρ_2 、三个半轴分别为 a, b, c 的椭球体。建立一个均匀电流场, 使电流密度 j_0 方向沿椭球长半轴 a 的方向。取一个原点在椭球中心, x, y, z 三轴分别沿椭球 a, b, c 三半轴方向的直角坐标系。又取一个原点相同的椭球坐标系 λ, μ, ν , 使其中椭球坐标面的三个半轴与 a, b, c 一致, 如图 10 所示。

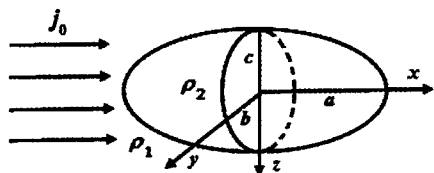


图 10 均匀电流沿椭球的长轴方向

Fig. 10 An uniform current field along with an ellipsoidal long axis

均匀电流场中, 三轴椭球体的电位分布前人已经导出^[3,8,13], 表达式为

$$U_1 = -(1+F_1 L) j_0 \rho_1 x \quad (25)$$

$$U_2 = -(1+F_1 L_0) j_0 \rho_1 c \quad (26)$$

式中下标 1, 2 分别指代球外(介质 1 中)和球内(介质 2 中)。其中物性因子

$$F_1 = \frac{\mu_{12} - 1}{4\pi\mu_{12} + (1 - \mu_{12})L_0} \quad (27)$$

参数 $\mu_{12} = \frac{\rho_2}{\rho_1}$ 为球内比球外的电阻率对比度。

(25)、(26) 两式中的函数 L_0, L 是在椭球坐标下解拉普拉斯方程引入的特殊函数, 称为拉米函数。其积分表达式为:

$$L_0 = 2\pi abc \int_0^\infty \frac{dt}{(a^2+t)\sqrt{(a^2+t)(b^2+t)(c^2+t)}} \quad (28)$$

$$L = 2\pi abc \int_0^\infty \frac{dt}{(a^2+t)\sqrt{(a^2+t)(b^2+t)(c^2+t)}} \quad (29)$$

(28)、(29) 类型的积分的算法是:

$$\int_\lambda^\infty \frac{d\lambda}{(a^2+\lambda)\sqrt{(a^2+\lambda)(b^2+\lambda)(c^2+\lambda)}} = \frac{2\beta^2}{1-k^2} \left[\sqrt{\frac{(a^2+\lambda)(b^2+\lambda)}{c^2+\lambda}} - \int_0^{\varphi_0} \sqrt{1-k^2 \sin^2 \varphi} d\varphi \right] \quad (30)$$

其中, $\beta^2 = \frac{1}{a^2-c^2}, k^2 = \frac{\alpha^2}{\beta^2}, \varphi_0 = \sin^{-1} \sqrt{\frac{a^2-c^2}{a^2+\lambda}}$, 而 $\alpha^2 =$

$\frac{1}{a^2-b^2}$ 。积分 $\int_0^{\varphi_0} \sqrt{1-k^2 \sin^2 \varphi} d\varphi$ 称为第二类椭圆积分, 可借助电脑数值积分或查椭圆积分表求出。

如果外加电流场不是沿长半轴 $a(x)$ 方向, 而是沿短半轴 $b(y)$ 或 $c(z)$ 方向, 只需将 (25)、(26) 式中的 x 换成 y 或 z , 同时将函数 L_0 和 L 的积分式 (28)、(29) 中的 a, b (或 a, c) 互换即可。

如果均匀电流场 \vec{j}_0 方向并不沿椭球的任何一轴, 而是与 x, y, z (即 a, b, c) 都存在一个夹角 α, β, γ 。则应先按矢量分解的原理, 将 \vec{j}_0 分别投影到 x, y, z 方向, 写成 $|\vec{j}_0| \cos \alpha, |\vec{j}_0| \cos \beta, |\vec{j}_0| \cos \gamma$ 。然后按 (22)、(23) 分别写出沿 x, y, z 三个方向电流分量引起的电位, 再利用位的可加性将三个方向电流场引起的电位相加即可。

当在均匀电流场中存在第二、第三...个电性有别, 大小不一的椭球体, 只要它们之间的距离足够大(例如不小于大椭球长半轴的 4~5 倍), 使得彼此的影响小到可以忽略的程度, 则根据位的可加性原理, 可以先按 (25)、(26) 式分别写出各个椭球的电位然后相加。遇到这种复杂的情况, 应注意以下几点:

①如果取第一个椭球的中心为坐标原点, 在写出第二、第三...个椭球的电位时, 应利用坐标平移的原理, 把它们之间的位置因素换算进去。

②当二、第三...个椭球的电阻率和大小与第一个椭球不同, 在根据公式 (22)、(23) 写出其引起的电位时, 将电阻率对比度改写为 $\mu_{21} = \frac{\rho_2}{\rho_1}, \mu_{31} =$

$\frac{\rho_3}{\rho_1}, \dots$; 半轴 a, b, c 相应调整为 $a_2, b_2, c_2, a_3, b_3, c_3, \dots$ 。

③当第二、第三...个椭球赋存的产状与第一个不同, 在写出它们各自的电位时, 应将电流密度 \vec{j}_0 分别按各个椭球的产状角 $\alpha_2, \beta_2, \gamma_2, \dots$ 进行投影, 把电流密度分解到各个椭球的三个半轴方向。

④等轴状、长柱状、透镜状地质体共存的

情况。

实际存在的地质构造和矿(岩)体形态和产状是复杂多样的。如果等轴状、长柱状、透镜状地质体共存,根据位的叠加原理,利用本文提出的方法,在它们相互影响可以忽略的前提下,分别写出各个球体、柱体、椭球体的电位,然后相加,即可得到这些复杂条件下的电位分布。

4 结论

利用坐标平移、旋转以及不同坐标系之间转换的原理,本文研究了多个大小不同、形态各异、电性不等的地质体共存于均匀电流场中时,求解电位分布的问题。导出了多个地电体共存时电位分布的计算方法和公式。对求解复杂的地电分布正演问题进行了有益的探索。

实际运用本文的原理和方法时,可以根据具体问题,事先编写计算程序,将繁琐的计算工作交给电子计算机去做。

如果需要考虑大地-空气分界面的影响,则一级近似地可将物体的异常电位加倍。

本文的思路和方法,不但可用于直流电法,也可拓展到激发极化法或电磁法。

本文的思路和方法,既可以用于野外勘查的设计阶段,对承担的电法任务做正演考察,确认电法勘探的有效性。也可以用于成果解释阶段,根据掌握的地电分布,编写程序在电脑上计算出视电阻率(视极化率)剖面图、平面图。然后与实测

的结果进行对比,修正与实际不符的认识,使得成果解释更符合实际。

本文的思路和方法,还可以借鉴到非均匀场的情况。例如点电源场中有两个球体,只要二者的相互影响与点电源的一次场相比可以忽略,不难写出二者共存时的电位分布。

本文也为野外勘查人员将曲线坐标转换到直角坐标来分析和思考问题提供了有用的工具。

[参考文献]

- [1] 清华大学. 数学手册[M]. 北京:高等教育出版社,2006.
- [2] 樊映川. 高等数学讲义[M]. 北京:高等教育出版社,1980.
- [3] 任怀宗,师先进. 特殊函数及其应用[M]. 长沙:中南工业大学出版社,1986.
- [4] 傅良魁. 激发极化法[M]. 北京:地质出版社,1982.
- [5] 傅良魁. 电法勘探教程[M]. 北京:地质出版社,1983.
- [6] 张秋光. 场论[M]. 北京:地质出版社,1983.
- [7] 金绩祖,杜翊清. 场论习题解答[M]. 北京:地质出版社,1985.
- [8] 萨波洛夫斯基 A. П 原著,魏执权等译. 特殊函数[M]. 北京:石油工业出版社,1957.
- [9] 中南矿冶学院物探教研室. 金属矿电法勘探[M]. 北京:冶金工业出版社,1980.
- [10] 薛琴访. 场论[M]. 北京:中国工业出版社,1964,4.
- [11] Milton Abramowitz and Irene A. Stegun. HANDBOOK OF MATHEMATICAL FUNCTIONS[M]. New Yor: Dover Publications Inc, 1964.
- [12] А. И. Заборовский. СПЕЦИАЛЬНЫЕ ФУНКЦИЙ ДЛЯ ГЕОФИКОВ[M]. РАЗВЕДЧИКОВ ГОНТИ, 1939.
- [13] А. И. Заборовский Электроразведка[M]. Гостоптехиздат, 1963.

Using the Principle of Coordinate Transform to Solve Potential Problems Distribution of Multi Geo-Electric Bodies

LI kai-peng¹, BAO li-zhi²

(1. General Geophysical and Geochemical Team, Guizhou Province Nonferrous Metal and Nuclear Industry Geoexploration Bureau, Duyun 558000, Guizhou, China; 2. Hunan Chemical Mining Geo-prospecting Institute, Changsha 410004, Hunan, China)

[Abstract] Use of coordinate translation, rotation, and conversion between different coordinate systems, the electric potential distribution problem of multiple geo-electric bodies which have different sizes, different shapes and different electric resistivity coexisting in an uniform current field are studied in this paper. Technology thought and method to solve this kind of complex electric resistivity distribution are put forward. Theory formulas and calculation methods are presented in the condition that the influences between different geo-electric bodies could be ignored. The actual conditions that the influences between different geo-electric bodies can be ignored are discussed. To solve the forward problem of complex ground electric resistivity distribution is helpfully explored.

[Key words] Multiple geo-electric bodies; Electric potential distribution; Coordinate transform