文章编号:1007-7596(2005)03-0047-01

瞬变电磁勘探技术

郭君科[1],田绍义[2],吕绍龙[3]

(1.黑龙江省水利水电工程总公司,黑龙江 绥化 152000;2.黑龙江省水利第一工程处,黑龙江 富裕 161200;
3.黑龙江省庆达水利水电工程有限公司,哈尔滨 150080)

摘 要:瞬变电磁法是电磁法中很有特色、应用范围广泛的勘查技术。文章介绍了瞬态电磁勘探技术的发展概况、主要特点、勘探原理、野外工作方法及应用领域。

关键词:瞬变电磁;回线;涡流;线圈;视电阻率

中图分类号:P631.2 **文献标识码**:B

1 瞬变电磁法的发展与特点

在地球物理探测的诸多方法中,瞬变电磁法是发展在后而发展较快的方法之一。最早的时域方法在西方为"Eltran"法,它基于L.W.Blan的专利(1933年),该法利用电流脉冲激发供电偶极形成电磁场,用电偶极测量电场。大地电磁法(MT)记录响应随时间的变化(解释时做频谱分析,按频率测深解释),所以也将它归入时域范畴,但是由于所需仪器的繁杂,直至20世纪70年代才在野外大量应用。瞬变电磁法的发展追踪到最早与上述渊源一致。我国的瞬变电磁法起始于70年代初,但至今仍囿於研究单位和大学,应用尚不普遍,没有达到它可应用领域中的广度和深度。

瞬变电磁法有以下具体特点:

(1)频率域法的精确度问题转换成灵敏度问题,加大功率灵敏度可以增大信噪比,加大勘探深度;(2)在高阻围岩地区不会产生地形起伏影响的假异常;在低阻围岩区,由于是多道观测,早期道的地形影响也较易分辨;(3)可以采用同点组合(同一回线,重叠回线,内一回线)进行观测,使与探测目标的耦合最紧,取得的异常响应强,形态简单,分层能力强;(4)线圈点位、方位或接发距要求相对不严格,测地工作简单,工效高;(5)有穿透低阻覆盖层的能力,深度大;(6)剖面测量与测深工作同时完成,提供了更多有用信息,减少了多解性。

2 勘探原理

瞬变电磁法(TEM)是利用不接地回线或接地电极向地下发送脉冲式一次电磁场,在一次脉冲磁场(或电场)的间歇期间,用线圈或接地电极观测由该脉冲电磁场感应的地下涡流而产生的二次电磁场的空间和时间分布,从而解决有关地质问题的时间域电磁法。

瞬变场的观测一般是用线圈观测感应电压V(t),有时也用电极测量电场分量。对于重叠回线装置,在均匀半空间地电条件下,感应电压V(t)表达式为:

$$V(t)=\frac{4L\mu_0 X^{1/2}}{t}f(x)$$

$$f(x)=\sum_{m=0}^{\infty}\frac{(-1)^m(2m+2)!\ X^{(m+1)}}{m!\ (m+1)!\ (m+2)!\ 2(2m+5)}$$

$$X=\frac{\mu_0 L^2}{4\pi\rho t}$$

式中L为发送回线的边长:μ_0为空气的磁导率:ρ为均匀大地的电阻率。

由上述公式可见瞬变场强与ρ、t等之间存在非常复杂的函数关系。为计算方便,利用等效代换的方式,借助"烟圈"理论计算均匀大地的晚期瞬变电磁场响应,解释其扩散规律。

在电导率为σ和磁导率为μ_0的均匀大地上,敷设输入阶跃电流的回线,当回线中电流突然断开时,地下空间中就要激励起感应涡流场以维持断开电流以前存在的磁场,此瞬间的电流集中于回线附近的地表,并按γ^{-4}规律衰减(γ为回线中心至观测点的距离)。随后,面电流开始扩散到下半空间中,在切断电流后的任一晚期时间里,感应涡流呈多个层壳的环带形,随着时间的延长,涡流场将向下及向外扩展。感应涡流场在地表引起的磁场为整个"环带"各个涡流层的总效应。这种效应可以用一个简单的电流环相等效,图1表示了发送电流切断以后几个时刻的等效电流环分布略图。

在晚期阶段,电流环向下扩散半径α、扩散深度d及扩散速度V的表达式为:

$$\alpha=2.09\sqrt{\frac{t}{\mu_0\lambda}};\ d=2.26\sqrt{\frac{t}{\sigma\mu_0}};\ V=2\sqrt{\frac{2}{\pi\lambda\mu_0 t}}$$

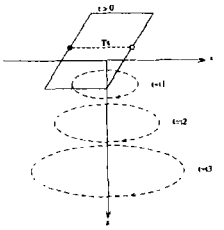


图1 半空间中的等效电流环

视"烟圈"为一系列二次场发送线圈,可计算二次场地感应电压为:

$$v(t)=\frac{\mu_0^{5/2}Mq}{20\mu\sqrt{\pi}\rho^{3/2}t^{5/2}}$$

式中,M为发送磁距,q为接收线圈有效面积。

由此可得地层视电阻率表达式:

$$\rho_\tau=\frac{\mu_0}{4\pi t}\left(\frac{2\mu_0 Mq}{5tV(t)}\right)^{2/3}$$

根据实测电压衰减曲线,利用ρ计算公式,可绘制不同时间道的视电阻率断面图,以此推断地下异常分布情况。

3 野外工作方法

瞬变电磁法可在地面、井中和空中进行。目前,我国主要采用的是地面和井中的组合类型。

由于时间的可分性,地面的工作装置(组合)很多,最常见的是电源通过回线发射的不接地磁源类型。它主要可分为地面动源类与地面定源类。

地面动源类:此类指发射系统与接收系统逐点进行观测的组合。它又分为同点类型、分离回线类型(又称斯林格拉姆型)及双回线类型。

地面定源类型:此类的发射源固定,只移动接收线圈。它又分为大定源组合与偶极定源组合两类。

瞬变电磁法的井中工作,目前主要是地——井工作。工作时发射回线铺在地面,在井中逐点移动探头进行观测,井可以是开孔于地面,也可以是在坑道中。

[收稿日期]2004-07-02

[作者简介]郭君科(1969-),男,黑龙江尚志人,工程师;田绍义(1960-),男,黑龙江海伦人,高级工程师;吕绍龙(1967-),男,黑龙江宾县人,工程师。

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