

可控源音频大地电磁法(CSAMT) 在地热勘察开发中的应用

卢肖均¹ 杨富强²

1. 桂林理工大学, 广西 桂林 541004

2. 广西壮族自治区地球物理勘察院, 广西 柳州 545005

摘要

本文详细论述了可控源音频大地电磁法(CSAMT)的工作方法, 通过分析地热勘察工程实例的实际应用和详细分析, 总结可控源音频大地电磁法的应用范围及其可以解决的地质问题。

关键词

可控源音频大地电磁法; 地热; 地热勘察

Abstract

The basic principles of controlled-source audio magnetotelluric method (CSAMT). At the same time, on the Based analysis of geothermal investigation by the practical application of engineering examples, the application range of CSAMT and its solvable geological matter are summarized.

Key words

controlled-source audio magnetotelluric method; geothermy; geological exploration

前言

随着国民经济的快速发展, 城市居民生活水平的不断提高, 在一些大中城市中出现对地下水(温泉)的开发利用热潮。地热资源是一种大地深层资源, 但由于埋藏深度大, 对与直接开发利用有较高的难度。

可控源音频大地电磁法(CSAMT)是近些年来迅速发展起来的一种勘探方法, 现已广泛应用于矿山勘察和地热勘察中。通过开展可控源音频大地电磁测深数据收集和二维反演计算, 结合地质资料对物探异常作相应的地质解释: 主要是推断地热调查物探工作区的断层分布及发育情况, 推测隐伏岩体界面及典型电性层分布情况, 寻找含水构造带或深部含水层, 为下步地质工作提供进一步的依据。本文讲述了CSAMT的工作原理、野外发射源的布设原则和各测量参数的选择与确定, 系统阐述了CSAMT法在地热勘察中的应用问题。

1 方法原理及技术路线

1.1 方法原理

可控源音频大地电磁法(简称为CSAMT)是在Maxwell方程组完整统一的电磁场理论^[1]基础上发展起来的一种人工源电磁测深方法。

可控源音频大地电磁法勘探(简称CSAMT)是以有限的人工接地场源(电偶源)向地下发送不同频率的交变电流, 在距偶极中心一定距离范围内同时观测正交的电磁场参数, 计算卡尼亚电阻率及阻抗相位, 通过分析获取的不同深度地层的电阻率连续变化特征, 达到探测不同深度的地质目标体的一种频率域电磁测深方法。CSAMT勘探的对象为岩矿石的电性, 应用的前提是勘探对象与围岩介质间存在一定的电性差异。CSAMT勘探具有工作效率高、勘探深度大的特点, 广泛应用于固体矿产地质、天然气石油地质、水文地质、地热资源勘探等领域。

由此可见探测深度与频率成反比, 我们可以通过改变发射频率来达到测深的目的。

在实际勘查中, 由于发射功率总是有限的, 要保证有足够的信噪比, 收发距就不能太大。这样往往不可能满足远区的条件, 一部分频点可能处于过渡区。这时就要进行过渡区改正。在进行过渡区改正的前提下, 要求 $R_{min} > 0.5\delta$ 。

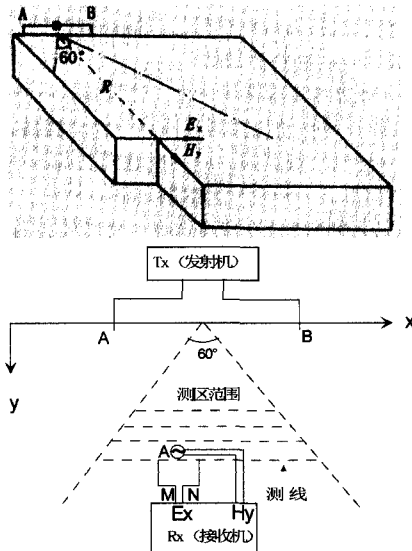


图1 可控源方法测量装置示意图

1.2 仪器技术指标

GDP-32II是美国ZONGE公司的第四代电法仪产品, 发射系统输出功率达30KW, GDP-32II接收机工作频率为0.0007Hz~8192Hz, 安装几乎囊括勘探地球物理中所使用的全部电法和电磁法功能, 其主要功能有: 直流电阻率法(Res)、时间域和频率域激发极化法(Time/Frequency domain IP)、复电阻率法(CR)、可控源音频大地电磁法(CSAMT)、天然源大地电磁法(MT)或音频大地电磁法(AMT)、瞬变电磁法(TEM)、超浅层瞬变电磁法(Nano TEM)等。

GDP-32II属当今世界少数几个最先进的多功能电法仪之一, 特别是在CSAMT的数据采集和数据解释方面, 具有世界领先水平。

1.3 方法技术

CSAMT测量方式主要有标量测量方式、矢量测量方式、张量测量方式三种。在探测一维层状介质或走向已知的二维地质目标体多采用标量测量方式, 对于三维地质体则需要面积测量。

下面以标量测量方式简单介绍CSAMT的工作方法原理。

标量测量方式是用电偶极源方式不断地向地下发送不同频率的电场, 然后在电偶源(AB)中垂线两侧各30度角组成的扇形区域内的观测点上布置与电偶源平行的电场接收电极排列和垂直正交的磁参数接收探头, 同时接收采集电场参数(Ex)、磁场参数(Hy)或电场参数(Ey)、磁场参数(Hx), 通过软件计算相应的卡尼亚电阻率值。

当接收点距发射极源足够远时(测点处于远区), 所有的电磁场参数均表现为随电阻率变化而变化, 且测点处电磁场可近似于平面波, 由于电磁波在地下传播时, 其能量随传播距离的增加逐渐被吸收, 当电磁波振幅减小到地表振幅的1/e时, 其传播的距离称为趋肤深度(δ), 即电磁理论勘探深度。其经验公式

$$\text{为}^{[3]}: D \approx \frac{\delta}{\sqrt{2}} = 356 \sqrt{\frac{\rho}{f}}$$

CSAMT的实际探测深度(D)略小于趋肤深度(δ), 与介质的电阻率成正比, 与发射频率(f)成反比, 我们可以通过改变发射频率来达到频率测深的目的。

2 工程实例分析

根据项目要求, 结合本区地质任务和地电分布情况, 我们采用赤道偶极装置。

对各反演剖面的解释描述总结如下:

2.1 5条剖面较好地反映了不同地电特征的岩性界面。本区一个特点是, 断裂为充水断裂, 其主要特征表现为电阻率等值线的低阻或密集梯度带, 并伴有等值线同向扭曲现象。根据这个特征, 在每条剖面的断面图上推断并划分数条断裂构造, 根据其连续性和相似性, 推断断裂14条, 编号为F1至F14。

2.2 A线的F3断裂, B线的F1、F2断裂, C线的F1断裂, D线的F7、F8断裂及E线的F10有可能为深层断裂, 对地热的导热, 储水有一定的作用。

2.3 A、B、C线在一定深度上都有一层近似水平的低阻异常带, 经推测引起低阻异常的因素主要是: 一为层状分布的泥质等低阻地层, 二为古侵蚀面, 充水形成。C线呈现低阻延伸断裂延伸, 应为水随着断裂向上流动形成。因此认为此低阻带为古侵蚀面, 充水形成的可能性较大。这层古侵蚀面处在志留系和泥盆系交界, 为很好的热储水层。

2.4 根据泥盆系与志留系, 白垩系与志留系及侵入的花岗岩或花岗斑岩的电性差异, 大致画出盆地基底界面及主要地层界面, 由于泥盆系与志留系地层的主要岩性较为接近, 岩浆岩或致密砂岩、灰岩为高阻可形成较清晰的高阻界面以及泥岩或充水古侵蚀面形成层状低阻异常。

2.5 在D线4300~4700深部及E线3100~3500深部有一高阻异常, 推断为晚白垩纪花岗斑岩侵入形成, 对地热的形成提供热源。



3 结语

通过上面工程实例的分析, 可以CSAMT有如下特点:

可控源音频大地电磁法(CSAMT)具勘探穿透深度大, 对低阻异常敏感的特点, 能有效划分断层破碎带并圈定地下水聚集区。此外可控源音频大地电磁法(CSAMT)可以解决常规电法以不能解决的深层地质问题。

参考文献

- [1]何继善等. 可控源音频大地电磁法[M]. 长沙: 中南工业大学出版社, 1989.
- [2]石昆法. 可控源音频大地电磁法理论与应用[M]. 北京: 科学出版社, 1999.
- [3]王赞, 杨德义, 石昆法等. CSAMT法基本理论及在工程中的应用[J]. 煤炭学报, 2002, 27(4): 383~386.