

文章编号: 1001—2427 (2008) 03—110—03

## 物探方法在找水方面的应用

李世军, 王力斌

吉林省煤田地质物探公司, 吉林 长春 130033

**摘要:** 本文介绍了包括高密度电法、激发极化法、瞬变电磁法、可控源音频大地电磁法和地质雷达法等5种物探方法及其找水原理、发展史和应用范围。为不同地区采取不同方法找水指明了方向。

**关键词:** 物探方法; 找水原理; 应用范围

**中图分类号:** P631

**文献标识码:** A

## Found water used geophysical prospecting method

LI Shi-jun, WANG Li-bin

*Jilin Province Coal Field Geologic Geophysical Prospecting Company, Changchun 130033, Jilin, China*

**Abstract:** Found water of five-kind geophysical prospecting methods are introduced, including multi-electrode measurement induced polarization method, transient electromagnetic method, controlled-source audio magnetotelluric method and geological radar. Found water principles, developmental course and used range of five-kind methods are introduced, pointed out direction in different areas and used in different methods for finding water.

**Key words:** geophysical prospecting methods; found water principles; used range

我国是个缺水的国家, 地下水是我国重要的生产、生活水源之一。地下各种含水构造对采矿、环保、农业、地下工程等部门也有重大意义。因此地下水的高效率、高精度勘查就成为水资源研究中首先要解决的问题。

当地质单元含有地下水后, 其电导率与含水饱和度、矿化度、地层孔隙度、渗透率等诸多因素相关。通常, 含水层相对隔水层或低饱和地层呈现明显的高导电性, 因此电导率异常是地下水地球物理电磁法勘探的主要依据。除电导率特征外, 含水层通常还有较高的介电常数, 所以高饱和地层可以对地质雷达等高频设备所发射的电磁波产生明显影响。另外, 在某些特殊情况下, 磁异常、弹性波阻抗异常、放射异常等均被间接地用于水文地质研究。本文对其中几种主要方法, 如高密电法、激发

极化法、瞬变电磁法、可控源音频大地电磁法和地质雷达等作简要介绍, 并就这些方法在水文和工程地质中的应用进行简单阐述供大家参考。

### 1 高密度电法

高密度电法实际上是集中了电剖面法和电测深法, 其原理与普通电阻率法相同, 所不同的是在观测中设置高密度观测点, 是一种阵列勘探方法。关于阵列电法勘探的思想源于20世纪70年代末期, 英国人设计电测深偏置系统就是高密度电法的最初模式, 20世纪80年代中期日本借助电极转换板实现了野外高密度电法数据采集。我国是从20世纪末期开始研究高密度电法及其应用技术, 从理论方法和实际应用的角度进行了探讨并完善。

高密度电法野外测量时将全部电极(几十至

收稿日期: 2008-06-15; 改回日期: 2008-07-16

作者简介: 李世军(1956-), 男, 山东昌邑人, 吉林省煤田地质物探公司工程师。

上百根)置于剖面上,利用程控电极转换开关和微机工程电测仪便可实现剖面中不同电极距、不同电极排列方式的数据快速自动采集。与常规电阻率法相比,高密度电法具有以下优点:①电极布置一次性完成,不仅减少了因电极设置引起的故障和干扰,并且提高了效率;②能够选用多种电极排列方式进行测量,可以获得丰富的有关地电断面信息;③野外数据采集实现了自动化和半自动化,提高了数据采集速度,避免了手工误操作。此外,随着地球物理反演方法的发展,高密度电法资料的电阻率成像技术也从一维和二维发展到三维,极大的提高了地电资料的解释精度。

## 2 激发极化法

在电法勘探中,当电极排列向大地供入或切断电流的瞬间,在测量电极之间总能观测到随时间缓慢变化的附加电场,称为激发极化效应。激发极化法就是以岩、矿石激发极化效应的差异为基础来解决地质问题的一类勘探方法。激发极化法是20世纪50年代末在我国开始研究和推广的,早期是以直流(时间域)激发极化法为主,20世纪70年代初开始研究交流(频率域)激发极化法,主要是变频法。20世纪80年代初又开始对频谱激发极化法进行研究,也就是研究复视电阻率随频率的变化,即复视电阻率的频谱。由于该方法测量的是二次场,具有不受地形起伏和围岩电性不均匀的影响、可测量的参数多等优点。

在实际地质应用方面,初期的激发极化法主要用于勘查硫化金属矿床,后来发展到诸多领域,如氧化矿、非金属矿床工程地质问题等。近年来,激发极化法找水效果十分显著,被誉为找水新法。早在20世纪60年代,国外学者 Victor Vacquier (1957)等提出了用激电二次场衰减速度找水的思想。在该思想启迪下,我国也开展了有关研究,并将激电场的衰减速度具体化为半衰时、衰减度、激化比等特征参数。这些参数不仅能较准确地找到各种类型的地下水资源,而且可以同一水文地质单元内预测水量大小,把激电参数与地层的含水性联系起来。

值得一提的是,利用激发极化法找水或确定地层的含水性,最好于与高密度电阻率法相结合,这样可以降低解释的多解性,提高找水的成功率。高

密度电阻率法在确定高阻或低阻地质体方面具有优越性,但低阻地质体并不代表富含地下水,可能是由于泥岩引起地层的电阻率下降。这时,可以通过使用激发极化法来区分含水地层和泥岩,因为激电二次场与岩石的孔隙有关,在纯泥岩中极化率比较小,在含水砂砾岩中极化率比较大,此外,二次场的衰减速度也与孔隙的大小,形状和宽窄有关,这就是激发极化电法找水机理所在。

## 3 瞬变电磁法(TEM)

瞬变电磁法是时间域的人工源主动探测法。其基本原理是通过地面水平线框向地下发射脉冲磁矩,该一次场关断后,测量一段时间内由地下介质感应生成二次场。地质体所感应出电流越大,其异常也越明显,因此,瞬变电磁法对含水的高导地层灵敏,并且有较强的抗干扰能力。该方法的探测深度与所使用的磁矩(即发射框面积乘以发射电流大小)大小成正比,一般有效分辨区间为400 m以内。突出优点是观测纯二次场,且不受静态、近场效应、地形、接地条件影响。

瞬变电磁法不足之处是评估地层含水量时一般只能通过电阻率对比,定量研究需要做抽水试验。瞬变电磁法在变质岩地区,对异常推断较困难。随着探测深度加大,层间渗透水和金属矿的影响越来越明显。瞬变电磁法资料中容易因激发极化效应出现测深曲线的非正常变化。另外还存在数据量大,资料解释较为复杂的特点。不便于野外工作的快速分析和现场决策。

## 4 可控源音频大地电磁法(CSAMT)

可控源音频大地电磁法,是在大地电磁法(MT)和音频大地电磁法(AMT)基础上发展起来的一种可控源频率测深方法。可控源音频大地电磁法是1975年由 Myron Coldstein 提出,它基于电磁波传播理论和麦克斯韦方程组建立了视电阻率和电场与磁场比值之间的关系,并且根据电磁波的趋肤效应理论得出电磁波的传播深度(或探测深度)与频率之间的关系,这样可以通过改变发射频率来改变探测深度,达到频率测深的目的。

目前,可控音频大地电磁法采用可控制人工场源,测量由电偶极源传送到地下的电磁场分量,两个电极电源的距离为1~2 km,测量是在距离场源

5~10 km 以外的范围进行,此时场源可以近似为一个平面波。由于该方法的探测深度较大(通常可达2 km),并且兼有剖面 and 测深双重性质,因此具有诸多优点:①使用可控制的人工场源,测量参数为电场与磁场之比——卡尼亚电阻率,增强了抗干扰能力,并减少地形影响。②利用改变频率而非改变几何尺寸进行不同深度的电测深,一次发射可同时完成7个点电磁测深,提高了工作效率。③探测深度范围大,一般可达1~2 km。④横向分辨率高,很容易发现断层。⑤高阻屏蔽作用小,可以穿透高层。

与大地电磁法和音频大地电磁法相同,可控音频大地电磁法也受静态效应和近场效应的影响,可以通过多种静态校正方法来消除“静态效应”的影响。可控音频大地电磁法一出现就展示了比较好的应用前景,尤其是作为普通电阻率和激发极化法的补充,可以解决深层的地质问题,如在寻找隐伏金属矿,油气构造勘查,推覆体或火山岩下找煤,地热勘查和水文工程地质勘查等方面,均取得良好的地质效果。

## 5 地质雷达法(GPR)

地质雷达法与探空雷达技术相似,利用宽带高频时域电磁脉冲波的反射探测目标体,只是频率相对较低,用于解决地质问题,又称“探地雷达”,将雷达技术用于地质探测,早在1910年就已经提出,在随后的60年中该方法多限于对波吸收很弱的盐、冰等介质中。直到20世纪70年代以后,地质雷达才得到迅速推广应用。

地质雷达是由地面的反发射天线将电磁波送入地下,经地下目标体反射被地面接收天线所接收,通过分析所接收到电磁波的时频、振幅特性,可以评价地质体的展布形态和性质。由于雷达穿透深度与发射的电磁波频率有关,使其穿透深度有限,但分辨率很高,可达0.05 m以下。早期地质雷达只能探测几米内的目标,应用范围比较窄。此外,地质雷达与地震反射原理相似,一些地震资料处理解释方法可以借用。目前,地质雷达探测深度最大可达100 m,使之成为水文和工程地质勘查中有效的地球物理方法。

## 6 结论

通过对几种主要电法勘探方法的发展、原理及实际应用进行综述,可以看出,电法勘探方法在水文和工程地质勘探领域有着广泛的应用,归结起来有以下几方面:

(1) 高密度电法由于其高效率,深探测和精确的地电剖面成像,成为水文和工程地质勘查中最有效的方法。考虑到该方法分辨率不高,在具体的应用中可以结合其他电法勘探、电测井等方法,达到精细地质解释的目的。

(2) 在水文勘探中,激发极化法和可控源音频大地电磁法是首选的电法勘探方法,如果将激发极化法和高密度电法结合起来寻找地下水资源,效果会更好。

(3) 瞬变电磁法在水文地质和工程地质勘探中都有着广泛的应用,尤其是大功率瞬变电磁仪不仅可以在深部地质勘探中发挥作用,还具有较高分辨能力。如果将该方法与高密度电法结合使用,有望解决深部精细地质勘探问题。

(4) 地质雷达主要用于各类工程地质勘探,是工程地质勘探首选的电法勘探方法。同时,该方法可以借用地震勘探中已有的资料处理和解释技术,使其迅速发展,可以在更多领域发挥作用。

### 参考文献:

- [1] 李金铭. 电法勘探方法发展概况. 物探与化探 [J]. 1996, 20 (4).
- [2] 董浩斌, 王传雷. 高密度电法的发展与应用 [J]. 地学前缘 (中国地质大学), 2003, 10 (1).
- [3] 李金铭. 激发极化法找水基础理论研究, 北京, 地质出版社, 1994.
- [4] 张宝祥, 刘春华, 汪家权. 瞬变电磁法在地下水勘查中的应用 [J]. 水利水电科技进展, 2002, 22 (4).
- [5] 吴璐平, 石昆法等. 可控源音频大地电磁法在地下水勘查中的应用 [J]. 地球物理学报, 1996, 39 (5).
- [6] 曾校丰, 许维进等. 水库坝体结构的地质雷达高分辨率探测 [J]. 地球物理学进展, 2000, 5 (4):
- [7] 底青云, 石昆法等. CSAMT 法和高密度电法探测地下水资源 [J]. 地球物理学进展, 2001, 16 (3).