

435-440

激发极化法找水的一些新进展

傅良魁 孟海东

(中国地质大学, 北京 100083)

宋宇辰

(包头钢铁学院, 包头 014010)

P641.7

摘 要 本文介绍了我国近年来激发极化法找水在基础理论研究、数据处理和解释软件以及仪器等方面的一些最新发展状况。尽管激电法是一种间接的找水方法,但多年的工作结果表明,与其它学科(如水文地质学)相配合,可显著提高寻找地下水的地质效果。

关键词 激发极化法, 地下水勘探, 软件, 仪器。

地下水, 勘探

从本世纪五十年代起,美国、苏联以及其他一些国家的学者对含水岩石的激发极化现象及用来勘查地下水的可能性进行了理论和试验研究,取得了一些有意义的结果。我国从六十年代开始,在山西、河南、内蒙等地开展了激发极化法(简称激电法)找水工作,取得了显著的成效。多年工作结果表明,激电法是一种有效的探测地下水的地球物理方法。在我国许多领域得到了应用,创造了巨大的经济效益和社会效益,例如:

1. 提高了成井率,减少了废孔损失,为农业增加了灌溉面积,为林牧副渔业找到了丰富的水源。1972—1979年,仅北方14省就打井220万眼,据黑龙江省统计,当时的成井率为59.6%,有的省、市可能更低些,如内蒙牧区建国初期成井率一般为50%左右,随着打井工作向高原无流区扩展,成井率越来越低。采用激电法找水后,在有些地区成井率可高达95%左右。

2. 一些工厂、企业、城镇和居民点由于缺乏水源或没有高质量的水源,不能维持正常生产和生活。利用激电法找到了合适的水源,解决了生产和生活的供水问题。

3. 许多地方病,如氟病是由饮水含氟量过高引起的,克山病也与饮水有关。随着工业建设的发展,一些水源地被污染,也产生了防病改水问题。激电法在防病改水中亦发挥了不少作用。

4. 激电法在地下矿区开采中地下水超前探进、探测滑坡面(一般滑坡面为地下水渗流面)、土坝的病坝诊断等方面的应用也取得了进展。

笔者认为,当前,与其它国家相比,激电法找水的研究与应用在我国开展得最为深入、普遍,堪称居世界领先地位。为表彰激发极化法找水的研究和推广工作的成绩,国家科技奖励办公室授予由中国地质大学(北京)和山西平遥卜宜水利电探仪器厂等单位联合申报的“激发极化法找水的研究和推广”这一成果一九九二年国家科学技术进步二等奖。这对我国激发

1993年4月28日收稿。

极化法找水工作具有很大的鼓舞和促进作用。

近年来,在激发极化法找水的基础理论研究、仪器以及实际推广应用方面,我国一些研究者们做了大量工作,取得一些新的进展,将激电找水提高到新的水平,本文将这些新进展简介如下:

1 基础理论研究

以往,由于对反映含水层或含水体的时域激电参数视半衰时(S_t)、视衰减度(D_s)和视激发比(J_s)等参数的异常规律及其与地下目标体的对应关系缺乏深入研究,致使对这些视参数实测资料的定量或半定量解释无严格的理论依据,限制了激电法找水的水文地质效

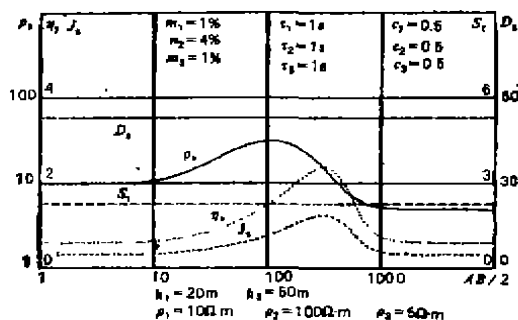


图 1 各层极化强度不同,时间特性相同时的激电测深曲线

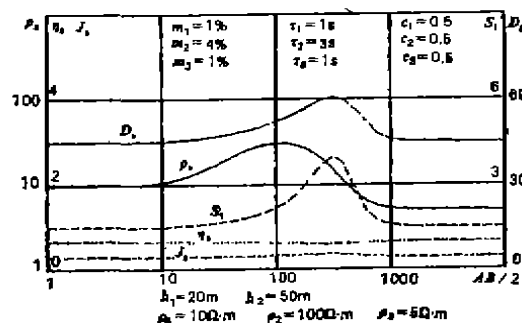


图 2 各层极化相同,时间特性不同时的激电测深曲线

果。因此,有必要从理论上全面弄清各种含水地电模型时间域内各视参数异常的变化规律,建立数学模型,进行系统的理论计算。为此,我们近年来从事了这项研究工作。在理论计算中,真参数模型采用时域柯尔-柯尔响应。研究结果如下:

1. 在各层岩石极化率不同、时间常数和相关系数差异不大的条件下,虽然测深曲线有视极化率 η_s 和 J_s 异常,但 S_t 或 D_s 异常不明显,见图1。这种地电模型可能对应的水文地质模型是各层岩石的颗粒度或孔隙度变化甚小,但含水量或矿化度以及粘土含量有差异。

2. 在各层岩石极化率差异不大、时间特性不同的条件下,无明显 η_s 异常,但有 J_s 和 D_s 或 S_t 异常,见图2。对应的水文地质模型的特点可能是各层岩石的颗粒度不同且湿度较大,如湿度较大的砂、砾石和粘土互层等。

3. 在目标层极化效应一定的条件下,随着基底和表层极化效应的变弱, S_t 或 D_s 异常的极距范围增大,对比图3和图4可知,当基底和表层不极化时, S_t 或 D_s 曲线为一直线,此时的视半衰时或视衰减度即为目标层的真半衰时或真衰减度。这一变化规律表明,在实际资料解释过程中,人们不能单一依靠 S_t 或 D_s 的测深曲线进行定量或半定量地确定含水层厚度及单井涌水量。

4. 激发极化法视参数测深曲线异常形态及特征点对应的极距均随电阻率断面的不同而发生明显变化。一般规律表现为电阻率界面反射系数为正时对应的时域激电异常曲线随供电极距($AB/2$)变化缓慢;反射系数为负时对应的激电异常曲线变化快。因此,对于三层地电断面,在中间层极化效应强的情况下,Q型电阻率上激电异常的极距范围最小,而A型电阻

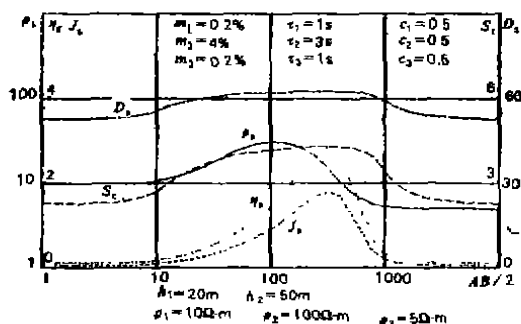


图 3 表层和基底极化强度较小时的
激电测深曲线

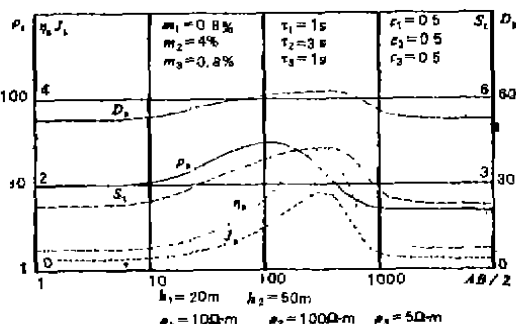


图 4 $K(\rho)K(m, \tau)$ 断面上的时域激电测
深曲线

率断面上激电异常的极距范围最大。同时,对于不同类型的电阻率断面,激电测深曲线异常极值点对应的 $AB/2$ 亦不同,而且极值点对应的 $AB/2$ 远大于目标层顶板或中心埋深,见图 4。因此,实测资料解释中不能将测深曲线异常极值点对应的 $AB/2$ 视为目标层的中心埋深,而且也不能将异常的半极值点对应的 $AB/2$ 范围视为目标层的厚度。激电实测资料的定量解释应以电阻率资料的反演结果为基础。

5. 在激电测深中,视参数衰减曲线(即时域谱)并不总是表现为单调地衰减于零值,而是具有多样性和复杂性。例如有单极值形、双极值形、从正值衰减到负值最后衰减为零等等。根据以往的定义,视半衰时是当地表面测到的二次场衰减到断电瞬间二次场的一半时所经过的时间,在复杂时谱出现的情况下,这一参数已不确定。对于观测二次场在某一衰减时间范围内的平均值的仪器,由于复杂时谱的出现使平均值可能很小甚至为零或负,此时计算出的视参数,例如 D_s , 将很小或为负值,在此种条件下,视衰减度这一参数也不适用。因此在复杂时谱出现的情况下,只有通过谱反演才能确定出各层介质真极化特性。

6. 各极化层真谱及柯尔-柯尔模型参数的反演

时域视极化率的表达式为:

$$\eta_s(t) = \sum_{i=1}^m B_i \eta_i(t)$$

式中 $B_i = \frac{\rho_i}{\rho_s} \frac{\partial \rho_s}{\partial \rho_i}$ 为第 i 层的加权系数, $\eta_i(t)$ 为 t 时刻第 i 层的极化响应,其柯尔-柯尔数学模型为

$$\eta_i(t) = \begin{cases} \eta_i(0) \sum_{n=0}^{\infty} \frac{(-1)^n}{\Gamma(1+C_i n)} \left(\frac{t}{\tau_i}\right)^{C_i n}, & (t/\tau_i \leq 2\pi) \\ \eta_i(0) \sum_{n=1}^{\infty} \frac{(-1)^{n+1}}{\Gamma(1-C_i n)} \left(\frac{\tau_i}{t}\right)^{C_i n}, & (t/\tau_i > 2\pi) \end{cases}$$

在反演中,首先根据实测的 $\eta_s(t)$ 曲线反演出各层的 $\eta_i(t)$,然后利用上述两式便可反演各层真参数 $\eta_i(0)$ 、 C_i 、 τ_i ,为激电法找水提供更多的有用信息。实验表明,对于含水岩石, τ 和 C 与岩石的颗粒度有关。因此,根据 τ 、 C 的变化可以间接地确定各层颗粒度的变化。

2 数据处理和解释软件

近年来,随着微型计算机的普及、软硬件性能的不提高以及计算机科学、图形学的发

展,微型计算机在生产、科研和管理等各个领域得到了广泛应用。根据目前国内情况,我们开发了一个完整并且实用性较强的计算机软件,用于对激电法找水资料进行管理、处理和推断解释,最后输出各类图件和结果,以提高野外实测资料整理和解释的工作效率,同时便于资料的交流和利用。该软件具有如下几方面功能。

1. 原始数据输入

数据输入有两种方式,一是通过键盘直接输入,软件中设计一功能较强的编辑器,用于输入原始数据;二是与山西平遥卜宜水利电探仪器厂研制生产的JJ-6型微机激电仪对接,将该仪器自动记录和存贮的数据通过硬件和软件接口直接存入计算机存储设备,如软盘或硬盘,实现了实测数据的自动化输入。

2. 测深曲线的输出

根据输入的原始数据,将各测深点的测深视参数曲线,如视电阻率(ρ_s)、视极化率(η_s)、视激发比(J_s)、视衰减度(D_s)或视半衰时(S_s)曲线在各种打印机上绘制输出。

3. 视参数等值断面图与视地电断面图的绘制

根据测深视参数绘制出视参数等值断面图,并以图形文件方式存贮在硬盘或软盘上,可直接调出在屏幕上显示或在打印机上输出。

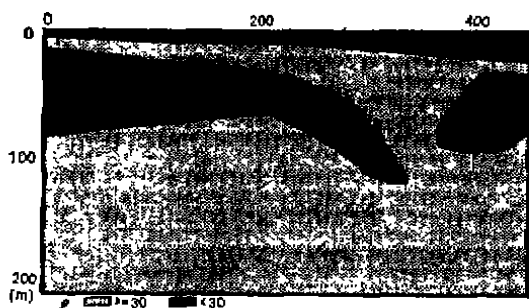


图 5 等轴状目标体上方的视地电断面

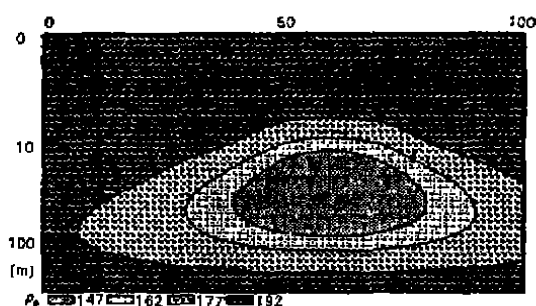


图 6 河南某地一条测深剖面的解释结果

理论研究表明,有限目标体上方测深曲线之极值点对应的极距与目标体中心或顶部埋深之间近似比例关系:

$$h \approx K(AB/2)_{\max}$$

式中 K 为小于1的比例常数,对于不同的极化体 K 值不同,见表1。

表 1 有限目标体所对应的 K 系数

目标体	等轴状	柱状	直立板状	水平板状
K	0.65	0.56	0.34	0.42

因此,将实测视参数测深曲线的极值点利用上述关系进行“偏移”后,极值点对应的极距即为有限极化体的中心或顶板埋深。根据偏移后的测深曲线绘制的等值断面图的极值范围近似地反映出目标体在地下空间的分布范围。生成该断面图时,对于不同的视参数值范围用接近水文地质断面的图例进行充填。这样绘制出的断面图直观、形象地反映出了地下目标体

的存在范围。因此, 我们称该地电断面图为“视地电断面图”。

我们以低阻极化球体为例, 计算了温纳装置测深断面。理论模型参数: 球体半径为20m, 埋深30m。经偏移后生成的断面图较准确地反映出了目标体的分部范围, 如图5所示。

4. 层状岩层测深曲线的反演和地电断面的绘制

通过调用层状介质模型的自动反演程序, 反演出各层岩石的厚度、电阻率以及极化效应的真参数。根据这些数据, 自动绘制出地电断面图。地电断面图中不同的电性参数值变化范围用不同的图例充填, 使地电断面图更加直观, 接近水文地质断面。

图6所示为我国河南某地所做的一条找水电阻率断面的解释结果。据该地区的水文地质资料, 地层主要有四层: 第一层为黄土, 第二层为粘土和卵石, 第三层为粉细砂(含水层), 第四层为粗砂和卵石且胶结较好。解释结果与水文地质资料一致。

5. 测深曲线正演计算和绘制

为了使广大的找水工作者认识激发极化法各视参数测深曲线与地下含水目标体的对应关系及其变化规律, 需要进行必要的正演计算。该软件具有计算层状或等轴状模型上方四极或三极测深曲线的功能。计算视参数有 ρ_s 、 η_s 、 J_s 、 D_s 或 S_s , 并将计算结果直接在计算机屏幕上绘出。

6. 各种图件打印输出

本软件中绘制的各种图件均以图形文字的方式存贮于计算机的软盘或硬盘上, 只需绘制一次, 以后便可随时调用输出。各种图件均可在多种打印机(如IBM系列、EPSON系列、OKI系列、BROTHER系列、TH-3070打印机)上绘制输出。

上述各功能在一集成化环境中运行, 即使用窗口和菜单(如下拉或弹出式)技术完成各功能的选择与运行。操作简便, 易于推广使用。该软件已在中国物探找水新技术培训中心举办的数次找水研讨班上推广, 受到用户好评。

3 新型仪器

由于计算机技术的迅速发展, 使计算机渗透到国防、工业、农业、企业管理和日常生活的各个领域, 其作用和成就正日益卓著, 成为工业及各领域发展水平的标志之一, 是发展新技术、改造老技术的强有力工具。将微型计算机与测量仪器、仪表联接起来, 可使测量自动化并存储测量的信息, 对测量结果进行分析、综合和作各种处理, 大大提高测量效率, 实现了测量的自动化。

电法测量仪器的微机自动化是电法仪器的现代化标志。目前已经生产出多种微机自动化、多参数测量的电法仪器, 例如山西平遥卜宜水利电探仪器厂设计生产的JJ-6型微机激电仪就是其中之一。

JJ-6型微机激电仪可进行电阻率法和激发极化法测量, 测量时同时计算出多个参数—视电阻率、视极化率、视激发比和视衰减度或视半衰时。仪器采用多级菜单人机对话操作方式, 简便易掌握。野外或实验室内作业时, 操作员只需通过两行液晶显示窗口观察数据变化, 测量结果自动存贮于仪器的存贮器中。仪器具有64KB的内存储器, 可存储980次测量的数据, 仪器还备有外存储器, 所以野外可存储的测量数据实际上是不受限制的。仪器通过串行通讯接口RS232C与IBM-PC系列或其兼容机进行数据传输, 前述的数据处理和解释软件

可直接接收仪器所存储的测量数据,并自动转换成软件所要求的数据结构。调用软件中的各项功能即可完成各类处理和解释工作。JJ-6 的供电电流可达6 A,可探测更大的深度。

通过 JJ-6 型微机激电仪与数据处理和解释软件的联作,可达到测量与数据处理、解释的自动化,提高激发极化法找水的工作效率和经济效益。

但是,应当说明,激电法是一种间接找水方法,与其它学科,如水文地质学等紧密配合,才能更加有效地发挥作用。

参 考 文 献

- [1] 傅良魁、孟海东,水平层状介质在时间域内激发极化效应的一些变化规律,物探化探计算技术,1990年,第2期。

SOME NEW ADVANCES IN THE APPLICATION OF THE INDUCED POLARIZATION METHOD TO WATER PROSPECTING

Fu Liangkui, Meng Haidong

(China University of Geosciences, Beijing, 100083)

Song Yuchen

(Baotou College of Iron and steel, Baotou, 014000)

Abstract This paper describes some newest developments of applying the induced polarization method to water prospecting in such aspects as basic theoretical research, data processing and interpretation software as well as instruments. The induced polarization method is an indirect method for water prospecting; nevertheless, achievements gained in years of work indicate that, combined with the application of other disciplines (such as hydrogeology), this method can obviously raise the geological effects of groundwater prospecting.

Key words induced polarization method, groundwater prospecting, software, instrument.