

46-48 浅层地震折射波法配合电测深法在花岗岩地区找水

段佳松

(北京建筑地质工程勘察院·北京·100015)

p641.7
p631.811

通过在花岗岩地区十余年成功的找水实践,总结并提出一种简便而高效、具有很高成功率的常规综合物探方法,并通过3个实例介绍了其应用效果。

关键词 浅层地震折射波法, 电测深法, 花岗岩地区, 找水

花岗岩地区曾被视为找水禁区,至今仍有人认为在花岗岩地区找出100 t/d以上的水井便是奇迹。通过十余年在粤、琼、浙等地找水实践(多为花岗岩地区),逐步认识到浅层地震折射波法结合电测深法找水是目下众多方法组合中较佳的方法组合。运用这种方法组合(或近似)在花岗岩地区找水成井率逾90%。(日产200 t以上为成井),40%的井位单井出水量大于1000 t/d,获得了显著效益。

1 花岗岩地区地下水赋存特点

在花岗岩地区,地下水主要赋存于断层破碎带中(即通常所说的断层裂隙水),还有少部分赋存于风化层中(从强风化至中风化直至弱风化带)。此外,其余的构造裂隙或节理裂隙中亦有极少量地下水。风化层及断层破碎带的含水性皆可用地球物理方法去探测。如果断层破碎带范围宽、延伸长、破碎程度高、向下切割深,则储水多,单井出水量大;反之,则储水少,出水量必然小。

2 花岗岩地区找水的地球物理前提和特点

浅层地震折射波法以基岩与上覆地层存在波速正差异为前提。它的一个重要特点是在勾绘基岩起伏界面的同时,还能区分基岩中的不同速度段。在花岗岩地区,第四系及风化层的纵波速度通常在2500 m/s以下,而花岗岩中断层破碎带的纵波速度则小于3900 m/s,完整花岗岩的纵波速度则大于4000 m/s。可见,应用折射波法勾绘基岩界面并确定其中的断层破碎带有充分的地球物理前提。此法不仅能确定断层精确位置与埋深、破碎带宽度,还能确定破碎带波速大小,从而了解其破碎程度——破碎程度往往决定着含水及导水程度。这一点是折射波法独有的优点,在找水中极为有用。但折射波法只能反映基岩面附近的情况,对深部情况无法反映

或反映不佳,这是其缺点。

电测深法研究的是岩石的电阻率。据各种有关资料及我们多年实测得知,花岗岩中含水断层破碎带的电阻率一般为 $60 \Omega \cdot m \sim 500 \Omega \cdot m$ 之间,而完整基岩的电阻率一般为 $500 \Omega \cdot m \sim 1000 \Omega \cdot m$ 以上。可见,应用电测深法寻找花岗岩中的含水断层带亦有充分的地球物理前提。电测深法能反映出测点地下各深度岩石电性变化情况,从而使我们借以了解其含水情况,这一点正弥补了地震折射波法的不足。但电测深的多解性比较严重,精度亦不高,远不如折射波法,这是其缺点。

由上可知,地震折射波法和电测深法各有优缺点,二者结合起来,则能优势互补。

地震折射波法从弹性的角度去反映地下的情况,准确地确定断层破碎带的位置、埋深、破碎带大小、破碎程度;电测深法则从电性的角度去反映地下的情况,且能反映出地下各个深度的情况,从而使我们明了断层破碎带向深部的切割情况。恰当地运用这两种方法,使我们在提高工效的同时,能从不同物性角度研究工作区内含水构造在纵向、横向、垂向上的展布与规模,从而帮助我们建立起工作区地下水静态与动态模型,了解其补给关系。在此基础上再布设的井位,自然有极高的成功率。

3 野外工作方法及数据处理方法

首先应对工作区地质构造格局有一个大致了解,这可从搜集原有地质资料入手,判读航片亦可;若二者皆无,则应从地形图判断区域构造走向。地震测线应尽量垂直可能的构造走向布设,且应穿越整个工作区。为查明每一组构造的延伸情况,每一组构造上都应布设至少两条以上相互平行的地震测线。道间距以5 m为宜,采用相遇追逐时距曲线系统进行观测。最好采用放炮作为震源。

折射地震资料的解释最好选用 t_0 法与哈莱斯法,两种方法各有其适用的最佳条件及优缺点,其结果则正好相互印证。当前计算机已普及,对于一条折射剖面的折射波初至时间数据文件,同时选用两种甚至更多种方法对之处理是一件很容易的事,尤其其折射地震处理软件的编制并非很难的事。

折射地震的结果,准确反映了测线以下第四系及风化层的厚度、基岩起伏情况、基岩内断层带精确位置、断层破碎带宽度及破碎程度(弹性波速大小)。

之后,再开始进行电测深。电测深工作应于地震法确定的每一条断层的一侧 50 m 处开始进行,点距以 10 m 为宜,一直做到断层的另一侧 50 m 处,我们称之为短电测深剖面。短电测深剖面不必非得选在地震测线上,只要是地震法确定的断层上即可,但应尽量穿过潜在的井位。对于不同走向的断层的交叉部位,应加密电测深的点距,因为井位选在断层交叉部位最为有利。

电测深资料的解释,首先应对短电测深剖面作 ρ_s 拟断面图,以了解断层向深部的切割情况与倾向,再对单个电测深曲线进行定性分析。在地震法及电测深 ρ_s 的拟断面图上都反映良好的断层破碎带上,选择最有利的电测深曲线(即井位)进行半定量或定量解释(结合地震法推断的第四系及风化层厚度资料),作推断钻孔柱状图,有经验的可预估出水量。

4 应用实例

4.1 深圳市某区找水

工作区面积约 6 km²,北部为高山,南部为海,中部为一占地约 1 km² 山丘,山丘外围多为菜地及鱼塘,地形较平坦。工作区大部分被第四系覆盖,周围出露有两种花岗岩:一种为工区 NE 侧的粗粒花岗岩,风化较为严重;另一种为工区 NW 侧的细粒花岗岩,该花岗岩抗风化能力强,风化程度相对较弱。区内第四系主要为冲洪积形成的砂、粘土、砾石等及河海过渡相的灰色粉砂质粘土。据前人资料,区内发育有 NE 及 NW 向两组断裂构造。甲方要求总日出水量 5 000 t 以上,单井出水量 < 200 t/d 则算废井,其水量不仅不计入总水量,该井亦无任何费用补偿,以总日出水量多少计算费用。

原计划先以三极距电阻率组合测深剖面查出低阻异常带,然后在低阻异常带上进行地震折射波法以判断其是否为断层破碎带,再在已认定的断层破碎带上进行电测深以选出最佳位置作为井位。后由于电阻率组合测深效果欠佳而决定加大地震工作

量,直接在地震低速带上进行短电测深剖面工作。

地震剖面垂直于 NE 及 NW 向断裂构造走向呈近井字形布设。工作结果发现该区存在 9 条隐伏断层,其中 F_1 、 F_3 、 F_5 、 F_7 、 F_9 为 NW 向断裂,地震波速自 2 800 m/s 至 3 500 m/s 不等; F_2 、 F_4 、 F_6 、 F_8 为 NE 向断裂,地震波速自 3 200 m/s 至 3 800 m/s 不等。所有断层延伸都在 1 000 m 以上,破碎带宽度为 15 m ~ 55 m 不等。

电测深工作布置于地震法低速带附近,点距 10 m。两组断层交叉部位加密点距至 5 m(许多断层交叉点上因有公路、建筑物、鱼塘而不得不放弃)。共布置电测深点 200 多个,最后从中筛选出 18 个点作为地下水开采井位(这些点均位于地震法查明的断层上,且电测深曲线上有明显平台异常,异常段长,平台电阻率较低,显示出很厚的含水层)。总共施工 5 口井,总日出水量超过 9 000 t,其中最小单井出水量 1 000 t/d,最大 2 966 t/d,超额完成合同任务,经济效益显著(图 1)。

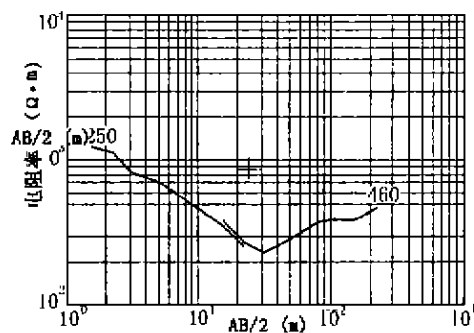


图1 深2号井测深曲线图

(孔深 120 m, 出水量 2 966 t/d, 水位降深 2.32 m)

注:此井位于 F_4 、 F_9 交叉处。 F_4 地震波速 3 500 m/s, 破碎带宽 20 m, 已查明延伸大于 1 000 m; F_9 地震波速 3 200 m/s, 破碎带宽 20 m, 已查明延伸大于 1 500 m。井位处第四系厚 14 m。

4.2 海南省三亚市某镇找水

工作区面积约 4.5 km²(其边缘距海岸仅 1 km 多),属滨海台地,地形较为平坦,完全被第四系覆盖,地表为干沙。有一水文地质队在该区施工过多个钻孔,单井日出水量均不到 100 t,十多 m 粘土覆盖下俱为新鲜花岗岩。甲方要求日出水量 3 000 t,水井数量不得多于 6 个,费用按日出水总量计算。

首先计划依次实施电剖面法、地震折射波法及电测深法。由于地表为干沙,电剖面法工作很困难,为此而加大地震工作量。地震测线(14 条)垂直于区域构造走向(NE、NW)呈棋盘状布设。工作结果查明 6 条隐伏断裂,其中 F_1 、 F_3 、 F_5 走向 NW, F_2 、 F_4 、 F_6 走向 NE。地震波速介于 3 000 m/s 至 3 800 m/s

之间,破碎带宽度介于 10 m ~ 70 m 之间。其中 F_3 破碎带最宽,达 50 m ~ 70 m,波速 3 150 m/s。之后,在这些断层上进行短电测深剖面工作,尤为注重于断层交叉部位的工作。最后筛选出 6 个井位(筛选方法如前),全部位于断层交叉部位。施工结果,第一口井日出水量即达到 3 000 t(后因水泵原因实采为 2 000 t/d),圆满完成合同任务(图 2)。

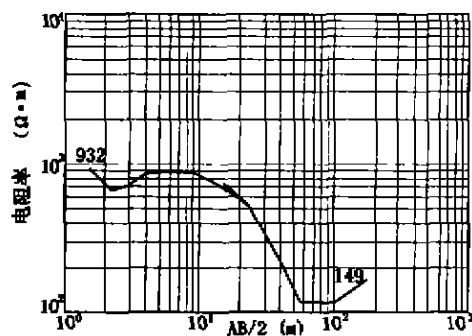


图 2 海南 1 号井电测深曲线

(孔深 98 m, 出水量 3 000 t/d, 水位降深 8.6 m)

注:此井位于 F_2 与 F_3 交叉处。 F_2 地震波速 3 200 m/s, 破碎带宽 20 m, 已查明延伸大于 700 m, F_3 地震波速 3 150 m/s, 破碎带宽 70 m, 已查明延伸大于 1 300 m。第四系厚度 21 m。

4.3 深圳市某旅游区找水

该区为深圳东部一海边沟谷小盆地,面积不到 1 km²。周围出露有燕山期中粗粒黑云母花岗岩。前人工作认为此地为地下水贫水区。该区第四系主要为粘土夹砂,厚十多 m。甲方要求日出水量 3 000 t,井数不能超过 10 个,费用按日出水量计算。

采取地震折射波法与电测深法相结合,但以电测深法为主(因许多地段无法进行折射地震工作)。地震剖面垂直于两组主要构造的走向布设(参考已有 1:5 万地质构造图),以截住所有可能存在的断层。电测深工作与地震工作同步进行,除地震测线上皆进行短电测深剖面外,其余地形有利地段亦进行工作。点距初时为 20 m,至异常部位加密至 10 m

甚至 5 m。地震法成果发现断层 6 条,破碎带宽度为 15 m ~ 40 m,波速为 2 600 m ~ 3 800 m/s。完成电测深点 200 余个。最后筛选出 10 个井位。经施工 6 个钻孔,总出水量正达 3 000 t/d。最大单井出水量为 1 000 t/d,最小为 150 t/d(图 3)。

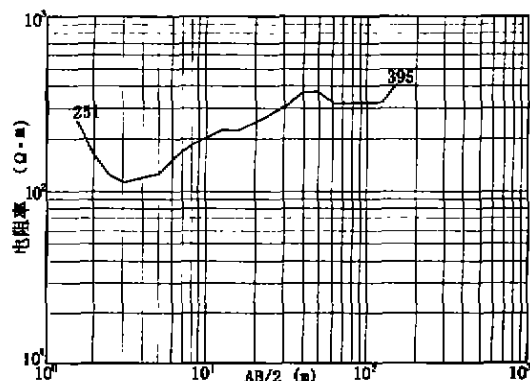


图 3 xs3 井电测深曲线

(孔深 95 m, 出水量 500 t/d, 水位降深 17.0 m)

注:此井位于一断层破碎带上。地震波速 3 800 m/s, 破碎带宽 25 m, 已查明延伸大于 600 m。第四系厚度 15.0 m

5 结语

1) 浅层地震折射波法和电测深法结合是比较完美的结合,运用此法取得了突出效果,获得显著经济和社会效益。

2) 一定要先收集当地地质资料,尤其要了解其断层构造的大致格局。物探剖面布设要尽可能垂直断裂构造走向。井位应优先选择那些不同方向断层的交叉部位,在断层交叉部位应加密电测深的点距。

3) 在折射地震成果中,破碎带(即低速带)的波速大小是一个重要指标,但对井位选取却不起决定作用。破碎带的宽度也非常重要。在综合考虑破碎带波速大小与宽度的基础上,选择电测深异常最显著的部位布置井位。

4) 电测深布极方向,务必垂直于目标断层走向。

COMBINATION OF SHALLOW REFRACTION SEISMIC SURVEY WITH ELECTRICAL SOUNDING METHOD USED FOR WATER RESEARCH IN THE GRANITE - COVERED AREA

Duan Jiasong

Learned from the over ten years practice, a simple, effective and efficient physical method for water research is detailed; three practical examples are exhibited for the introduction.

Key words shallow refraction seismic survey, electrical sounding, granite - covered area, water research

第一作者简介:

段佳松 男,1965 年生。1986 年毕业于中南工业大学地质系物探专业,获学士学位。现任北京建筑地质工程勘察院副院长,高级工程师。近十年来一直从事物探找水及科研工作。

通讯地址:北京市朝内大街甲 190 号 北京建筑地质工程勘察院 邮政编码:100010

