维普资讯 http://www.cqvip.com

天然电场选频法在工程地质勘察快速评价中的应用

张瑜麟
(河南省有色金属地质勘查总院,郑州 450052)

[摘 要]简述了天然电场选频方法的原理、计算公式和仪器使用方法,介绍了实测曲线的圆滑和以曲线背景为标准的归一化数据处理。通过在实际工作中的应用例子,说明了该方法在高阻覆盖区寻找岩溶洞穴和矿区中浅部采空区,评价工程地质状态,探查隐伏断裂、富水滑坡边界等方面具有快速、轻便、有效的优点。

[关键词]天然电场 选频仪 归一化
[中图分类号]P631.3 [文献标识码]A [文章编号]0495-5331(2003)03-0067-05

天然电场选频法是以地下岩土的电性差异为基础,利用大地电磁场为场源的一种物探方法,通过沿剖面逐点测量不同频率的大地电磁场在地面产生的电分量(磁分量)变化情况,得出反映地电信息的电性剖面,以达到解决工程地质等问题的目的。

该方法可用于第四系覆盖区和基岩裸露区,寻找岩溶洞穴和各类采空区,勘查岩溶水、裂隙水、第四系潜水、承压水等各类水体,探测隐伏断裂、充水裂缝、富水滑坡体、确定滑坡上边界,评价岩土坡体含水性,预测滑坡规模及可能性。

1 仪器的原理及使用方法

1.1 仪器的原理

天然电场属交变电磁场,在距离场源较远的地方,这种电磁场可以看作平面电磁波,它的分布方向垂直于地面,场的变化规律服从麦克斯韦方程组,经过对该方程组的复杂数学计算和附加的假设条件便可求解出在均匀各向同性介质中探测深度(h)与电阻率ρ和工作频率f的关系式[1]:

$$he = 503\sqrt{\rho/f} \qquad (1)$$

式中:he—仪器探测深度(电磁波穿透深度);ρ—介质的电阻率($\Omega \cdot m$);f—用的工作频率;

由上式可知,当电阻率一定时,频率越低反映的探测深度越深,因此,选择不同的接收频率即可反映不同的深度;若频率为定值时,电阻率值越大,电磁波穿透深度也越大,因而在基岩(灰岩等)高电阻率地区也能获得较大的探测深度。

由于电阻率ρ和频率f与电场分量Ex和磁场分量Hy有关,考虑到各种因素而不测量磁分量,只测量多种频率的电分量,然后根据电分量与视电阻率的关系,用电分量的大小去定性说明异常体的电阻率高低,定性地解释异常。

1.2 使用方法

野外实测方法,可根据实际情况灵活多样,最常用的3种方法是:

1)平行移动法(图1-a):测得的M、N之间的电位差记作$\Delta U_s^{\parallel}$,以MN的中点O为记录点,曲线为$\Delta U_s^{\parallel}$异常曲线。

2)垂向观测法(图1-b):M、N两点联线与测线垂直,测得的曲线为$\Delta U_s^{\perp}$异常曲线。

3)正交观测法:为(1)(2)两种方法的组合,M、N沿测线方向测出$\Delta U_s^{\parallel}$,然后将M、N垂直测线,测出$\Delta U_s^{\perp}$,取$\Delta U_s^{\parallel}$和$\Delta U_s^{\perp}$的平均值ΔU_s做为O点的作图值(图1-c),得出ΔU_s异常曲线。

采用何种方法,要根据任务、地质条件、地形和干扰程度等实际情况而定,快速扫面常采用第一种方法,异常解剖或查明细节时,可把点距加密或缩小极距或采用第3种方法。

[收稿日期]2002-08-26;[修订日期]2002-10-13;[责任编辑]曲丽莉。
[作者简介]张瑜麟(1957年-),男,1982年毕业于中南矿冶学院(现为中南大学),获学士学位,高级工程师,主要从事区域和矿区物化探找矿、科研及技术管理工作。

维普资讯 http://www.cqvip.com

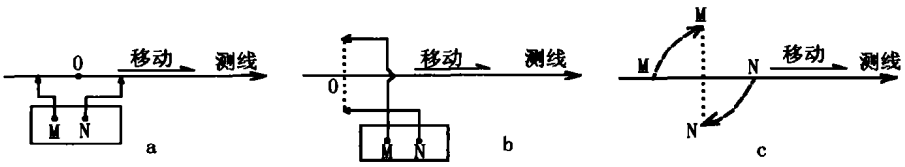

图 1 选频仪实测方法示意图

2 资料数据处理及定性解释

2.1 资料数据处理

2.1.1 选频异常曲线的圆滑处理

由于近地表的电性不均匀,电极接地条件的差异,天然电磁场的微小波动和观测误差等原因,使实测结果存在随机干扰,异常曲线呈锯齿状跳跃,有可能使有意义的异常变弱或被掩盖,因此,有必要采用五点二阶(公式(2))或七点二阶(公式(3))多项式圆滑公式进行曲线圆滑。

$$E(x_0) = 0.468\ E(x_0) + 0.342[E(x_{-1}) + E(x_{+1})] - 0.086[E(x_{-2}) + E(x_{+2})] \quad (2)$$

$$E(x_0) = 0.333E(x_0) + 0.285[E(x_{-1}) + E(x_{+1})] + 0.143[E(x_{-2}) + E(x_{+2})] - 0.096[E(x_{-3}) + E(x_{+3})] \quad (3)$$

实测曲线经圆滑后,异常更加明显,干扰得以压抑和消除,有利于资料定性解释,在实际应用中针对不同干扰程度和圆滑拟合要求,选择不同的公式,上两公式中,当阶数一定时,点数越多,则圆滑程度越高,而拟合程度越差;当点数一定时,阶数越多,拟合程度越好,圆滑程度则较差。

2.1.2 选频电场数据的归一化处理

天然电磁场电分量的强度和周期随时间而呈随机性、单调性和阶跃性而波动。但在某一时间内保持一定的相对稳定性。由于天然电场的随机波动性,不同测线不同时间的观测结果会因为背景不同而呈现不同的数值,从而影响到对整个测区资料的全面客观正确解释,有必要对选频的成果进行统一标准(背景)的归一化处理,一般要依据测区内已知地质资料和实测曲线形态,首先确定每条测线的背景段,同一剖面中可选一段或若干段,求出同一剖面上所选背景段内各点值的平均值为归一化标准,以该标准值来归一化该剖面上各点值,并依次对各个剖面按此方法进行归一化处理。选取各剖面背景值也可利用背景段上的平均值或异常背景的趋近线值直接做为背景值。

2.2 定性解释

本方法成果解释属于定性解释,解释原则同其它物探方法一样,首先是从已知到未知,先从已知地质剖面或钻孔的选频剖面入手,根据水文、地质、物性资料去研究所得曲线与已知地质剖面和钻孔剖面的关系,找出相关规律,用此规律去指导未知区成果资料的解释。其次若测区内无已知剖面或钻孔等地质资料时,要考虑邻区是否有可类比的地质资料用以试验剖面工作。若没有或不便时,一是在测区先做若干条十字或井字型选频剖面,从中区分高阻或低阻带辩别异常体走向和种类,对其结果进行初步解释,对照地质资料再行修正,确定全区定性解释原则和测线布设方向;二是研究每条剖面中不同频率曲线的变化情况和差异,了解异常源的相对埋深、产状以及是否存在多层结构;三是对同频率的纵横剖面进行对比,根据两种方向剖面的变化特征和幅度,判别异常体的范围、走向和倾向;四是对于寻找低阻异常体时,应特别注意高、低值带中的低极值异常点,两条十字交叉剖面中低极值点的重叠部位;五是对于重大工程地质勘察、地质灾害规模等的确定,还应投入可定量解释的其他物探方法进行详细查证。

3 应用效果

3.1 确定富水区带

测区 A:位于山顶,地表被黄土覆盖,区内地层由新至老依次为:第四系黄土厚数米,第三系泥灰岩厚约 10 ~ 25 m;石炭系地层其厚度 50 m 左右,下部为奥陶系灰岩。地层走向近东西,倾向南东,倾角 30° 。区内南北向小断裂较多。

对整个山顶进行了井字型剖面测量后,又进行了面积测量,重点对山头 3 条测线(剖面)的异常作了重点研究(图 2),认为 8/②点从深至浅有低阻反映,③剖也有对应的低阻现象出现,推测 8/②处深部石炭系灰岩蚀裂隙发育,在深度 108 m 和 145 ~ 155 m 处有两个岩溶裂隙含水带且含水丰富,确定 8/②为中心涌水点,后经钻孔验证,分别在 112.8 m 和 158 ~ 160 m 深处见到两个含水带(图 2),基本符合解释的结果。

维普资讯 http://www.cqvip.com

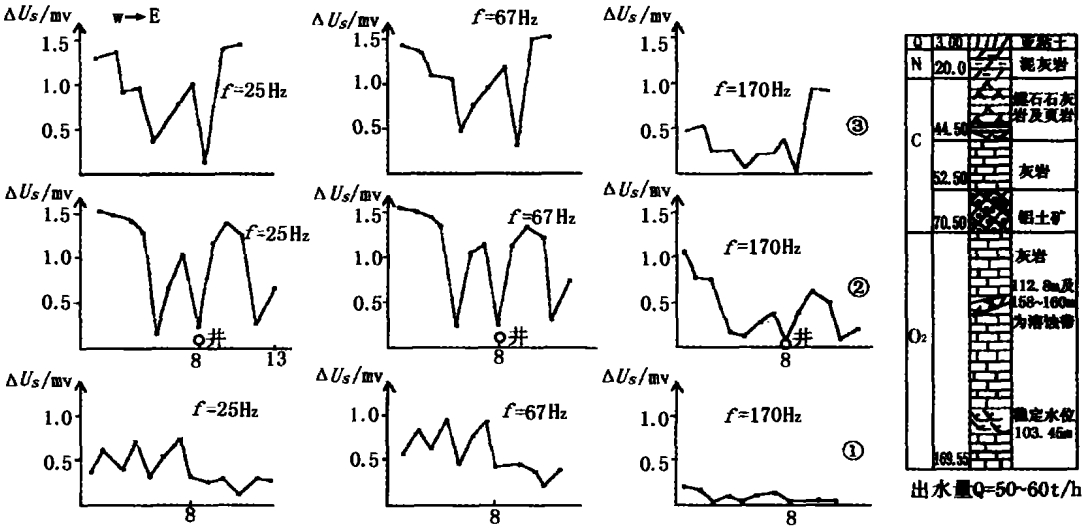

图2　测区A△ U_s 异常剖面及钻井柱状图

3.2　确定地下干溶洞和矿区塌陷

测区B(图3):已知干溶洞产于寒武系灰岩中,灰岩底部为红色石英砂岩,倾向北东,倾角20°~30°,洞延伸方向和岩层走向一致。从中厅至尾部逐渐倾斜,洞长700 m。在洞顶上方布置了北东45°方向的测线,用五个频率测得△ $U_s^{\parallel}$ 异常曲线,图3中的代表性曲线在8-10号处表现明显△ $U_s^{\parallel}$ 高阻异常。反映地下有高阻地质体的存在,而对应异常曲线的频率较高说明该干溶洞埋深不大。而邻近该洞的扫面中,有两个剖面曲线有高阻异常显示(图4),一处在18号点,一处在10号点,其中18号点后经溶洞实地普查证实为一干溶洞所引起,而10号点被证实是该洞的一支洞所引起。

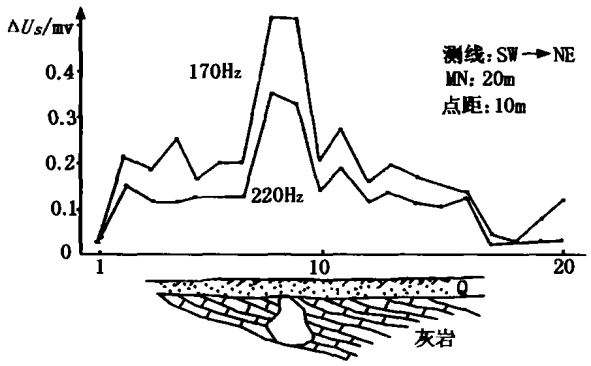

图3　测区B已知空洞△ U_s 异常剖面图

应用此例可进一步对矿区的塌陷区进行快速评价,塌陷区一般表现为3种电性特征;(1)干空的塌陷洞表现为高阻特点;(2)充水的塌陷区表现为低阻特点;(3)非充水型塌陷因含水较多或上部疏散物及泥土充填,一般也表现为中低阻特点。

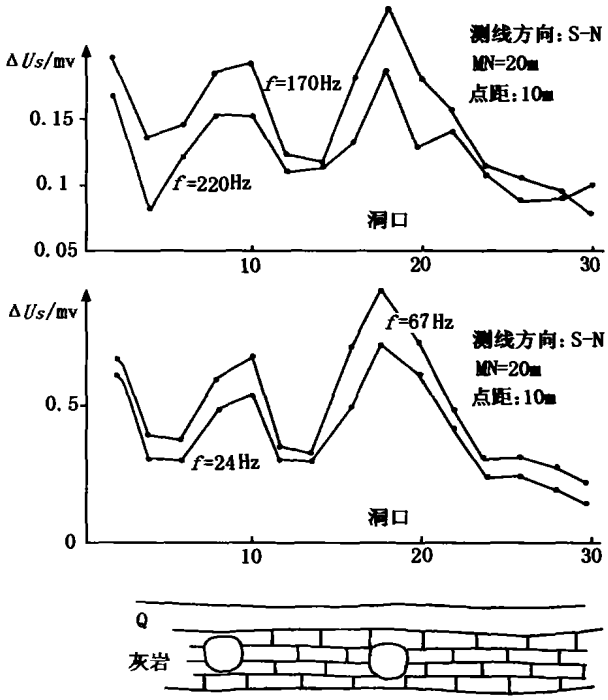

图4　测区B未知空洞△ U_s 异常剖面图

3.3　场地工程地质快速评价

测区C:因建筑需要进行工程地质评价,查明地下有无空洞、古墓,确定富含水区。通过7条南北向,3条东西向剖面的工作(图5),由图6看出,①、④、⑤号剖面高低频△ $U_s^{\parallel}$ 均为低阻值稳定区;而①′、②′、②、③线不同频率△ $U_s^{\parallel}$ 均为平稳下降型,其中1-10号点属于南测区高值区,10号点以北属于北测区中等值区;东西方向⑥、⑦、⑧三剖面分析得出浅部岩性变化不大,f=170Hz的△ $U_s^{\parallel}$ 曲线近于平缓直线,中深部者岩性有一定差异,f=67、25Hz

维普资讯 http://www.cqvip.com

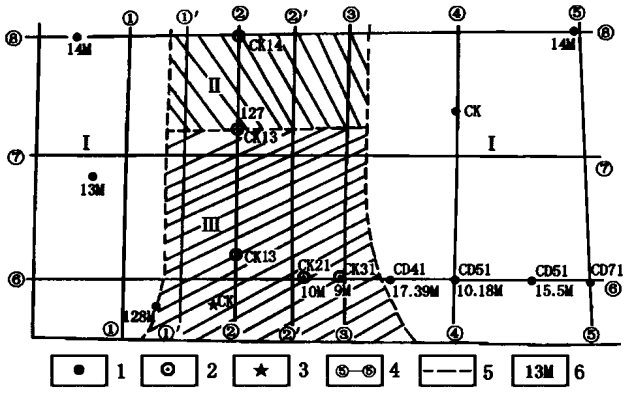

图 5 测区 C 天然电场选频法测区布置及推断图

Ⅰ—粘土、亚粘土区；Ⅱ—粘土、细砂区；Ⅲ—粘土、细砂砾石区；1—CK 未见砂层钻孔；2—已见砂层钻孔；3—CK 设计的水井孔；4—物探测线；5—物探推断地质界线；6—钻孔深度

曲线有一定幅度跳动，且在 5－6 号点附近呈明显低阻值。

结合地质资料，由此将测区分为 3 个工程地区（图 5），Ⅰ区以粘土、亚粘土为主；Ⅱ区为粘土、细砂区；Ⅲ区为粘土、中细砂砾石区；⑥线 5 号附近为砂层厚大的富含水区，这些推测已为钻孔所证实。

4 结论与建议

通过野外工作中对天然电场选频方法的实际应用和效果验证，可以得出如下结论：

1）该方法原理严格、操作简便，定性解释直观、工作效率高、效果比较好。

2）资料数据的后期处理比较简单，处理效果比较明显，可较好的压制干扰，突出异常信号，提高定性解释的准确度。

3）在地质灾害调查和水文工程勘察中，可首先利用该方法开展前期的快速评价，利用电阻率相对的高低，结合对地质资料的掌握程度，可对矿区的采

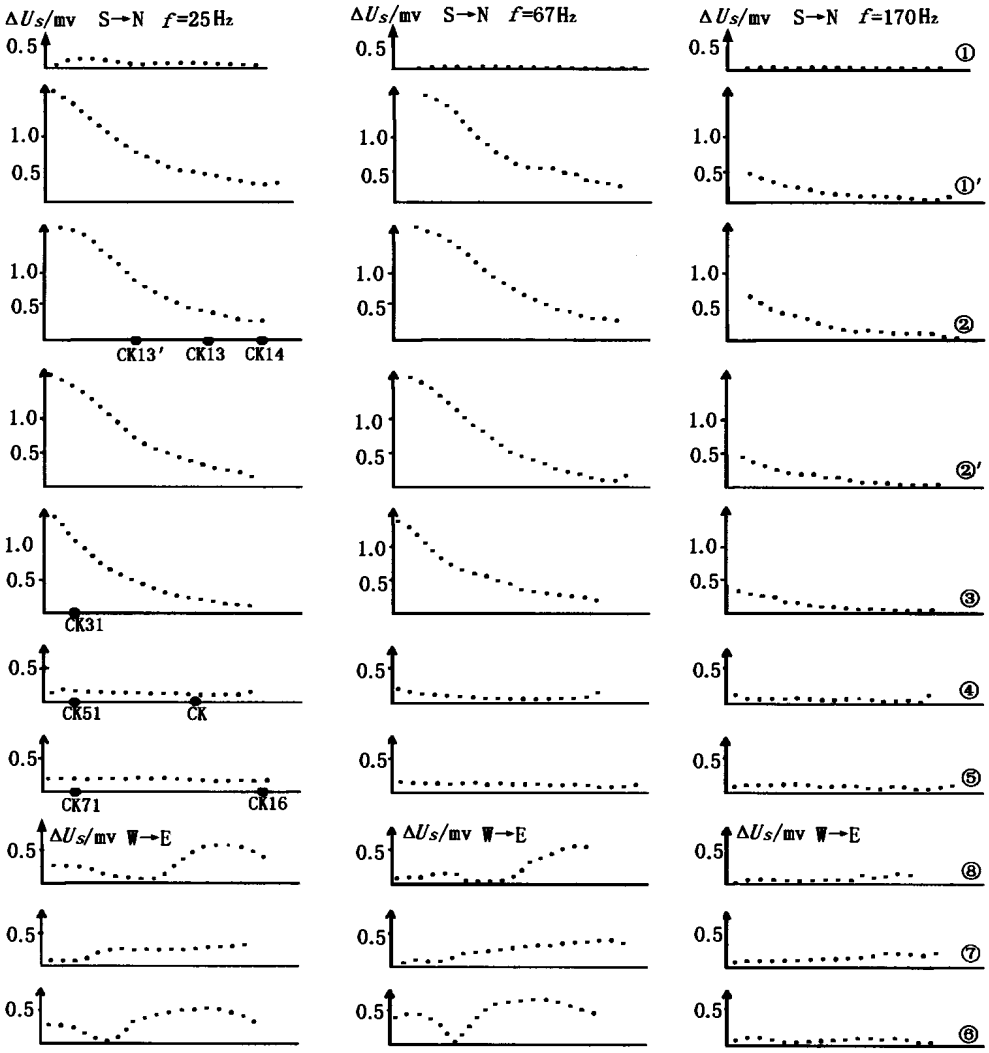

图 6 测区 C ΔU_s 异常剖面图（MN:20 m，点距 10 m）

维普资讯 http://www.cqvip.com

空区、不同性质的塌陷区、测区(滑坡区)的地层稳定性、含水的分布状态进行快速评价;确定不同性质的空洞、古墓;查明隐伏断裂带位置及含水性质;确定涌水通道和来水方向及富水区域;划定滑坡(薄弱)区的边界,预测滑坡的规模和危害范围,为进行地质灾害的预报提供依据。

建议在仪器使用和资料处理及解释中注意以下几点:

1)野外观测时应尽量避开早晨日出和傍晚日落的两个时间,这期间因地电磁场的波动较大,会影响其观测数据质量。

2)数据处理时可先按实测值进行背景值的归一化,而后视曲线干扰程度再确定是否进行圆滑处理,以保持曲线的原始性、真实性。

3)定性解释的结果进行重型工程验证前,应选择其它物探方法对异常进行详查和定量解释工作,以便成果的类比和验证工程的有效性。

致谢:本文是对该仪器以往工作成果的归纳,许多同志参加了野外工作;信息中心的王红伟同志帮助完成了计算机成图工作,在此一并表示感谢,不足之处,望同行指正。

[参考文献]

[1] 刘正传.地质灾害勘察指南[M].北京:地质出版社,2002,8,347~348.

[2] 张瑜麟.熊耳山银铅成矿区物探找矿方法应用研究[J].地质与勘探,2001,37(6):46~50.

THE APPLICATION OF NATURAL ELECTRIC FIELD FREQUENCY - SELECTION METHOD IN QUICK EVALUTION OF ENGINEERING GEOLOGICAL EXAMINATION

ZHANG Yu - lin

(*General Institute of Nonferrous Mineral Resources Geological Survey, Henan Provinces, Zhengzhou* 450052)

Abstract: Theory, calculation formulas and instrument usage of natural electric field frequency - selection method are briefly discusses. Processing methods of the field survey curves and normalizing data handling based on the curves are also introduced. By actual examples in field survey, the paper shows that this method is quick, convenience and validity in surveying of karst caves and middle - shallow orebodies, and can used in appraising engineering geology, detecting subsurface faults and searching boundary of water - saturated landslides in high - resistance rock covered districts.

Key words: natural electric field, frequency - selector, normalizing

新疆已发现矿种138种

据新疆国土资源厅厅长哈尼巴提·沙布开介绍,目前,新疆已发现矿种138种,占全国已发现矿种171种中的80.7%。其中探明资源储量的矿种为79种,占全国首位第二位的各有9种,居全国前5位的有24种,居前10位的有43种。已探明的固体矿产资源价值62706亿元,相当于2002年新疆工业总产值的60倍。

202年,新疆煤炭保有资源储量超过970亿吨,按现有开采水平计算,可以开采3000年;石油累计探明地质储量超过25亿吨。

* *

四子王旗探明矿产资源储量2.34亿吨

网讯　乌盟四子王旗卫境苏木、江岸苏木、脑木更苏木约6000多平方千米的辖区内,蕴藏着萤石、石膏、芒硝、电气石、珍珠岩、天青石、锰等多种地下矿产资源,构成了四子王旗北部矿产工业园区资源开采的基础,有着广阔的投资开发前景。经专家考证,该旗各种地下矿产资源总储量约为2.34亿吨,可以实现工业总产值300多亿元,目前已经有多家区内外投资商进驻投资开发。