

地电选频法在水文地质工程 地质工作中的应用与效果

李学军

(河北煤炭科学研究)

提要 本文详细介绍了地电选频法的原理、仪器和工作方法。探测实例表明:该方法在解决水文地质工程地质问题方面效果显著,其灵活、快速及结果直观可靠性具有较高实用与推广价值。

关键词 物探;大地电磁场;电阻率;频率;探测

随着工农业生产的迅猛发展和城乡人口的增加,许多水文地质和工程地质问题迫切需要一种工作效率高、结果直观可靠、抗干扰能力强的技术手段来解决。本文所提出的地电选频法正是为此而开发出来的一种物探方法,经众多试验验证,它不仅可以在山区找水、天然洞穴探测方面发挥作用,而且对城市地下管道的探测和人工洞穴的探测等方面也有显著效果。

地电选频法工作简便、仪器小巧轻便、资料直观易解释,是一种场地适应性和抗干扰能力都很强的快速物探普查方法。它是以大地电磁场作为工作场源,通过测量其在地面产生的不同频率的电场分量来研究地质问题的一种交流电探测方法。

1 地电选频法的基本原理

由于地电选频法场源为大地电磁场即交变电磁场,在距离场源很远的地面可视其为平面波,其分布方向近似垂直于地面。场的变化服从麦克斯韦方程组。通过解普通型波动方程求解,可以导出波阻抗与介质交流电阻率的关系:

$$\tilde{\rho}_s = \frac{1}{f} \left(\frac{E_x}{H_y} \right)^2 \quad \text{.....(1)}$$

式中 $\tilde{\rho}_s$ 表示交流电阻率($\Omega \cdot m$), f 为工作频率(Hz), E_x 和 H_y 分别为电场分量和磁场分量, $\frac{E_x}{H_y}$ 为波阻抗。这里不考虑 E_x 、 H_y 间 45° 的相位差。

根据平面电磁波在地层中传播(图1)时的衰减特征,有电磁波在介质中穿透深度公式为

$$\delta = 503.3 \sqrt{\frac{\rho}{f}} \quad \text{.....(2)}$$

式中 δ 为穿透深度 (m), 其它符号意义同 (1)。(2)、(1) 两式则为地电选频法的基础公式。由 (2) 式可知: 电磁波的穿透深度与频率、电阻率有关。当频率一定, 电阻率越高穿透深度越大, 因而本方法可以在高阻灰岩地区取得较好地质效果; 当电阻率一定, 频率越低穿透深度越大, 这就可以用改变频率达到改变探测深度的目的。由 (1) 式可知: 电阻率和频率、电场分量的关系, 在同一地区磁场分量基本稳定, 可视为一常数, 而且其值很小, 因而可以利用电场分量与电阻率的定性关系判断地质体的高、低阻特征。

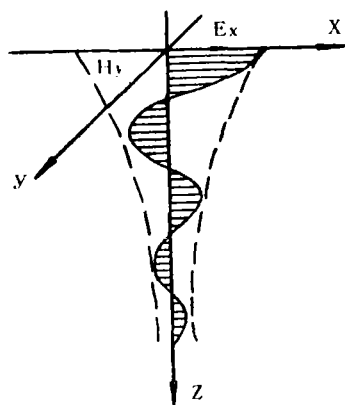


图1 平面电磁波传播示意图

Fig.1 Plane sketch of propagation of electromagnetic wave

2 仪器及工作方法

由于地电选频法的工作场源为天然电磁场, 因而无须人工供电建立电磁场, 而仪器主要为一接收机。其工作原理如图2所示。

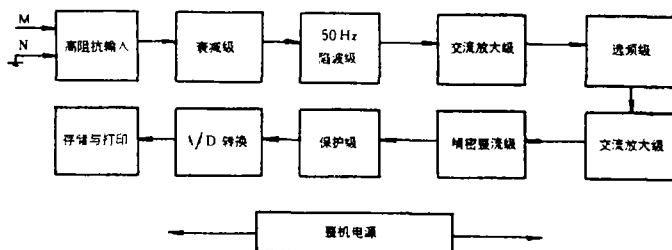


图2 地电选频仪器原理框图

Fig.2 Block diagram of principle of the Telluric Electrical Frequency Selector

该仪器通过测量M、N两电极间的电位差, 经输入级、衰减级、滤波及陷波、放大级和整流后, 自动存储于所设的单片存储器中, 最后通过微打印机打印出测量的不同频率的异常曲线和相应数据, 供资料分析、推断解释用。

本仪器选用的是具有大地电磁场特征的频率作为测量工作频率。我们知道, 大地电磁场的频率谱是相当宽的 (如图3所示), 从 0.00n Hz 到 10^6 Hz 之间, 但根据实际的地质问题需要, 设计本仪器时只从 10

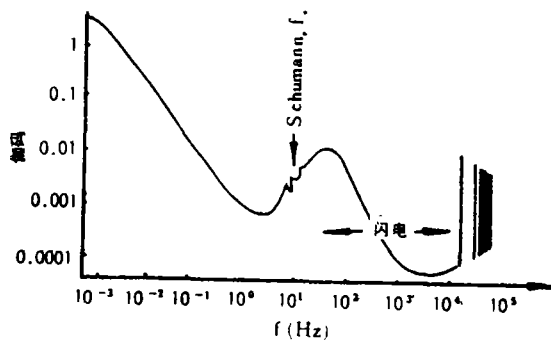


图3 大地电磁场频谱图

Fig.3 Spectrum of the Telluric Electromagnetic Field

Hz~300 Hz间取如下频率:一是大地与电离层间的电场谐振引起的舒尔曼(Schumann)谐振频率之一的25 Hz(舒尔曼频率为8、14、20、25 Hz);一是由远处雷电及其它原因引起的大地电磁场频率67Hz和170Hz。这两种频率基本反映了大地电磁场的特征,而且取两种频率三个点频基本可以解决一般的水文地质工程地质问题,仪器也容易实现。

现场工作时2人即可。快速普查时以图4所示的纵测线测量法移动测量电极M、N,记录点为MN中点O。极距一般选用10~20m,也可根据需要调整。一条测线测完即可打印结果、分析解释。

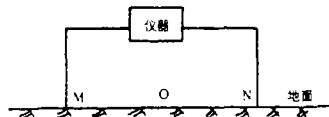


图4 工作方法简图

Fig. 4 The brief diagram of
—TEFS working method

3 应用实例及效果

例一:马蹄坡地区位于河南荥阳县南部山区灰岩地区,地层较为简单,上覆为第四系黄土及粘土夹钙质结核层,厚约50~60m;下部为灰岩偶夹薄层页岩,岩层走向近SN向,倾向NE,倾角约30°。在该地区找水其它方法均未奏效。

利用地电选频法在此区探测取得明显效果。图5为地电选频法25Hz探测 ΔV 曲线,(a)为SN向测线结果,(b)为EW向测线结果。(a)线上反映出8号~9号点处出现明显 ΔV 低值异常,(b)曲线证实了(a)线上判断结果的可靠。同时根据所得到的较高频率的探测结果分析,(a)线上8号~9号点低值异常向深部有加宽趋势,证明深部的低阻体导电性较好,几何形状更大。为此,定9号点处为水源井位;结合物性和地质资料,设计孔深200m左右。经钻探验证,孔深在208m时涌水量为56m³/h,满足了用水需要。

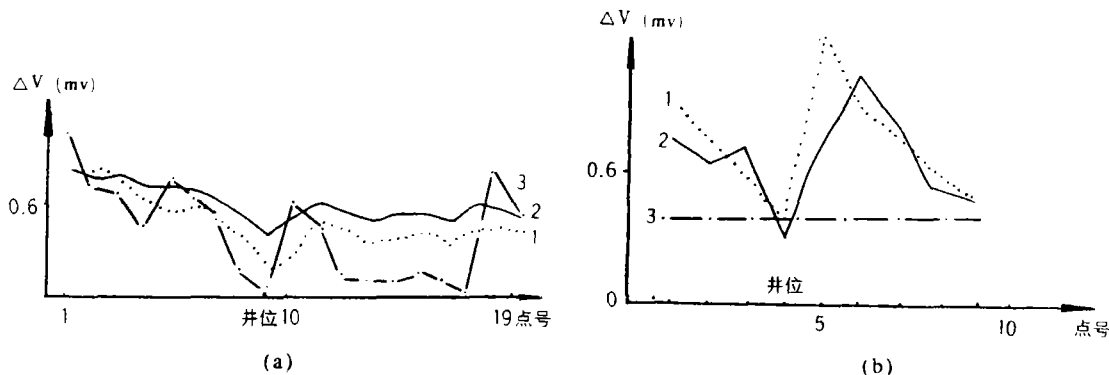


图5 地电选频法找水实例

Fig. 5 An example of searching groundwater by TEFS method

(a)SN向; (b)EW向 1—25Hz; 2—67Hz; 3—170Hz

例二:某矿在副巷掘进时遇断层出水,水害殃及主巷影响生产被迫停工。为在地面实施注浆堵水工程,在地面施工3个钻孔也未能打到出水副巷道。图6为用地电选频法地面探测的25

Hz 实测曲线之一。可以看出在11号点处出现较为明显的 ΔV 低值异常, 为巷道充水所致。如果为干巷道则应反映为 ΔV 高值异常。经钻探验证, 在11号点处打钻正中充水巷道, 堵水成功后使矿方早日恢复了生产。

例三: 图7为利用地电选频法探测干溶洞的实例, 图中为67Hz ΔV 曲线。可见在8号~10号点均反映出 ΔV 高值异常, 说明在该位置处地下存在有高阻地质体。实际上为一高近50m 的寒武纪灰岩干溶洞, 它位于河南省巩县境内, 已开辟为游览胜地。

例四: 为了探测城市排污水泥管道的位置, 用地电选频法进行了试验。图8为实测的 ΔV 一组曲线(25、67、170Hz), 可以看出: 三个频率的 ΔV 高值异常均对应于一处, 异常吻合较好, 而且尖锐, 说明管道埋藏较浅, 宽度也不大。实际该排水管道直径约为2m, 埋深约2m。

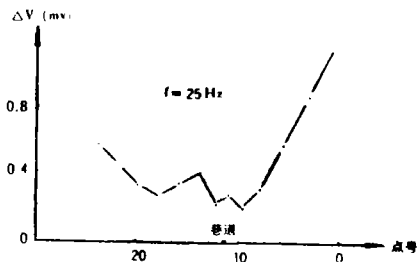


图6 煤矿充水巷道探测实例

Fig.6 An example of probing water-filling tunnel in a coalmine by TEFS method

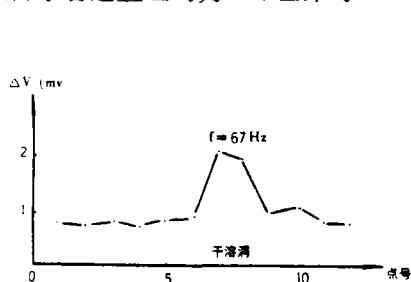


图7 干溶洞探测实例

Fig.7 An example of probing dry karst cave by TEFS method

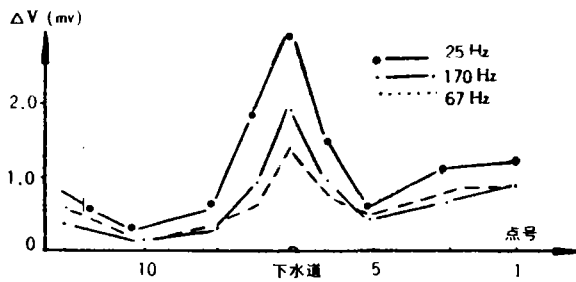


图8 城市地下管道探测实例

Fig.8 An example of probing underground pipe in a city by TEFS method

4 结论

实践证明: 地电选频法是一种灵活、快速简便的探查手段, 它不仅可以定性地判断地质体的高、低阻特征, 而且可以结合地质资料提供半定量信息。使用三个点频可以相互对比, 提高解释可靠性, 同时可以提高方法本身的抗干扰能力。根据实际应用, 认为加强仪器智能化及资料处理的自动化研究是本方法今后的研究重点。相信这种新型物探手段会在水文地质工程地质工作中发挥更大作用。

在此向对此文提供支持和帮助的郑州地质学校韩荣波副教授表示感谢。

主要参考文献

- [1]中南矿冶学院物探教研室编 《金属矿电法勘探》,冶金工业出版社(1980)
[2]韩荣波等 天然电场选频法在工程地质中应用,《工程勘察》,1985.3.

APPLICATIONS AND EFFECTS OF THE TELLURIC ELECTRICAL – FIELD FREQUENCY SELECTING METHOD IN HYDROGEOLOGICAL AND ENGINEERING GEOLOGICAL WORKS

Li Xuejun

(Scientific Institute of Coal, Hebei Province)

Key words: Geophysical Prospecting; The Telluric Electromagnetic – Field;
Resistivity; Frequency; Detection

Abstract

Principle, Instrument and working method of the Telluric Electrical – field Frequency Selecting method(TEFS) are introduced in detail. The probing examples of the method indicate that the method is effective for solving hydrological and engineering geological problems. As its flexible, quickness and result – object characters, the TEFS method has a great practice and popularizing value.