

# 瞬变电磁对岩层富水的探测应用

康小龙

山西本心地质勘查技术有限公司

DOI:10.12238/gmsm.v8i2.2170

**[摘要]** 煤层顶板砂岩含水层,是危害煤矿安全生产的水害之一,在煤层进行掘进和回采过程中,常常会遭遇顶板淋水或者透水,对煤矿安全生产有着较大安全隐患;针对埋深较大的煤层和含水层砂岩,运用地面瞬变电磁法勘探,有着良好的效果;对于埋深大于500m的区域,地面瞬变电磁法采用大定源中心回线装置,对大埋深目标体有着较好的效果,瞬变电磁法对面积性勘查非常具有优势,施工效率较高,适合大面积的勘查<sup>[1]</sup>。

**[关键词]** 瞬变电磁; 大定源中心回线; 岩层富水; GDP-32电法工作站

**中图分类号:** O441 **文献标识码:** A

## Application of transient electromagnetic to the detection of water-bearing strata

Xiaolong Kang

Shanxi Benxin Ge Survey Technology Co. Ltd.

**[Abstract]** The aquifer of sandstone in the top plate of coal seam is one of the water hazards that endangers the safe production of coal mines. the process of mining and retracting coal seam, roof water or water penetration often occurs, which has great safety hazards for coal mine safety production. For coal seams and aquifers sandstone with great burial depth, the application of transient electromagnetic method has good effects. For the areas with burial depth greater than 500 m, the transient electromagnetic method uses large fixed source center return line device, which has a better effect on the target body with great burial depth. The transient electromagnetic method has great advantages in areal exploration and has construction efficiency, which is suitable for large-area exploration.

**[Key words]** transient electromagnetic; large fixed source center return line; rock layer water-rich

临汾某矿计划对3年规划范围内2号煤层进行掘进、回采,鉴于2号煤顶板K8灰岩富水性情况不明,计划在划定范围内运用瞬变电磁法进行勘探,查明并且圈定K8砂岩富水异常区。勘探区内K8砂岩最大埋深约580m,最浅埋深约245m,平均埋深412.5m,K8砂岩和2号煤层间距约30m,此次地面瞬变电磁法勘探采用40m×20m网距(线距40m,点距20m)进行施工,共圈定K8砂岩富水区4处,效果反映良好。

### 1 工区概况

井田位于晋西黄土高原的最南端,黄河中游峡谷区的下游,属强烈侵蚀的低一中山地貌。勘探区整体呈现东部高西部低形态,测区最大标高位于测区东部,标高1220m,最小标高位于测区西部,标高865m,最大落差355m。

### 2 方法原理

瞬变电磁法是勘探煤田、地下水、采空区等赋水情况的有效勘探方法。瞬变电磁法与其它电法方法相比,具有体积效应小,异常响应形态简单,分层能力强,有较强穿透高阻覆盖层的能力,

剖面测量和测深工作同时完成,提供了较多有用的地质信息。同时该方法对低阻反应灵敏,体积效应较小,故易于突出低弱的电阻率异常,划分本区的含水及富水区域<sup>[1][2]</sup>。瞬变电磁法是利用不接地回线或接地线源向地下发送一次脉冲磁场,在一次脉冲磁场间歇期间,利用线圈或接地电极观测二次涡流场的方法。对于定源回线装置,瞬变电磁场表达式为:

$$v(t) = \frac{3\mu_0 I q a^3}{R h^3 \pi^2 \tau} \sum_{k=1}^{\infty} \exp(-k^2 t / \tau)$$

其中q为接收线圈有效面积,R为发送回线半径,当发送回线为

矩形时 $R=L/\sqrt{\pi}$ ,a为地下导体的半径,h为导体的中心埋深, $\tau$ 为

时间常数, $k=2\pi/\tau$ 。瞬变电磁法的工作装置较多,针对本区目的任务、地电条件选择大定源中心回线装置。在施工时,将发射回线敷设成一定边长的方形线框,接收线框置于中心位置探测。<sup>[1][2][3]</sup>

3 仪器及施工参数

瞬变电磁仪器使用美国Zonge工程公司的GDP-32II多功能电法仪,生产日期为2020年。勘查网格为40m(线距)×20m(点距)。瞬变电磁勘查的线号、点号遵循南小北大和西小东大的原则。施工参数:发射频率4Hz;叠加次数256次;发射电流18A;发射线框840m×840m定源内回线装置;高压线影响范围:80m(单侧);勘探盲区约为60m。

GDP-32II多功能电法仪主要技术指标如下:(1)TEM采样频率范围:DC~8KHz;(2)直流(DC)输入阻抗:10MΩ;(3)动态范围:190db(分贝);(4)最小可检测电信号:0.03μV(微伏);(5)相位精度:±0.1mrad(毫弧度);(6)叠加次数:2n任选n=0,1,⋯,15;(7)最大输入电压:300V;(8)同步方式:高准确度的石英钟。

4 地球物理特征

含水层相对富含水区的电性特性:沉积岩层视电阻率呈现层状、均匀而连续的特征,当其间岩层富水性较好时,形成与周边岩石差异较大的物理电性特征。相同岩性情况下,岩层电阻率与含水性有密切关系,当岩石孔隙、裂隙中充填有水时,电阻率相对较低。不同岩性时,需考虑岩层本身的电阻率与相同地层进行横向对比,故首先应确定岩性,然后根据电阻率的差异寻找富含地下水的地段。众所周知,瞬变电磁法所得介质的视电阻率与测井或标本测量等直流电法所得电阻率值有所差异,但视电阻率相对高低的变化趋势是一致的。一般情况下,岩石的视电阻率除与其本身的物质组成和结构构造有关外,还与其含水率的大小有着极为密切的负相关关系,即岩石含水率越高其视电阻率越低,反之亦然,这也是应用电法勘探圈定富含水区的重要依据之一。

表1 勘探区内地层电阻率情况表

地层	电阻率(Ω·m)	反演视电阻率(Ω·m)
第四系	20~70,平均45	50~200
上石盒子组(P2s)	21~100,平均60	
下石盒子组(P2X)	35~150,平均93	
山西组(P1S)	36~200,平均120	
太原组(C3t)	44~260,平均160	
本溪组(C2b)	70~340,平均210	
中奥陶灰岩	100~500,平均300	200~350

5 资料解释与成果分析

野外采集资料经整理、处理后,对处理后的资料采用了多种方法进行分析解释,主要有衰减曲线类型分析、梯度带划分、纵横向对比分析三种方法。

(1)衰减曲线类型分析:不同地质条件下的衰减曲线类型不同,通过对衰减曲线分类,可以初步确定勘查区的地层变化情况。本次瞬变电磁法衰减曲线类型主要有两类,一类曲线中段衰减较慢,说明测点处的地层电阻率较低,另一类曲线从中段到尾支衰减较快,说明测点处的地层电阻率较高,从侧面可以反映出采空区与采空积水区及岩溶富含水区的区别。

(2)梯度带划分:设体系中某处的物理参数(如电压值)为w,在与垂直距离的dy处该参数为w+dw,则称为该物理参数的梯度,也即该物理参数的变化率。如果把瞬变电磁勘查接收到的二次感应电压看作一个三维矢量场,那么梯度就是沿着某个方向感应电压的变化率。

在煤层被采空后,如果以不充水的空洞存在,那么在电压平面图上,电压等值线稀疏,沿某个给定方向,电压值变化率较小,即梯度较小;煤层被采空后,以充水的形式存在时,在电压平面等值线图上,电压等值线密集,沿某个方向电压值变化迅速,即梯度大;此次异常区的划分,以梯度值为划分依据,在高电压区域,电压值密集,在给定距离、方向内电压变化迅速,梯度大的区域,解释为积水区域。

(3)纵横向对比分析:纵横向对比分析主要以拟视电阻率断面图和煤层底板视电阻率等值线图,综合对比两种分析解释的结果,使解释结论更趋于实际。

瞬变电磁法作为电阻率参数勘查的地球物理方法,它的解释与地质资料相结合进行,遵循由已知到未知、由定性到定量的原则进行。

瞬变电磁资料的处理和解释工作往往是同时进行的,通过资料处理、解释的反复进行,提高资料解释精度,二者之间存在一种从实践到认识的提高过程。资料解释是建立在资料处理后的视电阻率断面图、顺层(或水平)电阻率平面图的基础上。为配合解释,初步解释之后根据效果的好坏,调整处理的一些参数,再进一步处理和解释<sup>[1][2]</sup>。

此次资料解释,分别绘制了瞬变电磁拟断面图和瞬变电磁多测道电压剖面图,以及瞬变电磁K8砂岩平面图:

(4)瞬变电磁断面图:图1是S640测线瞬变电磁拟视电阻率断面图,图中左右两侧坐标为标高,底坐标为桩号;图中5条黑色线分别代表为K8砂岩、2号煤、K2灰岩、奥灰顶界面、奥灰顶界面-50m,图中阴影部分为高压线影响区域。该测线区域,视电阻率分布均匀,未发现明显低视电阻率区域。

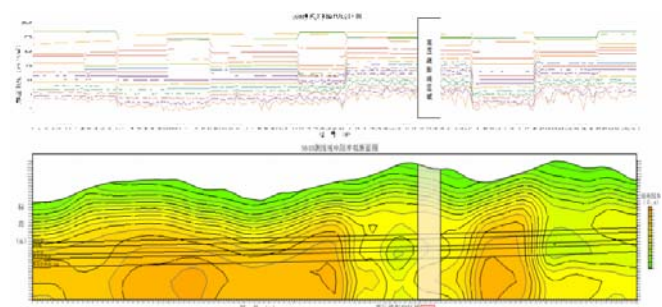


图1 640测线视电阻断面图及多测道电压剖面图

图2是S2960测线瞬变电磁拟视电阻率断面图,该测线区域,从瞬变电磁视电阻率断面图中可以看出,在K8砂岩桩号3140~3720区域出现低视电阻率异常,故推测该异常区为K8砂岩富含水区引起。

(5)瞬变电磁平面图:K8砂岩视电阻率等值线平面图:图3

是K8砂岩视电阻率顺层切片图,图中蓝色表示电阻率低,四周坐标值为桩号,根据前文试验阈值及全区视电阻率背景值,综合地质资料分析,在全区发现4块低视电阻率区域,推断其中4处低阻异常区为K8砂岩富水区,分别编号为FSK8-1、FSK8-2、FSK8-3、FSK8-4,视电阻率阈值参考 $110\ \Omega\cdot\text{m}$ 。

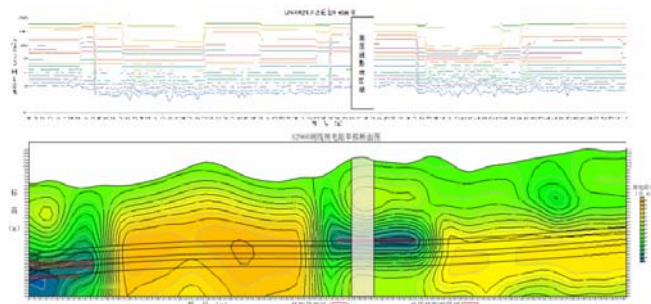


图2 S2960测线视电阻断面图及多测道电压剖面图

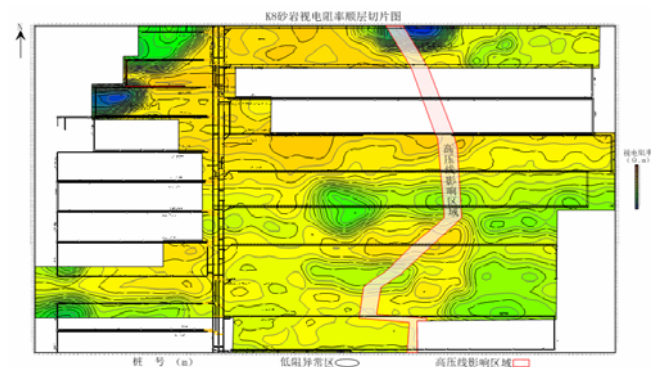


图3 K8砂岩视电阻率顺层切片图

## 6 结语

(1) 本次地面电法勘查解释K8砂岩富水区4处,分别编号为FSK8-1,FSK8-2,FSK8-3,FSK8-4。

(2) 通过上述实例,说明瞬变电磁法对煤矿采空区积水的探测具有良好的效果,运用瞬变电磁断面图结合瞬变电磁平面图圈定积水区更加接近实际情况。

## [参考文献]

- [1]牛之璉.时间域电磁法原理[M].长沙:中南工业大学出版社,1992.
- [2]蒋邦远.实用近区磁源瞬变电磁法勘探[M].北京:地质出版社,1998.
- [3]解海军.煤矿积水采空区瞬变电磁法探测技术研究[D].北京:中国矿业大学(北京),2009.

## 作者简介:

康小龙(1986--),男,山西吕梁临县人,本科,职称:物探工程师;单位名称:山西本心地质勘查技术有限公司;单位地址:山西太原小店区平阳路14号;毕业院校:2010年毕业于中国矿业大学,现从事物探行业,主要方向为煤矿采空区勘查。