

# 瞬变电磁法在煤矿采空积水探测方面的应用

康小龙

山西本心地质勘查技术有限公司

DOI:10.12238/gmsm.v8i2.2166

**[摘要]** 晋城某矿计划开采9号煤层,由于9号煤上覆3号煤历史原因被小窑采空破坏,且年代久远,采空破坏程度不详,并且有采空积水区存在,严重威胁到9号煤层掘进及回采。对于煤层采空积水区,地面瞬变电磁法有着非常大的优势,运用大定源中心回线装置对划定区域进行面积性勘查,对采空积水区的圈定,有着非常良好的效果,并且经济实用<sup>[1][2]</sup>。

**[关键词]** 瞬变电磁; 大定源中心回线; 采空积水区; GDP-32电法工作站

**中图分类号:** P631.3+25 **文献标识码:** A

## Application of transient electromagnetic method in mine goaf water detection

Xiaolong Kang

Shanxi Benxin Ge Survey Technology Co. Ltd.

**[Abstract]** The Jincheng mine plans to mine the 9th coal seam. Due to historical reasons, the 3rd coal seam above the 9th coal seam was mined by small mines and has been hollowed out and destroyed. The degree of goaf destruction is unknown because it is too old, and there is a water area, which seriously threatens the excavation and mining of the 9th coal seam. For the goaf water area of the coal seam, the ground transient electromagnetic method has a very large advantage. The application of the large Dingyuan central return line device to the delimited area has a very good effect on the delimitation of the water area, and it is economical and practical.

**[Key words]** transient electromagnetic; large fixed source center return line; goaf water area; GDP-32 electro-prospecting station.

晋城某矿,计划对井田内二采区北翼9202、9108工作面进行掘进、回采,由于该两工作面附近200m范围内3号煤采空积水区情况不明,故计划进行地面瞬变电磁法勘探,为后期的水文地质工作及其他相关工作提供参考依据。区内3号煤最浅埋深0m(剥蚀),最大埋深120m,平均埋深60m。此次地面瞬变电磁法勘探面积0.63km<sup>2</sup>,采用20m×20m(线距20m,点距20m)网距进行施工,测线布置采区近似西-东走向,总共设计瞬变电磁测线26条,坐标物理点1768个,质量检查点55个,试验点50个,总计物理点1873个;通过此次勘查,3号煤共圈定异常区2处,效果良好。

### 1 工区概况

勘探区位于太行山山脉西南侧,泽州盆地北端。井田内沟谷纵横,梁峁绵延,属中低山丘陵地貌,地形较复杂。区内整体呈现中间高两边低形态,测区最大标高位于测区中部1126m,最小标高位于测区西南角,标高972米,最大落差154m。

### 2 方法原理

瞬变电磁法(TEM)亦称时间域电磁感应法。是利用不接地回线向地下发送一次脉冲磁场,在一次场间歇期间利用另一回线接收测量由地下介质产生的感应电场即二次场随时间的变化。该

二次场是由地下不同导电介质受一次场激励引起的涡流产生的非稳定磁场,它与地下地质体有关,根据它的衰减特征,可以分析判断地下地质体的电性、规模、产状等。工作原理是在地表敷设不接地线框或接地电极,输入阶跃电流,当回线中电流突然断开时,在地下半空间激励起感应涡流以维持断开电流前已存在的磁场,并且此涡流场随时间以等效涡流环的形式向下传播、向外扩展,利用不接地线圈、接地电极或地面中心探头观测此二次涡流磁场或电场的变化情况,用以研究浅层至中深层的地电结构,由于是在没有一次场背景的情形下观测纯二次场异常,因而异常更直接、探测效果更明显、原始数据的保真度更高<sup>[1][2]</sup>。

瞬变电磁法是近几十年来发展起来的一种时间域电法勘查手段,在控制构造、采空区、采空积水区及岩溶等方面均有较好的效果,具有以下特点:

(1) 断电后观测纯二次场,免除了复杂的一次场补偿问题,可进行近区观测,减少旁侧影响,增加电性分辨能力;

(2) 采用不接地回线装置,适宜于各种地理环境下工作,减小了地形影响;

(3) 穿透高阻层能力强;

(4) 由于采用人工场源方法, 随机干扰影响小;

(5) 线圈形状、方位要求相对不严格, 测地工作简单, 工效高;

(6) 通过多次脉冲激发, 场的重复观测叠加和空间域多次覆盖技术的应用, 可以提高信噪比和观测精度;

(7) 可以通过选择不同的窗口进行观测, 有效压制各种噪声, 可以获得不同的勘查深度, 使剖面与测深工作进行。

### 3 仪器及施工参数

本次施工数据采集使用美国ZONGE公司研发的GDP-32II电法工作站, 信号发射采用美国ZONGE公司为该工作站配套的大功率发射机ZT-30, 发射机通过高精度石英钟XMT32控制发射频率并与接收机实现同步, GDP-32II多功能电法工作站, 是一个万用、多通道的接收机, 其设计目的在于采集任何类型的电磁或电场数据, 其带宽为直流(DC)-8千赫, 具有最佳的数据质量以及恶劣野外条件下的坚固性。其设计旨在恶劣环境中采集高质量数据。生产日期为2020年。施工参数: 发射频率: 16Hz; 叠加次数: 256; 发射电流: 11A; 发射线框: 150m×150m定源内回线装置; 高压线影响范围: 单侧60m。

### 4 地球物理特征

(1) 测区电性层分层: 结合钻孔测井资料和地层资料, 测区地层可分大致为三大电性层, 从地表第四系覆盖层, 岩性主要以粘土、亚粘土为主, 视电阻率相对较低, 为一个电性层; 从二叠系山西组, 到石炭系太原组, 岩性主要为砂岩, 煤层, 灰岩为主, 视电阻率较高, 为一个电性层; 奥陶系马家沟组以灰岩为主, 视电阻率较高, 为一个电性层。

(2) 采空积水区地球物理特征: 煤层赋存于层分布的煤系地层中, 煤层被开采后形成采空区, 破坏了原有的应力平衡状态。当开采面积较小时, 且煤层顶板为塑型岩石并保存完整, 由于残留煤柱较多, 压力转移到煤柱上, 未引起地层变形、塌陷, 采空区以充水或不充水的空洞形式保存下来; 但多数采空区在重力和地层应力作用下, 顶板垮落, 形成冒落带、裂隙带和弯曲带。这些地质因素的变化, 使得采空区及其上部地层的地球物理特征发生了显著变化; 通常情况下, 冒落带的高度一般在十几米左右, 其内部充填的松散物的视电阻率明显高于周围介质, 裂隙带的高度一般在几十米, 主要是由于采空区塌陷造成岩石出现裂隙, 岩石的电阻率明显变大, 而当采空区充水较多时, 由于水的存在, 导电性变强, 采空区的电阻率明显变小<sup>[3]</sup>。

### 5 资料解释与成果分析

经过数据处理, 本次绘制了瞬变电磁视电阻率断面图及电压剖面图、以及目的层顺层切片图等图件。

(1) S120测线: 图1是S120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3条黑色线分别代表为3号煤、9号煤、15号煤。该测线区域, 从瞬变电磁视电阻率断面图中可以看出, 在3号煤桩号380-460出现低视电阻率异常, 故推测该异常区为3号煤采空区积水引起。

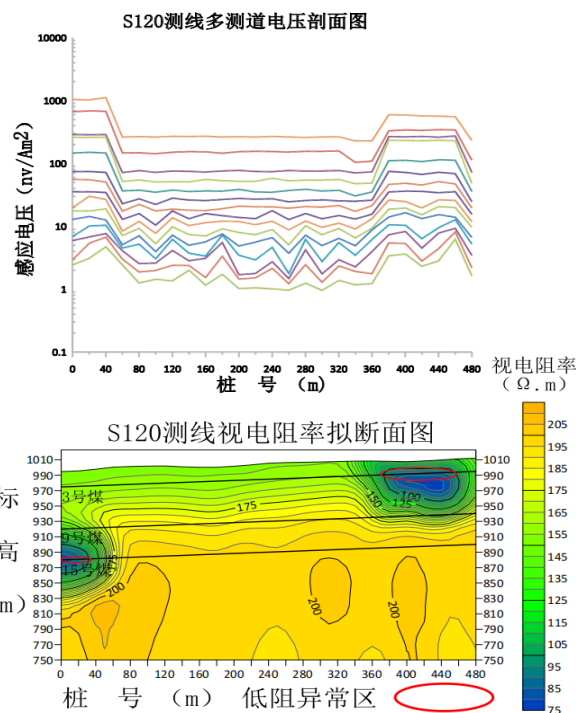


图1 S120测线视电阻率断面图及多测道电压剖面图

(2) S280测线: 图2是S280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3条黑色线分别代表为3号煤、9号煤、15号煤, 图中阴影部分为高压线影响区域。该测线区域, 从瞬变电磁视电阻率断面图中可以看出, 在3号煤桩号1600-1780出现低视电阻率异常, 以及在3号煤桩号1900-2000区域出现低视电阻率异常, 该两处异常区, 为9202工作面回风顺槽, 在掘进该顺槽时, 矿方对3号煤进行过钻探验证, 经验证发现3号煤采空区, 但并无积水存在, 综合推断该异常区为干扰引起。

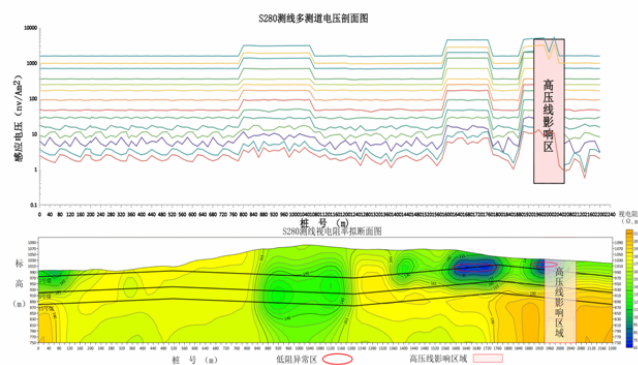


图2 S280测线视电阻率断面图及多测道电压剖面图

(3) 瞬变电磁平面图: 3号煤视电阻率等值线平面图: 图3是3号煤视电阻率顺层切片图, 图中蓝色表示电阻率低值, 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5块低视电阻率区域, 经过调查该区域3号煤已经开采, 且已经全部采空, 推断其中2处低阻异常区为3号煤采空积水区, 分别编号为JS3-1、JS3-2。

其中异常区A和异常区B, 经过和矿方核实, 9202工作面回风

顺槽目前已经贯通,且经过该两处异常区,经过钻探验证,发现有3号煤采空区,但是没有发现有采空积水,故综合推断A、B、两处异常区为干扰引起。异常区C对应位置9号煤和15号煤,云泉煤矿已经全部采空,开采方式为综合开采,9号煤、15号煤回采结束后形成垮落带,且煤层底板总体向北倾斜,3号煤积水的概率较低,故综合推断该异常区为干扰引起。

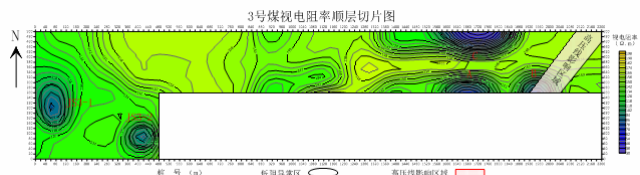


图3 3号煤视电阻率顺层切片图

6 结语

(1)本次地面电法勘解释3号煤采空积水区2处,分别编号为JS3-1, JS3-2。

(2)通过上述实例,说明了瞬变电磁法断面图、瞬变电磁多测道电压剖面结合瞬变电磁平面图对采空积水区圈定有良好的效果。

[参考文献]

[1]牛之璠.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;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。