

双频激电法在圈定煤矿火区中的应用

余传涛, 刘鸿福, 张新军

(太原理工大学 矿业工程学院, 山西 太原 030024)

摘要: 运用双频激电法在煤矿火区做了探索性的试验,并辅以活性炭测氩法,两种方法的结果吻合较好,得到了钻孔验证。结果表明:煤矿火区上方双频激电法异常反应非常明显,视幅频率数值是正常区背景值的2倍,呈高视幅频率特征;而视电阻值则是正常区背景值的50%~75%,呈低视电阻率异常特征;同时在火区上方出现高氩值异常,且氩值波动较大。试验证明,运用双频激电法可探测不同埋深的煤矿火区,是值得推广的。该方法还可用于对煤矿火区范围的动态监测。

关键词: 双频激电法;活性炭测氩法;煤田火区;煤火监测

中图分类号: P631

文献标识码: A

文章编号: 1000-8918(2011)02-0223-03

煤田火区是指埋藏在地下的煤田因自然或人为因素被引燃,随着时间的推移,逐步蔓延发展形成的火区。煤田火灾的形成不仅对煤矿安全生产造成巨大威胁,而且也造成了巨大的资源浪费。煤层自燃火灾发生于地下,火源的隐蔽性给火灾治理工作带来很大的困难,准确探测煤矿火区的位置和范围是进行火灾治理的关键,很多地球物理工作者在此方面做出了杰出贡献。

目前探测煤矿火区的方法主要是活性炭测氩,该法简单易行,几乎不受地形影响,有着其他物探方法所不能比拟的优点^[1]。然而测氩法也有许多问题不能解决,如多层火区的问题和降水、季节等因素的影响问题等。目前,多采取多种物探方法相结合的手段,在这方面,双频激电法有独特的优势。该法装备轻便,工作效率高,特别适合在地形条件差、交通不便的山区开展工作^[2-3],在金属矿产勘查方面已得到了广泛的应用。笔者将双频激电法与活性炭测氩法相结合,通过试验,研究双频激电法在探测煤火中的应用。

1 煤矿火区的地球物理特征

1.1 煤层自燃机理

由于井下煤层的开采破坏了煤的完整性,并且使空气与煤层接触,空气中的氧气与煤表面分子发生化学反应,产生并放出热量。当煤发生氧化反应放出的热量大于其向周围环境散发的热量时,煤

层周围的热量就会积聚,从而使煤的温度上升,当积聚的热量使煤温达到或超过煤燃烧的临界温度时,就会导致煤发生自燃。

1.2 氩异常

前苏联 A. Hukutuh 所做的含铀矿石随温度变化氩析出的实验,表明随着温度的升高,氩的析出量逐渐增大^[4]。刘菁华等做了均匀覆盖层中氩迁移的数值模拟试验,以二维断面的形式展示了均匀覆盖层中氩的部分特征^[5]。原山西矿业学院刘鸿福等人所研究的低放射性介质氩析出与温度的关系,尤其是高湿度介质氩气析出与温度的关系表明,氩的析出量随温度的升高而增大,且介质湿度越大,氩随温度升高的析出量越大^[6-8]。

地下煤炭燃烧可造成局部的煤层或岩层产生裂隙,由此亦可增大煤层和围岩的射气系数。煤层燃烧也会引起顶部岩层同位素重新分布,地下煤炭自燃势必造成一个高温、高压的环境,并产生大量的水蒸气、一氧化碳、二氧化碳、甲烷、烃族化合物等,加之燃烧使煤层顶部存在着大量的裂隙,加快了氩气向上运移的速度,因此能够在地表形成较高的氩气异常。

1.3 激发极化特征

由于探测的主要目的是燃烧煤层顶板,而煤层燃烧可产生高温、高压,并伴有大量的水蒸汽运移,因此其上方介质的湿度较不燃烧煤层的大,引起视幅频率的上升。大量试验结果表明,当含水量

较小时,极化率随含水量 w 的增大而增大,当 w 在 5% ~ 10% 时,极化率出现极大值。室内物理模拟和现场探测试验都表明,在没有低温氧化到燃烧过程中,随着温度升高,碳的分解加剧,活性大大增强,而其电阻率急剧降低。如在正常情况下,饱和水的原煤电阻率为 $200 \sim 250 \Omega \cdot m$,处于环境温度条件下的干煤电阻率达 $10^5 \sim 10^6 \Omega \cdot m$,而当煤的燃烧温度达 $650^\circ C$ 以上时,其电阻率仅为 $1 \sim 10 \Omega \cdot m$ 。由此可知,煤层的自燃可引起较大的激电和导电特性差异,因此,可根据地下不同深度的极化率和电阻率的变化来判断地下不同位置与范围的火源。

双频激电法由于同时向地下供入 2 个频率的电流,可以提高工作效率,避免偶然干扰。

2 应用效果

本次试验使用的仪器设备为湖南继善高科有限公司生产的双频道轻便型激电仪。该系统主要由 SQ-3 双频道轻便型微机激电仪发送机和接收机共同组成。双频激电法采用中梯装置和偶极—偶极装置测量,观测参数为视电阻率 ρ_s 和视幅频率 F_s ,结合地面氡气测量。

2.1 试验区概况

同煤集团永定庄矿位于大同煤田的中部,在过去很长一段时间,由于种种原因,随着煤炭资源的开采,煤田开采地的地质及生态环境遭到严重破坏。随着采煤的影响,沉陷区仍在扩大,采空区沉陷致使地表裂缝,引发古采空区煤炭自燃着火,CO 气体外溢,其浓度值是安全限制的几十倍。虽多次组织力量充填地表裂缝,但由于无法找到火源的准确位置,使许多努力都没有达到预期的效果,火势至今无法控制,并有继续扩大的势态,直接影响到居民的正常生活和生产。

2.2 试验布置

目标煤层埋深约 70 m,为了达到这一深度,试验方案如下:测氡法采用 $20 m \times 10 m$ 的网度;双频激电法中,中梯装置采用 $AB=800 m, MN=20 m$,测量点距 10 m,供电电流 $I=400 mA$,偶极装置采用 $AB=MN=40 m, n=4$,供电电流 $I=400 mA$,选用 2 频点,即高频为 4 Hz,低率为 4/13 Hz。

2.3 资料解释

图 1 为 9 号线氡值异常剖面,可以看出在剖面线的 7 ~ 15 号测点氡值显著增大,计数率均大于 800 次/3 min,且变化较大,为地下煤层自燃造成的氡异常,而 1 ~ 6 点、16 ~ 21 点为正常区。

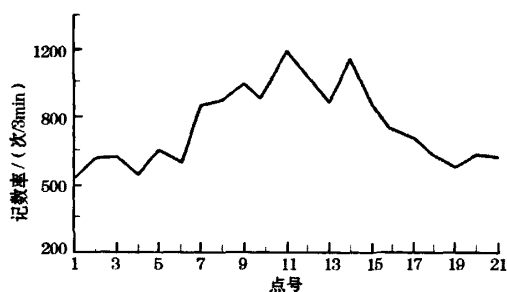


图 1 9 线氡值剖面

图 2 是 9 号线双频激电法异常剖面。从图 2a 中可以看出,7 ~ 15 点的 F_s 明显增大,平均为 2.5%,最大达到 3%,而 F_s 区域背景值为 1.5%,异常区的 F_s 约为背景值的 2 倍;同时,该段的 ρ_s 明显降低,平均值 $450 \Omega \cdot m$,最小 $300 \Omega \cdot m$,区域背景值为 $600 \Omega \cdot m$,异常区的 ρ_s 约为正常背景值的 50% ~ 75%。图 2b 中也表现出相同的特征,所不同的是偶极装置剖面的异常幅值更大。

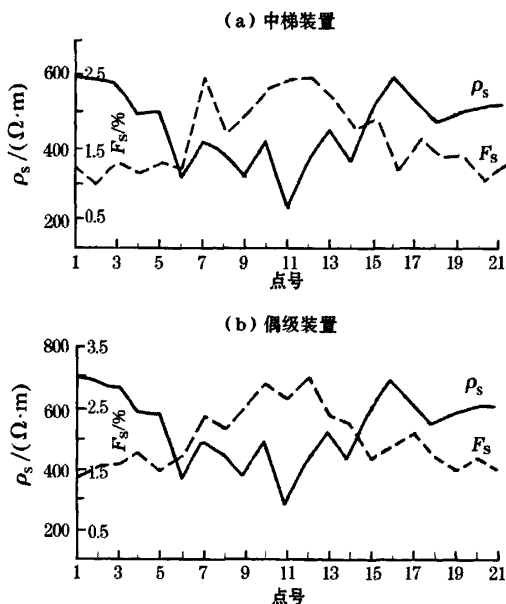


图 2 9 线双频激电法异常剖面

图 3 为研究区氡值异常平面等值面,图中可以看到明显的高氡值异常带,计数率为 800 次/3 min 等值线圈定的范围是火区的位置,700 次/3 min 等值线断定的范围内是煤矿火区影响区的范围,其他区域是正常区。图 4 中可以看到一个明显的高 F_s 异常区 ($F_s > 2.5\%$),其形态和范围与测氡法圈定的基本一致。

上述结果证明了双频激电法用于探测煤矿火区的有效性。

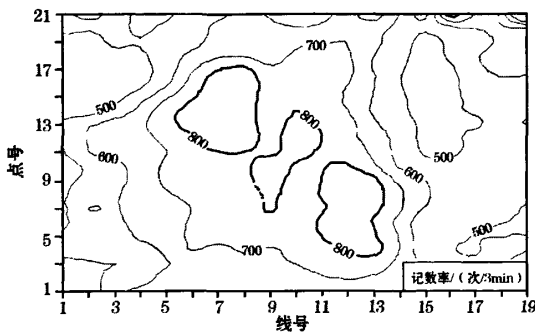
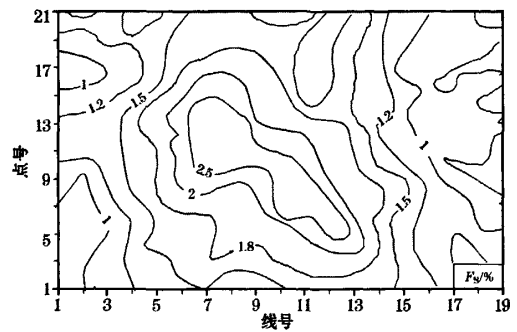


图3 勘探区氡异常平面等值线

图4 勘探区双频激电偶极法 F_p 平面

3 结论

双频激电的中间梯度装置和偶极装置在煤矿火区探测中能够得到相同的异常反应,不同的是两种不同的布极方式所产生的数据幅值上有差异。在实际工作中要根据实际情况选择合理工作装置;双频激电法能够同时测量视幅频率和视电阻率两个电性参数,经过综合分析解释,可以较准确地探测地下火区的位置。

参考文献:

[1] 刘鸿福,白春明,舒祥泽,等.用测氡技术探测煤矿地下火区的研究[J].煤炭学报,1997,22(4).

- [2] Pelton W H, Ward S H, Hallof P G, et al. Mineral discrimination and removal of inductive coupling with multifrequency IP[J]. Geophysics, 1978, 43(3).
- [3] 何继善. 双频激电法[M]. 北京: 中国教育出版社, 2005.
- [4] Kristiansson K, Malmqvist L. The depth-dependence of the concentration of ^{222}Rn in soil gas near the surface and its implication for exploration[J]. Geoexploration, 1984, 22(1).
- [5] 刘菁华,王祝文,田钢,等.均匀覆盖层中氡迁移的数值模拟[J].地球物理学报,2007,50(3).
- [6] 刘洪福,白春明,程小平.浅部土壤中的氡气测量[J].核技术,1997,20(6).
- [7] 刘鸿福,贾文懿,王广荣,等.氡及其子体运移的实验研究[J].太原理工大学学报,1998,29(2).
- [8] 杨建军,申燕,刘鸿福.测氡法和瞬变电磁法在探测煤矿采空区的应用[J].物探与化探,2008,32(6).

THE APPLICATION OF THE DUAL-FREQUENCY IP METHOD TO THE DELINEATION OF THE COAL FIELD FIRE ZONE

YU Chuan-tao, LIU Hong-fu, ZHANG Xin-jun

(College of Mining Technology, TYUT, Taiyuan 030024, China)

Abstract: A tentative study was conducted in the coal mine fire zone by using the dual-frequency IP method with the assistance of radon measurement. The results of the two methods were well consistent with each other, which was substantiated by exploratory boring. It is shown that at the top of the coal mine fire zone there exists a very obvious abnormal reaction when the dual-frequency IP method is used. The apparent amplitude-frequency rate of the normal value is 2 times that of the background value zone, showing a high apparent amplitude-frequency rate characteristic. The apparent resistivity value is lower than that of the normal area, i. e., only 50% ~ 75% of the value of the normal area. At the same time, the radon value in the fire area is higher than that of other areas. The use of dual-frequency IP method to detect the fire area should be promoted in that it provides a solution to the coal mine fire zones at different depths. This method can also be employed in dynamic monitoring of the coal field fire zone.

Key words: dual-frequency IP method; active carbon radon measurement; coal field fire zone; coal fire monitoring

作者简介: 余传涛(1984-),男,太原理工大学在读博士生,主要从事地球物理勘探研究工作。