

α 卡法和高密度电法在采空区探测中的应用

高玉娟, 卢放

(辽宁工程技术大学 资源与环境工程学院, 辽宁 阜新 123000)

摘要: 在治理采空区塌陷等地质灾害时, 采空区位置的探测显得尤为重要。根据采空区和围岩间的导电性差异, 结合地质资料, 采用 α 卡法和高密度电法相结合的综合地球物理勘探方法, 开展采空区位置的探测研究。研究表明: 未充水的采空区出现 α 射线强度脉冲读数和视电阻率异常高值是探测采空区的地球物理前提条件; 利用 α 卡法和高密度电法相结合的手段对采空区进行探测, 效果良好, 结论可靠。

关键词: 地球物理勘探; α 卡法; 高密度电法; 采空区; 矿产资源

中图分类号: P631 **文献标志码:** A **文章编号:** 1672-6561(2010)03-0316-03

Application of α -card and High-density Electrical Methods in Detecting Goaf

GAO Yu-juan, LU Fang

(School of Resource and Environment Engineering, Liaoning Technical University, Fuxin 123000, Liaoning, China)

Abstract Detecting the position of goaf was very important to manage the geologic hazard in goaf. Based on the difference in electric conductivity between goaf and its ambient rocks, the position of goaf was detected by the means of α -card integrated with high-density electrical methods according to the geologic data. The results showed that abnormally high α -ray intensity pulse readings and apparent resistivity in goaf without filling water were physical geography prerequisite to detect the goaf; the effect of α -card integrated with high-density electrical methods on detecting goaf was fine and the result was reliable.

Key words: integrated geophysical prospecting; α -card method; high-density electrical method; goaf; mineral resource

0 引言

矿产资源的开采, 必然在地下形成采空区, 导致地面发生沉降甚至塌陷, 从而诱发一系列的地质灾害, 如耕地破坏、地下水枯竭、生态环境恶化、房屋受损、道路地裂变形等, 严重时甚至危害人身安全。因此, 探明地下采空区的位置并进行及时有效的治理, 是一个亟待解决的难题, 具有重要意义^[1]。

钻探是探测地下采空区的传统方法, 但工期长, 费用高, 而且钻探过程中可能会发生局部采空遗漏的现象。综合地球物理勘探方法在一定程度上弥补了钻探的缺陷, 探测快, 效率高。近年来, 伴

随着地球物理反演理论的改进、大规模集成电路的应用以及计算机数值计算能力的提高, 出现了高精度重磁勘探、高密度电法、地震层析成像、瑞雷波法、放射性勘探和探地雷达等各类新方法^[2-4]。笔者以 α 卡法和高密度电法为例, 探讨综合地球物理勘探方法在内蒙古某煤田采空区探测中的应用。

1 采空区地质特征

地下矿层采空后形成的空间称为采空区。采空区的出现, 打破了原有的应力平衡, 上覆岩层失去支撑, 产生移动变形, 直到破坏塌落^[5]。以煤田采空区为例, 可将它分为: ①冒落带: 煤层采空上部

收稿日期: 2009-11-10

基金项目: 中国石油天然气集团公司研究项目(05241)

作者简介: 高玉娟(1976-)女, 山东海阳人, 讲师, 工学硕士, 从事地质矿产勘查研究工作。E-mail: gaoyujuan0122@163.com

岩层出现坍塌;②裂隙带:冒落带上方岩体因弯曲变形过大,在采空区上方产生较大的拉应力,两侧受到较大的剪应力,因而岩体出现大量裂隙,岩石的整体性受到破坏;③弯曲带:裂隙带以上直到地面,在自重应力作用下产生弯曲变形而不再破裂。如果采空区较深且上覆岩层坚硬,则坍塌的可能性较小,即使坍塌下沉,对地面影响也较小;反之,则影响较大。尤其当采空区尚未充填密实时,在其上方建造高层建筑将诱发地基继续沉降,使建筑物沉降、局部开裂、倾斜直至倒塌^[6]。

2 α 卡法和高密度电法基本原理

2.1 α 卡法

α 卡法属于 α 径迹测量,是一种累计法测氦技术。 α 卡是一种用对氦的衰变子体具有强吸附力的材料(聚酯镀铝薄膜或自身带静电的材料)制成的卡片,将其放在倒置的杯子里,埋在地下聚集土壤中氦子体的沉淀物。数小时后取出卡片,在现场用 α 辐射仪测量卡片上沉淀物放出的 α 射线强度,即能发现微弱的放射性异常^[7]。

地下采空区改变了原地层的紧密程度,致使该区通气性能好,氦气能够较好的运移并聚集,富集放射性元素。由于地下应力不断变化,上覆岩层在重力及各种外力作用下,裂隙不断增加,岩层的透气性能逐渐增强,这为氦气向上运移创造了有利条件,再加上地温、地压的差异及地下水对流作用等,将在采空区上方形成一股向上运移的气流,故采空区上方出现放射性异常高值^[8]。

2.2 高密度电法

传统的电阻率法勘探主要有电剖面法和电测深法。电剖面法关注的是地层电阻率横向上的变化,多为定性解释;电测深法一般为定量解释,但旁侧电性不均匀体的影响对电测深解释的干扰很大。高密度电法不仅是这两种方法在装置上的简单整合,而且在建立正反演模型时综合考虑二维甚至三维空间中不规则电性体的空间干扰,提高了解释的合理性与精确度。

实际工作中将全部电极布置在测线上,通过多芯电缆将电极连接到程控多路电极转换开关,按事先设置好的装置类型、极距、测点等采集参数,自动选择不同的供电、电极进行测量^[9-10]。

采空区未充水时,它在电性上是典型的高阻体,视电阻率等值线断面图中一般都是高阻异常封

闭圈;采空区充水后,它一般反映为低阻体,视电阻率等值线断面图中为低阻异常封闭圈,并且视电阻率值随水的矿化度及熔融状态的变化而大幅变化。

2.3 α 卡法和高密度电法优势

α 卡法和高密度电法用于采空区探测具有以下优越性:①安全便捷,从地表直接进行观测,避免因人员与仪器设备进入地下采空区受井下恶劣环境影响而带来的实测时间长、作业不安全、仪器设备易受潮损坏等弊端;②探测成本低,无需对巷道重新修复或增设大量工程,无需另设井下照明、通风设施。

3 应用实例

3.1 α 卡法和高密度电法野外应用

在内蒙古某煤田采空区共进行了10条测线的 α 卡法和高密度电法监测工作。

α 卡法使用HFS-1型辐射仪,挖坑深度0.4 m,埋杯时间大于4 h,每张 α 卡测量时间为3 min。测线号从10到100,各测线互相平行,测线距为40 m;每条测线测点号从0到580,共30个测点,测点距为20 m。

高密度电法使用DUK-2高密度电法仪,数据采集时共使用60根电极,采用温纳装置,物理电极距10 m,测线长度590 m,最大隔离系数16。在 α 卡法各测线上均进行高密度电法监测工作。

3.2 剖面解释

对所有 α 卡法实测数据进行必要的整理(如圆滑去除随机干扰等)后,绘制各测线 α 射线强度脉冲读数剖面图和平面剖面图;使用Res2 Dinv软件,对高密度电法实测数据剔除坏点、圆滑和滤波后,进行最小平方反演,得到各测线视电阻率等值线断面图。选取50号测线说明 α 卡法(图1)和高密度电法(图2)对地下采空区良好的探测效果。

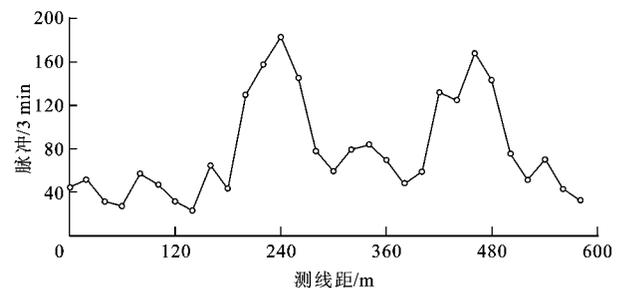


图1 50号测线采空区 α 射线强度脉冲读数剖面

Fig. 1 Section of α -ray Intensity Pulse Readings of Line 50 in the Goaf

图 1 中, α 卡法 50 号测线上 0~180 m 段、280~400 m 段和 500~580 m 段, 均显示为 α 射线强度放射性异常低值; 而测线上 200~260 m 段和 420~480 m 段, α 射线强度显示为放射性异常高值, 读数均在 120 以上。故此推断测线上 200~260 m 段和 420~480 m 段可能存在地下采空区。

图 2 中, 高密度电法 50 号测线 60~220 m 段, 埋深小于 31.3 m, 视电阻率值在 $390 \Omega \cdot \text{m}$ 以下, 表现为视电阻率异常低值。其中测线 140~180 m 段, 埋深 13.9 m 附近, 视电阻率异常显示局部高值, 推测该处为浅部电性不均匀体的反映; 测线 220~

260 m 段, 深度 58.5 m 以下出现视电阻率异常高值, 达 $4055 \Omega \cdot \text{m}$ 左右, 高值异常继续向下延伸, 未形成等值线封闭圈, 超出了高密度电法探测深度范围。推测此处为本工作区内埋深较大的未充水采空区; 测线 260~420 m 段, 视电阻率再次显示为异常低值, 只是测线 300~340 m 段深度 13.9 m 附近再次出现浅部电性不均匀体; 测线 420~480 m 段深度 31.3 m 左右视电阻率出现异常高值 (达 $2259 \Omega \cdot \text{m}$ 左右), 异常等值线形成完整封闭圈, 推测为研究区内埋深较小的未充水采空区; 500~580 m 段视电阻率又恢复为异常低值。

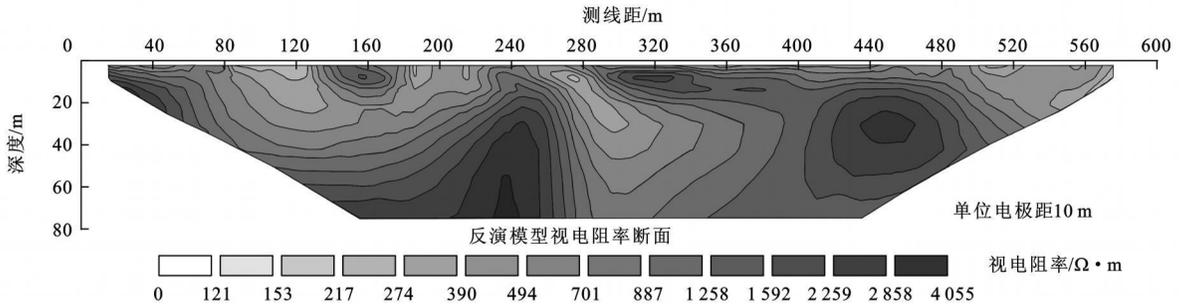


图 2 50 号测线采空区视电阻率等值线断面

Fig 2 Equivalent Line Section of Apparent Resistivity of Line 50 in the Goaf

根据收集的地质资料显示, 50 号测线 160 m 处曾对地下浅部采空区进行过灌浆处理, 这与测线 160 m 附近出现浅部电性不均匀体的地球物理解释相吻合。测线 300~340 m 段出现的浅部电性不均匀体异常也是浅部采空区灌浆处理后的反映。

可以看出, 50 号测线 α 卡法和高密度电法对地下采空区位置的判断是一致的。根据两种地球物理方法的解释成果, 分别在 50 号测线 240~450 m 段布置 ZK5 和 ZK6 进行钻探验证。钻探结果证实了 α 卡法和高密度电法地球物理解释的正确性。

4 结语

(1) 未充水采空区上出现 α 射线强度脉冲读数异常高值和视电阻率异常高值, 是内蒙古某煤田探测地下采空区的地球物理前提条件。

(2) 采用 α 卡法和高密度电法相结合的手段, 正确选择合理的技术参数, 排除各种干扰, 在满足地球物理前提条件下对采空区进行探测, 效果良好, 结论可靠。

(3) 应尽可能地收集采空区地质、钻孔资料, 根据采空区所具有的多种物性差异, 开展综合地球物理勘探工作, 相互配合相互验证, 增强反演的

约束条件, 确保反演方法的有效性和反演结果的合理性。

参考文献:

- [1] 马志飞, 王祖平, 刘鸿福. 应用综合物探方法探测煤矿采空区[J]. 地质学报, 2009, 29(1): 118-121.
- [2] 吴成平, 胡祥云. 采空区的物探勘查方法[J]. 地质找矿论丛, 2007, 22(1): 19-23.
- [3] 杨梅忠, 任秀芳, 于远祥. 概率积分法在煤矿采空区地表变形动态评价中的应用[J]. 西安科技大学学报, 2007, 27(1): 39-42.
- [4] 刘晓明, 罗周全, 孙利娟, 等. 空区激光探测系统在我国的研究与应用[J]. 西安科技大学学报, 2008, 28(2): 215-218.
- [5] 李清林, 谢汝一, 王兰普. 应用电 CT 成像探测煤矿采空区及其稳定性计算[J]. 工程地球物理学报, 2006, 3(2): 97-102.
- [6] 刘菁华, 王祝文, 朱士, 等. 煤矿采空区及塌陷区的地球物理探查[J]. 煤炭学报, 2005, 30(6): 715-719.
- [7] 傅良魁. 应用地球物理教程——电法、放射性、地热[M]. 北京: 地质出版社, 1991.
- [8] 段鸿杰, 唐岱茂, 曹为民. 测氦技术圈定采空区影响边界的应用[J]. 华北地质矿产杂志, 1999, 14(1): 71-76.
- [9] 陈仲侯, 王兴泰, 杜世汉. 工程与环境物探教程[M]. 北京: 地质出版社, 1993.
- [10] 李乃旺, 李晓昭, 徐鸣洁, 等. 高密度电法在老山隧道勘察中的应用[J]. 地球科学与环境学报, 2007, 29(4): 412-415.