

# 物探方法在煤矿地质灾害勘查中的应用

马志飞, 马海明

(太原理工大学矿业工程学院, 山西 太原 030024)

**摘要:** 采煤活动引发了很多地质灾害, 根据其表现出的地球物理特征, 能够利用高密度电阻率法、瞬变电磁法、测氡法等物探方法, 勘查多种煤矿地质灾害, 查明灾害的影响范围, 以便于及时采取措施进行防治, 将灾害减小到最小。

**关键词:** 物探; 煤矿; 地质灾害

**中图分类号:** P62 **文献标识码:** A **文章编号:** 1004 - 4051 (2008) 09 - 0046 - 02

## Application of geophysical exploration methods in prospecting geological disasters in coal mine

MA Zhi-fei, MA Hai-ming

(College of Mining Technology of T Y U T, Taiyuan 030024, China)

**Abstract:** Coal mining has caused a lot of geological disasters. A lot of geophysical exploration methods such as high density resistivity method, transient electromagnetic method and radon measurement can be used to prospect geological disasters in coal mine and identify the influence scope, based on the geophysical characteristics of the geological disasters, so some measures may be taken timely to control the disasters and the loss could be reduced to the minimum.

**Key words:** geophysical exploration; coal mine; geological disaster

我国是世界上最大的产煤国, 每年产量高达 11.5 亿 t, 全世界有 1/4 的煤是从中国的地底下挖掘出来的。但是, 在我国能源结构中, 煤占 71%, 油气占 22%, 其它能源只占 7%, 这种过分依赖于煤炭的生产活动, 不仅对资源的可持续供应造成了很大压力, 而且由于技术设备和采矿方法落后, 以及体制和管理上的问题, 煤矿开采引发了大量的地质灾害, 造成了严重的人员伤亡和极大的经济损失。

### 1 煤矿地质灾害的种类及其危害

在我国, 煤矿地质灾害主要有滑坡、地面沉降及塌陷、瓦斯突出、突水、泥(矸)石流、矿区水土流失等, 严重危及着矿山正常生产和人民生活。采空塌陷造成的损失最为严重, 在我国重点煤矿, 平均采空塌陷面积约占矿区含煤面积的 1/10。其中, 山西作为产煤大省, 是采空塌陷灾害最严重的地区。全省共 15 万 km<sup>2</sup> 的土地, 采空区就达 2 万 km<sup>2</sup>, 相当于总面积的 1/7。目前, 采空区中

6000km<sup>2</sup> 的地域已经遭受了地质灾害。采空区上方的地面沉降, 往往造成房屋倒塌、地面裂缝、地面建筑物斑裂、公路及桥梁断裂等。据不完全统计, 中国历年来煤炭开采造成的地表塌陷区, 累计已超过 40 万 ha, 每年形成的塌陷土地面积在 1.5 万 ~ 2.0 万 ha, 其中耕地占 30%。再加上日益严重的矿区水土流失, 破坏了大量不可再生的土地资源。中国富煤地区往往是贫水地区, 全国重点矿区缺水的占 71%, 严重缺水的占 40%。煤层顶部由于采动造成的裂隙, 对含水层自然疏干, 导致矿区地下水位大面积下降, 使得矿区及周边居民生活用水变得更加困难。另一方面, 大量的地下水资源因煤系地层的破坏而渗透到矿井, 这些矿井水含有大量的煤粉、岩粉和其他污染物, 经过一系列的氧化、水解等反应, 使其具有很高的酸性, 这种未经任何处理的酸性矿井水会严重污染地下水, 影响居民生活饮用水的安全。

### 2 煤矿地质灾害的地球物理特征

利用物探方法勘查煤矿地质灾害, 主要是依据地下介质层间的电性、密度、放射性、弹性等物性

收稿日期: 2008 - 06 - 11

作者简介: 马志飞 (1984 -), 男, 河南郸城人, 太原理工大学地球探测与信息技术硕士生。

差异。当煤层未被采动时,地层一般呈现成层性和完整性,在小区域内同一地层的电性差异不会太大,而且煤层与其顶底板岩性上的差异是一个较为稳定的波阻抗界面,具有良好的弹性波反射条件;当煤层被采动后,煤层在空间上的连续性被打破,采动区顶板垮落,当采空区为坍塌物和空气充填,无水或水很少时,一般采空空间的电阻率较围岩高,当采空区为坍塌物和水充填,将导致采空空间的电阻率较围岩低。一旦这种水平方向电性的均一性被打破,且其在三维空间上具有一定规模时便可改变纵向电性的变化规律,从而表现为局部的、区域性的电性异常,为开展电法工作提供了物性前提和解释依据。同时,在此区域煤层反射波的中断、扭曲、振幅和频率特征等的变化,都为开展二维、三维地震勘探提供了工作前提。

在煤矿采空区,断隙发育,有利于氡的聚集,所以在采空区上方覆盖层中,可测到高值氡异常;而在塌陷区,由于地表覆盖层下塌与下覆地层的相连,形成较发育的裂隙,所以氡向地表的迁移通畅,但此时氡气保存条件差,所以形成氡异常不高;而在残留煤柱处,由于煤层的孔隙及裂隙不发育,上覆地层的应力破坏较小,地层裂隙不发育,所以不利氡的运移,因此在地表覆盖层中形成低氡浓度。氡值的差异,反应了地下地质环境的变化,指示了煤矿采空塌陷等地质灾害的区域、范围和强度。

### 3 应用物探方法勘查煤矿地质灾害

物探方法在寻找矿产资源、探明隐伏矿床等资源勘查领域应用非常广泛。由于煤矿地质灾害的发生往往也造成地下介质层间的物性差异,因此便可以将多种物探方法用于煤矿地质灾害的勘查,包括电法勘探、磁法勘探、地震勘探、放射性勘探等。

高密度电法是近年来发展起来的物探方法,广泛应用于灾害调查及工程勘察中。它是一种直流电阻率法,应用的地球物理前提是地下介质间的导电性差异,通过向大地供直流电,采用点阵式布电极,密集采样观测和研究电场的空间分布规律,和常规电阻率法一样,它通过A、B电极向地下供电流 $I$ ,在M、N极间测量电位差 $U$ ,从而求得该记录点的视电阻率值 $P_s = K U / I$ ,反演结果为二维视电阻率断面图。根据实测的视电阻率断面进行计算、处理、分析,从而获得地层中的电阻率分布情况,以此划分地层、圈闭异常、确定冒裂带等。通过研究高密度电法获得的数据资料,可以对灾害体的纵、横向发展的规模有更深入的了解。

瞬变电磁法是一种基于电磁感应原理的物探方

法,利用不接地回线(大回线磁偶源)或接地线源(电偶源)向地下发送一次场,在一次场的间歇期间,测量地下介质的感应电磁场(二次场)电压随时间的变化。根据二次场衰减曲线的特征,就可以判断地下地质体的电性、性质、规模和产状等,间接解决如陷落柱、采空区、断层等地质问题。由于该方法是纯二次场观测,故与其他电性方法相比,具有体积效应影响小、对地形、地物条件要求小、抗干扰能力强有体积效应小、纵横向分辨率高、对低阻反应敏感等特点。同时,瞬变电磁勘探对地下良导电介质具有较强的响应能力,适用于进行煤层顶底板含(隔)水层划分、煤层陷落柱探测、断层及裂隙发育带导(含)水性评价等工作,是一种高效、快捷的物探方法。

采煤活动使得地下地质体的横向连续性遭到破坏,岩石中氡元素的运移和集聚作用发生异变,在地表面能测到氡值的异常。氡射气元素向采空区运移,在采空区积聚,在地表形成一个与采空区形态相应的氡异常区。因此,可以通过测量地表氡元素的浓度(实际上是测量氡衰变所释放的射线的强度),来准确圈定煤矿采空区的位置与范围。此外,根据氡气异常的峰值状态,还可以确定岩溶陷落柱的位置和范围。由于地下的氡气通过构造、裂隙、地下水搬运由深部向地表迁移,测量氡气的浓度,可间接反映地质体的裂隙系统的情况,并可分析其开启度、连通性及破碎程度,对预测滑坡能起到一定的指示作用。氡及其子体可以在地层中远距离运移,并且随温度的升高,煤岩中氡的析出量有规律的增加,因此,能够通过地面同位素测氡技术,精确定位地下火源位置和推算火源温度。

此外,二维和三维地震方法,凭借其丰富的信息量、较高的分辨率、信噪比和准确的空间归位,在煤矿地质灾害勘查中的应用日益广泛。虽然物探方法众多,但适用条件各不相同。在实际工作中,应该结合煤矿特殊的地形地质条件、勘探对象的地球物理特征等,选取适当的方法,以最小的经济投入获取最好的勘查效果。

#### 参考文献

- [1] 穆志宏. 浅析煤矿地质灾害及其防治 [J]. 科技情报开发与经济, 2007, 17 (8).
- [2] 吴有信, 方含珍, 潘启章, 等. 煤矿地质灾害的地球物理特征与勘察实例 [J]. 安全与环境工程, 2003, 10 (4).
- [3] 杨华, 刘鸿福. 测氡在煤矿采空区的应用 [J]. 山西煤炭, 2003, 23 (02).
- [4] 唐岱茂, 刘鸿福, 段鸿杰, 等. 氡气测量用于地表探测岩溶陷落柱的位置与范围 [J]. 核技术, 1999, 22 (4).