

# 瞬变电磁物探技术在矿井水害防治中的应用

郭莹 薛丽萍

山西省煤炭地质一四八勘查院有限公司

DOI:10.12238/gmsm.v7i4.1761

**[摘要]** 当前,煤炭大规模开发以及开采环境的持续改变,使矿井面临着严重的水害。瞬变电磁物探技术以其体积小、分辨率高的优点,特别是在前方含水体探测中具有明显的优势,从而在矿井水害防治中得到了广泛使用。因此,文章首先对瞬变电磁物探技术进行了介绍,对矿井水害成因及探测需求进行了分析,并对瞬变电磁物探技术在矿井水害防治中的应用进行了研究,最后提出了一些瞬变电磁物探技术的应用注意事项,以期为我国矿井治理提供一些有益的借鉴。

**[关键词]** 瞬变电磁物探技术; 矿井水害防治; 应用

中图分类号: TD214 文献标识码: A

## Application of transient electromagnetic geophysical exploration technology in mine water hazard control

Ying Guo Liping Guo

Shanxi Coal Geology 148 Exploration Institute Co., LTD

**[Abstract]** At present, the large-scale development of coal and the continuous change of the mining environment make the mine face serious water damage. The transient electromagnetic geophysical exploration technology has its advantages of small size and high resolution, especially in the front water body detection, so it has been widely used in the prevention and control of mine water damage. Therefore, the article first of transient electromagnetic geophysical technology is introduced, the causes of mine water damage and detection demand is analyzed, and the transient electromagnetic geophysical technology in the application of mine water prevention is studied, finally put forward some transient electromagnetic geophysical technology application considerations, in order to provide some useful reference for mine management in our country.

**[Key words]** transient electromagnetic geophysical exploration technology; mine water damage control; application

### 引言

水害是矿井长期面临的一大难题,其中采空区是诱发水害众多原因中的一个。在矿井开采初期,因利润丰厚,盲目开采,就会形成许多采空区,加之大多数开采完毕未进行有效的治理,在开采结束后,极易发生坍塌并产生水害。同时,在矿井开采中,如果在开采初期没有进行勘察和挖掘,那么在短期之内,就会出现大量的水涌出,这就会使矿井防水治理工作变得更加困难,因此,如果不能及时采取相应的措施,就会出现淹井事故,甚至会导致大量的人员伤亡,这对矿井安全性和经济性都会产生极大的影响。

### 1 瞬变电磁物探技术介绍

#### 1.1 技术原理

瞬变电磁物探技术也称为时间域电磁法,它是通过地面电源和地面线圈同时发射一个脉冲场,通过对空间内物理场数值

的分布特性及变化进行高效解析,从而掌握并推断出被检测地区内水的空间分布状况,再通过地线来源进行二次涡旋进行观察。瞬变电磁物探技术在地面的运用原则与矿井差不多,但稍有不同的是,在矿井数百米深的地方,该方法开采时会稍微受其几何尺度的限制。因此,瞬变电磁物探技术不能像地面技术那样,将相应设备用于大回线的探测,仅适用于3m以下的小回线。

#### 1.2 设备组成

瞬变电磁物探技术的探测设备一般包括:(1)发射系统。由发送线圈及供电部分组成。发送线圈会生成一个瞬间的电场,而这个电场则由一个电源来供应所需电流。(2)接收系统。由接收线圈及讯号放大电路组成。通过采集井下介质中产生的次级磁场,利用信号放大技术对其进行放大。(3)数据获取系统。它是一种用于对被测线圈所测得电磁波进行采集、存储的设备。(4)资料加工与解释软件。应用该软件对所测资料进行处理,并

对其进行三维可视化显示。(5)辅助设备。例如,地面定位设备,测量杆等,以保证系统的合理布局,确保资料的准确。瞬变电磁物探设备的选择与布置,应充分考虑勘探对象、地质条件及周边条件。比如,在矿井进行水淹监测时,就有必要采用专用仪器及相应的安全技术。

### 1.3 应用优势

瞬变电磁物探技术的高电阻率地层无遮挡、无屏障,能有效抵御电阻层的阻挡效应,且其电磁渗透能力较强,其技术上的优势非常显著。此外,瞬变电磁物探技术的实施程序非常方便、简单,没有其它附属装置和程序,既可以减少矿井企业的建设费用,又可以达到较好的安全施工效果。另外,该方法具有工作效率高等特点,能够使勘探工作更为直接、有效<sup>[1]</sup>。

## 2 瞬变电磁物探技术在矿井水害防治中的应用背景

瞬变电磁物探技术在矿井水害防治中的实际运用与其安全需要、复杂的水文地质情况密切相关。矿井水害包括突水、透水等,已成为煤矿开采中的一种重要灾害,不仅会造成巨大的生命财产损失,还会造成矿井停产。矿井水害通常是由于各种原因引起的,如断裂、岩溶发育等。水害通常突然爆发与难以预料,因此,采取相应的防治对策就显得格外重要。瞬变电磁物探技术由于对矿井中的水、岩等具有较高的敏感性和较好的勘探效果,已逐渐发展为矿井水害预防与控制的一种新手段。该方法可以实现对深部含水层、暗河、溶洞等水文地质异常的检测,实现对矿井水害的早期诊断与预警。随着煤矿开采的不断深入,矿井水害的常规检测手段,包括钻探和地球物理勘探等,已经不能很好适应煤矿的生产需要。瞬变电磁物探技术是一种非侵入性强、高效准确的探测方法,它能很好适应当前矿井水害防治的要求。

## 3 矿井水害成因及探测需求

### 3.1 矿井水害的常见成因分析

矿井水害的原因很多,一般与地质构造、水文条件及矿井开采等因素密切相关,其主要原因有:地下水流、断裂、裂隙等的导水作用,岩溶发育形成的溶洞,地下水以及采矿活动引起的地质灾害等。地下水水位的上升和下降,降雨和地表水的渗入都会增加矿井水害危险。另外,采空排水、爆破及掘巷等工程,也会打破原来的地下水位,引起突水<sup>[2]</sup>。

### 3.2 矿井水害对生产安全的威胁

矿井水害是煤矿开采的重大隐患,不仅会造成矿井设施的破坏,而且会恶化工作环境,严重时还会引起塌方、人身伤亡。矿井水害具有突发性,因此,对其应对与救灾工作提出了更高要求。另外,水害还会造成矿井生产的不稳定,给企业带来巨大的经济压力和经营风险。

### 3.3 矿井水害探测的技术需求与难点

在矿井水害监测中,对高效、高精度、大深度的要求越来越高。高效的水文监测方法必须能在最短时间内发现潜在的水害风险,并对其进行精确的位置和属性评价。但是,矿井水害探测存在着地质条件复杂、探测深度受限、信号解释难度大、受外

界噪音影响等诸多问题。另外,探测方法也要根据矿井的大小与生产情况进行调整,具有较强的野外适应性及易操作性。

## 4 瞬变电磁物探技术在矿井水害探测中的应用

### 4.1 探测地下含水层与断层

瞬变电磁物探技术在矿井水害中的探测,尤其是对地下含水层与断层进行探测时,显示出其特有的优越性和重要意义。瞬变电磁物探技术以电磁暂态过程为基础,通过对瞬变电磁环境的响应进行研究,实现对地下含水层及断层位置的有效识别与定位。

#### 4.1.1 含水层与断层的电磁响应特征

由于含水层与断层的电性差别,使得其在瞬变电磁作用下呈现出显著的异常。含水层是一种特殊的地下水,其内部含有大量地下水,因此,在瞬变电磁作用下,含水层中将会出现强烈的二次电场。断层构造的存在,使其具有较强的导水能力,从而具有较强的电磁场特征。瞬变电磁物探技术就是利用特殊的探测手段,对含水层与断层的空间分布进行研究。

#### 4.1.2 探测技术原理

瞬变电磁物探技术是利用一个由发射线圈构成的瞬变电磁场,使其在含水层中传输,并形成一定的电场,从而成为一种新的探测方法。在电场作用下,含水层中存在着各种电性差异的地下水或断层,其电磁特性将发生变化。

#### 4.1.3 探测实例与分析

瞬变电磁物探技术在矿井地质探测中得到了较好的运用,可以对矿井水害进行预报与防治。利用瞬变电磁物探技术,可以对某些矿区的隐蔽含水岩层及断裂层进行有效检测,对矿井安全开采具有一定的指导意义。通过对监测资料进行细致的分析,可以对矿井的突水危险等级进行评价,从而提出疏干排水和注浆加固等治理对策<sup>[3]</sup>。

#### 4.1.4 技术优势与挑战

瞬变电磁物探技术以其高分辨、大范围的探测手段,具有对深部含水层及断层进行勘探的优点。而且,这种方法对场地的要求不高,适用范围广。但是,瞬变电磁物探技术还存在着数据解释复杂、环境噪声影响大、仪器精度低等问题。为此,必须通过对监测手段的研究,完善资料处理手段,结合地质学、水文学等多领域的理论与方法,以提升其检测精度与可靠性。

### 4.2 探测地下暗河与溶洞

瞬变电磁物探技术可以对地下暗河和溶洞进行探测,其精确检测对矿井生产安全有着重要的现实意义。

#### 4.2.1 暗河与溶洞的电磁响应特征

地下暗河和溶洞因其特殊的地理位置,对瞬态电场有不同的反应。其中,暗河中的水流由于其高导电特性,会在瞬态电磁场中形成强烈的二级电场。瞬变电磁物探技术可以利用不同的瞬变电磁场,根据不同条件下的变化来确定其异常。

#### 4.2.2 探测技术原理

瞬变电磁物探技术是通过地面的辐射源,在地层中产生瞬态电磁场。在地下暗河或溶洞中,因所处的水域或构造等原因,其

所处部位将会出现与周边岩体所不相同的电磁波。利用地表接收机采集到的反射波,经专门的计算机程序对其资料进行分析,就能推测出该地区地下暗河及溶洞的分布情况。

#### 4.2.3 探测实例与分析

在实践中,瞬变电磁物探技术已经成功在多个矿井地下暗河及溶洞中进行了探测,在某些喀斯特地形地区取得了较好的效果。在此基础上,相关人员应综合评价地下暗河、溶洞等因素对矿井稳定的作用,为矿井治理水害提供科学的依据。

#### 4.2.4 技术优势与挑战

瞬变电磁物探技术具有对深部异常体高精度检测和对水文地质情况敏感等优点。这种方法可以对很宽的距离进行检测,并且不受限于地表环境。但是,瞬变电磁物探技术在工程实践中还存在着信号衰减、地质噪声干扰、仪器测量精度与资料分析等问题。

#### 4.3 探测井下水文地质异常体

利用瞬变电磁物探技术可以进行矿井水淹监测,尤其是对地下水文、地质等异常体进行探测,有着很大的实用价值。地下水富集区、岩溶发育区、断裂带等水文地质异常体是矿井水害的严重隐患<sup>[4]</sup>。

##### 4.3.1 异常体的电磁响应特征

矿井因受特定地质、水文等因素的影响,其瞬变电磁场具有与周边普通地层差异的特点。由于高水分含量、岩石破碎或矿物成分差异,使得它们的电性特征与周边岩层有很大的不同。瞬变电磁物探技术就是通过捕获这种异常电磁场,对其进行有效的鉴别与定位。

##### 4.3.2 探测技术原理

瞬变电磁物探技术是利用地球物理探测中的一种新方法,它是利用地球物理探测中的一种特殊物理现象来检测水害的方法。瞬变电磁场会在介质中形成与周边岩层不一样的电场。由接收机将各种变化信息记录下来,再由专门的计算机程序对其进行分析,从而得出它们的位置、形状及性质。

##### 4.3.3 探测实例与分析

利用瞬变电磁物探技术对矿井水害进行探测,可以取得较好的效果。利用瞬变电磁物探技术,对某些矿井进行探测,可以发现井下水文地质异常体,对防治矿井水害具有一定的指导意义。通过对监测资料的精细解析,综合评价其规模、形态及水文地质条件,为今后的防灾减灾工作奠定基础。

##### 4.3.4 技术优势与挑战

瞬变电磁物探技术以其对地下水中的异常体敏感程度高、勘探深度大等优点而备受关注。另外,这种方法还可以获得准确异常点的位置。但瞬变电磁物探技术在工程实践中还存在着信号衰减、地质噪声等问题,因此,对仪器测量的准确性和资料分析方法提出了更高要求。

## 5 瞬变电磁物探技术应用注意事项

### 5.1 探测结果的解释

瞬变电磁物探技术是一项全方位的空间勘探方法,在发现有异常水域时,通常要将其应用到整个软件技术中去<sup>[5]</sup>。此外,对于相同的一组数据,也可以采用不同的处理准则和参数来进行处理,并与矿井特定的工作进程(如掘进施工、打钻施工)相互印证、检测,从而提升探测的准确性。在对有关数据的解读中,必须考虑到瞬变电磁感应的时序特征、剖面线型特征和施工环境地质特征的合理解读,采用数值计算或物理模型方法,极易导致地质环境过于理想,与真实环境存在较大差异,因而其成果的解析与解读也偏于定性,从而受环境与测量条件的制约。

### 5.2 技术应用中干扰因素的解决方法

众所周知,矿井瞬变电磁物探技术具有较大优点、较高的检测精度和较方便的使用条件,但在实际使用中,由于其它原因的干扰,会降低检测结果的准确性。比如地下电缆、皮带架、掘进机、锚网等,很可能会对勘察效果产生不利影响。因此,在使用瞬变电磁物探技术时,如果有必要,应当切断某些金属材料 and 装置的供电,此外,在使用这种方法的时候,要保证发射线圈和接收线圈以及金属材质都要远离,以免受到金属材质的干扰,从而降低探测结果的准确性。

## 6 结束语

通过以上分析得知,在矿井生产中,利用瞬变电磁物探技术,可以更好掌握矿井水害的分布状况,并制订出一套科学、合理的防治方法,避免其带给矿井企业巨大的经济损失和人身伤害,然而,该方法在实际使用中还面临着许多有待完善的问题,这就需要广大科技工作者加强对瞬变电磁物探技术的研究,并结合实践,使其在矿井中更好的发挥作用,从而为矿井治理水害工作奠定坚实的基础。

### [参考文献]

- [1]徐彬.关于瞬变电磁物探技术在现代矿井安全生产中的实践探讨[J].西部探矿工程,2024,36(03):98-100.
- [2]范有达.瞬变电磁物探技术在矿井水害防治中的应用[J].能源与环境,2023,(06):55-57.
- [3]彭虎.瞬变电磁超前探查水体技术分析与应用[J].煤炭与化工,2023,46(11):86-89.
- [4]聂朋启.物探技术在煤矿水害防治中的应用[J].矿业装备,2022,(04):38-39.
- [5]任予鑫,康向南,马昆,等.瞬变电磁法在矿井水探查中的应用[J].现代矿业,2022,38(02):237-241.

### 作者简介:

郭莹(1984—),女,汉族,山西人,本科,物探工程师,研究方向:瞬变电磁物探技术运用。