地面综合物探技术在煤矿防治水中的应用

李志丹
河南省地质局生态环境地质服务中心
DOI:10.32629/gmsm.v8i5.2336

[摘 要] 矿井水是影响煤炭资源开采安全的重要因素,为了最大限度降低矿井水给煤矿安全生产带来的不利影响,需要在煤矿防治水工作开展的过程中,优化和完善物探技术,并加强对综合物探技术的研究和应用,进而在煤矿防治水过程中充分发挥综合物探技术的应用优势。本文主要研究了地面综合物探技术在煤矿防治水中的应用。首先分析了煤矿水灾的危害和引发原因,指出了水灾给煤矿生产安全、人员生命健康、经济带来的巨大危害。然后重点阐述了全空间瞬变电磁法、三维地震探测技术、瑞雷波法、无线电波坑透法等综合物探技术在煤矿防治水中的应用实践,以具体实践案例展示出这些技术在探查装置、探测陷落柱、采空区勘察等方面的优点及成果,给煤矿防治水工作提供了科学根据和技术支撑。
[关键词] 地面综合物探；煤矿；防治水；应用
中图分类号：X752 文献标识码：A

Application of Ground Comprehensive Geophysical Exploration Technology in Preventing and Controlling Water in Coal Mines

Zhidan Li
Ecological Environment Geological Service Center of Henan Geological Bureau
[Abstract] Mine water is an important factor affecting the safety of coal resource mining. In order to minimize the adverse effects of mine water on coal mine safety production, it is necessary to optimize and improve geophysical techniques in the process of coal mine water prevention and control, and strengthen the research and application of comprehensive geophysical techniques. Therefore, the application advantages of comprehensive geophysical techniques should be fully utilized in the process of coal mine water prevention and control. This article mainly studies the application of ground comprehensive geophysical exploration technology in preventing and controlling water in coal mines. Firstly, the hazards and causes of coal mine floods were analyzed, and the enormous harm that floods bring to coal mine production safety, personnel life and health, and economy was pointed out. Then, the application strategies of comprehensive geophysical exploration techniques such as full space transient electromagnetic method, three-dimensional seismic detection technology, Rayleigh wave method, and wireless pit penetration method in coal mine water prevention and control were emphasized. Specific practical cases were used to demonstrate the advantages and achievements of these techniques in exploration devices, detection of collapse columns, and exploration of goaf areas, providing scientific basis and technical support for coal mine water prevention and control work.
[Key words] Ground comprehensive geophysical exploration; Coal mines; Prevention and control of water; application

前言

煤矿在我国经济发展中占有举足轻重的地位,是我国重要的能源支柱产业。但是煤矿在生产过程中存在着很多的安全隐患,水灾是威胁煤矿安全生产的重要灾害之一。准确探测和有效防治煤矿水害,对保证矿工生命安全、维持矿井正常生产秩序和减轻经济损失有着十分重要的意义。

1 煤矿水灾危害与诱发原因

1.1煤矿水灾事故危害

煤矿水灾事故危害大,煤矿水灾事故首先会造成矿工的生命安全受到严重威胁。大量的积水涌入到矿井中,导致矿工被困

第 8 卷◆第 5 期◆版本 1.0◆2025 年
文章类型：论文|刊号（ISSN）：2630-4732 /（中图刊号）：561GL001

在井下的狭窄空间内，逃生通道被淹没，人员溺水死亡的可能性极大。同时水灾会毁灭性的破坏煤矿的生产设施。另外水灾还会产生次生灾害，这样就会加重事故带来的损失。从经济上讲，煤矿停产会使企业蒙受巨大的经济损失，也会给当地经济带来连环效应。从环境角度来说，矿井水也许含有害物质，如果未经处理就排放出去，就会对周围水域，土壤造成污染，破坏生态环境[1]。

1.2煤矿水灾原因

煤矿水灾作为煤矿生产安全中的重大灾害之一，引发煤矿水灾的因素众多，其中包含地质因素、开采活动因素以及自然灾害因素。

地质因素是造成煤矿水灾的重要因素。煤矿开采区域往往地质状况比较复杂，会有含水层、断层、陷落柱等地质构造。含水层里的水可能会通过断层、裂隙等通道冲进矿井。陷落柱内部存有大量的地下水，当矿井的开采临近或者揭露陷落柱时，就会很容易引发突水事故。

开采活动因素也不可小觑，不恰当的开采方法与开采顺序，过度开采或者开采顺序错乱等情况，会破坏煤层顶板的完好性，致使顶板岩层垮塌，产生导水路径，引发上层含水层的水流入矿井。另外，采空区积水如不能及时有效地排出，当相邻工作面的开采逐步逼近采空区时，隔水层薄处的积水会进入工作面，引起水灾[2]。

2 常见的矿井物探技术分析

2.1瞬变电磁法

瞬变电磁法作为一种物探技术，其是通过电磁感应这一原理展开工作的。它通过向地下发射短暂的电磁脉冲信号，再测定地下介质中电磁场的衰减及变化规律，从而推测出地质体的电性特征。该方法主要是通过不同岩石、不同地质构造对电磁场响应的不同来识别地质体。矿井中，瞬变电磁法大多被用来探测含水层、断层、陷落柱以及采空区等可能存有水害隐患的区域。它的优点是探测深度大，能快速获取一大片地下的地质信息，并且适用于复杂的地质情况。但是瞬变电磁法也有不足之处，比如在高阻地区信号衰减快，会导致探测精度降低。并且它的反演解释比较复杂，要得到准确的地质解释，必须有大量的地质经验。

2.2三维地震勘探法

三维地震勘探法是另一种重要的矿井物探技术，它通过激发地震波并测量其在地下介质中的传播特性，从而建立地下地质结构的三维模型。在矿井中，三维地震勘探法主要用于探测煤层厚度、煤层倾斜角度变化、断层位置以及断层褶皱等地质构造情况。其工作原理是利用地震波在不同岩石介质中传播速度、反射特性等方面的差异来识别地质界面和构造。三维地震勘探能给出高分辨度的地下地质图像，使矿山技术人员能够清楚地看到煤层及地质构造的空间分布情况。该方法的优点是成像精度较高，能够较为清晰地显示煤层的连续性以及地质构造的复杂性，为矿山开采设计与规划提供较为可靠的地质资料。但是三维地震勘探法也有缺点，比如成本比较高，数据处理和解释需要专门的软件和人员，而且在一些地质条件比较特殊的区域，比如岩性变化不是很大的区域，可能会有一定的局限性[3]。

2.3无线电波坑透法

无线电波坑透法是一种利用无线电波在地下介质中传播的物探方法。它在矿井巷道中发射无线电波信号，在巷道周围一定距离外接收透射信号，以探测巷道周围地质体的电性特征。它常用来探测采空区和煤层的地质异常。无线电波坑透法的原理是根据不同的岩石和地质构造对无线电波的吸收、反射、折射等不同性质来识别地质体。它的优点是操作简便、成本较低，能在矿井巷道中快速进行探测。矿井开采时，无线电波坑透技术能够实时检测采空区积水以及断层导水性，为矿山的安全生产及时发出警报。但无线电波坑透法探测深度较小，对高阻地质体探测效果较差，所以在复杂地质条件下使用有一定的局限性[4]。

3 综合物探技术在煤矿防治水中的应用实践

3.1全空间瞬变电磁法的应用实践

3.1.1在探查装置中的应用

全空间瞬变电磁法的探查装置主要有发射机、接收机、天线等。在煤矿防治水工作中，合理安排探查装置是得到准确探测数据的关键。关于发射机以及接收机参数设置，要按照探测的目标深浅大小及其所处的地质状况加以调整。在探测浅部含水层时，可以减小发射机的发射功率，增大接收机的采样频率，从而得到更高的探测分辨率，但是探测深部地质构造时，就要加大发射功率，这样才能保证信号能穿过较厚的地层被接收机接收。天线的布置方式也会对探测效果造成影响，常见的天线布置方式有水平偶极天线、垂直偶极天线等。水平偶极天线适合探测水平方向上的地质体变化，能较好地反映出含水层的走向、延伸等情况；垂直偶极天线对垂直方向上的地质体变化较为敏感，可以探测到煤层顶底板的含水情况、断层的倾角等。

3.1.2在探测陷落柱中的应用

陷落柱作为煤矿比较常见的水害隐患，它的内部往往蕴含着不少的地下水。全空间瞬变电磁法在探测陷落柱上有着自己的优势。由于陷落柱的电性与周围的煤岩层有较大差别，陷落柱内的积水和充填的导电性物质会使电磁场发生变化。实际探测时，在井田范围内可布置多个测点，用全空间瞬变电磁法得到地下电磁场数据，再做反演处理，就能形成地下电性结构模型。通过对模型中出现的电性异常区的位置、形态、规模等特征与地质资料相结合，对陷落柱的位置、大小及与煤层的相对位置关系进行分析，为煤矿防治水工作提供一定的依据。

3.1.3在采空区勘察中的应用

采空区积水作为煤矿水灾的重要诱因之一，掌握采空区积水范围以及水量对煤矿安全有重要影响。全空间瞬变电磁法可以有效地发现采空区的电性结构变化。当采空区积水时，其电性就会出现明显变化，形成低电阻率异常区域。在采空区周围布置测点，用全空间瞬变电磁法来探测，就能得到采空区的电磁场数据，再结合地质资料和采空区开采历史，对数据展开反演解释，就能找出采空区积水的范围，厚度，以及和相邻工作面的相对位

第 8 卷◆第 5 期◆版本 1.0◆2025 年
文章类型：论文|刊号（ISSN）：2630-4732 /（中图刊号）：561GL001

置。这就给制订恰当的采空区积水疏放方案提供了科学依据，可以有效地减少采空区积水给矿井安全生产带来的危险[5]。

3.2三维地震探测技术的应用实践

三维地震探测技术是依靠地震波在地下介质当中流传的特性，探测地下地质构造的一种方法。它会在地面上安排许多地震波接收点，再激活地震波源，让地震波在地下流传开，之后又弹回来，这些接收点会把弹回来的波的抵达时刻、大小等信息记下来，经过处理和分析，就能画出地下地质构造的三维图，给煤矿防治水工作提供直观的地质消息。

在煤矿防治水应用上，三维地震探测技术能够很直观地显示煤层的厚度、倾角，断层、褶皱等地质构造分布情况。断层是煤矿水害通道之一，通过对煤田进行三维地震探测，可准确定出断层的位置，走向，倾角，断距等参数，研究断层的导水性，判断断层是否与含水层相通，为煤矿防治水提供参考。

另外，三维地震探测还可以用来探测煤层顶底板岩层完整程度。煤层顶底板岩层的完整性对于煤矿防治水来说十分重要，如果煤层顶底板岩层存在裂隙或者破碎带，就会造成地下水渗入煤层中，产生水害。利用三维地震探测技术，我们可以找到顶底板岩层有裂隙发育的区域，给矿井用注浆封堵裂隙等办法来治水提供正确的地质根据。

3.3瑞雷波法的应用实践

瑞雷波法是利用瑞雷波在地表传播特性探测地下介质性质的方法。瑞雷波属于沿地表流传的面波，它的流传速度同地下介质的弹性性质有着密切关联。煤矿防治水工作中，瑞雷波法主要用于探测煤层顶底板岩层完整程度，有无断层或者裂隙等构造。

在实际应用中，在地表上布置测线，激发地震波源，让地雷波在地下传播，然后被接收点所接收。通过对瑞雷波的传播速度，振幅等参数进行分析，可以得出地下岩层的弹性性质的变化情况。瑞雷波在传播过程中遇到岩层裂隙或者破碎带时，它的传播速度会变慢，振幅也会出现改变。通过这些变化可以发现煤层顶底板岩层裂隙发育带，判断其是否具有导水性，为煤矿防治水工作提供信息。另外瑞雷波法还可以探测断层的走向、倾角等参数，从而帮助矿井分析断层导水性，采取合理的防治水措施。

3.4无线电波坑透法的应用实践

无线电波坑透法是利用无线电波在地下介质中传播的特性探测地下地质体的方法。它会在井下发出无线电波信号，在一定的距离之外接收这些信号的反射和穿透情况，然后根据接收到的信号强度，频率变化等特征来推测地下地质体的电性结构和分布情况。

在煤矿防治水应用方面，无线电波坑透法被用来探测采空区积水、断层和煤层顶底板含水等。采在空区积水之后，其电性就会出现明显改变，形成低电阻率异常区。在采空区周围布置测点，采用无线电波坑透法对采空区进行探测，从而得到采空区的电性结构，查明积水范围和积水数量。除此之外，无线电波坑透法还能探测到断层的电性异常情况，这样矿井就可以判断出断层是不是具备导水能力。同时，对煤层顶底板的含水情况，无线电波坑透法也能给出比较准确的探测结果，给煤矿防治水工作提供重要的参考。

4 结语

地面综合物探对煤矿防治水具有极其重要的意义。全空间瞬变电磁法、三维地震探测技术、瑞雷波法、无线电波坑透法等技术各有优势，可以从不同方面为煤矿防治水提供地质信息。通过合理的选择、综合的使用这些物探技术，有效的发现煤矿水害隐患，为制定科学合理的防治水措施提供依据，减少煤矿水灾的发生，保证矿工的生命安全和矿井的经济效益。可是物探技术的应用也存在不足之处，物探的结果需要与地质材料以及实际开采状况结合起来加以分析检验。所以，我们要在煤矿防治水的过程中，加大对物探技术与地质勘探，水文地质分析等各方面的结合，提高煤矿防治水的科学性，有效性，为煤矿安全生产保驾护航。

[参考文献]

[1]陈思伶,沈佳刚.地表水河流防治水“三区”划分优化设计——以某煤矿为例[J].科技与创新,2025,(18):118-120+124.

[2]程建远,颜羽,李宇腾,等.煤矿钻孔物探的技术进展及攻关方向[J].煤田地质与勘探,2025,53(06):1-21.

[3]付康国.滇东老厂煤田雨汪煤矿矿井充水条件及涌水规律研究[D].昆明理工大学,2023.

[4]李永雷.隐伏型地垒构造在煤矿防治水工作中的探查及防治[J].中国煤炭工业,2021,(11):64-65.

[5]魏廷双.张集煤矿A组煤层底板灰岩水害探查与治理研究[J].采矿技术,2021,21(S1):79-83.

作者简介：

李志丹(1986--),男,汉族,河南省荥阳市人,工程师,工学学士,研究方向：地球物理勘查。