

地球物理勘查技术在探测煤矿采空区中的应用探究

兰鹏波

安徽惠洲地质安全研究院股份有限公司

摘要: 本文基于煤矿采空区的基本特征, 对于地球物理勘查技术的应用价值进行分析, 讨论了反射波勘查技术、瞬变电磁勘查技术、地质雷达勘查技术、EH4电磁勘查技术、频谱激电勘查技术、航磁和遥感技术、重力勘查技术在煤矿采空区中的应用要点, 通过研究科学选择勘查技术、做好前期准备工作、规范技术勘查流程等注意事项, 其目的在于积累技术应用经验, 提高煤矿采空区勘查数据完整性与准确性。

关键词: 地球物理勘查技术; 煤矿; 安全; 采空区

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2022.22.118

从目前的发展情况来看, 地球物理勘查技术已经广泛应用在煤矿勘查活动中, 借助勘探技术与探测技术, 可以准确、高效地获取地球物理结构、地层分布、矿物沉积等内容。整理地球物理勘查技术在煤矿采空区的应用经验, 能够为煤矿地质模型的建立提供可靠数据支持, 也为煤矿开采计划的优化提供可靠支持, 保证煤矿开采效率的同时, 提高开采环境的安全性。

一、煤矿采空区的基本特征

总结以往施工经验可以得知, 煤矿采空区具有以下应用特征: (1) 在煤层完成开采后会形成相应的采空区, 这也破坏了煤层原有的应力平衡, 在重力与地层应力的共同作用下, 导致顶板形变、塌落等问题, 形成冒落带、裂隙带和弯曲带, 增加煤层施工期间的安全隐患。(2) 采空区的岩性疏松度较高、密实度较低, 采空区内部填充的松散物视电阻率明显高于周围介质, 在电性上表现为高阻异常^[1]。(3) 采空区裂隙带与完整地层相比, 岩性没有发生明显变化, 但由于裂隙带内岩石裂隙发育, 充入的空气致使裂隙中导电性降低, 在电性上也表现为高阻异常。(4) 采空区冒落带和裂隙带若有水注入, 会使松散裂隙区充满水分后达到饱和程度, 引起该区域的电导率迅速增加, 在电性上表现为低阻异常。

二、地球物理勘查技术的应用价值

(一) 保证勘查结果准确性

在地球物理勘查技术应用背景下, 可以对利用数据收集和剖析技术等获取采空区的参数信息。从该技术目前的应用情况来看, 现代勘查装置可以对煤矿采空区基础情况进行测量, 所得到的测量信息能够满足相关需求与标准, 契合数据采集精度要求。煤矿采空区的地质结构复杂度较高, 在以往的勘查活动中, 多使用简单勘查技术和技术员经验来完成勘查任务, 所得勘查数据的精

准度较难保证。地球物理勘查作业活动的推进, 借助现代测量装置来进行勘查数据的获取, 所得到的数据也更加高效与全面, 从而为采空区管理活动的进行提供良好保障。

(二) 提高采空区勘查效率

在复杂程度较高的煤矿采空区勘查活动中, 需要对采空区地质构造、周围岩性、理化性质等内容进行深入分析, 以此来提高所得勘查结果的科学性。在传统勘查活动中, 需要安排经验丰富度的人员参与勘查, 勘查经验的差异也会带来勘查效率较低的情况^[2]。在地球物理勘查技术应用中, 利用现代化设备、计算机、人工智能等先进技术所获取的数据全面、准确, 可以实现图像转换, 做到勘查结果的可视化, 也可以迅速转化所采集的数据并对其进行计算分析后得到清晰的煤矿采空区结构空间, 进而提高勘查工作效率和质量。

(三) 提高勘查过程安全性

煤矿采空区的地质构造复杂度较高, 在整个勘查作业活动中如果没有按要求执行勘查程序, 也将增加勘查事故的发生概率, 威胁到现场作业环境的安全性。在地球物理勘查技术的应用中, 使用到的勘查设备可以满足高精度扫描探测需求, 从而帮助相关人员初步了解该区域的基础情况, 判断采空区可能存在的安全隐患, 及时采取措施进行处理, 并按要求做好勘查方案的细化处理, 有序完成地质勘查工作, 确保整个勘查过程的安全性^[3]。

三、地球物理勘查技术的具体应用

(一) 反射波勘查技术

作为目前常用的勘查技术, 其勘查原理在于, 在待测点位置布设小体量炸药作为地震源, 引爆炸药后产生的地震波会沿着横向和纵向进行传播, 由于经过介质性质的不同, 地震波地穿过速度、衰减情况、反射波长存在一定差异, 对这些信号进行采集与处理, 以得出煤矿采空区的范围与位置。在该技术的具体应用中, 需遵循以下应用步骤: (1) 基于煤矿的基础情况, 设置若干条测线, 相邻测线的距离为50m, 选择满足现场勘察需求的数字地震仪, 同时也会以恰当距离布置炸药, 采用依次激发的方式来获取多组数据, 保证所得勘查数据的全面性^[4]。(2) 在炸药激发的同时, 利用数字地震仪来采集地震波穿透煤矿地层的数据, 按照一定时间间隔依次激发炸药, 采集多组勘查数据, 录入计算机中展开进一步处理, 在去噪、筛选、整合、放大处理后, 得到该区域的时间剖面图, 根据曲线的连续情况、能量大小等

参数,来判断该区域是否存在采空区,并结合其他的勘查数据,确定采空区的具体范围和地层稳定性,为煤矿开采计划的拟定提供可靠依据。

(二) 瞬变电磁勘查技术

此类勘查技术在应用中的勘查原理如下:在待测点位置布设瞬变电磁仪,启动瞬变电磁仪后电磁波会沿着地层进行传播,由于经过介质性质的不同,电磁波地穿过速度、衰减情况、反馈波长存在较大不同,利用计算机软件来对这些反馈信号进行采集与整理,从而判断出待测区域的采空区范围与位置。在该技术的具体应用中,需按照以下步骤进行操作:(1)结合煤矿的相关资料,在整个待测区域内布置若干条测线,控制好测线的相互间距,保证测线可以全面覆盖整个区域。基于现场的具体情况选择所需的瞬变电磁仪,做好仪器工作参数的调整工作,满足要求后再进行使用,而信号发射与接收会共用同一线圈^[5]。(2)在瞬变电磁仪启动后,仪器会沿着地层持续释放电磁波,电磁波在穿透地层时,不同地层情况的电磁反馈信号存在不同,利用仪器采集反馈信号,所有得到的信号会录入计算机中展开进一步处理,完成信号去噪、筛选、整合处理后,可以得到视电阻率曲线,根据曲线反馈信息来确定该区域采空区情况、积水情况,从而为采空区防治措施的拟定提供可靠支持。

(三) 地质雷达勘查技术

该勘查技术在应用中的勘查原理如下:基于现场实际情况,在恰当位置布设探地雷达,启动探地雷达后会向待测区内释放电磁波,利用电磁波的穿透性来获取相应的反馈信号,在去噪、整合处理后,得出待测区域的采空区范围、位置、节理发育情况等参数,预测采空区存在的安全隐患,拟定科学防治措施来提高采空区作业环境的安全性。在该技术的具体应用中需遵循以下步骤:(1)基于待测区域的基础信息,在区域内布置探地雷达、接收与发射天线(频率为25MHz),而接收天线和发射天线之间的距离控制在4.0m以内,采样时窗控制在1500ns以内,而时间域的采样时间间隔为1ns^[6]。

(2)启动探地雷达后,雷达会沿着地层持续释放电磁波,等待电磁波穿透地层时,会产生不同的电磁反馈信号,使用接收天线来采集多组反馈信号,信号录入到计算机中展开处理,在清理掉异常数据、错误数据后,也会整理出探地雷达时间剖面图,根据剖面图的反馈信息,来确定煤矿采空区位置、范围等内容,同时根据反馈信息也可以了解采空区顶板裂隙发育情况,科学预测潜在风险,及时采取措施进行处理,营造安全可靠的应用环境。

(四) EH4电磁勘查技术

作为目前使用到的新勘查技术类型,其在应用中的勘查原理如下:结合煤矿区域的基础情况,建立EH4电

磁系统,系统所得到的相关信息,会制作成场源成像,并计算卡尼亚电阻率,根据得到的反馈信息来确定采空区的基础情况,了解该区域存在的安全风险,拟定恰当防治措施进行处理,营造安全的采空区作业环境。该技术的实际应用步骤如下:(1)结合待测区域的基础信息来建立EH4电磁系统,结合现场的实际划分若干条测线,同时会在待测区域恰当位置安装便携式低功率发射器,作用是向区域内发射人工电磁信号,补偿天然信号存在的不足,得到高分辨率的图像^[7]。(2)利用接收器来获取天然电场、磁场信号及频率数据,根据这些数据可以计算不同频率下的卡尼亚电阻率,从而得到不同地层的电阻率,基于此来建立视电阻率断面图,根据剖面图的反馈信息,来确定煤矿采空区位置、范围等内容。例如,视电阻率值超过500的区域为采空区,而该采空区内不存在积水。同时也会利用相关数据来确定采空区顶板裂隙发育情况,科学预测采空区存在的相关风险,利于防治措施的拟定。

(五) 频谱激电勘查技术

此类勘查技术在应用中的勘查原理如下:在区域测点位置布设交变电流设备,在启动设备后会向地层中发射交变电流,电流穿过介质时会根据介质特性反馈出对应的电阻率信号,利用计算机软件来对这些反馈信号进行整合,根据电阻率分析结果得出待测区域的采空区范围与位置信息。此类勘查技术在应用中,也需要遵循以下步骤展开:(1)基于前期得到的基础资料,在区域内布置若干条测线,科学控制测线距离,并在恰当位置布设交变电流设备,提前做好设备工作参数的调试工作,待其工作参数满足要求后再进行应用。(2)科学控制设备工作频率,一般情况下会将频率范围控制在 $10^{-2} \sim n \times 10^2 \text{Hz}$,在此频率范围内获取视复电阻率数据,将这些数据录入到计算机软件中制作视复电阻率的振幅谱和相位谱,根据得到的反馈数据来确定出该区域的采空区位置,同时对于采空区的物性特性进行科学判断,并以此来完成科学防治措施的拟定,顺利解决相应的地质问题。

(六) 航磁和遥感技术

煤矿采空区的存在,会对地表地形带来一定影响,最为常见的问题便是地面下沉、地形波动等。因此在应用中也也可以使用航磁和遥感技术来对地面信息进行勘查,初步了解该区域地形波动情况,以确定煤矿采空区的大致位置,利于后续详勘活动的进行。此类勘查技术在应用中,可以对人类无法探测或者较难达到的区域进行勘查,以得到完整的勘查技术。在具体的勘查活动中,会使用1:20000或1:50000的区域航磁、重力和遥感资料来完成该区域基础资料的整理,根据得到的整理数据来完成CSAMT剖面活动,这样也可以对该区域的基础情况进行全面分析,了解区域采空区分布位置。而且

根据重磁梯级带分布以及正负相间线性磁异常带分布情况进行科学分析,从而确定该区域采空区情况,利于防治措施的拟定。

(七) 重力勘查技术

除上述提到的地质勘查技术外,在煤矿采空区的勘查活动中,重力勘查技术也具有良好的应用价值。该技术在应用中的勘查原理在于,采空区与周围围岩之间存在重力异常,对相关数据进行采集,在对比分析后可以确定采空区的空间位置、具体大小、实际形状,从而帮助技术人员了解该区域的采空区分布情况。在该技术的应用背景下,能够准确探明该区域的地质结构,同时也可以对该区域的深部结构重力场展开分析,得到所需要的异常重力信息。此类技术的应用范围相对较小,但是密度差异性大的区域,适用于重力勘查技术进行勘探。总结现有的勘探经验,重力勘查技术在应用中主要适用于以下两种场景:(1)若是采空区已经达到了一定规模,此时则可以使用重力勘查技术来获取具体信息。

(2)通过研究矿区构造与岩体情况,可以在推断出采空区位置后使用重力勘查技术进行探测,以得到完整可靠的分析数据。

四、地球物理勘查技术应用时的注意事项

(一) 科学选择勘查技术

科学选择勘查技术,能够得到准确的勘查数据,以确定采空区的基础情况。从实践情况来看也需注意以下内容:(1)做好待测区域基础资料的整理,包括历史开采数据、地质数据、水文数据等,根据得到的分析结果来筛选相匹配的地球物理勘查方法,提高勘查方法和实际需求间的匹配度,将勘查方法应用价值充分发挥出来,提高勘查操作结果的有效性。(2)对于地球物理勘查方法的应用过程进行梳理,确定方法应用时各环节需要注意的内容,以及相应的操作要点,据此来拟定相应的管理计划,确保勘查方法的顺利实施。(3)在勘查方法应用前也需要与相关人员做好技术交底,帮助相关人员了解勘查方法的应用过程,减少人为因素带来的质量影响,同时也可以营造安全的勘查环境,提高勘查结果的科学性。

(二) 做好前期准备工作

做好前期准备工作,有利于勘查活动的快速推进,提高所得勘查资料的完整性与有效性。在具体实践中也需注意以下内容:(1)做好设备准备工作,基于地质环境分析数据,选择可靠的勘查设备,在设备应用前需要对设备各项参数进行全面测试,并将其参数调整到最佳状态,降低设备因素带来的数据误差影响,发挥勘查技术的应用优势。(2)做好人员准备工作,利用信息技术来建立能力评估体系,对于人员综合能力进行评测,根据评测结果筛选高素养人员组建勘查队伍,保证队伍初始水平的可靠性。而且勘查队伍在正式工作前,

也需要做好人员安全意识、质量意识、应急意识的培训,做好培训测试工作,筛选合格人员参与到勘查活动中,以提高工作结果的科学性,降低人为因素带来的不确定影响。

(三) 规范技术勘查流程

除上述提到的注意事项外,在应用中也需做好技术勘查流程的规范工作。从实际应用情况来看,也需注意以下几点:(1)相关职能部门需要健全相应的法律法规、各类应用标准,从而对整个勘查进行可靠约束,同时也可以基于法律法规、标准来完善勘查操作流程内容,从而提高勘查过程的流畅度,提高勘查作业结果的科学性。(2)煤矿采空区勘察活动具有全面性与系统性特征,应用中具备较强的专业性,这也需要基于煤矿勘查规律来完成预设目标与任务。同时在实际的操作活动中,还需要考虑煤矿采空区对于区域地质和生态环境的影响,便于后续相关措施的拟定。(3)勘查技术使用时不仅需要考虑技术本身优劣势,还需要考虑勘查区域情况,例如水文、人文、生态地质等环境的复杂性,使地质勘查工作能够实现技术和生态的协调发展。而在地质勘查过程中,通过实施风险等级综合评估和地质勘查规划工作拓展勘查参与人员,加强各组织之间的沟通交流,以提高勘查活动的开展效率。

结束语

综上所述,在煤矿采空区勘查活动中,需要结合采空区实际情况来选择恰当的地球物理勘查技术,从而得到准确的采空区信息,包括采空区分布范围、具体分布等,从而为煤矿采空区治理活动、安全管理活动的推进提供可靠资料。除此之外,在技术应用中还需要做好技术流程梳理、人员综合能力评估等工作,以提高勘查结果的科学性与合理性。

参考文献

- [1]何大鹏,满立新,许凯.地球物理勘查技术在矿山深部找矿中的应用[J].中国金属通报,2021(8):47-48.
- [2]魏银同.地球物理勘探技术在油气勘探开发中的应用[J].产业与科技论坛.2011,(19).77-78.
- [3]常振宇.地球物理勘查技术在矿山深部找矿中的应用[J].世界有色金属,2022,605(17):58-60.
- [4]万之璋.地球物理勘查新技术在复杂地质勘查中的应用研究[J].西部资源,2022,109(04):90-92.
- [5]王洁婧.地球物理勘查技术与应用探讨[J].西部探矿工程,2022,34(07):145-148.
- [6]马富安,师虎峰,甘以津等.地球物理勘查技术的现状与发展趋势[J].中国高新科技,2022,117(09):115-116.
- [7]熊伟.基于地质勘查技术的矿山环境地质灾害预防探析[J].黄金,2022,43(04):1-3+13.