

物探与钻探在煤矿地测防治水方面的应用

张 庆

山西高平科兴云泉煤业有限公司 山西 晋城 048400

摘 要：本文专注于物探与钻探技术在煤矿地测防治水方面的应用。详细阐述瞬变电磁法、地质雷达等物探技术，依据地球物理特性差异，大范围、高效探测地下地质构造与水体分布的原理及应用场景。同时探讨钻探技术获取岩芯，验证物探结果、探测水源及测定水文参数的过程。经实际案例，展现二者协同对提升煤矿防治水效果、保障安全的价值，提供技术与实践参考。

关键词：煤矿；物探；钻探；地测防治水

引言

在煤矿开采过程中，水害严重威胁安全生产。井下地质条件复杂，地下水赋存状况难以预测，透水事故一旦发生，将对人员安全、生产设备和矿井长期开采造成严重损害。物探技术可利用地球物理特性差异，大面积快速探测地下地质构造与水体分布，获取初步数据；钻探技术则通过直接提取岩芯，精准分析目标区域。两者协同作业，对煤矿防治水工作极为关键，是实现煤矿安全、高效开采的重要保障。

1 煤矿地测防治水工作概述

煤矿地测防治水工作复杂且关键，是保障煤矿安全生产的重要系统工程。其核心任务是全面、精准掌握矿井周边及井下水文地质状况，每一环节都紧密关联，深刻影响煤矿生产安全。第一，含水层与隔水层的勘察处于防治水工作基础位置。详细明确二者分布范围，全面剖析其岩性、厚度、渗透性能等特性意义重大。例如砂岩含水层，其孔隙较大，储水和导水能力相对较强，利于地下水储存与运移；页岩构成的隔水层，结构致密，能有效阻止地下水流动。掌握这些特性，对准确判断地下水储存与运移规律，进而评估矿井水害风险起着决定性作用。第二，断层、裂隙等导水构造是水害潜在隐患点。借助物探、钻探等专业技术手段仔细探测这些构造至关重要。通过精准定位，可提前察觉可能发生的透水风险，为煤矿安全生产争取宝贵预警时间。某煤矿运用高精度物探技术，发现一处隐伏断层，经专业评估其导水可能性极大。煤矿迅速采取加固和排水措施，成功避免了透水事故，确保生产顺利进行。第三，科学估算矿井涌水量是制定防治水方案的关键。综合考虑地质条件、含水层参数等多方面因素，运用解析法、数值法等合适计算方法得出准确涌水量数据。这些数据直接关系到后续防治水方案的科学性与可行性，为合理规划排水

系统、确定防水煤柱尺寸等提供关键依据。第四，准确且高效的地测防治水工作，是煤矿安全生产的坚实基础。它能大幅降低水害事故发生概率，减少因水害造成的设备损坏、生产停滞等经济损失，有效延长矿井可开采年限，有力保障煤炭资源的稳定、可持续开采，推动煤矿行业健康发展^[1]。

2 物探技术在煤矿地测防治水的应用

2.1 瞬变电磁法

瞬变电磁法基于电磁感应原理运作。工作时，发射装置向地下发射强大一次脉冲磁场，瞬间构建强磁场环境。脉冲电流切断后，地下导电介质因电磁感应产生二次涡流场，其变化与地下地质结构、物质导电性紧密相关。专业人员用高灵敏度仪器捕捉二次场衰减曲线、感应电动势等信息，经复杂数据处理与反演算法，推断地下地质结构及水体分布。富含水的断层、陷落柱等地质构造呈低阻特性，瞬变电磁法对低阻体敏感，探测优势显著。在某煤矿开采筹备阶段，用瞬变电磁法扫描井田，仪器按网格间距在不同测点发射、接收电磁信号，快速圈定多个电磁异常区域，钻探验证多为富水区域，如一处疑似富水断层，钻探后发现断层带岩石破碎、富含大量地下水，瞬变电磁法为钻探精准定位，提升了勘探效率。

2.2 地质雷达

地质雷达以发射与接收高频电磁波探测地下情况，信号源频率在几十兆赫兹到数吉赫兹。电磁波传播中遇不同介质分界面，因介电常数、电导率差异发生反射与折射，反射波携带地下介质界面信息。地质雷达通过测量反射波旅行时间，结合传播速度计算反射界面深度，分析反射波幅度、相位推断介质特性，高分辨率使其在浅部地质构造与水体精细探测表现出色。在某煤矿井下巷道掘进时，地质雷达实时探测，发现前方约10米处反

射异常,经分析判断可能存在隐伏小型断层,施工方暂停掘进,采取超前支护措施后掘进验证,成功避免突水事故,保障了巷道掘进与人员安全^[2]。

2.3 音频大地电磁法

音频大地电磁法借助地球表面天然交变电磁场,其由地球内部物理过程及太阳活动产生,频率0.1赫兹-10千赫兹。不同频率电磁场穿透深度不同,低频穿透厚地层,高频反映浅部地层信息。探测时在地面布置传感器测量不同频率电场和磁场分量,依据麦克斯韦方程组和地质模型假设,经复杂计算反演地下介质电阻率分布。含水层电阻率相对低,致密岩石电阻率高,可据电阻率图像识别地层结构和含水层。某深部开采煤矿,采用音频大地电磁法探测开采区域下方深部含水层,在地面布置测点采集电磁信号,经处理分析揭示了含水层厚度、埋深及横向变化,发现一侧含水层厚度增加、电阻率低,富水性强,为深部开采防治水方案制定提供关键依据,指导煤矿提前采取防治水措施。

2.4 其他物探方法

高密度电法和激发极化法也用于煤矿地测防治水。高密度电法在地面布置大量电极构建阵列,通过发射电流、测量电位差获取电阻率信息,处理成像生成二维或三维电阻率分布图像,能有效探测富水等低阻异常区域。某煤矿排査井田边界水害隐患时,用高密度电法探测,获取详细电阻率图像,确定边界附近大面积低阻异常区域为富水区域,为制定防治水措施提供依据。激发极化法利用岩石和矿石在人工电场下的激发极化效应差异区分地质体,通过测量极化率、充电率等参数识别含水层与其他地质构造。某煤矿对疑似老空水区域探测时,运用激发极化法分析极化率数据,圈定老空水分布范围,为探放水作业提供精准目标,降低水害风险^[3]。

3 钻探技术在煤矿地测防治水的应用

3.1 验证物探结果

钻探在验证物探成果方面具有无可替代的地位,是最为直接且可靠的手段。当物探技术,如瞬变电磁法、地质雷达等,圈定出疑似富水区域或导水构造后,钻探工作随即展开。专业钻探设备按照既定的设计方案,在目标区域施工钻孔。在钻孔过程中,利用取芯工具获取岩芯样本,这些岩芯如同地下地质状况的“切片”,完整保留了地层的信息。技术人员对岩芯进行细致观察,首先判断岩芯的岩性,不同岩性的岩石其储水和导水能力各异,如砂岩孔隙较大,相对容易储存和传导地下水,而页岩较为致密,储水能力较弱。接着,分析岩芯的裂隙发育程度,裂隙是地下水运移的重要通道,裂隙

密集且连通性好的区域,往往是富水或导水的关键地带。同时,观察岩芯中是否含水,可通过岩芯表面的湿润程度、滴水试验等方式判断。例如,某煤矿运用瞬变电磁法初步圈定了一片疑似富水区域。钻探队伍进场后,在该区域施工多个钻孔并取出岩芯。经观察,岩芯岩性为砂岩,裂隙较为发育,且岩芯表面湿润,部分裂隙中可见明显水渍。通过对岩芯的详细分析,不仅验证了物探所圈定富水区域的准确性,还进一步明确了富水层岩性为砂岩,厚度约为15米,为后续防治水方案的精准制定提供了关键数据支撑,如确定了适宜的防水煤柱尺寸、排水设备的选型等。

3.2 精准探测水源

在煤矿地测防治水工作中,精准探测水源至关重要,而钻探技术能够担此重任。通过钻探施工的钻孔,深入地下不同地层,可详细确定水源类型。孔隙水通常存在于松散岩石的孔隙之中,如砂层孔隙水;裂隙水则赋存于岩石的裂隙系统内,常见于节理、断层发育的区域;岩溶水多与可溶岩(如石灰岩)的岩溶洞穴、管道等有关。同时,钻探可精确测量水位,通过在钻孔中放置水位测量仪器,如钢尺水位计、电子水位计等,能够准确读取地下水位的深度。对于水量的测量,可采用流量测量装置,如堰箱、电磁流量计等,安装在钻孔出水口,测算单位时间内的出水量。在某煤矿开采过程中,突然遭遇底板突水。技术人员迅速利用钻探技术,在突水点附近施工多个钻孔。通过对钻孔岩芯分析及水位、水量测量,确定突水水源为下部岩溶含水层,水位深度约为80米,涌水量达到每小时300立方米。基于此,施工团队迅速在合适位置施工放水孔,通过合理布置排水管道,成功降低水位,有效化解了突水危机,保障了矿井正常生产^[4]。

3.3 水文地质参数测定

(1) 钻探过程为同步开展多种水文地质参数测定工作提供了便利条件。抽水试验是测定含水层渗透系数、导水系数等关键参数的重要手段。在抽水试验中,通过钻孔持续抽取地下水,使地下水位下降形成降落漏斗。同时,在周边观测孔测量水位变化,根据抽水流量、水位降深以及观测孔与抽水井的距离等数据,运用特定的水文地质计算公式,如裘布依公式等,即可计算出含水层的渗透系数和导水系数。(2) 注水试验则有助于了解岩石的渗透性能和裂隙发育情况。向钻孔内注入一定量的水,监测注水压力、注水量随时间的变化,分析水在岩石中的渗透规律,以此评估岩石的渗透性能和裂隙的连通性。这些参数对于准确估算矿井涌水量、评估含

水层富水性以及制定科学防治水方案意义重大。在某新建煤矿水文地质勘查中,钻探施工多个钻孔后,针对不同含水层分别开展抽水试验。经过细致的数据采集与计算,精确测定了多个含水层的渗透系数,其中上部砂岩含水层渗透系数为0.5米/天,下部灰岩含水层渗透系数为2.0米/天。这些数据为矿井涌水量预测提供了关键依据,帮助设计人员合理规划排水系统,确保矿井在开采过程中的水害防治安全。

3.4 注浆堵水

(1) 钻探在注浆堵水工程中发挥着核心作用。当煤矿开采过程中发现导水通道或富水区域后,钻探施工注浆孔成为关键步骤。钻探设备按照设计要求,在导水通道或富水区域周边精准施工注浆孔,注浆孔的深度、角度和间距需根据实际地质条件和防治水需求确定。(2) 将水泥浆、化学浆等注浆材料通过高压注浆泵注入地下。注浆材料在压力作用下,沿着岩石裂隙、断层破碎带等通道扩散。水泥浆凝固后,形成坚固的结石体,填充导水通道,阻止地下水的流动;化学浆则具有较好的渗透性和粘结性,能够加固围岩,提高岩体的整体强度和隔水性能。在某煤矿的断层导水治理工程中,针对一条宽约3米的断层破碎带,钻探施工了多排注浆孔。通过注浆泵将水泥-水玻璃双液浆注入,注浆压力控制在5-8兆帕。经过一段时间的注浆作业,断层破碎带被有效封堵,经后续观测,涌水量明显减少,成功预防了可能发生的大规模水害事故,保障了煤矿安全生产^[5]。

3.5 长期监测

(1) 钻探施工的钻孔可改造为长期监测地下水动态的观测孔,这为煤矿防治水决策提供持续、精准的数据支持。在钻孔内安装水位计,如浮子式水位计、压力式水位计等,能够实时监测地下水水位变化。同时,安装

水质监测设备,如多参数水质分析仪,可定期检测地下水中的酸碱度、溶解氧、重金属含量等指标,掌握水质变化情况。(2) 通过长期积累数据,可清晰掌握地下水动态变化规律。例如,某煤矿在井田边界设置多个观测孔,多年来持续监测边界含水层水位变化。数据显示,在雨季时,边界含水层水位明显上升,旱季时则有所下降。通过对这些数据的分析,及时掌握周边水文地质条件动态,为防治水工作科学决策提供依据,如在雨季来临前,提前加大排水力度,调整开采计划,确保矿井安全度过雨季。

结束语

物探与钻探技术在煤矿地测防治水工作中犹如鸟之双翼、车之两轮,相辅相成。物探凭借大面积、快速探测优势,为钻探提供精准靶区与初步信息;钻探则通过直接获取岩芯及各类测试,验证物探结果,实现水源精准探测与防治水工程实施。随着科技不断进步,进一步深化两者融合,提升探测精度与防治水效果,是未来煤矿地测防治水工作的重要发展方向,对保障煤矿安全生产、推动煤炭行业可持续发展具有深远意义。

参考文献

- [1]杜岩.煤矿防治水钻探技术应用分析[J].能源与节能,2022(03):212-213.
- [2]贺学鹏.钻探技术在煤矿防治水工作中的应用分析[J].矿业装备,2022(01):70-71.
- [3]黄华荣,陈上彬.物探和钻探在煤矿防治水中的应用[J].采矿技术,2021,21(S1):76-78.
- [4]慕斌.探析综合物探技术应用在煤矿防治水中的意义[J].化工管理,2021(21):42-43.
- [5]周少明.煤矿水文地质类型分析及水害防治简述[J].内蒙古煤炭经济,2023(17):187-189.