

综合物探方法探测工作面异常区应用

赵岩 薛丽萍

山西省煤炭地质一四八勘查院有限公司

DOI:10.12238/gmsm.v7i11.2024

[摘要] 针对工作面底板存在透水隐患的问题,为实现对工作面异常区域的精确定位,采用槽波勘探法、无线电坑透法及井下瞬变电磁法的综合物探方法,对研究区域进行探测和研究。研究表明:利用槽波地震与无线电坑透法圈定开采区域内隐伏的地质异常区域,结合瞬变电磁法分析异常区域的空间分布和含水层,共同圈定富水性区域。槽波勘探法、无线电坑透法、瞬变电磁法的联合应用,可以提高对工作面底板异常区的探测精度和准确性,保障工作面的安全生产。

[关键词] 槽波勘探; 瞬变电磁; 无线电坑透; 联合探测

中图分类号: P624 文献标识码: A

Application of Comprehensive Geophysical Exploration Methods in Detecting Abnormal Zones in Working Faces

Yan Zhao Liping Xue

Shanxi Coal Geology 148 Exploration Institute Co.Ltd.

[Abstract] In response to the problem of water inrush hazards in the floor of working faces, to achieve precise positioning of abnormal areas in the working face, a comprehensive geophysical exploration method combining slot wave exploration, radio wave tomography, and underground transient electromagnetic methods was adopted to detect and study the research area. The research results show that the concealed geological abnormal areas within the mining area can be delineated by using slot wave seismic and radio wave tomography, and the spatial distribution and aquifers of the abnormal areas can be analyzed in combination with the transient electromagnetic method to jointly delineate the water-rich areas. The combined application of slot wave exploration, radio wave tomography, and transient electromagnetic methods can improve the detection accuracy and precision of abnormal zones in the floor of working faces, ensuring the safe production of working faces.

[Key words] Slot wave exploration; Transient electromagnetic; Radio wave tomography; Joint detection

煤矿井田的地下情况由于是动态变化的,通常都非常复杂,存在工作面透水的风险,对安全生产造成严重影响^[1-2]。为保障煤矿采掘工作面的安全生产,地球物理勘探技术在煤矿水文地质勘查中扮演着越来越重要的角色。目前实现煤矿工作面顶底板探测的方法主要包括槽波勘探法^[3-5]、矿井音频电透视^[6-8]和矿井瞬变电磁法^[9-11]等,但这些物探方法的资料解释大多还是依据各类物探成果单独解释,没有结合构造探测成果分析导水裂隙和含水层,各自圈定富水异常区。由于矿井下环境所限,实践表明,单一的物探方法存在很大的局限性,解释结果不够准确,存在多解性,难以准确探测出工作面富水性区域位置,因此开展综合物探方法的研究,实现异常区域精度定位显得尤为重要^[12]。

本文针对某煤矿工作面底板存在透水隐患的问题,综合运用无线电坑透法、槽波地震法、瞬变电磁法对研究区域开展综合物探工作。利用槽波勘探法、无线电坑透法圈定工作面内隐

伏的构造区域,再结合瞬变电磁成果进一步确定异常区的空间位置分布以及含水层。通过三种物探方法的联合探测并进行综合物探解释,经钻孔验证物探成果较为可靠,为煤矿安全生产提供保障。

1 地质概况

该勘探区坐落于某盆地西缘,地表覆盖新生界黄土。在井田的南部,沿着河谷延伸,而北部和中部地区则呈现出平坦的地势特征。除此之外,勘探区的其他区域主要是由黄土堆积形成的低矮山丘地貌。该工作面所采煤层是二叠系山西组地层中层厚度稳定的3号煤层,处于高河背斜西翼。

2 综合物探方法探测工作面异常区的应用分析

2.1 槽波勘探法

槽波地震勘探在矿井地球物理勘探中应用广泛。是一种研究槽波在地下煤层等低速夹层中传播规律的地震方法。经验可

知,地震勘探方法是物探方法中分辨率最高、最精确的勘探手段,唯一的缺点是成本较其他方法高。同理,地下的槽波地震勘探也是分辨率最高的井下地震勘探方法。

槽波地震勘探的本质依旧是分析地层中传播的弹性波,不同的是,矿井内研究的是槽波,这是一种在煤层中激发产生并传播的弹性波,进而分析研究勘探区内地下特殊构造的井下物探方法,通过分析研究,可以得到断层、陷落柱、煤厚变化和其他地质异常体。勘探方法通常分为三类:反射法、透射法、透射与反射联合勘探法。

槽波地震施工过程在巷道内进行,不受地表地形起伏变化的影响,也没有表层及浅层激发和接收层位不一致带来的信号能量及频率差异,这为后续处理解释提供了极大的保障,结果更加精准。槽波的勘探尺度极高,可以探测1-2m或更小的地质异常和断距为煤厚1/3的断层。

本次槽波勘探探测范围173m,切巷长242m。煤层平均厚度约7m,采用透射和反射法观测系统设计。激发点(炮点)布置在工作面进风顺槽和回风顺槽,检波点(接收点)布置在进风顺槽、切巷和回风顺槽,探测工程量588m。完成炮点18个,检波点60个的数据采集工作。

2.2 瞬变电磁勘探

瞬变电磁法是煤矿勘探中最常见、应用最广泛的方法。具有施工简便,低阻探测能力强,精度高,深度大等特点。通过发射脉冲电流,激发产生磁场,并感应产生二次感应涡流场。理论上矿井瞬变电磁与地面瞬变电磁法的采集装置及施工参数完全通用,尽管基本原理相似,但矿井瞬变电磁法的数据采集与处理在实际操作中,因井下环境的特殊性,与地面瞬变电磁法存在显著差异。井下空间局限,只能使用多匝数,小面积的线框进行探测矿井含水构造。众所周知,线框大小与探测深度有直接关系,所以井下探测深度小于100m。但同时由于体积效应的减弱,旁侧影响的减少,分辨率得以提升。由于井下存在煤矿采掘时支护铁构件良导体的干扰,确定异常体的位置有一定困难。

本次瞬变电磁探测使用仪器为福州华虹YCS512矿用本安型瞬变电磁仪。布置回风顺槽和进风顺槽共2条测线,工作面两顺槽走向长度为173m,设计点距10m,共计探测36个物理点共计180个测点。

2.3 无线电波坑道透视

无线电波坑道透视可以探测矿井巷道内各种地质构造异常体,又称阴影法或坑透法。有些地质体导电性能好,比一般岩石对电磁的吸收能力强。在一侧激发传导电磁波,如果要穿透高电导率的岩体,能量会被吸收或者屏蔽,另一侧能量明显减弱,甚至可能完全接收不到信号。

本次无线电波透视采用WKT-6型无线电波坑道透视仪。发射点的间距被设定为50米,接收点则距离发射点10米,且每个发射点都配备了11个接收点来进行数据接收。这样的布局主要用于探测并控制工作面内部的情况。在回风顺槽中,安装摆放8个发射点和39个接收点;而在胶带顺槽和回风顺槽,则分别布置20

个发射点和96个接收点。通过这些采集装置,共采集到418对射线数据,用于后续的分析 and 处理。

3 物探成果解释

在槽波勘探成果解释中,运用透射能量CT成像和反射槽波偏移成像两种技术来处理数据。并充分结合收集到的已明确的地质信息,通过对物探数据进行全面的综合分析,并主要以透射成果作为解读的基准,最终绘制出解释成果图。为了验证CT成像的准确性,将槽波的能量衰减系数成像结果与巷道实际的地质剖面进行细致的逐点比对。当巷道穿越煤层时,能量衰减系数较低;巷道因地质构造或煤层变薄而变为全岩或部分岩石时,能量衰减系数则会相应增高。证实了能量衰减系数CT成像的有效性,还确保了只有当成像结果与巷道实际揭露的岩性、构造基本一致时,才能将其用于对整个勘探区域进行解释。另外,通过对比分析,可以归纳出煤层变薄或构造影响带的能量衰减系数特征,并据此设定异常的判定标准。然后,按照工作面巷道的延伸路径,对槽波能量衰减系数出现异常的区域做一个初步的划分,并细致分析这些异常区域的形状特点和延伸趋势,为了深入地理解这些异常,还需进一步分析能量衰减系数与能量阻断特征,在更细微的层面上,探讨异常的分布模式,并尝试推断出可能导致这些异常的地质因素。

结合收集到的已知地质资料,本次槽波勘探圈出1个异常区(红黄绿暖色区域表示槽波能量衰减较强的区域,命名为CB1),在工作面进风顺槽,横向距切眼120m-150m左右,纵向由进风顺槽向工作面内延伸0-60m左右,异常区槽波能量衰减较强,异常区范围一般,巷道在该位置未揭露地质异常体,推断其为煤岩体破碎带发育影响所致,推测对工作面的回采有一定影响,可靠程度一般。

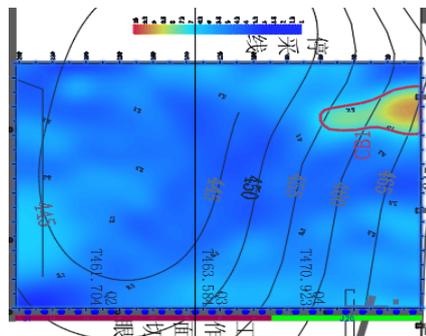


图1 槽波透射能量衰减系数CT成像图

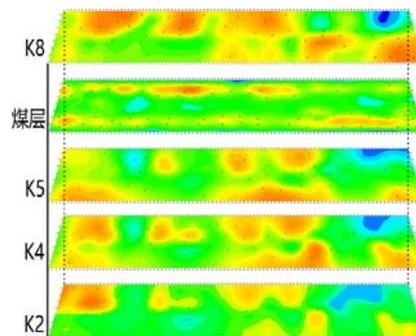


图2 工作面井下瞬变电磁视电阻率立体叠加图

根据瞬变电磁探测成果,结合已知各煤层间距情况和水文地质资料反映的含水层的分布特征,对瞬变电磁成果数据进行切片分析,从工作面顶板、底板瞬变电磁探测视电阻率等值线平面图中可以看出,各层位切片在切巷附近胶带顺槽一侧出现低阻异常区,异常区位置和范围相似,根据煤层底板等高线该处为局部背斜凸起,分析为各含水层裂隙发育相对富水。该工作面是3号煤,上下煤层均无采空区,故不存在积水。在顺层方向上,没有观测到显著的低阻异常区,分析本煤层富水性总体较弱。在F3断层位置,顺层、顶板和底板的方向上,均未观测到电阻降低的异常现象,结合矿井掘进实际揭露情况,推断该断层不是含水导水断层。

分析工作面无线电波透视成果图件,有2处相对高吸收系数异常区。异常1位于工作面中部,第一停采线和第二切眼之间,出现明显的高吸收系数异常和低场强异常,异常幅度高异常吻合好,该处为已知的F3断层范围,F3正断层($H=17.5\text{m}\angle 65^\circ$)斜穿过本工作面,对工作面回采影响很大,为此矿方新开第二切眼跳过断层进行回采。异常2位于工作面第一切眼附近,出现较弱的高吸收系数异常和低场强异常,异常幅度不高但异常吻合较好,顺槽及切巷掘进期间未发现地质构造,分析该异常区为小型隐伏地质构造或煤层相对破碎,建议采用钻探进行辅助验证。

在工作面其他区域,实测场强曲线较为圆滑,局部场强值和吸收系数轻微波动,未发现明显的高吸收系数异常和低场强异常,推断工作面内其他区域无对生产影响较大的地质构造。

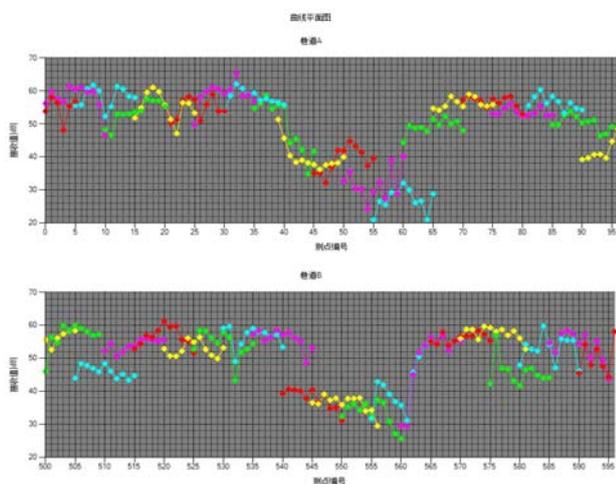


图3 无线电波透视反演吸收系数(CT成像)平面示意图

4 结论

受现实条件制约,地球物理勘探存在多解性,单一的勘探形

式的探查结果有很大的局限性,解释的地质信息不够准确,多种物探方法综合运用是现在施工的公认方法。本文综合运用槽波地震勘探、无线电坑透法和瞬变电磁法的综合物探对研究区域进行探测和研究,整合各种技术的优势,弥补单一手段的局限性,使得到的地质结果更加全面准确,实现工作面富水性区域的精确定位。

随着综合物探技术的飞速发展,各种方法联动勘探是大势所趋,取长补短,综合联动,为煤矿的安全生产提供保障。在构造异常明显的区域,多种物探方法联合解释可有效提高解释精度。

【参考文献】

- [1]薛国强.瞬变电磁法在煤炭领域的研究与应用新进展[J].地球物理学进展,2017,32(01):319-326.
- [2]程久龙,李飞,彭苏萍,等.矿井巷道地球物理方法超前探测研究进展与展望[J].煤炭学报,2014,39(08):1742-1750.
- [3]武俊峰,刘周鹏.槽波地震勘探隐伏地质体探查研究及应用[J].煤炭与化工,2024,47(07):66-70.
- [4]吴国庆.反射槽波探测法在煤层褶曲与断层识别中的应用[J].煤田地质与勘探,2024,52(9):154-165.
- [5]杨焱钧.槽波地震联合探测方法在断层探测中的应用[J].内蒙古煤炭科技,2022,(8):178-180.
- [6]曾方禄.矿井音频电透视及其应用[J].煤田地质与勘探,1997,25(06):54-58.
- [7]韩德品,张天敏,石亚丁,等.井下单极-偶极直流电透视原理及解释方法[J].煤田地质与勘探,1997,25(05):32-35.
- [8]高致宏,王彦红,陈青峰.工作面富水区探测与矿井电法——音频电透视在工作面富水区探测中的应用效果[J].煤田地质与勘探,2002,30(04):51-54.
- [9]段中稳.瞬变电磁法在预测任楼矿导水陷落柱中的作用[J].江苏煤炭,2004(02):13-14.
- [10]白登海,Maxwell AMeju,卢健,等.时间域瞬变电磁法中心方式全程视电阻率的数值计算[J].地球物理学报,2003(05):697-704.
- [11]陈金方,于景邨.矿井TEM探测导水陷落柱及检测注浆效果[J].江苏煤炭,2002(04):7-8.
- [12]祝凌霄,孙林.综合矿井物探在煤矿探放水中的应用研究[J].中国矿业,2023,32(S2):192-196.

作者简介:

赵岩(1980—),男,汉族,山西太原人,工程师,本科,山西省煤炭地质一四八勘查院有限公司,研究方向:物探与遥感。