

# 煤矿生产中的地球物理勘探技术策略

兰鹏波

安徽惠洲地质安全研究院股份有限公司

**摘要:** 地球物理勘探是通过勘察地球物理场变化来对地质构造特征以及地层岩性等进行测算判断的物探技术,目前已经发展出了多种勘探技术手段,能够适应不同环境下的勘探要求。煤矿生产不仅工况条件复杂,而且存在很多的限制条件,对勘探技术有很高的要求。本文将对现阶段煤矿生产过程中较为常用的物探技术进行分析,以帮助煤矿企业充分了解各种物探技术特点和适用范围,以提高物探技术应用的合理性和有效性,从而为煤矿的安全生产提供可靠的保障。

**关键词:** 煤矿生产; 地球物理勘探; 技术策略

**【DOI】** 10.12254/j.issn.2096-6539.2022.23.118

为促进我国煤矿生产的升级转型,提高生产效率,保证生产安全,煤矿企业应高度重视地球物理勘探工作。通过不同的物探技术的应用加强对掌子面的隐伏地质结构以及地下水体的勘察测量,并要做好超前勘探工作。由于不同的物探技术的勘测目标和技术特点存在一定的差异,因此煤矿企业应积极开展对地球物探技术的研究,准确掌握各项物探技术要点和应用方法,以便根据煤矿生产的实际需要合理选择应用相应的物探技术,以确保勘探结果能够为煤矿生产管理以及煤矿安全提供全面、客观的参考依据,从而为煤矿企业的提质增效提供重要的技术支持,推动我国煤矿行业的现代化发展。

## 一、概述地球物理勘探

所谓地球物理勘探主要指的是通过对各类地球物理场的观测来研究其变化规律,并目标区域地质构造以及地层岩性的技术方法<sup>[1]</sup>。地壳是由不同岩层介质所共同构成的,不同的介质在导热性、密度、导磁性和导电性等性质特征各不相同,而这中差异性会引起地球物理场发生相应的改变。对这些变化特征以及分布规律的勘察测量就能够为地质性质的准确推断提供重要的参考依据。地球物理勘探也可以称为物探技术,由于其勘探结果是通过物理现象的解释来进行的推断,所以地球物理勘探属于间接性的物探技术。同时,在应用地球物理勘探技术对地质构造进行勘察以及解释时,主要是以勘测数据为出发点来对地球物理场的场源体进行反演求解,这使得其呈现多解性特点。为提高勘探结果结束的确定性,在煤矿生产实践中往往需要综合应用多种地球物理勘探技术,通过对不同技术路径所获取勘察数据的对比分析来实现准确的判断。

地球物理勘探技术在煤矿生产中的应用为满足复杂环境条件下的勘探需要提供了重要技术支持。现阶段我

国很多煤矿企业应用地球物理勘探技术开展的地下水体勘探、开采作业门印度地质条件勘探以及超前地质构造预报勘探等一系列的工作,极大的提高了煤矿生产的效率和安全性。煤矿地质工作人员应进一步加强对地球物理勘探技术的研究,积极引入先进勘探技术,不断总结勘探实践经验,通过技术创新和改进来增强地球物理勘探技术应用的抗干扰能力,以促进勘探技术水平和勘探工作质量的全面提升。

## 二、现阶段煤矿生产中常用物探技术分析

### (一) 地球物理勘探中的重力勘探技术分析

重力勘探是煤矿生产中的一项传统地球物理勘探技术。其主要是根据地壳内不同矿体以及岩体在密度上的差异性来通过对重力加速度的勘测来判断地质构造的技术方法。重力勘探技术原理也就是万有引力定律,而其常用勘探设备主要为扭秤以及重礼仪等。进一步确定重力异常区位置,勘探人员应全面收集目标区域的地质数据,并结合其他物探技术的应用,以实现重力异常现象的定性以及定律解释,从而为查明隐伏地质构造以及煤层赋存情况提供可靠的参考依据。随着地球物理勘探技术的发展,目前在重力勘探技术的基础上还发展出了高精度重力勘探技术和设备,进一步提高的勘探的精度和效率。

### (二) 地球物理勘探中的电法勘探技术分析

在煤矿生产过程中,电法勘探技术是应用较为广泛的一类地球物理勘探技术。所谓电法勘探技术主要是指基于煤矿与各类岩体在介电性、导电性以及导磁性等电磁学或者电化学方面的时空差异进行地质构造勘探的技术方法<sup>[2]</sup>。目前在地球物理勘探领域中已经发展出了直流、交流电勘探技术以及过渡过程勘探技术等多种电法勘探技术。

#### 1、煤矿生产中的直流电勘探技术分析

在煤矿生产的电法勘探技术中,直流电法主要是根据电阻率差异对矿石以及地下岩的分布特点以及变化规律进行勘探的技术方法,其电流场的建立一般采用的人工方式。与其他电法勘探技术相比,直流电技术在地下水体勘探方面具有一定的技术优势。应用直流电勘探技术能够对煤矿地下含水层埋深以及含水层与地表之间的距离进行准确的勘测,且可以用于对含水性水文地质体的勘探工作。目前我国一些煤矿应用该技术来勘测掌子面前方地层的含水性特征,其能够较为准确的预测巷道掘进前方的含水层位置、厚度以及含水强度等相关地质数据,为煤矿生产方案的制定以及安全生产管理提供了

可靠的参考依据。此外，直流电技术在探测煤矿隐伏构造方面也能够发挥十分重要的作用，因此其在煤矿生产中具有较高的技术应用价值。

### 2、煤矿生产中的电剖面勘探技术分析

在煤矿生产中，还可以利用电剖面勘探技术来了解矿区地点断面在横向方向上的电性变化特点及规律。在应用电剖面技术进行勘探时，勘探人员通常应先布设测线，再沿测线方向平移电极装置。在此过程中应保持电极距固定，以便对指定深度区间内剖面横向方向上的视电阻变化情况进行观测。通常电剖面勘测技术主要用于对陡立产状高低阻体的勘探，能够实现存在岩性差异接触带的准确划分，并能够对破碎构造带和断层进行追索探测。

### 3、煤矿生产中的高密度电阻率勘探技术分析

为实现对剖面以及煤矿深部的同步勘测，在煤矿生产中可以采用综合应用了多极距以及多装置的高密度电阻率勘探技术。在应用该勘探技术时，可以通过一次布极实现对不同装置所获取数据信息的同步采集，因此能够通过对比值参数的求取来准确掌握异常信息。高密度电阻率勘探技术属于断面测量技术类型。勘探人员在应用高密度电阻率进行煤矿生产测量时，应按照一定间隔设置测点并布设电极，且应根据实际情况将测点间距控制在1m到10m之间。之后应在多路电极的程控转换开关上连接多芯电缆，使其能够自动完成测点、电极装置以及极距的转换处理，并自动采集和存储勘测数据。

### 4、煤矿生产中的可控源音频勘探技术分析

在煤矿生产的深部水文勘查、地质构造勘探以及寻找隐伏矿等工作中，可以采用地球物理勘探中的CSAMT技术。所谓CSAMT勘探技术也就是基于AMT音频大地勘测技术以及MT大地电磁勘探技术的音频可控源大地电磁勘探技术。可控源频率勘测技术属于人工电磁勘探技术中的一种，其信号源采用的是利接地水平电偶。与其他物探技术相比，可控源频率勘测技术具有较强的抗干扰能力，特别是其横向分辨能力更为突出；而且该项勘探技术受高阻层屏蔽影响较小，测深能力较好，因此能够同时为剖面研究以及煤矿采区的深部探测提供可靠的勘探数据基础，有效提高了勘探效率，降低了勘探成本，因此在煤矿生产中得到了广泛应用。

### 5、煤矿生产中的无线电坑透勘探技术分析

在煤矿生产的综采作业面回采工作中，往往需要应用无线电坑透技术来勘测煤层的赋存情况和回采区的地质构造。无线电坑透技术也就是无线电坑道透视技术的简称，其主要是根据煤层以及地下岩在导电性方面的差异性，利用电磁波进行探测的技术方法。电磁波在传播过程中，其能量会被煤层以及地下岩吸收，其中巷道顶底板由于电阻率相对较低，因此吸收作用更为明显。同时，电磁波在遇到断裂构造截面时会发生反射或者折

射现象，并出现能量损耗及衰减。在应用坑透技术进行勘探时，应通过发射机发出电磁波，使电磁波在煤层中传播。一旦煤层有断层、陷落柱以及其他存在电性差异的地质构造存在时，就会导致电磁波被屏蔽或者吸收。此时，接收机所收到的信号强度会明显下降或者发生无法接收到信号的现象，这种情况被成为低值透视异常。勘探人员应在发生低值透视异常后将发射机和信号接收设备位置交换，再次进行勘探，如为同一异常时就会形成低值阴影交会区，从而实现对异常位置的准确测定。目前无限线电坑透技术是煤矿生产中的常用物探技术之一。不过在应用该勘探技术时应注意，如煤矿井下巷道采用的是锚网支护方式时，会屏蔽一部分电磁波；而且煤矿生产中所使用的皮带运输机、电缆设备以及水管等也会干扰电磁波，因此需要提高解析的准确性。

### 6、煤矿生产中的瞬变电勘探技术分析

在煤矿生产中，TEM瞬变电技术是较为常用的一项地球物理勘探技术。在应用瞬变电勘探技术时，勘探人员应通过电极或者是采用不接地回线方式将一次脉冲电磁场向地下发送，之后再利用接地电极或者是线圈来对地下涡流在脉冲电磁感应作用下所形成的二次电磁场进行观测，以掌握其时间以及空间分布特征，从而解决相关地质问题。因此瞬变电勘探技术属于时间域电磁勘探技术类型。同时，勘探人员在应用瞬变电技术对煤矿地质构造进行勘测时，应根据实际情况合理选择激励场源类型，目前在煤矿勘探实践中比较常见的激励场源包括接地电极类型的电流源、载流线圈类型的磁源以及回线形式磁源等。

### 7、煤矿生产中的激发极化勘探技术分析

在煤矿生产中，激发极化勘探技术也是较为常用的一项地球物理勘探技术。激发极化勘探技术的主要是以激发极化电场原理为依据，根据不同矿石以及岩体所产生的差异性的激发效应来对地下地质构造进行勘测的技术方法。通过研究发现，影响岩体激发极化效应的主要因素包括孔隙矿化度、导电矿物含量以及含水性特征等<sup>[3]</sup>。应用激发极化技术对煤矿进行勘探时，仅需要使用简单的仪器设备，对断电持续时间为数百毫秒的而磁场进行观测。由于电磁耦合相对较小，且操作和理论解释均较为简单，不会受到地形等因素的影响，因此该技术在丘陵地区的煤矿生产中得到了广泛的应用。

### (三) 地球物理勘探中的地震勘探技术分析

近年来在地球物理勘探领域中，地震勘探技术取得了较快的发展，被广泛应用于煤矿生产中的煤田勘探、地层岩性判断等工作中。所谓地震勘探技术主要是通过人工激发方式形成地震波，并根据不同地层内地震波的传播变化来对地质构造特征进行探测的技术方法。在应用该技术时徐哟通过专门的仪器设备来对地震波的振动形状以及传播时间等数据进行记录分析，并据此来测算

出截面形态以及深度等参数。

地震波探测技术能够对5m左右变化幅度的褶曲以及5m落差范围内的断层进行较为准确的探测，一般用于对煤矿采空区、陷落柱或者老窑等区域空间分布特征的勘探工作<sup>[4]</sup>。同时，应用地震勘探技术还能够为了解煤层厚度、煤层是否存在合并或者交叉现象，是否存在火成岩侵入现象以及查明煤层顶板以及底板的水文地质特征等提供可靠的参考依据。目前在煤矿生产中较为常见的地震勘探技术包括2D地震勘探技术以及3D地震勘探技术等。

### 1、煤矿生产中的二维地震勘探技术分析

所谓二维地震勘探技术主要是至通过数字技术对地震信号进行记录处理，以获取地震时间剖面图，从而判断煤田地质构造特征的地球物理勘探技术。其中地震时间剖面图为地震构造解释提供了重要的参考依据。通常以一挑地震测线为基础能够完成一张时间剖面的绘制。与深度剖面相比，在时间剖面中的纵坐标代表的是双程旅行时间（S），而其横坐标则标示了CDP共中心点，其能够对地下构造的形态特征进行较为直观的描述。应用二维地震勘探技术能够对落差达到10m以上的断层进行探测，并提供小于10m落差的断点位置，其平面摆动的误差值一般可以控制在50m以内。同时，还可以通过二维地震勘探技术对褶曲幅度超过10m的煤层加以勘测，其在探测可采煤层的实际底板深度时，能够加固误差值控制在2%以内。此外，在煤矿生产中还可以利用二维地震勘探技术对第四系新生界厚度、超过30m直径的陷落柱进行勘察，并可以有效查明是否有煤带或者煤层合并分叉存在，从而为煤矿企业合理布置回采工作面提供客观、详细、准确的参考数据。

### 2、煤矿生产中的3D地震勘探技术分析

与二维地震勘探技术相比，新型的3D地震勘探技术具有更高的分辨率和探测精度，能够为煤矿生产中的开拓巷道、布设井筒以及采煤工作面管理提供可靠的参考数据。3D地震勘探技术主要是采用人工方式在地面进行地震波的激发，之后再根据煤层内地震波的传播特征来进行反演，以测定煤层水文地质条件和赋存情况的地球物理勘探技术。由于3D地震勘探技术将三维可视化技术与地震勘探技术有机融合，具有较高的信息化水平，能够对煤矿区域的地质特征进行直观、准确的呈现，并能够以勘探数据为基础实现对地震切片以及垂直剖面的有效提取，因此为从二维以及三维角度对地层构造岩性进行分析研究和解释提供了重要的参考依据。目前3D地震勘探技术已经逐步称为我国的煤矿生产中的关键性地球物理勘探技术之一。但受现有技术水平和煤矿条件等因素的影响，现阶段3D地震勘探技术的应用推广仍存在一定的局限性，特别是在其成果应用中受到了较大的限制。煤矿企业应进一步加强对3D地震勘探技术的研究，

不断提高工作人员的专业技术水平，并加强相关动态解释技术的研发应用，从而使3D地震勘探技术优势能够得到更加充分的发挥。

经过多年连续开采后，很多煤矿区域的浅部资源已经枯竭，因此需要加大深部煤矿资源的勘探力度，以实现煤矿生产的可持续性发展。目前在深部煤矿勘探实践中，3D三分量地震勘探技术以及3D高密度地震勘探技术等新型技术得到了越来越广泛的应用，在结合了新型的地震反演技术后，地球物理勘探的质量和效率均明显提升，为深部煤矿的开采提供了重要的技术支持。

### 3、煤矿生产中的地震槽波勘探技术分析

在煤矿生产中，如需对以具备两条以上以完成掘进的巷道进行勘探，且各巷道均处于同一煤层时，勘探人员可以采用槽波地震勘探技术。槽波地震勘探技术主要用于煤矿井下勘探工作。在应用槽波地震勘探技术时，勘探人员应采取人工激发方式在地面进行地震波的激发，并应此时地震波向煤层内传播。通过对地震波传播特性的勘测，就可以通过反演方式来获知煤矿开采掌子面的煤层赋存状态，或者查明潜伏性小地质构造特征。目前我国的一些煤矿中已经将槽波地震勘探技术用于开采工作面以及采准工作面的勘探工作，其能够对冲刷变薄带以及断层位置进行较为准确的测定。此外，与无线电坑透等勘探技术相比，槽波地震勘探技术能够实现大范围目标区域的高效探测，且具有较强的抗干扰能力，在井下勘探工作中具有较高的应用价值。

## 三、总结

在地球物理勘探领域有多种勘探技术，其在勘探对象、勘探能力以及技术适应性等方面均存在明显的差异。煤矿企业应根据煤矿生产的实际需要科学应用物探技术方法，充分发挥不同勘探技术的优势，以提高勘探结果的准确性。同时，为保证煤矿生产能够顺利进行，避免发生重大安全事故，也可以综合应用多种物探技术，通过不同物探技术之间的优势互补来为煤矿生产管理提供可靠的参考依据，从而提高煤矿生产效率，促进煤矿企业的升级转型。

## 参考文献

[1] 谷文峰. 地球物理勘探技术在煤炭勘探领域中的应用[J]. 华东科技(综合), 2021, 000(002): P. 1-11.

[2] 叶立刚. 地球物理测井技术在煤矿地质勘探中的应用[J]. 中文科技期刊数据库(全文版)工程技术, 2021(1): 3.

[3] 强英云. 地球物理勘探技术在煤炭勘探领域中的应用[J]. 商品与质量, 2016, 000(049): 370-371.

[4] 陈萌萌. 地球物理勘探技术在煤炭勘探领域中的应用[J]. 山西建筑, 2015, 41(28): 3.