

# 物探技术在矿山采空区勘察中的应用

卢克鹏 苏 飞

中化地质矿山总局吉林地质勘查院 吉林 长春 130000

**摘要：**物探技术在矿山采空区勘察中发挥着重要作用。通过探地雷达、高密度电阻率法、瞬变电磁法及可控源音频大地电磁法等多种手段，物探技术能够实现对采空区内部结构的有效捕捉和查明。这些方法不仅提高地质勘察数据的准确性和科学性，还推进矿山采空区内部结构的透明化，为矿山企业的安全生产提供有力支持。实践应用表明，物探技术能够精准定位采空区位置，减少地质灾害风险，保障人员生命安全。

**关键词：**物探技术；矿山采空区；安全评估

引言：矿山采空区由于人为开采或天然地质运动形成，常导致地面沉降、裂缝和塌陷等地质灾害。为确保矿山企业的安全生产和人员生命安全，必须加强采空区的勘察工作。物探技术作为地球物理勘查的简称，包括重力、磁法、电法、地震等多种方法，具有探测范围广、准确性高的特点。本文将重点探讨物探技术在矿山采空区勘察中的应用，以期为相关工作提供参考。

## 1 矿山采空区概述

矿山采空区是指由于地下开采矿产资源而形成的空洞区域。这些区域在矿石被采出后，原本由矿石支撑的空间变得空虚，进而形成了采空区。随着矿产资源的不断开采，采空区的面积和范围也在不断扩大，对矿山的安全生产和周边环境构成了严重威胁。采空区的存在会导致地表塌陷、地裂缝等地质灾害的发生，对矿山周边的居民生命财产安全构成直接威胁。采空区还容易积水，形成地下暗河或水囊，对矿山开采作业带来极大的安全隐患，采空区还可能引起地下水位的变化，对周边环境造成破坏。为了保障矿山的安全生产和周边环境的稳定，必须对采空区进行治理。治理措施包括回填、注浆、设立监测站等，以消除采空区的安全隐患。还需要加强矿山的开采管理，合理规划开采区域，避免过度开采和滥采滥挖，从源头上减少采空区的形成。

## 2 物探技术选择原则

矿山采空区是指由于地下开采矿产资源而形成的空洞区域。这些区域在矿石被采出后，原本由矿石支撑的空间变得空虚，进而形成了采空区。随着矿产资源的不断开采，采空区的面积和范围也在不断扩大，对矿山的安全生产和周边环境构成了严重威胁。

### 2.1 根据地质条件与勘察目标选择技术

在矿山采空区的物探技术选择中，首先要考虑的是地质条件和勘察目标。不同的地质条件要求采用不同的

物探方法<sup>[1]</sup>。例如，在岩溶地区，需要特别注意岩溶空洞、地下水位等因素，可能需要选择如瞬变电磁法、高密度电法等技术来准确探测采空区的位置和规模。勘察目标也是选择技术的重要依据。如果目标是确定采空区的边界和范围，可能需要结合多种物探方法进行综合解释。

### 2.2 技术可行性与成本效益分析

在选择物探技术时，除了考虑地质条件和勘察目标外，还需要进行技术可行性和成本效益分析。技术可行性是指所选方法是否能够在实际应用中达到预期效果。这需要对各种物探方法的原理、适用范围、优缺点等进行深入了解，并结合实际情况进行评估。成本效益分析则要考虑所选方法的投资成本、运营成本以及可能带来的收益。这需要对不同方法的成本进行比较，并结合勘察目标的重要性、紧迫性等因素进行综合权衡。

## 3 物探技术在矿山采空区勘察中的应用

### 3.1 瞬变电磁法在采空区勘察中的应用

瞬变电磁法（TEM）是一种基于电磁感应原理的地球物理勘探方法，它利用不接地回线或接地线源向地下发送脉冲电流，以激励地下导电介质产生感应电流，并通过测量二次场随时间变化的响应来探测地下介质的结构和分布。在矿山采空区勘察中，瞬变电磁法具有显著的优势。瞬变电磁法对低阻异常体（如含水采空区）具有较高的分辨率和灵敏度，由于采空区内部往往存在积水或含水裂隙，这些低阻异常体在瞬变电磁法中能够产生明显的响应。通过分析这些响应特征，可以准确判断采空区的位置、规模和形态。瞬变电磁法的探测深度较大，适用于不同深度的采空区勘察，通过调整发射电流的大小和频率，可以实现对不同深度地层的探测，从而满足矿山采空区勘察的多样化需求。瞬变电磁法还具有施工简便、数据采集和处理速度快的优点，在矿山采空区勘察中，可以快速地完成大面积的探测工作，为后续

的治理和规划提供可靠的数据支持。瞬变电磁法也存在一定的局限性。例如,当地下介质存在高阻屏蔽层时,可能会影响瞬变电磁法的探测效果。对于复杂的采空区结构(如多层采空区、交错采空区等),瞬变电磁法的解释难度也会相应增加。

### 3.2 直流电法在采空区勘察中的应用

直流电法是一种基于电阻率差异的地球物理勘探方法。它通过在地表布置供电电极和测量电极,形成电场,并测量地下介质中电流的分布情况,从而推断地下介质的结构和分布。在矿山采空区勘察中,直流电法同样具有广泛的应用价值。直流电法对含水采空区和含金属硫化物等导电异常体具有较高的分辨率,由于采空区内部往往存在积水或含有金属硫化物等导电物质,这些异常体在直流电法中能够产生明显的电阻率变化。通过分析这些变化特征,可以准确判断采空区的位置和范围。直流电法的探测深度适中,适用于中浅层的采空区勘察。通过调整电极间距和供电电流的大小,可以实现对不同深度地层的探测,从而满足矿山采空区勘察的精度要求。直流电法还具有成本低、设备简单、操作方便的优点。在矿山采空区勘察中,可以灵活地布置电极阵列,以适应不同的地形和地质条件。直流电法也存在一定的局限性。例如,当地下介质存在高阻层或低阻层时,可能会影响直流电法的探测效果。此外对于复杂的地质结构(如断层、褶皱等),直流电法的解释难度也会相应增加。

### 3.3 地震勘探技术在采空区勘察中的应用

地震勘探技术是一种基于地震波传播的地球物理勘探方法。它利用人工激发的地震波在地下介质中传播的特性,通过测量和分析地震波的反射、折射和散射等现象,来推断地下介质的结构和分布。在矿山采空区勘察中,地震勘探技术同样具有广泛的应用前景。地震勘探技术对地下介质的结构和岩性具有较高的分辨率,通过测量和分析地震波的反射系数和振幅等参数,可以准确判断地下介质的分层情况、岩性变化和异常体的存在。在采空区勘察中,地震勘探技术可以有效地识别采空区的位置和形态,以及采空区与周围岩体的接触关系。地震勘探技术的探测深度较大,适用于不同深度的采空区勘察。通过调整激发能量和接收参数,可以实现对不同深度地层的探测,从而满足矿山采空区勘察的多样化需求<sup>[2]</sup>。地震勘探技术还具有数据采集和处理速度快的优点,在矿山采空区勘察中,可以快速地完成大面积的探测工作,并为后续的治理和规划提供可靠的数据支持。地震勘探技术也存在一定的局限性。对于小规模采空

区或含水较少的采空区,地震勘探技术的探测效果可能会受到一定的限制。

### 3.4 无线电波透视法与SSP地震散射技术的应用

无线电波透视法是一种利用无线电波在地下介质中传播的特性进行勘探的方法。它通过在地表或井中布置发射和接收天线,测量无线电波在地下介质中的传播路径和衰减情况,从而推断地下介质的结构和分布。在矿山采空区勘察中,无线电波透视法可以有效地识别采空区的位置和形态。无线电波透视法对含水采空区和导电异常体具有较高的灵敏度。由于采空区内部往往存在积水或含有导电物质,这些异常体在无线电波透视法中能够产生明显的衰减和反射现象。通过分析这些现象特征,可以准确判断采空区的位置和范围。无线电波透视法也受到一些限制。对于深层的采空区或规模较小的采空区,无线电波透视法的探测效果可能会受到一定的限制。SSP(Seismic Surface Wave Profiling)地震散射技术是一种利用地震表面波在地下介质中传播的特性进行勘探的方法。它通过分析地震表面波的散射和频散现象,来推断地下介质的结构和分布。在矿山采空区勘察中,SSP地震散射技术可以有效地识别采空区的位置和形态,以及采空区与周围岩体的接触关系。SSP地震散射技术对地下介质的结构和岩性具有较高的分辨率,通过测量和分析地震表面波的散射系数和频散曲线等参数,可以准确判断地下介质的分层情况、岩性变化和异常体的存在。在采空区勘察中,SSP地震散射技术可以有效地识别采空区的位置和形态,以及采空区内部的填充情况。SSP地震散射技术还具有数据采集和处理速度快的优点,在矿山采空区勘察中,可以快速地完成大面积的探测工作,并为后续的治理和规划提供可靠的数据支持。SSP地震散射技术也存在一定的局限性。例如,当地下介质存在复杂的地质结构(如断层、褶皱等)时,可能会影响地震表面波的传播和散射效果。对于深层的采空区或规模较小的采空区,SSP地震散射技术的探测效果可能会受到一定的限制<sup>[3]</sup>。

## 4 物探技术在采空区勘察中的对策

矿山采空区的勘察与治理是保障矿山安全生产和周边生态环境稳定的重要环节。物探技术作为非破坏性、高效准确的勘探手段,在采空区勘察中发挥着关键作用。然而要充分发挥物探技术的优势,还需采取一系列对策,以应对勘察过程中的挑战和问题。

### 4.1 加强技术创新与研发投入

技术创新是推动物探技术发展的核心动力。在采空区勘察中,加强技术创新与研发投入,对于提升勘察精

度、效率和安全性具有重要意义。一方面,应加大对物探技术基础理论研究的投入,深化对地下介质物理特性的认识,为技术创新提供坚实的理论基础。通过深入研究地下介质的电磁、声学、弹性等物理特性,可以更准确地理解物探信号在地下介质中的传播规律,从而提高勘察结果的准确性。另一方面,应鼓励和支持新技术、新方法的研发与应用。随着科技的进步,越来越多的新技术被引入到物探领域,如高精度地震勘探、三维电阻率成像、电磁成像等。这些新技术在采空区勘察中具有独特的优势,能够提供更丰富、更准确的勘察信息。因此,应加大对新技术研发的支持力度,推动其在采空区勘察中的广泛应用。还应加强物探设备与仪器的研发与更新。物探设备与仪器的性能直接影响到勘察结果的准确性和可靠性。应不断更新和完善物探设备与仪器,提高其精度、稳定性和耐用性,以满足不同地质条件下采空区勘察的需求。

#### 4.2 完善勘察规范与标准体系

完善的勘察规范与标准体系是保障采空区勘察质量和安全的重要基础。为了规范物探技术在采空区勘察中的应用,应制定和完善相关的勘察规范与标准体系。应明确物探技术在采空区勘察中的适用范围、技术要求、数据处理方法和解释标准等。通过制定详细的勘察规范,可以确保勘察工作按照统一的标准进行,提高勘察结果的可靠性和可比性。加强对勘察过程的监管和质量控制,通过建立完善的勘察质量管理体系,对勘察过程进行全面监控和管理,确保勘察数据的准确性和完整性。还应加强对勘察人员的培训和管理,提高其专业素质和技能水平,确保勘察工作的顺利进行。此外还应加强与国际先进标准的接轨与互认。随着全球化的加速发展,国际间的交流与合作日益频繁。为了提升我国采空区勘察的国际化水平,应加强与国际先进标准的接轨与互认工作,推动国内勘察规范与国际标准的接轨与融合。

#### 4.3 强化生态环境保护意识与措施

生态环境保护是采空区勘察中不可忽视的重要方面。在勘察过程中,应强化生态环境保护意识,采取切实有效的措施,减少对周边生态环境的破坏和影响。加强对勘察过程中产生的废弃物和污染物的处理和管理。在勘察过程中,会产生大量的废弃物和污染物,如废水、废渣等。这些废弃物和污染物如果处理不当,会对周边生态环境造成严重的破坏。因此应建立完善的废弃物和污染物处理体系,确保其得到妥善处理 and 处置<sup>[4]</sup>。应加强对勘察区域的生态恢复与治理,在勘察结束后,应对勘察区域进行生态恢复与治理工作,如植树造林、土地复垦等。通过这些措施,可以恢复勘察区域的生态环境功能,减少对周边生态环境的影响。还应加强对勘察人员的生态环境保护教育。通过加强宣传教育,提高勘察人员的生态环境保护意识,使其在工作中能够自觉遵守生态环境保护的相关规定和要求,确保勘察工作的顺利进行。

#### 结束语

物探技术在矿山采空区勘察中的应用展现出了巨大的潜力和价值。它不仅提高勘察的准确性和效率,还为矿山的安全生产和环境保护提供了科学依据。随着技术的不断进步和创新,物探技术将在矿山采空区勘察领域发挥更加重要的作用。我们期待未来物探技术能够持续突破,为矿山企业的可持续发展和人员安全提供更加坚实的保障。

#### 参考文献

- [1]张致源.物探技术在探测煤矿地质中的应用[J].能源与节能,2021(6): 221-222.
- [2]高彦斌.利用物探方法解决矿山采空区地质灾害评估问题[J].世界有色金属,2022,No.595(07):148-150.
- [3]李宏民.综合物探方法在确定矿山采空区的应用[J].世界有色金属,2020,No.558(16):44-45.
- [4]杨小龙,张崇礼,周开心,毛金峰.综合物探技术在煤矿采空区探测中的应用[J].黑龙江科学,2022,13(8):51-53.