

瞬变电磁法在非煤地下矿山隐蔽致灾因素普查中的应用

汪慧琰

陕西天地地质有限责任公司 陕西 西安 710054

摘要：本文深入探讨了瞬变电磁法在非煤地下矿山隐蔽致灾因素普查中的应用，通过技术参数优化、地质条件适应性分析和数据处理方法创新，提高了普查的准确性和效率。研究表明，瞬变电磁法能够有效识别地下矿山的安全风险，为矿山安全管理提供科学依据。本文还提出了针对探测深度与分辨率平衡、数据处理与解释的专业要求以及环境因素与安全法规制约的问题与对策，为提高矿山安全管理水平提供了技术支持。

关键词：瞬变电磁法；非煤地下矿山；隐蔽致灾因素；安全管理

0 引言

瞬变电磁法，作为一种先进的地球物理勘探技术，因其独特的探测能力和精确性，在非煤地下矿山隐蔽致灾因素的全面普查中扮演着至关重要的角色。本研究将深入探索瞬变电磁法的技术参数优化策略、地质条件适应性分析的具体途径，以及数据处理方法的创新性改进等多个方面。通过调整和优化技术参数具体细节，显著提升了瞬变电磁法在面临复杂地质条件时的适用性；同时，通过引入创新的数据处理技术，进一步增强了普查结果的精确性和工作效率。通过本研究的深入探索，我们期望能够解决非煤地下矿山隐蔽致灾因素普查过程中所遇到的关键性技术难题，从而为矿山的安全生产管理提供更加详实和科学的依据。

1 瞬变电磁法在非煤地下矿山隐蔽致灾因素普查中的应用

1.1 瞬变电磁法基本原理

瞬变电磁法依据电磁感应的基本原理，具体地，是通过专用的发射装置向地下发送脉冲电流，从而激发并产生一次瞬态的电磁场。在一次场停止发射之后，地下导电介质内部会感应出电流，这些电流会随着时间的推移逐渐减弱，并在此过程中产生逐渐衰减的二次电磁场^[1]。该二次场的特性深受地下介质的多种属性影响，具体包括其导电性、导磁性以及具体的几何形态等因素。

瞬变电磁法的信号传输机制是一个复杂的过程，它涉及电磁波的逐步扩散以及在此过程中电磁波的逐渐衰减。在发射电流被完全关闭后，地下介质内部的感应电流随即开始逐渐流动起来，进而引发并产生了较为明显的二次磁场。该磁场随时间的变化速率与地下介质的电阻率之间呈现出一种明确的反比关系，据此原理，科研人员能够通过精确测量二次磁场的衰减特性，进一步推断并解析出地下介质的电性结构特征。

1.2 瞬变电磁法技术发展历程

瞬变电磁法技术起源于20世纪中期，伴随着地球物理勘探技术的持续进步与革新，这一技术作为一种新兴且高效的勘探手段，开始逐渐在勘探领域崭露头角并受到广泛关注。该技术最初主要应用于矿产资源的勘探领域，具体是通过精密观测地下介质在瞬变电磁场作用过程中所展现出的独特响应特征，从而科学推断出地下结构的具体形态及其性质。

在其发展历程中，瞬变电磁法依次跨越了多个具有里程碑意义的重要阶段。早期，由于仪器设备的精度存在局限性，加之数据处理技术尚不完善，瞬变电磁法的应用范围因此受到了一定程度的制约，同时其准确性也受到了相应的影响^[2]。随着电子技术及计算机技术的日新月异，瞬变电磁法所依赖的仪器设备经历了不断的革新与优化，其数据处理能力亦得到了显著而稳健的提升，这一系列进步使得瞬变电磁法日益成为一种具备高精度及高效率特性的地球物理勘探手段。

进入21世纪以来，瞬变电磁法技术在各个方面都取得了显著的进步，标志着其迎来了一个现代化改进与创新发展的新阶段。一方面，通过采纳诸如高分辨率数据采集系统、多通道并行处理技术以及先进的智能反演算法等前沿的信号采集和处理技术，瞬变电磁法的探测深度和分辨率实现了显著的增强与提升；另一方面，鉴于地质勘探需求的不断多样化与扩展，瞬变电磁法的应用范围也逐步延伸至非煤地下矿山隐蔽致灾因素的全面普查等关键领域，从而为矿山的安全生产工作提供了更为坚实和有力的技术支撑。

1.3 瞬变电磁法在地下矿山中的应用现状

瞬变电磁法在地下矿山的应用案例极为丰富，具体涵盖了从地表浅层至地下深部的各类矿产资源勘探活动，包括详细的水文地质调查，以及针对隐蔽致灾因素

的精确识别工作。在国内外众多地下矿山项目中,瞬变电磁法凭借其高精度和可靠性,成功且详细地揭示了矿体的具体形态、广泛的分布范围,以及地下水系错综复杂的三维结构,为矿山开采的精确设计和确保安全生产提供了极为宝贵且重要的参考依据。

2 瞬变电磁法在非煤地下矿山隐蔽致灾因素普查中的应用

2.1 瞬变电磁法技术参数的调整与优化

瞬变电磁法的技术参数,包括发射功率、接收灵敏度及数据处理算法等,其调整与优化过程是提高该方法在非煤地下矿山隐蔽致灾因素普查中效能的关键步骤。具体而言,发射频率的选择与调整是一个复杂的过程,它必须根据目标矿体的导电性能以及地下空间结构的独特特点来精细地进行^[3]。在导电性极佳的地层环境中,采用较低的发射频率能够更为深入地穿透地层;相反,在导电性能不佳的地层中,为了克服信号衰减,可能需要相应地提升发射频率,从而确保信号强度的有效增强。电流强度的优化是至关重要的环节,因为它直接关系到信号强度的提升以及探测深度的增加。在保证设备各部件稳定运行且不超过安全阈值的前提下,通过适度增加电流强度,可以显著提升信号的穿透能力和增强探测系统的灵敏度。

2.2 地质条件对瞬变电磁法的影响分析

地质条件的多样性、地层的非均质性以及地质构造的复杂性,均显著影响着瞬变电磁法的实际应用效果。在非煤地下矿山环境中,复杂多变的地质结构对电磁信号的传播路径和衰减程度产生了直接影响,进而在一定程度上干扰了探测结果的准确性。岩石因其导电性和磁性特性存在差异,这些差异进而使得信号在传播路径中的衰减程度各不相同,从而对信号的接收质量和解析精度提出了更为严格的要求^[4]。

瞬变电磁法在实际应用过程中,对于多源干扰的准确识别与有效排除,是确保测量精度与结果可靠性的关键环节。矿山环境中存在多种电磁干扰源,诸如高压电力线、运转中的机械设备等,这些干扰源产生的电磁波可能会与瞬变电磁法的信号发生叠加效应,进而对信号的清晰度和整体的可靠性产生不良影响。

2.3 瞬变电磁法数据的准确解释与实时反馈

瞬变电磁法数据的精确理解和准确阐释,对于确保地质普查结果的可靠性和准确性而言,是至关重要的。数据的准确性问题,特别是信号解析的精确度以及准确识别各类干扰因素,是其中的关键所在^[5]。为了提高数据解释的准确性,需运用诸如滤波和去噪等先进的信号处

理技术,这些技术能够有效地消除背景噪声以及异常信号的干扰,从而提升数据的纯净度和可靠性。

实时反馈机制的建立,通过及时提供关键信息和数据,对于显著提升普查工作的整体效率而言,是至关重要的。通过实时监测瞬变电磁法产生的数据变化,并进行深入的分析,我们能够迅速而准确地发现和识别出那些可能存在的潜在安全隐患。建立一套高效的数据传输和处理系统至关重要,该系统需确保数据能够以极高的速度和准确性传输至分析中心,并经历一系列快速且有效的处理流程,从而为决策提供强有力的支持。

3 瞬变电磁法在非煤地下矿山隐蔽致灾因素普查中的问题与对策

3.1 探测深度与分辨率的平衡问题

在瞬变电磁法被广泛应用于非煤地下矿山隐蔽致灾因素的全面普查过程中,如何有效平衡探测深度与分辨率之间的关系,成为了技术人员面临的一项核心挑战。探测深度是评估技术能否充分且有效地覆盖那些可能存在灾害风险的地下区域的关键因素,而分辨率的高低则直接关系到识别致灾因素时所能达到的精确度和细致程度。两者之间存在一种固有的权衡关系:提升探测深度往往是以牺牲图像的清晰度或细节分辨率为代价的,而试图提高分辨率时,又通常会导致探测深度的相应减少。这一平衡受到探测设备技术水平的直接影响,特别是发射功率的高低、接收灵敏度的强弱以及仪器本身信号处理能力的优劣等关键因素的限制^[6]。在实际操作中,需根据具体矿山的地质条件(如岩石类型、断层分布等)、潜在致灾因素(如地下水涌、瓦斯积聚等)的分布特征,以及明确的普查目的,合理且精确地设定技术参数(如探测深度、采样密度等),以确保达到最优的探测效果。探测结果的可靠性评估极为关键,需综合考虑地质背景知识的运用、历史数据的参考以及多次探测结果之间的对比分析,从而全面评估探测结果的精确性和可信度,以保障普查工作能够切实为矿山安全管理提供有力依据。

3.2 数据处理与解释的专业要求

瞬变电磁法在非煤地下矿山隐蔽致灾因素普查过程中,其数据处理与解释环节扮演着举足轻重的角色,对于确保普查结果的准确性至关重要。为确保数据的精确无误及高度可靠性,有必要开发并应用一系列高效且经过优化的数据处理算法。这些算法应当具备从瞬变电磁信号中精确捕捉有效信息的能力,同时有效地滤除各种噪声干扰,从而显著提升数据的信噪比水平。算法需具备良好的适应性特征,能够依据不同地质条件(如岩石类型、土层结构等)和多样化的探测需求(如深度、精度要

求)进行灵活且有效的调整。

现场操作人员的专业能力,包括其对数据处理工具的熟悉程度及运用技巧,以及技能水平的高低,均直接且显著地影响着数据处理结果的准确性和解释的有效性。必须加强对操作人员的专业培训,特别是在数据处理技术和瞬变电磁法理论知识方面,以提升其专业技能水平。培训内容应全面覆盖数据处理软件的操作技巧,诸如数据导入、清洗、分析及可视化等关键环节;同时,还应深入介绍数据质量评估方法,包括数据完整性、一致性和准确性的校验手段;此外,针对常见问题,也应提供详尽的解决方案,确保学员能够熟练掌握并应对各种挑战。

3.3 环境因素与安全法规的制约

环境因素,包括地质构造、地下水分布及岩性特征等,对瞬变电磁法在非煤地下矿山隐蔽致灾因素普查中的应用效果具有显著且不可忽视的影响。地下矿山面临的高温、极度潮湿以及瓦斯易积聚等复杂环境条件,对井下作业设备的长期稳定运行及高精度的探测能力构成了更为严苛的挑战。国家安全生产监督管理总局正式颁布的《非煤矿山安全生产规定》等一系列政策法规,详细规定了矿山安全风险评估与隐患排查的具体要求,并且为瞬变电磁法技术的实际应用提供了坚实的法律支撑和详尽的操作指导规范。然而,部分针对技术应用的法规条款,由于其严格性和具体规定,对瞬变电磁法技术的广泛应用和潜力发挥构成了一定的限制,从而缩小了其发挥空间。在实际应用中,应全面考虑诸如地形、气候等环境因素以及各类安全法规的严格约束,进而对技术方案进行精细化优化,以保障普查工作能够平稳且高效地进行。加强与环境保护、能源开发等相关部门的深入沟通协调,积极争取国家及地方政府的政策支持与资

金扶持,从而为瞬变电磁法技术的研发、应用及推广创造更加有利的社会与环境条件。

4 结论

本研究主要聚焦于瞬变电磁法在非煤地下矿山中进行隐蔽致灾因素普查的实际应用,通过全面且系统性地深入探讨与分析,最终取得了十分显著的研究成果。瞬变电磁法技术参数的调整与优化策略得到了明确。深入分析了不同地质条件如何具体影响瞬变电磁法的应用效果,并针对多源干扰提出了详细的识别技巧与有效的排除方法,同时,针对深部矿井信号衰减的难题,制定了针对性的应对策略。本研究不仅加深了对瞬变电磁法在非煤地下矿山普查中应用的理解和认识,详细阐述了其在不同地质条件下的应用效果及优势,同时也为相关领域的研究人员和实践工作者提供了宝贵的参考和借鉴。

参考文献

- [1]卢鹏,李辉,谢玉福,等.等值反磁通瞬变电磁法在矿山采空区隐蔽致灾水害勘查中的应用[J].世界有色金属,2024(6):169-171.
- [2]尹纪超,王慎利.瞬变电磁法在矿山巷道超前预报系统构建中的应用研究[J].黄金,2024(6):27-30.
- [3]李泽昆.金属地下矿山缓倾斜中厚矿体采矿方法优化选择及应用[J].中国金属通报,2024(1):26-28.
- [4]李泽昆.金属地下矿山安全高效采矿方法选择及应用[J].世界有色金属,2024(6):104-106.
- [5]贾浩,刘鹏涛,郭文斌,等.瞬变电磁TEM技术在地下电网检测中的应用比较研究[J].粘接,2024(5):165-168.
- [6]李菊红,孙彦良,娄佰信.瞬变电磁法在新疆哈密花岗岩地区寻找地下水资源中的应用[J].世界核地质科学,2024(3):540-549.