

探矿工程中地球物理勘探技术的应用研究

张国振

(内蒙古第五地质矿产勘查开发有限责任公司, 内蒙古 包头 014000)

【摘要】地球物理勘探技术在探矿工程中的应用研究对于地下矿产资源的勘探、评估和开发具有重要意义,而传统的机械、地质和化学勘探方法在勘探深度和准确性方面存在一定的限制,因此需借助地球物理勘探技术来获取更详细、准确的地下信息。基于此,文章简要分析了探矿工程的特点,并从地球物理勘探技术在探矿工程勘探中的应用优势出发,提出了具体的勘探应用措施。

【关键词】探矿工程;地质勘探;地球物理勘探技术;应用研究

随着矿产资源的不断枯竭和勘探深度的不断加大,机械、地质、化学等传统勘探方法已经无法满足对地下矿产资源的发现和评估需求,地球物理勘探技术作为一种重要的非破坏性勘探方法,因其高效、准确的特点而在探矿工程中得到广泛应用。地球物理勘探技术主要通过对地下物质性质的分析,以及对电磁、重力、磁力等物理场的测定,获取地下矿体的分布、形态和特征信息。然而,在实际应用中,地球物理勘探技术仍面临着准确性、分辨率和成本等方面的挑战。

一、基于地球物理勘探技术的探矿工程相关概述

(一) 探矿工程的概念

探矿工程是一门以地质学、工程学和经济学为基础,以开发和管理矿产资源为目标的工程学科,探矿工程涵盖了从矿产资源勘查和评估到矿山规划和设计、采矿工艺和技术、矿山安全与环境保护,以及矿产资源的管理和经济评价等各个方面。在探矿工程领域,矿石的开采和加工被视为关键工作,探矿工程师负责确定最佳的采矿方法和工艺流程,以及规划矿山的布局 and 设施,并进行矿石的采样和测试,以确定其品位和矿石的适宜加工方式,且需综合考虑保护矿工的安全,设计矿山的排水和通风系统,以确保矿山的安全运营。除了矿山的工程设计和实施,探矿工程还涉及矿藏的勘查和评估,探矿工程师一般可以使用地质、物理和化学方法来确定矿石的特征和资源量,评估其经济潜力,并充分考虑到市场需求、环境保护和可持续发展等因素,以制定合理的开发策略和可行的矿山经营计划^[1]。总之,探矿工程是研究和实践矿产资源开发和管理的综合性学科,涵盖地质学、工程学、经济学等多个学科的知识 and 技能,旨在寻找最佳的矿产资源开发方案,并确保矿山的安全、高效和可持续发展。

(二) 探矿工程的特点

探矿工程是一门综合性的学科,涉及地质学、工

程学和经济学等多个学科的知识 and 技能,且探矿工程作业环境复杂,存在着高风险和危险因素,可能面临地质灾害、事故风险、有害气体和粉尘等危险物质的存在,探矿工程师需具备广泛的专业知识和技术,以应对复杂的地质环境和矿产资源的开发需求,确保矿山作业的安全性和可靠性。矿产资源的开发通常需要进行长期的勘探、评估和规划,从矿产资源的勘查到开采和加工,整个过程可能需要几年甚至数十年的时间,探矿工程师需要在长周期的规划和管理中进行决策,并适应市场需求和技术变化。随着资源的日益稀缺和环境问题的日益突出,探矿工程也越来越强调可持续发展的理念,在矿产资源的开发过程中,探矿工程师需充分考虑到环境保护、社会责任和经济效益等多个方面的因素,以确保资源的可持续利用和矿山的可持续运营。探矿工程的目标是实现经济效益,探矿工程师需在满足资源勘探和开发需求的同时,考虑成本控制、投资回报和市场竞争等经济因素,并通过合理的技术和管理手段,在保证矿山安全和环境保护的前提下,以科学、可持续和经济的方式开发和管理矿产资源,实现最大化的经济效益。

(三) 地球物理勘探技术的概述

地球物理勘探技术是一种通过测量和分析地球物理场参数来了解地下地质结构和资源分布的方法,主要是利用地球物理学原理和方法,通过测量地球物理场数据(如重力、地磁、电阻率、声波等),进行数据处理、解释和成像,以获取地下地质信息的科学与技术^[2]。地球物理勘探技术常用于能源勘探(如石油、天然气)、矿产资源勘探(如金属矿产、煤炭、铀矿等)、地热能勘探、地质灾害预测、地下水资源调查与管理、环境调查与监测等领域。常见的地球物理勘探方法包括:(1)重力测量:通过测量地球重力场的微小变化,推断出地下地质体的性质与构造,用于识别密度异常、探测隐伏矿脉等。(2)地磁测

量：通过测量地球磁场的强度、方向变化，识别出地壳下的地磁异常，推断出地下矿脉、构造体等信息。

（3）电法测量：通过测量地下电阻率的分布及变化，推断地下岩石、泥土、地下水及矿体等特征，常用的电法勘探方法包括直流电法、交流电法、自然场电法等。（4）地震勘探：通过激发和接收地震波，研究地震波传播与反射特性，获得地下岩层的速度、密度、厚度等参数，识别构造、地层和潜在的矿体，常用的地震勘探方法包括地震折射、地震反射、地震层析等。此外，还有地热测量、磁法测量、电磁法测量、辐射测量等地球物理勘探方法，每种方法都有其适用范围和特点，随着技术的不断进步和创新，地球物理勘探技术正朝着数字化、高精度、高分辨率的方向发展，为地下地质结构和资源勘探提供更可靠、准确的数据和解释结果。

（四）地球物理勘探技术在探矿工程中的应用优势

地球物理勘探技术不需要进行地质钻探等破坏性操作，对矿山环境的破坏较小，通过远距离的测量和数据分析，以获取地下地质信息，避免了直接干扰地下结构的风险，同时减少了勘探成本和时间。地球物理勘探技术通常具有高效性和快速性，勘探设备和仪器可以迅速进行测量和数据采集，且数据处理和解释的方法也越来越快速和自动化，加速了数据的获取和分析过程，便于探矿工程师更快地获得关键地质信息，并进行及时的决策。同时，地球物理勘探技术具有较大的覆盖面积，一次测量便可涵盖较大的勘探区域，且可提供较为连续的地下结构数据，对于规模较大的矿产资源的勘探和评估具有重要意义，可以更好地把握勘探区域整体情况。地球物理勘探技术还可提供多种参数的数据，如地磁、电阻率、重力、声波等，提供关于地下构造、岩性、矿体和岩石性质等多方面的信息，并通过对不同参数进行综合分析，更准确地推断地下矿体的位置、形态和规模，从而提高矿产资源勘探的效率和准确性^[3]。地球物理勘探技术还可适应各种地质条件，包括陆地和海洋等，无论是在高山、平原、海域还是深海，地球物理勘探技术都可以进行地下地质结构的测量和分析，为不同地质环境下的矿产资源开发提供支持，提高勘探效率和准确性，降低开采风险，促进矿产资源的可持续利用。

二、地球物理勘探技术在探矿工程中的应用措施

（一）实地勘探测量

在利用地球物理勘探技术进行探矿工程探测时，其一，可利用重力测量探测地下的密度异常，推测可能存在的矿体，通过测量和分析重力异常，以确定矿体的位置、形态和规模，指导矿体的勘探和开采。其二，电法勘探利用地下岩石的电阻差异来探测矿

体，通过施加电流并测量电压之间的差异，推断地下岩层、矿床等的电阻特征，为矿体的勘探和开采提供信息；而地震勘探则是利用地下地震波的传播和反射特征，研究地下岩层、地质构造等，提供关于地质层、构造、储层等的信息，用于矿床的勘探和评估。其三，地磁测量可用于探测地下的磁性矿体，通过测量地磁场的强度和方向变化，推断地下可能存在的磁性矿体的位置和形态，为矿体的勘探提供定位信息；地电磁测量则可用于探测地下的电性和导电性差异，通过测量地电磁响应信号，推断地下岩石、矿体等的电性特征，为矿床的勘探提供信息。其四，可采用辐射测量勘探技术，如伽马射线测量，用于探测放射性矿床和核矿山，通过测量地表或矿石的辐射水平，推断地下放射性元素的分布和含量。此外，传统的地球物理勘探主要以二维方式进行，以获取地下结构的剖面图，未来还可在三维和四维方向上进行勘探，获取地下结构的立体图像和演化过程，并通过综合利用多种物理场勘探方法和先进的数据处理技术，更准确地揭示地下矿体的空间形态和演化规律^[4]。并且，在进行探矿工程勘探时，还需根据具体情况和勘探目标进行选择和应用地球物理勘探技术，采取合适的探测方法和参数，以获得更全面、准确的地质信息，并确保勘探成果的可靠性和准确性，用于后续的矿产资源勘探、评估和开发工作。

（二）数据采集与分析

在进行探矿工程地球物理勘探时，所使用的仪器设备需要提前准备和校准，确保仪器的正常工作状态和精确度，并根据勘探区域的特点和勘探目标，进行测点的布设，测点的布设应遵循规范，均匀分布，具有代表性，测点的间距和密度应根据具体情况进行调整 and 安排。同时，在每个测点上，使用合适的仪器进行数据采集，并根据所选择的地球物理勘探技术，按照测量方法进行相应的观测和记录。数据采集包括观测点位的定位、观测量的测量、实时数据记录等。对于所采集到的矿产数据，还需通过 USB、无线传输等技术将数据传输到计算机或数据处理设备，对原始数据进行备份，以防数据丢失或损坏，并对采集到的原始数据进行预处理，包括数据的校正、滤波、去除异常值等，以及仪器漂移的校正、噪声的去除等。基于所收集到的数据，还需进行进一步解释和分析，一般而言，对于重力、电磁等勘探数据，可通过反演或模拟计算，恢复地下岩层或矿体的特征；而对于地震勘探数据，则可进行地震剖面解释、横向切片等分析方法。此外，还需根据数据解释和分析结果，生成相应的地质剖面、等值线图、三维模型等图像，以展示地下地质信息和矿产资源的潜在分布，通过与地质观察、钻孔数据对比验证。最后，积极应用人工智能、

机器学习和数据挖掘等技术,对数据进行深入分析,并对解释结果进行修正和调整,结果整理成报告形式,包括矿产资源评估、勘探建议、地质说明等内容,为后续的矿产开发提供指导。

(三) 矿产资源深入评估

矿产资源深入评估是指在地球物理勘探的基础上,进一步对矿产资源进行详细评估和量化分析,以确定其储量、质量、开采可行性等关键参数。基于已经采集、分析的勘探数据,还需进行深入研究分析,将地球物理勘探数据与其他地质、地球化学等数据进行整合,通过综合分析和解读,推断出矿体的空间分布、岩性、厚度、深度等特征,并结合地质模型,对地下矿物资源进行预测和估算。同时,根据地球物理勘探数据,结合地质学和地球物理学原理,计算矿体的参数,例如根据重力数据,计算矿体的密度;根据电磁数据,计算矿体的导电率。其次,根据矿体参数计算结果,结合地质模型,进行矿产资源量估算,一般可使用多种估算方法,如等高线法、容积法、三角剖面法等,用于矿产资源的评价和分类,并作为后续矿产开发的依据。在资源量估算的基础上,还需进行储量评估,包括可采储量、探测储量等,依据资源的分布、岩石性质、矿体形态等因素,考虑矿石回收率、采矿方法、采矿工艺等因素,对储量进行修正和调整,并分析矿产资源评价指标,如品位、含量、易采性、矿石品质等,通过计算和分析,评估矿产资源的质量和可采性,为后续开采和加工提供参考。在深入评估过程中,需进行开发可行性评估,综合考虑矿产资源的勘探成本、开采成本、市场需求等因素,评估资源的经济价值和开采可行性,并利用经济学和工程学方法,综合考虑投资回报率、投资风险等因素,进行经济效益评估,为后续矿产开发提供决策依据^[5]。需要注意的是,评估过程中应考虑到数据的可靠性和不确定性,并与其他地质、工程和市场因素进行综合分析和解读,以减少评估风险并提高评估结果的可靠性。

(四) 积极结合其他技术

在矿产资源深入评估过程中,除了地球物理勘探数据外,还可以结合其他技术和方法进行综合分析和评估。例如,采用地质勘查技术,对地下岩石、矿产资源形成演化过程和分布规律进行综合研究,通过野外地质调查、钻探、岩芯分析、地质剖面等手段,获取更详细和全面的地质信息,补充和修正地球物理勘探数据,提高评估结果的可靠性。其次,可采用地球化学勘查技术,以地下矿产资源成矿作用和地下环境中元素的分布为基础,通过野外采样、实验分析等手段,获取元素、同位素等地球化学信息,并结合地球物理勘探结果,进行地质体和矿化体的赋存范围划

定、物探目标区域确定等,提供矿产资源含量、品位等评价指标。遥感技术则是通过获取地球表面的遥感图像和信息,对地表特征进行解译和分析,应用各种传感器获取的卫星遥感、航空摄影等数据,对地貌、植被、土壤类型、地表变形等进行识别和量化分析,辅助地球物理勘探数据的解释和矿产资料的补充。地下水勘探是研究地下水分布、水力条件及水资源量的技术,通过地下水位监测、地下水抽水试验和水文地质调查等手段,获取地下水信息,结合地球物理勘探数据,了解地下水影响矿产资源分布、成矿物质运移等因素,为矿产资源评估提供参考。此外,还可利用数学和计算机技术,对地球物理勘探数据进行处理、模拟和反演,以获得更详细和准确的地下地质信息,且数学建模和模拟还可以优化参数计算、改善解释结果,并进行矿床成因和资源分布的数值模拟和预测,提高评估结果的精度和可靠性,为矿产资源的开发利用和管理决策提供科学依据。

结语

综上所述,地球物理勘探技术在探矿工程中的应用研究具有广阔的前景和潜力,其具有非侵入性、快速高效、大范围覆盖、多参数综合分析和适应性强等优势,可帮助探矿工程师更好地了解地下地质结构和资源分布,指导资源勘探与开发,提高勘探效率和准确性,降低开采风险,促进矿产资源的可持续利用。同时,进行探矿工程实地勘探测量,利用重力测量、电测勘探、地震勘探等方法,以确定矿体的位置、形态和规模,并对所采集到的数据进行进一步分析处理,深入评估矿产资源,确定其储量、质量、开采可行性等关键参数。此外,还可结合其他技术,如地质勘查技术、遥感技术和计算机技术,获得更详细和准确的地下地质信息,为矿产资源的开发利用提供科学依据。

参考文献:

- [1] 闫晶晶,张松,郑学贤等.地球物理勘探技术在CCUS工程中的应用与前景[C].中国石油集团东方地球物理勘探有限责任公司,2022:4.
- [2] 杜现福.探矿工程中地球物理勘探技术的应用研究[J].世界有色金属,2022,(01):68-70.
- [3] 朱莹,张萍,王小明等.地球物理勘探技术在环境工程中的应用研究[J].绿色科技,2019,(24):68-73+78.
- [4] 黄族丰.地球物理勘探技术的发展及应用[J].世界有色金属,2016,(15):154+156.
- [5] 陶波,伍法权,底青云等.地球物理综合勘探技术在南水北调工程中的应用[J].中国石油大学学报(自然科学版),2006,(03):30-35.