

矿山资源勘查中的地球物理探测技术研究

刘 雷

徐州铁矿集团有限公司镇北铁矿 江苏徐州 221000

摘 要: 随着我国经济和社会的迅速发展,对矿产资源的需求不断增加,高效、精确的勘察就显得愈发重要。地球物理探测技术以其特有的优势,在矿产资源勘察中发挥着重要作用。本文就针对地球物理探测技术原理及分类,应实际应用,发展趋势及今后进一步的优化措施展开分析,以期进一步推动矿山资源勘查的精细化、全面化。

关键词: 矿山资源;地球物理探测;技术需求

引言

矿山是我国经济发展的重要基础。但是,随着不断的发展、开采,浅部易采的传统矿床已日趋枯竭,因此,寻找深部及隐伏矿体越来越重要。地球物理探测技术通过研究地球物理场的变化来推断地下地质结构和矿产分布,具有高效、快速、非侵入等特点,能够在复杂地质条件下为矿山资源勘查提供关键信息。

一、地球物理探测技术原理及分类

1. 重力勘探技术

重力勘探的基本原则是根据地球重力场的分布,根据不同岩层和矿体的密度差来确定。地球的重力场并非均匀不变,因为岩层与矿石的密度差异,会导致重力场产生局部异常变化。利用重力计等高精度重力观测设备,对地表任意一点的重力进行准确测定,并对其进行反演,从而推测出该地区的构造形态、深度和可能存在的矿体。比如,如果有高密度的金属矿体,则这一地区重力场就会比周边地区高,从而产生正重力异常;反之,而低密度的地质体,如空洞或低密度岩层,就可能产生负重力异常。在找矿过程中,利用重力勘探技术,可以对可能的成矿构造进行圈定,为下一步的找矿工作奠定基础。

2. 磁力勘探技术

地球本身就存在着一种自然磁场,各种岩石、矿物之间的磁学性质的差异,会对自然磁场造成一定的扰动,进而导致磁场的异常。磁力勘探技术就是利用这一特点,通过地磁仪对地表或大气中的磁场进行探测,从而确定磁铁矿、磁黄铁矿等存在磁差异的地质体。这些磁性矿体往往会引起明显的磁异常,通过对磁异常数据的详细分析和处理,能够确定磁性矿体的位置、规模和走向。例如,航空磁力勘探能迅速、大范围地获得区域磁场信

息,找出可能的矿点;而地面磁力勘探技术可以实现对关键地段的精确测绘,更好地揭示矿体的形态特征,为矿产资源勘查提供高精度的数据支撑。

3. 电法勘探技术

电法勘探是利用了岩石与矿物之间的电性差异,如电阻率、极化率等。当向地下施加电场时,不同电性的地质体会对电场分布产生影响,通过测量电场的变化来推断地下地质结构和矿体分布。电阻率法是电法勘探的一种重要手段,它是利用地层中不同岩层、矿体之间的电阻率差,利用大地上两点之间的电位差,计算出视电阻率,得到地层中的电阻率分布图像。激发极化法主要利用岩石和矿石在人工电场作用下产生的激发极化效应,通过二次电位的变化来判别不同极化率的地质体,从而实现对浸染型和块状矿体的有效鉴别。电法勘探技术在寻找金属矿产和地下水、解决地质构造等领域有着广阔的应用前景。

4. 地震勘探技术

地震勘探采用的是人工激发的地震波在地层中传播时,碰到具有不同弹性属性的地层,会产生反射、折射、透射等特征,从而实现对地下地质构造的探测。通过在地表布设地震检波器,对反射或折射的地震波信号进行采集、处理和分析,包括地震波速度分析、偏移成像等,可以准确地描绘出地层的分层结构、断裂位置和矿体的空间展布。在石油和天然气勘探中,地震勘探已经较为成熟,尤其是最近几年,其在金属矿产勘查中的地位日益突出。

二、地球物理探测技术在矿山资源勘查中的应用实例

1. 重力勘探在某铁矿勘查中的应用

在国内某铁矿勘查项目中,应用重力勘探进行勘察。

由于该区的地质结构较为复杂，表层土层厚度很大，常规的勘探手段很难对其进行有效的探测。在研究区域内，利用高精度的重力观测，获取了大量的重力数据。通过对重力数据的处理与分析，找出显著的正重力场异常区。结合已有的地质数据，初步判断为深部高密度的铁矿体引起。在此基础上，对异常中部进行了钻探验证，在预定深度内找到厚大的铁矿体，矿石品位较高，具有良好的开采价值。该项目的实施说明，利用重力勘探可以在复杂的地质环境中，对可能的矿资源进行精确定位，大大提高了勘查效率，降低了勘探成本。

2. 磁力勘探在镍矿勘查中的应用

在某镍矿勘查项目中，磁力勘探技术成为关键手段。镍矿床多与基性-超基性岩关系紧密，且多为强磁性物质。在勘探前期，利用航空磁力勘探技术，对大范围地区进行快速探测，获得该区的磁场分布情况。通过对航空磁测资料的处理与分析，确定一些具有代表性的磁异常区。在此基础上，对若干关键异常区进行详细的地面磁测工作。通过地面磁力勘察，确定该区磁异常的分布范围及性质，并结合已有的研究成果，初步判断为基性-超基性岩石所致。随后，在重点异常区域开展钻探验证，成功发现了镍矿体。

3. 电法勘探在铜矿勘查中的应用

在某铜矿勘查区，电法勘探技术得到了充分应用。该区的铜矿床以硫化物成矿为主，表现为显著的低电阻率和高极化率特征。利用激发极化法和电阻率法相结合的方法。首先，利用激电法对大范围地区进行探测，找出极化率较高的地区，并对其赋存于其中的硫化物矿床进行初步研究。同时，采用电阻率方法对异常区进行精细的测深，并深入研究其空间展布规律，并将其与周边岩体区分开来。通过对电法数据进行精细的处理与解释，绘制出地下矿体的大致形态和分布范围。经过钻探验证，在电法异常区域发现了厚层的铜矿体，矿石中铜含量较高。

4. 地震勘探在金矿勘查中的应用

某金矿找矿工程中，因地质结构复杂，矿体埋深大，形状不规则，用传统的勘探手段很难对其进行精确定位。在工程中引进地震勘探技术，将在勘探范围内布设多条地震测线，以可控震源激发地震波，用检波器接收回波。利用地震波速度分析、偏移成像等方法，获得了高精度的地下结构剖面。在该剖面上，可以清楚地反映出金矿的地层构造、断裂分布和与金矿有关的地质异常体。在此基础上，将已有的研究成果与其它物探技术相结合，

对上述异常进行综合分析，从而确定了金矿的可能存在部位。经钻孔证实，预测部位已找到金矿，规模、品位均达到预期。

三、地球物理探测技术面临的挑战

1. 地质条件复杂性带来的干扰

地质环境的复杂程度极大地影响着物探方法的精度与效率。在复杂地质条件下，岩体、矿体等物性参数具有很大的空间变异性，且各地质体物性差别较小，这就造成地球物理探测技术的不显著性，增加了数据解释的难度。如某些区域岩石类型交错分布，地质结构复杂，各岩石物性参数之间相互影响，导致重、磁、电等地球物理参数异常，无法精确地反映出矿区的实际状况。另外，受地形起伏、地下水位波动、人为活动等多种因素的影响，使得数据获取与解释的复杂程度大大提高，导致物探方法在复杂地质环境中的应用效果不佳。

2. 数据解释的多解性问题

地球物理探测数据的解释存在多解性，这是该技术面临的一个重要挑战。由于不同的地质体或构造会形成类似的地球物理异常参数，因此，只根据单个的地球物理异常很难精确地判断出其具体的属性、形态及位置。如：一个重力正异常，可能来自于深部致密的矿体，也可以来自于地壳深处的地质结构改变，造成致密岩层的加厚；类似地，一个磁异常可能与磁性矿体有关，也可能是由具有磁性的火山岩侵入体引起。这一多解性问题导致物探资料解释必须充分利用已有的地学知识与实践经验，并充分利用多元地质资料及物探手段，对资料进行多次验证与分析，增加了数据解释的难度和不确定性，在一定程度上影响了地球物理探测技术在矿山资源勘查中的应用精度和可靠性。

3. 技术设备的局限性

虽然物探技术在不断进步，但目前的技术设备仍存在一些局限性。目前，一些物探技术的检测精度与分辨率尚不能适应深部、复杂矿体的勘查要求。比如，针对深部弱地球物理信号的检测，目前的仪器灵敏度还不够高，不能很好地捕获其中蕴含的重要信息。另外，由于受地形和地质等条件的限制，部分技术设备的使用范围受到限制。如，在地形复杂的山地，或沙漠、沼泽等不利于地震波传播的区域，地震资料的获取与处理困难，制约了其应用效果。另外，由于物探仪器的昂贵，尤其是高精度和高性能的仪器设备，使其在大范围的勘探中的推广使用受到很大的制约，因此，急需开发低成本、高性能的物探仪器，以促进物探技术的普及。

4. 专业人才短缺问题

地球物理探测技术是一门综合性较强的学科,涉及地球物理学、地质学、数学、物理学以及计算机科学等多个领域的知识。当前,该方面的专业人才资源紧缺。我国物探技术人才培养周期长、费用高,而相关专业招收的人数又比较少,造成人才供给的短缺。同时,物探技术的飞速发展对人才的需求也越来越大,目前的工作人员还在不断地学习、掌握新的技术方法和数据处理方式,但是,受训练机会的限制,一些人很难适应新的技术发展。由于缺乏专门的勘探人员,使得物探技术的普及与应用受到很大的限制,从而影响了物探工作的质量与效率。

四、地球物理探测技术发展趋势

1. 多技术融合与综合应用

综合物探技术应用是今后物探技术发展的必然趋势。单个物探技术由于受地质条件、检测对象等因素的制约,具有较大的局限性。而将重力、磁力、电法、地震等多种物探手段相结合,对各种手段所获得的数据进行综合分析,可以更加全面、准确地了解矿区的地质构造及成矿规律。例如在复杂地质地区,可以先采用重力、磁力勘探技术,对矿区进行大范围探测,划定可能的含矿区;然后,采用电法勘探,对矿体进行电性分析;最后,通过地震勘探技术,精细描绘出矿区的地质结构及矿体形态,实现多学科的联合探测,以提高勘查精度与成功率。多技术融合还能实现不同地球物理参数之间的相互验证和补充,减少数据解释的多解性,为矿山资源勘查提供更可靠的依据。

2. 高精度与高分辨率技术发展

随着科学技术的发展,对地球物理探测技术的精度和分辨率要求越来越高。在重力探测领域,新一代高精度重力仪器的研制与应用,可达到微格量级重力测量的精度,并能更准确地捕捉到弱重力异常,从而帮助寻找到更深、更隐蔽的小型矿体。在磁力勘探方面,利用高精度的磁强计和先进的数据处理方法,可以有效地提高磁异常的分辨能力,在复杂的地质环境中精确识别弱磁异常,从而为寻找矿资源奠定基础。电法勘探和地震勘探也在不断提升测量精度和分辨率,通过改进仪器设备、优化观测方法和数据处理技术,使之能更好地反映矿区的精细构造与界面,从而更好地指导矿产资源勘查工作,以满足深部、复杂矿床的探测需要。

3. 智能化与自动化数据处理分析

随着大数据、人工智能、机器学习等领域的飞速发

展,物探数据的处理与分析将向着智能化和自动化方向发展。传统的数据处理方法依赖于人工,并且主观因素影响较大,存在效率低下、易受人为干扰等问题。通过采用深度学习神经网络等人工智能算法,可以实现对大量地质资料的自动分析与解译,并对其中的异常特性与规律进行快速辨识,并对矿体的空间分布与规模进行预测。同时,该系统还可以针对不同的地质情况及勘探对象,对资料进行优化处理,从而提高资料处理的效率与精度。

4. 深部与复杂地质条件下的技术创新

随着我国浅部矿产资源的逐步枯竭,矿产资源勘探也将逐步向更深层、复杂地区转移。为解决深部地质体探测深度大、信号衰减大的难题,亟需发展新的物探新技术与新方法。例如,发展大功率、长周期的电磁发射源和高灵敏度的接收设备,以提高电磁法对深部矿体的探测能力;开展适合于深层地质情况下的地震波激发与接收方法的研究,提高地震探测对深层构造的成像能力。在山区、厚盖层、复杂地质结构等复杂地质情况下,对物探方法的适应性提出更高的要求。比如,利用无人飞行器携带物探设备,解决由于山地环境复杂而无法进行地表勘查的难题;研究适用于复杂地质环境的资料处理与解译方法,有效去除干扰,精确提取有效地质信息,为我国深部及复杂地质环境下的矿产资源勘探提供技术支持。

结语

地球物理探测技术在矿山资源勘查中具有不可替代的重要作用,利用重力、磁力、电法、地震等多种勘探方法,可以为不同地质条件下的矿产资源勘探提供重要的信息,从而有效地提高矿产勘查的效率和精度。在今后的发展过程中,需要不断注重实际应用中的经验积累和总结,持续完善地球物理探测技术体系,为保障国家矿产资源安全和可持续发展提供强有力的技术支持。

参考文献

- [1] 陈强强, 雷薪雍, 黄相岩, 等. 基于地球物理勘查技术的煤矿采空区探测研究[J]. 煤炭技术, 2024, 43(04): 95-101.
- [2] 杨华燊. 地球物理勘查技术在探测煤矿采空区中的运用[J]. 内蒙古煤炭经济, 2024, (02): 184-186.
- [3] 张淑婷. 地球物理勘查技术在探测煤矿采空区中的应用[J]. 物探与化探, 2022, 36(S1): 83-87.