

新形势下地质矿产勘查技术研究

毛友亮

陕西地矿汉中地质大队有限公司 陕西 汉中 723000

摘要：地质矿产勘查对资源安全、经济增长及科技进步意义重大，但面临环保、深部勘查及信息技术融合等挑战。传统勘查技术存在局限，而量子地球物理勘查、高光谱遥感、纳米材料辅助勘查及智能勘查机器人等先进技术能高精度、精细识别地质体，自主作业于复杂环境。技术融合将提升勘查效率、降低成本、增强可靠性，为矿产资源需求提供坚实保障，推动地质矿产勘查领域不断进步，满足社会发展需求。

关键词：新形势；地质矿产；勘查技术

引言

在全球资源格局深刻调整、生态理念深入人心及科技日新月异的当下，地质矿产勘查行业站在了变革的关键节点。矿产资源作为经济发展的支柱，其勘查技术的革新刻不容缓。既有环保压力促使勘查绿色转型，又有深部找矿需求倒逼技术升级，加之信息技术浪潮的冲击，亟需全面审视勘查技术现状，探索契合新形势的发展路径，以应对挑战、把握机遇。

1 地质矿产勘查的重要性及新形势特点

1.1 地质矿产勘查的重要性

（1）矿产资源是国家经济发展的重要物质基础，广泛应用于工业、建筑、能源等多个领域。通过有效的地质矿产勘查，能够发现新的矿产资源储量，为国家的资源安全提供坚实保障，确保各行业的持续稳定发展。

（2）地质矿产勘查工作的开展，不仅能够带动勘查设备制造、技术服务等相关产业的发展，还能促进矿产资源开发后的上下游产业链延伸，创造大量的就业机会，对区域经济增长具有显著的拉动作用。

（3）勘查过程中需要运用到多种先进的技术和方法，这推动了地球科学、信息技术、材料科学等多学科的交叉融合与发展。新的勘查技术和理论不断涌现，为人类认识地球、开发资源提供了更有力手段。

1.2 新形势特点

（1）随着全球对环境保护的关注度不断提高，地质矿产勘查活动需要更加注重生态环境保护。在勘查过程中，必须采取有效的措施减少对土地、水资源、植被等的破坏，实现资源开发与环境保护的协调发展。

（2）经过长期的勘查开发，浅部、易发现的矿产资源逐渐减少，地质矿产勘查工作逐渐向深部、复杂地质条件区域转移。这些区域的地质构造复杂，勘查难度大，对勘查技术的精度和适应性提出了更高要求。

（3）大数据、人

工智能、物联网等信息技术在地质矿产勘查中的应用越来越广泛。通过信息技术与勘查技术的深度融合，可以实现对勘查数据的高效采集、处理、分析和共享，提高勘查工作的效率和决策的科学性。

2 传统地质矿产勘查技术

2.1 地质填图技术

地质填图是通过在地表地质现象进行系统观察、测量与记录，进而绘制地质图件的基础性工作。其主要方法涵盖路线地质调查与地质剖面测量。在路线地质调查中，地质工作者依据预先设定的路线，沿着露头良好、地质现象丰富的路径行进，详细观察岩石的岩性、结构、构造、产状等特征，并精确测量岩层的厚度、走向与倾角等参数。地质填图能够直观展现区域地质构造格局与地层分布规律，为后续的矿产勘查工作奠定坚实的基础。通过地质图，可清晰识别褶皱、断层等构造形态，明确不同地层的接触关系，为分析成矿地质条件提供重要线索^[1]。然而，地质填图工作效率相对较低，受地形地貌、植被覆盖等自然因素影响显著。在山区、森林茂密地区或沙漠地带，地形崎岖复杂、露头稀少或被植被、沙层覆盖，导致地质观察难度增大，工作进度受阻。此外，地质填图主要获取的是地表地质信息，对于深部地质结构的了解极为有限，难以满足当前向深部找矿的需求。

2.2 地球物理勘查技术

（1）重力勘查利用重力仪精确测量地球表面重力场的变化。由于不同岩石和矿体的密度存在差异，这种密度差异会导致重力异常现象。一般而言，密度较大的岩石或矿体，如金属矿脉，会引起相对较高的重力异常；而密度较小的岩石，如页岩、砂岩等沉积岩，产生的重力异常相对较低。通过对重力异常数据的采集与分析，能够推断地下地质构造的形态与分布，以及可能存在的

矿体位置。但重力异常的解释具有多解性,单一的重力异常往往难以准确确定矿体的具体位置、形态和规模。因为多种地质因素都可能导致重力异常,如不同岩性地层的分布、地质构造的变化等,所以需要综合其他勘查手段,如地质填图、磁力勘查等,进行联合分析,以提高解释的准确性。(2)磁力勘查基于岩石和矿体的磁性差异展开。岩石的磁性主要取决于其中所含磁性矿物的种类、含量及分布状态。磁性矿物含量高的矿体或地质构造,如磁铁矿矿体、基性岩浆岩侵入体等,会引起明显的磁异常。通过测量地磁场的变化,获取磁异常数据,经过数据处理与分析,能够识别出磁性地质体的分布范围与形态特征。在磁铁矿勘查中,磁力勘查发挥着重要作用,能够快速圈定磁异常区域,极大地缩小找矿范围,提高勘查效率。然而,磁力勘查容易受到地表磁性干扰因素的影响,高压线、磁性岩石、金属构筑物等都会产生附加磁场,干扰测量结果,导致磁异常数据的解释复杂化。为减少干扰,在勘查过程中需采取一系列措施,如合理选择测量时间以避开高压线等电磁干扰源的活动高峰期,对测量数据进行校正处理,去除干扰信号,从而提高勘查结果的准确性。

2.3 地球化学勘查技术

(1)土壤地球化学测量是通过采集土壤样品,分析其中微量元素的含量与分布特征来寻找矿产资源。矿体在长期的风化作用下,其中的金属元素会逐渐释放并分散到周围土壤中,使土壤中这些元素的含量出现异常升高。该方法广泛应用于各类矿产勘查,但易受土壤类型、气候条件、地形地貌等因素影响。不同类型的土壤对元素的吸附、迁移能力不同,会导致元素含量的背景值差异较大;在湿润多雨地区,元素易随雨水淋失,影响异常的准确性;地形起伏较大的区域,土壤侵蚀和堆积作用强烈,也会干扰元素的正常分布。此外,土壤地球化学测量需要采集大量样品并进行实验室分析,工作量大,成本较高。(2)水系沉积物地球化学测量利用水系沉积物中元素的分布与上游矿体的关系来寻找矿产。矿体风化后产生的金属元素会随水流搬运,并在水系沉积物中富集。在水系发育的地区,通过采集水系沉积物样品,分析其中元素含量,能够快速发现大面积的地球化学异常。由于水系具有良好的连通性,水系沉积物地球化学测量可以在较大范围内捕捉到与矿体相关的信息,对于寻找流域内的矿产资源具有重要意义。然而,该方法受水系分布和水流搬运作用影响显著。水系的走向、流量、流速等因素会改变元素在水系沉积物中的分布规律,导致异常的形态和强度发生变化。同时,在河

流交汇、分流等复杂地段,元素的迁移和富集过程更为复杂,增加了异常解释的难度。此外,水系沉积物样品的采集需要考虑水系的完整性和代表性,对采样点的选择要求较高。

3 新形势下先进地质矿产勘查技术

3.1 量子地球物理勘查技术

量子地球物理勘查技术基于量子力学原理,利用量子传感器实现对地球物理场的超高精度测量。传统地球物理传感器受限于物理噪声和测量精度,对微弱地质信号的检测能力有限,难以满足深部、隐伏矿体勘查的需求^[2]。量子传感器,如原子磁力仪、超导量子干涉仪等,具有极高的灵敏度和分辨率,能够探测到极其微弱的磁场、重力场变化。以原子磁力仪为例,它利用原子在外磁场中的量子跃迁特性,通过精确测量原子能级的变化来感知磁场的微小变化,其灵敏度可达皮特斯拉级别,比传统磁力仪高出几个数量级。量子地球物理勘查技术具有探测深度大、分辨率高、抗干扰能力强等显著特点。在深部矿产勘查中,能够有效穿透厚层覆盖和复杂地质构造,实现对深部地质体的精细成像,准确识别与矿体相关的地质构造和地质体边界,为深部找矿提供强有力的技术支持。

3.2 高光谱遥感勘查技术

高光谱遥感技术通过获取地物在连续光谱范围内的反射、发射光谱信息,实现对地质体的精细识别与分类。与传统遥感技术仅基于少数几个离散波段进行地质信息提取不同,高光谱遥感具有波段数量多、光谱分辨率高的特点,能够捕捉到地质体在光谱特征上的细微差异。根据传感器的工作波段范围,高光谱遥感可分为可见光-近红外高光谱遥感、短波红外高光谱遥感和热红外高光谱遥感等类型。可见光-近红外高光谱遥感主要利用地物在0.4-1.1 μm 波段范围内的光谱反射特征,对岩石、土壤、植被等地物进行识别;短波红外高光谱遥感则侧重于1.1-2.5 μm 波段,该波段对矿物的识别具有独特优势,能够有效区分不同类型的矿物;热红外高光谱遥感通过测量地物在8-14 μm 波段的热辐射特征,获取地物的温度信息,用于地质构造分析和矿产勘查。

高光谱遥感技术在地质矿产勘查中具有多方面优势。首先,它能够准确识别岩石类型、矿物成分及蚀变信息。每种矿物都具有独特的光谱指纹,通过分析地物光谱曲线的形状、位置、强度等特征,可精确识别矿物种类,如利用高光谱数据能够准确区分石英、长石、云母等常见造岩矿物,以及与成矿相关的蚀变矿物,如高岭土、绢云母、绿泥石等。其次,高光谱遥感在大面

积、快速勘查中效率极高,可通过卫星或飞机搭载的高光谱传感器,在短时间内获取大面积区域的地质信息,为矿产资源的宏观调查与评价提供有力支撑。此外,高光谱遥感数据可与其他勘查技术数据进行融合分析,进一步提高勘查结果的准确性和可靠性。

3.3 纳米材料辅助勘查技术

纳米材料由于其独特的物理化学性质,在地质矿产勘查中展现出广阔的应用前景。纳米材料具有巨大的比表面积和特殊的表面活性,使其能够与周围物质发生强烈的相互作用。在地球化学勘查中,纳米材料可作为高效的吸附剂用于富集和分离痕量金属元素。例如,纳米金颗粒对某些重金属离子具有强烈的吸附作用,其表面的原子具有不饱和键,能够与溶液中的金属离子发生化学反应,形成稳定的化学键,从而实现金属离子的高效吸附。此外,纳米材料还具有良好的光学、电学性能,可用于制备高性能的传感器,实现对地质环境参数的快速、灵敏检测。在地球化学分析方面,纳米材料能够显著提高分析灵敏度和检测限。传统地球化学分析方法对极低含量金属元素的检测灵敏度较低,而利用纳米材料作为吸附剂,可将样品中的痕量金属元素富集到可检测水平,为地球化学分析提供更准确的数据。在钻探工程中,纳米材料可用于制备高性能钻井液,改善钻井液的流变性能、润滑性和抗温性能。例如,将纳米二氧化硅添加到钻井液中,能够增强钻井液的稳定性,降低其在高温高压条件下的黏度变化,提高钻探效率与安全性。在地质环境监测领域,纳米传感器能够实时监测勘查过程中地下水水质、土壤污染等环境参数的变化,为环保型勘查提供技术保障,实现勘查与环境监测的一体化。

3.4 智能勘查机器人技术

智能勘查机器人集成了机器人技术、人工智能、传感器技术等多学科前沿技术,能够在复杂地质环境下自主完成勘查任务。智能勘查机器人系统主要由机器人本

体、传感器模块、控制模块和通信模块组成。机器人本体采用适应不同地形的设计,如具备履带式或多足式行走机构,能够在山区、丛林、沼泽等复杂地形中稳定行进。传感器模块配备多种先进传感器,如激光雷达用于实时感知周围环境的三维空间信息,构建地图;摄像头用于获取地质图像,识别岩石特征;地质传感器用于测量岩石的物理、化学性质参数^[3]。控制模块基于人工智能算法,对传感器采集的数据进行实时分析处理,自主规划最优路径,控制机器人的运动和操作。通信模块实现机器人与控制中心之间的数据传输,将勘查数据实时回传,并接收控制中心的指令。智能勘查机器人在地质矿产勘查中具有诸多优势。首先,它能够在危险、恶劣环境下替代人工进行勘查工作,如在高海拔、高温、有毒有害气体环境等区域,保障勘查人员的安全。其次,智能勘查机器人具有较高的工作效率和准确性,能够按照预设任务持续工作,避免人工疲劳和人为误差。

结束语

新形势下,地质矿产勘查技术呈现传统与新兴并存、融合发展的态势。未来,需不断推动技术创新,深化跨学科合作,加强人才培养,着力解决深部勘查难题,同时平衡资源开发与生态保护。通过充分挖掘技术潜力,为国家矿产资源安全和社会经济发展奠定坚实技术基础,推动地质矿产勘查行业迈向更高水平,实现可持续发展,为经济社会发展提供有力支撑。

参考文献

- [1]刘振华.新形势下地质矿产勘查技术研究[J].现代工程项目管理,2024,3(18).
- [2]田文华.新形势下地质矿产勘查及找矿技术的研究[J].中国金属通报,2024(1):63-65.
- [3]高润森,陈超.新形势下地质矿产勘查及找矿技术措施研究[J].现代盐化工,2024,51(2):54-55,58.