

地质矿产勘查技术研究

关 睿

新疆新矿地质科技有限公司 新疆 乌鲁木齐 830000

摘要：本文阐述地质矿产勘查基础理论，涵盖地地质学、矿床学、地球物理与地球化学原理。介绍勘查技术方法体系，包括地质调查、地球物理、地球化学、遥感地质勘查技术。探讨勘查技术集成与创新，强调多技术方法综合应用，以及新技术研发与勘查设备改进对勘查工作的推动作用，为提升地质矿产勘查效率与精度提供理论支撑。

关键词：地质矿产勘查；勘查技术；地球物理；地球化学；遥感地质

引言：地质矿产勘查是探索地球内部宝贵资源的重要科学活动，旨在揭示地球结构及其演化过程中的矿产分布规律。随着科技进步，现代勘查技术不断革新，提供了前所未有的探测能力。理解地壳构造、岩石特性及成矿机制对于寻找潜在矿藏至关重要。本文将深入介绍地质学基础知识、矿床学理论以及地球物理化学勘查技术，并讨论如何通过多技术集成和创新提升勘查效率。这不仅有助于加深对地质现象的理解，也为矿产资源的有效开发奠定了基础。

1 地质矿产勘查基础理论

1.1 地质学基础

地球构造宛如精密仪器，自内向外由地核、地幔与地壳构成。地核处于最内层，由高密度物质组成，承受着巨大压力与高温；地幔包裹地核，物质呈半固态，具备塑性流动特性；最外层地壳是人类开展矿产勘查的主要区域，大陆地壳与海洋地壳厚度存在显著差异，这种结构差异对矿产形成与分布影响深远。地球组成元素丰富，氧、硅、铝、铁等占比突出，它们相互结合形成各类矿物与岩石。地球演化历史漫长，从原始星云凝聚，到内部物质分异形成圈层，再到板块运动塑造地形地貌，每个阶段都与矿产形成紧密相关。在地质矿产勘查实践中，岩石学、矿物学、地层学发挥关键作用。岩石学研究岩石类型、结构、构造及成因，火成岩、沉积岩、变质岩形成过程与特征各异。通过分析岩石，可判断区域地质历史时期的构造运动与岩浆活动，为探寻岩浆活动相关矿产提供方向。矿物学着重研究矿物物理化学性质、晶体结构与共生组合。不同矿物具有独特物理性质，如硬度、光泽、解理等，可用于矿物识别。矿物共生组合能反映成矿时的物理化学条件，助力勘查人员追踪矿化线索。地层学以地层为研究对象，通过分析地层层序、接触关系与化石组合，可确定地层时代与沉积环境。不同时代和沉积环境形成的地层，蕴含不同类型

矿产资源，例如古生代地层与煤炭资源关系密切，中生代地层则多蕴藏金属矿产。

1.2 矿床学原理

矿床是地质作用下形成，在质和量上达到工业要求的有用矿物集合体。按成因可分为内生矿床、外生矿床和变质矿床。内生矿床源于岩浆活动或热液活动。岩浆冷却结晶过程中，有用组分逐渐富集形成岩浆矿床，铬、镍等金属矿床多属此类。热液携带成矿物质，在适宜地质构造与物理化学条件下沉淀富集形成热液矿床，常见铜、铅、锌等金属矿产常以这种方式产出。内生矿床具有明显分带性，从岩浆侵入中心向外，元素和矿物组合呈规律性变化，这是勘查内生矿床的重要依据。外生矿床形成于地表或近地表环境，通过风化、沉积等作用而成。风化矿床由岩石或矿石在风化作用下，有用组分富集形成，铝土矿、高岭土等是典型代表。沉积矿床则是成矿物质在水介质中经搬运、沉积，于适宜环境富集而成，铁、锰、磷等沉积矿床具有层控性，矿体与地层产状一致，分布广泛且规模较大。变质矿床是原有岩石或矿床在变质作用下，成分、结构和构造改变，有用组分重新富集形成。区域变质作用可使原有矿床进一步富集，接触变质作用则使靠近岩浆岩体的岩石变质，形成相关矿床。变质矿床特征与分布规律和变质作用的强度、温度、压力等因素紧密相连。

1.3 地球物理与地球化学原理

地球物理场涵盖重力场、磁场、电场等。重力场因地球内部物质密度差异产生，密度大的物质会引发较强重力异常，通过测量重力异常，可发现地下密度变化大的地质体，如盐丘、金属矿体等^[1]。磁场由地球内部磁性物质产生，磁性矿体或岩石会引起局部磁场异常，磁法勘探据此寻找磁铁矿等磁性矿产。电场与岩石和矿石电学性质相关，不同岩石和矿石具有不同电阻率、极化率等电学参数，电法勘探通过测量这些参数变化，推断地

下地质体分布与性质。

地球化学场反映地球表面和内部化学元素的分布特征与变化规律。化学元素在岩石、土壤、水体和大气中分布不均,成矿过程中,成矿元素会在矿体周围形成地球化学异常,表现为元素含量升高或元素组合特殊变化。通过系统采集岩石、土壤、水系沉积物等样品,分析元素含量与分布,能够圈定地球化学异常区,进而追踪矿体位置。地球物理场和地球化学场与矿产分布存在内在联系。矿产形成与赋存会改变周围物理和化学环境,产生相应物理异常和化学异常。勘查人员利用这些异常信息,结合地质背景资料,能够缩小找矿范围,提高找矿效率。

2 地质矿产勘查技术方法体系

2.1 地质调查技术

2.1.1 路线地质调查

路线地质调查路线布置遵循控制全局、重点突出原则。布置时需综合考虑区域地质构造特征、地层分布情况。通常沿地层走向、构造线方向布置路线,以便系统观察地层变化与构造形迹。在地形复杂区域,路线选择会结合地形条件,确保调查人员能够安全、高效开展工作。观察地质现象时,要全面且细致。对岩石露头观察,需辨别岩石类型、结构构造、矿物成分等特征。记录过程中,详细标注观察点位置、地质现象描述、与周边地质体关系。描述地质现象使用规范地质术语,清晰准确表达岩石颜色、粒度、胶结物性质等内容,为后续地质分析与矿产勘查提供可靠基础资料。

2.1.2 地质填图技术

地质填图类型多样,区域地质填图旨在全面了解大范围区域地质背景,涵盖地层、构造、岩浆活动等信息;矿区地质填图针对特定矿区,侧重于查明矿体产出地质条件、矿体形态与规模。不同类型填图精度要求各异,区域地质填图比例尺相对较小,对地质体概括性描述;矿区地质填图比例尺较大,需精确绘制地质体边界与细节。填图过程使用多种工具和技术手段。传统工具包括地质锤、罗盘、放大镜等,用于野外实地观察与测量。现代技术手段如全球定位系统(GPS),可精确确定观察点位置;地理信息系统(GIS),用于数据管理与分析,将野外采集数据整合处理,绘制出精确地质图件,直观呈现区域地质特征与矿产分布关系。

2.2 地球物理勘查技术

2.2.1 重力勘查

重力仪基于重力加速度测量原理设计制造。通过测量不同地点重力加速度差异,获取重力异常数据。重力

异常产生源于地下地质体密度差异,当存在高密度矿体或低密度空洞时,会引起局部重力场变化^[2]。分析重力异常数据,可推断地下地质体埋藏深度、规模和形态,为寻找隐伏矿体和了解深部地质结构提供重要依据。

2.2.2 磁法勘查

磁力仪依据电磁感应原理,测量地磁场在空间分布特征。正常地磁场受磁性地质体影响会产生磁异常。磁性矿床如铁矿、镍矿等,因其磁性与周围岩石差异,会形成明显磁异常。通过对磁异常测量和分析,能够圈定磁性矿体位置、范围,判断矿体走向和倾向,在寻找磁性矿床工作中发挥关键作用。

2.2.3 电法勘查

电阻率法基于岩石和矿石电阻率差异,通过向地下供电,测量不同位置电场分布,计算地下介质电阻率分布,从而推断地质体分布。激发极化法利用岩石和矿石在电流作用下产生激发极化效应,通过测量二次场特性,区分矿化岩石与非矿化岩石。电法异常与矿产分布紧密相关,不同类型矿床对应特定电法异常特征,依据这些特征可识别潜在矿化区域。

2.2.4 地震勘查

地震波在地下传播遵循波动理论,不同地质体对地震波传播速度、振幅和频率产生影响。地震勘查设备包括震源和检波器,震源激发地震波,检波器接收地下反射回来地震波信号。通过对地震波信号处理和分析,能够获取地下地质结构剖面图像,清晰呈现地层分层、构造形态,在深部地质结构探测中,为矿产勘查提供深部地质信息支撑。

2.3 地球化学勘查技术

2.3.1 岩石地球化学测量

岩石地球化学测量采样需遵循代表性原则,在不同地质单元、不同岩性地段合理布置采样点。采集样品后,进行破碎、研磨等处理,使其达到分析测试要求粒度。利用先进分析测试技术,测定样品中各种元素含量。岩石地球化学异常形成与矿化作用密切相关,矿化过程导致成矿元素在岩石中富集,形成异常,通过对异常分析,可追踪矿化信息,确定找矿靶区。

2.3.2 土壤地球化学测量

土壤采样密度和深度依据勘查目标和区域地质条件确定。在成矿有利区域,适当加密采样点;采样深度考虑土壤层发育情况,通常采集能反映深部矿化信息土壤层。测试指标选择与目标矿种相关元素。土壤地球化学异常由深部矿体元素经风化、迁移在土壤中富集形成,这些异常是地表找矿重要指示,帮助缩小找矿范围。

2.3.3 水系沉积物地球化学测量

水系沉积物采样遵循沿水系布置原则，在不同支流、不同河段采集样品。样品采集过程中，考虑水系流量、流速对沉积物搬运和沉积影响^[3]。水系沉积物地球化学异常形成与区域地质背景、地形地貌和水系分布有关。成矿元素经风化后随水流搬运，在适宜地段沉积富集，分析异常迁移和富集规律，可追溯上游可能存在的矿化源区。

2.4 遥感地质勘查技术

2.4.1 遥感图像处理

遥感图像获取后，需进行校正处理，包括辐射校正和几何校正，消除因传感器差异和地形起伏等因素导致的误差。图像增强通过对比度调整、滤波等方法，突出图像中地质信息特征。图像分类则利用计算机算法，将图像中不同地物类型区分开来。从遥感图像提取地质信息，需结合地质知识，识别不同岩石、构造在图像上表现特征。

2.4.2 遥感地质解译

遥感地质解译依据解译标志进行，包括直接解译标志如色调、形状、大小等，和间接解译标志如地形地貌、水系分布等。通过对这些标志分析，识别地质体边界、构造线位置和类型。在找矿工作中，遥感地质解译可快速识别成矿有利地质条件区域；在地质构造研究方面，帮助了解区域构造格局和演化历史，为地质矿产勘查提供宏观地质背景信息。

3 地质矿产勘查技术集成与创新

3.1 多技术方法集成

地质矿产勘查面临复杂地质条件，单一技术方法存在局限性。地质调查技术可直观观察地表地质现象，却难以探测深部地质体；地球物理勘查能感知地下物理场变化，却无法精准确定物质成分；地球化学勘查可追踪元素迁移，对地质构造的反映较弱；遥感地质勘查能获取大范围宏观信息，对细节刻画不足。多技术方法综合应用成为必然选择，多种技术相互补充验证，可更全面准确地揭示地质结构与矿产分布规律。在勘查不同阶段，各技术方法有特定协同应用模式。勘查前期，遥感地质勘查从宏观上圈定成矿有利区域，结合地质调查技术建立区域地质框架；中期，地球物理勘查通过重力、磁法、电法等手段，对潜在矿化区域进行深部探测，地球化学勘查同步开展，通过岩石、土壤、水系沉积物测量，圈定地球化学异常；后期，综合前期数据，利用地质填图技术精确绘制矿区地质图，确定矿体具体位置与

形态。

3.2 勘查技术创新

3.2.1 新技术研发

人工智能、大数据、物联网等新技术为地质矿产勘查带来新方向。人工智能可对海量地质数据进行智能分析，快速识别地质特征与异常模式，辅助预测潜在矿化区域。大数据技术整合多源地质信息，挖掘数据间潜在联系，提高矿产预测准确性^[4]。物联网技术实现勘查设备实时数据传输与远程监控，提升勘查工作智能化水平。当物联网设备与大数据平台结合，可实时分析设备采集的地球物理场数据，快速判断异常趋势，这些新技术应用能突破传统勘查方法效率与精度瓶颈，使勘查工作从依赖经验判断向数据驱动模式转变。

3.2.2 勘查设备改进

勘查设备正朝着高精度、自动化方向更新换代。高精度地球物理仪器测量精度大幅提升，能捕捉更微弱的地球物理场变化，对深部、隐伏矿体探测能力增强。自动化采样设备减少人为操作误差，提高采样效率与样品代表性。例如自动化采样设备搭载物联网模块，可在采样时实时上传位置与样品信息至数据库，结合人工智能算法自动分析采样质量。设备改进不仅使勘查工作效率显著提高，降低人力成本，还通过多设备协同作业，进一步提升勘查工作的整体性和准确性，为后续地质分析与矿产预测提供更可靠依据，推动地质矿产勘查向精细化、科学化发展。

结束语

通过对地质学基础、矿床学原理及地球物理化学勘查技术的系统阐述，可以看到，现代地质矿产勘查已从单一方法转向多技术集成应用。结合最新的人工智能、大数据分析等技术手段，不仅能提高找矿成功率，还能深化对地球内部结构的认识。未来，随着勘查设备的不断改进和新技术的研发，地质矿产勘查将更加高效精准，为全球资源可持续利用提供强有力支持。

参考文献

- [1] 杨书宁.概述地质矿产勘查理论及技术方法探究及实践[J].世界有色金属,2023,(10):132-133.
- [2] 廖伟宏.地质矿产勘查存在的问题及对策[J].世界有色金属,2022,(05):139-140.
- [3] 文钦宇.地质矿产资源勘查技术的应用及重难点分析[J].中国金属通报,2024,(02):134-137.
- [4] 张旭.地质矿产资源勘查技术的应用及重难点分析[J].世界有色金属,2023,(17):100-102.