

矿产地质勘查及找矿技术

曾学明 董志红

河北省地质矿产勘查开发局第四地质大队（河北省水源涵养研究中心） 河北 承德 067000

摘要：矿产地质勘查及找矿技术是现代矿业发展的关键领域，涉及地质学、地球物理学、地球化学等多个学科的交叉应用。文章综述了当前矿产地质勘查的主要方法，包括地质填图、砾石找矿、重砂找矿以及地球物理和地球化学勘查技术等，并探讨这些技术的综合运用与优化创新。通过实际案例分析，本文展示了这些技术在提高找矿效率和准确性方面的显著成效，为矿产资源的可持续开发和利用提供科学依据和技术支撑。

关键词：矿产地质勘查；找矿技术；勘查方法；技术创新

引言：矿产资源的开发和利用对于国家经济发展和 社会进步具有重要意义。随着地表矿产资源的日益枯竭，深部找矿和复杂地质条件下的勘查成为当前矿业发展的迫切需求。矿产地质勘查及找矿技术作为矿业勘查的核心，其发展水平直接关系到矿产资源的发现、评价和开发利用效率。因此深入研究矿产地质勘查及找矿技术，推动其优化与创新，对于实现矿产资源的可持续利用具有重要意义。

1 矿产地质勘查概述

1.1 矿产地质勘查的概念

矿产地质勘查是在区域地质调查的基础上，根据国民经济和社会发展的需要，应用地质科学理论和各种勘查技术手段或方法对矿产资源进行的系统勘查工作。这一过程旨在查明矿产资源的储量、矿石质量、采选冶加工条件以及矿床技术经济评价等，从而为矿山设计建设提供依据。矿产地质勘查也被称为矿产资源勘查或矿产勘查，是地质矿产信息资料获取的重要手段。

1.2 矿产地质勘查的主要理论基础

矿产地质勘查的主要理论基础包括地质学、数学、经济学和技术基础。其中，地质基础尤为重要，因为矿产的形成与地质背景密切相关。不同的地质背景往往形成不同类型的矿床，特定的矿床类型与一定的地质环境有关。因此成矿地质规律成为矿产勘查的地质基础。

（1）地质基础：矿产勘查的对象是矿床和矿体，一个矿床的形成是各种地质作用综合作用的结果。研究矿产与地质背景的关联性，以及矿产的共生性，对于矿产地质勘查至关重要。这包括分析成矿地质条件、研究矿床成因、弄清成矿规律等，以建立成矿模式^[1]。（2）数学基础：在矿产地质勘查中，数学方法被广泛应用于数据处理和模型建立。例如，变化性指数、变异函数/半变异函数、变化系数等数学工具被用于定量地判别矿体某标志

的变化性质，以及评估矿体边界外形的复杂程度。（3）经济基础：矿产地质勘查的目的是为了发现具有经济价值的矿产资源。经济学原理在矿产地质勘查中发挥着重要作用。这包括评估矿产资源的经济价值、制定勘查策略、优化勘查成本等。（4）技术基础：随着科技的发展，各种先进的勘查技术手段被应用于矿产地质勘查中。这些技术手段包括地质测量、物化探、钻坑探工程等，它们为矿产地质勘查提供了可靠的数据和信息支持。

2 矿产地质勘查技术

2.1 同位成矿理论找矿

同位成矿理论找矿是一种基于地质成矿规律的勘查方法。该理论认为，在某一特定空间和地质时期内，不同时代、不同类型的矿种能够展现出一种相对稳定的同位成矿作用。利用这一理论，勘查人员可以通过分析工作区域的地壳演变运动特征、地质特征、地壳基底成分以及分布规律等数据，来寻找具有同位成矿特征的矿藏。在实际操作中，勘查人员会结合区域性的断裂带组合特点，找出断裂带之间的特征，并根据断裂带的级次等特性实施找矿工作。这种方法在寻找大型、超大型矿床时尤为有效。

2.2 物化探测技术找矿

物化探测技术找矿是一种利用地球物理和地球化学原理进行矿产勘查的方法。地球物理勘查主要包括地热、放射性、地震情况、电效应、磁效应和地球重力等方面的研究，通过这些物理现象的变化来推测地下矿产资源的分布状况。地球化学勘查则通过分析土壤、水系沉淀物、岩石等地质体中的元素含量和分布规律，来推断矿产资源的分布状况。随着科学技术的快速发展，物化探测技术不断引入高精度、高灵敏度的仪器和设备，使得勘查结果更加准确可靠。这种方法特别适用于覆盖区、隐伏矿和深部矿的勘查。

2.3 地质体运动理论找矿

地质体运动理论找矿是基于地壳运动和地质构造演化的规律来进行矿产勘查的一种方法。地壳在漫长的地质历史中经历了多次构造运动和岩浆活动,这些过程对矿产资源的形成和分布产生了重要影响。勘查人员通过分析工作区域的地质构造特征、岩浆活动历史、变质作用类型等信息,结合地质体的运动规律和成矿机制,来预测矿产资源的分布区域。这种方法特别适用于那些与特定地质构造和岩浆活动密切相关的矿产类型,如与断裂带、褶皱带、岩浆岩等有关的金属矿产。在实际操作中,勘查人员会综合运用地质填图、砾石找矿、重砂找矿等多种技术手段,以提高找矿的准确性和效率^[2]。

3 找矿方法

3.1 地质填图找矿法

地质填图找矿法是一种基础且系统的矿产勘查方法,其核心在于通过详细的地质调查和制图工作,揭示研究区域内的地质构造、地层、岩浆岩、变质岩以及矿化带等地质特征,进而分析和预测矿产资源的可能分布区域。该方法首先要求勘查人员对工作区域进行全面的踏勘,收集地质信息,包括地形地貌、地质界线、岩石类型、构造形迹等。随后,利用地质罗盘、GPS定位仪等工具,结合地质剖面测量和地质点描述,将收集到的地质信息绘制成比例尺适当的地质图。在地质填图过程中,勘查人员需要特别注意识别各种地质异常现象,如异常的岩石组合、矿化蚀变带、特殊的构造形迹等,因为这些异常往往是矿产资源存在的直接或间接标志。通过对这些地质异常进行深入分析和解释,结合区域地质背景和成矿规律,可以初步推断出潜在的矿化带或矿体位置。地质填图找矿法还强调综合运用多种地质勘查手段,如遥感地质解译、地球物理勘查、地球化学勘查等,以提高找矿的准确性和效率。遥感技术能够提供大范围、高分辨率的地表信息,有助于快速圈定找矿靶区;地球物理勘查和地球化学勘查则能够揭示地下隐伏的地质构造和矿化信息,为深部找矿提供重要线索。

3.2 砾石找矿法

砾石找矿法是一种利用河流、冰川等自然营力搬运的砾石中的有用矿物或矿化碎片来寻找原生矿床的方法。该方法主要适用于在山区或丘陵地带,特别是那些气候湿润、水系发育、河流搬运能力强、砾石分选性好的地区。在实施砾石找矿法时,勘查人员首先需要对工作区域内的水系进行详细调查,了解河流的流向、流速、流量以及河床底质等信息。随后,沿着河流的上游至下游方向进行追索,观察并记录砾石中的矿物成分、

粒度、磨圆度等特征。特别注意的是,当发现含有特殊矿物或矿化碎片的砾石时,应详细记录其出现的位置、数量以及与其他砾石的相互关系,因为这些信息往往能够指示原生矿床的存在位置。为了提高找矿效率,勘查人员还可以结合地形地貌特征、地质构造信息以及区域成矿规律等,对砾石中的有用矿物进行综合分析。例如,在某些地区,特定的矿物组合或矿化类型往往与特定的地质构造或岩浆活动密切相关。通过对比分析,可以进一步缩小找矿范围,提高找矿的准确性。砾石找矿法以其简单、直观、经济的特点,在矿产勘查中得到了广泛应用。特别是在那些地形复杂、植被覆盖厚、地表露头少的地区,砾石找矿法往往能够发挥独特的作用,为勘查人员提供宝贵的找矿线索。

3.3 重砂找矿法

重砂找矿法是一种利用比重较大的矿物颗粒(重砂)在自然界中的分布规律来寻找矿产的方法。重砂通常包括金属矿物、宝石矿物以及某些非金属矿物等,它们在自然界中往往以砂矿或风化壳的形式存在。该方法主要适用于在风化壳发育、地形平缓、水系发育的地区进行矿产勘查。在实施重砂找矿法时,勘查人员首先需要对工作区域内的水系、风化壳等进行详细调查,了解重砂的来源、搬运方式以及沉积特征。随后,采集河流底砂、山坡坡积物、洪积物等样品进行重砂分析。通过分析样品中的重砂种类、数量以及组合特征等信息,可以初步推断出潜在矿产资源的种类和分布范围。为了提高找矿效率,勘查人员还可以结合地质构造信息、区域成矿规律以及地球物理、地球化学勘查结果等,对重砂找矿结果进行综合分析。通过对比分析,可以进一步缩小找矿范围,提高找矿的准确性。重砂找矿法还强调对样品的采集和处理过程进行严格控制,以确保分析结果的可靠性和准确性。在采集样品时,应确保样品的代表性和均匀性;在处理样品时,应采用适当的筛分、淘洗和磁选等方法,以有效分离和富集重砂颗粒。

4 深部找矿技术的原理与应用

4.1 地面高精度磁力测量

地面高精度磁力测量是一种基于地球磁场变化的物理勘探方法,其原理在于不同岩石和矿体具有不同的磁性特征。这些磁性差异会在地球磁场中产生局部的异常变化,通过高精度的磁力仪对这些微小变化进行测量和分析,可以推断出地下矿体的位置、形态及磁性特征。该方法特别适用于探测与磁性矿物相关的矿产,如铁、镍、钴等金属矿产^[3]。在实际应用中,地面高精度磁力测量能够覆盖较大的区域,快速圈定出潜在的找矿靶区,

为后续的地质调查和矿产勘查提供重要线索,结合地质、地球化学等其他勘查手段,可以进一步提高找矿的准确性和效率。

4.2 MT法(电磁类探测方法)

MT法,即大地电磁测深法,是一种利用天然电磁场进行地球物理勘探的方法。其原理在于地下不同电性介质对天然电磁场的响应不同,通过在地表观测电磁场的频率和相位变化,可以反演出地下介质的电阻率分布,进而推断出矿体的位置、形态及电性特征。MT法具有探测深度大、分辨率高、受地形影响小等优点,特别适用于探测深部隐伏矿体。在实际应用中,MT法能够获取地下几百米至几千米深度范围内的地质信息,为深部找矿提供有力的地球物理依据。结合地质、地球化学等勘查手段,可以进一步验证和解释MT法的探测结果,提高找矿的成功率。

4.3 VLF法(甚低频电磁法)

VLF法,即甚低频电磁法,是一种利用甚低频(3-30kHz)无线电波进行矿产勘探的方法。其原理在于甚低频无线电波能够穿透地表,与地下导体(如矿体)发生相互作用,产生二次场。通过在地表观测二次场的强度和相位变化,可以推断出地下导体的位置、形态及电导率特征。VLF法具有设备简单、操作方便、成本低廉等优点,特别适用于快速圈定找矿靶区和进行矿产普查。在实际应用中,VLF法能够探测到地下几十米至几百米深度范围内的矿体信息,为后续的详细勘查提供重要参考。结合地质、地球化学等勘查手段,可以进一步提高VLF法的找矿效果,为矿产资源的开发利用提供有力支持。

5 矿产地质勘查及找矿技术的综合运用

5.1 多种找矿方法的结合使用

在矿产地质勘查实践中,综合运用多种找矿方法已成为提高找矿效率和准确性的重要手段。不同找矿方法各有优势,也存在一定的局限性。因此将地质填图、砾石找矿、重砂找矿、地面高精度磁力测量、MT法(电磁类探测方法)以及VLF法(甚低频电磁法)等多种找矿方法相结合,可以形成优势互补,提高找矿的综合效能。例如,地质填图法能够提供详尽的地质背景信息,为其他找矿方法提供基础;砾石找矿和重砂找矿则能够利用地表物质来追踪原生矿床;而地球物理方法如地面高精

度磁力测量、MT法和VLF法则能够穿透地表,揭示地下隐伏矿体的存在。通过综合运用这些方法,可以更加全面、深入地了解工作区域的地质特征和矿产分布规律,从而更加准确地定位潜在矿藏,提高找矿的成功率。

5.2 矿产地质勘查及找矿技术的优化与创新

随着科技的进步和勘查实践的深入,矿产地质勘查及找矿技术也在不断优化与创新。一方面,传统的找矿技术正在不断升级和完善,如地质填图法通过引入GIS(地理信息系统)和遥感技术,实现了地质信息的数字化和可视化,提高勘查效率和准确性;砾石找矿和重砂找矿则通过改进采样和分析方法,提高对有用矿物的识别能力^[4]。另一方面,新兴的勘查技术如三维地震勘探、瞬变电磁法、无人机勘查等也在矿产地质勘查中得到了广泛应用,这些新技术具有探测深度大、分辨率高、操作简便等优点,为深部找矿和复杂地质条件下的勘查提供了新的手段。大数据、人工智能等先进技术的引入,也为矿产地质勘查及找矿技术的智能化、自动化发展提供了广阔的空间。通过不断优化与创新,我们可以更加高效地开展矿产地质勘查工作,为实现矿产资源的可持续利用提供有力保障。

结束语

矿产地质勘查及找矿技术作为矿业领域的核心,其发展不仅关乎矿产资源的开发利用,更直接影响到我国经济的持续发展和社会的全面进步。随着科技的进步和勘查实践的深入,有理由相信,未来的矿产地质勘查及找矿技术将更加高效、智能和环保。在此,呼吁广大科研人员和实践工作者继续致力于该领域的探索与创新,共同推动矿产地质勘查及找矿技术的不断进步,为人类的可持续发展贡献智慧和力量。

参考文献

- [1]王建成,常海伟.新形势下地质矿产勘查及找矿技术关键思路分析[J].工程建设与设计,2021(14):211-212,218.
- [2]马海霞.地质矿产勘查及找矿技术分析[J].内蒙古煤炭经济,2021(24):189-191.
- [3]贾飞,常俊山,邓毅.浅谈隐伏断裂在深部找矿中的意义与寻找方法[J].地质装备,2023,24(4):18-20+26.
- [4]赵强.复杂地层深部找矿钻探技术初探[J].冶金管理,2022,(16):80-84.