

矿产地质勘查与深部钻探找矿技术

董志红 曾学明

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：矿产地质勘查与深部钻探找矿技术是矿产资源勘探领域的核心组成部分，对于揭示地球内部矿产资源分布、推动矿业可持续发展具有重要意义。本文综述矿产地质勘查的基本流程与关键技术，重点探讨金刚石绳索取芯、高精度受控定向钻探及反循环连续取样等深部钻探找矿技术的原理、特点及应用效果。通过分析，展示这些技术在复杂地质条件下的高效性和准确性，为矿产资源勘探提供科学依据和技术支撑。

关键词：矿产地质勘查；深部钻探；找矿技术；钻探工艺

1 矿产地质勘查概述

1.1 矿产地质勘查的内涵

矿产地质勘查是指采用特定的理论和技术方法，对可能含有矿产资源的地区进行勘探和调查的过程。这一过程主要基于“同位成矿”理论，即存在大量矿床的场所。这些矿床在形成过程中会受到时代、自然环境等多种因素的影响，从而在种类和类型上存在差异。矿产地质勘查的目的是为了确定矿产资源的存在、种类、数量以及分布规律，为后续的矿产开发和利用提供科学依据。矿产地质勘查具有高风险性和商业性的特点，高风险性主要体现在投资回报的不确定性和勘查工作人员的生命安全上。由于矿产资源的分布和存在情况往往难以准确预测，因此勘查工作往往需要投入大量的人力、物力和财力，但成功率却相对较低。勘查工作往往需要在偏远、未知的区域进行，勘查人员需要面临各种自然环境和安全挑战。商业性则体现在矿产地质勘查的结果具有商业价值，勘查企业可以通过出售勘查结果或参与矿产开发来获取经济利益。

1.2 深部矿产地质勘查的特点

深部矿产地质勘查相较于浅层矿产勘查具有更多的挑战和复杂性。其特点主要包括几个方面：第一，复杂地层较多。深部矿产资源周边的地形往往较为复杂，工具钻头需要钻取的深度较深。地质深层存在许多硬度较高的石头层，给钻地工作带来了一定的阻碍。第二，钻孔偏斜距大。随着钻头钻取深度的增加，钻孔的偏斜距也会变大，导致钻孔的点难以准确确认，影响勘查工作的开展进度^[1]。第三，采集数据受干扰。需要钻探的地区往往地面起伏较大，地表植被较多，给实际的开采勘查工作带来阻碍。深部矿产资源的开采还受到地质条件、岩石结构等多种因素的干扰。第四、技术水平要求高：由于深部矿产资源的分布和岩石结构的复杂性，需要采

用更加先进和高效的地质勘探技术来进行勘查。传统的地质勘探技术往往无法满足深部矿产勘查的需求。

2 地质矿产勘查方法

2.1 同位成矿理论找矿

同位成矿是指在不同的地质时代和不同类型的矿床中，可以观察到一种相对稳定的成矿作用。这种成矿作用的特点是由相对稳定的成矿热活动中心，在不随机迁移的前提下，与成矿物质资源和流体相结合，通过地壳的演化运动和良好的封闭条件得以保存。同位成矿理论找矿方法的核心在于对工作区域的地壳演化运动特点进行分析，以了解当地的地质情况。调研人员需要找出区域性深大断裂及其断裂构造组合的特点，以及这些特点与区域成矿带的紧密联系。横向矿带可以根据矿田、矿床的断裂构造与区域成矿带的深大断裂间大角度相交出现，以近平行的形态表现出来。在勘探过程中，沿用断裂带的级次关系和成矿关系进行查找，可以更容易地发现矿产资源。同位成矿理论找矿方法的应用，不仅需要对地质构造有深入的了解，还需要对成矿规律有清晰的认识。这种方法在矿产勘查中具有重要的指导意义，特别是在寻找深部矿产资源时，能够大大提高找矿的成功率。

2.2 物化探测技术找矿

物化探测技术找矿是通过地球物理和地球化学方法的综合应用，来寻找和确定矿产资源的一种技术手段。这种方法利用了矿体与围岩在物理性质和化学性质上的差异，通过测量和分析这些差异来发现矿产。地球物理方法，简称物探，是以物理学和地球物理学为理论基础，结合地质学，利用矿体与围岩在物理性质上的差异来找矿。常用的物探方法包括磁法、电法、重力法、地震法等。这些方法能够测量矿体引起的地球物理场的变化，从而推断矿体的存在和位置。地球化学方法，简称化探，是通过分析地球化学异常现象来寻找矿产，地球

化学异常是指与地球化学背景区相比有显著差异的元素含量富集区或贫化区。化探方法包括岩石地球化学测量、土壤地球化学测量、水系沉积物地球化学测量等。这些方法通过采集和分析样品中的元素含量,来判断矿产资源的存在和分布。物化探测技术找矿方法具有探测深度大、范围广、效率高等优点,特别适用于深部矿产资源的勘查。通过综合应用物探和化探方法,可以大大提高找矿的准确性和成功率。

2.3 物探技术

物探技术是地球物理勘查方法的简称,它是以物理学和地球物理学为理论基础,结合地质学,利用矿体与围岩在物理性质上的差异来找矿的一种技术手段。物探方法分为放射性物探法和普通物探法,其中普通物探法包括磁法、电法、重力法、地震法等。磁法勘探是通过测量地磁场的变化来寻找矿产,它适用于磁性矿体的勘查,电法勘探则是通过测量地壳中岩石和矿体的电性差异来寻找矿产,常用的电法勘探方法有电阻率法、激发极化法等。重力法勘探是通过测量重力场的变化来推断地壳中岩石和矿体的分布,它适用于密度差异较大的矿体的勘查。地震法勘探则是通过人工激发地震波,并测量地震波在地壳中的传播特性来推断矿体的存在和位置。物探技术具有探测深度大、精度高、施工简便等优点,特别适用于深部矿产资源的勘查。通过综合应用不同的物探方法,可以实现对矿体的精确定位和定量评价^[2]。

2.4 化探技术

化探技术是地球化学勘查方法的简称,它是通过分析地球化学异常现象来寻找矿产的一种技术手段。化探方法包括岩石地球化学测量、土壤地球化学测量、水系沉积物地球化学测量等。岩石地球化学测量是通过采集和分析岩石样品中的元素含量,来判断矿产资源的存在和分布。土壤地球化学测量则是通过分析土壤样品中的元素含量,来发现地表以下的矿产资源。水系沉积物地球化学测量则是通过分析水系沉积物中的元素含量,来推断矿产资源的分布和富集规律。化探技术具有直接快速、经济简便等优点,特别适用于寻找深部矿产资源。通过综合应用不同的化探方法,可以实现对矿产资源的精确定位和定量评价,化探技术还可以提供关于矿体成因、演化等方面的信息,为矿产资源的开发和利用提供科学依据。

2.5 地质体运动理论找矿

地质体运动理论找矿是通过分析地质体的运动规律来寻找矿产的一种技术手段。地质体的运动包括地壳的演化运动、断裂构造的形成和演化等。这些运动过程会

对矿产资源的形成和分布产生重要影响。地质体运动理论找矿方法的核心在于对工作区域的地质构造进行深入分析,以了解地质体的运动规律和演化历史。调研人员需要找出区域性深大断裂及其断裂构造组合的特点,以及这些特点与区域成矿带的紧密联系。还需要对矿体的成因、演化等方面进行深入研究,以揭示矿产资源的形成机制和分布规律。地质体运动理论找矿方法的应用需要综合考虑多种因素,包括地质构造、岩浆活动、沉积环境等。通过综合应用地质学、地球物理学和地球化学等多学科的知识和技术手段,可以实现对矿产资源的精确定位和定量评价。

3 深部钻探找矿的主要技术

3.1 金刚石绳索取芯找矿技术

深部钻探找矿是矿产资源勘探领域中的一项核心任务,它对于揭示地球内部的矿产资源分布、推动矿业发展具有重要意义。在这一复杂而精细的过程中,金刚石绳索取芯找矿技术以其独特的优势,成为了深部矿产资源勘探中不可或缺的重要技术手段。金刚石绳索取芯找矿技术,顾名思义,主要依赖于金刚石钻头的卓越切割能力和绳索取芯装置的便捷提取功能。金刚石作为自然界中最硬的物质之一,其钻头在钻进过程中能够轻松应对各种硬度的岩石,确保钻探深度和速度的同时,还能有效保持钻孔的直线度和稳定性。而绳索取芯装置则通过精密设计的绳索系统,将切割下来的岩芯从钻孔底部安全、快速地提取至地表。这一过程不仅避免了传统方法中频繁提钻所带来的时间和成本浪费,还大大提高了钻探作业的整体效率。金刚石绳索取芯找矿技术还具有岩芯完整性好的显著特点,由于金刚石钻头的切割精度高,岩芯在提取过程中受到的损伤较小,能够完整地保留其原始的地质信息和结构特征。这对于后续的地质分析和矿产资源评估来说至关重要,有助于更准确地揭示矿产资源的分布规律和潜在价值。金刚石绳索取芯找矿技术在深部矿产资源勘探中具有广泛的应用前景和重要的战略意义。

3.2 高精度受控定向钻探技术

高精度受控定向钻探技术是深部钻探找矿中的另一项关键技术,它以其高精度、高效率的特点,在复杂地质条件下的矿产资源勘探中发挥着重要作用。该技术结合了先进的导向系统和钻探设备,实现了对钻探方向和轨迹的精确控制。导向系统通过实时监测和分析钻探过程中的地质信息,为钻探设备提供准确的导航和指令。而钻探设备则根据这些指令,调整钻进方向和角度,确保钻探路径始终沿着预定的目标矿体前进。这种精确的

控制能力不仅提高钻探的效率和成功率，还大大减少因偏离目标矿体而造成的资源浪费和时间延误^[3]。高精度受控定向钻探技术还具有适应性强、灵活性高的特点，它能够应对各种复杂的地质结构和矿体形态，包括倾斜、弯曲、分叉等不规则形状。通过调整钻探参数和导向策略，该技术能够灵活地适应这些变化，确保钻探路径的稳定性和准确性。高精度受控定向钻探技术还注重环境保护和可持续性发展，在钻探过程中，它采用了先进的环保材料和工艺，减少对周围环境的干扰和破坏。同时该技术还通过优化钻探路径和减少钻探次数，降低对自然资源的消耗和浪费，实现矿产资源勘探与环境保护的和谐共生。

3.3 反循环连续取样钻探技术

反循环连续取样钻探技术是深部钻探找矿中的一项创新技术，它以高效、连续、准确的取样方式，为矿产资源勘探提供了有力的技术支撑。该技术通过反向循环的方式，将钻孔底部的岩屑或泥浆连续不断地抽取至地表进行分析。这一过程中，钻孔内的冲洗液在钻杆内形成反向循环，将岩屑或泥浆从钻孔底部携带至地表。这种连续取样的方式不仅提高了取样的效率和准确性，还能够更全面地反映钻孔底部的地质情况。反循环连续取样钻探技术还具有取样代表性好的特点，由于取样过程中岩屑或泥浆能够均匀地从钻孔底部被抽取出来，因此所得到的样品能够更真实地反映钻孔底部的地质特征和矿产资源分布。这对于及时发现和评估潜在的矿产资源具有重要意义。该技术还具有操作简便、成本较低的优势，反循环连续取样钻探技术采用了先进的钻探设备和工艺，使得钻探作业更加简便易行。由于减少传统钻探方法中频繁提钻和取样所带来的时间和成本浪费，该技术还能够降低钻探作业的整体成本，提高经济效益。

4 提高找矿效率的策略和建议

提高找矿效率的策略和建议主要包括以下几个方面：首先，加强地质勘查技术的研发与应用是关键。应持续投入资源，推动金刚石绳索取芯、高精度受控定向钻探、反循环连续取样等先进钻探技术的研发与优化，确保这些技术在复杂地质条件下能够发挥最大效用。积极引入地球物理、地球化学等多学科交叉融合的新技

术，如三维地震勘探、高精度重力与磁力测量等，以实现矿产资源的精准定位和高效评估^[4]。其次，构建完善的矿产资源数据库和信息平台至关重要，通过整合地质、矿产、遥感、环境等多源数据，建立全国或区域性的矿产资源信息平台，实现数据的共享与高效利用。这有助于快速识别潜在找矿靶区，减少盲目勘探，提高找矿的针对性和成功率。再者，加强人才培养与团队建设也是不可忽视的一环，应加大对地质矿产勘查领域专业人才的培养力度，提升从业人员的专业技能和综合素质。鼓励跨学科、跨领域的合作与交流，形成优势互补、协同创新的团队模式，共同应对找矿过程中的技术难题和挑战。另外，优化勘查流程和管理机制也是提高找矿效率的有效途径。应建立科学、合理的勘查项目管理体制，明确各阶段的目标和任务，确保勘查工作的有序进行。加强对勘查过程的监督与评估，及时调整勘查策略和方法，确保勘查成果的质量和效益。最后，加强国际合作与交流也是提升找矿效率的重要手段。通过与国际先进同行建立合作关系，共享勘查技术和经验，共同开展跨国界的地质矿产勘查项目，有助于拓宽找矿视野，提升我国在全球矿产资源勘查领域的竞争力和影响力。

结束语

综上所述，矿产地质勘查与深部钻探找矿技术的不断进步，为矿产资源勘探注入了新的活力。随着技术的不断革新和应用领域的拓展，这些技术将在揭示地球内部矿产资源分布、指导矿业开发方面发挥更加重要的作用。未来，应继续加强技术研发与人才培养，推动矿产地质勘查与深部钻探找矿技术的深度融合与创新，为我国的经济发展和资源安全作出更大贡献。

参考文献

- [1]方堃.基于矿山开采的地质矿产勘查及找矿技术分析[J].中国金属通报,2020(04):43-44.
- [2]邢燕琳.矿产资源勘查中钻探技术的应用研究[J].中国金属通报,2022,(10):107-109.
- [3]罗涛.深部矿产资源勘查及地质钻探找矿技术研究[J].世界有色金属,2022,(15):52-54.
- [4]李凯旋,王晓燕.矿产资源勘查工程的要点及合理布置研究[J].冶金管理,2022,(22):75-79.