

地质勘查和深部地质找矿技术分析

李俊娜

山西省煤炭地质一一五勘查院有限公司 山西 大同 037003

摘要：在经济高速发展的当下，各类资源的需求呈爆发式增长，资源供应的稳定性与安全性成为国家发展的关键支撑。本文聚焦地质勘查与深部地质找矿技术展开分析。首先概述地质勘查和深部地质找矿技术的基本概念与重要性，接着分别阐述地质勘查的关键技术，如地球物理勘探、遥感监测等，以及深部地质找矿的关键技术，涵盖深部物探、钻探工艺等。最后探讨该领域的发展趋势，包括技术融合、绿色勘查、智能化转型等方面，旨在为地质勘查和深部找矿工作提供全面的技术参考与发展方向指引。

关键词：地质勘查；深部地质找矿；关键技术；发展趋势

引言：随着社会经济的持续发展，对矿产资源的需求与日俱增，而浅部资源日益枯竭，深部地质找矿成为保障资源供应的关键。地质勘查作为获取地质信息、评估资源潜力的基础工作，其技术水平的提升至关重要。深部地质找矿则面临着更为复杂的地质条件和更高的技术挑战。在此背景下，深入分析地质勘查和深部地质找矿技术，把握其发展趋势，不仅有助于提高找矿效率和成功率，还能推动地质勘查行业的可持续发展，满足国家对矿产资源的战略需求。

1 地质勘查和深部地质找矿技术的概述

(1) 地质勘查是地质工作的重要组成部分，旨在通过对地球表面及内部的各种地质现象进行系统调查、观测和研究，获取地质信息，查明地下地质构造、岩石性质、矿产资源分布等情况。它为后续的资源开发、工程建设等提供基础依据，是国民经济建设不可或缺的前期工作。地质勘查涵盖多种手段，综合运用地质、地球物理、地球化学等方法，以全面、准确地揭示地下地质特征。(2) 深部地质找矿是在地质勘查基础上，针对地下较深部位开展的矿产资源探寻工作。随着浅部矿产资源的逐渐减少，向地球深部进军成为保障资源安全供应的必然选择。深部地质找矿面临着更为复杂的地质条件，如高温高压、岩性多变等，对勘查技术提出了更高要求。(3) 地质勘查与深部地质找矿技术紧密相连、相互促进。地质勘查技术为深部找矿提供前期信息和技术支撑，帮助确定找矿方向和重点区域；而深部地质找矿的需求又推动地质勘查技术不断向深部、高精度、高效率方向发展，促使新技术、新方法不断涌现，如深部物探、智能钻探等技术，共同助力矿产资源勘查事业迈向新高度^[1]。

2 地质勘查的关键技术

2.1 地球物理勘探技术

(1) 地球物理勘探技术是地质勘查中利用物理方法研究地下地质结构与矿产分布的关键手段。它基于不同地质体间物理性质的差异，如密度、磁性、电性、弹性等，通过观测和分析地球物理场的变化来推断地下地质情况。该技术具有探测范围广、效率高的特点，能在不破坏地表的情况下获取大量地下信息，为地质勘查提供宏观的地质框架。(2) 其涵盖多种具体方法。重力勘探通过测量重力场变化来确定地下密度异常体的位置和规模；磁法勘探利用岩石的磁性差异来探测地质构造和矿产；电法勘探则根据岩石的电性特征来研究地下地质体的分布；地震勘探借助人工激发的地震波在地下传播的规律来了解地质结构。(3) 地球物理勘探技术不断发展创新。随着计算机技术和传感器技术的进步，数据处理能力大幅提升，能够更精准地提取地下地质信息。同时，多种物探方法的综合应用也越来越普遍，通过融合不同方法的数据，可有效提高地质勘查的准确性和可靠性，为后续的资源开发和工程建设提供坚实的地质依据。

2.2 遥感监测技术

(1) 遥感监测技术是地质勘查中一种高效且宏观的探测手段。它借助卫星、飞机等遥感平台，搭载各类传感器来获取地球表面及浅层地质体的电磁波辐射信息。这些信息能够反映地质体的多种特征，如地形地貌、岩石类型、地质构造等，为地质勘查提供全面且基础的数据支持，尤其适用于大范围、快速的地质调查，可大大节省人力、物力和时间成本。(2) 该技术具有多光谱、多时相的特点。不同地质体在不同光谱波段具有独特的反射和辐射特性，通过多光谱遥感可以精确识别和区分各种岩石、土壤及植被等。而多时相遥感则能对同一地区在不同时间进行重复观测，动态监测地质环境的变

化,如地表侵蚀、滑坡、地震灾害等的发展过程,为地质灾害预警和防治提供重要依据。(3)随着遥感技术的不断发展,其分辨率和精度持续提高。高分辨率遥感影像能够清晰地呈现地表微小特征,为精细地质勘查提供了可能。同时,遥感技术与地理信息系统(GIS)、全球定位系统(GPS)的集成应用,实现了数据的快速处理、分析和定位,进一步提升了地质勘查的效率和准确性,推动了地质勘查行业的现代化发展。

2.3 智能钻探技术

(1)智能钻探技术是地质勘查领域的一项前沿且关键的技术革新。它将先进的传感器技术、自动化控制技术以及智能算法等融入传统钻探设备与工艺中,使钻探过程具备更高的自主性、精准性和高效性。通过智能化的改造,钻探设备能够实时感知钻探过程中的各种参数,如钻压、转速、扭矩、钻进速度等,为操作人员提供全面且准确的信息,以便及时调整钻探策略。(2)智能钻探技术实现了钻探过程的自动化控制。借助预设的程序和智能算法,设备可以根据不同的地质条件自动调整钻探参数,确保钻探作业始终处于最佳状态,有效提高了钻探效率和质量。同时,智能化的故障诊断系统能够实时监测设备的运行状态,及时发现潜在的故障隐患并发出预警,减少设备停机时间,降低维修成本。(3)该技术与大数据、云计算等技术的结合,为地质勘查带来了更广阔的发展空间。通过对大量钻探数据的分析和挖掘,可以深入了解地下地质结构的变化规律,为后续的勘查工作提供科学依据。

2.4 地质建模与大数据分析

(1)地质建模是地质勘查中整合多源地质信息、构建三维地质体的关键技术。它综合运用地质、地球物理、地球化学等多学科数据,通过数学算法和计算机技术,将复杂的地质现象转化为直观、可量化的三维模型。这种模型能够精准呈现地下地质结构、岩石分布及构造特征,为地质勘查人员提供清晰的地质认知框架,帮助其更好地理解地下地质情况,明确勘查方向和重点区域。(2)大数据分析在地质勘查中发挥着不可或缺的作用。随着勘查技术的不断发展,积累的地质数据呈爆炸式增长,涵盖了各种类型和尺度。大数据分析技术能够对海量地质数据进行高效处理和深度挖掘,提取有价值的信息和规律。通过分析不同地质参数之间的关联,可以发现潜在的地质异常和矿产资源富集规律,为地质勘查提供更科学、准确的决策依据。(3)地质建模与大数据分析相互融合、相辅相成。地质建模为大数据分析提供了结构化的数据载体和分析场景,而大数据分析则

为地质建模提供了更丰富的数据支持和优化算法。两者的结合能够显著提高地质勘查的效率和精度,推动地质勘查向数字化、智能化方向发展,为资源勘探和开发提供强有力的技术支撑^[2]。

3 深部地质找矿的关键技术

3.1 深部物探技术

(1)深部物探技术是探测深部地质构造与矿产资源的关键手段,其核心在于利用地球物理场在深部的变化特征来推断地下信息。重力勘探通过测量重力场异常,分析地下不同密度地质体的分布,可圈定深部大型构造或隐伏岩体;磁法勘探则依据岩石的磁性差异,识别深部磁性矿体或地质构造,为找矿提供方向指引。(2)电磁法在深部探测中发挥着重要作用。可控源音频大地电磁法能根据地下的介质的电阻率差异,有效探测中深部的导电地质体,如金属矿脉;天然源电磁法如大地电磁测深,无需人工源,可获取更宽频带的电磁响应,从而揭示深部更广泛的地质结构。(3)地震勘探是深部物探的“精确制导”技术。通过人工激发地震波,分析其在地下传播的走时、振幅等信息,可构建高精度的深部速度结构模型,清晰呈现深部地层界面、断裂构造等,为深部找矿提供可靠的地质依据,助力精准定位深部矿产资源。

3.2 深部钻探工艺

(1)深部钻探工艺需攻克高温高压、地层复杂等极端条件带来的挑战。在钻具选择上,要采用高强度、高韧性的合金材料,以承受深部地层巨大的压力和岩石的强烈磨损,确保钻进过程的稳定性与可靠性。同时,钻头的优化设计也至关重要,根据不同地层的岩性特点,选用合适的钻头类型,如金刚石钻头适用于硬岩地层,可提高钻进效率。(2)钻进参数的精准控制是深部钻探成功的关键。要根据地层情况合理调整钻压、转速和泵量等参数,避免因参数不当导致卡钻、埋钻等事故。此外,深部钻探还需配备先进的随钻测量系统,实时获取钻头的位置、姿态等信息,以便及时调整钻进方向,确保钻孔按照设计轨迹延伸。(3)深部钻探过程中的泥浆循环系统也不容忽视。优质的泥浆不仅能冷却钻头、携带岩屑,还能在孔壁形成泥皮,起到稳定孔壁的作用。要根据地层特性调配泥浆性能,保证钻探作业的顺利进行。

3.3 深部取样与分析

(1)深部取样需解决取样工具适应性及样本完整性难题。深部地层压力高、温度变化大,常规取样工具易出现卡钻、样本污染等问题。因此,需采用特制的取样设备,如具备高压密封功能的绳索取芯装置,可在不提

钻情况下获取完整岩芯，减少对样本的扰动；对于流体样本，则使用耐高温、耐腐蚀的采样器，确保其化学成分不受钻井液影响。（2）样本保存与运输环节需严格控制条件。深部样本可能含有挥发性物质或对环境敏感的矿物，需在低温、隔绝空气的环境中保存，防止成分变化。运输过程中采用防震、恒温容器，避免样本破碎或变质，为后续分析提供可靠基础。（3）分析技术需满足深部样本的特殊需求。利用高精度仪器如激光剥蚀电感耦合等离子体质谱（LA-ICP-MS）进行微量元素原位分析，减少样本制备误差；结合同位素测年与热年代学方法，揭示深部地质事件的演化序列，为资源成因研究提供关键证据。

3.4 深部环境监测

（1）深部环境监测是保障钻探作业安全与生态可持续的关键环节。深部地层存在高温、高压、高应力等极端条件，可能引发岩爆、突水、气体突出等灾害。通过在钻孔内布置高精度传感器，实时监测地应力、温度、孔隙压力等参数变化，可提前预警潜在风险，为钻探方案调整提供依据。（2）深部环境监测需关注地下水系统的动态变化。钻探活动可能破坏地下含水层结构，导致水质污染或水量异常。利用水质在线分析仪与水位自动记录仪，持续监测地下水化学组分、pH值及水位波动，评估钻探对地下水环境的影响程度，为采取防护措施提供数据支持。（3）深部环境监测应兼顾资源开发与生态保护。通过长期跟踪监测，分析钻探废弃物（如钻井液、岩屑）的迁移规律，优化废弃物处理工艺，减少对周边土壤和植被的污染。同时，建立深部环境数据库，为后续资源勘查、工程建设及生态修复提供科学参考，推动深部资源开发向绿色、安全方向转型。

4 地质勘查和深部地质找矿技术的发展趋势

4.1 技术融合与协同创新

未来地质勘查和深部地质找矿将加速多技术融合与协同创新。一方面，物探、钻探、取样分析等技术将深度交叉，如将高精度物探数据用于指导智能钻探轨迹规划，实现精准钻探；另一方面，跨学科融合成为趋势，地质学与地球物理学、计算机科学、材料科学等学科相互渗透，借助大数据、人工智能等手段挖掘数据价值，创新找矿理论与方法。同时，产学研用协同创新机制将

不断完善，促进技术快速转化应用，提升地质勘查和深部找矿的整体水平与效率。

4.2 绿色勘查与生态保护

绿色勘查与生态保护是地质勘查和深部地质找矿的必然发展方向。在勘查过程中，将优先采用对环境影响小的技术方法，如航空物探、遥感等非接触式勘查手段，减少地面工程布置。对于必须实施的钻探等工程，会严格控制施工范围，采用环保型钻井液，降低对土壤和水体的污染。

4.3 智能化与数字化转型

智能化与数字化转型将为地质勘查和深部地质找矿带来变革。借助智能传感器、物联网技术，可实现对勘查设备和作业环境的实时监测与智能控制，提高作业安全性和效率。利用大数据和人工智能技术，能对海量地质数据进行深度分析和挖掘，发现潜在找矿靶区，优化勘查方案。同时，数字孪生技术可构建虚拟地质模型，实现勘查过程的可视化模拟和预测。未来，通过智能化与数字化转型，地质勘查和深部找矿将更加精准、高效、智能^[3]。

结束语

地质勘查与深部地质找矿技术作为探寻地下资源、揭示地球奥秘的关键手段，正处于快速发展与变革之中。技术融合创新为其注入新动力，推动勘查精度与效率不断提升；绿色勘查理念彰显了人与自然和谐共生的追求，保障了行业的可持续发展；智能化与数字化转型则引领行业迈向新的高度，赋予其更强大的分析与决策能力。展望未来，随着科技持续进步，地质勘查和深部地质找矿技术必将不断突破，为国家资源安全保障和经济社会高质量发展提供更为坚实的支撑，书写资源勘探领域的崭新篇章。

参考文献

- [1]田俊.地质勘查和深部地质钻探找矿技术分析[J].内蒙古煤炭经济,2022(1):134.
- [2]罗旋.地质勘查和深部地质找矿技术分析[J].产城:上半月,2021(6):123
- [3]姜巍.关于地质勘查和深部地质找矿技术的研究[J].世界有色金属,2020(2):221