

深部矿产资源探测技术突破与战略储备研究

吕国庆

内蒙古第八地质矿产勘查开发有限责任公司 内蒙古 乌海 016000

摘要：本文聚焦深部矿产资源探测技术突破与战略储备研究。首先阐述深部矿产资源勘探开发对国家资源安全保障和经济社会可持续发展的重要性与紧迫性。接着深入分析当前探测技术面临的复杂地质条件信息获取难、深部钻探技术瓶颈、多源数据融合解释困难等挑战。详细探讨关键技术突破方向，涵盖高精度地球物理勘探、智能钻探、深部采样分析以及多源数据融合与智能解释技术。同时，结合技术突破探讨深部矿产资源战略储备的体系构建、储备模式选择及政策保障等，旨在为我国深部矿产资源的合理开发利用与国家资源安全保障提供全面且深入的理论支持与实践指导。

关键词：深部矿产资源；探测技术；战略储备；资源安全

引言

随着全球经济的持续发展，对矿产资源的需求不断攀升，浅部矿产资源经过长期大规模开发，储量日益减少，开发难度逐渐增大。深部矿产资源（一般指埋深超过 800 米的矿产资源）因其巨大的潜在储量，成为保障国家资源安全、满足经济社会发展需求的重要接替资源。然而，深部矿产资源勘探开发面临着诸多难题，如高温高压环境、复杂地质构造等，对探测技术提出了极高要求。因此，实现深部矿产资源探测技术的突破，并构建科学合理的战略储备体系，具有重要的现实意义和战略价值。

1 深部矿产资源探测技术面临的挑战

1.1 复杂地质条件下的信息获取难题

深部地质环境犹如一个神秘的“黑箱”，其复杂性远超浅部。岩石在深部高温高压环境下，物理性质会发生显著变化，导致不同岩石之间的物性差异减小，这使得地球物理信号在传播过程中更加难以区分和识别。例如，在深部金属矿勘探中，矿体与围岩的电性差异可能因深部环境的影响而变得模糊不清，传统的电磁法勘探难以准确捕捉到这种微弱的信号变化，从而影响勘探精度。此外，深部地质构造复杂多样，断层、褶皱等构造发育频繁，这些构造会对地球物理信号产生折射、反射和散射等作用，进一步干扰信号的传播，导致探测信号微弱且干扰因素众多。而且，深部还存在大量的地下水、岩浆等流体，它们的存在会改变地下介质的电性、磁性和密度等物性参数，给地球物理勘探带来极大的不确定性，使得准确获取地下地质信息变得异常困难。

1.2 深部钻探技术瓶颈

深部钻探是获取深部矿产资源直接信息的关键手

段，但目前面临着诸多技术瓶颈。深部的高温环境会使钻井液的性能发生恶化，如粘度降低、失水增加等，导致钻井液的润滑性、冷却性和携岩能力下降，从而加剧钻头和钻杆的磨损，缩短其使用寿命。高压环境则对钻探设备的强度和密封性提出了极高要求，一旦设备出现故障，如钻杆断裂、密封失效等，不仅会导致钻探工作中断，还可能引发严重的安全事故。高地应力作用下，井壁周围的岩石容易发生破裂和失稳，引发井塌、井漏等事故。井塌会堵塞钻头，影响钻进效率；井漏则会导致钻井液大量流失，增加钻探成本，甚至可能引发地层压力失衡，造成更严重的后果。此外，深部钻探过程中还面临着钻进速度慢、钻头选型困难等问题，这些问题相互交织，严重制约了深部钻探技术的发展和应用^[1]。

1.3 多源数据融合与解释困难

深部矿产资源探测涉及多种地球物理方法，如重力、磁法、电磁法、地震勘探等。每种方法都有其独特的优势和局限性，能够提供不同方面的地质信息。例如，重力勘探对地下密度异常体敏感，能够反映大规模的地质构造；磁法勘探对磁性矿体有较好的探测效果；电磁勘探可以获取地下介质的电性信息；地震勘探能够清晰地揭示地下地层结构和构造特征。然而，由于不同方法获取的数据具有多源性、异构性和不确定性，如何将 these 数据进行有效融合，提取有价值的信息，并准确解释地下地质构造和矿产资源分布，是当前深部矿产资源探测面临的又一难题。目前，虽然已经有一些数据融合方法，但大多存在一定的局限性，难以满足深部矿产资源勘探的复杂需求。

2 深部矿产资源探测关键技术突破方向

2.1 高精度地球物理勘探技术

高精度地球物理勘探技术是深部矿产资源探测的核心技术之一。在重力勘探方面,新型高精度重力仪的研发取得了重要进展。这些重力仪采用了先进的传感器技术和精密的制造工艺,能够显著提高重力测量精度和分辨率,可探测到更微小的重力异常变化。通过对深部密度异常体的精确探测,能够为深部矿产资源勘探提供重要依据,例如在寻找深部金属矿床时,重力异常可以帮助确定矿体的位置和规模。磁法勘探技术也在不断创新。高精度磁力仪的出现使得磁法测量更加精确和灵敏,能够捕捉到更微弱的磁场变化。同时,先进的数据处理方法,如小波分析、神经网络等,被广泛应用于磁法数据处理中,有效提高了对深部磁性矿体的探测能力。电磁勘探技术方面,可控源音频大地电磁法(CSAMT)和瞬变电磁法(TEM)等在深部矿产资源勘探中发挥着重要作用^[2]。特别是三维电磁勘探技术,它能够构建三维地下电性模型,更直观地反映地下电性结构,大大提高了勘探精度,为深部矿产资源的定位和评价提供了更可靠的信息。地震勘探技术作为深部地质结构探测的重要手段,不断向高分辨率、高精度方向发展。高分辨率三维地震勘探技术通过优化观测系统设计、提高数据采集质量和采用先进的成像算法,能够清晰地揭示深部地层结构和构造特征,识别出微小的地质异常体,为深部矿产资源勘探提供详细的地质信息。

2.2 智能钻探技术

智能钻探技术是突破深部钻探技术瓶颈的关键。通过在钻探设备中集成传感器、智能控制系统和通信技术,实现了对钻探过程的实时监测和智能控制。智能钻头是智能钻探技术的核心部件之一,它能够根据地下岩石性质自动调整钻进参数,如钻压、转速和排量等。当遇到坚硬岩石时,智能钻头会自动增加钻压和提高转速,以增强钻进能力;而当遇到软岩石时,则会降低钻压和转速,以减少钻头磨损,提高钻进效率和钻头使用寿命。智能钻杆则具备数据实时传输功能,它能够将井下的温度、压力、扭矩等参数实时传输到地面操作室,使地面操作人员能够及时了解井下情况。一旦发现异常,操作人员可以迅速调整钻探策略,避免事故的发生。此外,研发新型钻井液体系也是智能钻探技术的重要组成部分。新型钻井液具有良好的润滑性、冷却性和稳定性,能够有效降低钻头和钻杆的磨损,提高钻井液的携岩能力,同时还能增强井壁的稳定性和防止井塌和井漏等事故的发生,保障钻探工作的安全顺利进行。

2.3 深部采样与分析技术

深部采样是获取深部矿产资源实物样品的重要环

节,对于准确了解深部矿产资源的品位、矿物组成和赋存状态至关重要。为了适应深部环境的特殊要求,研发了适用于深部环境的采样设备,如深部岩心钻取设备。这些设备采用了先进的钻进技术和取心工艺,能够获得高质量的深部岩心样品,保证样品的完整性和代表性。同时,建立了完善的深部样品分析测试体系,运用先进的分析测试技术对深部样品进行精确分析。电子探针技术可以实现对样品微区成分和结构的分析,准确测定矿物中各种元素的含量和分布情况;激光剥蚀电感耦合等离子体质谱(LA-ICP-MS)技术则具有高灵敏度、高分辨率和快速分析等优点,能够对样品中的微量元素进行准确测定。通过对深部样品的详细分析,可以为深部矿产资源评价和开发利用提供科学依据,指导后续的勘探和开发工作^[3]。

2.4 多源数据融合与智能解释技术

针对多源数据融合与解释困难的问题,运用大数据、人工智能等先进技术,发展了多源数据融合与智能解释方法。首先,建立深部地质模型是多源数据融合的基础。通过收集和整理各种地质、地球物理和工程数据,构建三维或四维的深部地质模型,将不同地球物理方法获取的数据统一到同一个地质框架中。然后,利用机器学习算法对融合后的数据进行智能分析和解释。机器学习算法能够自动从大量数据中学习模式和规律,发现数据之间的潜在关系。例如,利用深度学习算法对地震、电磁等多源数据进行联合反演,能够更准确地反演地下介质参数,提高地下地质构造和矿产资源分布的解释精度和可靠性。通过智能解释技术,可以将复杂的多源数据转化为直观的地质信息,为深部矿产资源勘探决策提供有力支持。

3 深部矿产资源战略储备体系构建

3.1 战略储备的目标与原则

深部矿产资源战略储备的目标是保障国家资源安全,提高国家应对资源供应中断和价格波动的能力,促进经济社会的可持续发展。在当前全球资源竞争日益激烈的背景下,确保深部矿产资源的稳定供应对于国家的经济安全、国防安全和社会稳定具有重要意义。通过建立战略储备体系,可以在资源供应紧张时及时投放储备资源,稳定市场价格,保障国家关键产业和重点领域的资源需求。在构建战略储备体系时,应遵循以下原则:一是系统性原则,将深部矿产资源战略储备纳入国家资源安全战略体系,统筹考虑资源勘探、开发、储备和利用等各个环节,实现资源的合理配置和高效利用。二是科学性原则,依据深部矿产资源分布规律和开发利用特

点,科学确定储备规模、储备品种和储备布局。通过对深部矿产资源的详细评估和预测,结合国家经济发展需求和资源保障程度,制定合理的储备计划。三是可持续性原则,注重资源开发与环境保护的协调发展,实现深部矿产资源的可持续利用。在储备过程中,要充分考虑资源的再生能力和环境承载能力,避免过度开发和破坏生态环境。

3.2 战略储备模式选择

根据深部矿产资源的特点和国家战略需求,可选择多种战略储备模式。政府储备模式是由政府主导建立深部矿产资源储备库,对重要矿产资源进行战略储备。政府具有强大的资源调配能力和资金实力,能够集中力量进行大规模的资源储备。通过政府储备,可以保障国家在关键时期的资源供应安全,维护国家经济稳定。例如,政府可以建立专门的深部矿产资源储备基地,对战略性矿产资源进行长期储备和管理。企业储备模式是鼓励企业参与深部矿产资源储备,通过企业自身的资源开发和储备,提高企业应对市场风险的能力。企业在市场经营中具有灵活性和敏锐的市场洞察力,能够根据市场需求和价格变化及时调整储备策略。企业储备可以与企业的生产经营相结合,实现资源的有效利用和价值最大化。例如,一些大型矿业企业可以在自身矿区内建立资源储备库,储备一定数量的矿产资源,以应对市场波动和供应中断的风险。政府与企业联合储备模式是政府与企业共同出资、共同管理,发挥政府和企业的各自优势,实现资源储备的高效运作。政府可以提供政策支持和资金引导,企业则负责具体的储备运营和管理。这种模式既可以充分利用政府的宏观调控能力和企业的市场运作经验,又可以减轻政府的财政负担,提高资源储备的效率和效益。例如,政府与企业可以共同投资建设深部矿产资源储备设施,共同制定储备计划和管理规则,实现资源共享和风险共担^[4]。

3.3 战略储备政策保障

为确保深部矿产资源战略储备体系的有效运行,需要制定完善的政策保障体系。财政政策方面,加大对深部矿产资源勘探开发和战略储备的财政投入,设立专项基金,支持关键技术研发和储备设施建设。政府可以通过财政补贴、税收优惠等方式,鼓励企业和社会资本参

与深部矿产资源勘探开发和战略储备项目,降低企业的投资风险和成本。税收政策方面,对从事深部矿产资源勘探开发和战略储备的企业给予税收优惠,如减免企业所得税、增值税等,降低企业成本,提高企业积极性。同时,可以对资源储备企业实行特殊的税收政策,鼓励企业增加储备规模和提高储备质量。产业政策方面,制定深部矿产资源产业发展规划,引导产业健康发展,优化产业结构,提高产业竞争力。政府可以通过产业政策引导企业加大技术创新投入,推动深部矿产资源勘探开发技术的升级和产业化发展。监管政策方面,建立健全深部矿产资源战略储备监管机制,加强对储备资源的动态监测和管理,确保储备资源的安全和有效利用。政府可以建立专门的监管机构,对储备资源的数量、质量和流动情况进行实时监控,防止储备资源的非法流失和滥用。同时,要加强对储备企业的监管,规范企业的经营行为,保障战略储备体系的正常运行。

结束语

深部矿产资源作为保障国家资源安全的重要接替资源,其探测技术突破与战略储备研究具有重要意义。面对复杂地质条件下的信息获取难题、深部钻探技术瓶颈和多源数据融合与解释困难等挑战,通过发展高精度地球物理勘探技术、智能钻探技术、深部采样与分析技术以及多源数据融合与智能解释技术等关键技术,能够实现深部矿产资源探测技术的突破。同时,构建科学合理的深部矿产资源战略储备体系,选择合适的战略储备模式,并制定完善的政策保障体系,能够有效保障国家资源安全,促进经济社会的可持续发展。未来,应进一步加强深部矿产资源探测技术研发和战略储备研究,不断提高我国深部矿产资源的勘探开发能力和资源保障水平。

参考文献

- [1]王圣勇.地质勘查和深部地质钻探找矿技术[J].世界有色金属,2019(01):82-83.
- [2]江廷石.地质勘查和深部地质找矿技术研究[J].冶金管理,2019(05):94-95.
- [3]魏文强.地质勘查和深部地质钻探找矿技术的思考[J].西部资源,2019(02):34+37.
- [4]孟祥超.浅析地质矿产资源勘查的原则及其找矿方法的应用[J].世界有色金属,2019(17):64,66.