

地质勘查和深部地质钻探找矿技术研究

张峰¹, 陈传浩¹, 樊明彬²

(1. 中化地质矿山总局山东地质勘查院, 山东 济南 250013;

2. 山东省核工业二四八地质大队, 山东 青岛 266041)

摘要 近些年,我国高度重视地质勘查和深部地质钻探找矿技术的发展。本文系统概述了该领域的技术进展,包括高精度测量与数据处理、地球物理与地球化学综合勘查、人工智能与机器学习应用、钻探工艺与设备创新、取样与岩心分析技术进步、钻探过程的地质环境监测等方面。研究显示,这些技术的应用不仅可以显著提高找矿的效率和成功率,还可以减少资源浪费和环境破坏。为进一步促进该领域技术进步,国家已出台多项政策,加大科研投入,引进国外先进技术,吸引社会资本投入,并制定严格的环保标准。

关键词 地质勘查; 深部地质钻探; 找矿技术; 高精度测量; 数据处理

中图分类号: TD1

文献标志码: A

文章编号: 2097-3365(2024)05-0052-03

地质勘查和深部地质钻探技术是找矿过程中关键的手段,直接决定勘查成功率和效率。随着我国经济快速发展,对矿产资源的需求不断增长。为确保资源供给,必须依靠技术进步来提高勘查效率和成果质量。因此,开展地质勘查和深部钻探技术的研究非常必要。《“十三五”国家战略性新兴产业发展规划》中也明确提出,要大力发展勘查开发技术装备,建设智慧矿山。本文拟通过详细分析当前技术发展状况,为我国地质勘查和深部钻探技术提供发展建议^[1]。

1 地质勘查技术

1.1 高精度测量与数据处理技术

传统的地质勘查主要依靠人工解译,效率较低且易产生误差。而新兴的高精度测量技术可以大幅提升地质信息的获取精度,再辅以智能化数据处理,可以显著增强勘查的效率与质量。目前,卫星遥感已经成为获取地表地质信息的重要手段。通过对不同波段的观测,可以识别出地表岩石种类、构造特征等信息。与此同时,空间分辨率不断提高的卫星图像也为地质解释提供了更丰富的细节。激光雷达技术也大放异彩,通过激光脉冲的发射与回波分析,可以快速精确地测绘地形地貌特征。另外,无人机航测系统也为地质勘查提供了低空高精度的图像,对小范围的地质解译很有帮助。在获取到海量高精度数据的基础上,研究者们还开发了各类自动化或智能化的数据处理与解释技术,如机器学习在岩石识别中的应用,提高了数据分析的效率与准确性。可以预见,高精度测量与智能数据处理的结合应用必将大幅推进地质勘查技术的发展,

使勘查工作更加精确、高效。

1.2 地球物理与地球化学综合勘查技术

地球物理与地球化学勘查各有特点,将两者有机结合,可以发挥各自技术的优势,实现资源勘查的优化与提高。具体来说,地球物理勘查通过检测电、磁、密度、声波等物理信号,可以有效确定地层结构、岩性特征、构造信息等,对推断地下资源具有很好的指示作用。但其本身不能直接反映元素成分或矿物类型^[2]。而地球化学勘查通过分析元素组成、同位素特征等,可以直接反映岩石的地球化学属性,判断存在的矿物成分。但是对构造关系的判别则较为薄弱。因此,如果将两者有机结合,就可以实现资源勘查的优势互补。例如,可以先利用地球物理方法描绘总体构造框架,定位有利的构造部位;然后在这些目标区域进行地球化学测量,判断资源迹象并预测资源范围。另外,两种方法的联合解释也可以提高结果的可靠性。如果地球物理和地球化学结果能够互相验证,就可以大幅增加勘查的成功率。地球物理与地球化学勘查的有效结合,不仅可以提高工作效率,还可以显著提升勘查结果的精度与可靠性,是实现资源勘查优化的重要手段之一。

1.3 人工智能与机器学习在地质勘查中的应用

人工智能和机器学习技术在提升地质勘查效率和质量方面展现出巨大潜力。这些技术可以处理海量的地质数据,实现自动化的分析与解译,大大减轻了人工工作量,并提高了结果的客观性与统一性。具体来说,机器学习算法可以对各类地质数据进行高效的分类和

聚类,快速识别出有效信息,这对提高地质调查和解释的效率非常有帮助。与此同时,深度学习技术使得计算机可以自动“学习”复杂的地质图像特征,并建立图像与地质意义之间的内在联系模型。这可以实现对地质图像及遥感数据的自动化解释和分析,显著提升工作效率。另外,基于大数据的智能技术可以发现隐藏在海量数据背后的地质规律,实现对资源的预测与评价。随着算法的进一步优化,人工智能在地质勘查领域的应用前景非常可观。不仅可以减轻重复性工作,还可以发现人类容易忽略的细微信息,实现对地质体的“超越人眼”的全面理解。总体来说,智能技术必将深刻改变地质勘查的工作模式,使其向更加智能化的方向快速发展。

2 深部地质钻探找矿技术

2.1 钻探工艺与设备的研究进展

随着对深部资源的日益需求,深部钻探技术也在不断进步与创新,钻探工艺和设备的研发已成为该领域的重点。为提高钻探效率,新型高功率液压顶驱系统得以应用,大大提升了传统机械钻机的转速和扭矩。空气钻技术利用压缩空气而非液体来带出岩屑,降低了钻进阻力,使钻头更容易进入硬岩。微波等非常规钻探技术也展现出在特定条件下更优的穿透性。这些新工艺的使用极大地提高了钻机的钻速。同时,新材料和结构优化也增强了钻具的抗压、抗磨性能,减少了磨损^[3]。为降低成本,研制了更易维护、使用寿命更长的钻探设备,有效减少了钻探费用。老化设备的智能化改造也实现了钻探参数的精确控制和实时优化。移动钻机和模块化设计提高了设备运输和组装的便捷性。展望未来,计算机和自动控制技术在钻探自动化方面可发挥更大作用,实现钻探过程的自主控制和优化,使复杂钻探任务变得更加简单高效。总之,钻探设备和技术的持续创新,将大大推进深部钻探的进步。

2.2 钻探取样与岩心分析技术

取样和岩心分析是深部钻探过程中获取地层信息的关键环节,技术的精进直接影响对地质体的认识程度。要获得代表性的取样,需要研发适应不同岩性的取样工具,优化取样部位的选择,并控制好取样速度、频次等参数,减少取样误差。防污染技术也很重要,要保证取样过程不破坏岩心的原始成分。目前正研发激光采样技术,使用脉冲激光焊接和切割岩样,避免机械压力对样本的影响。岩心分析则要解决快速和无损问题。X射线CT扫描可以非破坏性地揭示岩心内部结构。数字图像处理可快速量化岩心纹理特征。同位

素分析技术提高了对元素组成的测定精度。岩石学家和计算机专家正在积极开发自动岩心描述系统,以数字方式系统记录岩心特征。一些实验室也建立了岩心在线分析平台,整合多种测试手段,实现岩心快速多属性分析。取样和岩心分析技术不断精进,为地质分析提供了更丰富可靠的第一手数据,有力推动了对地质体的深入认识。

2.3 钻探过程中的地质环境监测与保护

地质环境保护是深部钻探过程中需要重点关注的方面。钻探可能对地下水环境、周围岩体产生不良影响,因此必须采取科学的监测与防护措施。地下水保护要严格控制钻井液体的循环系统,避免污染地层水。同时要监测水质变化,如pH值、悬浮物、矿化度等指标。对含水层采取隔离措施也很关键。另外,选择适宜的钻头结构,控制钻进轴向力和转速,可以减少对围岩的损伤。岩石力学监测可以判断钻探动态是否影响岩石完整性。地表沉降监测也需要注意,防止地质环境发生不可逆变化。这需要建立起包括GPS、光纤传感等多种技术的综合监测系统,对地质环境变化进行动态观测。一旦监测发现异常,要及时优化钻探参数或采取其他补救措施^[4]。另外,信息技术也可以发挥重要作用。建立数字化钻探系统,进行过程模拟和风险评估,有助于预防环境问题的发生。还可以利用大数据分析指导钻探最佳实践,以保护地质环境。科学监测与管理是确保钻探过程地质环境安全的关键。这需要地质、钻探和信息领域的通力合作,共同提高钻探的环保水平。

3 当前地质勘查和深部地质钻探找矿技术面临的问题及解决方案

3.1 技术瓶颈问题

当前我国地质勘查和深部地质钻探技术在推动资源勘探和高效利用方面发挥着举足轻重的作用,但就目前情况来看,仍然存在较多亟待解决的技术瓶颈问题。受制于检测设备精度和作业环境条件等多方面因素的限制,我国主力钻机设备的单孔作业效率和钻进速度与国外先进水平还存在明显差距。根据相关统计,我国深部钻探每米的平均施工周期约为1.5天,而发达国家的这一数据普遍在0.5天左右。这直接导致了我国当前对深部矿产资源的勘探与开发总体上仍然较为缓慢。此外,超深钻探技术的应用也十分有限。主流商业化应用的钻探深度约在3000米左右,而对于5000米级别的超深钻探,成功案例更是寥寥无几,大大制约了对更深资源的有效利用。出现上述问题的原因一方面在于核心设备本身的技术制约,如钻头、测

井仪器等支撑设备的先进性与智能化水平有待提高,设备在高温高压、复杂斜井等极端作业环境下的适应性和稳定性也存在局限;另一方面与配套的作业环境建设、技术集成创新力度还比较欠缺也有关系。为取得突破性进展,应从以下几个方面着手谋划系统性的技术进步路线:一是持续加大科研投入力度,重点突破制约钻探深度、效率提升的关键技术与装备短板,同时还要注重顶层设计,实现技术体系的优化与协同;二是充分激发社会创新活力,鼓励企业积极介入技术和装备的研发应用,形成技术竞争的良性环境;三是加强国际合作与交流,积极引进消化吸收国外的先进技术与管理理念;四是完善科技成果的转化体系,实现基础研究与产业化应用的顺畅对接。此外,国家层面还应加大政策支持力度,为技术和产业快速升级提供制度保障。只有持之以恒推进系统性的技术进步,我国的地质勘查和深部钻探技术与装备才能实现跨越式发展,为资源高效且可持续利用提供重要支撑。

3.2 环境保护问题

地质勘查和深部地质钻探过程中,一定会对周围环境产生一定程度的影响,主要体现在对地下水系的潜在污染、地层稳定性的破坏、钻井液体的处置等方面。这既关系到生态环境和生物多样性的保护,也影响到当地居民生产生活的可持续性。因此,必须高度重视钻探活动的环境影响与风险管理。首先,环境影响评价制度的落实是关键。对所有钻探作业都要严格开展环境影响评估,评估其对生态环境、水文地质条件、植被土壤等的潜在影响程度,并设定相应的环境容许承载力指标与监测方案^[5]。在此基础上,建立严密的环境监测体系,对钻探过程中的水质、土壤、空气等进行动态监测,保证环境指标始终处于许可范围内。其次,制定严格的环保操作规范也至关重要。这包括对钻井液的循环利用率要求、钻屑岩样的妥善处理方法、地下水污染防治措施等方面的明确规定,并落实到实际操作中。此外,选择和使用环保型的钻探技术与设备也必不可少。如开发高密封水系循环钻井设备,提高钻井液回收率,减少污染排放。利用旋转控制钻井技术,减轻对地层的破坏程度等。可再生能源供电技术的使用也减轻了环境负荷。最后,还应设立环境保护基金,用于生态复育与污染防治。科学立规、严密监管、积极预防,持续改进,才能在发展勘查业的同时保证生态环境质量,实现可持续发展。

3.3 资金投入问题

地质勘查和深部地质钻探项目属于典型的资金密集型行业,单个项目投资数量巨大,回收周期较长,

风险也较高,这对项目的融资提出了更高的要求。当前,我国地质勘查和深部钻探领域存在明显的资金不足问题,一方面国家财政性资金有限,难以满足巨大的资金需求;另一方面社会资本参与度不足,直接融资渠道较为狭窄。为全面化解资金短板问题,需从多个层面开展联动。加大政府支持力度,除了直接增加财政拨款外,还可以通过税收减免、补助奖励等方式给予项目更多倾斜。拓宽直接融资渠道,建立多层次的项目融资模式,根据不同类型项目的风险收益特征,吸引保险机构、证券公司、大型企业集团等广泛的社会资本力量以不同形式积极介入,逐步形成政府引导、市场运作、社会参与的多元化投融资格局。创新融资方式,积极推广权益融资、收益分配等由项目预期收益支持的融资模式;同时发挥地方政府和大型企业的杠杆作用,设立专项基金或引导性基金,带动社会资本对优质勘查项目的投入力度。强化政策引导和风险管理,除简化行政审批、加强信息披露外,还要健全政府风险补偿机制,降低社会资本投资障碍。高效集成各类资金与政策资源,全面提升融资供给能力,我国的地质勘查与钻探领域才能加快技术装备升级,保障战略资源安全供应。

4 结束语

我国在地质勘查和深部地质钻探找矿技术领域取得了长足的进步,高精度测量、数据处理、机器学习等技术的应用使勘查和钻探效率和精度显著提升,新型的钻探设备与技术也推动了深部钻探过程的优化。但是仍存在技术瓶颈限制钻探深度,环境保护和资金不足等问题。展望未来,需要加大科研投入力度,鼓励技术创新,制定严格的环保标准,并扩大融资渠道。只有不断推进技术创新与应用,提高勘查与钻探的智能化、绿色化水平,我国才能在资源勘探领域占据优势,实现资源高效利用与环境保护的双赢。希望本文能为促进我国地质勘查与深部钻探技术可持续发展提供借鉴。

参考文献:

- [1] 郝占优.地质勘查和深部地质钻探找矿技术的研究[J].中国金属通报,2023(09):28-30.
- [2] 张亚坤,李家峰,邵吉亮.地质勘察和深部地质钻探找矿技术研究[J].世界有色金属,2023(17):49-51.
- [3] 张嵩.探讨固体矿产地质勘查中深部地质钻探找矿技术[J].世界有色金属,2023(17):55-57.
- [4] 王霄霄.地质工程勘查和深部地质找矿技术要点[J].中国金属通报,2023(07):71-73.
- [5] 任建民.地质勘查和深部地质钻探找矿技术分析[J].中国金属通报,2023(06):56-58.