

# 深部矿产地质勘查技术发展趋势与展望

周焘, 李石英

云南省有色地质局楚雄勘查院, 云南 楚雄 675000

**摘要:** 深部矿产地质勘查作为国有有色金属矿产工业的重要方向, 其技术进步对保障国家经济的可持续发展具有深远的战略意义。本研究通过系统梳理当前深部矿产地质勘查技术的发展现状, 全面总结了我国在该领域的研究成果, 并结合国内外典型案例, 深入分析了深部矿产地质勘查所面临的重大挑战与关键问题。研究表明, 我国在深部矿产地质勘查领域已取得显著进展, 但在矿点精确定位、矿产资源储量估算、矿体定量预测以及综合评价等方面仍存在一定的不足。针对上述问题, 本研究从地质勘查新技术与新方法的研发、大数据与人工智能技术的深度融合等角度出发, 提出了未来深部矿产地质勘查技术的发展路径。

**关键词:** 地质勘查; 矿点定位; 矿产资源; 大数据与人工智能;

## Deep mineral Geological Survey Technology Development Trend and Prospect

Zhou Tao, Li Shiyong

Yunnan Province Non-ferrous Geological Bureau Chuxiong Survey Institute Chuxiong, Yunnan 675000

**Abstract:** As an important direction of the state-owned non-ferrous metal mining industry, the technical progress of deep mineral geological exploration has far-reaching strategic significance for ensuring the sustainable development of the national economy. This study systematically reviewed the current development status of deep mineral geological exploration technology, comprehensively summarized the research achievements in this field in China, and deeply analyzed the major challenges and key issues faced by deep mineral geological exploration through domestic and foreign typical cases. The results of the study show that China made significant progress in the field of deep mineral geological exploration, but there are still some shortcomings in aspects such as precise positioning of mineral occurrences, estimation of mineral resource reserves, quantitative of ore bodies, and comprehensive evaluation. In view of the above problems, this study proposes the development path of future deep mineral geological exploration technology from the perspectives of research and of new geological exploration technologies and methods, and deep integration of big data and artificial intelligence technology.

**Keywords:** geological survey; mineral point positioning; mineral resources; big data and artificial intelligence

## 引言

深部矿产地质勘查作为国有有色金属矿产工业的关键环节, 在保障国家经济稳定发展方面发挥了不可或缺的支撑作用。与传统的浅层矿产地质勘查相比, 深部矿产勘查具有更高的技术复杂性, 涉及高精度测量、大数据处理及矿体精确定位等多个领域的前沿技术应用。近年来, 我国在攻克深部矿产勘查技术难题方面取得了显著进展。例如, 在江西德兴铜矿, 通过引入先进的深部探测技术, 成功发现了一个储量高达数百万吨的新矿体, 为该地区矿业的可持续发展注入了新的动力。然而, 在实际工作中仍存在若干亟待解决的关键问题。深部矿体储量估算的准确性仍有较大提升空间, 矿体品位预测的精确度亦需进一步优化。

## 一、深部矿产地质勘查的重要性

### (一) 中国有色金属矿产工业的发展需求

在数千米深的地下, 传统矿产资源如铜矿、铝矿等的开采量逐年下降, 部分重要矿区的表层资源已接近枯竭。长期以来依赖的露天开采与浅层钻探方式, 已难以满足不断增长的资源需求。

与此同时, 国防装备所需的特种合金、高端芯片制造所必需的稀有金属, 以及新能源汽车电池中不可或缺的锂矿资源, 均对稳定的矿产供应提出了更高要求。为应对这一挑战, 地质工作者引入了高精度三维地震勘探、定向钻探等一系列先进技术, 将勘查精度提升至米级水平。例如, 在云南某矿区, 新型深部探测设备已能够精准识别深度达1500米的矿体赋存状态。此外, 新一代勘

查技术更加注重生态保护，通过远程遥感、航空物探等非接触式手段，大幅减少了对地表植被和土壤结构的影响。以贵州某勘查区为例，采用绿色勘查技术后，现场植被恢复率提升了40%，而勘查效率则提高了近一倍。发展适应深部矿产地质条件的勘查技术，不仅是实现资源高效开发的重要途径，更是平衡资源利用与环境保护的战略举措。这不仅为我国有色金属矿产工业的可持续发展提供了坚实保障，同时也为国家经济建设和战略安全奠定了稳固基础<sup>[1]</sup>。

### （二）深部矿产地质勘查对国家经济发展的支撑

在国家西北某矿区，借助先进的深部钻探技术，成功发现了一处储量高达3亿吨的大型铁矿体。这一重要突破使该地区的矿产资源储量提升了近40%。这些埋藏于地下1000米以下的矿体，被矿工们形象地称为“深藏的宝藏”。为实现对深部矿体的精准探测，地质勘探队伍引入了高精度三维地震成像系统。这套先进的设备犹如“透视眼”，不仅能够精确锁定矿体位置，还能清晰描绘出地下断层分布图，为后续勘查工作提供了坚实的技术保障<sup>[2]</sup>。随着深部勘查工作的逐步推进，一批新型探测设备在现场完成了实地测试。其中，能够在高温高压环境下稳定运行的金刚石钻头，以及专门用于采集深部岩芯的特种钻机，表现尤为突出。

### （三）矿产资源的定位与估计问题

在深部矿产地质勘查领域，矿产资源的精确定位与合理估算一直是制约行业发展的核心难题。由于深部矿产资源埋藏深度大、地质环境复杂多变，传统勘查技术在精度和效率方面均表现出明显的不足，难以满足实际需求，从而对矿产资源定位的准确性产生了显著影响。当前的估算方法在面对深部矿体复杂的形态特征、不均匀的空间分布以及多变的地质构造时，往往存在较大的偏差。这些问题不仅显著增加了勘查工作的难度和成本，还对后续采矿活动的规划与实施带来了深远的影响<sup>[3]</sup>。因此，提升矿产资源定位与估算的精确性已成为推动勘查技术进步的关键任务，同时也是实现深部矿产高效开发的重要保障。

## 二、深部矿产地质勘查的发展现状

### （一）成功与进步的概述

近年来，深部矿产地质勘查技术在多个关键领域取得了突破性进展与显著成效，特别是在地质信息采集、矿产资源识别以及复杂地下环境适应能力方面展现了卓越的性能。与此同时，化学分析技术亦实现了质的飞跃。传统上需耗时两周方能完成的岩芯分析报告，如今借助便携式X射线荧光光谱仪，仅需数分钟即可在现场完成矿石品位数据的精准测定。某金矿引入此项技术后，勘探效率提升了三倍以上，找矿成功率更是提高了50%以上。

### （二）现存技术的短板与问题

近年来，尽管深部矿产地质勘查技术取得了一定的进展，但仍面临诸多挑战和亟待解决的技术难题。在地下300米及更深区域，矿体的轮廓通常显得模糊不清，常规探测设备的信号在穿透厚重岩层后显著衰减，这使得地质勘查团队难以实现对矿脉走向的精准定位<sup>[4]</sup>。以某铜矿勘探项目为例，在复杂地层的干扰下，

传统磁法勘探的定位误差往往超过50米，导致多个钻探工程未能成功发现目标矿体。

## 三、新技术新方法在地质勘查中的应用

### （一）地质勘查新技术的研发

高精度电磁探测技术目前已能够捕捉地下2000米深处的微弱信号，为地质工作者提供了清晰展现深埋矿体轮廓的技术保障。借助这一精准定位手段，大规模物探井的布设已成为历史，单一探测点即可覆盖数百平方米区域。例如，在某些金属矿区，新型高斯磁力仪的扫描结果与实际钻探数据的吻合度超过95%，这一成就在过去几乎难以企及。与此同时，地球化学分析技术也实现了质的飞跃。当前，技术人员已能够从采集的土壤和岩石样本中提取出纳克级微量元素信息，并通过元素迁移规律与富集模式的研究，精确预测深部矿体的位置与储量。在湘西某铜矿勘查项目中，新型离子色谱分析仪成功识别了传统方法未能发现的深部矿体，使该区域已探明储量提升了近三成<sup>[5]</sup>。这些先进技术的应用不仅显著提高了找矿效率，还极大减少了对地表植被的破坏。现代化勘查设备体积更小、重量更轻，其运输与架设过程对山地环境的影响降至最低限度，从而使一个勘查项目的生态修复成本平均下降了40%以上。

### （二）大数据与人工智能的深度融合

大数据与人工智能的深度融合正在对深部矿产地质勘查技术产生深远影响，显著提升了其效率和精确性。通过大数据技术的广泛应用，海量地质数据得以系统化采集与深度分析，从而能够更加精准地揭示矿产资源的分布规律及其特性，有效减少勘查过程中的不确定性，并优化资源配置与利用效率。

### （三）高精度高效率环保的勘查方式

在深部矿产地质勘查领域，高精度、高效能且环境友好的勘查方法已成为不可或缺的核心手段。通过运用先进的测量技术，勘查数据的精确性得以大幅提升，不仅有效减少了资源的无谓消耗，还将对生态环境的影响降至最低限度。以遥感技术和地球物理探测为代表的现代化勘查方法，能够在更短的时间内获取更加全面和深入的信息，从而显著提高资源开发的经济效益与科学性<sup>[6]</sup>。同时，环保型勘查手段通过引入无损检测技术及绿色勘查工具，大幅降低了对生态系统的干扰，充分体现了可持续发展的战略要求。这种严谨而科学的勘查方式，为优化矿产资源的开发利用提供了坚实的技术保障，并为实现国家长期发展目标奠定了稳固基础。

## 四、深部矿产地质勘查的发展趋势

### （一）针对现有问题的解决措施

针对当前深部矿产地质勘查领域存在的问题，应从多方面入手，采取系统化、科学化的措施，以全面提升技术水平和应用成效。具体而言：首先，需进一步加大地质勘查新技术的研发投入，集中力量突破矿点精确定位与矿产储量评估等关键技术难题，从而显著提高矿体定量预测的精确性与可靠性。通过持续优

化技术体系，为深部矿产资源的高效勘查提供坚实的技术支撑<sup>[7]</sup>。其次，应积极引入大数据分析 with 人工智能技术，推动地质数据的智能化处理与深度挖掘，有效应对海量数据带来的复杂性挑战，为地质勘查工作提供更加科学、精准的决策支持。此举不仅能够提升数据分析效率，还能为相关研究提供更具参考价值的结果。

## （二）充分利用新技术新方法带来的趋势

在深部矿产地质勘查领域，充分融合并应用前沿技术与创新方法，是推动勘查活动从传统模式向现代化、智能化模式转型的重要途径。通过引入先进的勘查技术体系，不仅能够显著提升地质资源的探测成功率和开发效率，还能有效缩短勘查周期，降低运营成本，实现资源利用的最大化。以大数据分析 with 人工智能为核心的技术集成，具备对海量地质数据进行高效处理与精准预测的能力，为决策者提供了坚实的科学依据，助力制定更为科学合理的勘查规划方案。与此同时，随着地质探测设备的不断优化与升级，复杂地质条件下的高精度探测已成为现实，进一步提升了勘查工作的精确性与可靠性。

## 五、未来展望与前景分析

### （一）高精度测量的应用前景

高精度测量技术在深部矿产地质勘查领域的应用展现出极为广阔的发展前景。随着勘查深度的不断延伸，对测量精度的要求亦随之显著提升。高精度测量技术通过提供更加精准的数据支持，能够有效提高矿产资源定位与储量估算的科学性与准确性。该技术体系涵盖高分辨率卫星遥感、先进的地球物理测量方法以及精密的地质探测设备等多领域技术手段。通过引入高精度测量技术，可大幅提升矿体定量预测的可靠性，从而优化矿产资源评价的整体流程<sup>[8]</sup>。高精度测量技术具备识别地质异常及含矿带的独特能力，为地质勘查工作提供了至关重要的数据支撑与决策依据。未来，通过对高精度测量技术的集成化与创新性应用，将进一步推动深部矿产勘查工作的科学化与精准化水平，助力矿产资源开发向高效化与可持续化方向迈进。这不仅能够充分满足国内对矿产资源的战略需求，更为相关产业的技术革新与突破提供了强有力的保障。高精度测量技术在矿产资源领域的推广与实践，标志着矿产勘查正

逐步迈向数据驱动与智能化发展的新阶段。这一趋势将为矿业领域的技术创新和高质量发展奠定坚实的理论与技术基础，同时为实现资源利用的科学化与可持续化目标提供重要保障。

## （二）大数据处理在勘查中的重要作用

在深部矿产地质勘查领域，大数据处理技术发挥着至关重要的作用。通过高效整合与深度分析海量地质数据，这一技术显著提升了勘查工作的精确性与效率。凭借数据挖掘和机器学习算法的支持，复杂地质模型得以精准模拟，从而实现对资源的精确定位与科学评估<sup>[9]</sup>。此外，大数据技术能够优化矿产资源勘查策略，借助动态数据监测与实时分析，有效降低了传统勘查方法可能产生的误差，大幅提高了勘查决策的可靠性。

## 六、结束语

本研究对深部矿产地质勘查技术进行了系统而深入的探讨，全面梳理了其当前的发展现状，并明确指出了在矿点定位、矿产资源评估、矿体定量预测及矿产综合评价等关键领域中存在的技术瓶颈与不足。同时，本研究创新性地从地质勘查新技术与新方法的研发，以及大数据和人工智能技术的深度融合等角度出发，深入探讨了深部矿产地质勘查技术的未来发展方向。为实现深部矿产地质勘查的高效开发，亟需着力探索并应用更高精度、更高效且更加环保的技术手段与方法体系，以最大限度挖掘和充分利用矿产资源，推动相关领域的持续进步<sup>[10]</sup>。本研究进一步展望了深部矿产地质勘查技术的长远发展前景，尤其是在高精度测量、大数据分析处理及智能化勘查等前沿方向上展现了广泛的应用潜力。然而，当前的研究仍存在若干局限性与未尽之处，这些不足不仅反映了现有技术体系所面临的挑战，同时也为后续学术研究提供了新的切入点和拓展空间。技术的发展与创新是一个动态迭代的过程，需要研究者始终保持开放的态度，积极探索并尝试各类新兴技术和方法，以满足快速演进的矿产地质勘查需求。综上所述，本研究通过系统分析与前瞻性展望，旨在为深部矿产地质勘查领域的理论发展与实践应用提供有益的启示与参考，助力该领域在未来取得更为显著的突破与进展。

## 参考文献

- [1] 杨林章. 矿产地质勘查与深部钻探找矿技术 [J]. 中国金属通报, 2021(6): 62-63.
- [2] 李光顺, 万凯. 矿产资源领域深部矿产地质勘查理论及对策分析 [J]. 区域治理, 2020(18): 93-95.
- [3] 杨林章. 矿产地质勘查与深部钻探找矿技术实践 [J]. 区域治理, 2019(13).
- [4] 张薇. 浅析矿产地质勘查与深部钻探找矿技术 [J]. 中文科技期刊数据库 (引文版) 工程技术, 2022(2): 10-12.
- [5] 蔺福强. 矿产地质勘查与深部钻探找矿技术实践研究 [J]. 中文科技期刊数据库 (全文版) 工程技术, 2023(11).
- [6] 孙中任, 魏文博. 高密度电阻率法在金矿勘查工作中的应用效果 [J]. 石油地球物理勘探, 2004, 39(B11): 118-122.
- [7] 万国普. 胶东破碎带蚀变岩型金矿地质-地球物理找矿模型 [J]. 山东地质, 1994, 10(2): 41-50.
- [8] 何满潮. 深部的概念体系及工程评价指标 [J]. 岩石力学与工程学报, 2005, 24(16): 2854-2858.
- [9] 李俊建, 罗镇宽, 刘晓阳, 徐卫东, 骆辉. 胶东中生代花岗岩及大型\_超大型金矿床形成的地球动力学环境 [J]. 矿床地质, 2005, 24(4): 361-372. 被引量: 69
- [10] 吴国学, 李守义, 陈国华, 徐浩, 白士俊, 王永祥, 吕志刚. 金矿勘查中的伽玛能谱测量——以黑龙江乌拉嘎金矿外围柳树河区为例 [J]. 吉林大学学报 (地球科学版), 2005, 35(6): 823-826.