

# 地质勘查信息技术应用路径研究

牛川<sup>1</sup> 高兆伟<sup>1</sup> 刘剑锋<sup>2</sup> 张超<sup>3</sup>

1 临沂市不动产登记交易中心 2 临沂市自然资源开发服务中心 3 山东蒙山路桥有限公司

DOI:10.12238/etd.v6i3.14371

**[摘要]** 地质勘查信息技术应用路径研究聚焦遥感、GIS、大数据与人工智能技术的深度融合,通过构建“空-天-地”一体化数据平台,突破传统勘查模式瓶颈。研究提出多光谱与高光谱遥感智能解译技术,结合深度学习算法将岩性分类精度提升至92%以上;三维地质建模技术依托LiDAR点云与隐式建模方法,实现复杂地质结构毫米级重构;人工智能驱动的决策支持系统通过地质知识图谱与自主进化模型,优化矿产资源预测效率40%以上。针对数据孤岛、智能解译精度不足等挑战,提出区块链技术保障数据共享、量子计算提升模拟效率等创新路径,为深地深海资源探测与绿色勘查提供技术支撑,推动地质行业向数字化、智能化转型。

**[关键词]** 地质勘查; 信息技术; 遥感解译; 三维建模

**中图分类号:** TP7 **文献标识码:** A

## Research on the Application Path of Geological Exploration Information Technology

Chuan Niu<sup>1</sup> Zhaowei Gao<sup>1</sup> Jianfeng Liu<sup>2</sup> Chao Zhang<sup>3</sup>

1 Linyi Real Estate Registration and Trading Center

2 Linyi Natural Resources Development Service Center

3 Shandong Mengshan Road and Bridge Co., Ltd

**[Abstract]** Research on the application path of geological exploration information technology focuses on remote sensing GIS. The deep integration of big data and artificial intelligence technology breaks through the bottleneck of traditional exploration models by building an integrated data platform of "air space ground". Research proposes intelligent interpretation technology for multispectral and hyperspectral remote sensing, combined with deep learning algorithms to improve lithology classification accuracy to over 92%; 3D geological modeling technology relies on LiDAR point clouds and implicit modeling methods to achieve millimeter level reconstruction of complex geological structures; The decision support system driven by artificial intelligence optimizes mineral resource prediction efficiency by over 40% through geological knowledge graphs and autonomous evolution models. In response to challenges such as data silos and insufficient accuracy in intelligent interpretation, innovative paths such as blockchain technology to ensure data sharing and quantum computing to improve simulation efficiency are proposed, providing technical support for deep sea resource exploration and green exploration, and promoting the transformation of the geological industry towards digitization and intelligence.

**[Key words]** geological exploration; Information technology; Remote sensing interpretation; 3d modeling

## 引言

在全球资源竞争加剧与“双碳”目标约束背景下,地质勘查行业面临深部资源探测难度大、生态环境约束强、数据利用率低等挑战。传统勘查模式依赖人工经验与二维图件分析,难以适应千米以深矿产资源开发需求。随着卫星遥感分辨率突破亚米级、人工智能算法在岩性识别中应用率达60%以上,信息技术正重塑地质工作流程。本文系统梳理遥感影像智能处理、三维地

质建模、地质大数据分析等关键技术应用路径,探讨“空-天-地”数据融合、智能算法优化、绿色勘查标准构建等创新方向,旨在为地质勘查行业数字化转型提供理论框架与实践参考,支撑国家能源资源安全保障与生态文明建设。

## 1 我国地质勘查信息技术发展现状与挑战

### 1.1 我国地质勘查信息技术发展现状

当前,我国地质勘查行业已形成以卫星遥感、无人机航测、

地理信息系统(GIS)为核心的技术体系,覆盖矿产资源勘查、地质灾害预警、生态环境监测等领域。遥感影像分辨率提升至亚米级,三维地质建模技术实现地下空间可视化重构,人工智能算法在岩性分类、构造解译中应用率达60%以上。大数据平台整合多源异构数据,支撑了全国矿产资源潜力评价和地质灾害风险区划,为能源资源安全保障提供了技术支撑。近年来,无人机航测技术突破长航时、高精度瓶颈,实现复杂地形全覆盖;云计算平台实现PB级地质数据秒级响应;5G技术支撑野外实时数据传输,使远程协同解译效率提升50%。智能钻探系统结合物联网传感,可实时监测岩芯参数,将深部地质信息获取周期缩短40%。这些技术突破正推动地质勘查从传统经验驱动向数据智能驱动转变,为深地深海资源探测奠定基础。

### 1.2 数字化转型面临的挑战

尽管技术体系日趋完善,但行业仍存在数据孤岛现象,跨部门数据共享率不足40%。智能解译技术对复杂地质环境的适应性不足,导致构造识别误差率达15%-20%。地勘单位数字化投入产出失衡,传统作业模式与智能化技术融合度低,基层技术人员对AI工具操作熟练度不足30%。同时,全球矿产资源竞争加剧,国内勘查深度向千米以下延伸,对深部探测技术提出更高要求。现有技术标准体系滞后,导致不同系统间数据兼容性差,三维建模软件国产化率不足20%。野外极端环境下智能设备稳定性不足,高温高湿地区无人机故障率超35%。此外,复合型人才培养机制缺失,既懂地质又掌握AI算法的专业人才缺口达60%,严重制约技术深度应用。深部探测面临高温高压技术瓶颈,现有地球物理仪器耐高温极限难以突破200℃,制约了3000米以深资源探测。

### 1.3 技术融合创新的突破方向

需构建“空-天-地”一体化数据获取网络,推动InSAR、高光谱遥感与物联网传感数据融合。重点突破深度学习驱动的智能解译算法,提升复杂构造识别精度至90%以上。建立地质知识图谱与数字孪生模型,实现勘查全流程数字化管理。通过区块链技术保障数据安全共享,打造开放协同的地质云服务平台,为新一轮找矿突破战略行动提供技术支撑。应加快研发量子计算驱动的地质模拟系统,将资源预测计算效率提升千倍;推进智能钻探机器人研发,实现2000米深度自主导航钻进;构建多尺度地球系统模型,整合板块构造、成矿规律与气候变化数据。建立国家级地质大数据交易中心,制定数据确权与收益分配机制,吸引社会资本参与技术研发。设立深地探测重大科技专项,突破耐高温高压传感器、高精度重力仪等“卡脖子”技术,为深地资源开发提供装备支撑。

## 2 遥感影像智能处理与多源数据融合技术

### 2.1 多光谱与高光谱遥感智能解译技术

多光谱遥感通过融合可见光至短波红外波段数据,结合辐射校正、大气校正等预处理技术,可精准识别地表岩性、植被覆盖及水体分布。高光谱遥感凭借纳米级光谱分辨率,能捕捉矿物特征吸收峰,实现蚀变矿物填图与矿化异常圈定。当前技术突破集中在:基于深度学习的端元提取算法,将混合像元分解精度提

升至85%;多时相影像变化检测技术,动态监测矿区地表沉降与生态扰动;集成无人机平台的近地面高光谱扫描,弥补卫星数据空间分辨率不足。这些技术为矿产资源快速普查提供了高效工具,尤其在植被覆盖区通过红边波段分析可识别隐伏构造。

### 2.2 雷达遥感与多源数据协同解译

合成孔径雷达(SAR)技术穿透云雾与植被的特性,在复杂地形区展现出独特优势。InSAR技术通过相位干涉测量,可探测毫米级地表形变,已应用于矿区沉降监测与滑坡预警。PolSAR技术利用极化特征差异,有效区分岩石类型与构造破碎带。当前研究热点包括:雷达影像与光学数据融合算法,提升岩性分类精度至80%以上;时序InSAR与地质力学模型结合,预测深部采空区塌陷风险;三维雷达层析成像技术,揭示地下500米以浅地质结构。这些技术突破解决了多云雨地区传统遥感数据获取难题。

### 2.3 多源数据融合技术体系构建

地质勘查领域正形成“空-天-地”立体观测网络:卫星遥感提供宏观尺度信息,航空平台搭载高光谱与LiDAR实现中尺度精细探测,地面物联网传感器实时采集岩土参数。基于云计算的分布式处理平台,可日处理TB级异构数据。知识图谱技术将地质文献、钻孔数据与遥感解译结果关联,构建区域成矿模式。数字孪生系统整合多源数据,实现勘查过程动态模拟。区块链技术确保数据溯源与安全共享,支撑跨部门协同。这些技术融合使找矿靶区定位周期缩短60%,为新一轮找矿突破战略行动提供了核心支撑。

## 3 三维地质建模与地下空间可视化技术体系

### 3.1 三维地质建模技术体系构建

三维地质建模技术通过整合钻孔数据、物探资料、岩土测试等多源数据,构建地下空间数字化模型,已形成显式建模与隐式建模相结合的技术路径。显式建模依托地质剖面与人工干预,可精细刻画断层、褶皱等复杂构造,而隐式建模通过空间插值算法实现自动化建模,效率提升60%以上。当前技术突破集中在多源数据融合建模,如结合LiDAR点云与钻孔数据,通过小波变换降噪和点云配准技术,实现毫米级精度的地质体重构。城市地下空间开发中,基于Web端的地质体在线建模技术,支持不同工程标准层约束下的钻孔数据实时处理,模型构建周期缩短至传统方法的1/3。

### 3.2 地下空间可视化关键技术

地下空间可视化技术通过三维渲染与虚拟现实(VR)实现地质结构动态呈现。基于M3D数据规范的LOD智能合并技术,可处理上海市8万余个地下构筑物模型,实现Web端海量数据高效渲染。在复杂地质场景下,地质体自适应拉伸与布尔运算技术解决了地层与地下构筑物融合难题,支撑透明地下空间建设。广西银子岩溶洞项目通过五镜头倾斜摄影与AI算法自动识别钟乳石,结合曲面重构技术实现毫米级精度复刻,为岩溶地貌保护提供数字档案。虚拟现实技术则通过沉浸式交互,辅助地质灾害模拟与工程选址决策,提升风险预判能力。

### 3.3 多源数据融合与智能分析

多源地学数据融合技术通过构建“空-天-地”一体化平台,整合遥感影像、物联网传感数据与钻孔信息,形成PB级地质大数据中心。基于深度学习的智能解译算法,如CNN与SVM模型,将岩性分类精度提升至90%以上,构造识别误差控制在5%以内。数字孪生技术通过实时数据驱动模型更新,支撑地下空间资源评估与动态监测,例如琼中县实景三维平台实现生态保护红线监管效率提升50%。区块链技术保障数据安全共享,推动跨部门协同,为矿产资源预测与地质灾害预警提供可信数据底座。

## 4 人工智能驱动的勘查决策支持系统构建

### 4.1 人工智能驱动的多源数据融合平台建设

当前,地质勘查决策支持系统逐步向“空-天-地”一体化数据平台演进,通过整合卫星遥感、无人机航测、地面传感器及钻孔数据,构建多维度地质大数据中心。基于云计算的分布式处理框架,可实现PB级数据的实时分析与可视化呈现。例如,中国电建西北院开发的加权分析专利,通过融合多属性勘探数据,将复杂地质构造识别效率提升40%。平台集成深度学习算法库,支持CNN、SVM等模型对岩性分类、构造解译的自动化处理,结合区块链技术保障数据溯源与安全共享,为跨部门协同决策提供可信底座。

### 4.2 智能算法与地质模型深度耦合

人工智能算法正从单一数据处理向全链条建模优化转变。在岩性识别领域,基于岩石图像深度学习的智能识别技术,通过分析矿物晶体结构与光谱特征,将分类精度提升至92%以上。成矿预测方面,集成地球化学、地球物理与遥感数据的混合模型,利用随机森林与深度神经网络,使矿体定位误差缩小至公里级范围。智能钻探系统通过实时分析岩芯参数与钻进阻力,动态调整钻进策略,在深部探测中降低事故率35%。这些技术突破推动传统经验驱动模式向数据智能驱动转型。

### 4.3 决策支持系统的智能化升级路径

未来系统建设需聚焦三大方向:一是构建地质知识图谱,将区域成矿规律、专家经验与AI算法融合,形成可解释的智能决策引擎;二是研发自主进化模型,通过增量学习持续优化预测精度,适应复杂地质环境变化;三是开发沉浸式决策平台,结合VR/AR技术实现地下空间三维交互分析。例如,某油田通过AI优化钻井方案,使作业效率提升28%并减少事故成本。随着量子计算与边缘计算技术的引入,决策支持系统将在实时性、精准度方面实现量级突破,支撑深地深海资源探测战略实施。

## 5 数字化转型背景下技术路径优化策略

### 5.1 构建“空-天-地”一体化数据平台

地勘单位需整合卫星遥感、航空物探、地面传感及地下钻探数据,构建多维度动态监测网络。通过分布式云计算技术,实现PB级地质数据的实时处理与协同分析,例如基于LiDAR点云与

InSAR形变数据的融合,可精准识别地表沉降与构造活动异常。区块链技术保障数据安全共享,支撑跨部门业务协同,如某省地质云通过智能合约实现勘查资质自动审核,效率提升60%以上。

### 5.2 智能算法与地质模型深度融合

基于深度学习的岩性识别技术通过分析岩石图像光谱特征与微观结构,分类精度达92%以上。成矿预测领域,集成地球化学、地球物理与遥感数据的混合模型,利用随机森林与CNN算法,使矿体定位误差缩小至公里级范围。智能钻探系统结合数字岩心技术,实时分析钻进参数与岩体完整性,事故率降低35%,支撑深部资源探测。

### 5.3 技术标准化与绿色勘查协同推进

需制定统一的地质数据标准与模型接口规范,推动SVM、CNN等算法在岩性分类、构造解译中的规模化应用。同时,将绿色勘查理念融入技术标准,如采用“一基多孔”钻探工艺减少生态扰动,推广环保型泥浆材料,实现勘查活动碳排放降低40%。建立勘查设备能效等级制度,淘汰高耗能装备,推动行业向低碳化转型。

## 6 结语

地质勘查信息技术应用路径研究揭示了多技术融合驱动的行业变革趋势。通过构建“感知-分析-决策”全链条智能体系,遥感解译精度、建模效率、预测准确率等核心指标实现突破性提升。未来需进一步深化量子计算、边缘计算等前沿技术探索,完善地质数据标准与共享机制,强化复合型人才培养,推动勘查活动向低碳化、智能化方向升级。随着“透明地球”建设加速,信息技术将持续赋能地质行业,在深地深海资源开发、地质灾害防治、国土空间优化等领域发挥关键作用,为经济社会高质量发展提供坚实的资源与环境保障。

## 【参考文献】

- [1]陈光志.高精度GPS测绘技术在地质勘查中的应用与优化[J].大众标准化,2025,(09):58-60.
- [2]曹井伟.透过工程机械展看探矿技术在地质勘查中的应用新趋势[J].中国会展(中国会议),2025,(08):51-53.
- [3]刘美华,戚鋈茜.矿山地质勘查技术在采矿过程中的应用探讨[J].冶金与材料,2025,45(04):92-94.
- [4]徐定向,徐学章,余帅.多金属矿地质勘查中的创新技术与应用[J].冶金与材料,2025,45(04):163-165.
- [5]任发洋.新形势下地质灾害勘查与环境治理分析[J].新疆有色金属,2025,48(02):72-73.

## 作者简介:

牛川(1976-),男,汉族,山东济南人,本科,高级工程师,研究方向:自然资源工程/地质勘查工程。