

矿产勘查中地质填图技术的优化与应用

徐耸

辽宁省地质矿产调查院有限责任公司, 辽宁 沈阳 110084

DOI:10.61369/ETQM.2026020012

摘 要 : 地质填图是矿产勘查的主要技术手段, 精度、效率直接影响到勘查成果是否可靠, 矿产资源的开发利用是否科学。传统的地质填图技术受到地形条件、数据采集手段等的限制, 填图周期长、数据整合困难、异常识别精度低。本文根据矿产勘查地质填图技术应用的痛点, 从数据采集智能化、数据处理数字化、填图方法体系化三个方面提出优化对策, 为矿产资源精准勘查提供技术支持, 对推进矿产勘查行业数字化转型有重要意义。

关 键 词 : 矿产勘查; 地质填图技术; 优化与应用

Optimization and Application of Geological Mapping Techniques in Mineral Exploration

Xu Song

Liaoning Province Geological Mineral Survey Institute Co., Ltd. Shenyang, Liaoning 110084

Abstract : Geological mapping is the main technical means of mineral exploration, and its accuracy and efficiency directly affect the reliability of exploration results and the scientific development and utilization of mineral resources. Traditional geological mapping techniques are limited by terrain conditions, data collection methods, etc., resulting in long mapping cycles, difficult data integration, and low accuracy in anomaly identification. This article proposes optimization measures from three aspects: intelligent data collection, digital data processing, and systematic mapping methods, based on the pain points of geological mapping technology application in mineral exploration. It provides technical support for precise exploration of mineral resources and is of great significance for promoting the digital transformation of the mineral exploration industry.

Keywords : mineral exploration; geological mapping techniques; optimization and application

引言

矿产资源是经济和社会发展的基础物质, 矿产的勘探水平影响着国家资源的供给能力。地质填图是通过地表地质体、构造特征、矿化线索的调查, 建立地质演化模型, 为矿产资源赋存规律分析、靶区圈定提供基础数据, 是矿产勘查过程中不可缺少的重要环节。随着矿产勘查进入深部和复杂地形区, 传统的以人工实测为主填图技术已不能适应高精度、高效能的勘查要求, 在高山峡谷、荒漠戈壁等复杂地区, 野外工作强度大, 地质体识别不全面, 数据反馈慢。解决上述问题的唯一方法就是改进地质填图技术。本文从矿产勘查的实际应用出发, 研究地质填图技术改进的方法及在勘查中的实际作用, 为提高勘查质量、提升勘查效率提供理论依据和技术支持。

一、矿产勘查中地质填图技术的发展现状与现存问题

(一) 发展现状

近些年来, 信息技术同地质勘查技术相融合, 矿产勘查过程中的地质填图技术慢慢由原来的人工填图转变成数字化、智能化的模式^[1]。在数据采集方面, 采用遥感技术、无人机航测技术对大范围地质信息进行采集, 高分辨率卫星影像可以达到0.5米以下的精度, 能获取地表地质特征数据, 并且无人机搭载的多光谱相机、激光雷达等设备可以对复杂地形区进行三维地形建模和地

质体识别。GIS、数据库技术的应用, 使填图数据可以标准化的存储以及可视化展示。一些先进的勘查单位已经建设了集地质、物探、化探等多源数据为一体的综合填图平台。填图方法上逐渐形成“遥感解译预判-野外验证修正-室内综合分析”的一体化流程, 填图工作更具有系统性、针对性^[2]。从行业应用的角度来说, 在各种矿产勘查中地质填图技术都有所应用, 在金属矿产勘查中, 用遥感蚀变信息提取加上野外地质填图的方法, 成功圈定了不少金、铜、铁等矿产的靶区; 能源矿产勘查中通过高分辨率航测数据和地表填图相结合, 准确刻画出了煤层厚度、埋藏深度

作者简介: 徐耸(1990-), 男, 辽宁鞍山人, 本科, 工程师, 研究方向: 地质矿产。

以及构造分布^[3]。同时填图技术规范不断完善,我国先后发布了《1:50000地质填图技术要求》、《矿产资源勘查地质填图规程》等标准,给填图工作的规范化开展提供依据。

(二) 现存问题

虽然地质填图技术有一定的发展,但是在矿产勘查实践中还存在着很多问题。数据采集的协同性差。目前大多数勘查项目中,遥感数据、无人机航测数据和野外实测数据的采集存在脱节现象,遥感解译的地质异常区没有及时反馈给野外填图人员,使得野外验证工作针对性不强^[4]。同时物探、化探数据与地质填图数据的融合程度不高,没有充分发挥多源数据的协同支撑作用。在有色金属矿区的勘查中,由于遥感解译得到的蚀变带没有及时传递给野外填图队伍,造成该区域的野外调查不够充分,失去了重要的矿化线索。其次就是地质条件复杂时,填图的精度会受限。在深部矿体勘查、隐伏矿勘查和复杂构造区勘查中,传统的填图技术不能穿透地表覆盖层得到地下地质信息,造成地质体划分、构造解析出现偏差。用西南地区某铅锌矿区的例子来说,地表覆盖厚度50到100米第四系松散堆积物,传统的地表填图只能识别地表零星出露的矿化体,不能准确圈定地下矿体的分布范围及延伸规律。另外在西部地区高寒缺氧、地形陡峭的环境中人工野外填图工作强度大,危险性高,数据采集效率低,不能满足大规模的矿产勘查。最后,数据的处理以及成果的应用智能程度都不高^[5]。部分勘查单位依然使用人工录入、纸质归档的方式处理填图数据,效率低下且容易出现数据错误;另外缺乏先进的数据分析模型,不能从大量的填图数据中提取出潜在的矿化信息。数据成果多以静态地质图的形式表现出来,不能实现动态更新和三维可视化展示,不能满足矿产资源储量估算、矿山开发设计等后续工作的要求^[6]。

二、矿产勘查中地质填图技术的优化策略

(一) 构建“空-天-地”一体化数据采集体系

围绕传统数据采集协同性差、效率低的情况,完善“空-天-地”一体化数据采集体系,做到多源数据同步采集、融合^[7]。在“天”上,充分利用高分辨率卫星遥感技术,选择合适的遥感数据源,采用波段组合、图像增强、蚀变信息提取等技术方法,初步圈定地质异常区、矿化蚀变带、构造发育区,为野外填图提供准确方向。以金矿勘查为例,用ETM+卫星影像的7、5、3波段组合可以有效地识别出黄铁矿化、硅化等与金矿化有关的蚀变信息,从而初步圈定出找矿靶区。在空层面推广使用无人机航测技术,搭载多光谱相机、激光雷达(LiDAR)、高分辨率数码相机等设备,做小范围高精度地质填图。无人机航测具有机动性高、成本低、分辨率高的特点,可以快速获取研究区三维点云数据、高清影像数据和多光谱数据。对三维点云数据进行处理,可以建立高精度的数字高程模型(DEM)和数字表面模型(DSM),准确地表现地形地貌;用多光谱数据可以进一步细化蚀变信息提取的结果,提高异常识别的精度^[8]。在地形复杂的山区,无人机航测可以替代人工完成地形测量、地质体追索的工

作,大大减轻野外工作强度。地层面改进野外实测技术,使用卫星导航定位技术(GPS/北斗),便携式地质填图系统等设备,野外数据准确采集并实时录入。便携式地质填图系统可以进行GPS定位、数据录入、图形绘制、数据传输等,野外填图人员可以在现场对地质点的坐标、岩性、构造产状、矿化现象等进行记录,并及时上传到云端数据库,与遥感、无人机航测数据实现同步融合。同时对于复杂的覆盖区,采用地球物理勘探(激电法、重力勘探),地球化学勘探(土壤测量、岩石测量)反演地下地质体的分布,补充地表填图。覆盖区矿产勘查中用无人机航测和地面激电法勘探相结合的方式,可以有效识别地下隐伏的矿体以及构造破碎带^[9]。

(二) 提升数据处理的数字化与智能化水平

用数字化和智能化的手段优化数据处理流程,创建高效的数据处理和分析平台。首先要创建标准的数据编码体系以及数据库管理系统,对填图数据进行录入、存储、传输加以统一管理。将野外采集的地质点数据、岩芯样品数据、遥感解译数据、物探化探数据等进行标准化处理,统一数据格式、坐标系统,录入到地理信息数据库中,实现数据的集中管理、共享复用和动态更新。利用云计算技术搭建云端数据平台,达到填图数据的远程访问、实时传输以及多人协同编辑的目的,进而提高数据处理的效率。其次,利用人工智能、机器学习等技术,开发智能化数据处理模型,提高数据解析和异常识别的准确性。采用深度学习算法,对遥感影像、无人机航测影像做语义分割,自动识别岩性、构造、矿化蚀变等地质特征,降低人工解译的主观性及误差^[10]。以U-Net深度学习模型为基础,对无人机多光谱影像进行训练,可以实现花岗岩、砂岩、页岩等不同岩性的自动分类,分类精度可以达到85%以上。并且构建多源数据融合分析模型,采用加权叠加法、神经网络法、模糊数学法等方法,对地质、物探、化探等多源数据进行综合分析,找出数据之间的关联关系,准确圈定找矿靶区。最后推广三维地质建模技术,把二维填图数据转化为三维地质模型。利用GIS软件(ArcGIS、MapGIS)、三维建模软件(Surfer、Micromine)等,结合钻孔数据、物探化探数据,建立以地层、构造、矿体等为主的三维地质模型。三维地质模型可以直观的显示出地质体的空间形态、分布规律和相互关系,有利于地质人员更精确的解读地质演化的过程以及矿体的赋存规律,为矿产资源的储量估算和靶区验证等工作提供准确的三维数据支持。

(三) 优化复杂地质条件下的填图技术方法

就复杂地质条件下的填图精度不足而言,根据不同的地质环境特征,采用相应的填图技术方法。地表覆盖区采用遥感解译、物探化探、钻探验证相结合的方式进行填图,遥感解译圈定构造异常区,物探化探反演地下地质结构,钻探工程验证地下地质体。以西北某荒漠覆盖区煤矿勘查为例,用高分辨率遥感影像识别地表冲沟、断层三角面等地表构造标志,用重力勘探、地震勘探探测地下煤层埋深、厚度,最后用钻探工程验证,成功圈定煤层分布范围,填图精度比传统方法提高40%以上。对深部矿体勘查,采用深部地质填图技术,并配合深部钻探、地球物理勘探(深部地震反射、大地电磁测深)等技术,取得地下深部地质

信息。通过深部钻探工程获得岩芯样品，对深部地层岩性、构造特征及矿化情况进行分析；用大地电磁测深技术探测地下深部的电性结构，识别断裂构造、岩浆岩侵入体等与矿产赋存有关的地质体。在东北某铁矿床深部勘查过程中，采用深部地震反射勘探加钻探验证的方式，发现了地下1000 ~ 2000米深处的隐伏铁矿体，延长了矿山的服役年限。

（四）完善填图成果的可视化与动态更新机制

改进填图成果的表达形式，创建三维可视化展示平台，使填图成果可以直观地展现出来并加以有效利用。根据GIS技术以及三维建模技术把地质填图成果转换为三维地质模型，利用三维可视化软件来进行地质体的旋转、缩放、剖切等操作，使地质人员和决策人员可以直观了解研究区地质结构和矿产分布情况。另外要把填图成果同矿产资源储量估算、矿山开发设计等后续工作对接，开发一体化的应用平台，使填图成果可以直接被运用。矿山开发设计时可以利用三维地质填图成果确定矿体边界范围、埋藏深度，作为采矿巷道的布置、开采方案设计的依据。建立填图成果动态更新机制，按照新的勘查数据、钻探成果及矿山开发实践及时更新地质填图数据、三维地质模型。采用版本控制手段来管理填图成果，记

载成果的更新时间、更新内容以及更新人员，保证成果可以被追踪到。依靠动态更新机制保证地质填图成果同实际情况一直保持对应状态，给矿产资源动态经营及持续性开发赋予支撑作用。另外推进填图成果的数字化归档和共享，创建区域矿产勘查数据共享平台，达成不同勘查单位，不同部门之间填图数据的共享复用，防止重复勘查，提升矿产资源勘查的总体效率。

三、结束语

综上所述，地质填图技术属于矿产勘查的关键技术，它的改良提升对加强矿产勘查精确度、速度并保证资源安全有着重要影响。本文通过对传统地质填图技术发展现状及存在问题的分析，从建立空-天-地一体化数据采集体系、提高数据处理智能化程度、改进复杂地质条件下填图方法、完善成果可视化机制四个方面提出优化策略，通过金矿区、煤层气勘查区实际案例验证了优化技术的应用效果。经过实践证明，改进的地质填图技术可以大大提高勘查的效率和精度，对找矿突破有很强的支持作用。

参考文献

[1] 魏玉帅, 黄永建, 刘宁强, 等. 人工智能填图在地质实践教学中的应用前景与探索——以周口店地质实习为例 [J]. 中国地质教育, 2024, 33(04): 101-105.

[2] 胡凯兵, 黄昌键, 刘清华, 等. 稀土矿区地质填图相关问题的认识与讨论——以大同山-大黑山风化壳离子吸附型稀土矿区为例 [J]. 云南地质, 2024, 43(S1): 174-181.

[3] 杜小波, 母昌思, 洪鑫科, 等. 高分二号遥感数据增强处理及地质填图应用探索 [J]. 云南地质, 2024, 43(S1): 354-358.

[4] 王潇. 提高地质矿产勘查及找矿技术的路径分析 [J]. 中国金属通报, 2024, (09): 70-72.

[5] 龚辉军, 杨鹏辉. 蚀变矿物填图技术在地质找矿勘查中的应用 [J]. 世界有色金属, 2024, (15): 85-87.

[6] 蔡金君, 周炜, 杨显旭, 等. 数字填图系统 RGMAP 在野外实测地质剖面中的应用与方法探索 [J]. 矿产勘查, 2024, 15(S1): 384-389.

[7] 吴晓琳, 蔡占虎. 加强人才队伍培养为地质行业高质量发展筑牢根基——以广西灌阳地质填图实习为例 [J]. 内江科技, 2024, 45(06): 50-52.

[8] 石强, 边吴际, 周煜欣, 等. 线上直播与线下实践相结合的混合式教学研究——以辽宁工程技术大学资源勘查工程专业数字化填图实习为例 [J]. 教育教学论坛, 2024, (16): 157-160.

[9] 秦昊洋, 李士杰, 李志忠, 等. 基于高光谱数据的东天山—北山成矿带矿物填图及地质应用 [J]. 卫星应用, 2024, (03): 27-34.

[10] 李兵院, 郭娜, 支立佳, 等. 基于红外光谱技术的内蒙古达斯坦矿区蚀变地质填图及其勘查指示意义 [J]. 地质学报, 2024, 98(02): 623-635.