

区域地质填图与矿产勘查一体化技术在辽宁的应用

邵九龙

辽宁省地质矿产调查院有限责任公司, 辽宁 沈阳 110034

DOI:10.61369/ERA.2026030001

摘 要 : 区域地质填图与矿产勘查一体化技术是破解传统地质工作中“填图与勘查脱节、成果利用率低”等难题的关键手段。辽宁作为我国重要的老工业基地和矿产资源大省,地质构造复杂,矿产资源种类丰富但勘查程度不均衡。本文基于辽宁独特的地质背景,系统构建区域地质填图与矿产勘查一体化技术体系,重点分析该技术在辽东变质岩区、辽西火山岩区及辽北沉积岩区的应用实践,揭示一体化技术在地质体精准划分、矿化信息提取及找矿靶区圈定中的核心优势。最后,针对技术应用中存在的深部探测能力不足、多源数据融合不充分等问题,提出优化路径,为辽宁矿产资源绿色勘查与可持续开发提供技术支撑。

关 键 词 : 区域地质填图; 矿产勘查; 一体化技术; 辽宁; 地质构造

Application of integrated technology of regional geological mapping and mineral exploration in Liaoning Province

Shao Jiulong

Liaoning Province Geological Mineral Survey Institute Co., Ltd. Shenyang, Liaoning 110034

Abstract : The integrated technology of regional geological mapping and mineral exploration is a key means to solve the problems of "disconnection between mapping and exploration, and low utilization rate of results" in traditional geological work. Liaoning, as an important old industrial base and a province with abundant mineral resources in China, has complex geological structures and abundant types of mineral resources, but the degree of exploration is uneven. This article is based on the unique geological background of Liaoning, and systematically constructs an integrated technical system for regional geological mapping and mineral exploration. The focus is on analyzing the application practice of this technology in the metamorphic rock area of Liaodong, the volcanic rock area of western Liaoning, and the sedimentary rock area of northern Liaoning, revealing the core advantages of integrated technology in precise geological body delineation, mineralization information extraction, and prospecting target area delineation. Finally, in response to the problems of insufficient deep detection capability and insufficient fusion of multi-source data in technological applications, an optimization path is proposed to provide technical support for green exploration and sustainable development of mineral resources in Liaoning.

Keywords : regional geological mapping; mineral exploration; integrated technology; Liaoning; geological structure

引言

区域地质填图是地质工作的基础,旨在系统查明区域地质构造、地层岩性及矿产分布的宏观规律;矿产勘查则聚焦于矿产资源的定位、定量及定性评价,二者在地质工作体系中存在天然的逻辑关联。传统工作模式下,区域地质填图多以基础地质研究为导向,矿产勘查则侧重目标矿种的寻找,导致填图成果难以直接服务于勘查实践,勘查过程中发现的新地质现象也无法及时反哺填图精度提升,造成人力、物力资源的浪费。随着地质勘查技术的不断发展,一体化技术理念逐渐形成,通过整合填图与勘查的技术流程、数据标准及成果载体,实现“填图为勘查提供基础支撑,勘查为填图深化提供依据”的良性互动。基于此,本文结合辽宁典型地质单元特征,探讨一体化技术的应用路径与实践价值^[1]。

一、辽宁区域地质背景与一体化技术需求

（一）区域地质背景特征

辽宁地质构造格局受多期构造运动影响，呈现出“东西分异、南北过渡”的显著特征。以郯庐断裂带东延段为界，东部为辽东隆起区，主要由太古宇变质岩系构成，经历了多期变质作用与构造改造，是辽宁金、硼、铁等矿产的重要富集区；西部为辽西凹陷区，以中生代火山岩系为主，伴随有沉积岩夹层，发育煤、膨润土、钼等矿产；北部为辽北台隆区，沉积岩系保存相对完整，叠加后期构造活动，形成了铁、铅锌等矿产资源；南部则受渤海湾盆地延伸影响，以新生代沉积为主，局部发育油气资源^[2]。复杂的地质背景导致辽宁不同区域的矿产成矿机制差异显著。

（二）一体化技术应用的核心需求

从辽宁矿产勘查实践来看，一体化技术的核心需求主要体现在三个方面。其一，地质体精准划分需求。辽宁多地存在地质体相变剧烈、岩性界限模糊的问题，如辽东地区太古宇变质岩系中，斜长角闪岩与片麻岩的界限易受后期构造改造而混淆，传统填图手段难以精准区分，而这些岩性界限往往与矿体分布密切相关，需通过一体化技术整合岩性填图与矿化蚀变勘查数据，实现地质体的精准划分。其二，矿化信息高效提取需求。辽宁部分老矿区经过长期开采，地表矿化线索逐渐减少，深部及隐伏矿体成为找矿重点，传统勘查手段难以穿透复杂覆盖层提取深部矿化信息，需借助一体化技术中的物探、化探与填图结合的方法，实现矿化信息的立体提取^[3]。

二、区域地质填图与矿产勘查一体化技术体系构建

（一）前期准备：数据整合与方案设计

前期准备阶段的核心是打破数据壁垒，为一体化工作奠定基础。首先，开展历史数据梳理，收集辽宁不同时期的区域地质填图报告、矿产勘查成果、物探化探剖面数据、遥感影像及钻孔资料等，通过数据标准化处理，将不同格式、不同精度的数据统一录入地理信息系统平台，建立涵盖地层、构造、岩性、矿化蚀变等信息的基础数据库^[4]。其次，基于区域地质背景分析，明确工作目标，若针对辽东金矿勘查，则以绿岩带分布区为重点工作范围，结合历史填图成果圈定重点靶区；若针对辽西钼矿勘查，则聚焦中生代火山岩盆地边缘构造带。最后，制定一体化工作方案，明确填图比例尺与勘查精度的匹配关系，例如在重点靶区采用大比例尺地质填图与高精度物探勘查相结合的方式，在区域范围采用中比例尺填图与区域化探相结合的方式，确保技术手段与工作目标适配。

（二）野外实施：流程融合与同步验证

野外实施阶段是一体化技术的核心环节，实现填图与勘查工作的同步开展与相互验证。在地质填图过程中，改变传统“仅记录岩性与构造”的模式，同步开展矿化蚀变调查，对发现的石英脉、黄铁矿化、绢云母化等蚀变现象，及时标记并采集样品进行室内分析，同时记录其空间坐标与地质产状，为后续勘查工作提

供直接线索。例如，在辽东某金矿区野外填图时，通过详细观察岩层中的黄铁矿化分布特征，结合构造裂隙走向，初步圈定矿化带范围，随后立即开展高精度磁法与激电勘查，验证矿化带的规模与深度，实现填图线索向勘查靶区的快速转化。

同时，在矿产勘查过程中，将勘查发现的地质现象反哺填图精度提升^[5]。

（三）室内综合研究：数据融合与成果输出

室内综合研究阶段旨在通过多源数据融合分析，实现填图与勘查成果的深化与集成。首先，对野外采集的岩矿样品、化探数据、物探剖面数据进行系统分析，建立岩性-地球物理-地球化学对应关系，例如在辽东变质岩区，通过分析斜长角闪岩的磁异常特征与金元素含量的相关性，构建“岩性+物探异常+化探异常”的找矿模型。其次，利用地理信息系统平台，将区域地质填图形成的地质图与矿产勘查形成的靶区图、钻孔柱状图等成果进行叠加，实现地质体、构造、矿化异常等信息的空间关联分析，精准圈定找矿靶区并评价其资源潜力。最后，输出一体化成果报告，报告不仅包含传统的区域地质填图成果，还整合了矿产勘查靶区位置、资源量估算、成矿规律分析等内容，同时附上统一格式的数据库与空间分布图，为后续矿产开发、矿山环境评价等工作提供一体化的数据支撑^[6]。

三、一体化技术在辽宁不同地质单元的应用实践

（一）辽东变质岩区：金硼矿勘查中的应用

辽东地区是我国重要的金硼矿富集区，区内太古宇鞍山群、辽河群变质岩系广泛分布，经历了多期构造变质作用，岩性复杂且蚀变强烈，传统填图难以精准区分与成矿相关的地质体，勘查工作易受干扰。一体化技术通过“高精度填图+定向勘查+模型约束”的模式，有效解决了这一难题。在填图环节，采用“大比例尺填图+显微岩相分析”的方法，详细划分变质岩岩性单元，重点识别绿岩带中的斜长角闪岩夹层与辽河群中的含硼大理岩，通过显微观察岩石中的矿物组合与结构构造，确定变质作用强度，为成矿环境分析提供依据。在勘查环节，针对金硼矿不同的成矿特征，采用差异化技术手段：对于金矿，结合填图发现的构造蚀变带，开展土壤地球化学测量与高精度激电勘查，通过分析金、银、砷等元素的异常分布与激电异常的对应关系，圈定矿体范围；对于硼矿，利用含硼大理岩与围岩的密度差异，开展重力勘查，结合填图确定的岩性界限，精准定位含硼矿体的空间位置^[7]。通过一体化技术应用，在辽东某金矿区成功圈定3条隐伏矿体，其中1条矿体厚度达到5米，较传统勘查方法提前6个月实现找矿突破；在某硼矿区，通过填图与重力勘查结合，修正了前期填图中的岩性界限，发现了2处新的含硼矿段，提升了资源储量估算精度。

（二）辽西火山岩区：钼矿与煤矿勘查中的应用

辽西地区以中生代火山岩系为主，主要岩性为流纹岩、安山岩及火山碎屑岩，伴随有侏罗系-白垩系沉积岩夹层，区内钼矿与煤矿资源丰富，但火山岩的强风化作用导致地表地质现象模糊，传统填图难以建立火山岩相带与矿体的空间关联，勘查工作

盲目性较大。一体化技术通过“遥感解译+填图校准+综合勘查”的模式,实现了火山岩区矿产勘查的精准化。在前期工作中,利用高分辨率遥感影像进行火山岩相解译,通过分析不同火山岩相的光谱特征,圈定火山口、火山碎屑岩分布区等关键地质单元,结合历史填图成果,确定野外填图的重点路线与观测点。在野外填图过程中,重点调查火山岩的接触关系、喷发韵律及蚀变特征,同步采集火山岩样品进行同位素测年,确定火山活动时代,为钼矿成矿时代分析提供依据^[8]。辽西钼矿多与晚侏罗火火山岩浆活动相关,通过填图确定的火山岩时代可缩小勘查范围。在勘查环节,针对钼矿与煤矿的不同成矿机制采用不同技术组合:对于钼矿,在填图圈定的火山岩与沉积岩接触带开展土壤化探与高精度磁法勘查,利用钼元素异常与岩浆活动形成的磁异常叠加区圈定找矿靶区,随后通过钻探验证;对于煤矿,结合填图确定的侏罗系沉积岩夹层分布范围,开展地震勘查与电法勘查,通过分析沉积岩厚度变化与电性差异,确定煤层的赋存深度与厚度。

(三) 辽北沉积岩区: 铁矿勘查中的应用

辽北地区以华北地台北缘的沉积岩系为主,主要发育古元古界浅变质沉积岩与中生代碎屑岩,区内铁矿多为沉积变质型铁矿,矿体受沉积地层控制,传统填图虽能圈定沉积地层范围,但难以识别矿体的具体位置与厚度变化。一体化技术通过“地层精细填图+物探剖面控制+钻孔验证”的模式,实现了沉积岩区铁矿的高效勘查。在填图环节,采用“地层剖面测量+标志层识别”的方法,详细划分沉积地层的岩性段,重点识别与铁矿共生的赤铁矿化砂岩、含铁角砾岩等标志层,通过建立地层柱与岩性序列,确定铁矿的赋存层位。在勘查环节,沿填图确定的地层走向部署高精度磁法与重力勘查剖面,利用铁矿与围岩的磁性、密度差异,圈定磁异常与重力异常区,结合填图成果排除非矿异常如火山岩侵入体引起的磁异常。随后,在异常区部署钻孔进行验证,根据钻孔揭露的矿体厚度与品位,结合填图与物探数据,构建矿体三维模型,实现资源量的精准估算。

四、一体化技术应用存在的问题与优化路径

(一) 存在的主要问题

尽管一体化技术在辽宁矿产勘查中取得了显著成效,但结合

实践来看,仍存在三个方面的问题。其一,深部探测能力不足。辽宁部分老矿区已进入深部找矿阶段,矿体埋深超过1000米,现有一体化技术中的物探手段如激电、磁法等对深部地质体的分辨率较低,难以精准刻画深部矿体的形态与规模,导致深部找矿突破难度较大。其二,多源数据融合不充分。辽宁地质工作积累的历史数据格式多样,部分数据精度与现测数据不匹配,现有一体化数据平台仅能实现数据的简单叠加,难以进行深度融合分析,如遥感影像解译成果与化探数据的耦合分析不足,影响了找矿模型的准确性^[10]。

(二) 优化路径

引入高精度地震勘探、大地电磁测深等深部探测技术,与传统填图、物探技术整合,构建“浅部填图+中部物探+深部地震”的立体探测体系,同时利用数值模拟技术,建立深部地质体与地球物理异常的对应关系,提升深部矿体识别精度。例如,在辽东深部金矿区,通过大地电磁测深与高精度填图结合,精准刻画深部构造蚀变带的分布,为钻探部署提供依据。基于大数据与人工智能技术,建立辽宁区域地质填图与矿产勘查一体化智能数据平台,实现历史数据与现测数据的标准化处理、精度匹配及深度融合。通过机器学习算法,自动识别遥感影像中的蚀变信息与化探数据中的元素异常组合,构建智能找矿模型,提升数据处理效率与找矿决策的科学性。

五、结论

区域地质填图与矿产勘查一体化技术通过整合技术流程、贯通数据资源,实现了基础地质研究与矿产勘查实践的深度融合,为辽宁复杂地质背景下的矿产资源勘查提供了有效技术支撑。本文构建的“前期数据整合-野外流程融合-室内数据融合”一体化技术体系,在辽东变质岩区、辽西火山岩区及辽北沉积岩区的应用实践中,均取得了显著成效,不仅提升了地质填图精度与矿产勘查效率,还实现了隐伏矿体的精准定位与资源量的科学估算。针对技术应用中存在的深部探测能力不足、数据融合不充分等问题,通过强化深部探测技术集成、构建智能数据平台及研发针对性技术方案等优化路径,可进一步提升一体化技术的适配性与应用效果。

参考文献

- [1] 成永生, 曾德兴. 近十年来构造地球化学研究进展及其矿产勘查应用现状 [J]. 地质学报, 1-21.
- [2] 于乐. 多金属矿产勘查中地质矿产 A 勘查及找矿技术研究 [J]. 冶金与材料, 2025, 45(10): 142-144.
- [3] 俞兆龙. 地质工程测绘在矿产资源勘查中的重要意义研究 [J]. 新疆有色金属, 2025, 48(05): 65-66.
- [4] 周志强, 张承伟, 谢启鹏. 矿产资源综合利用与绿色勘查技术研究 [J]. 中国金属通报, 2025, (10): 103-105.
- [5] 孟健, 刘智荣, 黄静宜, 薛怀宇. 面向复合型找矿人才培养的“矿产勘查学”实践体系改革与探索 [J]. 科技风, 2025, (28): 47-49.
- [6] 班金彭, 宋继伟, 黄明勇, 彭坤, 文国江, 方青. 贵州省固体矿产绿色勘查钻探典型问题及技术对策 [J]. 钻探工程, 2025, 52(S1): 244-249.
- [7] 陈喜峰, 唐金荣, 施俊法, 陈秀法, 杨宗喜. 新世纪以来非洲大陆主要矿产勘查新进展 [J]. 中国矿业, 2025, 34(10): 242-253.
- [8] 陈宇, 杨华本, 籍哲羽, 鹿传磊, 宰俊文, 刘占辉, 闫永生. 中国东北浅覆盖区地质矿产绿色勘查实践与应用研究 [J]. 黑龙江国土资源, 2025, 23(09): 46-54.
- [9] 钟强生, 赵凯莉, 张航飞, 何永刚, 梁成. 四川乐山地区战略性矿产勘查研究进展和找矿突破策略 [J]. 四川地质学报, 2025, 45(03): 484-490.
- [10] 肖广玲. 三维建模技术在深部金属矿产资源勘查中的应用和优化建议 [J]. 中国资源综合利用, 2025, 43(09): 61-63.