

地质矿产调查项目绿色勘查技术在辽宁的实践与成效

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/ETQM.2026020013

摘 要 : 辽宁是我国重要的老工业基地和矿产资源大省,长期矿产开发使生态环境承载压力突出.绿色勘查技术是破解矿产资源开发与生态保护矛盾的重要途径,已经在辽宁地质矿产调查项目上得到普遍实践与创新.本文依据辽宁独特的地质地貌与生态环境特征,系统梳理了绿色勘查技术体系在辽宁区域的应用场景,重点剖析了遥感勘查、物探化探精细化勘查、钻掘工程绿色化改造及生态修复一体化等核心技术的实践路径,并结合典型矿区案例阐述了技术应用成效.研究发现,绿色勘查技术的应用有效降低了地质调查过程中的生态扰动,提高了勘查的精准度与效率,为辽宁矿产资源可持续开发与生态环境协同保护提供了可行路径,也为北方老工业基地矿产勘查绿色转型提供了实践参考.

关 键 词 : 绿色勘查; 地质矿产调查; 生态保护; 辽宁; 实践成效

Practice and Effectiveness of Green Exploration Technology in Geological and Mineral Survey Projects in Liaoning Province

Shao Jiulong

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

Abstract : Liaoning is an important old industrial base and a province with abundant mineral resources in China. Long term mineral development has put significant pressure on the ecological environment. Green exploration technology is an important way to solve the contradiction between mineral resource development and ecological protection, and has been widely practiced and innovated in geological and mineral survey projects in Liaoning. This article systematically summarizes the application scenarios of green exploration technology system in Liaoning region based on the unique geological and ecological environment characteristics of Liaoning. It focuses on analyzing the practical paths of core technologies such as remote sensing exploration, refined geophysical and geochemical exploration, green transformation of drilling and excavation engineering, and integration of ecological restoration. It also combines typical mining area cases to illustrate the effectiveness of technology application. Research has found that the application of green exploration technology effectively reduces ecological disturbances during geological surveys, improves the accuracy and efficiency of exploration, provides a feasible path for sustainable development of mineral resources and coordinated protection of ecological environment in Liaoning, and also provides practical reference for the green transformation of mineral exploration in northern old industrial bases.

Keywords : green exploration; geological and mineral survey; ecological protection; Liaoning; practical results

引言

辽宁矿产资源储量丰富、种类齐全,铁、煤、石油、有色金属矿种齐全,是我国工业化进程的重要资源支撑。但是,长期高强度、粗放式的矿产勘查与开发,导致该区域土壤污染、植被破坏、水土流失及地质灾害隐患增加等一系列生态环境问题,特别是辽西低山丘陵陵区、辽东岫岩—凤城矿集区等重点区域,生态环境脆弱性与资源开发需求的矛盾日益突出。随着“绿水青山就是金山银山”理念的深入践行及国家对生态环境保护力度的不断加大,传统以资源获取为核心、忽视生态影响的勘查模式已难以适应新时代发展要求。绿色勘查技术以“最大限度减少生态扰动、实现勘查与生态保护协同”为核心目标,通过技术创新与流程优化,在勘查全流程融入生态保护理念,成为推动矿产勘查行业转型的关键支撑。近年来,辽宁省在地质矿产调查项目中积极推广应用绿色勘查技术,结合区域地质特征与生态环境现状,探索形成了一系列具有地域特色的技术应用模式。本文通过分析绿色勘查技术在辽宁的实践应用,总结关键技术路径与实施成效,为区域矿产资源可持续勘查开发提供理论与实践支撑^[1]。

作者简介:邵九龙(1988-),男,辽宁沈阳人,本科,高级工程师,研究方向:地质矿产。

一、辽宁地质矿产勘查生态环境特征与绿色勘查需求

（一）区域地质与生态环境基础特征

辽宁地处我国东北地区南部，地形地貌呈现“六山一水三分田”的格局，辽东为低山丘陵区，以花岗岩、变质岩为主，植被覆盖率较高但土层较薄，一旦植被破坏易引发水土流失；辽西为黄土丘陵与低山过渡区，气候干旱少雨，土壤贫瘠，植被覆盖率低，生态环境本底脆弱；中部为辽河平原，是我省主要农业区，土壤肥沃但矿产勘查需严格保护耕地资源；沿海地区则面临海洋生态与沿海矿产开发的协调问题。从地质构造来看，辽宁位于华北地台北部，地质构造复杂，矿集区多分布于构造活动带，勘查过程中若施工不当易诱发滑坡、崩塌等地质灾害。此外，辽宁作为老工业基地，部分矿区存在历史遗留勘查开采痕迹，叠加新勘查项目实施，需在修复历史生态问题的同时避免新增环境扰动，这对绿色勘查技术的针对性与适用性提出了更高要求^[2]。

（二）辽宁矿产勘查绿色转型的现实需求

从政策层面来看，国家《中华人民共和国矿产资源法》修订后明确要求矿产勘查开发需兼顾生态保护，辽宁省也出台了《辽宁省绿色矿山建设规范》《辽宁省地质勘查项目生态环境保护管理办法》等地方性政策，对勘查项目的生态准入、施工管控及生态修复提出了明确标准，传统勘查模式面临政策约束压力。从资源开发实际来看，辽宁部分传统矿种面临资源枯竭，如阜新、抚顺等老煤矿区，需通过精准勘查寻找新资源储量，而绿色勘查技术可通过提高勘查精度降低无效施工，减少资源浪费与生态扰动。从民生需求来看，随着公众生态环境保护意识的提升，勘查项目引发的生态纠纷事件时有发生，如辽西某铁矿勘查项目因传统钻探破坏植被引发周边居民投诉，倒逼勘查单位加快绿色技术应用。在此背景下，辽宁矿产勘查行业迫切需要通过绿色技术创新，实现“勘查精度提升—生态扰动减少—成本合理控制”的多重目标，推动勘查与生态保护协同发展^[3]。

二、地质矿产调查项目绿色勘查技术在辽宁的核心实践路径

（一）遥感勘查技术的精准化应用

遥感勘查技术凭借其大范围、非接触、高效率的优势，成为辽宁绿色勘查的前置性核心技术，有效减少了地面勘查的盲目性。在辽东岫岩玉石矿集区调查项目中，技术人员采用高分辨率卫星遥感与无人机遥感相结合的方式，构建了“卫星宏观监测—无人机微观核查”的立体勘查体系。卫星遥感选用高分系列卫星数据，通过波段融合与解译技术，识别出矿化蚀变带、断裂构造等关键地质信息，初步圈定勘查靶区，相较于传统地面踏查，减少了约60%的野外调查范围。针对卫星遥感难以识别的微观地质特征，采用搭载高光谱相机的无人机进行低空飞行勘查，对圈定的靶区进行精细化解译，精准识别玉石矿化体的分布边界，为后续钻探工程布设提供精准坐标，避免了盲目钻探导致的植被破坏。在辽北煤矿资源调查中，利用InSAR技术对勘查区域进行地表形变监测，及时发现因历史开采形成的采空区隐患，为勘查工程施工路线优化提供依据，有效规避了地质灾害风险，同时减少了对采空区周边植被的扰动^[4]。

（二）物探化探技术的精细化升级

传统物探化探技术存在勘查精度低、干扰因素多、野外采样工作量大等问题，易造成大面积地表扰动。辽宁在近年来的勘查项目中，通过技术升级实现了物探化探的精细化应用，减少了生态扰动的同时提升了勘查效果。在辽西建平铁矿勘查项目中，摒弃了传统大面积激电测深的勘查方式，采用高密度电法与瞬变电磁法相结合的技术方案。高密度电法通过加密测点间距，提高了对铁矿体埋深、厚度的探测精度，瞬变电磁法则有效规避了地表土壤层对探测结果的干扰，两者数据融合后，精准圈定了铁矿体的空间分布范围，使钻探工程布置数量减少了40%，大幅降低了钻探施工对地表植被的破坏。在化探技术应用方面，推行“多点少量”的土壤采样技术，采用便携式X荧光光谱仪进行现场快速分析，减少了样品采集量与实验室分析工作量。以辽东宽甸硼矿勘查项目为例，传统化探采样需每平方公里采集50个土壤样品，采用新方法后每平方公里仅需采集20个样品，且现场即可完成初步分析，及时调整采样路线，避免了重复采样造成的地表扰动，同时通过数据建模技术提升了化探异常与硼矿化体的对应精度^[5]。

（三）钻掘工程的绿色化改造

钻掘工程是地质勘查中生态扰动最直接的环节，也是绿色勘查技术改造的重点领域。辽宁通过设备升级，工艺优化以及废弃物处理技术创新，实现了钻掘工程绿色化转型。在设备方面，推广使用小型化、轻量化的钻探设备，如XY-100型小型钻机，其占地面积比传统大型钻机减少了70%，对植被的碾压破坏面积大大降低，尤其适用于辽东、辽西的山地丘陵区。在辽南庄河金矿勘查项目中，钻机采用该型钻机，钻塔搭设采用可拆卸式钢结构，避免了传统混凝土基础施工对土壤的破坏，施工完毕后可快速拆除设备和恢复地表植被^[6]。在钻井液技术方面，开发推广环保型钻井液，采用植物胶、生物聚合物等环保材料代替传统的化学钻井液，减少钻井液泄漏对土壤和地下水的污染。辽中平原区的石油勘查项目中，采用环保型钻井液后，钻井废水经处理简单可用于灌溉，对周边耕地没有污染。在废弃物处理上，推行“边施工边治理”模式，对钻探产生的岩芯、矿渣采用集中堆放、覆盖防尘网的方式进行临时处置，施工完成后及时清运至指定地点或用于回填钻孔，施工场地进行平整后恢复植被。如阜新煤矿补充勘查项目，所有钻探废渣均用于回填废弃采坑，勘查工程施工完成后3个月，勘查场地植被恢复率达到90%以上。

（四）勘查+生态修复辽宁

在绿色勘查实践中，突破了“先勘查后修复”的传统模式，推行“勘查与修复同步”的一体化理念，将生态修复贯穿于勘查全流程。在勘查项目立项阶段，同步编制生态环境保护与修复方案，明确不同勘查阶段的修复目标与技术措施；在勘查施工前，对施工区域进行植被调查，划分生态敏感区，避开珍稀植物分布区和生态脆弱带，对必须占用的植被区域进行苗木移植保护。在辽西凌源有色金属勘查项目中，施工前将勘查区域内的200余株野生枣树进行移植保护，施工完成后再移栽回原位，苗木成活率达到85%以上。在施工过程中，针对不同地形采取差异化的生态保护措施，在山地丘陵区采用阶梯式施工平台，减少水土流失；在平原农业区采用临时围挡措施，避免施工对耕地的污染。勘查项目结束后，按照“谁勘查谁修复”的原则，对施工场地进行全面修复，包

括土地平整、植被恢复、土壤改良等。以辽东本溪铁矿勘查项目为例，项目结束后通过客土改良、种植乡土树种（如油松、刺槐）等措施，对120亩勘查场地进行生态修复，修复后区域植被覆盖率从施工后的30%提升至80%，土壤侵蚀模数大幅降低，实现了勘查区域生态环境的有效恢复^[7]。

三、绿色勘查技术在辽宁的实践成效与典型案例

（一）生态保护成效显著提升

绿色勘查技术的应用大幅降低了地质勘查对辽宁生态环境的扰动，实现了勘查与生态保护的协同发展。从整体数据来看，采用绿色勘查技术的项目，野外施工对地表植被的破坏面积较传统项目平均减少50%以上，土壤侵蚀量减少60%以上，钻井废水、废渣等污染物排放量减少80%以上。在生态敏感区域的勘查项目中，成效更为突出。如辽河口湿地周边的油气勘查项目，通过遥感勘查圈定靶区、采用环保型钻井液及同步修复技术，勘查过程中未对湿地生态系统造成明显影响，湿地内芦苇覆盖率保持稳定，鸟类栖息环境未受破坏。在辽东山地生态脆弱区的矿产勘查项目中，通过小型化钻探设备、阶梯式施工平台及乡土树种恢复等技术，施工完成后6个月内，勘查区域植被恢复率达到85%以上，有效遏制了水土流失，保护了区域生态平衡^[8]。

（二）勘查效率与精度大幅提高

绿色勘查技术的应用不仅减少了生态扰动，更通过技术创新提升了勘查效率与精度，降低了勘查成本。在靶区圈定阶段，遥感与物探化探技术的融合应用，使勘查靶区圈定精度平均提升40%以上，有效减少了无效勘查区域，缩短了勘查周期。以辽西某大型铁矿勘查项目为例，采用传统技术需2年完成的靶区圈定与钻探验证工作，采用绿色勘查技术后仅用1年即完成，勘查周期缩短50%。在钻探施工阶段，精准勘查技术的应用使钻探命中率从传统的50%左右提升至80%以上，大幅减少了重复钻探工作量。如辽东岫岩玉石矿勘查项目，通过无人机高光谱勘查与高密度电法探测，精准圈定玉石矿化体位置，钻探命中率达到85%，较传统技术减少了30%的钻探工作量，勘查成本降低约35%。同时，勘查数据的数字化采集与建模技术应用，实现了勘查成果的精准化表达，为后续矿产开发规划提供了高精度的数据支撑^[9]。

（三）典型案例：辽东宽甸硼矿绿色勘查项目

辽东宽甸是我国重要的硼矿资源基地，该区域地处长白山余脉，植被覆盖率高，土层较薄，生态环境脆弱，传统勘查模式易造成严重的水土流失与植被破坏。2022年，某地质勘查单位在该区域实施硼矿绿色勘查项目，采用“遥感圈定－无人机核查－精细化物探－绿色钻探－同步修复”的全流程绿色技术方案，取得了显著成效。在靶区圈定阶段，利用高分卫星遥感数据解译出硼矿化相关的蚀变带与断裂构造，圈定3处重点靶区；采用搭载高光谱相机的无人机对靶区进行低空勘查，精准识别硼矿化体的光谱特征，将靶区范围进一步缩小至原范围的30%。物探勘查阶段，采用高密度电法与土壤地球化学测量相结合的方式，精准探测硼矿体的埋深与厚度，为钻探施工提供准确坐标。钻探施工采用XY-100型小型钻机，施工平台为可拆卸式钢结构，占地面积仅为传统钻机的1/3，钻井液采用以植物胶为原料的环保型钻井液，钻井废水经沉淀处理后用于植被灌溉。施工过程中对占用的植被区域进行苗木移植，施工完毕及时平整场地，移植苗木和补种乡土树种。项目结束后，勘查区域植被恢复率达到90%，土壤侵蚀量比传统勘查模式减少70%，钻探命中率达到82%，比传统项目提高30%，勘查周期缩短40%，实现了生态保护和勘查效率的双重提升。项目为辽东山区矿产绿色勘查提供了可复制的技术模式，目前已经在辽东本溪、凤城等地的矿产勘查项目中推广使用^[10]。

四、结论

辽宁基于区域地质地貌与生态环境特征，在地质矿产调查项目中，形成了以遥感勘查为前置，物探化探精细化勘查为核心，钻掘工程绿色化改造为关键，勘查与修复一体化为保障的绿色勘查技术体系。实践证明，该技术体系应用后大大降低了勘查过程中的生态扰动，植被破坏面积、土壤侵蚀量及污染物排放量都显著减少；降低了勘查精度与效率，钻探命中率显著提高，勘查周期缩短，成本降低。典型案例，验证了绿色勘查技术在辽宁不同生态区域的适用性与可行性，为老工业基地矿产勘查绿色转型提供了实践经验。绿色勘查技术不仅解决了辽宁矿产资源开发与生态保护的矛盾，而且促进了勘查行业的技术升级与模式创新，为区域矿产资源可持续发展奠定了坚实基础。

参考文献

[1] 路伟伟. 地质矿产调查中数字地质填图的运用分析 [J]. 世界有色金属, 2024, (01): 226-228.

[2] 张啸飞, 李元强. 奋战戈壁滩——河南省地质矿产勘查开发局地矿四院服务新疆地质矿产调查纪实 [J]. 资源导刊, 2022, (09): 42.

[3] 甄世民, 庞振山, 薛建玲, 程志中, 白海军, 左群超, 缪建普, 贾儒雅, 姚磊, 陈辉, 张志辉, 陶文. 河北省崇礼幅1:50000矿产地质图数据库 [J]. 中国地质, 2020, 47(S2): 57-87.

[4] 唐文龙, 付超, 邹键, 戴广凯, 彭丽娜, 朱学强, 马方. 胶东成矿区栖霞-牟平地区1:50000地质矿产调查数据库 [J]. 中国地质, 2020, 47(S2): 70-107.

[5] 李韬舟. 矿产资源地质调查项目支出预算管理问题研究 [J]. 中国金属通报, 2019, (09): 189+191.

[6] 李普涛, 马中平, 李建星, 赵仁夫, 杨鹏飞, 温志亮, 赵民. 境外基础地质(矿产)调查工作的公益性思考 [J]. 资源与产业, 2019, 21(02): 70-73.

[7] 程建军, 马永胜. 分析数字地质填图在区域地质矿产调查工作中的作用 [J]. 世界有色金属, 2018, (24): 117-118.

[8] 牛志军, 段其发, 徐德明, 彭三国, 付建明, 彭练红, 龙文国, 陈旭, 黄圭成, 李朗田, 魏运许. 扬子陆块及周缘地质矿产调查工程进展与规划 [J]. 华南地质与矿产, 2017, 33(03): 199-206.

[9] 高存山. 临沂市矿产地质调查现状及需求分析 [J]. 世界有色金属, 2017, (23): 172-173.

[10] 吴衡, 汪雅菲, 王翔, 邓佳良. DGSS在矿产地质调查数据库建设中的应用——以安徽省宿松地区矿产地质调查项目建库为例 [J]. 西部资源, 2017, (05): 83-86.