

地质资源勘查中地质资源勘查技术的探讨

李建波

自然资源实物地质资料中心 河北 三河 065201

摘要：地质资源勘查技术是推动资源高效开发与可持续利用的核心支撑。当前，地球物理勘查通过重力、磁法、电法及地震勘探，精准定位地下结构；遥感与高光谱技术实现大范围地质信息快速捕捉；钻探工程结合智能技术，直接验证矿体特征。同时，地球化学勘查、定量矿物学等辅助技术，为资源品质评估提供关键数据。未来，智能化、绿色化与综合化技术融合将成为趋势，助力提升勘查效率，实现资源开发与环境保护的平衡。

关键词：地质资源勘查；地质资源勘查技术；创新；发展趋势

引言：地质资源作为国家发展的重要物质基础，其勘查技术的先进程度直接影响资源开发利用效率与可持续性。随着全球资源竞争加剧及浅部资源日益枯竭，深部与隐伏矿勘查成为关键挑战。传统勘查技术受限于精度、效率与环保要求，难以满足新时代需求。在此背景下，融合地球物理、遥感、地球化学及智能钻探等技术的创新体系，成为突破勘查瓶颈的核心路径。本文系统梳理勘查技术理论框架，分析典型技术应用场景，并探讨其创新趋势与挑战对策。

1 地质资源勘查技术基础理论

1.1 地质资源概述

(1) 概念与分类：地质资源是指在地质作用下形成，赋存于地壳内或地表，具有经济价值或潜在价值的自然资源。按用途可分为三类：金属矿产（如铁、铜、金等，用于工业制造）、非金属矿产（如石灰岩、石英砂、石墨等，应用于建筑、化工领域）、能源矿产（如煤炭、石油、天然气、铀矿等，为人类生产生活提供能源）。(2) 形成机制、分布规律与地质特征：金属矿产多形成于岩浆活动、沉积变质等过程，如铁矿常与太古宇变质岩相伴生，分布于古老地块；非金属矿产成因复杂，石灰岩多为海相沉积形成，集中于沉积盆地；能源矿产中，煤炭源于古代植物遗体埋藏变质，多分布于含煤地层，石油天然气则形成于沉积盆地的生油层与储油层中。不同类型资源地质特征差异显著，金属矿常呈脉状、层状分布，能源矿产多呈层状、透镜状赋存。

1.2 地质勘查基本原理

(1) 理论基础：地质力学是通过研究地质构造运动规律，指导找矿方向；地球化学依托元素分布与迁移规律，捕捉矿化异常；地球物理学利用地质体物理性质差异，反推地下地质结构，三者共同构成地质勘查的核心理论支撑。(2) 基本原则：遵循“从已知到未知”，

以已探明矿床的地质特征为参照，推测未知区域找矿潜力；“由浅入深”先开展地表调查与浅部勘查，逐步向深部推进；“综合勘查”结合多种技术方法，避免单一技术局限，提高勘查的准确性。

1.3 勘查技术体系构成

(1) 体系框架：核心包括地质测量（基础手段，开展地表地质填图）、地球物理勘查（间接探测地下结构）、地球化学勘查（捕捉元素异常）、遥感勘查（大范围宏观监测）、钻探工程（直接获取地下岩芯），形成“地表-地下、宏观-微观、间接-直接”的完整技术链。(2) 作用、特点及相互关系：地质测量是基础，为后续勘查提供基础地质数据；物探、化探为间接勘查手段，具有覆盖范围广、效率高的特点，用于圈定异常区；遥感可实现大范围动态监测，辅助区域勘查规划；钻探是验证异常、获取地下真实地质信息的关键手段，各技术相互补充，共同构成高效的勘查技术体系^[1]。

2 地质资源勘查中地质资源勘查技术分析

2.1 地球物理勘查技术

(1) 重力勘查：原理基于不同地质体密度差异引发的重力场变化，通过测量重力异常反推地下地质结构。常用仪器包括高精度重力仪、便携式重力仪。在实际应用中，可快速识别地下密度异常体，如高密度的金属矿体、低密度的盐丘或溶洞；同时能圈定岩体边界，例如在花岗岩体与沉积岩接触带勘查中，通过重力异常梯度带精准划分两者界限，为后续找矿提供方向。(2) 磁法勘查：以地质体磁性差异为核心原理，通过测量地磁场强度变化捕捉磁异常。在寻找磁性矿产，如磁铁矿、镍铁矿中作用显著，例如在辽宁鞍山铁矿勘查中，利用地面磁法勘查圈定出数十处强磁异常区，经钻探验证均发现大型铁矿体。此外，还可用于研究地质构造，通过磁异常分布特征推断断裂带、褶皱构造走向，为区域地质

研究提供数据支撑^[2]。(3) 电法勘查: 包含多种方法, 电阻率法通过测量地下介质电阻率差异识别地质体, 适用于探测地下水、溶洞及金属矿体; 激发极化法利用岩土体极化效应, 对硫化物金属矿, 如铜矿、铅锌矿探测灵敏度高。在江西某铜矿勘查中, 采用激发极化法圈定出3处高极化率异常区, 钻探后发现厚度达5-8米的铜矿体, 应用效果显著, 有效提升了找矿准确率。(4) 地震勘查: 原理是通过人工激发地震波, 接收并分析波的传播速度与反射特征, 反推地下岩层结构。技术流程包括野外数据采集(激发、接收)、数据处理(去噪、偏移校正)、资料解释。在油气资源勘查中应用广泛, 如我国塔里木盆地油气勘查, 通过三维地震勘查清晰呈现地下储油构造形态, 为油气井部署提供精准依据; 发展趋势上, 正向高分辨率、宽频带方向发展, 同时与AI技术结合, 提升数据解释效率。

2.2 地球化学勘查技术

(1) 土壤地球化学勘查: 原理是矿体经风化作用, 微量元素会迁移至地表土壤并形成地球化学异常。采样时需按网格布点, 采集地表20-50厘米深度的土壤样品, 采用原子吸收光谱、电感耦合等离子体质谱等技术分析元素含量。在寻找隐伏矿床中作用突出, 如在云南某金矿勘查中, 通过土壤地球化学勘查发现金元素异常区, 经深部钻探验证, 在地下200米处发现大型隐伏金矿; 同时可圈定矿化异常区, 缩小找矿靶区范围。(2) 水系沉积物地球化学勘查: 特点是覆盖范围广、采样效率高, 优势在于能反映区域尺度的地球化学特征, 不受局部地形干扰。通过采集河流、溪流中的沉积物样品, 分析元素组合与含量, 可用于区域地质调查, 推断地层、岩体分布; 在矿产资源预测中, 能圈定区域化探异常带, 例如在我国西南地区区域勘查中, 通过该技术圈定出多条铅锌矿化异常带, 为后续详查奠定基础。(3) 岩石地球化学勘查: 方法包括采集新鲜岩石样品, 分析主量元素、微量元素及同位素组成, 技术要求样品无风化、无污染, 确保分析数据准确性。在研究成矿过程中, 通过分析矿石与围岩的地球化学特征, 可推断成矿物质来源、迁移路径; 在确定矿源层方面, 能通过岩石中特定元素含量异常, 识别成矿潜力大的地层, 如在华北地区铁矿勘查中, 通过该技术确定太古宇变质岩系为主要矿源层^[3]。

2.3 遥感勘查技术

(1) 光学遥感: 原理是利用卫星或航空平台搭载的光学传感器(如多光谱相机、高分辨率相机), 接收地表物体反射的可见光、近红外波段电磁波, 形成遥感影

像。常用传感器包括Landsat系列卫星的OLI传感器、高分系列卫星的PMS传感器。在地质解译中, 可通过影像色调、纹理差异识别岩石类型、地质构造; 在地形地貌分析中, 能生成数字高程模型(DEM), 反映山脉、盆地等地形特征; 在地质灾害监测中, 可实时跟踪滑坡、泥石流等灾害体动态, 为防灾减灾提供支持。(2) 热红外遥感: 原理是基于物体热辐射特性, 接收地表物体发射的热红外波段电磁波, 通过温度差异反推目标属性, 特点是可昼夜工作、不受云雾干扰。在识别地下热源中, 能探测温泉、火山活动区的热异常; 在研究地热资源分布中, 通过热红外影像圈定高温异常区, 例如在西藏羊八井地热田勘查中, 利用热红外遥感精准识别地热异常范围, 为地热井选址提供依据。(3) 高光谱遥感: 优势在于光谱分辨率高(可达纳米级), 能获取物体精细光谱信息, 技术发展上正向高空间分辨率、高信噪比方向推进。在矿物识别中, 通过对比光谱曲线可精准识别石英、方解石、黄铁矿等矿物; 在岩石类型划分中, 能依据岩石光谱特征区分花岗岩、砂岩、石灰岩等; 在矿产勘查中, 应用前景广阔, 例如在新疆某多金属矿勘查中, 通过高光谱遥感识别出羟基、碳酸根等矿物光谱异常, 经实地验证发现多金属矿化体^[4]。

2.4 钻探工程技术

(1) 钻探设备与方法: 岩心钻机(如XY-44型钻机)适用于获取岩心样品, 常用于金属矿、固体矿产勘查; 水文水井钻机(如SPJ-300型钻机)主要用于地下水勘查与水井施工。钻探方法中, 回转钻进适用于坚硬岩层, 冲击钻进适用于松散地层, 冲击回转钻进结合两者优势, 效率高且适用于复杂地层。不同方法适用条件不同, 例如在花岗岩地层勘查中采用回转钻进, 在砂卵石地层中采用冲击钻进。(2) 钻探工艺与质量控制: 工艺流程包括钻孔设计(确定孔位、孔深、孔径)、钻进参数选择(转速、钻压、泵量)、岩心采取、钻孔测斜与校正。质量控制要点包括: 岩心采取率需符合规范(固体矿产勘查要求 $\geq 80\%$), 通过使用优质岩心管、控制钻进速度确保岩心完整性; 钻孔垂直度偏差需控制在允许范围, 采用测斜仪定期测斜并及时校正; 同时需做好钻探记录, 确保数据真实、完整^[5]。(3) 钻探技术在地质资源勘查中的应用: 是验证物化探异常的关键手段, 通过钻探获取地下岩芯, 可确认异常是否由矿体引起; 在获取地下地质信息方面, 能直接揭示地层岩性、厚度、接触关系, 为地质编图提供依据; 在确定矿产储量中, 通过系统钻探控制矿体走向、厚度、品位, 结合储量计算方法确定矿产资源量, 例如在内蒙古某煤矿勘查

中,通过密集钻探网查明煤层分布特征,精准计算煤炭储量,为矿山建设提供支撑。

3 地质资源勘查中地质资源勘查技术创新与发展趋势

3.1 技术创新案例分析

(1)国内外典型创新案例:国内方面,研发出“高精度便携式重力仪”,可实现野外快速重力测量;提出“深穿透地球化学勘查法”,解决隐伏矿体探测难题;将遥感技术与GIS(地理信息系统)融合,构建地质勘查信息平台。国外方面,美国研发“分布式光纤地震探测系统”,提升地震勘查精度;加拿大提出“土壤气体地球化学勘查新方法”,增强微量气体异常捕捉能力。

(2)案例深度分析:以国内“深穿透地球化学勘查法”为例,技术原理是利用矿体向地表迁移的微量元素与气体,通过特殊采样与分析技术捕捉异常;创新点在于突破传统方法探测深度限制,可探测500米以深隐伏矿体。应用效果上,在河南某大型金矿勘查中,成功定位深部矿体,探明资源量超50吨;推广价值高,适用于我国东部隐伏矿集中区,已在10余个省区推广应用。国外“分布式光纤地震探测系统”,原理是利用光纤感知地震波振动,创新点在于实现大范围、高密度监测,成本仅为传统设备的1/3;应用于美国页岩气勘查,使勘查效率提升40%,在全球油气勘查领域推广潜力大。

3.2 技术发展趋势预测

(1)未来发展趋势:智能化方面,无人机搭载AI识别系统将实现野外地质填图自动化,智能钻机可自动调整钻进参数;精准化方面,高光谱遥感分辨率将提升至米级,地球物理勘查数据解释误差可控制在5%以内;绿色化方面,无钴钻探液、低噪音地震激发技术将减少环境干扰;综合化方面,多技术融合平台将实现物探、化探、遥感数据实时联动分析。(2)对行业的影响:勘查效率上,智能化技术可使野外勘查周期缩短30%-50%;成本控制上,精准化与综合化技术能减少无效勘查投入,降低成本20%以上;环境影响方面,绿色化技术可减少钻探废水、地震噪音对生态的破坏,助力行业实现“绿色勘查”目标,符合生态文明建设要求。

3.3 新技术面临的挑战与对策

(1)面临的挑战:技术研发投入不足,国内地质勘查企业研发经费占比普遍低于3%,难以支撑长期创新;人才短缺,兼具地质专业与信息技术的复合型人才缺口超10万人;数据共享困难,不同部门、企业的勘查数据标准不统一,存在“数据孤岛”现象,制约技术融合应用。(2)应对对策:政策层面,加大财政补贴,对研发投入超5%的企业给予税收减免,设立地质勘查技术创新专项基金;人才培养方面,推动高校设立“地质信息技术”交叉学科,开展校企联合培养,定向输送复合型人才;数据共享方面,由国家牵头建立全国地质勘查数据平台,统一数据标准,推动部门、企业间数据开放共享,打破“数据孤岛”,为技术创新提供数据支撑。

结束语

地质资源勘查技术是解锁地球“宝藏”的关键钥匙,其发展关乎资源安全与经济命脉。从传统物化探到智能遥感、从浅部勘查到深部探测,技术迭代不断突破勘查边界。未来,随着人工智能、大数据与绿色技术的深度融合,勘查将迈向更精准、高效、环保的新阶段。但技术革新仍面临投入不足、人才短缺等挑战,需政企学研协同发力,推动跨学科融合与数据共享。唯有持续创新,才能在全球资源竞争中占据先机,为可持续发展筑牢资源根基。

参考文献

- [1]宋前进.测绘地理信息技术在地质资源勘查中的应用[J].石材,2024,(08):61-63.
- [2]李向红.地质资源勘查中地质工程的作用及其发展浅谈[J].新疆有色金属,2024,47(05):32-33.
- [3]吉迎华,梁晓波.浅谈地质资源勘查中地质工程的作用及其发展[J].西部探矿工程,2024,36(06):64-66.
- [4]骆昌平.地质工程在地质资源勘查中的作用及发展分析[J].中国金属通报,2023,(08):94-96.
- [5]童一恒,刘长城.地质找矿勘查技术原则与方法创新[J].中国金属通报,2020,(05):147-149.