

复杂地质条件下地质勘察技术的应用

刘存辉 梁翔宇

广西珠委南宁勘测设计院有限公司 广西 南宁 530007

摘要：复杂地质条件下，地质勘察技术的应用显得尤为重要和复杂。本文探讨了地球物理勘探、地球化学勘探、遥感技术以及探矿工程等多种技术在复杂地质环境中的综合运用。这些技术通过捕捉地质异常、分析元素分布规律、获取高精度地表影像及直接揭露地下地质体等手段，为矿产勘探、工程建设提供了科学依据。本文还强调了技术创新与改进的重要性，以期在复杂地质条件下提高勘察效率和准确性。

关键词：复杂地质条件；地质勘察技术；应用

引言：地质勘察在资源开发、工程建设等领域扮演着至关重要的角色，尤其是在面对复杂地质条件时，其技术应用的挑战性与重要性并存。复杂地质条件，如地层结构复杂、地质构造多变、地形地貌多样等，对地质勘察的准确性和效率提出了更高要求。本文旨在探讨复杂地质条件下地质勘察技术的有效应用，分析各类技术的适用性与局限性，并提出相应的改进与创新策略，以期提高地质勘察的精准度和效率。

1 复杂地质条件概述

1.1 复杂地质条件的定义

复杂地质条件是指在特定区域内，地质环境呈现出多维度、高变异性的特征，给工程建设、资源勘探等活动带来显著挑战的状况，主要体现在以下两方面：（1）地形地貌复杂多样。涵盖高山峡谷、岩溶洼地、冲洪积扇群、滨海滩涂等多种地貌类型。例如部分山区存在陡峭边坡与深切沟谷交错分布的情况，部分岩溶地区则发育大量溶洞、暗河，地表起伏剧烈且地貌单元破碎，缺乏稳定连贯的地形格局。（2）地质构造复杂，地层岩性多变。区域内可能存在多期次褶皱、断裂带交织现象，部分断裂带还伴随岩浆活动，导致地层连续性遭到破坏。同时，地层岩性在水平和垂直方向上变化显著，如同一勘探剖面内可能交替出现砂岩、页岩、灰岩及软弱夹层，岩性硬度、完整性差异极大，增加了地质规律把握的难度。

1.2 复杂地质条件对地质勘查工作的影响

（1）增加勘查难度，延长勘查周期：地形复杂区域需投入更多人力物力搭建勘查通道，如在峡谷地区开展钻探需先修建临时便道；地质构造复杂则导致勘查手段选择受限，例如断裂发育区钻孔易发生垮塌，需多次调整钻进工艺，原本30天可完成的勘查任务可能延长至45天以上。（2）影响勘查结果的准确性和可靠性：地层

岩性多变可能导致地质编录时误判岩层界限，岩溶区暗河发育会使物探数据出现假异常，难以精准定位资源分布或隐患点。部分勘查数据需反复验证，仍可能存在偏差，降低了勘查成果对后续工程决策的支撑作用。

2 常见地质勘查技术

2.1 地球物理勘探技术

（1）磁法测量法：基于不同岩石磁性强弱差异，用磁力仪记录地表磁场变化。适用于寻找磁铁矿等磁性矿产，还能圈定岩浆岩分布与断裂带，操作简便且探测范围广，在区域地质普查中应用广泛，但易受地表磁性干扰物影响。（2）放射性测量法：通过辐射仪检测岩石、土壤中铀、钍等放射性元素的辐射强度。主要用于勘查放射性矿产，也可辅助区分岩石类型，如酸性岩浆岩放射性通常高于沉积岩，不过在高放射性背景区需多次校验数据。（3）重力测量法：依据地下物质密度差异引发的重力变化，用重力仪采集数据。可探测大型沉积盆地、深部矿体及地壳结构，例如在油气勘探中助力圈定储油构造，但在岩性密度差异小的区域分辨率较低。（4）地震地质勘查技术：向地下发射地震波，接收反射或折射信号分析地层结构。能精准划分地层界面、确定岩层埋藏深度，在油气勘探和工程地质勘察中不可或缺，不过在破碎岩层区，地震波传播易受干扰，需优化观测系统^[1]。

2.2 地球化学勘探技术

（1）水系沉积物地球化学测量：采集河流、溪流中的沉积物样品，检测元素含量。适用于大面积区域普查，尤其在地形复杂、交通不便的山区，能快速圈定找矿靶区，如通过水系中铜、铅元素异常，指示上游可能存在金属矿体。（2）土壤地球化学测量：系统采集地表0.5-2米深度的土壤样品，分析元素分布规律。适合中比例尺勘查，可精准定位矿体延伸方向，例如在覆盖层较

薄的矿区,通过土壤中金元素异常,辅助确定矿体地表投影范围。

2.3 遥感技术

(1) 卫星遥感技术:通过卫星搭载的多光谱、高分辨率传感器,获取大范围地表影像。可用于区域地质填图、监测地貌动态,如识别大型褶皱、断裂带及岩性分布,覆盖面积大且效率高,但在多云雾、植被茂密区影像解译难度增加。(2) 无人机遥感技术:利用无人机携带高光谱、热红外传感器,开展小范围高精度探测。灵活度高,能深入峡谷、陡坡等复杂地形,获取厘米级分辨率影像,可精准圈定矿体露头、监测勘查工程进展,在详查阶段优势显著。

2.4 探矿工程技术

(1) 槽探:在地表挖掘深度小于3米的沟槽,揭露地下岩层、矿体。成本低、施工快,适用于勘查地表浅部地质体,常用于验证物化探异常,初步查明矿体规模与产状,但受限于深度,无法探测深部地质情况。(2) 钻探:用钻机钻孔获取岩芯、岩屑样品,可探测数千米深的地下地质体。是获取深部准确信息的核心手段,广泛应用于矿产勘探、水文地质勘察,如通过金刚石钻进获取完整岩芯,分析矿体品位与厚度,但在岩溶发育区易发生孔壁坍塌。(3) 坑探:挖掘平硐、竖井等地下坑道,直接观察地质现象。能直观研究矿体形态、结构,为储量计算提供可靠依据,多用于详查阶段,但施工难度大、成本高,且受地形、水文条件限制较大。

3 复杂地质条件下地质勘查技术的应用

3.1 地球物理勘探技术的应用

(1) 磁法测量、重力测量的适用性分析:磁法测量在褶皱断裂发育区优势突出,可通过捕捉磁性差异圈定岩浆岩侵入体边界,辅助判断断裂带延伸方向,例如在火山岩分布区,能有效区分磁性火山岩与非磁性沉积岩,但若区域存在强磁性干扰(如人工含铁构筑物),需通过数据校正排除误差。重力测量适用于沉积盆地、深部矿体勘查,在岩溶发育区,可通过密度差异识别地下溶洞分布,为工程选址提供依据;不过在岩性密度差异小的变质岩区,分辨率会受影响,需搭配其他技术提升勘查精度。(2) 地震地质勘查技术在深部矿藏勘查中的优势:复杂地质条件下深部矿藏勘查难度大,地震地质勘查技术凭借高分辨率成为核心手段。其通过多波分量采集技术,可穿透破碎带、软弱夹层等复杂地层,清晰呈现深部矿体的形态、埋藏深度及与围岩的接触关系。例如在深部金属矿勘查中,能有效区分矿体与周围岩体的波速差异,为钻探工程提供精准靶点;在油气勘

探中,可精准划分储油层位,降低盲目勘查风险,显著提升深部资源的发现效率。

3.2 地球化学勘探技术的应用

(1) 水系沉积物测量和土壤测量在寻找隐伏矿体中的应用:水系沉积物测量适用于地形复杂的山区,即便矿体深埋地下,其释放的元素会随地下水、地表径流迁移至水系沉积物中,通过系统采集样品可圈定异常区,例如在高山峡谷区,通过检测水系中铜、铅、锌等元素异常,可快速锁定上游隐伏矿体的大致范围。土壤测量则在覆盖层较薄的区域效果显著,隐伏矿体中的元素会通过渗透、扩散作用在土壤中形成次生异常,尤其在植被茂密、地形陡峭的区域,能精准定位矿体投影范围,辅助缩小勘查靶区,为后续详细勘查奠定基础^[2]。(2) 地球化学异常分布与矿产预测的关系:地球化学异常的强度、规模及元素组合特征,直接反映矿产的分布规律与成矿潜力。在复杂地质条件下,单一元素异常易受干扰,而组合异常(如金矿床常伴随砷、锑元素异常)更具指示意义。通过分析异常分布与地质构造的关联性,可预测矿产分布,例如异常沿断裂带呈带状分布时,往往暗示深部存在矿体;异常浓度由中心向周边递减,可能指示矿体的走向与延伸方向,为矿产资源预测提供科学依据。

3.3 遥感技术的应用

(1) 卫星遥感技术在宏观地质构造分析中的作用:卫星遥感可获取大范围、多波段的地表影像,在人类难以涉足的复杂区域(如荒漠戈壁、高山峡谷),能通过影像解译快速识别大型褶皱、断裂带及岩性分布边界,构建区域地质构造框架。例如在青藏高原等偏远地区,卫星遥感技术可高效完成大面积地质填图,圈定构造活动带,为后续详细勘查划定重点区域,大幅降低勘查成本与难度。(2) 无人机遥感技术在复杂地形地貌条件下的勘查效果:针对地形陡峭、沟壑纵横的复杂区域,无人机遥感技术展现出高灵活性优势。其可低空飞行,规避地形障碍,获取厘米级分辨率影像,精准识别微地貌特征(如小型矿体露头、裂隙发育区)。同时,无人机搭载的多光谱传感器能捕捉地表植被、土壤的光谱差异,辅助圈定地球化学异常区;在岩溶、滑坡多发区,可快速完成隐患点排查,实时监测地质环境变化,提升勘查安全性与数据时效性,有效弥补卫星遥感在细节信息提取上的不足。

3.4 探矿工程技术的应用

(1) 槽探、钻探、坑探的选择与应用:在地表浅部、岩层松散或覆盖层较薄的区域,优先选择槽探,成

本低、施工快,可快速揭露地表矿体及地质构造,常用于验证物化探异常;在深部勘查或岩层坚硬的区域,钻探成为核心手段,通过金刚石钻进等工艺,能穿透复杂地层(如破碎带、溶洞)获取岩芯,精准了解地下矿体分布,例如在金属矿勘查中,通过钻探确定矿体深部边界与厚度;当需详细研究矿体内部结构或验证深部重大异常时,坑探(如平硐、斜井)更具优势,可直接进入地下观察矿体产状,但受地形、水文条件限制,多用于详查阶段,且需做好支护防护措施^[3]。(2)探矿工程技术对揭露矿体的重要性:在复杂地质条件下,物探、化探技术易受干扰导致数据偏差,探矿工程技术能直接获取地下地质实物资料,是验证异常、揭露矿体的关键。通过槽探可初步查明矿体地表延伸范围与规模;钻探能确定矿体深部埋藏深度、厚度及品位变化,为储量估算提供基础数据;坑探则可直观观察矿体的形态、结构及与围岩的接触关系,发现矿体内部的夹石、裂隙等细节,避免因间接数据误差导致的勘查失误,为后续开采设计提供可靠依据,是复杂地质条件下保障勘查成果准确性的核心技术。

4 复杂地质条件下地质勘查技术的改进与创新

4.1 现有技术的局限性

(1)现有技术的不足之处:地球物理勘探技术易受干扰,如磁法测量在高磁性火山岩区易出现假异常,地震勘查在破碎地层中分辨率大幅下降,难以精准识别矿体边界;地球化学勘探技术受覆盖层影响大,在厚层风化壳或水体富集区,元素异常信号被削弱,导致隐伏矿体定位偏差;遥感技术在植被茂密、多云雾的复杂区域,影像解译难度增加,细节信息提取受限;探矿工程技术中,钻探在岩溶发育区易发生孔壁坍塌,坑探施工受地形限制大,效率低下且成本高昂。(2)限制技术应用的主要因素:一是地质条件的复杂性,地层岩性多变、构造破碎等客观因素,直接影响技术探测精度;二是技术自身的适配性不足,多数技术基于常规地质条件研发,缺乏针对复杂场景的专项优化;三是成本与效率的矛盾,如高精度勘查设备价格昂贵,复杂区域施工周期长,导致部分先进技术难以大规模推广;四是数据处理能力滞后,复杂地质条件下产生的海量数据,现有处

理算法难以快速精准分析,影响勘查成果输出效率。

4.2 技术改进与创新方向

(1)现有技术的改进建议和方法:对地球物理勘探技术,优化数据处理算法,如引入人工智能消除磁法、地震勘查中的干扰信号,提升异常识别精度;地球化学勘探技术可改进样品采集与分析方法,采用深穿透地球化学测量技术,增强对厚覆盖层下元素异常的捕捉能力;遥感技术方面,研发高光谱、穿透性强的传感器,结合无人机与卫星数据融合技术,提升复杂地形区的信息提取能力;探矿工程技术需升级装备,如研发抗坍塌的新型钻探套管,优化坑探施工工艺,缩短施工周期^[4]。

(2)新技术的应用前景:人工智能与大数据技术潜力巨大,可构建地质勘查数据模型,实现多源数据的快速整合与智能分析,精准预测矿产分布;物联网技术可实时监测勘查设备运行状态与地质环境变化,提升勘查安全性与数据时效性;区块链技术能保障勘查数据的真实性与可追溯性,避免数据篡改,为后续工程决策提供可靠依据。这些新技术的应用,有望突破复杂地质条件的制约,推动地质勘查向智能化、高效化方向发展。

结束语

综上所述,复杂地质条件下的地质勘察技术应用是一项综合性强、技术难度高的工作。通过不断的技术创新和优化,我们已经在多个领域取得了显著进展。然而,面对日益复杂多变的地质条件,我们仍需持续努力,不断深化对地质规律的认识,加强勘察技术的研发与应用。只有这样,我们才能更加精准地揭示地质真相,为工程建设和资源开发提供强有力的技术支撑,推动地质勘察事业迈向新的发展阶段。

参考文献

- [1]张军,钟鸿飞.岩土工程勘察在复杂地质条件下的技术应用[J].中国地名,2024(10):64-66.
- [2]刘玲全,赵洪顺.复杂地质条件下岩土工程勘察技术的运用分析[J].石材,2025,(08):45-47.
- [3]王洋.复杂地质条件下岩土工程勘察技术分析[J].城市建设理论研究(电子版),2025,(19):170-172.
- [4]李世权.复杂地质环境背景下岩土工程勘察技术探究[J].工程建设与设计,2025,(12):131-133.