

# 无人机遥感技术在矿产勘查中的应用与优化

刘紫龙

内蒙古第八地质矿产勘查开发有限责任公司 内蒙古 乌海 016000

**摘要：**本文聚焦于无人机遥感技术在矿产勘查领域的应用与优化策略。首先阐述了无人机遥感技术的核心特点与优势，接着深入剖析其在矿产勘查各阶段的具体应用场景，包括地质信息获取、矿区环境监测等。随后，针对当前应用中存在的技术瓶颈与挑战，提出了一系列针对性的优化措施，涵盖传感器升级、数据处理算法改进等方面。最后，对无人机遥感技术在矿产勘查领域的未来发展趋势进行了展望，旨在为推动该技术在矿产勘查行业的深度应用与创新发展提供理论支持与实践参考。

**关键词：**无人机遥感技术；矿产勘查；应用场景；优化策略；发展趋势

## 引言

矿产资源作为国家经济发展的重要物质基础，其勘查与开发工作至关重要。传统的矿产勘查方法，如地质填图、地球物理勘探和钻探等，虽在长期实践中积累了丰富经验并取得显著成果，但也存在成本高、周期长、受地形限制大等局限性。随着科技的飞速发展，无人机遥感技术凭借其独特的优势，逐渐在矿产勘查领域崭露头角，为矿产勘查工作带来了新的机遇与变革。深入研究无人机遥感技术在矿产勘查中的应用与优化，对于提高矿产勘查效率、降低勘查成本、提升资源保障能力具有重要的现实意义。

## 1 无人机遥感技术在矿产勘查中的应用

### 1.1 地质信息获取

在矿产勘查前期，准确获取地质信息是确定找矿方向、评估成矿潜力的关键环节。无人机搭载的光学相机和多光谱相机能够获取高分辨率的影像数据，清晰呈现地表的地质特征。例如，在某金属矿勘查项目中，通过无人机光学影像可以清晰地观察到岩石的出露情况、地层产状以及构造形迹。不同岩石类型在影像上具有独特的颜色和纹理特征，通过对这些特征的分析，可以初步识别出岩石的种类和分布范围。多光谱相机则能够进一步提供岩石的光谱信息。不同的矿物成分在不同波段具有不同的反射特性，通过分析多光谱影像的光谱曲线，可以识别出与矿化相关的蚀变矿物。例如，在热液型金属矿床中，围岩常常会发生蚀变作用，形成如绢云母化、绿泥石化等蚀变带。这些蚀变矿物在多光谱波段上具有独特的反射特征，通过多光谱影像分析，能够快速圈定蚀变带的范围，为后续的详细勘查工作提供方向指引。

### 1.2 矿区地形测绘

精确的地形数据对于矿产勘查和开发至关重要。

无人机搭载激光雷达或高精度定位系统，能够快速获取矿区的三维地形数据，生成高精度的数字高程模型（DEM）和数字正射影像图（DOM）。在某大型露天矿山的地形测绘中，无人机激光雷达系统在短时间内完成了对整个矿区的扫描，获取了大量的点云数据。通过对这些点云数据的处理和分析，生成了高精度的数字高程模型，其精度达到了厘米级。这些高精度的地形数据不仅可用于矿区的规划设计，如确定矿井位置、运输道路布局、排土场选址等，还能为后续的体积计算、边坡稳定性分析等提供基础数据支持。例如，在计算矿石开采量时，通过对比不同时期的数字高程模型，可以准确计算出开采的矿石体积，为矿山的生产管理和资源评估提供可靠依据。同时，利用地形数据进行的边坡稳定性分析，能够提前发现潜在的滑坡隐患，采取相应的防治措施，保障矿山的安全生产<sup>[1]</sup>。

### 1.3 矿区环境监测

矿产开发过程中，矿区环境会受到不同程度的影响，如土地破坏、水土流失、水体污染等。无人机遥感技术可以实时、动态地监测矿区环境变化情况。通过定期获取矿区的影像数据，对比不同时期的影像，能够及时发现矿区的环境问题。例如，在某煤矿矿区，利用无人机多光谱影像监测植被覆盖变化情况。通过分析不同时期的影像，发现部分区域植被覆盖度明显降低，结合地面调查，确定是由于采矿活动导致的土地破坏和水土流失所致。同时，利用多光谱和高光谱技术，还可以监测矿区水体的水质变化。不同的污染物在水体中会引起光谱特征的改变，通过分析水体的光谱信息，可以检测出水体中的重金属、悬浮物等污染物的含量和分布情况。例如，在某金属矿尾矿库周边水体监测中，通过无人机高光谱影像分析，发现水体中重金属含量超标，及

时采取了治理措施，避免了环境污染的进一步扩大。此外，无人机遥感还可以对矿区的生态环境恢复情况进行监测，评估生态恢复效果，确保矿山生态环境得到有效修复。

#### 1.4 矿产资源动态监管

无人机遥感技术可用于对矿产资源的开发利用情况进行动态监管。通过定期飞行监测，能够准确掌握矿区的开采范围、开采量等信息，及时发现违规开采行为，如超层越界开采、无证开采等。在某地区矿产资源动态监管中，利用无人机遥感技术对多个矿区进行了定期监测。通过对不同时期的影像数据，发现部分矿区存在超层越界开采的现象，及时通知相关部门进行查处，有效维护了矿产资源开发秩序。此外，无人机遥感还可以对矿山闭坑后的生态恢复情况进行监测。通过长期跟踪监测，评估生态恢复措施的效果，为矿山的生态修复和可持续发展提供科学依据。例如，在某闭坑矿山生态恢复监测中，利用无人机影像分析了植被的生长状况和土壤侵蚀程度，根据监测结果调整了生态恢复方案，提高了生态恢复的质量和效率。

### 2 无人机遥感技术在矿产勘查应用中存在的问题

#### 2.1 传感器性能限制

尽管目前无人机搭载的传感器种类日益丰富，但在某些方面仍存在性能不足的问题。光学传感器在恶劣天气条件下（如云雾、强光等）的成像质量会受到严重影响。云雾会散射和吸收光线，导致影像模糊、对比度降低；强光则可能使影像过曝，丢失部分细节信息。例如，在某山区矿产勘查中，由于当地气候多变，经常出现云雾天气，无人机光学相机获取的影像质量较差，无法清晰识别地表的地质特征，影响了勘查工作的进度和准确性。多光谱和高光谱传感器虽然能够提供丰富的光谱信息，但其空间分辨率相对较低。对于一些小尺度的地质特征，如微小的构造裂隙、细小的矿化蚀变斑点等，难以准确识别和提取。此外，传感器的稳定性和可靠性也有待进一步提高。在长时间飞行过程中，传感器可能会受到振动、温度变化等因素的影响，导致数据丢失或误差增大<sup>[2]</sup>。例如，某次无人机飞行任务中，由于传感器在飞行过程中出现故障，导致部分数据丢失，影响了后续的数据处理和分析结果。

#### 2.2 数据处理与分析能力不足

无人机遥感获取的数据量巨大，如何高效、准确地对这些数据进行处理和分析是当前面临的一大挑战。现有的数据处理软件和算法在处理复杂地质信息时，往往存在精度不够、效率低下等问题。例如，在利用激光雷

达数据进行地形建模时，对于植被茂密区域的点云数据处理，现有的算法难以有效去除植被干扰。植被点与地面点混合在一起，导致生成的数字高程模型精度不高，无法准确反映地表的地形特征。此外，数据处理的自动化程度较低，需要大量的人工干预。在数据预处理、特征提取和分类等环节，往往需要专业人员根据经验进行操作和判断，这不仅增加了工作量，还容易引入人为误差。例如，在对多光谱影像进行分类时，不同人员对地物特征的理解和判断可能存在差异，导致分类结果不一致，影响了数据的可靠性和可用性。

#### 2.3 飞行安全与法规限制

无人机飞行受到空域管理、气象条件等多种因素的限制。在矿产勘查中，部分矿区位于偏远山区或军事管制区域，无人机飞行需要经过严格的审批程序。审批过程繁琐、时间长，这在一定程度上影响了勘查工作的效率和灵活性。例如，某矿产勘查项目计划在军事管制区域附近进行无人机飞行作业，由于审批手续复杂，导致飞行任务延迟了数周，错过了最佳的勘查时机。同时，恶劣的气象条件，如强风、暴雨、雷电等，会对无人机的飞行安全构成威胁，增加飞行风险。强风可能导致无人机失控，暴雨可能损坏无人机的电子设备，雷电则可能引发安全事故。此外，目前针对无人机遥感技术在矿产勘查领域的法规和标准还不够完善。在数据获取、使用和共享等方面存在一些法律风险和纠纷。例如，在数据共享过程中，可能会涉及到数据版权、隐私保护等问题，由于缺乏明确的法规和标准，容易导致各方之间的矛盾和冲突。

### 3 无人机遥感技术在矿产勘查中的优化策略

#### 3.1 传感器技术升级

加大对传感器研发的投入，提高传感器的性能和质量。针对光学传感器的不足，研发具有自适应光学系统的传感器，能够根据不同的天气条件自动调整光学参数，提高成像质量。例如，采用自适应光学技术可以实时补偿云雾、强光等对光线的影响，使影像始终保持清晰、高对比度的状态。同时，通过优化光学镜头的设计和制造工艺，提高传感器的分辨率和灵敏度，增强对微小地质特征的识别能力。对于多光谱和高光谱传感器，通过优化光学设计和探测器技术，提高其空间分辨率和光谱分辨率。采用新型的探测器材料和制造工艺，能够增加探测器的像素数量，提高空间分辨率；优化光学滤波器的性能，可以更精确地分离不同波段的光线，提高光谱分辨率。此外，加强传感器的稳定性和可靠性设计，采用先进的校准和补偿技术，减少数据误差和丢

失<sup>[3]</sup>。例如，在传感器内部安装高精度的加速度计和陀螺仪，实时监测传感器的姿态和振动情况，并对数据进行相应的补偿和校正。同时，还可以探索新型传感器的应用，如合成孔径雷达（SAR）传感器。SAR传感器具有全天候、全天时工作的优势，能够穿透云雾和植被，获取地表下的地质信息。在矿产勘查中，SAR传感器可以用于探测隐伏矿体、监测矿区地表形变等。例如，利用SAR干涉测量技术可以精确测量矿区地表的下沉和位移情况，为矿山的安全生产提供重要依据。

### 3.2 数据处理算法改进

深入研究适合无人机遥感数据处理的新算法和新技术，提高数据处理的精度和效率。针对激光雷达数据处理中的植被去除问题，研发基于机器学习和深度学习的算法。这些算法可以通过对大量已知的植被点和地面点数据进行学习和训练，建立准确的分类模型，自动识别和分类点云数据中的植被点和地面点。例如，采用卷积神经网络（CNN）算法对激光雷达点云数据进行处理，能够有效去除植被干扰，提高数字高程模型的精度。在多光谱和高光谱数据处理方面，利用先进的特征提取和分类算法，如支持向量机（SVM）、随机森林等，提高地质信息解译的准确性。这些算法能够自动提取数据中的关键特征，并根据这些特征进行分类和识别。例如，通过SVM算法对多光谱影像进行分类，可以准确识别出不同类型的岩石和矿化蚀变带。同时，加强数据处理软件的研发，实现数据处理的自动化和智能化，减少人工干预。开发具有友好用户界面的数据处理软件，集成多种先进的算法和功能，使专业人员能够方便快捷地进行数据处理和分析。此外，建立数据共享平台和标准，促进不同地区、不同部门之间的数据交流与共享。制定统一的数据格式和传输标准，确保数据在不同系统之间的兼容性和互操作性。通过数据共享，可以整合各方资源，提高数据的利用效率，为矿产勘查提供更全面、准确的信息支持<sup>[4]</sup>。

### 3.3 飞行安全保障与法规完善

建立健全无人机飞行安全管理体系，加强对无人机操作人员的培训和考核，提高其安全意识和操作技能。制定详细的飞行操作规程和安全管理制度，要求操作人员在飞行前对无人机进行全面的检查和维护，确保设

备处于良好的运行状态。同时，利用先进的飞行监控系统，实时掌握无人机的飞行状态和位置信息，及时发现和处理异常情况。例如，安装全球定位系统（GPS）和惯性导航系统（INS），实时传输无人机的位置、速度、高度等参数到地面控制站，操作人员可以根据这些信息及时调整飞行计划，确保飞行安全。积极与相关部门沟通协调，争取简化无人机飞行审批程序，提高勘查工作的效率。建立专门的无人机飞行审批绿色通道，为矿产勘查等重要领域提供便捷的审批服务。同时，加强对无人机飞行活动的监管，严厉打击违规飞行行为，维护空域秩序和公共安全。加快制定和完善无人机遥感技术在矿产勘查领域的法规和标准，明确数据获取、使用和共享的规范和要求。制定数据版权保护法规，保障数据所有者的合法权益；建立数据隐私保护制度，防止个人和企业的敏感信息泄露。此外，还可以制定无人机遥感技术服务标准，规范服务提供商的行为，提高服务质量和水平。

### 结束语

未来，随着科技的不断进步，无人机遥感技术将朝着更高分辨率、更智能化、更集成化的方向发展。传感器性能将不断提升，数据处理算法将更加先进，无人机飞行安全将得到更有力的保障，相关法规和标准也将日益完善。同时，无人机遥感技术将与其他新兴技术，如人工智能、大数据、物联网等深度融合，为矿产勘查带来更多的创新应用和发展机遇。我们有理由相信，无人机遥感技术将在矿产勘查领域发挥越来越重要的作用，为我国矿产资源的保障和可持续发展做出更大贡献。

### 参考文献

- [1]李军英.基于无人机遥感技术的土地利用现状调查[D].吉林大学，2017.
- [2]张雨.基于无人机遥感的水稻氮素营养诊断研究[D].东北农业大学，2017.
- [3]杨柳，陈延辉，岳德鹏等.无人机遥感影像的城市绿地信息提取[J].2016.
- [4]王光彦，姚坚，李登富，等.低空无人机遥感在水利工程测绘中的应用研究[J].测绘与空间地理信息，2016，39（5）：113-115.