

# 自然资源规划管理中无人机测绘技术的应用

张丛郁

任丘市自然资源和规划局 河北 沧州 062550

**【摘要】**：当前，我国全面推进山水林田湖草沙一体化保护修复与国土空间精细化管控，自然资源常态化监测、生态修复落地实施对高精度空间地理数据的依赖程度持续加深。本文以某山区废弃矿山生态修复项目为依托，整合无人机倾斜摄影、激光雷达 LiDAR、多光谱遥感等技术，开展全域高精度数据采集、实景三维建模、资源动态监测、土方量化分析与权属边界核验。实践表明，无人机测绘可快速构建可视化三维实景模型，精准核算土石方工程量，实现自然资源变化全过程动态溯源，高效厘清土地权属争议边界，能够为国土空间规划编制、生态修复方案设计、自然资源确权登记提供精准、可靠的数据支撑，显著提升自然资源管理的智能化、精细化与科学化水平。

**【关键词】**：无人机测绘；自然资源规划；生态修复；实景三维模型

DOI:10.12417/2811-0536.26.07.073

## 引言

随着自然资源统一管理改革不断深入，国家对山水林田湖草沙一体化保护修复要求逐渐提升。国土空间规划编制、生态修复工程实施、自然资源确权登记和常态化执法监察等工作中需要依靠高精度、现势性强的基础地理信息数据。但是传统的测绘手段受地形条件的限制大，作业周期长，更新频率低，不能满足复杂山区以及动态变化场景下对管理的要求。无人机测绘技术融合无人机技术、遥感技术、地理信息系统(GIS)以及计算机技术，能够实现对自然空间中地理属性、形状、位置及其变化的实时监测，这种测绘方式不仅具备快速、高效、高精度的特点，还能在复杂地形和环境中灵活作业，具有覆盖范围广、成本相对较低的优势，对于自然资源规划管理工作的开展有重要意义。

## 1 工程概况

本文选择我国南方某市一处历史遗留废弃矿区为典型案例，该矿区总面积约为15平方公里，由于多年的露天开采活动，造成地形地貌严重破坏，形成许多高陡边坡、深大采坑和面积裸露岩质坡面，区域内植被覆盖率小于30%，水土流失严重，局部有地质灾害隐患。矿区周边有基本农田、生态公益林、村庄，土地利用现状复杂，权属关系交错。为落实生态文明建设的要求，该市将该区域列入山水林田湖草沙一体化保护修复工程，同时进行国土空间规划编制和生态修复方案的设计，但是该矿区地形起伏大、高差悬殊，部分边坡坡度大于 $60^\circ$ ，传统的手工测绘存在安全风险大、作业时间长、数据精度低等问题，不能满足项目对于基础地理信息数据高精度、多频次、全覆盖的要求。因此，项目组采用无人机测绘技术进行高精度

实景三维建模、动态监测和量化分析，为生态修复工程的设计、土地利用规划和后续的监管提供技术支持。

## 2 自然资源规划管理中无人机测绘技术应用要点

### 2.1 高精度基础数据采集与实景三维建模

自然资源规划管理中，基础地理信息数据的精度直接影响后面分析和决策的科学性。传统的测绘手段大多采用全站仪、GPS-RTK等点状采集方式，在复杂的地形环境中很难实现全域覆盖，并且得到的数据大多是二维的线划图，不能直接体现地形地貌的空间立体结构，无人机测绘技术的合理应用，从根本上改变了这一状况。项目组利用无人机+五镜头倾斜摄影相机，按照航向重叠度80%、旁向重叠度70%的参数设置，对15平方公里的区域进行低空航摄作业，共得到影像大约有1.2万张，地面分辨率大于5cm，使用Context Capture等实景三维建模软件完成空三加密、密集匹配和纹理映射之后得到高精度的实景三维模型、数字正射影像(DOM)、数字表面模型(DSM)。

三维模型可以真实的再现矿区地形起伏、边坡形状、建筑物分布和植被覆盖情况，并且可以进行任意角度的漫游浏览以及量测分析，如图1所示。相比于传统的测绘成果，实景三维模型具有信息完整性、可量测性和可视化效果好等优势。实景三维模型将地形、地物、纹理等要素融合，没有信息断层，可以在模型上直接得到坐标、距离、面积、坡度等参数，精度可以达到1:500比例尺成图的要求，为规划管理人员提供直观的决策支持平台。该成果直接应用到后续的生态修复方案设计当中，成为矿区“自然资源一张图”的主要基底数据，也为国土空间规划中的“三区三线”精准划定赋予可信的支撑。



图1 矿区地形三维模型图示意

## 2.2 自然资源专项调查与动态监测

自然资源规划管理包含土地、矿产、森林、水等各类资源类型调查和监管，传统手段依靠人工外业核查和卫星遥感影像解译，但卫星遥感受云雨天气影响大，分辨率低，无法识别出细碎图斑和微小的变化，人工外业核查效率低、覆盖面小、部分危险区域无法到达。无人机测绘技术由于具有机动灵活、高分辨率、高频次作业等特点，在专项调查、动态监测方面表现得更加突出。在矿区项目中，根据土地利用现状调查要求，用无人机获取的高分辨率正射影像和第三次国土调查数据对图斑做精细核对。

通过影像可以明确耕地边界、建设用地范围、林地郁闭度、裸岩石砾地分布和废弃矿坑边界等。针对无法判别的阴影区或复杂的地类，项目团队使用无人机搭载多光谱传感器获取红边波段、近红外波段影像数据，用归一化植被指数（NDVI）来精确量度矿区植被覆盖度，找出植被退化区和自然恢复区，给生态修复优先级排序赋予定量支撑。项目团队创建“月度航飞、季度比较”的常态监测体系，每月对高陡边坡、施工场地、矿界边缘等重点区域进行无人机航摄，用前后时相影像叠加的方法来快速发现地表变化。

## 2.3 规划实施过程中的量化分析与辅助决策

生态修复规划与国土空间规划的落地实施，需依托海量量化数据作为科学决策支撑，土方工程量核算、地形坡度解析、水文汇流模拟测算等均为核心基础数据分析环节。传统测算模式多先开展离散点位实测，再通过插值推演生成分析结果，计算精度高度依赖采样点布设密度；尤其在地形复杂区域，数据拟合偏差会显著增大，最终影响规划研判的准确性。无人机携带激光雷达（LiDAR），可以穿透植被得到真实的地

表高程数据，给规划实施提供高精度的量化分析基础。由于矿区项目废弃矿坑形状不规则、边坡陡峭，传统的回填土石方量计算方法不能准确地进行测算，项目组用无人机携带激光雷达设备进行航测，得到点云密度大于每平方米30个点的激光雷达数据。经过去噪、滤波分类处理之后，得到高精度的数字高程模型（DEM），它将植被、建筑物等非地面要素排除在外，真实的反映出了地表形态。按照修复设计标高与现状DEM的差值来计算各个矿坑的填方量、挖方量以及土石方平衡方案，误差控制在3%之内，为工程招投标和施工组织提供可靠依据。

在地形分析上，利用DEM数据做坡度、坡向和曲率分析，得到坡度大于60°的危险边坡区，给边坡治理方案的设计提供空间定位。在水文分析上，使用ArcGIS水文分析工具，根据DEM得到矿区汇流网络和集水区边界，计算出暴雨工况下径流量，设计出截排水沟走向和断面尺寸，有效地防止了水土流失和次生灾害风险，矿区主要矿坑单元的土石方量测算结果如表1所示。

表1 矿区主要矿坑单元的土石方量测算结果汇总

矿坑编号	K-01	K-02	K-03	K-04	K-05
面积(m <sup>2</sup> )	18500	22300	31200	9600	27800
现状平均 标高 (m)	112.6	95.3	78.5	125.8	88.2
设计标高 (m)	118.0	92.0	82.0	120.0	88.2
挖方量 (万 m <sup>3</sup> )	0	8.2	0	6.3	0
填方量 (万 m <sup>3</sup> )	12.8	0	14.5	0	0
净方量 (万 m <sup>3</sup> )	+12.8	-8.2	+14.5	-6.3	0
处理建议	外运土方回填	就近调配利用	结合K-02挖方平衡	用于K-01填方	保持现状,生态复绿

通过上面的量化分析得出差异化的修复方案，在矿区内部最大限度地利用土石方资源，减少工程成本，同时防止外运弃土对环境造成的二次污染。

## 2.4 权属调查与确权登记的高效核验

自然资源资产确权登记属于自然资源统一管理的基础性工作,涉及到土地所有权、使用权、矿业权、林权等诸多权利的边界划分。在山区复杂的地形条件下,传统的权属调查大多使用手持GPS设备加纸质图纸的方式进行外业指界,存在着定位精度不高、图斑边界和实地不能准确对应、权属争议调处缺少直观的依据等状况,无人机测绘技术为权属调查和确权登记赋予了高效、精确的核验办法。矿区项目中权属调查遇到两个问题,一是矿区范围包括两个乡镇、五个行政村,集体土地和国有土地混杂在一起,历史遗留下来的权属界线不清;二是矿区开采多年,部分界桩被破坏,原有的地形地貌发生改变,传统的测绘方法不能恢复出权属边界。项目组用前期得到的高分辨率正射影像(DOM)加上实景三维模型,叠加第三次国土调查数据里的权属图层,制作出“一村一图”的权属调查工作底图。

对于有权属争议的地区,项目组采用实景三维模型的“室内指界”加“实地验证”的工作方式。在室

内用三维模型多角度旋转、缩放还原争议地块的地形地貌特征,组织各方当事人线上会商、初步指界,在室外对关键界址点用无人机RTK模块进行精确定位,采集坐标并埋设界桩。该种模式有效降低了现场争议调处的次数,加快了权属调查的速度。根据统计结果可知,无人机辅助下进行的权属调查比传统的权属调查方式要快大约60%,外业核查工作量减少了将近一半。无人机正射影像、实景三维模型等不动产登记过程中,可以作为登记附录的影像材料来展示不动产单元的坐落、四至范围、相邻关系等信息,提高登记成果的可读性、公信力。

## 3 结语

综上所述,无人机测绘技术在矿区生态修复项目中有明显的优势,将从基础数据采集到规划决策支持全部的过程都包含在内,可以有效解决复杂地形条件下测绘问题,提高自然资源管理精细化、智能化水平。未来,要继续推进无人机数据同国土空间基础信息平台的深度融合,助力智慧自然资源管理体系建设。

## 参考文献:

- [1] 冯亚林.基于多源测绘数据的自然资源综合调查监测体系构建[J].生态与资源,2025,(12):31-33.
- [2] 林勇.空地一体化测绘多无人机飞行协同控制方法[J].房地产世界,2025,(19):152-154.
- [3] 陈双淼.基于无人机测绘的自然资源高精度监测方法分析[J].科技资讯,2025,23(18):13-15.
- [4] 周刚,周星,贾平合.无人机测绘技术在自然资源动态监管中的应用[J].华北自然资源,2025,(03):102-105.