

基于无人机倾斜摄影测量技术的露天矿生态修复研究

黄丽丝

(广西壮族自治区国土测绘院, 广西 南宁 530000)

【摘要】伴随着社会经济的快速发展,我国矿产资源开采工作亦进入全新阶段,为最大限度确保生态环境稳定,避免环境恶化而影响到我国未来发展,露天矿生态修复工作也在持续进行。我国在环境问题治理层面取得卓越成效,很多地区露天矿生态修复更是取得显著效果,有效遏制露天矿长期开采带来的生态问题与地质问题。但是,传统治理工作机制下,从业人员多采用全站仪或GPS-RTK等地面仪器进行测绘与分析,而露天矿矿坑规模非常庞大,测绘人员需投入大量时间,整体测绘周期很长,实施成本更是居高不下。此外,废弃露天矿山也存在诸多地质灾害隐患,如边坡坍塌、岩崩等,测绘人员所要面临的作业环境非常恶劣,若防护不当,很容易出现安全事故。此外,传统测绘作业以二维平面数据为核心,区域整体地形地貌特征无法得到准确反馈,数据信息采集精度不高,进一步影响到后续修复方案制定,以及修复措施的改良。与传统测绘机制相比,无人机倾斜摄影测量技术优势明显,测绘效率与测绘数据精准度得到大幅提升,测绘人员作业压力大幅缓解,且基本克服地形地貌对测绘工作带来的负面干扰。在本文中,笔者将针对无人机倾斜摄影测量技术在露天矿生态修复工程中的应用进行初步分析与探讨,希望借此可对相关从业人员起到一定借鉴价值。

【关键词】无人机;倾斜摄影测量技术;露天矿山修复;生态修复

引言:

我国露天矿山开发工作由来已久,长期、高强度、大规模的开采作业严重破坏区域原有生态体系,生态环境恶化,若不能及时施加人为措施,则区域环境将难以在短时间内恢复。现如今,生态环境保护已得到全社会的关注与认可,随着矿产资源整合力度不断加强,原本散乱且监管难度较大的中小型露天矿山开采作业已得到治理或关停,但是,各地区或多或少存在废弃矿山问题,若不能及时处置,则区域水生态、土壤、大气环境等生存要素均会受到极大干扰。为进一步规范废弃露天矿山修复工作,我国相关部门已相继出台一系列工作意见与治理章程,各地方政府也在积极落实废弃露天矿山修复工程,不同形式的治理机制也在逐步成熟,治理水平得到提升。但废弃露天矿山治理工作实施前,相关部门必须对区域整体情况进行勘测,明确区域地质地貌特征与环境特征,如此方可确保后续治理工作顺利完成。无人机倾斜摄影测量技术为废弃露天矿山修复工程的实施提供全新途径,克服地形地貌对测绘作业带来的不利影响,并同步实现测绘测量工作数字化、量化管理,数据信息完整性与准确性已基本满足修复工程的建设需求。

一、无人机倾斜摄影测量技术简介

(一) 无人机技术简介

借助无线电遥控设备及系统控制程序,实现远程遥控飞行,操控人员可根据区域地理环境特点,提前

设定好飞行航线,亦可依照实际操作期间的具体状况,及时调整无人机飞行姿态。无人机设备体积小、造价低、使用方便、应用环境要求低、生存能力强,因此,无人机已广泛应用于诸多生产生活场景。伴随着科学技术的飞速发展,无人机已在城市管理、农业种植、地质环境问题分析、气象数据追踪、电力设施监控、抢险救灾及视频拍摄等行业大规模普及。

(二) 无人机倾斜摄影测量技术

无人机倾斜摄影测量技术以无人机作为摄影测量载体,平台同步搭载五部摄像头,一个为垂直镜头,而另外四个则设置在无人机前后左右四个方向上,并倾斜布置。垂直镜头承担摄影测绘区域正射影像拍摄,而四个倾斜摄像头则要对垂直镜头拍照区域进行多角度拍照摄像,此时,控制系统可得到指定区域及指定物体多角度影像信息,并判断出相关地面物体及地形地貌的实际情况。倾斜摄影测量技术克服传统地面全站仪及卫星遥感测绘测量技术存在的限制与不足,借助POS定位定向技术与GNSS差分技术,测绘系统可准确获得区域空间信息,并最终形成三维模型,区域整体形态得到精准展现。

(三) 无人机倾斜摄影测量技术的关键点

无人机倾斜摄影测量技术实施过程中,工作人员应准确把控测量测绘区域像控点,科学布设,确保测量结果的准确性,同步集成多视影像完成偏差纠正,如此可保证数据采集的准确性,并快速完成三维建模。

1. 像控点的布设与测量。于无人机倾斜摄影测量技术而言，像控点布设与测量工作尤为关键，若工作人员未严格按照技术规范完成像控点布设与测量，则最终数据结果也会丧失应用价值。废弃露天矿生态修复工程测绘作业执行期间，工作人员应深入工程现场，在野外完成像控点选择，严格遵从控制点布设原则，确保外业控制点布设与测量方案的科学性。像控点布设原则如下：（1）像控点应布设为平高点；（2）需注意目标影像清晰度，避免外物遮挡；（3）尽量确保像控点网络平整，不要将像控点设置在斜坡上；（4）为提高摄影测量效果，应尽量寻找易识别的关键参照物；（5）区域色差变化小，抑或地面存在高差、成像效果不佳，则该点位不可作为像控点；（6）监控点应远离存在电磁干扰的建筑与设施；（7）像控点选择时可在地面设置对比效果明显的标记；像控点测量方案制定过程中，工作人员也要加强 GNSS 技术的融入，借助 GNSS 定位方法，确保像控点坐标获取准确度，有效遏制像控点坐标误差。

2. 多视影像联合平差。顾名思义，多视影像即将垂直影像与倾斜影像同步结合，如此可保证平差结果的高精度。传统技术模式下，平差方法以垂直影像为核心，难以妥善处理倾斜摄影影像存在的遮挡及几何变形问题，这对于最终数据获取，以及区域地形地貌测量尤为不利。针对这一问题，工作人员可采用多视影像联合平差处理机制，借助特征提取算法，明确相关地面物体及区域地形的特征点，同步依靠 POS 初始外方位元素，在金字塔匹配策略辅助下，实现同名点在不同相片的精准匹配，如此可得到连接点、控制点坐标等关键数据。与此同时，测量人员也要采用多视影像自检角区域网平差的误差方程，可得到所有元素与加密点的地面坐标参数。

3. 多视影像密集匹配。多视影像密集匹配也是无人机倾斜摄影测量技术的关键核心之一。多视影像匹配问题在数字摄影测量工作中普遍存在，与单一立体影像匹配不同，多视影像可实现影像数据信息的全面应用，充分挖掘数据信息价值，并有序完成盲区补充与偏差纠正。测绘人员在对指定区域进行摄影测绘作业时，其得到的影像数据信息越丰富，重叠度越高，不同影像交叉范围越大，则最终得到的影像资料分辨率与数据信息准确性更高。

多视影像密集匹配实现影像数据信息的全面开发与利用，冗余信息不再是测绘测量作业的负担，辅以多视匹配算法，测绘人员可快速得到同名点坐标，并最终行测好三维空间模型。密集影像匹配后可得到密集点云，而密集点云可准确反馈地面物体空间结构信息。

二、无人机倾斜摄影测量技术在露天矿山修复工程中的应用流程

（一）前期准备工作

无人机倾斜摄影测量作业开始前，工作人员应向露天矿山所在区域，有序进行基本信息收集，如矿山位置信息与周边情况，明确修复工程区域的地质状况，以及采矿资料等关键细节。与此同时，工作人员也要全面排查露天矿山区域的地质灾害报告、土地利用规划图、土地利用现状图、生态红线等核心信息，如此前提下，测绘人员方可明确后续修复工作重点，有目的开展测绘测量。基本信息收集期间，测绘测量团队也要向有关部门申请测绘空域，以免测绘测量期间出现其他意外事故。

（二）勘察测绘工作

1. 航线设计。无人机倾斜摄影测量基础数据收集完成后，工作人员应参照这些信息，合理实施无人机飞行航线设计工作，具体工作内容应涵盖航摄分区、航线设计、敷设航线、飞行高度，此外，工作人员也要根据测绘测量工作的基本要求，以保证最终影像分辨率及数据信息完整度为目标，同步考量整体作业周期，确定好航摄重叠度。

2. 像控点布设与测量。航摄作业开始前，工作人员应在航线设计的基础上，以主动布设为原则，依照特定间距，选择合适的像控点位置，妥善安排标志物，确保像控点的合理性与有效性。像控点测量作业执行过程中，工作人员亦可借助 GNSS RTK 技术措施，观测两个测回，且测回时间间隔应超过 60 秒，每测回观测值在得到 RTK 固定解且收敛稳定后，方可将具体信息记录下来。此外，测回间的平面坐标分量角差不可超过 2 厘米，且垂直坐标分量角差不可超过 3 厘米。两个测回作业得到的结果取平均值，而这一数值将作为像控点测量的最终参数。

3. 实景三维建模。实景三维建模作业需借助特定计算机软件工具，并同步使用 ContextCapture 软件完成多视影像联合平差，提高整体数据准确性。软件工具辅助下，工作人员可通过特征点提取、初始化外方位元素、连接点匹配等方式，利用光束法区域网整体平差，有序实施空中三角测量工作。为进一步提高整体数据精度，工作人员应依照实景三维建模工作基本要求，计算出小区域内每个相机的方位元素，随后将这一数据信息导入到具体工程设计当中，完成相对定向。像控点测量作业重要性不言而喻，而在工作执行阶段，测绘人员应确保每一个像控点可出现在不同视角下，且每一个视角至少存在三个影像信息，像控点在影像信息中应足够清晰，并尽量让像控点靠近相片的中心位置。像控点测量环节，相关影像信息在经过多重技术优化后，可将控制点误差限制在 1

个像元以内,如此将可在不增加作业量的前提下,大幅提升空中三角测量准确性。空中三角测量数据得出后,测量人员也要借助倾斜摄影的密集匹配机制,获取大量高密度点云数据,而这些点云数据则是构建三维模型的重要前提,可大幅简化网络模型构建难度,并可进行自动纹理映射,改善纹理清晰度,三维模型真实反馈地物地形特征。三维模型构建过程需进行大量数据处理与分析,为提高处理效率,测量团队应注意硬件资源的升级与使用,可借助多台服务器实施集群处理,有序推进三维模型构建。

4. 数据采集。测绘测量团队在得到三维模型后,可根据三维模型内涵盖的各项数据资源,自动化分块输出高精度正射影像,如此可极大程度上保证影像信息的存储效果,同步将分辨率设置为最大分辨率。为进一步挖掘影像信息价值,工作人员应借助遥感影像处理软件,对自动化分块输出的高精度正射影像进行再处理,可镶嵌对比判断,并根据最终测绘测量工作要求与标准,生成大比例尺 DOM。与此同时,工作人员应利用 EPS 3DSurvey 三维测图系统,科学调用三维模型中蕴含的 OSGB 瓦片数据,联动三维模型与正射影像,合理进行数字化测图,准确得到房屋、河流、道路、山谷等地形地貌数据信息,而这些信息将在 DLG 制作环节发挥关键作用。

矿山生态修复工程实施期间,为进一步提高资源利用率,丰富生态修复资金来源,相关部门应将土石方开挖与使用作为重点环节。调查研究表明,废弃露天矿土石方开挖工作量十分庞大,为实现各项问题与工作的提前规划,测量测绘人员也要进行土石方的准确计算。土石方计算工作应使用 DEM 数据,而 DEM 数据则要借助三维测图系统,针对三维模型中蕴含的特征点、线等数据进行处理,构建三角网,最终可实现 DEM 数据生产工作。

5. 精度检验。测绘测量团队在完成三维模型构建与影像信息处理后,也要对三维模型及相关数据产品的精准度进行审查与判断,可邀请其他专业人才参与其中,确认各项成品的精度是否满足矿山生态修复工程方案设计的基本要求。

(三) 最终方案设计

首先,测绘测量团队应以三维模型为基础,同步融合 DLG、DOM、DEM 等数据产品,进一步分析露天矿所在区域可能存在的地质灾害信息,寻找修复工程实施切入点,控制修复工程的具体措施,有序推进生态修复方案设计。依托无人机倾斜摄影测量技术,相关部门也要对不同分项工程进行妥善安排,根据测绘测量团队得到的各项数据产品,为不同分项工程设置合理的作业内容,进而将露天矿生态修复与区域生态整体规划工作融为一体,避免矿山修复工程自

身存在疏漏,提高工程的社会经济效益与生态效益,并控制工程成本投入。

其次,生态治理分项工程设置过程中,相关部门应对分项工程的特点,合理规划工程周期,依托三维模型及各类数字产品得出的计算结果,判断相关分项工程的作业总量,以及所要投入的作业时间与资源量。土石方工程规划过程中,相关人员应参照测量数据结果,进一步明确土石方开挖量,规划土石方开挖作业细节,根据具体工程压力,及时租赁或购买各类工程设备;绿化工程规划环节,相关人员也要根据测量数据结果,明确区域地形地物特征,同步分析区域气候环境特点,选择合适的绿化植被,并对不同区域的绿化方式进行调整,充分发挥绿色植被的生态效益;灌溉工程规划环节,工作人员可结合三维模型与数据产品,调整灌溉模式,充分利用区域地形地貌,进一步挖掘现有资源,确保水资源利用的合理性与有效性,并避免出现部分区域无法顺利灌溉问题。分项工程规划工作也要关注整体经费投入情况,应尽量利用区域现有资源,充分挖掘无人机倾斜摄影测量数据价值,优化资金使用。

结束语:

综上所述,无人机倾斜摄影测量技术可极大提升测绘工作效率,并降低测绘作业压力,测绘人员不需要跋山涉水,其人身安全得到充分保障,可在极大程度上减少人力资源投入。此外,依托无人机倾斜摄影测量技术措施,相关部门可得到矿山环境实景三维模型,露天矿具体信息以更为直观的方式展现出来,而规划团队可借助这些信息,对生态修复方案进行优化调整。无人机倾斜摄影测量技术亦可应用在生态修复工程施工阶段,落实动态监测机制,数据信息分析更准确,工作量化评估更合理,如此情况下,矿山生态修复的最终效果将得到大幅改善。

参考文献:

- [1] 闻彩焕,王文栋.基于无人机倾斜摄影测量技术的露天矿生态修复研究[J].煤炭科学技术,2020(010):048.
- [2] 闻彩焕,王文栋.基于无人机倾斜摄影测量技术的露天矿生态修复研究[J].煤炭科学技术,2020,48(10):6.
- [3] 唐勇均.无人机倾斜摄影测量技术在露天矿区监测中的应用研究[J].中国金属通报,2023(13):171-173.
- [4] 李勇.无人机倾斜摄影测量技术在露天矿区监测中的应用研究[J].地矿测绘,2021,4(1):55-56.