

# 无人机三维测绘技术在高陡山体地形测量中的应用研究

杜浩亮

中国水利水电第十一工程局有限公司

**摘要:** 随着社会经济发展速度不断加快,国际工程建设数量增多,面临的施工环境更为复杂,需在原测绘工作基础上使用先进技术手段,从根本上提升工程测绘水平,为工程后续建设提供重要数据支持。针对以上背景,本文结合具体案例工程,首先分析无人机三维测绘技术概念及优势,提出无人机测绘技术在高陡山体地形测量中的应用流程,明确无人机三维测绘技术应用要点。

**关键词:** 无人机三维测绘技术; 高陡山地地形测量; 应用

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2024.02.117

## 前言

测绘工作主要就是掌握并分析地表地理空间信息数据,为各类工程建设提供重要理论依据。现阶段无人机技术被广泛应用在高陡山地地形测量环节,通过借助飞行平台搭载遥感设备,辅助地面完成测量工作。无人机技术能够有效减少工作人员工作量,提高整体测绘工作效率,保障测量数据真实准确。

## 一、无人机三维测绘技术原理及优势

### (一) 无人机三维测绘原理

无人机三维测绘工作就是以无人机为载体,配合高分辨率数码相机等机载遥感设备获取信息,利用计算机配合相关软件处理采集到的图像数据,按照一定精度要求制作成测绘材料。无人机三维测绘内部包括遥感技术、新型测量技术,分辨率更高、应用更为灵活。

现阶段无人机技术发展速度不断加快,无人机能够搭载的遥感设备增多,包括高分辨率CCD数码相机、扫描仪器、轻型光学相机等。为满足测绘测量工作要求,无人机测绘技术,还可以直接获取遥感信息,被广泛应用于地质灾害监测、地质灾害监测、城市绿化监测以及应急保障环节。

### (二) 无人机三维测绘应用优势

配合使用无人机三维测绘技术手段能够从根本上提升原有测量工作的灵活性,适用于各类型的测量场景。无人机及摄像机的重量轻,增加便于运输携带,有效节省地形测量成本。由于无人机多数在低空环境下运行,在运行过程中不会受到环境干扰,起降时也不必设置专门的停机场,实际应用范围广。

无人机三维测绘结果能够被直接应用在构建实景三维模型中,效率比普通地形测量工作效率高出数倍。无人机三维测绘技术手段还能够突破时间及地点为摄影工作带来的限制,进一步提升了地形测量工作实施水平。

随着无人机技术更为成熟,进一步延长了无人机电

行期间的续航时间,使地形测量工作的连续性能得到根本上保障。

### (三) 无人机三维测绘技术应用内容

在高陡山体地形测量工作开展期间应当首先做好准备工作,深入现场进行地理环境勘察,确定无人机飞行高度,掌握天气、温度及风力等自然因素可能对无人机电航拍造成的影响。合理设定航拍时间、航拍高度,结合高陡山体地形测量需求确定地标物区域。在设定测量区域外矿工作后还需要设定摄像区域,选择适宜的DOM的分辨率及分辨率数值。

航线测定是保障无人机抗干扰技术应用效果的重要因素,航线测定工作需要注重分析被检测区域地形地貌、气候及风力等因素。在高陡山体地形测量工作后还需要进行现场勘测,结合收集到的无人机飞行特征设定测量方案。确定无人机高度值、高度值、重叠度值以及分辨率。

## 二、高陡山体地形测量内容

### (一) 工程概况

本文以巴基斯坦巴沙水电站RCC大坝工程为例,大坝最大坝高272米,土石方开挖量约2200万方,碾压混凝土方量约1710万方,是世界上最高且最大的混凝土碾压重力坝。工程沿印度河库周边的地形崎岖,存在高峰与陡坡。坝址周边的边坡岩石暴露、山谷两翼陡峭,高出谷底约600~800m,在长期受到重力扰动下极不稳定。

结合工程所在区域地形条件特征,使用人工测量方式花费的时间较多、成本更高,风险性强。使用无人机三维测绘技术手段能够进一步提高测绘工作效率,构建起的三维地形图也能够直观指导工程施工。

### (二) 高陡山体地形测量流程

第一,资料分析。通过对不同地形条件进行全面分析,选择适宜测绘技术手段,使测绘工作能够有效扩展。数据分析工作主要包括空间分析、材料消耗、建筑分析等,并且需要考量道路、河流及土壤等因素对工程建设造成的影响。

第二,系统测绘技术定位。定位测绘技术是常见的全天候实施测绘手段,在定位系统测绘工作开展过程中能够明确测绘点位置,并在观测载波相位位置处展开动态监测。

第三,数字测绘。数字测绘是高陡山体地形测绘工作的常用技术手段。数字测绘工作开展期间,主要就是将计算机技术及测绘技术融合在一起,使测绘结果中的数字及图形能够实现集成管理,进一步提升测绘结果的规范性,保障测绘结果精准度。通过将数字测绘技术应

用在高陡山体地形测绘环节，也可以将区域中的物理进行数字化处理，借助计算机图像技术展示计算机特定区域，使这些数据内容用于平面及三维测绘，从根本上提升测绘结果的精准性。

### （三）高陡山体地形测量技术原理及要点

首先在高陡山区地形测量工作开展过程中布置最少三个地标点，测量山体的坐高体高程值。使用无人机搭载GPS定位系统，建立地面GPS基站，开展同一时间的航测飞行。地面GPS基站及无人机搭载GPS接收器需在同一时间测量坐标信息匹配，同时拍摄实时影像，并对同一信息点的信息进行匹配。借助三个已知坐标点，对拍摄图像展开校正，完成信息后进行解算，测量范围内的三维信息，利用软件形成直观图。

高陡山体地形测量工作主要涉及地面基站后差分数据匹配、三维直观图绘制、可提取高程点信息等关键技术。配合使用GPS地面基准站以及GPS接收机同步采集信息，也能够使用后差分模式增强测量的精准度，无须设置过多的相控点。高程点的信息较为密集、相较于传统仪器而言的工程量计算更为精准，形成的三维图直观，方便指导施工。

## 三、无人机三维测绘技术在高陡山体地形测量中的应用

在高陡山地地形测量中，无人机三维测绘技术可分为内业矢量图测绘与外业测绘。

其中，内业矢量图测绘应选择功能完善的数字摄影系统，在数字摄影系统上采集立面数据，借助立面数据直接导入空三加密成果。外业测绘需要在图纸上进行，按照公路各项勘查标准，对检测结果展开整修与补测，保障测量工作的精准度。

外业测绘环节的各类通信设备处理工作必须标明电线、电缆等走线以及转折点。测绘过程中也需要注意标明测区内植被以及其他农作物的分布情况。为切实保障测量结果的精准度，还需要在测量区域内找到明显的地物标志点进行精准度校正。

### （一）设置地标点

首先在现场设置地标点，选取平整、开阔无障碍的区域。将地标点制作成折角形，宽度大于20厘米、边长需大于2米。用白色亮漆涂刷，便于在图上寻找。



图1 现场地标点标识

为从根本上保障控制测量结果的精准度，在测量范围内可以使用GPS系统布置多个GPS控制点作为地形测量的首要控制方式。GPS设备需要设置在已知点上，量取仪器并进行记录。无人机起飞前就开始进行静态采集，在飞机降落后结束静态采集，确保GPS静态采集数据的时间大于无人机飞行时间。

### （二）布置相片控制点

首先进行相片控制点标志设计，由于相片控制点设置较为密集，测量区域为山区地形、树木较为繁密的情况下，可以在测量前设置相应的布标。在布控的相控点为评高点情况下，相片控制点的测量需要使用网络RTK测量方式。使用全站仪检测控制点精度，将测量器件的误差值控制在最小范围之内。

在相控点测量过程中也可以使用单基站方式对高陡山体地形地质环境展开测量。使用单基站RTK，在整个测量区域设置评高点。在设置实时数据过程中需要与服务器中心进行通信。保障单基站RPK观测条件良好，在观测前对仪器进行初始设置，求出固定解。为从根本上提升检测结果的精准度，还需要站内观测实施三次以上，每次高陡山体地形地质观测开始与结束后都需要对控制点进行检核。

### （三）规划航线

无人机航线都为人工预设，在测量过程中需要切实满足测量要求，对无人机航线进行可以合理设置。无人机遥控器打开后能够进行精准自主定位，但也需要在空旷位置，特别是山区，使卫星数目保持自主定位，无人机将记录的起飞点设置为自动返航点。



图2 无人机航线规划

因无人机航线的宽度有限，需要结合目标测量要求设置5个飞行架次，确保各条航线我更加精准全面。

无人机能够对拍摄结果进行自动收集与处理，改正数码相片，消除框架坐标残差。在数据处理过程中可以使用边框自动计算方式。考虑大气折射等自然环境因素，使用设备自动矫正模式能够有效减少系统误差，切实保障计算结果的精准度。

### （四）现场飞行

在地形飞行期间需要选择适宜的飞行地点，飞行区

域不得相互遮挡，起飞点需要高于要飞区域，并设置合理的飞行高度。在无遮挡区域的情况下，飞行器距离传感器的距离主要小于1.5公里。飞行环节，飞行器本身也具有避障功能，不得随意飞行，开展现场勘查期间，需要选择适宜的起飞位置与起飞高度。

### （五）数据传输与结算

飞行照片存储在飞行器的内存卡中，能够直接传输。GPS也是要传出GNSS的数据，并将数据放入到同一文件夹中，使用软件进行后差分处理。通过将飞机拍摄的影像与GPS静态数据匹配在一起，能够进一步提高数据精度，减少地标控制点。

首先新建工程，导入数据包括GPS静态数据。飞行期间衍生出移动站文件、拍照点文件照片。导入基站与移动站文件还需要注重检查本地的椭球参数，采用本地勘察设计院提供的控制网椭球参数，结算并导出结果，完成差分结算过程。

### （六）影像校正与影像匹配处理

将后差分成果导入到3D模型创建文件中，输入基站站坐标以及地标控制点坐标，开展3D模型校正与匹配，获得3D影像结果。由于处理过程中需要花费较长时间，需要配合使用高效零台式电脑。

### （七）3D影像

#### 1. 现场指导施工

3D影像形成技术具有直观性特征，能够为施工提供高效指导。因3D影像的直观性显著，能够更好指导石方爆破及在开挖工作，对图像进行宏观策划，分析已完成部位计划开挖及分析工作。

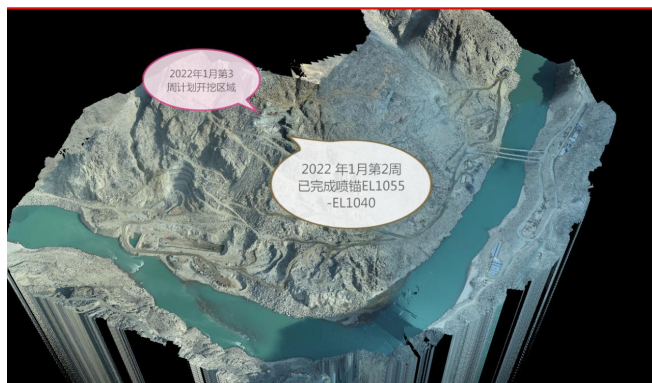


图3 3D影像指导施工

提取地物矢量，在施工区域临时道路出渣、高边坡支护等环节生成3D影像图，直观的提取地物高程点信息，观察地物形象，确保施工方案能够得到快速、清晰优化，从根本上提高工作效率。

在陡峭山体部位，地形数据的测量难度较大，危险性强，使用无人机三维测绘技术能够快速获取所在区域内高程点信息，开展精准工程量计算工作，节约人工成

本。

### 四、无人机三维测绘技术在高陡山体地形测量中的管控要点

高陡山体地形测量管理工作实施时，需要加强测量经费筹措力度，力争为测量工作提供充足的物力支持，保障测量管控效果。高陡山体地形测量工作开展期间，也应当制定出管理控制机制，使管理任务能够更好落实在日常工作中。

要求针对高陡山体地形测量结果展开全面自检、作业组互查或专职人员检查。各项检查工作反映出的问题应当及时记录并反馈给负责部门，确保测量管理目标能够更好实现。确保测量各环节均能够得到有效管控。高陡山体地形测量难度高，涉及范围广，各项分部分项测量划分复杂。为切实增强高陡山体地形测量管控水平，还需要采用管理责任，有效简化管理层次。

着重关注高陡山体地形测量及管理人员专业技能培训工作。结合现阶段存在于人员管理机制中的不足之处，进一步完善人员管理职责体系，从根本上提升各参与人员规范化意识，做好本职工作。

### 总结

总而言之，通过将无人机三维测绘技术应用在高陡山体地形测量环节，能够从本质上提升测量水平，保障测量工作全面精准开展。为充分发挥出无人机三维测绘技术的积极作用，还需遵循无人机操作规范，配合使用专项可行的后差分处理技术，解决无人机精度差问题。在案例工程中，高陡山区石方开挖难度大，采用人工勘察方式不仅会浪费时间，获得的勘察结果与现场实际情况也会存在一定误差。而使用无人机三维测绘方式获得3D影像图，能够提供更佳精准的高程信息，对设计方案进行不断修改及完善。

### 参考文献

[1]任文龙,王得洪,张雷.无人机激光雷达在陡峭山区作业及数据精度提升方法[J].四川建材,2023,49(04):34-35+47.

[2]马彦辉.工程测绘中无人机遥感测绘技术的应用分析[J].中国金属通报,2021(07):159-160.

[3]王琳,陈楚,吴正鹏等.无人机遥感在山区创面三维模型制作中的应用研究[J].地质调查与研究,2020,43(04):361-366.

[4]黄树坤,慕旭,荆灵玲等.无人机摄影测量技术的山体DEM生成方法[J].经纬天地,2020(05):54-59.

[5]李杰卫,吴宏正,贾正林等.基于无人机摄影测量的山体DEM生成与分析[C]//浙江省地质学会.资源利用与生态环境——第十六届华东六省一市地学科技论坛论文集.浙江国土资源杂志社,2020:5.