

基于无人机的水利测绘技术应用研究

赵国兴

长春市水利勘测设计研究院有限责任公司 吉林 长春 130000

摘要：依托自身灵活轻便的优势，无人机低空遥感如今已经成为水利测绘工作里十分实用的技术方式。文章梳理无人机用于水利测绘的整套技术逻辑与现场作业步骤，结合多类真实水利工程项目案例，梳理这项技术落地运用后呈现出的实际成效。针对现阶段推广使用过程中遇到的各类限制条件，同步梳理可行的改进优化思路。相关实践结果能够说明，无人机低空遥感可以补足传统人工实地测量存在的诸多不足，整体提升水利测绘的数据采集速度与成果精准度，适配水利行业不同工作场景，具备可观的实际运用价值。

关键词：无人机；水利测绘；地形测量；应急测绘；精度控制

引言：水利测绘支撑着水利工程全周期的规划施工和日常管护，测绘所得数据的准确程度与采集速度，会直接左右各项工程相关决策是否合理及时^[1]。以往开展水利测绘大多依靠地面测量仪器，遇到地势起伏复杂的区域时，现场作业会面临诸多阻碍，整体耗时久，工作人员外出作业也会伴随不少安全隐患。低空无人机相关技术经过持续发展已经逐步普及，搭配各类传感设备的无人机平台慢慢渗透到水利测绘各个工作环节，逐步搭建起一套完整的现场作业技术模式。现阶段依托无人机开展水利测绘已经实现大范围落地，在各类水利业务场景中积累了充足实践经验。但飞行设备、传感配件、数据处理算法以及野外作业环境等多重条件，都会造成测绘成果稳定性不足^[2]。结合一线工程的实际需求梳理无人机水利测绘的实施流程与应用特点，理清数据精度管控重点与现阶段存在的各类短板，能够为这项技术标准化落地提供切实支撑。

1 无人机水利测绘技术体系与作业流程

1.1 系统构成

用于水利测绘的无人机整套设备，主要包含飞行器、作业传感设备、地面操控终端以及配套数据处理程序四个组成部分。飞行器常见两类主流机型，多旋翼机型起降约束少，上手操作门槛更低，更适合面积不大的测区或是需要细致采集数据的作业场景，单次飞行时长普遍维持在三十到六十分钟。固定翼机型飞行速度更快，持续作业时间更长，单次飞行能够覆盖更广水域，更适配大型流域的整体测绘工作。实地开展项目时可结合测区环境挑选适配机型，峡谷这类地形条件复杂的河道，还能选用垂直起降固定翼机型，同时兼顾起降便捷

度与长续航的使用优势。测绘作业搭载的传感设备普遍以可见光相机作为基础配置，目前市面上主流测绘无人机配备全画幅感光相机，搭配差分定位组件，采集的数据能够达到厘米级别的精准度。遇到特殊作业需求时，设备还可加装激光雷达、多光谱拍摄设备或是热红外感应装置。激光雷达能够穿过表层植被采集地面真实地形信息，在林木茂密的山区作业会更有优势，多光谱与热红外设备则多用于水体水质排查、堤坝渗漏探查这类专项工作。地面操控终端承担航线预先规划、飞行状态实时监测以及现场数据传输的功能，配套的数据处理程序负责完成影像拼接、三维模型搭建与测绘资料导出等后续工作，市面上成熟的专业程序能够生成多种符合通用标准的测绘资料^[3]。

1.2 标准作业流程

利用无人机开展水利测绘，整体作业过程可以划分为前期筹备、野外实地采集数据、室内整理分析资料三个环节。前期筹备阶段，工作人员需要整理测区现存地形图纸、坐标点位记录以及空域相关资料，划定测绘覆盖范围，确定最终成果需要达到的精度标准，随后完成飞行路线设计与地面坐标点位布置。设计航线时会调整合适的飞行高度，搭配恰当的影像重叠参数，保障后续影像能够顺利匹配。地面坐标点位均匀分布在测区内外部，采集得到的坐标数值，会作为后期数据校正的参照依据。野外采集阶段，先要完成空域报备并前往现场勘察环境，确认现场条件能够安全开展飞行后，再启动航拍作业。飞行器运行期间持续观察设备各项运行状态，一旦出现各类突发状况，及时调整飞行路线或是操控设备返航。针对工程重点区域，还会增设补充拍摄航线，

收集更为完整的影像资料。室内处理阶段会按顺序完成整套数据加工工作,先对原始航拍影像做基础修整,整合各类配套数据完成坐标校正运算,再生成高密度点位云图,依托相关素材搭建地形高程模型与正射影像图。全部制作完成的测绘资料还需开展精度核验,各项指标达标后,方可对外提交使用^[4]。

2 无人机在水利测绘中的主要应用场景

2.1 河道地形与断面测量

河道地形数据是开展水利工程规划、研判河道行洪能力的重要支撑。以往依靠人工方式采集河道断面数据,工作人员需要进入水域开展作业,遇到环境特殊的河段不仅操作推进困难,作业过程也潜藏不少安全隐患。无人机倾斜拍摄手段能够快速采集河道范围内精细地形信息,产出清晰度较高的地形模型,还能自动提取河道断面相关信息。宁夏水文中心曾在多座水库下游泄洪河道开展实地勘测,借助这套技术完成地形信息采集,针对河道重点构筑物搭配近距离拍摄补充数据,成型的三维实景模型能够清晰还原河道各类地貌特征,为推演洪水流动过程提供稳定可靠的数据支撑。如果需要完整覆盖水面上下全域河道地形,可以搭配无人机与无人船同步开展作业。无人机负责记录河岸陆地地形与水岸边界,水下地形数据交由无人船采集,两类数据统一匹配坐标体系后,便能整合形成完整的河道地形图纸^[5]。

2.2 水库划界与库容测算

水库管护范围的划定工作,往往需要完成大范围地形采集与边界实地确认,沿用传统作业手段不仅耗时较久,整体投入也相对偏高。无人机航拍能够一次性采集库区完整高清影像与地形高程信息,结合水库不同水位标准便能推算出水域淹没范围,清晰圈定管护边界。枫树坝水库开展划界工作期间,作业团队依托无人机获取影像资料与地形模型,顺利完成库区边界划定,同步识别出区域内违规搭建设施,配套搭建数字化管理平台统筹各类资料,让水政巡查执法工作开展得更为顺畅。针对库容核算工作,依托无人机产出的精细地形模型,能够通过曲面拟合的方式算出不同水位对应的蓄水体量,绘制库容变化曲线。对比过去常用的断面测算方式,这套手段得出的结果准确度更好,更适合地形起伏多变的山区水库使用^[6]。

2.3 水土保持监测

各类生产建设项目都需要持续跟进水土保持相关现状,依靠人工实地巡查很难完整覆盖整片区域,也难以

对各类变化做出精准量化统计。按照固定周期开展无人机航拍,能够留存不同阶段的场地资料,将多期成果对照分析后,便可算出各类监测指标的具体数值。沙坡头灌区的实地应用能够印证,无人机航拍素材搭配配套处理工具,能够快速完成数据梳理,为各项监测工作提供可量化的参考依据。开展大范围水土流失动态跟踪工作时,无人机拍摄的高清影像能够清晰分辨地表冲刷形成的沟壑,搭配多光谱采集信息,还能辅助区分不同程度的土壤侵蚀区域^[7]。

2.4 防汛应急测绘

洪涝灾害出现之后,尽快掌握灾区地形与受灾实际状况,是统筹抢险处置安排的重要基础。无人机调动灵活,能够快速投入现场工作,即便灾区道路阻断、现场环境复杂,也可第一时间开展航拍采集资料,直观还原各处受灾实景。此前贵州贵定与麻江两地处置洪涝灾情时,两支无人机作业队伍仅用两天就完成划定区域高清影像制作,做到当日飞行采集当日报出图纸,为现场处置工作及时输送空间信息。容易暴发山洪的小型山区流域,也可借助无人机开展常态化巡查勘测,持续更新区域基础地形资料。进入汛期遇到险情时,设备能够快速采集受灾现场信息,协助工作人员制定群众转移、物资调度等各类处置方案。

3 水利测绘中无人机技术的精度控制

3.1 影响精度的主要因素

无人机水利测绘产出资料的精准程度,会受到飞行器、拍摄传感设备、飞行规划参数、地面坐标点位以及现场地形环境等多重条件共同作用。飞行器自身的定位能力与飞行平稳程度,是保障测绘精度的底层条件。设备加装差分定位组件后,能够实时获取厘米级位置信息,所需布设的地面坐标点位也会相应减少。如果缺少这套定位配套,就需要增设更多地面点位,以此稳住后期数据校正的整体水准。拍摄设备的像素规格与镜头形变特点,会直接改变影像清晰程度和几何匹配效果。全画幅相机呈现的画面效果优于普通民用拍摄设备,配合镜头形变校正程序,还能进一步优化最终数据质量。飞行规划参数同样会带来明显影响,飞行距离地面的高度决定影像细节表现,低空拍摄能捕捉更多细节,但单次飞行能够覆盖的范围会随之缩小。影像重叠比例设置偏低,容易出现画面拼接错位或是模型空缺,重叠比例过高又会堆积大量素材,拉长后期处理耗时。山区地表起伏幅度较大时,统一固定飞行高度会造成区域间画面清晰度参差不齐,采用贴合地势变化的飞行模式,能够维持拍摄距离地面的相对稳定。地面坐标点位的布设数

量、分布位置以及点位本身的测量准确度,都会左右整套测绘成果质量。点位均匀分布在测区内外,能够有效缓解整体模型形变,若测区边缘缺少点位支撑,边界区域的数据精度容易出现明显下滑。

3.2 精度控制技术措施

想要优化无人机水利测绘的数据精准度,可以分别在外业实地采集和室内数据处理两个环节落实管控手段。开展外业工作时,工作人员结合测区地势状况与预设精度标准挑选适配的飞行设备和拍摄组件,优先选用搭载差分定位功能的专业测绘无人机。地势起伏明显的山区河道可切换贴合地形的飞行模式,让拍摄高度和画面细节标准维持稳定。地面坐标点位的布设遵循通用作业标准,测区四角与中心区域均设置点位,狭长河道沿线每隔一段距离成对布置标靶。点位选用辨识度较高的人工标识,依靠卫星定位设备采集坐标数值,多次记录数据后取平均结果降低偶然偏差。进入室内处理环节,先完整走完影像前期修整流程,完成镜头形变修正与画面色彩统一。开展空三数据解算时选用光束平差方式,纳入全部地面点位参与运算,筛除偏差数值超出合理范围的点位素材。生成点云素材时调整匹配参数,植被茂密区域适度提升点位生成密度。地形模型成型后开展滤波处理,区分真实地表点位与其他附着物点位,去除数值异常点、建筑与林木带来的多余噪点。整套测绘资料完成后,还要借助单独核验点位完成质量校验,平面与高程误差数值需要匹配对应比例尺图纸的标准,存在不达标的区域则重新航拍补充素材或是做局部修正处理。

结语

综上所述,无人机测绘手段现已深度融入水利各类业务工作,在多项实际业务中显现出独有的作业优势与实用价值。对比传统地面实地测量方式,无人机更适配

地势复杂区域的数据采集,既能加快整体作业进度,减少人员外出作业的安全隐患,也可以产出细节更为丰富的空间信息。现阶段这项技术落地推广还会受到空域管控、飞行器续航能力等条件制约,相关短板可以依靠统筹协调管理制度、迭代更新硬件设备、优化数据运算程序逐步改善。伴随无人机配套硬件持续升级,行业配套作业标准不断细化完善,水利测绘所用无人机将向着智能操控、多功能传感搭载、全自动数据处理的方向持续演进。后续融合北斗定位、激光雷达等配套技术,无人机水利测绘的数据精度与作业效率还能持续提高,可覆盖的业务范围也会持续拓宽,为各类水利规划、管护、应急处置工作提供稳定可靠的空间数据保障。

参考文献

- [1] 常正科, 孟杰. 基于无人机的水利测绘技术应用研究[J]. 水上安全, 2024(19): 5-7.
- [2] 王勇胜. 基于无人机测绘技术的水利水电工程地形高效测量分析[J]. 中文科技期刊数据库(文摘版)工程技术, 2026(3): 175-178.
- [3] 相涛, 许章平, 马伟丽, 张亮, 陈衍德, 王传广. 无人机航空摄影三维建模在水利工程测绘中的应用[J]. 水利水电快报, 2026, 47(3): 70-75.
- [4] 张后甜. 多旋翼无人机航测在水利枢纽工程测绘中的应用[J]. 北京测绘, 2026, 40(4): 554-560.
- [5] 莫绍骏. 无人机与三维激光扫描在水利岸坡地形测绘中的应用研究[J]. 水上安全, 2026(6): 49-51.
- [6] 靳晓贤. 农田水利工程测绘中无人机低空航摄的具体应用分析[J]. 中文科技期刊数据库(全文版)自然科学, 2026(5): 040-043.
- [7] 王晓颖. 无人机倾斜摄影测量在水利工程地形测绘中的应用研究[J]. 水上安全, 2026(2): 46-48.