

无人机在拦沙工程设计中的应用

——以 2021 年神木市拦沙工程为例

杨磊^{1,2}, 刘郭阳^{1,2}, 尤雪静^{1,2}

- [1. 黄河水土保持绥德治理监督局(绥德水土保持科学试验站), 陕西 榆林 719000);
2. 黄土高原水土保持与生态修复国家林业和草原局重点实验室, 陕西 榆林 719000]

[关键词] 无人机; 拦沙工程; 设计; 技术流程; 神木市

[摘要] 在黄河中游粗泥沙集中来源区进行高标准拦沙工程建设, 能有效拦截小流域内的泥沙, 调蓄和利用洪水。2021 年神木市计划建设 100 余座拦沙工程, 目前已经完成建设任务。在神木市拦沙工程设计中, 利用无人机航拍, 提供了直观、清晰的三维实景影像及模型, 为拦沙工程的科学布局、精准落地提供了基础数据支撑, 使初步设计深度达到了施工要求, 确保了整个工程的建设地点、目标任务和建设时序的合理性。无人机在神木市拦沙工程设计中的实践应用, 形成了一套成熟、完整的技术路线, 可为黄河中游粗泥沙集中来源区的拦沙工程设计提供借鉴。

[中图分类号] P2; TV6 [文献标识码] B [文章编号] 1000-0941(2023)11-0010-03

DOI: 10.14123/j.cnki.swcc.2023.0235

2019 年 9 月 18 日, 习近平总书记在河南郑州主持召开了黄河流域生态保护和高质量发展座谈会, 将黄河流域生态保护和高质量发展上升为重大国家战略, 并要求黄河中游突出抓好水土保持, 有条件的地方要大力建设淤地坝。2021 年, 中共中央、国务院印发了

《黄河流域生态保护和高质量发展规划纲要》, 要求在晋陕蒙丘陵沟壑区积极推动建设粗泥沙拦沙减沙设施。为此, 水利部将黄河粗泥沙集中来源区拦沙工程一期项目列入 150 项重大水利工程。拦沙工程一期项目分布在 1.88 万 km² 的黄河粗泥沙集中来源区, 项目

4 结束语

赣州市宁都县聚焦耕地保护、粮食安全和百姓致富, 充分利用荒山荒坡等非耕地资源, 集成水土保持、节水灌溉、土壤改良和作物栽培等技术, 将荒坡未利用地的水土流失治理与高标准设施农业建设统筹规划、同步实施。将荒坡变为“高产田”, 腾出大量耕地还原于粮食生产。在破解粮菜争地矛盾的同时, 保障了农民群众收入稳步增长, 解决了人民群众最关心最直接最现实的问题, 扎实推进全国水土保持高质量发展先行区建设。

[参考文献]

- [1] 朱程清. 开启全面加强新时代水土保持工作新征程[J]. 中国水利, 2023(10): 1-3.
[2] 陈发虎, 傅伯杰, 夏军, 等. 近 70 年来中国自然地理与生存环境基础研究的重要进展与展望[J]. 中国科学: 地球科学, 2019, 49(11): 1659-1696.
[3] 姜德文. 论新时代水土保持学科发展[J]. 中国水土保持, 2021(1): 9-14.
[4] WANG Jingsheng, CAO Kaili, LIU Wenjing, et al. Advancement of the Qianyanzhou mode in the new period[J]. Journal of Resources and Ecology, 2022, 13(3): 528-536.

- [5] 新华社. 中共中央办公厅 国务院办公厅印发《关于加强新时代水土保持工作的意见》(2023-01-04) [2023-02-05]. https://politics.gmw.cn/2023-01/04/content_36277043.htm.
[6] 何婷, 成长春. 习近平关于推动长江经济带发展重要论述的基本逻辑[J]. 南京社会科学, 2022(6): 21-29.
[7] 习近平在江西考察并主持召开推动中部地区崛起工作座谈会时强调 贯彻新发展理念推动高质量发展 奋力开创中部地区崛起新局面[J]. 时事报告, 2019(6): 7-10.
[8] 习近平. 知之深 爱之切[M]. 石家庄: 河北人民出版社, 2015: 138.
[9] 郇庆治. 论习近平生态文明思想的形成与发展[J]. 鄱阳湖学刊, 2022(4): 5-28, 124.
[10] 姜德文. 水土保持的核心要义是山水林田湖草沙系统治理[J]. 中国水利, 2020(22): 13-15.
[11] 谭永忠, 韩春丽, 吴次芳, 等. 国外剥离表土种植利用模式及对中国的启示[J]. 农业工程学报, 2013, 29(23): 194-201.

收稿日期: 2023-06-15

第一作者: 黄菊兰(1971—), 女, 江西瑞金人, 赣州市水土保持中心党组书记、主任, 主要从事水土保持管理。

E-mail: gzsby2009@163.com

(责任编辑 李杨杨)

涉及黄河中游右岸的皇甫川、窟野河、秃尾河等 9 条黄河一级支流,行政区域涉及延安市、榆林市、鄂尔多斯市的 13 个县(旗、区)。

1 概况

神木市隶属榆林市,位于黄河一级支流窟野河流域,是国家水土保持重点治理区和重点监督区,也是黄河中游粗泥沙集中来源区之一。区内梁峁林立,沟壑纵横,地表支离破碎,基岩出露,林草植被覆盖率低,土壤抗侵蚀能力弱,生态环境脆弱,水土流失严重,大量泥沙入河,导致下游河道淤积,严重影响行洪安全,因此开展拦沙工程建设有着非常重要的意义。为拦蓄沟道泥沙、控制沟道侵蚀、集蓄利用洪水、减少入黄泥沙、保障黄河安澜,2021 年神木市计划建设 100 余座拦沙工程,目前已完成建设任务。

无人机因具有机动灵活、高效快速、精细准确、作业成本低、适用范围广等优点,迅速地在各个领域得到了应用。在对神木市拦沙工程设计时,利用无人机航拍,提供了直观、清晰的三维实景影像及模型,为拦沙工程的选址、“三大件”(坝体、溢洪道、放水建筑物)及配套设施的布设提供了关键的数据支撑,使初步设计深度达到了施工要求,确保了整个工程的建设地点、目标任务和建设时序的合理性。无人机在神木市拦沙工程设计中的实践应用,形成了一套成熟、完整的技术路线,可为黄河中游粗泥沙集中来源区的拦沙工程设计提供借鉴。

2 技术路线

在黄河粗泥沙集中来源区选取产沙量大的沟道,分析其地形、水文、地质、气象条件,历史洪水记录和社会经济状况等,经过综合论证评比后,最终审定是否修建拦沙工程。先利用无人机航拍,获取需修建拦沙工程的沟道控制范围的影像,经初步分析后确定可选址区域;再根据采集的影像数据,提取选址区域水文、地形等数据,进一步选定“口小肚大”的区域,结合地形、交通等实测数据,确定最优选址范围;最后提取沟道控制范围的影像,经数据处理后,生成 1:2 000 实测地形图,为后续工程设计提供基准数据。根据无人机在拦沙工程设计中的实际应用,其技术路线可分为设置航线、航拍、生成影像、修正地形图、数据应用 5 个主要技术环节。

2.1 设置航线

2.1.1 像控点布设

像控点是航空倾斜摄影空三加密精度和测量解析的基础,其位置的选择、平面位置的设定和高程的测定

精度直接影响内业成图的精度。像控点布设要考虑测区地形条件和测量精度要求,若地形起伏较大、地貌复杂,则需增加像控点的布设数量。采用实时动态(RTK)测量技术采集像控点坐标,作为航拍成果整体精度的验证点位。

2.1.2 校正航拍区域地图

由于拦沙工程所在区域地形条件较复杂,流域内信号弱,从无人机自带的 GPS 定位系统中加载在线地图速度缓慢且精度不高,所以为合理规划所需航拍区域的航线,提高飞行区域航线的精准度,需提前下载目标区域的离线地图,并规划小面积区域进行预飞行,对无人机所需航拍区域的离线地图进行校正。

2.1.3 设置航线

设置航线主要包括设置相机参数和规划航线。①设置相机参数。根据拦沙工程设计要求,需要对无人机航拍模式、飞行高度、起飞速度、航线速度和完成自动返航等关键参数进行合理设置。②规划航线。根据设计的航拍范围,利用 DJI Pilot 建立数据模型,在校正后的地图上规划航线。依据航拍精度要求,设计航线密集度,确保实测影像数据满足需要。为了提高航测的精度,起飞前要对航线的覆盖度进行反复校正,直至将航线覆盖到满足设计要求的流域面积^[1]。

2.2 航拍

航拍前需对无人机进行指南针校准,设置航拍基本参数,检查无人机电池电量、无人机卫星信号接收强度、摄像头云台清晰度、周围环境及天气状况等。拦沙工程的坝址多处于黄土丘陵沟壑区,地理环境相对复杂,一般以垂直双向交叉航飞为最佳。航拍时若控制流域面积相对较小,一个架次就能覆盖到全部流域面积;若控制流域面积较大,则要多个架次飞行采集,须保证飞行前后参数一致,直至航线全部飞行完毕。航拍过程中要依据获取的飞行器速度和位置信息,实时掌控无人机飞行状态,要控制在流域平整区域内飞行,同时要合理控制飞行高度,以免发生触山、触林等碰撞事故。

2.3 生成影像

飞行结束后,及时检查获取的影像、POS 数据是否达到要求,即检查影像清晰度、曝光度是否达到要求,飞行轨迹是否按照设定航线、是否覆盖所需区域等。在确保影像、POS 数据合格后,将数据信息导入 Pix4D 软件,然后根据拦沙工程设计图的要求,选择合理的重叠度,进行数据预处理,经过像控点精度配准、密集点生成、三角网构建、纹理着色等环节后,生成流域数字正射影像与三维实景影像,并评估生成的影像精度和误差。

2.4 修正地形图

根据三维实景影像中呈现的沟道左右岸现状、流域周边状况,判断是否适合修建拦沙工程。对适合修建拦沙工程的区域影像加密生成 1 : 2 000 地形图,再将生成的地形图导入 CAD 或者南方 CASS 软件,剔除影响等高线数据的干扰因素,主要包括大石块、树林、漩涡、地面附属建筑物等,生成精度高、清晰完整的地形图,为整个设计提供最关键的基础数据支撑。同时,将 RTK 测量的沟道断面点剖面与航测生成的同坐标位置地形图断面点剖面进行对比分析,误差需满足最大限差。若误差超过最大限差,则需再次对地形图源文件进行修正,比对同区域影像资料,进一步剔除干扰因素,修正补充等高线,直至误差满足最大限差。

2.5 数据应用

以 2021 年神木市窟野河流域常峁山沟拦沙工程为例,该工程处于黄土丘陵沟壑区,平均土壤侵蚀模数为 2.93 万 t/(km²·a)。区内地形复杂,不便于对整个区域进行实地勘察,因此应用了无人机进行航拍,获取沟道控制范围的影像,生成流域数字正射影像与三维实景影像。结合 1 : 10 000 地形图及流域实测影像,综合论证,选定适合修建拦沙工程的区域,勾勒出大致的坝控流域面积为 0.75 km²,将坝控流域范围的三维实景影像加密生成 1 : 2 000 实测地形图^[2](见图 1)。依托获取的数字正射影像,提取坐标、等高线等数据;利用生成的实测地形图等高线,提取拦沙工程设计中需要的沟道长度、平均比降、断面剖面等参数(见图 2);通过提取的相关数据计算沟道洪峰流量、洪水总量、库容,推算输沙量及“三大件”的尺寸,并根据计算结果绘制水位—库容—面积关系曲线(见图 3)、拦沙工程“三大件”及配套设施的布设位置(见图 4)。

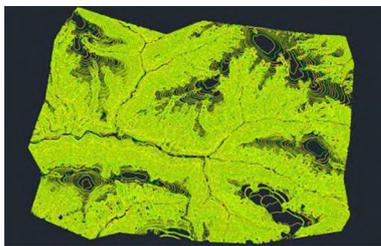


图 1 无人机实测地形图(1 : 2 000)

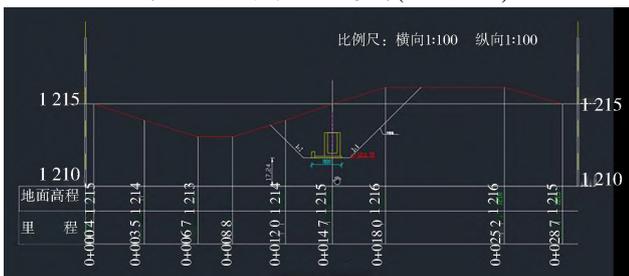


图 2 实测地形图上提取的沟道断面数据

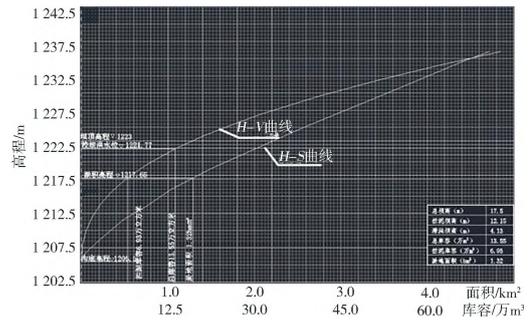


图 3 拦沙坝水位—库容—面积曲线

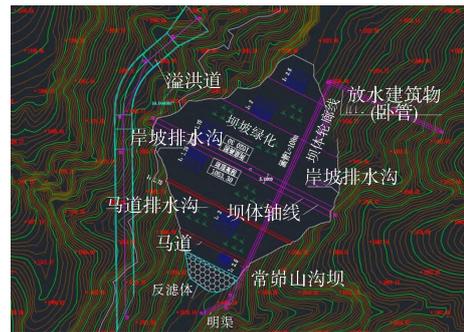


图 4 “三大件”和配套设施布设位置示意

3 结束语

无人机技术在拦沙工程设计中的应用,给设计者和专家提供了直观、清晰的三维实景影像,可身临其境地观察沟道情况,为拦沙工程的精准选址、科学布局提供了基础数据支撑,既解决了前期选址过程中因沟深山陡、设计人员视野受限而无法全方位实地勘测的难题,又提高了设计前期作业的工作效率,降低了前期作业的成本。数据的精确性是拦沙工程设计的重要影响因素,在地形图解析过程中应避免人为因素对 POS 数据重叠度的影响,在制图过程中应避免对等高线等基础数据的误移、误删、漏测等错误操作。

[参考文献]

- [1] 艾敏,何建宁,陈重豪,等. 无人机倾斜摄影测量在黄土丘陵沟壑区治沟造地中的应用[J]. 地理信息世界, 2022, 29(2): 57-61, 66.
- [2] 周子渊,高璐媛,党维勤,等. 无人机倾斜摄影 1 : 500 不动产测量技术在侵蚀沟监测中的应用[J]. 中国水土保持, 2021(2): 60-62.

收稿日期: 2023-05-18

第一作者: 杨磊(1993—),男,山西兴县人,工程师,学士,主要从事拦沙工程设计、小流域综合治理规划等工作。

E-mail: 673918044@qq.com

(责任编辑 张绪兰)