

# Application of Topographic Map Mapping in Small Irrigation Area Based on UAV Tilt Photogrammetry Technology

Jixin Wei Xusheng Huang\* Xingda Lu Zhenping Huang

Guangxi Hydraulic Research Institute, Guangxi Key Laboratory of Water Engineering Materials and Structures, Nanning, Guangxi, 530023, China

## Abstract

Small irrigation areas are mostly mountain reservoir spontaneous water diversion irrigation areas, and farmland irrigation channels are mostly winding mountain channels, with many curves and urgent curves, complex terrain structure, and long cycle and high cost in manual measurement. This paper adopts the UAV tilt photogrammetry technology, takes the Yingjiang Irrigation area located in Luowei Town, Wuming District, Nanning city as an example, conducts the field investigation of the irrigated area, confirms the scope of the irrigated area, sets out the image control points, collects the UAV aerial photo pictures, combines the real scene and orthophoto model, and draws the topographic map. The results show that the topographic map of small irrigated areas drawn by UAV tilt photogrammetry technology meets the requirements of topographic map drawing and provides a reference for the later operation and maintenance of small irrigated areas.

## Keywords

topographic map; UAV; photogrammetry

## 基于无人机倾斜摄影测量技术的小型灌区地形图测绘应用

韦继鑫 黄旭升\* 卢兴达 黄振平

广西壮族自治区水利科学研究院 广西水工程材料与结构重点实验室, 中国·广西 南宁 530023

## 摘要

针对小型灌区多为山体水库自流引水灌区, 农田灌溉渠道多为盘山渠道, 弯道多且急, 地形结构复杂, 人工测量存在周期长、成本高等问题。论文采用无人机倾斜摄影测量技术, 以位于南宁市武鸣区罗圩镇的英江灌区为例, 对灌区进行现场调查、确认灌区范围、布设像控点、无人机航拍采集图片、内业处理合成实景三维模型和正射影像、绘制地形图。结果表明, 应用无人机倾斜摄影测量技术绘制的小型灌区地形图符合地形图绘制的要求, 为小型灌区后期运维提供参考依据。

## 关键词

地形图; 无人机; 摄影测量

## 1 引言

目前, 小型灌区由于数量多、灌排设施不完善、资金有限等问题, 难以满足农业灌溉用水需求。随着现代经济科学技术的不断发展与提高, 在农村农业经济工作当中, 小型农田水利工程起着非常重要的作用, 它是保证农业灌溉以及农村人畜饮水的基础设施。从整体上加强小型农田水利工程施工管理, 对于我国建设新农村以及社会经济发展有着良好

的推动作用。

为进一步推进新时期国家对灌溉工程提出“节能化”思想, 构建节能型灌溉系统是行业改造的必然趋势。灌区改造工程中, 灌区地形图<sup>[1]</sup>的绘制是必要的。传统的人工测量大多是应用 RTK、全站仪等测量仪器深入灌区采集测量数据, 灌区的复杂地形使得测量效率降低, 人员安全性也得不到保障。随着科学技术的不断发展。现如今, 无人机倾斜摄影测量技术<sup>[2,3]</sup>被广泛地应用于城市建设、交通轨道建设、农村宅基地确权登记、小型水库改扩建等工程测量中。对比传统的人工测量, 无人机测量具有效率高、成本低、灵活性强、测量范围覆盖广等优势。采集图片的同时能够获得整个测区的低空遥感影像图, 为后期绘图施工提供实景依据。

【基金项目】广西重点研发计划项目(项目编号: 桂科 AB23026021)。

【作者简介】韦继鑫(1990-), 男, 中国广西大化人, 本科, 助理工程师, 从事水利灌溉试验与信息化监测研究。

【通讯作者】黄旭升(1976-), 男, 中国广西上林人, 本科, 高级工程师, 从事农村水利和人饮安全研究。

## 2 无人机倾斜摄影测量技术的应用

### 2.1 测区概况

英江灌区位于南宁市武鸣区罗圩镇英江村边, 地理位

置位于东经 107°58'22.51", 北纬 23°19'1.32"。设计灌溉面积 4200 亩, 地势北高南低, 主要以山地、丘陵、平原为主, 土壤主要为黄壤土。灌区设计以自流取水方式灌溉, 建有拦水坝、渠道闸、渠道、泄洪闸等建筑物, 属于以灌溉为主, 兼具防洪、养殖等综合效益的小型灌区。主要灌溉渠道有东干渠、西干渠两条干渠, 总长约 6km, 支渠、斗渠若干条, 总长 13km。灌区覆盖两个行政村, 八个自然村影响周边约 2000 人, 以种植香蕉、沃柑、水稻为主要经济来源。

## 2.2 测量工具准备

### 2.2.1 无人机

本次测量使用的是大疆经纬 M300 RTK 无人机。机身重 6.3kg (含电池), 最大载重 2.7kg, 最大上升速度 5m/s, 最大下降速度 5m/s, 最大飞行速度 23m/s, 最大起飞海拔 7000m, 图传距离可达 15km, 最大续航 55 分钟, 支持六向定位避障, 防水等级 IP45, 拥有众多智能功能, 并同时支持三云台。

### 2.2.2 相机

选择赛尔 PSDK 102S 五镜头相机, 该型机通过 SkyPort 接口实现与飞机安装连接, 相机在供电、RTK 信号连接、数据传输、图像传输等方面与经纬 M300 RTK 无缝集成。相机体积 140×140×80mm, 重量 650g, 每个镜头都有独立的 pos 数据, pos 数据精确至 1cm, 最大拍照间隔为 1 张/s, 倾斜摄影照片地面分辨率可达 1.5cm, 飞行速度 12m/s, 单架次覆盖作业面积 0.68km<sup>2</sup>。各镜头具体参数见表 1。

表 1 赛尔 PSDK 102S 镜头参数

镜头类型	传感器尺寸 (mm)	焦距 (mm)	32mm 等焦 焦距 (mm)
后镜头	25.4	35.6011	50.4582
前镜头	25.4	35.709	50.6112
下镜头	25.4	25.5291	36.183
右镜头	25.4	35.6435	50.5183
左镜头	25.4	35.5982	50.4541

### 2.2.3 RTK 测量系统

选择南方银河 1-RTK 测量系统, 设备高 11.2cm, 直径 12.9cm, 重量仅 970g, 配备 4.0 标准双模长距离蓝牙, 能够连接主流、平板等消费级数码产品, 同时向下兼容 2.1 标准, 连接工业级手簿, 稳定的数据传输技术, 蓝牙距离远。内置倾斜补偿器能够根据对中杆倾斜的方向和角度自动进行坐标校正, 得到正确的地面坐标。支持所有现行的和规划中的 GNSS 卫星信号, 特别支持北斗三频 B1、B2、B3, 支持单北斗系统。

## 2.3 无人机航测任务

### 2.3.1 像控点布置

首先确认测量区域, 按飞行高度越低, 布设控制点密度越大的工作原理。以本次任务为例绘制 1 : 500 地形图按每 300m 左右布设 1 个像控点, 用红白两种颜色油漆按“相对镜像的两个三角形”喷涂、测量相交处。采用“Z”字形布控点, 垂直于带状两边各两个控制点<sup>[4]</sup>, 带状区域中间一个控制点。像控点四周空旷, 无遮挡或者较少遮挡, 在以像控角度为斜 45° 的地方 (与地面夹角), 尽量保持飞行器能拍到像控点。整个灌区总共布设 36 个像控点, 并使用 RTK 测量系统进行测量, 其中 26 个点用来空三计算, 10 个点做后期精度校核。

### 2.3.2 无人机航拍

打开遥控器, 连接网络热点, 根据卫星地图规划航线任务, 规划的航线任务区要大于整个灌区, 便于后期观测整个灌区周边环境。由于整个灌区范围比较大, 单个架次飞行跨度太大, 容易造成无人机因图传信号失效, 从而导致无人机无法进行任务或失联炸机, 因此本次飞行任务分成 6 个架次执行。起飞前观察周边自然地地貌环境, 确认飞行高度, 要求飞行高度高于测量区域内所有的实物。根据无人机电池续航时间, 规划单架次任务区域。选择相对高处作为单次架次的起落点, 这一步是为确保无人机影像采集时因为灌区地形的上下起伏太大, 从而导致图像的重叠率不足, 最终空三失败。

航线规划完成后, 开启无人机, 让无人机进入自检。检查磁场是否异常, 磁场异常则进行磁场校正, 同时确认图传信号、卫星信号、遥控信号、网络信号处于满格。连接网络 RTK, RTK 坐标系选择与像控点测量坐标系相同的投影坐标系。设置好飞行参数后启动任务, 让无人机自动采集数据。本次任务从像控点的布设及测量, 到无人机低空遥感影像图采集完成, 总共耗时 6 小时 10 分钟, 最终采集 14675 张影像图。具体飞行参数设置见表 2。

## 2.4 航测内业处理

整理无人机倾斜摄影采集的图片, 以及相应的 poss 数据, 导入 Smart3D ContextCapture 软件, 进行首次空中三角测量计算。完成这一步后, 导入地面控制点数据, 刺点相应的照片, 要求每个控制点刺点照片不少于 3 张且以环绕式包围控制点, 刺点完成后再次提交空三计算, 这一步是为进行平差计算, 校正精度。待空三计算完成, 提交新的生产项目, 合成 (OSGB) 格式的三维实景模型, 以及 (TIFF) 格式的正射影像图, 两个产品都选择输出为 CSCS2000 投影坐标。

合成的三维模型及正射影像导入南方 CASS 软件。按照 (GB/T 20257.1—2007 国家基本比例尺地图图式) 要求绘制 1 : 500 地形图。内业成果见图 1。

表 2 无人机航测任务参数

名称	航线高度 (m)	返航高度 (m)	航线速度 (m/s)	起飞速度 (m/s)	航向重叠率 (%)	旁向重叠率 (%)	快门曝光 (s)
参数设定	120	120	10.5	8.5	85	80	1



图 1 无人机航测成果图

### 2.5 成果精度比对

通过 RTK 测量系统实地测量地面点坐标及高程数据和合成的实景三维模型上提取相对应点的数据进行比对<sup>[5]</sup>, 对比结果见表 3。从表 3 可得平面最大误差为 0.05m, 高程最大误差为 0.03m, 符合 1 : 500 地形图绘制的要求。

表 3 精度数值比对

校核点	实测坐标数据			图上坐标数据			差值		
	x	y	z	x	y	z	$\Delta x$	$\Delta y$	$\Delta z$
1	2580112.02	495048.42	111.85	2580112.02	495048.45	111.84	-0.01	-0.04	0.02
2	2580517.76	496341.19	100.31	2580517.74	496341.22	100.32	0.03	-0.03	-0.01
3	2580879.82	496336.07	100.81	2580879.81	496336.06	100.78	0.01	0.01	0.03
4	2580977.18	496321.72	101.30	2580977.21	496321.69	101.31	-0.03	0.03	-0.01
5	2580984.63	496286.67	104.54	2580984.67	496286.62	104.53	-0.04	0.05	0.01
6	2581002.76	496267.16	111.30	2581002.75	496267.17	111.30	0.01	-0.01	0.00
7	2581102.60	497704.70	107.87	2581102.63	497704.73	107.85	-0.02	-0.03	0.02
8	2581512.94	495841.31	127.30	2581512.93	495841.28	127.31	0.00	0.03	-0.01
9	2581519.96	495537.21	117.47	2581520.00	495537.24	117.49	-0.04	-0.03	-0.02
10	2581552.27	495555.19	107.97	2581552.24	495555.20	107.96	0.03	0.00	0.01

### 3 结语

论文研究无人机倾斜摄影测量技术, 通过对选定灌区内各点不同方位与角度(前视、后视、左视、右视、下视)五个方位影像的采集, 生成正射影像与实景三维模型, 并绘制成 1 : 500 的小型灌区地形图, 得到符合要求的成果图。相比传统的人工测量受视野以及测区的复杂性影响, 且采集的碎部点远远不如摄影测量的多。论文采用的无人机倾斜摄影测量技术更机动、灵活和安全, 且成本相对较低、周期短、效率高。可为同类工程提供相应的参考。

### 参考文献

- [1] 王超. 关坝水库地形图测绘技术的应用[J]. 河南水利与南水北调, 2023, 52(7): 92-93.
- [2] 陈立娜, 李真, 宋辉. 基于人工智能的无人机测绘遥感图像信息提取方法[J]. 电子设计工程, 2023, 31(24): 181-185.
- [3] 张宙, 吴波, 林璐, 等. 基于无人机倾斜摄影测量技术的水库地形图测绘方法[J]. 陕西水利, 2022(1): 215-218.
- [4] 肖关华, 张伟, 卓武, 等. 无人机航测技术在复杂地表区地震勘探中的应用[J]. 物探装备, 2022, 32(2): 106-111.
- [5] 马银, 郑国强, 姚国标, 等. 基于倾斜摄影的大比例尺地籍测量及精度验证[J]. 测绘工程, 2019, 28(1): 67-72.