

飞马无人机在河湖管理范围划定中的应用

四川省农业科学院遥感应用研究所 邓超

摘要：在河湖管理范围划定的工作中，面对大面积带状地形图的测绘工作，时间紧任务重，且平原、丘陵、山地多种地貌地形复杂，如何统一标准快速高效完成测绘任务是我们面对的难题。本文以彭州小石河、高坪螺溪河、黑水小黑水河为例，介绍飞马多种无人机组合搭配在项目实施中的应用，对遇到的问题进行探讨。

关键词：飞马无人机、河湖划界、地形图测绘、复杂地形

1 项目背景

根据中共中央办公厅、国务院办公厅印发的《关于全面推行河长制的意见》（厅字〔2016〕42号）文件精神，按照四川省总河长办公室印发的《四川省河湖管理范围划定工作方案》（川总河长办发〔2018〕3号）、《四川省水利厅关于进一步加快推进全省河湖管理范围划定工作的通知》（川水函〔2019〕853号）、《四川省水利厅关于印发〈四川省河湖管理范围划定操作指南〉的通知》（川水函〔2019〕578号）等文件要求，在2019年底前基本完成流域面积1000km²以上的河流、水面面积1km²以上的湖泊划界工作，在2020年年底前要基本划定我省流域面积50km²及以上河流和常年水面面积在1km²以上湖泊的河湖管理范围。

2 主要任务

我单位所承担航测区涉及成都平原地形，南充、遂宁丘陵地形，阿坝州高山峡谷地形，本文主要选择小石河、螺溪河、小黑水河三条具有典型特征的河流测绘过程进行总结与介绍。

项目主要任务如下：

（1）外业采用无人机低空航摄系统进行低空航摄获取测区范围的数码影像数据，并基于数码影像进行野外像片控制测量，内业依据数码影像和像片控制测量成果，进行全数字空中三角测量，制作数字正射影像成果。

（2）采用全数字摄影测量系统直接采集1:2000带状地形图所需的地形要素等，外业根据内业采集的地形要素数据成果和数字正射影像成果，在实地进行地形要素的补调、补测等。

（3）由内业依据相关技术要求，通过数据编辑形成1:2000数字线划专用图。

（4）结合收集到的提供的洪水计算基础资料和断面测量数据进行河湖管理范围的计算和划定。

（5）将划定范围进行审核，通过后进行界桩（公示牌）实地放样和埋设。

（6）将划定的最终成果（审核后的界线范围、界桩（公示牌）信息）与之前编辑的1:2000数字线划图一起制作最终的数字线划专用图成果。

(7) 利用 1: 2000 数字线划专用图成果制作数字高程模型成果。

(8) 成果自检并验收。

3 项目特点

3.1 飞行条件极其困难

在黑水县小黑水河所在地测区内，最低点海拔 2210 米，最高点海拔 3200 米，相邻山体峰顶超过 4000 米。此类高原山区地形高差太大坡度陡峭，上午云雾大，下午风大，导致各种类型无人机起降困难，姿态不稳定甚至有侧翻坠机风险，高差过大容易导致低点分辨率不够高点重叠度不够等问题。且因为测区进入雨季，地质灾害频发，信号不稳定，网络 rtk 与 cors 信号都没有完全覆盖，很多地方的相控点只能采用传统测绘架站方式，给我们的工作带来了不小的困难。最终此类地形的测绘工作在飞马无人机的技术支持下，我们选择了 D2000 变高以及多种机型联合作业的方式，最终顺利完成了工作。



图 1 小黑水河



图 2 螺溪河



图3 小石河

3.2 投入多种无人机类型

由于此次项目涉及地形有平原、丘陵、山地，在飞马无人机的技术支持下，我们航测选型有多种组合模式，以适应不同地形、不同精度、不同工期的要求。

小黑水河、螺溪河选择 F200\F1000 固定翼无人机搭配 SONY DSC-RX1R II（全画幅、4200万像素、35mm 定焦）\sony α 5100（APS-C、2400万像素、E20MM-F2.8）作业，保证测绘精度的同时，也保证大面积航测效率。

小黑水河由于地形特殊，采用 D20004 旋翼无人机搭配 SONY a6000（aps-c、2400万像素、25mm 定焦）变高作业，保证作业安全。由于 D-CAM2000 航测模块支持云台倾斜，必要时需要高精度，采用飞马无人机管家倾斜航线交叉交叉飞行，三维建模以达到精度要求。



图4 各种机型示意

4 技术路线

本项目技术路线着重介绍航测部分，如图所示，本项目涉及无人机低空航摄、高精度 pos 解算、POS 辅助空三、GNSS 测量、立体采集矢量化、倾斜三维实景建模等技术。

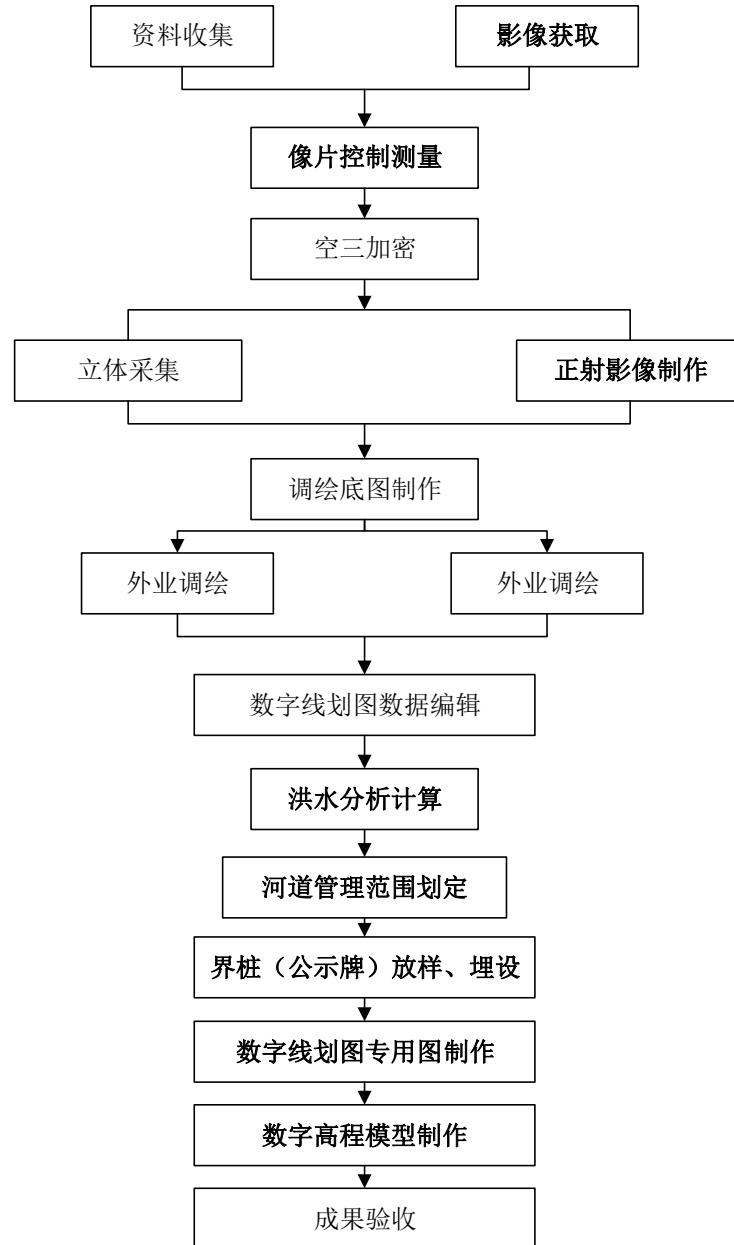


图 5 技术路线

5 作业流程

5.1 基础控制测量

利用现有的基础控制点测量成果，结合测区实际情况采用 GNSS、四等水准引测等测量方法进行永久控制点的引测和加密。



图 6 基础控制测量

5.2 相片控制测量

利用基础控制资料、地形资料和航摄资料，结合航摄分区精度的要求进行平高区域网像控设计，采用 RTK 设备进行像片控制点测量。同时在测区内均匀分布打散点控制与检查高差变化大的区域高程精度。



图 7 布设像控点

5.3 无人机数字航空摄影测量

5.3.1 投入设备

本项目投入无人机型号为固定翼无人机 F200\F1000，多旋翼无人机 D2000，大疆精灵

4rtk。

5.3.2 航测实施

本部分工作包括现场踏勘、航线设计、航测实施、内业处理等步骤。本项目累积航测500公里，飞机实际飞行里程超过2000公里。

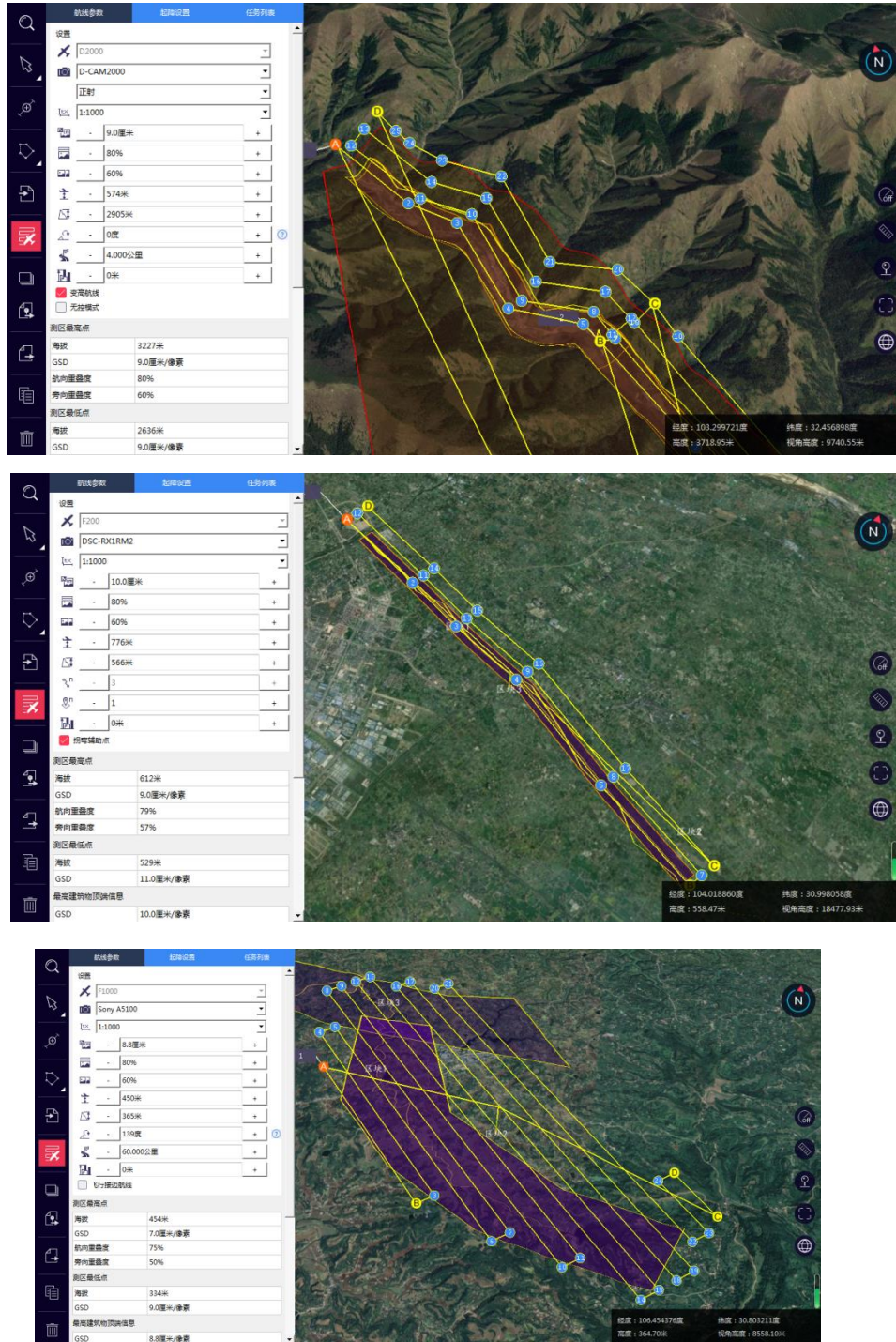


图 8、9、10 三条河流航线设计

5.4 影像处理

5.4.1 数据检查

数据处理之前，需要进行数据以下几个方面进行检查：

- (1) 影像质量（不清晰，发虚，模糊等现象；匀色处理）；
- (2) 照片和 POS 是否一致；
- (3) 相机文件，基站，控制点，飞机观测数据；
- (4) 分辨率等是否满足数据处理需求。

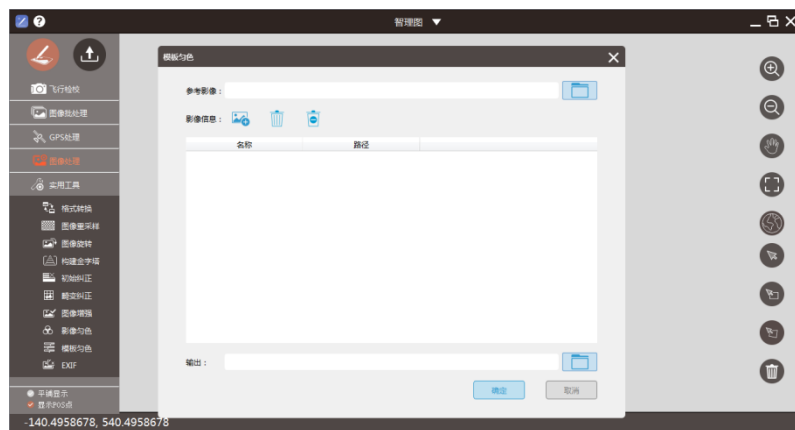


图 11 使用智理图模板匀色

5.4.2 差分解算

差分解算部分分为地面基站和网络 rtk 融合结算两种模式，本项目两种模式都有涉及。同时也需要进行偏心距改正，高程坐标转换。

差分解算需要把静态基站和飞机观测数据都转换为标准 RINEX3.02 格式，解算过后检查差分解算的质量。

网络 rtk 解算相对简单，由于 D2000 无人机提供网络 rtk 服务，故不需要地面静态基站，直接在智理图 GPS 处理中点击下载即可下载覆盖飞行时间的地面站观察数据。

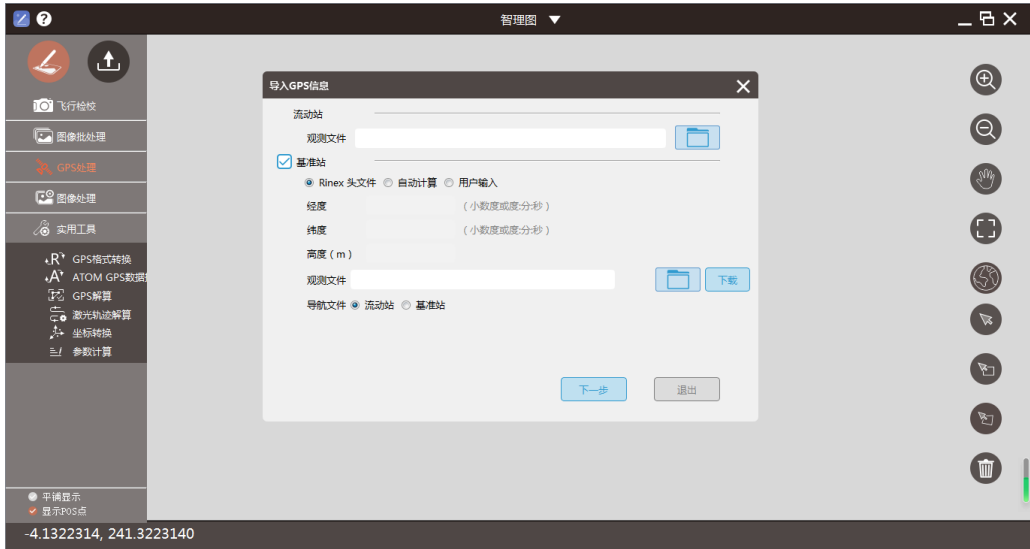


图 12 智理图网络 rtk 解算观测文件下载

5.4.3 空中三角测量

该流程为倒入原始数据后，进行自由网空三，刺点做控制点测量，控制网平差。

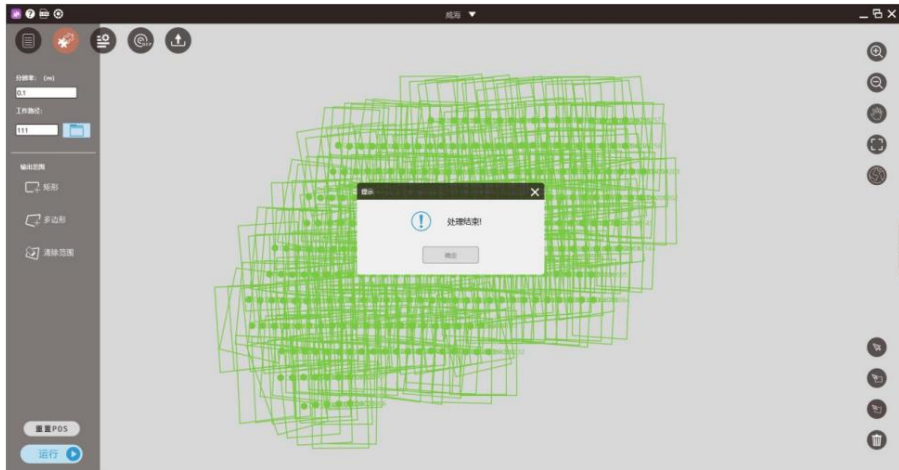


图 13 空三计算

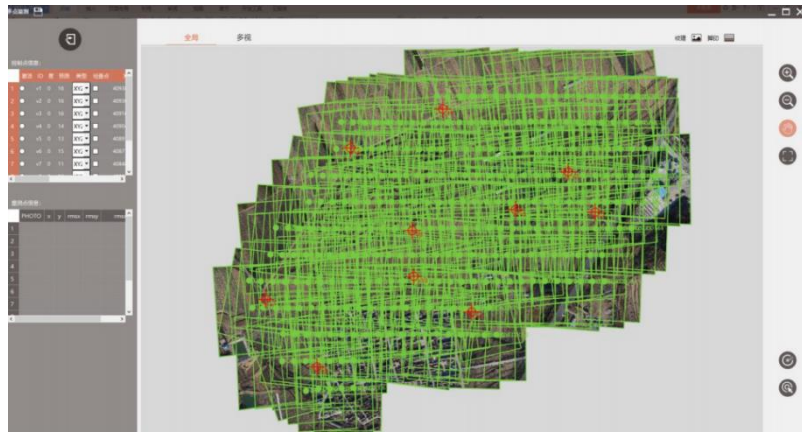


图 14 导入控制点与检查点

5.4.4 输出成果

由于本项目使用航天远景进行测图，在空三结果处理结束后，在工程界面导出 SSK 空三格式。同时输出 T-DOM、DEM、DSM。



图 15 输出 T-dom

6 总结

本项目的顺利实施，为河湖管理范围划定一类项目带状地形测绘提供了解决方案，使用飞马无人机的组合解决方案可以适应多种地形多种环境，具有创新型与推广性，总结如下：

(1) 本项目采用飞马无人机的 3 个平台，固定翼与多旋翼结合作业，通过无人机管家的科学精准的航线设计，方便快捷高效的操作，入门难度低，飞行风险小，保证了项目顺利的执行，具有很高的实用性与推广价值。

(2) 由于本项目的顺利实施，积累了宝贵的多种地形作业的项目经验，在高海拔、无信号、风速过大、高差大等多种不利因素的干扰下，成果的解算精度、空三结果、成果精度均能达到项目要求，磨练了航测团队的情况下，也进一步说明了硬件与软件的可靠新。