

基于航测技术的水边线精确提取方法研究

郭亮, 刘瑞斌

长江水利委员会水文局荆江水文水资源勘测局, 湖北 荆州

收稿日期: 2021年10月8日; 录用日期: 2021年11月23日; 发布日期: 2021年12月6日

摘要

水边线的精确提取可真实、准确地反映河岸形态, 是河道测量重要的组成部分。目前, 河道测量中常规的水边线提取方法主要采用测船顶坡定位或人工肩负GNSS以点形式施测。传统方法的缺点在于: 1) 部分水边线受崩岸、浅水淤泥滩、芦苇、陡坡地形等影响, 存在测点难以到达、通视条件差、信号屏蔽及安全风险等问题, 导致施测困难, 直接影响到地形测量的精度和时效性; 2) 以点形式采集的测点无法真实反映河道水边界的实际形状。本文将无人机航测技术应用到水边线的精确获取, 并对不同边界条件下的数据与传统技术数据进行对比分析, 所得结论可为该方法的推广提供参考。

关键词

航测技术, 水边线, 精确提取, 对比分析

Accurate Water Edge Line Extraction Method Based on Aerial Survey Technology

Liang Guo, Ruibin Liu

Jingjiang Survey Bureau of Hydrology and Water Resources, The Hydrological Bureau of Changjiang Water Resources Commission, Jingzhou Hubei

Received: Oct. 8th, 2021; accepted: Nov. 23rd, 2021; published: Dec. 6th, 2021

Abstract

The accurate extraction of water edge line can truly reflect the river bank shape, which is an important part of river survey. At present river survey, the conventional water edge extraction methods mainly use the top slope position of the measuring ship or manual GNSS to measure in the form of points. The disadvantages of methods are: 1) Some water surface boundaries (e.g., bank collapse, shallow water silt beach, reed, steep slope terrain, etc.) have problems (e.g., difficult access to measuring points, poor in-

作者简介: 郭亮, 湖北赤壁人, 出生于 1985 年 10 月, 研究方向为河道观测, Email: 286844593@qq.com

tervisibility conditions, serious occlusion of line of sight, signal shielding and safety risks) and difficult measurement, which directly affects the accuracy and time efficiency of topographic survey; 2) The measuring points collected in the form of points cannot truly reflect the actual shape of the water surface boundary. In this paper, UAV aerial survey technology is applied to the accurate acquisition of water edge, and the data under different boundary conditions are compared with the traditional technical data, which provides some references in the application.

Keywords

Aerial Survey Technology, Water Edge Line, Precise Extraction, Comparative Analysis

Copyright © 2021 by author(s) and Wuhan University.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

水边线的精确提取可真实、准确地反映河岸形态,是长江河道测量重要的组成部分。目前,河道测量中水边线常规提取方法主要采用测船顶坡定位或人工肩负 GNSS 以点形式施测。常规方法的缺点在于:1) 部分水边线受边界条件的影响(如崩岸、淤泥滩、芦苇等),存在测点难以到达、通视条件差、信号屏蔽及安全风险等问题,会影响到地形测量的精度和时效性;2) 以点形式采集的测点无法真实反映河道水边界的实际形状。有学者研究了利用卫星遥感影像来获取水边线,但该方法主要用于研究生态环境变化和资源开发利用等,对水边线观测的时效性要求较低[1]。《水道测量规范》中要求开展水道地形测量时,保证水深测量与水边观测同步进行,因此该方法无法满足河道测量的要求。

随着信息化、智能化的不断发展,无人机航测技术以高精度、高分辨率、高测绘速度等明显优势被广泛应用于在测绘领域的各个方面[2]。本文选取大疆 Phantom4 RTK 无人机进行试验,重点探索了其在不同边界条件下水边线精确快速提取的适用性及精度,总结了该方法的优缺点,为类似的项目提供一些参考。

2. 大疆 Phantom4 RTK 无人机及数据采集

2.1. 大疆 Phantom4 RTK 无人机

大疆 Phantom4 RTK 无人机是一款小型四旋翼高精度航测无人机,具备厘米级定位系统和高性能程序系统,大幅度减少了传统航测所需的地面控制点,简化了作业流程,降低了时间成本,提高了工作效率[3]。

2.2. 无人机快速精确提取水边线技术流程

无人机快速精确提取水边线技术流程主要包括:外业像控点布设与测量、航线规划、外业数据采集和内业处理、输出成果等[4]。

2.2.1. 外业像控点布设与测量

1、布设与测量原则

1) 航飞之前需布置像控点。像控点的精度和数量直接影响到航测数据后处理的精度,因此,像控点的布设和选择须规范、严格、精确。

2) 像控点形状可布设为“L”(测其内角点)或“十”(测其中心点)字型,也可采用航测标识的旗帜。像控点

目标影像应清晰，易于判刺和立体量测，应选择平坦地区，避免树下、屋角等容易被遮挡的地方进行采集。像控点布设可如图 1 所示。



Figure 1. Image control point at land surface
图 1. 像控点人工地面标志

3) 在测区范围内布设像控点，布设原则及数量应满足规范及航片校正要求。本次试验按照 1 km 的间隔沿长江岸线布设。像控点的坐标通过 GNSS-RTK 设备测量。为减弱和消除投影差对影像匹配结果的影响，像控点的位置距离影像边缘应 $\geq 1\sim 1.5$ cm。

2.2.2. 航线规划

航测采用大疆 Phantom4 RTK 无人机内置千寻网络采集数据。设定飞行高度，飞行相对高度设置在 100 m 以内；航向重叠(Front overlap)设置 80%，旁向重叠(Side overlap)设置成 70%。影像空间分辨率约 5 cm。设置云台相机参数，指南针校准。本次试验的目标主体为水边线，框定测量范围尤为重要，需合理规划航线，以达到在一个架次内采集到多的有效数据。

2.2.3. 外业数据采集

由于系统集成了高性能数码相机，因此要求作业时天气晴朗、光线充足，又要避免过大的阴影，选择太阳高度角大于 45°，阴影倍数小于 2 的时间段为作业时间。

2.2.4. 内业数据处理

DJITerra 在无人机飞行作业过程中，实时回传单张影像照片数据并进行纹理压缩影像快拼，数据处理效率较高，因此本项目选择 DJITerra 进行内业处理。

内业数据处理流程主要包括：新建项目 - 导入影像 - 空三建模 - 输出成果。本次试验关注的水边线的平面位置，可只输出 DSM 和 DOM。如需精确高程的话，可输出 DEM (数字高程模型)。

2.2.5. 成果输出

输出 DOM 后，利用清华山维 EPS 绘图软件绘制水边线。主要工作步骤如下：新建 EPS 工程 - 加载 DOM - 地物、属性要素采集 - 人机交互检查数据 - 经检查修改合格数据输出。

3. 试验数据对比分析

3.1. 试验开展

试验场地位于长江中游某河段，测区范围内近岸部分有卵石、沙滩、密林、芦苇、人工护岸等不同边界类型，可研究不同边界条件下无人机快速精确提取水边线的精度。

在此次试验施测过程中，采用了单基站 RTK 的手段进行了同步实测。观测前，RTK 校核了控制点，校核

精度控制在平面 0.1 m，高程 ± 0.07 m。观测时，要求施测人员将 GNSS 测量杆严格放置在水边采集数据，并与航测数据采集在同一时间段内，确保检校数据的精度与时效性。

3.2. 数据处理

- 1) 常规 GNSS 采集的点可直接导入绘图软件。
- 2) 无人机航测数据处理选择 DJJTerra 处理，并生成数字正射模型(DOM)，处理结果如图 2 所示。

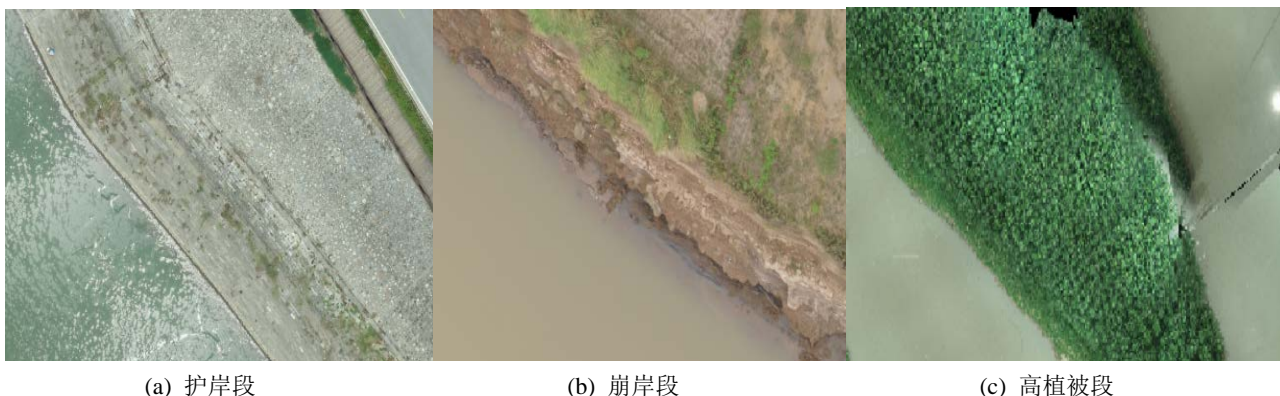


Figure 2. The map of digital orthophotos
图 2. 数字正射模型成果

3.3. 数据统计

将航测采集到的数据绘制成水边线图，并与 RTK 实测数据进行对比分析。试验中主要做到以下几点：

- 1) 两种观测方式尽量保持同步进行，或者选择在水位稳定的时间段，以减少因水位变化引起的误差。
- 2) 将 RTK 施测数据作为真值，以其与无人机航测影像所测水边线的垂距来评定精度。
- 3) 选取不同边界条件下(如崩坎、护岸、高植被等)的观测数据进行对比分析。

3.4. 精度对比分析

将航测成果导入 EPS 软件，绘制水边线图，并用 RTK 施测数据与航测数据绘制的水边线的垂距进行统计分析，其中误差统计见表 1，两种测量方式水边线效果图(其中青色线为航测水边线，黑色点为 RTK 实测点)和垂距统计分布见图 3~5 所示：

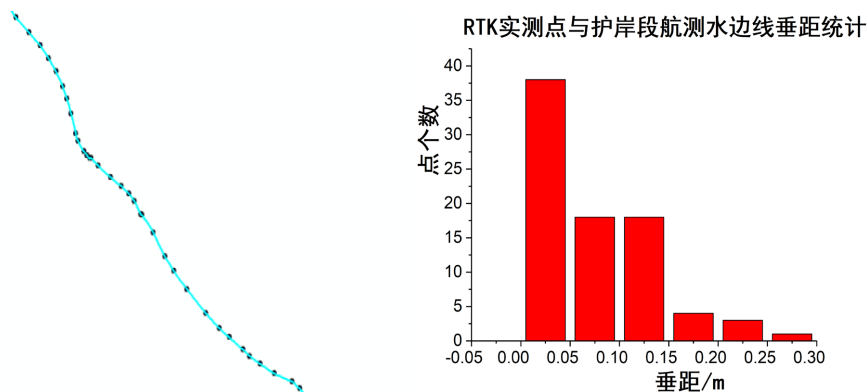


Figure 3. Waterside map of bank revetment and vertical distance statistics
图 3. 护岸段水边线图及垂距统计

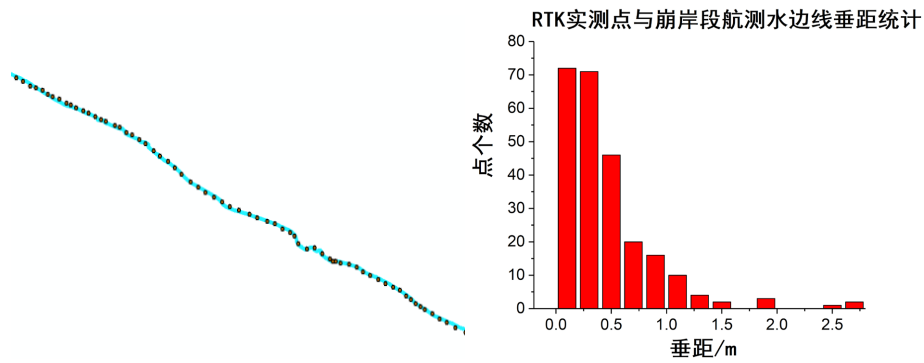


Figure 4. Waterside map of bank collapse and vertical distance statistics
图 4. 崩岸段水边线图及垂距统计

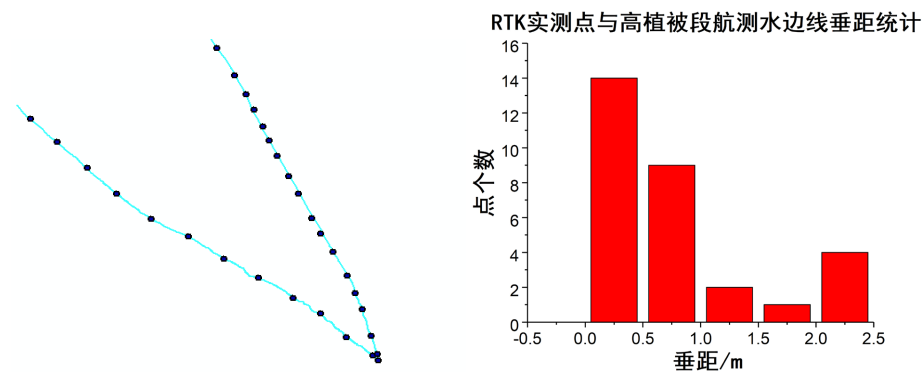


Figure 5. Waterside map of high vegetation and vertical distance statistics
图 5. 高植被段水边线图及垂距统计

Table 1. Comparative analysis of water edge data under different boundary conditions
表 1. 不同边界条件下水边线数据对比分析

边界条件	统计个数	中误差/m	最大值/m	最小值/m
崩岸段	240	0.51	1.46	0.005
护岸段	82	0.10	0.30	0.00
高植被段	30	0.96	2.14	0.03

通过对不同边界条件下两种数据的分析对比, 可知:

- 1) 大疆 Phantom4 RTK 无人机快速精确获取水边线最为可靠的为人工加固岸段, 所有测点垂距均在 0.3 m 以内。主要是护岸段无人机影像中水边与岸坡色彩对比明显, 较易获取边界线。
- 2) 崩岸段有 77.1% 的测点垂距在 0.5 m 以内, 只有约 7% 测点超过了 1 m, 精度较为可靠。
- 3) 高植被区因为水边线被植被遮挡, 误差最大, 最大值达到了 2 m 以上, 精度值得商榷。

4. 结论

本文尝试采用大疆 Phantom4 RTK 无人机快速精确获取水边线的技术手段, 并用常规 RTK 技术进行了对比分析。可得到以下结论:

- 1) DJJTerra 在无人机飞行作业过程中, 可实时回传单张影像照片数据并进行纹理压缩影像快拼, 飞行区域效果一目了然。此功能提升了工作效率, 在快速获取水边线上具有较大优势。
- 2) 航测技术获取水边线的精度主要取决于水陆分界线的被遮挡程度。以密林为例, 水边线被密林完全遮挡,

水边线难以判别,数据精度极差,基本难以满足河道测绘的要求。而在崩岸、护岸等水陆分界明显的河段,采用无人机航测技术快速获取水边线的精度较高。

3)《水道观测规范》规定,RTK地形测量碎部点图上点位中误差不超过图上 ± 0.5 mm。在1:2000地形测量中,RTK碎部点的点位中误差应不超过1 m。如果以地形测量中碎部点的精度来考量水边线测点的精度,通过试验可得到,三种边界类型的平面精度均优于1 m(高植被区点位中误差较大,达到了0.96 m),其精度基本满足大比例尺地形图绘制的要求。

参考文献

- [1] 董昭顷,付东洋,刘大召,等.基于ZY-3遥感影像的不同地貌水边线提取方法[J].海洋测绘,2019,39(2):34-39.
DONG Zhaoqing, FU Dongyang, LIU Dazhao, et al. Study on the extraction of waterline with different land forms based on ZY-3 remote sensing images. Hydrographic Surveying and Charting, 2019, 39(2): 34-39. (in Chinese)
- [2] 倪凯.基于精灵4RTK无人机的1:500地形图免像控测量[J].测绘技术装备,2021,23(1):57-59.
NI Kai. 1:500 topographic mapping with free image control based on Phantom 4RTK UAV. Geomatics Technology and Equipment, 2021, 23(1): 57-59. (in Chinese)
- [3] 艾力,杨冰玉.大疆精灵4RTK航测数据在地形图测绘中的应用[J].国土资源导刊,2020,17(3):62-65.
AI Li, YANG Bingyu. Application of DJI Phantom4 RTK aerial survey data intopographic mapping. Land & Resources Herald, 2020, 17(3): 62-65. (in Chinese)
- [4] 侯健,魏明刚,曾淑辉.大疆精灵4RTK结合PPK技术在潮间带航测中的应用[J].北京测绘,2020,34(6):829-832.
HOU Jian, WEI Minggang, and ZENG Shuhui. The application of DJI Phantom 4RTK combined with PPK in intertidal zone survey. Beijing Surveying and Mapping, 2020, 34(6): 829-832. (in Chinese)