

智能化 iBoat BS2 无人船在现代水利工程观测中的应用与拓展

余歆睿, 李志峰

(苏州市水利工程管理处, 江苏 苏州 215000)

摘要: 基于拥有 GNSS 技术的智能化 iBoat BS2 新型无人测量船进行水下测量, 介绍了智能化无人船测量系统的功能, 利用水下地形测量的原理, 对得到的实验数据进行分析。通过实验可以得出水下地形数据精度较高, 表明了该技术可有效提高水下测量的效率, 在现代水利断面测量中具有一定优势, 以便更好地掌握水利工程引河河床冲淤状态, 为今后规划实施、河道整治提供决策资料。

关键词: 水利工程; iBoat BS2 无人船; 地形测量

中图分类号: TV131.66 **文献标识码:** B **文章编号:** 1007-7839 (2018) 09-0064-04

Application and development of intelligent iBoat BS2 unmanned ship in modern hydraulic engineering observation

GUO Yajuan, YANG Guangxing

(Suzhou water conservancy project management department, Suzhou 215000, Jiangsu)

Abstract: Intelligent iBoat BS2, a new unmanned survey ship with GNSS technology, is used for underwater measurement. The function of the intelligent unmanned ship measurement system was introduced, and the experimental data were analyzed by using the principle of underwater topographic measurement. It could be concluded that underwater terrain data has higher precision through the experiment, which showed that the technology could effectively improve the efficiency of underwater measurement. It had some advantages in modern water conservancy section measurement in order to better grasp the state of river bed erosion and siltation in water diversion project, and would provide decision data for future planning implementation and river regulation.

Key words: hydraulic engineering; iBoat BS2 unmanned ship; topographic survey

1 概述

水下测量分为海洋测量和内陆水域测量^[1], 水下测量存在着比陆地测量更大的难度, 主要体现在以下方面: ①较浅区域过去往往采用人工涉水的方法, 该方法风险较大, 可能会造成人身意外伤害; ②被测对象的不可见性, 人眼无法识别, 需要用特殊设备来探测; ③水面的波动性, 人在船

只上进行水下的测量, 较深区域水面的波动会对测量产生误差。总而言之, 在安全和精度方面, 人工并不具有优势, 所以智能化无人测量船在水下测量方面展现了巨大的优势。无人船体积小、重量轻, 适应河流、湖泊、水库等多种水域作业, 可搭载多种测绘、水文仪器及传感器, 并可自主导航或通过手动操作完成测量任务。无人船的应用在现代水

收稿日期: 2018-03-14

作者简介: 余歆睿 (1983—), 男, 本科, 工程师, 主要从事水利工程运行与管理工作。

利断面测量中具有优势和高效性^[2]。

2 iBoat BS2 无人船水下测量系统

2.1 系统组成部分

该实验所用的无人船为中海达推出的智能无人测量船,系统由无人船平台、岸基操控终端、声呐探测模块、GNSS 定位模块、自动导航模块、外围传感模块以及无人船专用软件等组成^[3]。无人船测量的原理是利用声呐系统和 GNSS 系统结合,得到水下陆地面的平面坐标和高程^[4]。中海达无人船 iBoat BS2 智能无人测量船具有以下特点:

(1) 智能导航系统。iBoat BS2 智能无人船有两种导航模式:手动模式和自动模式。自动导航模式用户可以根据事先设计好的路线进行自主航行,免去了手动操作麻烦,对于水下地形地貌测绘尤为重要;手动模式采用手工遥控器方式,遥控船只航行,对于测量河流断面以及水下地形测绘非常实用。iBoat BS2 智能无人船还支持自动返航功能,当电量不足或者突然失去控制信号时,船体会自动进行判断,返回到设置的 HOME 点位,保障安全。

(2) 实时通信功能。iBoat BS2 智能无人船通过实时射频点对点通讯方式,可以实时把船的工作状态、航姿及任务状态传输到岸基系统,实时传输测深、定位数据。除了用户选择电台通讯外,可选配 4G 通讯方式,突破通讯距离的障碍^[5]。

(3) 内置高性能 HD-MAX 测深模块和专业的 HiMAX 测深软件。iBoat BS2 智能无人船标准配置高性能的 HD-MAX 测深模块、高精度 GNSS 定位设备和 HiMAX 测深软件,有效解决超浅水和深水测量难题。标准测量水深范围为 0.15 ~ 300 m。

(4) 高稳定性。采用双 M 型船体设计,航行速度快,船体平稳。船体吃水深度 10 cm,在浅水测量中也占优势。船体材料重量轻,强度高,足以满足各种苛刻的测量环境要求。同时可抗三级风,二级浪,轻松应对各种常规测量环境。

2.2 系统测量原理

无人船系统主要由 GNSS 系统、声呐系统和操控系统组成^[6]。测量原理为:利用 GPS 系统的 RTK 技术^[7],可以测得 RTK 天线相位中心所在位置的平面坐标(x, y, z);如果声速在水中的传播速度为 v,传播时间为 t,那么水深 $h=vt/2$,无人船

声呐测得的水下陆地面的深度为 h,由此可得到水下陆地地面点的高程公式为:

$$H=z-i-\mu-h \quad (1)$$

式中: z 为 RTK 天线相位中心的高程(单位: m), i 为天线高(单位: m), μ 为吃水(单位: m), h 为声呐到水下陆地地面距离(单位: m)^[7]。

但是,往往水平面上并不是风平浪静或者船体会出现倾斜的情况,都会对测量造成误差^[8]。本文所用的 iBoat BS2 智能无人测量船具有倾斜改正计算,会自动进行改正,所以无需再人为进行。

多波束声呐或者侧扫声呐能够提高单航线的工作效率,不需要反复加密航线,但是在数据转换和处理方面较为复杂^[9]。本文所用的无人船是单波束声呐系统,如果想要获得更加密集的地形数据,则需要对航线进行加密^[10]。

3 水下测量实验

3.1 数据采集

本次实验数据采集的地方在苏州引河某河段,测量当天天气较好,无大风,水面较为平静,无人船在工作中平稳航行,可以忽略外界因素对该实验数据的影响,且智能化无人船可自我倾斜改正。数据采集过程中分别用了两种模式为手动和自动模式,采集了 200 个水下特征点坐标(见图 1)。

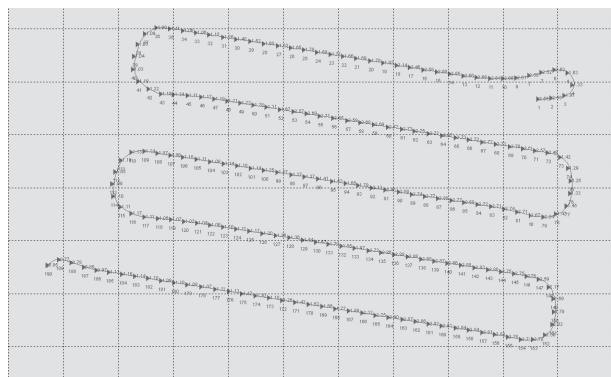


图 1 无人船航行轨迹

从所有的数据中随机挑选出 50 个特征点,再采用人工测量的方式获得其坐标,通过水上测量的数据与相应特征点的人工水下采集数据进行比较,得到了两种高程值。

此处可假设人工测得的高程值为真实高程值,水上测量的高程值通过对比拟定的真实高程值,可以评定出智能化无人船系统的精度。无人测量船所测的高程由 Z1 来表示,人工测量的高程由

Z2 来表示,具体见表 1。通过无人船测量值 Z1 和人工测量值 Z2 之差可以得到其精度情况,具体分布见图 2。

表 1 Z1 和 Z2 数据表

点号	Z1 (m)	Z2 (m)	ΔZ (m)
1	2.55	2.594	-0.044
2	2.53	2.493	0.037
3	1.97	1.954	0.016
4	1.39	1.371	0.019
5	1.6	1.462	0.138
6	2.49	2.641	-0.151
7	2.57	2.331	0.239
8	2.59	2.323	0.267
9	2.6	2.476	0.124
10	2.64	2.819	-0.179
11	2.49	2.382	0.108
12	2.19	2.082	0.108
13	1.95	1.911	0.039
14	1.79	1.772	0.018
15	1.71	1.882	-0.172
16	1.7	1.646	0.054
17	1.69	1.440	0.25
18	1.69	1.498	0.192
19	1.68	1.566	0.114
20	1.66	1.809	-0.149
21	1.1	1.001	0.099
22	1.19	1.143	0.047
23	1.21	1.379	-0.169
24	1.15	0.987	0.163
25	1.13	0.995	0.135
26	1.14	1.072	0.068
27	1.19	1.129	0.061
28	2.63	2.535	0.095
29	2.67	2.486	0.184
30	2.69	2.716	-0.026
31	2.71	2.801	-0.091
32	2.71	2.520	0.19
33	2.71	2.548	0.162
34	2.71	2.566	0.144
35	1.06	0.895	0.165
36	1.035	1.205	-0.17
37	1.04	0.889	0.151
38	1.04	0.892	0.148
39	1.07	0.934	0.136
40	1.1	0.913	0.187
41	1.15	1.185	-0.035
42	2.75	2.722	0.028
43	2.7	2.647	0.053
44	2.39	2.192	0.198
45	1.87	1.900	-0.03
46	1.72	1.666	0.054
47	1.95	1.852	0.098
48	2.3	2.263	0.037
49	0.94	0.759	0.181
50	0.81	0.678	0.132

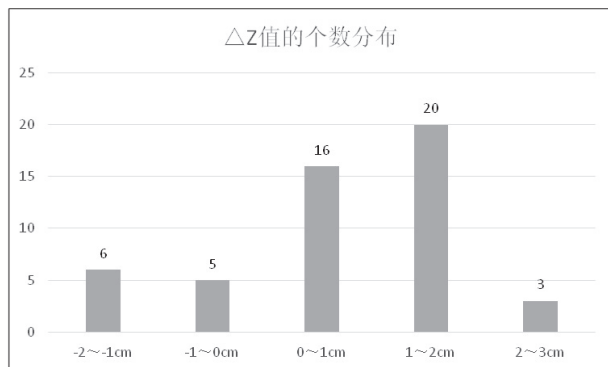


图 2 精度分布情况

由图 2 可以看出: 在 $-2 \sim -1$ cm 的个数为 6 个, 在 $-1 \sim 0$ cm 的个数为 5 个, 在 $0 \sim 1$ cm 的个数为 16 个, 在 $1 \sim 2$ cm 的个数为 20 个, 在 $2 \sim 3$ cm 的个数为 3 个。目前, 传统的水下测量精度要求在 20 cm 以内, 可以得出智能无人船测出的总体数值精度十分高, 表明了该技术以及该型号的智能无人船能有效地提高水下测量的效率, 在现代水利断面测量中具有一定优势和高效性。

利用无人船, 在苏州引水河道再次进行了实验, 此次航行为水下断面测量, 对所得数据进行处理即可得到该航线的水下断面陆地形态 (见图 3)。

3.2 注意要点

(1) 在本次实验之前做了一个对比, 发现声速对水深值影响很大, 假定 15 m 的水深, 选择 1500 m/s 的声速与 1450 m/s 声速测得水深偏差 0.5 m, 因此在测深时必须对照比测板计算出正确的水深。

(2) 影响水深的因素有温度、盐度以及水压, 其中温度对水深影响最大, 在一定温度范围内每升高 1°C , 声速增加 3 m/s 左右, 对于淡水浅水区域, 只考虑温度即可。

(3) 在水深测量中, 吃水深度一定要准确量取, 测量杆要固定死, 以免测量过程中松动导致吃水深度变化。

(4) 由于单波束穿透力不够, 所以在遇到一些较大的障碍物 (例如水中悬浮物体) 会产生噪点数据, 对实验结果造成影响。

4 结语

本实验采用的智能无人船对于苏州某引水河道的水下地形进行了测量, 利用人为测量进行了高程的对比, 表明利用无人船可以高效地获得高



图 3 水下断面陆地形态

精度、高可靠性的水下陆地面点坐标。同时得到了航线图,使用该无人船对某个断面进行测量,利用数据绘出了相应的水下陆地断面图。无人船能有效地提高水下测量的效率,不仅保障了测量人员的人身安全,更加体现了其在现代水利断面测量中具有的优势。

参考文献:

- [1] 金久才,张杰,马毅,官晟.一种无人船水深测量系统及试验[J].海洋测绘,2013,33(02):53-56.
- [2] 孟祥杜.无人船路径规划算法研究[D].天津理工大学,2017.
- [3] 孙东平.无人船控制系统设计与实现[D].中国海洋大学,2015.
- [4] 余春梅.GPS-RTK技术在水下测量中应用原理及误差研究[J].黑龙江水利科技,2016,44(02):39-40+113.
- [5] 王毅凡,周密,宋志慧.水下无线通信技术发展研究[J].通信技术,2014,47(06):589-594.
- [6] 程剑刚.网络RTK技术联合数字测深仪在湖泊库容测量中的应用[D].中国地质大学(北京),2014.
- [7] 吴敬文,沈理,汪明海.基于GPS动态测量技术进行测船吃水测定的方法研究[J].测绘通报,2012(S1):695-697.
- [8] 许斌锋,武晓龙,姚焕炯,徐爱霞.GPS RTK技术在水下地形测量中的应用研究[J].科技创新导报,2010(09):12-13.
- [9] 赵钢,王冬梅,黄俊友,吴杰.多波束与单波束测深技术在水下工程中的应用比较研究[J].长江科学院院报,2010,27(02):20-23.
- [10] 崔晓东,简波,李富强,杨红,阳凡林,曲萌.单波束测深波束角效应的自动改正方法[J].山东科技大学学报(自然科学版),2017,36(01):29-37.