

# 无人船在水下地形测量中的应用

武卫国

河北省水利水电勘测设计研究院集团有限公司 河北 石家庄 050081

**[摘要]**随着国家对基础设施建设和水下地形地貌调查的步伐加快,对湖泊、水库和近海水域的调查工作要求也越来越高。但测量工作大多仍停留在传统的人工测量阶段。因无人船测量系统优势十分明显,为获取水下地形信息数据,无人测量船已被持续应用到水下地形测量中,极大地提高了水下地形测量工作的效率与质量。

**[关键词]**无人船;水下地形测量;三维模型;可靠性

**[DOI]** 10.12252/j.issn.2096-6288.2021.10.884

## 一、无人船测量系统和工作原理

无人船是一种可以远程操控,也可以借助精确GNSS卫星定位和自身传感即可按照预设任务在水面航行的全自动水面机器人,英文缩写为USV。

### 1.1 无人船测量系统基本原理

无人船系统分为船体系统和作业系统,船体系统包含避障、视频系统、导航系统、动力系统、通信系统、船体构造,作业系统包含测深系统、GNSS定位系统。无人船测量系统是无人船系统的核心,承担着水深测量和导航定位任务,整个测量系统主要由数字测深仪、姿态传感器、GNSS接收机、全角度摄像头及距离传感器等多种高精密度传感设备。其基本测量原理如图1所示。

整个系统的导航定位采用GNSS-RTK动态差分定位原理(如图1所示),在岸基架设GNSS基准站接收GNSS卫星信号并将差分数据发送给无人船上安置的GNSS接收机,实现实时定位和导航功能。

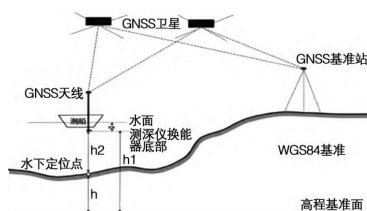


图1 无人船测量系统基本原理示意图

水深测量由安置在船上的数字测深仪完成,其基本原理是利用换能器将电能转换成声能并向水底发射。声能以回波的形式从水底返回,再通过换能器检测回波电能信号,从而计算出传播时间,根据声速和时间计算出水深,在屏幕显示出来,并且显示回波图形。

### 1.2 无人船的特点

无人船用来进行水下地形测量作为水下地形测绘的一种方式,在很大程度上替代了传统的作业方式。自无人船问世以来,经过10多年技术的积累和发展,技术趋近成熟,船的航行已表现非常稳定,现无人船的发展逐步往智能方向靠拢。无人测量船以其轻便、小巧和高效等特点,深受测绘单位的喜爱。

无人船测量的最大优势是更加安全可靠,事故减少、高效及运行成本低。远程遥控和自动驾驶杜绝了人员伤亡事故,无人船特殊设计甚至可抵御海盗袭击。无人测量船具有船体小巧,携带方便,灵活性强和隐蔽性高,耐波性好,阻力小、速度快,航行稳等优点,可搭载先进的导航控制系统、可靠通信系统、高精度传感器系统和武器系统等不同功能模块,采用可拆卸模块化涵道式推进器设计,在防渔网、水草等杂物缠绕的优异性能之上,增添了维护方便,灵活更换的使用特性。螺旋桨采用直流无刷电机驱动,速度快,可靠性高。可搭载测深仪、ADCP、侧扫声呐等多种传感器,广泛使用于内河航道、水库、湖泊等区域的水下地形地貌以及水文测量。

### 二、水下地形测绘简介

和传统地形测绘不同的是,水下地形测绘多一个水深的获取步骤,水下地形测量包括测点的平面位置和水深测量。平面位置主要采用GNSS定位技术确定(可达到厘米级的实时定位),水深主要通过各种类型的单波束回声测深仪得到(一般高精度测深仪也可以达到厘米级的测量精度),由水

面高程(水位)减去水深可得测点的水底高程。通过无数个测点的平面位置和水深位置的获取,水下地形即可被测量展现出来。水下地形测绘示意图如图2示:

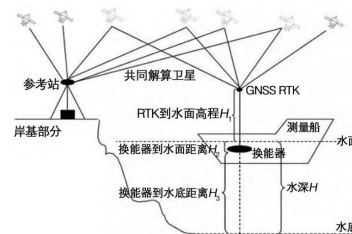


图2 水下地形测绘示意图

### 2.1 RTK简单原理

高精度的定位测量必须采用载波相位观测值,RTK定位技术就是基于载波相位观测值的实时动态定位技术,它能够实时地提供测站点在指定坐标系中的三维定位结果,并达到厘米级精度。在RTK作业模式下,基准站通过数据链将其观测值和测站坐标信息一起传送给流动站。流动站不仅通过数据链接接收来自基准站的数据,还要采集GNSS观测数据,并在系统内组成差分观测值进行实时处理,同时给出厘米级定位结果,历时不到一秒钟。北斗卫星的投入使用,使得GNSS接收机搜索到更多的共同解算卫星(至少4颗),甚至可以采用北斗单解算,更多的卫星可以使GNSS接收机工作更稳定。

### 2.2 单波束测深仪工作原理

20世纪20年代第一次出现了回声探测仪,利用单波束回声测深仪对水下地形进行测量的技术称之为常规测深技术。回声测深仪的出现是人类探测水下世界的重大突破。其原理是通过换能器向水下发射声波,声波在水中传播,遇到水底后发生反射、透射和散射反射回来的回波,经换能器接收。根据声波在水中的传播速度(C)及往返的时间(T)计算水深。这个水深值只是换能器到水底的距离,通常用H3来表示。而在实际测量过程中,换能器是在水下一定深度,我们称这个深度为吃水深度改正值(吃水水深),用H2表示。实际的水深值用H表示,那么实际水深H为:  $H = H_2 + H_3$

$$H_3 = C * T / 2$$

如图2所示RTK达到固定解以后可以设置输出包含位置信息的GPGGA数据,测深仪通过串口接收到含WGS84经纬度的位置信息再由坐标系参数转化成当地平面坐标下(x, y, h)的三维坐标,此时仪器获得的三维坐标是接收机相位中心的位置,通过设置天线至水面高(H1)和超声回声测深仪测得水深值可以计算出RTK正下方水底的三维坐标(X, Y, Z):

$$Z = h - H_1 - H_2$$

### 参考文献

- [1] 罗旭, 石明旺. 无人船测量系统在河道水下地形测量中的应用[J]. 城市勘测, 2020(4): 164-167.
- [2] 李作开. 无人船在粤西天然气管网项目水下地形测量中的应用[J]. 化工管理, 2020(13): 85-86.
- [3] 韦程文, 杨啸宇. 无人船在海洋水下地形测量中的应用和数据处理[J]. 北京测绘, 2019, 33(12): 1571-1573.
- [4] 关雷, 郑宝华, 赵琳, 等. 浅析无人船在水下地形测量中的应用[J]. 测绘与空间地理信息, 2019, 42(11): 202-204.