

数字测深仪结合无人机在新疆某水库库容测量中的应用

王乙春

新疆水利水电勘测设计研究院测绘工程院

DOI:10.12238/gmsm.v4i1.951

[摘要] 本文介绍了水库库容测量的必要性,利用实例介绍水下库容测量的应用方法。本文利用GPS联合数字测深仪测量的方法,以及采用无人机测量方法进行地形测量的优势,库容计算全由计算机核算,作业时间短,成果精度较高,满足规范要求,值得推广。

[关键词] 水下库容测量; 无人机测量; 库容曲线计算

中图分类号: U442.3 文献标识码: A

Application of digital sounding instrument combined with Unmanned aerial vehicle in a reservoir capacity measurement in Xinjiang province

Yichun Wang

Surveying Department of Xinjiang Hydroelectricity Institute of Surveying and Designing

[Abstract] This paper introduces the necessity of reservoir capacity measurement and introduces the application method of underwater reservoir capacity measurement with practical examples. This paper makes use of the GPS combined digital depth finder surveying method and the advantages of using unmanned aerial vehicle surveying method for topographic surveying. The storage capacity curve is all calculated by computer. The operation time is short, the result accuracy is high, which meets the requirements of the specification and is worthy of promotion.

[Key words] Capacity of the underwater, Uav measurement, Storage capacity curve calculation

引言

据不完全统计,我国已建成的水库有25800座,水库建成多年,常年的雨水冲刷,水库底部有大量的泥沙形成,水库管理人员需要及时了解水库库容信息。历史上灾难性的水库溃坝多次发生,每次都淹没大量良田,危害人民群众的安全,造成了巨大的人员伤亡和财产损失。为了管理人员更准确的了解水库库容的变化,了解水库的储水容量,合理的利用水资源,定时的进行水下地形测量是非常必要的。现就数字测深仪结合无人机在新疆某水库库容测量中的运用进行简要介绍。

1 水下地形测量技术

1.1 测区控制测量。水下地形测量主要包括测点定位和水深测量。

测区控制采用中海达iRTK2双频GPS接收机,标称精度 $3.0\text{mm}+1\text{ppm}\times D$;水

深测量采用中海达HD-370,标称精度 $10\text{mm}+H\times 0.1\%$;所用仪器都有国家认可的计量单位出具的合格证或校准证书。利用测区已有施工控制网,控制点平面及高程为三等,本次作业坐标系统及高程控制与前期施工控制网保持一致,作业中将用到的点进行验证,检验成果正确、可靠后方可使用。

1.2 水深测量。水深测量主要选用测深仪进行。测量方法有4种:(1)断面法(2)等高线容积算法(3)方格网计算方法(4)三角网格算法。本次项目水库水下地形测量采用测量船上使用RTK结合单波束数字测深仪的方法施测,使用与RTK点校正相同的控制点进行七参数计算,在测深仪数据采集软件中设置同步采集RTK数据和水深数据,进一步验证七参数计算成果的可靠性。测深线每50米布设一条,测深线水下地形点测量间距

为1米,内业处理采集间隔为10米。GPS RTK结合数字测深仪能够更好地探测水下声波的传播情况,经过声波转换进行有效处理,从而完成探测水下地形任务。RTK数据和水深数据采集使用《中海达测深测量软件》,数字探测仪主要有发射换能设备、接收换能设备、放大器、显示、记录设备组成。测深仪换能器安装在船舷侧面,减少了船在行驶过程中产生的波浪和气泡对换能器的影响,每次测量前后都使用测量铅鱼测量水深对测深仪进行检核,检核结果满足要求。

1.3 库岸地形测绘。库岸地形测量的方法有4种:(1)全野外数字测量;(2)传统航空摄影测量,(3)卫星影像测量;(4)无人机摄影测量。从上述四种方法结合项目实际地形,水库两边都是陡峭的高山,常年受雨水的冲刷,测量人员上岸施测困难。采用全野外数字化测量方法

需要大量的人力,作业成本高,作业时间长。采用传统的航空摄影测量,刺点困难,水库有大片的水域,内业加密中相片匹配困难,精度难以保证。采用卫星影像作业成本提高,作业时间长。以上三种方法均不适合本项目。本项目采用无人机航空摄影方法,作业灵活。本次库岸地形测绘采用大疆精灵4Pro,1英寸200万像素CMOS影像传感器。库岸地形测图比例尺为1:2000,等高距为1米,使用GNSS RTK配合无人机数码航空摄影技术的方式。外业使用RTK布设了27个像控点,像控点规格为1.2米*1.2米的黑色塑料布,部分像控点布设在柏油路及坝顶,中间使用白色喷漆喷宽度15厘米的“+”字型图案,施测等级为图根,相片分辨率为8cm,航飞高度300米,相片航向75%重叠度为旁向重叠度为65%,航线方向平行于条带图走向,航飞结束后内业成图使用Pix4D加密生成地形图。

地形图检查与调绘使用RTK、全站仪进行数据采集,检查点均匀分布于整个测区,正确反映内业成图精度,重点检查高程883米以下区域,外业调绘公路桥、加固渠堤等特征地物。每天使用RTK采集碎部点前通过测量已知点进行可靠性检查,由于测区为水库库区,RTK流动站距离基准站的距离满足技术设计书要求。

1.4库容曲线计算。作业期间,库水位在855.5m左右,高程在856m以上至885m的区域使用低空无人机航空摄影测量、中海达iRTK调绘地物点及特征点和Topcon全站仪进行地面上地物地形测绘,高程在856m以下的区域使用中海达iRTK配合中海达HD-370测深仪进行水下地形数据采集,应用南方CASS成图软件(9.1版)处理编辑绘制地形图,基本等高距为1m。库容根据《水利水能规划手册》中的

$$V = \frac{1}{3}(S_1 + S_2 + \sqrt{S_1 \cdot S_2}) \cdot h$$

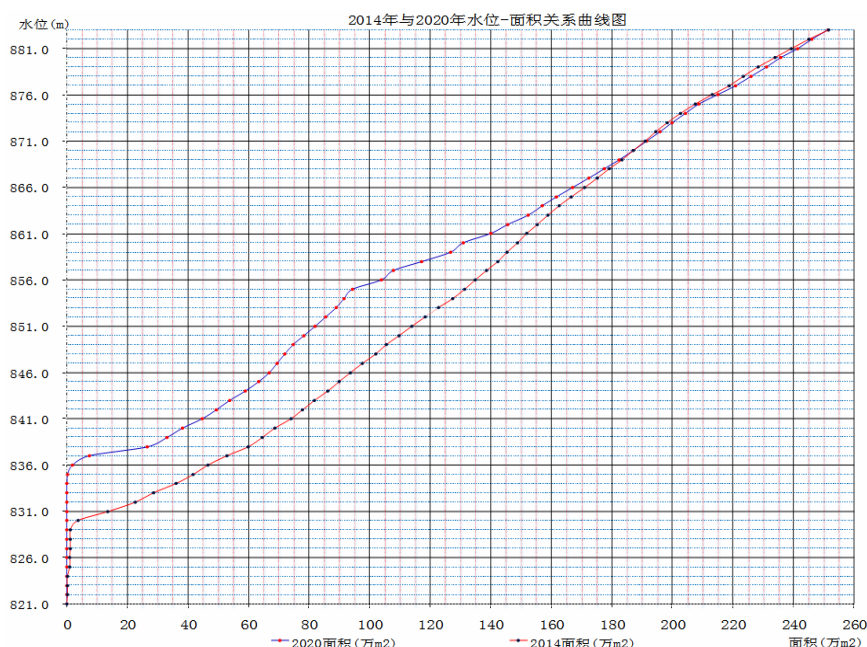
(公式中V为两等高线间的库容,S1为下等高线对应的面积,S2为上等高线对应的面积,h为两等高线的高差。)计算出地

地形图图幅等高线高程中误差

地类	点数/个	等高距/m	等高线高程中误差/m	允许限差/m	备注
库岸	137	1	±0.27	±0.66	
水下	30	1	±0.10	±1.32	

注:山地允许限差等高线高程中误差按±h*2/3(山地),计算公式为:

$$m_h = \pm \sqrt{\frac{[\Delta\Delta]}{2n}}, \text{为等高距 } 1\text{m, 水下部分允许限差为库岸的 } 2\text{倍。}$$



形图中各等高线对应库容的关系,并绘制水位—面积、水位—库容关系曲线图,以及按1cm间隔内插计算出库容关系表。

为提高测量成果的可靠性,每天使用RTK测量水面实时坐标,并和测深仪进行比较以验证测深仪测量的可靠度。每天使用测锤人工测量水深与测深仪测量水深进行比较,验证测深仪测量数据的可靠度。库容计算采用2人独立计算并对其计算结果进行比较,无明显粗差,见表1.2“对算结果比较表”。结合合同文件提供特征水位与对应库容,2014年与2020年水位—面积关系曲线图:

2 结论

通过本次项目2014年与2020年库容测量对比,基础数据对比,地图的精度相对较高。测量技术手段先进,平面高程精度大大优于传统方法;库容计算全由计算机完成,不存在误差。测量成果满足精度要求,得到了设计方和业主的一致好评。

本次施测方法由RTK+低空无人机航空摄影+数字测深仪,库容测量精度相对较高,建议水库以后运行使用本次实测方法。

参考文献

- [1]周源文.探析GPS联合数字测深仪在水库库容测量中的应用[J].黑龙江水利科技,2019,47(07):154-155+165.
- [2]苏建国,周兴华,段文义.基于水下地形测量技术和无人机航摄技术的水库库容测量方法[J].浙江水利科技,2015,43(06):90-93.
- [3]陈海兵,尹欣,高铜祥,张敏秋.GPS联合数字测深仪在水库库容测量中的应用研究[J].水利水电技术,2015,46(10):43-46.

作者简介:

王乙春(1985--),男,汉族,新疆沙湾人,本科,新疆水利水电勘测设计研究院测绘工程院,工程师,研究方向:工程测量。