

GPS - RTK 与测深技术在水下地形测量中的应用

朱立辉, 胡 琴

(辽宁工程勘察院 辽宁 锦州 121000)

摘要: 简要介绍了利用 GPS - RTK 与测深技术测定水下地形的基本原理和水下地形测量的基本作业步骤, 并通过工程实例说明无验潮和传统验潮两种模式下取得的水深测量数据均能满足相关规范要求。

关键词: GPS - RTK; 测深仪; 水下地形测量

中图分类号: P228.4

文献标识码: B

文章编号: 1672 - 5867(2011)05 - 0162 - 03

The Application of GPS - RTK and Bathymetric Technologies in Underwater Topographic Survey

ZHU Li - hui ,HU Qin

(Liaoning Engineering Exploration Institute ,Jinzhou 121000 ,China)

Abstract: This paper briefly introduced the basic principle of underwater topographic survey using GPS - RTK and bathymetric technologies and the main working procedure of underwater topographic survey. The project experiments showed that the acquired bathymetric data without tidal observation and with traditional tidal observation can meet the requirements of related specifications.

Key words: GPS - RTK; bathymeter; underwater topographic survey

0 引言

近年来,利用 GPS - RTK 配合测深仪技术进行水下地形测量已被诸多测绘单位所采用。然而,这种无验潮模式下的测量方法无相关规范和技术标准。本文依据工程实践就无验潮和传统验潮两种模式下水下地形测量的原理和两种模式下水深测量数据进行了分析,指出距离岸边 17 km,测图范围 210 km² 的区域内利用 GPS RTK 配合测深仪技术进行水下地形测量两种测量模式均能满足相关规范要求。

1 水下地形测量的原理

水下地形测量包括两部分:定位和水深测量。就目前的水下地形测量的主流技术而言,定位采用的是 RTK (Real - time kinematic) 实时动态差分法,而水深测量采用的是回声测深仪的方法。这样就可以确定水底点的高程:

$$G_i = H - (D + \Delta D) \quad (1)$$

式中: G_i 为水底点高程; H 为水面高程; D 为测量水深; ΔD 为换能器的静吃水。

在观测条件比较好的情况下,考虑 RTK 具备比较高

的高程确定精度,同时严格考虑船姿的影响,无验潮模式下的水底点高程可通过下式确定:

$$G_i = H - D - h - \Delta a \quad (2)$$

式中: G_i 为水底点高程; H 为 GPS 相位中心的高程(通过 RTK 直接确定); D 为测量水深; h 为 GPS 接收机天线相位中心距换能器面的垂距; Δa 为姿态引起的深度改正。

2 水下地形测量的基本作业步骤

水下地形测量作业系统主要由 GPS 接收机、数字化测深仪、数据通信链和便携式计算机及相关软件等组成。测量作业流程大体分三步来进行,即测前的准备、外业的数据采集和数据的后处理。

2.1 测前的准备

1) 求转换参数

①将 GPS 基准站架设在已知点 A 上,设置好参考坐标系、投影参数、差分电文数据格式、发射间隔及最大卫星使用数,关闭转换参数和七参数,输入基准站坐标(该点的单点 WGS - 84 坐标)后设置为基准站。

②将 GPS 移动站架设在已知点 B 上,设置好参考坐标系、投影参数、差分电文数据格式、接收间隔,关闭转换

收稿日期:2011 - 07 - 14

作者简介:朱立辉(1979 -)男,河北保定人,工程师,学士,主要从事测绘生产与管理工作。

参数和七参数后,求得该点的固定解(WGS-84坐标)。

③通过A、B两点的WGS-84坐标及当地坐标,求得转换参数。

2) 创建工程

根据工程向导设置好工程基本信息(包括工程名称、施工日期、工程负责人等)、投影参数、转换参数、GPS-RTK和测深仪的仪器型号连接端口配置以及数据采集条件和记录数据文件名称等。

3) 计划线布设

布设计划线一般是在作业前,用常用软件AUTOCAD设计好计划线,生成*.dxf文件,直接导入程序里边。布线结果如图1所示。

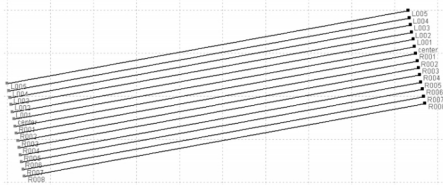


图1 布线结果图

Fig.1 The result of route planning

2.2 外业的数据采集

①架设基准站在求转换参数时架设在基准点上,且坐标不变。

②将GPS接收机、数字化测深仪和便携机等连接好后,打开电源。设置好记录设置、定位仪和测深仪接口、接收机数据格式、测深仪配置、天线偏差改正及延迟校正后,就可以进行测量工作了。软件会自动按照指定方式采集和存储数据,并在航行轨迹上留下采点标志,如图2所示。

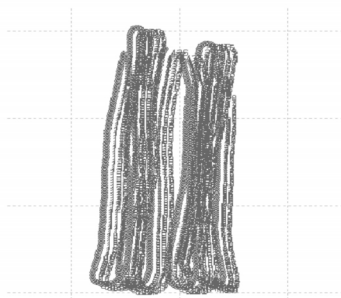


图2 航迹图

Fig.2 The track plot

2.3 数据的后处理

数据后处理是指利用相应配套的数据处理软件对测量数据进行后期处理,形成所需要的测量成果(如水深图及其统计分析报告等),所有测量成果可以通过打印机或绘图机输出。数据的后处理一般包括水深采集取样处理、验潮站数据输入、数据的综合改正等内容。

1) 水深采集取样处理

采集水深取样的目的是:①修改有问题的原始测量水深值。②按设定的取样方式和取样间隔,取出需要的坐标和水深数据。

2) 验潮站数据输入

输入验潮站的平面坐标和水位数据。需要注意的是验潮站验潮数据的时间段一定要包含采集数据的时间段。无验潮模式下不进行此处理。

3) 数据的综合改正与输出

数据的综合改正包括测深仪改正、动态吃水改正、坐标系统误差改正、水深系统误差改正等内容。

3 工程实例

以某测区工程为例,该测区水下地形测图面积210 km²,距岸边最远17 km,东西海岸长35 km。采用的仪器设备有南方灵锐S86型动态GPS,南方灵舟SDE-28型测深仪,以及美国Ashtech公司ADU5姿态测量仪等。

3.1 项目实施

1) 测区七参数的求取

根据测区已有控制点情况,在测区附近布设满足测图使用的控制网,利用静态GPS接收机采集数据并进行数据解算,从而求得七参数。

2) 基准站的选定和建立

基准站的选定直接影响电台的作用距离。因此,安置基准站应注意以下几点:

①便于安置仪器设备和设备操作,视野开阔,视场内障碍物的高度角不宜超过15°。

②远离大功率无线电发射源(如电视台、电台、微波站等),其距离不小于200 m;远离高压输电线和微波无线电信号传送通道,其距离不应小于50 m。

③附近不应有强烈反射卫星信号的物体(如大型建筑物等)。

④电台发射天线必须具有一定的高度。在实际测试中,GPS-RTK作用距离能达到20 km以上。

3) 设置移动站、安置测深仪换能器

在测船上固定好移动站,测深仪换能器安置在距测量船首1/2船长处。在设置移动站时电台频率与基准站发射频率相同。

4) 测深软件的设置

在水下地形测量中应用的测深软件是南方测绘仪器公司的水上工程-自由行软件。在该软件中可以直接输入转换参数(七参数、四参数和校正参数),并对GPS-RTK接收天线中心和测深仪换能器中心进行偏心改正,以消除GPS-RTK同测深仪的定位中心偏差。

5) 水尺和自记水位计的设立

在测区附近岸边设立水尺,在测区内设置自记水位计,进行水位观测,并对自记水位计和水尺进行水位比测。水尺零点也应进行检核。

6) 内业整理

将测量数据进行后处理,处理时分两种模式进行,一种是直接利用的 GPS-RTK 的高程值;一种是利用验潮数据值。处理后均生成每条测线的 DAT 文件。

3.2 数据比较

为了验证无验潮模式下水下地形测量的高程精度,我们将两种模式下取得的数据,共计 4 662 个水深点进行对比,对比部分情况见表 1。

表 1 水深点数据对比统计表 (单位:米)

Tab. 1 The comparison and statistics table of bathymetric data (unit: m)

序号	无验潮数据成果			验潮数据成果			差值 Δh
	X	Y	H	X	Y	H	
1	4 512 900.00	597 299.400	-9.82	4 512 900.00	597 299.40	-9.90	-0.08
2	4 513 500.00	597 300.60	-9.70	4 513 500.00	597 300.60	-9.60	0.10
3	4 513 800.00	597 000.60	-9.61	4 513 800.0	597 000.00	-9.60	0.01
4	4 514 100.00	597 300.60	-9.53	4 514 100.00	597 300.60	-9.50	-0.23
5	4 514 400.00	597 000.60	-9.27	4 514 400.00	597 000.60	-9.50	-0.23
6	4 514 700.00	597 299.40	-9.17	4 514 700.00	597 299.40	-9.40	-0.23
7	4 515 000.00	597 000.60	-9.16	4 515 000.00	597 000.60	-9.20	-0.04
8	4 515 300.00	596 700.00	-9.01	4 515 300.00	596 700.60	-9.20	-0.19
9	4 515 600.00	596 999.40	-8.79	4 515 600.00	596 999.40	-9.00	-0.22
10	4 515 900.00	596 699.40	-8.79	4 515 900.00	596 699.40	-9.00	-0.21
11	4 516 200.00	596 999.40	-8.81	4 516 200.00	596 999.40	-8.90	-0.09
12	4 516 500.00	596 700.60	-8.50	4 516 500.00	596 700.60	-8.80	-0.30
13	4 516 800.00	597 000.60	-8.65	4 516 800.00	597 000.60	-8.70	-0.05
14	4 517 100.00	596 700.60	-8.47	4 517 100.00	596 700.60	-8.50	-0.03
15	4 517 400.00	596 999.40	-8.34	4 517 400.00	596 999.40	-8.40	-0.06
16	4 517 637.14	596 670.22	-8.48	4 517 637.14	596 670.22	-8.50	-0.02
17	4 518 000.00	596 400.60	-8.15	4 518 000.00	596 400.60	-8.10	0.05
18	4 518 300.00	596 699.40	-7.94	4 518 300.00	596 699.40	-8.00	-0.06
19	4 518 600.00	596 399.40	-7.86	4 518 600.00	596 399.40	-8.00	-0.14
20	4 518 900.00	596 700.60	-7.80	4 518 900.00	596 700.60	-7.80	0.00
21	4 519 200.00	596 399.40	-7.61	4 519 200.00	596 399.40	-7.70	-0.09
22	4 519 500.00	596 699.40	-7.73	4 519 500.00	596 699.40	-7.60	0.13
23	4 519 800.00	596 399.40	-7.28	4 519 800.00	596 399.40	-7.50	-0.22
24	4 520 100.00	596 700.60	-7.34	4 520 100.00	596 700.60	-7.50	-0.16
25	4 520 400.00	596 400.60	-7.17	4 520 400.00	596 400.60	-7.30	-0.13
26	4 520 700.00	596 699.40	-7.12	4 520 700.00	596 699.40	-7.30	-0.18
27	4 521 000.00	596 399.40	-6.87	4 521 000.00	596 399.40	-7.10	-0.23
28	4 521 300.00	596 699.40	-6.69	4 521 300.00	596 699.40	-7.00	-0.31
29	4 521 600.00	596 400.60	-6.80	4 521 600.00	596 400.60	-6.90	-0.10
30	4 521 900.00	596 699.40	-6.51	4 521 900.00	596 699.40	-6.80	-0.29

根据 4 662 个水深点数据,利用公式 1 计算出高程中误差为 ± 7.8 cm。

$$\text{高程中误差 } Mh = \pm \sqrt{\frac{[hh]}{2n}} = \pm \sqrt{\frac{56.73}{9\ 324}} = \pm 7.8 \text{ cm} \quad (1)$$

3.3 误差分析

通过上述作业方案和水深数据对比结论,分析认为该误差主要由两种原因造成。

1) 水位观测误差

常规水深测量中,采用人工在水位验潮点进行潮汐观测。潮位改正是在后处理中按潮汐均匀传播的原理,采用潮汐分带或线性内插的方法进行改正的。采用潮汐分带进行改正,认为在同一分带区潮位值是一样的,实际却并非如此,尤其在跨带区附近误差较大;采用线性内插进行改正,一般多用于相对较长且潮位变化较大的测区。由于验潮站获得的水位数据是验潮站附近瞬时水位的平均值,水流情

况以及波浪的无规律性,使得测深点的潮位与该点实时实地的潮位存在一定差值。因此,根据验潮站的水位数据和水深数据求得的水下高程还是存在一定误差的。

2) 波浪效应

波浪效应是指由于风浪引起测船纵、横向倾及上下沉浮,从而影响水深点平面和水深两方面的偏差。测船的纵、横向倾对测量水深和平面位置的影响是比较大的。因此,在无验潮模式下进行水深测量时,要对测船进行姿态改正。

4 结束语

综上所述,在距离岸边 17 km 的范围内,利用 GPS-RTK 配合测深仪技术进行水下地形测量,采用无验潮和传统验潮两种模式下均能取得满足规范要求的测量成果。另外,两种测量模式也各有利弊,在 GPS-RTK 有效 (下转第 167 页)

3.2 三江源生态安全的评价

利用2.1中的公式,并结合3.1中得到的各评价单元压力、状态和响应的等级,得到各评价单元的生态安全指数。玛多、达日、甘德和河南县生态安全指数小于1,生态不安全。生态安全指数1~4的有玛沁、同德、泽库、久治、曲麻莱县,生态安全处于中等水平。玉树和兴海县指数在5~10,生态系统较为安全。班玛、囊谦、称多和治多县生态安全指数最高,表明生态安全等级最高,具体如图2所示。

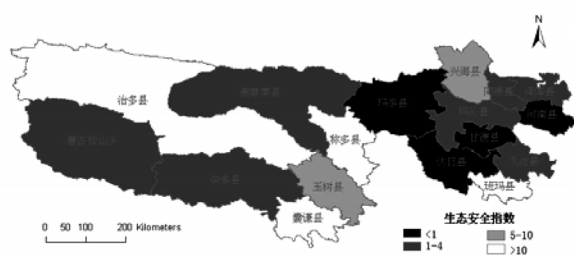


图2 三江源生态安全指数分布

Fig. 2 The distribution of Sanjiangyuan ecological safety indexes

4 结束语

采用压力—状态—响应模式对三江源地区生态安全进行评价,该模式包括三个模块。

(上接第161页)

起算数据进行计算,得到多套数据成果。这样既能满足各种不同测绘任务的需要,而且还为原有测绘成果向新坐标系统的转换提供了准确的起算数据,避免了重复测绘所造成的巨大的人力、物力资源的浪费。

7) 本网高精度的WGS-84坐标成果为以后进行城区大地水准面精化提供了可靠的数据源。

8) 为开封市建立城市连续运行参考站系统(CORS)做准备。

参考文献:

- [1] 李征航,黄劲松. GPS测量与数据处理[M]. 武汉:武汉大学出版社,2005.
- [2] 冯光财,陈正阳. 一种GPS高程拟合计算的新方法[J]. 矿山测量,2005(4):6-8.

(上接第164页)

作用距离内,采用GPS-RTK进行无验潮测量能有效消除常规测量中的部分误差,如水位观测误差、动态吃水误差等;而采用GPS-RTK进行验潮测量又不能取得测深点的瞬时高程。因此,在测量小面积水下地形时采用GPS-RTK进行无验潮测量,可以达到“省时、省力”的要求,同时还可以提高工作效率,加快工程进度。随着GPS-RTK和测深技术的不断发展,必将使其在水域工程建设中发挥越来越大的作用。

1) 压力代表了生态系统所遭受的内外部各种压力,是三江源生态系统变化的驱动力;状态模块是评价单元固有的生态属性,用以表达自然生态环境目前所存在的和运行的状态;响应模块是压力导致的生态系统的变化时,人类社会所采取的应对措施及能力的程度。

2) 根据各个模块的评价结果,玛多、同德县的生态压力最大;而玉树、杂多、曲麻莱、玛沁、久治、玛多、甘德、兴海、达日、泽库、河南县生态系统运行状态较差;生态响应等级最低的是甘德、达日和河南县。

3) 从生态安全指数来看,玛多、达日、甘德和河南县指数最低,玛沁、同德、泽库、久治、曲麻莱县,生态安全处于中等水平,玉树和兴海县生态安全指数较高,而班玛、囊谦、称多和治多县生态安全指数最高。

参考文献:

- [1] 张忠孝. 青海地理[M]. 西宁:青海人民出版社,2004.
- [2] 张帅,邵全琴,刘纪远,等. 黄河源区玛多县土地利用/覆被及景观格局变化的遥感分析[J]. 地球信息科学,2007,32(4):109-114.
- [3] 曹凤中. 中国城市环境可持续发展指标体系研究手册[M]. 北京:中国环境科学出版社,1999.

[编辑:胡雪]

[3] 陈俊勇,杨元喜,王晓亚,等. 2000国家大地控制网的构造和它的技术进步[J]. 测绘学报,2007(1):1-8.

[4] 徐绍铨. GPS测量原理与应用[M]. 武汉:武汉大学出版社,2003.

[5] 赵庆海. 高精度向量网抗差估计[J]. 测绘学报,2004(1):43-46.

[6] 刘基余. GPS卫星导航定位原理与方法[M]. 北京:科学出版社,2003.

[7] 刘立龙,刘基余,韦其宁,等. 高精度GPS RMBS的设计与实现[J]. 测绘通报,2005(6):28-30.

[8] 刘志强,黄张裕. GPS随机模型最优不变二次无偏估计算法及实现[J]. 测绘科学,2008(6):158-159.

[编辑:宋丽茹]

参考文献:

[1] 周丰年,田淳. 利用GPS在无验潮模式下进行江河水下地形测量[J]. 测绘通报,2001(5):28-30.

[2] 天津航道局. 水运工程测量规范[S]. 北京:人民交通出版社,2001.

[3] 梁开龙. 水下地形测量[M]. 北京:测绘出版社,1995.

[责任编辑:王丽欣]