

GPS RTK 在水下地形 测量中导航定位的应用*

李冰皓 白涛 谢宝童 商瑞斌

(清华大学 GPS 应用研究室,北京 100084)

[摘要] 介绍 GPS RTK 系统的基本特点和水上精密导航的特点,结合密云水库工程实例介绍了一套比较完善的基于 RTK 的水上精密导航系统,对导航结果进行了分析,讨论了现存的问题和未来解决问题的方向。

[关键词] RTK 定位 导航

[分类号] P229.1

一、引言

定位是水下地形测量的重要组成部分。测量江河湖海水下地形,其比例尺都比较大,根据用户不同,测图比例尺从 1:1000 到 1:10000,即平面位置精度要达到 0.1m—1m。而水上定位不同于陆地定位,因为船是运动的、实时的,不可能象陆地测量那样静止测量。

水上定位有多种方法,如光学定位、无线电定位、卫星定位、水声定位以及组合定位等。光学定位以交会方法为主,即通常所用的前方交会法、后方交会法、侧方交会法以及极坐标法。由于后方交会法与侧方交会法有致命缺陷,不适于水上定位,已基本淘汰。极坐标法为近年来国内外研制的沿岸测量自动化系统所常用的方法。无线电定位系统具有全天候、连续实时定位的特点,定位精度基本能满足要求,作用距离远、覆盖范围大,以成为目前海洋测量的主要定位手段之一。水下声学定位是利用水下声标在水底建立测量控制网的一种水上测量定位手段。卫星定位目前主要是利用 GPS 卫星信号进行定位,GPS 单点定位由于受多种因素影响,

精度不高,定位精度近 100 米,不适于水上定位。近年来,国内外对运用 GPS 进行高精度动态测量作了大量研究,目前应用较多的有位置差分、伪距差分,伪距差分相位平滑,但精度最高只能到 3—5 米。而使用实时载波相位差分(Real Time Kinematic System),精度可达厘米级,可以满足高精度测量要求,水上一般没有遮挡,开阔的环境尤其适合运用 RTK。至于组合定位系统就是把几种定位系统组合起来,使之互相补偿,以提高定位精度。一般来说,组合定位系统价格昂贵,实际应用较少。

二、GPS RTK 原理简述

RTK 技术开始于九十年代初,是基于载波相位观测值基础上的实时动态定位技术。其基本原理是:在已知点上设立基准站,通过数据链将伪距和载波相位观测值及基准站坐标信息一起发给流动站;流动站不仅通过数据链接收来自基准站的数据,还要采集 GPS 观测数据,在系统内形成载波相位差分观测方程,并实时处理,采用动态卡尔曼滤波技术,在运动中初始化求出整周模糊度值。这样就可以保证船在运动

中实时定位,给出达到厘米级精度的该点位置。RTK算法比较复杂,其关键是求解载波相位的整周模糊度。随着人们对RTK研究的深入,出现了很多新的算法,但通常由以下过程组成:

1、流动站接收基站的测量数据(通过无线电MODEM),将其外推到同样的历元,对应于移动站的测量。

2、检测测量数据所受到的异常误差影响。

3、确定浮点模糊度。

4、搜索/确定浮点模糊度。

5、计算基线。

载波差分测量中困难的是要解决周跳问题,一旦出现周跳,会导致异常的相位误差,因此软件中应考虑动态周跳探测和修复。一般只要有四颗卫星无周跳,利用这四颗卫星可以对其他卫星进行修复;但是若全部卫星失锁,就要重新初始化,所以最好选择双频双系统GPS RTK接收机,这样可靠性强,并要实时监测卫星是否失锁。

RTK一般只适用于基线长小于30KM的测量,若基线过长,会导致确定整周模糊度的困难,降低定位精度。

三、工程实例及系统简介

1、工程背景与概况

密云水库建于1960年,为华北地区第一大水库,是北京市重要的生活工业水源。为保证密云水库运行安全,顾及首都及密云水库下游地区人民生命财产安全和社会稳定,北京市政府决定对密云水库存在安全隐患的坝区进行安全加固。清华大学GPS研究室接受委托协助北京市水利规划设计院进行密云水库潮河库区野外高密度地震影象测试工作,提供高精度水上导航,为密云水库潮河主坝及九松山副坝加固工程提供设计依据和施工监测。测试的目的和任务是了解测区内淤泥分布的情况和厚度,抛石料的分布情况和厚度。测区位于东经 $40^{\circ}26'50''$ 至 $40^{\circ}27'00''$,北纬 $116^{\circ}58'25''$ 至 $116^{\circ}58'35''$ 。在大坝上有已知北京地方坐标和北京54坐标的2个已知点。库区水位150米,水深在20—50

米左右。

2、系统构成

清华大学GPS应用研究室研制了一套水上导航和与声纳结合水下地形测量系统。GPS接收机采用NOVATEL RT-2接收机,该设备具有RTK功能,通讯频率400MHz,定位输出率4Hz。导航设备是清华大学研制的导航仪,主机由一台PC/104 486级工控机和LCD显示器构成,体积小、可靠性高,适合于野外恶劣环境和空间较小的船只。导航设备及SWS-1G型多功能面波仪安装在快艇上(流动站),快艇拖拽电动震源船的拖鱼(内置300Hz检测器、10KHg水听器)。NOVATEL RT-2 GPS接收机在卫星情况良好,多路径效应不强的情况下,初始化只需两分钟左右。

根据多年来的实际工作积累的经验,清华大学GPS研究室开发了一套水上导航软件。该软件具有以下特点:

1)使用DOS平台,对硬件运行速度要求不高。水上导航的实际工作环境比较恶劣,潮湿、高温,阳光直射都可能遇到,这就对硬件的可靠性提出了较高的要求。该软件只要在386以上级别的计算机上都可运行。我们采用可靠性较高的工控机,以保证导航任务的顺利完成。

2)提供全中文界面,使得第一次使用该软件的操作人员也能很快熟悉、适应。

3)有手动和自动两种导航方式,操作灵活。一般情况下自动方式足以完成很复杂的导航工作。手动方式提供给用户一种随时干预导航的途径,可应付任何意外的变化。

4)每个航区最多可置300条航线,航区可多至10个,也可根据实际情况增减。航线文件的编制简便易行。

5)航线自动采用递增或递减方式载人。在完成一条航线的导航后,下一条航线载人,并自动翻转,使得前进方向总是朝上,符合人的习惯。一条航线往往很长,屏幕可滚动显示航线。

6)实时显示航偏距、航偏角、经度、纬度、航线号等必要信息,辅助导航。

7) 屏幕保留流动站轨迹,有助于驾驶员适应外界环境的影响。同时记录所有流动站轨迹点的 BL 或 XY 坐标,供事后分析使用。

8) 远距离导航可在左上角显示大比例尺航线及流动站的位置,有利于驾驶员了解自己所处的位置。

9) 具有进入航线和驶出航提示功能(声音和图形双重提示)。提供了一种与测深仪器(如面波仪)同步的方法。

10) 比例尺自动切换:在远离航线时用大比例尺,在进入航线时用大比例尺,保证流动站始终在导航屏幕上出现。同时在进入航线后,还采用了垂直与水平方向使用不同比例尺的方法,提高驾驶员的导航精度。

该软件经过多次实验及实际生产检验,证明可靠性高,操作便利,驾驶人员易于接受。

3、测试及结果处理

本次测试共完成潮河主坝平行坝轴线纵剖面(简称纵剖面)3条,垂直坝轴线横剖面(简称横剖面)24条;九松山副坝纵剖面1条,横剖面5条。此次测量因为用户要求达到亚米级精度,所以使用 RTK 是合适的。

实测时,导航人员、测试人员密切配合,尤其是挑选了最好的驾驶员,使测量工作快速、高质量完成,测试人员对导航效果表示满意。

(上接 19 页)

二类界址点的要求;当对极坐标测点的观测距离施加棱镜改正时,交会三次也基本满足二类界址点的精度要求。

4、测边交会用于测量较隐蔽困难地区的界址点,具有操作简单,便于发展的特点,非常适用于二类界址点的测定。在保证交会角在一定范围量时,完全可以满足 $\pm 7\text{cm}$ 的要求。因此,在地籍测量中,广泛地应用测边交会必然会加快外业界址点的测量效率。

参考文献

[1] 中华人民共和国行业标准·城镇地籍调查规程·农业出版社,1991

事后对流动站轨迹进行处理,绘制了航线图和轨迹图,并向测量人员提供了所有轨迹的 XY 坐标,便于他们处理面波仪记录的数据和测图,达到预期的目的。

四、总结与讨论

利用 GPS 实时载波相位差分(RTK)技术进行水上定位导航具有很大的优越性,实现了高精度($< 1\text{m}$),快速进行平面位置测量,具有推广价值,尤其是在内陆水域及近海的水下地形测量上应用前景良好。同时还有很多问题需要进一步讨论、研究,例如:

1、导航软件记录数据与测深仪发生探测脉冲时刻同步的问题。现在的软件还需要人工干预,如何实现自动同步值得探讨。

2、由于流动站本身处于运动状态,运动速度有快有慢,水深值也不是固定的,如何将 GPS 定位数据与测深数据很好地匹配起来也是今后需要解决的问题。

参考文献

[1] 梁开龙,水下地形测量 北京:测绘出版社 1995
[2] 葛胜杰, GPS RTK 算法研究 清华大学硕士论文 1999

[3] 刘大杰 施一民 过静琚,全球定位系统原理与数据处理,同济大学出版社 1997

[2] 武汉测绘学院编·《测量学》下册·测绘出版社,1985

[3] 顾孝烈·城市与工程控制网设计·同济大学出版社,1992

[4] 陈传胜等·间接解析法测算界址点的精度分析与试验·测绘通报,1997(12)

[5] 孔明明·小城镇地籍测量方法的介绍·测绘科技通讯,1997(4)

[6] 周兴东·西安城六区地籍界址点测量方法探讨·测绘科技通讯,1998(12)

[7] 李全信·考虑起算数据误差的测边交会精度估算公式·测绘通报,1999(3)

[8] 吴献文·数字化地下管线测点精度的探讨·工程勘察,1999(4)