

利用姿态传感器提高单波束测深精度

继胜 刘忠臣 周兴华 张卫红

(国家海洋局第一海洋研究所, 山东 青岛 266061)

【摘要】 从姿态传感器的工作原理入手, 介绍了影响单波束测深仪测量精度的船只姿态变化现象, 并提出了利用姿态传感器输出的各种船姿信号, 对测深仪测量精度进行提升。

【关键词】 水深测量 姿态传感器 单波束测深 感应单元

1 前 言

近些年来, 从事海洋测绘的工作者越来越多地利用多波束系统进行海底地形的勘测任务, 这是因为多波束系统具有单波束测深系统不可比拟的优点(如高精度、全覆盖等)。多波束系统之所以具有自己独有的优点, 除了在系统设计上采取了更多、更先进的硬件技术和信号处理技术之外, 还得益于其先进的外围辅助设备(如姿态传感器和电罗经等)。然而, 单波束测深系统也有自己固有的优点, 其系统小巧, 便于携带, 因此其调试和安装都较为简单。另外, 其低廉的勘测运行成本, 也使相当多的用户在较为广泛的场合下仍使用单波束测深系统来完成勘测任务。

若将多波束系统的外围设备恰当地运用于单波束测深系统, 以此来提高其测量精度, 将会使单波束测深系统更大程度地满足精度要求越来越高的勘测任务。本文将对利用姿态传感器来提高单波束测深精度的方法加以讨论。

2 姿态传感器的工作原理

为了能把测量船的姿态变化转换成数字信号输出, 姿态传感器在设计上采用了两种类型的传感器单元: 线性加速度感应单元和角度变化率感应单元。这两种类型的传感器是按三维正交形式排列的, 三维正交转动轴分别为纵摇(pitching)、横摇(rolling)和偏航(yawing)(如图 1 所示), 以此来感应船姿的三维变化。

2.1 线性加速度感应单元

姿态传感器的线性加速度感应单元是由一个很薄的环形硅片与辅助电路组成的。这种环形硅片

只对某一特定方向上的运动敏感, 而对于其他方向上的运动, 其状态是稳定的。利用这种特性, 把这种环形的硅片按其对运动的敏感性方向分别与测量船的三个运动轴向对应安装起来, 就能分别感应出测量船的三维变化, 这种变化再通过其辅助电路, 被转换成数字信号输出。

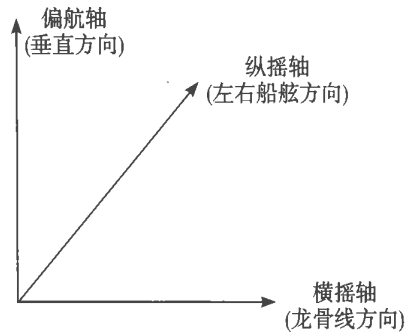


图 1 传感器的三维正交转动轴

2.2 角速度传感器

姿态传感器的角度变化率感应单元, 利用摆锤的某些运动特性, 来感应测量船的三维转动变化。当一个悬挂于支点的摆锤在某一平面内建立起摆动时, 它会对任何企图改变其摆动平面的外力产生一个抵抗力, 即当摆锤的悬挂点产生转动时, 摆动平面并不同时产生转动。根据摆锤的这种特性, 就能感应出测量船在三个方向上的角度变化。角速率传感器只对角度变化敏感, 而对任何方向上的线性运动变化不敏感。

3 船姿对单波束测深的影响

测量船在勘测过程中, 由于受涌浪、海流及风向等多种因素的影响, 其航行姿态也是随机变化的, 这种变化会从以下几个方面影响系统的测量精度。

3.1 测船垂荡 (Heave) 对测量结果精度的影响

在进行测量任务时,由于涌浪的作用,测量船会随着涌浪产生上下起伏(垂荡)。很明显,这种起伏变化将直接使测量的水深结果比真实值偏大或偏小(如图2所示)。

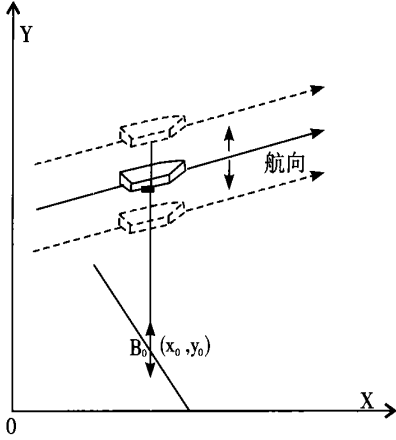


图2 由垂荡所引起的水深误差

3.2 横摇、纵摇对测量结果精度的影响

与垂荡只对测量水深数值有影响不同,横摇和纵摇的产生,除了使声波不是垂直入射而产生水深数值上的误差之外,这种横、纵摇,还会使所测水深点在位置上发生偏移(如图3、图4所示)。从图中可以看出,位置偏移量

$$l = h' \cdot \sin \theta \quad (1)$$

即位置偏移量 l 与水深 h 和横、纵摇角度 θ 成正比,而且纵摇的存在使测点位置发生沿航向方向上的前后偏移,横摇的存在使测点位置在垂直于航线方向上发生左右偏移。

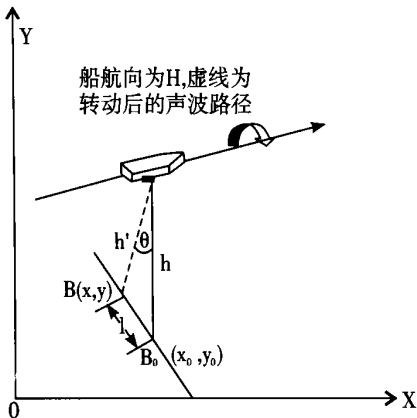


图3 由横摇所引起的水深点的位置偏移

4 利用姿态传感器进行精度提升的方法

由于不同的船姿变化对测量结果影响的机理不同,其相应的误差改正方法也不相同。

4.1 对垂荡影响的补偿方法

对于上下起伏产生的影响,因其只是在数值大小上的影响,其相应的补偿方法较为简单:只要把姿态传感器输出的起伏数值应用到深测仪在同一时刻输出的水深值上即可(时间的同步可利用同一定标信号源的控制来达到)。

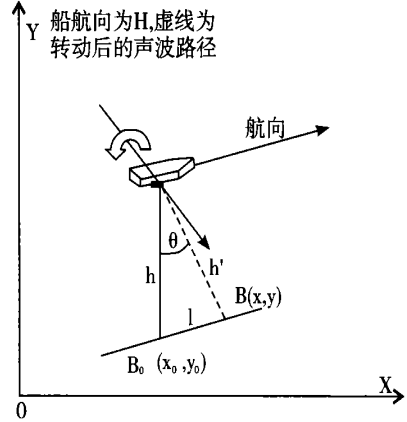


图4 由纵摇所引起的水深点的位置偏移

4.2 对横摇引起的数值和位置偏差的校正方法

由图3可知,由于横摇的存在,使得所测水深点的位置发生了横向偏移,另一方面,由于声波传播路径的变化,水深数据也存在着误差。由图所示,可得出:

B点实际的水深为:

$$h = h' \cdot \cos \theta \quad (2)$$

所测水深点的实际坐标为:

$$\left. \begin{aligned} x &= x_0 + h' \sin \theta \cdot \cos H \\ y &= y_0 - h' \sin \theta \cdot \sin H \end{aligned} \right\} \text{ (横摇为逆时针转动)} \quad (3)$$

$$\left. \begin{aligned} x &= x_0 - h' \sin \theta \cdot \cos H \\ y &= y_0 + h' \sin \theta \cdot \sin H \end{aligned} \right\} \text{ (横摇为顺时针转动)} \quad (4)$$

根据公式(2)、(3)、(4)即可对测量结果进行误差校正。

4.3 对纵摇引起的数值和位置偏差的校正方法

由前面的讨论可知,纵摇的存在,也可引起两方面的误差:数值误差和位置的偏移。由图4看出,所测水深值比真实值偏大,而水深点的位置会因纵摇的影响而沿着航线方向发生前后移动。由图4可以看出,所测水深的实际值可用(2)式表达。水深点的实际坐标为:

$$\left. \begin{aligned} x &= x_0 + h' \sin \theta \cdot \sin H \\ y &= y_0 + h' \sin \theta \cdot \cos H \end{aligned} \right\} \text{ (纵摇为顺时针转动)} \quad (5)$$

(下转第62页)

发了格式模板的创建和编辑工具以及格式模板库的管理工具,它可适用于各种全站仪,为数字化测图的全站仪数据处理方面,向用户提供了一个坐标数据

通用接口,这不仅减轻了成图软件开发者的负担,也方便了用户。在作者研制开发的“Xmap 测绘、管理软件包”新版本中,全面采用了这项格式模板技术。

参 考 文 献

1 谢刚生,邹时林. 数字化成图原理与实践[M]. 西安: 西安地图出版社, 2000. 186 ~ 272
2 潘正风,杨德麟. 大比例尺数字测图[M]. 北京: 测绘出版社, 1996. 90 ~ 130
3 陈伯雄,冯伟. Visual Lisp for AutoCAD 2000 程序设计[M]. 北京: 机械工业出版社, 2000. 49 ~ 106

(上接第 58 页)

$$\left. \begin{aligned} x &= x_0 - h' \sin \theta \cdot \sin H \\ y &= y_0 - h' \sin \theta \cdot \cos H \end{aligned} \right\} \text{(纵摇为逆时针转动)} \tag{6}$$

根据公式(2)、(5)、(6),即可对由纵摇引起的测量数值误差进行校正。

根据以上的讨论及公式(1)~(6),编程实现姿态数据的获取并进行误差校正。

5 几点说明

(1)上述误差校正方法中航向角度 H ,可以由电罗经输出得到。也可以利用位于垂直于船龙骨线上的两台高精度 GPS 信号求解得到航向。

(2)在安装姿态传感器时,为了使安装及数据处理简化,要尽可能使安装位置与测深仪换能器处于同一垂线方向上,否则就要利用姿态传感器的配套设置软件进行位置改正。

(3)姿态传感器的安装,其横摇轴要与船龙骨线平行,其纵横轴与偏航轴和横摇轴相互正交(见图 1)。可借助于激光指向器(Laser Pointer)来提高安装精度。

6 结 论

通过以上几方面的数值和位置的校正,可以最大限度地提升单波束测深系统的测量精度,并能使系统更广泛地适应各种测量海况,增加其利用率,降低测量成本。

机构信息

北京曼迪捷仪器设备有限公司

机构名称: 北京曼迪捷仪器设备有限公司
英文名称: Beijing Mandy Instrument & Equipment Co., Ltd
地 址: 北京市朝阳区左家庄一号国门大厦 2D 邮 编: 100028
电 话: 010—64606848 传 真: 010—64606845
E-mail: mail@mandy.com.cn Web: Http://www.mandy.com.cn

北京曼迪捷仪器设备有限公司成立于 1996 年,专业代理国外最新高科技仪器设备在中国的市场营销、开发应用及售后服务。公司的主要合作伙伴来自丹麦、德国、英国、荷兰等欧洲国家,产品涉及海洋勘查测量、海洋环境监测、物理海洋学研究等领域。主要产品有测深仪、侧扫声纳、前视声纳、五波束条带测深仪、参量阵浅地层剖面仪、浅层地震仪、水下声学定位系统、水下罗经及运动传感器、水下 ROV、测波仪、海洋生态环境监测系统、验潮仪、温盐深传感器、ABS 测沙仪等。