

doi:10.3969/j.issn.1003-2029.2019.04.005

国产走航式声学海流剖面仪的应用分析

孙 芳,王 川,吴宝勤

(海军海洋测绘研究所,天津 300061)

摘 要:针对国产走航式声学海流剖面仪的应用性能进行评价,为用户及生产厂家提供借鉴。首先,就国产走航式声学海流剖面仪的实际数据,从不同角度和层面,全面分析和考察了其测量数据的各项性能,有针对性地绘制了各类图件,并通过数据质量、数据有效性、测流精度、测流深度等各方面的分析对比,对国产走航式声学海流剖面仪做出定性评价。其次,通过与国外同类仪器的以往应用情况进行对比分析,发现在船只转向和往复航行、加速和减速航行、高速航行时,国产走航式声学海流剖面仪表现更佳。最后,基于应用中的不足给出相关建议。

关键词:走航式;声学海流剖面仪;数据处理;应用分析

中图分类号:P715 **文献标志码:**A **文章编号:**1003-2029(2019)04-0027-06

随着经济的发展,海洋变得越来越重要,海上的人类活动越来越频繁,海洋灾害造成的损失也越来越大。海洋更是国家的安全屏障,海洋环境参数对于海上军事活动是极其重要的,目前海洋监测能力已经成为海上军事优势的重要组成部分^[1-2]。随着建设“海洋强国”方略的提出,以及“海上丝绸之路”等重大专项的启动实施,海流测量设备的需求与日俱增,但国内海洋仪器绝大多数还是依赖进口^[3-6]。目前,国产走航式声学海流剖面仪(Acoustic Doppler Current Profiler, ADCP)在国家高技术研究发展计划(863 计划)的支持下,经过多年的研发工作,取得了一定的成果,已有多台套的安装使用,初步形成产品^[7-8]。

本文根据某测量船上国产 ADCP 获得的大量测量数据,通过对国产 ADCP 与 GPS 测量数据的对比分析,并针对不同航行情况、不同航行区域、潮流特性等对国产 ADCP 的性能以及可靠性进行定性评价,对用户及生产厂家提出改进建议,希望可提供一些借鉴。

1 数据获取

本文选取某测量船赴太平洋某海域执行航天

测控任务期间的数据。国产 ADCP 从 2019 年 7 月 27 日 08:00-8 月 13 日 14:00 连续开机工作,历时 18 d,总航程 11 000 多 km,最远航行至 165°E, 1°S 赤道瑙鲁岛附近。该航次获得的数据文件包括 SLC38-1 型、SLC150-1 型两型 ADCP 的测量数据。其中 SLC150-1 型 ADCP 为高频测流设备,测量的流层数据相对较浅,但是盲区相对较小;SLC38-1 型 ADCP 为低频测流设备,测量的流层数据相对较深,但是盲区相对较大。本航次测量任务海域深度多为 2 000 m 以上,因此文中主要以 SLC38-1 型 ADCP 获取的原始测量数据为处理对象,进行分析对比。由于测量船的导航信息报文未向 SLC38-1 型 ADCP 设备录取软件提供船载 GPS 的东北向分量速度、罗经的纵横摇姿态数据,因此本次数据处理关于船速的基于经、纬度位置信息解算。设备连续 18 d 不间断测量,未进行停、关机操作,共获得 21 个测量数据文件,总大小为 2.41 G。

2 数据处理

数据处理主要包括:GPS 数据处理和 ADCP 数据处理。其中 GPS 数据处理是指由定位数据转换到

收稿日期:2019-05-17

基金项目:国家自然科学基金资助项目(41406004)

作者简介:孙芳(1969-),女,硕士,高级工程师,主要从事水声环境效应与水声调查研究。E-mail:422066141@qq.com

GPS 船速数据,方法是使用地球椭圆近似(赤道半径取值 6 378 136 m,极地半径取值 6 356 751 m),计算局地的经度变化对应的东西方向距离变化,纬度变化对应的南北方向距离变化,利用采样的时间间隔,获得 GPS 船速的东分量、北分量和矢量速度。

ADCP 数据处理是指由 ADCP 测得的数据进行坐标变换及分量流速计算,获得相对地球局地坐标的流速分量(东分量和北分量),便于与 GPS 获得的船速数据进行比对分析。

由于原始波束信号不可避免地存在各种噪声,ADCP 数据处理时采用 1 min 的时间窗口进行中值滤波处理,能够较好地去除高频的虚假信号,以便与 GPS 数据进行比对分析。

3 数据分析

为了从不同角度和层面全面分析和考察国产 ADCP 测量数据的各项性能,有针对性地绘制了各类图件,并进行数据质量、数据有效性、测流精度、测流深度等各方面的分析比对,对国产 ADCP 做出定性评价。

3.1 流层对比

通过上下流层测量数据的对比,检查仪器在多大深度上的数据有效性,各层数据统一绘制在一张图上,流层对比图反映了测流数据随深度的变化情况,总计 210 幅。典型图例如图 1 所示。

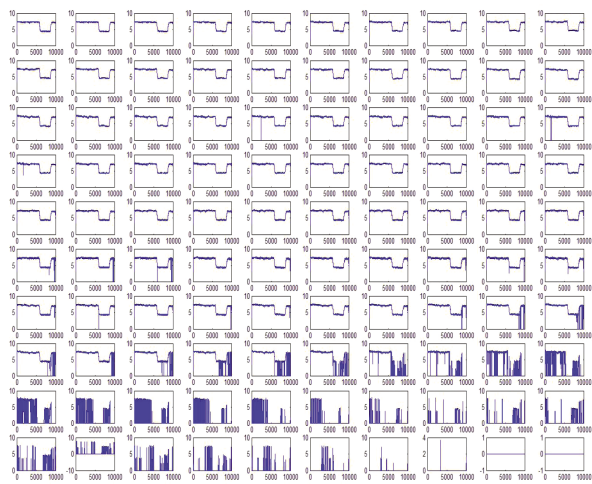


图1 某日测量的流层单波束数据图

通过绘制各类流层对比图,检验和分析仪器测流数据(含船速)的精度和合理性。其中,原始波束速度图分 4 个波束绘制,形成对比,反映 4 个波束

的一致性;GPS 船速分量和 ADCP 测流分量的对比图反映 GPS 船速分量和 ADCP 测流分量的相关性;GPS 船速和 ADCP 流速的数值对比图同样反映 GPS 测速和 ADCP 测速的相关性。该 3 类图件共计 31 500 幅。典型图例如图 2~图 4 所示。

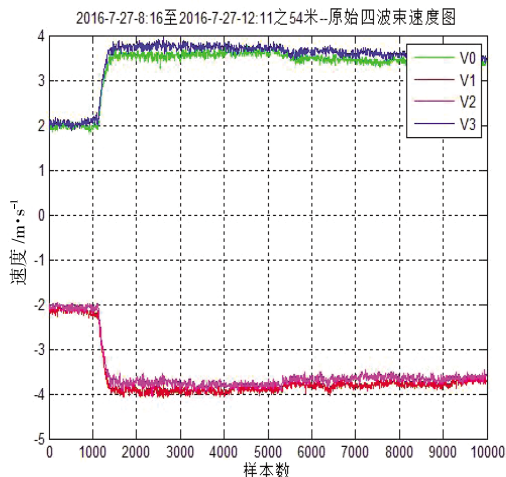


图2 某日测量的原始四波束速度图

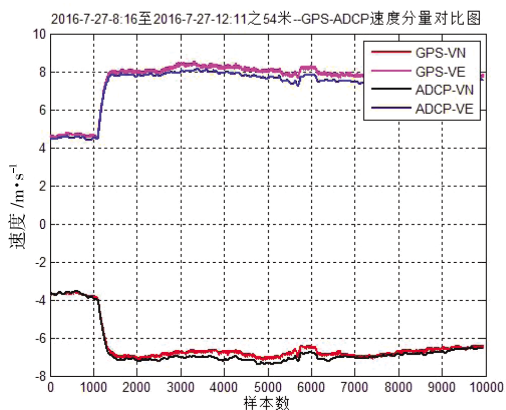


图3 某日测量的 GPS 与 ADCP 测量速度分量对比图

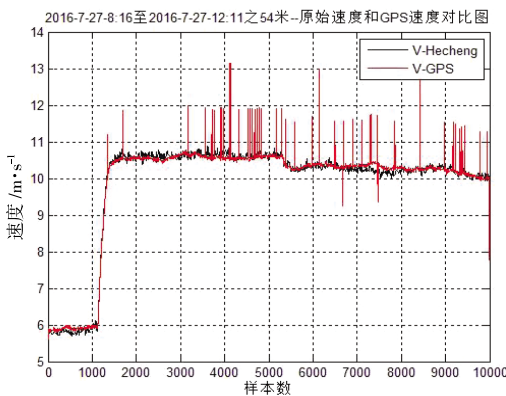


图4 某日测量的 GPS 与 ADCP 测量速度对比图

3.2 流速对比

通过绘制各流层的流速对比图,检验和分析仪器真实流速的观测精度和合理性。其中,流速分量

图反映各个分量的波动变化;流速矢量图反映流场的空间和时间变化特征。该2类图件共计21 000幅。典型图例如图5~图6所示。

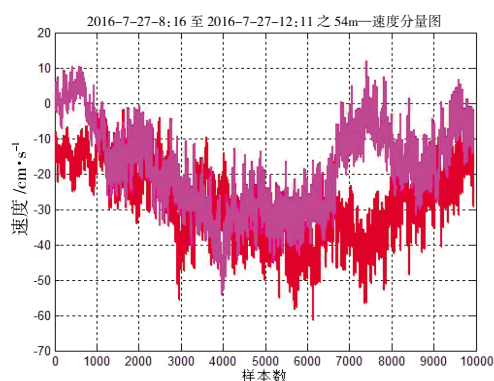


图5 某日测量的 ADCP 速度分量图

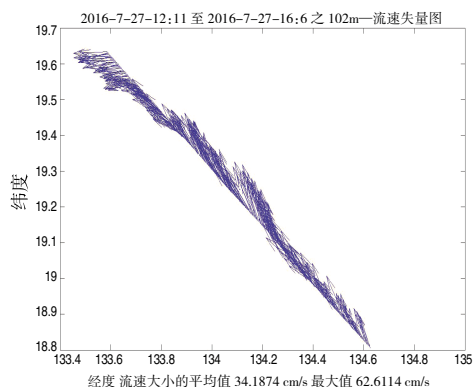


图6 某日测量的 ADCP 速度矢量图

3.3 转向和往复航行情况分析

根据全航次的航迹情况分析,本航次存在很多转向和往复航行情况。从对应的流速矢量图中可以看出,SLC38-1型 ADCP 在整个航次的所有转向和往复运动中测流数据不受影响,典型图例如图7所示。

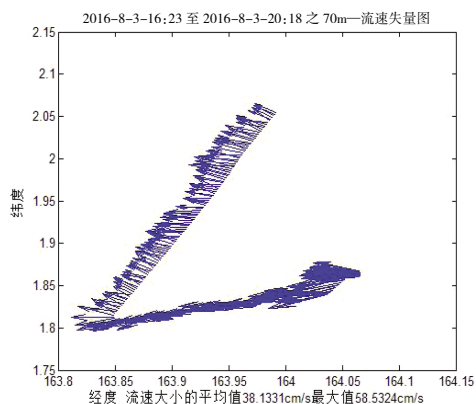


图7 转向航行时测量的 ADCP 流速矢量图

3.4 加速和减速航行情况分析

根据全航次的航行情况分析,本航次存在众多加速和减速航行情况。通过对该航次国产 ADCP 数

据处理发现,SLC38-1型 ADCP 在整个航次的加速、减速过程中表层略有影响,表层以下基本不受影响。通过分析 GPS 船速和 ADCP 测流对比图,ADCP 测流结果非常理想,特别是持续加减速过程,测流数据质量依然很好。典型图例如图8~图9所示。

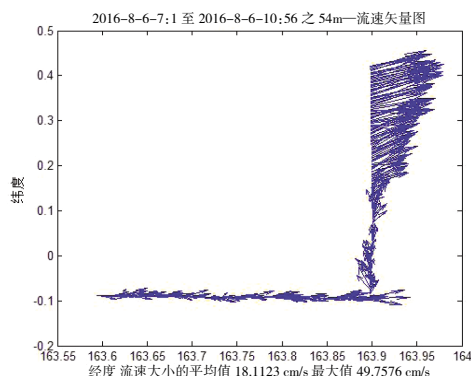


图8 加速航行时测量的 ADCP 流速矢量图

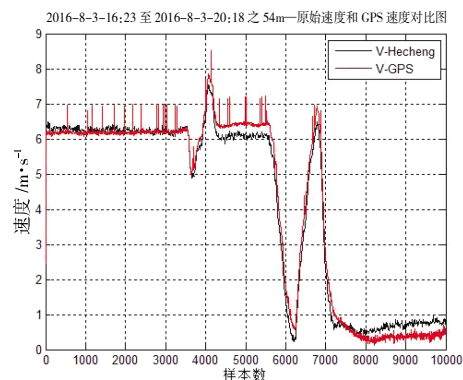


图9 减速航行时 ADCP 与 GPS 测量的流速对比图

3.5 高速和低速航行情况分析

在高速航行情况下,受气泡、船体噪声、信号跟踪丢失等影响,测流效果一般会很差,但国产 ADCP 航行在 20 kn 时,绝大多数测流数据明显具有较高质量。在低速情况下,船只受海浪影响左右摇摆,一般在没有姿态修正的情况下,测流效果会比较差,

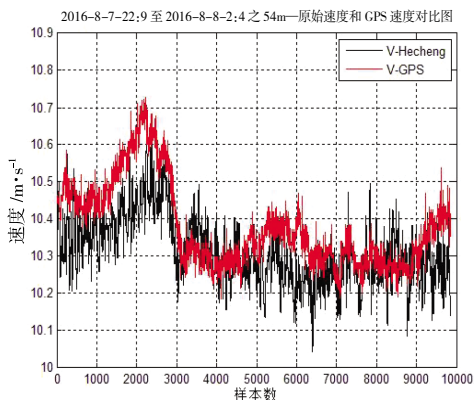


图10 高速航行时 ADCP 与 GPS 测量的速度对比图

但国产 ADCP 在低速航行时,测流效果依然非常理想。典型图例如图 10~图 11 所示。

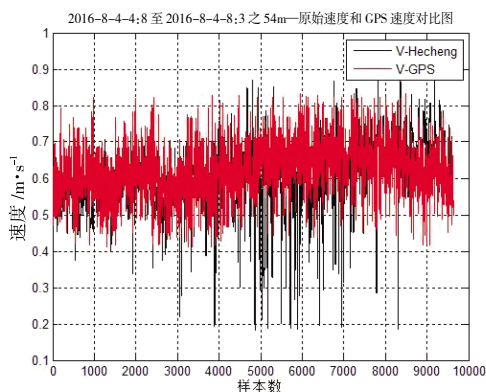


图 11 低速航行时 ADCP 与 GPS 测量的速度对比图

4 讨论

根据海军以往使用美国 RDI 公司 ADCP 经验,船只在转向和往复航行以及加速和减速航行时,数据质量一般不好,在数据后处理过程中通过质量控制去除该时间段的数据。通过对该航次国产 ADCP 数据处理发现,该型仪器在整个航次的所有转向和往复运动都不受影响。

在高速情况下,受气泡、船体噪声、信号跟踪丢失等影响,测流效果一般会很差,通常 RDI 公司的 ADCP 的测流工作航速不超过 12 kn,该航次的国产 ADCP 多数航行在 20 kn 附近,从测流效果上,绝大多数明显具有较高的质量(不排除母船的平台条件优越)。

由此可见,国产 ADCP 与美国 RDI 公司 ADCP 相比,在船只转向和往复航行、加速和减速航行、高速航行时有优势;在船只匀速直航测量状态,流速剖面测量性能与国外 ADCP 相当。在 20 kn 及以下

航速时,数据质量良好,船只转向和往复航行、加速和减速航行基本不影响数据质量或影响很小。在低速航行情况下,测流效果非常理想(因没有海况数据参考,不排除没有海浪的情况)。

国产 ADCP 的测流数据具有基本的符合性和合理性,能够反映观测海域的基本流场特征,数据获得的赤道流和潮流特征理想。设备在整个航次 18 d 时间内连续工作无中断,无人干预,换能器接收信号质量稳定,具备基本的可靠性和稳定性。

5 结束语

本文从不同角度和层面,对国产走航式声学海流剖面仪的实际数据进行了全面分析和考察,对该剖面仪测量数据的各项性能,通过数据质量、数据有效性、测流精度、测流深度等各方面的分析比对,做出定性评价。同时,通过与国外同类仪器的以往应用情况进行对比分析,发现在船只转向和往复航行、加速和减速航行、高速航行时,国产走航式声学海流剖面仪表现更佳。

建议设备用户在浅海及大陆架海域进行流场观测时使用高频 ADCP (如 SLC150-1 型 150 kHz PAADCP),在深远海海域流场观测时使用 SLC38-1 型 PAADCP 典型层厚 16 m 或 32 m 设置,可增加设备最大测流剖面深度,并提供完整的航姿信息(航向角及纵横摇)、GPS 位置和速度信息。

建议设备生产方开展数据后处理和数据质量控制方法研究,编制齐全的后处理软件提供给使用方。数据后处理软件应能够对 PAADCP 记录的数据进行读取、分析并将结果数据保存为海军标准的文本格式。

参考文献:

- [1] 沈斌坚,唐义政,胡益群,等. 国产宽带相控阵声学多普勒海流剖面仪[J]. 声学及电子工程, 2005(1): 1-3.
- [2] 杨鲲,吴永亨,赵建虎,等. 海洋调查技术及应用 [M]. 武汉: 武汉大学出版社, 2009.
- [3] 杨丰,杨俊青. 多普勒法测流技术简介[J]. 水文, 2004, 24(2): 58-61.
- [4] 刘德铸. 声学多普勒流速测量关键技术研究 [D]. 哈尔滨: 哈尔滨工程大学, 2010.
- [5] Kevin V J. Doppler precision underwater navigation [J]. Sea Technology, 1992, 26(3): 66-70.
- [6] Yu X L, Gordon L. 38 kHz broadband phased array acoustic doppler current profiler [C]// Proceedings of the IEEE Fifth Working Conference on Current Measurement, 1995, 2: 7-9.
- [7] Simmons, Robert L Sr, et al. Phased array doppler sonar transducer [J]. The Journal of the Acoustical Society of America, 1987, 82: 1469-1469.
- [8] 朱维庆. 海洋声学技术和信息处理 [J]. 世界科技研究与发展, 2000, 22(4): 41-44.

Application and Analysis of Domestic Vessel-Mounted ADCP

SUN Fang, WANG Chuan, WU Bao-qin

Naval Institute of Hydrographic Surveying and Charting, Tianjin 300061, China

Abstract: In order to provide references for users and manufacturers, the application and performance of domestic vessel-mounted acoustic doppler current profiler (ADCP) is evaluated in this paper. Firstly, based on the actual data of domestic ADCP, this paper comprehensively analyzes and inspects the performance of domestic ADCP from different perspectives and levels, plotting various maps, and gives a qualitative evaluation on domestic ADCP through the comparison and analysis on data quality, data effectiveness, measuring precision and measuring depth. Secondly, it is concluded that domestic ADCP behaves better in ship steering, ship acceleration, ship slowdown and high-speed sailing, in contrast to the same type of instruments from abroad. Finally, some suggestions are provided in order to overcome the shortcomings of domestic ADCP in application.

Key words: vessel-mounted; ADCP; data processing; application analysis

doi:10.3969/j.issn.1003-2029.2019.04.006

基于无人船的水质监测及控制系统设计

王柏林¹, 唐梦奇², 李 佳¹, 刘云平²

(1. 中国华云气象科技集团公司, 北京 100081; 2. 南京信息工程大学 信息与控制学院, 江苏 南京 210044)

摘 要: 针对执行水质监测任务过程中固定浮标监测站单点监测存在局限性、船载观测人员取样耗时耗力等问题, 本文设计了一种搭载多点、分层自动采水取样装置的智能无人船水质监测系统, 可实现目标水域的多点、分层连续水质数据测量及取样。该智能无人船具备基于快速随机树 (Rapid Random Tree) 算法的自主避障和快速路径规划功能, 解决了现有无人船技术存在的多障碍自主路径规划难等问题。同时, 本设计结合了 ARM9 控制芯片、M5310 无线传输模块, 通过可视化的显示界面和远程 WEB 访问的功能, 大大提升了科研人员及时处理特殊情况便捷性。通过实验测试及比对分析, 证明本设计具有智能高效、稳定可靠等优点, 能够满足职能部门对于水质监测工作的需要。

关键词: 水质数据; 定点、分层采水; 无人船; 无线传输

中图分类号: TP39 **文献标志码:** A **文章编号:** 1003-2029(2019)04-0032-07

目前国家特别注重水质管理和监测工作, 强调要加强水域环境保护的策略。随着水域污染问题日趋严重, 我国政府采取了一系列预防和管理措施, 保护水域生物资源和生态系统。我国水质环境监测技术也在不断提高和进步。最近几年, 国家的水质环境监测机构已经对相关水域采取了全方位监控, 以确保能够有效地监测水域环境状况。以往, 我国针对水质监测, 主要采用人工采样分析和浮标定点监测两种方式。对于人工采样, 排污口等往往是水质监测的重点区域, 还有水域情况复杂的区域, 大船往往不能驶入, 通常的做法是监测人员租用小木筏或者小渔船到定点区域采样, 这对人员工作造成一定的危险^[1]。对于浮标定点监测, 主要存在以下几方面问题: (1) 多点布置需要多套浮标设备, 而浮标设备价格昂贵, 多点布置导致费用高; (2) 浮标设备维护保养难度大且费用高, 由于浮标长期安放在海上, 需要定期对监测传感器上的附着物进行清洗, 在大风浪情况下维护人员安全不能得到保障; (3) 无机动性, 不能对污染物进行跟踪, 所监测水域范围有限; (4) 浮标也不具备采水样功能, 针对特殊水

域的水质分析需要, 研究人员还需要到现场采集污水样品。所以, 需要一艘具有自主机动性、小型便捷的设备应用于水质监测领域。

美国的水文自动化技术研发最早、应用也最广泛, 其中基于卫星通信和网络同步方式的水质信息探测是全球最先进的相关技术。基于无线传感网的实时在线系统, 它不仅能够实现常规水质数据监测, 还可以实现大范围的采集端数据通信, 避免了大面积的布线所带来的不足。而对于无人船的应用方面, 国外起步较早, 美国打造了各种无人船的平台。例如, 位于弗吉尼亚州的 UOV 公司研发了太阳能、风能等能源型无人船, 可以长时间续航, 不间断地监测海洋数据。除了美国之外, 葡萄牙波尔图大学研制的水面自主航行器——“剑鱼”也可用于多种水质信息采集。其船体作为一个移动的探测平台, 利用船载设备高精度导航系统、水下声学调制解调器等, 可以实现导航、探测和计算等多种功能。珠海云洲智能科技有限公司推出的水质监测移动船是国内水质监测方面的代表, 该公司推出的 Surf20 型遥控测量无人船采用 RF 无线视频点对点

收稿日期: 2018-12-13

作者简介: 王柏林 (1979-), 男, 硕士, 高级工程师, 主要研究方向为气象探测技术研究方法。E-mail: wbl3309@126.com