

doi: 10.11823/j.issn.1674-5795.2016.11

# 船舶气象仪海上比测试验及数据分析

刘士栋, 庞永超, 胡波, 穆明华

(国家海洋标准计量中心, 天津 300112)

**摘 要:** 船舶气象仪是海上航行、海上气象要素观测的基础测量仪器。文中介绍了两台气象仪的海上现场比测试验。结果显示, 两台气象仪温度、相对湿度、气压数据具有良好的一致性, 其相关系数在 0.9 以上; 风速由于受到实际环境条件的影响, 导致其数值有较大差异, 但是从趋势图还是可以看出有较好的一致性; 经方向转换后实际风向数据相差不大。总体来说被测船舶气象仪的工作稳定性良好, 测量数据可靠。

**关键词:** 比测试验; 船舶气象仪; 数据分析

**中图分类号:** TB94

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1674-5795(2016)05-0040-04

## Comparative Test of Shipboard Meteorological Instrument and Data Analysis

LIU Shidong, PANG Yongchao, HU Bo, MU Minghua

(National Center Of Ocean Standards And Metrology, Tianjin 300112, China)

**Abstract:** Shipboard Meteorological Instrument is used in meteorological observation at sea and sailing. The comparative test on the sea between two Shipboard Meteorological Instruments is introduced in this paper. The result indicated that the instruments had high internal consistency reliability in atmospheric temperature relative humidity and atmospheric pressure. The correlation results of different instruments are more than 0.9. Though there were some differences between the data of wind speeds for the actual environmental conditions, they had high internal consistency reliability in the tendency chart. The differences of wind direction were small when they were converted. As a whole, the performance and stability of Shipboard Meteorological Instrument are stable.

**Key words:** comparative test; shipboard meteorological instrument; data analysis

## 0 引言

从上世纪 90 年代开始, 在国家 863 计划的支持下, 我国海洋监测技术得到了快速发展, 陆续突破了一批海洋监测关键技术, 具备了海洋监测关键设备设备的研发和生产能力。受国内工业基础、原材料、工艺和其他配套条件的限制, 大部分国产仪器在可靠性、准确性及长期稳定性方面问题突出。海洋仪器的研发基本上分为原理样机、工程样机、定型样机和产品四个阶段。海上试验是在样机或产品阶段对海洋仪器施行的标准化工程。海上试验(以下简称“海试”)是海洋仪器研发是否达到技术指标和研究目标的重要检验方法, 规范化的海试是科学有效分析海洋仪器功能性和

可靠性的重要手段。通过规范化的海试可以检验海洋仪器原理的正确性, 也可以评价在不同海洋环境条件下参数测量的准确性、功能的可靠性与稳定性。国外的海洋仪器在进入市场前都经过大量的海上试验验证, 最终达到测量精度高、性能稳定、技术可靠的目的。

船舶气象仪是测量风速、风向、温度、湿度、气压等气象参数的综合测量设备, 是海上航行、海上气象要素观测的基础测量仪器。国内船舶安装的气象要素测量设备大多数是国外生产的进口产品, 如美国 R. M. Young 公司的气象仪等。相比而言, 我国气象要素测量设备精度低、可靠性差, 因此, 开发具有自主知识产权高精度气象要素测量设备是满足军民两用海洋气象监测需求的关键。船舶气象仪的海上比测试验是指在海上使用现场条件下, 对相同准确度等级或被测仪器准确度等级高的气象仪之间的量值进行的比较。通过现场比测可以观察两种比测仪器之间数据的趋势性, 验证气象仪数据的可靠性, 并且通过分析数据偏差的原因, 对仪器改进提供参考。

**收稿日期:** 2016-07-26

**基金项目:** 国家高技术研究发展计划(863 计划)资助项目(2013AA092802)

**作者简介:** 刘士栋(1983-), 男, 山东东平人, 工程师, 主要从事海洋计量、检测等方面的研究。

1 仪器设备

1.1 船舶气象仪

本次比测试验采用的船舶气象仪为新研制设备，可连续自动测量、显示并存储多种气象要素数据。系统的测量数据可实时输出供船舶其它设备共享，适用于各种船舶和海上平台。表 1 为船舶气象仪技术指标。

表 1 船舶气象仪技术指标

| 测量参数 | 测量要素                               |                  |                        |          |                  |
|------|------------------------------------|------------------|------------------------|----------|------------------|
|      | 风速/ $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ | 风向/ $(^{\circ})$ | 气温/ $^{\circ}\text{C}$ | 湿度/ $\%$ | 气压/ $\text{hPa}$ |
| 测量范围 | 0~70                               | 0~360            | -40~60                 | 0~100    | 500~1100         |
| 测量精度 | $\pm(0.5+0.03v)$                   | $\pm 5$          | $\pm 0.3$              | $\pm 5$  | $\pm 0.4$        |

注： $v$  为实测风速值。

1.2 气象测量仪

比测用另外一种气象仪器为“东方红 2”船上安装的美国 R. M. Young 公司气象测量仪，技术指标如表 2 所示。

表 2 气象测量仪技术指标

| 测量参数   | 项 目              |                        |            |                                    |                  |
|--------|------------------|------------------------|------------|------------------------------------|------------------|
|        | 气压/ $\text{hPa}$ | 气温/ $^{\circ}\text{C}$ | 相对湿度/ $\%$ | 风速/ $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ | 风向/ $(^{\circ})$ |
| 测量范围   | 850~1050         | -40~60                 | 0~100      | 0~100                              | 0~360            |
| 最大允许误差 | $\pm 2$          | $\pm 0.3$              | $\pm 5$    | $\pm 0.3$ 或读数的 1%                  | $\pm 3$          |
| 分辨力    | 0.1              | 0.1                    | 1          | 0.1                                | 1                |

2 比测方法

2.1 试验方案

本次试验搭乘“东方红 2”船，根据试验船上的实际条件制定工作方案：对两台仪器在近乎相同的海洋环境下实施同步性观测。在充分考虑两台仪器比测过程可比性的条件下，将两种气象观测仪器的数据进行趋势性对比，并作出评价。

2.2 试验项目和方法

试验项目：海试现场进行风速、风向、温度、相对湿度、气压的比测试验。在航行试验中通过连续运行测试及数据记录，检查两个比仪器数据变化趋势是否一致。

试验方法：将两台仪器分别安装在调查船的顶部位置，要求周围无遮挡物，船舶发动机等船舶设备对传感器影响最小，同类传感器的位置尽量靠近且互不影响工作，位置示意图见图 1。在试验期内对风速、风向、温度、相对湿度、气压测试数据作出趋势图，以判定两种比测仪器的数据一致性。

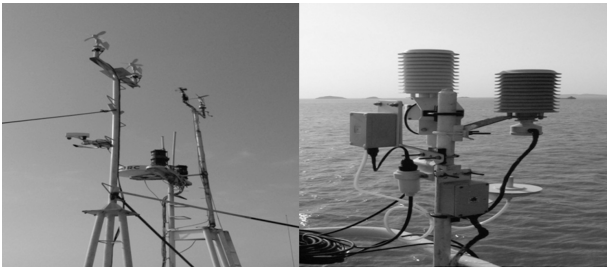


图 1 两台比测仪器传感器安装位置示意图

2.3 数据处理方法

首先将船舶气象仪和气象测量仪的数据进行时间同步处理，即取相同时刻的测量数据进行比测。由于船舶气象仪每 60 s 采集数据 1 次，气象测量仪每 10 s 采集数据 1 次，因此挑选出与船舶气象仪相对应的气象测量仪数据，作图比较，把船舶气象仪数据作为总体样本  $X$ ，把气象测量仪数据作为总体样本  $Y$ ，在同一坐标系中分别作出风速、风向、温度、相对湿度、气压的对比趋势图。

在本次比测试验中采用误差和相关性对其计量性进行评价。

误差是指用被测仪器示值减去比测仪器示值，即

$$\Delta X = X - X_0$$

式中： $\Delta X$  为绝对误差； $X$  为船舶气象仪的示值； $X_0$  为气象测量仪的示值。

根据有限次测量数据，得到相关系数估计值，为

$$r(x, y) = \frac{s(x, y)}{s(x)s(y)}, \text{ 是一个 } -1 \sim 1 \text{ 之间的数。}$$

3 结果与讨论

3.1 风速、风向、温度、相对湿度和气压的趋势及误差

在航次期间，随机选取两台比测仪器风速、风向、温度、相对湿度和气压的测量值，分别将每组比测点数据绘制在同一坐标系上并计算误差。

3.1.1 风速

2013 年 10 月 16 日，两台比测仪器风速测量值随时间变化比较图如图 2 所示，风速误差如图 3 所示。

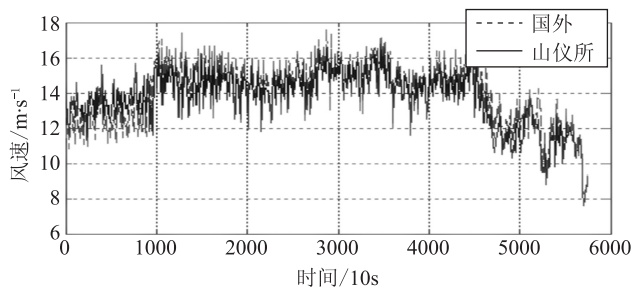


图2 风速趋势变化图

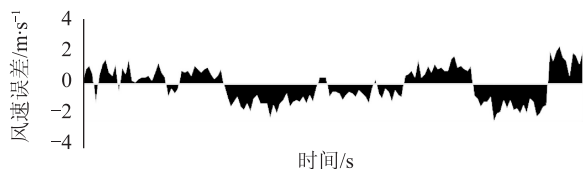


图3 风速误差图

### 3.1.2 风向

2013年10月22日,两台比测仪器风向测量值随时间变化比较图如图4所示。

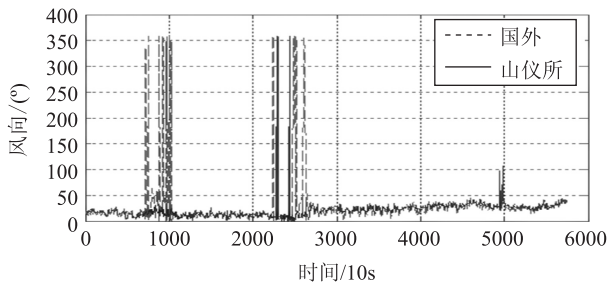


图4 风向变化趋势图

### 3.1.3 气温

2013年10月15日,两台比测仪器气温测量值随时间变化比较图如图5所示,气温误差如图6所示。

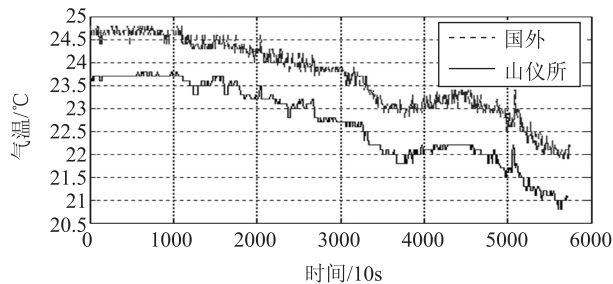


图5 气温趋势变化图

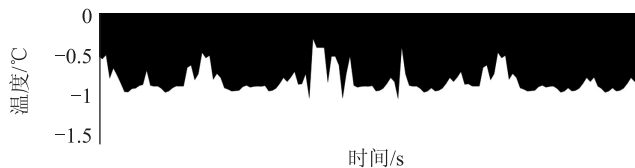


图6 气温误差图

### 3.1.4 气压

2013年10月15日,两台比测仪器气压测量值随时间变化比较图如图7所示,气压误差如图8所示。

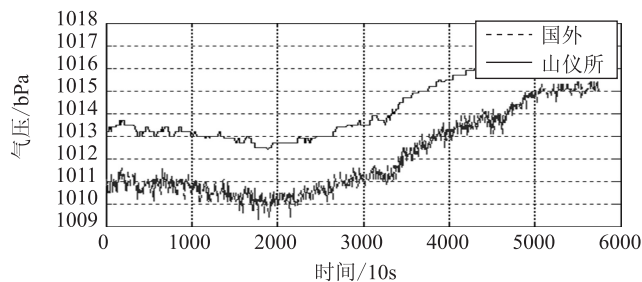


图7 气压趋势变化图

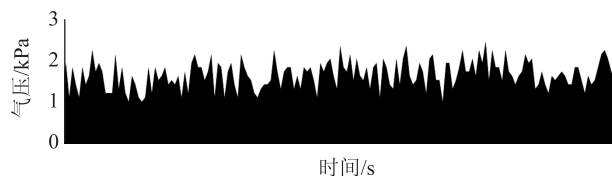


图8 气压误差图

### 3.1.5 相对湿度趋势对比图

2013年10月15日,两台比测仪器相对湿度测量值随时间变化比较图如图9所示,相对湿度误差如图10所示。

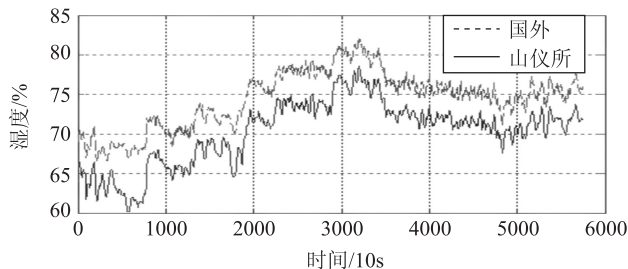


图9 相对湿度趋势对比图

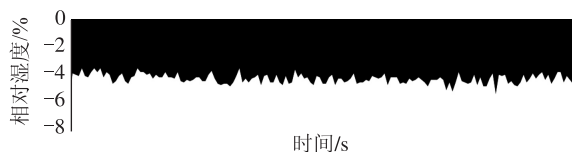


图10 相对湿度误差图

从趋势图上可以看出,温度、相对湿度、气压数据具有良好的一致性,相关系数都在0.9以上;风速和风向由于受到实际环境条件即局部环境内的“风场的不确定性”的影响导致其数值有较大差异,特别是在风速较小的情况下,数据差别较大,风速较大时则能表现出较好的一致性;风向在接近0°或360°时,在趋

势图上有较大的“毛刺”现象，这是由于存在 0°与 360°的方向转换，虽然存在数值上的较大差异，但经方向转换后实际风向数据却相差不大。总体来说船舶气象仪的工作稳定性良好，测量数据可靠。从误差上来看，两台比测仪器的温度、相对湿度和气压数据存在较为稳定的误差，说明两台比测仪器存在稳定的系统误差，这也为仪器的数据修正提供参考；由于受到“风场不确定性”的影响，风速误差表现出一定的不稳定性，但在风速较大即“风场的不确定性”较小时，则能表现出较好的一致性。

在船舶气象仪进行海上现场比测试验过程中，温度、相对湿度和气压数据的比测要求条件较为简单：要求传感器周围无遮挡物，船舶发动机等船舶设备对传感器影响最小，同类传感器的位置要尽量靠近且互不影响工作。风速、风向的比测条件要求较为严格，除以上条件外，还需尽量能使相同传感器处于“准稳定性”风场中。虽然可以在风洞中实现上述“稳定性”风场，但是海上使用现场中的温度、湿度以及腐蚀性环境却是风洞环境中难以实现的。试验表明：在较小的风速(<5 m/s)时，两台气象仪的风速、风向误差较大，出现“异常值”的概率较高，而较大的风速能表

现出较为稳定的误差，这说明较大的风速比较小的风速更有利于形成“准稳定性”的风场，但是太大的风速(>18m/s)反而又会出现较大的误差及较多的“异常值”，风场的“不稳定性”增大，不利于数据的比测。

4 结论

通过对船舶气象仪开展海上比测试验，验证了该设备的工作稳定性和可靠性，为此类仪器改进及校准验证工作提供了方法参考。

参考文献

[1] 赵维三, 李希玲. 海洋监测仪器的现场校准和比测[J]. 气象水文海洋仪器, 2004, (1): 52-54.  
[2] 张川, 胡波, 王聪, 等. ARGO 浮标海上比测试验研究[J]. 海洋技术学报, 2011, 30(2): 94-98.  
[3] 胡波, 李晖, 张川. UCTD 海上比测方法探讨[J]. 海洋技术学报, 2011, 30(1): 41-43.  
[4] 程绍华, 刘晓峰, 岳奇. CTD 海上现场比测中的技巧应用[J]. 海洋技术学报, 2010, 29(4): 44-47.  
[5] 张铁艳, 王化仁, 杨鲲, 等. 海洋调查观测资料的质量控制[J]. 水道港口, 2006, 27(1): 48-50.



(上接第 17 页)

$$\eta_i = MAX_{k=1, 2, \dots, n} |x_k - \hat{x}_k| \tag{6}$$

式中： $\eta_i$  为各运动方向上的相对运动精度误差； $x_k$  为试验装置测量值； $\hat{x}_k$  为激光跟踪仪测量值。

表 4 各运动方向位移误差

|      | X 方向/mm | Y 方向/mm | Z 方向/mm | 回转方向/deg |
|------|---------|---------|---------|----------|
| 位置误差 | 0.2732  | 0.0756  | 0.2868  | 0.0836   |

3 结论

本文设计精密位移试验台结构紧凑、布局合理，功能上实现了水声传感器测试过程中对三个位移方向和两个回转方向的运动需求，实现了多自由度复合运动在机构上的小型化。介绍了一种检测非标准丝杠螺母副回程误差的方法，无需增加外部测量设备，简单可靠、操作性强。通过软件编程方式对回程误差进行了补偿，提高了丝杠的定位精度。应用激光跟踪仪对试验装置进行了误差检测，保证了试验装置运动位移

的准确性。

参考文献

[1] 崔维成. “蛟龙”号载人潜水器关键技术与自主创新[J]. 船舶与海洋工程, 2012, 29(1): 1-8.  
[2] 杨江涛, 马喜宏, 邬琦. MEMS 仿生矢量水听器封装结构的隔振研究[J]. 电子器件, 2015, 38(3): 499-505.  
[3] 安寅, 黄涛威, 陈棣湘. 便携式水声传感器测试系统的设计与实现[J]. 中国测试, 2015(6): 68-71.  
[4] 唐金松. 简明机械设计手册[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 2000.  
[5] 邹平. 机械设计实用机构与装置图册[M]. 北京: 机械工业出版社, 2007.  
[6] 杨更更, 叶佩青, 杨开明, 等. 数控机床丝杠传动误差正反双向补偿功能的实现[J]. 组合机床与自动化加工技术, 2002(6): 4-5.  
[7] 孙祥国. 基于 ARM 单片机的步进电机控制系统设计[J]. 机电工程技术, 2007, 36(6): 71-73.  
[8] 魏衡华, 陈根杰, 张玉斌, 等. 基于 CAN 总线的步进电机控制系统的设计[J]. 自动化与仪表, 2009, 24(1): 29-32.