

doi: 10. 11823/j. issn. 1674 - 5795. 2015. 06. 14

# 舰船压力表现场检定有关问题探析

张新勤<sup>1</sup>, 沐阿华<sup>2</sup>

(1. 海装监管部, 北京 100161; 2. 中国人民解放军 91635 部队, 北京 102249)

**摘要:** 针对目前舰船压力表检定任务重、时效性要求高、对现场检定需求迫切的实际, 分析了我国主要港口的室内环境和舰船舱室环境, 确定了舰船压力表现场检定环境条件, 并根据 GJB 5109 - 2004 关于测试不确定度比的要求, 对适用现场检定的主标准器、测试不确定度比以及合格判据等有关问题进行了探析, 并通过了实验验证, 为开展舰船压力表现场检定提供了参考。

**关键词:** 舰船; 压力表; 现场检定

**中图分类号:** TB935; TH823

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1674 - 5795(2015)06 - 0058 - 03

## Analysis of Problems Field Calibration of Ship Pressure Gauges

ZHANG Xinqin<sup>1</sup>, MU Ahua<sup>2</sup>

(1. Equipment Supervision & administration Department of NED, Beijing 100161, China; 2. No. 91635 of PLA, Beijing 102249, China)

**Abstract:** In view of the current weight, timeliness and field calibration requirements of ship pressure gauges, the indoor environment of main ports in China and the environment of ship cabins are analyzed. The environmental conditions of the pressure gauge field calibration and the requirements of the test uncertainty ratio in GJB 5109 - 2004 are determined. For the application of the main standard device, the test uncertainty ratio, as well as the qualification criteria and other related issues are discussed, and through the experimental verification, to provide the reference for the ship's pressure gauge field calibration.

**Key words:** ship; pressure gauge; field calibration

## 0 引言

目前, 海军各类舰船均配备了大量压力表, 以某型驱逐舰为例, 压力表数量上千块, 加上舰船的任务多, 停航时间短, 使得许多压力表无法按规定周期进行检定, 存在安全隐患, 迫切需要开展舰船压力表现场检定, 以提高工作效率, 保证其量值准确可靠。

## 1 现场检定的环境条件分析

根据 JJG 52 - 2013 的规定, 一般压力表实验室检定的环境条件为: 检定温度 15 ~ 25℃、相对湿度小于 85%、环境压力为大气压力。舰船压力表现场检定一般在舰船驻泊的码头库房、舰船舱室开展, 也应限定一定的环境条件。

从我国主要沿海港口常年气温(考虑到北方冬天港口室内一般都有暖气)统计分析, 全年室温一般在 5 ~ 35℃之间, 相对湿度一般也小于 85%。

从舰船看, 随着排水量不断增加, 稳定性进一步增强, 以驱逐舰为例, 在 0 级、1 级海况下停泊或航行, 纵倾、横摇几乎都为 0 度, 许多舱室都有舰员工作、生活, 一般都有风机甚至空调, 舱室温度也在 5 ~ 35℃之间, 相对湿度一般也小于 85%。

因此, 舰船压力表现场检定的环境条件可设定为: 检定温度为 5 ~ 35℃, 相对湿度不大于 85%, 环境压力为大气压力。

## 2 主标准器的选择

舰船压力表一般用于各种液体、气体与蒸汽的测量, 准确度等级主要有 1.0 级、1.6 级、2.5 级, 量程范围是 0 ~ 60 MPa。目前, 常用压力表检定装置的主标准器有: 活塞式压力计、精密压力表和数字压力计 3 种。由于活塞式压力计工作时必须调整水平, 加上砝码比较重, 不便携带, 一般用于实验室检定。精密压力表和数字压力计主标准器具有体积小、环境适应性强的特点, 可用于舰船压力表的现场检定。

## 3 测试不确定度比和合格判据的分析

GJB 5109 - 2004 规定, 军事计量保障中对被测设

收稿日期: 2015 - 10 - 12

作者简介: 张新勤(1965 - ), 高级工程师, 主要从事计量管理工作。

备进行合格判定时，被测设备与测量标准的测试不确定度比一般不得低于4:1。因此，开展现场检定时，舰船压力表与测量标准主标准器的最大允许误差的绝对值之比不得低于4:1。

### 3.1 精密压力表为主标准器的分析

压力表在偏离实验室检定温度环境下工作时，指示值误差将产生偏离，计算公式为

$$\Delta = \pm(\delta + K \cdot \Delta t) \quad (1)$$

式中： $\delta$ 为压力表允许误差%的绝对值； $K$ 为温度系数0.04%； $\Delta t$ 为环境温度偏离18~22℃，15~25℃的绝对值。其中，前者适用于精密压力表，后者适用于舰船压力表。

经计算，0.1级、0.25级精密压力表和1.0级、1.6级、2.5级舰船压力表在5~35℃之间各温度点的最大允许误差见表1。

表1 各温度点的最大允许误差

温度/℃	精密压力表的允许误差/%				
	0.1级	0.25级	1.0级	1.6级	2.5级
5	±0.62	±0.77	±1.40	±2.00	±2.90
6	±0.58	±0.73	±1.36	±1.96	±2.86
7	±0.54	±0.69	±1.32	±1.92	±2.82
8	±0.50	±0.65	±1.28	±1.88	±2.78
9	±0.46	±0.61	±1.24	±1.84	±2.74
10	±0.42	±0.57	±1.20	±1.80	±2.70
11	±0.38	±0.53	±1.16	±1.76	±2.66
12	±0.34	±0.49	±1.12	±1.72	±2.62
13	±0.30	±0.45	±1.08	±1.68	±2.58
14	±0.26	±0.41	±1.04	±1.64	±2.54
15	±0.22	±0.37	±1.0	±1.6	±2.5
16	±0.18	±0.33	±1.0	±1.6	±2.5
17	±0.14	±0.29	±1.0	±1.6	±2.5
18	±0.1	±0.25	±1.0	±1.6	±2.5
19	±0.1	±0.25	±1.0	±1.6	±2.5
20	±0.1	±0.25	±1.0	±1.6	±2.5
21	±0.1	±0.25	±1.0	±1.6	±2.5
22	±0.1	±0.25	±1.0	±1.6	±2.5
23	±0.14	±0.29	±1.0	±1.6	±2.5
24	±0.18	±0.23	±1.0	±1.6	±2.5
25	±0.22	±0.37	±1.0	±1.6	±2.5
26	±0.26	±0.41	±1.04	±1.64	±2.54
27	±0.30	±0.45	±1.08	±1.68	±2.58
28	±0.34	±0.49	±1.12	±1.72	±2.62
29	±0.38	±0.53	±1.16	±1.76	±2.66
30	±0.42	±0.57	±1.20	±1.80	±2.70
31	±0.46	±0.61	±1.24	±1.84	±2.74
32	±0.50	±0.65	±1.28	±1.88	±2.78
33	±0.54	±0.69	±1.32	±1.92	±2.82
34	±0.58	±0.73	±1.36	±1.96	±2.86
35	±0.62	±0.77	±1.40	±2.00	±2.90

根据表1数据，按照测试不确定度比不小于4:1的要求，精密压力表开展舰船压力表现场检定的温度范围见表2。

表2 精密压力表现场检定的温度范围

主标准器	被检压力表现场检定的温度范围/℃		
	1.0级	1.6级	2.5级
0.1级精密压力表	15~25	9~31	5~35
0.25级精密压力表	18~22	14~26	7~33

注：不包括存在较大风险的温度点。

从表1可知，现场检定中随着现场温度偏离实验室检定的环境温度，舰船压力表和精密压力表的允许误差的绝对值将分别增加 $K \cdot \Delta t$ ， $K(\Delta t + 3)$ 。其中， $K(\Delta t + 3)$ 比相应温度点舰船压力表的允许误差的绝对值小2个数量级，对现场检定的示值误差的影响可忽略不计。因此，以精密压力表为主标准器进行现场检定合格判定时，舰船压力表的示值误差不得大于其在表1相应温度点的最大允许误差。

### 3.2 数字压力计为主标准器的分析

数字压力计具有准确度等级高、稳定性好等特点。以北京康斯特数字压力计为例，其准确度等级分别为0.05级、0.1级、0.2级，具有温度自动补偿功能，在-10~50℃范围内准确度等级保持不变。根据表1数据，在5~35℃范围内，上述数字压力计与舰船压力表的测试不确定度比均不小于4:1，全部适用于开展舰船压力表的现场检定工作。

现场检定中，温度偏离实验室检定的环境温度时，数字压力计的最大允许误差将保持不变，舰船压力表的允许误差的绝对值将增加 $K \cdot \Delta t$ (详见表1)，其示值误差也会相应增加。因此，以数字压力计为主标准器进行现场检定合格判定时，舰船压力表的示值误差也不得大于其在表1相应温度点的最大允许误差。

## 4 实验验证

选两组量程范围为0~0.6 MPa，0~10 MPa，0~60 MPa，准确度等级分别为1.0级、1.6级、2.5级共18块舰船压力表，一组在码头库房，一组在舰船舱室(在0级和1级海况下)，在环境温度为5，10，30，35℃四个温度点，分别以准确度等级为0.1级、0.25级的精密压力表和0.05级的数字压力计为主标准器进行现场检定，并按本文3.1，3.2的合格判据进行判定，现场检定结果和实验室检定结果一致。其中，量程范围同为0~10 MPa的0.1级精密压力表和2.5级舰船压力表，在舰船现场和实验室检定(20℃列)的部

分数据见表3。

表3 在舰船现场用0.1级精密压力表检定  
2.5级压力表的部分实验数据

精密压力表在 20, 30, 35 °C 的 示值/MPa	舰船压力表示值/MPa		
	20°C	30°C	35°C
2	1.9	1.8	1.8
4	3.8	3.8	3.8
6	5.9	5.8	5.8
8	8	7.8	7.8
10	10	9.8	9.8
最大示值误差的绝对值/MPa	0.20	0.20	0.20

由表1可知, 2.5级、量程范围为0~10 MPa的舰船压力表在20, 30, 35°C的最大允许误差分别为 $\pm 2.5\% \times 10$ ,  $\pm 2.7\% \times 10$ ,  $\pm 2.9\% \times 10$  MPa, 即:  $\pm 0.25$ ,  $\pm 0.27$ ,  $\pm 0.29$  MPa, 其绝对值均大于表3中相应的最大示值误差绝对值, 所以, 现场检定与实验室的结果均为合格, 现场检定结论与实验室检定结论一致。

(上接第13页)

大规模制备商用蓝宝石光纤。蓝宝石光纤光栅在高温测量的实际应用问题中, 包层制作目前主要有直接在蓝宝石光纤表面制作包层、质子/离子植入和退火处理、化学沉积法、浸铸法四种制作方法, 其中研究最多的是用掺杂蓝宝石材料或不掺杂氧化物材料在蓝宝石光纤表面制作包层, 质子/离子植入方法虽然是新的研究方向但研究潜力很大; 对于蓝宝石光纤的光栅刻制, 飞秒激光加工技术刻制是目前研究机构和公司的研究重点; 在蓝宝石光纤光栅中进行单模传输作为难点问题, 目前的解决办法包括通过弯曲光纤、将蓝宝石光纤直径做小和与单模光纤连接来控制蓝宝石光纤传输模式以达到单模传输, 从一定程度上来说都实现了单模传输, 但由于均存在着易发生过度的能量损耗或降低了光纤强度导致光纤易损坏的问题, 距离实际应用还有很大距离。

综上所述, 大多数解决方案还处在实验室阶段且所得性能指标不够好, 蓝宝石光纤光栅广泛应用在高温极限环境中的参数测量仍有许多问题, 其自身的包层制作和单模传输是亟待解决的首要问题。

## 参 考 文 献

- [1] 王艳红, 王高, 郝晓剑. 高阶模滤除法抑制蓝宝石光纤光栅反射谱带宽[J]. 红外与激光工程, 2012(11): 3075-3078.
- [2] Nubling R K, Harrington J A. Optical Properties of Single-Crystal

## 5 结 论

本文分析了舰船压力表现场检定的环境条件, 以及精密压力表、舰船压力表的允许误差随温度变化情况, 按照测试不确定度比不小于4:1的要求, 探讨了主标准器及其适用现场检定的温度范围, 研究得出了现场检定的合格判定依据, 并通过实验验证, 在舰船压力表现场检定的几个方面进行了探索, 为舰船压力表现场检定工作的开展提供了参考。

## 参 考 文 献

- [1] 国家质量监督检验检疫总局. JJG49-2013 弹性元件式精密压力表和真空表[S]. 北京: 中国计量出版社, 2013.
- [2] 国家质量监督检验检疫总局. JJG52-2013 弹性元件式一般压力表、压力真空表和真空表[S]. 北京: 中国计量出版社, 2013.
- [3] 中国人民解放军总装备部. GJB5109-2004. 装备计量保障通用要求检测和校准[S]. 北京: 总装备部军标发行部, 2004.
- [4] Sapphire Fibers[J]. Applied Optics, 1997, 36(24): 5934-5940.
- [5] Petrie C M. Characterization of the Performance of Sapphire Optical Fiber in Intense Radiation Fields, when Subjected to Very High Temperatures [J]. Dissertation & Theses-Gradworks, 2014, 76(5): 302.
- [6] Overton G. Improved sapphire fibers raise prospects for harsh-environment-sensing[J]. Laser Focus World, 2012, 48(8): 27.
- [7] Spratt W, Huang M, Murray T, et al. Optical mode confinement and selection in single-crystal sapphire fibers by formation of nanometer scale cavities with hydrogen ion implantation [J]. Journal of Applied Physics, 2013, 114(20): 203501-7.
- [8] 徐乃英. 高温传输和传感器用的蓝宝石光纤[J]. 光纤与电缆及其应用技术, 2005(2): 13-16.
- [9] Hajas D E, Kyrsta S, Richter S, et al. Strength degradation mechanisms in h-BN/NiAl coated sapphire fibres with a reactive Hf or Y interlayer [J]. Materials Science & Engineering A, 2008, A 491: 207-213.
- [10] Gebhardt T, Hajas D E, Scholz M, et al. Strength degradation of NiAl coated sapphire fibres with a V2AlC interlayer [J]. Materials Science and Engineering, 2009, 525: 200-206.
- [11] 陈超. 耐高温光纤光栅的飞秒激光制备及应用研究[D]. 长春: 吉林大学, 2014.
- [12] Hill C, Homa D, Liu B, et al. Submicron diameter single crystal sapphire optical fiber[J]. Materials Letters, 2015, 138 (138): 71-73.