

# 通海阀箱消声器环境试验研究

刘玉石, 柳贡民

(哈尔滨工程大学, 哈尔滨 150001)

**摘要:** **目的** 验证通海阀箱消声器的环境适应性。**方法** 分析通海阀箱消声器的结构组成、工作原理、使用环境。综述环境试验的相关标准, 并对 GJB 150A 军用装备实验室环境试验办法中有关水面船舶部分进行剪裁, 依据 GJB 150A 开展倾斜摇摆试验、振动试验、冲击试验, 确定上述试验的方法、相关参数, 并设计模拟海水环境的工装。**结果** 消声器在施加了上述试验的环境应力后, 外观结构无明显变形, 紧固件无松脱、断裂等。通海阀箱消声器声学性能无明显下降, 插入损失保持大于 8 dB。**结论** 通海阀箱消声器在恶劣的环境条件下具有较高的可靠性。GJB 150A 部分试验参数设计过于保守, 对船舶非电子设备影响较小, 可依据实测应力量值进行试验。

**关键词:** GJB 150A; 环境试验; 船舶设备

**DOI:** 10.7643/issn.1672-9242.2019.04.015

**中图分类号:** TB535.2

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1672-9242(2019)04-0083-04

## Environment Test of Sea Chest Silencer

LIU Yu-shi<sup>1</sup>, LIU Gong-min<sup>1</sup>

(Harbin Engineering University, Harbin 150001, China)

**ABSTRACT:** **Objective** To verify the environmental suitability of sea chest silencer. **Methods** Structural composition, working principle and operating environment of the sea chest silencer were analyzed. Standards relevant to environment test were summarized. The parts of the surface ship in GJB 150A Methods for Environment Test of Military Equipment Laboratory Environment was cut out. Tilt-swing test, vibration test and impact test were carried out according to GJB 150A to determine methods and relevant parameters of the above tests and design tooling for simulating seawater. **Results** After applying the ambient stress of the above tests, the sea chest silencer had no obvious deformation or loose and broken fasteners. The acoustic performance of the silencer had no obvious decrease, and insertion loss remained greater than 8 dB. **Conclusion** The sea chest silencer has high reliability under the bad environment condition; same test parameters of GJB 150A are designed too conservative, and it has less influence on the non-electronic equipment, and can be tested according to the measured force value.

**KEY WORDS:** GJB150A; environment test; ship equipments

GJB 4239《装备环境工程通用要求》对环境适应性的定义<sup>[1]</sup>是“装备在其寿命期间预计可能遇到的各种环境的作用下, 能实现其所有预定功能、性能和不被破坏的能力, 是装备的重要质量特性之一”。GJB 4239 把环境试验分为三类<sup>[2]</sup>: 自然环境试验、实验室

环境试验和使用环境试验。这些试验的目的在于寻找设计缺陷, 帮助改进设计; 验证环境适应性是否符合规定要求, 作为设计定型或生产验收的决策依据; 为后续试验和使用及综合保障提供基本信息。

文中涉及到的试验主要是实验室环境试验, 实验

收稿日期: 2018-09-01; 修订日期: 2018-10-01

作者简介: 刘玉石 (1993—), 男, 吉林人, 硕士研究生, 主要研究方向为环境可靠性工程。

通讯作者: 柳贡民 (1962—), 男, 沈阳人, 教授, 主要研究方向船舶动力装置振动噪声控制。

室环境试验的目的是验证武器装备的环境适应性是否符合合同规定的技术要求。通过实验室环境试验验证产品的环境适应性设计,获取产品的物理特性和耐环境极限能力的信息,从而确保产品的质量。在船舶武器装备研制的各阶段,应根据项目任务书(或合同)的规定,按照 GJB 150A《军用装备实验室环境试验办法》进行实验室环境试验。

## 1 环境试验

### 1.1 通海阀箱消声器介绍

通海阀箱消声器安装在通海阀箱内,位于海平面以下 3 m 的位置,海水管路入水口处。主要由消声器壳体(316L 钢)、环状气囊(丁腈橡胶)、以及甲板法兰构成,是有效控制海水管路振动噪声的一种船上装备。其消声原理是通过气囊结构引入一种阻抗失配的机制,当入射声波传播到囊体上时,由于水介质和囊体阻抗的巨大差异,构成阻抗失配的柔性壁面边界,从而使消声量大大提高。

在了解消声器的设备组成与工作原理后,分析消声器的工作环境。在船舶航行过程中,由于装载不平衡等因素容易造成船体倾斜;由于风浪等环境因素容易引发船体摇摆,倾斜与摇摆都可能导致装备系统原有作用力平衡的改变或破坏<sup>[3]</sup>。另外,航速、海况等自然激励会引发随机振动;螺旋桨转动、往复机械等强迫激励会产生正弦振动;由于设备运输、触礁、抛锚、遭受攻击会产生瞬时冲击。振动与冲击都会对船舶设备产生不良的影响,造成结构变形、断裂甚至损坏<sup>[4]</sup>。基于上述分析,对消声器进行了倾斜摇摆试验、振动试验与冲击试验。

### 1.2 倾斜摇摆试验

倾斜与摇摆环境适应性是指船舶装备在其寿命期内,在遇到的倾斜与摇摆环境作用下能实现其所有预定功能和不被破坏的能力,它是船舶装备的重要质量特性之一<sup>[5]</sup>。倾斜与摇摆环境是船舶在航行时遇到的基本环境。这个环境是由于自然界产生风浪、船舶的航行、回转、破损、操作不当以及装载不平衡所造成的。船舶在海上除遭遇倾斜与摇摆环境外,风浪还会形成致使船舶纵荡、横荡和垂荡的环境。基于对这些环境条件所产生的严酷程度的对比,目前船舶装备仅考虑对倾斜摇摆环境的适应性。

依据 GJB 150A-23,水面船舶倾斜与摇摆试验的量值见表 1。

环境试验考核的是装备在规定的极值条件下是否可以正常工作或不损坏,故本试验按最恶劣试验条件进行。纵倾角度选择 $\pm 10^\circ$ ,横倾角度选择 $\pm 22.5^\circ$ ;纵摇角度为 $\pm 10^\circ$ ,周期为 4~10 s;横摇角度为 $\pm 45^\circ$ ,周期为 3~14 s。试验时间为 30 min<sup>[5]</sup>,试验过程如

表 1 水面船舶倾斜与摇摆试验量值

| 倾斜、摇摆 | 角度/(°)                | 周期/s | 试验持续时间/min |
|-------|-----------------------|------|------------|
| 纵倾    | $\pm 5$ 或 $\pm 10$    | —    | $\geq 30$  |
| 横倾    | $\pm 15$ 或 $\pm 22.5$ | —    |            |
| 纵摇    | $\pm 10$              | 4~10 |            |
| 横摇    | $\pm 45$              | 3~14 |            |

图 1 所示。试验中发现,倾斜摇摆应力对通海阀箱消声器影响不大,由于该装备是非电子产品,试验后观察消声器外观:紧固件无松动,结构无变形,无明显故障。



图 1 纵倾  $10^\circ$  试验过程

从图 2 可以看出,本次环境试验为了模拟海水环境,设计了箱形工装,将消声器放置于箱形工装内并注水密封,使整个系统更加接近真实使用环境。下述冲击、振动试验使用相同工装。

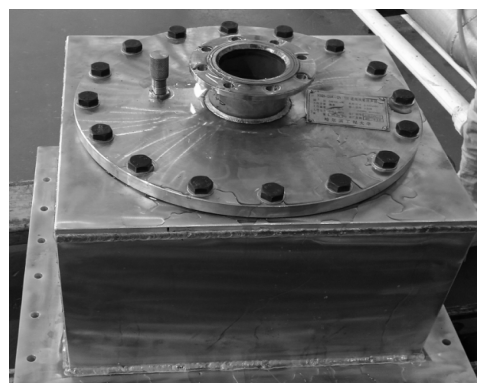


图 2 试验工装

### 1.3 冲击试验

海水中的冲击环境包括<sup>[6]</sup>:碰撞、搁浅、水中非接触性爆炸、接触性爆炸、空中爆炸及武器发射所引起的各类冲击。在冲击作用下,船体及其安装的装备产生脉冲性位移,极大地危害船舶装备的结构强度及稳定性。要求船舶在波形为半正弦波,峰值加速度为  $300 \text{ m/s}^2$ ,持续时间为 40 ms 的条件下能有效工作。另外,船舶上设备还应耐受波浪抨击、甲板上重复性

低强度浪形成的颠簸冲击而持续有效工作。波形为半正弦波、峰值加速度为  $50\text{ m/s}^2$ 、持续时间不小于  $16\text{ ms}$ ，重复频率为  $10\sim 20\text{ min}^{-1}$ ，对电子设备的峰值加速度要求为  $7g$ <sup>[7]</sup>。

通海阀箱消声器冲击试验依据 GJB 150A<sup>[8]</sup>中的要求，对消声器三个正交轴六个方向每个方向进行 3 次冲击，共计 18 次。冲击输入采用半正弦波，峰值加速度为  $7g$ ，持续时间为  $16\text{ ms}$ 。冲击波形如图 3 所示，冲击过程如图 4 所示。

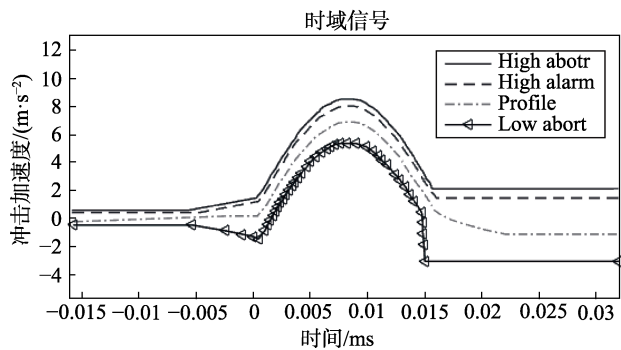


图 3 x 方向冲击输入曲线

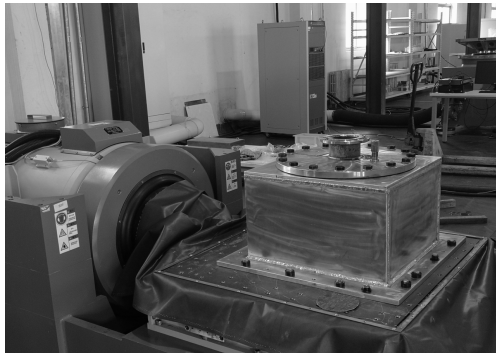


图 4 x 方向冲击试验

1.4 振动试验

根据 GJB 150.16A—2009<sup>[9]</sup>的规定，船舶振动暴露量级需要考虑船的振动是自然激励（海浪、风）还是强迫激励（螺旋桨轴转速、往复机械和其他装备的运行等）。振动容易引起的设备破坏形式大致分为两类：1）结构与工艺性破坏，如结构件的疲劳、断裂、磨损、连续件的松动、分离等；2）功能与性能破坏，包括工作失灵、性能降低等。

水面船舶设备的振动试验分为随机振动与正弦振动。其中随机振动部分考核的是自然激励<sup>[10]</sup>，采用平直谱，频率范围  $1\sim 100\text{ Hz}$ ，加速度谱密度为  $0.001\text{ g}^2/\text{Hz}$ ，每个轴向持续  $2\text{ h}$ ；正弦振动部分考核的是强迫激励，每个轴向在  $1\sim 16\text{ Hz}$ ， $16\sim 60\text{ Hz}$  的频率范围内以每分钟一个倍频程（oct）的速率扫频 10 次，每个轴向在危险频率上（若无危险频率则在上限频率上）进行  $2\text{ h}$  的耐振试验。

根据标准规定的试验量值进行振动试验，试验过程如图 5 所示。扫频过程中发现，在规定的频率范围内，没有扫到危险频率，扫频曲线如图 6 所示。考虑到消声器质量较大，扫频上限频率较小，故只进行了 3 次扫频，选择在上限频率  $60\text{ Hz}$  进行耐振试验，每个轴向各  $2\text{ h}$ 。试验过程中发现，振动量级对于通海阀箱消声器这类质量较大的非电子设备影响较小。

表 2 振动试验量值

| 分类        | 频率/Hz  | 位移/mm | 加速度/(m·s <sup>-2</sup> ) |
|-----------|--------|-------|--------------------------|
| 水面舰艇和潜艇   | 1~16   | 1.0   | 10                       |
|           | 16~60  |       |                          |
| 高速柴油机快艇   | 10~35  | 0.5   | 25                       |
|           | 35~160 |       |                          |
| 各类舰艇(桅杆区) | 2~10   | 2.5   | 10                       |
|           | 10~16  |       |                          |
|           | 16~50  |       |                          |

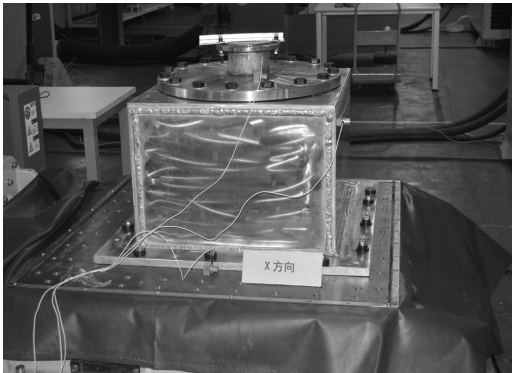


图 5 x 方向振动试验

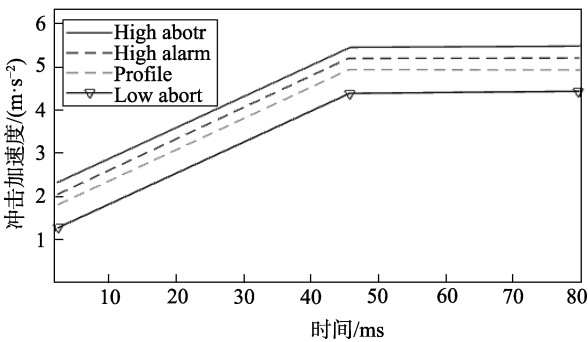


图 6 扫频曲线

2 试验结果

通过在第三方实验室对通海阀箱消声器进行倾斜摇摆试验、冲击试验、振动试验，验证了该设备在复杂严酷的环境条件下耐受环境应力的能力。试验后对通海阀箱消声器进行目视检查（见图 7），外观结构无明显变形、紧固件无松脱、断裂等。通过试验前后消声器声学性能试验的对比，发现消声器声学性能指标（插入损失  $>8\text{ dB}$ ）无明显下降，如图 8 所示。



图7 环境试验后消声器外观图

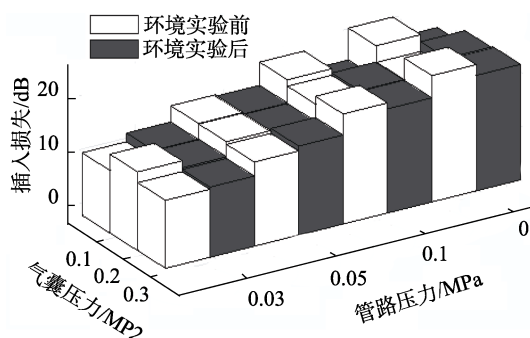


图8 插入损失对比

### 3 结论

1) 通海阀箱消声器在恶劣的环境条件下具有较高的可靠性及良好的环境适应性。

2) GJB 150.16A 振动试验量值设计针对船舶非电子设备影响较小, 可依据实测应力量值进行试验。

3) GJB 150.16A 振动试验要求在规定的频率范围内扫频 10 次, 在实际试验过程中发现, 类似于消

声器这种质量较大的非电子设备在 1~60 Hz 的频率范围内无法扫到共振频率, 10 次扫频浪费时间, 建议预估试验设备的共振频率。若超过扫频上限, 扫频 2~3 次即可。

4) 通过试验发现, 倾斜摇摆试验对通海阀箱消声器的影响极小, 可忽略不计。故建议针对质量较大的船舶非电子设备, 可酌情考虑是否进行倾斜摇摆试验。

### 参考文献:

- [1] GJB 4239, 装备环境工程通用要求[S].
- [2] 马丽娥. 舰船武器装备环境适应性研究与分析[J]. 舰船科学技术, 2006, 28(2): 42-44.
- [3] 宁薇薇, 陈立伟, 孙立明. 舰船电子设备振动试验条件的分析和对比[J]. 环境技术, 2017, 35(3): 76-80.
- [4] 郑卫东, 冯东辉. 舰船武器装备环境适应性技术[J]. 舰船科学技术, 2007, 29(1): 57-59.
- [5] 施建荣, 施诗, 张燕. 论舰船装备倾斜和摇摆环境适应性与试验[J]. 装备环境工程, 2011, 8(4): 41-44.
- [6] GJB 150.23A—2009, 军用装备实验室环境试验方法第 23 部分: 倾斜和摇摆试验[S].
- [7] 樊薇薇, 吴世华, 王永玲. 舰船装备的机械环境试验标准探析[J]. 装备环境工程, 2013, 10(6): 98-102.
- [8] 林武强. 舰船装备环境及其影响和存在问题分析[J]. 方法与评价, 2005, 2(2): 48-52.
- [9] GJB 150.16A—2009, 军用装备实验室环境试验方法第 16 部分: 冲击试验[S].
- [10] GJB 150.18A—2009, 军用装备实验室环境试验方法第 18 部分: 振动试验[S].
- [11] 朱宜生, 王超, 陈中青. 舰船设备振动试验方法的探讨[J]. 装备环境工程, 2016, 13(1): 112-115.