## 某舰炮弹药在模拟舰载环境条件下的长贮性能试验与分析

#### 陶伟琪

(海装广州局,广州 510000)

摘要:目的 为掌握弹药装备在舰载环境条件下长期贮存后的性能变化情况,验证当前弹药装备设计、试验标准是否满足装备实际使用要求。方法 抽取某舰炮弹药放置于亚热带湿热大气环境和热带海洋大气环境条件下的3个非标准库房中,进行为期5年的长贮试验。试验期间,对参试弹药进行定期检查,并对完成5年长贮试验后的弹药进行内弹道性能、连发性能等射击试验,通过比较弹药完成霉菌、湿热、盐雾等实验室试验后与完成5年长贮试验后的外观区别,对比弹药长贮试验前后的射击性能,得出该舰炮弹药在5年长贮试验后的性能变化情况。结果 该舰炮弹药在模拟舰载环境的热带海洋大气环境中贮存5年后,部分弹药的药筒、底火出现点蚀,弹丸出现锈蚀或霉斑,但弹药内弹道性能和连发性能无明显变化。结论 该舰炮弹药在模拟舰载环境条件下贮存5年后,内弹道性能和连发性能满足产品设计要求,可以安全使用;热带海洋大气环境与国军标规定的试验条件存在一定差异,在热带海洋大气环境下现有包装条件下的某舰炮弹药外观出现明显的腐蚀现象。

关键词:模拟;舰载环境;长贮

中图分类号: TB304 文献标识码: A 文章编号: 1001-3563(2021)11-0268-05

**DOI:** 10.19554/j.cnki.1001-3563.2021.11.039

# Test and Analysis on Long Storage Performance of a Naval Gun Ammunition under Simulated Shipborne Environment

TAO Wei-qi

(Guangzhou Military Representation Bureau of NAVFEC Department, Guangzhou 510000, China)

ABSTRACT: In order to master the performance change of ammunition and equipment after long-term storage in ship-borne environment, and verify whether the current design and test standards of ammunition and equipment meet the actual use requirements of the equipment, the ammunition of a naval gun was placed in three non-standard storerooms under the conditions of subtropical humid atmosphere and tropical marine atmosphere for 5 years. During the test period, the participating munitions were regularly inspected, and after completing the 5-year long storage test, the munitions were subjected to firing tests for internal ballistic performance, continuous firing performance, etc. by comparing the appearance of the munition after completing the laboratory tests of mould, damp heat and salt spray with that after completing the 5-year long storage test, the firing performance of the munition before and after the long storage test was compared, the performance change of the naval gun ammunition after 5 years storage test was obtained. The results show that after being stored for 5 years in the tropical marine atmospheric environment simulating the shipboard environment, some of the cartridge cartridges and primer are corroded, and the projectiles are corroded or moldy, but there is no obvious change in interior ballistic performance and continuous firing performance of ammunition. After 5 years storage in simulated shipborne environment, the interior ballistic performance and continuous firing performance of the ammunition can meet the

收稿日期: 2021-04-28

作者简介: 陶伟琪(1983—) 男, 工程师, 主要研究方向为装备生产监造。

requirements of product design and can be used safely. There are some differences between the tropical marine atmospheric environment and the test conditions stipulated in the national military standard. The tropical marine atmospheric environment has obvious corrosion to the appearance of a certain naval gun ammunition under the existing packing conditions.

**KEY WORDS:** simulation; shipboard environment; long storage

国内的弹药贮存一般要求标准库房条件, 对温 度、相对湿度及通风状况等都有明确的要求。弹药的 使用年限通常也是基于标准库房条件设计,而在实际 使用中,由于我国地域宽广、气候条件差异大,弹药 贮存环境难以全部满足标准库房条件,与弹药长贮要 求差距明显,其中海军弹药装备长贮问题尤为突出。 受海洋大气环境影响,海岸、岛礁、舰载环境要远比 标准库房条件恶劣,海军弹药装备长贮后,弹药包装、 弹体表面腐蚀现象明显[1-15]。为掌握海军弹药装备在 舰载环境条件下长期贮存后的性能变化情况,对某舰 炮弹药在亚热带湿热、热带海洋大气环境条件下的3 个非标准库房中进行为期5年的长贮试验。通过对该 舰炮弹药在3个非标准库房(内陆库房、近岸库房、 海上平台库房)长贮性能试验结果进行分析,掌握弹 药装备在不同环境条件下长贮后的性能变化,尤其是 模拟舰载环境条件下的长贮性能变化,为后续舰载弹 药的设计及防腐改进提供依据。

## 1 弹药储存条件基本要求

弹药长期贮存是保证国家武备力量的必要前提,也是弹药产品应具备的基本性能。根据 GJB 4385—2002《通用弹药储存技术要求》,储存弹药的库房,其内部最高温度不得超过 30 ℃,最低温度不低于 -12 ℃,适宜气候应控制在 5~20 ℃内。最大相对湿度不高于 70%,最小相对湿度不低于 40%。适宜相对湿度应控制在 55%~65%内。并且要求通风良好,定期检查和翻堆倒垛,超过温、湿度范围需及时采取措施调节。对一些新型弹药或者特种弹药,储存条件更加严格。

## 2 国内弹药长贮现状

我国地域宽广、气候条件差异大,而且很多弹药库房还是"三线建设"时期赶建的,设计和建造相对简陋,有的只装有基本的通风设施,不具备温湿度人为主动调节条件,难以满足标准库房条件要求。随着国防力量的增强,弹药长贮条件近年来虽有较大程度的改善,但温湿度调节设备尚未普及,仍不满足现行标准规定条件的弹药长贮要求。开展某舰炮弹药在非标准库房条件下的长贮性能试验,掌握弹药装备在恶劣环境条件下,尤其是在模拟舰载环境条件下的长贮性

能,对弹药设计、弹药贮存试验方法研究等具有重要 意义。

### 3 长贮试验前的弹药性能试验

#### 3.1 环境试验

抽取生产定型技术状态的药筒、弹体及全弹,依据 GJB 150.10《军用设备环境试验方法 霉菌试验》、GJB 150.9A《军用设备环境试验方法 湿热试验》和WJ 1826《金属药筒耐腐蚀试验法》等相关标准,开展了环境试验,结果见图 1,均满足产品设计要求。

#### 3.2 射击试验

在生产定型技术状态的某舰炮弹药中,随机抽取 样本在内陆常温环境条件下进行内弹道性能试验、解 除保险距离及短延期试验和连发性能试验,以检查某 舰炮弹药的使用性能,试验结果见表 1。

表 1 结果表明,该产品使用正常,性能满足产品设计及相关国军标要求。

#### 4 长贮试验

#### 4.1 试验用弹准备

试验用产品零部件为生产定型状态,从批量产品中随机抽取,与定型弹药同时装配。试验前全部进行外观检查,各零部件金属覆盖层外观要求按 GB/T 6461《金属基体上金属和其他无机覆盖层经腐蚀后的试样和试件评级》执行,涂漆涂层质量按 GB/T 1766《色漆和清漆涂层老化的评级方法》执行,保证各参试产品状态满足要求。

装配试验用弹前,特意磨掉了药筒外表面与金属包装箱上隔板接触部位的磷化膜封闭层,裸露出药筒镀锌层,以模拟弹药在恶劣勤务处理条件下,由于全弹药筒与金属包装箱上隔板反复磨擦碰撞造成的磷化膜封闭层脱落现象。在该状态下完成装配的试验用弹见图 2,最接近舰载长贮与使用环境的弹药实际状态。

完成试验用弹全弹装配后,逐发编号,并按定型产品"外塑料箱+内金属箱"的制式包装方式,分别装入金属包装箱,再将金属包装箱装入塑料箱,见图 3。







b 部件盐水试验



c 部件湿热试验



d 部件盐雾试验



e 全弹霉菌试验

图 1 某舰炮弹药环境试验结果 Fig.1 Environmental test results of ammunition for a naval gun

表 1 某舰炮弹药射击试验情况 Tab.1 Firing test of ammunition for a naval gun

序号	项目	数量	条件及方法	结果
1	内弹道性能试验	7	弹药保常温(15±2)℃,保温时间≥24 h,在某火炮上 用天幕靶测初速,其余按 GJB 2179—94 要求执行	平均初速为 897.2 m/s; 初速 或然误差为 2.14 m/s
2	解除保险距离及 短延期试验	13	在距炮口 150 m处布厚度为 2 mm 的铝合金板障碍靶, 距障碍靶 0.8 m 处布定位纸靶, 其余按产品制造与验 收规范要求执行	解除保险距离及短延期距离 均正常
3	连发性能试验	20	试验温度为环境温度,其余按产品制造与验收规范要求执行	连发正常,射击药筒无漏烟、 破裂、横断等异常现象



图 2 磨掉部分磷化膜封闭层后的某舰炮弹药 Fig. 2 Ammunition for a naval gun after part of the phosphating film is worn off

#### 4.2 方法

将试验用弹分为 3 批,每批 20 发,分别置于 3 个非标准库房(库房内无温湿度调节设备):内陆库房、近岸库房、海上平台库房。其中内陆库房模拟亚热带湿热大气环境,年平均气温 17 ℃,最高温度 42 ℃,最低温度 0 ℃,年平均相对湿度 83%;近岸库房距离海岸线 375 m,模拟热带海洋大气环境,年





图 3 试验产品包装 Fig.3 Test product packaging

平均气温  $25 \, ^{\circ}$ C,最高温度  $35 \, ^{\circ}$ C,最低温度  $9 \, ^{\circ}$ C,年平均相对湿度 79%;海上平台库房模拟热带海洋大气环境下的舰载环境,年平均气温  $24.6 \, ^{\circ}$ C,年平均相对湿度 86%。试验过程中,定期检查试验用弹的全弹及包装箱外观。检查方法参照 GB/T 6461— $2002 \, 和$  GB/T 1766—1995 相关要求执行。其检验周期分别为 0.5,1,2,3,4,5 年。

贮存期满 5 年后,抽取部分样本进行射击试验, 实测弹药使用性能。

#### 5 试验结果

#### 5.1 外观检查

在内陆库房存放的弹药,2年内外观无变化。贮存3年后,有1发药筒底部出现轻微点蚀。贮存5年后,累计2发药筒底部出现轻微点蚀,其余无变化。在近岸库房存放的弹药,1年内外观无变化。贮存2年后,有12发药筒底部棱边或退壳槽出现点蚀。贮存3年后,累计13发药筒底部棱边或退壳槽出现轻微点蚀。贮存4年后,累计13发药筒底部棱边或退壳槽出现轻微点蚀,18发弹丸表面出现轻微霉点或锈点。贮存5年后,累计14发药筒底部棱边或退壳槽出现轻微点蚀,19发弹丸表面出现轻微霉点或锈点,16发底火表面出现轻微点蚀。

在海上平台库存放的弹药,1年内外观无变化。 贮存2年后,有11发药筒底部或底部棱边出现点蚀。 贮存3年后,累计12发药筒底部或底部棱边出现轻 微点蚀,12发弹丸表面出现轻微霉点或锈点。贮存4 年后,累计12发药筒底部或底部棱边出现轻微点蚀, 12发弹丸表面出现轻微霉点或锈点,11发底火表面 出现轻微点蚀。贮存5年后,累计13发药筒底部或 底部棱边出现轻微点蚀,12发弹丸表面出现轻微霉 点或锈点,全部20发底火表面出现点蚀(最严重的 1发为7级,其余均为8级以上)。

上述外观检查结果中,药筒表面点蚀仅影响到药

筒镀锌磷化层,未伤及基体金属;弹丸表面出现的轻 微霉点或锈点经综合评审为1级(轻度)。

#### 5.2 射击试验

在贮存期满 5 年后,根据试验用弹的实际情况,制定了弹药长贮性能试验方案,并按该方案进行了射击试验,试验项目主要有内弹道性能试验、解除保险距离及短延期试验和连发性能试验等,试验结果见表 2 和图 4。

#### 5.3 结果分析

比较弹药完成霉菌、湿热、盐雾等实验室试验后与完成 5 年长贮试验后的外观区别,对比弹药长贮试验前后的射击性能,结论如下所述。

从外观检查结果看,某舰炮弹药在内陆库房贮存5年后,少数弹体表面会出现轻微腐蚀;在近岸库房、海上平台库房存放的弹药,在多次外观检查过程中,因反复开箱和装卸,包装箱内进入腐蚀性较强的高盐高湿海洋气体,贮存条件变得更加恶劣,弹药的整体防腐性能受到了明显影响。经贮存5年后,模拟热带海洋大气环境的近岸库房和模拟舰载环境的海上平台库房中的弹药,大比例出现弹体表面霉斑和锈蚀,其中海上平台库房弹药的底火全部出现点蚀。

从射击试验结果看,在模拟舰载环境的海上平台 库房中贮存5年以后,某舰炮弹药内弹道性能、连发 性能与出厂状态一致,可靠性略有降低,使用安全。

表 2 某舰炮弹药长贮试验后的射击试验情况 Tab.2 Firing test of a naval gun ammunition after long storage test

序号	项目	数量	条件及方法	结果
1	内弹道性能 试验	7	利用近岸库房弹药,弹药保常温(15±2)℃,保温时间≥24 h,在火炮上用天幕靶测初速,其余按 GJB 2179—94 要求执行	平均初速为 895.4 m/s; 初速或然误差为 1.76 m/s
2	解除保险距离 及短延期试验	13	利用海上平台库房弹药,试验温度为环境温度,在某测试火炮上单发水平射击。在距炮口 150 m 处布厚度为 2 mm 的铝合金板障碍靶,距障碍靶 0.8 m 处布定位纸靶,其余按产品制造与验收规范要求执行	2 发瞎火,其余解除保 险距离及短延期距离 均正常
3	连发性能试验	18	利用内陆库房、近岸库房、海上平台库房弹药各6发,试验 温度为环境温度,其余按产品技术规范要求执行	连发正常,射击药筒无漏烟、破裂、横断等异 常现象



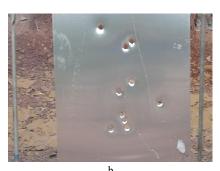


图 4 解除保险距离及短延期试验结果 Fig.4 Arming distance and short delay test results

## 6 结语

某舰炮弹药在模拟舰载环境条件下贮存 5 年后,内弹道性能和连发性能满足产品设计要求。通过对比弹药完成霉菌、湿热、盐雾等实验室试验后与完成 5 年长贮试验后的外观区别,亚热带湿热大气环境对在现有包装条件下的某舰炮弹药外观及性能影响较小,海洋大气环境对在现有包装条件下的某舰炮弹药外观有较大影响。在产品耐蚀性能方面,热带海洋大气环境与国军标规定的相关试验条件存在一定差异,热带海洋大气环境更恶劣。

#### 参考文献:

- [1] 朱惠斌, 黄燕萍. 海洋大气环境中钢铁表面的腐蚀 [J]. 全面腐蚀控制, 2003, 17(4): 26. ZHU Hui-bin, HUANG Yan-ping. The Anticorrosion to Steel Structure in Marine Atmosphere[J]. Total Corrosion Control, 2003, 17(4): 26.
- [2] 王振尧, 于国才, 韩薇. 我国自然环境大气腐蚀性调查腐蚀与防护[J]. 腐蚀与防护, 2003, 24(8): 323. WANG Zhen-yao, YU Guo-cai, HAN Wei. A Survey of The Atmospheric Corrosiveness of Natural Environments in China[J]. Corrosion & Protection, 2003, 24(8): 323.
- [3] 林臻,李国璋,白鸿柏,等.金属材料海洋环境腐蚀 试验方法研究进展[J].新技术新工艺,2013(8):68—74.
  - LIN Zhen, LI Guo-zhang, BAI Hong-bai, et al. Review of Research on Experimental Methods for Marine Environmental Corrosion of Metal Materials[J]. New Technology & New Process, 2013(8): 68—74.
- [4] 张韧. 海洋环境特征诊断与海上军事活动风险评估 [M]. 北京: 北京师范大学出版社, 2012: 190—192. ZHANG Ren. Characteristic Diagnosii of Marine Environmental Factors and Risk Assessment of Oceanic Military Activity[J]. Beijing: Beijing Normal University Press, 2012: 190—192.
- [5] 李良春, 王红卫, 谭志强. 影响海岛部队弹药储存可靠性的诱因[J]. 包装工程, 2002, 23(6): 68—70. LI Liang-chun, WANG Wei-hong, TAN Zhi-qiang. Effect on the Reliability of Stored Ammunitions in Island[J]. Packaging Engineering, 2002, 23(6): 68—70.
- [6] 潘文庚, 尹海平, 孔凡成, 等. 高温高湿环境下弹药储运包装温湿度研究[J]. 包装工程, 2016, 37(23): 125—128.

  PAN Wen-geng, YIN Hai-ping, KONG Fan-cheng, et al. Temperature and Humidity for the Storage and
  - al. Temperature and Humidity for the Storage and Transportation Container of Ammunition in High-Temperature and High-Humidity Areas[P]. Packaging Engineering, 2016, 37(23): 125—128.

- [7] 刘国孝, 刘国忠, 方晓祖, 等. 常规兵器在热带海岛地区腐蚀问题的探讨[J]. 兵器材料科学与工程, 2016(3): 131—134.
  - LIU Guo-xiao, LIU Guo-zhong, FANG Xiao-zu, et al. Corrosion Problems of Conventional Weapons in Tropical Island[J]. Ordnance Material Science and Engineering, 2016, 39(3): 131—134.
- [8] 刘勇, 陈海涛, 刘润芳, 等. 弹药金属包装材料的腐蚀与防护综述[J].包装工程, 2020, 41(9): 232—237. LIU Yong, CHEN Hai-tao, LIU Run-fang, et al. Review of Corrosion and Anti-corrosion of Ammunition Metal Packaging Materials[J]. Packaging Engineering, 2020, 41(9): 232—237.
- [9] 胡有林. 热带海岛地区常规兵器的腐蚀问题分析[J]. 军民两用技术与产品, 2017(22): 222. HU You-lin. Analysis on Corrosion of Conventional Weapons in Tropical Islands[J]. Dual Use Technologies & Products, 2017(22): 222
- [10] 朱乐乐, 王雨时, 闻泉, 等. 弹药类产品贮存寿命试验方法综述[J]. 兵器装备工程学报, 2020, 41(3): 224—228.

  ZHU Le-le, WANG Yu-shi, WEN Quan, et al. Review of Methods for Storage Life Test of Ammunition Products[J]. Journal of Sichuan Ordnance, 2020, 41(3): 224—228.
- [11] 许正,程清. 弹药寿命的影响因素和评价方法研究 [J]. 科学与财富, 2019(22): 20. XU Zheng, CHENG Qing. Study on Influence Factors and Evaluation Method of Ammunition Life[J]. Sciences & Wealth, 2019(22): 20.
- [12] 高玉龙,易建政,王海丹. 弹药技术寿命评价研究 [J]. 装备环境工程, 2011, 8(1): 73—75. GAO Yu-long, YI Jian-zheng, WANG Hai-dan. Analysis of Ammunition Technical Life Evaluation[J]. Equipment Environmental Engineering, 2011, 8(1): 73—75.
- [13] 高玉龙, 易建政, 王海丹. 弹药储存环境对弹药质量的影响[J]. 装备环境工程, 2010, 7(5): 77—78. GAO Yu-long, YI Jian-zheng, WANG Hai-dan. Influence of Storage Environment on Ammunition Quality[J]. Equipment Environmental Engineering, 2010, 7(5): 77—78.
- [14] 潘忠政, 姚恺, 安振涛. 温度环境对弹药储存影响性分析与研究[J]. 装备环境工程, 2008, 5(4): 59—62. PAN Zhong-zheng, YAO Kai, AN Zhen-tao. Analysis and Study of the Influence of Temperature on Ammunition Storage[J]. Equipment Environmental Engineering, 2008, 5(4): 59—62.
- [15] 艾云平, 刘琼, 冯钟林, 等. 浅析湿度对海岛弹药储存的影响 [J]. 物流工程与管理, 2013, 35(3): 146—147.
  - AI Yun-ping, LIU Qiong, FENG Zhong-lin. Brief Analysis the Influence of Humidity on Ammunition Storage of Island[J]. Logistics Engineering and Management, 2013, 35(3): 146—147.