

# 信息化弹药贮存寿命评估研究展望

牛跃听, 穆希辉

(总装军械技术研究所, 石家庄 050000)

**摘要:** 信息化弹药是区别于传统弹药和导弹的新型弹药。文中分析了信息化弹药贮存寿命评估与延寿技术的经济效益;并从信息化弹药的结构原理、检测方法、试验手段、检修模式、寿命评估方法等方面,详细论述了其与传统弹药、导弹在可靠贮存寿命评估和延寿技术方面呈现出的新特点,并在此基础上有针对性地提出信息化弹药贮存寿命评估研究的一些发展构想。

**关键词:** 信息化弹药;贮存;寿命评估

**DOI:** 10.7643/issn.1672-9242.2013.05.020

**中图分类号:** TJ410      **文献标识码:** A

**文章编号:** 1672-9242(2013)05-0094-04

## Research Prospect of Information Ammunition Storage Life Evaluation

NIU Yue-ting, MU Xi-hui

(Ordnance Technological Research Institute, Shijiazhuang 050000, China)

**Abstract:** Information ammunition is a new type of ammunition, which is different from traditional ammunition and missile. New features of information ammunition in storage life evaluation and life extension technology were discussed, which were different from traditional ammunition and missile, from the aspects of structure, principle, test method, maintenance model, and life evaluation method. Some development speculations on storage life evaluation of information ammunition were put forward.

**Key words:** information ammunition; storage; life evaluation

信息化弹药(information ammunition)又称灵巧弹药(smart ammunition),国内也有学者称之为智能弹药(intelligent ammunition),是指采用精确制导系统,以弹体作为运载平台,利用信息从复杂背景中探测、识别、跟踪目标,并导引、控制弹丸飞行、命中及毁伤目标,能够实现战场态势感知、电子对抗、精确打击、高效毁伤和毁伤评估等功能的武器弹药。

在信息化战争条件下,为了提高我军远程压制、

精确打击和高效毁伤能力,增强战斗力,近年来我军研制生产装备了多种信息化弹药。其代表性弹种主要有三类:简易制导远程火箭弹系列、炮射导弹系列、末制导炮弹系列。

我军信息化弹药储量大、价值高、作战效能好。据公开资料显示,“十二五”期间末制导炮弹、炮射导弹和远程火箭炮弹等信息化弹药陆续达到给定贮存年限。因此,信息化弹药的定寿、延寿问题日益突

收稿日期: 2013-05-29

作者简介: 牛跃听(1978—),男,河北人,博士,工程师,主要研究方向为信息化弹药寿命评估与延寿技术。

出,存在很大的延寿维修空间和巨大的维修效益。

信息化弹药的寿命评估涉及到“结构材料、检测方法、抽样方法、试验手段、检修模式、寿命评估方法”等诸多方面问题,亟需深入研究。

## 1 在可靠贮存寿命评估和延寿技术方面呈现出的新特点

与传统弹药相比,信息化弹药采用了大量的新原理、新技术、新材料、新工艺等,增加了具有制导与控制功能的制导装置、内置发动机、自动驾驶仪或舵机等部件;集成了弹道修正、控制与制导、末端敏感和高能战斗部等新技术;已由单一的机、化产品发展成为集光、机、电、化于一体的高技术产品。相对于传统弹药,其在贮存可靠性寿命评估和延寿方面呈现出以下新特点。

### 1.1 信息化弹药和传统弹药结构原理的区别

1) 信息化弹药大量采用光电组件,其结构复杂,失效规律需要深入研究。

相对于传统弹药,信息化弹药具有制导与控制功能,组成部分中采用大量的光电组件,如激光接收机、陀螺仪、电子时间装置等,其分系统与系统之间的失效相互耦合、关联性复杂,失效模式、失效机理和判据难掌握<sup>[1]</sup>。需要结合部组件与全弹的各类试验,以及相关平行件的自然贮存环境试验和加速寿命试验,分析确定信息化弹药失效模式、失效原因、故障机理和失效规律,为其性能检测项目的确定、加速寿命试验应力的选择、可靠性指标体系的构建、贮存寿命的评估和维修内容的确定提供基础支撑。

2) 信息化弹药动力驱动装置由“发射药筒+发动机”构成,发动机的贮存寿命需要进一步研究<sup>[2]</sup>。

传统弹药只有发射药筒作为动力驱动装置,信息化弹药增加了发动机作为动力驱动装置。信息化弹药的发动机在长期贮存中,环境温度、湿度、与氧气接触、机械撞击等导致其出现裂纹、脱粘、缺陷等安全隐患,该安全隐患对信息化弹药发射的影响未知,需要进一步研究。

3) 信息化弹药均采用单发密封式的包装,包装对其贮存寿命的影响需要进一步研究。

密封状态的包装,虽然隔阻了贮存环境中大气

腐蚀性介质、湿气的侵入,但信息化弹药包装内非金属材料产生的腐蚀性气分不能排放,且浓度会随贮存时间的延长而增大,引起密封包装内各类材料的老化、分解、失效<sup>[3]</sup>。因此,需要研究其生产组装环境、勤务过程环境、贮存环境中的包装特性,以及包装对信息化弹药贮存寿命的影响。

4) 高含能材料信息化弹药的贮存安全性和使用安全性研究。

信息化弹药采用高含能材料战斗部,是“高爆碎片子弹药”、“高爆式或聚能反装甲装药”。一方面,需要对高含能材料贮存安全性变化规律展开研究;另一方面,高能火药敏感度较高,给信息化弹药的分解、检测带来安全隐患,需要通过数学、物理模型进行仿真计算,选用一定缩小比例试品进行试验验证,评估高能火药的毁伤效能,开展其在检测、维修、使用中的安全性研究。

### 1.2 信息化弹药和传统弹药检测方法、试验手段、检修模式的区别

1) 传统弹药“破坏性消耗检测”向信息化弹药“非破坏性无损检测”转变,检测方法手段需要进一步研究。

针对信息化弹药关键件和重要件的可恢复性拆解,研究采用何种技术手段对其质量状况、寿命状态进行诊断,如:X射线检查、CT检测、超声波检测等诊断技术手段。例如应用于火工品性能检测的方法有X照相法、中子照相法、 $\gamma$ 射线法、CT扫描等方法,通过这些方法检测火工品长期贮存过程中引信的安全保险机构、传爆序列的安全状态,发火装置的电极塞的引线状态、桥丝完好状况、装药层次、药层断面以及火工品内部各零部件的状态。

2) 传统的高消耗性的检测试验方法已不适用于信息化弹药,针对信息化弹药需研究小样本条件下的抽样试验方法、可靠寿命评估方法研究。

采用Bootstrap方法,充分利用信息化弹药历史信息、同类产品的试验信息等丰富的验前信息,确定信息化弹药验前信息的权重,并对验前信息和现场试验信息进行相容性检验,使验前信息与现场试验信息近似服从同一总体(即差别不能太大),能够反映性能参数的统计特性。

通过小子样可靠寿命评估方法研究,确定加速

寿命试验样本、实弹飞行试验样本、以及基于小子样的可靠寿命评估方法。

3) 在质量状态检测方面,传统弹药是基于生产批次的检测,而信息化弹药是基于单发的检测。

相比于发达国家,我国军工生产水平不高,导致信息化弹药生产质量不高、批次质量不稳定;并且,影响其质量状况的因素较多,如部件的配套生产厂家诸多、批次质量有差异、运输过程不同、贮存环境不同等,需要定期对单发进行检测,如某型远程火箭弹每两年对单发弹检测一次。

4) 传统弹药的日常检测维护、实弹试验验证方式与信息化弹药有较大区别,需要进一步研究。

相对于传统弹药贮存年限长达几十年,信息化弹药贮存年限相对较短。并且,信息化弹药结构复杂、其电子和光机电设备由成微型器件构成,日常需要定期检测维护,并需要在质量等级转换年限进行抽样实弹飞行试验。信息化弹药试验具有实弹试验要求小样本抽取、试验场地选择难(末制导炮弹远区射击)、地面监控测试设备多、指挥协调要求高、试验费用大等特点,这和传统弹药试验差异很大。

5) 检修模式由传统弹药“集中上送检测”转向信息化弹药“人员、技术向下到仓库检测、修理”的检修一体模式。

### 1.3 信息化弹药和传统弹药贮存寿命评估方法的区别

1) 传统弹药基本为串联系统,信息化弹药是由串、并联子系统和冗余系统构成的复杂系统,需要展开复杂系统可靠性贮存寿命评估方法研究。

对信息化弹药复杂系统进行结构分析,梳理各分系统、部组件、最小可检测单元,构建复杂系统可靠性模型,搜集最小可检测单元全寿命信息,逐级评定可靠性与复杂系统贮存寿命。

2) 信息化弹药的失效是多个潜在失效机理相互竞争的结果,其竞争失效条件下的加速寿命试验技术需要深入研究。

与传统弹药相比,信息化弹药增加了控制系统部组件,系统结构复杂,对其展开的加速寿命试验属于复杂系统加速寿命试验范畴<sup>[4]</sup>。信息化弹药复杂系统存在多个失效机理,系统失效则是多个潜在失效机理相互竞争的结果<sup>[5]</sup>。需要研究“竞争失效条件

下的信息化弹药加速寿命试验”问题,对各种加速因子的确定、施加方式、相互竞争的影响等问题进行针对性的研究。

同时,注重信息化弹药自然环境贮存试验的分析研究。信息化弹药设计定型后一般都有平行件进行自然环境试验,重点对其进行环境适应性评价、环境失效机理分析、环境保护对策,进而结合加速寿命试验数据分析,对其服役寿命预测。

## 2 在可靠贮存寿命评估和延寿技术方面呈现出的新特点

与导弹相比较,信息化弹药需在高过载条件下发射、带有能产生一定膛压的发射药筒、控制系统检测性、维修性较差等特点。因此信息化弹药在可靠贮存寿命评估和延寿技术方面也呈现出新的特点。在进行可靠贮存寿命评估和延寿时需考虑在高过载条件下的失效模式和失效机理、发射药筒的失效模式和失效机理及表征其控制系统性能状态的特征参数和测试技术。

### 2.1 在高过载条件下的失效模式和失效机理研究

炮射导弹系列弹种、末端激光制导炮弹系列弹种是目前所有制导武器中发射过载最大的一类弹种,“发射环境恶劣,初速大、过载高,多向自振频率复杂”是其与一般导弹的主要区别之一,如炮射导弹发射时的过载高达15 000g,末端激光制导炮弹炮口横向自振频率高,需要展开“基于高过载条件下”的信息化弹药光电部组件失效机理研究。

与导弹不同,许多信息化弹药发射瞬间承受的加速度非常大、转速非常高、炮口横向自振频率高,其中的电子部组件承受很大的过载。这些部组件从出厂到最终使用,往往经历了在不同环境贮存数年或十几年的时间,其性能参数一般会在长期的贮存环境中发生变化。一旦承受高强度机械应力、热应力、射线辐射应力、电应力、振动频率应力等苛刻的过载条件,是否因此产生失效,非常值得研究。如电子时间装置、机电引信、无线电引信、制导控制系统是否能够可靠工作,这涉及到信息化弹药制导精度和作战效能发挥的重大问题。需要针对信息化弹药

的典型光电部组件,通过研究电子部件的工作原理、材料特性、工艺技术,以及它与环境应力的复杂关联性,研究其高过载条件下的失效模式和失效机理。

## 2.2 发射药筒的失效模式和失效机理研究

炮射导弹系列弹种与一般导弹的另一个主要区别是它有发射药筒,因此在发射时膛内就存在很高的膛压。一般制式火炮发射时的膛压在300~500 MPa,火箭推进剂的燃烧压力在20 MPa左右,而炮射导弹的发射药燃烧压力一般限制在60 MPa以下<sup>[6]</sup>,介于制式炮发射药与推进剂之间,在火药燃烧的研究中这是一个被忽略的区域。

发射药的变质失效将影响射弹散布密集度,并可能造成弹药瞎火、产生近炸。因此,在长期的贮存过程中此燃烧压力区间的发射药筒的失效模式和失效机理问题,需要系统深入地研究。

## 2.3 信息化弹药的控制系统动态特性测试技术研究

相对于造价高昂的导弹,信息化弹药的检测性、

维修性较差,其预留检测接口测得的静态参数与可靠性的关联不足,不能完全如实反映其质量状态,只能用于信息化弹药工作正常与否的简单判断,各参数指标对可靠性指标的影响机理、影响程度尚不够明确。由于信息化弹药系统的各分系统任务的时序性和关联性,决定了必须采用全弹静态检测与部组件动态联测相结合的测试技术。

需要研究表征信息化弹药控制系统性能状态的特征参数,确定各个特征参数的动态特性的检测原理,以获取控制系统各部件的动态性能参数检测数据(如陀螺坐标仪,通过模拟其飞行时的动态环境测试动态参数数据),为信息化弹药的关键部组件的可靠性评估提供准确的数据支撑。

## 3 美军信息化弹药贮存寿命评估与延寿研究情况

根据资料报道,美军对信息化弹药贮存寿命评估与延寿进行了大量研究,表1列出了美军部分型号的信息化弹药延寿情况<sup>[7]</sup>。

表1 美军部分型号的信息化弹药延寿情况汇总表

Table 1 Summary sheet of information ammunition life extension of US army

| 名称            | 给定的贮存年限/a | 延寿后的贮存年限 | 延寿修复费用/百万美元 | 节省军费/百万美元 | 费效比   |
|---------------|-----------|----------|-------------|-----------|-------|
| 美国陶式导弹        | 5         | 22       | 7.5         | 1345.0    | 179:1 |
| 美国多管火箭        | 10        | 15       | 13.8        | 508.5     | 36:1  |
| 美国霍克地空导弹      | 5         | 20       | 65.1        | 217.9     | 3:1   |
| 海尔法(地狱火)反坦克导弹 | 10        | 13       | 5.4         | 813.1     | 150:1 |
| 橡树棍反坦克导弹      | 5         | 28       | 19.6        | 687.2     | 35:1  |
| 美国“龙”式导弹      | 5         | 23       | 6.4         | 294.7     | 46:1  |
| 美国“龙-2”式导弹    | 5         | 9        | —           | —         | —     |
| “爱国者”导弹       | 5         | 10       | 94.4        | 2463.3    | 26:1  |
| 美国“针刺”导弹      | 10        | 16       | —           | —         | —     |
| 小檞树导弹         | 10        | 20       | 10.5        | 51.1      | 4:1   |
| 陶式-2/陶式-2A 导弹 | 10        | 15       | —           | —         | —     |

从美军对信息化弹药贮存寿命评估与延寿研究的情况,可以得出以下结论。

1) 信息化弹药生产厂家给出的“寿命期指标”只是一个研制总要求指标,缺乏实际环境贮存试验验证。因此,该“寿命期指标”是一个经验预估值,没有通过科学试验的手段掌握其贮存可靠性和寿命变

化规律,需要开展专项试验进行研究。

2) 不同类型的信息化弹药结构原理不同,光学、机械、电子、化学等部组件失效模式、失效机理差异大,需要针对不同的弹药种类选择具体的试验途径和研究方法,探索全弹的失效模式、失效机理以及

(下转第101页)

封方式也极易失效。

### 3 结语

舰载设备在设计制造过程中,需对海洋环境与陆地环境的不同给予充分考虑,任何细节上的疏忽都可能带来严重问题。笔者从工作经验出发,探讨了某型测量船舰载短波天线故障频发的深层次原因,给出了短期改进方案和长期展望,希望能给后续同类产品改进设计提供参考。

#### 参考文献:

- [1] 张官成. 短波通信技术现状及发展[J]. 海军飞行教育, 2011(1).
- [2] 应云龙, 黄明招. 加强对短波天线防护的探讨[J]. 信息安全与技术, 2013(6): 98—100.

- [3] 左艳军. 国外舰船上层建筑集成化技术发展[J]. 国防科技情报, 2010(21): 7—11.
- [4] 栾正斌. 浅谈短波通信中抗干扰技术[J]. 电脑知识与技术, 2010, 6(18): 1897—1898.
- [5] 钱晓东. 短波通信未来发展方向探讨[J]. 天津航海, 2010(4): 34—35.
- [6] 刘丽红, 闫杰. 天线罩涂层海洋环境下老化行为研究[J]. 装备环境工程, 2010, 7(6): 175—179.
- [7] 董艳, 杨崇斌. 雷达天线腐蚀研究进展[J]. 装备环境工程, 2013, 10(3): 69—71.
- [8] 刘娜, 韦高. 复合材料垂尾隐蔽式短波天线研究[J]. 信息安全与通信保密, 2010(5): 54—56.
- [9] 李高飞. 短波天线的小型化研究[D]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学, 2012.
- [10] 敖辽辉. Parylene 涂覆技术在天馈系统防护上的应用[J]. 电讯技术, 2012(6): 205—207.

(上接第 97 页)

薄弱环节, 得出相对可信的贮存寿命, 进而确定修理内容, 研究其延寿修复技术。

3) 信息化弹药各组件寿命匹配的差异, 使其具有相当的寿命挖掘潜力, 只是目前缺乏科学的评估技术与理论, 缺少合理的延寿修复措施。

4) 信息化弹药延寿修复的“费效比”较高, 具有巨大的经济效益; 但不同类型弹种的延寿年限和“费效比”差异较大, 不能一概而论。

### 4 结语

1) 目前, 我军处于传统弹药保障向信息化弹药保障的转型期, 针对信息化弹药可靠贮存寿命评估以及延寿关键技术的研究尚未形成切实可行的理论方法与技术体系。

2) 需要对具体型号信息化弹药的贮存失效模式、失效机理、试验验证、可靠贮存寿命评估理论和方法等进行研究, 建立信息化弹药的贮存可靠性试验与评价体系, 掌握其质量变化规律和可靠贮存寿命, 明确超期服役弹药的处理决策, 为信息化弹药的延寿维修提供技术支持。

3) 通过掌握信息化弹药的寿命规律, 制定信息化弹药延寿的措施方法, 修复超期服役弹, 延长其可

靠贮存寿命, 恢复其战斗力, 可节省大量军费开支, 具有巨大的经济效益; 同时, 还可以指导信息化弹药的维修和报废处理等工作, 为军方决策部门提供信息化弹药订购生产、储备布局、使用维护决策依据; 另外, 还可以为提高我军信息化弹药装备设计、生产水平提供参考和借鉴。

#### 参考文献:

- [1] JOSEPH, M. Effect of Long-Term Storage on Electronic Devices[R]. USA: U S Army Armament Research, Development and Engineering Center, 1995.
- [2] 周堃, 罗天元. 弹箭储存寿命预测预报技术综述[J]. 装备环境工程, 2005, 2(2): 6—11.
- [3] 罗天元. 建立弹箭储存寿命评价技术的构想[J]. 四川兵工学报, 2003, 24(6): 40—42.
- [4] 张春华, 温熙森, 徐循. 加速寿命试验技术综述[J]. 兵工学报, 2004, 25(4): 485—490.
- [5] 葛广平, 刘立喜. 竞争失效产品恒定应力加速寿命试验的优化设计[J]. 应用概率统计, 2002, 18(3): 260—268.
- [6] 邵显涛, 刘玉文, 肖明杰. 炮射导弹及其关键技术[J]. 信息化弹药理论与实践, 2008: 117—120.
- [7] TRUMAN W, GARY D. Challenges in Missile Life Cycle System Engineering[R]. USA: Missile Research, Development, and Engineering Center, 1997.