

【武器装备】

高价值弹药储存可靠性小子样评估可用信息分析

仲伟君, 齐杏林, 张有峰

(军械工程学院 弹药工程系, 石家庄 050003)

摘要:高价值弹药的高成本决定了其储存可靠性试验和可靠性评估不能采用低成本弹药的大样本量抽样方式, 针对该问题, 提出采用小子样可靠性评估的方法, 主要分析了可用信息的类型, 包括生产及验收信息、技术检查信息、静态检测信息、飞行试验信息、加速寿命试验信息、相似或相近弹药的相关信息等, 并探讨了各类可用信息的数据处理及应用方法。

关键词:高价值弹药; 储存可靠性; 可靠性评估; 小子样评估

中图分类号: TJ410.1

文献标识码: A

文章编号: 1006-0707(2011)06-0052-02

Analysis on Useful Information in Small Sample Storage Reliability Evaluation of High Value Ammunition

ZHONG Wei-jun, QI Xing-lin, ZHANG You-feng

(Department of Ammunition Engineering, Ordnance Engineering College, Shijiazhuang 050003, China)

Abstract: The big sample style of reliability test and evaluation is not applicable to high value ammunition. The paper proposes a small sample reliability evaluation method. The producing and accepting information, checking information, static testing information, shooting information, accelerated life test information, likeness ammunition information is respectively analyzed. And the data handling and applying method is also analyzed.

Key words: high value ammunition; storage reliability; reliability evaluation; small sample evaluation

弹药的储存可靠性评估是弹药质量监控的重要环节^[1]。对于传统的低成本弹药, 是采用大样本量(一般均大于34发)试验的方式, 根据试验结果, 采用二项分布评估其可靠度置信下限。对高价值弹药, 特别是一些制导弹药, 其成本高(单发价格几十甚至上百万元), 如仍采用低成本弹药大样本量的试验方式, 试验一次仅弹药一项耗费就达上千甚至几十万元, 并且这些弹药的数量也不适宜进行大样本量的试验。一种有效的方式是在进行小样本量(如5发)飞行试验的条件下, 综合利用各种可用信息, 综合评估其储存可靠度, 本文主要对各种可用信息进行分析。

1 可用信息类型及分析

高价值弹药储存可靠性评估的对象是某一储存时间(一般为某年)、某一储存环境、若干数量(如一批)的高价值弹药。经分析, 认为可靠性评估可用信息可分为三大类^[2-5],

一是直接与该批高价值弹药相关的信息, 包括生产及验收信息、技术检查信息、静态检测信息、飞行试验信息、加速寿命试验信息等; 二是同种不同批高价值弹药的相关信息, 同样包括生产及验收信息、技术检查信息、静态检测信息、飞行试验信息、加速寿命试验信息等, 但此时要区分储存环境是否相同; 三是相似或相近弹药的相关信息, 相似或相近的弹药包括同样是高价值弹药或低成本弹药, 此处的相似和相近包括部分组成部件相同、部分组成部件相似, 如发动机相同、发射药相同、发射药成份类似等。

1) 生产及验收信息

对每一批高价值弹药, 在生产和出厂验收时, 均需进行一定量的试验, 试验项目主要包括外观质量、电路性能、环境适应性(温湿度、冲击、振动、淋雨、沙尘等)、靶场飞行试验等。对储存可靠性评估而言, 出厂时的可靠度为固有可靠度 R_0 , 随着储存时间的增加, 弹药的可靠度会不断下降。固有可靠度的求取方法是统计验收试验的总样本量 n_0 、失效数

收稿日期: 2011-03-22

基金项目: 军械工程学院科学研究基金资助项目

作者简介: 仲伟君(1981—), 男, 硕士, 讲师, 主要从事弹药技术保障、可靠性技术研究。

f_0 ,采用 Bayes 方法或二项分布求取其可靠度点估计 \hat{R}_0 和单侧置信下限 R_{0L} ,具体可参考相关文献,此处不再详述^[6-9]。但目前存在的问题是出厂验收试验时,靶场飞行试验数量也较少(一般不超过 10 发),这给求取固有可靠度 R_0 带来了很大难度,解决方法主要有 2 个:一是利用该批弹药的各种信息,采用小子样方法进行综合评估;二是收集同种不同批弹药的出厂验收飞行试验结果,经相容性和一致性检验后,综合处理,但有一定的误差。

2) 技术检查信息

技术检查是借助于工具、量具、仪器,按照操作规程对高价值弹药及其包装进行的非破坏性(可恢复性)检查,以判定其质量状况。对高价值弹药而言,技术检查主要是在全弹不分解的情况下,检查其外观质量情况和包装的完好性(对密封包装主要是密封性)情况。尽管高价值弹药成本高,但由于技术检查是无损的,因此可采用大样本量的抽样方式,如抽取 34 发,可采用二项分布(或超几何分布)评估其可靠度,这对可靠性评估是有利的一个方面。但依据技术检查进行可靠性评估的不足是技术检查结果仅为外观质量状况,对高价值弹药的内部结构完好性、电路完好性、飞行工作性能检查不到,因此这种评估是不全面的。

3) 静态检测信息

静态检测主要是指对高价值弹药电路的静态电参数进行的检测,包括电阻的阻值、静态工作电流、静态工作电压、光电信号作用下的输出性能等。静态检测的优缺点:一是同技术检查一样,静态检测也是一种无损检测;二是静态检测可对高价值弹药的电路实现比较全面的性能检验,基本可以覆盖其全弹道各个阶段对电路作用性能的要求;三是静态检测仅限于高价值弹药的电路部分,主要是制导和控制部分,对其他部分无法检测。因此,同技术检查一样,静态检测可以采用大样本量的抽样方式,采用二项分布(或超几何分布)评估其可靠度。不足之处是静态检测结果不是飞行工作性能的动态检测,这种评估也是不全面的。

4) 飞行试验信息

飞行试验是采用实弹射击的方式检测高价值弹药综合质量状况的试验,试验考核了高价值弹药的装填可靠性、发射可靠性、射击安全性、弹道飞行可靠性、弹道安全性、命中可靠性、发火可靠性等全弹综合性能,其试验结果是可靠性评估综合性最强也最准确的信息。对一批高价值弹药而言,其缺点是试验数量少(一般不超过 10 发),难于直接用经典方法(如二项分布或超几何分布)进行可靠性评估。可考虑用如下办法处理:一是对一批高价值弹药,收集其在不同时间点、不同地点的飞行试验数据,主要包括不同年限的飞行试验结果、不同部队的射击训练结果;二是对同种不同批高价值弹药,收集其不同时间点、不同地点的飞行试验数据,也是包括不同年限的飞行试验结果、不同部队的射击训练结果;三是对相似高价值弹药,收集其不同时间点、不同地点的飞行试验数据。

5) 加速寿命试验信息

对高价值弹药,加速寿命试验主要针对其元、零部件进行,如其中的发射药、推进剂和火工品等,通过在较短的试验周期内,在保持失效机理不变的条件下,通过加大试验的应

力来缩短试验周期,获得正常储存环境下的质量变化规律。目前发射药可采用维也里法,推进剂可采用热加速老化法,火工品可采用高温储存试验法、高温高湿试验法等,加速寿命试验应力选择和数据处理可参考相关文献。对全弹可靠性评估而言,加速寿命试验数据是元部件信息,在建立全弹的可靠性模型后,作为单元信息,可用于全弹的系统可靠性评估。

6) 相似或相近弹药的相关信息

为保证配用武器平台、操作使用方法的通用和一致,高价值弹药和配用同一武器平台的某些低成本弹药有些部件是相同或相似的,如药筒、发射药、底火部分;对同一种高价值弹药,不同弹种仅仅是战斗部部分不同,发射部分相同或相似;高价值弹药的某些零部件与某些低成本弹药的零部件是相同或相似的,如同为单基发射药、同为双基推进剂等。这些相同或相似部分的可靠性信息相对全弹评估是单元信息,可用于全弹的系统可靠性评估。

2 各类信息处理及应用方法分析

针对某一储存时间、某一储存环境的一批高价值弹药,具体评估时按照以下思路进行:该时间点的飞行试验信息最为准确和综合,直接应用;其他信息均作为验前信息,把两者进行融合,用 Bayes 方法进行综合评估。

1) 元部件信息的折合

静态检测信息、加速寿命试验信息、相似或相近弹药信息等是针对元部件的,为了将元部件的信息转换为等效的全弹试验信息,需要使用可靠性系统综合方法,常用的有:MML 法(极大似然估计法)、SR 法(逐次简化法)、EF 法(基于可靠性评价函数的矩拟合法)、Bayes 法、L-M 法(lindstormmanddens)和 CMSR 法(combined mml and sr)等。但是,这些方法仅适用于成败型单元组成的串(并)联系统,而高价值弹药的各组成元部件涉及电子产品、机械产品、火工产品等,各种元部件的性能参数往往服从不同的分布类型,如二项分布、超几何分布、正态分布、对数正态分布、威布尔分布等。目前,对多分布类型单元组成的系统,解决方法主要有以下 2 种:一种是用“虚拟系统法”将各单元的试验数据“折合”为成败型数据,再用 CMSR 等经典方法得到等效的系统试验信息;另一种是用最大熵法得到先验分布,然后用 Bayes 方法进行可靠性评估。经初步分析,可采用“虚拟系统法”。

2) 不同环境信息的折算

针对不同储存环境的信息,如同种高价值弹药在热带储存和在温带储存后的飞行试验信息,为了进行可靠性评估,需要把不同环境条件下的试验数据折算为一种环境条件下的试验数据,解决这类问题的有效方法是使用环境因子。

3) 验前信息与飞行试验数据融合方法

验前信息是飞行试验的重要补充,只有合理、有效的利用它们,才能使可靠性评估取得理想的效果。在验前信息的融合方法中,既要充分考虑验前信息与飞行试验数据的关联性,又要注意到其试验环境的差异。为避免少量的飞行试验数据被相对较多的验前信息数据“淹没”,同时考虑到储存过程中可能出现的波动,不采用固定的“折合”(下转第 56 页)