

产品贮存环境与寿命评估

湿热环境下某引信储存寿命评估

郑波, 梁兵, 方兴桥

(军械技术研究所, 石家庄 050000)

摘要: 简述了进行某引信湿热环境储存可靠性试验的试验场地、试验样本量的确定方法以及试验结果, 分析探讨了引信在湿热环境中的储存可靠性试验数据的处理方法, 依据该引信储存可靠性试验结果, 得出某引信在湿热环境中储存4 a后储存可靠性不低于0.90的结论。

关键词: 湿热环境; 引信; 储存寿命; 寿命评估

中图分类号: TJ430.67 **文献标识码:** A

文章编号: 1672-9242(2011)06-0001-02

Estimation of Fuze Storage Life in Damp-heat Environment

ZHENG Bo, LIANG Bing, FANG Xing-qiao

(Ordnance Technology Research Institute, Shijiazhuang 050000, China)

Abstract: The test site, the method of determining test sample amount and the test results of fuze storage reliability test in damp-heat environment was introduced. The statistical analysis method of fuze storage reliability test data was discussed. Based on the test result of a certain fuze storage reliability testing, it was concluded that a certain fuze can be stored for 4 years in damp-heat environment with the storage reliability degree not lower than 0.90.

Key words: damp-heat environment; fuze; storage life; life estimation

弹药作为防御外来入侵的重要国防装备经常存放在野外,存放时间从几个月到数年不等。与国防仓库环境相比,在湿热环境下储存的引信,由于受到周围恶劣环境应力的影响,其性能往往变化较快。经过一段时间的湿热环境储存以后,引信能否有效地投入使用以及可靠性和寿命的变化情况是各级部门极为关注的问题。笔者曾开展了包括某引信在内的弹药野外环境储存可靠性研究,就湿热环境下引信储存可靠性研究进行了探讨。

1 试验与结果

1.1 试验场地

为准确模拟野外弹药的储存环境,根据我国地理气候特点,选择了几个具有代表性的地区建立野外环境的试验场地。其中代表热带海岛潮湿气候特点的试验场,年平均气温为24℃,7月份平均最高气

收稿日期: 2011-08-26

作者简介: 郑波(1962—),男,安徽寿县人,研究员,主要从事弹药储存可靠性研究。

温为 28 ℃,1 月份平均最低气温为 18 ℃,年平均相对湿度为 87%。

弹药试验样品存放方式为:在弹药样品堆上覆盖篷布,篷布与弹药间留有 10 cm 左右的空隙,并将弹药箱四周盖严。

1.2 试验样品

引信野外环境储存可靠性试验样品从储存于国防仓库且出厂时间约 5 a 的引信中随机抽取,样品包装和装箱方式不变。

1.3 试验样本量

引信可靠性试验中的性能检测通常为抽样检测,因而需要预先确定试验样本量。样本量的大小应根据统计分析要求确定,样本量越大,试验数据处理的精度越高,但相应的样品消耗和测试工作量也随之增大。因此,合理的样本量应是在满足数据处理精度的前提下的最小样本量。引信储存可靠性试验中每次性能检测的样本量由式(1)计算^[1]:

$$n = \frac{Z_{(1-\gamma)/2}^2(p_0 - p_0^2)/d^2}{1 + 1/[NZ_{(1-\gamma)/2}^2(p_0 - p_0^2)/d^2 - N]} \quad (1)$$

式中: γ 为置信度; $Z_{(1-\gamma)/2}$ 为正态分位点; N 为被试引信批量; p_0 为经验提供的不合格品率; d 为样本估计值误差界限。式(1)的意义为:在置信度为 γ 的条件下,在 N 发引信中抽取 n 发样品进行性能检测,样品的不合格率与其真值的差不大于 d 。

将有关数据代入式(1)得 $n=35$ 发。考虑到要进行 5~7 次检测,再加上备份样品,因而每种引信投场试验样品量为 240 发。

1.4 性能检测时点与项目

由于引信投试后前期失效少、后期失效多,检测点的分布遵循前疏后密的原则。性能检测项目为靶场射击试验。

1.5 结果

表 1 列出了某引信在湿热环境下的储存可靠性试验结果。

表 1 某引信湿热环境下储存可靠性试验结果

Table 1 The test result of a certain fuze storage reliability testing on damp-heat environment

检测时点/a	0	2	3	4	4.5	5	5.5	6
失效比率/%	0	2.9	0	5.7	11.4	11.4	17.1	20.0

注:计算中采用了 35 发炮弹的试验基数。

2 数据处理

2.1 建立数学模型

引信湿热环境储存可靠性试验数据可写成: $(t_i, n, f_i), i=1, 2, \dots, k$ 。其中: t_i 为湿热环境储存时间, a; n 为每次检测样本量, 发; f_i 为 n 发引信中出现的失效数, 发; k 为检测时点数目。记第 i 组的 n 个样品在湿热环境下的储存寿命依次为: $X_{i1}, X_{i2}, \dots, X_{in}$, 即第 i 组的第 j 个样品的储存寿命为 $X_{ij}(j=1, 2, \dots, n)$ 。由此可以看出, $X_{i1}, X_{i2}, \dots, X_{in}; X_{21}, X_{22}, \dots, X_{2n}; \dots; X_{k1}, X_{k2}, \dots, X_{kn}$ 独立分布, 记它们共同分布为 $F(t, \theta)$, 其中 θ 是分布参数。令:

$$Y_{ij} = \begin{cases} 1, & X_{ij} \leq t_i \\ 0, & X_{ij} > t_i \end{cases}$$

Y_{ij} 有下列一些性质:

- 1) $\{Y_{ij}; 1 \leq j \leq n, 1 \leq i \leq k\}$ 相互独立;
- 2) $Y_{i1}, Y_{i2}, \dots, Y_{in}$ 独立分布, $P(Y_{ij}=1)=F(t_i, \theta)$, $P(Y_{ij}=0)=1-F(t_i, \theta)$;
- 3) $f_i = \sum Y_{ij}$ 服从二项分布 $B(n, P_i), P_i = F(t_i, \theta)$ 。

由于样品各年份的试验结果实际上是一个整体, 令该总体的寿命分布为 $F(t_i, \theta)$, 则与试验数据相应的对数似然函数为:

$$L(\theta) = \sum_{i=1}^k \{f_i \ln F(t_i, \theta) + (n - f_i) \ln [1 - F(t_i, \theta)]\} \quad (2)$$

对于给定的分布模型(如双参数的威布尔分布), 可以求出分布中参数 θ 的极大似然估计 $\hat{\theta}$ 或 $\hat{\eta}, \hat{m}$ 。

2.2 可靠储存寿命预测

湿热环境条件下引信储存可靠性分布函数^[2]为:

(下转第 33 页)

年平均相对下降率为3.3%~4.0%,北方某库房贮存的推进剂的 σ_m 年平均相对下降率为3.8%~1.6%。由于推进剂的失效模式为 σ_m 降低,而试验前某丁羟推进剂的 σ_m 比技术指标高出约40%,以表2中 σ_m 年均下降率除以40,就是推进剂 σ_m 达到技术指标下限

所需要的时间,该时间为推进剂的贮存寿命,计算数据见表4。由于推进剂的 σ_m 年平均相对下降率不是匀速的,如果分别用2个库房贮存的推进剂的年平均相对下降率的中值作为比较基准,则北方某库房贮存的推进剂的寿命比南方贮存的寿命长8.7 a。

表4 推进剂库房贮存寿命

Table 4 Storage life of HTPB propellant

	南方某库房贮存时间/a			北方某库房贮存时间/a		
	3.5	7	8.5	3.5	7	8.5
σ_m 下降率/%	4.0	3.3	3.5	3.8	2.0	1.6
预测寿命/a	10.1	12.2	11.4	10.5	20.1	24.6

4 结论

研究表明置信概率为0.8时,库房贮存与70℃加速老化的力学性能变化趋势相关。如果增加2种试验过程中的取样频率,更有利于研究2种试验结果的相关性,以便获得简便快捷和接近库房贮存的

真实结果,便于改进加速试验方法。

试验结果充分说明推进剂的性能变化、贮存寿命与贮存环境温度密切相关,较低的贮存温度可以延缓推进剂的老化,延长贮存寿命。

参考文献:

[1] 赵特伟. 试验数据的整理与分析[M]. 北京:中国铁道出版社,1981.

(上接第2页)

$$R(t) = 1 - F(t) = \exp(- (t/\hat{\eta})^m) \quad (3)$$

令 R_L 为给定的储存可靠度下限, γ 为置信水平,也就是要求储存寿命为 T_s ,使:

$$P\{R(T_s) \geq R_L\} = \gamma \quad (4)$$

由于样本量较大,可以认为 $\hat{R}(t)$ 近似服从均值为 $R(t)$,方差为 $D[\hat{R}(t)]$ 的正态分布^[3-4]。由式(4)可得:

$$P\left\{ \frac{\hat{R}(T_s) - R(T_s)}{\sqrt{D[\hat{R}(T_s)]}} \leq \frac{\hat{R}(T_s) - R_L}{\sqrt{D[\hat{R}(T_s)]}} \right\} \quad (5)$$

记 μ_γ 为标准正态分布的 γ 上侧分位点,于是 T_s 满足:

$$\hat{R}(T_s) - \mu_\gamma \sqrt{D[\hat{R}(T_s)]} = R_L \quad (6)$$

将 \hat{m} , $\hat{\eta}$, R_L , γ , μ_γ 代入式(6),用数值迭代法即可求出在湿热储存环境条件下引信的储存寿命。

针对表1中的试验结果,设 $\gamma=0.90$, $R_L=0.90$,则依据上述数据处理方法,计算出某引信的储存寿命 $T_s=4.3$ a。这意味着在置信水平为90%的条件下,该

引信在该湿热环境条件下储存4 a,其储存可靠度不低于0.90。

3 结语

引信或弹药作为国防装备的重要组成部分,随着作战区域的变动,储存环境也随之变化,尤其当储存环境应力水平较高时,其储存寿命下降得更快。因此,科学地评估引信在不同环境条件下的储存寿命,对于准确掌握储存弹药的质量变化规律,提高弹药技术保障能力,确保弹药平时安全储存、战时可靠使用,具有重要的现实意义。

参考文献:

[1] 科克伦 W G. 抽样技术[M]. 北京:中国统计出版社,1985: 146—180.
 [2] 李明伦,李东阳,郑波. 弹药贮存可靠性[M]. 北京:国防工业出版社,1997:63—97.
 [3] 刘加凯. 可靠性强化试验的机理探讨[J]. 装备环境工程, 2009,6(6):36—38.
 [4] 戴树森. 可靠性试验及其统计分析[M]. 北京:国防工业出版社,1984:132—156.