

文章编号: 1003-1480 (2004) 03-0037-02

阵地环境下底火贮存可靠性研究

郑波¹, 许和贵¹, 宋杰², 刘冬青¹, 南彬¹

(1. 军械技术研究所, 河北 石家庄, 050000;

2. 沈阳军区弹药修理试验站, 辽宁 沈阳, 112600)

摘要: 对出厂约5年的某底火在4种模拟阵地环境的试验场地进行了贮存可靠性试验, 确定了试验样本量、性能检测项目; 分析探讨了底火阵地环境贮存可靠性试验数据的处理方法。通过建立数学模型, 预测该底火在贮存可靠性不低于0.90时, 4种类型的阵地环境条件下可继续贮存24年、15年、10年和6年。

关键词: 阵地; 底火; 贮存可靠性; 贮存寿命

中图分类号: TJ451 文献标识码: A

The Research of Primer Storage Reliability in Position Environment

ZHENG Bo¹, XU He-gui¹, SONG Jie², LIU Dong-qing¹, NAN Bin¹

(1. Ordnance Technology Research Institute, Shijiazhuang 050000;

2. Ammunition Repair Test Station in Shenyang Military Region, Shenyang, 112600)

Abstract: Storage reliability test was done to a kind of primer which have been left the factory for 5 years. This tests were done under 4 different kinds of simulated position environment. The sample size and performance measurement projects were determined. The data processing method of the storage reliability test under position environment of the primer was analyzed and discussed. Through the establishment of a mathematic model, the storage reliability of the primer was predicted. The result shows that if the storage reliability ≥ 0.9 , the storage lifes under the 4 different kinds of position environment are 24, 15, 10 and 6 years, respectively.

Key words: Position; Primer; Storage reliability; Storage life

弹药作为防御外来入侵的重要国防装备, 在阵地的存放期少则1~2月, 多则3~5年。与国防仓库环境相比, 处于阵地环境下贮存的底火, 由于受到周围恶劣环境应力的影响, 其性能往往变化较快。经过一段时间阵地贮存以后, 底火能否有效地投入使用, 其可靠性、寿命是各级部门极为关注的问题。1994年笔者曾立项开展包括底火在内的6种弹药阵地环境贮存可靠性研究, 历时6年, 取得了一定的成果。本文就阵地环境下底火贮存可靠性研究进行

探讨。

1 试验与试验结果

1.1 试验场地

为了准确模拟阵地弹药的贮存环境, 根据我国地理气候特点, 结合未来战争尤其是当前军事斗争弹药供应的需求, 阵地弹药贮存可靠性研究选择了我国4个具有代表性的地区建立模拟阵地环境的试

收稿日期: 2004-05-13

作者简介: 郑波(1962-), 男, 高级工程师, 从事弹药贮存可靠性研究。

验场地。它们分别是：

a. 代表北方中温带干燥少雨气候特点的 A 试验场，年平均气温 9℃，7 月份平均最高气温 32℃，1 月份平均最低气温 -12℃，年平均相对湿度 60%。

b. 代表北亚热带沿海地区气候特点的 B 试验场，年平均气温 17℃，7 月份平均最高气温 30℃，1 月份平均最低气温 2℃，年平均相对湿度 80%。

c. 代表南亚热带山岳丛林气候特点的 C 试验场，年平均气温 22℃，7 月份平均最高气温 32℃，1 月份平均最低气温 9℃，年平均相对湿度 80%。

d. 代表热带海岛潮湿气候特点的 D 试验场，年平均气温 24℃，7 月份平均最高气温 28℃，1 月份平均最低气温 18℃，年平均相对湿度 87%。

在上述场地模拟阵地弹药存放方式，即在弹药堆上覆盖篷布，四周以将弹药箱盖严并遮阳挡雨为原则。

1.2 试验样品

底火阵地环境贮存可靠性试验样品从贮存于国防仓库且出厂时间约 5 年的底火中随机抽取，样品包装和装箱方式不变。

1.3 试验样本量

底火可靠性试验中的性能检测通常为抽样检测，因而需要预先确定投场试验样本量。样本量的大小应根据统计分析要求确定，样本量越大，试验数据的处理精度越高，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。底火贮存可靠性试验中每次性能检测的样本量^[1]由下式计算：

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

式中： γ ——置信度；

$Z_{(1-\gamma)/2}$ ——正态分位点；

N ——被试底火批量；

p_0 ——经验提供的不合格品率；

d ——试验所允许的绝对误差。

上述公式的意义为：在置信度为 γ 的条件下，在批量为 N 发底火中抽取 n 发样品进行性能检测，样品的不合格率与其真值差不大于 d 。将有关数据代入式 (1) 并经过圆整得 $n=60$ (发)。考虑要进行 5~7 次检测，再加上备份样品，因而每种底火投场试验样品量为 500 发。

1.4 性能检测时点与项目

由于底火投场后前期失效少，后期失效多，检测时点遵循前疏后密的原则。性能检测项目为部队靶场射击试验项目。

1.5 试验结果

表 1 列出了某底火在 4 个阵地环境试验场的试验结果。

表 1 某底火阵地试验场贮存可靠性试验结果

Tab.1 Test results of primer storage reliability under position environment

检测时点 / a	0	2	3	4	4.5	5	5.5	6
A 试验场	0/60	0/60	0/60	0/60	0/60	0/60	1/60	1/60
B 试验场	0/60	0/60	0/60	0/60	0/60	1/60	2/60	2/60
C 试验场	0/60	0/60	0/60	0/60	1/60	2/60	5/60	6/60
D 试验场	0/60	0/60	0/60	2/60	1/60	4/60	7/60	12/60

注：“0/60”表示 60 发样品中出现 0 发失效。

2 数据处理

2.1 建立数学模型

底火阵地贮存可靠性试验数据可写成如下形式：

$$(t_i, n, f_i) \quad (i=1, 2, \dots, k) \quad (2)$$

(2) 式中： t_i ——阵地贮存时间，a；

n ——每次检测样本量，发；

f_i —— n 发底火中出现的失效数，发；

k ——检测时点数目。

记第 i 组的 n 个样品在阵地环境下的贮存寿命依次为： $X_{i1}, X_{i2}, \dots, X_{in}$ ；即第 i 组的第 j 个样品的贮存寿命为 $X_{ij} (j=1, 2, \dots, n)$ ，由 (2) 式可以看出 $X_{11}, X_{12}, \dots, X_{1n}; X_{21}, X_{22}, \dots, X_{2n}; X_{k1}, X_{k2}, \dots, X_{kn}$ 独立同分布，记它们共同分布为 $F(t,$

θ), 其中 θ 是分布参数。令:

$$Y_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{若 } X_{ij} \leq t_i \quad (\text{即第 } i \text{ 组第 } j \text{ 个样品失效}) \\ 0 & \text{若 } X_{ij} > t_i \quad (\text{即第 } i \text{ 组第 } j \text{ 个样品失效}) \end{cases}$$

Y_{ij} 有下列一些性质:

a. $\{Y_{ij} : 1 \leq j \leq n, 1 \leq i \leq k\}$ 相互独立;

b. Y_{i1}, \dots, Y_{in} 独立同分布, $P(Y_{ij} = 1) =$

$F(t_i, \theta)$, $P(Y_{ij} = 0) = 1 - F(t_i, \theta)$;

c. $f_i = \sum Y_{ij}$ 服从二项分布 $B(n, P_i)$, 这里 $P_i = F(t_i, \theta)$ 。

由于样品各年份点的试验结果实际上是一整体, 记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:

$$L(\theta) = \sum_{i=1}^k \{f_i \ln F(t_i, \theta) + (n - f_i) \ln [1 - F(t_i, \theta)]\} \quad (3)$$

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 可靠贮存寿命预测

阵地环境条件下底火贮存可靠性分布函数^[2]为:

$$R(t) = 1 - F(t) = e^{-\left(\frac{t}{\hat{\eta}}\right)^{\hat{m}}} \quad (4)$$

记 R_L 为给定的贮存可靠度下限, γ 为置信水平, 也就是要求贮存寿命 T_s , 使:

$$P\{R(T_s) \geq R_L\} = \gamma \quad (5)$$

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^[3-5]。由 (5) 可

得:

$$P\left\{\frac{\hat{R}(T_s) - R(T_s)}{\sqrt{D(\hat{R}(T_s))}} \leq \frac{(\hat{R}(T_s) - R_L)}{\sqrt{D(\hat{R}(T_s))}}\right\} = \gamma \quad (6)$$

记 μ_γ 为标准正态分布的 γ 上侧分位点, 于是 T_s 满足:

$$\hat{R}(T_s) - \mu_\gamma \sqrt{D(\hat{R}(T_s))} = R_L \quad (7)$$

将 \hat{m} , $\hat{\eta}$, R_L , γ , μ_γ 代入, 用数值迭代法即可求出在阵地贮存环境条件下底火的贮存寿命。

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, 计算出某底火的贮存寿命 $T_{SA} = 24.8$ 年, $T_{SB} = 15.5$ 年, $T_{SC} = 10.3$ 年, $T_{SD} = 6.7$ 年 (下标 A、B、C、D 分别表示贮存于 A、B、C、D 4 个阵地试验场)。这意味着在置信水平为 90% 的条件下, 该底火分别在 A、B、C、D 4 种类型的阵地环境条件下可继续贮存 24 年、15 年、10 年和 6 年, 其贮存可靠度不低于 0.90。

参考文献:

- [1] (美) W-G 科克伦. 抽样技术 [M]. 北京: 中国统计出版社, 1985.
- [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.
- [3] 曹晋华. 可靠性数学引论 [M]. 北京: 科学出版社, 1986.
- [4] 茆诗松, 周纪芴. 概率论与数理统计 [M]. 北京: 中国统计出版社, 1990.
- [5] 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.
- [6] 郑波. 阵地弹药贮存可靠性研究技术报告 [R]. 石家庄: 军械技术研究所, 2000.