

丁羟推进剂库房贮存与加速老化规律研究

余淑华^{1,2}, 魏小琴^{1,2}, 刘彬³, 李拂晓³

(1. 中国兵器工业第五九研究所, 重庆 400039; 2. 重庆市环境腐蚀与防护工程技术研究中心, 重庆 400039; 3. 总装备部重庆军代局驻296厂军代室, 重庆 400054)

摘要: 采用库房贮存与加速试验的方法, 研究了丁羟推进剂在库房贮存与加速老化环境下的规律, 得到了丁羟推进剂加速老化与库房贮存的试验数据。利用秩相关系数检验方法对2组试验数据进行了相关性分析, 并分析了推进剂老化失效模式和贮存环境对推进剂贮存寿命的影响。

关键词: 丁羟推进剂; 加速老化; 贮存寿命

中图分类号: V511 **文献标识码:** A

文章编号: 1672-9242(2011)06-0031-03

Study of Storage and Accelerated Aging Rule of HTPB Propellant

YU Shu-hua^{1,2}, WEI Xiao-qin^{1,2}, LIU Bin³, LI Fu-xiao³

(1. No.59 Institute of China Ordnance Industry, Chongqing 400039, China;

2. Chongqing Engineering Research Center for Environmental Corrosion and Protection, Chongqing 400039, China;

3. Military Representatine office in No.296 Factory, Chongqing 400054, China)

Abstract: Storage and accelerated aging rule of HTPB propellant were investigated by using storage and accelerated test method. The correlativity of the two methods was analyzed using the obtained test data with rank correlation coefficient method. The aging pattern of propellant and the influence of environment on storage life of propellant were analyzed.

Key words: HTPB propellant; accelerated aging; storage life

发动机装药在库房贮存期间, 贮存环境温度存在昼夜、季节温差, 由于环境温度应力是动态的, 与常规加速试验施加的热应力存在差异。为了考查推进剂加速试验与库房贮存试验获得的老化规律的一致性, 对某丁羟推进剂进行了库房贮存与加速老化规律研究。

装入铝塑包装袋内, 进行热塑焊封后装入另一铝塑包装袋, 再进行外层包装袋的二次热塑焊封包装, 然后将该双层铝塑包装后的试样袋放进带盖铁桶内。铁桶分别放置在南方某地库房和北方某地库房内进行贮存。加速老化试验: 试验温度为 70 °C, 试验周期为 14, 28, 56, 91 d。

1 试验方法

库房贮存试验: 用于贮存试验的推进剂方坯先

2 试验结果

为了便于比较, 将分别经过 70 °C 加速试验与南

收稿日期: 2011-06-13

作者简介: 余淑华(1951—), 女, 四川人, 研究员级高级工程师, 主要从事装备环境工程研究。

方某库房贮存试验的某丁羟推进剂的试验数据,用相对于试验前的变化率(以下简称相对变化率)的形式表示,试验的相对变化率数据见表1。南方某地库房和北方某地库房贮存某丁羟推进剂力学性能年平均相对变化率见表2。

3 结果分析

3.1 性能变化的相关性分析

用秩相关系数检验法^[1]分别检验以下数据:表1中库房贮存与加速老化21~56 d时某丁羟推进剂的伸长率 ε_m ,库房贮存与加速老化时某丁羟推进剂的抗拉强度 σ_m 。假设库房贮存与加速老化的性能变化不相关,通过计算统计量 u 的实际取值 u_0 ,并将它与标准正态分布变量置信下限 $u(\alpha)$ 进行比较,当

$u_0 > u(\alpha)$ 时,假设不成立。检验计算得到的数据见表3, r_0 为秩相关系数。

利用秩相关系数检验法可知,置信概率为0.8时,库房贮存与加速老化的某丁羟推进剂力学性能变化趋势相关,具有相似的变化规律。

3.2 推进剂老化失效模式分析

分析表1数据的变化趋势可以看出,无论是加速老化试验还是库房贮存试验,某丁羟推进剂均具有 σ_m 降低和 ε_m 增加的变化规律,其中影响该推进剂贮存使用寿命的敏感参数是 σ_m ,当 σ_m 小于产品规定的极限值时,该推进剂不能满足产品需求而失效,因此失效模式为 σ_m 降低。

3.3 贮存环境对推进剂性能变化的影响分析

北方某库房所在地的大气年均温度约为5℃,

表1 丁羟推进剂力学性能相对变化率

Table 1 Relative change of mechanical property of HTPB propellant

贮存时间/ a	某推进剂库房贮存性能			老化时间/ d	某推进剂加速老化性能	
	σ_m 下降率/%	ε_m 增加率/%	ε_m 平均变化率/%		ε_m 增加率/%	σ_m 下降率/%
0.0	0	0	0	0	0	0
2.0	2.6	5.6	5.6	21	6.5	9.6
3.0		9.9	13.6	42	13.0	8.2
3.5	13.9	17.4		56	21.7	13.3
7.0	24.5	23.7	23.5	77	8.7	14.9
8.5	29.7	22.4		91	4.3	13.8

表2 丁羟推进剂贮存性能年平均相对变化率

Table 2 Annual average relative change of storage property of HTPB propellant

检测温度/ ℃	相对变化率	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
60	σ_m 下降率/%	4.0	3.3	3.5	3.8	2.0	1.6
20	ε_m 增加率/%	5.0	3.4	2.6	1.3	1.1	0.6

表3 相关性检验数据

Table 3 Correlativity evaluation data

	n	r_0	u_0	α	$u(\alpha)$
ε_m	3	1	1.414	0.2	1.282
σ_m	4	0.80	1.386	0.2	1.282

年内最大温差约为60℃;南方某库房所在地的大气年均温度约为25℃,年内最大温差约为30℃。表2数据说明,由于后固化等原因,开始贮存的前3年力

学性能变化速率大;此后,由于后固化逐渐趋于完成,使力学性能变化速率减缓。由于南方某库房年均温度较高,环境施加的温度应力有利于推进剂的物理、化学反应进行,导致性能变化速率比在北方某库房贮存的变化速率大。

3.4 某丁羟推进剂贮存寿命分析

表2数据说明:南方某库房贮存的推进剂的 σ_m

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)

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

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.