

文章编号: 1003-1480 (2003) 03-0015-03

射频对桥丝式电火工品性能的影响

马宏萱, 杨洁, 刘天新

(中国兵器工业第 213 研究所, 陕西 西安, 710061)

摘 要: 本文研究了射频试验对桥丝式电火工品性能的影响。试验表明, 经射频能量作用后, 桥丝式电火工品发火功率降低、作用时间变长, 甚至可能造成射频瞎火。文章还对施加射频能量的大小、时间及对电火工品性能的影响进行了测试。

关键词: 电火工品; 射频; 感度; 作用时间

中图分类号: TJ450

文献标识码: A

Influence of RF on Properties of Hot-Bridge EED

MA Hong-xuan, YANG Jie, LIU Tian-xin

(The 213th Research Institute of China Ordnance Industry, Xi'an, 710061)

Abstract: This paper mainly analyzes the influence of the RF testing on the properties of hot-bridge EED. Results show that after given RF power and time, the hot-bridge EED's firing power will be more lower and function time become more longer, even dud would be happen sometime.

Key words: Electro-explosive device (EED); Radio frequency (RF); Sensitivity; Function time

灼热桥丝式电火工品在射频能量作用下, 桥丝上耦合的干扰能量将产生焦耳热。一连串的电磁干扰脉冲作用产生热积累效应。焦耳热和热积累效应使桥丝温度升高并传递给周围药剂。当药剂达到发火点时, 将引起电火工品意外发火; 而当干扰能量较小时, 由于热积累的作用, 药剂将会发生慢分解, 有可能引起电火工品的性能改变。

本文试验与研究了桥丝式电火工品经传导传输电磁干扰(以下称射频)试验后, 对其发火感度、作用时间的影响以及可能造成的射频瞎火。

1 射频试验对发火感度的影响

1.1 试验方法及步骤

按 GJB736.2《电火工品射频感度测定》规定

进行射频试验。该标准采用试验频率和输出功率可调的射频源, 经匹配装置, 把射频源输出的功率直接送入电火工品脚线上。

试验步骤:

(1) 首先用 1 组试样进行射频敏感频率探测试验, 以确定产品的敏感频率。在现有设备条件下探测试验频率为: 400MHz、500MHz、600MHz、700MHz、900MHz、1 300MHz、2 700MHz。比较试样在不同频率下发火功率及发火数, 得出敏感频率为 400MHz。

(2) 第 2 组试样在敏感频率条件下, 按 GJB377 中统计试验程序测试和计算试样 50% 的射频发火功率和标准偏差, 并推算 5% 的射频发火功率。

(3) 在敏感频率下对第 3 组试样按 5% 射频发火能量逐发给试样施加射频能量。试验后的试

收稿日期: 2003-05-09

作者简介: 马宏萱(1940-), 女, 研究员高工, 从事火工品设计及防电磁危害研究。

样再用升降法测试其直流或电容器充放电的 50% 发火感度和标准偏差。

(4) 第 4 组用升降法测试并计算未经试验的试样直流或电容器充放电的 50%发火感度和标准偏差。

(5) 最后用统计检验法检验经射频试验与未经射频试验的 2 个对比组的直流或电容器充放电的发火感度有无明显差异。

1.2 试验用药剂和产品结构

试验用药剂和所用的桥丝、桥长（极距）及装药工艺见表 1。

表 1 试验用药剂和产品结构

药剂	桥丝	极距/mm	装药工艺
THPC	φ 10μm、PtW	0.40~0.50	涂药头
3 [#] 点火药	φ 9μm、6J20	0.45~0.55	压装
PbN ₆	φ 15μm、6J20	0.85~0.95	压装
Si/Pb ₃ O ₄	φ 15μm、6J20	0.85~0.95	压装
Zr/Pb ₃ O ₄	φ 30μm、6J20	0.85~0.95	压装
B/KNO ₃	φ 50μm、6J20	0.85~0.95	压装

1.3 试验结果

各组试样 5%的射频发火功率值见表 2。药剂经射频与未经射频试验对比组的发火功率见表 3。将表 3 的各对比组的试验数据，用统计检验法检验有无明显差异。检验表明，α=0.05 时，各种药剂均有明显差异。经射频试验组的发火功率明显低于未经射频试验组。

表 2 6 种药剂 5%的射频敏感度

药 剂	5%发火功率值 /W
THPC	0.20
3 [#] 点火药	0.10
PbN ₆	0.30
Zr/Pb ₃ O ₄	3.0
B/KNO ₃	9.0

2 射频试验对作用时间的影响

2.1 试验方法及试样

根据 1.1 测试和计算的 5%发火功率值，逐发给产品施加射频能量。每组试样所施加的射频能

表 3 经射频试验与未经射频试验对比组的发火功率

药 剂	发火形式 或充电电 容器容值	未经射频试验		经射频试验后	
		发火功率 /W		发火功率 /W	
		X ₅₀	标准 偏差	X ₅₀	标准 偏差
THPC	直流/mA	127	4.2	154	5.8
3 [#] 点火药	14μF/V	10.5	0.34	11.3	0.18
Si/Pb ₃ O ₄	28 μ F/V	10.9	0.22	28V，7 发均未 发火	
Zr/ Pb ₃ O ₄	直流/mA	940	50	1 050	64
B/KNO ₃	直流/mA	1 600	80	2 220	80

2.2 试验结果

各种药剂经射频与未经射频试验对比组的作用时间见表 4。表 4 中的试验数据经统计检验，α=0.05，结果均有明显差异，经射频试验组的作用时间明显长于未经射频试验组的作用时间。

表 4 经射频试验与未经射频试验对比组的作用时间

药剂	发火 能量	未经射频试验		经射频试验后	
		作用时间 t (均值) /μs	标准 偏差	作用时间 t (均值) /μs	标准 偏差
THPC	4.7μF、 14V	36.90	4.50	43.30	5.20
PbN ₆	28μF、 9V	27.45	8.53	80.86	42.28
PbN ₆	28μF、 28V	3.35	0.28	4.80	1.66
Si/Pb ₃ O ₄	28μF	16 960	420	大部分产品瞎火	

量同表 2，试验后再逐发测试其作用时间。另选 1 组未经射频试验的产品，在同样发火条件下逐发测试作用时间。最后用统计检验法检验 2 个对比组间作用时间有无明显差异。试样用药剂和所用的桥丝、桥长及装药工艺同表 1。

2.3 施加射频时间对作用时间的影响

试样选用 LD-14 电雷管。2 组试样均施加 0.20W 的射频能量，但施加射频的时间有差异，一组施加 10s，一组施加 30s。试验后再在正常发火条件下测试作用时间，并经统计学显著性检验其有无明显差异，试验结果见表 5。

表 5 施加干扰能量时间对电火工品作用时间的影响				
电雷管 类型	t / μ s (施加 10s)		t / μ s (施加 30s)	
	平均值	标准偏差	平均值	标准偏差
LD-14 电雷管	37.6	4.2	43.3	5.2

将表 5 所测数据进行统计检验。检验表明, $\alpha=0.05$, 施加 30s 射频与施加 10s 射频的两个对比组, 在同一发火条件下, 其作用时间有明显差异。施加射频能量时间长的试样作用时间长于较短的。该试验进一步说明桥丝式电火工品在连续射频作用下, 由于桥丝上产生的热积累, 使药剂发生慢分解, 导致作用时间变长。

3 射频可能导致的射频瞎火

试样选用 LD-24 延期电雷管, 装药为压装 $\text{Si/Pb}_3\text{O}_4$, $\phi 15\mu\text{m}$ 、6J20 桥丝。

试样经小于 0.8W 射频试验后, 4 发产品均能可靠发火; 经 1.5W 射频试验后, 4 发产品电阻未变, 但部分产品药剂变黑, 发火试验时均瞎火; 经 1.8W 射频试验后, 4 发产品药剂变黑。

该试验说明, 桥丝式电火工品在一定射频能量作用下, 有可能造成电火工品失效或射频瞎火。在小于射频发火能量作用下, 尤其是在较长时间的射频能量作用下, 可能造成射频瞎火的因素有三: 一是施加射频能量的大小, 二是施加射频能量的时间, 三是药剂的分解温度, 分解温度较低的药剂更易造成火工品射频瞎火。

4 施加射频能量前后的无损检验

无损检验是通过对试样施加一小于最小发火电流的恒定电流, 检测桥丝的电压变化, 计算温升变化, 依此进行分析与判断。本次无损检验试验对试样施加 60mA 电流, 电流持续时间 100ms。每 20 μ s 对桥丝两端电压值 (通过 4 倍放大) 采样 1 次, 得出 t (时间) —— V (电压) 电热响应曲线, 计算温升变化。

试样选用 LD-14 电雷管。采用 3 个对比组, 1 组每发经 0.2W 射频试验, 1 组每发经 0.3W 射频试验, 1 组未经射频试验。试验结果见表 6。

表 6 无损检验与作用时间				
试样状态	温升变化/ $^{\circ}\text{C}$		试样作用时间	
			/ μ s	
	平均温升变化	标准偏差	平均作用时间	标准偏差
未经射频试验	0.351	0.057	26.1	5.9
经 0.2W 射频试验	0.472	0.102	31.6	10.1
经 0.3W 射频试验	0.755	0.178	94.5	29.5

- 将表 6 试验数据进行统计检验, 检验表明:
- a. 未经射频试验与经 0.2W 射频试验对比组, $\alpha=0.05$, 试样平均温升变化和平均作用时间, 均有显著差异;
 - b. 未经射频试验与经 0.3W 射频试验对比组之间, $\alpha=0.05$, 试样平均温升变化和平均作用时间, 也均有显著差异;
 - c. 经 0.2W 射频试验与经 0.3W 射频试验对比组之间, $\alpha=0.05$, 试样平均温升变化和平均作用时间, 同样均有显著差异。

该试验结果与节 2 和节 3 试验数据及所进行的分析是相一致的。经无损检验试验进一步证明, 桥丝式电火工品经射频能量作用后, 性能将有所改变。且性能改变的大小与施加射频能量的大小有关, 施加能量越大, 性能改变也越大。

5 结论

- (1) 通过对不同装药和结构的桥丝式电火工品脚-脚发火模式试验表明, 经射频能量作用后, 均不同程度的比未经射频试验的发火功率降低、作用时间变长, 甚至造成射频瞎火。施加射频能量时间越长, 或施加的射频能量越大, 对性能的影响也越大。
- (2) 性能改变的试验与研究表明, 射频对桥丝式电火工品脚-脚间的作用机制是焦耳热作用和热积累效应。

参考文献:

[1] GJB736.2. 电火工品射频敏感度测定 [S], 1989.