

文章编号: 1006-9941(2007)02-0137-03

## 不同加速寿命时间点上不同桥丝材料电阻变化研究

涂小珍, 赵 青

(中国工程物理研究院化工材料研究所, 四川 绵阳 621900)

**摘要:** 在恒定温度、湿度的条件下, 研究了镍铬丝和金丝两种不同桥丝材料的电极电阻在加速寿命试验后各个不同贮存时间点的变化情况, 并对不同寿命时间点的电阻均值进行  $t$ -显著性检验。研究表明, 金丝电极电阻在室温下贮存 20 天及在温度  $(50 \pm 2)^\circ\text{C}$ 、湿度 95% 条件下贮存 9 天、14 天和 21 天后都较初始电阻有显著性变化, 而镍铬丝电极电阻却变化不明显。

**关键词:** 应用物理; 火工品; 电阻; 加速寿命试验;  $t$ -显著性检验

**中图分类号:** TJ45<sup>+</sup>2; O59

**文献标识码:** A

### 1 引 言

桥丝式电火工品是一种重要的能量转换装置, 它通过桥丝将输入的电能转换为热能, 并把热量传给药剂, 使其发生化学反应<sup>[1]</sup>。在理想状况下, 当通入桥丝的电流为一定值时, 桥丝转换的热能与其电阻值成正比。桥丝电阻的变化, 将直接引起能量转换效率和能量转换阈值的变化, 从而对产品的质量造成一定的影响<sup>[2,3]</sup>。因此, 在实际生产、贮存和使用中, 桥丝电阻常常作为判定该火工品是否发生变化或是否合格的一个重要检测参数。

在实际生产过程中, 有时会出现焊好的电极在不同温、湿度条件下放置一段时间后, 出现电极电阻超差的不合格现象。为了研究环境温、湿度对火工品电极电阻的影响, 本实验参照某企业标准 Q/AH0180-93《火工品加速寿命试验 高温高湿试验法》, 在温度为  $(50 \pm 2)^\circ\text{C}$ 、湿度为  $(95 \pm 3)\%$  条件下, 分别对镍铬丝和金丝两种电极电阻在不同贮存时间点的变化情况进行了研究。

### 2 加速寿命试验及分析

#### 2.1 实验用电极及加速寿命试验

在恒定温度、湿度条件下进行加速寿命试验所用电极, 分别按某电爆管和电雷管的电极生产工艺制成, 其中电爆管桥丝材料为镍铬丝, 电雷管桥丝材料为金丝。

根据企业标准 Q/AH0180-93《火工品加速寿命试验 高温高湿试验法》, 将在室温下贮存 20 天后的某电爆管电极和某电雷管电极非密封包装, 在温度

$(50 \pm 2)^\circ\text{C}$ 、湿度 95% 条件下进行加速寿命试验 3 天、9 天、14 天和 21 天。在每一个贮存时间点取样, 在干燥器中冷却 2 h 后进行外观和电阻检测。

#### 2.2 试验结果与分析

在每个贮存时间点取样观察, 发现加速寿命试验到第 9 天, 两种桥丝材料的电极都出现有焊点失去金属光泽的现象, 且随着贮存时间的延长, 焊点失去金属光泽的产品数增多。电极的径向膨胀尺寸大于套在其外面的管壳的径向膨胀尺寸, 管壳和电极塞的接触处没有肉眼能够观察到的腐蚀现象, 也没有其它新物质生成。表 1、表 2 分别为金丝电极和镍铬丝电极在不同贮存时间点所测得的电阻值。

从表 1 和表 2 的测试结果可以看出: (1) 焊好后的金丝电极和镍铬丝电极在室温干燥器中放置 20 天后, 其电阻值都发生了变化, 且金丝电极的平均电阻变化率 (7.68%) 大于镍铬丝电极的平均电阻变化率 (0.20%)。 (2) 在恒定温度、恒定湿度条件下的加速寿命试验中, 金丝电极在不同时间点上的电阻值都相对于加速寿命试验前有所变化, 且在相同的电阻测试环境中, 其值呈偏小的趋势。第 9 天和第 21 天电阻值偏大, 这是由于测试环境温度升高所致。 (3) 镍铬丝电极电阻在该加速寿命试验中, 除第 9 天和第 21 天因测试环境温度升高电阻略有增大外, 其它贮存时间点的电阻值都相对于加速寿命试验前无变化。

初步分析认为, 在室温贮存 20 天后桥丝电阻发生变化的原因有以下几点: 一是由于金丝较镍铬丝具有良好的延展性和可塑性, 在焊接过程中, 桥丝可能被拉长而发生弹性形变, 当在室温放置一段时间后, 桥丝恢复到原来状态, 因而电阻变小; 二是在室温干燥器中贮存过程中, 由于贮存环境温度低于焊电极时的温度, 加

收稿日期: 2006-06-06; 修回日期: 2006-08-26

作者简介: 涂小珍(1976-), 女, 硕士研究生, 从事火工品库存老化机理研究工作。e-mail: txiaozhen@163.com

之焊电极过程中,电烙铁的温度较高,对桥丝可能有加热的作用,使桥丝发生热胀变形,使轴向变形量大于径向变形量,在低温中,桥丝的冷缩,使轴向变形大于径向变形,这也会导致桥丝电阻值低于刚焊后的电阻值;另外桥丝焊接好后在清洗过程中的振动也可能导致电阻增加<sup>[4]</sup>。镍铬丝因延展性和可塑性较差而表现不明显。

### 3 显著性检验分析

为了进一步研究环境温湿度对电极电阻的影响是否显著,用  $t$ -检验法对两个不同贮存时间点的电阻均值进行显著性检验,检验两种材料电极电阻在两个不同贮存时间点是否有显著差异<sup>[5]</sup>。

取显著性水平  $\alpha = 0.05$ 。假设  $H_0$ (原假设):  $\mu_1 = \mu_2$ ,  $H_1$ (备择假设):  $\mu_1 \neq \mu_2$ ,  $\mu_1, \mu_2$  在这里指两个不

同贮存时间点上电极电阻均值。

构造统计量:

$$t = \frac{\bar{R}_1 - \bar{R}_2}{\sqrt{(n_1 - 1)S_1^2 + (n_2 - 1)S_2^2}} \sqrt{\frac{n_1 + n_2 - 2}{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}}$$

式中,  $\bar{R}_1, \bar{R}_2$  分别为两个不同贮存时间点上电极电阻均值;  $S_1, S_2$  分别为两个不同贮存时间点上电极电阻的标准差;  $n_1, n_2$  为不同贮存时间点上样品个数。

若  $|t| > t_{1-\alpha/2}(n_1 + n_2 - 2)$ , 则认为  $H_1$  成立, 两组数据的均值有显著差异, 否则,  $H_0$  成立, 认为两组数据无显著差异。其中  $t_{1-\alpha/2}(n_1 + n_2 - 2)$  是根据显著性水平  $\alpha$  查得的自由度为  $n_1 + n_2 - 2$  的  $t$  分布的  $1 - \alpha/2$  分位数(查表得  $t_{1-\alpha/2}(n_1 + n_2 - 2) = 2.2281$ )。根据所构造的统计量所计算的检验结果见表 3 和表 4。

表 1 不同贮存时间点测金丝电极的电阻值

Table 1 The resistances of gold bridgewire at different times before and after the accelerated life test

testing time	R/mΩ						$\bar{R}$	standard deviation $S^2$
	1#	2#	3#	4#	5#	6#		
initial	34.9	34.8	35.5	34.9	34.6	35.4	35.02	0.12567
20 days at room temperature in drier	32.3	32.32	32.62	32.23	32.02	32.50	32.33	0.04402
the 3rd day of the life test	32.32	32.19	32.55	32.08	31.97	32.55	32.28	0.05831
the 9th day of the life test	32.78	32.68	33.03	32.76	32.56	33.00	32.80	0.03338
the 14th day of the life test	31.88	31.84	32.24	31.87	31.77	32.26	31.98	0.04635
the 21st day of the life test	32.80	32.86	33.27	32.67	32.56	33.27	32.91	0.09075

Note: The gold bridge wire stored 20 days at room temperature in the desiccator before the accelerated life test.

表 2 在不同贮存时间点所测镍铬丝电极电阻值

Table 2 The resistances of elinvar bridgewire at different life times

testing time	R/mΩ						$\bar{R}$	standard deviation $S^2$
	1#	2#	3#	4#	5#	6#		
initial	0.981	1.033	1.019	0.969	1.036	1.094	1.022	0.002
20 days at room temperature in drier	0.978	1.031	1.017	0.967	1.033	1.091	1.020	0.00198
the 3rd day of the life test	0.978	1.031	1.017	0.967	1.033	1.091	1.020	0.00198
the 9th day of the life test	0.979	1.032	1.018	0.968	1.034	1.092	1.021	0.00198
the 14th day of the life test	0.978	1.031	1.017	0.967	1.033	1.091	1.020	0.00203
the 21st day of the life test	0.980	1.042	1.018	0.969	1.034	1.092	1.023	0.00201

Note: The condition is same as Table 1.

表 3 金丝电极在不同加速寿命时间点电极电阻均值的  $t$ -检验结果

Table 3 The results of gold bridgewire at different life time by  $t$ -test

paratest time	$\bar{R}_1 / m\Omega$	$\bar{R}_2 / m\Omega$	$n_1$	$n_2$	$S_1^2$	$S_2^2$	$ t $	result
initial 20 days in drier	35.02	32.33	6	6	0.12567	0.04402	15.96615	significant change
20 days 3rd day of life test	32.33	32.28	6	6	0.04402	0.05831	0.42116	no significant change
20th day in drier 9th day of life test	32.33	32.80	6	6	0.04402	0.03338	4.1383	significant change
20th day in driers 14th day of life test	32.33	31.98	6	6	0.04402	0.04635	2.89273	significant change
20th day in drier 21st day of life test	32.33	32.91	6	6	0.04402	0.09075	3.82553	significant change
3rd day of life test 9th day	32.28	32.80	6	6	0.05831	0.03338	4.24707	significant change
9th day of life test 14th day	32.80	31.98	6	6	0.03338	0.04635	7.1571	significant change
14th day of life test 21st day	31.98	32.91	6	6	0.04635	0.09075	6.14138	significant change

Note:  $\bar{R}_1, \bar{R}_2$  the resistance means of two testing, respectively;  $n_1, n_2$  is the sample numble means of two life test;  $S_1^2, S_2^2$  is the standard deviation of two testing time.

表4 镍铬丝电极在不同贮存时间点上电极电阻均值  $t$ -检验结果表Table 4 The results of elinvar bridgewire at different life time by  $t$ -test

paratest time		$\bar{R}_1 / \text{m}\Omega$	$\bar{R}_2 / \text{m}\Omega$	$n_1$	$n_2$	$S_1^2$	$S_2^2$	$ t $	result
initial	20th day in drier	1.022	1.020	6	6	0.002	0.00198	0.09704	no significant change
20th day in drier	3rd day of life testing	1.020	1.020	6	6	0.00198	0.00198	0	no significant change
3rd day of life testing	9th day	1.020	1.021	6	6	0.00198	0.00198	0.0389	no significant change
9th day of life testing	14th day	1.021	1.021	6	6	0.00198	0.00203	0.01289	no significant change
14th day of life testing	21st day	1.021	1.023	6	6	0.00203	0.00201	0.06426	no significant change

从表3和表4的检验结果可以看出,金丝电极电阻除在第3天贮存时间点上其电阻与初始湿热老化前电阻之间无显著性差异外,在其它不同贮存时间点上电极电阻均值都与加速寿命前的电阻均值有显著性变化。镍铬丝电极电阻却与金丝电极电阻不同,它在不同贮存时间点上两个电极电阻均值都没有显著性差异。

#### 4 结论

(1) 环境温湿度对金丝电极电阻的影响较大,而对镍铬丝电极电阻的影响不是很明显。

(2) 随着贮存时间的延长,金丝电极电阻有显著性变化,而镍铬丝电极电阻却无显著性变化。

(3) 电极焊完桥丝后,尤其是金丝电极,应放置一段时间让桥丝恢复形变后,再检测其电阻作为初始电阻。

(4) 金丝电极电阻的变化可作为金丝电极电阻火工品在库存中性能检测的一个敏感参量,但镍铬丝电极火工品就不能以电极电阻作为其性能检测的敏感参量。

#### 参考文献:

- [1] 李桂若. 火工品[M]. 南京: 华东工程学院, 1981.
- [2] 谷玉章. 电雷管桥丝电阻值对其质量的影响[J]. 火工品, 1995(3): 39-40.  
GU Yu-zhang. The effect of electric bridgewire resistance on its quality [J]. *Initiators & Pyrotechnics*, 1995, (3): 39-40.
- [3] 张启林. 桥丝电阻分布的均匀性对发火电流的影响[J]. 爆破器材, 1998(3): 24-26.  
ZHANG Qi-lin. The effect of distributive homogeneity of bridgewire resistance on the firing current of electric detonators [J]. *Explosive Materials*, 1998, (3): 24-26.
- [4] 惠宁利, 候丽霞. 环境条件对电火工品电阻的影响[J]. 火工品, 1997(2): 27-31.  
HUI Ning-li, HOU Li-xia. The effect of environmental conditions on resistance of electrical initiators [J]. *Initiators & Pyrotechnics*, 1997, (2): 27-31.
- [5] 盛骤, 谢式千, 潘承毅. 概率论与数理统计[M]. 第二版. 北京: 高等教育出版社, 1979.

### Changes of Two Bridgewire Resistance at Different Time in Accelerated Life Test

TU Xiao-zhen, ZHAO Qing

(Institute of Chemical Materials, CAEP, Mianyang 621900, China)

**Abstract:** The changes of elinvar bridgewire resistance and gold bridgewire resistance at different time in accelerated life time test were studied. The conditions of the life test were kept at  $50 \pm 2$  °C with relative humidity of  $95\% \pm 3\%$ . By  $t$ -significance level test, means of bridgewire resistance at different life time were analysed. The results show that gold bridgewire resistances have significant changed on 9th day, 14th day and 21st day in the life test. However, elinvar bridgewire resistances have no significant changes at different life time.

**Key words:** applied physics; initiators and pyrotechnics; resistance; accelerated life test;  $t$ -significance level test