

# 中华人民共和国国家军用标准

## 火工品试验方法 电火工品射频感度测定

GJB 736.2—89

Method of initiating explosive device test  
——Electric initiating explosive device  
——Determining radiofrequency sensitivity

### 1 主题内容与适用范围

本标准规定了测定电火工品射频感度的基本原理、仪器设备及材料、试样准备、试验程序和结果处理。

本标准适用于测定双脚线电火工品对试验频率为 0.5~12GHz(连续波)的射频感度。

### 2 引用标准

GJB 377 感度试验用升降法

### 3 符号

$P$  —— 进入电火工品脚线的射频功率

$P_0$  —— 进入匹配装置的输入功率

$P'$  —— 标定时,进入电火工品脚线的射频功率

$P'_0$  —— 标定时,进入匹配装置的输入功率

$P_i$  —— 双定向耦合器上所指示的入射功率

$P_r$  —— 双定向耦合器上所指示的反射功率

$K, \bar{K}$  —— 修正系数及其平均值

$A_{1\max}, A_{1\min}$  —— 电火工品负载驻波最大、最小点检波电流

$A_{2\max}, A_{2\min}$  —— 功率计负载驻波最大、最小点检波电流

$S$  —— 电火工品负载的驻波系数

### 4 基本原理

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。用射频探测试验,确定电火工品不同发火方式下的敏感试验频率;在敏感试验频率和匹配的条件下,用中功率计测出  $P_0$ ,再乘以  $\eta$  计算  $P$ 。按 GJB 377 中统计试验程序,来测定电火工品 50%发火的射频功率即电火工品的射频感度。电火工品射频感度测试方框图见图 1。

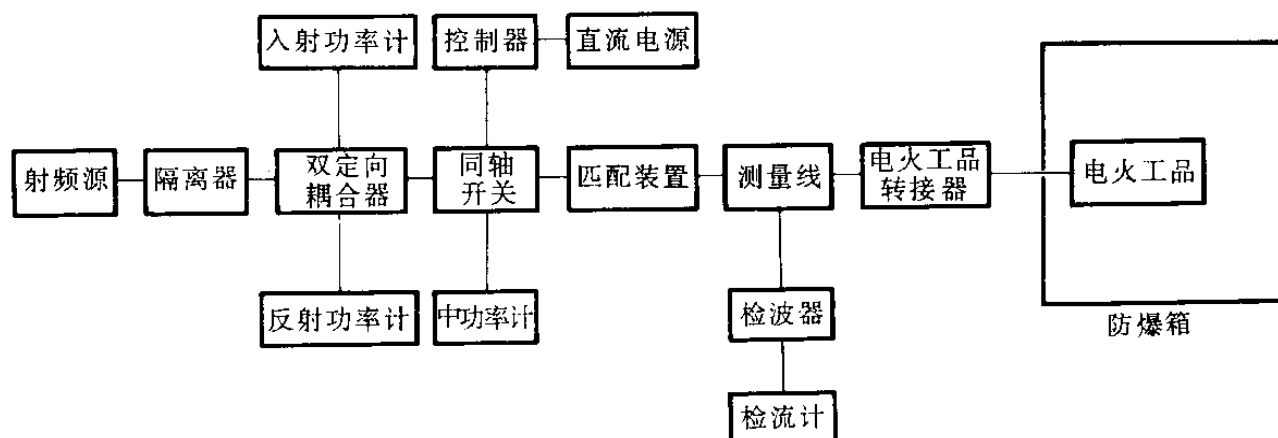


图 1 电火工品射频感度测试方框图

## 5 仪器设备和主要材料

- a. 交流稳压电源 3KW
- b. 晶体管直流电源 0~30V, 1A
- c. 屏蔽室
- d. 超高频功率信号发生器 试验频率 0.5~2GHz, 输出功率 20W
- e. 稳幅信号源 试验频率 2~4GHz, 输出功率 10mW
- f. 微波稳幅信号源 试验频率 4~8GHz, 输出功率 10mW  
试验频率 8~12GHz, 输出功率 5mW
- g. 行波管放大器 试验频率 2~6GHz, 输出功率大于 5W  
试验频率 6~12GHz, 输出功率大于 10W
- h. 同轴隔离器 频率 0.5~1GHz  
频率 1~2GHz  
频率 2~6GHz  
频率 6~12GHz
- i. 双定向耦合器 频率 0.1~2GHz  
频率 2~12GHz
- j. 微波同轴开关 频率 DC~12GHz
- k. 同轴晶体检波器 频率 0.5~12GHz
- l. 同轴调配器 频率 0.5~12GHz
- m. 同轴测量线 频率 0.5~4GHz  
频率 2~12GHz
- n. 同轴转接器 L16G50JJ  
L16G50KK
- o. 功率计 0.1~10mW
- p. 数字功率计 0.01~10mW

- q. 中功率计 0.01~10W
- r. 电阻测量仪 测量电流应符合电火工品桥路电阻测量的规定
- s. 电火工品转接器 见附录 A
- t. 护胸板
- u. 防爆箱
- v. 抽风装置

## 6 试样准备

6.1 提取试样 100~120 发。

6.2 将电火工品脚线长度截成  $25 \pm 0.5\text{mm}$ , 分别按脚——脚、脚——壳发火方式, 在护胸板后参照附录 A 中的图 A1 和图 A2 进行安装。

a. 脚——脚发火方式, 电火工品脚线分别插入电火工品座(见图 A7)上的小外、小内插针(见图 A3 和图 A4)孔内; 若脚线直径小于 1mm, 可插入一段粗细合适的铜导线, 使电火工品脚线与插针孔紧密接触。

b. 脚——壳发火方式, 电火工品的两根脚线插入内插针联接件(见图 A5)插孔内, 再用外插针联接件(见图 A6)一端夹住电火工品外壳, 而另一端插入小外插针孔内。

6.3 在护胸板后, 用电阻测量仪, 测量电火工品的桥路电阻。

## 7 操作步骤

### 7.1 射频探测试验

7.1.1 选用的试验频率一般依次按 0.5, 0.9, 1.3, 2.7, 5.6, 8.5GHz, 也可根据要求进行选择。

7.1.2 射频源予热 15min, 将控制器置功率挡(此时同轴开关接通中功率计), 然后在测量线输出端, 接上带电火工品转接器的试样, 并把试样推入防爆箱后, 方可接通射频源高压。调节射频源输出功率至 10~20mW, 再将控制器置测试挡(此时同轴开关接通匹配装置), 调节匹配装置, 使  $P_i : P_r \geq 100 : 1$ , 表明匹配已调好, 并从双定向耦合器上卸下入射功率计和反射功率计的测试探头。

7.1.3 将控制器再次置功率挡, 调节射频源输出至进入匹配装置的输入功率的起始值(通常比平均直流发火功率高), 并记下该值, 然后再将控制器置测试挡, 通电 10s(也可根据要求延长到 15min), 并记下试样是否发火: 发火用“1”, 不发火用“0”表示。通电后立即把控制器置功率挡, 并关闭射频源输出。

凡经发火后的电火工品转接器, 须立即卸开并用无水酒精和脱脂棉进行清擦, 以备下次使用。

7.1.4 更换试样, 调节射频源输出功率至 10~20mW, 装上入射功率计和反射功率计测试探头, 将控制器置测试挡, 重新调节匹配装置, 使  $P_i : P_r \geq 100 : 1$ , 表明匹配已调好, 再次卸下入射功率计和反射功率计测试探头。若试样发火, 则按 7.1.3 条来调节射频源的输出功率, 以改变  $P_o$ , 并通电, 直到试样不发火为止; 若试样不发火, 则再按 7.1.3 条来调节射频源的输出功

率,以改变  $P_0$ ,并通电,直到试样发火为止。未发火的试样,允许再用 2~3 次。

7.1.5 按 7.1.1 条依次改变试验频率,重复 7.1.2~7.1.4 条,从而得到不同试验频率条件下,电火工品的临界发火射频功率(大致值)。每个试验频率点上,至少用 2 个试样。

7.1.6 根据 7.1.5 条中所得数据,取临界发火射频功率最小值所对应的试验频率,为试样在该试验条件下的敏感试验频率。

7.1.7 改变试样的发火方式,需重复 7.1.2~7.1.6 条,以确定其在该试验条件下的敏感试验频率。

## 7.2 统计射频感度试验

7.2.1 在 7.1 条确定的电火工品敏感试验条件下进行试验。

7.2.2 重复 7.1.2 条步骤。

7.2.3 统计射频试验按 GJB 377 中的统计试验程序,来测定电火工品 50%发火射频功率及其标准差。

一般先做脚——脚发火方式的试验,再做脚——壳发火方式的试验(允许将脚——脚发火方式不发火的试样,再做脚——壳发火方式的试验,但其用量不得超过脚——壳发火方式试验数量的一半)。

试探次数  $n$  一般取 20,操作步骤按 7.1.2~7.1.3 条进行,并记下试样发火或不发火时在中功率计上的  $P_0$  值,填入试验报告表格中。

## 8 匹配装置传输效率的测定

8.1 标定在统计射频试验条件下进行。

8.2 重复 7.1.2 条步骤,但不再从双定向耦合器上卸下入射功率计和反射功率计测试探头。

8.3 测量线探针深度取 2mm 左右,调节测量线谐振腔,使晶体检波器输出最大。

移动测量线活动支架至电火工品负载驻波最小点位置,调节射频源输出功率,此时检流计“ $\times 1$ ”挡应能使检波电流  $A_{1\min}$  至少为 5 格,然后检流计换“ $\times 0.1$ ”或“ $\times 0.01$ ”挡,再移动测量线活动支架至电火工品负载驻波最大点位置,读出检波电流  $A_{1\max}$  格。

注:检流计置“ $\times 0.1$ ”挡,读数放大 10 倍;置“ $\times 0.01$ ”挡,读数放大 100 倍。

当检波电流  $A_{1\max}$  值小于 2000 格时,则  $P_0'$  经匹配装置得  $P'$ ,用公式 1 计算:

$$P' = \bar{K} \sqrt{A_{1\max} \cdot A_{1\min}} \dots\dots\dots (1)$$

式中: $P'$ ——标定时,进入电火工品脚线的射频功率,

$\bar{K}$ ——标定常数平均值;

$A_{1\max}$ 、 $A_{1\min}$ ——电火工品负载驻波最大、最小点的检波电流,  $6.9 \times 10^{-9} \text{A}$  /格。

当检波电流  $A_{1\max}$  值大于 2000 格时,用等指示度(二倍最小)法,测定电火工品负载的驻波系数  $S$ ,并重新调节射频源输出,使  $A_{1\max}$  值小于 1000 格,则  $P_0'$  经匹配装置得  $P'$ ,用公式 2 计算:

$$P' = \frac{\bar{K} \cdot A_{1\max}}{S} \dots\dots\dots (2)$$

## 8.4 修正系数 $K$ 的校准

在上述两种射频源输出功率和测量线探针深度条件下,用数字式功率计取代带电火工品转接器的试样。调节匹配装置,使  $P_i : P_r \geq 100 : 1$  根据数字式功率计上显示的射频功率  $P_w$ ,以及检波电流  $A_{2\max}$ 、 $A_{2\min}$ ,则修正系数  $K$ ,用公式 3 计算:

$$K = \frac{P_w}{\sqrt{A_{2\max} \cdot A_{2\min}}} \dots\dots\dots (3)$$

式中:  $P_w$  —— 标定时,数字式功率计上所显示的射频功率,mW;

$A_{2\max}$ 、 $A_{2\min}$  —— 功率计负载驻波最大、最小点检波电流,  $6.9 \times 10^{-9}$  A /格。

微调射频源输出功率,分别测出三个不同的  $K$  值,并取其平均值  $\bar{K}$ 。

8.5 根据测出的检波电流  $A_{1\max}$ 、 $A_{1\min}$ 、 $\bar{K}$  代入公式 1 或根据测出的检波电流  $A_{1\max}$ ,  $S$ ,  $\bar{K}$  代入公式 2,得  $P'_i$  经匹配装置的  $P'$ ,则匹配装置在该试验条件下的传输效率  $\eta$ ,用公式 4 计算:

$$\eta = \frac{P'}{P'_i} \dots\dots\dots (4)$$

用 5 发试样分别测出  $\eta$  并取其平均值  $\bar{\eta}$ 。

8.6 改变试验条件(试样、发火方式、试验频率), $\eta$  值需重新测定。

## 9 结果处理

9.1 根据用中功率计测出  $P_o$  和所标定的  $\bar{\eta}$ ,则  $P$  可用公式 5 计算:

$$P = P_o \cdot \bar{\eta} \dots\dots\dots (5)$$

式中:  $P$  —— 进入电火工品脚线的射频功率,W;

$P_o$  —— 进入匹配装置的输入功率,W;

$\bar{\eta}$  —— 匹配装置在该试验条件下的传输效率平均值。

9.2 按 GJB 377 中 5 单组试验数据统计分析,以计算电火工品在该试验条件下的 50%发火射频功率及其标准差。

# 附录 A

## 电火工品转接器

(参考件)

电火工品转接器由电火工品座,小内插针,小外插针,内插针联接件和外插针联接件等所组成。实施电火工品和同轴转接器之间的联接。如下图 A1 和图 A2 所示。

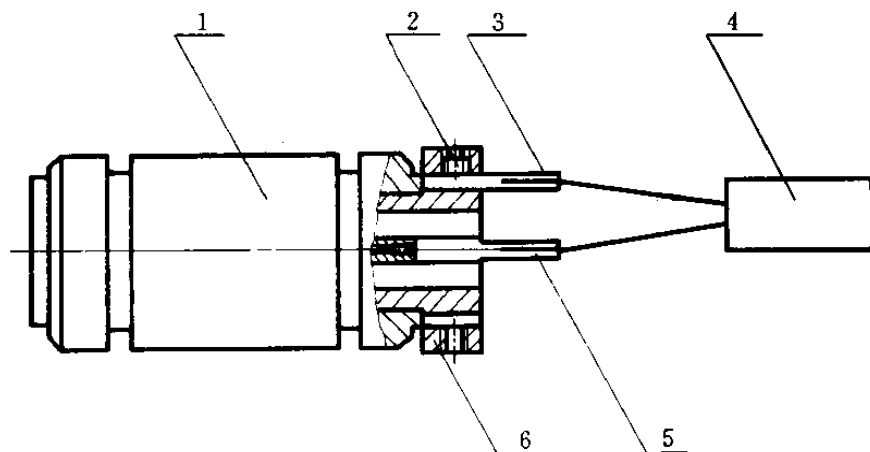


图 A1 电火工品脚——脚发火方式与转接器装配示意图

- 1——同轴转接器 L16G50KK ST 499    2——紧固螺钉 M3×5 GB 73  
 3——小外插针(图 A3)    4——电火工品  
 5——小内插针(图 A4)    6——电火工品座(图 A7)。

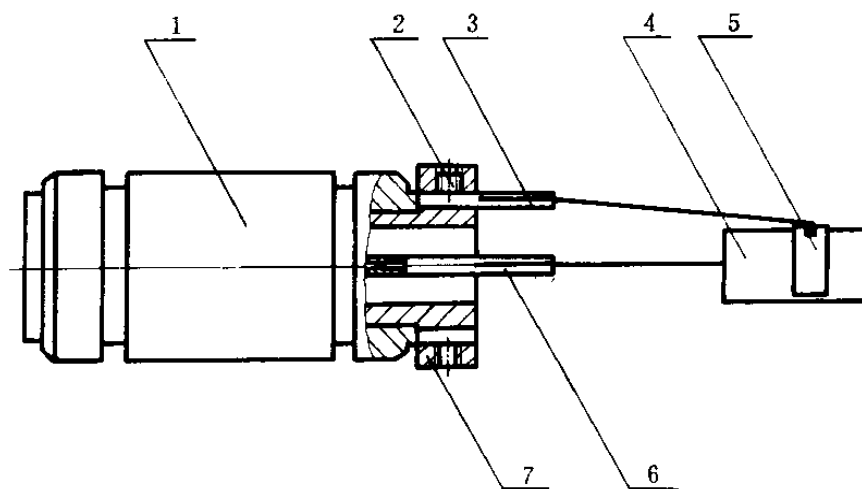


图 A2 电火工品脚——壳发火方式与转接器装配示意图

- 1——同轴转接器 L16G50KK ST 499

2——紧固螺钉 M3×5 GB 73

4——电火工品

6——内插针联接件(图 A5)

3——小外插针(图 A3)

5——外插针联接件(图 A6)

7——电火工品座(图 A7)

3.2

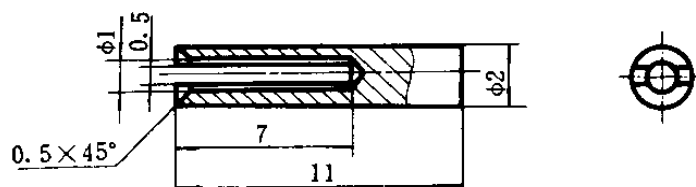


图 A3 小外插针

材料: 铝青铜棒 QA17 GB 4429—84

全部尺寸按 IT12 级加工

3.2

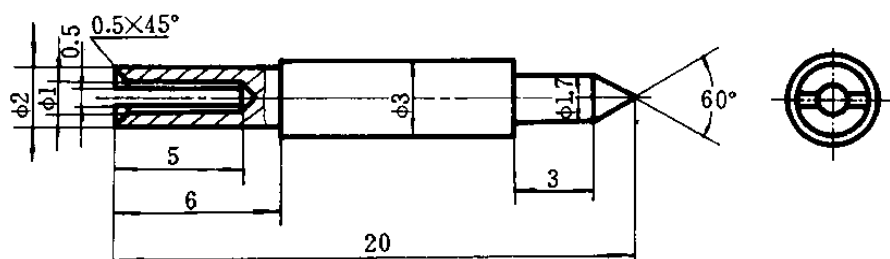


图 A4 小内插针

材料: 铝青铜棒 QA17 GB 4429—84

全部尺寸按 IT12 级加工

3.2

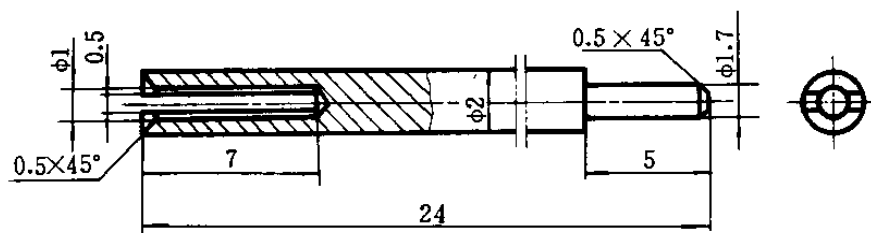


图 A5 内插针联接件

材料: 铝青铜棒 QA17 GB 4429—84

全部尺寸按 IT12 级加工

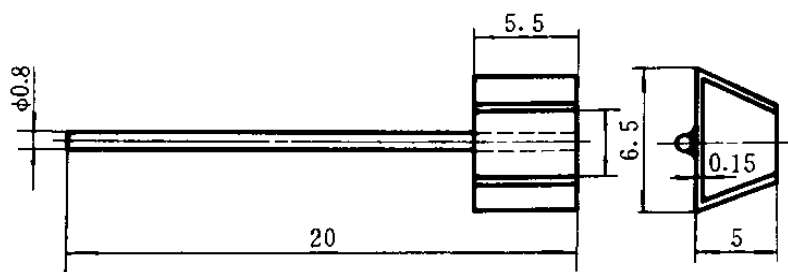


图 A6 外插针联接件

材料: 铝青铜带 QA17 GB 4429-84

铜丝 T2 GB 3109-82

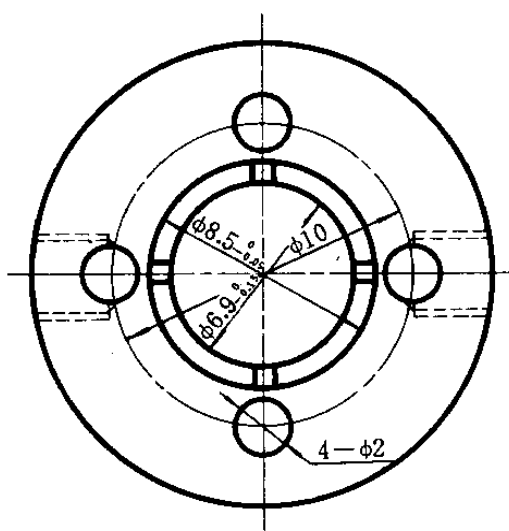
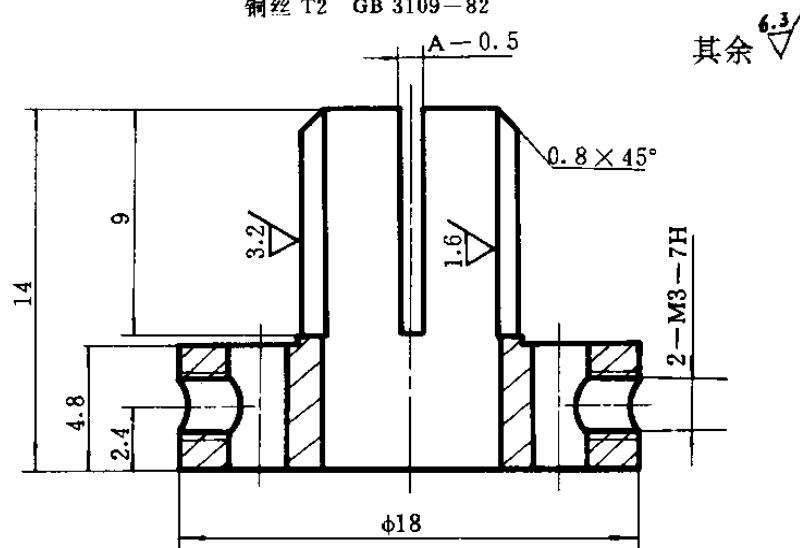


图 A7 电火工品座

材料: 铝青铜棒 QA17 GB 4429-84

未注公差按 IT12 级加工

**附 录 B**  
**二倍最小法测大驻波系数**  
 (参考件)

大驻波系数( $S > 10$ )的测量,用测量驻波最小点附近的分布规律的间接方法进行。图 B1 为最小点附近的驻波分布曲线,其驻波系数用公式 B1 计算。

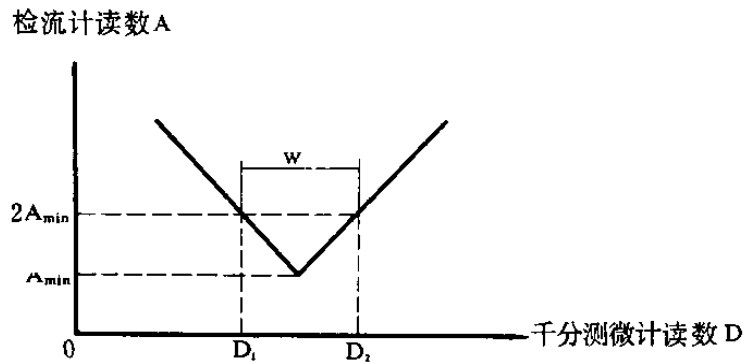


图 B1 最小点附近驻波分布曲线

$$S = \sqrt{\frac{K^{\frac{2}{n}} - \cos^2\left(\frac{\pi w}{\lambda_{\text{波导}}}\right)}{\sin^2\left(\frac{\pi w}{\lambda_{\text{波导}}}\right)}} \quad \text{..... (B1)}$$

式中:  $K = \frac{\text{测量点读数 } A_{1,2}}{\text{最小点读数 } A_{\min}}$ ;

$n$  —— 检波晶体的检波律;

$w$  ——  $D_2 - D_1$

$\lambda_{\text{波导}}$  —— 测量线上的波长。

当  $K=2, n=2$  时,则公式 B1 可简化为公式 B2,

$$S = \sqrt{1 + \frac{1}{\sin^2\left(\frac{\pi w}{\lambda_{\text{波导}}}\right)}} \quad \text{..... (B2)}$$

另外公式 B2 还可进一步简化为公式 B3

$$S = \frac{\lambda_{\text{波导}}}{\pi w} \quad \text{..... (B3)}$$

试验中  $A_{\min}$  至少取 20 格,必须用高精度的探针位置指示装置(如千分测微计),来精确测定  $w$ 。根据测定的  $\lambda_{\text{波导}}$  和  $w$ ,代入公式 B3,计算电火工品负载的大驻波系数。

---

**附加说明：**

本标准由中华人民共和国机械电子工业部提出。

本标准由机械电子工业部第二一三研究所负责起草。

本标准主要起草人：李锦荣 封青梅。