

## 1 主题内容与适用范围

本标准规定了测定具有单支或多支等离子枪的电热设备的主要参数和技术特性的试验条件和试验方法。

本标准适用于下列电热用等离子设备：

- a. 使用等离子枪的喷涂、切割、焊接和堆焊设备；
- b. 使用等离子枪加热固态、液态和气态载料的设备。

本标准不适用于使用高频等离子枪的设备。

本标准所规定的全部试验项目，对本标准所涉及的各种等离子设备不要求全部采用。对不同的等离子设备，可从中选出相应的试验项目或对本标准进行补充。

## 2 引用标准

- GB 1480 金属粉末粒度组成测定 干筛分法  
GB 1482 铁粉流动性能测量方法  
GB 2900.23 电工名词术语 工业电热设备  
GB 3768 噪音源声功率级的测定——简易法  
GB 3907 工业无线电干扰基本测量方法  
GB 10066.1 电热设备的试验方法 第一部分 通用部分

## 3 术语

本标准除使用 GB 2900.23 所规定的术语外，还采用下列术语。

### 3.1 等离子焊接

借助等离子喷嘴对电弧的拘束作用，获得较高能量密度的等离子弧而进行焊接的方法。

### 3.2 等离子切割

利用等离子弧的热能实现切割的方法。

### 3.3 等离子喷涂

以等离子弧为热源的热喷涂（通常工件不接入电路）。

### 3.4 等离子堆焊

利用等离子弧作热源，为增大或恢复工件尺寸，或使焊件表面获得具有特殊性能的熔敷金属而进行的焊接（通常工件接入电路）。

### 3.5 高频引弧装置

用高频放电的方法在等离子枪电极间引弧的一种装置。

### 3.6 等离子枪的有效功率

输入到等离子枪中的功率与消耗在冷却管路中的功率之差。

### 3.7 等离子枪的效率

等离子枪的有效功率与实际输入功率之比。

### 3.8 熔敷材料

热喷涂或焊接、堆焊用的填充材料。

### 3.9 粉末沉积效率

沉积在工件上的粉末量与供给等离子枪的粉末量之比。

### 3.10 引导弧功率

在转移弧或叠加弧等离子枪中维持叠加电流所需要的功率。

### 3.11 叠加功率

在等离子枪中,把电流叠加在一个或几个等离子束流上所消耗的功率。

## 4 试验项目和通用试验条件

### 4.1 电热用等离子设备的试验项目

对具有一支或多支等离子枪的加热、喷涂、切割、焊接和堆焊设备应做下列试验。

#### 4.1.1 电源装置的特性

- a. 电压/电流特性的测量;
- b. 输出功率和输入功率的测量;
- c. 效率的测量;
- d. 绝缘电阻的测量和介电强度试验;
- e. 温升的测量。

#### 4.1.2 引弧电路的特性

- a. 无线电干扰等级的测量;
- b. 各种气体引弧能力的测量。

#### 4.1.3 冷却管路的特性

- a. 冷却管路密封性的检验;
- b. 装置处于最大连续功率时,冷却液进出口处温度与冷却液流量之间关系的测量;
- c. 流量/压力特性的测量。

#### 4.1.4 气路的特性

- a. 气路密封性的检验;
- b. 气路的流量/压力特性的测量。

#### 4.1.5 送料装置与熔敷材料的特性

##### 4.1.5.1 粉末料

- a. 粒度范围的测量;
- b. 流动性的测量;
- c. 送粉管路的流量/压力特性的测量;
- d. 沉积效率的测量;
- e. 最大送粉速率与枪功率间关系的测量;
- f. 送粉速率不均匀性的测量。

##### 4.1.5.2 线材

- a. 直径的测量;
- b. 最大送丝速率与装置最大功率间关系的测量;
- c. 送丝速率不均匀性的测量。

#### 4.1.6 等离子枪的特性

- a. 不同工作条件下电压/电流特性的测量；
- b. 不同工作条件下有效功率和输入功率的测量；
- c. 效率的测量；
- d. 绝缘电阻的测量和介电强度试验；
- e. 与等离子枪接近的零件的温度测量；
- f. 不同工作条件下噪声级的测量；
- g. 排放出的有毒化合物浓度的测量；
- h. 电极和喷嘴消耗率的测量。

#### 4.1.7 叠加弧的工作特性

- a. 有效引导弧功率和输入引导弧功率的测量；
- b. 有效叠加功率和输入叠加功率的测量；
- c. 叠加功率与引导弧功率之比的测量；
- d. 效率的测量。

#### 4.1.8 加热装置的特性

- a. 密封效果的测量；
- b. 气路的流量/压力特性的测量(等离子枪之外的气路)；
- c. 噪声级的测量；
- d. 与炉子接近的零件的温度测量；
- e. 排放出的有毒化合物浓度的测量。

#### 4.2 通用试验条件和基本测量

见 GB 10066.1。

### 5 试验和测量方法

#### 5.1 电源装置的特性

##### 5.1.1 电压/电流特性的测量

电压/电流特性用接在电源装置输出端上的电压表和串联在非感性可调负载中的电流测量装置测量。如果用等离子枪作为负载,则测量仪表最好在等离子枪引弧后接入,或接在引弧电路之外。

##### 5.1.2 输出功率和输入功率的测量

对直流电源,输出功率通常等于电压和电流的乘积,不计残留的波纹系数。

对交流电源,输出功率应当用功率表测量。

输入功率的测量见 4.2 条。

##### 5.1.3 效率的测量

效率等于输出功率与输入功率之比。

##### 5.1.4 绝缘电阻的测量和介电强度试验

###### 5.1.4.1 绝缘电阻的测量

a. 在变压器一、二次线圈之间以及带电零件与易接近的金属件之间,加上直流电压 500 V,历时 1 min,不得有击穿现象；

b. 在外部绝缘件的外表面上包覆尺寸不大于 200 mm×100 mm 的金属箔,然后在带电零件与该金属箔间加上直流电压 500 V,历时 1 min,不得有击穿现象。

注:试验中对于不能承受此电压的电子元件等允许拆除或短接,绝缘电阻应不小于 2 MΩ。

###### 5.1.4.2 介电强度试验

施加工频 50 Hz,基本为正弦波,其值按以下规定的电压,历时 1 min,应不出现闪络或击穿现象。

在试验开始,所加电压小于规定值的一半,然后在 10 s 内逐渐升至试验值。

试验电压规定如下:

- a. 对额定电压低于或等于 50 V 的设备,试验电压为 500 V;
- b. 对额定电压  $U$  大于 50 V 的设备,试验电压为  $2U+1\ 000$  V(最低 1 500 V)。

本试验在如下位置进行:

- a. 在处于断开位置的电源开关触点间;
- b. 在变压器一、二次线圈之间以及带电零件与易接近的金属件间;
- c. 在带电零件与包在外部绝缘件外表面上的金属箔间。

注:① 在试验期间,允许把高频电路中机架连接的某些电阻断开。

② 试验中对于不能承受此电压的电子元件、电容器等允许拆除或短接。

③ 不影响电压降的漏电现象可忽略不计。

### 5.1.5 温升的测量

温升试验应在环境温度  $10\sim 40\text{ }^{\circ}\text{C}$  下进行,电源应在额定负载持续率为 100% 的情况下,输出额定电流,电源负载为非感性电阻,端电压应保持在额定负载电压的  $\pm 5\%$  之内,当试验进行到电源装置的任何部件的温升速率小于每小时  $2\text{ }^{\circ}\text{C}$  时,就认为电源已达到热稳定状态。对于额定负载持续率小于 100% 的电源,绕组和其他部件的温度应在最后一个周期的有载运行的中点瞬间进行。

电源变压器绕组的温升用电阻法测量,由式(1)求得:

$$t_2 - t_a = \frac{R_2 - R_1}{R_2} (K + t_1) + (t_2 - t_a) \dots\dots\dots (1)$$

式中:  $t_2$ ——试验结束时绕组温度,  $^{\circ}\text{C}$ ;

$t_1$ ——试验开始时绕组温度,  $^{\circ}\text{C}$ ;

$t_a$ ——试验结束时环境温度,  $^{\circ}\text{C}$ ;

$R_1$ ——试验开始时绕组电阻,  $\Omega$ ;

$R_2$ ——试验结束时绕组电阻,  $\Omega$ ;

$K$ ——常数,对于铜  $K=235\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,铝  $K=228\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

对于电源变压器铁芯及其他部件应采用温度计法测量,测量时,温度计应放在铁芯及其他可达到的部件的温度最高点。

### 5.2 引弧电路的特性

#### a. 无线电干扰等级的测量

由高频引弧电路产生的无线电干扰电平的测量,应按照 GB 3907 规定测量。

#### b. 各种气体引弧能力的测量

把引弧电路接到连接等离子枪的主电路中,按制造厂的规定,在允许范围内改变已对中的电极间距,在电极所允许的最大间距下,对所使用的气体改变流量的大小直到等离子电弧不能引燃。这一临界点就表示引弧电路与等离子枪组成的系统的引弧能力。

### 5.3 冷却管路的特性

#### a. 冷却管路密封性的检验

采取措施使管路压力提高到工作压力的 1.5 倍,管路系统应无泄漏现象。

#### b. 设备处于最大连续功率时,冷却液进出口处温度与冷却液流量之间的关系测量。

冷却液进出口处温度应在包括水冷电缆在内的枪的两端测量,在用热电偶或热敏电阻作为热传感器时,则应使之与冷液绝缘,测量应在制造厂推荐的流量和压力下进行。

#### c. 流量/压力特性的测量

流量按单位时间流过的冷却液的体积或用流量计测量,压力用压力计测量,压力计应接在流量计出

口与等离子枪水冷电缆入口之间。

5.4 气路的特性

a. 气路密封性的检验

采取措施,使气路压力提高到工作压力的 1.5 倍,管路各处应无漏气现象。

b. 气路的流量/压力特性的测量

气体体积流量用(m<sup>3</sup>/min)度量,气体压力和流量用压力计和流量计测定,压力计应接在流量计出口与等离子枪水冷电缆入口之间,测量应在制造厂所推荐的等离子枪工作的电流和气体流量下进行。

5.5 送料装置与熔敷材料的特性

5.5.1 粉末料

a. 粒度范围的测量

按 GB 1480。

b. 流动性的测量

按 GB 1482。

以下试验所用粉末及粒度范围应满足设备的技术要求和使用要求,通常可用氧化铝粉末(99.9% Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)。

c. 送粉管路的流量/压力特性的测量

试验应将压力计接在送粉器之前,流量计接在压力计之前,对应测出压力和管路流量。

d. 沉积效率的测量

为了获得最佳的沉积效率,要选定适宜的工艺规范,同时测量枪功率、工作气流量和送粉量。按 3.9 条,所测出的在工件上的沉积量与送粉量之比为沉积效率。

e. 最大送粉速率与枪功率间关系的测量

在上述 d 项测定的基础上,应以获得较佳的沉积效率和喷嘴管路不发生粉末阻塞的前提下,测量在不同枪功率下的最大送粉速率。

f. 送粉速率不均匀性的测量

送粉器在额定条件下工作,测量单位时间内的送粉量,共进行 10 次,求出其中最大值与最小值之差与这 10 次测量平均值之比,用百分数表示,就是该装置送粉速率的不均匀性。

5.5.2 线材

a. 直径的测量

线材的直径用常规的方法测量,其值应在等离子枪制造厂规定的允许范围内。

b. 最大送丝速率与装置最大功率间关系的测量

应以获得较佳的沉积效率和喷嘴管路不发生阻塞的前提下,测量在不同枪功率下的最大送丝速率。

c. 送丝速率不均匀性的测量

送丝装置在额定条件下工作,测量单位时间内的送丝量(重量或长度)共进行 10 次,求出其中最大值与最小值之差与这 10 次测量的平均值之比,用百分数表示,就是该装置送丝速率的不均匀性。

5.6 等离子枪的特性

5.6.1 不同工作条件下电压/电流特性的测量

测量应在引弧之后进入稳定工作状态下进行,在给定的电极间距和给定的气体和流量下,电弧电压应为等离子枪两个电极间的电压,电弧电流应从串联回路中的电流表测得。

5.6.2 不同工作条件下有效功率和输入功率的测量

喷枪的输入功率应是电弧电压和电弧电流的乘积。

输入功率减去冷却水的热损失即认为是有效功率。有效功率用式(2)计算。

$$P_e = UI - Qc_p\Delta T \dots\dots\dots (2)$$

式中： $P_e$ ——有效功率，W；  
 $U$ ——工作电压，V；  
 $I$ ——工作电流，A；  
 $Q$ ——冷却水质量流量，kg/s；  
 $c_p$ ——冷却水比热，一般为 4 200 J/kg·C；  
 $\Delta T$ ——冷却水温升，C。

冷却水质量流量及冷却水温升均用与 5.3 相同的方法测量。

### 5.6.3 效率的测量

效率等于上述有效功率与输入功率之比。

### 5.6.4 绝缘电阻的测量和介电强度试验

#### 5.6.4.1 绝缘电阻的测量

等离子枪绝缘电阻的测量应在与 5.1.4.1 项所规定的同样条件下进行，测量时冷却管路中应通水。

对一般绝缘的零件，绝缘电阻应不小于 2 M $\Omega$ ，对加强绝缘和在使用等离子枪时可能用手握的零件，其绝缘电阻应不小于 7 M $\Omega$ 。

#### 5.6.4.2 介电强度试验

等离子枪介电强度试验应在与 5.1.4.2 项相同的条件下进行，应在带电零件与加强绝缘件外部零件间进行试验（试验时，把金属箔贴在外绝缘件的外表面上），试验电压为 4 000 V。

除这些要求外，等离子枪还应满足在高频引弧电压下进行的试验，当电极间隙为制造厂规定的最大允许值时，除两个电极间外，在枪的其他零件间应没有高频电流流通。

### 5.6.5 与等离子枪接近的零件的温度测量

与等离子枪接近的零件表面各点温度用常规方法，在装置已经达到其最大连续功率的稳定状态时测量。

### 5.6.6 不同工作条件下噪声级的测量

本项测量应按 GB 3768 的规定进行。

### 5.6.7 排放出的有毒化合物浓度的测量

这部分测量应按国家有关标准或规定进行。

### 5.6.8 电极和喷嘴消耗率的测量

电极和喷嘴的消耗率可在额定工作条件下或在制造厂与用户商定的工作条件下进行，连续工作 1 h 或每次不少于 10 min 的断续工作累计 1 h，用单位时间(h)所消耗的金属重量(mg)来表示。可用称电极的重量来测量。

## 5.7 叠加弧的工作特性

### 5.7.1 有效引导弧功率和输入引导弧功率的测量

同 5.6.2 条。

### 5.7.2 有效叠加功率和输入叠加功率的测量

按 3.11 条定义，用 5.6.2 条的方法测量。

### 5.7.3 叠加功率与引导弧功率之比的测量

该比值等于总的输入叠加功率与总的输入引导弧功率之比。

### 5.7.4 效率的测量

同 5.6.3 条。

## 5.8 加热装置的特性

### 5.8.1 密封效果的测量

若炉子用来生产有毒产品，应在产品标准中规定有关密封的要求和检测方法。

### 5.8.2 气路流量/压力特性的测量(等离子枪以外的其他气路)

气体体积流量用( $\text{m}^3/\text{min}$ )度量,气体压力和流量用压力计和流量计测定,压力计应接在流量计出口与等离子枪水冷电缆入口之间。

在流量/压力特性曲线上,应把相应于制造厂给出的额定功率和额定气体流量点标出来。

### 5.8.3 噪声级测量

同 5.6.6 条。

### 5.8.4 与炉子接近的零件的温度测量

本测量应在炉子正常运行时进行,炉子应处于最大连续功率下的热稳定状态,用常规的表面温度测量方法在不同点上进行测量。

### 5.8.5 排放出的有毒化合物浓度的测量

同 5.6.7 条。

---

### 附加说明:

本标准由中华人民共和国机械电子工业部提出。

本标准由全国工业电热设备标准化技术委员会归口。

本标准由西安电炉研究所、成都电焊机研究所、武汉材料保护研究所负责起草。

本标准主要起草人潘彬云、刘洪、张瑞昌、金述珍、高荣发、李连升。