



中华人民共和国国家标准

GB/T 10066.5—2014/IEC/TS 60680:2008
代替 GB/T 13535—1992

电热装置的试验方法 第5部分:电热和 电化学用等离子体设备

Test methods for electroheat installations—Part 5: Plasma equipment for
electroheat and electrochemical applications

(IEC/TS 60680:2008, Test methods of plasma equipment for
electroheat and electrochemical applications, IDT)

2014-09-03 发布

2015-02-01 实施



中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局
中国国家标准化管理委员会

发布

目 次

前言	I
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 试验项目和通用试验条件	5
4.1 适用于热等离子体炬系统的试验和测量列表	5
4.1.1 弧等离子体系统	5
4.1.2 感应等离子体系统	6
4.2 适用于具有等离子体炬的装置的测量和试验项目	6
4.2.1 喷涂装置	6
4.2.2 固态、液态及气态炉料加热和电化学装置	7
4.3 通用试验条件	8
5 试验和测量方法	8
5.1 适用于等离子体系统的试验	8
5.1.1 弧等离子体炬系统	8
5.1.2 感应等离子体炬	10
5.2 适用于使用等离子体炬的装置的试验	12
5.2.1 喷涂装置或设备	12
5.2.2 固态、液态和气态炉料加热和电化学装置	13
6 参考图	14
附录 A (规范性附录) 直流弧等离子体炬和等离子体炬系统标准能效定义	15
附录 B (资料性附录) 处于电磁场中的人员	17
附录 C (规范性附录) 感应等离子体炬和炬系统标准能效定义	18
参考文献	19

前 言

GB/T 10066《电热装置的试验方法》现有 13 个部分：

- 第 1 部分：通用部分(GB/T 10066.1—2004, IEC 60398:1999, MOD)；
- 第 2 部分：有心感应炉(GB/T 10066.2—2004, IEC 60396:1991, MOD)；
- 第 3 部分：无心感应炉(GB/T 10066.3—2004, IEC 60646:1992, MOD)；
- 第 31 部分：高频感应加热装置发生器输出功率的测定(GB/T 10066.31—2007, IEC 61922:2002, IDT)；
- 第 4 部分：间接电阻炉(GB/T 10066.4—2004, IEC 60397:1994, NEQ)；
- 第 5 部分：电热和电化学用等离子体设备(GB/T 10066.5—2014, IEC/TS 60680:2008, IDT)；
- 第 6 部分：工业微波加热装置输出功率的测定方法(GB/T 10066.6—2008, IEC 61307:2006, IDT)；
- 第 7 部分：具有电子枪的电热装置(GB/T 10066.7—2009, IEC 60703:2008, IDT)；
- 第 8 部分：电渣重熔炉(GB/T 10066.8—2006, IEC 60779:2005, IDT)；
- 第 9 部分：高频介质加热装置输出功率的测定(GB/T 10066.9—2008, IEC 61308:2005, IDT)；
- 第 10 部分：直接电弧炉(GB/T 10066.10—2005, IEC 60676:2002, MOD)；
- 第 11 部分：埋弧炉(GB/T 10066.11—2005, IEC 60683:1980, MOD)；
- 第 12 部分：红外加热装置(GB/T 10066.12—2006)。

这套标准除第 12 部分外均采用相应的 IEC 标准制定。

本部分为 GB/T 10066 的第 5 部分，应与第 1 部分和 GB 5959.5 配合使用。

本部分按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本部分代替 GB/T 13535—1992《电热用等离子设备试验方法》，与后者相比主要技术性变化如下：

- 全文“本标准”改为“本部分”，按 GB/T 1.1—2009 进行编排；
- 将“等离子枪”改为“等离子体炬”；
- 适用范围涵盖了感应等离子体炬，不再适用于焊接、切割和堆焊设备；
- 删除了粒度、流动性、噪声和无线电干扰测定的引用文件；
- 删除等离子体焊接、切割等不再适用的定义，删除“引导弧功率”“叠加功率”的定义，增加“等离子体”“热等离子体”“等离子体加热”“等离子体炬”等多条术语和定义，修改了其他术语的定义；
- 标准的结构发生变化：将等离子体体炬、电源、工作气体和冷却组件及控制单元组成的设备作为一个整体成为等离子体炬系统，再分别依据点火方式及有无炉室/反应器对等离子体炬系统和使用系统的设备进行分类，并分别规定它们适用的试验和测量，而 GB/T 13535—1992 将炬系统各部件与设备的试验和测量放在同一个层级上；
- 不再进行整个装置的电源装置特性的试验，仅保留等电位连接的测定；
- 删除“引弧电路特性”试验(见 1992 年版 5.2)；
- 增加声级测量，以及对有毒产品，爆炸危险鉴别的要求；
- 删除送粉及送丝速率不均匀性的测量(见 1992 年版 5.5.1 f、5.5.2 c)；
- 删除等离子体炬排出有毒化合物浓度的测量(见 1992 年版 5.6.7)；
- 增加调节方式试验；
- 增加纹波因数、冷却液电阻率、平均热焓、热辐射的测量；

- 喷涂装置中增加对液态材料特性的测量;
- 删除叠加弧的工作特性(见 1992 年版 5.7);
- 增加“参考图”一章(见第 6 章);
- 增加“规范性附录 A”;
- 增加“资料性附录 B”;
- 增加“规范性附录 C”;
- 增加“参考文献”。

本部分使用翻译法等同采用 IEC/TS 60680:2008《电热和电化学用等离子体设备的试验方法》(第 1 版)。

与本部分中规范性引用的国际文件有一致性对应关系的我国文件如下:

- GB/T 10066.1—2004 电热设备的试验方法 第 1 部分:通用部分(IEC 60398:1999,MOD)

为便于使用,对于 IEC/TS 60680:2008,本部分做了下列编辑性修改:

- 标准名称由《电热和电化学用等离子体设备的试验方法》改为现名。

本部分由中国电器工业协会提出。

本部分由全国工业电热设备标准化技术委员会(SAC/TC 121)归口。

本部分起草单位:西安电炉研究所有限公司、中冶电炉工程技术中心、国家电炉质量监督检验中心、陕西省电炉工程技术研究中心。

本部分主要起草人:黄奎刚、葛华山、朱琳。

本部分所代替标准的历次版本发布情况为:

- GB/T 13535—1992。

电热装置的试验方法 第5部分:电热和 电化学用等离子体设备

1 范围

GB/T 10066 的本部分规定的试验方法适用于:

- a) 热等离子体炬系统:
 - 弧等离子体系统;
 - 感应等离子体系统。
- b) 使用热等离子体炬系统的装置:
 - 喷涂设备;
 - 固态、液态和气态炉料加热和化学热处理设备。

用于焊接、切割和相关工艺的等离子体炬的试验方法在 GB/T 15579.7—2005 中规定。

本部分的目的是使测定热等离子体炬系统和使用一个或多个等离子体炬系统的装置(或设备)主要参数和技术特性的试验方法和条件标准化。

本部分规定的所有试验不全适用于它所覆盖的每一类型的设备。因此,有必要对某一特定的等离子体炬系统或装置选择它所适用的试验。这种选择在本部分中是有效的。

a)和 b)中规定的系统和装置或设备的安全要求见 GB 5959.5。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件,仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

GB/T 2900.23—2008 电工术语 工业电热装置(IEC 60050-841:2004,IDT)

IEC 60398:1999 工业电热装置 通用试验方法(Industrial electroheating installations—General test methods)

3 术语和定义

GB/T 2900.23—2008 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

等离子体 plasma

由自由电子、离子和中性粒子(原子和/或分子和/或原子团)组成的,宏观上呈电中性并导电的任何电离气体。

注:改写 GB/T 2900.23—2008,841-31-01。

3.2

热等离子体 thermal plasma

在近似大气压或高于大气压力情况下,处于局部热力学平衡的等离子体。

注:在 IEC 标准中,涉及设备或装置时,用简化的“等离子体”来代替“热等离子体”是容许的。

[GB/T 2900.23—2008,841-31-07]

3.3

等离子体加热 plasma heating

利用热等离子体作为热源的加热方法。

[GB/T 2900.23—2008,841-31-02]

3.4

弧等离子体 arc plasma

弧热等离子体 arc thermal plasma

由流体中电极间的放电产生的热等离子体。

注：该等离子体弧柱的特点是高电流密度，在与大气压力同数量级的压强下，可高达 100 A/mm²。

[GB/T 2900.23—2008,841-31-10]

3.5

感应等离子体 inductive plasma

电离是由于处于高频电磁场中的气体的激发而产生的热等离子体。

注：改写 GB/T 2900.23—2008,841-31-12。

3.6

等离子体工作气体 plasma gas

待转变为等离子体状态的任何气体、蒸汽或流体。

[GB/T 2900.23—2008,841-31-14]

3.7

等离子体炬 plasma torch

电能把输入气体转变成等离子体流然后再喷射出去的电热设备。

[GB/T 2900.23—2008,841-31-29]

3.8

弧等离子体炬 arc plasma torch

用电弧放电的电，把输入气体转变成等离子体流然后再喷射出去的电热设备。

注：弧等离子体炬可由交流或直流供电。

[GB/T 2900.23—2008,841-31-30]

3.9

转移弧等离子体炬 transferred arc plasma torch

工作时主弧保持在炬的内部电极与导电液态或固态介质(或固态工件)间的弧等离子体炬，该介质构成或包括供电流返回的外部电极。

[GB/T 2900.23—2008,841-31-32]

3.10

非转移弧等离子体炬 non-transferred arc plasma torch

工作时主弧保持在炬内两个或更多电极间的弧等离子体炬。

[GB/T 2900.23—2008,841-31-31]

3.11

等离子体射流 plasma jet

由非转移弧等离子体炬或感应等离子体炬提供的高速等离子体流。

[GB/T 2900.23—2008,841-31-18]

3.12

无电极等离子体炬 non-electrode plasma torch

由感性或容性高频电源供电的没有电极的等离子体炬。

[GB/T 2900.23—2008,841-31-36]

3.13

感应等离子体炬 induction plasma torch

由线圈中的高频电流形成的交流高频磁场产生等离子体流的等离子体炬。

注：改写 GB/T 2900.23—2008,841-31-38。

3.14

等离子体炬点火 ignition of a plasma torch

利用起动设备使非电离的等离子体工作气体转变成等离子体状态的引发。

注：改写 GB/T 2900.23—2008,841-31-15。

3.15

高频点火装置(等离子体炬的) high-frequency ignition device (of a plasma torch)

在弧等离子体炬中由电极间的高压高频放电起弧的装置。

注：改写 GB/T 2900.23—2008,841-31-16。

3.16

短路点火装置(等离子体炬的) short-circuit ignition device (of a plasma torch)

在弧等离子体炬中用电极间短路的方法来起弧的装置。

[GB/T 2900.23—2008,841-31-17]

3.17

喷嘴(等离子体炬的) nozzle (of a plasma torch)

在等离子体流喷射出去之前,使其成形以增加它的速度和/或能量密度的等离子体炬的零件。

注：改写 GB/T 2900.23—2008,841-31-40。

3.18

阴极(非转移或转移弧等离子体炬的) cathode (of a non-transferred or transferred arc plasma torch)

直流弧等离子体炬的负极。

注 1：阴极可由高电导率和热导率材料如铜(水冷)制成,或者由难熔金属如钨或石墨制成,在必要时水冷。

注 2：转移弧等离子体炬的返回电流电极有时用作阴极。

注 3：IEC 原标准漏掉 arc 一词,已添加。

注 4：改写 GB/T 2900.23—2008,841-31-42。

3.19

阳极(非转移或转移弧等离子体炬的) anode (of a non-transferred or transferred arc plasma torch)

直流弧等离子体炬的正极。

注 1：阳极通常由高电导率和热导率材料如铜制成并由水冷却。

注 2：转移弧等离子体炬的返回电流电极在绝大多数情况下用作阳极。

注 3：在非转移弧等离子体炬中,阳极常是炬的喷嘴。

注 4：IEC 原标准漏掉 arc 一词,已添加。

[GB/T 2900.23—2008,841-31-41]

3.20

等离子体炬常规操作 normal operation of a plasma torch

以气体类型和成分、流量和弧电流所确定的可重复工作条件为特征的操作。

3.21

等离子体炬规定电流 specified current of a plasma torch

等离子体炬对给定等离子体工作气体可用的最大电流。

3.22

等离子体炬规定功率 **specified power of a plasma torch**

等离子体炬对给定等离子体工作气体可用的最大功率。

3.23

等离子体炬热功率 **thermal power of a plasma torch**

由炬发送的热功率,定义为气体流量乘以气体平均热焓。

3.24

等离子体炬能效 **energy efficiency of a plasma torch**

等离子体炬输出的热功率与输送给它的有效功率之比。

3.25

等离子体温度 **plasma temperature**

等离子体内的瞬时局部温度。

[GB/T 2900.23—2008,841-31-45]

3.26

等离子体平均焓 **plasma average enthalpy, plasma mean enthalpy**

等离子体炬发送的功率除以等离子体工作气体质量流率的商。

[GB/T 2900.23—2008,841-31-44]

3.27

等离子体系统 **plasma system**

由等离子体炬、它的电源、工作气体和冷却组件及控制单元组成的,用于产生热等离子体的设备。

3.28

等离子体炉 **plasma furnace**

炉料在有耐火材料衬里的室内由一支或多支等离子体炬加热的电热设备,通常用于高温下熔化或冶炼材料。

[GB/T 2900.23—2008,841-31-25]

3.29

等离子体反应器 **plasma reactor**

用等离子体炬对材料进行热化学处理的带有室体的电热设备。

[GB/T 2900.23—2008,841-31-27]

3.30

等离子体装置 **plasma installation**

由等离子体系统且在大多数情况下还包括等离子体炉或反应器,以及所有用于加热或对材料进行热处理所必需的附属设备组成的,用以进行等离子体处理的装置。

3.31

等离子体喷涂 **plasma spraying**

引入粉末状或线状材料使其在等离子体射流中熔化然后喷涂在表面上的涂覆过程。

[GB/T 2900.23—2008,841-31-24]

3.32

粉末沉积率 **powder deposition efficiency**

固结在基板上的粉末流量与送入炬的粉末流量之比。

4 试验项目和通用试验条件

4.1 适用于热等离子体炬系统的试验和测量列表

4.1.1 弧等离子体系统

弧等离子体系统应进行下列试验和测量。

4.1.1.1 弧电源试验

用于产生弧等离子体的电源通常是 50 Hz 或 60 Hz 交流,或由半导体器件提供的直流,例如晶闸管,IGBT(绝缘栅双极晶体管)或 IGCT(集成门极换流晶闸管)。

下列试验适用于交流和直流电源:

- a) 通过测量的等电位连接验证;
- b) 绝缘电阻测量;
- c) 绝缘耐压试验;
- d) 调节方式试验:
 - 空载试验,
 - 有载试验;

- e) 能效测定;

仅适用于直流供电的试验项目:

- f) 纹波因数测量。

4.1.1.2 气路试验

应测定气路的流量/压力特性。

4.1.1.3 冷却管路试验

下列测量和试验适用:

- a) 流量/压力特性测定;
- b) 冷却液进出口温度与质量流量在等离子体系统处于最大稳态功率时的关系测量;
- c) 冷却液电阻率测量。

4.1.1.4 点火试验

对使用高频装置点火的等离子体系统,应根据等离子体系统使用国的现行规程对其点火装置附近的电磁辐射进行测量,测量结果应符合当地的规定。

4.1.1.5 等离子体炬试验

以下标准试验是在假定炬运行在外部大气环境条件下进行的:

- a) 注满冷却液的静密封试验;
- b) 通过测量的等电位连接验证;
- c) 绝缘电阻测量;
- d) 绝缘耐压试验;
- e) 点火试验:
 - 高频点火装置:
 - 所用到的等离子体工作气体点火性能检查。

- 短路点火装置:
 - 电气连通性;
 - 所用到的等离子体工作气体点火性能检查。
- f) 每种规定的等离子体工作气体在不同气体流量时的电压/电流特性测定;
- g) 不同运行条件下的热功率和电功率测定;
- h) 不同运行条件下的平均热焔测定;
- i) 能效测定;
- j) 炬易接近部分温度测量;
- k) 不同运行条件下的声级测量;
- l) 按适用标准的,不同运行条件下的电磁辐射测量;
- m) 转移弧等离子体炬在不同运行条件下的热辐射测量;
- n) 电极消耗测量。

注: 这些测量项目不是必须的,取决于制造商和用户间的协议。

4.1.2 感应等离子体系统

感应等离子体系统应进行下列测量和试验。

4.1.2.1 感应电源试验

用于产生射频感应等离子体的电源通常工作在无线电频率 MHz 范围内(典型的在 2 MHz~27.6 MHz 之间)。在特殊情况下,这个范围向下可延伸至 200 kHz~300 kHz;向上可达 40 MHz。功率等级为几十到几百千瓦且工作在 MHz 频率范围内的电源通常是三极管型振荡器。

下列试验适用:

- a) 通过测量的等电位连接验证;
- b) 绝缘电阻测量;
- c) 电路保护试验;
- d) 能效测定。

4.1.2.2 气路试验

见 4.1.1.2。

4.1.2.3 冷却管路试验

见 4.1.1.3。

4.1.2.4 点火试验

见 4.1.1.4。

4.1.2.5 等离子体炬试验

见 4.1.1.5,但对无电极炬项 n)除外。

4.2 适用于具有等离子体炬的装置的测量和试验项目

4.2.1 喷涂装置

喷涂装置应进行下列测量和试验。

4.2.1.1 弧等离子体炬系统

见 4.1.1 弧等离子体系统。

4.2.1.2 感应等离子体系统

见 4.1.2 感应等离子体系统。

4.2.1.3 等离子体喷涂设备的测量和试验

喷涂应用中待处理的材料是粉状料、线材和液态料。下列测量和试验分别适用于它们：

- a) 粉状料：
 - 1) 粒度范围测定；
 - 2) 送入颗粒流流动性测定；
 - 3) 载气管路流量/压力特性测定；
 - 4) 最大送粉速率与设备最大功率之间关系的测定；
 - 5) 粉末沉积率测定(3.32)。
- b) 线材：
 - 1) 线径测定；
 - 2) 最大送线速率与设备最大功率之间关系的测定。
- c) 液态材料：
 - 1) 喷射系统：
 - 雾化特性；
 - 机械喷射特性(液滴或喷射流)。
 - 2) 溶液：
 - 原液雾化前的浓度和成分；
 - 所用溶剂。
 - 3) 悬浮液：
 - 所用溶剂；
 - 所用分散剂；
 - 粒度和形态测定；
 - 颗粒重量百分比测定。

当使用等离子体转移弧进行回收时,工件应接地。

4.2.2 固态、液态及气态炉料加热和电化学装置

固态、液态和气态炉料加热和电化学装置应进行下列测量和试验。

4.2.2.1 热等离子体炬系统

见 4.1.1 和 4.1.2。

由于炬的位置部分或全部处于炉子或反应器的高温气氛下,4.1.1.3 的 b)项应考虑等离子体炬冷却管路中的额外损失。

4.2.2.2 加热和化学热处理设备

下列测量和试验适用：

- a) 不同运行条件下的气路压力/温度特性测定,包括用于炬的气体；

- b) 通过测量的等电位连接验证;
- c) 声级测量;
- d) 设备易接近部分的温度测量(特别是炉子和/或反应器);
- e) 与有毒产品生产关联的风险鉴别;
- f) 爆炸危险情况鉴别;
- g) 冷却液进出口温度与流量在设备处于最大连续功率时的关系测量;
- h) 冷却管路流量/压力特性测定。

4.3 通用试验条件

按 IEC 60398:1999 的通用试验条件。

5 试验和测量方法

5.1 适用于等离子体系统的试验

5.1.1 弧等离子体炬系统

5.1.1.1 弧电源试验

对交流和直流型系统,下列测量和试验适用:

- a) 通过测量的等电位连接验证:
应通以 10 A 电流来测量等电位连接的导通性, $m\Omega$;
- b) 绝缘电阻测量:
对低压电路应施加 500 V 直流电压 1 min 而不击穿;
对高压电路应施加 1 000 V 直流电压 1 min 而不击穿;
低压电路的绝缘电阻不应小于 3 $M\Omega$;
高压电路的绝缘电阻不应小于 100 $M\Omega$;
- c) 绝缘耐压试验:
施加 50 Hz 或 60 Hz 工频、近乎正弦波形的电压 1 min,其电压值按以下规定;
试验开始时所加的电压小于规定值的一半,然后迅速升至试验值;
规定值如下:
——额定电压低于或等于 50 V 的装置:试验电压为 500 V;
——额定电压 U 在 50 V 以上的装置:试验电压为 $(2U + 1\,000)$ V(最低为 1 500 V);
- d) 调节方式试验:
 - 开路电压测量;
 - 有载试验:
 - 短路试验;
 - 阻性负载试验(电阻值低于 1 Ω),以测定电流精度;
- e) 能效测定:
在低压和工作电流下测量能量损失,以测定能效。方法为按照规定测量额定条件下的输入和输出功率。

对直流型系统,以下测量适用:

- f) 纹波因数测量:
在阻性负载的情况下,按规定功率(由制造商和用户商定)测量电流纹波因数。
注:纹波因数定义为被测电流的纹波均方根值与直流平均值之比。

5.1.1.2 气路试验

气路流量/压力特性应在制造商规定的压力范围内测定。

气流量通常用 Nm^3/h 或 NL/min 度量。气压应在气路分配到炬之前用气压计进行测量。流量应在炬之前用流量计测量,以获得规定的等离子体工作气体的流量。

5.1.1.3 冷却管路试验

下列测量和试验适用:

a) 流量/压力特性测定:

冷却液大多是水,其流量用 m^3/h 度量。流量/压力特性通过模拟炬压降来测量,其方法为用压降装置出口处的一个流量计和位于该装置两侧的两个压力计来测量,测量时要包括所有的管子;

b) 冷却液进出口温度与其质量流量在等离子体系统处于最大稳态功率时的关系测量:

冷却水的温差应在炬(包括其所有软管)的端头测量。如果采用诸如热敏电阻等的热电传感器,应使它们在电气上与冷却液绝缘。测量应在炬制造商推荐的流量和压力下进行。炬的热损失可由进出水温度和流量的测量值计算出来;

c) 冷却液电阻率测量:

冷却液的电阻率通常用 $\Omega \cdot \text{cm}^2/\text{cm}$ 度量。电阻率应在最高温度时且冷却管路加压前测量。必要时宜使用去离子水。

5.1.1.4 高频点火电路测量

电磁辐射的测量用于人身防护。

测量应根据等离子体系统使用国的现行规程进行。测量值应符合当地的规定。

5.1.1.5 等离子体炬特性

下列测量和试验适用:

a) 注满冷却液的静密封试验:

试验时,应关闭或堵上炬的所有孔口,且应把冷却液加压到制造商规定的静压力下并保持 5 min。试验时应无泄漏;

b) 通过测量的等电位连接验证:

见 5.1.1.1a);

c) 绝缘电阻测量:

见 5.1.1.1b);

d) 绝缘耐压试验:

见 5.1.1.1c);

e) 点火试验

点火条件取决于点火装置的类型,应按下列测量和试验而定:

——高频点火装置

• 点火性能控制

在将点火电路连接至等离子体炬后,按照制造商的规定调节(选定的)等离子体工作气体的流量以产生点燃主弧所需的高频火花,然后由主电路供电。

注:对某些特殊的炬,电极间距也可调节,提供了调节启动条件的另一种方法。

——短路点火装置

- 电气导通性测量
电弧通过辅助可移动装置或可移动主电极由主电极间的初始短路点火。该短路使用欧姆表进行检查；
- 点火性能控制
通过很短时间(小于 1 s)的短路给主电极通以由炬制造商规定的低主弧电流；随后辅助装置或主电极移至其标称位置以在(选定的)等离子体工作气流内形成主弧，同时调节等离子体工作气流的流量以维持主弧。
- f) 每种规定的等离子体工作气体，在不同运行条件下的弧电压/弧电流特性测定：
在制造商规定的整个流量范围内，测量等离子体工作气体在不同流量下的弧电压/弧电流特性，绘制同一流量的弧电压/弧电流特性；
注：对转移弧，弧电压/弧电流特性在炬和工件间的距离给定后进行测量。
- g) 热功率和电功率测定：
电功率是供给炬的有功功率，单位为 kW，通过制造商提供的适当仪表在电源端测量。热功率是由炬发送的功率，单位是 kW，基本上是电功率与冷却管路功率损失之差；更精确的定义见附录 A 中，它的计算考虑到了炬的能效；
- h) 不同运行条件下的平均热焓测定：
平均热焓用 J/kg(气体)度量，由热功率与等离子体工作气体流量之比测定。但对喷涂应用而言，该测定通常不是必须的；
- i) 能效测定：
能效是炬发送的热功率与供给炬的有功功率之比，更精确的说明见附录 A；
- j) 等离子体炬易接近部分温度测量：
炬易接近部分不同点处的表面温度应用任一种常规方法，在炬以最大连续功率运行中达到稳态条件时测量；
- k) 声级测量：
测量应遵循设备所用国的现行安全规程；
- l) 按有关标准，例如见附录 B，不同运行条件下的电磁辐射测量；
- m) 不同运行条件下的热辐射测量：
转移弧等离子体炬的热辐射能来自热弧。其热通量应使用辐射计测量；
- n) 电极消耗测量：
电极(和用作电极时的喷嘴)消耗可在由制造商和用户商定的条件下用每单位时间(h)金属重量的减少量(g)来度量。应通过电极称重和测量相应的工作时间来测定。对喷涂应用而言，电极消耗补偿对涂层的质量很重要。

5.1.2 感应等离子体炬

5.1.2.1 感应电源试验

下列测量和试验适用：

- a) 通过测量的等电位连接验证：
——应通以 10 A 电流来测量等电位连接的导通性，mΩ；
- b) 绝缘电阻测量：
——对低压电路应施加直流 500 V 电压 1 min 而不击穿；
——对高压电路应施加直流 1 000 V 电压 1 min 而不击穿；
——低压电路的绝缘电阻不应小于 3 MΩ；

- 高压电路的绝缘电阻不应小于 100 M Ω ;
- c) 电路保护试验:
 - 对过载跳闸板和栅流过载进行测量与试验;
 - 门开关和炬外壳(法拉第笼)联锁应断开主电源断路器;
- d) 能效测定:
 - 在量热计负载和等离子体条件下测量低、中和高功率时的电源损失。

5.1.2.2 气路试验

应测定气路的流量/压力特性。

气体流量通常用 Nm³/h 或 NL/min 度量。气压与流量之比应通过置于包括管子在内的炬入口处的压力计和插入在压力计之前的管路中的流量计来测定。测量宜将炬运行在制造商推荐的炬工作气流下。

5.1.2.3 冷却管路特性

下列测量和试验适用:

- a) 流量/压力特性测定:
 - 冷却液通常是水,其流量用 m³/h 或 L/min 度量。压力计应置于包括所有水管在内的炬冷却管线的入口处。流量应通过计量冷却液体积法或使用插入位于炬下游的冷却管路中的流量计来测量。
- b) 冷却液进出口温度与质量流量在等离子体系统处于最大稳态功率时的关系测量:
 - 冷却水的温差应尽可能接近包括软管在内的炬测量。如果采用诸如热电偶或热敏电阻等的热电传感器,应使它们与冷却液绝缘。测量应在炬制造商推荐的流量和压力下进行;
 - 由进出口温度和流量测量值便可计算出炬的功率损失,单位是千瓦(kW)。
- c) 冷却液电阻系数测量:
 - 冷却液的电阻系数用 $\Omega \cdot \text{cm}^2/\text{cm}$ 度量。
- d) 点火试验:
 - 见 5.1.1.4。

5.1.2.4 等离子体炬测量和试验

下列测量和试验适用:

- a) 注满冷却液的静态密封试验:
 - 试验时,应关闭或堵上炬的所有孔口,且应把冷却液加压到制造商规定的静压力下并保持 5 min。试验时应无漏液;
- b) 通过测量的等电位连接验证:
 - 见 5.1.2.1a);
- c) 绝缘电阻测量:
 - 见 5.1.2.1b);
- d) 点火试验:
 - 高频点火装置点火性能检查:
 - 将点火电路与等离子体炬连接好以后,按照制造商的规定调节(选定的)等离子体气体的流量和压力以产生引发等离子体放电所需的高频火花,然后,由磁通量来维持等离子体

放电;

- 放电棒点火器装置:

放电棒应适当地与地或操作人员绝缘。应使用欧姆表测量其对地电绝缘性;

- 真空下的自点火:

测量氩气气氛下适于等离子体点火所需的板极电压、频率和压力;

电压、频率和压力值应在制造商规定的范围内;

- e) 不同运行条件下的板极电压/电流特性测定:

在制造商规定的整个流量和压力范围内,测量等离子体工作气体在不同流量和压力下的板极电压/电流特性,绘制同一流量的板极电压/电流特性;

- f) 热功率和电功率测定:

电功率是供给电子管振荡器的直流板极功率,单位是 kW,在电源内的射频三极管之前用射频电源制造商提供的合适仪表测量。该板极功率包括发送到炬端子的功率和在射频发生器的三极管和电路内的损失功率;

热功率是由炬发送的功率,单位是 kW,基本上为板极电功率与炬冷却管路、射频发生器三极管和谐振电路中的损失功率之差。计算中考虑到炬能效的更精确的定义见附录 C;

- g) 不同运行条件下平均热焓的测定:

平均热焓用 J/kg(气体)度量,为热功率与等离子体工作气体流量之比;

- h) 能效测定:

能效是由炬发送的热功率与供给炬的有功电功率之比。更精确的定义见附录 C;

- i) 声级测量:

测量应遵守设备使用国的现行安全规程;

- j) 不同运行条件下的电磁辐射测量:测量时应处于运行状态的炬周围取多个测量点,同时应闭合包围炬的法拉第外罩(也见附录 B);

辐射电场和磁场的测量应在由射频电源供给,并以公称频率和最大额定功率运行的感应等离子体炬系统上进行。测量宜在公称工作频段内进行。制造商能对每一同类系统结构限制测量值;

测量天线宜置于距离炬 10 m 远的主要操作人员位置处,并在 4 个主要方位上垂直于等离子体流的方向;

- k) 不同运行条件下的可视辐射测量:

不适用于处于受限区域内的等离子体放电。

5.2 适用于使用等离子体炬的装置的试验

5.2.1 喷涂装置或设备

5.2.1.1 等离子体炬系统

见 5.1.1 和 5.1.2。

5.2.1.2 喷涂设备

使用粉状料或线材作为被处理材料时,下列测量和试验适用:

- a) 粉状料:

- 1) 粒度范围测定:

应使用标准筛测定,其网眼通常用微米度量;

2) 送入颗粒流的流动性测定:

为流过标准孔(例如直径 3 mm,深度 5 mm)的粉状料量与时间之比;

3) 载气管路流量/压力特性测定:

应使用特定应用的粉状料进行试验。应将载气流量调节至适应炬、喷射位置和倾角以及粉末粒度分布、质量密度和形态的工作状况。压力计应插接在送粉系统之前并将流量计置于压力计之前;

4) 沉积率测定:

对喷涂粉状料,宜测量炬、喷射器的位置和倾角及沉积率的工作状况。例如可使用面积为待喷涂区 6~10 倍的铝合金基板来实现。

b) 线材:

1) 直径测定:

线材直径应采用常规方法测量,其值在炬制造商规定的容许范围内;

2) 最大送丝速率与设备最大功率关系的测定:

应使用炬制造商规定直径的喷涂线材进行试验。

5.2.2 固态、液态和气态炉料加热和电化学装置

5.2.2.1 等离子体炬系统

见 5.1.1 和 5.1.2。

5.2.2.2 加热和化学热处理设备

下列测量和试验适用:

a) 包括炬用气体在内的气路压力/温度特性测定:

压力和温度应在炉子(或反应器)内或其附近的排气管内连续测量;

b) 通过测量的等电位连接验证:

见 5.1.1.1a);

c) 声级测量:

噪声等级测量应遵守炉子或反应器使用国的现行安全规程;

d) 炉子或反应器易接近部分的温度测量:

应在炉子或反应器以最大连续功率正常运行并处于稳态运行状态下,使用常规方法和光学表面温度测量法在不同点进行测量;

e) 与有毒产品生产关联的风险分析:

应遵守炉子(或反应器)安装和使用国的现行安全规程;

f) 与爆炸险情关联的风险分析:

应遵守炉子(或反应器)安装和使用国的现行安全规程;

g) 冷却液进出口温度与流量在设备处于最大连续功率的关系测量:

冷却液温差应在包括管子在内的每一设备元件的进出口端测量。如果采用诸如热电偶和热敏电阻等的热电传感器,应使它们在电气上与冷却液绝缘。测量应在设备制造商推荐的质量流量和压力下进行;

h) 冷却管路流量/压力特性的测定:

压力计和流量计应放置于被冷却设备上或其出口处。

6 参考图

对某些应用,有必要将炬的性能与高温(或熔)参考图联系起来。例如莫里尔图和等离子化学成分图表,对每种所用的等离子体工作气体逐项建立起来的这种联系,如果有的话,一般是可以采用的,或者对每种等离子体气体进行计算。

应在制造商和用户的协议中简述所用的参考图表。

附录 A

(规范性附录)

直流弧等离子体炬和等离子体炬系统标准能效定义

A.1 等离子体炬

能效(见 3.24)是从炬喷射出来的等离子体气体中所含能量(或功率)与供给炬的总有效能量(或功率)之商。

标准能效的测量考虑到了排放到外部大气中的等离子体流。

下列参数要涉及:

U_e	弧电压
I_e	弧电流
U_b	磁线圈电压
I_b	磁线圈电流
Q_a	等离子体工作气体流量
H_{ae}	入口处等离子体工作气体的焓
Q_c	冷却液流量
H_{ec}	入口处冷却液的焓
H_{es}	出口处冷却液的焓
H_{as}	出口处等离子体工作气体的焓(由炬发送的气体的焓)
ΣW_{aux}	供给等离子体系统配套设备的功率
W_e	供给炬的功率
η_t	炬能效
η_s	系统能效

把炬视为一个封闭系统,则系统焓的(进和出)的和为 0。

注 1: 炬被冷却,因此释放到外部大气的能量为 0。

注 2: 下列等式考虑到了由外部供给(来自主弧)的消耗在磁线圈中的能量,这与广泛使用的炬模型相当。对无磁场圈的情形, $U_b I_b$ 项为 0。

等离子体炬的能效为:

$$\eta_t = \frac{Q_a H_{as}}{W_e} \quad \dots\dots\dots (A.1)$$

式中:

$$Q_a H_{as} = Q_e (H_{ec} - H_{es}) + Q_a H_{ae} + U_e I_e + U_b I_b \quad \dots\dots\dots (A.2)$$

$$W_e = U_e I_e + U_b I_b \quad \dots\dots\dots (A.3)$$

因此

$$\eta_t = \frac{Q_e (H_{ec} - H_{es}) + Q_a H_{ae} + U_e I_e + U_b I_b}{U_e I_e + U_b I_b} \quad \dots\dots\dots (A.4)$$

A.2 等离子体炬系统

等离子体系统的能效为:

$$\eta_s = \frac{Q_a H_{as}}{W_e + \sum W_{aux}} \dots\dots\dots (A.5)$$

因此:

$$\eta_s = \frac{Q_e(H_{ee} - H_{es}) + Q_a H_{ae} + U_e I_e + U_b I_b}{U_e I_e + U_b I_b + \sum W_{aux}} \dots\dots\dots (A.6)$$

对直流转移弧等离子体炬和相关的等离子体炬系统,可用相同的公式。

对交流弧等离子体炬和等离子体炬系统,其电的有效值可用相同的公式。

附 录 B
(资料性附录)
处于电磁场中的人员

B.1 直流非转移等离子体炬在不同运行条件下的电磁辐射测量实例

频率在 1 kHz~150 MHz 辐射电场的测量在由晶闸管供电的直流非转移等离子体炬上进行并按以下条件运行:

- 高压(在 1 000 V~2 000 V 的范围内,作为频率在 1 kHz 附近做±50%波动的平均值);
- 300 A~1 000 A 范围内的不同电流。

测量天线置于离炬 2 m 并垂直于等离子体流方向处。

电场的频率存在于下述两个频带内:

- 从 3 kHz 到 4 kHz:电场强度从 1 V/m(弧电压为 1 200 V,弧电流为 750 A)到 3.6 V/m(弧电压为 2 000 V,弧电流为 750 A);
- 从 1 MHz 到 2 MHz:电场强度从 0.01 V/m 到 0.2 V/m(随弧电压和弧电流增加而增加)。

注:电压值是均方根值。

B.2 炬系统运行时周围的电磁辐射阈值

有关处于电磁辐射危险中的工作人员的最低健康和安全要求,在导则 2004/40/EC 中有规定。其阈值及其修正方法在导则的表 2 中。

覆盖频率范围从 0 Hz 到 300 GHz。频率 f 在 1 MHz 到 10 MHz 范围内的,其限值如下(f 的单位为 MHz):

电场强度 $E(\text{V/m}): 610/f$;

磁场强度 $H(\text{A/m}): 1.6/f$;

磁通密度 $B(\mu\text{T}): 2/f$;

接触电流 $I_c(\text{mA}): 40$ 。

附录 C

(规范性附录)

感应等离子体炬和炬系统标准能效定义

能量耦合效率为放电腔中耦合到等离子体的能量(功率)与供给炬的总板极功率的商。

总能效为放电腔中耦合到等离子体的能量(功率)与从电网供给电源的总有功能量(功率)的商。

下列参数要涉及:

I_p	射频电源板极电流
V_p	射频电源板极电压
I_g	射频电源栅极电流
Q_o	等离子体工作气体流量
Q_{wt}	至等离子体炬和喷射测头系统的冷却液流量
Q_{wr}	至等离子体炬下游的反应器的冷却液流量
Q_{wp}	至射频功率发生器的冷却液流量
H_{we}	入口处冷却液焓
H_{wto}	炬和喷射测头系统冷却液出口处的焓
H_{wro}	反应器系统冷却液出口处的焓
H_{wpo}	射频电源冷却液出口处的焓
W_c	电磁耦合到等离子体的能量
W_{pp}	射频电源板极功率
W_{pg}	射频电源能量损失
η_c	感应等离子体炬系统的能量耦合率
η_i	感应等离子体炬系统净能效
η_o	等离子体炬电源系统总能效

把炬视为一个封闭系统,系统焓(进和出)的和为 0。

电磁耦合到等离子体炬的能量为:

$$W_c = Q_{wt} \cdot (H_{wto} - H_{we}) + Q_{wr} \cdot (H_{wro} - H_{we}) \dots\dots\dots (C.1)$$

施加于炬的板极功率为:

$$W_{pp} = I_p V_p \dots\dots\dots (C.2)$$

射频电源中的能量损失为:

$$W_{pg} = Q_{wp} \cdot (H_{wpo} - H_{we}) \dots\dots\dots (C.3)$$

能量耦合效率为:

$$\eta_c = W_c / W_{pp} \dots\dots\dots (C.4)$$

炬的净能效为:

$$\eta_i = Q_{wr} \cdot (H_{wro} - H_{we}) / W_c \dots\dots\dots (C.5)$$

系统总能效为:

$$\eta_o = W_c / (W_c + W_{pg}) \dots\dots\dots (C.6)$$

参 考 文 献

- [1] GB 5959.5 电热装置的安全 第5部分:对等离子体装置的特殊要求
 - [2] GB/T 15579.7—2005 弧焊设备安全要求 第7部分:焊炬(枪)
 - [3] 欧洲议会和理事会导则 2004/40/EC(2004-04-29):有关处于物理因素(电磁场)危险中的工作人员的最低健康和安全要求.<http://eur-lex.europa.eu/en/index.htm>.
-

中 华 人 民 共 和 国
国 家 标 准
电热装置的试验方法 第5部分:电热和
电化学用等离子体设备

GB/T 10066.5—2014/IEC/TS 60680:2008

*

中国标准出版社出版发行
北京市朝阳区和平里西街甲2号(100029)
北京市西城区三里河北街16号(100045)

网址 www.spc.net.cn

总编室:(010)64275323 发行中心:(010)51780235

读者服务部:(010)68523946

中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷
各地新华书店经销

*

开本 880×1230 1/16 印张 1.5 字数 35 千字
2014年9月第一版 2014年9月第一次印刷

*

书号: 155066·1-49586 定价 24.00 元



GB/T 10066.5-2014

如有印装差错 由本社发行中心调换
版权专有 侵权必究
举报电话:(010)68510107