



中华人民共和国国家标准

GB 5959.5—2014
代替 GB 5959.5—1991



电热装置的安全 第 5 部分：对等离子体装置的特殊要求

Safety in electroheat installations—Part 5: Particular
requirements for plasma installations

2014-12-05 发布

2015-11-05 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	III
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 热等离子体系统的安全要求——设计和装置特性	1
4.1 弧等离子体炬系统	1
4.1.1 通用要求	1
4.1.2 电路	1
4.1.3 直流弧电源	2
4.1.4 炬插座、插头和连接电缆	2
4.1.5 炬	2
4.1.6 冷却管路	2
4.1.7 气路	3
4.1.8 点火装置	3
4.1.9 弧等离子体系统控制	3
4.2 感应等离子体系统	3
4.2.1 通用要求	3
4.2.2 电路	4
4.2.3 电源	4
4.2.4 炬插座、插头和连接电缆	4
4.2.5 炬	4
4.2.6 冷却管路	4
4.2.7 气路	5
4.2.8 点火装置	5
4.2.9 感应等离子体系统控制	5
5 使用等离子体炬的装置的安全要求——设计和装置特性	6
5.1 一般要求	6
5.2 喷涂设备	6
5.3 加热和化学热处理设备	6
6 等离子体系统和设备的操作	6
6.1 通用要求	6
6.2 操作人员的防护工具	6
6.3 启动和停止	7
6.4 炬运行中易产生的有毒物质的防护	7
6.5 过热防护	7
6.6 噪声防护	7
6.7 电磁辐射防护	7

GB 5959.5—2014

6.8	粒子防护	7
6.9	紫外线辐射防护	7
6.10	防火	7
6.11	电缆、液体冷却和液压管路防损	7
7	等离子体系统和装置的维护	8
7.1	一般要求	8
7.2	特殊要求	8
8	名牌、标记和技术文件.....	8
附录 A (资料性附录)	炬系统运行时周围的电磁辐射阈值	9
参考文献	10



前 言

本部分的全部技术内容为强制性的。

GB 5959《电热装置的安全》有如下 13 个部分：

- 第 1 部分：通用要求；
- 第 2 部分：对电弧炉装置的特殊要求；
- 第 3 部分：对感应和导电加热装置以及感应熔炼装置的特殊要求；
- 第 4 部分：对电阻加热装置的特殊要求；
- 第 4.1 部分：对电阻加热装置 玻璃加热和熔化装置的特殊要求；
- 第 5 部分：对等离子体装置的特殊要求；
- 第 6 部分：工业微波加热设备的安全规范；
- 第 7 部分：对具有电子枪的装置的特殊要求；
- 第 8 部分：对电渣重熔炉的特殊要求；
- 第 9 部分：对高频介质加热装置的特殊要求；
- 第 10 部分：对工商业用电阻仿形加热系统的特殊要求；
- 第 11 部分：对液态金属电磁搅拌、输送或浇注设备的特殊要求；
- 第 13 部分：对具有爆炸性气氛的电热装置的特殊要求。

本部分代替 GB 5959.5—1991《电热设备的安全 第五部分：等离子设备的安全规程》，与后者相比主要变化如下：

- 全文“本标准”改为“本部分”；
- 将“等离子枪”更改为“等离子体炬”；
- 本部分不再适用于焊接、切割和堆焊设备(见第 1 章最后一段)；
- 删除了弧焊设备的相关的引用文件；
- 标准的结构发生变化：将等离子体炬、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；
- 增加对电路的安全要求(见 4.1.2 和 4.2.2)；
- 增加了对电源的安全要求(见 4.1.3 和 4.2.3)；
- 增加对点火装置的安全要求(见 4.1.8 和 4.2.8)；
- 增加对等离子体系统控制的安全要求(见 4.1.9 和 4.2.9)；
- 删除“无线电干扰”(见 1991 版的 4.8)；
- 增加噪声、电磁辐射、粒子、紫外线辐射防护和防火要求(见 6.6~6.10)；
- 删除等离子体炉设备的安全要求一章(见 1991 版第 6 章)；
- 增加“等离子体系统和装置的维护”(见第 7 章)；
- 删除原附录 A“绝缘电阻的测量和介电强度试验”；
- 增加新附录 A“炬系统运行时周围的电磁辐射阈值”；
- 增加参考文献。

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、

GB 5959.5—2014

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：

——GB 5959.5—1991。



电热装置的安全

第 5 部分：对等离子体装置的特殊要求

1 范围

GB 5959 的本部分规定的安全要求适用于：

- 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。

本部分规定了等离子体炬系统和使用等离子体炬系统的装置的所有部件的安全要求，包括电气设备、冷却管路、供气管路、炉子或反应器以及与炉子或反应器的使用相关的所有其他设备。

对用于焊接、切割和相关工艺的等离子体炬的安全和结构要求在 GB/T 15579.7—2005 中规定。

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)

GB 4824—2004 工业、科学和医疗(ISM)射频设备 电磁骚扰特性 限值和测量方法(CISPR 11:2003, IDT)

GB 5959.1—2005 电热装置的安全 第 1 部分：通用要求(IEC 60519-1:2003, IDT)

GB/T 10066.5—2014 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(IEC/TS 60680:2008, IDT)

3 术语和定义

GB/T 2900.23—2008、GB 5959.1—2005 和 GB/T 10066.5—2014 界定的术语和定义适用于本文件。

4 热等离子体系统的安全要求——设计和装置特性

4.1 弧等离子体炬系统

4.1.1 通用要求

见 GB 5959.1—2005。

4.1.2 电路

见 GB 5959.1—2005 第 6 章。另外，GB 5959.1—2005 的 6.4.1 适用于整个装置。

4.1.3 直流弧电源

下列特定要求适用于具有直流弧电源的系统。

4.1.3.1 电源接地

弧电源直流侧的一极(正极或负极,取决于炬的极性),应使用独立于系统主接地线的接地线接地,以避免可能的漏电流流向电路,例如用作炬控制的电路。

4.1.3.2 电源与炬的连接



当炬断开时,直流侧的电缆应通过接地开关接地,以便安全地操作炬。

在电弧点火之前应按规定程序操作,可通过手动锁定/解锁装置实现(通常由安全钥匙操作)并要特别确认主断路器已联机且接地开关已断开。此外,可由操作者用最终清除键来启动点火程序。此程序应符合设备安装国的现行规程。

4.1.4 炬插座、插头和连接电缆

见 GB 5959.1—2005 第 8 章。

4.1.5 炬

任何一种设计的弧等离子体炬都有下列显著的特征:高温气体、高压(通常是)和液体冷却(一般是水)。因此,为了安全操作,炬的设计和结构应满足下列准则:

a) 电气特性:

- 设计为同一电压的部分之间,在运行中应有固定的电气连接,包括电极夹头和接地部件,以免过热;
- 对高电压炬,如果流过炬体的漏电流超过 10 mA,则炬应自动关闭;
- 不同电压的部件之间(特别在电极之间)应有固定的电气绝缘,以便在正常运行条件下不会发生意想不到的电击穿。

b) 冷却液体特性:

- 冷却液的电阻率和炬冷却管路的设计要使不同电压的部件之间特别是电极之间在运行中保持所要求的绝缘;
- 如果出现电极折损(意外的或者正常磨损),应首先通过电极材料和/或电极的设计,其次利用电极检测信号来关闭炬,使这种现象处于控制之中。

4.1.6 冷却管路

下列特定要求适用于冷却设备:

a) 机械特性:

- 固定或手动操作炬的冷却液软管应有足够的长度、柔性和合适的曲率半径(若有的话),以承受由冷却液高压产生的各种应力并允许操作特殊的手动炬;
- 考虑到为在软管中获得规定流量所需的高压,软管的机械强度不应因偶尔或长期暴露于热粒子(来自炉子的热材料)中,以及受到炬自身或工艺中的热料的加热而明显地受到影响;
- 如果冷却液的流动方向很重要,则应在炬和软管的连接配件上用箭头和/或彩色标记标出。应使用不可互换的连接器;
- 在按规定流量使用时,即使出现液流冲击或管路堵塞,炬的冷却液软管、管子和配件也应

保持不漏液,同时还应考虑到软管受热以及可能的辐射和紫外线辐射的影响。

——炬体上冷却液进出口与炬连接处的弯曲角应尽可能小,接头处至少应采取基本的绝缘措施,以减少炬体内发生电击穿的可能性。

b) 电气特性:

——高压炬的软管应由绝缘材料制成,其长度应将漏电流限制在 10 mA 以下;

——当冷却管路断开或流量低于规定值时,应自动切断炬的电源;

——操作人员应能接近冷却管路的控制和监测装置,以读取它们的示数并在需要时采取必要措施。

4.1.7 气路

下列特定要求适用于气路设备:

a) 一般特性:

——应遵守高压容器工业气体的安全使用规则,并考虑设备安装国的现行工作规程;

b) 机械特性:

——固定或手动操作装置的气体软管应有足够的长度、柔性和合适的曲率半径(若有的话),以承受高压气体产生的某些制约并允许操作手动炬;

——进气软管的设计应能承受达到规定流量所需的压力,其强度不应因偶尔或长期暴露于热粒子或热材料中而明显下降。它们的抗热和抗紫外线辐射应满足正常运行条件下的要求;

——气体软管和管道与连接配件的固定应能承受在管路阻塞时所产生的气体压力。

c) 电气特性:

——高压炬的软管应由绝缘材料制成,其长度应能将漏电流限制在 10 mA 以下;

——当气路关闭或气流量未达到炬制造商规定的最小值时,安全装置应能防止炬点火;

——操作人员应能接近气体管路控制和监测装置,以便在需要时读取它们的示数。

d) 其他特性:

——对等离子体炬使用地附近安装的压缩气体容器应加以保护以防可能的过热、放电和炽热材料的溅射。对便携式压缩气体容器也应采取类似的预防措施。

4.1.8 点火装置

下列特定的要求适用于点火装置:

a) 高频点火装置:

——高压防护应与设备安装国的现行规程保持一致。

b) 短路点火装置:

——通常使用高压液压缸移动该装置。对冷却管路规定的要求同样适用于该装置;

——应采用不可燃和可生物降解的液压介质。

注:点火装置可能是电磁辐射的主要来源。

4.1.9 弧等离子体系统控制

为安全起见,应有多个紧急按钮通过布线电路来切断等离子体系统。

4.2 感应等离子体系统

4.2.1 通用要求

见 GB 5959.1—2005。

4.2.2 电路

见 GB 5959.1—2005 第 6 章。此外,GB 5959.1—2005 的 6.4.1 适用于整个装置。

4.2.3 电源

4.2.3.1 电源接地

电源应使用独立于系统主接地线的接地线接地,以避免可能的漏电流通路,如由炬控制电路形成的通路。

4.2.3.2 电源与炬的连接

应考虑下列要求:

- a) 炬应封闭在法拉第罩内以减少电磁辐射和防止操作人员触及高压端子。如果炬外罩被打开,联锁信号应切断高压;
- b) 高压端子应接地以释放当炬外罩或法拉第罩打开时或射频发生器关断时可能储存在电容器里的残余电荷(见 GB 5959.1—2005 中 6.2.4)。

4.2.4 炬插座、插头和连接电缆

应考虑下列要求:

- 电气端子引线间以及它们与接地端子间应有足够的距离以免起弧;
- 如需使用水冷导体,则 GB 5959.1—2005 的 6.6 适用;
- 应避免导体承受拉应力和过小的弯曲半径。

4.2.5 炬

任何一种设计的感应等离子体炬都具有下列显著特征:高温气体、高压(通常是)和液体冷却(通常是水)。因此,为了安全操作,炬的设计和结构应满足下列准则:

- a) 电气特性:
 - 设计为同一电压的部件之间,在运行中应有固定的电气连接;
 - 在炬的结构中或法拉第罩内不应使用铁磁性金属;
 - 感应线圈应与炬体或法拉第罩充分绝缘。
- b) 冷却液特性:
 - 冷却管路的设计和冷却液的电阻率应保证运行时所需的绝缘;
 - 应防止炬路冷却液进入炬腔。如果运行中漏液进入炬腔(意外或者正常磨损),应使这种事故保持在控制之中;
 - GB 5959.1—2005 的 6.6 适用。

4.2.6 冷却管路

下列特定要求适用于冷却设备:

- a) 机械特性:
 - 连接至炬的冷却软管应由非导电和非铁磁材料制成。
 - 如果冷却液的流动方向很重要,则应在炬和软管的连接配件上用箭头和/或彩色标记标出。应使用不可互换的连接器。
 - 在按规定流量使用时,即使出现液流冲击或管路堵塞,炬的冷却液软管、管子和配件也应

保持不漏液,同时还应考虑到软管受热及可能的辐射和紫外线辐射的影响。

b) 电气特性:

- GB 5959.1—2005 的 6.6 适用;
- 软管应有合适的长度以限制漏电流;
- 当炬冷却流量低于规定的安全等级且/或温度超出规定的安全等级时,应自动切断炬的电源;
- 操作人员应能接近冷却管路的控制和监测装置,以读取它们的示数并在需要时采取必要的措施。

4.2.7 气路

下列特定要求适用于气路设备:

a) 一般特性:

- 应遵守高压容器工业气体的安全使用规则,并考虑设备安装国的现行工作规程。

b) 机械特性:

- 装置的气体软管应有足够的长度、柔性和合适的曲率半径(若有的话),以承受高压气体产生的某些制约;
- 进气软管的设计应能承受达到规定流量所需的压力,其强度不应因偶尔或长期暴露于热粒子或热材料中而明显地下降。它们的抗热和抗紫外线辐射应满足正常运行条件下的要求;
- 气体软管和管道与连接配件的固定应能承受在管路阻塞时所产生的气体压力。

c) 电气特性:

- 软管应由绝缘材料制成并有合适的长度以限制漏电流;
- 软管应由非铁磁材料制成以防止电磁耦合;
- 当气路关闭或气流量未达到炬制造商规定的最小值时,安全装置应能防止炬点火;
- 操作人员应能接近气路的控制和监测装置,以便需要时读取它们的示数。

d) 其他特性:

- 对等离子体炬使用地附近安装的压缩气体容器应加以保护以防可能的过热、放电和炽热材料的溅射。对便携式压缩气体容器也应采取类似的预防措施。

4.2.8 点火装置



下列特定要求适用于点火装置:

a) 高频点火装置:

- 高压防护应与设备安装国的现行规程保持一致;
- 应严防直接接触带电部件。装置应只通过具有良好电气绝缘的遥控装置来操作。

b) 放电棒点火器:

- 应严防直接接触带电部件。装置应只通过具有良好电气绝缘的遥控装置来操作;

c) 真空点火:

- 炬和容器的设计应能承受低于大气压 1 巴的压力。设计应考虑到外部过压时增加的压力负载。

注:点火装置可能是电磁辐射的主要来源。

4.2.9 感应等离子体系统控制

应有多个紧急按钮通过布线电路来切断等离子体系统。

5 使用等离子体炬的装置的安全要求——设计和装置特性

5.1 一般要求

使用等离子体炬的装置按其应用分为包括两类(如 GB/T 10066.5—2014 中所述):

- 喷涂设备;
- 固态、液态、气态炉料加热和化学热处理设备。

第一类涉及无炉子或反应器的等离子体应用,因此它们适用的安全要求主要是等离子体炬系统的那些,但在 5.2 中规定了一些附加要求。

第二类涉及有炉子或反应器的等离子体应用,炉子或反应器中送入被处理材料并供有等离子体。此时,在 5.3 中规定的一些附加要求适用。

5.2 喷涂设备

见 4.1 和/或 4.2。

另外,线材和粉状料送料器应符合现行的规定和要求,包括以下方面:

- 电气连接;
- 与气路压力(载气)的连接;
- 与炬的连接。

当使用转移等离子体时,被喷涂表面应接地以防接触任何易接近载压部分。

5.3 加热和化学热处理设备

见 4.1 和/或 4.2。

附加:

- 4.1.1 和 4.1.6 的部分内容适用于炉子和/或反应器;
- 炉子的金属外壳应接地以防接触任何易接近载压部分;
- 要考虑的有毒物质不仅包括由炬产生的,而且包括因等离子体的相互作用而导致的送入物料分解或转化所产生的;
- 也应考虑到爆炸危险,并遵守设备安装国的现行规程。

6 等离子体系统和设备的操作

6.1 通用要求

见 GB 5959.1—2005。

另外,在等离子体系统和设备运行过程中,操作人员的工作条件应符合设备安装国的现行工作安全规程(如高压防护、噪声、有毒物排放、温升等)。

6.2 操作人员的防护工具

等离子体系统和设备的操作人员应穿戴适合其所从事工作的防护用品:围裙,手套,用来特别保护眼睛不受热、眩光、紫外和红外辐射伤害的绝缘面罩以及适当的绝缘鞋。

另外,他们还应使用适当的用具例如耳防护用品以防受噪声伤害。

工作场地应有效屏蔽以保护附近的工作人员。

6.3 启动和停止

应按必要的顺序启动和关闭等离子体系统和设备,以确保工作安全。特别应在炬点火之前调节好冷却液流量和气流量。

冷却液和气的供应不应在运行中中断且应在切断电源之后保持一段必要的时间。

控制设备应确保系统和设备的启动、稳态运行和停止的整个程序按正确的次序进行。

如果发生故障或出现紧急情况,可用布线电路中的一个紧急按钮切断高压。

6.4 炬运行中易产生的有毒物质的防护

如果等离子体炬的使用会产生有毒化合物,则应根据设备安装国的现行规程采取适当的方式将其排除(例如过滤、稀释或者化学处理),使操作人员呼吸区域内的有毒化合物浓度低于规定的最低值。

特别应在操作人员工作区域内安装特定的气体检测器以监测空气状况。同时应规定并标记排气路径。

此外,在将等离子体排放到大气中时,应将炬置于一个特制的小屋或危险隔离区内。炬运行时,现场工作人员应在该小屋或区域之外。

注:该保护措施适用于等离子体工作气体自身也是有毒物质的情况,如一氧化碳。

6.5 过热防护

手动炬在运行中需要接触的任何部位都不应达到可能使操作者受到伤害的温度。

固定炬的高温部分应是操作人员不可接近的。

6.6 噪声防护

除操作人员的耳保护用品外,在同一场所工作的其他人员的噪声防护也应遵守现行的规程。因此,特别在将等离子体流排放到大气中时,炬应由保护装置包围起来让等离子体流排放并降低噪音,以符合设备安装国的现行规程。

6.7 电磁辐射防护

电磁辐射应遵守 GB 4824—2004 的条款。另外,操作人员日常工作场所的电磁场应遵守设备安装国家的现行规程(也见附录 A)。

6.8 粒子防护

对会释放粒子到外界大气中的应用,如喷涂和粒子的处理或生产等,要求根据设备安装国的现行规程采用专门的保护装置。

6.9 紫外线辐射防护



要为操作人员配备眼睛和皮肤保护装置以防来自等离子体流或直接来自电弧的紫外线辐射。一般来讲,紫外线辐射防护应遵守设备安装国的现行规程。

6.10 防火

遵守设备安装国现行规程的要求。

6.11 电缆、液体冷却和液压管路防损

所有连接,特别是炬附近的,应防止过热和防火,或把它们置于不会承受上述损伤的地方。对手动

炬的电缆、软管和管道应加以特别防护,以免受到由热颗粒喷射或踩踏而引起的损伤。

7 等离子体系统和装置的维护

7.1 一般要求

见 GB 5959.1—2005。

7.2 特殊要求

为保证安全工作条件,应按制造商的规定开展故障检修和设备保养工作。这可能包括日常检查和大修,例如整个系统一年一次的检修。

8 铭牌、标记和技术文件

见 GB 5959.1—2005 第 15 章。



附 录 A
(资料性附录)

炬系统运行时周围的电磁辐射阈值

关于工作人员在电磁场引起的风险中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。

频率覆盖范围从 0 Hz~300 GHz。频率 f 在 1 MHz 到 10 MHz 范围内的,限值如下[f 的单位为兆赫兹(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。



参 考 文 献

- [1] GB/T 15579.7—2005 弧焊设备安全要求 第7部分:焊炬(枪)
- [2] 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)引起的危险中的工作人员的最低健康和安全要求

