



中华人民共和国国家标准

GB XXXX. 5—XXXX

代替 GB 5959.5—2014、GB 5959.7—2008

工业电热装置安全要求 第5部分：等离子 体和电子束加热装置

Safety requirements for industrial electroheating installations—Part 5: Plasma and
electron beam heating installations

(征求意见稿)

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

XXXX—XX—XX 发布

XXXX—XX—XX 实施

国家市场监督管理总局 发布
国家标准化管理委员会

目 次

前言	III
引言	IV
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 电击危险防护要求	2
4.1 防护类别	2
4.2 高压绝缘要求	2
4.3 放电装置	2
4.4 接地与等电位连接	2
4.5 特殊环境防护	2
5 机械危险防护要求	3
5.1 真空室结构强度	3
5.2 电子枪机械防护	3
5.3 运动部件联锁	3
5.4 防飞溅防护	3
6 热影响防护要求	3
6.1 表面温度限制	3
6.2 超温保护	3
6.3 热膨胀补偿	3
6.4 冷却要求	3
7 流体危险防护要求	4
7.1 真空系统安全	4
7.2 冷却水系统	4
7.3 工艺气体防护	4
7.4 压力安全装置	4
8 辐射危险防护要求	4
8.1 电子束装置 X 射线防护	4
8.2 等离子体装置紫外辐射防护	4
8.3 可见光与红外辐射防护	5
8.4 电磁辐射防护	5
8.5 辐射监测与个人防护	5
9 电源应急防护要求	5

GB XXXX. 5—XXXX

9.1	高压电源控制	5
9.2	应急切断	5
9.3	放电与接地	5
9.4	不间断电源要求	5
10	安全信息要求	5
10.1	铭牌	5
10.2	警告标志	6
10.3	安全信息维护	6

前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件是GB XXXX《工业电热装置安全要求》的第5部分。GB XXXX已经发布了以下部分：

- 第1部分：总则；
- 第2部分：电弧加热装置；
- 第3部分：感应加热及电磁处理装置；
- 第4部分：电阻加热装置；
- 第5部分：等离子体和电子束加热装置；
- 第6部分：高频介质和微波加热装置。

本文件代替GB 5959.5—2014《电热装置的安全 第5部分：对等离子体装置的特殊要求》和GB 5959.7—2008《电热装置的安全 第7部分：对具有电子枪的装置的特殊要求》，与GB 5959.5—2014、GB 5959.7—2008相比，除结构调整和编辑性改动外，主要技术变化如下：

- a) 更改了标准的结构（见全文）；
- b) 更改了文件的适用范围（见第1章，GB 5959.5—2014的第1章、GB 5959.7—2008的第1章）；
- c) 删除了热等离子体系统的安全要求-设计和装置特性，使用等离子体炬的装置的安全要求-设计和装置特性，等离子体系统和设备的操作要求，等离子体系统和装置的维护要求，铭牌、标记和技术文件要求（见GB 5959.5—2014的第4章、第5章、第6章、第7章、第8章）。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中华人民共和国工业和信息化部提出并归口。

本文件及其所代替文件的历次版本发布情况为：

- GB 5959.5—2014；
- GB 5959.7—2008；
- 本次为第一次修订，整合了上述2项标准。

引 言

GB XXXX《工业电热装置安全要求》旨在规范工业电热装置在设计、制造、安装、使用与维护、检验与验收过程中的安全要求，拟由以下6个部分构成。

- 第1部分：总则。目的在于规定各类工业电热装置在设计、制造、安装、使用与维护、检验与验收过程中的通用安全要求。
- 第2部分：电弧加热装置。目的在于规定电弧加热装置在设计、制造、安装、使用与维护、检验与验收过程中的安全要求。
- 第3部分：感应加热及电磁处理装置。目的在于规定感应加热及电磁处理装置在设计、制造、安装、使用与维护、检验与验收过程中的安全要求。
- 第4部分：电阻加热装置。目的在于规定电阻加热装置在设计、制造、安装、使用与维护、检验与验收过程中的安全要求。
- 第5部分：等离子体和电子束加热装置。目的在于规定等离子体和电子束加热装置在设计、制造、安装、使用与维护、检验与验收过程中的安全要求。
- 第6部分：高频介质和微波加热装置。目的在于规定高频介质和微波加热装置在设计、制造、安装、使用与维护、检验与验收过程中的安全要求。

工业电热装置安全要求 第5部分：等离子体和电子束加热装置

1 范围

本文件规定了等离子体和电子束加热装置在设计、制造、安装、使用与维护、检验与验收过程中的安全要求。

本文件适用于各类工业用等离子体加热装置、电子束加热装置及其配套专用电气设备、机械设备和辅助系统，包括但不限于：

- 等离子体电弧炉、等离子体炬加热设备、等离子体表面处理设备；
- 电子束熔炼炉、电子束焊接装置、电子束镀膜设备、电子束加热设备；
- 配套的等离子体发生器、电子枪、真空系统、气氛系统、冷却系统及控制系统。

本文件不适用于：

- 医用电子束设备（见 GB 9706 系列）；
- 粒子加速器（见 GB 5172）；
- 实验室用小型等离子体设备（见 GB 4793 系列）。

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，仅所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 150（所有部分） 压力容器

GB/T 2900.23 电工术语 工业电热装置

GB XXXX.1—XXXX 工业电热装置安全要求 第1部分：总则

GB/T 10067.1 电热和电磁处理装置基本技术条件 第1部分：通用部分

3 术语和定义

GB/T 2900.23、GB XXXX.1—XXXX界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

等离子体加热装置 plasma heating installation

利用气体放电产生的等离子体作为热源，对物料进行加热、熔化或表面处理的成套装置。

3.2

电子束加热装置 electron beam heating installation

利用真空中加速电子形成的电子束轰击物料，将其动能转化为热能，实现加热、熔炼或加工的成套装置。

3.3

电子枪 electron gun

产生、加速和聚焦电子束的部件，通常包括阴极、阳极、聚焦线圈和偏转线圈。

3.4

高压电源 high voltage power supply

为电子枪或等离子体电极提供直流或脉冲高压的电源单元，电压通常高于1 kV。

3.5

X射线 X-ray

电子束轰击物质时产生的电离辐射，其能量与加速电压相关。

4 电击危险防护要求

4.1 防护类别

等离子体和电子束加热装置电击防护要求应符合GB XXXX. 1—XXXX中4.1的要求，高压部件（电子枪、等离子体电极）应按I类设备设计，其外壳及易触及金属部件应可靠接地。控制回路应按III类设备设计。

4.2 高压绝缘要求

4.2.1 高压电源输出端与地之间、高压电缆的绝缘电阻在干燥环境下不应小于 100 MΩ（1000 V兆欧表测量），潮湿环境下不应小于 10 MΩ。

4.2.2 高压电缆应选用专用高压电缆，其额定电压不应低于最高工作电压的 1.5 倍，屏蔽层应两端接地。

4.2.3 高压接头应设计为防松脱结构，插拔前需确保电源已切断并放电。

4.3 放电装置

4.3.1 高压电源应设置自动放电装置，当电源切断后，应在 5 s 内将高压电容及电缆上的残余电压放电至 50 V 以下。

4.3.2 放电装置应具有故障自检功能，失效时发出报警并无法启动高压。

4.4 接地与等电位连接

4.4.1 真空室、电子枪外壳、等离子体炬外壳、控制柜等应通过接地母线可靠连接至共用接地系统，接地电阻不应大于 1 Ω。

4.4.2 接地导体截面积应符合表 1 的规定。

表 1 接地导体最小截面积

设定额定电流 I A	接地导体最小截面积 mm^2
$I \leq 20$	2.5
$20 < I \leq 50$	6
$50 < I \leq 100$	10
$I > 100$	16

4.5 特殊环境防护

在真空或气氛环境中，绝缘部件应选用耐真空、耐高温、低放气率材料。

5 机械危险防护要求

5.1 真空室结构强度

5.1.1 真空室设计压力不应低于 0.1 MPa（外压），材料应采用奥氏体不锈钢或同等性能材料，壁厚应按 GB/T 150（所有部分）进行强度计算。

5.1.2 真空室应设置安全阀或防爆膜，防爆膜爆破压力不应超过设计压力的 1.2 倍，泄压方向应避开操作区域。

5.2 电子枪机械防护

5.2.1 电子枪应具有牢固的安装支架，能承受自身重量及意外碰撞。

5.2.2 移动式电子枪（如扫描式）的导轨、丝杠应设限位装置，防止超程。

5.3 运动部件联锁

5.3.1 工件传送机构、电极调节机构应设置联锁，当防护罩打开或急停动作时，运动应立即停止。

5.3.2 真空室门、检修门应设置机械联锁或电气联锁，门未关闭时不应启动高压或加热。

5.4 防飞溅防护

等离子体加热中可能产生熔融金属飞溅，应在电极周围设置防护屏，防护屏材质应为耐热金属或陶瓷，固定牢固。

6 热影响防护要求

6.1 表面温度限制

装置的可触及表面温度应符合 GB XXXX. 1—XXXX 中 6.1 的要求。对于电子束熔炼炉的观察窗、等离子体炬外壳等高温部件，应采取隔热措施，使外表面温度不超过 60 °C。

6.2 超温保护

6.2.1 电子枪阴极、阳极、偏转线圈等关键部件应设置温度传感器，温度超过设定值时自动切断高压并报警。

6.2.2 等离子体炬的冷却水出口应设置温度监测，当出口温度超过设定值（如 60 °C）时应报警，超过 70 °C 时应切断电源。

6.2.3 真空室内壁、坩埚等应设置温度监测，防止过热损坏。

6.3 热膨胀补偿

6.3.1 真空室与管道连接处应设置波纹管膨胀节，补偿热膨胀引起的位移。

6.3.2 电子枪阴极组件在高温下应预留膨胀间隙，防止变形导致短路或对中失效。

6.4 冷却要求

6.4.1 电子枪、等离子体炬、坩埚等应设置强制水冷或油冷，冷却系统应具有流量、压力监测，流量低于设定值时应自动切断加热电源。

6.4.2 冷却水水质应符合 GB/T 10067.1 要求，避免结垢和腐蚀。

7 流体危险防护要求

7.1 真空系统安全

7.1.1 真空系统应设置真空度监测装置，当真空度低于设定值时，不应启动高压，运行中真空度下降至设定值时应自动切断高压并报警。

7.1.2 真空泵排气口应设置过滤器或油雾分离器，防止油雾污染环境。

7.1.3 真空系统应设置紧急破空阀，当需要快速恢复大气压时（如火灾），可手动或自动向真空室内充入干燥惰性气体。

7.2 冷却水系统

7.2.1 冷却水管道应采用不锈钢或铜管，工作压力不应低于 0.3 MPa，试验压力应为工作压力的 1.5 倍。

7.2.2 真空室内水冷管道应采用双层管或护套，防止泄漏进入真空室。

7.2.3 冷却水系统应设置断水保护，断水时自动切断加热电源。

7.3 工艺气体防护

7.3.1 等离子体用工艺气体（如氩气、氢气、氮气、甲烷等）应符合 GB XXXX. 1—XXXX 中 7.3 的要求。

7.3.2 氢气等易燃气体系统应设置阻火器、泄漏检测及自动切断阀，泄漏浓度达到爆炸下限的 20% 时自动切断气源并通风。

7.3.3 有毒气体（如六氟化硫）应设置局部排风，操作区域应配备气体检测报警仪。

7.4 压力安全装置

7.4.1 气体管道、储罐应设置安全阀、压力表，安全阀整定压力不应超过系统最高工作压力的 1.1 倍。

7.4.2 压力容器应定期检验。

8 辐射危险防护要求

8.1 电子束装置 X 射线防护

8.1.1 电子束装置应设置足够的 X 射线屏蔽。当加速电压低于 30 kV 时，屏蔽厚度按计算确定；电压 30 kV~150 kV 时，铅屏蔽厚度不应小于 2 mm；电压 150 kV~300 kV 时，铅屏蔽厚度不应小于 6 mm。

8.1.2 屏蔽后，装置外表面 5 cm 处剂量率不应超过 2.5 $\mu\text{Sv/h}$ ，操作人员工作位置剂量率不应超过 0.5 $\mu\text{Sv/h}$ 。

8.1.3 观察窗应采用铅玻璃，铅当量不应低于相应电压下要求的屏蔽厚度。

8.1.4 装置应设置 X 射线监测仪，当剂量率超过设定值时自动切断高压并报警。监测仪应定期校准。

8.1.5 高压启动前应确保所有屏蔽门关闭，门与高压应联锁，门打开时高压不能启动或立即切断。

8.2 等离子体装置紫外辐射防护

8.2.1 等离子体装置应设置封闭防护罩，防护罩材料应能阻挡紫外辐射（200 nm~400 nm），紫外透过率不应大于1%。

8.2.2 观察窗应使用紫外吸收玻璃，或设置遮光板。

8.2.3 操作人员应佩戴紫外防护眼镜（透过率 $\leq 0.1\%$ ）及防护面罩。

8.3 可见光与红外辐射防护

8.3.1 强光区域应设置遮光帘或自动调光观察窗，防止眩目。

8.3.2 红外辐射屏蔽率不应低于90%，操作人员应穿戴红外防护服（反射率 $\geq 80\%$ ）和防护眼镜。

8.4 电磁辐射防护

高频等离子体装置（射频激发）应满足GB XXXX. 1—XXXX中8.1.3和8.1.4的要求，应设置金属屏蔽室，屏蔽效能不应低于40 dB。

8.5 辐射监测与个人防护

8.5.1 电离辐射工作场所应划分控制区和监督区，应设置明显标识，控制区入口应设门禁。

8.5.2 操作人员应佩戴个人剂量计，定期检测累积剂量，并建立健康档案。

8.5.3 设备周围应设置声光报警装置，当辐射超标或门连锁异常时应发出警报。

9 电源应急防护要求

9.1 高压电源控制

9.1.1 高压电源应设置主开关和紧急停机按钮，紧急停机按钮应安装在控制台和装置附近明显位置。

9.1.2 高压电源应具有过流、过压、短路保护功能，故障时应自动切断输出。

9.1.3 高压电源的调节应采用无级调节方式，调节旋钮应具有锁定功能。

9.2 应急切断

9.2.1 装置应设置总急停按钮，按下时应同时切断高压电源、加热电源、运动系统电源，并使高压放电装置投入工作。

9.2.2 急停按钮应为红色蘑菇头型，自锁式，复位应手动操作。

9.3 放电与接地

9.3.1 高压电源断电后，应通过自动放电回路将高压电容器放电至安全电压后方可开门检修。

9.3.2 检修时，应在高压电源输入端挂接地线，并悬挂“禁止合闸”警示牌。

9.4 不间断电源要求

对于需要保持真空、冷却或监测的系统，应配置不间断电源，以保证主电源中断时能完成安全停机。

10 安全信息要求

10.1 铭牌

铭牌应符合GB XXXX. 1—XXXX中10.1的要求，铭牌还应注明：

——电子枪额定电压（kV）、最大束流功率（kW）；

- 等离子体炬额定功率（kW）、工作气体种类；
- X射线辐射剂量率（如适用）。

10.2 警告标志

装置应在下列位置设置醒目的警告标志：

- 高压危险：高压电源柜、电子枪、高压电缆接口；
- X射线危险：真空室、观察窗附近，控制区入口；
- 紫外辐射危险：等离子体装置防护罩外；
- 高温危险：等离子体炬、坩埚、高温管道；
- 真空危险：真空室门（“注意：真空室，开门前确认破空”）；
- 急停按钮位置标志。

10.3 安全信息维护

每年至少检查一次警告标志的完整性和清晰度，如有损坏或褪色应及时更换。设备改造后应重新评估并补充必要的安全信息。
