



中华人民共和国国家标准

GB XXXX.3—XXXX
代替 GB 5959.3—2008

工业电热装置安全要求 第3部分：感应加热及电磁处理装置

Safety requirements for industrial electroheating installations—Part 3: Induction heating and electromagnetic processing 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
国家标准化管理委员会 发布

目 次

前 言	II
引 言	III
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	1
5 机械危险防护要求	3
6 热影响防护要求	4
7 流体危险防护要求	5
8 辐射危险防护要求	6
9 电源应急防护要求	6
10 安全信息要求	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3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 5959.3—2008《电热装置的安全 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》，与GB 5959.3—2008相比，除结构调整和编辑性改动外，主要技术变化如下：

- a) 删除了加热感应器（见2008年版的第4章），电容器（见2008年版的第5章），工频电源（见2008年版的第6章），固体变频器（见2008年版的第7章），开关装置（见2008年版的第8章），电缆、电线和母线（见2008年版的第9章），电气间隙和爬电距离（见2008年版的第12章）等要求；
- b) 更改了触电防护（见第4章，2008年版的第13章）、液体冷却（见第7章，2008年版的第10章）、无线电干扰（见第8章，2008年版的第14章）、铭牌（见第10章，2008年版的第11章）等要求。

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 5959.3—2008；
- 本次为第一次修订，整合了上述标准。

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3部分：感应加热及电磁处理装置

1 范围

本文件规定了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。

本文件适用于：

- 在工频、中频和高频下对固态炉料进行感应和导电加热的装置（对导电加热，也包括使用直流的情况）；
- 在工频、中频和高频下进行感应熔炼、保温和升温的装置；
- 该电热装置中受加热部分影响的传送装置或装卸装置的部件。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；未注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB XXXX. 1—XXXX 工业电热装置安全要求 第1部分：总则

GB/T 2900. 23—2008 电工术语 工业电热装置

GB/T 5959. 1—2019 电热和电磁处理装置的安全 第1部分：通用要求

GB/T 5959. 11—2016 电热装置的安全 第11部分：对液态金属电磁力作用装置的特殊要求

GB/T 10067. 1—2019 电热和电磁处理装置基本技术条件 第1部分：通用要求

3 术语和定义

GB/T 2900. 23—2008、GB/T 5959. 11—2016界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

感应加热装置 induction heating installation

利用金属物料的电磁感应和电热转换产生热量进行热处理或热加工的装置。

3.2

电磁处理装置 electromagnetic processing installation

由感应器以及电气和机械设备组成的，利用电磁力对液态金属作用的装置。

4 电击危险防护要求

4.1 一般要求

4.1.1 感应加热及电磁处理装置电击危险防护应符合GB XXXX. 1—XXXX中第4章及以下规定。

4.1.2 未通过基本绝缘与危险带电部分隔离的所有导电部分应视作危险带电部分。

对于外露可导电部分不应易被接触，危险带电部分不应可接近，可接近的导电部分在正常运行期间或单一故障条件下不应危险带电，例如12 V安全电压带电部分。

对高压装置或设备，进入高压危险区域即视为接触危险带电部分。

4.1.3 感应加热及电磁处理装置的设计应能限制进入高压危险区域。宜考虑操作人员操作和维护所需的通道。在无法满足安全距离的地方，应安装固定防护屏。

应在所有进门、防护装置、隔障上贴挂符合规定的警告标签。

4.1.4 防止接近危险带电部分或进入危险区域的隔障或外壳应提供至少为IPXXB（也遵守IP2X）的防护等级。

隔障或外壳的机械强度、稳定性和耐久性应能维持规定的防护等级。

4.1.5 感应加热及电磁处理装置保护性等电位连接系统宜有足够低的阻抗，避免绝缘失效时各部分之间的危险电位差。

对感应加热及电磁处理装置所有馈电部分的易触及处，均应设置网罩等隔离防护措施。

炉架、电容器柜、变频电源装置、操作控制台外壳等均应接地，接地保护接地线与保护接地系统之间连接牢靠，接地电阻小于4 Ω。

4.2 特殊场景电击防护要求

4.2.1 加于加热感应器（例如带有抽头的线圈）上的电压不应超过制造厂的规定值，真空感应炉工作电压不超过600 V。

4.2.2 用于感应加热装置，在炉衬与感应线圈之间应有H级以上绝缘材料的绝缘层和工作温度不低于500 °C保温材料的绝热层。

4.2.3 对断电后接触有危险的电容器，应采取一切必要的措施迅速放电。

应在显著位置设置警告牌，说明在接触电容器前应进行放电。

4.2.4 有载操作电容器或通过外部熔断器连接的电容器应配备放电装置。

4.2.5 感应加热装置带有电气设备如电容器、电抗器、变压器、加热感应器或接触系统、开关装置、电缆和母线的接头等的所有部件，均应安装在箱柜内，否则应提供防护，避免直接接触。对第二和第三电压区段的装置，应设计成仅用工具如扳手或由授权人员撑控的钥匙才能打开箱柜门或移去外盖，以接近这些部件。

4.2.6 所有高频电路应在电气上与工频接地系统隔离。电路与工频接地系统之间的电隔离失效可能导致可接近部分带危险有效接触电压，这应由故障电压驱动的防护装置来检测并使该电路断开和断电。

若与电隔离相比，将高频接地直接连接至工频接地系统可降低相关风险，则可如此做。

4.2.7 变频电源柜体应设置机械和电气联锁装置，防止误合、误跳断路器；防止带负荷拉、合隔离开关；防止带电挂接地线；防止带接地线合隔离开关；防止人员误入带电间隔。

4.2.8 引导或吸收电场且防止直接接触的导电屏蔽应具备足够的导电性，其位置应使其在正常运行或单一故障条件下不过热。

4.2.9 1 t及以上的感应加热装置应安装炉衬漏炉报警装置，泄漏电流监测达到报警值时应发出报警信号并连锁切断中频电源。若可能，炉料应通过感应熔炼炉底部电极保持接地。

4.2.10 感应加热装置（包括高频加热设备、感应电离设备）等电磁场环境，应设置金属屏蔽罩，屏蔽罩接地电阻 $\leq 0.1 \Omega$ ，防止电磁场泄漏导致感应电击。

屏蔽罩内所有金属部件应进行保护性等电位连接，连接导体截面积 $\geq 6 \text{ mm}^2$ ，确保各部件电位差 $\leq 5 \text{ V}$ 。

4.2.11 不同中频电压下，不同带电体之间、带电体与地之间的最小电气间隙和爬电距离应符合以下规定：

—— $U \leq 500 \text{ V}$ ：电气间隙 $\geq 10 \text{ mm}$ ，爬电距离 $\geq 20 \text{ mm}$ ；

- 500 V<U≤1000 V: 电气间隙≥15 mm, 爬电距离≥30 mm;
- 1000 V<U≤1500 V: 电气间隙≥20 mm, 爬电距离≥40 mm;
- 1500 V<U≤2000 V: 电气间隙≥25 mm, 爬电距离≥45 mm;
- 2000 V<U≤3000 V: 电气间隙≥30 mm, 爬电距离≥50 mm。

4.2.12 感应线圈和水冷电缆所用进出水软管, 应按照单个支路泄漏电流≤20 mA设计, 软管应具备足够的电气绝缘性能和机械强度。

4.2.13 中频真空感应熔炼炉感应器对地的绝缘试验电压不应低于其额定工作电压的6倍, 应采取措施防止炉内产生真空弧光放电。

5 机械危险防护要求

5.1 一般要求

5.1.1 感应加热及电磁处理装置机械危险防护应符合GB XXXX. 1—XXXX中第5章及以下规定。

5.1.2 感应加热及电磁处理装置加料移动装置、旋转炉盖、冷却泵、真空泵等易造成被困、挤压、剪切、冲击、切割、缠绕、拉入、刺穿或擦伤的区域危险部分应采取隔挡等防护措施, 防护措施符合GB XXXX. 1—XXXX中5.2的规定。

5.1.3 感应线圈及其匝间应由坚固的结构支承件、磁轭和拉杆等固定和定位, 在运行中不产生变形或位移, 线圈压紧装置应使线圈拆装简单。

5.2 特殊机械危险防护要求

5.2.1 感应加热装置应在炉体下方设置紧急防泄露槽, 槽内铺设防火材料(如耐火砖), 防止熔融金属泄漏导致火灾。防泄露槽内不应积水, 保持干燥。防泄露槽应采用1.2 m高的围栏进行防护, 避免人员跌落。

防泄露槽的设计应将冷却液和熔融金属液分离。

5.2.2 感应加热装置应设置可靠的倾动限位并具备应急倾动功能, 倾炉装置采用液压油缸的, 倾炉油缸应设置限速切断阀, 防止倾炉油缸因高压软管破裂而造成炉体快速下落。

5.2.3 为防止感应加热装置液压缸工作表面受到外界杂物污损, 应在液压缸表面采取防护措施。

5.2.4 感应加热装置的倾炉装置发生故障时, 炉子应停留在已达到的位置上或缓慢复位至正常位置, 复位时不应有任何危险。

5.2.5 倾炉动作应在两个方向上均有限位, 倾炉液压装置操纵杆应能自动返回至零位, 对所有倾动装置, 按钮和操纵杆在接头位置上应是非保持性的。

5.2.6 倾炉期间, 操作人员有掉入平时被炉子平台盖住的坑的危险, 则应采取防护措施(如与倾炉联锁的自动围挡)。

5.2.7 感应加热装置感应线圈及其匝间应由坚固的结构支承件(胶木柱)、螺栓螺母和拉杆等固定和定位。

5.2.8 磁轭应由硅钢片叠加而成, 其截面积和长度应能限制漏磁通和支撑感应线圈载荷, 磁轭应均匀分布在感应线圈外表面并与炉体紧固成一体, 磁轭顶块顶杆齐全、无松动。

5.2.9 水冷电缆应能承受足够的载流量, 具有足够的机械强度和韧性。

5.2.10 真空感应熔炼炉应对真空系统的皮带、链和驱动机构设置安全屏障, 防止人接近。应设置类似安全屏障拆卸与电源控制自锁联动, 防止运动机构误启动。

感应加热装置(如感应淬火机床)可移动部分应设置安全屏障(如旋转部分设置防护罩、直线运动机构设置限位等)。

GB XXXX. 3—XXXX

- 5.2.11 感应加热及电磁处理装置包含气氛操作时应设置压力安全阀，气氛系统设置压力安全阀，安全阀开启压力 \leq 管道额定压力的1.1倍，并设置压力传感器，压力超标时切断气源。
- 5.2.12 真空感应熔炼炉应设置防爆膜，防爆膜爆破压力 ≥ 0.15 MPa，且应设置在无人区域方向，防止碎片飞溅；真空感应炉门开启前应先破真空（通入氮气），门开启速度 ≤ 100 mm/s，防止门突然开启导致冲击。
- 5.2.13 感应加热装置（包括连续感应透热）高温物料输送应采用耐高温材质或机械臂，设置防护栏，防止人员接触高温物料或高温物料飞溅。
- 5.2.14 倾炉装置的最大倾炉角度应 $\leq 95^\circ$ ，在倾炉极限位置应设置可靠限位装置。
- 5.2.15 中频真空感应熔炼炉的炉室（壳）设计应能承受大气压力而不产生永久变形。

6 热影响防护要求

6.1 一般要求

- 6.1.1 感应加热及电磁处理装置热影响防护应符合GB XXXX. 1—XXXX中第6章及以下规定。
- 6.1.2 感应加热及电磁处理装置应设置独立可靠的超温防护。
- 6.1.3 感应加热及电磁处理装置支撑结构应采用耐热钢，承重支架底部用高温弹簧垫片（耐温 600°C ）作为弹性支承，吸收支撑架垂直方向的热膨胀位移。

真空感应熔炼炉炉门应采用密封补偿（如采用金属波纹管、耐高温密封圈的方式）补偿高温变形。
- 6.1.4 感应加热及电磁处理装置的电源柜内外表面温度应 $\leq 45^\circ\text{C}$ ，确保柜内电器设备安全运行，必要时加装冷却装置。
- 6.1.5 感应加热及电磁处理装置的结构件热膨胀补偿、导电部件补偿、绝缘件补偿应符合GB XXXX. 1—XXXX中6.3的规定。
- 6.1.6 感应加热及电磁处理装置结构件易接触表面温度 $\geq 70^\circ\text{C}$ 时，应采用隔热防护板进行隔热。

加热元件与金属结构件支撑部位应采用高强度绝缘材料，防止感应电流引起金属结构件涡流使其发热。

6.2 特殊热影响防护要求

- 6.2.1 感应加热装置感应线圈绝缘应采用耐高温材料（如云母带），防止高温老化。
- 6.2.2 高功率感应加热器可配置磁轭（线圈磁通导向装置），引导感应线圈外的磁通，减少杂散场可能对周围金属结构件的加热。磁轭的设计宜注意其被涡流过度加热的危险。
- 6.2.3 电缆、电线和母线的规格尺寸和布置宜考虑其所载电流的大小和频率，使其发热不超过允许值。

感应加热及电磁处理装置经过 60°C 以上高温场所的电缆，应选用耐热性聚氯乙烯、交联聚乙烯、矿物绝缘电缆，必要时采取隔热防护套管进行包裹，防止线路因高温损坏、老化。
- 6.2.4 感应加热装置使用液压油驱动机构时，经过高温的部分应采用过热保护。液压油采用不可燃材质，避免液压油泄露接触高温部件。
- 6.2.5 用于表面处理的感应加热装置工作时，应设置防护栏防止非工作人员接触高温物料。
- 6.2.6 感应加热及电磁处理装置特别是真空感应炉工作停止时，若工作室腔体内温度超过 300°C ，应保持冷却系统运行（如风扇、水冷），直至温度降至 100°C 以下。
- 6.2.7 感应加热及电磁处理装置的高温管道及易产生高温的表面应采取措施进行隔热保护。
- 6.2.8 感应加热装置的冷却系统应设置出水温度、进出水流量差监测报警装置，出水温度、进出水流量差监测报警装置应与感应加热系统联锁。

- 6.2.9 感应加热装置运行时存在高温表面、电弧等火源，应采取火灾预防和灭火措施。加热感应器与电线电缆塑料隔板距离 ≥ 1 m，或采用防火隔板、防火陶瓷纤维布进行覆盖包裹。不应在熔炼设备旁堆放易燃易爆物品。感应加热装置旁应配备符合要求的灭火器，例如干粉灭火器、灭火沙箱等。
- 6.2.10 循环水冷系统的水路应适当分支，并能集中控制、分别调节，便于监测各支路的出水情况。感应加热装置用水单元的各部分宜尽量得到均匀冷却。
- 6.2.11 中频无心感应炉、工频熔铜炉的炉架、炉壳、磁轭表面温升不应超过75 K，炉盖、炉底板表面温升不应超过20 K。
- 6.2.12 中频真空感应熔炼炉水冷炉体各部分表面温升不应超过20 K，进电装置、液压油箱、大电流母线等表面温升不应超过35 K。

7 流体危险防护要求

7.1 一般要求

- 7.1.1 感应加热及电磁处理装置流体危险防护应符合GB XXXX. 1—XXXX中第7章及以下规定。
- 7.1.2 感应加热及电磁处理装置的冷却系统及液压系统应采用高密封性元件，对易产生泄露的部位（阀门、接头）进行重点监测。
- 7.1.3 当冷却液不足时，应及时切断工作电源。感应加热装置应配备紧急备用冷却系统，用于发生停电或停水故障时，强迫冷却直至物料被移出且炉衬保持在安全温度（100 °C以下）。
- 7.1.4 紧急备用冷却系统应定期检查，确保其能够正常冷却。
- 7.1.5 当冷却液采用冷却水时，水质应符合GB/T 10067. 1—2019中5.1.4.4的规定，进行水质监测，避免管道结垢或腐蚀。

7.2 特殊流体危险防护要求

- 7.2.1 1 t及以上的感应加热装置应安装炉衬漏炉报警装置，泄漏电流监测达到报警值时应发出报警信号并连锁切断中频电源，防止熔融金属液侵入感应线圈冷却液管路。
- 7.2.2 感应加热装置感应线圈进水管应设置自动或手动控制的快速切断阀，控制设施安装点位于方便作业人员快速处置的位置。
- 7.2.3 感应加热装置感应线圈冷却水应设置进水压力、进出水流量差、每个回路出水温度等监测报警装置，进水压力和每个回路出水温度监测报警信号独立连锁切断中频电源。
- 7.2.4 真空感应熔炼炉气路系统公称压力不应低于管道工作压力的1.2倍。
- 7.2.5 真空感应熔炼炉应配置安全阀，安全阀额定压力不低于炉膛内气氛充入时工作压力的1.1倍。安全阀应定期每年校验1次。
含有气氛操作的真空炉应配置气体泄漏检测装置，当检测到有害气体或氧气浓度超标时，系统自动报警。
- 7.2.6 真空感应熔炼炉接触腐蚀性流体的部件（如冷却管道、阀门）应选用316L不锈钢、聚四氟乙烯等耐温耐蚀材料。
- 7.2.7 感应加热及电磁处理装置应设置“先通冷却系统后送电”的连锁逻辑：未检测到冷却系统运行时，加热电源不应启动。
- 7.2.8 感应加热装置若采用风冷作为强迫冷却方式，应对进入管道的冷却气氛进行过滤处置，并进行定期的压缩空气吹扫，避免管路积灰影响装置冷却安全。
- 7.2.9 不应冷却至露点以下形成结露。若在加热感应器的线圈及其端子上形成结露，可能导致短路。
- 7.2.10 对额定工作电压高于交流1000V或平滑直流1500V的高频感应加热装置，冷却系统不应形成气泡产生打弧，从而损坏冷却系统。
- 7.2.11 用户应配备应急备用水源，当冷却水突然中断时，应能立即启动备用冷却。

GB XXXX. 3—XXXX

7.2.12 中频真空感应熔炼炉抽气系统应设置自动阀门，停电时自动关闭，防止空气和真空泵油进入炉内。

8 辐射危险防护要求

8.1 电磁辐射防护要求

8.1.1 感应加热及电磁处理装置电磁辐射防护应符合GB XXXX. 1—XXXX中8.1及以下规定。

8.1.2 对工频、中频、高频感应加热装置电磁辐射源（振荡回路、输出馈线及感应线圈等）进行金属防护及屏蔽时，屏蔽应可靠接地（接地电阻 $\leq 0.1 \Omega$ ）。感应加热装置金属构件应可靠接地。

8.1.3 感应加热及电磁处理装置进线电缆应采用屏蔽电缆，电容器、电抗器等置于金属柜内或采用金属屏蔽隔离措施。

8.1.4 高频感应加热装置包括高频变压器部件，应对高频变压器进行电磁屏蔽，屏蔽措施符合GB XXXX. 1—XXXX中8.1.3的规定。

8.1.5 多组感应加热装置电磁屏蔽重复的，可采用同一屏蔽措施。

8.1.6 屏蔽材料厚度应符合GB/T 5959.1—2019中8.4.4的规定。

8.1.7 电缆、母线布置不应产生杂散磁场对邻近金属结构进行过度感应加热。

8.2 光辐射防护要求

感应加热及电磁处理装置光辐射防护要求应符合GB XXXX. 1—XXXX中8.2的规定。

8.3 特殊辐射危险防护要求

高频感应等离子体发生装置特殊辐射危险防护应符合GB XXXX. 1—XXXX中8.4的规定。

9 电源应急防护要求

9.1 电源控制要求

感应加热及电磁处理装置电源控制应符合GB XXXX. 1—XXXX中9.1的规定。

9.2 应急切断要求

9.2.1 感应加热及电磁处理装置应急切断应符合GB XXXX. 1—XXXX中9.2及以下规定。

9.2.2 感应加热及电磁处理装置应急切断装置工作后，装置应处于安全状态。

9.2.3 感应加热及电磁处理装置加热电源回路和冷却回路应分别采用单独应急回路进行切断。

9.2.4 根据危险类别，感应加热及电磁处理装置每个工作位置应配备使装置部分停止或全部停止的应急切断控制装置，使装置进入和/或保持在安全状态。当感应加热及电磁处理装置或其危险部件停止后，应停止相关执行器的能量供应。应急切断控制优先于启动控制。

9.3 特殊电源控制防护要求

感应加热及电磁处理装置特殊电源控制防护要求应符合GB XXXX. 1—XXXX中9.3的规定。固体变频装置应配备快速动作过压、过流保护，采取措施防止负载功率急剧变化产生危险瞬时电压。

10 安全信息要求

10.1 铭牌要求

感应加热及电磁处理装置铭牌要求应符合GB XXXX. 1—XXXX中10.1的规定。

10.2 警告标志要求

感应加热及电磁处理装置警告标志应符合GB XXXX. 1—XXXX中10.2及以下规定。

感应加热及电磁处理装置存在电磁场强度影响的区域，应张贴“磁场危险，注意起搏器”警告标志，携带金属物体或有金属植入物的人员不应进入。

10.3 安全信息维护

感应加热及电磁处理装置安全信息维护应符合GB XXXX. 1—XXXX中10.3的规定。
