



# 中华人民共和国国家标准

GB XXXX.2—XXXX  
代替 GB 5959.2—2008

## 工业电热装置安全要求 第2部分：电弧加热装置

Safety requirements for industrial electroheating installations—Part 2: Arc 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  
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 .....	2
5 机械危险防护要求 .....	3
6 热影响防护要求 .....	6
7 流体危险防护要求 .....	7
8 辐射危险防护要求 .....	9
9 电源应急防护要求 .....	9
10 安全信息要求 .....	11

## 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2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 5959.2—2008《电热装置的安全 第2部分：对电弧炉装置的特殊要求》，与GB 5959.2—2008相比，除结构调整和编辑性改动外，主要技术变化如下：

- a) 增加了文件的适用范围（见第1章）；
- b) 删除了隔离和开合（见2008年版的第7章）、与电网的连接（见2008年版的第8章）、过电流保护（见2008年版的第10章）、控制电路和控制功能等要求（见2008年版的第12章）；
- c) 更改了铭牌、标记和技术文件要求（见第10章，2008年版的第15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 5959.2—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2部分：电弧加热装置

## 1 范围

本文件规定了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。

本文件适用于以下电弧加热装置，包括但不限于：

——在电极和金属之间形成电弧的直接电弧炉，例如电弧炉（EAF）、钢包炉（LF）；

——在电极和炉料之间形成电弧或通过焦耳效应加热炉料的电弧-电阻炉，例如埋弧炉（SAF）。

EAF、SAF和LF分为主频（0 Hz、50 Hz或60 Hz）设备类型。上述设备频率类型之外的炉子不在本文件范围内。

## 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 2900. 101—2017 电工术语 风险评估

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

GB/T 10066. 2—XXXX 电热和电磁处理装置的试验方法 第2部分：直接电弧炉

GB/T 10066. 11—2016 电热装置的试验方法 第11部分：埋弧炉

GB/T 23821—2022 机械安全 防止上下肢触及危险区的安全距离

GB/T 41994—2022 工业炉及相关工艺设备 电弧炉炼钢机械和设备的安全要求

## 3 术语和定义

GB/T 2900. 23—2008、GB/T 5959. 1—XXXX、GB/T 10066. 2—XXXX、GB/T 10066. 11—2016界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

**电弧炉** arc furnace

EAF

金属或其他导电炉料主要使用交流电或直流电由电弧或者焦耳效应加热的，带容器的炉子。

### 3.2

**钢包炉** ladle furnace

LF

用钢包代替炉子容器对液态金属进行二次处理的电弧炉。

### 3.3

**埋弧炉** submerged-arc furnace

**SAF**

电极插入炉料中的直接电弧炉,其热能一部分由电弧产生,一部分通过导电的炉料由焦耳效应产生。

### 3.4

**可触及表面** touchable surface

人员在正常操作、维护或通行时,无需使用工具即可接触到的设备表面。

### 3.5

**单一故障状态** single fault condition

单一防护措施失效(非加强保护措施),或单个组件或设备发生故障的状态。

注1:若单一故障导致一个或多个故障状态,所有故障被认定为单一故障状态。

注2:加强保护措施的定義见 GB/T 2900.101—2017, 903-02-08。

### 3.6

**电弧炉变压器** arc furnace transformer

在电弧炉工艺中,将高压电源转换为低电压大电流电源的变压器。

### 3.7

**高压开关** high-voltage switch

按照操作要求,在有载情况下接通和断开炉子变压器的高压断开装置。

### 3.8

**电极** electrode

由导电材料制成,用来传输电能、在端头与炉料形成电弧的部件。

### 3.9

**电极夹头** electrode clamp

用来夹住电极并将电弧电流供给电极的水冷金属装置。

### 3.10

**大电流系统** high current system

变压器与电极之间的大电流连接母线。

## 4 电击危险防护要求

### 4.1 防护类别

电弧加热装置电击危险防护等级设计应符合 GB XXXX. 1—XXXX 中 4.1 的规定,通常采用 I 类防护。

### 4.2 防护要求

#### 4.2.1 I 类防护要求

电弧加热装置的保护接地应符合GB XXXX. 1—XXXX中4. 2. 1及以下规定：

- a) 与电极夹持系统、大电流母线及水冷电缆等所有可触及的金属部件，应永久可靠地连接至保护接地导体（PE）；
- b) 接地电阻 $\leq 0.1 \Omega$ ，可拆卸部件（如维护门、防护罩）的接地连接应满足“先通后断”原则。

#### 4. 2. 2 特殊场景电击防护要求

电弧加热装置的特殊场景电击防护应符合以下规定：

- a) 高电压区域：对于二次侧电压高于1000V AC或1500V DC的电弧炉，其电弧炉变压器二次侧终端大电流供电部件（如变压器二次出口、大电流母线等）的绝缘距离应在GB/T 23821—2022规定的基础上额外增加120mm；
- b) 带电操作：在专业人员许可并使用专业绝缘工具的前提下，可在特定条件下（如设备额定电压不超过3600V AC或5000V DC）进行电极水平检查、添加等操作。操作区域应采用冗余绝缘（如木质工作平台、绝缘梯子），并设置明显警告标识；
- c) 工具与测量装置：在炉子通电状态下，使用的工具、氧枪、熔池测温取样枪等金属装置应有效接地。应将其可触及的金属部件绝缘，或由与地绝缘的人员操作。若无法做到这一点，制造商应在操作手册中规定适当的操作程序（即在操作过程中使电极提升并保持提升）。

#### 4. 3 绝缘性能要求

电弧加热装置的绝缘性能应符合GB XXXX. 1—XXXX中4. 3的规定。对于水冷带电部件，其绝缘电阻测量应分步进行，并在冷却水接入前满足表1规定的最小电阻值。

表1 最小绝缘电阻值

绝缘电阻测量部位及状态	最小电阻值
安装大电流母线，暂不进行后续连接	相间：1000 $\Omega/V$ ； 相对地：1000 $\Omega/V$
将电极横臂安装在支架上，暂不进行后续连接	相对地：1000 $\Omega/V$
将大电流电缆连接至大电流母线与电极横臂，冷却水软管与液压软管暂不连接至电极横臂上	相对地：1000 $\Omega/V$
大电流母线与变压器的二次侧出线端、大电流电缆和电极横臂连接在一起	相间：1000 $\Omega/V$ ； 相对地：1000 $\Omega/V$
冷却水软管和液压软管被连接至介质供给装置和电极横臂上，介质管道中尚未通入流动介质	相间： $\approx 600 \Omega^a$ ； 相对地： $\approx 600 \Omega^a$
测量线路按照制造商要求通入冷却水	相对地： $\approx 300 \Omega^a$
<sup>a</sup> 例外：对于大电流导体回路的特定部件，与制造商达成一致后，可使用较低的最小绝缘电阻值。 注：在开始测量前，断开RC组合装置及变压器二次侧的所有电压测量连接。	

#### 4. 4 泄露电流要求

电弧加热装置的泄露电流应符合GB XXXX. 1—XXXX中4. 4的规定。固定式电弧加热装置在正常运行条件下泄漏电流限值 $\leq 5 \text{ mA}$ ，单一故障条件下泄漏电流限值 $\leq 10 \text{ mA}$ 。

### 5 机械危险防护要求

#### 5. 1 结构强度与稳定性要求

### 5.1.1 结构强度要求

电弧加热装置的核心承压、承重及受力结构件的结构强度应符合GB XXXX. 1—XXXX中5.1.1及以下规定。

#### a) 炉壳与支撑

电弧炉炉壳应采用抗拉强度不低于345 MPa的钢板（如Q345），其设计和制造应能承受炉衬热应力、熔融金属静压力及可能的操作冲击。炉壳的焊接应采用全焊透工艺，并进行无损探伤检验。

炉体的支撑结构与倾动座应严格进行强度计算，安全系数 $\geq 1.5$ 倍最大工作载荷（包括炉衬、额定金属液和炉壳自重）。

#### b) 电极立柱与电极横臂

电极立柱与电极横臂的刚度和强度应能承受电极、电极夹头的自重以及冶炼过程中电极与炉料接触、崩塌所产生的冲击载荷。

电极夹持器的夹紧力应确保在最大工作电流下不发生打弧和松动，夹紧机构的关键部件应定期进行检查。

### 5.1.2 稳定性要求

电弧加热装置的稳定性应符合GB XXXX. 1—XXXX中5.1.2及以下规定。

#### a) 倾动式炉体的稳定性

倾动式炉体应确保在最大出钢角度和最大装料量下，其重心始终位于倾动支点的稳定区域内。应进行倾覆力矩计算，安全系数 $\geq 1.5$ 。

炉体的倾动机构应配备机械自锁或可靠的液压锁紧装置，防止在运行或停电时炉体意外倾翻。

#### b) 固定式装置的抗振性

装置的基础和结构设计应能承受冶炼过程中电流波动产生的强大电磁力以及电极调节产生的机械振动，防止因共振导致结构疲劳或连接件松动。

## 5.2 防护装置要求

### 5.2.1 一般要求

电弧加热装置的通用防护装置应符合GB XXXX. 1—XXXX中5.2.1的规定。针对炉前高温、喷溅区域，防护装置材料优先选用耐高温的金属材料。

### 5.2.2 运动部件防护要求

电弧加热装置的运动部件防护应符合GB XXXX. 1—XXXX中5.2.2及以下规定：

a) 电极升降系统：电极立柱的升降传动机构（如钢丝绳、链条、齿轮齿条）应全部包围在固定式防护罩内。防护罩应能防止工具、杂物落入，并避免人员接触。对于钢丝绳传动，应设置防断绳坠落装置；

b) 炉体倾动系统：倾动机构的液压缸、销轴、齿轮等运动部件应设置固定式防护罩。炉体与固定基础之间的缝隙，在炉体全行程范围内，应通过可伸缩的防护罩进行有效隔离，防止人员肢体或物品被卷入；

c) 炉盖旋转/升降系统：炉盖旋转机构的齿轮、炉盖升降的液压缸或链条等，均应设置防护罩。旋转区域应设置警示线和物理限位，防止人员处于运动路径上。

### 5.2.3 飞射物防护要求

电弧加热装置的飞射物防护应符合GB XXXX. 1—XXXX中5.2.3及以下规定：

- a) 防喷溅防护：电弧炉的炉门、出钢口、观察孔前方应设置固定式或移动式防喷溅挡板。挡板采用耐高温金属框架和耐热观察玻璃制成，能承受熔融金属和炉渣的偶然喷溅。在加料、吹氧、造渣等易引发喷溅的操作工位，应为操作人员配备个人防护屏或要求其进入安全舱室进行操作；
- b) 防泄漏与防爆炸：炉体下方应设置带有耐火材料衬里的防泄漏坑或钢包。其容量应能容纳炉内最大容量的熔融金属。不应将潮湿、带冰或密封的容器投入炉内，防止蒸汽爆炸导致熔融金属飞溅。

#### 5.2.4 高温表面防护要求

电弧加热装置的高温表面防护应符合GB XXXX. 1—XXXX中5.2.4及以下规定。

##### a) 系统性隔热

所有在正常运行中表面温度超过70℃的部件（如大电流系统部分导体、部分液压管道），应设置隔热罩或警示标识。

出钢槽、钢包、渣罐等热承载工具，在其可触及的外表面应采取隔热措施，或设置永久性安全护栏和“高温危险”警示标识，防止人员靠近接触。

##### b) 区域管理

以熔融金属吊运路径和热修区域为中心，划定高温危险区域，并设置明显的地面标识、警示标识和隔离带。

### 5.3 联锁装置要求

#### 5.3.1 一般要求

电弧加热装置的安全联锁系统应采用高可靠性设计，优先采用安全继电器或安全可编程逻辑控制器（安全PLC）构建。其响应时间、旁路管理和复位要求应符合GB XXXX. 1—XXXX中5.3.1的规定，安全等级达到性能等级d(PL d)以上。

#### 5.3.2 门、盖联锁要求

电弧加热装置的门、盖联锁应符合GB XXXX. 1—XXXX中5.3.2及以下规定：

- a) 高压开关柜联锁：高压开关柜的门与高压断路器应设置机械和电气双重联锁，确保只有断电并接地后，门才能打开；
- b) 变压器室联锁：变压器室的门应与电弧炉的总电源控制器联锁，门开启时，触发预警；
- c) 水冷系统联锁：水冷炉盖、水冷炉壁的检修门或观察孔盖，应设置联锁装置，当盖板被移开时，电极自动提升并断电。

#### 5.3.3 运动部件联锁要求

电弧加热装置的运动部件联锁应符合GB XXXX. 1—XXXX中5.3.3及以下规定。

##### a) 电极升降与炉盖、炉体倾动联锁

炉盖未旋转到位或未关闭到位时，电极不应下降。

电极未提升至安全高度时，炉盖不应旋转。

炉体倾炉不在水平位，电极不应升降。

##### b) 炉体倾动联锁

电极未提升至安全高度时，炉体不应倾动。

炉体倾动时，炉盖应旋回至下限位并锁定在固定位置。

炉体出钢倾动时，旋转支撑和水平支撑应放倒到位。

炉体下方及倾动路径区域内如有设备（如钢包车、渣罐车、出钢口维修平台、炉顶旋转加料装置、废钢加料小车），其位置应与炉体倾动操作联锁。

c) 区域安全联锁

在炉顶加料区、炉前操作平台等危险区域，可设置光幕或安全垫，当有人员误入时，系统应发出警报并停止危险动作（如电极下降、倾动）。

## 5.4 联接与紧固件要求

### 5.4.1 大电流联接的特殊要求

电弧加热装置的大电流联接应符合以下规定：

- a) 大电流系统联接：变压器二次出线端至电极的所有大电流联接点（如铜排与铜排、铜排与水冷电缆、水冷电缆与电极横臂）宜使用足够的预紧力和防松结构（如碟形弹簧垫圈），联接点的接触电阻应定期检测；
- b) 热膨胀补偿：因大电流系统在运行中会产生热膨胀，其固定支撑和联接设计应能有方向的自由伸缩，防止产生巨大热应力导致结构变形或联接松动。

## 5.5 特殊机械危险防护要求

### 5.5.1 电极系统防护

电弧加热装置的电极系统防护应符合以下规定：

- a) 电极折断防护：电极立柱和升降系统应设计有防止电极折断后坠落的辅助托架或装置；
- b) 电极夹持压力监控：对于大型电弧炉，应对电极夹持器的夹紧压力进行监控，压力异常（过低或过高）时自动报警。

### 5.5.2 熔融金属吊运与承接防护

电弧加热装置的熔融金属吊运与承接防护应符合以下规定：

- a) 钢包车联锁：钢包车应与出钢操作联锁。钢包车未到达指定承接位置时，出钢口不应打开；出钢过程中，钢包车不应移动。
- b) 吊运安全：用于吊运电极、废钢料篮、钢包的起重机及吊具，其安全要求应符合起重机械的相关安全规程，并定期检验。吊运熔融金属的起重机，应为冶金铸造专用起重机。

## 6 热影响防护要求

### 6.1 表面温度要求

电弧加热装置的可触及表面温度限值应符合GB XXXX. 1—XXXX中6.1及以下规定。

电弧加热装置的设计、安装和操作应确保不因热能或温度升高而对操作人员或环境产生危害。电弧加热装置应按照预定用途进行操作。

在单一故障状态下，操作人员应确定炉子可运行至下次停炉，还是立即停炉修理。

因技术原因无法满足上述要求的表面（如炉体、高温管道）温度要求时，应采取以下任一措施：

- 设置牢固耐久的隔热防护罩；
- 设置安全距离，并通过“高温危险”的永久性警示标识予以明确提示。

### 6.2 部件的耐热性要求

电弧加热装置各部件的耐热性应符合GB/T 41994—2022中6.1.22的规定。

所有结构件和炉壳应由耐热性材料制成或保护，以应对在正常操作过程中可能达到的各种温度。

结构件和炉壳的构造应确保在发生危及生命的故障情况时（如液体炉料意外流动、屋顶砖墙倒塌等），人员能安全逃生。

所有绝缘材料应由绝对耐热性材料制成，以应对在正常操作过程中可能达到的各种温度。

导电部件之间的间隙距离应能承受正常操作过程中的预期温度。

导电部件之间的爬电距离宜考虑正常工作期间预期温度所导致的绝缘材料导电性的增加。

### 6.3 超温保护要求

#### 6.3.1 一般要求

电弧加热装置的超温保护应符合GB XXXX. 1—XXXX中6.2及以下规定。

应设置独立于温控系统的超温保护装置，该装置动作故障排除确认后，手动复位。

#### 6.3.2 冷却系统监控

水冷部件（如电极夹头、水冷炉盖、水冷炉壁、大电流母线、炉壁氧枪）应设置冷却水流量、温度和压力监控装置。当冷却系统失效（如流量过低、温度过高、流量差过大）时，应发出报警并自动切断加热电源。

### 6.4 热膨胀补偿要求

电弧加热装置的热膨胀补偿应符合GB XXXX. 1—XXXX中6.3及以下规定。

长度超过2 m的大电流母线和结构件应设置热膨胀节（如波纹补偿器、滑动支架），补偿量 $\geq$ 计算膨胀量的1.2倍。

### 6.5 火灾危险防护要求

#### 6.5.1 火源控制要求

高温部件与液压系统、电缆桥架的距离 $\geq$ 1 m，或采用防火隔板隔离。

电气柜内易产生电弧的部件应安装在防火外壳内。

#### 6.5.2 易燃材料控制要求

电弧加热装置内部及周围5 m范围内，不应使用木材、普通塑料等易燃材料。

液压油应选用耐高温阻燃型（闪点 $\geq$ 200 °C）。

#### 6.5.3 灭火措施要求

电弧加热装置操作平台、变压器室、液压站等区域应配备合适的手提式灭火器或自动灭火器。

应设置清晰的逃生通道和安全出口，通道宽度 $\geq$ 1.2 m。

## 7 流体危险防护要求

### 7.1 一般要求

电弧加热装置的流体系统设计应符合GB XXXX. 1—XXXX中第7章及以下规定。

应针对电弧加热装置的大电流、高温电弧、熔融金属等特性，评估由电磁力、热应力、急冷急热引发的特殊流体风险。装置在运行、出料及维修期间，应有效防护因流体泄漏、喷射或与熔融金属接触引发的爆炸、火灾和电击事故。

## 7.2 液体危险防护要求

### 7.2.1 冷却系统防护

电弧加热装置的冷却系统是保障其安全运行的关键，应满足以下要求：

#### a) 系统划分与独立性

应将炉体、电极、大电流导体（如铜夹头）的强制冷却系统与其他辅助设备的冷却系统在设计和管路上进行隔离，并设置独立的监控与保护。

#### b) 水质与流量监控

用于电极和导电部件的冷却水，其电导率应进行连续监测，并设置报警和限值，防止因结垢或水质不良导致电气绝缘下降和泄漏电流风险。

每个关键的冷却回路（特别是电极冷却）应设置流量和温度传感器。当检测到流量低于设定值或温度高于设定值时，应能发出声光报警，并在达到危险限值时自动切断主电源。

#### c) 压力与泄漏防护

冷却管道公称压力不应低于最大工作压力的1.5倍，且能承受可能发生的水锤效应。

冷却水管路，尤其是穿过或靠近带电体的部分，应采用非金属或不导电材质的支撑与固定，并确保接头远离高压电气部件。

炉盖、电极夹持区等高温部位的冷却水管，应设置漏液检测装置（如湿度传感器），检测信号接入控制系统。

#### d) 应急水源

对于大型电弧加热装置，应设置备用的应急冷却水源（如高位水箱、备用泵），在主冷却系统失效时提供最低限度的冷却，防止设备烧毁。

### 7.2.2 熔融金属防护

电弧加热装置的核心风险在于熔融金属，其防护应满足以下要求：

#### a) 出料与倾动安全

采用倾动式出料的电弧加热装置，其倾动液压系统应设置机械式安全锁紧装置（如插销），防止在检修或意外情况下炉体倾翻。液压系统应有冗余设计，并具备在失电情况下通过应急动力源（如蓄能器）将炉体复位至安全位置的能力。

炉体下方区域及熔融金属流槽周围，应设置耐高温的防泄漏堰和导流槽，将泄漏金属引导至专用、干燥的安全坑内。坑内铺设干燥耐火砂或备用耐火材，不应存在积水或潮湿物品。

#### b) 防爆措施

不应将任何带水、带冰或潮湿的物料直接加入熔融金属中。所有入炉原料、合金添加剂及工具应经充分干燥和预热。

炉壳、炉盖及水冷件的设计和制造应确保在极端情况下（如穿炉）能有效包容熔融金属，并留有足够泄压通道，防止蒸汽爆炸导致结构性破坏。

## 7.3 气体危险防护要求

### 7.3.1 保护性/反应性气氛及排烟系统防护

电弧加热装置的保护性/反应性气氛及排烟系统防护应满足以下要求：

#### a) 气氛系统

若电弧加热装置配备碳氧枪、喷粉精炼等工艺，其输送可燃气体（如天然气、丙烷）或氧气的管道，应在装置入口前设置快速切断阀和阻火器/逆止阀。气体供应压力和流量应与电气控制系统联锁，在压力异常、冷却系统故障或停电时自动切断气源。

#### b) 排烟与除尘系统

电弧加热装置冶炼过程中会产生大量高温含尘烟气，其管道系统宜充分考虑粉尘积聚和自燃的风险。管道设计应减少死角，并设置必要的清灰口和检查门。

在除尘管道入口或沉降室等可能发生CO等可燃气体积聚的区域，应设置CO浓度监测和温度监测装置。当浓度或温度超限时，应能启动相应消防或抑爆措施。

炉内直接排烟的水冷弯头、活动烟道等部件，其水冷系统的安全等级应与7.2.1中电极冷却系统等同。

### 7.4 压力安全装置要求

电弧加热装置的压力安全装置应符合GB XXXX. 1—XXXX中7.4及以下规定：

- a) 液压倾动系统：驱动炉体倾动的液压系统，其安全阀的设定压力不应超过管路及液压缸最高允许工作压力。系统应配备机械式过载保护装置（如安全销或溢流阀），防止机械卡死导致压力剧增；
- b) 压力监控：用于工艺控制的关键压力参数（如冷却水压力、液压系统压力、气体喷射压力）应接入主控制系统，并设置压力低报警和压力高报警。与安全直接相关的压力参数（如电极冷却水压力）应参与系统联锁。

### 7.5 真空环境流体防护

对于真空自耗电弧炉、真空凝壳炉等设备，其流体防护应满足以下要求：

- a) 水冷系统绝对可靠性：结晶器、坩埚等核心水冷部件应采用双层壁结构或检漏设计。应设置真空度异常升高报警（作为冷却水泄漏的早期指示）和冷却水泄漏检测装置（如湿度传感器置于真空室内）。一旦检测到泄漏，应立即终止冶炼并维持真空；
- b) 真空泵系统：油扩散泵、罗茨泵等的前级管道应设置爆破片或安全阀，防止因误操作导致前级压力过高。泵油应定期检查更换，防止因裂解产物降低真空度或引发火灾。

## 8 辐射危险防护要求

### 8.1 一般要求

电弧加热装置的辐射危险防护应符合GB XXXX. 1—XXXX中第8章及以下规定。

### 8.2 工频磁场防护要求（频率 50 Hz/60 Hz）

大型电弧加热装置的磁场源区域应设置警示标识。磁场强度超过0.1 mT的区域设置“磁场危险，注意起搏器”警告标识，携带心脏起搏器等敏感设备的人员不应进入。

### 8.3 可见和红外辐射防护要求

电弧在起弧和熔炼过程中会产生极强的可见光和红外辐射，操作室观察窗应采用具有滤光功能的镀膜玻璃或叠层玻璃，降低辐射强度；现场操作人员应佩戴防强光、防红外辐射的防护面罩或眼镜。

### 8.4 特殊辐射危险防护要求

电弧加热装置在冶炼某些合金时可能产生紫外线，炉体开口处应屏蔽，不直射人员。

## 9 电源应急防护要求

## 9.1 电源控制要求

### 9.1.1 电源开关与控制器

电弧加热装置的电源控制系统应符合GB XXXX. 1—XXXX中9.1.1及以下规定。

#### a) 主电路开关设备

用于直接通断电弧炉变压器一次侧的高压断路器，其额定开断容量应能承受变压器接入电网时可能产生的最大短路电流，避免操作过电压的影响，必要时配备浪涌吸收装置。

电极升降电机的动力回路应使用接触器进行控制，其额定电流应能承受电机频繁启动和制动产生的电流冲击。

若电极升降采用液压缸驱动，应使用液压阀通过可编程逻辑控制系统（PLC）进行控制，实现快速响应和精准调节，满足电流冲击要求。

#### b) 电源控制器

电弧加热装置的功率调节器或阻抗调节器应具备完善的故障诊断功能，对晶闸管故障、脉冲丢失、冷却异常、过载保护、短路保护、电极折断等关键故障进行诊断并发出分级报警（预警、轻故障、重故障）。

所有与安全相关的设定参数（如最大电流限值、电极升降极限位置）应通过密码或专用工具进行修改锁定，防止误操作。

控制系统应具备断电记忆与安全启动逻辑。系统断电后重新上电时，不应自动恢复冶炼状态，由操作人员在确认现场安全后，从安全初始状态开始手动启动流程。

### 9.1.2 电源连接与布线

电弧加热装置的电源连接与布线要求如下：

#### a) 大电流导体

从变压器二次侧出线端至电极的大电流系统（包括铜排、水冷电缆等）应具备足够的机械强度和载流能力，其支撑和固定应能承受巨大的电动力冲击。导体之间的间距应经计算，防止因电磁力引起振动或短路。

水冷电缆的防护外层应具备阻燃和耐磨特性，并设置电缆拉力释放装置，防止因炉体移动拉损接头。

#### b) 布线隔离

用于电极升降控制、液压系统、冷却水系统的信号检测线（如位置传感器、压力传感器、流量传感器、温度传感器）应采用屏蔽电缆，屏蔽层可靠接地，防止主回路强电磁干扰导致控制信号误动作。

所有布线应远离高温区域（如炉体、烟道），若无法避开，应采用阻燃耐高温导线并采取隔热措施。

## 9.2 应急切断要求

### 9.2.1 一般要求

电弧加热装置的应急切断应实现“全线紧急停机”，其要求如下：

#### a) 总应急切断装置

应在主操作台、出钢控制室等主要操作位置设置总急停按钮。此按钮动作具有最高优先级，能瞬时切断以下所有回路：

- 电弧炉变压器一次侧高压电源；
- 电极升降系统的动力电源；
- 炉体倾动系统的动力电源；
- 所有吹氧、喷碳等工艺气体的供应。

#### b) 装置特性

应急切断装置应采用安全继电器或PLC实现，确保其本身故障时导向安全状态。复位应为手动旋转复位，复位前在操作界面进行故障确认，并可在操作界面监控急停操作状态。

### 9.2.2 应急切断的应用场景

电弧加热装置应在GB XXXX. 1—XXXX中9.2.2及以下场景设置并执行应急切断：

- a) 电极断电或“穿井”失控：当检测到电极异常快速消耗或即将与导电炉底、金属液面发生短路时，应自动触发应急切断，防止设备损坏和爆炸；
- b) 冷却系统严重故障：当电极夹持器、水冷炉壁、水冷炉盖等关键部件的冷却水流量或压力低于极限安全值、出水温度超过极限值或流量差超过安全值时，应自动连锁触发应急切断；
- c) 炉体过度倾斜：在出钢或出渣过程中，当炉体倾动角度超过安全限位时，应自动切断倾动动力源并制动；
- d) 区域应急切断：在变压器室、高压室、炉后出钢平台、钢包车运行区域等危险区域，应设置区域应急切断拉线开关或按钮，其动作效果与总应急切断等同。

### 9.3 特殊电源控制防护要求

#### 9.3.1 高压及大电流系统控制

电弧加热装置的高压及大电流系统控制要求如下：

##### a) 高压开关联锁

电弧炉变压器的高压开关柜应与变压器室的门、变压器接地开关设置机械或电气联锁。接地开关确认合闸且高压电源已断开时，门才能打开；门未关闭到位时高压开关不应合闸。

高压系统应设置带电显示器，具备闭锁功能。

##### b) 电极系统安全

电极升降系统应设置上下机械极限限位和电气限位，防止电极冲顶或撞击炉料。

在检修或更换电极时，应有一个独立且非自动复位的检修电源切断开关，并悬挂“禁止合闸，有人作业”的警示牌。

##### c) 接地保护

大电流系统及炉壳应设置专用接地线，其截面积应能满足最大故障电流的要求，确保在发生对炉壳短路时能迅速切断电源。

#### 9.3.2 移动及辅助设备电源控制

电弧加热装置的移动及辅助设备电源控制要求如下：

##### a) 钢包车、渣罐车等移动设备

电源应采用安全滑触线或卷筒电缆供电，滑触线加装防护罩，设置极限位置限位开关。

移动设备现场操作箱应设置急停按钮，操作员可在现场出现异常状况时紧急停车。

随身携带或在设备易触及位置安装。

##### b) 检修照明与工具

在炉内、烟道等受限空间内使用的检修照明电压不应超过24 V安全电压，手持电动工具应使用II类或III类绝缘工具，配备漏电保护器。

## 10 安全信息要求

### 10.1 铭牌要求

电弧加热装置的铭牌应符合GB XXXX. 1—XXXX中10.1的规定，清晰标明以下内容：

- 变压器容量、额定二次电压和电流；
- 最大工作功率；
- 额定频率或频率范围；
- 冷却水额定流量和压力要求。

### 10.2 警告标志要求

应在以下位置设置清晰、持久的警告标志：

- 高压设备区域：“高压危险”；
- 高温炉体及管道：“高温危险”；
- 强磁场区域：“磁场危险”；
- 熔融金属操作区域：“防喷溅”、“防泄漏”。

### 10.3 使用信息维护

制造商应提供详细的操作和维护手册，特别包括：

- 不同工况下（如通电、维护、停炉）的安全操作程序；
  - 绝缘电阻的测量点和测量周期；
  - 应急处理程序（如冷却水中断、电极折断、漏炉等事故的应对措施）。
-