



中华人民共和国国家标准

GB XXXX.4—XXXX

代替 GB 5959.4—2008、GB 5959.8—2007

工业电热装置安全要求 第4部分：电阻加 热装置

Safety requirements for industrial electroheating installations—Part 4: Resistance
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	2
4 电击危险防护要求	2
5 机械危险防护要求	5
6 热影响防护要求	6
7 流体危险防护要求	8
8 辐射危险防护要求	10
9 电源应急防护要求	10
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4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 5959.4—2008《电热装置的安全 第4部分：对电阻加热装置的特殊要求》和GB 5959.8—2007《电热装置的安全 第8部分：对电渣重熔炉的特殊要求》，与GB 5959.4—2008、GB 5959.8—2007相比，除结构调整和编辑性改动外，主要技术变化如下：

- a) 删除了电热设备按电压区段的分类、电热设备按频率区段的分类、触电的防护、过电流保护、等电位连接、控制电路和控制功能等要求（见GB 5959.4—2008的第4章、第5章、第9章、第10章、第11章、第12章）；
- b) 更改了铭牌、标记和技术文件要求（见第10章，GB 5959.4—2008的第15章、GB 5959.8—2007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 5959.4—2008；
- GB 5959.8—2007；
- 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4部分：电阻加热装置

1 范围

本文件规定了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。

本文件适用于各类工业电阻加热装置或电阻炉，包括但不限于：

- 间接电阻加热和直接电阻加热[分别对应下文a)和b)规定的相关设备或炉子]；
- 设备或炉内的气氛为自然气氛、保护气氛、反应气氛或真空气氛；
- 额定温度为250 ℃~1800 ℃；
- 工作电压为超低压(ELV)或低压(LV)(见GB/T 5959.1—XXXX的4.2)、由直流电源或最高频率为60 Hz的单相/多相交流电源供电；
- 间歇式或连续式运行；
- 适用于加热、干燥、各种热处理、熔化、保温和烧结等；
- 具有自然对流或强制对流。

a) 间接电阻加热设备或炉子

此类设备或炉子中，热量通过固态金属或非金属加热元件、辐射管和浸入式加热器中的电流产生，通常包括：

- 间歇式炉，即分批式炉，如马弗炉、坩埚炉、箱式炉、井式炉、罩式炉、台车炉、流化床炉、使用浸入式加热器的浴炉以及独立加热元件组件(移动式或固定式)等；
- 带有连续或间歇装料输送装置的连续式炉，如辊底炉、推送炉、带式炉、步进梁式炉、带内螺旋的转鼓炉、转底式炉、隧道炉(窑)、振动底式炉和连续马弗炉等。

注：部分炉型配备淬火和清洗设备。

可能出现特殊危险的电阻炉包括：

- 亚硝酸盐浴炉；
- 具有保护性和反应性气氛的电阻炉，其热处理过程中炉内可能产生爆炸性气氛：例如在由氢气与甲烷或丙烷及一氧化碳组成的混合气体气氛中进行渗碳、渗氮、碳氮共渗等处理的炉子；
- 真空电阻炉。

b) 直接电阻加热设备或炉子

此类设备或炉子中，通过接触系统或电极引入的电流流经待加热物料或流体产生热量，通常包括：

- 导电加热装置；
- 电渣重熔炉；
- 玻璃熔化炉；
- 石墨化炉；
- 碳化硅生产炉等。不包括电阻加热与其他电热方式(如电弧加热、电磁加热等)耦合加热炉。

本文件不适用于由于所用工艺而在GB/T 5959.3—XXXX、GB/T 5959.2—XXXX、GB/T 5959.8—XXXX和GB/T 5959.41—2019中所涉及的直接电阻加热的设备。此外，本文件不适用于电极蒸汽锅炉、即热式热水器和电极压力容器。

2 规范性引用文件

GB XXXX. 4—XXXX

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 4824—2025 工业、科学和医疗设备 射频骚扰特性 限值和测量方法

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 5959.2—XXXX 电热和电磁处理装置的安全 第2部分：对电弧炉装置的特殊要求

GB/T 5959.3—XXXX 电热和电磁处理装置的安全 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

GB/T 5959.8—XXXX 电热和电磁处理装置的安全 第8部分：对电渣重熔炉的特殊要求

GB/T 5959.41—2019 电热装置的安全 第41部分：对电阻加热装置的特殊要求 玻璃加热和熔化装置

GB/T 12113—2023 接触电流和保护导体电流的测量方法

GB/T 13870.1—2022 电流对人和家畜的效应 第1部分：通用部分

GB/T 13955—2017 剩余电流动作保护装置安装和运行

GB/T 16895.2—2017 低压电气装置 第4-42部分：安全防护 热效应保护

GB/T 16895.21—2020 低压电气装置 第4-41部分：安全防护 电击防护

3 术语和定义

GB/T 2900.23—2008和GB/T 5959.1—XXXX界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

间接电阻加热装置 indirect resistance heating installation

将电阻加热产生的热量（电流在固体金属加热导体、固体非金属加热导体以及辐射管和浸入式加热器中流动而产生）通过传导、对流、辐射等方式使炉料或介质间接得到加热的电热装置。

3.2

直接电阻加热装置 direct resistance heating installation

将电阻加热产生的热量（电流由电极引入作用于炉料或介质本身而产生）使炉料或介质直接得到加热的电热装置。

4 电击危险防护要求

4.1 防护类别

电阻加热装置电击危险防护等级设计应根据使用场景、电压等级和环境风险，按照GB XXXX. 1—XXXX中4.1严格划分类别。

4.2 防护要求

4.2.1 电阻加热装置电击危险防护应符合GB XXXX. 1—XXXX中4.2以及本文件4.2.2~4.2.5的规定。

4.2.2 直接接触防护要求如下：

- a) 对于工作电压超过交流 25 V 或直流 60 V、具有裸露加热导体的电阻加热装置，若炉门或类似的关闭装置（如盖板、底板）开启后，炉料或操作工具会与裸露加热导体接触，则应配备联锁保护装置，确保在炉门开启时能可靠切断所有非接地加热导体的供电电源；
- b) 电阻加热装置中，可触及的零部件在正常工作条件下转变为导电状态时，该装置应满足 a) 的要求；
- c) 安全开关的触点应通过机械操作杆实现直接、可靠分断；
- d) 安全装置的设计和布置应确保其保护功能不被削弱，即使操作机构的复位弹簧发生断裂，仍能正常履行保护功能；
- e) 使用安全瞬时接触式限位开关时，应通过独立的断路器（如接触器）可靠切断除接地导体外所有导体的电源；多个安全系统可共用同一切断装置；
- f) 采用其他控制装置替代带机械操动常闭触点的安全开关时，应确保其具备同等安全保护能力。

注：当控制装置或有关电路发生故障，或其供电中断时，仍起保护作用。

4.2.3 间接接触防护要求如下：

- a) 因工艺需要，电阻加热装置（如搪瓷炉、锻造炉、轻金属熔化膛式炉等）在炉门开启状态下需保持通电运行时，应采取相应防护措施，包括对伸入炉内的装料机构实施绝缘或接地、操作人员配备适宜的防护鞋靴与防护手套、保持作业场地干燥等，并设置明显的危险警告标识；
- b) 连续式炉因作业方式无法设置防接触裸露加热导体的电气保护时，炉口结构应防止炉料进出过程中与裸露加热导体接触；
- c) 对炉体可分离部件的接地连接先于接触器切断电源而断开的炉子（如炉罐可移动、且兼作加热室盖板、未配备专用炉盖的井式炉），应采取专门的防护措施（如设置危险警告标识）；
- d) 在正常运行或故障条件下，若传感器（如温度传感器）及其测量电路可能出现危及人身安全的接触电压，应按照 GB/T 16895.21—2020 中第 411 章的规定采取相应的电击防护措施；
- e) 用于加热液体或其他导电介质的浸入式加热器，不应作为防电击保护的 II 类设备；
- f) 泄漏电流、接触电流和保护导体电流的限值应符合该电阻加热装置安全等级所对应的标准规定；
- g) 存在保护导体中断的风险时，应采取适当措施，如：
 - 1) GB/T 5959.1—XXXX 中 7.4 和 7.5 规定的措施；
 - 2) 第二条独立敷设的保护导体；
 - 3) 通过带独立绕组的变压器与供电系统隔离；
 - 4) 剩余电流动作断路器；
 - 5) 绝缘监测。

4.2.4 应采取预防措施，使手动拉闸切断电阻加热装置供电时，操作人员处于安全位置。

4.2.5 对电渣重熔炉：

- a) 电极夹紧机构应与驱动机构和炉架绝缘，驱动机构和炉架应接地；
- b) 仅当横臂不带电时，才能进行电极的松开和夹紧、交换电极等相关操作。

4.3 绝缘性能要求

4.3.1 电阻加热装置绝缘性能应符合 GB XXXX.1—XXXX 中 4.3 以及本文件 4.3.2~4.3.5 的规定。

4.3.2 电阻加热装置的绝缘电阻、电气强度应符合 GB/T 5959.1—XXXX 的规定。

4.3.3 绝缘材料的耐热性应符合 GB/T 5959.1—XXXX 中 10.4.3 的规定，在频率高于 200 Hz 电场作用下的介质损耗因数应符合 GB/T 5959.1—XXXX 中 7.7.3 的规定。

4.3.4 盐浴炉电极与炉壳之间的绝缘在使用温度下不应发生劣化。

4.3.5 真空炉内部电极引入装置应采用高压绝缘陶瓷结构，在真空状态下绝缘性能不应降低。

4.4 泄漏电流要求

- 4.4.1 电阻加热装置泄漏电流应符合GB XXXX. 1—XXXX中4.4以及本文件4.4.2~4.4.8的规定。
- 4.4.2 应采取有效措施，确保流经炉体或物料的泄漏电流不造成任何形式的电击危险。
- 4.4.3 所采取的防护措施应确保工作人员不因正常运行条件下产生的泄漏电流而面临电击危险。
- 4.4.4 有关接触电流和保护线电流应符合GB/T 12113—2023的规定，有关电流对人体和家畜的效应应符合GB/T 13870.1—2022的规定。
- 4.4.5 对属于电击保护I类设备的电阻加热装置，应按照GB/T 13955—2017中4.4的规定加装剩余电流保护器（RCD），及时切断漏电回路，保护人身安全。
- 4.4.6 应使用剩余电流监测器（RCM）或泄漏电流检测系统（非保护装置）监测炉体、水冷系统（如电渣重熔炉的水冷系统）的剩余电流或泄漏电流、以及电气绝缘系统的任何故障或失效。当电流超过预定值时，应发出声信号或声光信号。
- 4.4.7 泄漏电流的测量应在电阻加热装置安装完毕并经充分透热和干燥后，在额定温度下进行。
- 4.4.8 泄漏电流检测系统的安装应确保能检测电绝缘系统的任何故障或失效并立即采取合适动作。

4.5 特殊场景电击危险防护要求

4.5.1 电阻加热装置特殊场景电击危险防护应符合GB XXXX. 1—XXXX中4.5以及本文件4.5.2~4.5.4的规定。

4.5.2 真空环境防护要求如下：

- a) 真空系统内部，尤其是装有电加热设备的真空室内部，不应因产生真空电弧而产生危险。可存在电弧电流较小、面积较大且无危险的辉光放电，但不应出现电弧电流迅速增大并发展为电流大、面积小（甚至集中于某一点）的电弧放电；
- b) 处于真空状态下的部件所加的电压不应产生闪络或击穿。避免真空弧光放电的措施包括：
 - 1) 机械措施：
 - 所有带电部件和接地金属表面均光滑；
 - 避免任何尖角、边缘或其他可能充当天线的结构；
 - 运行过程中任何两个不同电位的部件之间保持足够间距；
 - 避免任何可能导致电弧击穿的孔洞、裂缝或其他开口。
 - 2) 电气和运行措施：
 - 整个过程中使用的电压低于击穿电压；
 - 在正常运行期间使用低于真空系统或真空室内的任何气体的巴申限值电压；
 - 不应在巴申曲线最小击穿电压对应的临界压力附近运行，应选择显著高于或显著低于该临界压力的压力下运行；
 - 加强真空室内所有带电部件的电气绝缘。

注：若运行过程中即将产生电弧放电，按照GB/T 5959.1—XXXX中19.3的规定发出报警，并自动切断装置电源。

4.5.3 对高温区的操作，应优先采用远程控制方式；若采用人工操作，应使用绝缘操作杆等专用工具，人员不应直接接触高温带电部件。

4.5.4 对电渣重熔炉：

- a) 多台电渣重熔炉由同一电源供电时，每台炉子应分别独立接地。主电路接地端子应设置在支撑钢锭的底盘上。单臂多工位同轴电渣重熔炉，其供电回路应接地，但不应采用底盘接地方式。任何情况下，均应防止操作人员触及危险电压；
- b) 任一熔炼工位停止运行时，该工位对应的供电回路应切断供电，但其接地保护应保持有效；
- c) 冷却水入口温度不应低于环境露点温度，防止水冷部件表面结露导致绝缘下降、漏电风险。

5 机械危险防护要求

5.1 结构强度与稳定性要求

5.1.1 电阻加热装置结构强度与稳定性应符合GB XXXX. 1—XXXX中5.1以及本文件5.1.2~5.1.5的规定。

5.1.2 炉体结构的机械强度应能承受额定载荷、热应力及预期的外力而不发生永久变形或失稳。

5.1.3 可倾动、旋转或移动的电阻加热装置的设计应确保无论其处在终端位置还是运动过程中，其电气设备和有关的附属设备均不受到过大的机械应力。

5.1.4 电阻加热装置的制造和安装应确保其在运行中或在被使用的正常位置上均牢固稳定。手柄、操作杆以及类似部件应固定牢固、安全可靠。操作杆和控制器的操作方向应与其所控制的机械运动方向一致。

5.1.5 对电渣重熔炉：

- a) 在提升机构发生故障时，其垂直运动的部件应能保持在原位或慢速下降；
- b) 电极夹持器和电极提升机构的设计应能防止电极下滑。

5.2 防护装置要求

电阻加热装置的防护装置应符合GB XXXX. 1—XXXX中5.2的规定。

5.3 联锁装置要求

5.3.1 电阻加热装置的联锁装置应符合GB XXXX. 1—XXXX中5.3以及本文件5.3.2的规定。

5.3.2 对电渣重熔炉：

- a) 高压断路器合闸应满足联锁条件：隔离开关已合闸、二次电压设定值已核对、电渣重熔炉已具备全部运行条件；
- b) 主电路接通应满足以下条件：
 - 1) 熔炼工位转换开关处于闭合位置，控制台显示熔炼工位处于工作状态；
 - 2) 电极和结晶器对中并处于熔炼位置上；
 - 3) 水冷底盘处于工作位置上；
 - 4) 各活动导电接触装置，尤其是电极夹持器或接触夹板，应接触良好。对于液压或气动系统的活动导电接触装置，应接触良好，并至少在不低于最低工作压力下工作。对于用机械操纵的活动导电接触装置，接合后应锁住。水冷底盘的导电夹紧机构也应满足同样的要求；
 - 5) 冷却系统连接正确，冷却水流量、压力、温度符合电渣重熔炉工作要求。

5.4 联接与紧固件要求

电阻加热装置的联接与紧固件应符合GB XXXX. 1—XXXX中5.4的规定。

5.5 特殊场景机械危险防护要求

5.5.1 电阻加热装置特殊场景机械危险防护应符合GB XXXX. 1—XXXX中5.5以及本文件5.5.2的规定。

5.5.2 对电渣重熔炉：

- a) 应限位电极的上下移动距离，电极装卸时应细心谨慎；
- b) 需监测和维护的各种零部件，如电气绝缘件、电极横臂、电极夹持装置、水冷部件、伺服电机等应设置类似于梯子、平台、通道和其他设施使操作人员易接近；

- c) 各种振动，特别是由于熔化电流突然波动而引起的振动，不应使结晶器的位置、锭子或电极夹持器处于危险状态。

6 热影响防护要求

6.1 表面温度（升）要求

- 6.1.1 电阻加热装置表面温度（升）限值应符合GB XXXX. 1—XXXX中6.1以及本文件6.1.2~6.1.4的规定。
- 6.1.2 电阻加热装置的设计、安装和运行应确保即使在装置无人值守或无意中合闸通电时，也不会由于装置所产生的热而对工作人员、周围环境和炉料产生任何危害。
- 6.1.3 对位于臂长可及范围内、在正常运行中无需接触的加热装置部件，其温度可高于GB/T 16895.2—2017中的规定值。若存在此情况，应在使用说明书中给出相关警告说明，并在装置上张贴适当的标识。
- 6.1.4 对电渣重熔炉：
 - a) 应采取保护措施，防止液态金属和熔渣飞溅到控制室和变压器房；
 - b) 炉子的电气、机械、液压设备以及冷却回路的连接软管应加以保护，防止来自熔渣和电极的直接热辐射以及热对流的加热作用，也要防止上述设备由于在电磁场的作用下发热，使其温度超过允许的范围。所有处于强磁场下以及与油接触的金属件应由非磁性材料制造，安装时不应形成闭合回路；
 - c) 当炉子通电时，人员不应在炉子熔炼区上方和下方的支撑构件上进出。对那些必须在运行的炉子上进行作业（例如测量温度、更换电极等）、必须在带电或灼热零件附近工作的人员，应穿戴防护服加以保护，如手套、劳保鞋、防护镜和非金属安全帽等。

6.2 超温保护要求

- 6.2.1 电阻加热装置超温保护应符合GB XXXX. 1—XXXX中6.2以及6.2.2~6.2.7的规定。
- 6.2.2 对发生故障（如温度控制器发生故障）时可能产生危险的情况，应提供限温安全装置。这些装置在功能上和电气上均应相互独立。
- 6.2.3 为确保在温度控制电路发生故障时的安全，表1对不同的热安全等级规定了应配备或采取的相应安全装置和安全措施，包括：热断路器（A）、熔断器（B）、超温限制器（C）、温度控制器（D）。

表1 热安全保护

等级	保护对象	保护范围	安全装置	安全措施
0	电阻加热装置及环境	—	—	运行时有人看管且炉料无危险性
1		发生故障时，电阻加热装置不会造成任何危险	A或B	结构上采取措施消除过热现象
2	电阻加热装置、环境及炉料	发生故障时，电阻加热装置或炉料不会造成任何危险	C或D	取决于应用情况和安装场地
注 1：在有人看管的情况下运行时，以合理的时间间隔对电阻加热装置工作状态进行检查。				
注 2：在使用说明书中给出适用于所述电阻加热装置的安全等级。				

- 6.2.4 当同时采用电子功率控制器和断路器，并采用频繁通断的电磁接触器时，应另外配备一个单独的接触器用来切断装置供电。
- 6.2.5 对多台炉子的情况，各炉子的控制系统应通过各自的接触器切断炉子供电。
- 6.2.6 对亚硝酸盐和硝酸盐盐浴炉：
 - a) 用于轻金属热处理时，为实现温度控制和防超温，炉体应配备以下装置：

- 1) 预选温度控制器;
- 2) 独立动作的预选温度限制器, 超过物料允许的最高温度时切断加热设备电源;
- 3) 独立动作的预选温度限制器, 当盐浴温度超过 550 °C 时切断加热设备电源;
- 4) 温度记录设备 (多个浴炉可共用多点记录仪);

预选温度限制器应触发报警系统。

- b) 用于钢的热处理时, 可免除温度记录设备和 a) 的其中一个温度限制器。

6.2.7 对电渣重熔炉:

- a) 供电系统应能承受炉渣起动时突然出现的电流波动;
- b) 断路器应符合设计规定的频繁操作要求;
- c) 在重要冷却回路上 (如结晶器、底盘和电极夹持器) 应配备温度测量、流量监视及报警装置, 当冷却水温度、流量超过规定值时, 系统自动报警并采取应急措施, 直至切断主电路电源。

6.3 热膨胀补偿要求

电阻加热装置热膨胀补偿应符合 GB XXXX. 1—XXXX 中 6.3 的规定。

6.4 火灾危险防护要求

6.4.1 电阻加热装置火灾危险防护应符合 GB XXXX. 1—XXXX 中 6.4 以及本文件 6.4.2~6.4.5 的规定。

6.4.2 对使用可燃气氛的炉型, 应采取严格的气密性和防爆措施。

6.4.3 对亚硝酸盐和硝酸盐盐浴炉:

- a) 用于轻金属热处理时, 空炉盐浴温度不应超过 550 °C;
- b) 处理镁合金轻金属时, 盐浴的最高允许温度应符合表 2 的规定;
- c) 应定期清除沉积物, 避免引起过热。盐浴的过热会使铁制部件灼烧和锻烧, 当轻金属和粘土沉积物埋入盐浴中时会引起爆炸。

表2 盐浴最高允许温度

镁含量 %	亚硝酸盐和硝酸盐盐浴的最高允许温度 °C
≤0.5	550
>0.5~2.0	540
>2.0~4.0	490
>4.0~5.5	435
>5.5~10.0	380
注: 不用内插法确定中间值。	

6.4.4 对盐浴炉和熔化炉:

- a) 对于内热式炉体, 浸入式加热元件组件 (加热器) 的布置不应使沉积物堆积;
- b) 对于深度超过 1.5 m 的熔池, 除非已采取其他预防措施, 否则应配备预热装置, 以便在凝固炉料中熔出垂直通道, 且该装置应确保预热过程不引发任何形式的危险;
- c) 对于外热式炉体, 加热元件组件 (加热器) 通常应仅安装在炉体侧壁, 避免炉底局部过热;
- d) 对于大型外热式熔化炉, 若必须在炉底设置加热装置, 应满足以下要求:
 - 1) 炉底加热表面功率密度应低于侧壁加热表面功率密度, 具体比例由制造商根据特定应用场景规定;
 - 2) 炉底加热应单独控制;
 - 3) 电路设计应确保预热浴料时, 先开启侧壁加热;
 - 4) 当侧壁加热单独将浴料部分熔化后, 方可开启炉底加热;

- e) 预热熔池内凝固物时, 应确保熔池物料先从表面开始液化, 防止表面喷溅;
- f) 对于电极盐浴炉, 其预热装置应能在启动阶段提供电流, 防止熔池内物料因表面喷溅而喷出。

6.4.5 对电渣重熔炉:

- a) 结晶器和底盘烧穿会引起火灾或由于冷却水进入液态金属和熔渣而产生爆炸。因此在装置的设计和操作时, 应采取下列措施保护人身和装置安全:
 - 1) 热状态下, 确保结晶器和底盘有足够的冷却水通过;
 - 2) 电极与结晶器的安全距离应能防止发生打弧现象; 熔炼过程中, 应实时监测电极与结晶器之间的相对位置并随时相应调整;
 - 3) 石墨电极和自耗电电极的强度, 应确保在操作过程中不发生因电极断裂掉入结晶器而引起电弧放电的现象。不应使用表面有横向裂纹的电极;
 - 4) 自耗电电极和假电极之间的焊接区域应确保使用时不开裂;
 - 5) 在电渣操作的开始阶段, 尤其是采用固态导电渣启动时, 电压和电流的设定和控制值应限制在较小范围, 防止电极打弧或与底盘短路引起底盘烧穿;
- b) 造渣原材料使用前应充分干燥, 防止渣中水分过高导致化渣时结晶器中发生熔渣喷溅现象;
- c) 应固定结晶器与底盘的相对位置, 两者之间的缝隙应能防止熔渣从缝隙中流出;
- d) 熔炼工位附近区域不应积水。当发生水泄漏时, 应尽快采取措施将水排除。

6.5 特殊热影响防护要求

6.5.1 电阻加热装置特殊热影响防护应符合GB XXXX. 1—XXXX中6.5以及本文件6.5.2~6.5.3的规定。

6.5.2 对具有密闭熔炼室的电渣重熔炉:

- a) 若为加压熔炼室, 应采取特殊防爆措施;
- b) 密闭熔炼室的强度应能承受设计允许的压力;
- c) 密闭熔炼室内的压力应细心检测, 并控制在允许范围内;
- d) 密闭熔炼室应安装特殊装置, 如安全阀或泄压阀, 防止异常过压。

6.5.3 对于使用保护气氛或反应气氛的电阻加热装置, 宜考虑气氛对加热元件和炉衬材料的热化学作用(如氧化、渗碳等), 选用合适的材料。

7 流体危险防护要求

7.1 一般要求

7.1.1 电阻加热装置流体危险防护应符合GB XXXX. 1—XXXX中7.1以及本文件7.1.2~7.1.6的规定。

7.1.2 电阻加热装置所有用于冷却、加热或作为工艺介质的流体系统, 其设计应安全可靠, 防止泄漏、喷溅以及因压力异常导致的危险。

7.1.3 对于电阻加热装置用液体冷却的带电部分, 冷却液的质量、软管长度以及管子和软管所用的材料等应使由于泄漏电流所造成的接触电压不超过安全值。

7.1.4 电阻加热装置通冷却液的各个部分的设计应能承受1.5倍的额定工作压力。

注: 对某些按其制造厂的规定不承受该试验压力的特殊设备, 在特殊要求中给出规定。

7.1.5 当电阻加热装置有构件采用强迫冷却时, 应采取监测其冷却效果。若冷却不足, 应发出报警信号, 必要时, 切断装置供电或用其他方法确保安全。

7.1.6 对电渣重熔炉:

- a) 应采取特殊防护措施, 确保在发生停电故障时结晶器和底盘仍能继续得到冷却;
- b) 冷却水回路应设置流量、压力和温度传感器, 实现实时监控。

7.2 液体危险防护要求

- 7.2.1 电阻加热装置液体危险防护应符合GB XXXX. 1—XXXX中7.2以及本文件7.2.2~7.2.4的规定。
- 7.2.2 对电阻加热装置液体冷却系统，应防止冷却液泄漏导致电气故障或烫伤。
- 7.2.3 对电渣重熔炉：
- a) 与液态金属或熔渣接触的工具在使用前应保持清洁干燥；
 - b) 应设置防止液态金属和熔渣泄漏、喷溅的措施，并设置应急收集槽；
 - c) 冷却系统的设计应满足以下要求：
 - 1) 冷却水源应满足冷却系统要求，防止被冷却部件过热；
 - 2) 铸造或焊接成型的结晶器，应无气孔和裂纹等缺陷，确保运行时不漏水、不影响传热效果；
 - 3) 结晶器上使用的密封垫与熔融炉料不应接触。
- 7.2.3 对盐浴炉和熔化炉：
- a) 浴料的最高允许温度应在温度控制器和温度限制器上明确标识；
 - b) 用于处理铝或变形铝合金的亚硝酸盐盐浴炉，不应处理以下材质的工件：
 - 1) 铸造铝合金；
 - 2) 成分未知的铝合金；
 - 3) 其他轻金属或合金；
 - 4) 重金属或合金；
 - 5) 钢。

若装置运行过程中炉温可能超过550℃，应在炉壳的明显位置张贴“禁止用于轻金属”的警告标识。

7.3 气体危险防护要求

- 7.3.1 电阻加热装置气体危险防护应符合GB XXXX. 1—XXXX中7.3以及本文件7.3.2的规定。
- 7.3.2 对电渣重熔炉：
- a) 化渣炉和结晶器的工作区域应配备排烟和净化装置；
 - b) 对于具有密闭熔炼室的电渣重熔炉，在惰性气体易聚集的区域应安装氧浓度检测传感器，同时安装报警系统。当出现异常情况时发出报警，提示操作人员不应进入相应区域。

7.4 压力安全装置要求

- 7.4.1 电阻加热装置的压力安全装置应符合GB XXXX. 1—XXXX中7.4以及本文件7.4.2的规定。
- 7.4.2 对电渣重熔炉：
- a) 盛放液体或气体的压力容器，不应放在炉子和控制室周围的工作区域内；
 - b) 密封熔炼室所用的材料、设计和制造应满足在制造商和用户商定的运行条件下对人身和装置安全的要求；
 - c) 在加压、保护气氛或真空气氛条件下，用于自耗电极熔化的密封熔炼室应采用无磁钢板制成，工作时用水冷却。

7.5 特殊场景流体危险防护要求

- 7.5.1 电阻加热装置特殊场景流体危险防护应符合GB XXXX. 1—XXXX中7.5以及本文件7.5.2~7.5.4的规定。
- 7.5.2 真空电阻加热装置抽气系统中应配备与电源联锁的自动阀门，在发生停电故障时能关断抽气管路，防止空气和真空泵油进入炉内。
- 7.5.3 高温流体（如熔融金属、高温熔渣）的容器和管道应具有足够耐热强度和抗热震性能，并设置防护措施防止人员接触。
- 7.5.4 真空系统抽气及充气过程应缓慢进行，防止气流冲击损坏密封件或管路变形，充气时通过缓冲装置控制流速，防止流体介质夹带杂质进入炉内。

8 辐射危险防护要求

8.1 电磁辐射防护要求

8.1.1 电阻加热装置电磁辐射防护应符合GB XXXX. 1—XXXX中8.1以及本文件8.1.2~8.1.4的规定。

8.1.2 电阻加热装置所产生的电磁干扰应在其适用范围内符合GB 4824—2025中给出的限值。

8.1.3 电阻加热装置的设计和操作应保护操作人员免受由装置发射的电磁场产生的任何有害作用。

8.1.4 对电渣重熔炉：

- a) 应采取有效措施确保操作人员免受电磁场的侵害；
- b) 控制室应设置在电磁辐射较低的区域；
- c) 熔炼过程中，大电流导体（短网）会产生较强的工频电磁场，应对操作岗位的电磁场强度进行监测，必要时设置磁屏蔽或增加操作距离。

8.2 光辐射防护要求

电阻加热装置光辐射防护应符合GB XXXX. 1—XXXX中8.2的规定。

8.3 激光辐射防护要求

电阻加热装置通常不涉及激光辐射。若装置中使用了激光设备，应符合GB XXXX. 1—XXXX中8.3的规定。

8.4 特殊辐射危险防护要求

对于特殊类型的电阻加热装置，如涉及电离辐射的，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

9.1.1 电阻加热装置的电源控制应符合GB XXXX. 1—XXXX中9.1以及本文件9.1.2的规定。

9.1.2 应采取预防措施，使手动拉闸切断电阻加热装置的供电时，操作人员处于安全位置。

9.2 应急切断要求

电阻加热装置的应急切断应符合GB XXXX. 1—XXXX中9.2的规定。

9.3 特殊电源控制防护要求

9.3.1 电阻加热装置特殊电源控制防护应符合GB XXXX. 1—XXXX中9.3以及本文件9.3.2的规定。

9.3.2 对电渣重熔炉：

- a) 控制室应位于能观察到整个炉子的位置上，控制室和炉子应隔开，隔开距离应满足操作电渣重熔炉安全运行的要求。下列指示和操作应集中在控制室内：
 - 1) 结晶器和底盘冷却回路水流量、压力、温度指示；
 - 2) 二次电流和电压的测量；
 - 3) 在炉子熔炼期间，对可能会有的某些动作的控制；
 - 4) 运行参数的设定；
 - 5) 报警；
 - 6) 紧急停炉开关；

- b) 操作紧急停炉开关后，电极应能自动提升至离开熔渣足够大的距离，并切断炉子电源，但不应停运冷却水泵或关闭冷却水回路。

10 安全信息要求

10.1 铭牌要求

10.1.1 电阻加热装置的铭牌应符合GB XXXX. 1—XXXX中10.1以及本文件10.1.2~10.1.3的规定。

10.1.2 电阻加热装置铭牌应包含以下内容：

- a) 额定温度；
- b) 最大功率（电阻加热装置冷态吸收的功率超出额定温度下吸收的功率 30%以上时，铭牌上应标注最大功率）；
- c) 组件制造商名称、型号、额定电压和额定功率；

备件与独立加热元件组件（加热器，如铠装加热元件），应永久标识制造商名称、型号、额定电压和额定功率。

- d) 适用时的防潮保护等级。

10.1.3 对电渣重熔炉，应补充主电路连接的识别标记，如炉子主电路图的标号。当装置的任何部分在细节上有重要更改时，应更新铭牌。

10.2 警告标志要求

10.2.1 电阻加热装置的警告标志应符合GB XXXX. 1—XXXX中10.2以及本文件10.2.2~10.2.3的规定。

10.2.2 对在超过250 °C下使用的加热罩(钟形罩)和类似加热设备，若朝向物料的内表面无法满足GB/T 5959.1—XXXX的防护要求，则应在其外表面永久固定高温警告标识。

10.2.3 应警告操作人员与炉子有关的各种危险。应用警告标牌提示他们不接近炉子下面的任何危险区域以及载流导体区域。这些危险区域的入口应用一个或多个栅栏挡住，做到合理实用。

10.3 安全信息维护要求

10.3.1 电阻加热装置的安全信息维护应符合GB XXXX. 1—XXXX中10.3以及本文件10.3.2的规定。

10.3.2 使用和维护的附加安全说明：

- a) 电极和预加热设备应仅在装置处于冷态和断开电源时才可插入、移动和更换。这也适用于额定电压低于交流 25 V 和/或直流 60 V 的电阻加热装置；
- b) 预加热设备的安装，不应使其接头处产生火花；
- c) 对电渣重熔炉：
 - 1) 工作区域应有畅通的安全门。出入通道应有标志，并保持清洁无阻，以便工作人员在紧急情况时能迅速撤离；
 - 2) 工作区域应备有防火服、防火绝缘手套、防护鞋和工具以及能盖住整个脸部和颈部的防高温安全套和非金属制的安全帽，并能方便取用；
 - 3) 在采用液渣起动工艺时，应采取预防措施避免与熔渣接触（相当于 1500 °C~1750 °C的预防措施），确保人身安全。