

中国中小商业企业协会团体标准

T/CASME XX—2022

硅芯铸锭炉

Silicon core ingot casting furnace

(征求意见稿)

XXXX—XX—XX 发布

XXXX—XX—XX 实施

中国中小商业企业协会 发布



## 目 次

前 言 .....	II
1 范围 .....	1
2 规范性引用文件 .....	1
3 术语和定义 .....	1
4 型号 .....	1
5 技术要求 .....	2
6 试验方法 .....	6
7 检验规则 .....	8
8 标志、包装、运输和贮存 .....	9

## 前 言

本文件依据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》的规定编写。

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这些专利的责任。

本文件由浙江晶阳机电股份有限公司提出。

本文件由中国中小商业企业协会归口。

本文件起草单位：浙江晶阳机电股份有限公司、。

本文件起草人：XXXXXXXX。

# 硅芯铸锭炉

## 1 范围

本文件规定了硅芯铸锭炉的术语和定义、技术要求、试验方法、检验规则、标志、包装、运输和贮存。

本文件适用于硅芯铸锭炉。

## 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；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。

- GB150.1-2011 压力容器
- GB/T 2900.23-2008 电工术语工业电热装置
- GB/T 3768-1996 声学声压法测定噪音源声功率级反射面上方采用包络测量表面的简易法
- GB4053.2-2009 固定式钢梯及平台安全要求第2部分：钢斜梯
- GB4053.3-2009 固定式钢梯及平台安全要求第3部分：工业防护栏杆及钢平台
- GB/T 4842-2006 氩
- GB/T 4879-1999 防锈包装
- GB/T5048-1999 防潮包装
- GB5226.1-2008 机械电气安全机械电气设备第1部分：通用技术条件
- GB5959.1-2005 电热装置的安全第1部分：通用要求
- GB/T10066.1-2004 电热设备的试验方法第1部分：通用部分
- GB/T10066.4-2004 电热设备的试验方法第4部分：间接电阻炉
- GB/T 10067.4-2005 电热装置基本技术条件第4部分：间接电阻炉
- GB/T11446.1-2013 电子级水
- GB/T 13306-2011 标牌
- GB/T13384-2008 机电产品包装通用技术条件
- JB/T 9691-1999 电热设备产品型号编制方法
- ISO8573.1-2001 压缩空气第一部分污染物和清洁度等级

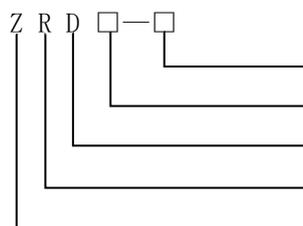
## 3 术语和定义

本文件没有需要界定的术语和定义。

## 4 型号

### 4.1 产品型号

参照JB/T 9691—1999中的规定，产品的型号规定如下：



企业代号  
标称铸锭重量  
硅芯铸锭炉  
电阻加热  
真空炉

## 4.2 主要参数

在标准中对各个型号的硅芯铸锭炉应分别列出以下各项主要参数：

- a) 电源电压：V；
- b) 电源频率：Hz；
- c) 相数：相；
- d) 最大装料量：kg；
- e) 热场尺寸：mm；
- f) 加热器功率：kW；
- g) 变压器容量：kVA；
- h) 工作电压：V；
- i) 工作温度：℃；
- j) 最高加热温度：C；
- k) 冷炉极限真空度：Pa；
- l) 工作真空度：Pa；
- m) 极限真空度：Pa；
- n) 泄漏率：Pa·L/s；
- o) 单位电耗：kW·h/kg；
- p) 年单台产能：MW；
- q) 氩气压力：Pa；
- r) 压缩空气压力：Pa；
- s) 冷却水进出水压力：Pa；
- t) 水流量：L/min；
- u) 主机重量：kg；
- v) 主机外形尺寸：mm。

## 5 技术要求

### 5.1 一般要求

多晶炉应符合GB/T 10067.4—2005中第5章的规定。

### 5.2 对设计和制造的补充要求

#### 5.2.1 钢结构平台及外观质量

- 5.2.1.1 各钢结构件外观应平整，无毛刺、破损等缺陷。
- 5.2.1.2 钢斜梯安全技术条件应符合 GB 4053.2-2009 中的第 4 点规定。
- 5.2.1.3 防护栏杆、平台安全技术条件应符合 GB 4053.3-2009 中的第 4 点的规定。
- 5.2.1.4 各部件安装应安全可靠。

## 5.2.2 驱动机构

- 5.2.2.1 软轴的正、反回转应平稳，无冲击、抖动现象。
- 5.2.2.2 电机、同步带轮、联轴节等应运转平稳，无异常杂音。
- 5.2.2.3 升降机、电动滑轨、T型齿轮箱等应运转灵活，无卡死现象。

## 5.2.3 真空系统

- 5.2.3.1 真空泵机组（罗茨泵和机械泵）应运转平稳，无异常杂音。
- 5.2.3.2 插板阀、挡板阀等各元件应动作正常、反应灵敏。
- 5.2.3.3 各管路、阀体、泵、密封件应联接紧固，密封良好。
- 5.2.3.4 真空泵机组极限真空度应不大于 0.6Pa。
- 5.2.3.5 真空泵机组（罗茨泵和机械泵）噪声声压级应小于 80dB（A）。

## 5.2.4 电气系统

- 5.2.4.1 电源柜 380V/220V 电源接入接出处应设置防护板及接地保护措施。
- 5.2.4.2 电器元件应操作灵敏，安全可靠。
- 5.2.4.3 各导线接头应牢固，无松动。
- 5.2.4.4 各导线布置及导线标识应符合 GB 5226.1—2008 中 13.1 和 13.2 的规定。
- 5.2.4.5 应设置控制器备用电源。
- 5.2.4.6 绝缘物防护应符合 GB 5226.1—2008 中 6.2.3 的规定。

## 5.2.5 水冷却系统

- 5.2.5.1 各管、接头、胶管、阀和表联结紧固，密封处不得渗漏。
- 5.2.5.2 各路进水、出水胶管应分别用红、蓝色标识清楚。
- 5.2.5.3 进出水总管按照 1MPa 水压保压 5min，压力值不下降。
- 5.2.5.4 冷却水水质应符合 GB/T 11446.1—2013 中 EW—IV 标准工业纯水的规定。
- 5.2.5.5 进水压力 0.35MPa~0.45MPa，进水温度  $(24\pm 1)^\circ\text{C}$ 。
- 5.2.5.6 应配备备用冷却水系统，应使用市政自来水或以上水质，进水压力 0.15MPa~0.25MPa。
- 5.2.5.7 冷却水总流量见表 1。

表 1 冷却水流量值

名称	型号		
	ZDR500-X	ZDR800-X	ZDR1200-X
冷却水流量/ (L/min)	>150	>180	>280

## 5.2.6 真空炉体

- 5.2.6.1 炉体内炉壁材料选用优质不锈钢（宜选用 316 及以上优质不锈钢），外炉壁材料选用优质不锈钢（宜选用 304L 及以上优质不锈钢），无焊接、机加工等缺陷，表面光洁美观，筒体、封头设计应符合 GB 150.1-2011 中 4.3 的规定。
- 5.2.6.2 上下炉体法兰面平面度不大于 0.2mm。
- 5.2.6.3 上炉体与支撑架连接后调水平，法兰面水平度小于 2/1000（测量范围 2000mm~3000mm）。
- 5.2.6.4 上炉体（包括顶盖、上封头、上直筒体等）、下炉体（包括下直筒体、下封头等）及各接头、焊缝处做水压试验无水泄露。

5.2.6.5 下炉体行程 900mm~1200mm。

5.2.6.6 真空炉各部件之间连接应根据高温、真空等条件选择相应的密封要求。

### 5.2.7 加热系统

5.2.7.1 加热元件使用材料应选择耐高温，冷、热态电阻均匀，灰粉含量不大于 150ppm 的等静压石墨电阻加热器。

5.2.7.2 加热元件在炉内的布置应符合加热和炉温均匀度的要求，有足够长的使用寿命，同一套加热器电阻值允许变化范围为 5%。

5.2.7.3 各石墨加热元件联结处接触紧密，安装应可靠固定。

5.2.7.4 动力电源必须配置带自动切换装置的备用电源。

5.2.7.5 铜电极、水冷电缆联结紧固后，密封处不渗漏。

5.2.7.6 铜电极外露罩壳需张贴带电警示标示。

### 5.2.8 隔热系统

5.2.8.1 隔热部件应满足可靠、耐用和热损失最小等要求（保温材料厚度 50mm 时，体密度  $0.1\text{g}/\text{cm}^3\sim 0.2\text{g}/\text{cm}^3$ ，灰粉含量不大于 130ppm，平均热传导率控制在  $0.2\text{W}/\text{m}/\text{K}\sim 0.4\text{W}/\text{m}/\text{K}$ ），根据其使用条件合理选择碳纤维保温材料。

5.2.8.2 热交换台上表面水平度不大于 1/1000（测量范围 800mm~1300mm）。

5.2.8.3 内外隔热板拼接无间隙。

5.2.8.4 原点位置时，底部保温板上部与隔热笼底部隔热板下表面距离 1mm~3mm。

### 5.2.9 氩气要求

5.2.9.1 提供干燥、高纯的氩气，符合 GB/T 4842-2006 中 3.2 的要求。

5.2.9.2 压力：供气压力  $0.2\pm 0.03\text{MPa}$ 。

5.2.9.3 氩气系统管路各部件密封性能良好，能满足正常工作要求。

### 5.2.10 压缩空气要求

5.2.10.1 提供符合 ISO 8573.12001 中规定的 3 级标准的压缩空气。

5.2.10.2 压力：供气压力  $0.5\text{MPa}\sim 0.8\text{MPa}$ 。

### 5.2.11 测量、控制和记录

5.2.11.1 多晶炉的测量、控制和记录应符合 GB/T10067.42005 中 5.2.9 的要求。

5.2.11.2 多晶炉应配置可监测硅料从液态转变成固态的红外测温仪。

5.2.11.3 多晶炉应配置可测量范围  $0.01\text{Pa}\sim 10\times 10^5\text{Pa}$  之间真空度的薄膜电容式压力传感器。

## 5.3 性能要求

### 5.3.1 空炉抽气时间

多晶炉在没有安装任何保温、加热材料和硅料情况下，应能在 30min 内抽气达到所要求的工作真空度。

### 5.3.2 真空度

常温状态下，多晶炉空炉的极限真空度应不大于  $0.6\text{Pa}$ ，装料后的极限真空度应不大于  $0.8\text{Pa}$ 。

### 5.3.3 泄漏率

在5.3.2规定的真空度状态下，多晶炉炉体的泄漏率小于 $5 \times 10^6 \text{Pa} \cdot \text{L/s}$ 。

### 5.3.4 炉温均匀性

在工作温度范围内，多晶炉炉温均匀度应不超过 $\pm 2^\circ\text{C}$ 。

### 5.3.5 炉温稳定度

在工作温度范围内，多晶炉炉温稳定度应不超过 $\pm 0.50^\circ\text{C}$ 。

### 5.3.6 温度控制要求及精度

炉内恒温区的工作温度不低于 $1450^\circ\text{C}$ ，最大加热温度不低于 $1600^\circ\text{C}$ 。温度在正常工作温度范围内，当电源电压在 $\pm 10\%$ 范围内波动时，炉内恒温区的温度偏差在 $\pm 0.1\%$ 范围内。

### 5.3.7 绝缘电阻

电阻炉的炉衬经充分烘干干燥并冷却到环境温度后，各相加热元件对炉壳和各相之间的绝缘电阻不得低于 $0.5\text{M}\Omega$ 。控制电路对地（在电路不直接接地时）的绝缘电阻应不低于 $1\text{M}\Omega$ 。

### 5.3.8 隔热层升降速度

隔热层升降速度为 $0.05\text{mm/min} \sim 150\text{mm/min}$ 。

### 5.3.9 下炉体升降速度

下炉体升降速度应 $\leq 400\text{mm/min}$ 。

### 5.3.10 单位电耗

符合标准配料、标准工艺的条件下，各炉型的单位电耗见表2。

表2 单位电耗

名称	型号		
	ZDR500-X	ZDR800-X	ZDR1200-X
单位电耗/ ( $\text{kW} \cdot \text{h/kg}$ )	$\leq 7.5$	$\leq 7$	$\leq 6.5$

### 5.3.11 成套要求

一般包括下列各项：

- a) 多晶炉主机（炉体及相关机械构件）；
- b) 钢结构平台；
- c) 控制柜；
- d) 加热部件（石墨加热器及相关石墨制品）；
- e) 保温部件；
- f) 水冷部件；
- g) 真空部件（包括泵组和真空管路）；
- h) 加热电源（变压器及相关组件）；
- i) 产品说明书；

- j) 机械维护说明书;
- k) 电气维护说明书。

可对上述项目作必要的补充, 并应列出各个项目的具体内容, 包括型号、规格和数量。

## 6 试验方法

### 6.1 试验要求

#### 6.1.1 环境要求

温度:  $+5^{\circ}\text{C}\sim+30^{\circ}\text{C}$ 。

相对湿度: 不大于85%, 不结露。

#### 6.1.2 冷态试验

在多晶炉出厂前以及在安装和冷态调整过程中, 应进行冷态试验。安装和试验装备应按说明书进行。试验中应采取必要的安全保护措施。

#### 6.1.3 热态试验

除非另有规定, 热态试验应在冷态试验合格后进行, 多晶炉应处在正常工作状态。试验中不得采取任何会影响被试验设备性能的临时性措施。

### 6.2 一般要求

按GB/T 10067.4—2005中第5章的规定进行。

### 6.3 冷态试验

#### 6.3.1 触电防护措施试验

外观检查应确保设计的安全措施, 电源柜中所有380V/220V电源接入接出处应设置防护板及接地连接, 特别是所有接地措施和等电位连接均符合制造厂的安装要求。

#### 6.3.2 绝缘电阻测量

按GB/T 10066.1—2004中7.1.2的规定进行。

#### 6.3.3 水冷却系统试验

6.3.3.1 将冷却水的压力调节到其规定的最低值, 冷却水在所有冷却回路内均应畅通。

6.3.3.2 多晶炉的冷却水流量用流量计测量或由一定时间内流出的冷却水的体积除以该时间算得。

6.3.3.3 关闭各冷却回路的出口, 把冷却水的压力调节到规定最高值的1.5倍并至少保持5min。试验中应无冷却水渗漏现象。

6.3.3.4 应检查冷却系统的所有阀, 以确保它们满足规定的运行状况。

6.3.3.5 对于特别部件和装置对水压的不同要求应按其设计规定在其制造过程中单独进行试验, 如上炉体(包括顶盖, 上封头, 上直筒体等)单独要求水压测试, 测试压力为规定值的2倍(1MPa), 要求保压5min以上, 各接头、焊缝处无水泄露; 下炉体(包括下封头, 下直筒体等)单独要求水压测试, 测试压力为规定值的1.8倍(0.8MPa), 要求保压5min以上, 各接头、焊缝处无水泄露; 进出冷却水

总管，单独要求水压测试，测试压力为规定值的 2 倍（1MPa），要求保压 5min 以上，各接头、焊缝处无水泄露。

#### 6.3.4 氩气气路系统试验

6.3.4.1 出厂检验时，对以氩气为气源的气路系统，按正常工作状态操作，各个系统应动作正常，无漏气现象；对控制气氛炉用的各种气体发生装置和净化装置的管道，从进气口通入压缩空气，并采取措施使气路系统中的压力达到系统额定工作压力的 1.5 倍，并保持 10min，管路各处应无漏气现象。

6.3.4.2 型式检验时，在气路系统安装后重复以上检验，在整个试验过程中，各个系统应动作正确，管路各处应无漏气现象。

#### 6.3.5 驱动机构试验

在多晶硅冷态情况下，观察和测量驱动机构运转和动作的情况，如动作的正确性、行程范围、运动速度，驱动电机的输入功率等。

#### 6.3.6 真空试验

##### 6.3.6.1 极限真空度测量

在空炉冷态情况下，用真空炉本身配套的真空系统进行试验。按正常工作条件启动真空泵组，直到炉内压力达到最低值。真空炉应能达到产品标准中所规定的极限真空度值。测量真空度的仪表的测量准确度应在所测真空度值的 25% 范围内。

##### 6.3.6.2 空炉抽真空时间试验

在上述试验中，从炉内压力为大气压时开始到炉内真空度达到产品标准中规定的极限真空度（多晶硅空炉极限真空度为 0.6Pa）为止的时间，即为空炉抽真空时间。

##### 6.3.6.3 泄漏率试验

6.3.6.3.1 泄漏率在上述试验炉腔达到极限真空以后，关闭真空腔各通气口的真空阀门，并关停真空泵。泄漏率按式（1）计算：

$$\Delta p = \frac{p_2 - p_1}{\Delta t} \times V \dots\dots\dots (1)$$

式中：

$\Delta P$ ——泄漏率，单位为帕升每秒（Pa·L/s）；

$p_1$ ——第一次读数时真空腔内的压力，单位为帕（Pa）

$p_2$ ——第二次读数时真空腔内的压力，单位为帕（Pa）

$\Delta t$ ——两次读数的时间间隔，单位为秒（s）， $\Delta t$  应不小于 300s

$V$ ——炉腔的容积，单位为（L）。

6.3.6.3.2 第一次读数的时间应按产品标准的规定，产品标准中未规定时，为关闭真空阀门后 15min。两次读数应当用同一只真空计的同一测量档。

#### 6.3.7 加热元件制造质量的检验

在加热元件的制造和多晶炉的装配安装过程中应按设计图样要求，用量具测量加热元件的主要尺寸，用电阻测量仪按图纸测量加热元件的电阻值，必要时可用十倍放大镜检查加热元件表面有无裂纹等缺陷。

## 6.4 热态试验

### 6.4.1 冷却水流量测量

多晶炉的冷却水流量用流量计测量（流量计流量范围 13.6L/min~136.4L/min）。

### 6.4.2 真空泵噪声测量

噪声测量参照GB/T 3768-1996中7.5的规定进行。

### 6.4.3 装料后工作真空度的检测

在多晶炉型式检验、工艺检验或工业运行检验中，按制造厂和用户商定的炉料和工艺，用多晶炉本身配套的真空计测量，应满足6.3.1的规定。

### 6.4.4 炉温均匀度的测量

6.4.4.1 参照 GB/T10066.4-2004 中 6.15 的规定，工作区内测温点的布置按 GB/T 10066.4-2004 中 6.15.5 的规定。

6.4.4.2 试验温度应以多晶材料的结晶温度为准。

6.4.4.3 在试验温度下进行试验。试验应在 6×10Pa（工作压力）到极限真空度之间不同压力下各测取三组数据，然后求三者的算术平均值。

6.4.4.4 试验温度下的炉温均匀度应满足标准的规定。

### 6.4.5 炉温稳定度的测量

炉温稳定度测量方法参照GB/T 10066.4-2004中6.16的规定。

### 6.4.6 单位电耗的测算

在多晶炉型式检验、工艺检验或工业运行检验中，按式（2）测算单位电耗：

$$E_0 = \frac{E_a}{m} \dots\dots\dots (2)$$

式中：

$E_a$ ——生产一炉多晶硅所消耗的电能，单位为千瓦时（kW·h）；

$E_0$ ——单位电耗，单位为千瓦时每千克（kW·h/kg）；

$M$ ——单炉生产多晶硅的质量，单位为千克（kg）。

## 7 检验规则

### 7.1 检验分类

产品检验分为出厂检验与型式检验。

### 7.2 出厂检验

7.2.1 每件产品必须经公司质检部门检验合格，并签发合格证书方可出厂。

7.2.2 出厂检验项目为 5.2。

7.2.3 出厂检验项目中有不合格项，允许采取补救措施，直至检验合格后方可出厂。

### 7.3 型式检验

7.3.1 在下列情况之一时,应进行型式检验:

- a) 新产品试制定型时;
- b) 停产一年后恢复生产时;
- c) 设计、工艺材料有重大变化时;
- d) 正常批量生产时,每年不少于一次;
- e) 质量监督部门需安进行型式试验要求时。

7.3.2 型式检验产品应从每个品种的出厂合格产品系列中任意抽取,数量为每批3件。

7.3.3 型式检验项目为本文件规定的全部要求。

7.3.4 型式检验结果有一件不合格可加倍抽取,对不合格项进行复验,复验结果仍不合格,则判为不合格。

## 8 标志、包装、运输和贮存

### 8.1 标志

8.1.1 每套电热装置都应有铭牌,铭牌应固定在电热设备明显易见的位置上。

8.1.2 铭牌上应标出下列各项:

- a) 产品的型号和名称;
- b) 硅锭尺寸(mm);
- c) 投料量(kg);
- d) 额定功率(kW);
- e) 最高温度(°C);
- f) 出厂日期;
- g) 出厂编号;
- h) 原产地标记(制造厂的名称或标记)。

8.1.3 制造厂自制的配套件都应有各自的铭牌。

8.1.4 多晶炉的指示、控制、操作等部分应有必要的表示名称、位置或状态(方向)、接地等标志。

8.1.5 各种标牌,包括铭牌应符合 GB/T 13306-2011 的规定。

### 8.2 包装和运输

8.2.1 产品的包装应适应其运输条件。

8.2.2 产品的包装应符合 GB/T13384-2008 的规定。配套件的包装应符合相应专业包装标准的规定。防锈、防潮包装应分别符合 GB/T4879-1999 和 GB/T5048-1999 的规定。

8.2.3 制造厂应根据上述标准结合产品特点,制定本企业的产品包装标准。

### 8.3 贮存

经包装的电热装置产品,应妥善地存放在相对湿度不超过 90%和通风良好的场所,不得颠倒、侧放。对临时露天存放的包装箱应采取防雨、防潮和防止碰撞等措施。