

ICS 25.180.10
K 61

团 体 标 准

T/CSM1—2020

阶梯连续加料电弧炉

Stepwise Continuous Feeding EAF

2020-6-11 发布

2020-6-11 实施

中国金属学会 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 产品分类	3
5 技术要求	4
6 试验方法	8
7 检验规则	8
8 订购和供货	8

前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准由中国金属学会提出并归口。

本标准起草单位：中冶赛迪工程技术股份有限公司、西安电炉研究所有限公司、北京科技大学、中冶陕压重工设备有限公司。

本标准主要起草人：谈存真、张豫川、黄其明、石秋强、刘春霆、施维枝、李琨、王耀琨、董凯

阶梯连续加料电弧炉

1 范围

本标准规定了阶梯连续加料电弧炉的产品分类、技术要求、试验方法、检验规则以及订购和供货。

本标准主要适用于采用交流供电的 70t 及以上阶梯连续加料电弧炉。对直流供电及类似的废钢预热型电弧炉可供参考。

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。凡是注明日期的引用文件，仅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 5959.1—2005 电热装置的安全 第1部分：通用要求
- GB 28664—2012 炼钢工业大气污染物排放标准
- GB/T 2900.23—2008 电工术语 工业电热装置
- GB/T 4223—2017 废钢铁
- GB/T 10066.1—2004 电热设备的试验方法 第1部分：通用部分
- GB/T 10066.10—2005 电热装置的试验方法 第10部分：直接电弧炉
- GB/T 10067.1—2005 电热装置基本技术条件 第1部分：通用部分
- GB/T 10067.2—2005 电热装置基本技术条件 第2部分：电弧加热装置
- GB/T 10067.21—2015 电热装置基本技术条件 第21部分：大型交流电弧炉
- GB/T 12326—2008 电能质量 电压波动和闪变
- GB/T 14549—1993 电能质量 公用电网谐波
- GB/T 15543—2008 电能质量 三相电压不平衡
- GB/T 19418—2003 钢的弧焊接头 缺陷质量分级指南
- HJ 77.2—2008 环境空气和废气 二噁英类的测定 同位素稀释高分辨气相色谱—高分辨质谱法
- JB/T 5000.3—2007 重型机械通用技术条件 第3部分 焊接件
- JB/T 9640—2014 电弧炉变压器
- YB/T 161—2017 电炉用管式水冷设备技术条件

3 术语和定义

GB/T 2900.23—2008、GB 5959.1—2005、GB/T 10066.10—2005 和 GB/T 10067.21—2015 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。为了便于使用，以下重复列出了 GB/T 10067.21—2015 中的某些术语和定义。

3.1

出钢量 tapping capacity

电弧炉每炉次出钢倾倒入钢水罐中的钢水重量。

注：通常以吨(t)为计量单位。

3.2

留钢量 hot heel

电弧炉采用留钢操作时，每炉次出钢后炉膛内余留钢水重量。

注：通常以吨(t)为计量单位。

3.3

留钢操作 hot heel operation

出钢时余留部分钢水，以达到无渣或少渣出钢，有助于采用连续加料工艺电弧炉快速形成泡沫渣、快速熔化废钢，通常采用偏心底出钢操作。

注：修改 GB/T 10067.21—2015，定义 3.7。

3.4

平熔池冶炼 flat bath operation

充分利用电弧炉内热熔池的传导热和对流热熔融废钢的冶炼操作工艺，通常配备废钢预热连续加料装置冶炼期间高温电弧被熔池表面的渣层覆盖，电弧功率输入平稳。

3.5

偏心底出钢 eccentric bottom tapping; EBT

出钢口设在电弧炉底部，与炉体中心之距大于炉体半径，在炉内形成非圆形偏心熔池，通过控制倾炉速度，实现等静压无渣出钢的操作工艺。

3.6

废钢预热 scrap preheating

利用电弧炉冶炼中的烟气显热以及化学能燃烧释放的热量，预热加入炉内的废钢，从而节约冶炼能耗。

注：修改 GB/T 10067.21—2015，定义 3.5。

3.7

阶梯连续加料装置 Stepwise Continuous Feeding Equipment; SCFE

槽底设有阶梯结构的连续加料装置，由阶梯连续加料装置预热段和阶梯连续加料装置加料段两部分组成。

3.8

阶梯连续加料装置预热段 SCFE preheating conveyor

废钢连续加料预热的通道，槽底每隔一段设有阶梯结构，废钢通过阶梯发生翻动，部分废钢交换至表面。

3.9

阶梯连续加料装置加料段 SCFE preheating conveyor

用于接受废钢并将其输送至预热段的振动输送机。

3.10

阶梯连续加料电弧炉 Stepwise Continuous Feeding EAF

具有阶梯连续加料装置的废钢预热型电弧炉。

4 产品分类

4.1 产品规格

阶梯连续加料电弧炉按额定容量、炉壳内径、变压器容量、预热段槽内宽及留钢量共分为 8 个规格，见表 1。

表 1 产品规格

额定容量 t	炉壳内径 m	变压器容量 MVA	预热段槽内宽 m	留钢量 t
70	5.7	50~63	2.2~2.4	35
80	5.9	56~72	2.2~2.4	40
90	6.1	63~80	2.4~2.6	45
100	6.4	70~90	2.4~2.6	50
120	6.8	84~110	2.6~2.8	60
150	7.4	105~135	2.6~2.8	75
180	8.0	125~160	2.8~3.0	90
200	8.3	140~180	2.8~3.0	100

注 1: 本表适用于全废钢阶梯连续加料电弧炉, 对兑铁水工艺的电弧炉, 可参考本表
 注 2: 表中变压器容量为参考值, 根据冶炼工艺节奏, 应由实际计算确定
 注 3: 表中预热段槽内宽供参考, 对不同类型的废钢以及不同的冶炼周期可相应调整
 注 4: 表中留钢量为推荐值, 对于不同的熔池设计可相应增减

4.2 主要参数项

阶梯连续加料电弧炉的产品规格书中, 一般应按表 2 列出以下主要参数项。

表 2 阶梯连续加料电弧炉主要参数项

序号	参数名称	单位	备注
1	电弧炉额定容量	t	一般等于出钢量
2	出钢量	t	
3	留钢量	t	
4	冶炼周期	min	
5	变压器额定容量	MVA	
6	一次侧电压	kV	
7	一次侧电流	A	

表 2 （续）

序号	参数名称	单位	备注
8	二次侧电压	V	
9	二次侧额定电流	kA	
10	三相阻抗不对称系数	%	
11	电抗器额定容量	kvar	
12	炉壳内径	mm	
13	出钢方式		偏心底出钢
14	电极直径	mm	
15	电极分布圆直径	mm	
16	电极最大升降行程	mm	
17	电极升降速度	m/min	最大速度
18	倾炉角度（出钢/出渣）	°	
19	倾炉速度（出钢/出渣）	°/s	
20	废钢输送能力	t/h	堆密度 0.6t/m ³ 计
21	废钢预热温度	°C	
22	阶梯连续加料装置长度	m	
23	预热段长度	m	
24	振动输送速度	m/min	
25	振动输送频率	Hz	
26	阶梯连续加料装置装机容量	kW	
27	冷却水流量	m ³ /h	
28	冷却水压力	MPa	

5 技术要求

5.1 通用要求

应符合 GB/T 10067.21—2015 中的 5.1、5.2 及 5.3 的相关规定。当该标准的规定与本要求有差异时以本要求的规定为准。

5.2 电力条件及用电要求

应专线输送电弧炉主回路用电，供电容量大于或等于电弧炉变压器额定容量的 1.3 倍；供电负荷应满足电弧炉正常工作短路容量的要求，即当电弧炉变压器工作电流达到额定电流的 2 倍时，供电负荷保持 6s 内不跳闸；100t 以上电弧炉宜考虑动态无功补偿装置，并满足 GB/T 12326—2008、GB/T 14549—1993 及 GB/T 15543—2008 的相关要求，消除电弧炉工作时对电网的影响。

5.3 对安全条件的补充要求

阶梯连续加料装置加料段应提供防护装置，如护栏或通道遮盖，以免加料时洒落废钢危及操作及检修人员的安全。

冶炼过程中，预热通道内可燃气体存在潜在的爆炸可能，应采取相应的安全措施，控制混风量使一

氧化碳等可燃气体在通道内燃烧。

5.4 金属炉料条件的特殊要求

金属炉料中的废钢铁应符合 GB/T 4223—2017 中 4.2.3 熔炼用废铁和 4.3.3 熔炼用废钢的规定，并满足第 5 章的技术要求。其中通过阶梯连续加料装置加入炉内的炉料还应符合表 3 要求。对于采用直接还原铁（DRI）、热压块（HBI）等炉料，炉料条件可按 8.2 规定提出。

表 3 金属炉料条件

预热段槽内宽 m	废钢长度 m	废钢宽度 m	废钢高度 m	废钢单重 kg
2.2	≤1.1	≤0.4	≤0.4	≤500
2.4	≤1.2	≤0.4	≤0.4	≤500
2.6	≤1.3	≤0.5	≤0.5	≤500
2.8	≤1.4	≤0.5	≤0.5	≤500
3.0	≤1.5	≤0.6	≤0.6	≤500

5.5 对设计的补充要求

5.5.1 炉体

阶梯连续加料电弧炉上炉壳高度宜小于普通电弧炉，宜采用滚轮倾动式。炉体应配备称重系统，实时将重量信息传递给控制系统和操作人员。

炉体的倾炉动作应与阶梯连续加料装置连锁，当预热段前端伸入炉内时允许炉体小角度倾动，一般倾动角度不大于±5°。

应检测炉体和炉盖冷却水温度、压力、流量等参数。

5.5.2 阶梯连续加料装置

阶梯连续加料装置的预热段槽体和第一段烟罩应采用水冷结构，其余烟罩可采用耐火材料内衬结构。预热段槽体与烟罩之间应设有密封，预热段与加料段之间应设有动态密封装置。

阶梯连续加料装置激振器宜采用变频电机驱动，通过频率的调整控制废钢输送速度。预热段槽体伸缩机构宜采用油缸驱动，事故状态时，液压系统应能保证预热段槽体退出炉体外，不影响炉体正常倾动。

废钢预热后烟气中易产生二噁英类物质，阶梯连续加料电弧炉应配备二噁英治理设施。

5.5.3 变压器选型及档位设置

变压器选型及规格应参照 JB/T 9640—2014。根据冶炼产能需求、作业率、辅助能源利用、冶炼品种及操作工艺等因素，并考虑正常冶炼中无穿井过程，计算电弧炉变压器额定容量（见表 1）、过载能力及低压侧档位值。档位选择原则：连续加料平熔池冶炼时，选低电压大电流档位；第一炉穿井期选高电压档位。确认短路阻抗值、调压方式、冷却方式、低压侧出线方式及信号要求等。

5.6 对制造的补充要求

5.6.1 阶梯连续加料装置水冷件

管式水冷件制造应符合 YB/T 161—2017 中相关规定。

板式水冷件，钢板宜采用机械加工坡口，承压部分的焊缝质量应不低于 GB/T 19418—2003 中的 B 级。制作完成后应进行水压试验，试验压力应符合 6.3.2 规定，水压试验合格后，进行泄漏试验，试验后将水排净。板式水冷件的制造参照 YB/T 161—2017 有关规定执行。

5.6.2 阶梯连续加料装置

阶梯连续加料装置加料段槽底及阶梯应采用耐磨钢板，焊接件应符合 JB/T 5000.3—2007 的有关规定。激振器齿轮宜采用合金钢锻件制造，并进行表面热处理，表面硬度不低于 HRC45。

激振器连接螺栓应采用高强度螺栓，并采用可靠的防松措施。

5.7 性能要求

5.7.1 绝缘电阻

应符合 GB/T 10067.21—2015 中 5.4.2 规定。

5.7.2 三相阻抗不对称系数

三相阻抗不对称系数应小于等于 5%。

5.7.3 电极升降速度

应满足 GB/T 10067.21—2015 中 5.4.4 规定。

5.7.4 电极移动调节系统

应符合 GB/T 10067.21—2015 中 5.4.5 规定。

5.7.5 主电路功率因数

功率因数的平均值应在 0.85 至 0.89 之间（补偿前）。

5.7.6 废钢输送能力

阶梯连续加料装置预热段输送废钢速度为 5~8m/min，输送能力见表 4。

表 4 废钢输送能力

预热段槽内宽 m	2.2	2.4	2.6	2.8	3.0
废钢输送能力 t/h	235~375	255~410	275~445	300~480	320~515
注：废钢堆密度 0.6t/m ³ ，其余堆密度可相应折算。					

5.7.7 废钢预热温度

废钢入炉温度不低于 300℃；使用燃气烧嘴强化预热不低于 500℃。

5.7.8 通电冶炼过程中废钢预热段出口烟气温度应不低于 800℃，为二噁英的分解提供必要条件。

5.7.9 设备噪声

阶梯连续加料电弧炉生产时各部分设备的噪声应满足表 5 要求。

表 5 设备噪声

测量位置	噪声值	备注
电弧炉操作室内	≤70 dB(A)	电弧炉冶炼噪声
电弧炉周边位置	≤90 dB(A)	电弧炉冶炼噪声
阶梯连续加料装置周边位置	≤80 dB(A)	设备工作噪声
注 1: 电弧炉周边位置指距炉体 10 米处		
注 2: 阶梯连续加料装置周边指设备外 5 米处		
注 3: 噪声应在炉门关闭、正常冶炼及合理泡沫渣条件下测试		

5.7.10 二噁英类排放

阶梯连续加料电弧炉烟气中二噁英类排放浓度限值应满足表 6 要求, 监测位置为电弧炉废气处理设施后的排气筒。

表 6 二噁英类排放浓度限值

污染物	限值
二噁英类	0.2 ng-TEQ/m ³

5.7.11 其他性能要求

冶炼周期、通电时间、单位时间生产率及能源消耗等性能要求, 可由供需双方商定提出。

5.8 成套要求

5.8.1 一般要求

按 GB/T 10067.1—2005 中 5.4 规定及下列条款执行。

5.8.2 成套供货范围

- a) 电弧炉本体及附属设备;
- b) 阶梯连续加料装置;
- c) 机上冷却水、液压、燃气等配管、阀门及检测仪表;
- d) 氧碳喷吹系统;
- e) 强化预热烧嘴系统 (可选配);
- f) 烟气成分在线检测系统 (可选配);
- g) 冶炼控制模型 (可选配);
- h) 自动测温取样机器人 (可选配);
- i) 底搅拌系统 (可选配);
- j) 烟气二噁英处理设施。

5.8.3 不成套供货及协商供货范围

按 GB/T 10067.21—2015 中 5.5.3 规定及预热段烟罩和烟道耐火材料。

6 试验方法

按 GB/T 10066.1—2004 和 GB/T 10066.10—2005 的有关规定和以下要求执行。

6.1 噪声测试方法

阶梯连续加料电弧炉噪声测试按 GB/T 10066.1—2004 中 7.2.6 规定执行。

6.2 水冷件水压试验

6.2.1 管式水冷件试验方法及合格要求按 YB/T 161—2017 中 3.6.5 与 4.4 规定执行。

6.2.2 板式水冷件的试验压力应不低于工作压力的 1.5 倍，试验方法按 YB/T 161—2017 中 4.4 规定执行。

6.3 二噁英测试方法

烟气中二噁英类检测取样按 GB 28664—2012 中 5.4 规定执行，测试应符合 HJ 77.2—2008 的规定。

6.4 废钢输送能力测试方法

测试时，阶梯连续加料装置正常工作，加料段及时补充废钢，记录一段时间内加入电弧炉内的废钢重量，计算单位时间内加入废钢重量作为阶梯连续加料装置废钢输送能力，测量三次取平均值作为测试结果，以 t/h 计。

用于测试的废钢堆密度宜为 $0.6\text{t}/\text{m}^3$ ，其余堆密度的废钢可相应折算，测试废钢重量宜不少于每炉次所加废钢重量的三分之一。

7 检验规则

按 GB/T 10067.21—2015 中第 7 章 产品技术协议进行检验、验收。

8 订购和供货

8.1 订购

按 GB/T 10067.1—2005 和 GB/T 10067.2—2005 中第 9 章和产品技术协议的规定执行。

8.2 用户的特殊要求

用户在订货时，可根据自己的特殊需求进行补充，供货厂商应尽可能满足用户的各项特殊要求，在订货时由供需双方商定，并以协议方式加以约定。