ICS 25.180.10
CCS K 61

团　　体　　标　　准

T/CEATEC XXX—2026

大功率直流电弧等离子体炬

High-power DC arc plasma torch

（征求意见稿）

2026-XX-XX 发布　　2026-XX-XX 实施

中国欧洲经济技术合作协会　　发　布

目　　次

前　　言 III
1 范围 1
2 规范性引用文件 1
3 术语和定义 1
4 产品分类与基本参数 2
4.1 型式 2
4.2 型号与标记 2
4.3 基本参数 2
5 基本要求 2
5.1 工作环境条件 2
5.2 外观与装配 2
5.3 材料与关键零部件 2
5.4 密封性 3
6 技术性能要求 3
6.1 电弧特性要求 3
6.2 热效率 3
6.3 冷却系统 3
6.4 表面温度与噪声 3
7 结构设计要求 3
7.1 总体结构 3
7.2 阴极组件 3
7.3 阳极组件与喷嘴 4
7.4 冷却与密封结构 4
7.5 供气系统 4
7.6 电气接口与绝缘 4
8 电气安全要求 4
8.1 一般要求 4
8.2 绝缘电阻 4
8.3 外壳防护等级 4
8.4 冷却水监测与联锁保护 4
8.5 电气强度 4
9 运行可靠性要求 4
9.1 起弧成功率 4
9.2 电弧电压波动与非计划熄弧 4
9.3 阴极寿命 5

10 试验方法 5
10.1 试验条件 5
10.2 外观与装配及密封性检查 5
10.3 电弧特性试验 5
10.4 热效率试验 5
10.5 冷却系统试验 5
10.6 电气安全试验 6
10.7 起弧成功率试验 6
10.8 电弧电压波动与非计划熄弧试验 6
10.9 表面温度与噪声试验 5
10.10 阴极寿命试验 6
11 检验规则 6
11.1 检验分类 6
11.2 检验项目 6
11.3 批次 7
11.4 抽样 7
11.5 出厂检验 7
11.6 型式检验 7
12 标志、包装、运输和贮存 7
12.1 标志 7
12.2 包装 8
12.3 运输 8
12.4 贮存 8

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。

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。

本文件由提出。

本文件由中国欧洲经济技术合作协会归口。

本文件起草单位：。

本文件主要起草人：。

本文件为首次发布。

大功率直流电弧等离子体炬

1 范围

本文件规定了大功率直流电弧等离子体炬的术语和定义，规定了其产品分类与基本参数、基本要求、技术性能要求、结构设计要求、电气安全要求、运行可靠性要求、试验方法、检验规则及标志、包装、运输和贮存。

本文件适用于以氩、氮、氢、空气等气体为工作介质，采用非转移弧或转移弧方式产生高温等离子体射流，其运行功率不小于 100 kW,用于冶金、材料表面处理、危废处置、煤粉点火及工业加热等领域的直流电弧等离子体炬的设计、生产、检验与应用。

本文件不适用于微型、小功率（＜100 kW）直流电弧等离子体炬。

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。

GB/T 191 包装储运图形符号标志

GB/T 3785.1 电声学 声级计 第 1 部分：规范

GB/T 4208 外壳防护等级（IP 代码）

GB/T 5226.1 机械电气安全 机械电气设备 第 1 部分：通用技术条件

GB/T 5959.1 电热和电磁处理装置的安全 第 1 部分：通用要求

GB 5959.5 电热装置的安全 第 5 部分：对等离子体装置的特殊要求

GB/T 10066.1 电热和电磁处理装置的试验方法 第 1 部分：通用部分

GB/T 10066.5 电热装置的试验方法 第 5 部分：电热和电化学用等离子体设备

GB/T 16839.1 热电偶 第 1 部分：电动势规范和允差

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

直流电弧等离子体炬 DC arc plasma torch

由阴极、阳极或兼做阳极的喷嘴、炬体、冷却与供气通道及控制单元等组成，利用直流电弧将工作气体加热、电离并加速，形成高温、高焓等离子体射流的装置。

3.2

转移弧 transferred arc

在电极与被加热工件之间建立的等离子体弧。

3.3

非转移弧 non-transferred arc

在电极与喷嘴之间建立的等离子体弧，也称等离子体焰。

3.4

热效率 thermal efficiency

等离子体炬输出的有效热功率（即等离子体射流的净功率，由射流比焓增量与工作气体质量流量确定）与输入电功率之比。

3.5

额定工况 rated operating condition

等离子体炬在额定电弧电流、额定工作气体流量和额定冷却水流量下的连续运行工况。

3.6

起弧成功率 arc ignition success rate

规定条件下连续起弧试验中，成功起弧次数与起弧总次数之比，以百分数表示。

3.7

非计划熄弧 unintended arc extinction

在规定运行工况下，非因正常操作或程序控制而发生的电弧熄灭。

3.8

电弧电压波动 arc voltage fluctuation

电弧电压在稳定运行过程中围绕其平均值的周期性或非周期性变化，其幅度可用峰—峰值与平均电弧电压之比表征。

4 产品分类与基本参数

4.1 型式

主要包括：

a) 按电弧方式分为：非转移弧型、转移弧型、混合型（非转移弧与转移弧两用型）；

b) 按工作气体分为：氩气炬、氮气炬、氢气炬、空气炬等。

4.2 型号与标记

等离子体炬型号由产品代号、电弧方式代号、额定功率（kW）和额定电弧电流（A）组成，各部分之间用短划线隔开。产品代号用PT表示；电弧方式代号：N表示非转移弧型，T表示转移弧型，H表示混合型。

示例：PT—T—500/1000，表示额定功率为500 kW、额定电弧电流为1000 A的转移弧型直流电弧等离子体炬。

4.3 基本参数

4.3.1 制造商应在产品技术文件中规定下列基本参数：额定电弧电流、电弧电流调节范围、额定功率、工作气体种类及流量范围、冷却水流量与供水压力范围。

4.3.2 额定功率宜优先选用下列系列（kW）：100、200、300、500、800、1000、1500、2000 及更大整千数字。

5 基本要求

5.1 工作环境条件

等离子体炬在下列环境条件下应能正常运行：

a) 环境温度为 0 ℃～45 ℃；

b) 相对湿度不大于 90%（25 ℃时）；

c) 海拔不超过 1000 m；

d) 供电电源电压波动不超过额定值的±10%。

注：超出上述条件运行时，由供需双方协商确定。

5.2 外观与装配

炬体外观应完好，表面无裂纹、无变形，紧固件无松动，气路、水路接口标识清晰、完整。

5.3 材料与关键零部件

炬体及阴极、阳极喷嘴等关键部件应选用耐高温、抗热冲击、耐等离子体烧蚀的材料。阴极材料应与工作气体种类相匹配：以氩、氦、氮、氢及其混合气为工作气体时，宜采用钨、钨铈或钨镧等钨基材料；采用含氧化钍的钨基材料时，应按国家有关规定采取放射性防护措施；以空气等含氧气体为工作气体时，应采用锆、铪等金属阴极。阳极应采用高导热铜合金并设置有效的水冷结构。

5.4 密封性

水路、气路系统应按产品技术文件规定的试验压力和保压时间进行密封性试验，各密封面应无渗漏，气路系统压力降应符合产品技术文件的规定。

6 技术性能要求

6.1 电弧特性要求

6.1.1 等离子体炬在设计工作范围内，电弧电流应连续可调；电流调节范围由产品技术文件规定。
6.1.2 对给定型号，许用电弧电流上限随工作气体种类而变化，制造商应在产品技术文件中分别规定不同工作气体对应的许用电弧电流范围。
6.1.3 在铭牌标明的工作气体范围内，等离子体炬应能稳定形成等离子体射流，射流应连续，无明显闪烁和回烧。

6.2 热效率

在额定工况下，等离子体炬的热效率应符合产品技术文件的规定。热效率宜不低于50%。热效率按10.4规定的能量平衡法测定。

6.3 冷却系统

6.3.1 冷却水应采用闭式循环的除盐水或同等品质的水，不应采用含矿物质硬度高的水；其电导率应符合产品技术文件的规定，运行期间应定期监测，超过规定值时应及时更换。
6.3.2 在额定工况下运行时，冷却水进口、出口温度应符合产品技术文件的规定。
6.3.3 冷却水进口温度应高于环境露点，防止炬体内表面结露；回水温度不应超过 45 ℃。
6.3.4 冷却水流量与压力降应满足产品技术文件的规定，运行中各水路密封面不应渗漏。

6.4 表面温度与噪声

正常运行时，等离子体炬外表面可能被人体触及的部位，其表面温度不应超过60 ℃，高温部位应设置隔热遮蔽或警示标识。

7 结构设计要求

7.1 总体结构

7.1.1 等离子体炬应由阴极组件、阳极组件（含喷嘴）、炬体、冷却水通道、工作气体通道及电气接口等组成。各部件的结构应便于装配、拆卸、检查和易损件的更换。
7.1.2 对于异形炬（包含非直线轴线、特殊喷管型面、多电极、特殊安装姿态等非常规结构形式的大功率直流电弧等离子体炬），除满足上述通用结构要求外，还应满足：

a) 异形炬的电极同心度、电弧通道几何尺寸应满足电弧稳定运行要求，制造商应在产品技术文件中明确异形炬的结构边界、安装约束及允许工作工况；
b) 冷却水路、气路布局应适配异形炬空间构型，无水流、气流死区，保证电极及炬体各部位冷却充分，不出现局部过热；
c) 绝缘件、密封件应适配异形结构外形，保证电气绝缘性能和气、水密封可靠性；
d) 异形炬的电气接口、测温测压接口应合理布置，便于现场检测、接线与维护；
e) 异形炬若为专用定制结构，应在产品技术文件中注明其适用工作条件与使用限制。

7.2 阴极组件

阴极材料应与工作气体种类相匹配，其端部形状应与电弧稳定及工作气体种类相适应。阴极的夹持与定位结构应保证与阳极喷嘴的同心度，更换应简便、定位可靠。

7.3 阳极组件与喷嘴

阳极应采用高导热铜合金，喷道内壁应设置有效的水冷结构。喷道型线与压缩比应与额定功率、工作气体种类相匹配，保证等离子体射流稳定、方向确定。阳极（喷嘴）为易损件，应能单独更换。

7.4 冷却与密封结构

冷却水通道应畅通、无死区，进水口和出水口应设置测温、测压接口。各密封件应耐高温、耐水解老化；水路与气路之间应可靠隔离，不应互渗。

7.5 供气系统

工作气体通道应设置导流或均流结构，保证气体分布均匀；宜采用旋流（切向）进气结构，使弧根分布均匀、降低电极烧蚀。进气口宜设置过滤装置，气路密封性应符合5.4的规定。

7.6 电气接口与绝缘

7.6.1 阴极引电部位应绝缘可靠，带电部件与炬体（外壳）之间的电气间隙和爬电距离应符合 GB/T 5226.1 的规定。电缆、水管、气路接口宜集中布置，标识清晰。

7.6.2 阴极、阳极、引弧电极接线柱连接结构应保证导电接触可靠；连接部位应具备耐高温、抗氧化能力，运行中不应出现虚接、过热现象。

8 电气安全要求

8.1 一般要求

8.1.1 等离子体炬及其电源、控制系统的总体安全应符合 GB/T 5959.1 的有关规定。

8.1.2 保护联结电路的连续性应符合 GB/T 5226.1 的有关规定。

8.1.3 等离子体装置的专项安全还应符合 GB 5959.5 的有关规定。

8.2 绝缘电阻

动力电路与保护联结电路之间的绝缘电阻不应低于1 MΩ。阴极、阳极之间、各接插件、拓展附属带电配件与外壳（保护联结电路）之间绝缘电阻也不应低于 1MΩ。

8.3 外壳防护等级

电源柜、控制柜外壳的防护等级应不低于GB/T 4208规定的IP54。

8.4 冷却水监测与联锁保护

等离子体炬应设置冷却水流量、压力监测与联锁保护。当冷却水流量或压力低于规定值时，应发出报警信号并切断电弧电源。

8.5 电气强度

动力电路与保护联结电路之间应按GB/T 5226.1的规定承受电气强度试验，试验期间不应出现击穿或闪络。阴极、阳极之间、接插件、拓展附属带电配件同样应满足对应电气强度要求，无击穿、闪络。

9 运行可靠性要求

9.1 起弧成功率

连续起弧试验的起弧成功率应符合产品技术文件的规定，且不应低于90%。

9.2 电弧电压波动与非计划熄弧

在额定工况下连续运行，电弧电压波动幅度应符合产品技术文件的规定，且不应发生非计划熄弧。产品技术文件应明确产品设计运行模式，并规定相应的电弧电压波动幅度限值。

注：直流电弧等离子体炬的电弧弧根运动存在再击穿（restrike）、接管（takeover）和稳态（steady）三种基本运行模式，还存在再击穿与接管并存的混合模式；运行模式主要取决于阳极冷边界层厚度，与喷嘴内径、电弧电流、工作气体流量及双原子气体含量有关。电弧电压波动幅度与运行模式密切相关：再击穿模式下波动幅度一般为平均电弧电压的40%～100%（典型值大于80%），弧根波动频率约为2 kHz～8 kHz；接管模式下波动幅度约为平均电弧电压的20%～50%；稳态模式下波动幅度很小。

9.3 阴极寿命

在额定工况下，阴极单支累计运行寿命应符合产品技术文件的规定；寿命试验期间及结束时，不应发生因阴极烧蚀、断裂引起的非计划熄弧。

注：阴极寿命与阴极型式、工作气体种类及运行工况密切相关，不同结构间的寿命水平差异通常达一个数量级以上。

9.4 阳极寿命

在额定工况下，阳极（喷嘴）单支累计有效起弧运行寿命应符合产品技术文件的规定；寿命试验期间及结束时，不应因阳极烧蚀、喷道变形、局部熔损引发非计划熄弧、射流畸变或回烧。

注：阳极（喷嘴）寿命与阳极结构、冷却条件、工作气体种类、运行模式、电弧电流密切相关，不同结构型式的阳极寿命差异较大。

10 试验方法

10.1 试验条件

10.1.1 电参数、气体流量、冷却水流量及压力的测量应符合 GB/T 10066.1 的规定，气体流量计、冷却水流量计准确度等级不应低于 1.5 级，压力表准确度等级不应低于 1.6 级。

10.1.2 温度测量所用热电偶应符合 GB/T 16839.1 的规定，宜选用 K 型热电偶，允差等级不低于 1 级。

10.1.3 试验应在常温、常压、无强电磁干扰的环境下开展；工作气体品质应满足产品技术文件或供需双方约定。

所有试验项目应在等离子体炬达到热稳态后采集试验数据。

10.2 外观与装配及密封性检查

10.2.1 采用目视方式检查炬体外观质量、零部件装配、铭牌及接口标识。

10.2.2 水路、气路密封性试验：按照产品技术文件规定的试验压力与保压时间分别对水路、气路施加试验压力，保压结束后检查各密封面，不应出现渗漏；核查气路系统压力降，应符合产品技术文件的规定。

10.3 电弧特性试验

10.3.1 将等离子体炬安装于试验台，接通冷却水、工作气体与供电系统，按照制造商规定的启动程序完成起弧操作。

10.3.2 在产品规定工作范围内，电弧电流由最小值逐步调节至额定电弧电流，记录可稳定运行的电弧电流上、下限，验证电流连续可调性能。

10.3.3 依次使用铭牌规定的各类型工作气体开展试验，观察等离子体射流形态，射流应连续，无明显闪烁与回烧现象。

10.4 热效率试验

应按照GB/T 10066.5规定的能量平衡法开展热效率测定。

10.5 冷却系统试验

使用测量误差不大于±2 %的电导率仪，在25 ℃条件下测定冷却水电导率。设备在额定工况连续运行不少于30 min，测量冷却水进口温度、出口温度、冷却水流量，目视检查全部水路密封面。

10.6 表面温度与噪声试验

10.6.1　可触及表面温度测试：使用准确度不低于±1.5 ℃的接触式表面温度计，测量设备正常运行条件下人体可触及外表面温度；核查高温部位隔热遮蔽及警示标识设置情况。
10.6.2　噪声试验：额定工况条件下，在距离等离子体炬本体 1 m、距离地面（操作平台）高度 1.5 m 位置测量 A 计权声压级，所用声级计应符合 GB/T 3785.1 的规定。

10.7　电气安全试验

10.7.1　整机安全核查按照 GB/T 5959.1 的规定执行。
10.7.2　保护联结电路连续性、绝缘电阻测试、电气强度试验按照 GB/T 5226.1 规定的试验方法开展。
10.7.3　电源柜、控制柜外壳防护等级按照 GB/T 4208 规定方法开展试验。
10.7.4　冷却水监测与联锁保护试验：在等离子体炬运行状态下，模拟冷却水流量或压力低于产品技术文件规定的限值，核查是否发出报警信号并切断电弧电源。

10.8　起弧成功率试验

按照制造商规定的起弧程序进行连续起弧试验，起弧次数不应少于10次，统计起弧成功次数，起弧成功率应符合9.1的要求。

10.9　电弧电压波动与非计划熄弧试验

等离子体炬在额定工况连续运行，按产品技术文件规定的考核时长采集电弧电压信号，采样频率不应低于50 kHz，计算电弧电压波动幅度，记录非计划熄弧次数。

10.10　阴极寿命试验

10.10.1　更换全新阴极组件，装配完成后将等离子体炬调整至额定工况运行，累计运行时长按照产品技术文件规定执行，或运行至阴极发生失效。
10.10.2　试验过程中，允许按照制造商操作规程实施重新起弧；寿命统计采用累计有效起弧运行时间。若出现阴极烧蚀、断裂引发的非计划熄弧，判定为阴极失效。

10.11　阳极寿命试验

10.11.1　更换全新阳极组件，装配完成后将等离子体炬调整至额定工况运行，累计有效起弧运行时长按照产品技术文件规定执行，或运行至阳极发生失效。
10.11.2　试验前记录阳极喷道关键尺寸，试验过程中允许按照制造商操作规程实施重新起弧，寿命统计采用累计有效起弧运行时间。出现下列任一情况判定阳极失效：

a)　阳极发生局部熔损、开裂；
b)　喷道尺寸发生显著变形，等离子体射流出现明显畸变、回烧；
c)　因阳极烧蚀损坏引发非计划熄弧。

11　检验规则

11.1　检验分类

检验分为出厂检验和型式检验。

11.2　检验项目

检验项目如表1所示。检验项目可经供需双方协商确定。

表 1　检验项目

项目	要求的章条编号	试验方法章条编号	出厂检验	型式检验
外观	5.2	10.2	√	√

项目	要求的章条编号	试验方法章条编号	出厂检验	型式检验
密封性	5.4	10.2	√	√
电弧特性	6.1	10.3	√	√
热效率	6.2	10.4	—	√
冷却系统	6.3	10.5	—	√
表面温度	6.4	10.9	—	√
电气安全	8	10.6	√	√
起弧成功率	9.1	10.7	—	√
电弧电压波动	9.2	10.8	—	√
阴极寿命	9.3	10.10	—	√
标志（铭牌）	12.1	10.2	√	√

11.3 批次

由同一制造商、采用同一设计文件和相同材料、工艺生产的同一型号产品为一批。

11.4 抽样

出厂检验应逐台进行。型式检验的样品应从出厂检验合格的产品中随机抽取1台（套）。

11.5 出厂检验

每台产品经出厂检验全部合格后方可出厂。出厂检验中有一项不合格时，允许整改后对该项复检一次；复检仍不合格的，判定该产品出厂检验不合格。

11.6 型式检验

当有下列情况出现时，应进行型式检验：

a) 新产品定型鉴定；
b) 结构、材料或工艺有重大改变，可能影响产品性能；
c) 停产一年以上恢复生产；
d) 正常生产满三年；
e) 出厂检验结果与上次型式检验结果有较大差异；
f) 质量监督机构提出要求。

型式检验中有一项不合格时，应加倍抽样对该项及关联项复检；复检仍不合格的，判定该批产品型式检验不合格。

12 标志、包装、运输和贮存

12.1 标志

12.1.1 铭牌内容应清晰、耐久，不应因高温环境而脱落、褪色。

12.1.2 铭牌应至少包括下列内容：

a) 产品名称与型号；
b) 额定功率与额定电弧电流；
c) 工作气体种类；

d) 制造商名称；
e) 出厂编号；
f) 制造日期；
g) 执行标准编号。

12.2 包装

12.2.1 包装储运图形符号标志应符合 GB/T 191 的规定。
12.2.2 阴极、阳极（喷嘴）等易损件应单独防潮、防震包装。随机文件应包括产品合格证、使用说明书、装箱单及易损件清单。

12.3 运输

运输过程中应防潮、防震、防挤压、防倒置，阴极组件应采取防碰撞措施。

12.4 贮存

产品应贮存在温度0 ℃～40 ℃、相对湿度不大于80%、无腐蚀性气体和导电尘埃的库房内。贮存期超过12个月的产品，出厂或投入使用前应按11.5的规定重新进行出厂检验。