

团 体 标 准

T

T/TMAC ×××—202X

双频等离子体加工用射频电源性能评价规范

Performance evaluation specification for radio frequency
power supply used in dual-frequency plasma processing

(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。

已授权的专利证明材料为专利证书复印件或扉页，已公开但尚未授权的专利申
请证明材料为专利公开通知书复印件或扉页，未公开的专利申请的证明材料为专利
申请号和申请日期。

××××-××-××发布

××××-××-××实施

中国技术市场协会 发布

中国技术市场协会（TMAC）是科技领域内国家一级社团，以宣传和促进科技创新，推动科技成果转移转化，规范交易行为，维护技术市场运行秩序为使命。为满足市场需要，做大做强科技服务业，依据《中华人民共和国标准化法》《团体标准管理规定》，中国技术市场协会有序开展标准化工作。本团体成员和相关领域组织及个人，均可提出修订 TMAC 标准的建议并参与有关工作。TMAC 标准按《中国技术市场协会团体标准管理办法》《中国技术市场协会团体标准工作程序》制定和管理。TMAC 标准草案经向社会公开征求意见，并得到参加审定会议多数专家、成员的同意，方可予以发布。

在本文件实施过程中，如发现需要修改或补充之处，请将意见和有关资料反馈至中国技术市场协会，以便修订时参考。

本作品著作权归中国技术市场协会所有。除了用于国家法律或事先得到中国技术市场协会正式授权或许可外，不许以任何形式复制本文件。第三方机构依据本文件开展认证、评价业务，须向中国技术市场协会提出申请并取得授权。

中国技术市场协会地址：北京市海淀区复兴路甲 23 号城乡华懋大厦 12 层 1217。

邮政编码：100036 电话：010-68270447 传真：010-68270453

网址：www.ctm.org.cn 电子信箱：136162004@qq.com

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 总体要求	2
4.1 评价原则	2
4.2 评价要求	2
5 评价指标体系	3
6 检测方法	3
7 评价结果	4
7.1 计算方法	4
7.2 评价等级划分	4
7.3 评价结果的适用	4
8 评价报告	5
8.1 报告内容	5
8.2 报告附言	5
8.3 报告发布	5

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。

本文件由中国技术市场协会提出并归口。

本文件起草单位：深圳市新凯来工业机器有限公司、安徽曦融兆波科技有限公司、天津吉兆源科技有限公司、北京中研博采技术服务有限公司、北京六只猫创意科技有限公司。

本文件主要起草人：周义兴、朱光辉、李树瑜、乐志斌、夏卫彬、杨笛。

双频等离子体加工用射频电源性能评价规范

1 范围

本文件规定了双频等离子体加工用射频电源的总体要求、评价指标体系、检测方法、评价结果、评价报告等内容。

本文件适用于双频等离子体加工用射频电源的生产企业、检测机构及相关方开展的性能评价活动。

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 2423.1 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验A：低温

GB/T 2423.2 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验B：高温

GB/T 2423.4 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验Db：交变湿热（12h+12h循环）

GB/T 6113.101 无线电骚扰和抗扰度测量设备和测量方法规范 第1-1部分：无线电骚扰和抗扰度测量设备 测量设备

GB/T 6113.201 无线电骚扰和抗扰度测量设备和测量方法规范 第2-1部分：无线电骚扰和抗扰度测量方法 传导骚扰测量

GB/T 14714 微小型计算机系统设备用开关电源通用规范

GB/T 17626.2 电磁兼容 试验和测量技术 静电放电抗扰度试验

GB/T 17626.3 电磁兼容 试验和测量技术 第3部分：射频电磁场辐射抗扰度试验

GB/T 17626.4 电磁兼容 试验和测量技术 电快速瞬变脉冲群抗扰度试验

GB/T 17626.5 电磁兼容 试验和测量技术 浪涌（冲击）抗扰度试验

GB/T 17626.7 电磁兼容 试验和测量技术 供电系统及所连设备谐波、间谐波的测量和测量仪器导则

GB/T 18039.10 电磁兼容 环境 HEMP环境描述 辐射骚扰

JJF 1205 谐波和闪烁分析仪校准规范

JJF 1387 矢量示波器校准规范

JJF 1885 射频与微波功率计校准规范

NB/T 10456 交流-直流开关电源 跌落可靠性试验技术规范

3 术语和定义

GB/T 14714界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

双频等离子体加工用射频电源 radio frequency power supply used in dual-frequency plasma processing

一种能够同时或独立输出两种不同频率射频功率，用于激发和维持等离子体，并通过调节两路信号的功率、相位等参数来精确控制等离子体特性的专用电源设备。

4 总体要求

4.1 评价原则

4.1.1 科学性

评价应以电磁学、等离子体物理等基础理论为依据，采用经验证有效的检测方法和符合精度要求的设备，确保测试数据采集、处理及分析过程的客观性和可重复性。

4.1.2 公正性

评价应遵循统一的程序、方法和判定准则，排除利益相关方的不当干预，确保不同型号或批次的射频电源在相同条件下接受评价，保障结果的公平公正。

4.1.3 一致性

同一型号射频电源在相同测试条件下的重复评价结果，其关键性能指标的相对偏差不应超过3%，以体现产品制造过程的质量稳定性。

4.1.4 可追溯性

所有原始测试数据、操作记录、环境参数及评价报告应完整保存，保存期限不少于5年，确保评价过程和结果可核查、可复现、可追溯。

4.2 评价要求

4.2.1 人员要求

双频等离子体加工用射频电源性能评价人员要求应符合下列要求：

- a) 应具备电子工程、微波技术、自动化等相关专业本科及以上学历，或5年以上射频电源检测经验；
- b) 应熟悉GB/T 18268.1等电磁兼容安全规范，并通过相关专项培训。

4.2.2 机构要求

双频等离子体加工用射频电源性能评价机构要求应符合下列要求：

- a) 具备CMA或CNAS资质，检测范围涵盖射频电源全项指标；
- b) 建立三级审核制度，确保报告准确性。

4.2.3 设备要求

双频等离子体加工用射频电源性能评价规范设备应符合表1要求。

表1 双频等离子体加工用射频电源性能评价规范设备要求

设备名称	设备精度	依据标准
射频功率计	测量范围：10 W~5000 W， 频率范围：13.56 MHz、27.12 MHz（双频专用），测量精度：±0.5% FS	JJF 1885
频率计数器	测量范围：1 MHz~100 MHz，分辨率：0.01 Hz，测量精度：±0.001%RDG±1 digit	JJF 1885
射频负载箱	阻抗范围：50 Ω±1 Ω，功率承受能力：≥5000 W，工作频率：13.56 MHz、27.12 MHz	GB/T 14714
电磁兼容测试系统	传导骚扰测量频率范围：150 kHz~30 MHz， 辐射骚扰测量频率范围：30 MHz~1 GHz，测量精度：±2 dB	GB/T 6113.101
高低温试验箱	温度范围：-40℃~85℃，均匀度：±2℃，波动度：±0.5℃	GB/T 2423.1 GB/T 2423.2
交变湿热试验箱	温度范围：10℃~65℃，湿度范围：20%RH~98%RH， 温度波动度：±0.5℃，湿度波动度：±3%RH	GB/T 2423.4
跌落测试装置	跌落高度调节范围：0.5 m~2 m，跌落面为水泥地面，平整度≤0.5 mm/m	NB/T 10456
示波器	带宽：≥500 MHz，采样率：≥2 GS/s，电压测量精度：±0.1%FS	JJF 1387
谐波分析仪	测量频率范围：50 Hz~100 MHz，谐波次数：1~50次，测量精度：±0.2%RDG±0.1%FS	JJF 1205

5 评价指标体系

双频等离子体加工用射频电源性能等级分为 I 级、II 级和 III 级，其中 I 级代表最高标准，II 级代表中等标准，III 级代表基本要求，评价指标体系应符合表 2 的规定。

表2 双频等离子体加工用射频电源性能评价规范指标体系

指标名称	I级要求	II级要求	III级要求	权重
输出功率偏差 (双频分别考核)	$\leq \pm 2\%$ 额定功率	$\pm 2\% \sim \pm 5\%$ (不含) 额定功率	$\pm 5\% \sim \pm 8\%$ (不含) 额定功率	15%
频率稳定性 (双频分别考核)	$\leq \pm 0.01\%$ 设定频率	$\pm 0.01\% \sim \pm 0.05\%$ (不含) 设定频率	$\pm 0.05\% \sim \pm 0.1\%$ (不含) 设定频率	15%
负载调整率 (双频分别考核)	$\leq \pm 1\%$	$\pm 1\% \sim \pm 3\%$ (不含)	$\pm 3\% \sim \pm 5\%$ (不含)	10%
谐波失真度	$\leq 1\%$	1%~3% (不含)	3%~5% (不含)	10%
电磁兼容性能	传导骚扰 ≤ 40 dB μ V (150 kHz~30 MHz), 辐射骚扰 ≤ 30 dB μ V/m (30 MHz~1 GHz), 抗扰度试验无异常	传导骚扰 ≤ 45 dB μ V (150 kHz~30 MHz), 辐射骚扰 ≤ 35 dB μ V/m (30 MHz~1 GHz), 抗扰度试验无异常	传导骚扰 ≤ 50 dB μ V (150 kHz~30 MHz), 辐射骚扰 ≤ 40 dB μ V/m (30 MHz~1 GHz), 抗扰度试验无功能性故障	15%
高温工作性能 (65°C)	连续工作48 h, 功率波动 $\leq \pm 2\%$, 无异常停机	连续工作24 h, 功率波动 $\leq \pm 3\%$, 无异常停机	连续工作12 h, 功率波动 $\leq \pm 5\%$, 无异常停机	8%
低温工作性能 (-20°C)	连续工作48 h, 功率波动 $\leq \pm 2\%$, 无异常停机	连续工作24 h, 功率波动 $\leq \pm 3\%$, 无异常停机	连续工作12 h, 功率波动 $\leq \pm 5\%$, 无异常停机	8%
湿热工作性能 (40°C, 90%RH)	连续工作24 h, 功率波动 $\leq \pm 2\%$, 无短路、漏电	连续工作16 h, 功率波动 $\leq \pm 3\%$, 无短路、漏电	连续工作8 h, 功率波动 $\leq \pm 5\%$, 无短路、漏电	8%
跌落试验	1.5 m高度自由跌落至水泥地面, 3次, 无外观破损、功能故障	1.2 m高度自由跌落至水泥地面, 3次, 无外观破损、功能故障	1.0 m高度自由跌落至水泥地面, 3次, 无严重外观破损、核心功能正常	6%
启动时间	≤ 1 s	1 s~3 s (不含)	3 s~5 s (不含)	5%

6 检测方法

双频等离子体加工用射频电源性能评价规范指标的检测方法应按照表 3 规定执行。

表3 移动电源电芯产品质量等级检测方法

指标名称	检测方法	执行标准
输出功率偏差	1. 将射频电源接入额定负载, 设置双频额定输出功率, 在25°C \pm 2°C环境下稳定工作30 min; 2. 使用射频功率计分别测量两种频率的实际输出功率, 计算与额定功率的百分比偏差	GB/T 14714
频率稳定性	1. 在25°C \pm 2°C环境下, 射频电源以额定功率、双频模式连续工作24 h; 2. 使用频率计数器每1 h记录一次两种频率的实际值, 计算与设定频率的最大偏差比例	GB/T 14714
负载调整率	1. 在25°C \pm 2°C环境下, 设置射频电源双频额定输出功率, 将负载从50%额定负载逐步调整至100%额定负载, 每次调整后稳定10 min; 2. 使用射频功率计测量各负载条件下的输出功率, 计算最大变化量与额定功率的百分比	GB/T 14714
谐波失真度	1. 射频电源以额定功率、双频模式工作, 稳定30 min; 2. 使用谐波分析仪分别采集两种频率输出信号的谐波数据, 计算谐波失真度	GB/T 17626.7
电磁兼容性能	1. 传导骚扰: 按GB/T 6113.201规定的方法, 在150 kHz~30 MHz频率范围内测量射频	GB/T 6113.201

指标名称	检测方法	执行标准
	电源的传导骚扰值； 2. 辐射骚扰：按GB/T 6113. 201规定的方法，在30 MHz~1 GHz频率范围内测量射频电源的辐射骚扰值； 3. 抗扰度试验：分别按GB/T 17626. 2、GB/T 17626. 3、GB/T 17626. 4、GB/T 17626. 5规定的方法进行静电放电、射频电磁场辐射、电快速瞬变脉冲群、浪涌抗扰度试验，观察设备工作状态	GB/T 18039. 10 GB/T 17626. 2 GB/T 17626. 3 GB/T 17626. 4 GB/T 17626. 5
高温工作性能	1. 将射频电源放入高低温试验箱，设置温度65°C±2°C，静置2 h； 2. 接入额定负载，以双频额定功率连续工作，每2 h记录一次输出功率，计算功率波动范围，观察是否异常停机	GB/T 2423. 2
低温工作性能	1. 将射频电源放入高低温试验箱，设置温度-20°C±2°C，静置4 h； 2. 接入额定负载，以双频额定功率连续工作，每2 h记录一次输出功率，计算功率波动范围，观察是否异常停机	GB/T 2423. 1
湿热工作性能	1. 将射频电源放入交变湿热试验箱，设置温度40°C±2°C、湿度90%RH±3%RH，静置2 h； 2. 接入额定负载，以双频额定功率连续工作，每2 h记录一次输出功率，检测是否存在短路、漏电现象	GB/T 2423. 4
跌落试验	1. 在25°C±2°C环境下，将射频电源按正常工作姿态固定于跌落装置； 2. 分别从规定高度自由跌落至水泥地面，共3次，跌落完成后检查外观是否破损，接入负载测试核心功能是否正常	NB/T 10456
启动时间	1. 在25°C±2°C环境下，射频电源接入额定负载，处于关机状态； 2. 启动电源并开始计时，直至双频输出功率达到额定值的95%以上且稳定，记录所需时间，重复测量3次，取平均值	-

7 评价结果

7.1 计算方法

双频等离子体加工用射频电源的性能评价结果是通过对各评价指标的打分，并根据各指标的权重计算出总得分实现的。每个指标的得分基于其性能等级（I级、II级、III级）进行评定：

- I级：该指标满足最佳标准，得分为100分；
- II级：该指标满足中等标准，得分为80分；
- III级：该指标满足最低标准，得分为60分；
- 未达到III级：该指标未满足最低合格标准，最终得分 $S = 0$ ，

最终的总得分（S）是通过公式（1）由各指标得分和其权重加权计算：

$$S = \sum_{i=1}^n (s_i \times \omega_i) \dots \dots \dots (1)$$

式中：

- S ——总得分；
 n ——表2指标依次的序号；
 s_i ——第*i*项指标的得分；
 ω_i ——第*i*项指标的权重。

7.2 评价等级划分

移动电源电芯产品的质量等级划分的方法按照下列要求执行：

- $S \geq 90$ ：双频等离子体加工用射频电源的性能等级优秀；
- $75 \leq S < 90$ ：双频等离子体加工用射频电源的性能等级良好；
- $60 \leq S < 75$ ：双频等离子体加工用射频电源的性能等级合格；
- $S < 60$ ：双频等离子体加工用射频电源的性能等级不合格。

7.3 评价结果的适用

移动电源电芯产品质量评价体系的评价结果适用包括下列情形：

- a) 优秀：表示双频等离子体加工用射频电源在各项指标上均表现优异，性能稳定、抗干扰能力强、可靠性高，适用于高端半导体制造、精密材料加工等对电源性能要求极高的场景；
- b) 良好：表示双频等离子体加工用射频电源整体性能均衡，适用于中高端等离子体加工设备、工业级材料表面改性等场景；
- c) 合格：表示双频等离子体加工用射频电源的性能符合基本要求，但部分指标尚有提升空间，适合普通工业等离子体加工、实验室常规试验等场景；
- d) 不合格：表示双频等离子体加工用射频电源的整体性能不足，存在安全隐患或无法满足基本使用需求，不建议使用，禁止用于等离子体加工设备配套，应进一步优化改进后再投入市场。

8 评价报告

8.1 报告内容

实施评价的组织应根据预评价（适用时）及现场评价形成评价报告，内容包括但不限于：

- a) 评价目的、范围及准则；
- b) 实施评价的组织；
- c) 评价内容；
- d) 评价过程，主要包括评价组织安排、文件评审情况、现场评价情况、评价报告编制及内部技术评审情况；
- e) 评价指标表，明确各评价指标得分情况，并判定双频等离子体加工用射频电源的各项评价指标是否符合要求；
- f) 相关支持材料等。

8.2 报告附言

评价报告中除了包括本文件相关指标的实际数值，还应附上评价等级。

8.3 报告发布

评价报告应该经相关行业机构审核后发布。
