

《双频等离子体加工用射频电源性能评价规范》 (征求意见稿) 编制说明

一、工作简况

(一) 任务来源

本文件由中国技术市场协会提出，经中国技术市场协会标准化工作委员会批准，正式列入 2026 年团体标准制修订计划，标准名称为《双频等离子体加工用射频电源性能评价规范》。

(二) 项目背景

随着半导体、精密材料、光学镀膜等高端制造产业的快速发展，等离子体加工技术已成为不可或缺的核心工艺环节。双频等离子体加工用射频电源作为激发和维持等离子体、并精确控制其特性的关键设备，其性能的稳定性和精确性与可靠性直接决定了最终产品的加工精度、良率与生产效率。当前，该电源设备正朝着更高频率控制精度、更强功率输出稳定性、更优电磁兼容性的方向演进。

然而，该领域长期缺乏统一、权威的性能评价标准。市场上不同厂商生产的射频电源在输出功率偏差、频率稳定性、谐波失真、环境适应性等关键性能指标上差异显著，测试方法与评价体系各异，导致下游设备集成商和终端用户在产品选型、质量对比和故障归因时缺乏客观、公正的依据。部分产品存在输出功率波动大、电磁干扰超标、在苛刻工业环境下可靠性不足等问题，不仅影响高端制造工艺的稳定性，还可能引发生产安全事故，制约了整个产业链的技术升级与高质量发展。

为规范市场秩序，引导行业技术进步，满足高端制造领域对高性能射频电源的迫切需求，亟须制定一套科学、严谨、可操作的性能评价规范，明确产品的技术等级、评价指标、检测方法及判定规则，为产业链各环节提供统一的质量标尺。

（三）目的意义

1. 目的

（1）建立统一的性能评价标尺

整合行业在射频电源设计、制造与测试方面的先进经验，明确双频等离子体加工用射频电源的核心性能维度、分级要求及科学的检测流程，消除不同评价主体间的标准差异，实现产品性能数据的可比性与通用性，为产品研发、选型采购、质量验收提供统一的技术依据。

（2）保障高端制造工艺的稳定性与可靠性

通过构建涵盖电气性能、环境适应性、可靠性及安全性的多维评价体系，引导企业提升产品内在质量，确保射频电源在长期、复杂的工业现场环境中稳定工作，从源头保障等离子体加工工艺的重复性与一致性，满足半导体、精密光学等产业对设备超高可靠性的要求。

（3）引导产业向高性能、高可靠性方向发展

通过设立分级（I级、II级、III级）评价指标，为企业和科研机构提供清晰的技术研发与产品升级指引。明确高端指标（I级要求）的技术门槛，鼓励企业突破关键技术，推动行业整体向高精度、高稳定性、低谐波失真等高性能方向演进，提升国产高端射频电源的国际竞争力。

（4）规范市场秩序与促进公平竞争

填补双频等离子体射频电源性能评价领域的标准空白，遏制虚假宣传、以次充好等市场乱象。为第三方检测认证、招投标采购、质量监督提供权威依据，营造公平、透明的市场竞争环境，保护上下游企业和用户的合法权益，促进产业链健康、有序发展。

2. 意义

（1）推动行业技术进步

本标准的制定将统一双频射频电源的技术评价体系，促进企业间的技术交流与数据共享，避免重复研发和资源浪费。标准化的技术要求与测试方法将加速优质产品的研发与推广，推动行业在核心性能、可靠性等方面的整体提升，助力我国半导体及精密加工装备的国产化进程。

（2）提升产品质量与测试效率

标准化的评价规范与测试流程，可有效提高产品质量的稳定性与一致性，减少因技术不规范导致的质量问题。同时，统一的测试方法能降低测试过程中的人为误差与系统误差，提升测试结果的准确性与可靠性，缩短产品研发周期与质量控制流程，提高行业整体运营效率。

（3）降低产业链综合成本

统一的标准可避免因技术差异导致的设备适配难题，减少企业在研发、生产、测试等环节的额外投入。对于生产企业，标准化的质控流程能提高生产效率，降低售后维护成本；对于终端用户，可靠的产品质量可减少生产过程中的停机损失和维修更换成本，整体提升产业链的经济效益。

（四）起草单位及起草人名单

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。

（五）主要起草过程

1. 文本调研

2025年12月启动了文本的调研工作，并于2026年1月完成了相关资料的收集和分析工作。

2. 标准立项

2026年3月向中国技术市场协会标准化工作委员会提出申请，于2026年3月6日获得中国技术市场协会标准化工作委员会批准立项。

3. 形成标准草案

2026年3月，起草组对资料收集情况进行汇总处理，确定了标准框架和主要内容。2026年3月23日，《双频等离子体加工用射频电源性能评价规范》形成标准初稿。

4. 形成征求意见稿

2026年3月24日至2026年5月7日，起草组根据反馈的意见和建议，对草案内容进行了修改和调整，形成标准征求意见稿。

二、确定标准主要内容的论据

（一）编制原则

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》以及《中国技术市场协会团体标准工作程序》的规定起草。

（二）标准主要内容及适用范围

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。

（三）确定标准主要内容的论据

1. 聚焦核心性能，保障工艺精度

等离子体加工工艺对电源的输出功率稳定性、频率精度极为敏感。本标准将“输出功率偏差”“频率稳定性”“负载调整率”“谐波失真度”列为核心指标并赋予较高权重，旨在从根源上确保电源能为等离子体工艺提供精确、纯净、稳定的能量输入，保障加工精度与一致性。

2. 强调环境适应性与可靠性，满足工业级要求

工业现场环境复杂多变。本标准设置了“高温工作性能”“低温工作性能”“湿热工作性能”及“跌落试验”等指标，全面考核射频电源在极端温度、湿度及机械冲击下的可靠性与鲁棒性，确保其能在各种严苛的工业环境中长期稳定运行，满足高端制造设备对核心部件的高可靠性要求。

3. 注重电磁兼容性，维护系统安全

射频电源自身是较强的电磁干扰源，同时也需抵抗外部干扰。本标准将“电磁兼容性能”作为关键安全与协同指标，严格规定

其传导骚扰、辐射骚扰限值及抗扰度要求，以减少对车间内其他精密设备的干扰，并确保自身在复杂电磁环境下的稳定工作，保障整个生产系统的安全与协同。

4. 建立分级评价体系，引导产业升级

为兼顾当前行业水平与发展导向，本标准创新性地采用了分级（I、II、III级）评价模式。III级指标满足基本工业应用，II级指标适用于多数高质量场景，I级指标则对标国际顶尖水平。这种设计既为现有产品提供了准入依据，又为行业技术发展树立了明确的进阶目标，有效引导产业向高性能方向升级。

三、主要试验[或验证]情况分析、技术经济论证、预期经济效果

（一）主要试验[或验证]情况分析

为保障本标准的科学性、合理性与可操作性，在标准制定阶段，起草组联合第三方权威检测机构、双频射频电源头部生产企业，选取涵盖不同功率档位（1 kW、3 kW、5 kW）及不同应用场景的试验样品，严格遵循 GB/T 14714、GB/T 6113 等国家标准开展全维度试验验证，累计完成试验项目 120 余项，获取有效数据 500 余组，具体验证情况如下：

1. 核心性能指标验证

输出功率偏差：在 $25\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 额定工况下对样品进行测试，10 款样品在双频模式下的输出功率偏差均值为 $\pm 1.2\%$ ，最低值为 $\pm 1.8\%$ ，均优于标准规定的 I 级（ $\leq \pm 2\%$ ）和 II 级（ $\leq \pm 5\%$ ）阈值，验证了指标的可行性与区分度。

频率稳定性：在 $25\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 环境下连续工作 24 h，样品实

际频率的最大偏差比例均值为 $\pm 0.005\%$ ，优于 I 级指标要求，证明该指标可有效保障等离子体加工的工艺稳定性。

负载调整率：在负载从 50%调整至 100%的过程中，样品输出功率的最大变化量均值为 $\pm 0.8\%$ ，满足 I 级指标（ $\leq \pm 1\%$ ）要求，且无振荡现象，验证了电源在动态负载下的控制能力。

2. 安全与环境适应性指标验证

电磁兼容性(EMC)：10 款样品在传导骚扰(150 kHz~30 MHz)和辐射骚扰(30 MHz~1 GHz)测试中，测量值均低于 40 dB μ V 和 30 dB μ V/m，符合 I 级要求；在静电放电、浪涌等抗扰度试验中，设备均无异常停机或功能故障，验证了指标的有效性。

高低温及湿热性能：在-20 $^{\circ}$ C低温及 65 $^{\circ}$ C高温环境下连续工作，样品功率波动均值为 $\pm 1.5\%$ ，无异常停机；在 40 $^{\circ}$ C、90%RH 湿热环境下工作，无短路、漏电现象，证明环境适应性指标可保障复杂工况下的使用安全性。

3. 可靠性指标验证

跌落试验：样品从 1.5 m 高度自由跌落至水泥地面 3 次，跌落完成后所有样品外观无破损，核心功能正常，验证了机械防护指标的合理性。

启动时间：样品从关机到双频输出稳定的时间均值为 0.8 s，最快响应时间仅 0.5 s，满足 I 级指标（ ≤ 1 s）要求。

（二）技术经济论证

1. 产业链层面

上游材料端：标准对元器件耐压、散热材料导热率的明确要求，将引导上游供应商聚焦高性能材料研发。预计符合标准的高

性能核心元器件成本将降低 10%~15%，推动上游材料产业升级。

中游生产端：标准统一的技术指标将促使企业优化生产工艺，如精密装配工艺、EMC 整改工艺。测算数据显示，企业工艺优化后产品不良率可从当前的 5%降至 2%以下，单台生产成本降低 8%~12%，且因检测流程标准化，出厂检验效率提升 25%。

2. 企业层面

对于中小型企业：标准的技术门槛将引导其聚焦细分领域，通过满足基础指标实现市场准入，预计合规企业的市场订单量可提升 20%。

对于头部企业：标准的高阶指标（如 I 级性能要求）可助力其打造高端产品，产品溢价空间可达 25%~35%，且通过技术领先形成品牌壁垒，年营收增长率可提升 10%。

3. 社会经济层面

标准对能效和可靠性的明确要求，将推动行业整体产品寿命提升 20%以上，按 2025 年国内射频电源市场保有量 10 万台测算，每年可减少电子废弃物约 2000 吨。

标准统一的安全指标，可大幅降低因电源故障引发的设备损坏事故，预计行业设备安全事故率将从当前的 1‰降至 0.2‰以下，每年减少社会经济损失约 5000 万元。

（三）预期经济效果

本标准的制定与实施，将对双频等离子体加工用射频电源行业乃至下游高端制造业产生积极的经济与社会效益。

1. 提升下游产业竞争力与经济效益

为下游的半导体制造、平板显示、精密光学等产业提供可靠

的关键部件质量保障。预计可使采用达标电源的设备故障率降低30%以上，减少非计划停机带来的损失，按相关产业规模估算，每年可间接创造数十亿元的经济效益。

2. 增强国产高端装备的国际竞争力

标准对标国际先进水平，为国产射频电源产品提供权威的“性能证书”。这将显著提升国产高端电源在国际市场上的认可度和竞争力，助力国产高端装备“走出去”。预计标准实施后，相关产品出口额年增长率可提升5个百分点~8个百分点。

3. 推动行业整合与技术跨越

标准设立明确的技术门槛，预计将促使当前行业中约20%的低端、同质化产能逐步退出或转型，行业集中度有望从目前的不足40%提升至50%以上。同时，明确的高性能导向（I级指标）将引导全行业加大研发投入，预计龙头企业研发投入强度将从当前的约5%提升至8%以上，聚焦于数字控制、高效拓扑、先进散热等核心技术，带动行业整体实现技术跨越。

四、采用国际标准和国内外先进标准的程度

本文件不涉及国际国外标准的采标情况。

五、重大分歧意见处理经过及依据

本文件在制定过程中未出现重大分歧意见。

六、与现行相关法律、法规及相关标准的协调性

与现行相关法律、法规及相关标准相协调。

七、知识产权情况说明

本文件不涉及必要专利等知识产权情况。

八、其他应予说明的事项

无。

《双频等离子体加工用射频电源性能评价规范》

团体标准工作组

2026年5月8日