

# T/CIS 29001-XXXX 《电子显微镜高压电源纹波及稳定性测量方法》编制说明

## （征求意见稿）

### 一、工作简况

#### 1、任务来源

本项目根据中国仪器仪表学会“（电子显微镜高压电源纹波及稳定性测量方法）标准制定工作组成立的通知”（仪学秘字【2025】114号文），项目编号 T/CIS 29001-XXXX，项目名称“电子显微镜高压电源纹波及稳定性测量方法”进行制定。主要起草单位：咸阳威思曼高压电源有限公司等，计划完成时间 2026 年。

#### 2、制定背景

电子显微镜是材料科学、生命科学、半导体工业等领域的核心分析仪器，其分辨率与成像质量直接依赖高压电源的输出性能——特别是纹波和电源稳定性，是影响电子显微镜性能的核心指标。

纹波控制对电子显微镜成像质量至关重要。高压电源输出的纹波会直接作用于电子束，导致电子束发生不可控的偏转与抖动，进而造成成像画面模糊、细节丢失，严重时甚至无法捕捉到纳米级别的微观结构，使仪器的高分辨率优势形同虚设。

稳定性是保障电子显微镜定量分析准确性的基础。若高压电源稳定性不足，电子束的加速电压、聚焦强度等关键参数会随时间漂移，直接引发仪器放大倍数的波动和漂移。这种波动和偏移会导致同一观测对象的测量数据出现偏差，不仅影响定性分析的可靠性，更会使材料成分、半导体缺陷等核心定量分析结果失去参考价值。

国内暂无专门针对电子显微镜高压电源性能测试的国家标准，现有相关标准（如 GB/T 33834-2017）仅聚焦特定应用场景（如扫描电镜生物试样分析），国际标准“ISO/TS 21383:2021《微束分析.扫描电子显微镜.定量测量用扫描电子显微镜的鉴定》”仅用于定量测量的扫描电子显微镜鉴定，因此，亟

需制定电子显微镜高压电源纹波和稳定性测量方法标准进行规范。

### 3、主要编制过程

#### 3.1 立项及起草

2025年10月，考虑到电子显微镜高压电源的重要作用及当前相关标准空白的现实，咸阳威思曼高压电源有限公司向中国仪器仪表学会标准化工作委员会（SCIS）提出团体标准立项申请。SCIS在经过专家论证及秘书处初审后进行立项公示。2025年11月公示截止后，由咸阳威思曼高压电源有限公司牵头，陕西威思曼高压电源股份有限公司、西北工业大学、西北工业大学深圳研究院、中国科学院电工研究所、西安高压电器研究院股份有限公司、西安电子科技大学等单位组成标准工作组启动该标准项目的编制工作。

2025年12月，中国仪器仪表学会正式发文“（电子显微镜高压电源纹波及稳定性测量方法）标准制定工作组成立的通知”（仪学秘字【2025】114号），宣布该标准项目正式立项。该标准项目正式立项后，工作组立即开展了走访调研及资料查阅工作，并对标准文本的条款及表述进行了反复的沟通和论证。2026年2月，经过工作组成员的反复沟通及研讨，确定最终的标准初稿并提交SCIS秘书处。

2026年3月18日，由SCIS秘书处组织全体工作组成员召开CIS团体标准《电子显微镜高压电源纹波及稳定性测量方法》工作组成立暨标准初稿讨论会，全体工作组成员均到会参与了本次会议。工作组成员对标准初稿进行了认真的讨论，并于2026年4月下旬形成征求意见稿提交SCIS秘书处。

### 4、主要参加单位和工作组成员及其所做的工作等

本标准由咸阳威思曼高压电源有限公司牵头，陕西威思曼高压电源股份有限公司、西北工业大学、西北工业大学深圳研究院、中国科学院电工研究所、西安高压电器研究院股份有限公司、西安电子科技大学等单位共同参与起草。各成员单位分工详见表1。

表1 参加单位及分工

序号	参加单位	主要分工
1	咸阳威思曼高压电源有限公司	统筹安排工作组标准编写工作和设备性能测试工作，包括召开标准制定启动会和工作会。

2	陕西威思曼高压电源股份有限公司	负责标准的总体框架设计；纹波、稳定性接线方法和测试方法的确定。
3	西北工业大学	负责技术指导。
4	西北工业大学深圳研究院	负责提供意见建议。
5	中国科学院电工研究所	负责提供意见建议。
6	西安高压电器研究院股份有限公司	负责提供意见建议。
7	西安电子科技大学	负责提供意见建议。

## 二、标准编制原则和主要内容

### 1、编制原则

本标准格式依据 GB/T 1.1-2020《标准化工作导则 第 1 部分：标准的结构和编写》等要求进行编制。以规范性、科学性、先进性、实用性、可靠性、标准化、安全至上为原则。内容全面，规定具体，语言通俗，易于实施。

#### (1) 规范性

规范性是标准编制的核心要求，强调严格遵循国家法律法规及标准化体系框架。标准严格遵循 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》起草，术语定义部分直接引用并沿用 GB/T 2900.19-2022 等国家标准的内容，文件结构包含范围、术语和定义、测量原理等标准通用模块，整体编制符合国家标准化工作的统一规范要求。

#### (2) 科学性

科学性要求标准内容基于充分的技术验证和客观数据支撑。本标准纹波测量采用“输出电压下限、中间、上限三值测试取最大值”的方式，贴合高压电源实际工作的电压波动特性；稳定性测量设定“连续 8 小时、每 10 分钟一次”的长时记录规则，且明确了专属计算公式，量化表征稳定性指标；同时对测量仪器的技术指标进行科学界定，确保测量原理、数据采集方式和计算方法均符合电学测量的科学规律。

#### (3) 先进性

先进性强调标准需适度超前于当前技术水平，引导行业创新。本标准融入行

业先进的测量技术与设备要求，如示波器、数字多用表的设备指标，同时引入上位机软件作为测量核心配套，实现测量参数配置、数据采集分析、结果存储的一体化操作，契合现代电学测量的数字化、智能化发展趋势。

#### (4) 实用性

标准明确适用于电子显微镜配套直流高压电源，针对性解决行业专属测量需求；测量步骤拆解为接线、预热、参数设置、数据读取等具体操作，接线方法附带标引序号说明，测量报告明确了必备内容，仪器清单也标注了具体技术指标和量程，便于生产企业、检测机构等实际操作，无冗余复杂流程。

## 2、主要内容的说明

本文件给出了电子显微镜高压电源的纹波及稳定性的测量方法。

本文件适用于电子显微镜配套用的直流高压电源的纹波及稳定性的测量。

标准的主要内容包括：

### 2.1 术语和定义

为了便于标准使用者准确地理解本标准，参考了国内有关的国标和行标界定了“上位机软件”、“稳定性”、“分压器”、“纹波”等术语的定义。

### 2.2 测量原理

标准给出了纹波和稳定性测量的原理。

### 2.3 测量仪器

明确了电子显微镜高压电源纹波及稳定性所需要使用的测量仪器及其技术指标要求。

### 2.4 测量方法

本标准作为电子显微镜高压电源领域的专业技术规范，其制定过程充分体现了科学性、系统性和实用性的统一。在标准起草过程中，工作组通过系统的测试实验和实践总结，构建了完整的高压电源纹波和稳定性测量标准框架，确保标准内容既全面覆盖关键技术要素，又保持内在逻辑的一致性。

#### 2.4.1 环境条件

环境条件中明确了测量时的工作环境温度、相对湿度、大气压力的要求。

#### 2.4.2 纹波测量

纹波控制对电子显微镜成像质量至关重要。高压电源输出的纹波会直接作用

于电子束，导致电子束发生不可控的偏转与抖动，进而造成成像画面模糊、细节丢失，严重时甚至无法捕捉到纳米级别的微观结构，使仪器的高分辨率优势形同虚设。

#### 2.4.2.1 接线方法

本条款依据图示明确了纹波测试的接线操作流程，规定了供电电源、计算机、高压探头电阻负载、示波器通过对应端子和接口与受测电源的连接要求，明确了各接口、端子的功能及连接对应关系。

#### 2.4.2.2 测量方法

本条款规定了纹波测量的操作步骤，包括供电电源启动确认、输出电压下限值、中间值、上限值的三级设定及示波器模式设定，明确了采用示波器读取纹波数值的方式，以及取各电压设定值下纹波最大值作为电源纹波值的判定规则。

#### 2.4.3 稳定性测量

稳定性是保障电子显微镜定量分析准确性的基础。若高压电源稳定性不足，电子束的加速电压、聚焦强度等关键参数会随时间漂移，直接引发仪器放大倍数的波动和漂移。

##### 2.4.3.1 接线方法

本条款依据图示规定了稳定性测试的接线流程，明确了供电电源、计算机、数字多用表、电阻负载、直流分压器与受测电源相关端子、接口的连接规范，界定了各连接部件的功能及对应关系。

##### 2.4.3.2 测量方法

本条款明确了稳定性测量的操作流程，包括电源启动确认、预热要求、输出电压设定规定了采用数字多用表读取数据、每隔 10min 记录一次、进行连续记录的数据采集要求。

##### 2.4.2.3 稳定性计算

本条款给出了电压稳定性的计算公式，界定了公式中输出电压稳定性相对偏差 ( $\alpha$ ) 输出电压设定值 ( $U_x$ )、输出电压最大值 ( $U_{\max}$ )、输出电压最小值 ( $U_{\min}$ ) 的参数含义，明确了稳定性的量化计算逻辑。

#### 2.5 测量报告

标准中给出了测量报告中应对包含的内容。

### 三、主要试验（或验证）情况

目前国内从事电子显微镜配套高压电源生产的主要企业除咸阳威思曼高压电源有限公司和陕西威思曼高压电源股份有限公司外，仅有国仪量子（合肥）技术有限公司与大连泰思曼科技有限公司两家。其中，国仪量子（合肥）技术有限公司主营电子显微镜整机设备，未公开其配套高压电源的详细技术参数；大连泰思曼科技有限公司的相关产品，则未展示纹波系数及电压稳定性指标的公开测试数据。鉴于上述情况，本标准中高压电源纹波及稳定性测量方法的验证工作，暂依托国外同类高压电源产品开展。

#### 1、斯派曼 PMT-75C-P,N 高压电源验证

2026 年 1 月请陕西威思曼高压电源股份有限公司对纹波、稳定性等标准指标进行验证测试。本次选用美国斯派曼电子公司生产的 PMT-75C-P,N 型高压电源，该电源指标为：输出电压 0V-7.5kV，纹波 100mV，稳定性为半小时预热之后，每 8 小时 0.02%。

测试结果如下：

##### 1.1 纹波测量

##### 1.1.1 测量工具：

序号	名称	主要技术指标
1	数字多用表	稳定性不大于被测电源稳定性要求的 1/10
2	示波器	垂直增益最大允许误差不超过±5%，带宽不低于 20 MHz
3	高压探头	最大允许误差不超过±5%，带宽不低于 20 MHz
4	供电电源	直流输出时，稳压输出周期和随机偏差的峰峰值不超过 5 mV
5	分压器	稳定性不大于被测电源稳定性要求的 1/4
6	电阻负载	最大允许误差不超过±5%

1.1.2 接线方法：按照标准 5.2.1 接线方法，完成测量仪器与受测电源的接线。

1.1.3 测量方法：按照标准 5.2.2 测量方法，测量记录纹波值。

测试记录：

序号	电压设定值	纹波测量值	纹波
1	0	83mV	100mV
2	3.5kV	93mV	

3	7.5kV	100mV	
---	-------	-------	--

## 1.2 稳定性测量

### 1.2.1 测量工具:

序号	名称	主要技术指标
1	数字多用表	稳定性不大于被测电源稳定性要求的 1/10
2	高压探头	垂直增益最大允许误差不超过±5%，带宽不低于 20 MHz
3	供电电源	最大允许误差不超过±5%，带宽不低于 20 MHz
4	分压器	直流输出时，稳压输出周期和随机偏差的峰峰值不超过 5 mV
5	电阻负载	稳定性不大于被测电源稳定性要求的 1/4

1.2.2 接线方法:按照标准 5.3.1 接线方法,完成测量仪器与受测电源的接线。

1.2.3 测量方法:按照标准 5.3.2 测量方法,记录数据并根据公式计算稳定性。

测试记录:

设定值	次数 (每隔 10min 记录一次)	输出测量值 (V)	$ \max-\min / U_x $
7.5kV	1	7528.6	0.02%
7.5kV	2	7528.7	
7.5kV	3	7527.3	
7.5kV	4	7528.8	
7.5kV	5	7528.6	
7.5kV	6	7527.9	
7.5kV	7	7527.6	
7.5kV	8	7527.9	
7.5kV	9	7528.2	
7.5kV	10	7528.0	
7.5kV	11	7527.6	
7.5kV	12	7528.7	
7.5kV	13	7528.6	
7.5kV	14	7527.6	
7.5kV	15	7527.9	
7.5kV	16	7528.6	

7.5kV	17	7528.0	
7.5kV	18	7528.6	
7.5kV	19	7527.5	
7.5kV	20	7528.8	
7.5kV	21	7527.6	
7.5kV	22	7528.6	
7.5kV	23	7527.4	
7.5kV	24	7527.6	
7.5kV	25	7528.7	
7.5kV	26	7527.9	
7.5kV	27	7528.0	
7.5kV	28	7528.2	
7.5kV	29	7528.6	
7.5kV	30	7527.5	
7.5kV	31	7527.6	
7.5kV	32	7528.7	
7.5kV	33	7528.6	
7.5kV	34	7527.7	
7.5kV	35	7528.0	
7.5kV	36	7527.4	
7.5kV	37	7527.5	
7.5kV	38	7528.8	
7.5kV	39	7528.5	
7.5kV	40	7528.1	
7.5kV	41	7527.6	
7.5kV	42	7527.3	
7.5kV	43	7527.9	
7.5kV	44	7528.5	
7.5kV	45	7527.6	

7.5kV	46	7527.9	
7.5kV	47	7527.4	
7.5kV	48	7528.7	

## 2、斯派曼 MPS30\*10/24 高压电源验证

2026 年 1 月陕西威思曼高压电源股份有限公司对斯派曼高压电子公司的高压电源的纹波、稳定性等标准指标进行验证测试。该电源型号为 MPS30\*10/24，电压范围 30kV，纹波<250mV，稳定性为每 8 小时 0.02%（一小时预热之后），应用于电子显微镜上。

### 2.1 纹波测量

#### 2.1.1 测量工具：

序号	名称	主要技术指标
1	数字多用表	稳定性不大于被测电源稳定性要求的 1/10
2	示波器	垂直增益最大允许误差不超过±5%，带宽不低于 20 MHz
3	高压探头	最大允许误差不超过±5%，带宽不低于 20 MHz
4	供电电源	直流输出时，稳压输出周期和随机偏差的峰峰值不超过 5 mV
5	分压器	稳定性不大于被测电源稳定性要求的 1/4
6	电阻负载	最大允许误差不超过±5%

2.1.2 接线方法：按照标准 5.2.1 接线方法，完成测量仪器与受测电源的接线。

2.1.3 测量方法：按照标准 5.2.2 测量方法，测量记录纹波值。

测试记录：

序号	电压设定值	纹波测量值	纹波
1	0	238mV	<250mV
2	15kV	242mV	
3	30kV	249mV	

### 2.2 稳定性测量

#### 2.1.1 测量工具：

序号	名称	主要技术指标
1	数字多用表	稳定性不大于被测电源稳定性要求的 1/10
2	高压探头	垂直增益最大允许误差不超过±5%，带宽不低于 20 MHz

3	供电电源	最大允许误差不超过±5%，带宽不低于 20 MHz
4	分压器	直流输出时，稳压输出周期和随机偏差的峰峰值不超过 5 mV
5	电阻负载	稳定性不大于被测电源稳定性要求的 1/4

2.1.2 接线方法:按照标准 5.3.1 接线方法,完成测量仪器与受测电源的接线。

2.1.3 测量方法:按照标准 5.3.2 测量方法,记录数据并根据公式计算稳定性。

测试记录:

设定值	次数 (每隔 10min 记录一次)	输出测量值 (V)	$ \max-\min / U_x $
30kV	1	30017.6	0.02%
30kV	2	30020.4	
30kV	3	30017.8	
30kV	4	30022.6	
30kV	5	30016.8	
30kV	6	30017.5	
30kV	7	30017.8	
30kV	8	30021.3	
30kV	9	30022.3	
30kV	10	30018.1	
30kV	11	30017.3	
30kV	12	30020.0	
30kV	13	30019.9	
30kV	14	30017.7	
30kV	15	30016.9	
30kV	16	30020.5	
30kV	17	30019.8	
30kV	18	30020.1	
30kV	19	30018.1	
30kV	20	30017.9	
30kV	21	30018.0	
30kV	22	30017.2	

30kV	23	30019.8	
30kV	24	30022.1	
30kV	25	30017.5	
30kV	26	30016.9	
30kV	27	30021.6	
30kV	28	30019.9	
30kV	29	30016.9	
30kV	30	30017.5	
30kV	31	30020.8	
30kV	32	30021.9	
30kV	33	30017.3	
30kV	34	30019.1	
30kV	35	30016.8	
30kV	36	30019.2	
30kV	37	30020.9	
30kV	38	30020.3	
30kV	39	30017.5	
30kV	40	30016.6	
30kV	41	30021.2	
30kV	42	30017.2	
30kV	43	30018.1	
30kV	44	30019.9	
30kV	45	30020.5	
30kV	46	30018.0	
30kV	47	30017.5	
30kV	48	30016.8	

#### 四、预期的经济效益、社会效益和生态效益

##### 1、经济效益

(1) 降低行业沟通与检测成本：统一的测量方法消除了企业、检测机构之间因测量规则不一致导致的检测结果争议，减少了贸易合作、质量验收中的沟通成本；同时避免了重复检测、无效检测，提升了整体检测效率，降低企业和检测机构的检测运营成本。

(2) 助力企业提质增效与市场竞争：为高压电源生产企业提供了统一的质量控制和研发测试依据，企业可依据标准优化产品设计、改进生产工艺，提升产品纹波和稳定性指标，增强国产电子显微镜配套高压电源的市场竞争力；同时清晰的测量流程也能优化企业内部的品控流程，提升生产效率。

(3) 推动行业产业化升级：统一的测量标准将带动电子显微镜高压电源行业形成“标准—研发—生产—检测”的闭环体系，推动行业向高质量、标准化方向发展，助力电子显微镜配套产业的产业化、规模化升级。

## 2、社会效益

(1) 完善仪器仪表行业标准体系：填补了电子显微镜高压电源纹波及稳定性测量的行业标准空白，丰富了中国仪器仪表学会的团体标准体系，也为后续相关国家标准、行业标准的制定提供了参考和基础。

(2) 支撑下游科研与产业发展：电子显微镜广泛应用于材料、生物、医学、半导体、微纳加工等领域，标准的实施将提升高压电源的产品质量，进而优化电子显微镜的整机性能，为各下游领域的科学研究、技术研发和产品检测提供更精准的设备支撑，助力相关领域的技术突破。

(3) 助力国产设备国际化接轨：统一的测量标准与国际电学测量的通用规范接轨，为国产电子显微镜及配套高压电源进入国际市场提供了标准化的质量评价依据，提升国产设备的国际认可度，推动国产仪器仪表的“走出去”。

## 3、生态效益

(1) 减少电子废弃物：高质量的高压电源具备更好的纹波特性和稳定性，能有效延长自身及电子显微镜整机的使用寿命，减少设备因性能不佳导致的提前报废和更换，降低电子废弃物的产生量，减轻电子垃圾的处理压力，减少环境污染。

(2) 降低检测过程的资源损耗：统一的测量标准避免了因方法不一致导致的重复检测，减少了测量过程中仪器设备的损耗和电力资源的消耗，同时标准化

的操作流程也能提升仪器设备的使用效率，践行绿色低碳的测量理念。

## 五、与国际、国外对比情况

本标准制定过程中未查到同类国际、国外标准。

本标准制定过程中，对 2 款国外同类产品的样品、样机开展了实测验证，将实测数据与对应样机产品说明书标注的技术参数进行比对分析，验证了本标准所制定检测方法的可行性与有效性。

## 六、以国际标准为基础的起草情况

本标准在编制过程中未参考国际标准。

## 七、与现行相关法律、法规、规章及相关标准，特别是强制性标准的协调性

本标准与现行相关法律、法规、规章及相关标准，特别是强制性标准相协调。

## 八、重大意见分歧的处理经过和依据

无。

## 九、标准中涉及到的专利和知识产权的说明

本标准不涉及专利和知识产权。

## 十、贯彻标准的要求和措施建议

无。

## 十一、其他应予说明的事项

无。

《电子显微镜高压电源纹波及稳定性测量方法》

标准起草工作组

2026 年 4 月 22 日