国 家 计 量 技 术 法 规

《标准软磁环交流磁特性检定规程》

编制说明

《标准软磁环交流磁特性检定规程》制定工作组

2024年6月

**一、立项背景**

软磁材料是变压器、电源、传感器、滤波器、电机等产品的关键材料，在电器、电子设备中应用广泛，是信息通讯、自动化产业、国防工业、航空航天等高科技领域必不可少的功能元件，其磁性量值将影响这些产品和领域技术水平的高低。

软磁材料在使用时，除了关注直流性能外，其交流磁特性也是其软磁材料的重要参数。交流磁特性包含不同频率下的比总损耗和振幅磁导率，测量对象环形样品。

目前，检定软磁交流磁性能的依据的检定规程为JJG493-1987《软磁材料音频磁特性标准样品（交流磁化曲线及幅值磁导率）》，该检定规程的频率范围我为45Hz-20kHz，检定项目仅为振幅磁导率，使用仪器设备也没有功率测量功能。随着软磁材料产业的发展，对材料的测量范围和参数提出了更高的要求，比如比总损耗成为软磁交流性能的主要参数。因此旧版本的检定规程在很多频率范围、检定项目和仪器配置等方面都不能满足使用要求。

因此，为了适应软磁材料的发展和软磁交流磁性能的测量需求，需要对原有检定规程性能修订，满足计量和行业发展的需求。

**二、任务来源**

软磁材料交流磁特性标准样品》检定规程的修订任务是由全国磁学计量技术委员会以国磁计技委函（2001）03号文批准立项，并按有关要求完成的。

**三、 与国际建议、国际文件、国际标准、国内标准等技术文件的兼容情况**

本规程遵循IEC 60404-6标准中，采用伏安法测量振幅磁导率；遵循IEC 60404-6标准，采用功率表法测量比损耗。测量方法和计算公式完全遵循IEC 60404-6标准。

**四、承担单位**

根据国家计量技术法规制定/修订计划，该检定规程的的主要起草单位为中国计量科学研究院。

参加起草单位有宁波市计量测试研究院（宁波新材料检验检测中心）、安泰科技股份有限公司北京空港新材料分公司。

**五、制定的目的和意义**

软磁材料的交流磁性能是软磁材料产品设计和应用的基础。《标准软磁交流磁特性环》的修订，将促进我国软磁材料量值一致，同时有助于软磁材料研制、生产和使用技术水平的提升。

JJG493-1987《软磁材料音频磁特性标准样品（交流磁化曲线及幅值磁导率）》在很多方面都不能满足使用的需求。《标准软磁交流磁特性环》的修订，将扩大标准软磁交流磁特性环的频率范围、增加检定项目和计量标准器具，修订后的规程，更加满足软磁交流磁特性环的计量需求。在实际操作中，经常会遇到一些问题从而对测量值产生质疑，这时最方便的方法就是使用经过计量部门认定的标准软磁交流环进行比对验证，确保产品数据的准确可靠。

标准软磁交流磁特性环在国内软磁行业内的广泛使用，将提高测量结果的复现性水平，保障量值的溯源性，促进行业内交流磁特性量值的准确性、可靠性和国际一致性。因此，修订本规范具有重要意义。

**六、修订的基本原则**

符合国家有关法律、法规的规定，各项要求科学合理。

重点考虑操作的可行性及实施的经济性。

借鉴国家标准、国际标准等技术文件，保持与相关技术文件的一致性、统一性。

**七、制订过程**

（1）2006年，检定规程立项。

（2）2006年1月-2006年6月，进行检定方法研究，研制适合量值传递的标准软磁交流磁特性环。

（3）2006年12月，形成检定规程初稿。

（4）2007年1～9月，在规范起草人内部征询修订意见，并完成相应修订，先后形成征求意见稿、报审稿。

（5）2007年9月22日至9月23日，在全国电磁计量技术委员会上审定通过。

（6）2007年12月，报总局批准。由于检定规程名称问题，总局要求修改检定规程的名称。

（7）2008年到2022年，该规程的修订工作暂停。

（8）2022年5月，形成校准规范中期检查版本，提交电磁委员会进行复审。

（9）2022年6月到2024年4月，针对中期检查意见对校准规范进行修改，提交电磁委员会进行复审。

**八、主要技术说明**

（一）术语和计量单位

1、增加了标准软磁环的定义。

2、增加了软磁磁化曲线的定义。

3、增加了相对起始幅值磁导率的定义。

4、增加了最大幅值磁导率的定义

（二）计量特性

1）适用范围

本规程适用于由软磁合金制备的环形标准样品，在20Hz-100kHz频率范围内的交流磁化曲线、振幅磁导率和比总损耗的首次检定、后续检定和使用中检查。

2）计量特性

包括相对幅值磁导率和比总损耗。

相对幅值磁导率测量范围：2000-150000；允许误差：±2.0%。

比总损耗测量范围：0.1W/kg-400W/kg；；允许误差：±2.0%。

3）通过要求：包含了标准软磁交流磁特性环的准备方法、次级电压波形和磁场强度范围的要求。

4）计量器具控制：包含环境条件、供电电压和测量所需的计量标准器的总类和要求等。

5）规定了检定项目和各项目的检定方法。

6）对检定结果的处理和检定周期的要求。

**九、实验验证和预期效果**

依据《标准软磁交流磁特性环检定规程》制作的软磁环样品，并对样品的振幅磁导率和比总损耗参数进行了重复性验证。10次重复测量结果表明：相对幅值磁导率相对标准差为0.5%，比总损耗相对标准差为0.5%。相对幅值磁导率和比总损耗随温度变化估计为每度小于0.1%。次级电压波形变化1%，带来相对幅值磁导率和比总损耗的变化可以估计为1%。实验表明本检定规程的各项条款能能够达到标准软磁交流磁特性环的计量需求，能达到预期效果。

**十、对所规定的某些技术条款、检定条件、检定方法的有关说明**

1）波形正弦

软磁材料在交流磁化下，形成磁滞回线，弱场下为椭圆形，磁场强度和磁感应强度均为正弦波。随着磁场加强，此时磁场强度和磁感应强度均为非正弦，此时，若保证磁场强度为正弦形，则磁感应强度为非正弦变化；反之，若保证磁感应强度为正弦形，则磁场强度为非正弦变化。磁感应强度波形的不同，测得的磁性能参数也不同。IEC 60404-6标准为了测量结果可比性，规定保持磁场强度波形正弦或保持磁感应强度波形正弦。本规程采用保持磁感应强度波形正弦的规定。

2）比总损耗测量方法

在IEC 60404-6标准中，测量比总损耗的方法有数字电桥法、有效值电压表法和功率表法。功率表法从定义出发，测量直观，但对相位敏感。因为功率表法是从磁场强度、磁感应强度和比总损耗的定义出发的测量方式，是具有测量方便、可比性等优点，因此本规程使用功率表法。

**十一、 新、旧国家计量检定规程的修改内容**

1） 标准样品尺寸的变化

原规程规定标准样品尺寸的内径、外径和高度，本规程改为推荐方式。因为新材料，特别是非晶、微晶样品，尺寸的大小直接由生产线卷制成，很难进行二次加工。但标准样品的外径与内径之比必须得到保证，这与原规程是一致的。同时也符合IEC 60404-6标准。

2）标准样品平均磁路长度计算的改变

原规程有两种计算方式，根据IEC 60404-6标准，新规程计算公式统一采用了原规程公式(4)。

3）频率范围扩展

原规程频率范围45Hz-20kHz，扩展到20Hz-100kHz。由于宽频的仪表的应用，新规程的频率范围得以扩展，并符合IEC 60404-6标准。

4）标准装置的改变

采用了宽频的信号源、功率放大器、平均值电压表、宽频电压电流功率表的标准装置对原有装置进行了升级改造。

5） 峰值电流测量的改变

原规程提出两种方法测量峰值电流，一种为电阻压降法，另一种为互感法。现改为峰值电流表法，实际上峰值电流表同电阻压降法等同。

6） 测量参数的扩展

增加了标准样品比损耗参数的测量。根据IEC 60404-6标准中规定，采用功率表法测量比损耗。

7）测量不确定度的变化

因为新标准设备的采用，测量不确定度发生变化，详见不确定分析报告。

8）磁感应强度波形描述方式变化

原规程使用波形失真度概念,规定各种波形失真限度。新规程根据IEC 60404-6标准中规定，使用波形因数概念，统一规定次级感应电压波形因数应保持在1.111±1%之内。

制定工作组

2024年4月