

《无损检测仪器 涡流检测设备 第1部分：仪器性能和检验》 编制说明（征求意见稿）

一、工作简况

1、任务来源

任务来源于国标委发[2025]34号文“国家标准化管理委员会关于下达2025年第六批推荐性国家标准计划及相关标准外文版计划的通知”下达的项目计划，项目计划编号为：20252560-T-604，标准名称：无损检测仪器 涡流检测设备 第1部分：仪器性能和检验。本项目为国家标准项目（等同采用ISO 15548-1：2013），项目主管部门：中国机械工业联合会，项目归口部门：全国试验机标准化技术委员会（SAC/TC122），负责起草单位：爱德森（厦门）电子有限公司、辽宁仪表研究有限责任公司等；计划周期：12个月，计划完成时间：2026年6月。

2、修订背景

GB/T 14480.1-2015《无损检测仪器 涡流检测设备 第1部分：仪器性能和检验》主要针对涡流检测设备的性能要求和检验方法进行规范。该标准自2015年12月10日发布以来，已近十年之久，为各行业领域的涡流检测仪器的性能检验需求及实际工程应用提供了参考和指导，确保不同制造商的涡流检测仪器在性能上具有可比性和一致性，对于促进涡流检测仪器的发展发挥了重要的作用。通过规范涡流检测仪器的性能要求，还可以确保涡流检测结果的可靠性和准确性。当下已经在航空、航天、核工、电力、冶金、船舶、石油化工、交通运输等领域得到了广泛应用。随着行业的发展及用户需求的变化，很多专业术语的含义或应用背景可能已经发生了变化。GB/T 14480.1-2015中某些术语的定义未能与国际最新标准保持一致，导致在实际操作中出现了理解偏差和应用误区。这不仅影响了检验人员的操作效率，也对检验结果的可靠性产生了一定的负面影响。此外，目前ISO 15548-1的最新版本为ISO 15548-1：2013。为了与国际市场接轨，申请修订GB/T 14480.1-2015是一项非常必要且重要的工作。经过修订，标准将更加符合涡流检测仪器的技术现状和发展前景，同时也能够提高标准的可操作性，有利于更好地推动标准的广泛应用。

3、主要工作过程

(1) 起草阶段

计划下达后，2025年7月全国试验机标准化技术委员会无损检测仪器分技术委员会（TC122/SC1）组织各起草单位成立了标准起草工作组，由爱德森（厦门）电子有限公司牵头成立标准编辑工作组，负责主要起草工作。工作组对国内外涡流检测仪器的技术现状与发展情况进行了全面的调研，同时广泛搜集相关标准和国内外技术资料，经研究分析、资料查证，结合实际应用经验，进行全面总结和归纳；确定了标准编写原则和分工，提出标准编制进度安排。按照标准编制计划，标准起草工作组全体成员之间通过邮件、微信、电话等方式，经过多次沟通协商，于2025年10月形成标准征求意见稿及其编制说明等相关附件，报全国试验机标准化技术委员会无损检测仪器分技术委员会秘书处。

(2) 征求意见阶段

(3) 送审阶段

(4) 报批阶段

4、主要参加单位和工作组成员及其所做的工作

本标准起草单位：爱德森（厦门）电子公司、湖北工业大学、辽宁仪表研究所有限责任公司、西安交通大学、重庆理工大学、中国铁道科学研究院集团有限公司、江苏省特种设备安全监督检验研究院、广东省特种设备检测研究。

本文件主要起草人：林俊明、宋小春、陈振茂、田贵云、黄凤英、林泽森、王琳、任毅、朱君君、吴晓瑜。

所做的工作：林俊明工作组组长，主持全面协调工作，负责对各阶段标准的审核；宋小春、陈振茂、田贵云为本标准主要执笔人，负责本标准的具体起草与编制；黄凤英、林泽森负责国内外相关技术文献和资料的收集、分析及资料查证，对产品生产工艺、性能和使用经验进行总结和归纳；王琳、任毅负责对国内外产品和技术的现状与发展情况进行全面调研，朱君君、吴晓瑜负责对各方面的意见及建议进行归纳、整理。

二、国家标准编制原则、主要内容及其确定依据

1、编制原则

本标准在起草过程中充分考虑到近年阵列涡流探头技术的发展，考虑到标准的先进性、通用性、可操作性和连续性原则，通过同行业内有影响力的专家进行交流、调研，结合目前国内外相关行业的发展需要，努力与国际市场接轨，编制本标准。

本标准等同采用ISO 15548-1:2013《无损检测 涡流检测设备 第1部分：仪器性能和检验》，在起草过程中，主要按照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》和GB/T 1.2—2020《标准化工作导则 第2部分：以ISO/IEC标准化文件为基础的标准化文件起草规则》的要求编写。

2、主要内容

本文件规定了通用涡流检测仪器的功能特性，并描述了测量和检验方法。

对这些特性的评估，使得涡流检测设备可以明确描述且具有可比性。

通过精选系统特性，能设计出符合要求的专用涡流检测系统。

本文件的规定亦适用于涡流辅助设备。

本文件未涉及性能检验指标及验收准则，这些内容由应用技术文件给出。

3、修订前后技术内容的对比

本文件使用翻译法等同采用ISO 15548-1:2013《无损检测 涡流检测设备 第1部分：仪器性能和检验》，本文件替代GB/T 14480.1-2015《无损检测仪器 涡流检测设备 第1部分：仪器性能和检验》，与GB/T 14480.1-2015相比，除结构调整和编辑性改动外，主要技术变化如下：

- a) 更改了范围的部分内容（见第1章，2015年版的第1章）；
- b) 更改了仪器类型的部分内容（见4.1.1，2015年版的4.1.1）；
- c) 更改了物理特征的部分内容（见4.1.5，2015年版的4.1.5）；
- d) 更改了检验级别以及表1中的部分内容（见5.2，2015年版的5.2）；
- e) 更改了修正操作的部分内容（见5.4，2015年版的5.4）；
- f) 更改了测量要求的部分内容（见6.1，2015年版的6.1）；
- g) 更改了输入阻抗的部分内容（见6.3.2.2，2015年版的6.3.2.2）；

h) 更改了谐波衰减测量参数和测量条件的部分内容（见6.4.4.1，2015年版的6.4.4.1）；

i) 增加了增益设置准确度测量方法的部分内容（见6.4.9.2，2015年版的6.4.9.2）。

本标准的全部内容，经过标准起草组协商一致。

三、试验验证的分析、综述报告

涡流检测作为一种重要的无损检测方法，广泛应用于金属材料及构件表面及近表面的缺陷检测、材质分选、厚度测量等领域。涡流检测是利用导电材料中感应产生电流的电磁效应评价被检件的无损检测方法，测量和分析参量与感应电流的分布相关。涡流检测方法的主要优点包括不需要与被检件接触，无需耦合介质，可以应用较高的检测速度等。涡流检测设备包括涡流检测仪、涡流检测探头、涡流检测系统，以及检测时需要的辅助设备等。本标准主要涉及涡流检测仪的规定。

GB/T 14480.1-2015《无损检测仪器 涡流检测设备 第1部分：仪器性能和检验》采用翻译法等同采用国际标准ISO 15548-1:2008，主要针对涡流检测仪器的性能要求和检验方法进行规范。该标准自2015年12月10日发布以来，已近十年之久，为各行业涡流检测仪器的性能验证和工程应用提供了重要依据和指导，在确保不同制造商仪器性能可比性和一致性方面发挥了关键作用，有力推动了涡流检测仪器的技术发展。目前，该标准已在航空、航天、核工业、电力、冶金、船舶、石油化工、交通运输等诸多领域得到广泛应用。

然而，在之前的翻译过程中，GB/T 14480.1-2015 的部分术语定义存在表述不规范的问题。随着行业技术进步和用户需求的演变，一些专业术语的含义及应用背景已发生变化，原标准中部分术语定义未能与国际最新标准保持同步，导致在实际应用中出现理解偏差和操作误区，不仅影响检测人员的操作效率，也可能对检测结果的可靠性造成一定影响。此外，目前ISO 15548-1的最新版本为ISO 15548-1:2013。为适应技术发展需求并与国际标准接轨，现对GB/T 14480.1-2015进行修订，等同采用ISO 15548-1:2013《无损检测 涡流检测设备 第1部分：仪器性能和检验》。本次修订将进一步规范涡流检测仪器的性能要求，确保检测结果的可靠性与准确性。修订后的标准将更贴合当前涡流检测仪器的技术现状与发展趋势，同时提升标准的可操作性，推动其在更广泛范围内的规范应用。

为验证标准修订内容的落地性，本章节特征性地列举了部分重要试验。

试验1 仪器类型符合性验证

针对通用涡流仪与专用涡流仪的性能及配置要求，分别选取代表性仪器进行逐项验证。通用涡流仪的试验仪器采用的是SMART-5001涡流检测仪（见图1），一款具有多链路、多频涡流检测仪，能够实时有效地检测金属材料缺陷、区分合金种类、热处理状态以及厚度变化等，适用于航空、航天、电力、核工、冶金、船舶、石油化工、交通运输等领域的役前及在役的无损检测。通过实操测试（见图2，仪器调试界面），用户可自主调节频率、增益、手动平衡点（非自动平衡模式下）、相位及滤波参数，同时能完成显示端的增益校准与零点设置。专用涡流仪采用的是ETK-DC1道岔专用涡流探伤仪（见图3），该仪器设置有F1专用探伤模块，匹配道岔专用检测探头，测量参数与显示/输出的对应关系被明确限定在铁路道岔构件检测范围内，针对道岔尖轨、辙叉等特定部件的缺陷检测设计。



图 1 通用涡流仪



图 2 调试界面



图 3 专用涡流仪

试验2 激励频率试验

激励频率试验采用SMART-5001涡流检测仪进行测试，测量采用示波器TDS-2024R，具体连接方式如图4所示：首先将示波器的正极端口与涡流检测仪的激励输出引脚(LME07-1)相连，同时将示波器的负极端口接入仪器地端(LEM07-5)，确保测试线路连接稳定可靠。线路连接完成后，操作涡流检测仪将界面切换至调试曲线页面。在该页面中，先对仪器关键参数进行精准设定：将前置增益调节至20 dB，驱动参数设置为5；参数校准完毕后，开始按梯度进行频率测试。初始阶段，将频率初始设置为100 Hz，待参数稳定后，记录示波器采集到的实际测试频率值。随后保持其他参数不变，按照相同的操作流程，依次将频率设置为100 kHz、500 kHz、1 MHz、10 MHz，每完成一次频率设定，均需观测并记录示波器对应的频率显示值。所有预设频率的测试完成后，对涡流检测仪的频率设置值与示波器实际采集的频率显示值进行对比分析。结果表明，二者具有良好的一致性，且在

本次试验的被测量范围内，经计算得出的最大频率偏差仅为0.01%。测试结果如表1所示，其中，相对扩展不确定度是由标准不确定度乘以包含概率约为95%时的因子k（k=2）得到的。此外，对输出频率的稳定性进行试验测试，如表2所示。

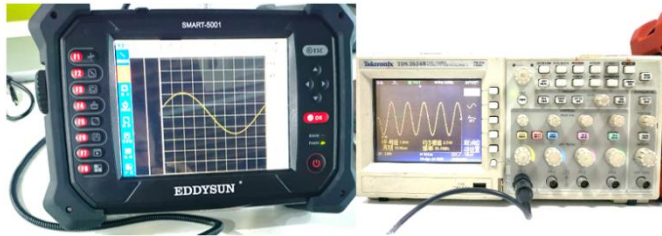


图 4 仪器与示波器连接图与测试显示图

表 1 激励频率试验结果

仪器设置	示波器读数	频率标称值的相对误差	相对扩展不确定度	允差(±)
100 Hz	100.003 Hz	0.003%	0.1%	≤1%
	100.003 Hz	0.003%	0.1%	
	100.003 Hz	0.003%	0.1%	
500 kHz	500.006 kHz	0.001%	0.1%	
	500.006 kHz	0.001%	0.1%	
	500.006 kHz	0.001%	0.1%	
10 MHz	9.999 MHz	0.010%	0.6%	
	9.999 MHz	0.010%	0.6%	
	9.999 MHz	0.010%	0.6%	

表 2 频率稳定性试验结果

仪器设置	时间	示波器读数	稳定性	允差(±)
500 kHz	0 min	500.006 kHz	0.001%	≤1%
	10 min	500.006 kHz	0.001%	
	20 min	500.006 kHz	0.001%	
	30 min	500.006 kHz	0.001%	
	40 min	500.006 kHz	0.001%	
	50 min	500.006 kHz	0.001%	
	60 min	500.006 kHz	0.001%	

试验 3-最大输出电压试验

采用示波器进行 SMART-5001 涡流检测仪的输出电压测试。首先将示波器的正极端口与激励输出引脚（LEM07-1）相连，示波器的负极端口与仪器地端（LEM07-5）相连。随后将仪器的界面切换到调试曲线页面，将前置增益精准地设置为 20 dB，频率参数设置为 100 kHz，在此基础上，将驱动参数设置为 8，此时示波器采集到的波形峰峰值 V_{pp} 即为最大的激励输出电压。输出电压的试验测试结果如表 3 所示，输出电压的稳定性检测结果如表 4 所示。

表 3 输出电压试验结果

仪器输出设置	示波器读数	平均值	相对扩展不确定度	允差(±)
Low	1.11 V	1.11 V	0.01%	≤1%
	1.11 V		0.01%	
	1.11 V		0.01%	
Mid	5.26 V	5.26 V	0.06%	
	5.26 V		0.06%	
	5.26 V		0.06%	
High	8.24 V	8.24 V	0.10%	
	8.24 V		0.10%	
	8.24 V		0.10%	

表 4 输出电压稳定性试验结果

仪器输出设置	时间	示波器读数	稳定性	允差(±)
Mid	0 min	5.26 V	0.00%	≤1%
	10 min	5.26 V	0.00%	
	20 min	5.26 V	0.00%	
	30 min	5.26 V	0.00%	
	40 min	5.26 V	0.00%	
	50 min	5.26 V	0.00%	
	60 min	5.26 V	0.00%	

试验 4-检测灵敏度试验

采用笔式涡流检测探头连接SMART-5001涡流检测仪进行灵敏度试验，如图5所示。首先，将探头放置在标准试块上无人工缺陷处，使探头线圈轴线与试样表面保持垂直，线圈中心距试块边缘和人工缺陷的距离均不小于10 mm，设置涡流仪的频率、相位，将涡流仪增益调至最大；然后根据电噪声适当降低增益，直至无明显电噪声出现；接着，将增益降低6 dB，把提离信号调至水平方向，调试好仪器后，以正常速度移动探头扫查试块上0.5 mm深的人工缺陷，记录涡流仪显示的变化量H，平行测量三次，取平均值填入表中；然后在标准试块与探头之间垫一层0.15 mm的绝缘材料，重新调试好仪器，重复上述步骤，记录下垫绝缘材料时涡流仪显示的变化量Y，平行测量三次，取平均值填入表中，并计算Y和H的比值，测试结果如表5所示。



图 4 试验设备及笔式涡流检测探头

表 5 灵敏度试验结果

测试点	增益	实际温度	温度限值	H	Y	Y/H
-----	----	------	------	---	---	-----

100 Hz	41 dB	20. 5℃	20 (±5)℃	84%	76%	0. 90
		0. 6℃	0 (±5)℃	86%	78%	0. 91
		38. 6℃	40 (±5)℃	88%	78%	0. 89
500 kHz	42 dB	20. 5℃	20 (±5)℃	84%	76%	0. 90
		0. 6℃	0 (±5)℃	86%	78%	0. 91
		38. 6℃	40 (±5)℃	84%	76%	0. 90
2 MHz	43 dB	20. 5℃	20 (±5)℃	88%	80%	0. 91
		0. 6℃	0 (±5)℃	86%	78%	0. 91
		38. 6℃	40 (±5)℃	84%	76%	0. 90
允差(±)				≥75%	/	≥0. 67

试验 5—频带宽度试验

采用示波器进行频率宽度的测量，首先将示波器的正端与激励输出引脚（LEM07-1）相连，示波器的负端与仪器地段（LEM07-5）相连。随后将仪器的界面会切换到调试曲线页面，在此页面中，我们首先将前置增益精准地设置为20 dB，驱动参数被设定为5。在此基础上，我们将频率初始设置为0.01 KHz，观测示波器的测试频率采集值。随后，我们按照一致的步骤，依次将频率设置为0.1 kHz、10 kHz、100 kHz、500 kHz、1 MHz，3 MHz，5 MHz，10 MHz，观察示波器采集的对应波形的Vpp值。测试完成后，我们将对比频率设置值与示波器测试Vpp值，100 kHz处的Vpp值为V1，则任何某一个频率点的幅值不低于0.707*V1，说明该频率点处于频带宽度内，按照该方式调节频率，能够找出合适的带宽上下限。

试验 6—信噪比试验

采用SMART-5001涡流检测仪开展信噪比试验。分别选取100 Hz、500 kHz、2 MHz三个测试点进行试验。对于每个测试点，先测量仪器在无有效信号输入时的噪声水平N，再测量输入标准有效信号时的信号水平S，然后计算S/N比值，即为信噪比。每个测试点重复测量3次，取平均值作为该测试点的最终结果，具体数据如表6所示。试验结果（见表6）说明，该涡流检测仪的信号处理单元具备良好的抗干扰能力，能够在实际检测中提供清晰、可靠的检测信号，保证涡流检测结果的准确性。

表 6 信噪比试验结果

测试点	N	S	S/N	允差
100 Hz	4%	16%	4	≥3
500 kHz	5%	20%	4	
2 MHz	4%	20%	5	

四、与国际、国外同类标准技术内容的对比情况

本标准等同采用 ISO 15548-1:2013 《Non-destructive testing—Equipment for eddy current examination—Part 1: Instrument characteristics and verification》，文本结构与 ISO 标准保持一致。本标准水平为国际先进水平。

五、以国际标准为基础的起草情况

本标准等同采用 ISO 15548-1:2013 《Non-destructive testing—Equipment for eddy current examination—Part 1: Instrument characteristics and verification》，文本结构与 ISO 标准保持一致。

六、与有关法律、行政法规及相关标准的关系

本标准与我国的有关法律、行政法规和及相关标准协调一致。

七、重大分歧意见的处理经过和依据

无。

八、标准中涉及专利的情况

本标准不涉及专利问题。

九、实施国家标准的要求

本标准修订标准，标准发布实施后将代替 GB/T 14480.1-2015 《无损检测仪器 涡流检测设备 第1部分：仪器性能和检验》。建议本标准批准发布后6个月实施。

十、公平竞争审查说明

经公平竞争审查，本标准未限制或变相限制市场准入和退出、商品要素自由流动，不影响经营者生产经营成本以及生产经营行为，不存在违反相关规定情况。审查结论为符合要求，具体审查情况见《公平竞争审查表》。

十一、其他应当说明的事项

无。

