

JJF（有色金属）XXXX—XXXX
相控阵超声探伤仪校准规范
(编制说明)

预审稿

2025-09

相控阵超声探伤仪校准规范

编制组

主编单位：西安汉唐分析检测有限公司

一、工作简况

1. 立项目的

相控阵超声探伤仪主要用于无损检测。和 A 型常规检测仪一样,相控阵超声均是基于采用脉冲反射法检测,均采用相同的缺陷定量及定位方法。但相控阵超声检测仪是高性能的数字化仪器,能够实现检测全过程信号的记录,通过对信号进行处理,系统能生成和显示不同方向投影的高质量图像。

目前,可参考对相控阵超声探伤仪进行校准的有 JJF 1338-2012《相控阵超声探伤仪校准规范》,ISO 18563-1:2022《无损检测仪器 相控阵超声设备的性能与检验 第 1 部分》等规范。但这些规范的发布日期距离当前已经有较长时间,导致这些规范在当前的实际校准工作中存在校准方法不适用等问题,无法保证校准结果的准确性与可靠性。重新编写更适用于相控阵超声探伤仪的校准方法,完善相关校准项目,保证相控阵超声探伤仪校准结果的准确可靠,可以为指定的探伤工艺提供保障,进一步帮助有色金属行业实现高标准、高质量的发展目标。

2. 任务来源

为保证用于校准相控阵超声探伤仪的量值准确、可靠,适应我国有色金属行业的快速发展和满足国内外市场的需要,工业和信息化部以工信厅下达了根据工信部《工业和信息化部办公厅关于印发 2024 年行业计量技术规范制修订计划的通知》(工信厅科〔2024〕602 号),计划完成年限为 2025 年。

3. 项目编制组单位简况

3.1 编制组成员单位

本规范的编制组单位为:西安汉唐分析检测有限公司。

3.2 主编单位简介

西安汉唐分析检测有限公司是西北有色金属研究院(集团)控股子公司,属国有企业,主要从事有色产品的检测、可靠性评价、失效分析、质量评估、腐蚀性能及表面测试与表征、规范起草、检测方法的开发、标物的研制、设备的计量校准等。

公司于 1985 年被陕西省质监局授权为陕西省有色金属产品质量监督检验站。1987 年被中国有色金属工业总公司授权为西北质量监督检验中心,先后被国家质检总局确定为钛及钛合金、铜及铜合金管材生产许可证检验工作实施单位;公司通过 CNAS、CMA、国防 DiLAC 等认证认可,是陕西省有色金属材料分析检测与评价中心、陕西省稀有金属材料安全评估和失效分析中心、工业(稀有金属)产品质量和技术评价实验室、陕西省核工业用金属材料检测与评价服务平台挂靠单位。公司是国内最早从事有色金属材料及其产品分析检验检测与评价研究的专业机构之一,技术装备水平国内一流、国际先进,在我

省优势产业稀有金属材料领域的检测能力和水平处于领先地位；先后承担了国家、省市多项重大课题，目前已建成国内唯一的核电堆芯材料分析检测平台、多层金属复合材料测试和评价平台、钛及钛合金专业检测平台。

近 10 年起草有色金属国家/行业规范共 80 余项、发表论文 120 余篇、授权专利 30 余项。先后荣获中国有色金属工业一等奖、二等奖 20 余次。

本单位积极组织编制组各次工作会议，开展相关的校准，有效组织参编单位多次对规范的各版《征求意见稿》进行认真的讨论和审议，提出大量有益的意见和建议，在编制组中发挥了牵头作用。

4. 主要工作过程

西安汉唐分析检测有限公司接到有色金属行业计量技术委员会转发下达的制定任务后，成立了计量规范编制组，对计量技术规范编写工作进行了部署和分工，制定了制定原则及计划工作。

2024 年 11 月成立了计量规范编制组，明确编制组成员各自的工作内容及任务，对被校对象的使用单位进行了校准需求调研，收集相关资料。

2024 年 12 月~2025 年 4 月编制组成员对校准规范中的计量特性及校准方法进行了讨论，确定了校准项目及方法，对关键技术指标提出了修改意见最终形成讨论稿。

2025 年 5 月 8 日~9 日，编制组成员参加了由有色金属行业计量技术委员会组织的在河南省洛阳市东山华悦酒店召开的有色金属计量技术规范讨论会，与会专家和各单位代表对《相控阵超声探伤仪校准规范-讨论稿》提出了修改意见，并且在会上确定了项目负责起草单位明确了各项工作时间进度要求，编制组依据讨论会上提出的修改意见，修改讨论稿并形成征求意见稿，具体内容见表 1。修改后形成了《相控阵超声探伤仪校准规范-征求意见稿》。

表 1

序号	标准章 条编号	意见内容	提出单位	处理意见
1	4 章节	4.7 修改表 1 幅度线性的允许范围	宝钛集团有 限公司	采纳
2	6 章节	6.2.3 频率响应中增加连线示意图	南山铝业	采纳
3	6 章节	6.2.4 增加公式	西部超导	采纳
4	6 章节	6.2.4 增加公式	赤峰市产品 质量检验检 测中心	采纳

5	6 章节	6.2.6 增益线性修改为衰减器误差，并增加公式	西安汉唐分析检测有限公司	采纳
6	6 章节	6.2.8 幅度线性修改为幅度线性误差	西安汉唐分析检测有限公司	采纳
7	附录 A、附录 B	根据要求修改格式	南山铝业	采纳

二、编制原则和依据

（一） 编制原则

本规范是以JJF 1071-2010《国家计量校准规范编写规则》、JJF 1001-2011《通用计量术语及定义》和JJF 1059.1-2012《测量不确定度评定与表示》为基础性系列规范进行编写。

本规范引用了 ISO 18563-1:2022 《无损检测仪器 相控阵超声设备的性能与检验 第 1 部分》（Non-destructive testing — Characterization and verification of ultrasonic phased array equipment）相关内容。

（二） 确定主要内容

1 范围

本规范规定了用于超声无损检测的相控阵超声探伤仪的计量特性、校准条件和校准方法。本规范适用于频率在（0.5~10）MHz范围内的多通道相控阵超声检测仪的校准。

2 引用文件

JJF 1071《国家计量校准规范编写规则》

JJF 1001-《通用计量术语及定义》

JJF 1059.1《测量不确定度评定与表示》

ISO 18563-1:2022 《无损检测仪器 相控阵超声设备的性能与检验 第 1 部分》（Non-destructive testing — Characterization and verification of ultrasonic phased array equipment）

3 概述

相控阵超声探伤仪是一种激励相控阵超声换能器产生超声波，并接收在材料中传播或反射的超声信号以评价材料内部缺陷的无损检测仪器，通过软件可以单独控制相控阵探头

中每个晶片的激发时间，从而控制产生波束的角度、聚焦位置和焦点尺寸。广泛应用于航空航天、铁路、船舶、特种设备、建筑、冶金等行业的非破坏性检测。

4 计量特性

4.1 发射脉冲电压、上升时间和脉冲宽度

发射脉冲电压与制造商技术要求不超过 $\pm 10\%$ 范围内；

上升时间应小于制造商技术要求的最大值；

对于方波脉冲和双极性脉冲波形,每个单独测量通道脉冲宽度应在制造商技术要求规定值的 $\pm 10\%$ 范围内。当使用一个尖峰脉冲时，脉冲宽度应小于制造商的技术规范中规定的最大值,且通道之间的变化应在 $\pm 20\%$ 范围内。

4.2 频率响应

中心频率和带宽在制造商技术要求规定的 $\pm 10\%$ 范围内。

4.3 等效输入噪声

小于制造商技术要求规定值。

4.4 衰减器误差

在制造商技术要求规定的整个增益范围内的任何连续 1dB 范围内,增益偏差应不超过

$\pm 0.5 \text{ dB}$;

在制造商技术要求规定的整个增益范围内的任何连续 20dB 范围内，增益偏差应不超过

$\pm 1 \text{ dB}$;

在制造商技术要求规定的增益范围内,增益偏差应不超过 $\pm 2 \text{ dB}$ 。

4.5 通道增益偏差

通道增益偏差应小于 3dB。

4.6 幅度线性误差

测得的信号幅度在允许范围内，允许范围见表1。

表 1 幅度线性的验收指标

外部标准衰减器设定值/dB	所显示信号幅度的理论值 (全屏高度的百分比/%)	允许范围/ (全屏高度的百分比/%)
0	100	98~102
1	90	88~92
2	80	参考线
4	64	62~66
5	50	48~52
8	40	38~42
12	25	23~27
14	20	18~22
20	10	8~12
26	5	3~7

5 校准条件

5.1 环境条件

室温：（18~28）℃；

5.2 测量标准

测量标准的技术要求应符合正文中表2的规定。

测量标准及其他设备包括信号发生器、数字存储示波器、无感电阻、标准衰减器、脉冲发生器，并给出相应的技术指标。各技术指标参考了ISO 18563-1-2022 《Non-destructive testing — Characterization and verification of ultrasonic phased array equipment》9.3和9.4的要求。

6 校准项目和校准方法

校准项目包含发射脉冲电压、上升时间和脉冲宽度、延迟时间线性、频率响应、等效输入噪声、增益线性、通道增益偏差、幅度线性、延迟时间线性以及具体的校准方法。

发射脉冲电压、上升时间和脉冲宽度参考了ISO 18563-1-2022中对发射脉冲电压、上升时间和脉冲宽度的要求，对发射脉冲电压、上升时间和脉冲宽度的校准方法进行编写。

延迟时间线性参考了ISO 18563-1-2022中对延迟时间线性的要求，对延迟时间线性的校准方法进行编写。

频率响应参考了ISO 18563-1-2022中对频率响应的要求，对频率响应的校准方法进行编写。

等效输入噪声参考了ISO 18563-1-2022中对等效输入噪声的要求，对等效输入噪声的校准方法进行编写。

增益线性参考了ISO 18563-1-2022中对增益线性的要求，对增益线性的校准方法进行编写。

通道增益偏差参考了ISO 18563-1-2022中对通道增益偏差的要求，对通道增益偏差的校准方法进行编写。

幅度线性参考了ISO 18563-1-2022中对幅度线性的要求，对幅度线性的校准方法进行编写。

延迟时间线性参考了ISO 18563-1-2022中对延迟时间线性的要求，对延迟时间线性的校准方法进行编写。

7 校准结果表达

根据实验室环境要求、校准项目校准结果、测量不确定度评定结果等，按照JJF 1071-2010推荐的校准报告格式，出具校准证书。

8 复校时间间隔

建议校准时间间隔为1年；当使用频率较高时，建议用户缩短为3个月。

9. 附录

附录主要包含校准原始记录参考格式、校准证书内页参考格式、刻线机示值误差测量不确定度评定示例。

本规范设置了3个附录，便于校准时参考和规范化。

附录A 校准记录参考格式

附录B 校准证书内页参考格式

附录C 相控阵超声探伤衰减器误差测量不确定度评定示例

三、实践检测情况

西安汉唐分析检测有限公司根据本规范的校准项目对相控阵超声探伤仪进行了全计量特性的校准，内容详见校准报告。

四、规范水平分析

4.1 采用国际标准及国外先进规范的程度

据查，目前国内外针对相控阵超声探伤仪特性的校准规范，计量检测机构对相控阵超声探伤仪校准项目的选取以及校准方式参照当前已有的 JJF 1338-2012 《相控阵超声探伤仪校准规范》，ISO 18563-1:2022 《无损检测仪器 相控阵超声设备的性能与检验 第 1 部分》等规范进行校准，这些规范存在时间过长的问題，本规范为目前最新的校准方法。

4.2 与国际及国外同类标准水平的对比分析

目前国外没有相关技术规范，本规范水平达到国外先进水平。

五、与有关的现行法律、法规和强制性国家标准的关系

本规范所引用的规程及规范均为我国现行有效的计量规程及规范，是本规范的一部分，引用这些规程及规范后，使本规范的要求与现行的相关法律、法规、规章及相关规程规范的关系不矛盾、不冲突，其相互关系非常协调。

六、规范中涉及的专利或知识产权说明

（无）

七、重大分歧意见的处理经过和依据

（无）

八、规范作为强制性或推荐性国家（或行业）标准的建议

建议本规范作为推荐性行业计量技术规范，供相关行业参考采用。

九、贯彻规范的要求和措施建议

本规范发布后，中国有色金属行业协会和有色金属行业计量技术委员会应加强本规范的宣传力度，促进相控阵超声探伤仪生产厂家按照实际情况合理选用校准规程，以促进我国企业的技术进步和产品质量上档次，提高我国产品在国际国内市场的竞争能力。

十、废止现行有关规范的建议

（无）。

十一、预期效果

本规范的制定，具有极大的经济效益和社会效益，填补了有色金属行业领域校准空白，对相控阵超声探伤仪特性的校准过程提供了技术支撑。

十二、其他应予说明的事项

（无）。

《相控阵超声探伤仪校准规范》编制组 2025年6月