

有色金属行业计量技术规范项目建议书

建议项目名称	相控阵超声换能器校准规范		
制定或修订	<input checked="" type="checkbox"/> 制定 <input type="checkbox"/> 修订	被修订计量技术规范号	/
计量技术规范性质	<input type="checkbox"/> 检定规程 <input checked="" type="checkbox"/> 校准规范	计量技术规范类别	<input type="checkbox"/> 重点 <input checked="" type="checkbox"/> 基础
主要起草单位	西安汉唐分析检测有限公司		
联系人	刘泽晨	联系电话	18991896582
任务年限	2024~2026	申请经费	2 万
参加单位	西北有色金属研究院、西部超导材料科技股份有限公司、陕西天成航空材料股份有限公司、宝钛集团有限公司		
目的、意义和必要性	<p>相控阵超声换能器主要用于超声探伤时，配套相控阵超声探伤仪使用。相控阵超声换能器能将电信号变换为超声信号，又能将超声信号变换为电信号，即具有超声发射和接收双重功能。它的结构组成主要有晶体、匹配层、声透镜、吸声块，超声换能器由若干晶体组成（如 64、128、256、512 个晶体）并与一定数目的通道对应。晶体数是超声换能器的重要指标，也是决定整机具体使用结果的关键技术之一。晶体数量多理论上成像质量越好，高密集换能器使声束扫描线密度高，不需要进行插补处理，图像细腻，分辨力好。主要应用于金属材料加工企业对其产品的超声无损检测，在这种应用场所中，相控阵超声换能器的性能指标能够满足工艺要求对能否发现被检测样品的内部缺陷起着关键作用。</p> <p>目前，可参考对相控阵超声换能器进行校准的技术规范有 JJF 1650-2017《超声探伤仪换能器声场特性校准规范》、JJF 1294-2011《超声探伤仪换能器校准规范》，但相控阵超声换能器与普通超声探伤用超声换能器存在差异，导致在实际校准工作中存在校准方法不适用，校准项目不全面等问题，无法保证相控阵超声换能器校准结果的准确性与可靠性。针对 JJF 1650-2017《超声探伤仪换能器声场特性校准规范》、JJF 1294-2011《超声探伤仪换能器校准规范》中校准方法不适用，校准项目不全面的问题，重新编写更适用于相控阵超声换能器的校准方法，完善相关校准项目，保证相控阵超声换能器校准结果的准确可靠，为相控阵超声探伤所指定的探伤工艺提供有力保障，进一步帮助有色金属行业实现高标准、高质量的的发展目标。</p>		

产业链应用	<p>相控阵超声换能器校准规范应用于民用大飞机产业链。《相控阵超声换能器校准规范》和《相控阵超声探伤仪校准规范》同时应用于金属材料加工产品的超声无损检测，其相应的性能指标对能否发现被检测样品的内部缺陷起着关键作用。二者能共同为相控阵超声探伤所指定的探伤工艺提供有力保障。</p> <p>民用大飞机产业链中，在铝、钛合金等材料成型装机过程中，离不开超声无损检测技术的支撑，而相控阵超声换能器特性的好坏在超声检测中会影响发现缺陷的能力，对最终材料无损检测的结果和材料产品的质量控制起着关键作用。</p> <p>通过对超声检测中使用的相控阵超声换能器相关计量特性技术指标进行规定，能够确认相控阵超声换能器处于良好的工作状态，保证了相控阵超声换能器在使用过程中能够满足相控阵超声探伤工艺要求，从而提高材料超声检测结果的准确性和可靠性。有利于推动民用大飞机生产制造各个环节中所涉及到的金属材料的高质量、高品质发展，同时为服役期间的安全检修作业的结果可靠性保驾护航。</p> <p>该规范的制定，能够更高效、更准确的完成对民用大飞机的质量检测工作，有利于保障民用大飞机产业中制造和总装集成环节的质量提升，加快了行业向高端制造业及航空航天产业的融合，进一步提升民用大飞机的安全性和使用寿命，对提高产品质量和提升整体产业链核心竞争力起着重要的支撑作用。</p>																															
范围和主要 计量特性	<p>1 范围</p> <p>本校准规范适用于无损检测中接触法或液浸法的相控阵超声换能器，中心频率范围从 0.5MHz~10MHz。</p> <p>2 计量特性</p> <p>2.1 通用技术要求</p> <p>2.2 相对脉冲回波灵敏度偏差</p> <p>相对脉冲回波灵敏度偏差：$S_{el} = 20lg \frac{V_{el}}{V_{av}}$</p> <p>2.2.1 非矩阵换能器相对脉冲回波灵敏度偏差</p> <p>对于面积和外形相同的阵元，所有阵元相对脉冲回波灵敏度偏差应在 ±3dB，对于“菊花型”或环阵换能器，所有阵元间的偏差在 ±4dB 内。</p> <p>2.2.2 二维矩阵换能器相对脉冲回波灵敏度偏差</p> <p>所有阵元脉冲回波灵敏度偏差 S_el 的需要下表范围内。</p> <table><tr><th rowspan="2">频率 MHz</th><th colspan="3">阵元面积</th></tr><tr><th>n≤64</th><th>64 < n≤128</th><th>128 < n≤512</th></tr><tr><td>0.5≤f≤1</td><td>±5dB</td><td>±5dB</td><td>±5dB</td></tr><tr><td>1 < f≤1.5</td><td>±4dB</td><td>±4dB</td><td>±5dB</td></tr><tr><td>1.5 < f≤5</td><td>±3dB</td><td>±4dB</td><td>±5dB</td></tr><tr><td>5 < f≤10</td><td>±4dB</td><td>±5dB</td><td>±5dB</td></tr><tr><td></td><td colspan="3">阵元面积 < 1mm2</td></tr><tr><td>0.5≤f≤10</td><td>±5dB</td><td>±5dB</td><td>±5dB</td></tr></table> <p>注：n 为换能器总阵元数量</p> <p>2.3 频率</p> <p>2.3.1 上限频率（-6dB）</p>	频率 MHz	阵元面积			n≤64	64 < n≤128	128 < n≤512	0.5≤f≤1	±5dB	±5dB	±5dB	1 < f≤1.5	±4dB	±4dB	±5dB	1.5 < f≤5	±3dB	±4dB	±5dB	5 < f≤10	±4dB	±5dB	±5dB		阵元面积 < 1mm2			0.5≤f≤10	±5dB	±5dB	±5dB
频率 MHz	阵元面积																															
	n≤64	64 < n≤128	128 < n≤512																													
0.5≤f≤1	±5dB	±5dB	±5dB																													
1 < f≤1.5	±4dB	±4dB	±5dB																													
1.5 < f≤5	±3dB	±4dB	±5dB																													
5 < f≤10	±4dB	±5dB	±5dB																													
	阵元面积 < 1mm2																															
0.5≤f≤10	±5dB	±5dB	±5dB																													

		脉冲发生器/接收器： 频率范围：0.5kHz~35MHz 上升时间：不大于 10ns 脉冲幅值	
	<p>4 主要校准项目的技术原理</p> <p>4.1 相对脉冲回波灵敏度偏差</p> <p>在发射-接收模式下进行校准。</p> <p>发射脉冲为持续时间等于 1/2 标称换能器频率周期的负方波，也可以是个负尖脉冲。</p> <p>反射体回波应置于时间窗口上，时间窗口持续时间至少是回波幅度 -20dB 点测得的回波持续时间的 2 倍。</p> <p>频谱来源为时间窗口内的信号。</p> <p>记录每个阵元反射回波的电压幅度 V_{el}，并计算和记录每个每个 V_{el} 的算术平均值 V_{av}。每个阵元的相对脉冲回波灵敏度偏差 $S_{el} = 20lg \frac{V_{el}}{V_{av}}$</p> <p>4.2 频率</p> <p>从频谱幅度最高处下降 6dB 时确定上限频率 f_u 下限频率 f_l，通过公式计算得出中心频率 $f_0 = \frac{f_u + f_l}{2}$</p> <p>4.3 -6dB 相对带宽</p> <p>相对带宽计算公式： $\Delta f_{ref} = (\frac{f_u - f_l}{f_0}) \times 100\%$</p> <p>4.4 脉冲持续时间</p> <p>与频率校准时保持相同条件，在示波器上读出脉冲波形起始阶段百分之 10 幅度至脉冲波形结束阶段百分之 10 幅度中间的间隔。</p> <p>4.5 脉冲持续时间</p> <p>使用相控阵超声探伤仪的一个通道连接上换能器的一个阵元，测量参考激励信号 V_{ref}。将该信号作为所有阵元参考信号。计算所有阵元的平均灵敏度（算术平均） V_{av}，根据公式计算换能器灵敏度 $S_{pr} = 20lg \frac{V_{av}}{V_{ref}}$</p> <p>4.6 阵元间串扰</p> <p>阵元数在 64 个及以内的，需要选择两个位置进行阵元间串扰测量；阵元数超过 64 个的，需要选择 4 个位置进行阵元间串扰测量。</p> <p>激励阵元时，激励信号至少是 6 个周期且频率与换能器标称频率相同的正弦信号脉冲串。将示波器连接一个相邻阵元进行串扰测量。若是接触式换能器，换能器接触面需接触试块；若是液浸式换能器，则换能器需要浸泡在液体中，同时通过设置避免来自试块或水箱的反射影响测量。</p> <p>阵元间串扰 $CT = 20lg \frac{V_{exc}}{V_{rec}}$</p>		
水平	<div> <input type="checkbox"/> 国际先进 <input checked="" type="checkbox"/> 国内先进 </div>		

国内外情况 简要说明		<p>由于相控阵超声探伤检测效率远高于常规超声检测，近两年来，随着工业发展的进步，相控阵超声设备技术瓶颈逐渐突破，相控阵超声检测技术在国内应用逐步广泛，主要应用于有色行业对产品进行超声波检测。但是对于相控阵超声换能器的校准方法研究相对较少，部分使用相控阵超声探伤设备的客户，多参考 ISO 18563-2 对相控阵换能器进行检测，但标准中对检测方法规定模糊，无法对相控阵超声换能器的校准工作进行有效指导。</p> <p>本次所提出的相控阵超声换能器校准规范与此次申请的相控阵超声探伤仪希望能开展对相控阵超声换能器的校准工作，共同保障校准方法的合理性以及试验结果的可信度，填补有色金属行业以及计量行业领域空白，促进相控阵超声换能器在有色金属行业中更合理、更准确的应用。</p> <p>未发现有知识产权的问题，或涉及专利的情况。</p>			
推荐意见		<p>本规范规定了相控阵超声换能器校准内容，处于国内先进水平，推荐申报有色金属行业计量技术规范。</p>			
主要 起草 单位	(签字、盖公章) 月 日	技术 委员 会	(盖公章) 月 日	部委托 支撑 单位	(盖公章) 月 日

填写说明：1.表中第 2，3，10 行，请在选定的内容上填写 “■” 的符号。
2.填写制定或修订项目中，若选择修订则必须填写被修订计量技术规范号。