

兵工民品行业计量技术规范项目建议书

项目名称	太赫兹无损检测仪校准规范		
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	中国兵器工业第二〇四研究所		
联系人	薛祺	联系电话	15802903535
任务年限	2 年	申请经费	10 万元
参加单位	国防科技工业 1112 区域计量站、北京华泰科恩科技有限公司		
目的、意义和 必要性	<p>1. 目的和意义</p> <p>由于新型复合材料制造成本高、结构特殊和使用环境特殊，因此对其进行无损检测的检测条件和检测要求更苛刻、更有针对性。随着工业 4.0 中“智能工厂”、智能生产等概念的驱动下，先进复合材料的无损检测向着数字化、图像化、智能化、绿色化趋势发展。近年来，太赫兹无损检测技术作为一种新兴的无损检测技术已经被列为常规无损检测技术之一。结合太赫兹波的优异特性，适用于复杂环境中特殊结构的非金属材料无损检测，为很多领域中先进复合材料的无损检测工作提供了新思路和解决方案。</p> <p>太赫兹无损检测技术具有非接触、低能性、高穿透性、高信噪比等特点，相较于传统的无损检测手段，太赫兹无损检测具有明显优势，较超声检测而言，太赫兹无损检测技术不需要耦合剂，并适用于多种新型复合材料的无损检测；较涡流等电磁检测而言，太赫兹无损检测技术可穿透非金属材料；较射线检测而言，太赫兹无损检测技术的能量仅有 meV 量级，对人体没有伤害，符合无损检测绿色化的发展趋势；较红外无损检测而言，太赫兹无损检测技术受检测环境影响较小，适用于各种恶劣的检测环境，且能够穿透非金属、非极性材料，为非金属、非极性材料无损检测提供了新思路，解决非金属复合材料检测手段缺乏的难题。</p>		

	<p>2. 解决行业、产业的问题</p> <p>目前各企业、机构在使用太赫兹无损检测仪检测时，没有统一的校准规范，存在设备状态不一致的情况，导致检测结果的判定存在误差，致使在产品交付中，各方在质量问题上存在争议，严重影响生产效率，因此急需通过研究太赫兹无损检测仪关键性能参数，制定统一的有效的校准规范来约束，从而精准掌控质量。为检测仪器的校准工作提供明确的指导，以保证校准结果的一致性和准确性，从而确保检测结果的准确性和稳定性，提升产品的整体质量和安全性。实现太赫兹无损检测仪的溯源。如果太赫兹无损检测仪不能有效溯源，致使无法准确发现产品质量缺陷，造成产品在工作过程中性能不稳定，甚至无法满足其预期功能，存在巨大质量隐患。</p> <p>3. 查新情况</p> <p>经查有关太赫兹技术校准规范有 JJF 1603-2016 太赫兹光谱仪校准规范和 JJF 1600-2016 辐射型太赫兹功率计校准规范，本项目申请的太赫兹无损检测仪校准规范与两者有明显区别。</p> <p>太赫兹光谱仪：主要用于物理学、测绘科学技术领域的物理性能测试。它能够发射和接收太赫兹波，并通过分析太赫兹波与被测物质相互作用后的信号变化，来获取物质的物理性能信息。这种仪器通常用于实验室环境，对材料的特性进行深入研究。</p> <p>辐射型太赫兹功率计：主要功能是准确测量太赫兹波的功率，确保仪器仪表的正常工作和精确性。它可能具备数值显示、校准以及故障修复等功能</p> <p>太赫兹无损检测仪：主要是利用发射太赫兹波段的电磁波并接收其穿透材料后的信号，进行扫描和检测实现对材料内部和外部进行无损检测。</p> <p>太赫兹光谱仪、辐射型太赫兹功率计和太赫兹无损检测仪应用领域和功能不同，因此校准方法也不同，JJF 1603-2016 太赫兹光谱仪校准规范和 JJF 1600-2016 辐射型太赫兹功率计校准规范不适用于太赫兹无损检测仪，也没有相应的校准规程。</p>
产业链应用	<p>1. 重点产业链方向</p> <p>太赫兹无损检测仪主要是利用发射太赫兹波段的电磁波并接收其穿透材料后的信号，进行扫描和检测实现对材料内部和外部进行无损检测。目前太赫兹无损检测技术已经被列为常规检测技术之一，常用于航空航天产业、兵器装备产业、船舶与海洋工程装备产业、新能源汽车产业、轨道交通设备产业、民用大飞机产业、仪器仪表产业、医药工业、新型显示产业等领域，具有非接触、低能性、高穿透性、高信噪比等特点。广泛用于复合树脂、陶瓷、塑料材料、隔热瓦材料、特种泡沫材料、雷达天线罩和</p>

其他非金属材料的无损检测。

太赫兹无损检测仪在多个领域有着广泛的应用，主要包括以下几个方面：

1) 航空航天产业：在航空航天领域，复合材料在航天航空领域广泛应用，如碳纤维增强复合材料、玻璃纤维复合材料等。太赫兹无损检测仪能够穿透这些非金属、非极性材料，检测其内部的微裂纹、孔洞、纤维分层、脱胶等缺陷。例如，美国 NASA 曾利用太赫兹技术检测航天飞机燃料箱的绝热泡沫层，成功探测到其中的缺陷，避免了类似哥伦比亚号航天飞机失事事故。

a. 太赫兹无损检测仪可以检测航空零部件表面及近表面的缺陷，如划痕、裂纹、腐蚀等。这些缺陷可能影响零部件的强度和使用寿命。太赫兹检测能够及时发现并进行修复。

b. 在航空发动机叶片、机身等部件上，涂层起到隔热、防腐等重要作用。太赫兹无损检测仪可以检测涂层的厚度、均匀性及内部缺陷，确保涂层质量符合要求。

c. 航天和航空飞行器的燃料箱通常使用绝热泡沫材料来防止燃料过热或冻结。太赫兹无损检测仪能够检测这些绝热材料内部的缺陷，如空洞、脱胶等，确保燃料系统的安全。

2) 兵器装备产业：在兵器领域，兵器装备中大量使用复合材料，如碳纤维增强复合材料、玻璃纤维复合材料等，用于制造各种弹体、武器，战车结构等。这些材料具有高强度、轻质、耐腐蚀等优点，但内部可能存在缺陷，如分层、裂纹、孔洞等，影响其性能和可靠性；

a. 太赫兹无损检测仪对某些火工品材料具有良好的穿透性，可以检测火工品的内部缺陷。例如，太赫兹无损检测仪可以检测引信内部的微小裂纹、装药的均匀性等。

b. 通过太赫兹成像技术，可以生成火工品内部结构的高分辨率图像，帮助技术人员及时发现潜在问题，确保火工品的安全性和可靠性。

c. 太赫兹无损检测仪可以对弹药进行非接触式检测，穿透弹药外壳，检测内部结构和缺陷。例如，太赫兹波可以检测弹丸内部的裂纹、药筒内的装药情况等。这种检测方法不仅无损，而且可以在不拆解弹药的情况下完成，提高了检测效率 and 安全性。

d. 太赫兹无损检测仪可以检测战车隐身材料的内部结构和性能，如材料的均匀性、缺陷等。通过太赫兹成像技术，可以生成隐身材料内部结构的高分辨率图像，帮助技术人员评估其性能和质量，确保隐身材料的可靠

性和有效性。

3) 船舶与海洋工程装备产业：在船舶与海洋工程装备领域，船舶与海洋工程装备中大量使用复合材料，如玻璃纤维增强塑料（GFRP）、碳纤维增强塑料（CFRP）等。太赫兹无损检测仪能够检测复合材料内部的缺陷，如分层、孔隙、裂纹、纤维与基体之间的脱粘等。

a. 太赫兹无损检测仪对于船体外壳的复合材料，太赫兹无损检测仪可以发现材料在制造过程中可能产生的内部缺陷，避免这些缺陷在使用过程中导致结构失效。

b. 船舶的涂层系统对于防腐蚀和防护至关重要。太赫兹无损检测仪可以检测涂层的厚度、均匀性以及是否存在涂层与基体之间的脱粘现象。通过太赫兹时域光谱技术，能够精确测量涂层的厚度，并且可以检测到涂层内部的缺陷，如气泡、裂纹等，从而确保涂层的完整性和防护性能。

c. 海洋工程中存在大量的管道系统，用于输送流体、气体等。太赫兹无损检测仪可以检测管道的内壁和外壁的腐蚀、裂纹、堵塞等情况。例如，对于海底管道，太赫兹检测能够穿透管道的外层保护层，检测到管道内部的腐蚀情况，及时发现潜在的安全隐患。

4) 新能源汽车产业：在新能源汽车领域，新能源汽车中大量使用碳纤维复合材料等轻质材料。太赫兹无损检测仪可以检测这些材料的内部结构缺陷，如分层、裂纹、孔隙等，确保零部件的强度和可靠性。

a. 太赫兹无损检测仪可以用于新能源汽车锂电池隔膜的质量直接影响电池的性能和安全性。

b. 太赫兹无损检测仪能够检测隔膜的厚度均匀性、内部缺陷（如裂纹、孔洞、杂质等）。

c. 太赫兹无损检测仪检测电池封装过程中是否存在缺陷，如封装不严、内部气泡等，确保电池封装的密封性和可靠性。

d. 太赫兹无损检测仪还可以用于车体涂层检测，能够穿透多层涂层，测量每一层的厚度，确保涂层的均匀性和符合设计要求。例如，大众汽车采用的 Irys 系统利用太赫兹技术测量车身涂层的厚度，精度可达 1 微米。

5) 轨道交通设备产业：在轨道交通设备领域，轨道交通设备中的电气系统需要使用大量的绝缘材料，如聚氨酯泡沫、聚甲基丙烯酸酯（PMI）泡沫等。太赫兹无损检测仪可以检测这些绝缘材料内部的空洞、夹层、杂质等缺陷，确保绝缘性能的可靠性。

a. 轨道交通设备中也有许多非金属零部件，如塑料、橡胶等。太赫兹无损检测仪可以检测这些零部件内部的缺陷，如孔洞、杂质、分层等，确

	<p>保零部件的质量和可靠性。</p> <p>b. 轨道扣件用于固定钢轨，确保钢轨的稳定性和位置精度。太赫兹检测可以检查扣件的螺栓、垫圈等部件是否存在松动、锈蚀或损坏等问题。通过检测扣件的完整性，可以避免因扣件失效导致的钢轨位移或松动，保障列车的安全运行。</p> <p>c. 轨道交通设备中有大量的电缆用于传输电力和信号。太赫兹无损检测可以检测电缆的绝缘层和导体部分的缺陷，如绝缘层的裂纹、老化和导体的断裂等。例如，高压电缆的绝缘层如果出现裂纹，可能导致电缆的绝缘性能下降，引发电气短路事故。太赫兹检测可以及时发现这些问题，确保电缆的安全运行。</p> <p>6) 民用大飞机产业：在民用大飞机领域，太赫兹无损检测仪可以精确测量飞机表面的涂层（如防腐涂层、防冰涂层等）涂层的厚度，确保涂层的均匀性和完整性。例如，利用太赫兹光谱技术可以实现对单层或多层涂层厚度的精确测量，测量精度可达微米级别。</p> <p>a. 装配件内部缺陷检测：在飞机的装配过程中，可能会出现装配件内部的缺陷，如胶层不均匀、夹杂等。太赫兹无损检测仪可以穿透装配件的表面，检测内部的缺陷情况，确保装配质量。</p> <p>b. 飞机内饰材料（如座椅、地板、天花板等）通常由多种复合材料制成，太赫兹无损检测仪可以检测这些材料的内部缺陷和结构完整性，确保内饰材料的安全性和舒适性。</p> <p>7) 仪器仪表产业：在仪器仪表领域，太赫兹无损检测仪可用于检测集成电路、半导体器件的内部结构和缺陷。例如，检测芯片内部的裂纹、杂质和电路连接问题，提高电子产品的质量和可靠性。</p> <p>a. 太赫兹无损检测仪可以检测电子设备内部的缺陷，如电路板上的焊接缺陷、元件损坏等。通过太赫兹成像技术，可以生成电子设备内部结构的高分辨率图像，帮助技术人员及时发现潜在问题，确保电子设备的正常运行。</p> <p>8) 医药工业：在医药领域，太赫兹无损检测仪在医疗设备领域具有广泛的应用前景。</p> <p>a. 在医疗设备中，电子元件的质量至关重要。太赫兹无损检测仪可以检测电子元件的内部结构和缺陷，如芯片内部的裂纹、短路等。通过太赫兹成像技术，可以实现对电子元件的无损检测，提高医疗设备的可靠性和安全性。</p> <p>b. 太赫兹无损检测仪可用于检测医疗设备中使用的各种材料的内部</p>
--	--

缺陷和成分。例如，检测塑料、陶瓷等材料中的气泡、裂纹等缺陷，以及材料的成分和均匀性等，确保医疗设备的质量和性能。

c. 太赫兹无损检测仪可以对药物包装检测：能够穿透许多 d. 非金属材料，如塑料、纸张等，可用于检测药物包装的完整性。例如，检查药物胶囊的外壳是否完整，药品包装盒内是否有异物等，从而保障药品在生产、运输和储存过程中的质量不受影响。

9) 新型显示产业：在新型显示产业领域，新型显示产业中使用的各种材料，如玻璃基板、柔性塑料基板、有机发光材料等，可能存在内部缺陷，如微裂纹、气孔、杂质等。太赫兹无损检测仪能够穿透这些材料，检测其内部结构，发现潜在的缺陷。例如，在 OLED 显示屏的生产中，有机发光层的均匀性和完整性对显示效果至关重要，太赫兹检测可以识别出有机发光层中的微小缺陷，从而提前进行修复或筛选。

a. 在新型显示器件的制造过程中，需要精确控制各种薄膜的厚度和均匀性，如透明导电膜、发光层、封装膜等。太赫兹无损检测仪可以快速、无损地测量薄膜的厚度，并检测其均匀性。例如，在液晶显示器（LCD）的生产中，太赫兹技术可以实时监测液晶层的厚度和均匀性，确保显示质量的一致性。

b. 封装是新型显示器件制造中的关键环节，封装质量直接影响器件的可靠性和寿命。太赫兹无损检测仪可以检测封装层的完整性，发现封装过程中的缺陷，如气泡、裂纹、未完全密封等。例如，在 OLED 封装过程中，太赫兹检测可以确保封装层的密封性，防止水汽和氧气进入，延长器件的使用寿命。

2. 对本行业重点产业链的支撑作用

本项目符合中国制造 2025 创新驱动和质量为先，以及计量发展规划关于加强量传溯源体系和方法研究的方针，解决太赫兹无损检测仪的校准问题，确保设备状态的稳定，使其满足产品规范中的检测要求，编制本校准规范，实现太赫兹无损检测仪的溯源。本项目为保证国防军工、民用航空、船舶等行业产品质量检测提供计量保障，用途广泛。

制定太赫兹无损检测仪校准规范项目的申报与产业发展结合主要体现在以下几个方面：

（1）行业校准的制定
根据行业特点和需求，制定相应的校准规范，以确保行业内仪器设备的测量和测试结果具有一致性和可比性。

（2）校准服务的提供

	<p>校准规范的制定可促使各企业和机构能够按照统一的、合理的、可操作的校准规范进行操作，确保仪器设备的准确性和可靠性，检测结果的一致性和可信度。</p> <p>（3）企业内部的校准管理</p> <p>为企业和机构制定符合自身情况和需求内部校准规范提供依据。</p> <p>（4）技术创新与产业升级</p> <p>校准技术的研究升级有助于推动相关产业的发展和升级。</p>																																															
范围 and 主要 计量特性	<p>1. 适用范围</p> <p>规范明确太赫兹无损检测仪的适用范围和限制条件，确定在不同领域和场景中的有效应用。</p> <p>2. 主要计量特性的技术指标</p> <p>表 1 主要计量特性的技术指标</p> <table><tr><th>编号</th><th>计量项目</th><th>测量范围</th><th>最大允许误差</th></tr><tr><td>1</td><td>灵敏度</td><td>Φ 1mm</td><td>± 0. 2mm</td></tr><tr><td>2</td><td>缺陷分辨力（两个缺陷的分辨能力，小于等于缺陷大小）</td><td>≤1mm</td><td>± 0. 2</td></tr><tr><td>3</td><td>缺陷检测重复性</td><td>/</td><td>± 0. 2mm</td></tr><tr><td>4</td><td>测厚重复性</td><td>/</td><td>± 0. 1 μ m</td></tr><tr><td>5</td><td>太赫兹波频率相对示值误差</td><td>/</td><td>≤± 5%</td></tr><tr><td>6</td><td>太赫兹波规则透射比相对示值误差</td><td>/</td><td>≤20%</td></tr><tr><td>7</td><td>太赫兹波规则反射比相对示值误差</td><td>/</td><td>≤20%</td></tr></table> <p>3. 计量技术规范的计量项目</p> <p>表 2 计量项目</p> <table><tr><th>编号</th><th>计量项目</th><th>检测技术指标</th><th>标准器</th><th>标准器技术要求</th></tr><tr><td>1</td><td>灵敏度</td><td>Φ 1mm</td><td>灵敏度标准试块</td><td>Ra≤1.6μm</td></tr><tr><td>2</td><td>缺陷分辨力（两个缺陷的分辨能力，</td><td>≤1mm</td><td>缺陷分辨力标准试块</td><td>Ra≤1.6μm</td></tr></table>	编号	计量项目	测量范围	最大允许误差	1	灵敏度	Φ 1mm	± 0. 2mm	2	缺陷分辨力（两个缺陷的分辨能力，小于等于缺陷大小）	≤1mm	± 0. 2	3	缺陷检测重复性	/	± 0. 2mm	4	测厚重复性	/	± 0. 1 μ m	5	太赫兹波频率相对示值误差	/	≤± 5%	6	太赫兹波规则透射比相对示值误差	/	≤20%	7	太赫兹波规则反射比相对示值误差	/	≤20%	编号	计量项目	检测技术指标	标准器	标准器技术要求	1	灵敏度	Φ 1mm	灵敏度标准试块	Ra≤1.6μm	2	缺陷分辨力（两个缺陷的分辨能力，	≤1mm	缺陷分辨力标准试块	Ra≤1.6μm
	编号	计量项目	测量范围	最大允许误差																																												
	1	灵敏度	Φ 1mm	± 0. 2mm																																												
	2	缺陷分辨力（两个缺陷的分辨能力，小于等于缺陷大小）	≤1mm	± 0. 2																																												
	3	缺陷检测重复性	/	± 0. 2mm																																												
	4	测厚重复性	/	± 0. 1 μ m																																												
	5	太赫兹波频率相对示值误差	/	≤± 5%																																												
	6	太赫兹波规则透射比相对示值误差	/	≤20%																																												
	7	太赫兹波规则反射比相对示值误差	/	≤20%																																												
	编号	计量项目	检测技术指标	标准器	标准器技术要求																																											
1	灵敏度	Φ 1mm	灵敏度标准试块	Ra≤1.6μm																																												
2	缺陷分辨力（两个缺陷的分辨能力，	≤1mm	缺陷分辨力标准试块	Ra≤1.6μm																																												

		小于等于缺陷大小)			
	3	缺陷检测重复性	$\pm 0.2\text{mm}$	缺陷灵敏度标准试块	$Ra \leq 1.6\mu\text{m}$
	4	测厚重复性	$\pm 0.1\mu\text{m}$	测厚灵敏度标准试块	$Ra \leq 1.6\mu\text{m}$
4. 主要计量项目的技术原理					
(1) 灵敏度 (能检测出最小缺陷的能力)					
对产品或材料中缺陷进行测量时, 所得结果与真实值之间的一致程度。主要反映了测量结果的准确性和可靠性, 是衡量检测方法或设备性能优劣的重要指标。测试方法: 使用标准试块上的缺陷进行检测, 所得结果与真实试块缺陷尺寸进行对比。按照检测出的最小尺寸确定灵敏度。					
(2) 缺陷分辨力 (两个缺陷的分辨能力, 小于等于缺陷大小)					
缺陷分辨力是指激光散斑检测系统能够识别缺陷大小、位置和形状的能力。测量方法: 制作缺陷间距不同的缺陷分辨力标准试块, 缺陷尺寸使用能检测出的最小尺寸。对缺陷分辨力标准试块进行检测, 测得试块上能够区分两个缺陷的间距优于 1mm。					
(3) 缺陷检测重复性					
测量灵敏度标准试块缺陷, 重复测量 3 次, 将测量 3 次的结果按照示值重复性计算公式进行计算。					
(4) 测厚重复性					
测量灵敏度标准试块, 重复测量 3 次, 将测量 3 次的结果按照示值重复性计算公式进行计算。					
水平	<input type="checkbox"/> 国际先进 <input checked="" type="checkbox"/> 国内先进				
国内外情况 简要说明	1. 无相关校准方法和规范; 2. 未发现有知识产权的问题, 或涉及专利的情况;				

推荐意见		<p>太赫兹无损检测仪广泛用于复合树脂、陶瓷、塑料材料、隔热瓦材料、特种泡沫材料、雷达天线罩和其他非金属材料的无损检测。制定统一的有效的校准规范，为检测仪器的校准工作提供明确的指导，以保证校准结果的一致性和准确性，从而确保检测结果的准确性和稳定性，提升产品的整体质量和安全性，实现太赫兹无损检测仪的溯源。</p> <p>建议上报《太赫兹无损检测仪校准规范》。</p>			
主要 起草单位		技术 委员会		部委托 支撑 单位	
	年 月 日		年 月 日		年 月 日