

附件 3:

电子行业计量技术规范项目建议书

建议项目名称	静态结构强度测试系统校准规范		
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	中国电子科技集团公司第二十研究所		
联系人	郑亚田	联系电话	17868554680
任务年限	2023 年-2025 年	申请经费	3 万元
参加单位	中国飞机强度研究所 中电科瑞测（西安）科技服务有限公司		
目的、意义和必要性	<p>一、目的</p> <p>静态结构强度测试系统主要由传感器和数据采集系统组成，传感器测量结构的变形，数据采集系统采集传感器的输出值，并将模拟信号转化为数字信号，通过计算机采集、记录、显示并处理。</p> <p>该系统能够测量结构变形，即结构在受到载荷影响的条件下位移和应变的变化。其功能和布局复杂，一般可设置几个通道的小规模测量，也可进行上万通道的大规模测量。在实际应用中，测试系统下位机分布于应用现场，上位机安装于测量间或控制室，相距较远，系统自动化程度高，布局复杂，亦可全天候连续工作。系统一旦组建，不可轻易移动，需要定期在应用现场进行全系统原位计量校准，即“传感器+数据采集系统”全测量链路校准。</p> <p>为了保障静态结构强度测试系统的量值准确可靠，溯源科学有效，需要针对此类系统研究适用的计量校准方法，编制相适应的计量校准规范。</p>		

二、意义

静态结构强度测试系统在航空、航天和桥梁等行业中，被广泛应用于各类科研生产试验现场。常用的传感器类型包括应变片和线位移传感器，数据采集系统类型包括 HBM 系列、VTI 系列、DH 系列和 ST 系列，测量参数包括应变量和位移量。

实现试验或应用现场的计量校准，既方便了用户，又保证了系统原位计量状态，客观真实地验证系统的计量特性，从而确保试验或其他测量的准确性，为产品和服务提供高质量、高准确度的设备计量保障。

同时，对于成千上万通道测试系统的周期校准，根据多年的校准应用经验，提出了校准通道抽检原则，既保证了用户需求，又节约经费，节省人力物力等资源。

三、必要性

针对目前静态结构强度测试系统的应用与校准需求，特别是在飞机结构强度试验中此类测试系统是最主要的测量设备，规模庞大，可达上万以上通道数。例如在 C919 全机静力和全机疲劳试验中，测试系统的应用达到 1.5 万以上通道；在 AG600 全机静力试验中应用达 1.2 万以上通道。目前行业内对其计量校准仅仅依据 JJF1048《数据采集系统校准规范》，不能满足该测试系统的计量校准要求，可操作性不强，主要体现在以下两个方面：

一方面，为了更真实更全面的计量校准此类测试系统全测量链路的测量情况，要求的标准输入量不同。静态结构强度测试系统校准要求输入标准物理量信号，即应变量数据采集系统要求输入标准应变信号，位移量数据采集系统要求输入标准位移信号，而不是 JJF1048《数据采集系统校准规范》里要求的模拟传感器输出的电信号。JJF1048《数据采集系统校准规范》在计量校准过程中忽略了传感器带来测量系统的误差，不能真实全面地评估测试系统的全系统测量误差，而本校准规范将涵盖此类测试系统的全测量链路校准，比 JJF1048《数据采集系统校准规范》的校准链路向前端延展了一

	<p>步，即把传感器带来的测试误差计入其中，通过标准应变发生装置和标准位移发生装置为被校测试系统的传感器提供标准物理量信号，数据采集系统采集传感器输出并记录数据，最终将标准信号值与测试系统测得值进行比对，计算系统误差，实现测试系统全测量链路计量校准。</p> <p>另一方面，JJF1048《数据采集系统校准规范》没有给出针对成千上万通道测试系统在实际的计量校准过程中通道的选取原则，只要求通道抽取数量不低于 4 个，对于依据 JJF1048《数据采集系统校准规范》的计量校准人员来讲，根本不具备可操作性，导致多年来行业内对此类系统校准的不规范性。没有具体的通道选取原则作指导，选多了会增加人力物力，增加校准成本和费用，用户不满意；选少了怕有漏检，不能代表系统的整体性能评价结果。因此，本规范根据多年的工作经验，分析不同类型测试系统和用户的计量需求，并根据大量的实际应用经验积累，对大规模测试系统的通道选取原则给出了明确说明，为使用本规范的计量人员提供了指导性和操作性兼备的计量校准依据。</p> <p>因此，有必要制定《静态结构强度测试系统校准规范》，以解决静态结构强度测试系统的溯源问题，为航空、航天和桥梁等众多行业在静态结构强度测试系统计量、测试方面提供强有力的技术支撑。</p> <h4>四、先进性和亮点</h4> <p>本校准规范依据现有的静态结构强度测试系统的计量校准需求，并结合了用户的实际使用情况，进行了校准方法和内容的规定，本规范的先进性和亮点主要体现在以下三点：</p> <p>（1）本规范编制力求使用性能指标优良、具有通用性的仪器作为测量标准，保证行业内大多数计量技术机构能够在确保校准数据准确可靠地前提下，顺利开展静态结构强度测试系统的校准工作；</p> <p>（2）在校准方法上，结合相关国家标准的要求，力求明确表</p>
--	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

	<p>述相应技术指标的定义、简化校准操作步骤、合理优化校准方法、保证校准方法的安全性和可靠性；</p> <p>（3）本校准规范将确保其适用范围能够覆盖目前市面上绝大部分同类测试系统的校准，使《静态结构强度测试系统校准规范》具有通用性和普遍性。</p> <p>综上，本校准规范在全面性、易用性、安全性等多方面具有一定的先进性和亮点。</p> <h3>五、查新结果</h3> <p>经查新，已经颁布和测试系统相关的规范有 2 项：JJF1048-1995《数据采集系统校准规范》和 JJG 623-2005《电阻应变仪检定规程》。对比现有规范和本规范不同之处，主要体现在以下几个方面：</p> <p>1) JJF1048-1995《数据采集系统校准规范》和 JJG623-2005《电阻应变仪检定规程》中仅针对模拟电量进行计量，而本规范考虑了前端传感器的影响，应变量和位移量校准均实现了全测量链路的校准；</p> <p>2) JJF1048-1995《数据采集系统校准规范》中规定“数据采集系统校准通道号随机选取，每个校准项目需校准的通道数，若无特别要求，应不少于 4”，而针对测试系统现场校准通道数的选取没有明确的要求，不具指导性，而本规范参考了 GB 2828《抽样准则》和多年的校准应用经验，提出了校准通道抽检原则，可操作性强。</p> <p>3) JJF1048-1995《数据采集系统校准规范》和 JJG623-2005《电阻应变仪检定规程》中规定的校准环境要求是针对实验室环境条件，不能满足静态结构强度测试系统的现场校准的环境条件要求，本规范经过多次试验验证，得到了更符合现场校准的温湿度环境要求，对校准的环境条件进行了调整。</p> <h3>六、社会效益和推广应用前景</h3> <p>目前国家和行业均没有适用于静态结构强度测试系统计量校准规范，本规范可适用于新制造、新购进、使用中和维修调整后的静态结构强度测试系统的校准，为静态结构强度测试系统的现场校</p>
--	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

	准提供计量校准依据。
产业链应用	<p>1. 重点产业链方向</p> <p>静态结构强度测试系统是飞机结构静强度试验中最重要的测量设备，也是应用最广泛的设备之一，例如在 C919 民用大飞机全机静力试验中，应用的应变数据采集系统通道数达 18000 个，位移数据采集系统通道数近 200 个。它能实时快速地采集机体结构在外部载荷作用下的变形，即结构应变和位移变化大小及趋势，为飞机结构设计提供应力分布、应变水平及变形情况，从而为验证飞机结构静强度是否满足设计要求，为各载荷情况下机体结构的传力路线、强度水平及计算方法提供试验数据。随着国家对武器型号装备研制和测试等中长期规划发展的需要，势必造成结构变形测量需求的提高，进而将使得此类系统的应用产业链场景更为拓宽。同时，在工业信息化发展的背景下，各类测试系统被广泛应用于工业发展的各个领域：智能设备维保、生产工艺优化、能源管理、智能行业监督等。例如在智能设备维保方面，通过建立的测试系统测得数据及数据曲线分析，可以实现对设备运行情况的实时监控，设备历史数据分析，故障诊断与预测等等，从而提高设备的使用效率，降低设备的故障风险。因此，静态结构强度测试系统校准规范的研究与编制，不仅局限于航空等制造产业链的应用，还可以推广应用于智能制造产业链和信息技术产业链，对推动数字经济发展、智能制造、智慧城市建设等具有重要的借鉴意义。</p> <p>2. 对本行业重点产业链的支撑作用</p> <p>本校准规范的研究与编制，能够填补国内航空和桥梁建筑领域在结构静强度测试系统计量校准方面的行业空白，起到技术指导和引领作用，特别是在民用大飞机研制、生产和试验过程中，会用到成千乃至上万通道的测试系统，进行机体结构各部位状态的监视与测量，其量值准确才能够客观真实的反映机体结构的变形大小，从而给设计、制造提供准确的试验数据，为结构变形数据进行修正和</p>

	<p>改进提供依据。同时测试系统的原位校准工作，保证该测试系统全链路量值溯源的准确性与可靠性，从而保障产品或试验测试的准确性与有效性，同时满足计量、质量与适航等的管理要求，为行业和社会带来极大的经济效益。</p>
范围和主要 计量特性	<p>1. 适用范围</p> <p>本规范适用于静态结构强度测试系统中应变量和位移量静态性能的计量校准，常见的数据采集系统型号包括 HBM 系列、VTI 系列、DH 系列和 ST 系列。</p> <p>在实际校准中，可根据具体使用情况，分别选取应变量、位移量等参数进行校准。</p> <p>2. 被校测试系统的计量特性</p> <p>（1）采集速率：按照系统的使用要求确定；</p> <p>（2）串扰抑制比：按照系统的使用要求确定；</p> <p>（3）测量误差：</p> <p>a) 应变量：</p> <p>测量范围：±（0.1~20000）$\mu\epsilon$；</p> <p>测量误差：±1.0%FS；</p> <p>b) 位移量：</p> <p>测量范围：（0~1000）mm，</p> <p>测量误差：1.0%FS；</p> <p>（4）线性度：≤0.5%FS；</p> <p>（5）零点漂移最大允许误差/4h：±0.3%FS；</p> <p>注：因不同被校测试系统性能指标要求和使用要求各不相同，具体的计量特性以被校测试系统本身技术指标或使用要求确定。</p> <p>3. 主要测量标准器的技术指标：</p> <p>（1）应变量校准装置</p> <p>输出范围：±（0.1~100000）$\mu\epsilon$；</p> <p>最大允许误差：±0.1% FS；</p>

	<p>(2) 标准精密电阻： $R=120\ \Omega$ 或 $350\ \Omega$ 准确度等级：0.05 级；</p> <p>(3) 位移量校准装置 输出范围：0~1000mm； 最大允许误差：$\pm 0.1\%FS$；</p> <p>(4) 多功能校准源 5520A 输出范围：ACV：$\pm (10mV\sim 1000V)$； DCV：$\pm (10mV\sim 1000V)$； 最大允许误差：$\leq \pm 0.005\%$。</p> <p>注：采用的标准器测量范围能够覆盖被校测试系统各参量的测量范围；其最大允许误差绝对值不大于被校系统最大允许误差绝对值的 1/4。所采用的计量标准器需要按周期送检溯源，计量确认符合标准要求，并在有效期内使用。</p> <p>4. 简要描述主要计量项目的技术原理</p> <p>4.1 计量项目的技术原理</p> <p>静态结构强度测试系统主要计量校准项目包括采集速率、串扰抑制比、测量误差、线性度和零点漂移最大允许误差；具体校准原理如下：</p> <p>(1) 采集速率：采用多功能校准源 5520A 直接测量；</p> <p>(2) 串扰抑制比：采用多功能校准源 5520A 直接测量；</p> <p>(3) 测量误差：采用标准模拟应变量校准器/便携式位移传感器校准装置比较测量；</p> <p>(4) 线性度：采用标准模拟应变量校准器/便携式位移传感器校准装置比较测量；</p> <p>(5) 零点漂移最大允许误差/4h：采用标准精密电阻（$120\ \Omega$ 或 $350\ \Omega$）直接测量；</p> <p>4.2 校准的环境条件</p> <p>一般为室温大气环境条件，推荐以下环境条件：</p>
--	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

	<p>a) 环境温度: $(20 \pm 10)^{\circ}\text{C}$</p> <p>b) 湿度: $20\%\text{RH} \sim 80\%\text{RH}$</p> <p>c) 供电电源: $(220 \pm 22)\text{V}$, $(50 \pm 1)\text{Hz}$</p> <p>d) 周围无影响仪器正常工作的电磁干扰和机械振动, 并具有良好的接地</p> <p>e) 周围无腐蚀性及易燃易爆气体</p> <p>4.3 校准点的选取</p> <p>a) 对于应变量测试系统, 在测量范围内选择 11 个校准点 E_i ($i=1, 2, \dots, 11$), E_i 在量程内需均匀分布, 且宜取整数;</p> <p>b) 对于位移量数据采集系统, 需要在其量程范围内选择 6 个校准点 (包括 0 点), 且校准点均匀分布, 宜取整数。</p> <p>4.4 校准通道的抽取原则</p> <p>(1) 对于新购买的测试系统, 需要对每个通道进行校准;</p> <p>(2) 对于周期校准的测试系统, 需要进行通道抽检时, 当测试系统多个通道共用 1 个放大器时, 一般以放大器为抽检单位, 每个单位抽检通道数不少于 1 个, 且抽检通道数不少于系统总通道数的 15%; 当测试系统每个通道独立使用 1 个放大器时, 抽检数量不少于系统总通道数的 25%;</p> <p>(3) 周期校准时, 测试系统通道好实行隔年轮换选取, 确保每年的抽检不重复;</p> <p>(4) 校准过程中若出现不合格通道时, 应当在对应抽检单位中再增加一倍的抽检和巡检通道数, 若仍有不合格通道, 应进行全通道校准;</p> <p>巡检通道抽取: 为提高计量校准工作的可靠性, 对未抽检到的通道, 可随机选取进行巡检, 巡检通道数量不少于被校系统通道总数的 20%。</p>
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		<p>1. 与国内相关技术规范之间的关系：</p> <p>目前国家和行业针对静态结构强度测试系统没有颁布相应的检定规程或校准规范。国内相关技术标准有 JJF1048-1995《数据采集系统校准规范》，JJG623-2005《电阻应变仪检定规程》，但上述现有标准仅是针对模拟电量校准，没有针对整个测试系统进行全链路计量，且通道抽取原则和校准的环境条件均不适用于静态结构强度测试系统的现场校准需求。</p> <p>2. 指出是否发现有知识产权的问题，或涉及专利的情况：</p> <p>不涉及知识产权和专利的问题。</p>			
推荐意见		<p>应用于飞机、桥梁等静态结构强度试验的测试系统规模庞大，最多能达到 10 万以上通道数，能实时测量应变变量或位移量，但目前国家及行业计量技术规范不能满足计量需求，建议立项。</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。