

doi: 10.11823/j.issn.1674-5795.2020.02.01

航空传感器性能评价研究现状及发展趋势

海樱, 李程, 商一奇

(航空工业北京长城计量测试技术研究所, 北京 100095)

摘要: 航空传感器是飞机安全飞行、地面试验及飞行试验准确可靠的重要保证。本文通过分析航空传感器在实际工作环境中存在的问题, 阐明进行实际工作环境下航空传感器性能评价的必要性; 结合对国内外航空传感器性能评价方法研究现状的对比, 提出了未来进行航空传感器在实际工作环境下进行性能评价研究的发展方向。

关键词: 航空传感器; 实际工作环境; 性能评价

中图分类号: TB9

文献标识码: A

文章编号: 1674-5795(2020)02-0001-06

Research Situation and Development Trend of Aeronautic Sensor Performance Evaluation

HAI Ying, LI Cheng, SHANG Yiqi

(Changcheng Institute of Metrology & Measurement, Beijing 100095, China)

Abstract: Aeronautic sensor is an important guarantee for safe flight, ground test and flight test. By analyzing the existing problems of aeronautic sensor in actual working environment, this paper expounds the necessity of the performance evaluation of aeronautic sensor in actual working environment. Combining with the comparative study of the performance evaluation methods of aeronautic sensor at home and abroad, the development trend of researches on the performance evaluation of aeronautic sensor in actual working environment is predicted.

Key words: aeronautic sensor; actual working environment; performance evaluation

0 引言

在航空领域, 为保证飞机正确安全地飞行并完成各种复杂的任务, 必须在飞机的关键部位和不同的机载设备系统中安装相应的传感器, 在一架现代飞机上安装的各种传感器数量多达几百个甚至上千个。传感器除了直接安装在飞机上用来保证飞机安全飞行外, 还被广泛应用在飞机结构强度试验、风洞试验、发动机试验等各类地面试验以及飞行试验中, 用以完成一些飞机特殊参数的测量, 这些传感器统称为航空传感器^[1]。

我国航空传感器发展历程虽短, 但近年来国内航空传感器行业发展迅速, 正在逐步缩短与国外的差距。随着新材料、新工艺、新技术在航空领域的广泛应用, 航空传感器呈现出微型化、集成化、智能化、网络化的发展趋势^[2]。航空传感器作为航空测试系统五大基本单元中的变量转换单元, 用以测量飞机、各种辅助装置和任务设备的压力、温度、加速度、速度、位移等重要参数, 其性能好坏将直接影响航空飞行器的使用寿命和飞行安全、航空产品地面试验以及飞行试验的准确性、可靠性。由于航空传感器品类繁多, 技

术要求高, 大量的航空传感器又常常工作在高温、高空、剧烈震动的恶劣环境下, 因此需要采用有效的方法对航空传感器的性能进行评价, 保证传感器在工作环境下测量数据的准确性。

本文基于航空传感器在实际工作环境中存在的问题, 对国内外航空传感器的性能评价方法现状进行了对比研究, 并对未来进行航空传感器实际工作环境下的性能评价方法研究提出了一个可能的发展方向。

1 存在问题

随着航空技术的不断突破, 航空飞行器正逐步进入高温、高空、高速的新发展阶段, 很多航空传感器需要工作在剧烈震动、高温、高压、腐蚀性等极端恶劣的实际工作环境中, 这给传感器的使用带来了巨大的问题与挑战。例如, 位于飞行器发动机中的压力传感器常常需要工作在不稳定并且温度范围在 600 ~ 1800℃ 的气流环境中, 而脉冲爆震发动机燃烧室内环境温度更是高达 1000℃ 以上。由于气流接触到了燃烧室, 因此压力传感器对气压的检测起到了控制气体和燃料混合物的重要作用, 一旦压力传感器测试数据不准确, 将会大大增加飞行器失控的风险^[3]。

现代航空发动机结构越来越复杂,发动机在工作过程中容易出现气动性能不稳定现象,为了维持发动机的正常工作,在飞机上配备了防喘系统。作为防喘系统的关键组成部件,喘振差压传感器通过测量压气机出口的总压与静压之差,结合其它相关参数用于综合判断发动机的工作状态,因此,喘振差压传感器测量数据的准确与否,直接关系到发动机能否正常工作,一旦出现问题可能造成严重后果。喘振差压传感器由于安装在发动机外壳上,其实际工作条件往往处于高温、剧烈震动等极为恶劣的环境下。目前对喘振传感器的性能校准普遍只能进行实验室标准条件下的动静态校准,缺少对喘振差压传感器在实际工作状态下性能的准确评价方法及测量结果的分析,因此很难判断喘振传感器在实际工作环境中的性能好坏。

在国外航空飞行中,曾出现过由于传感器测量数据不准确发生的惨痛事故。在 2019 年初发生的埃塞俄比亚航空公司飞机失事中,坠机航班的黑匣子数据显示,波音 737 Max 飞机上的攻角传感器错误地激活了机上的自动系统,推断由此引发了坠机事件。相关研究也表明如果机上的攻角传感器周围有水,那么当飞机飞行到一定高度时,可能因为高空寒冷环境结冰而导致传感器的性能受到影响甚至发生故障,当飞机遇到鸟类撞击时,该传感器也发生过数据错误的情况。由此可见,航空传感器在复杂的实际工作环境中时,其性能可能发生变化甚至产生失效,传感器在实验室条件下的性能评价方法不能满足其在实际工况下的使用要求。

目前,对于航空传感器在实验室条件下的常规计量校准及性能评价手段已基本成熟,对航空传感器的性能评价大多集中在实验室条件下的性能校准测试、环境适应性试验、可靠性试验和电磁兼容试验,缺少传感器在实际复杂工作环境下的性能评价方法。设计人员在对传感器进行选型、验收、使用过程中没有相应的参考标准和评价方法,无法判断航空传感器在实际工作环境下测量数据的准确性、稳定性和可靠性,会给飞机的安全正确飞行带来很大风险。

2 国内研究现状

国内对于实际工作环境下航空传感器性能评价方法的研究还处于起步阶段,大多集中在进行模拟实际工作环境下的校准装置研制及采用一定的技术对传感器的某些敏感环境应力进行性能补偿,没有形成完整的传感器性能评价体系。

2.1 模拟实际工作环境的校准装置研制

实际工作环境下的传感器性能函数关系可表示为

$$U_o(t) = F\{H(T_1), U_i(t)\} \quad (1)$$

式中: T_1 为工作环境影响因子; $U_i(t)$ 为输入信号; $U_o(t)$ 为输出信号。

当 $T_1 = 0$, 即不考虑环境影响因子时, $H(T_1) = k$, k 为常数, 则有

$$U_o(t) = F\{k, U_i(t)\} \quad (2)$$

式(2)为传感器在实验室条件下的校准性能函数。当传感器的性能受环境因子影响明显(如温度、湿度、气压、振动等), 即 $T_1 \neq 0$ 时, 传感器在实际工作环境下的校准性能则不同于实验室条件下的常规校准, 在实验室常规校准的基础上还需要进行 T_1 环境影响因子的模拟, 通过将环境模拟技术与测量校准技术相结合, 实现模拟实际工作环境校准装置的研制。典型的模拟实际工作环境校准系统一般由环境模拟装置、环境参数控制系统和被测传感器校准系统组成, 如图 1 所示。

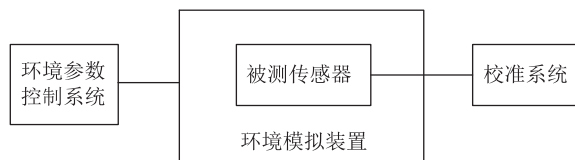


图1 模拟实际工作环境校准系统框图

环境模拟装置用于模拟单参数或多参数工作环境条件, 环境参数控制系统用于保证环境因素的精度和稳定性, 将被测传感器放置在模拟环境条件下, 通过配套的校准系统来实现传感器的性能评价。

根据力传感器需要使用在高温、低温等恶劣环境的情况, 北京航天计量测试技术研究所的高炳涛等人通过进行力发生装置、高低温发生装置及连接工装设计, 研制了一套模拟高低温条件下的力传感器性能校准装置, 实现了在 $-80 \sim 400^{\circ}\text{C}$ 温度条件下、力值范围为 $10 \sim 1000 \text{ kN}$ 力传感器的校准, 有效地解决了力传感器在高低温条件下的性能评价问题^[4]。

惯性加速度计是现代航空技术中武器装备系统导航定位、制导控制、姿态测量等应用中的重要组成部分, 其实际工作环境往往为温度、湿度、气压、噪声、振动等复杂环境, 为此各研究机构、高校都在积极开展加速度计在多参数复合环境下的校准技术研究。中国航空工业集团公司北京长城计量测试技术研究所的董雪明等人开展了高速率大 g 值惯性系统校准技术研究, 在离心机上安装可以在水平和垂直两个方向旋

转的高速转台,完成了加速度、速度复合校准装置的研制;董雪明等人又以离心机为主体,复合了振动台、温控试验装置以及气压装置,完成了加速度、振动、温度、高度复合的校准装置研制^[5]。董雪明还与北京航空航天大学关伟等人将一种由离心机和振动台组成的复合系统引入到加速度计校准领域,利用离心-振动系统复现由恒定值加速度和正弦加速度组成的复合加速度,成功研制了离心-振动系统的复合校准装置^[6-7],其校准恒定值加速度最高可达 40 g,正弦加速度频率范围是 20 ~ 2000 Hz。

压力传感器在航空领域应用广泛,包括飞行数据系统、环境与舱压、机身中的液压系统、发动机与辅助电源设备等。大量的压力传感器(比如安装在航空发动机内的压力传感器)是在高温、高压、高热流、剧烈振动等极为苛刻的条件下工作的。为了实现光纤压力传感器在高温微小压力环境下的性能评价,航天科技集团公司四院四十四所的王梦楠等人设计了一套基于高低温试验装置和上位机人机软件的校准实验系统,如图 2 所示,可用于在地面实验室进行传感器实际测压环境的模拟,实验结果表明了该校准实验系统的稳定性与可靠性^[8]。

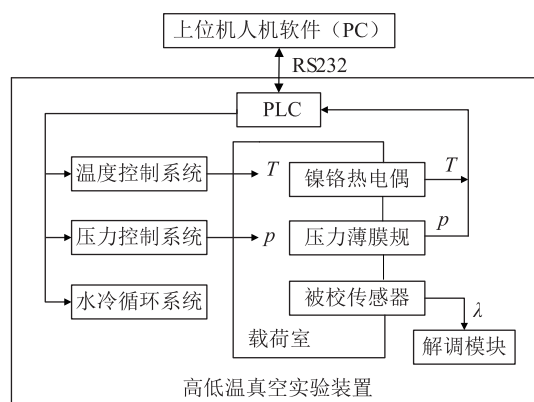


图 2 高温微压力传感器校准实验系统结构示意图

目前,实际工作环境下的传感器校准装置研制尚未覆盖全部传感器参数,且有些测量系统及计量校准装置由于其校准原理、校准技术、校准软件和方法等方面原因,在所涉及的变化环境或极限环境下,不再具备优良的适应性以及测量准确度,该类测量系统及计量校准装置不适于作为模拟实际恶劣环境的校准装置或难度较大^[9]。因此,开展模拟实际工作环境的传感器校准装置研制具有局限性,仅能满足部分传感器、部分参数、部分环境因素下的性能评价需求。

2.2 传感器性能补偿技术

有些航空传感器,在实际使用过程中已经发现某些环境因素会对其性能产生影响。大量传感器的敏感元件采用金属或半导体材料,由于金属和半导体材料对温度变化具有固有的敏感特性,因此,当环境温度变化时,传感器的初始零点和输出灵敏度会产生温度漂移。为了削弱外部环境因素对传感器的性能影响,人们开展了对传感器的补偿技术研究,其中,较为常见的是温度补偿。

对应变式传感器和压阻式传感器进行温度补偿主要采用硬件补偿和软件补偿方法。硬件补偿包括桥臂并联电阻法,桥臂热敏电阻补偿法,桥外串并联热敏电阻补偿法等。硬件补偿通常根据高低温环境下传感器的测试数据,选择对应的温度补偿元件,对传感器的初始零点和输出灵敏度漂移进行补偿。常见的软件补偿方法有插值法、最小二乘法拟合、BP 神经网络算法等。软件补偿是以测温元件采集的实时环境温度为依据,将传感器的零点、灵敏度与温度变化的算法集成到高速运算的单片机里,实现传感器的实时温度补偿。采用硬件修正无法进行复杂算法补偿并且补偿电路也容易受电磁环境等的影响,相比之下,软件补偿方法精度高,应用范围广,调试简单,因此成为传感器温度补偿的常用方法^[10-11]。

应变式天平是一种测力传感器,可用于进行航空发动机矢量喷管六分量测力,对航空发动机矢量喷管进行性能试验时,由于燃烧室的热传递和热辐射,会给应变天平带来温度的影响。重庆大学的湛海华采用具有温度自补偿功能的应变计和在测量桥路上串联补偿电阻相结合的方法对应变式天平进行温度补偿,保证天平性能的稳定性^[12]。

东华大学的张倩等人采用差分进化算法优化 BP 神经网络的算法,对压阻式压力传感器进行温度补偿,改善 BP 神经网络在通过训练得到权值和阈值时易陷入局部极小的问题,有效降低温度对压阻式压力传感器的影响^[13]。南京航空航天大学的蒋文亮等人以 FPGA 为核心,搭建了压力传感器的硬件构架,采用二维线性插值算法对压力进行补偿与修正,消除因工作温度环境参数发生变化而引起的信号漂移,满足航空发动机全权限数字系统对压力传感器的测量精度和温度环境实用性要求^[14]。电子科技大学的欧阳承曦设计了数字传感信号调理方案和模拟传感信号调理方案两种温度补偿方案,并在硬件补偿的基础上集成了软件补偿的方法,实现了在 -55 ~ 120℃ 的宽温度范围内对硅压

阻式压力传感器的高精度温度补偿^[15]。

为了减小实际工作环境对航空传感器性能的影响,传感器的设计研制单位针对传感器的敏感环境应力采取了有效的补偿方法,如常见的温度补偿,并给出了一定的校准曲线,一定程度上提高和改善了传感器的技术性能和应用范围,有利于传感器的优化设计。但该种补偿方式,尤其是对多环境因素影响采取的补偿方式,还不能全面、准确地描述环境因素对被测传感器性能的综合性、动态性影响,因此要加强这方面的研究^[16]。另外,也可以从新材料、新结构方向出发,开展新型传感器的开发研制,比如蓝宝石高温压力传感器和高温压电振动传感器^[17],增强传感器环境适应性,解决传感器性能易受环境影响的问题。

3 国外研究现状

与国内相比,国外在环境模拟技术领域研究起步早、发展快,形成了比较完善的系统。环境模拟设备和试验技术已经由单参数模拟发展为多参数模拟,从静态模拟发展为动态模拟,从产品试验发展为人机系统环境试验,并且实现了与多门学科和多项技术(比如计量)相关理论和方法的结合^[18]。

在上世纪 60 年代,美国国家航空和宇宙航行局就已经研发出较为成熟的综合试验系统,用于模拟飞行器发射阶段的复合环境。该试验系统采用振动模拟设备、噪声模拟设备和气压模拟设备提供环境因素,通过与大型离心机舱有机组合,实现了线加速度在振动、噪声、气压复杂环境下的性能测试^[5]。美国 Wyle 实验室在上世纪 80 年代研制的温度、高度、振动、加速度试验设备,最大加速度可达 50 g,振动台推力为 4199 kN,频率范围为 10 ~ 2000 Hz,主要用于进行低气压环境下工作的航空电子装置和其他电子装置的验收试验^[19]。

随着综合环境试验设备研制工作的日渐成熟,某些发达国家已经具备进行综合性环境试验设备的商业化生产能力。法国 Actidyn 公司生产的离心-振动试验系统,可产生 5g ~ 80g 的加速度,加速度准确度为 $\pm 1g$,振动台标准推力为 48 kN,用于开展惯性器件的加速度、振动复合校准。

风洞天平是气动力试验中最基础、最重要的测力装置,在高超声速风洞进行气动力试验的过程中,试验气流温度通常较高,在试验有效时间内,天平的环境温度最高可达到 100 ~ 200℃^[20]。针对天平的温度效应,美国的 NASA 兰利研究中心针对其高超声速风洞

特种通气天平,开展了含有温度和压力影响天平校准方法的研究。他们通过在单矢量校准台上增加给被校准天平加热和模拟通气压力的辅助装置,对天平校准方法进行优化,实现了在稳态温度和天平空腔中施加压力影响下的天平校准装置研制,是天平校准技术的一个新发展^[21]。

除校准装置的研制以外,国外的传感器生产厂家在传感器产品的性能评价研究方面也更为深入。国内加速度传感器的出厂报告一般只提供产品的量程、频率响应、灵敏度和使用温度范围等性能参数,而国外同类产品的出厂报告,如丹麦 B&K 公司生产的 4384 型加速度计,不仅提供基本性能参数,还提供加速度计对环境因素的敏感特性,包括瞬态温场灵敏度、电磁灵敏度、噪声灵敏度、应变灵敏度,如表 1 所示,在 -74 ~ 250℃ 温度范围内还给出了加速度计灵敏度偏差量,如图 3 所示。国外的传感器生产厂家对于传感器在环境因素影响下的性能评价给予了关注和重视,且已经拥有进行环境因素对传感器性能影响的定量分析方法和手段。

表 1 加速度计对环境因素的敏感特性

环境因素	灵敏度
瞬态温度场	$0.4 \text{ ms}^{-2}/^{\circ}\text{C}$
电磁	$4 \text{ ms}^{-2}/\text{T}$
噪声	0.01 ms^{-2}
应变	$0.02 \text{ ms}^{-2}/\mu\epsilon$

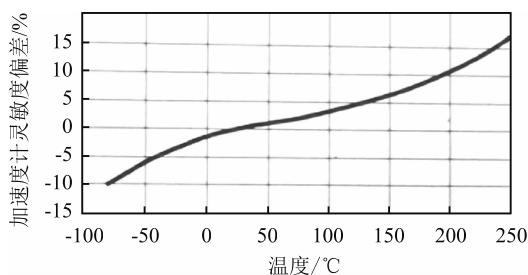


图 3 加速度计灵敏度偏差与温度关系

4 发展趋势

目前,国内在模拟实际工作环境的传感器校准装置研制及传感器性能补偿技术研究方面已经取得了多方面的进展,但仍然存在一定的局限性。结合国内外航空传感器的性能评价研究现状,未来,可以从以下几个方向出发进行传感器在实际工作环境下的性能评

价方法研究。

1) 环境模拟技术与测量校准技术的充分结合

开展实际工作环境下的传感器性能评价需要根据传感器的实际工作条件(比如高低温、湿热、低气压、加速度、振动、冲击等),充分利用环境模拟试验技术和测量校准技术,开展传感器在不同环境应力条件下的性能校准测试,从而评价不同环境应力对传感器测量结果的影响。国内开展环境模拟试验的主力军是北京航空航天大学、信息产业部电子第五研究所、中国航空工业集团公司 301 所等单位,而测量校准技术的主要研究机构是计量校准实验室。这就要求开展环境模拟技术研究与开展测量校准技术研究的高校、机构积极寻求合作,将两种技术充分结合,共同为航空传感器在实际工作环境下的性能评价研究做出努力。中国航空工业集团公司北京长城计量测试技术所一直从事长、热、力、惯性、电等专业校准技术研究及校准装置研制,并且建成拥有振动、高低温、低气压、冲击、盐雾、淋雨等环境试验模拟设备的环境检测实验室,计量所充分发挥自身优势,已经在加速度、流量、压力、力值、电量等参数上实现了温度、湿度、振动环境条件下的计量校准与检测能力。

2) 采用理论分析与模拟试验相结合的方法

通常的传感器性能测试是把传感器当作一个黑匣子,通过给定不同输入量,测试其输出量,经过数据分析得到传感器输入输出关系。这种方法能直观地测试出不同环境应力下传感器的性能变化,但是对于有些航空传感器,由于受到技术条件等多方面因素限制,还没有实现自主研制,对于传感器的研究仍然停留在初级阶段,对传感器的结构、工作原理缺少深入的理论分析,对传感器在实际工作环境下测量性能的影响程度及影响机理也缺乏数据支持和系统研究。因此,需要从分析传感器的结构及工作机理出发,将复杂的传感器结构进行简化,利用有限元分析方法等数值分析方法对传感器或其元件进行建模仿真,通过对模型施加不同环境应力,从理论上分析传感器测量性能的变化规律及变化原因。一方面,利用仿真软件可以在不破坏传感器的情况下实现对各种环境应力(包括极限环境)的模拟,通过理论分析排除非影响因素,甄选出对传感器性能产生影响的环境应力,找到某一类传感器的本质特征和规律,节约研究成本。另一方面,真实环境的模拟试验结果可以对仿真模型进行修正,优化模型结构,验证并完善理论分析结果。采用理论分析与模拟试验相结合的方法可以达到理论与试验相

互支撑、相互补充的效果。

3) 建立航空传感器数据库

将航空传感器按照发动机、机载系统、地面及空中试验等不同用途进行分类梳理,掌握不同部位传感器的性能指标要求及使用环境条件。当积累大量的传感器理论研究经验和试验数据后,在对某一类传感器进行综合性能评价时,可以将相似结构或相同工作原理的其他传感器的研究结果作为参考依据,对传感器敏感环境应力的快速识别和其性能受环境影响趋势的预判提供有力支撑,大大缩短分析时间,节约人力物力成本,为航空传感器数据库的建立提供依据,并为飞机设计人员进行传感器选型、设计、验收和使用时提供技术支持。

5 结束语

随着航空装备制造业的不断升级,对航空传感器的需求也大幅度增加,大量的航空传感器投入到实际的复杂环境中使用,给传感器性能评价技术带来了新的挑战。本文从航空传感器在实际工作环境中存在的问题出发,结合国内外航空传感器的性能评价研究现状,提出了未来进行航空传感器在实际工作环境下性能评价研究的发展方向,为我国航空传感器的快速发展提供有力支持。

参 考 文 献

- [1] 孙希任. 航空传感器实用手册[M]. 北京: 机械工业出版社, 1995.
- [2] 佟玲, 邹文江, 刘潇潇. 航空航天 Mems 传感器应用及其发展现状[J]. 电子世界, 2011(1): 20-21.
- [3] 周剑, 侯占强, 肖定邦. 极端环境下压力传感器的研究进展[J]. 国防科技, 2015, 36(4): 15-19.
- [4] 高炳涛, 梅红伟, 刘云平, 等. 高低温条件下力传感器校准装置研究[J]. 宇航计测技术, 2019, 39(2): 32-35.
- [5] 董雪明, 熊磊, 龙祖洪, 等. 多参数复合校准技术研究进展[J]. 测控技术, 2014, 33(增刊): 526-530.
- [6] 董雪明, 熊磊, 关伟, 等. 基于离心-振动复合系统的加速度模型[J]. 测试技术学报, 2014, 28(3): 214-218.
- [7] 关伟. 多参数复合环境下加速度计校准关键技术研究[D]. 北京: 北京航空航天大学, 2015.
- [8] 王梦楠, 袁玉华, 曲继和. 高温微压力传感器校准实验系统的研究[J]. 测控技术, 2014, 33(11): 146-149.
- [9] 梁志国, 尹肖, 孙浩林, 等. 计量校准中的复杂环境的剖析与应对策略[J]. 计测技术, 2018, 38(2): 4-8.
- [10] 李冀, 胡国清, 周永宏, 等. 一种压阻式压力传感器的温度补偿方法[J]. 仪表技术与传感器, 2018(6): 1-4, 10.

- [11] 陈宝伟, 王雪影, 姚进辉, 等. 应变式负荷传感器温度补偿研究[J]. 计算机测量与控制, 2016, 24(1): 331 - 333, 337.
- [12] 湛华海. 航空发动机矢量喷管六分量测力系统研制[D]. 重庆: 重庆大学, 2008.
- [13] 张倩, 左锋, 卢文科. 基于 DE 优化 BP 的压阻式压力传感器的温度补偿研究[J]. 测控技术, 2018, 37(12): 70 - 73, 93.
- [14] 蒋文亮, 刘晨, 侯学彦, 等. 一种应用于航空发动机的智能压力传感器系统[J]. 测控技术, 2016, 35(增刊): 425 - 429.
- [15] 欧阳承曦. 硅压阻式压力传感器高精度温度补偿技术研究[D]. 成都: 电子科技大学, 2015.
- [16] 董雪明, 何懿才, 关伟. 加速度计校准技术综述[J]. 计测技术, 2014, 34(4): 5 - 9.
- [17] 王劲松, 迟晓珠. 特种传感器发展及趋势[J]. 计测技术, 2019, 39(4): 57 - 63.
- [18] 王浚. 环境模拟技术——一门新的综合性工程技术[J]. 中国工程科学, 2003, 5(3): 1 - 5.
- [19] 张正平, 王宇宏, 朱曦全. 动力学综合环境试验技术现状和发展[J]. 装备环境工程, 2006, 3(4): 7 - 11.
- [20] Mackunis W, Bhat S, Lind R, et al. Lyapunov-Based Exponential Tracking Control of a Hypersonic Aircraft with Aerothermoelastic Effects[J]. Journal of Guidance Control&Dynamics, 2010, 33(4): 1213 - 1224.
- [21] 战培国. 国外风洞天平校准技术研究进展[J]. 航空科学技术, 2012(2): 18 - 20.

收稿日期: 2020 - 02 - 18

基金项目: 中国航空工业集团公司北京长城计量测试技术研究所创新基金(ZY2)

作者简介

海樱(1985 -), 女, 工程师, 硕士研究生, 现于航空工业计量所从事环境试验及传感器检测研究工作。



2020 年“世界计量日”主题发布

5 月 20 日为世界计量日, 是 1875 年签署《米制公约》的周年纪念日。《米制公约》为建立全球协调一致的计量体系奠定了基础, 为科学发现与创新、工业制造、国际贸易, 乃至生活质量提升和全球环境保护提供支撑。

2020 年世界计量日的主题是“测量支撑全球贸易”。该主题旨在提高人们对测量的认识, 了解测量在促进全球公平贸易、确保产品合标合规, 以及满足顾客质量期望中所起到的重要作用。纵观全球, 各国国家计量院致力于通过开发和验证各种复杂尖端的新测量技术, 持续推动测量科学进步, 同时, 积极参加国际计量局(BIPM)组织协调的测量领域国际比对, 以确保测量结果全球可靠。

国际法制计量组织(OIML)制定“国际建议”, 旨在实现多领域相关要求的全球一致性和协调性, 并通过实施国际法制计量组织证书互认制度(OIML-CS), 促进法制管理的计量器具的国际互认和全球贸易。

国际计量体系为测量的准确性提供了必要的保证和信心, 为当今的全球贸易奠定了坚实基础, 并帮助我们为应对未来挑战做好准备。

(摘自 计量测控)