

国外先进测试与传感器技术发展动态

Status for Advanced Testing and Sensor Technologies

张宝珍 王萍 / 中国航空工业发展研究中心

摘要: 介绍了2011年国外测试和传感器技术的一些最新动态, 供相关人员参考。

关键词: 测试; 传感器; 发展动态

Keywords: testing; sensor; developing status

0 引言

2011年是先进测试与传感器技术快速发展的一年, 光学测试技术、复合材料结构测试技术、预测与健康管理技术、自动测试系统标准化等都取得了明显进展。在军事需求的大力牵引下, 新型声学传感器、光纤传感器、纳米传感器、无线传感器等不断涌现, 并越来越多地应用于武器装备试验测试领域, 不仅与现代武器装备合为一体, 也必将融入作战体系之中, 成为网络中心战的有机组成部分, 对武器装备成建制、成系统地形形成作战能力和保障能力起到重要作用。

1 飞速发展的光学技术及光学测试技术

光学部件及系统由于其高速、轻质及高安全性而适用于航宇及防务应用。光学器件优点包括: 尺寸、重量及能耗的减少; 防电磁干涉, 光纤的信息传输更安全, 因为任何窃取行为都能够被监测到; 安装方便; 传输距离远。

据美国航空周刊网站2011年4月1日消息, 安捷伦公司在加州大学圣迭戈校园建立了一套芯片级、微光子和纳米光子系统测试设备。该设备是美国国家基础科学主要研究设施项目的一部分, 并将与多个大学连接形成综合访问网

络。整个项目由亚利桑那大学领导, 支持对于微米和纳米级超高速光学部件和子系统的测试和评定。

在2011联合导航会议上, KVH工业公司首次展示了利用其最新170微米E.Core ThinFiber技术研制出的全球最小、高性能的新型DSP-1750光纤陀螺(FOG)。该FOG在小尺寸内实现了革命性的性能水平, 包括数据输入速率比DSP-1500 FOG快5倍, 角度随机游走(ARW)性能比原DSP-3000系列FOG提高了5倍。此外, 偏置稳定性比DSP-3000系列FOG提高8倍, 性能水平与体积更大、更昂贵的闭环光纤陀螺和环形激光陀螺相当。

DSP-1750实现了光纤陀螺技术的一次重大突破, 它采用了创新的双片式设计, 拥有单轴和双轴配置型, 选装电磁防护罩, 为系统集成商提供了便利。为使陀螺兼具尺寸小和精度高的优点, 该公司利用已获得专利的数字信号处理(DSP)能力和新的制造工艺, 制造了这种更小尺寸的光纤, 使陀螺的尺寸和性能达到了一个更高的标准。DSP-1750还可能成为新的小型惯性测量和导航系统产品线上的一个组成模块, 用于万向支架、光学/天线稳定装置、远距光学和传感器系统、无人机有效载荷, 以及武器和商业设备的稳定装置。

2 复合材料夹层结构湿度测量新方法

石墨/环氧树脂复合材料由于其强度高重量轻而被用于火箭整流罩、鼻锥、级间适配器和热防护罩的制造。在火箭发射前, 这些部件会吸收环境中的湿气。发射过程中由于温度和压力发生改变, 使水变为蒸汽。水的状态的快速改变可能导致材料的结构失效。另外, 热与湿气的结合会削弱石墨/环氧树脂材料的结构强度。因此, 在发射前预知湿气量是否接近安全极限是非常重要的。

2011年5月, 美国航空航天局(NASA)肯尼迪航天中心开发了一种多层扩散模型, 可以测量石墨/环氧树脂材料夹层结构的湿气吸收。这种模型与材料外部和内部的相对湿度/温度传感器一起被用来测定结构中的湿度。因为核心材料比面板具有更高的扩散性, 所以单一的相对湿度测量将精确地反映夹层的湿度。通过与一个外部相对湿度测量结合, 这个模型能够用来测定面板的湿度, 这种新方法的使用是了解湿度是否接近安全极限的一种廉价方式。

3 预测与健康管理技术的应用趋于标准化

预测与健康管理(PHM)是利用各种传感器的集成, 并借助各种算法和

智能模型来监控、诊断、预测和管理飞机状态。当前,人们用不同的术语(如HUMS、IVHM、ISHM、AHM、ICAS等)来描述其基本相同的功能,目的是为飞行器、舰船、车辆等操作员及任务执行者提供信息和辅助使用与维修决策,以避免一些不可预料的危险事故,提供敏捷、精确和经济的持续保障能力。IVHMS已成为新型武器装备实现基于状态的维修和自主式保障的一项核心技术,是21世纪提高复杂装备“五性”(可靠性、维修性、测试性、保障性和安全性)、降低使用与保障费用的一项有前途的军民两用技术。

2011年,PHM技术在军、民领域的应用进一步扩展。根据美国国防部2011年的一份简报,综合状态评估系统(ICAS)技术已经应用于美国海军12个级别的舰队的100多艘舰船上,新研制的舰船将在设计中直接纳入这套系统作为舰船组成部分。目前,美国65%的陆航装备都已安装了便于实现基于状态的维修(CBM)的HUMS,在2010财年为美军陆航装备节省了约2亿美元的装备修理费。美军计划到2014年在全部陆航装备上都安装HUMS。继飞机健康管理(AHM)技术在波音777、波音747-400、A320、A330和A340等民用飞机中获得广泛应用之后,湾流宇航公司于2011年授予GE航空公司两项合同,为其G650公务机提供飞行器综合健康管理(IVHM)技术,标志着PHM技术首次进军公务机领域。

随着PHM技术的发展和應用,迫切需要通过技术标准化来支持、指导和推进PHM系统的实现。近年来,PHM的标准化研究工作也在紧锣密鼓地展开。IEEE协会、机械信息管理开放系统联盟(MIMOSA)、SAE等行业标准化组织积极探索PHM相关标准的构建,如IEEE协

会对PHM相关标准1232(AI-ESTATE)标准、1636.1标准进行了再次更新,并正在研制1636.99标准。IEEE已于2011年3月29日公布了IEEE-Std-1232-2010,并在继续开发1232标准的用户指南,计划于今年年底完成对1636.1标准的修订和1636.99标准的制定,并在探讨建立PHM标准的可能性。MIMOSA提出的开放系统体系结构基于状态的维修(OSACBM)标准,自2009年以来进一步被GE公司和波音公司所采纳,使飞机系统的嵌入式健康监测付诸实践,并验证了整架飞机向实现基于状态的维修方面迈进了重要的一步。2010年11月,SAE组建了飞行器综合健康管理(IVHM)技术委员会(代号SAE HM-1),致力于健康管理相关标准的研制,将着眼于飞行器(车辆)的整体健康。2011年4月和10月,SAE HM-1委员会先后召开了两次会议,研讨研究PHM相关标准制定事宜。

4 自动测试系统(ATS)标准化

近年来,美国国防部办公厅和空军部为最大程度地降低国防部库存中的专用自动测试系统(ATS)提供了指导,如2004年7月28日国防部采办、技术与后勤副部长办公厅发布了“DoD自动测试系统政策”备忘录;2007年11月26日空军部发布了“空军自动测试系统和设备(ATS/ATE)采购指南”备忘录;空军部还发布了空军指示AFI 63-101。这些指南旨在减少特殊专有ATS,并利用工业标准的硬件、软件和商用现成(COTS)技术优势,最终目标是降低ATS的总拥有成本。

2011年3月31日,美国空军部自动测试系统产品组经理(ATS APG)发布备忘录,提出了ATS的标准化要求。该备忘录要求,所有产品中心和项目办公室如果有空军系统自动测试要求,只能

选择空军标准的测试设备系列VDATS或国防部批准的其他测试设备系列来满足自动测试需求,除非已由空军自动测试系统产品组经理(ATS PGM)批准了一项ATS政策豁免。该要求也适用于主承包商或转包商工厂中使用的、由政府拥有的ATS。

按照美国空军的政策,所有ATS/ATE要求,在开展预算和(或)合同活动之前必须通过空军的自动测试系统产品组经理协调批准。该政策适用于基层级、中继级和基地级测试设备的新采购项目、更换项目、改进改型项目和测试程序集(TPS)开发/重宿主的要求。

5 新型声学传感器技术

美国空军正在寻求一种用于定位、识别和跟踪像松鼠一样大的目标的新型声学传感器技术,并创建一幅包含频率和位置信息的活动地图,便于开展研究人员进行研究。具体来说,美国空军正在寻求一种坚固耐用便携式声纹辨识设备,定位精度在2米以内。该设备必须能够承受0~120°F的温度范围,抵御50mile/h的沙漠狂风。此外,该设备还能够记录至少两个星期的有价值数据。

6 F-35战斗机高温涡轮叶尖间隙测量传感器技术

涡轮叶尖间隙是影响发动机性能的一个重要参数,为了达到最高的效率,涡轮叶尖间隙值应该在保证安全的情况下尽可能地小。在不同的操作条件下,由于不同的热膨胀、制造公差、应力、蠕变和腐蚀,叶尖间隙值会发生变化。现有测量叶尖间隙的传感器不能够在高温环境下工作,另外,现有的传感器还存在退化和机械失效问题。

美国海军于2011年4月发布用于F-35战斗机上的高温涡轮叶尖间隙测

量传感器的招标书。这个项目的目标是开发并验证一种高质量的传感器系统,可用于恶劣环境中,布置在涡轮周边,测量单个叶片的叶尖间隙值。这项技术将被安装在F-35机队,用于发动机健康管理而非用于研制试验。

涡轮中的环境条件极具挑战性。温度在1371~2204℃(2500~4000°F)范围内变化。静态气路压力最高可达30个大气压。从化学成分讲,包括空气、碳氢化合物燃烧产物、烟、钙镁钒硅酸盐(CMAS)以及氯化物和硫酸盐等多种成分。暴露在气路中的传感器必须能够耐受这些化合物的化学腐蚀及在其表面的沉积。对传感器的服役寿命要求至少达到10000个使用小时。测量系统的设计以及传感器测量结果的准确度、可靠性和重复性必须得到演示验证。另外,与所有传感器一样,耐久性将被视为一个关键参数。由于发动机内部空间和可达性的限制,叶尖间隙传感器除了能够获得间隙数据外,最好还能够获得温度、压力、振动等数据。

由于会造成发动机重量的增加、效能损失以及其他不利后果,通常不提倡使用冷却和净化空气。所有装机系统的重量必须降到最低,以减少对飞机性能和平衡的影响,该系统的总重量应该低于4.54kg(10 lb)。另外,功率要低于5W。

7 废热发电技术用于发动机内预测维修系统

位于美国北卡罗来纳州达勒姆(Durham)的Nextreme热解决方案公司与位于美国阿肯色州费耶特维尔(Fayetteville)的阿肯色电力电子国际公司一起,将Nextreme公司的热能采集技术与阿肯色电力公司监测涡轮发动机内轴承健康状态的无线传感器系统融合在一起。

2011年4月底,Nextreme公司在美国佛罗里达州奥兰多举行的“SPIE国防、安全与检测”会议暨贸易展上示范演示了此热电转换技术。

能量采集系统是基于Thermobility无线发电技术,此技术将成为阿肯色电力公司高温无线传感器的一部分。该系统可及时发现、诊断发动机轴承组件内的问题并采取相应行动。

Nextreme是一家以电热管理技术起家的公司,已找到将诸如计算机微处理器和涡轮喷气发动机轴承产生的废热转换成可用于各种用途的可用电量。Nextreme采用可产生“来自热的能源”(energy-from-heat)的铍碲集成电路材料技术,能从正常运转的涡轮发动机轴承发出的电力大约为20~30mW,足以驱动阿肯色电力公司的嵌入式传感器。

为使能量采集技术保持正常运转的适当温差,Nextreme公司利用喷气发动机的正常运转时喷射的滑油来致冷。

阿肯色电力公司正利用F-35“联合攻击机”的研究资金研发此预测维修系统。如果该系统测试结果令人满意,有望最终配置在F-35和其他先进的美国飞机上。该预测维修系统,能够提供温度、振动、应变和压力的实时监测,以提供关于飞机涡轮发动机轴承和发电系统健康状态的关键信息。

利用来自这些系统的数据,发动机维修仅在必要的时候执行,取代了定期维修,大大节省时间和开支。飞机涡轮轴承内的极微小缺陷在其发生前就可向驾驶员发出警告,并通知地勤人员哪里会发生故障。

Nextreme公司的Thermobility动力发生技术把热作为动力源,消除了布线或更换电池的需求。该涡轮健康传感器系统将为更经济有效地规划维修和延

长涡轮系统寿命创造条件,为涡轮部件缺陷的早期发现和诊断创造条件,对预防灾难性失效大有裨益。

8 DARPA投资研发新型超敏感纳米传感器芯片

2011年,美国国防高级研究计划局(DARPA)资助美国普林斯顿大学研发新型超敏感纳米传感器芯片,新型的传感器能够通过光线的反射来检测跟分子一样小的物质,这样就使得传感器的可检测范围进一步扩大,从可爆炸物到癌症分子均可被新型传感器所检测,其传感能力可达到现有传感器能力的10亿倍。

该新型传感器利用拉曼散射原理实现测量,即通过检测物体所反射的光线对其分子构成进行判断,新型传感器将为拉曼散射提供显著的增强。新型的传感器芯片大量使用了金属立柱阵列,这些金属立柱在其顶部和底部拥有小型的空腔,在侧面有一排纳米点。一束单色光对待测物进行聚焦照射,金属立柱上的孔洞捕捉到反射光,然后反射光数次穿过纳米点,从而多次生成拉曼信号。这种办法制造出的传感器相比此前的拉曼散射传感器,在能力上提升了数个数量级。美国普林斯顿大学的研究团队将这种新型传感器称为“磁盘耦合柱点天线阵列”或D2PA,其生产制备简单且成本低廉。

AST

参考文献(略)

作者简介

张宝珍,研究员,长期从事可靠性维修性保障性(RMS)和试验测试技术情报研究。

王萍,副研究员,从事可靠性维修性保障性(RMS)和试验测试技术情报研究。