

A professional portrait of Yuan Shenfang, a woman with short dark hair, wearing a dark grey jacket. She is looking directly at the camera with a slight smile. The background is a dark, neutral gradient.

袁慎芳

航空结构健康监测专家

■ 袁慎芳 Yuan Shenfang

长江学者特聘教授

Chang Jiang Scholar

南京航空航天大学教授、博士生导师

Professor and Doctoral Supervisor of Nanjing University of Aeronautics and Astronautics

☞:您在智能材料结构和航空结构健康监测方面从事了20多年的研究,请简要谈谈目前您在该领域的研究情况。

袁慎芳:南航团队自20世纪90年代初就在陶宝祺院士带领下在国内率先开展了智能材料结构研究,本人研究主要集中在航空结构健康监测与预测方面,开展了3方面的研究。

首先是复杂航空结构损伤的波动成像方法。真实航空结构形式复杂、载荷复杂、早期损伤诊断难,缺乏工程应用系统。针对上述问题,我们发现了基于声学互易原理的结构弹性波散射补偿效应,建立了弹性波时间反转合成机制,实现了结构损伤信号的聚焦增强,同时提出了多种结构损伤的概率成像方法,实现了飞机碳纤维复合材料机翼盒段上直径1.5cm的分层损伤的高分辨率成像;针对型号应用,团队研发了便于实际结构布置的大尺寸柔性压电传感器阵列网络及世界上首套集成压电结构健康监测扫查系统,并形成系列;针对机载在线应用,创造性地提出了基于离散数字序列辨识的冲击区域和能量辨识方法,成功研制了微小型复合材料冲击区域监测仪,重量仅52g。目前成果已在先进战机、大型民机及直升机等国家重点型号的研制、在役飞机延寿中逐步应用。

针对全机的综合监测,我们提出了一种分布式协作型健康监测新方法。全机综合结构健康监测涉及多部位、多损伤和事件的监测,一方面这些损伤和事件相互关联,诊断难度大;另一方面全机监测使得监测系统的重量、资源消耗也显著增加,而飞机机上资源严格受限制,特别是军机,如何实现轻量化、大尺度结构健康监测面临挑战。我们提出了基于无线传感器网络的分布式、轻量化结构监测方法;发明了多种动、静态低功耗无线传感器网络节点、多信道接收中心节点及中转节点与传感器网

络节点的仿生自修复方法;提出分布式多主体协作的协同监测与管理机制,将来可以帮助解决大尺度结构健康监测所带来的资源严格受限、诊断复杂等难点。

针对航空结构的健康管理和预测,我们最近正在研究一种基于粒子滤波的疲劳裂纹扩展及寿命预测方法,以解决常规物理模型方法预测误差大的问题。我们拟将结构损伤扩展与寿命预测在线的结构健康监测方法相结合,同时结合概率粒子滤波技术修正物理模型预测结果的误差。目前该研究已在试验验证中取得了较好结果,并在不断深入之中。

☞:近年来,面向航空结构的健康监测技术越来越受到重视,压电结构健康监测技术有什么优势?

袁慎芳:目前国家正在大力发展大型飞机、先进战机、武装直升机等各类先进飞行器,同时在役飞机的维护也对结构健康监测方法提出了迫切需求。

相比其他方法,压电结构健康监测方法在易发生损伤的热点区域监测上具有明显优势。压电结构健康监测方法对损伤灵敏度较高,不仅可以用于金属结构的疲劳、腐蚀损伤、连接失效监测,也可以用于复合材料的分层、脱粘监测。该方法应用比较灵活,既可以实时监测结构损伤发生时的声发射信号及复合材料所承受的冲击,也可以通过在结构中主动激发弹性波来扫查结构的损伤。该方法还能通过分析在结构中弹性波的传播特性来实现一定区域的监测,同时不依赖结构载荷,既可在飞行过程

中进行在线监测,又可以在地面实现对飞机结构状态的扫查。

袁慎芳:南京航空航天大学教授、博士生导师,2012年获国家杰出青年基金,2013年受聘国家教育部长江学者特聘教授、入选科技部中青年领军人才,2014年入选国家百千万人才工程并获国家有突出贡献中青年专家称号,2015年获全国巾帼建功标兵荣誉称号。长期从事智能结构与航空结构健康监测与预测领域的研究。先后主持国家自然科学基金重点和面上项目、国防973专题、国家863、国防基础科研、教育部新世纪人才支持计划、欧盟国际合作项目等。出版专著2部,其中作为单一作者,出版了国内第一部系统介绍航空结构健康监测技术的专著《结构健康监测》。发表文章200余篇,其中150余篇被SCI、EI、ISTP收录。获国家发明专利授权近40项,获软件著作权7项。获国家技术发明三等奖、国家优秀教学成果二等奖、国防技术发明二等奖等10余项奖励及多项国内外殊荣。



☞:针对新机研制和在役飞机,结构健康监测的工程应用还应该深入开展哪些关键技术研究?

目前结构健康监测技术已逐渐从应用基础研究转化到工程验证和应用阶段,但还有很多工作需要深化:首先是诊断评估算法,在真实服役环境下如何实现结构状态的可靠评估对于该技术的全面工程应用至关重要;其次,目前所研发的各类结构健康监测装备还需要面向型号应用提升其成熟度;最后,是该技术在真实飞机结构及服役环境下的系统、全面的验证。目前国内航空结构健康监测技术面向工程应用的验证力度还远远不够,作为一项新技术,其在航空领域的全面应用必须进行大量的实际和系统的验证,才能积累足够的经验并结合这些验证完善该技术。(采访 谷雨 责编 叶枫)