

## 美国国家航空研究院(NIAR)

### 加深复合材料飞机结构的认知

先进的MTS测试技术助力复合材料飞机结构延寿项目的深入研究。



“MTS 具备生产和支持复杂测试任务的丰富经验。他们非常了解客户需求，知道如何帮助我们更高效地运作，让我们能够以更低的成本、更高的效率完成工作。这对我们来说是双赢的局面。”

— Dr. Waruna Seneviratne  
美国国家航空研究院技术总监  
威奇托，堪萨斯

#### 客户面临的挑战

地处美国中部的堪萨斯州威奇托市被誉为“世界航空之都”，这里拥有历史悠久而又雄厚的航空工业基础。威奇托州立大学的美国国家航空研究院 (NIAR) 成立于 1985 年，是美国最大的设立于大学的航空研究与开发机构，坐落于校园本部的研究中心占地约 30,000m<sup>2</sup> (320,000ft<sup>2</sup>)，分为四个片区，拥有十多个不同功能的试验室，旨在为全球航空航天工业带来技术的革新和突破。

“我们的客户选择 NIAR 的原因在于我们拥有经验丰富的技术队伍和最先进的设备。” NIAR 技术总监、飞机适航和可持续性研究项目首席科学家 Waruna Seneviratne 博士说道，“我们在许多领域拥有丰富的经验。从材料选择和许用测试到全尺寸结构适航认证测试，飞机结构拆卸检查，我们都可以提供相应的服务。我们构建了一套完整的服务支持体系。”

NIAR 利用其丰富的专业知识解决了很多航空航天领域内最艰难的问题，其中之一就是第一代复合材料飞机零部件还能够使用多久。目前这些飞机零部件已经达到了使用寿命的末期。针对金属材料以及金属制成的零部件断裂力学行为的研究已经比较充分，但是由于缺乏数据积累，对于复合材料零部件的断裂力学行为开展富有成效的深入研究就变得非常困难。现有的飞机结构延寿方法对复合材料结构和零部件延寿无能为力，这里的典型案例就是 F/A-18 大黄蜂战斗攻击机结构延寿项目。

“F/A-18 大黄蜂战斗攻击机设计于上世纪 70 年代，80 年代开始服役，而其替代机型 F-35 要到 2019 年后才能陆续交付给美国海军。” Seneviratne 说道，“美国海军航空兵现有大量 F/A-18 已接近退役，但他们希望通过结构延寿的方法来延长这些飞机的服役年限。这些已经老化的复合材料结构是否能承受更长时间的服役尚不可知，而这正是我们的研究目标所在。”

#### MTS 的解决方案

为了开展 F/A-18 大黄蜂战斗攻击机的复合材料部件和结构延寿疲劳测试，Seneviratne 及其团队选择使用了 MTS 飞机结构疲劳与完整性测试解决方案，包括落地式单轴加载框架、多通道协调加载测试系统等，例如疲劳级 MTS 电液伺服作动缸、MTS AeroPro™ 试验控制与数据采集应用软件、MTS FlexTest® 数字控制系统、MTS SilentFlo™ 液压动力系统。

F/A-18 大黄蜂战斗攻击机的机翼结构包含有复合材料机翼蒙皮和机翼根部的复合材料与钛合金铰接，其中机翼根部是机翼与机身连接的重载荷区域。结构延寿研究的内容要求首先从已退役的 F/A-18 战斗攻击机机翼蒙皮中截取 25 英寸长的狗骨样件，采用飞行载荷谱循环加载测试，验证其剩余强度和疲劳寿命，将测试数据与原始认证数据进行比较，并最终确定复合材料部件的剩余寿命。类似的测试工作也需要针对复合材料-钛合金铰接重复进行。

“我们发现复合材料-钛合金铰接的寿命要比最初的认识长很多。”

Seneviratne 说道，“飞机服役历史对各个铰接处的剩余强度没有显著影响。在以拉伸载荷为主的疲劳谱作用下，铰接一般都具有超过五倍以上的剩余疲劳寿命，其中有些接头甚至在强度没有显著退化的情况下延续了十倍剩余寿命。”

这些结论引发了对复合材料蒙皮组成的内机翼进行更广泛的全尺寸结构疲劳测试。测试对象包括了 F/A-18 攻击机中段机身、内机翼和后缘襟翼。在测试的第一阶段，机翼结构在测试载荷谱作用下模拟了一定时长的服役过程，同时监测疲劳破坏现象。在测试的第二阶段，则模拟了出现不同类型破坏之后，持续循环载荷作用下引起的进一步疲劳破坏现象和对应类型破坏的增长率。

#### 客户的收益

这项NIAR的研究成果非常重要，美国海军现在掌握了充分的数据，尤其是在飞机内翼先进复合材料结构寿命方面，可以更加胸有成竹地实施 F/A-18 的延寿计划。美国海军和其他使用同一飞机平台的军队将共享信息，将类似的延寿方法推广使用。

“在受控的试验室环境中识别出潜在问题，可以有效降低发生意外的风险，避免危及整个机群的安全事故。” Seneviratne 说道，“通过我们辛勤工作得出的数据也能够帮助全新复合材料飞机零部件和结构改进其设计。”



美特斯工业系统(中国)有限公司  
MTS Systems(China) Co., Ltd.

上海

电话：021-24151000  
传真：021-24151199

北京

电话：010-65876888  
传真：010-65876777

电邮：MTSC-Info@mts.com  
http://www.mts.com  
https://www.mtschina.com/

ISO 9001 Certified QMS



在MTS飞机结构疲劳和完整性测试解决方案的协助下，Seneviratne 的团队安全、高效地完成了这项研究。MTS的电液伺服加载系统、数字控制系统的协同工作保护了昂贵的试验件，也保护了测试人员的安全。先进可靠的MTS电液伺服阀，独立液压分配与控制，以及其他安全功能，让整个结构试验系统的电液伺服动作缸精确可控，在尽可能短的时间内施加巨大的载荷，完成测试任务。

“可靠性也很重要！” Seneviratne 补充道，“在开展大型结构疲劳测试的时候，每次停机维修都意味着上万美元的成本浪费。而 MTS 测试解决方案非常可靠。我们所做的只需设置好参数，测试系统就可以顺利运行，直到必需的系统勘验、校准和维护。我们利用 MTS 的产品进行了数百万周次的循环疲劳测试，投资回报非常令人满意。”

Seneviratne 对 AeroPro 试验控制与数据采集应用软件的多功能性也赞不绝口，该软件能够实现各种参数的自动设置，执行各种各样的测试任务。例如对于飞机结构测试，通常具有几十个加载通道，数百数千个应变采集通道，这些通道的参数设置可以自动完成，不需要花费很多时间进行繁琐的查验和配置。除此之外，MTS 还提供了高质量的咨询服务和技术支持，帮助试验室完成了试验规划、系统计量和校准等工作。

“MTS 具备生产和支持复杂测试任务的丰富经验。” Seneviratne 总结道，“他们非常了解客户需求，知道如何帮助我们更高效地运作，让我们能够以更低的成本、更高的效率完成工作。这对我们来说是双赢的局面。”

MTS、FlexTest是MTS系统公司的注册商标，AeroPro、SilentFlo是MTS系统公司的商标，这些商标在美国境内注册，在其他国家和地区也受到法律保护。RTM No. 211177.

其余产品或者公司名称的权益归属于相应的权益所有人。

©2021 MTS Systems Corporation  
100-642-101 NIAR\_Aircraft 3/21