

先进复合材料测试流程简化解决方案



随着航空航天工业复合材料的使用不断扩大，测试标准和相应的客户要求也在不断发展。新型复合材料发展的关键促进因素是定制材料以实现特定性能的能力越来越强，而通过物理测试对这些性能进行可靠的表征是确保复合材料符合规格要求。因此，在保证这些独特材料与航空航天应用严格要求相一致的前提下，开发这些材料的测试流程简化解决方案将有助于适应不断增长的市场需求。

全球顶尖的德国万能材料试验机制造商 Zwick Roell (兹维克罗尔)，最近为一家提供玻璃纤维和复合材料的客户开发了一种电动力学线性驱动试验机 (LTM)，该客户按照其服务对象的严格质量要求开展疲劳测试任务，动态测试规范必须在高于 10Hz 的测试频率下运行，这超过了现有的测试设施能力，因此需要引入新的质量控制程序来评估玻璃纤维复合材料航空航天样品的材料性能，该过程包括表征应力弯曲如何影响主材料轴上的平面。但是，复合材料不是各向同性的，而是在不同的平面上表现出不同的材料属性和失效模式。此外，纤维取向也使得复合材料的材料性能评估比其他材料（如金属和塑料）要复杂得多。

复合材料属性评估

由于纤维增强复合材料是由定向或随机取向的细纤维组成，因此根据纤维取向，材料需要不同的测试。失效模式的相互作用例如面内失效与通过部件厚度的分层相结合，使得测试复杂性大大提升，以至于典型的单独测试不能评估这些相互作用，必须设计测试程序来调查并评估其对产品性能的影响。为了准确评估玻璃

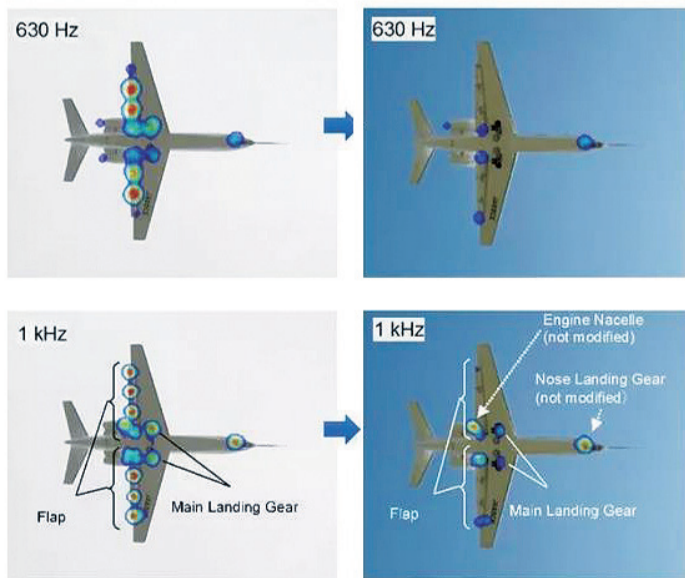
纤维复合材料，Zwick 的客户需要在 3 点弯曲模式下进行试样的高周疲劳 (HCF) 测试，频率为 25Hz，峰值力高达 1.4kN (代表峰值约 10 毫米的峰值位移)。测试的目的是确定试样断裂的循环次数。预计疲劳寿命可高达 300 万次。

通过在给定负载下生成应力与周期的关系曲线 (称为沃勒曲线)，可以量化组件或材料的疲劳特性，其中疲劳强度由组件在指定循环次数内可承受的最大应力来确定。然后将零件的耐久极限定义为应力水平，在该应力水平之下，不发生故障，这意味着该零件在理论上具有无限寿命。如果超过耐力极限，疲劳失效可能会很快发生。这是累积应力循环的结果，可以通过热、机械或振动效应来应用。性能必须通过模拟安装条件的循环测试来证明足够的疲劳强度。复合材料的各向异性性质要求材料测试计划将纤维取向考虑在内，并相应地应用不同的测试。

一种可靠的测试解决方案

用于复合材料可靠测试的最佳实践与用于许多其他材料的最佳实践相似，包括需要经过培训的测试人员，完整的程序和设计良好的测试设备。为了满足这样的要求，无油 LTM 安装了 5kN 带质量补偿的测力传感器，testControl 11 电子设备，testXpert R 测力软件和 3 点弯曲夹具。LTM 还采用了一个开放的圆柱形设计执行器，为内部编码器提供了空间，可以直接安装在测试样本附近的力轴上。这使得高定位重复性和精确的执行器活塞行程测量在 $\pm 2 \mu\text{m}$ 以内。LMT 只需要电源供电，电机提取足够的电流来进行测试，降低了高频测试的能源和金钱成本。(远航)

JAXA完成Fquroh项目第二阶段飞行试验



JAXA的Histo飞行试验机进行了飞越头顶的噪声测试，结果显示出襟翼和主起落架的降噪措施具有不错的降噪效果。

据悉，日本宇宙开发局 (JAXA) 在 Fquroh 项目下完成了第二轮机体降噪飞行试验。本轮试验于 9 ~ 10 月间在能登里山机场 (为石川县能登半岛北部的地方机场) 进行，这里也是 2016 年 Fquroh 项目开始初始飞行试验的场地。

此次试验的飞机是 JAXA 的 Histo 飞行平台——一架赛斯纳“奖状君主”飞机。研究人员在该机上采用了针对降低着陆阶段噪声的措施，即改进了后缘襟翼和主起落架。这种改进措施源自对 2016 年第一轮试验结果的优化。初步试验结果显示，在进行飞越头顶的噪声测试中，襟翼降噪 3dB，主起落架降噪 4dB。JAXA

预计对于一架全新设计的飞机，应用该降噪措施总计可降噪 4dB。

此次应用的降噪措施包括安装主起落架降噪整流罩，后缘襟翼边缘处理消除空腔以及在襟翼铰链处安装涡流发生器。第二轮试验共进行了 17 次飞行，使用地面麦克风阵列测试了 222 次头顶飞越噪声。这种方法可以精确描绘机体不同频带的噪声源。

在 Fquroh 项目最后阶段，研究团队准备在 MRJ 支线飞机上进行降噪试验。JAXA 计划将降噪技术转移至三菱飞机公司、川崎航空和起落架制造商住友精密工业株式会社。(综合)

飞机大型复杂结构件高质高效数控加工过程关键技术研究及应用

航空工业成飞 熊青春

在我国飞机发展过程中，飞机结构件大型化、整体化、薄壁化和精确化等要求十分突出，尺寸增加但公差成倍压缩、壁厚减小但加强筋线条增高、尺寸精度提高的同时增加了重量容差指标、单个结构件多特征集成导致形位精度严格，长寿命轻量化要求加工表面粗糙度普遍提高 1~2 个等级，由于所有飞机结构件 100% 进行数控加工，加工质量与加工效率的矛盾突出。

飞机研制生产过程中，数控加工面临三大难题——加工损伤、加工失稳和加工变形。成飞与北航自 2007 年起，在航空工业多个项目支持下，“十年磨一剑”，成功地解决了上述难题。

加工损伤、失稳和变形的本质原因，来源于数控加工过程“机床-刀具-工件”工艺系统动力学交互作用。传统的基于经验以单因素为主的理论和方法，已不能解决上述难题。

总体思路是针对问题，通过建模，分析“过载→损伤”、“颤振→失稳”和“应力→变形”的力学本质，从理论预测进行“防”和工艺装备进行“消”两方面入手，防消结合，软硬兼施，突破如下关键技术：

1) 难加工材料及复杂结构加工切削力/热载荷均衡预适调加工技术；

2) 大型薄壁结构件稳定高速铣削加工技术；

3) 大型复杂结构件加工全过程残余应力及加工变形预测与控制技术。成飞与北航合作自主开发出了：数控铣削时变切削力预测及参数优化软件和微量润滑装置、数控切削动力学仿真优化软件和被动阻尼吸振装置、加工变形仿真软件和“热-振”复合应力均化装置等，应用于飞机大型复杂结构件数控加工过程，解决加工失稳、损伤和变形的难题。

关键技术研究及应用：

1. 难加工材料切削力/热载荷均衡预适调加工技术

加工损伤问题，其本质是数控加工过程切削力/热载荷而且变化剧烈，引起的对刀具、工件冲击产生机械损伤和表面烧伤，在难加工材料数控加工中尤为突出。

传统避免和减少加工损伤的途径是大幅减小切削用量和大量使用切削液，显著牺牲切削效率。面对新的加工需求，在动态切削力建模基础上，考虑工艺系统多重约束，提出一种变螺旋曲线径向分层局域循环铣削方式，进行刀轨优化和切削参数预适调整，实现切削力均衡，对切削力过载和冲击现象进行“防”。

已开发了飞机结构件数控铣削时变切削力预测及参数优化软件，形成了应用规范；开发了三种准干式切削

精准润滑装置。在 TC4 钛合金超大型整体框上的筋条、缘条、内外形等复杂结构进行加工测试，实现稳定切削速度 150m/min 以上，关键部位表面粗糙度达到 Ra1.6~Ra0.8。

2. 大型薄壁结构件稳定高速铣削加工技术

加工失稳问题，本质是薄壁和高筋等结构导致工艺系统动力学特性恶化，出现切削颤振。面对新的加工需求，以工艺系统相互作用分析为基础，建立“机床-刀具-工件”动力学模型，通过测试和辨识，仿真计算出颤振稳定域曲线，在工艺系统约束条件下，给出优化切削参数，实现无颤振的高速高效切削，实现对加工失稳的“防”。

基于颤振模型，开发了多种阻尼消振装置，安装在被加工结构件或机床的相应部位，抑制或减弱出现的振动，实现加工振动的“消”。

自主开发了辨识测试硬件和 X-Cut/e-Cutting 软件、阻尼消振装置，在大量试验基础上建立了工艺数据库；飞机铝合金中机身框的实例测试表明：实现了弱刚性缘条的无颤振稳定加工；材料去除率提升了 1 倍以上；关键部位表面粗糙度达到 Ra0.8 μm 。

3. 加工全过程残余应力及加工变形预测与控制技术

极光公司直升机自主飞行系统验证进入最后阶段



极光公司研制的直升机自主飞行系统近日进入最后的验证阶段。该系统能够使任何直升机具备自主飞行能力，用于执行再补给或医疗后送等任务。近日，极光公司开发的可选有人驾驶 UH-1H 直升机已经获得了美国联邦航空局的特殊试飞认证，标志着其可以进行后续的飞行验证试验。

这架 UH-1H 验证机安装了极光公司研制的自主飞行系统“战术自主性空中后勤保障系统”(TALOS)，属于海军研究办公室的“自主性空中货运/通用系统”(AACUS) 技术验

证项目。

另外，这架 UH-1H 验证机还加装了数字化电传飞控系统，并被命名为 AEH-1 (自主能力 H-1)。AEH-1 首先取得了 FAA 试验类别下的研究及开发飞行试航性认证，随后根据 FAA 的 8130.34 条令取得了可选有人驾驶飞行器试验试航性认证，使其能够在一名驾驶员的监督和控制下进行无人飞行验证。

AEH-1 的改动包括加装了数字化电传飞控计算机和多个作动器，与现有的液助力机械操纵机构和驾驶杆

连接，能够给驾驶杆提供反馈，使飞行员能同时接收到自主系统的操纵量。

此前，极光公司在 DA42 和赛斯纳“大篷车”通用飞机上对类似的数字化飞行控制系统进行了验证。这次装在 AEH-1 上的数字化飞控系统则是专门设计用于与 TALOS 直接对接。

TALOS 系统设计用于让人类操作员监督控制无人飞行器，可给飞行器下达“从 A 点飞行 B 点，并保证飞行安全”这样宏观的指令，TALOS 系统则基于当前的知识 (如预存的地形图) 自主完成任务规划，在飞行过程中，TALOS 将使用其搭载的多个传感器探测路径上的障碍物等环境信息对任务规划进行实时调整。飞行员可以随时断开飞行控制系统，手动选择飞行路线。

TALOS 包括一个装在机鼻的计算机单元和一个传感器单元。传感器单元包括激光雷达、摄像机、激光测距仪及其他传感器组件，使 TALOS 具备自主导航、自动探测障碍物、自动选择评估着陆点等能力。

截至目前，TALOS 系统已经在波音公司 AH-6 “无人小鸟”、贝尔 206 等机型上进行了验证。这次的 AEH-1 将是该系统最后的闭环验证。(李昊)

美国 DARPA 开展“可解释人工智能”计划



美国国防预先研究计划局 (DARPA) 正在开展“可解释人工智能”计划 (XAI)，以此探索可以使自主系统对其行为进行更好的解析的技术。DARPA 已经确定，在自主系统向分析师提供有关可疑活动的信息或需要进一步检查的情况下，分析人员有必要让自主系统解释为什么要执行例如将特定照片、数据或特定的人带给分析人员这样的行为。

按照 DARPA 的设想，XAI 的目标是“产生更多可解释的模型，同时保持高水平的学习表现 (预测准确性)；使人类用户理解、适当、信任和有效地管理新一代人工智能合作伙伴”。

(远航)

以色列“空中骡子”垂直起降无人机2021年将量产

据透露，以色列城市航空公司 (Urban Aeronautics) 全资子公司——战术机器人公司研制的“空中骡子”垂直起降无人机将于 2021 年开始投入批量生产。据悉，量产型无人机相比于测试用的原型机将配备更大马力的发动机。

目前，撤运伤员或运送弹药耗费了大量时间和资源。因此，通过特别的运输设备运送受伤的士兵接受治疗成为当下现实迫切的课题。

“空中骡子”无人机自 2010 年起开始研发，2013 年按照既定航线完成首次飞行，2015 年实现独立计算航线，完全自主飞行，2020 年前计划完成全部研制工作。

“空中骡子”机身装备 2 个平行于地面的涵道风扇，以

及在尾部安装了 2 个推进涵道风扇。该型无人机起飞重量达到了 1.4 吨，时速可达到 180 千米，负载 635 千克 (燃料和有效载荷) 时滞空时间能够达到 5 小时，最大飞行高度达到了 3700 米。

该型无人机的原型机采用“阿里埃尔”1D1 涡轮增压发动机进行测试，能够达到 732 马力的最大功率。量产型无人机预计将装备功率更为强劲的“阿里埃尔”2N 涡轮增压发动机，该型发动机起飞功率能够达到 985 马力。

归功于更为强劲的动力装置，量产型无人机最大起飞重量可以达到 1.7 吨，能够运输 762 千克的燃料和有效载荷，飞行速度可提高至 185 千米/时，滞空时间达到 2.6 小时。

今年 11 月初，以色列航

空工业公司开展了“空中骡子”无人机原型机的演示飞行。测试期间，用于展示的“空中骡子”无人机有 2 种版本：撤运受重伤的战士和向前线士兵运送弹药。

“空中骡子”无人机发动机燃料采用的是常规汽油，其使用费用相比于其他直升机要节省很多。

据透露，战术机器人公司已经获得了“空中骡子”的出口型机“鸚鵡”的国际导弹技术及控制机制 (MCTR) II 类认证。两款无人机都是采用单发动机的紧凑型垂直起降飞机。目前“空中骡子”的原型机已完成了超过 200 小时的飞行试验。(长空)

