

三维工业检测技术领跑者

新拓三维技术(深圳)有限公司

地址:深圳市南山区学府路63号高新区联合总部大厦11层

电话:0755-86665401

邮箱:market@xtop3d.com

网址:www.xtop3d.com

西安分公司

地址:西安市高新区软件新城天谷八路156号云汇谷C2栋11层

电话:029-89553036

北京办事处

地址:北京市朝阳区红军营南路媒体村天畅园4号楼2207

上海办事处

地址:上海市张江高科技园区龙东大道3000号1幢B楼306室

电话:021-31013180



*本册内容解释权归新拓三维所有,如有修改或变更恕不另行通知!



航空制造

三维光学测量在航空制造领域的应用





新拓三维技术(深圳)有限公司一直致力于先进三维光学测量技术研究和系列测量设备的研发、技术方案提供的国家高新技术企业。公司总部位于深圳,在西安、美国密西根设立研发中心,北京、上海、西安、深圳设有办事处。

新拓三维以“三维工业检测技术领跑者”为使命,是国内三维光学测量检测领域研究较早、应用领域和技术与服务能力也较成熟,其多款产品填补国内空白并成为国内唯一供应商。公司系列产品和技术:三维外形轮廓检测测量、三维应变变形测量、三维动态和运动轨迹测量、科研分析仪器等十多款三维光学测量产品,广泛应用于国内外研究机构、高校及企业的科研、生产和在线检测中,涉及消费电子、航天航空,汽车,重型机械,医疗等行业,覆盖机械、材料、力学、土木工程等10多个学科领域。

- 深圳
- 西安
- 上海
- 北京
- 美国



新拓三维拥有国内一流的研发团队，核心成员均为原西安交大三维光学测量团队成员，长期潜心于三维光学测量的基础及应用研究，硕士以上学历占比超80%。

团队参与多项国家重大科技项目，制定了三维光学测量领域的第一个国家标准，项目技术获得国家技术发明二等奖一项，陕西省科学技术奖一等奖一项，多项研究成果及关键技术达到国际先进水平。



作为业内领先的三维工业检测方案提供商，新拓三维光学测量解决方案在航空航天企业得到广泛应用。

(部分合作伙伴，排名不分先后)



飞机是庞大而复杂的飞行器系统,可称为人类制造的最复杂的高科技产品,具有外形要求严格、产品构型众多、零部件材料与形状各异、内部结构复杂、各种系统管路和线路密集等特点。

长期以来,飞机制造业代表着人类最新技术发展成就。在《中国制造2025》以及"工业4.0"的背景下,伴随着计算机、数字化技术在制造行业的应用发展,飞机制造技术发生了根本性变革,并渗透到了飞机设计、发动机、零部件、整机等各个环节。

在我国,航空航天制造业取得了飞速的进展,但是航空零部件制造行业发展存在着一定的问题。如何改进设计,加工制造出高品质的航空零部件已成为行业热门话题。通过各种环节制造出来的零部件,其几何形态和尺寸是否达到设计标准,需要借助先进的测量与分析手段,同时测量信息能够在飞机制造全程实现共享,才能更好地提升飞机制造效率。

作为一家具有世界影响力的工业三维检测方案提供商,新拓三维提供从产品开发、设计到加工、产品检验验收的整体服务,协助客户实现零部件的精确测量和控制,完成外形整体造型、三维分析模拟,从而使设计制造更迅速、过程制造更优化。针对航空航天兵器工业的需求,新拓三维为客户提供了贯穿材料测试、航空发动机、零部件及产品检测、整机检测等飞机制造各阶段的测量解决方案。

材料分析

具备从材料、结构、热性能到运动、振动、声学等全面的测量能力。其应用包括材料拉伸、弯曲和压缩、板材成型极限测定、高温变形、焊接、运动性能、抗冲击性能等。

光学测量技术已成为飞机质量保障的重要工具和手段，贯穿从材料测试、零部件及产品检测、航空发动机、整机检测、维修及保养等飞机制造、应用全过程。

整机检测

在整个生产周期,保养和维修成本是不可忽视的费用因素。使用光学测量技术可以快速检验零部件磨损,材料沉积,实现零部件的精确修复。

航空零部件制造与检测

提供航空零部件的逆向测绘、毛坯快速余量分析、制造过程质量监控、高效率的零部件全尺寸检测等数字化检测方案。

航空发动机

贯穿制造全过程,提供了对于叶片、叶轮、管件等航空发动机部件先进的测量技术与测量方案。

维修及保养

提供从飞机机翼机身装配检测、飞行中机翼变形检测、机舱座位变形检测、战斗机投弹运动轨迹测量等三维检测方案。



非接触式三维光学测量系列产品

三维全场变形测量



XTDIC-CONST
三维全场应变测量系统



XTDIC-MICRO
显微应变测量系统



XTDIC-FLC
板材成形极限测量系统



XTSM
板料成形网格应变测量系统

三维外形轮廓测量



XTDP
三维光学摄影测量系统



XTOM-MATRIX
三维光学面扫描系统



Tube Qualify
三维光学弯管测量系统

位移轨迹追踪



XTDIC-STROBE
三维动态测量系统



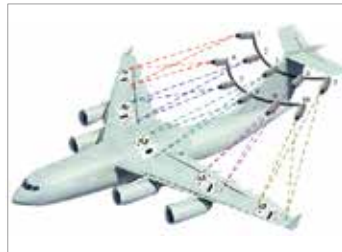
XTDP
三维光学摄影测量系统

材料分析

三维尺寸测量

变形测量

XTDIC-CONST
三维全场应变测量系统



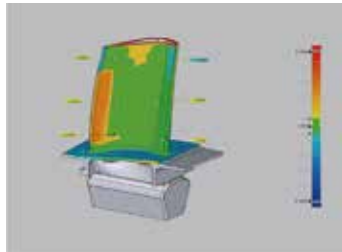
飞行中机翼变形测试

XTDIC-STROBE
三维动态测量系统



国产高端战斗机投弹运动轨迹测量

XTOM-MATRIX
三维光学面扫描系统



航空发动机叶片检测

XTDP
三维光学摄影测量系统



整机三维外形测量

Tube Qualify
三维光学弯管测量系统



航空弯管零件检测

三维光学摄影测量系统

XTDP三维光学摄影测量系统是新拓三维自主研发的工业近景摄影测量系统,关键技术达到了国际先进水平。XTDP具有精度高、速度快、超便携、环境适应性强等优良特性,可快速准确地测量物体三维坐标。

同时,作为一种非接触式的测量方式,相比传统接触式三维坐标测量仪,XTDP不需要任何复杂、沉重和精密维护的硬件,也不需要测量前预先编程,不受测量行程限制,适应于各种大尺寸物体的快速检测。

产品特点

- 自主产权：自主研发,核心技术达国际先进水平
- 非接触式：可测量0.3mm-30m幅面范围内的物体,不受材质限制,柔性、软性物性均可测量
- 精度测量：最高精度可达±0.015mm/m,可满足大型工件高精度测量
- 快速处理：数分钟内即可完成测量任务,包括拍照、软件计算,测量结果可视化
- 操作简单：使用专用相机对准对测量物体进行照片拍摄即可,没有复杂难懂的专业操作与设置
- 超级便携：设备轻便,单人即可携带外出开展测量工作
- 适应性强：操作不受环境限制,无温度、振动、光线需求现场工况下也可执行测量作业



蓝光三维扫描仪

新拓三维XTOM是一款高精度光学测量系统,专为工业级三维数字化检测而研发制造,适用于工业检测的全流程全域数字化处理。新拓三维XTOM具有高精度的细节测量性能和工业级的稳定性,适用于各种严苛工业环境下的高精度数据测量。

产品特点

- 高精度3D测量,适用于高要求的测量任务
- 专为工业应用设计的系统兼具高稳定性与高精度
- 支持多种自动拼接方式,确保数据拼接精度和测量效率
- 测量完成后,三维数据偏差以色谱图样显示,结果一目了然
- 无论在室内或是生产环境下进行测量,都能满足质量检测及逆向工程领域的要求
- 与三维摄影测量（XTDP）配合使用:XTOM可与三维摄影测量（XTDP）配合使用,能有效提升全局测量拼接定位精度,精度高达±0.015mm/m。
- 自动化应用:XTOM可集成多种型号自动转台、全自动关节臂使用,对大型批量化部件进行高精度自动化测量。



三维全场应变测量系统

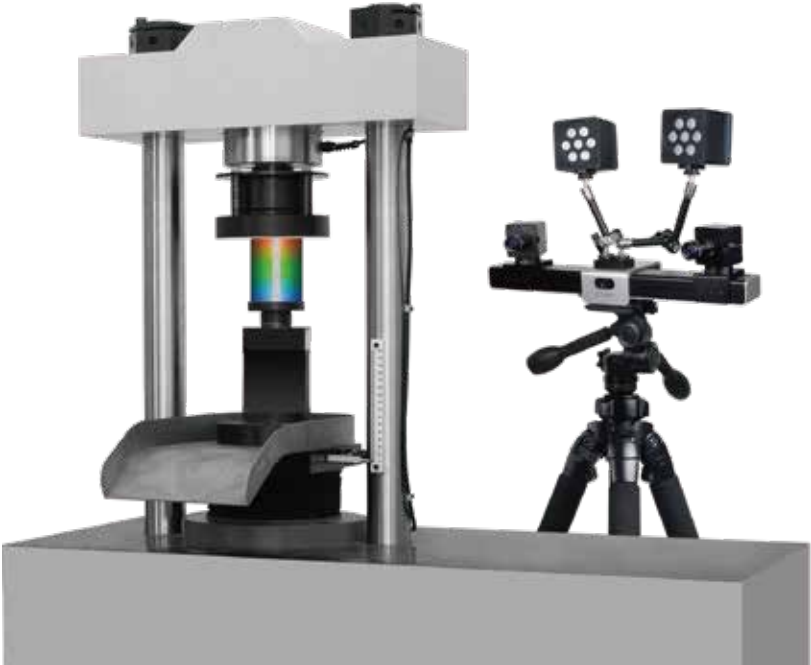
近年来,光学测量已成为力学测试分析和科学研究中的重要工具。新拓三维XTDIC-CONST全场应变测量系统采用非接触测量方式,具有多种工作模式,满足各种测试速率、分辨率和测量范围的要求,且不受材料影响,适用于各种材料的静态或动态实验。

可以实时进行全场应变计算和结果显示,而非事后处理;采集图像的同时,可以实时进行三维全场应变计算,具备在线和离线两种计算处理模式,支持计算结果的UDP等方式实时输出。

测量不局限于单点,可观测全场变形
不需要贴应变片,在被测物表面喷散斑漆即可测量

产品特点

- 技术先进:自主知识产权的核心算法,技术指标达到国际先进水平
- 应用广泛:可用于机械、材料、力学、建筑、土木等多个学科的科学研究与工程测量中,适用于大部分材料力学性测试
- 配置灵活:支持几毫米到几十米甚至更大的测量幅面;从几帧的工业相机至几十万帧的高速相机均可适配
- 兼容性强:同时兼容单相机二维测量和多相机三维测量
- 功能强大:具备圆形标志点动态轨迹测量功能;具备刚体物体运动轨迹姿态测量功能
- 接口丰富:支持万能试验机、杯突实验机和显微、热成像等多种类型的设备接口



三维光学弯管测量系统

弯管零件因为其管件和机械零件的双重特性,在汽车制造、航空航天、轨道交通等各种行业上均有广泛的应用。在实际生产制造过程中,由于弯管零件形状复杂、容易变形等特性,如何保证高标准弯管零件质量控制,尤其是精确的测量,一直是弯管加工行业所面临的问题。

过去,传统弯管零件检测主要依靠人工在检具上进行,测量时间普遍长达数小时,测量速度慢、数据不精确。同时,检具检测是一种接触式的检测方法,需要将工件卡在检具中,对高端管件的表面会造成划伤。在遇到弹性管、自由形状弯管、具有连续转弯的弯管时,传统管件测量方式甚至是无法测量的。

如何快速且无损地获取弯管零件精准数据,成为解决难题的关键。

Tube Qualify三维光学弯管测量系统是专为弯管测量定制,能提供弯管检测所需要的全能解决方案。它采用非接触式三维光学测量技术,通过多个高帧频、高分辨率的工业级相机,能够捕捉复杂管件的精准三维数据,并快速重建出三维模型,测量精度高、速度快。

产品特点

- 国内首创,行业突破,自主知识产权
- 无模具检测,节省模具制造和储存成本,节省人力成本。
- 专用设计,功能丰富实用,支持定制
- 三维高精度测量,结果不受人员操作影响
- 多管件同时测量,多线程计算,高速高效
- 两侧可开门延伸设计,拼接测量,便于测量更长管件
- 非接触式测量,适用各种材质管件
- 军工级设计制造品质,性能稳定,工业现场环境适应性好
- 数字化检测,可量化,可追溯
- 模块化设计,LED背光照明,持久耐用维护简便
- 柔性检测,多品类产品可通用

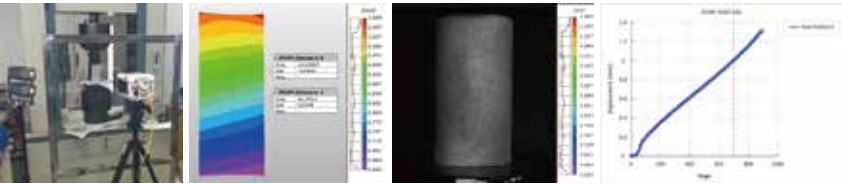


材料分析

新拓三维XTDIC三维全场应变测量分析系统能够有效分析材料的力学性能及行为表现,并能与各种试验台和试验机有效结合,在机械载荷和热负荷的情况下,利用非接触测量头,便于测量无论软质还是硬质材料的全场三维应变和变形。替代传统的引伸计和应变片,实现了实时三维表面变形分析。

新拓三维XTDIC三维全场应变测量分析系统同时配有先进的专业应用软件,用于数据分析。通过这类集成的测量解决方案,可快速提供可靠的材料特性数据,比如:

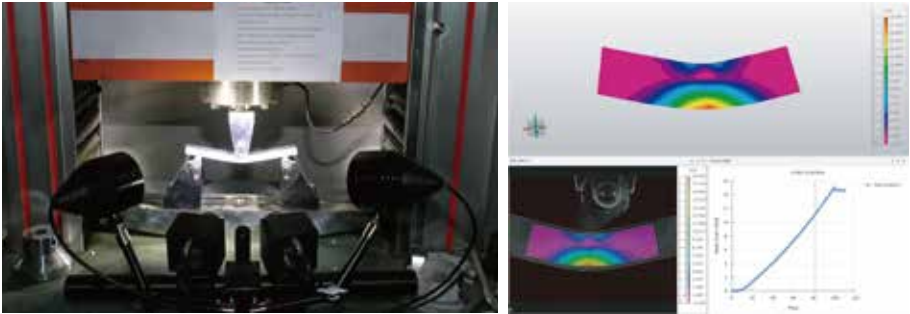
- 全场应变分布
 - 应力-应变曲线
 - 杨氏模量
 - 泊松比
 - N值 & R值
- 有限元对比分析
 - CAD模拟变形
 - 视频引伸计
 - 模态分析
 -
- 拉伸试验
 - 剪切试验
 - 三点弯曲/四点弯曲
 - 疲劳试验



高速压缩试验



碳纤维连接件拉伸实验



三点弯曲试验



高温拉伸实验

应用案例：

碳纤维拉伸全场力学性能测量

在复合材料大家族中,碳纤维复合材料因其具有碳材料的固有风险特征的同时又兼具有优异的力学性能,并兼备纺织纤维的柔软可加工性,在航空航天、汽车、建筑、医疗等领域应用十分广泛。

碳纤维极细 (5μm-8μm),为脆性、高强低拉伸纤维,它的伸长率和模量是很难精确测试的,碳纤维复丝拉伸性能,是评价碳纤维性能的重要力学性能指标。

检测目的

对碳纤维材料强力伸长试验过程进行全场测量,分析碳纤维样件的断裂位置,计算拉伸强度、弹性模量、泊松比、延伸率等力学性能指标,为碳纤维材料的研究、材料优化和实际应用提供科学依据。

检测方案

本次试验选取了多款碳纤维试件作为试验对象,对标准试件进行静力拉伸试验,通过试验研究试件的各项力学性能指标。试件为纤维0°布置和纤维45°布置的试件:



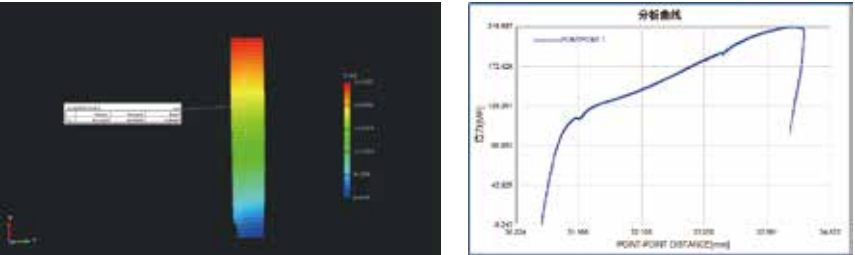
T1-1



T2-1

纤维角度	试件	横截面积 (mm2)	拉伸强度 (MPa)	弹性模量 (GPa)	延伸率 (%)	泊松比	剪切强度 (MPa)	剪切模量 (GPa)
0 °	T1-1	19.831	2004.19	130.86	1.57	0.3381		
	T1-2	19.705	2093.28	133.13	1.61	0.3196		
45 °	T2-1	52.248	207.33	13.16	14.22	0.7671	60.26	3.72
	T2-2	51.350	205.94	13.56	11.54	0.8044	65.72	3.76

碳纤维计算数据



应力应变曲线

延伸率

数据分析

从试验可以看出,碳纤维的拉伸强度本身受到横截面积效应的影响,同时其离散型也受其影响,随着试样拉伸长度的增加,碳纤维的强度离散性也将增加。通过碳纤维材料力学性能测试,助力碳纤维材料的创新研发、投入生产和工业应用。

航空发动机

航空发动机是一种高度复杂和精密的热力机械,作为飞机的心脏,它不仅是飞机飞行的动力,也是决定飞机性能的关键因素。航空发动机零件的材料都很难加工,并且形状复杂,需要在加工的全过程始终监控零部件质量,并能够实现对复杂叶片与整体叶轮叶盘等形状与评价分析。

通过提供精确的零件几何数据和材料特性,新拓三维测量系统可有效支持航空航天工业及其供应商。这些精确数据既可用于材料测试,也可用于毛坯快速余量分析、制造过程质量监控、高效率的零部件全尺寸检测等全过程的数字化检测,还可用于逆向工程和涡轮叶片的质量控制等。

航空发动机典型零部件包括叶片、叶轮、管路等,对于每一类零件,检测项目各不相同。典型的复杂形状零部件检测包括:

叶片

叶片多为自由曲面,其型面轮廓以及相关参数的测量和评价较为复杂,一直是航空发动机检测的一个难点。

叶轮

叶轮是航空发动机的关键部件,简化了航空发动机的结构,提高发动机的动力,具有加工难度大、扭曲度大、具有狭窄的凹腔和复杂几何形状等特点,对测量精度和评价能力提出了新的要求。

管路

航空发动机分布着大量的管线,其弯曲半径、长度、走向等都是发动机制造商需要考虑的课题。

叶片

叶片制造的高效质量控制

目前,航空发动机33%的工作量来自叶片的制造。叶片检测量大、精度高,要求测量稳定性好,具备适合的测量重复性和再现性。

利用光学测量技术,帮助制造商、供应商加速初样之前的产品启动。另外,使用新拓三维技术的三维光学测量系统,可以贯穿叶片制造的前、后过程,有效控制生产品质。

- 材料分析
- 逆向设计
- 优化注塑模具/过程
- 分析铸件和锻件的外形和尺寸

材料分析

利用XTDIC三维全场应变测量分析系统,测量材料拉伸、弯曲和压缩、板材成型极限测定、高温变形、焊接、运动性能、抗冲击性能等。

逆向设计

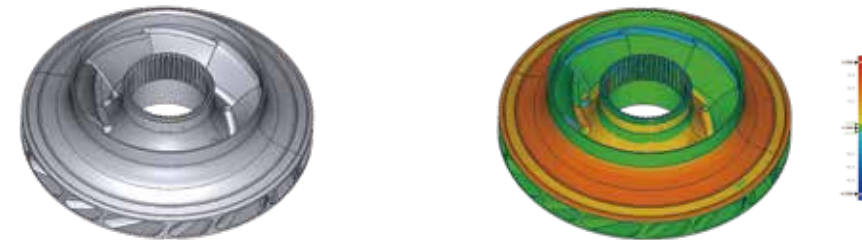
通过XTOM蓝光三维扫描仪,获取关键的尺寸数据,不仅可以用于产品的二次开发,也可以用于产品的设计改良,在低成本的情况下实现性能上的大突破。

优化注塑模具/过程

利用XTOM蓝光三维扫描仪,快速实现对毛坯件的尺寸记录,获得的数据通过对模具CAD模型的比对分析,从而帮助用户了解叶片相关位置的尺寸信息,为后续加工提供依据。

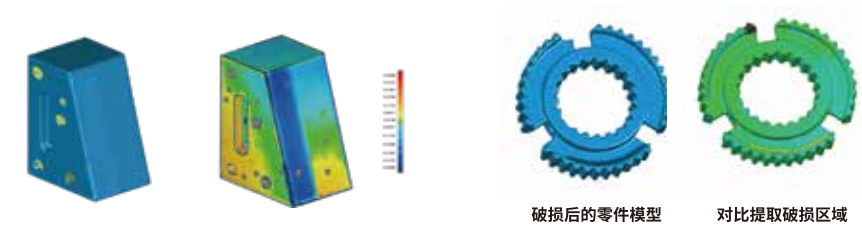
分析铸件和锻件的外形和尺寸

采用XTDP三维光学摄影测量系统/XTOM蓝光三维扫描仪,实现制造过程中叶片轮廓的快速测量,协助用户高效完成叶片的评价分析,实现叶片批量检测。



零部件和壳体

XTOM蓝光三维扫描仪既可以测量各种尺寸的发动机零部件,实现各种零部件的实体模型数字化,也可以和XTDP三维光学摄影测量系统进行装配控制,提高装配效率。



维修和保养

在整个生产周期,保养和维修费用是不可忽视的成本因素。使用XTOM蓝光扫描仪可以快速检验零部件磨损,材料沉积,实现零部件的精确修复。

- 数字坐标测量损坏的/预备表面
- 验证材料沉积
- 检查维修工作





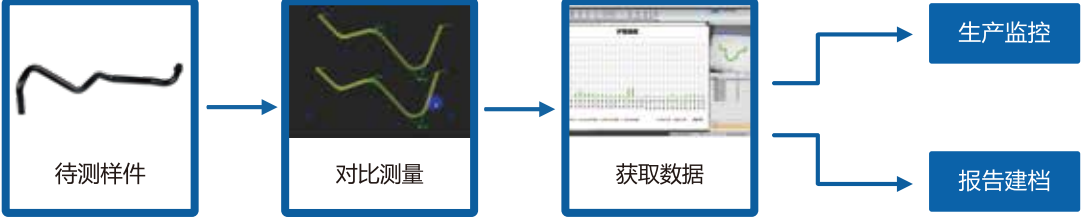
管路

航空发动机上存在各种管路。目前,制造企业已经大量使用数控弯管机来进行管路的制造加工,但对生产出的管路的测量很多还是利用传统检具、卡板、样板等进行复合型检测,只能对零件的品质给出一个粗略的定性结论,而无法给出定量的数据及分析报告,同时传统检测方法效率也十分低下,在浪费大量人力、物力的基础上还没办法完成在线检测。

Tube Qualify三维光学弯管检测系统是专为弯管测量定制,能提供弯管检测所需要的全能解决方案。它采用非接触式三维光学测量技术,通过多个高帧频、高分辨率的工业级3D摄像头,能够捕捉复杂管件的精准三维数据,并快速重建出三维模型,测量精度高、测量速度快,实现100%的高效在线检测。

弯管在线检测

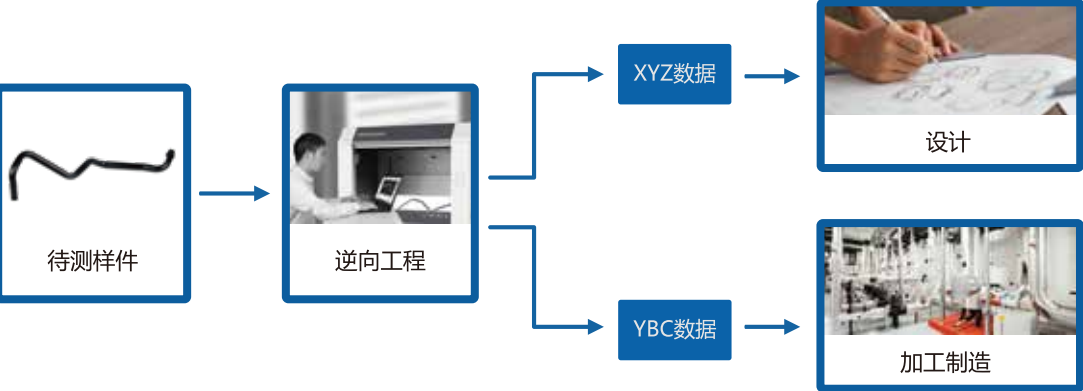
新拓三维Tube Qualify 三维光学弯管测量系统,基于近景工业摄影测量、多相机柔性空间标定、图形立体匹配等多项关键技术,通过高性能、高分辨率的工业相机和专业化的弯管检测软件,实现弯管参数数字化呈现。Tube Qualify可以和设计要求作对比,准确判断加工偏差,并可出具图文并茂的检测报告,方便用户查阅、分析、归档。



逆向弯管测量

逆向设计是现在常用的一种辅助设计手段,弯管零件用途广泛,但由于其空间的复杂性,不易测量与仿制。

弯管的逆向是指通过对现有实体弯管零件进行测量,获取其XYZ、YBC数据,其XYZ数据,可实现分析、再设计的过程,YBC数据,可用于加工制造。





应用案例：

某飞机发动机叶片扫描

某航空配件制造企业使用新拓三维XTOM蓝光三维扫描仪对飞机发动机叶片进行三维扫描。发动机叶片作为实现燃气中能量转换的重要载体，是决定发动机动力性能的重要因素，其设计、加工要求非常高。

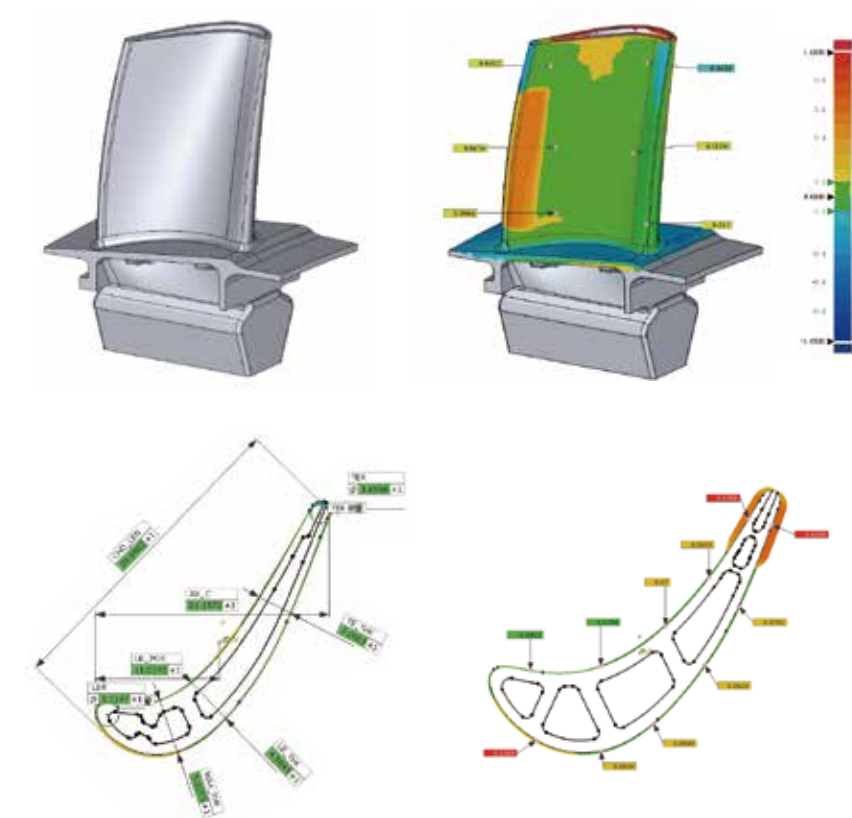
面临的问题：

长期以来，叶片是航空发动机公认难加工且难监控的复杂零件。囿于其本身自由加工过程易变形、装夹定位难的特点，如果没有在加工过程中做好质量监控，一旦叶片从机床上拆下才能发现质量问题，即使能够重新进行二次定位，也难以恢复原来装夹状态下的应力状态，导致叶片产品报废率高、成本居高不下。同时，叶片加工的复杂度导致加工参数变数大、刀具损耗较快，而如果没有加工过程中的质量数据做参考，就无法及时调整任何加工参数。

解决方案：

新拓三维工程师使用XTOM-MATRIX蓝光三维扫描仪扫描叶片，获取叶片表面高精度的三维点云数据。（备注：XTOM三维光学面扫描系统专为叶片进行了定制化检测，其中包括断面弦长、断面轴弦、断面BA角度、断面最大厚度等）。将获取的飞机发动机叶片三维数据导入检测软件可迅速检测飞机发动机叶片（CAD）模型和实际叶片之间的偏差，以直观易懂的色谱图来显示两者的差异。

利用新拓三维XTOM-MATRIX蓝光三维扫描仪对叶片进行检测，检测流程顺畅且高效。用户可以集中精力专注于获取检测结果，而不是将时间耗费在研究如何操作设备或软件中。检测后生成的检测报告，采用让人一目了然的色谱分析图，清晰的反映出整个叶片的加工偏差，更具有指向性。通过报告，用户可以更加直观的了解整个零件加工的偏差趋势，判断误差来源，及时调整加工设备及工艺，有效避免了延长生产时间和增加加工成本。



软件专为叶片进行了定制化检测

其中包括：①断面弦长 ②断面前后缘半径 ③断面轴弦 ④断面BA角度
⑤断面前后缘厚度 ⑥断面最大厚度

应用案例：

中航工业沈阳某军工航空弯管检测

航空工业零件及发动机上都存在大量的弯管。目前,制造企业已经大量使用数控弯管机进行弯管的制造加工,但是生产出来的实际工件大多还是使用传统检具、卡板、样板等进行复合型检查,只能对弯管的品质给出一个粗略的定性结论,而无法给出定量的数据及分析报告。另外,传统检具、卡板、样板等进行复合型检查效率低下,无法对产品进行全检和在线检测,同时由于需要将工件卡在检具中,对高端管件的表面会造成划伤,影响弯管质量和精度。

新拓三维多年来一直致力于弯管在线检测领域的工作,并推出了Tube Qualify弯管检测系统。Tube Qualify弯管检测系统通过多个高帧频、高分辨率的工业相机,能够捕捉复杂管件的精准三维数据,并快速重建出三维模型,测量精度高、测量速度快。



中航工业沈阳某军工通过引进的多台Tube Qualify设备,可以抛开传统的检具,大大降低了检具制作、存储场地的成本,也避免了检测过程中弯管表面划伤问题。

另一方面,作为一种全能的、非接触式弯管检测解决方案,Tube Qualify对于复杂的弯管都可以做到各个位置的量化评价,又可以同时进行多根弯管的同时测量,测量数据也可以实时反馈给弯管机进行修正迭代,大大提高调机和工艺迭代效率,检测和调机效率比传统手段提升数十倍以上,同时也能节省调机过程中管件材料的浪费。

最后,Tube Qualify系统的检测效率很高,几秒时间内一个弯管的检测就能完成,避免了人为判断的误差。我们完全可以做到产品的全检,而单人工作效率大大提升,工作也变得轻松。

测量精度高、测量速度快,新拓三维Tube Qualify弯管检测系统得到了沈阳某军工的信赖与好评信赖。



飞机结构

零部件制造

航空工业零部件的制造受许多因素的影响,例如越来越多的难加工材料、复杂的几何形状、对加工工艺和交付时间也越来越严格。如何在满足这些条件的同时,还能不断提高生产效率,这是所有航空零部件生产商都面临的难题。

为了确保生产制造中产品的公差符合要求,高效率的测量系统是必不可少的需求。新拓三维测量系统具有高精度、高效率和万能性的特点,即可以实现各种零部件的实体模型数字化,又是完成各种零部件几何量测量与品质控制的理想解决方案。



风洞试验

使用XTOM蓝光三维扫描仪可以将风洞中的被测模型三维数字化,验证模型尺寸缩放是否有偏差,加工与设计是否有偏离。同时,XTDA三维动态变形测量系统能够在线实时分析被测模型在风洞中由于风力产生的变形和姿态,从而验证被测模型在不同工况下的状况。

逆向工程

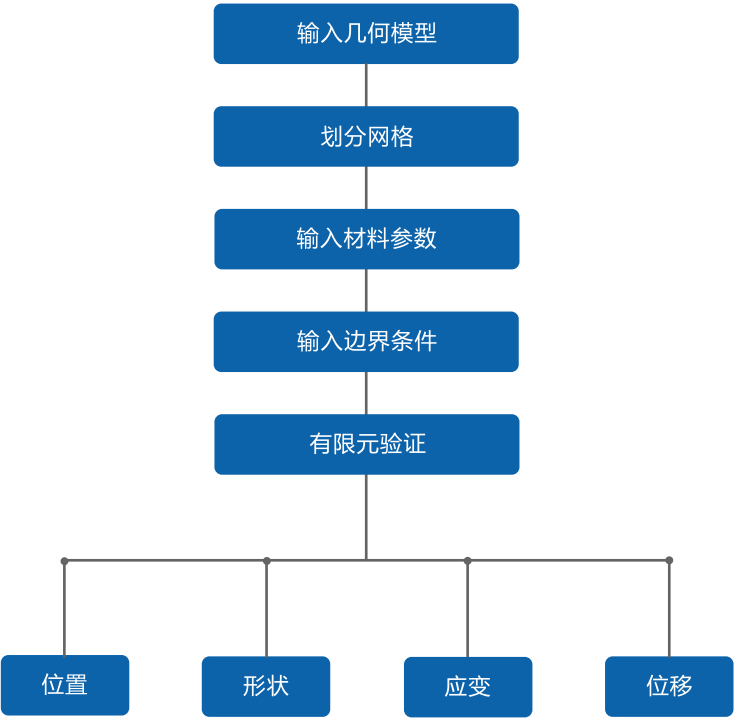
使用XTOM蓝光三维扫描仪对飞机的内部和外部结构进行扫描,从而生成三维CAD模型,准确反映机身和机翼内外,以及配套零部件、设备的加工精度,配合公差等数据。

数值模拟

数值模拟也叫计算机模拟。依靠电子计算机，结合有限元或有限容积的概念，通过数值计算和图像显示的方法，达到对工程问题和物理问题乃至自然界各类问题研究的目的。

在逆向工程中获得的零部件的数字模型，可以在后续的有限元模拟，以及虚拟装配中发挥重要的作用。XTOM和XTDP获得的零部件的点云数据的全面性和准确性，对于风洞实验，载荷实验，环境测试等测试的有限元模拟能够提供更接近实际的模型数据，以确保模拟结果的可靠性。

数值模拟如今广泛应用于航空航天零部件的研发过程中，光学测量技术能够支持数值模拟的设置，验证和最优化处理过程。



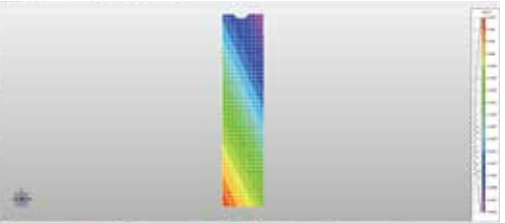
XTDIC变形测量分析系统

- 材料参数
- 边界条件
- 有限元验证
- 位置

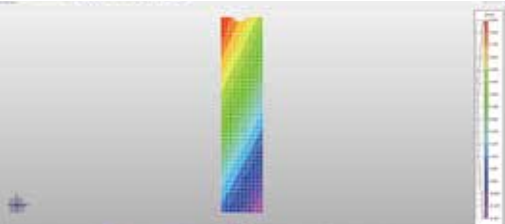
XTOM/XTDP外形测量系统

- 输入几何模型
- 验证形状和位置
- 位移/变形
- 应变
- 温度

纵向位移



偏差

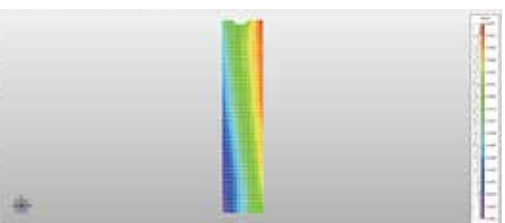


DIC



FEM

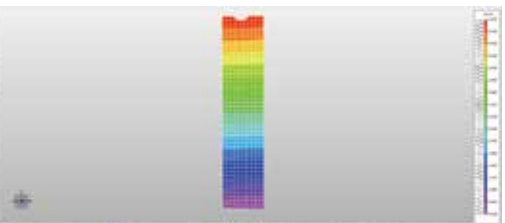
纵向位移



偏差



DIC



FEM



应用案例：

航空零部件质量检测

关于用户：

某飞机制造公司零部件产品合格率不到50%，委托新拓三维为他们所生产的航空零部件做生产优化方案，获取高精度机翼零部件三维数据，提高产品的加工效率以及产品质量。

面临的问题：

航空行业机加类零部件具有品质要求高、批量大、形状各异的特点，如何通过有效手段对航空零部件进行空间三维测量，如凹槽、侧面孔、平面、圆柱或球面形状、平面和轴之间的夹角测量等一直都是航空零部件质量检测中的难题。

采用手动的方法进行计量工作是一件非常费时的检测方法。比如一些工件需要检测上百个点---对于手动测量来说，明显不能有效完成任务。并且传统手动测量方法对产品二次设计无法提供精确的数据支持。

多年以来，受困于零部件质量检测，传统检测方式效率低无法高质量完成更多的订单任务。但随着零件和订单数量的增长和质量问题的日益严峻，该公司意识到需要采用新的方法来进行质量检测。

解决方案

为了确保生产制造中产品的公差符合要求，高效率的测量系统是必不可少的需求。新拓三维XTOM蓝光三维扫描仪具有高精度、高效率和万能性的特点，即可以实现各种零部件的实体模型数字化，又是完成各种零部件几何量测量与品质控制的理想解决方案。

通过新拓三维XTOM蓝光三维扫描仪扫描零部件，可获得零部件的高精度三维数据。将扫描设备获取的三维数据与理论CAD数模进行对比，分析关键位置的公差。公差数据通过颜色能清晰、快速识别，对提高产品生产效率，缩短研发周期，提高产品的加工精度与质量具有良效。



应用案例：

空气动力学

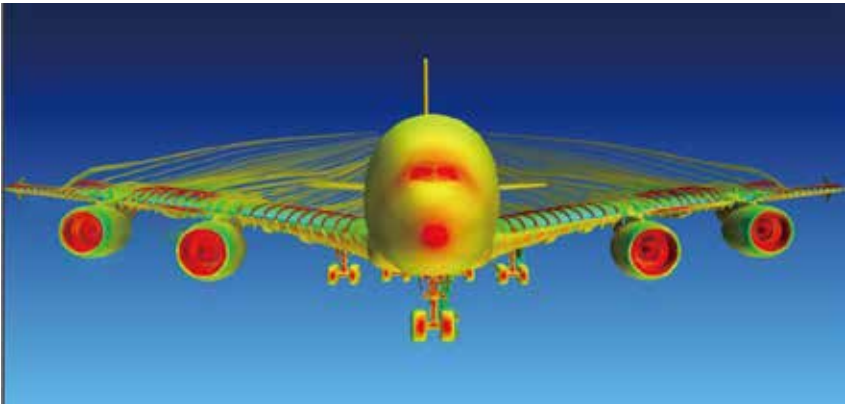
空气动力学是力学的一个分支,研究飞行器或其他物体在同空气或其他气体作相对运动情况下的受力特性、气体的流动规律和伴随发生的物理化学变化。它是在流体力学的基础上,随着航空工业和喷气推进技术的发展而成长起来的一个学科。

这里介绍两种空气动力学实验,一种是风洞实验,测量模型的变攻角、姿态角;一种是飞行实验,测量机翼变形,或者弹体运行轨迹等。

自由飞行实验

飞机在飞行过程中,受到各种因素的影响,其各部件会产生各种力学变形,通过三维变形测量方案,有效监测飞机自由飞行中的各种变形状态。某型号飞机飞行过程中,在飞机尾部架设多个相机,测量机翼变形。由于机翼尾部会振动,在飞机背部粘贴不动点,实时动态校准相机振动。

某型号隐形飞机飞行投弹过程中,测量弹体的运行轨迹、自转加速度,并对弹仓仓门在开启、关闭时的变形进行测量。



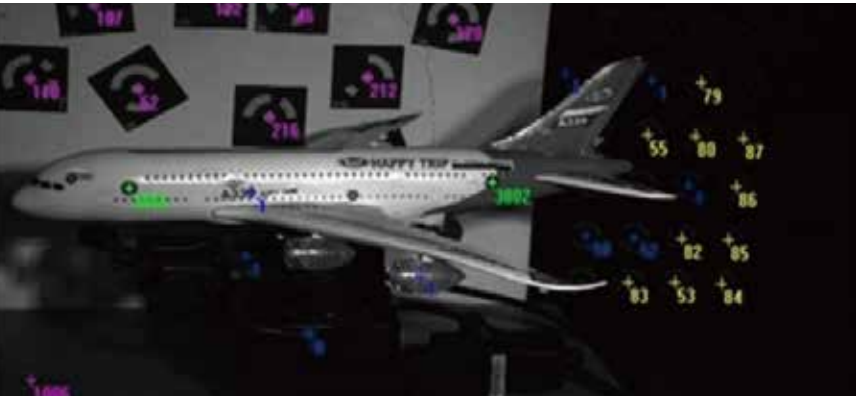
风洞实验

基于非接触三维光学测量技术,建立了风洞试验模型三维姿态角测量方法,实现了模型姿态角的高精度、实时、外触发时钟同步测量。基于该方法测量模型三维实时姿态角,在低速风洞开展了飞机纵、横向连续变形试验。

- 某低速风洞内,通过相机测量模型表面标志点的坐标,进而解算出姿态角的变化。
- 某立式风洞内,测量弹体(旋转模型)表面标志点的坐标,进而解算出姿态角、自转加速度等参数。



某低速风洞



测量示意图

应用案例：

逆向工程

检测目的:

对飞机机身或缩比模型进行扫描、逆向建模,为飞机结构的改进、性能的提高、有限元模拟提供数字化依据。

检测方案:

在飞机表面粘贴标志点,通过摄影测量系统获取标志点的三维坐标,为后期扫描提供全局拼接点。采用高精度蓝光扫描仪,对飞机轮廓进行扫描,获取三维点云数据。将三维点云数据导入第三方软件中进行逆向建模。

检测流程:

- (1) 飞机表面粘贴标志点;
- (2) 通过摄影测量系统获取标志点三维坐标;
- (3) 采用高精度蓝光扫描仪对飞机表面进行扫描;
- (4) 将获取的三维点云数据进行逆向建模。

检测结果:



- (1) 测量飞机内部和外部点云数据,精度0.1mm;
- (2) 将内外部数据统一在同一个坐标系下,形成单一点云模型;
- (3) 分析点云数据同CAD模型之间的偏差

应用案例：

直升机旋翼运动参数测量

直升机是世界上许多国家普遍采用的高效应急救援工具,因其能快速到达水、陆不可通达的作业现场,实施搜索救援、物资运送、空中指挥等工作。其强大的飞行能力主要归功于旋翼的驱动,符合几何参数容差的旋翼可以确保在不同速度下总能提供最佳的升力。

直升机旋翼驱动过程中,弹性复合材料和空气动力形状扮演了关键的角色,其剖面 and 表面是曲线和自由曲面测量领域的最佳案例。

检测目的

在1:1直升机旋翼塔上进行试验,测量旋翼桨叶在运动过程中的变形情况,及挥舞角、摆振角、扭转角等运动参数的解算。

检测方案

在桨叶表面粘贴标志点,将测量头、高亮光源及光电传感器放置于旋翼塔顶部,测量头采集桨叶旋转过程中的图像信息,高亮光源负责高速下的补光,传感器用于触发相机采集数据。

数据分析

下图为桨叶在某种工况下的位移图,通过对位移值、坐标值的分析,进而解算出挥舞角、摆振角、扭转角的变化趋势,为桨叶的验证、设计提供依据。



应用案例：

直升机桨叶动态轨迹跟踪测量试验

纵观直升机的发展历史，直升机桨叶的技术更替就是直升机的发展史，世界各国都把直升机的旋翼技术当作直升机的关键技术来研制。



直升机桨叶技术，是集空气动力学、材料学、机械加工技术等高新技术于一体的综合性技术。桨叶的旋转，带动直升机实现垂直起飞，前进及悬停等各种飞行姿态，桨叶的各种技术指标，直接体现了直升机的机动性能。

直升机桨叶在制造过程中和装配飞机前，要对其进行静态特性参数的测试，在动平衡试验台上对桨叶的动态特性参数进行检测和校准，在直升机交付使用后，也要对桨叶进行定期的保养和维护。

为了对直升机的主桨和尾桨在高速转动过程进行跟踪测试，基于数据为后期的研发和测试提供相应的支持，某直升机研究所采用新拓三维XTDIC全场变形应变测量系统对桨叶关键点进行追踪测量。

实验拟分析高速转动的直升机桨叶表面关键点的位移历程，实验测试分为主桨、尾桨两部分进行。

测量的难点

- 直升机桨叶旋转起来后速度快、力度大
- 直升机体较大，桨叶旋转后具有一定危险性
- 传统的接触式测量，布点多，接线多
- 高速旋转的桨叶会导致接线的缠绕损坏

DIC-动态变形测量解决方案

本实验采用DIC三维动态变形测量系统，搭配先进的高速相机+3D算法分析软件，基于数字图像相关技术及双目立体视觉技术，通过追踪叶桨表面的标志点，实现运动过程中叶桨表面标志点三维位移场的计算。

数据采集方式

本次实验图像数据采集，分为直升机主桨转动和直升机尾桨转动两部分进行，主桨桨叶大，但转速稍低，尾桨桨叶小，但转速快。



1、主桨转动测试



实验采集过程中，XTDIC系统配置高速相机架设于主桨下端，测头仰起观测桨叶下表面。由于主桨较大，分为两个测头进行观测，选择一片桨叶在其下表面黏贴标志点。

当被测桨叶转到测头一的视场内时，测头一进行一次采集，当其进入测头二的视场内，测头二进行一次采集，如此往复循环，完成数据采集。

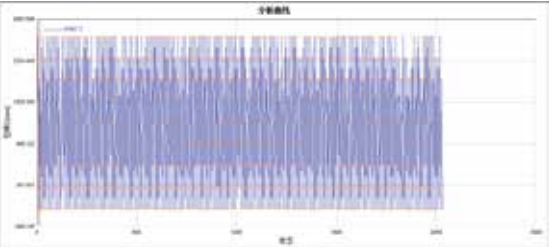
2.尾桨转动测试



尾桨在直升机体后端，面积小但转速快。首先在其表面黏贴标志点，配置高速摄影XTDIC系统采集尾桨转动的全过程，将采集完成的图像导入分析软件进行计算，实现数据结果的获取。

主桨实验及数据分析结果

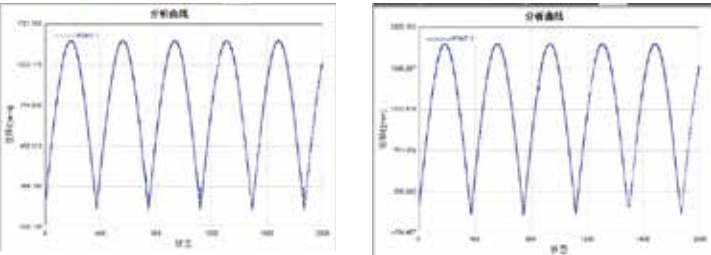
完成整个实验图像的获取后，分析软件自动计算动态跟踪标记点的多种参数。选取其中某个关键点，可绘制叶片关键点位移历程曲线。



尾桨实验及数据分析结果

当直升机尾桨转动至稳定状态时，高速摄影相机按照1280*1024pixels的分辨率采集图像，直至其内存存储满。

分析其中的关键点，可绘制叶片关键点位移历程曲线。



本次试验利用新拓三维的XTDIC三维动态变形测量系统，实现了对桨叶挥舞过程位移场参数的测量，通过比对测量结果与设计标准数据，有助于分析桨叶挥舞参数变化的原因，对其进行校准调整，为桨叶的研发、生产、维护提供数据支撑。

直升机桨叶的调试和改进，对直升机的机动性、操纵性、速度、振动水平、寿命、安全性及维护性等有着巨大的提升作用。对桨叶在高速旋转过程中进行位移测量，可更好地保证基准桨叶特性参数的延续性和稳定性，有助于改进桨叶的气动特性，增加飞机的气动特性。



机身和客舱

材料、接合及组件测试

通过光学测量,能够有效分析材料、接合及组件的力学性能及行为表现。新拓三维XTDIC三维全场应变测量系统可以根据实际情况,跟现有测量环境、各种试验台和试验机有机结合,在机械载荷和热负荷的情况下,利用非接触测量头,便于测量软质、硬质材料的全场三维应变和变形。可替代传统的引伸计和应变片,实现实时三维表面变形分析。

变形分析

材料研究和零部件变形分析测试对于产品开发起着重要作用。新拓三维XTDIC三维全场应变测量系统提供有关使用的材料的属性和承载情况下的产品行为表现等信息。这些结果成为产品耐用性、几何布局及可靠性的数值模拟和验证的评估基础。

零部件性能分析

零部件动态变形测量,可以可视化处理实际应用中的空气动力学结构体的移动行为,由此分析比如运转过程中的振动、加速度、变形和失衡等参数。

- 机翼模型测试
- 航空座椅变形测试
- 自由落体实验
- 铆接件分析

整体变形分析

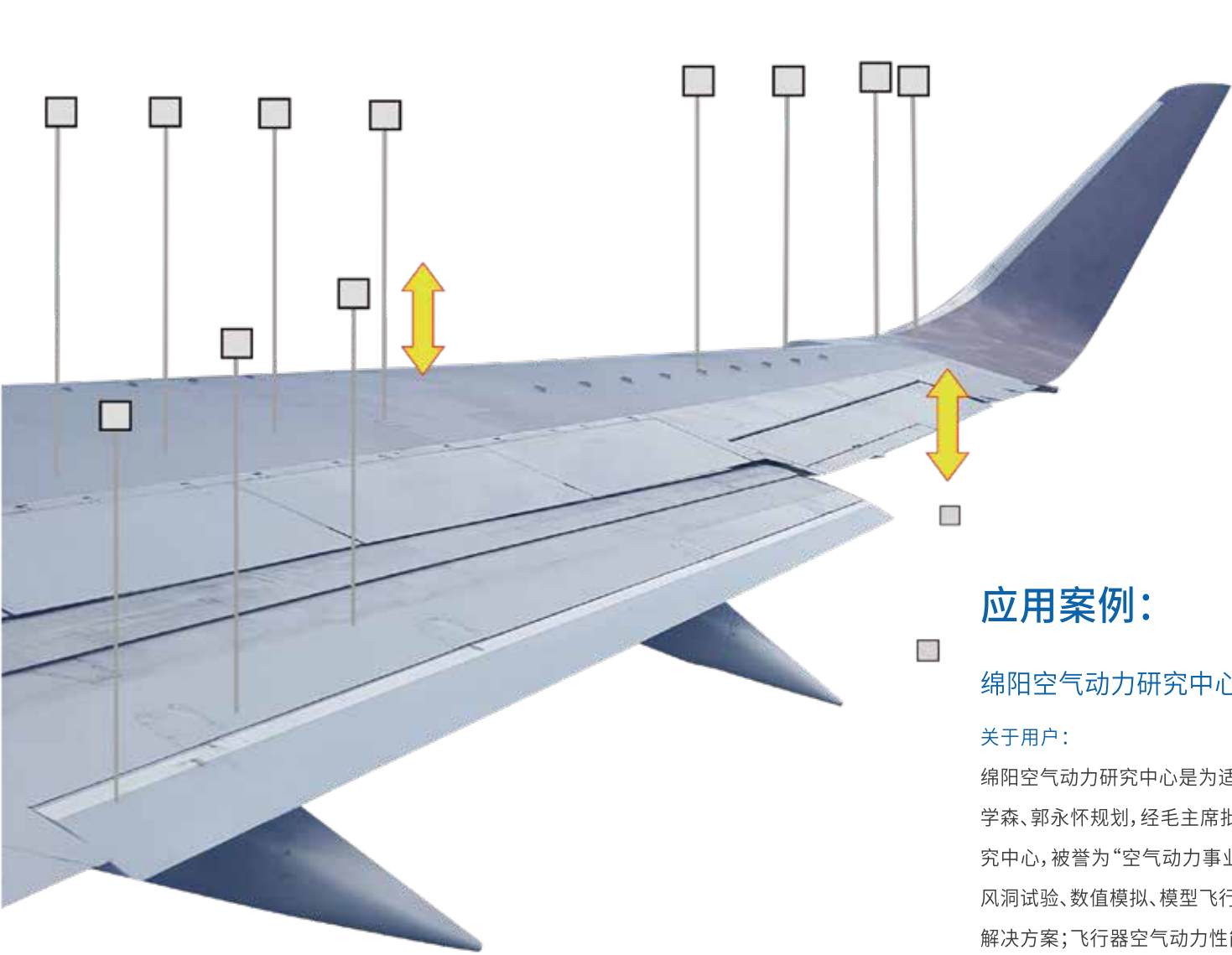
新拓三维XTDIC三维全场应变测量分析系统通过对震动和变形量的统计,有效验证“制造”与“设计”的区别,最终分析机翼在特定速度和不同飞行演习中的状况。

- 飞行中机翼变形测试
- 战斗机投弹运动轨迹测量

空中全场测量

新拓三维XTDIC三维全场应变测量系统广泛应用于航空航天行业,用于测量和验证操作测试中飞机结构的形变情况。这些测量系统能够方便地整合到例如环境测试箱、风洞、疲劳测试台等测试环境。

新拓公司定制的空中全场变形测量系统应用于国产某重点型号飞机的空中实验中,为提高飞机性能,加速研发进度发挥了重要的作用。



应用案例：

绵阳空气动力研究中心机翼受力变形测试

关于用户：

绵阳空气动力研究中心是为适应中国航空航天事业和国民经济发展需要,由钱学森、郭永怀规划,经毛主席批准,于1968年2月组建的国家级空气动力试验研究中心,被誉为“空气动力事业国家队”。中心主要履行飞行器空气动力相关的风洞试验、数值模拟、模型飞行试验及关键技术攻关,提供气动数据和气动问题解决方案;飞行器空气动力性能验证评估;空气动力学及交叉学科基础理论、新概念、新技术和新方法研究与应用转化,以及相关研究成果的演示验证;空气动力设备设计建设,试验技术和测试技术研究等任务。

测试目的：

配合绵阳空气动力研究中心完成机翼模型的受力变形实验。共有两部分：一个是机翼骨架模型的变形实验；另一个是带树脂机翼模型的变形实验。

测试要求：

对于机翼骨架模型,客户希望得到在机翼骨架几个固定位置加载载荷的状态下的机翼骨架唯一变化量,并且要求得到的骨架上的测量点尽可能的密集和精确。对于带树脂机翼模型,除了以上对机翼骨架的测试要求以外客户还希望得到机翼在不同位置加载时的扭转变形数据。

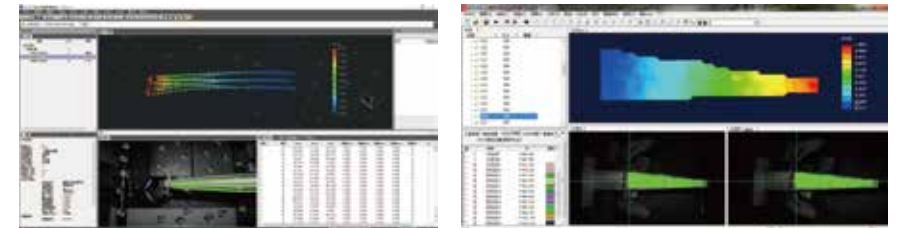
测试方案

经过双方讨论,最终决定分别使用XTDP三维光学摄影测量系统; 三维全场应变测量分析系统(静态变形和XTDIC数字散斑两种方法)进行测试。



测试结果

机翼骨架模型使用静态变形系统测量时,计算出的工程状态图片。



测试结论

这次测试是新拓三维XTDIC三维全场应变测量分析系统在实际应用工程的一次成功的应用,特别是对于静态变形测量系统来说,本次验证XTDIC在中小型工件的测量领域的成功典型应用案例。绵阳空气动力研究中心对本次的测量结果表示满意。