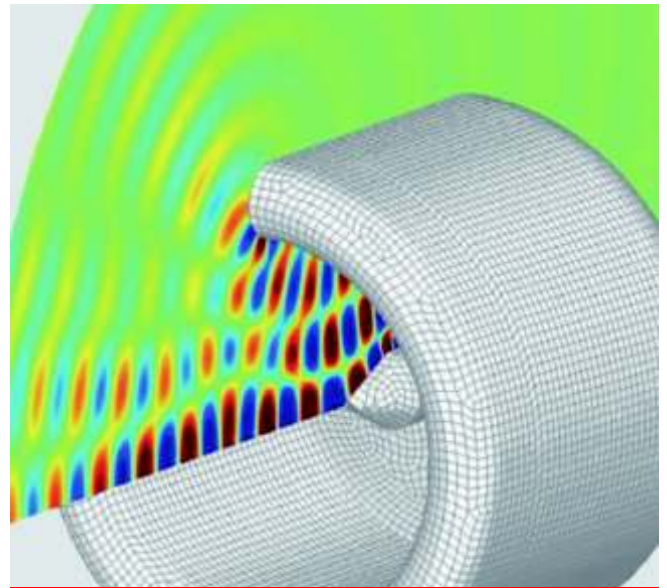


Case Study: Airbus

仿真帮助空中客车 优化发动机声衬，降低飞机噪声

概要：

噪声正在成为限制航空行业持续增长的一个主要障碍。越来越多的机场对飞机起飞或降落时不同阶段的噪声指标限制提出了更高的要求。空中客车公司正努力通过采用各种方式降低飞机噪音水平，如改进涡扇发动机短舱上的声衬设计。空中客车基于MSC公司的Actran声学仿真软件开发了一整套发动机降噪仿真系统，极大缩短了声衬优化设计的工程周期。



基于Actran的声学仿真流程对空中客车全套机型的发动机声学以及声衬设计起到了至关重要的作用。

“空中客车通过进行发动机声学测试，并将结果与仿真结果对比，验证了Actran软件的精确性。Actran是目前唯一能够精确模拟发动机和短舱中主要声学物理现象的仿真工具。”

Jean-Yves Suratteau, 空中客车声学与环境部数值方法主管工程专家

挑战： 飞机降噪的重要性

航空噪声是在当前世界进一步扩展和改进空路交通系统的重大限制之一。交通航路的扩容以及机场附近居民数量的增加正在加重航空噪声对居住社区的冲击。世界各地的机场已经采取了各项措施应对飞机噪声问题，比如：准备噪声特别预算，规定航空公司飞行限额，夜间飞行噪声限制等等。涡扇发动机的风扇噪声，喷流噪声均是飞机起飞阶段最大的噪声源。风扇将空气吸进发动机前方，这产生了类似于螺旋桨系统的噪声。空气在离开风扇的同时产生旋转，这产生了动量的下降，因而空气需要被风扇后端一系列定子装置重新引导为平行方向。空气对定子叶片的冲击是另一重要噪声源。

发动机短舱中铺设的声衬对控制风扇噪声起到决定性作用。声衬的设计极富挑战，因为声衬需要面对大量且对立的设计要求。声衬必须在多个发动机工作状态以及大范围频率内提供高水平的降噪表现。声衬还需要面对窄小设计空间以及轻量化设计的限制。声衬的设计一般在发动机各方面参数还没有完全确定的阶段，因此声衬同样需要具备设计灵活性，以适应其他变化。声衬需要适应冷热环境，面对水和油的侵蚀，经历多次维护操作。最后，声衬需要具备足够的耐久性，以保证在多年使用过程中满足航空发动机的严苛操作环境下的挑战。

解决方案： 改进声衬设计

最早的声衬设计方式基于静态发动

机测试。在测试中，发动机被至于试验台上运转，其噪声水平由一些列传声器所测量。此种方式成本相当昂贵，而且对设计的评价无法在发动机原型机成型前进行。为解决这一问题，空中客车的工程师们采用了解析分析工具来预测噪声水平，但是解析解只适用于相当简化的几何形状，因而其效用在模拟真实短舱问题上大打折扣。空中客车长期以来一直在寻找噪声模拟的精确方法。声学团队 Suratteau 表示：“当 FFT 公司于 1999 年成立 Actran 支持者联合会之际，空中客车在法国的声学团队决定加入其中，从而支持第一版 Actran 软件的开发。我们目前使用 Actran 进行发动机短舱进气和排气的声衬设计，驾驶舱及乘客舱的舱室噪声设计，环控系统噪声设计，螺旋桨及对转螺旋桨噪声研究。” Suratteau 告诉我们：“空中客车通过比较仿真结果和发动机实测结果，验证了 Actran 的精确性。Actran 是目前唯一能够精确模拟发动机和短舱中主要声学物理

关键词：

产品：Actran
行业：航空
价值：

- 降低产品开发成本，避免产品成型后进行设计再更改的高成本
- 减少测试和分析的循环迭代次数
- 提高仿真预测效能

现象的仿真工具。”图1显示了数值仿真的流程。航空设计工程师首先根据空气动力学要求确定声衬的形状以及与空气接触表面，并通过CATIA V5文件格式交付声学工程师。接下来，工程师生成主要包含六面体和四面体单元的短舱声学网格文件，并用可视化方式验证网格质量。声学模型包含内部空气有限元以及外部无限元用来模拟声学向无限远外声场的传播。声源被设置为管道声模式，

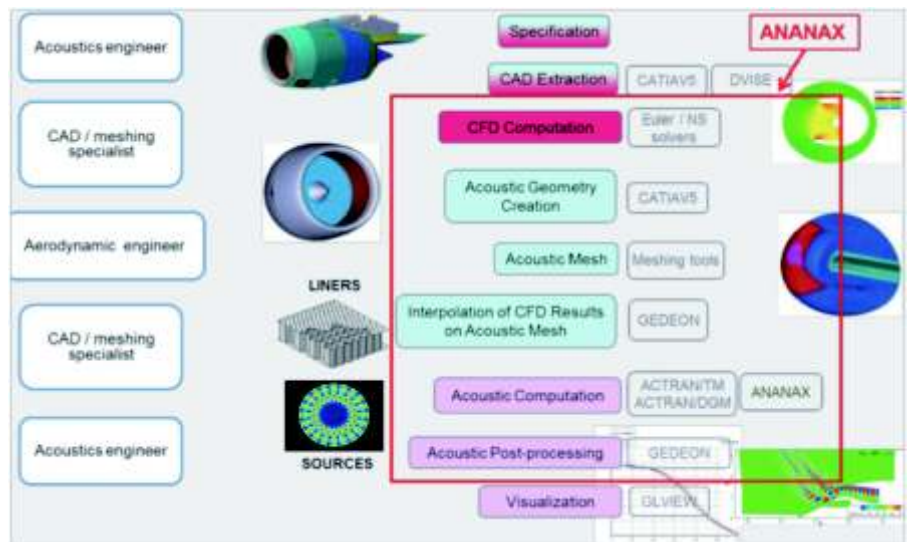


图1：ANANAX 声学仿真流程

定义于声学激励面上。发动机结构内以及外部的空气对流对声学传播有重要影响。声学分析前的重要一步是得到空气动力学工程师提供的 CFD 流场信息。接下来，工程师将包含温度，速度，压力的流场信息映射到声学网格上。另一个重要输入信息是风扇处的噪声源等级。此信息可通过发动机制造企业进行的发动机测试得到，其形式一般是管道声模态贡献系数。典型的声衬类型为三层结构，由一层背板，一层蜂窝结构体和一层穿孔板组成，此种结构为单自由度声衬 (SDOF)。一般讲，在声衬优化中可以调整的参数包括：声衬蜂窝结构



图2：风扇进气区域Actran声学网格

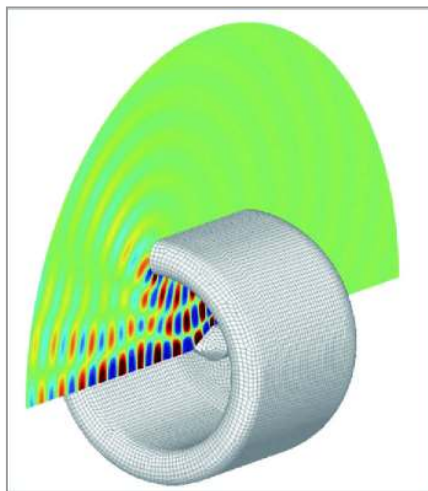


图3：Actran风扇进气噪声仿真

的高度，穿孔板孔间距及孔径，结构材料层数，以及其他一些设计参数。声学仿真结果为距离短舱一定距离的一些列虚拟麦克风上的声压级。此种类型结果可以轻易和测试结果进行比对。空中客车利用自身开发的程序将仿真声学结果转换成有效可感知噪声的 dB 值 (EPNdB)，这是适航噪声规定的基本考量值。

声衬的加工一般是首先制造两片或三片声衬曲面，然后组装到短舱上。组装时会出现声衬面间断。Actran配合其他数值工具可以分析出声衬间隔对风扇前传声的重要影响，而此影响同样被实验结果确认。仿真使计算各种发动机运行条件下的辐射声场以及预测适航条件下的噪声成为可能。通过数值仿真进行无间断概念声衬的设计使大幅度降噪成为可能。

结果与收益： 避免成品改型设计的高成本

为了将Actran交付给并非数值仿真专家的声学工程师使用，空中客车专门开发了一套集成 Actran 软件的仿真流程。此套流程称作“针对短舱进口及出口的自动声衬优化链 (ANaX)”，可以自动串联从发动机几何到Actran结果的全过程，其中包含提示使用者输入全部需要的数据信息，对输入信息进行正

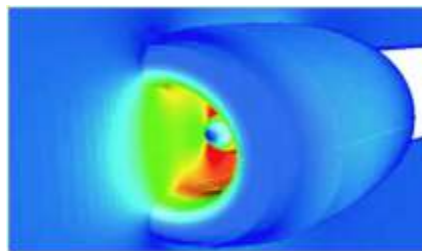


图4：CFD计算风扇前端流场

确性校验等工作。Suratteau表示：“一个典型的短舱声衬优化工程需要考察80种声衬设计，三种适航飞行状态以及从125Hz到5650Hz的频率区间。这意味着我们需要进行数千次的仿真运算。仿真的鲁棒性和精确性至关重要，因此真实的三维形状，流场，边界条件都是必须的。ANaX极大的降低了非数值仿真专家进行仿真工作以及验证输入条件正确性所需的时间。计算时间同样大幅度降低，这得益于高性能计算 (HPC) 在采用Westmere X5670 Infiniband技术，且具有5312核机群上的应用，同时Actran出色的可并行性同样功不可没。

Suratteau说：“自从2011年ANaX投入运行以来，我们在当年就进行了6款短舱的优化工作，在2012年进行了8款短舱的优化工作。ANaX是我们目前在空中客车的标准短舱设计平台。Suratteau总结道：“Actran帮助空客设计并交付最好的声学解决方案，且利于飞机轻量化，给运行空客飞机的航空公司带来了巨大的经济利益。Actran同时帮助空客降低产品开发成本，避免产品成型之后的设计再变更成本。在证明了Actran在短舱声衬设计的价值后，空客目前正在将 Actran 的应用领域推广到附加能源单元 (APU) 噪声，停机坪噪声，对转开式桨叶发动机 (CROR) 的噪声研究上。”

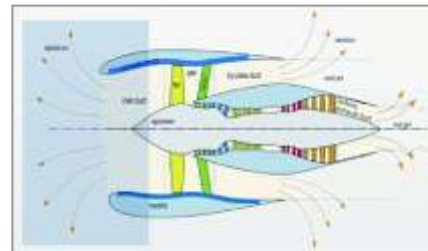


图5：涡扇发动机噪声源图示

For more information on Actran and for additional Case Studies, please visit www.mscsoftware.com/actran

MSC 软件公司(北京)

Add: 北京市朝阳区望京西路
甲50号卷石天地大厦A座
14层03-06单元 (100102)
Tel: 010-8260-7000
Fax: 010-8260-7478

MSC 软件公司(上海)

Add: 上海市延安西路726号
华敏翰尊国际广场12楼
E&L (200050)
Tel: 021-6332-6655
Fax: 021-6332-1679

MSC 软件公司(深圳)

Add: 深圳市福田区金田路
3038号现代国际商务
大厦3108B(518048)
Tel: 0755-2381-1895
Fax: 0755-2381-1896

MSC 软件公司(成都)

Add: 成都市人民南路二段
18号红照壁川信大厦
11层A-2座 (610016)
Tel: 028-8619-9275
Fax: 028-8621-9222

MSC 软件公司(台湾)

Add: 台北市中山区
林森北路577号
7楼之2 (104)
Tel: 02-2585-1228
Fax: 02-2585-7819