

LMS Samtech 产品指南





Samcef Mecano

柔性体非线性结构与机构动力学分析解决方案

Samcef Mecano是用以解决非线性结构与机构动力学问题的分析软件。Samcef Mecano采用独特的MOTION IN FEA方法，基于非线性有限元理论模拟柔性多体动力学系统，将机构的动力学仿真与结构非线性有限元分析无缝集成，可以在同一求解器内实现非线性刚柔耦合问题的有效求解，同时Samcef Mecano还可以联合控制，实现机电一体化仿真。Samcef Mecano在非线性和刚柔耦合分析方面有着业界其它软件无法比拟的优势，在欧洲航空航天业界有着非常广泛的应用，在机床及工业机器人、工程机械、汽车等领域也有众多应用。

Samcef Mecano软件介绍

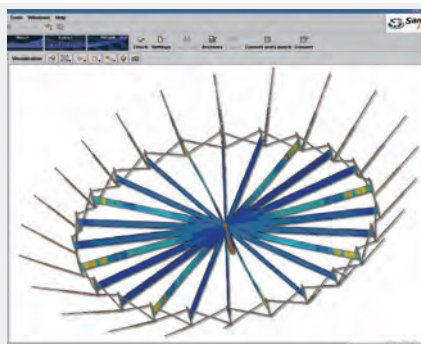
Samcef Mecano是用以解决非线性结构与机构动力学问题的分析软件。Samcef Mecano由以下求解器构成：

Mecano Structure Non-linear：结构非线性有限元求解器，专注于解决结构非线性静力学和动力学分析问题。可以考虑各种非线性因素，例如：几何非线性，材料非线性，接触摩擦等边界条件。它包含完整的材料模型库，并且包含多种隐式时间积分算法，例如Newmark, HHT, Chung Hulbert等。

Mecano Motion：多体动力学求解器，专注于解决柔性体运动学和动力学分析问题。可以模拟刚体和有限元法的柔性多体系统，以及刚柔耦合的多体动力学系统。它可以允许在有限元模型中加入多体仿真特性，例如：多种运动学连接副，模拟非线性机构动力学现象，从而考虑柔性和局部非线性对多体系统仿真的影响，计算结果有相当高的精确度。

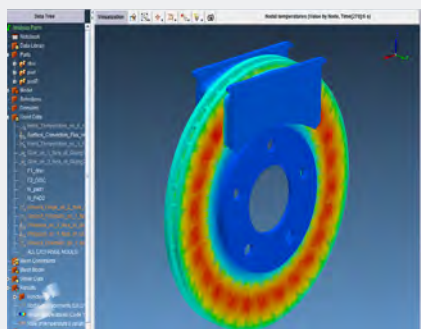
Mecano Thermal：专注于解决非线性稳态和瞬态热分析问题。可以模拟热对流，传导和辐射等，还可与Samcef其他求解器联合使用，得到完备的热学分析结果。

Samcef Mecano非线性求解器可以考虑各种非线性因素，如大位移、大旋转等几何非线性、材料非线性和接触摩擦等边界条件非线性，Samcef Mecano采用多种隐式时间积分算法，如Newmark, HHT, Chung Hulbert等，其稳健高效的求解算法以及求解内核优异的收敛性，可以为用户得到精确结果提供很好的保障。同时对于非线性刚柔耦合模型的建立，Samcef Mecano提供了非常强大的解决方案。



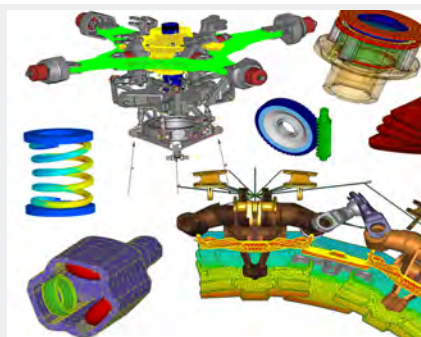
非线性刚柔耦合分析

Samcef Mecano包含非线性有限元求解器、高效的接触算法、丰富的刚性及柔性连接运动副和用于机电一体控制仿真的数据接口，可以在同一模型中同时包含非线性有限元、接触、摩擦、热、机构运动和控制，充分考虑各种柔性和非线性因素，最真实的模拟机械结构的动力学行为，获取更加精确的动态载荷和动态应力，实现柔性体非线性机构动力学仿真。



热结构与热机构耦合分析

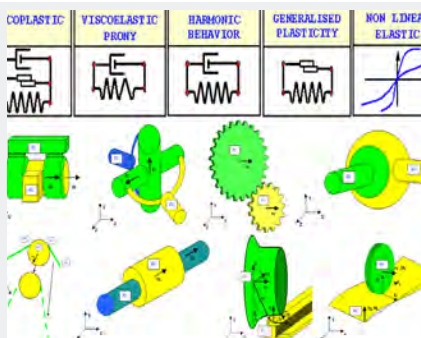
基于Samcef Mecano的耦合功能，可以进行热-结构耦合分析，能够在仿真过程中考虑由于结构温度场的分布不均匀引起的结构热应力，或者结构部件在高温环境中，材料受到温度影响而引发的性能改变；也可以进行热-结构耦合分析，在机构非线性刚柔耦合仿真中加入热因素的影响，可以解决由于高温或不均匀温度场下而引起的结构部件损坏或自锁等问题。Samcef Mecano提供两种方法实现热-结构与热-机构耦合仿真：一种是以链分析的方式，先对结构或机构模型进行热分析，然后基于热分析的结果进行结构分析或机构动力学分析；另外一种是利用Samcef的Supervisor模块，进行热分析与结构或机构动力学分析的联合仿真。



机电耦合分析

Samcef Mecano具有与系统控制软件，如：MATLAB/Simulink的直接接口，在非线性和刚柔耦合仿真的过程中可以与控制相连接，从而实现了机电一体化仿真分析。

Samcef Mecano为机械系统的机电设计提供了总体和详细设计环境，可以通过多种方式进行数据交换：如在Mecano非线性模型中读入Simulink的控制器文件、或将线性化的Mecano模型导出到Simulink，又或与Simulink进行Co-simulation等多种方式，实现机电系统联合仿真。

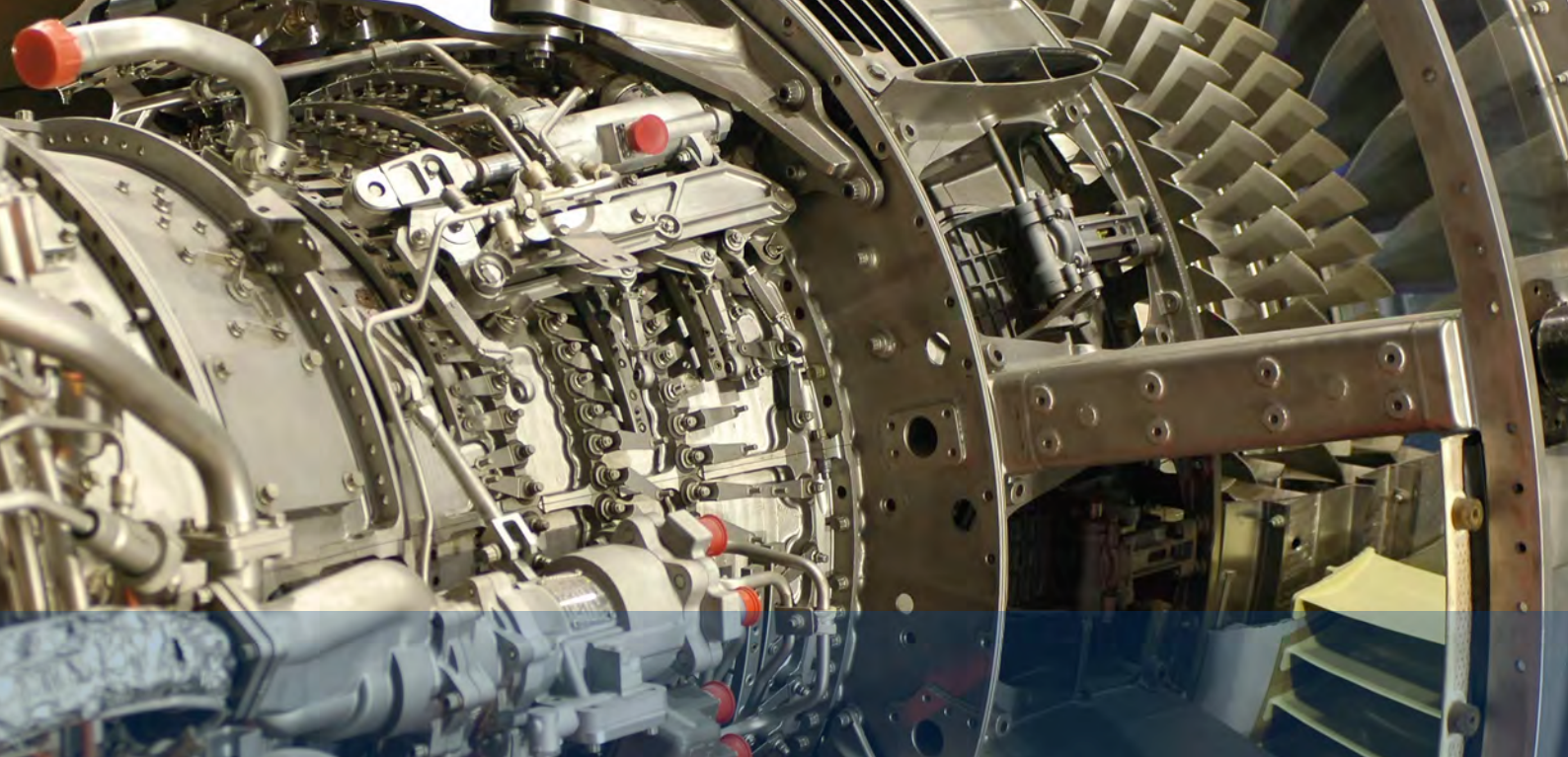


丰富的材料库和单元库

Samcef Mecano提供了多种材料的定义，包括：线弹性材料、塑性材料、超弹性材料、粘弹性材料、复合材料（铺层结构和缠绕结构）、用户自定义材料等。

Samcef Mecano支持的单元类型包括：结构单元：杆、梁、壳、膜和实体单元；平面应变膜、实体和壳单元；对称壳、膜和实体单元；傅里叶多谐波壳和实体单元。非线性运动单元：如模拟连接的刚性和柔性运动副，用来定义铰接关系的柱面铰、球铰和棱柱铰；齿轮单元以及用来定义缆索和滑轮结构的缆索滑轮单元。控制单元：传感器和作动器单元等特殊单元：阻尼器、超单元、弹簧单元、衬套单元以及用户自定义单元。





Samcef Rotors

专业的转子动力学分析

Samcef Rotors是一个针对旋转机械转子动力学分析的专业软件。它通过对转子、定子和连接部件等结构的临界转速和动力学响应分析，评估结构的动力学特性和设计可靠性。它在航空发动机、涡轮泵、汽轮机、离心机和空气压缩机等工业领域有着广泛应用，并在这些领域的转子动力学分析中占有主导地位。至今，Samcef Rotors软件已经有30多年的研发历史和行业经验，是世界范围内最成熟和著名的商用转子动力学软件。多个领域发挥了重要作用。

Samcef Rotors 软件介绍

上世纪八十年代初比利时到日大学宇航实验室在MG教授的指导下开始进行Samcef Rotors模块的编译。1982年第一版Samcef Rotors被法国SNECMA公司采用，并应用于火箭发动机涡轮泵的研发设计。1983年Samcef Rotors软件的应用延伸到了SNECMA公司航空发动机领域的研究。1988年意大利国家电力公司采用Samcef Rotors软件帮助其滑动轴承的研发工作。1989年德国的MTU和意大利的AVIO公司也相继成为了Samcef Rotors软件的用户，AVIO公司利用Samcef Rotors改进了行星齿轮传动系统。1990年SAMTECH、SNECMA和比利时列日大学一起合作进行欧洲航天局的旋转机械转子动力学项目的研究。Samcef Rotors作为SAMTECH的主要应用软件参与了欧洲航天局此项目的研发。

1992年Samcef Rotors应用于欧洲HOFIM项目研究，研发对象是敬悬浮轴承。1996至2000年间，SAMTECH公司在Samcef Rotors中加入了瞬态分析功能。而后，ALSTOM将Samcef Rotors软件用于燃气机的研发。2000至2005年间，SAMTECH公司为Samcef Rotors开发了Samcef Field前后处理界面，并加入了傅主叶多谐波单元。而后，SAMTECH公司与TURBOMECA

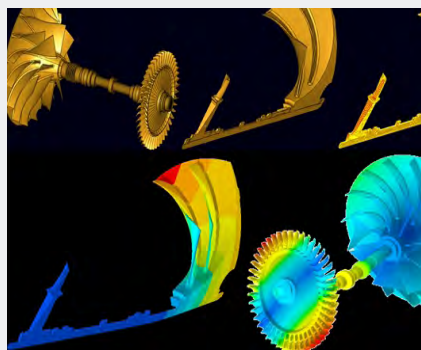
、MTU和伦敦帝国理工学院一起完成了欧洲MAGFLY项目。期间，印度用户GTRE也购买了Samcef Rotors软件并同时签约了研发咨询项目。2005至2010年间，SAMTECH公司为SNECMA航空发动机的研发专门开发了多级循环对称分析模型，并且与欧洲的发动机厂商合作完成了欧洲VIVACE项目的研发。

至今，Samcef Rotors软件已经有30多年的研发历史和行业经验，是世界范围内最成熟的转子动力学软件。

依靠30多年的转子动力学数值仿真经验，Samcef Rotors为全球专注于高速旋转机械的专家以及更普遍的工程师提供了专业的转子动力学仿真工具，以推动“更好、更快的设计”。

Samcef Rotors无论在仿真精度还是易用程度，都是业界最顶级的转子动力学仿真工具。Samcef Rotors在全球具有的众多的商业客户同时也证明了这一点。

目前国内所有航空和航天发动机主机所、绝大多数燃气轮机厂商、以及众多涡轮增压器、高速电机、离心泵、化工机械等厂商，都已成为Samcef Rotors的用户。

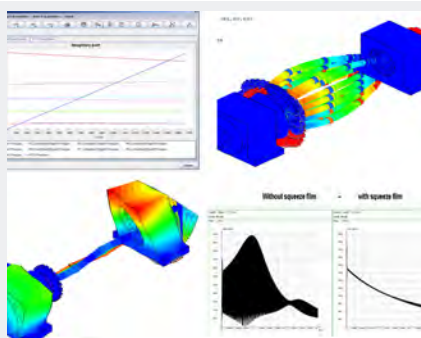


丰富的建模方法

一维模型、三维实体模型、独有的二维傅里叶多谐波模型

Samcef Rotors独有的循环对称以及多级循环模型：通过建立一个扇区，实现整个转子的计算，得到完整的结果。同轴的各个转子叶盘可以取不同的角度。不仅可以快速且准确计算多级转子模型，还可以分析到一些极间的重要耦合模式。

混合建模与柔性基础和支撑结构：在同一模型中转子、叶轮以及定子可以采用上述不同类型、不同维度的建模方式，Samcef Rotors提供了可用于连接不同维度模型的特殊连接单元。并且可以考虑定子部分的柔性对整个系统动力学特性的影响。



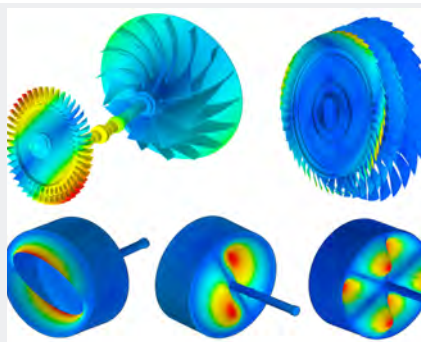
完备的分析类型

临界转速计算：转子系统在不同基频下的特征，得到相应的位移，应变能和动能的分布等，并且自动输出坎贝尔图

谐响应分析：在同步载荷或非同步载荷下判断系统的动平衡。

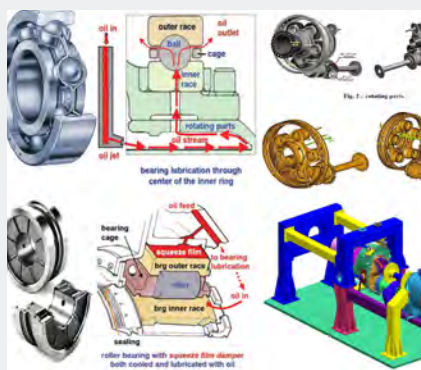
非线性瞬态响应分析：系统启动和终止过程中的加速与减速分析，瞬态冲击载荷的分析。

超单元生成和恢复：常用于大型复杂结构或者整体系统分析。转子超单元，可以对大型转子进行模型缩减，这是其它转子动力学软件不具备的功能。



精准高效的算法

Samcef Rotors软件考虑了转子动力学设计的特殊难点问题，能够准确描述整个转子系统的动力学行为，确保计算的准确可靠性。其中主要考虑的问题有：陀螺效应、结构刚化和软化、结构阻尼、弯扭振动耦合和连接部件的作用等，还可以考虑各种非线性因素，例如间隙、油膜、动压轴承、碰磨边界条件。加载方式也很全面，例如对机动过载有专用加载单元，能够得到准确解。



丰富的连接单元

轴承、密封和线性轴承单元

考虑了压力、齿形和锥度角的齿轮单元模型

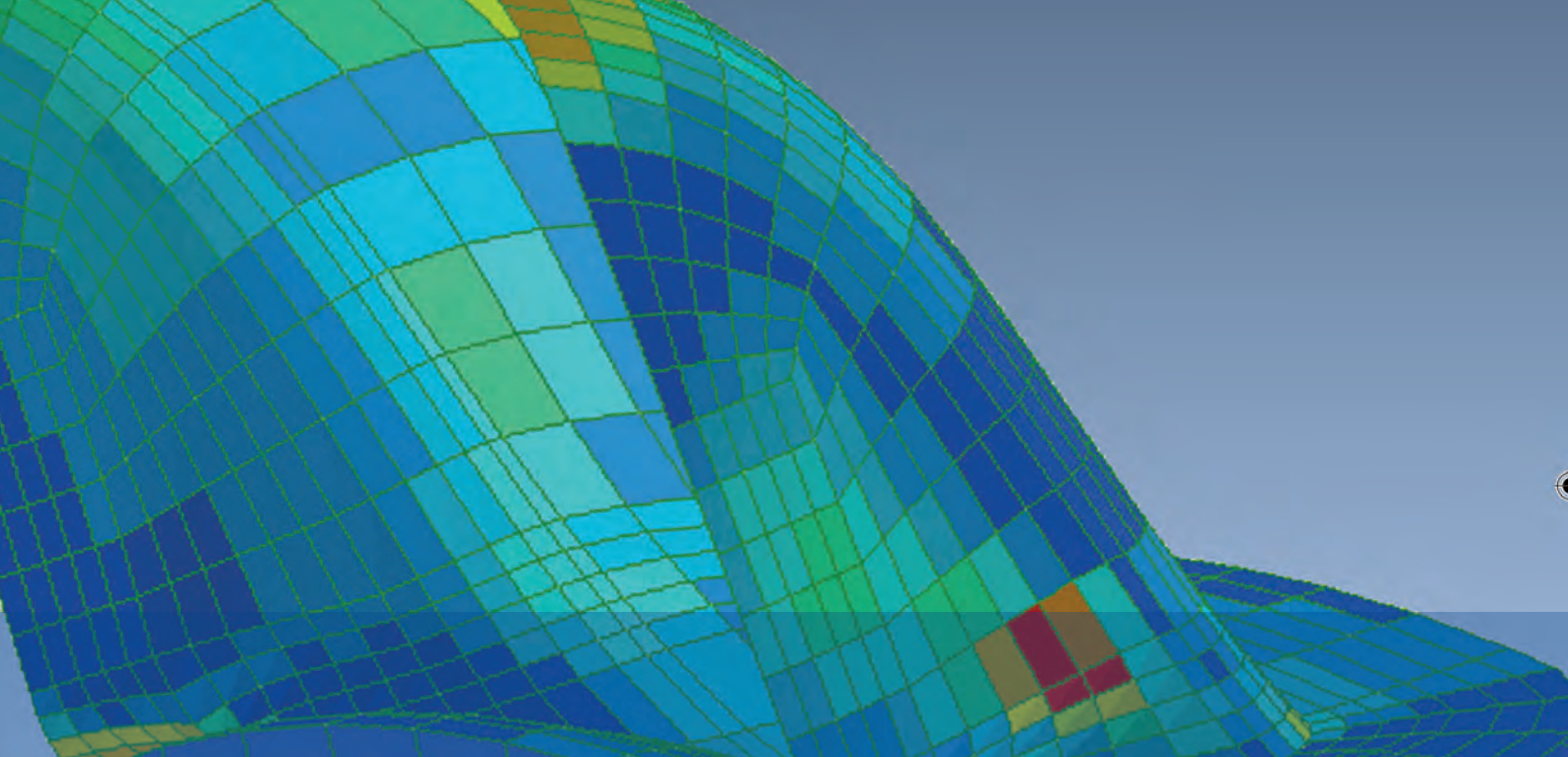
滚动轴承、滑动轴承、动压轴承、静压轴承

建立在传递函数上的电磁轴承

非线性Bushing套管单元

挤压油膜阻尼器和结构阻尼器。





Samcef Composites

专业的复合材料结构分析解决方案

Samcef Composite是LMS复合材料结构分析全面专业的解决方案，它具有功能强大、兼容性好、使用方便、计算速度快等优点。软件包含专业的复合材料前处理、丰富的复合材料单元类型库及失效准则，包含几乎所有类型的复合材料分析能力，以及专业的复合材料后处理工具。Samcef Composite在复合材料非线性分析能力如屈曲后屈曲分析、分层破坏及裂纹扩展分析、计算结果的准确性以及高效处理大规模问题的能力方面均处于业界的领先地位，并在欧盟的多个项目中得到成功验证。

Samcef Composites软件功能

丰富的材料库——线弹性材料(各向同性、正交各向异性或者一般的各向异性)；夹杂等效模型(Hill-Hashin)；超弹性材料(Mooney, Hart-Smith, Ramberg-Osgood等)；弹塑性、粘弹性和粘塑性材料等；压电材料；用户自定义材料模型。

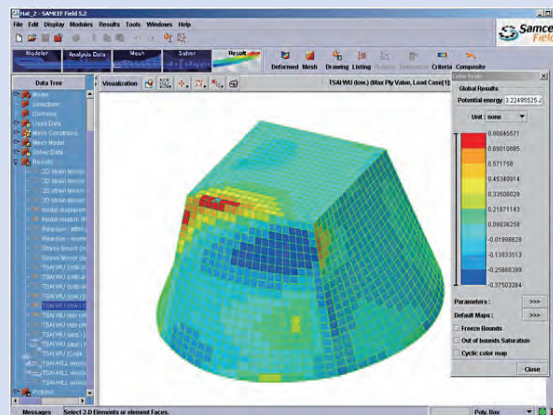
多种类型的复合材料单元：缠绕结构：2D轴对称单元、傅立叶（多谐波）实体单元和壳单元；铺层结构：膜单元、薄壳单元(Kirchhoff)、实体壳单元、3D实体单元、薄壁梁单元；夹心结构：考虑横向剪切变形的壳单元（Mindlin）、3D实体单元；编织材料：用于编织复合材料分析的Woven单元。针对复合材料特殊的各种层间问题，Samcef Composites可定义专业的Cohesive单元，用于复合材料的层间撕裂和损伤分析。对于层间破坏问题，Samcef Composites还提供了如下功能定义：界面单元和损伤评估准则，最大临界载荷的评估，裂纹扩展模拟。

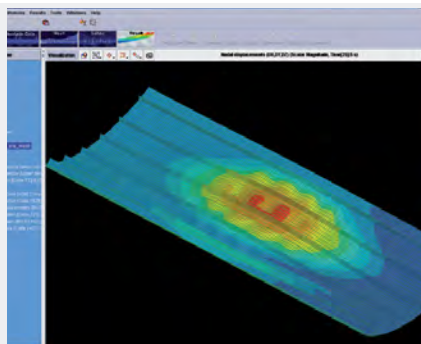
复合材料的结构分析类型：线性静力分析，模态分析(振动和屈曲分析)，线性屈曲分析，线性热分析，非线性静力分析(考虑材料和几何非线性)，非线性屈曲分析，分层破坏及裂纹

扩展分析，层内破坏分析，非线性热学分析，优化设计等。

失效准则——Samcef Composites为复合材料的强度校核提供多种准则，包括最大应力和最大应变、Tsai-Hill、Tsai-Wu、Hoffman、Hashin、Hoffman、Rice and Tracey准则等，同时用户也可以自定义失效准则。

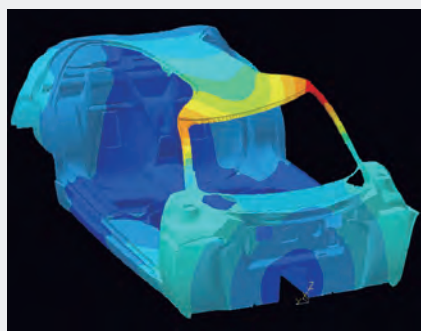
专业的复合材料前后处理：Samcef Composites与FIBERSIM与CATIA CPD无缝集成。





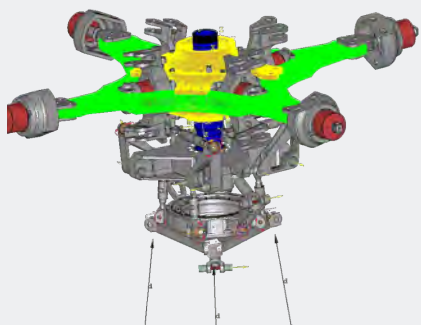
复合材料非线性屈曲后屈曲分析

Samcef Composites可以实现非线性屈曲、后屈曲及层间失效和层内失效的耦合分析，考虑层间破坏和层内破坏的相互作用。后屈曲即为在大载荷强度下，结构发生屈曲之后的响应。由于后屈曲分析需要考虑几何非线性对结构的影响，实际模型中计算量大、收敛困难又要保证精度，因此在航空航天结构工程中的应用是一个难点。使用Samcef Composites软件进行复合材料结构的后屈曲分析，在欧洲航空航天领域是业界典范。软件中稳健的非线性求解器和极为苛刻的收敛精度要求，都使得后屈曲分析这种难点问题迎刃而解，从而帮助了很多用户的结构强度和减重设计。



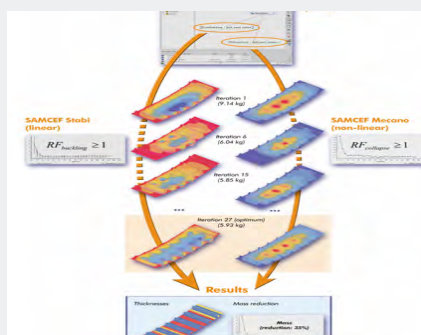
复合材料损伤分析

Samcef Composites可以进行复合材料结构层间破坏分析，层间破坏可以包含I型、II型、III型破坏模式及其耦合。Samcef Composites集成成熟的层内失效模型及判据，用户无需自己集成算法，可直接使用，得到精确分析结果。Samcef Composites可以实现非线性屈曲、后屈曲及层间失效和层内失效的耦合分析，考虑层间破坏和层内破坏的相互作用。Samcef Composites可以提供层间和层内失效分析所需参数的获取方法，并且用很少的试验和仿真即可获取全部所需参数。



复合材料刚柔耦合分析

Samcef Composites可以在同一模型中同时包含复合材料非线性、接触、摩擦、热、机构运动和控制，进行复合材料结构的非线性刚柔耦合分析，获取复合材料结构各层的精确动态应力。



复合材料优化设计分析

Samcef Composites和Boss Quattro联合，可以对复合材料结构进行优化设计，包括铺层顺序、厚度、纤维角度、几何参数以及形状优化等，构筑复材分析和优化设计循环。其中Boss Quattro的亮点在于它强大的优化算法，包括蒙特卡罗法、参数分析法、直接优化法、模型修正法、试验与响应面耦合的方法、基于数据库的插值方法、联合梯度法以及遗传算法等。可以求解超大规模的优化问题。





Samcef Amaryllis

专业的热与烧蚀分析

Samcef Amaryllis是LMS SAMTECH与EADS ASTRIUM于1980s年代合作基于Samcef Thermal热分析求解器开发的一款专门用于材料高温分解、碳化烧蚀现象模拟的软件。软件经过ASTRIUM多个项目的应用验证，逐步成熟并商业化，迅速获得ESA（欧洲航天局）、MBDA（欧洲导弹集团）、SNECMA（法国斯奈克玛公司）等多个欧洲顶尖航天企业的青睐，参与了Ariane5（阿丽亚娜-5运载火箭）、AURORA（曙光女神计划）、Mars Express（火星快车）、HUYGENS（惠更斯号探测器）、VINCI发动机等多个欧洲大型航天项目航天器和火箭发动机的结构热防护设计，是目前业界最专业和成熟的热烧蚀分析软件。

Samcef Amaryllis软件优势

Samcef Amaryllis是专门针对高温分解、碳化烧蚀现象开发的热烧蚀分析软件，能够快速准确地模拟热防护材料烧蚀和热解过程，帮助设计人员判断热防护结构的可靠性，并指导热防护结构设计，同时减少对成本高昂的物理试验的依赖性。软件优势如下：

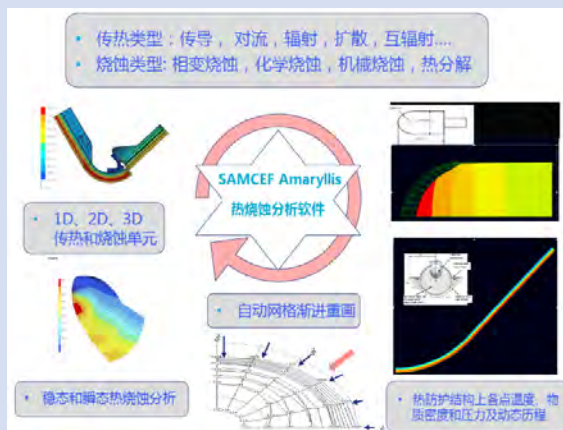
- 专业性：专业易用的热烧蚀前后处理，可以快速建立烧蚀模型，分析并得到烧蚀过程中温度、密度和压力等动态结果。

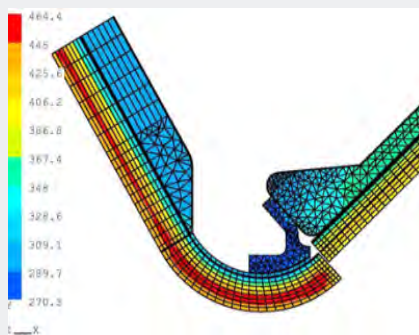
- 精确性：可以考虑热防护材料包括随温度、压力变化的非线性特性、结合热传导、对流、辐射及热接触等各类热边界条件和先进的自适应网格技术，模拟相变烧蚀、化学烧蚀、机械剥蚀、体积烧蚀及不同烧蚀的耦合，以及热、烧蚀与结构的耦合，得到精确分析结果。

- 高效性：独特的图形化界面加参数化语言建模方式，可以快速对不同热防护设计方案进行分析评估，并基于参数化

模型进行设计优化。

- 实用性：软件的诞生过程使之具有与生俱来的实用性基因，其整个发展过程也伴随着欧洲多个大型航天项目的应用验证。

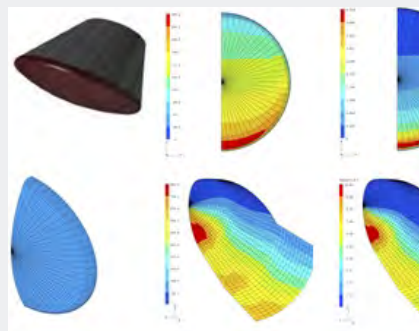




丰富的烧蚀单元库

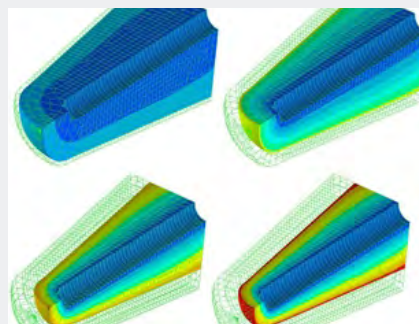
烧蚀热解是高度的热非线性问题，需要完备的单元类型来进行描述。Samcef Amaryllis提供了非常完备的烧蚀单元库，可以满足用户对不同热防护结构热烧蚀分析的建模需求。

0D、1D、2D及3D传热单元（点、杆梁、轴对称、膜及实体单元）；1D及2D热接触单元及热辐射单元；2D及3D多孔单元（轴对称、膜及实体单元）；2D及3D热解和烧蚀单元（轴对称、膜及实体单元）义材料模型。



完备的热边界条件

烧蚀烧蚀过程同时伴随着复杂的热传递过程，Samcef Amaryllis中提供了多种热分析功能，包括：热传导、热对流、热辐射、互辐射、高级辐射，以及由于材料射入周围环境造成的热阻塞等，以精确描述整个烧蚀过程的热边界条件。



先进的自适应网格技术

烧蚀过程是热或机械载荷使固体表面材料减少的过程。为精确描述这一过程，Samcef Amaryllis采用了先进的自适应网格技术，烧蚀过程中外表面及内部网格会随烧蚀移动及温度渗透深度进行自动调整，来实现自动网格重划分，这一算法可以精确描述烧蚀过程中物质材料表面的退化，从而对温度场、压力场和热解烧蚀过程进行精确描述，比传统的单元“杀死”技术精度提升了一个层次。



专业的烧蚀前后处理

作为专业的热烧蚀分析软件，Samcef Amaryllis提供了专业易用的热烧蚀后处理，可以通过图形化界面和参数化语言结合的方式快速建立热烧蚀模型，分析并得到烧蚀过程中温度、密度和压力等动态结果。如后处理提供了一系列工具，可以非常方便地显示温度场及压力，烧蚀后几何形态，热流及热平衡，气体质量流，体积和密度变化等。





Samcef Wind Turbines

集风力发电机整机设计与分析的理想软件

Samcef Wind Turbines软件是LMS公司将其40多年的有限元软件开发经验、20多年的柔性机械系统仿真经验和15年的风电行业专业经验集成在一起，开发的一套完整的风电机组仿真分析专业解决方案。Samcef Wind Turbines创造性地采用基于非线性有限元理论模拟柔性多体动力学系统和基于动量-叶素理论来表征空气动力学、并与控制系统相联的全耦合一体化方法，从而充分考虑风机柔性、非线性及各种耦合效应，最准确地模拟风机的动态行为，并得到风机所有部位的精确动态载荷，提高风机设计可靠性。

Samcef Wind Turbines 优势

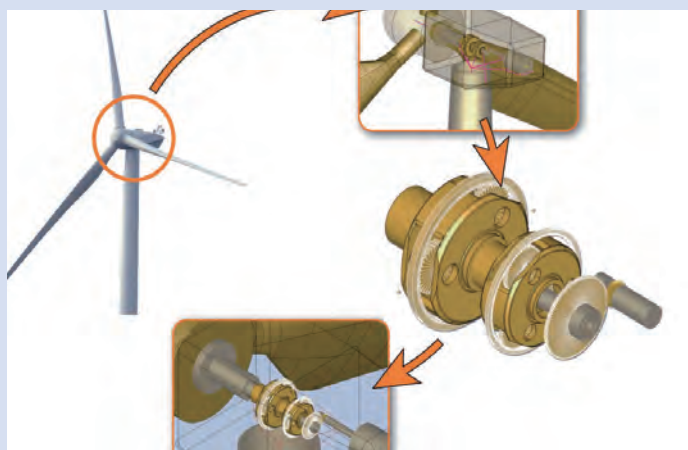
精确性：软件采用全耦合一体化分析方法得到最精确的动态响应和动态载荷，基于非线性有限元理论模拟柔性多体动力学系统和基于动量-叶素理论来表征空气动力学、并与控制系统相联的全耦合、一体化方法，来构建包含部件柔性、非线性及部件之间(包含机电系统之间)相互作用的高精度整机模型，从而充分考虑部件柔性、非线性及部件之间、机电系统之间的耦合作用。

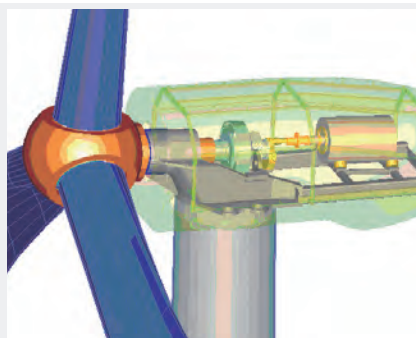
易用性：软件提供超过业界80%风机结构的标准参数化模型库、IEC和GL标准载荷工况库供用户选择，用户只需直接调用并依据实际情况调整参数，即可轻松实现风机建模和分析。

开放性：可以轻松实现任意特殊风机结构和个性化部件的建模和集成。它没有风机结构的限制，任何创新的设计结构都可以进行快速创建和评估。

高效性：可优化设计流程。基于简单系统级模型，用户可

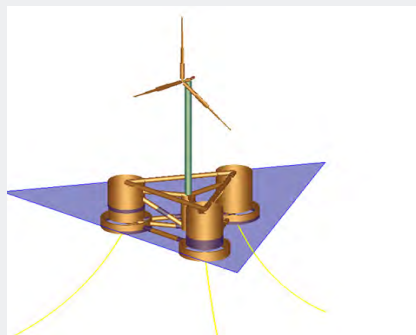
以直接输入风况，并获取各个部位的动态载荷、极限载荷和疲劳载荷(用于认证和部件强度校核载荷输入)，还能直接将疲劳结果输出到LMS Virtual.LabDurability中，进行快速准确地疲劳分析。另外，基于全耦合一体化的高精度整机模型，可进行整机虚拟验证和故障诊断，在研发早期就能准确发现并解决问题，缩短了产品研发周期并降低了成本。





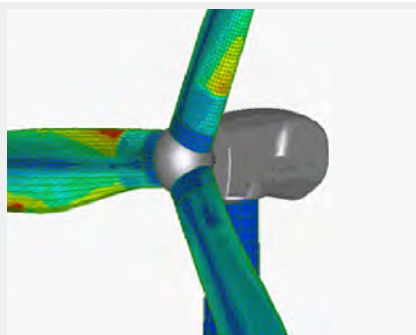
风机整机气动特性分析和载荷计算参数化模型库

软件集成了风机各主要部件从简单到复杂的多种标准参数化模型，涵盖了兆瓦级风机80%的标准参数化模型。对于用户特殊设计的风机结构，用户可以很方便的构建部件分析模型，并导入到风机系统模型当中。也能保存到Samcef Wind Turbines中反复使用，免去了繁琐的部件建模过程，并满足用户不同层次的建模和分析需要。



传动链及整机动力学分析

Samcef Wind Turbines的求解器可以解决非线性结构和机构运动学问题的隐式非线性有限元求解器，可以做瞬态和模态分析。应用的数学方法是基于非线性有限元理论模拟柔性多体动力学系统和基于动量-叶素理论表征控制和气动力学。它不但能对经典的MBS问题建模并很快求解，也能对包含刚性单元、超单元和有限元单元部件的复杂模型建模和求解。



复合材料叶片结构分析、动应力与疲劳分析

采用Aero单元来计算作用在叶片上的空气动力载荷。通常，叶片被离散为若干截面，每个截面赋予相应的空气动力、几何、弹性和机械特性。这种特定单元对动量-叶素理论起到了补充的作用，说明了实际风场来自湍流风模型、塔影效应、离地面较近的风剪切效应和叶片之间相互作用等。



直驱和海上风机的载荷计算和动力学分析

提供了海上风机各种海底支撑结构的参数化模型，包括桁架式、单桩式、浮体式、三角架等结构。除了实现空气动力学载荷分析，塔筒和叶片的强度计算，齿轮箱或直驱电机系统的研发和仿真以及控制反馈系统设计等功能以外，还可以计算海流静载和动载对结构的影响以及海上风机特殊子结构的参数化设计。可以实现气动载荷、波浪载荷和风机结构的全耦合分析。

SIEMENS

ALSTOM

IINA

FAG

MERVENTO

NREL

TUV SUD

湘电风能 HARA XEMC WINDPOWER

acciona

cener centro nacional de energias renovables

EADS

Gamesa

GE

UpWind

GOLDWIND SCIENCE & TECHNOLOGY

鉴衡认证 CHINA GENERAL CERTIFICATION

moventas

OCV Reinforcements

Rexroth Bosch Group

Vestas

XEMC 湘电风能



Caesam

开放的结构分析客户定制化平台

Caesam是一个开放的、以CAE应用为核心的运行平台，它允许用户定制和管理整个工程流程，包括调用其他CAE商业软件 and 用户自主研发的求解工具。该平台基于知识工程系统理念，囊括用户分析过程中积累的技术、经验、方法、数据和可重复使用的模型，使工程方法和计算工具标准化和合理化，提高不同层次使用者间的信息交流水平，因而减少产品的研发周期。CAESAM可直接与产品数据管理系统（PDM）相连，它友好的图形界面接口为其内部的CAE分析以及调用其他CAE分析软件建立了数据共享通道。

Caesam平台优势

开放的可定制平台：管理CAE流程和数据，灵活增加新功能，可针对精确要求进行功能定制。

插件化架构：由于Caesam的插件化管理功能，嵌入工具得以方便地更新和维护，实现对CAE分析任务的专业化细分。

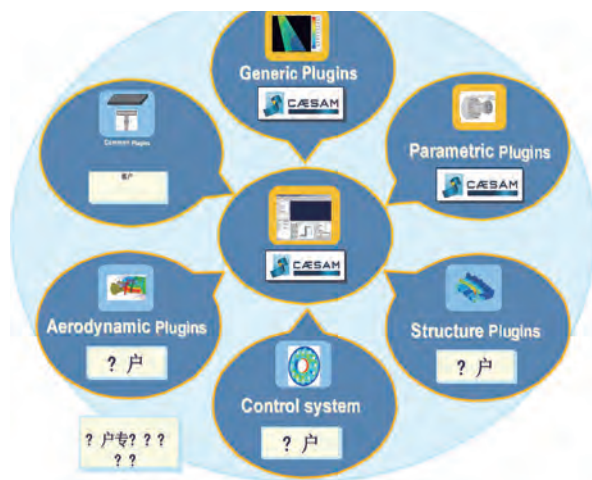
集成客户内部的分析程序和方：无论是商业CAE软件或是客户内部的解析程序都可实现集成。

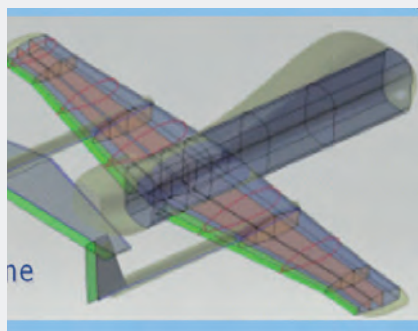
扩展性强的数据管理：Caesam SDK支持的编程语言有：XML、C++、python、JAVA和 FORTRAN；并且提供各种参数满足用户数据和功能方面的扩展需求：模型拓扑、材料行为、物理特性、边界条件、载荷和约束等。

自动化流程管理：从模型导入，数据添加，方法调用，报告生成到循环优化设计；从局部分析到系统级分析实现流程

自动化。

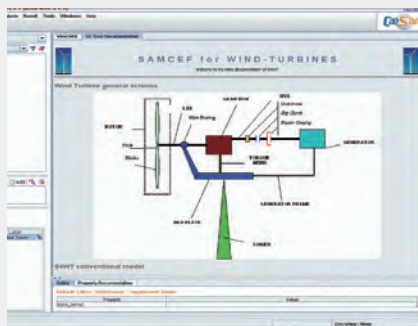
参数化优化：Caesam自带的优化引擎可以实现参数化优化设计。





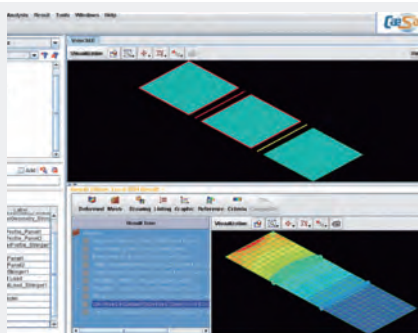
强度校核流程自动化

强度校核流程自动化主要包含强度模型创建、分析的创建与运行、自动生成全局表格和报告的流程自动化。全机应力模型中自动获取局部结构有限元模型信息，通过添加强度校核参数，即可扩展为强度计算模型。直接调用软件中集成的分析方法和强度校核判据，快速实现强度校核。分析完成后，可以调用全局表格，自动实现对分析结果的汇总。根据定制的报告模板，可以将平台生成的强度数据插入到Word格式的报告中，自动生成强度计算报告。



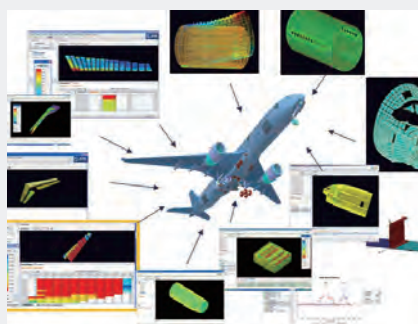
集成丰富的工程数据库

在进行强度计算时，需使用材料、截面特性、连接件和曲线等数，工程数据库中集成了《飞机设计手册》、《结构稳定性手册》、《MMPDS-04》、《复合材料结构设计手册》、《GJB-军用铝合金、镁合金挤压型材截面手册》等多个标准手册中的金属材料复合材料的力学性能数据、标准型材数据、连接件力学性能数据和各种方法曲线数据等，数据库非常丰富全面，用户进行强度计算时直接调用即可，大大提升了强度校核效率。



集成多种强度分析方法

强度计算的核心是强度分析方法，主要分为两类：解析方法和有限元法，其中前者主要用于全局校核，后者主要用于细节部位校核。Caesam AERO软件中集成了《飞机设计手册》、《结构稳定性手册》、《复合材料结构设计手册》、《复合材料大全》、《复合材料稳定性分析指南》、《实用飞机结构应力分析及尺寸设计》和《贝尔直升机结构设计手册》等多个标准手册中的多种金属材料静强度（包括破坏准则、屈曲失效准则和后屈曲失效准则等）、金属疲劳和损伤容限、复合材料分析、工程梁计算和连接件破坏分析方法等，非常丰富和全面，用户只需直接调用，即可快速实现强度校核。



强大的协同管理功能

Caesam AERO软件的协同管理功能用来对工程数据库、强度设计方法库、载荷计算模型和结果文件、全局表格数据和分析报告等数据进行管理。包括：整机模型拆分、合并与管理模块、应力模型自动更新模块、整机载荷数据管理模块、单元载荷处理模块、服务器与客户端的数据通信和交换等。



Tea Pipe

集成到CATIA V5的柔性管路分析和优化专业解决方案

为缩短开发周期，提高管路设计可靠性，管路设计工程师亟须一款软件能够根据各种工况输入，对所有管路进行动态分析模拟：检查柔性管路曲率，以保证其不小于可接受的最小值；检查柔性管路曲率，以保证其不小于可接受的最小值；检查管路安装及运动过程中可能存在的干涉；优化支撑结构数量和管路长度以降低成本；Tea Pipe作为一款汽车管路分析和优化专业解决方案应韵而生，其强大的功能可全面满足管路设计工程师的需要。

Tea Pipe软件介绍

Tea Pipe BEAM采用非线性BEAM单元来模拟不同类型的柔性管路，如制动管、转向管、燃油管、线束等。Tea Pipe BEAM提供了两种功能：管路分析与管路优化

Tea Pipe SHELL对于空气管、水管等直径很粗不适合采用BEAM分析的管路，Tea Pipe采用多层SHELL单元来模拟。用户定义管路初始几何形状和材料后，可以进行考虑管路硫化作用的分析，计算位移以及管路的变形情况等。

Tea Pipe软件优势

- 强大的非线性管路分析功能：包含管路安装准静态分析、运动学分析、模态及动态响应分析等。

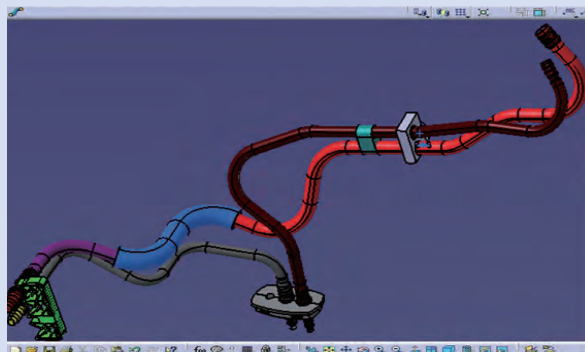
- 强大的管路优化功能：可进行包含管路接头、支撑结构数量、位置及方向优化以及管路长度优化等，帮助设计者获

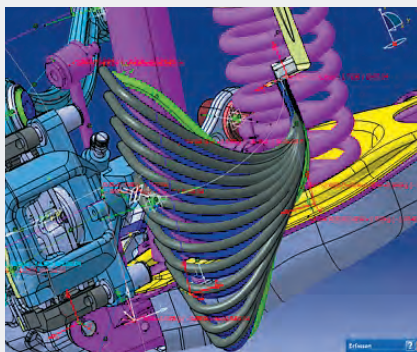
得最佳管路设计。

- 适用范围广：适用范围几乎涵盖汽车所有类型管路（制动管、燃油管、转向管、线束、水管、空调管、拉索等等）

- 多管路并行分析：可同时进行多管路分析，并观察多管路的实时动态行为。

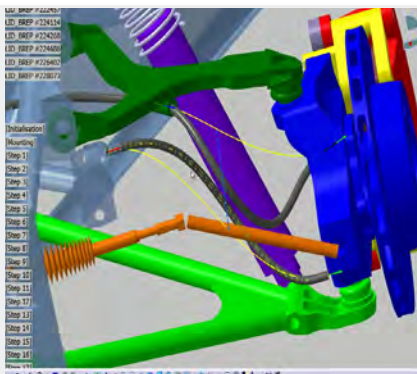
- 可考虑复杂的管路材料特性：如各向异性材料、材料参数随温度变化及硫化作用对材料特性的影响等。





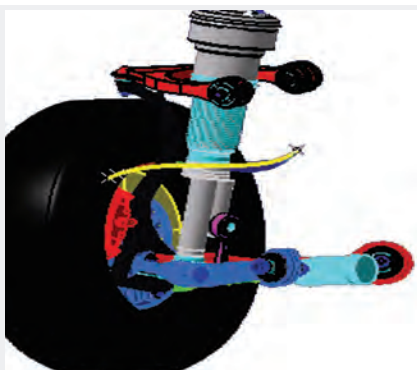
管路定义——Tea Pipe BEAM

Tea Pipe软件集成于CATIA平台环境，Pipe作为CATIA Part存在，Tea Pipe管路定义界面提供包含管路长度、材料特性、温度、接头、支撑结构等附属装置的类型、位置、方向等所有管路要素的定义，从而最真实的实现管路模拟。Tea Pipe中不仅包含多种不同类型的管路支撑结构可供选择，同时还考虑接头及支撑结构的扭转效应对管路的影响以及管路本身的轴向和扭转耦合效应等。同时液体重力及内压对管路产生的影响也会予以考虑。为模拟管路的动态运动，Tea Pipe还可以施加很多类型的运动副到管路接头、支撑结构及车身连接部件，以实现管路与车身的连带运动，从而实现管路的实时运动模拟。



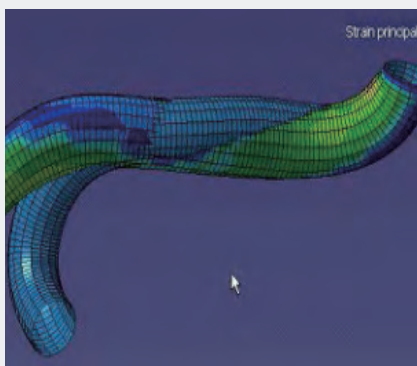
管路分析——Tea Pipe BEAM

管路安装准静态分析：依据管路特性参数，接头、支撑结构等参数计算管路最终安装成形形状，计算模拟真实的安装过程，始于直管先与一接头连接，然后根据另一接头、支撑结构、弹簧、加强材料等的位置和方向逐步进行管路安装成形计算和管路装配过程模拟。管路模态和动态响应分析：利用TEA PIPE还可进行管路动力学分析，如模态分析考察管路模态振型及特征频率，动态响应分析考察管路在某种激励下的动态响应等。管路运动学分析：将管路接头、支撑结构等附属装置通过运动副连接到整车上，使管路随整车一起运动，从而实现管路的运动学分析，得到管路的实时运动情况，并可实时检查干涉情况。



管路优化——Tea Pipe BEAM

TEA PIPE集成一系列优化算法，帮助实现管路最优化设计。优化可以分为两种策略：最佳经济性：设计者设计满足曲率、及不发生干涉等条件下的最短管路。管路接头、支撑结构等附属装置的位置、方向、类型及长度等都可以作为设计变量进行优化，以实现管路长度最小化的优化目标。最佳可靠性：目标在于设计管路以使其在静态及实时运动过程中尽可能的远离可能发生干涉的部件，优化问题变为“max-min”问题，即基于以上相同的设计变量，使管路与特定部件之间的最短距离最大化。



管路定义和分析——Tea Pipe SHELL

管路定义：在TEA Pipe中定义管路轴线、截面积（半径或圆）、内压、温度、正交各向异性材料、制造工艺参数和边界条件等实现SHELL管路定义。对于SHELL管路，分析考虑硫化作用对管路材料性能的影响。软件采用一种特殊的算法，实现材料杨氏模量等特性参数会随着管路位置及弯曲情况而变化,且与真实材料特性高度吻合。

管路分析：通过定义不同位置的局部坐标系，可以实现管路的多工况模拟，以得到管路动态位移、及在不同位置的应力和变形情况，从而防止管路与其它部件碰撞产生破坏等。



DAIMLER



PSA PEUGEOT CITROËN





Boss Quattro

多学科优化设计

Boss Quattro是一个完整开放的多学科优化环境，可应用于LINUX、UNIX或WINDOWS操作平台。软件中提供全套先进的分析工具，使用户可以方便地在整体设计空间内进行探索，从单纯的参数敏感度分析到完善的自动化优化过程，Boss Quattro帮助用户回答如下问题：

- 参数如何取值才能够满足约束条件下的设计要求？
- 关键设计参数对结果的影响是怎样的？
- 哪些参数能够帮助实现单目标或者多目标优化设计？

Boss Quattro特色功能

Boss Quattro作为多学科的仿真集成平台，能够集成并自动化用户的多学科仿真分析流程，实现设计-修改-再分析自动化，能应用现代设计方法（至少包括试验设计、敏感度分析、响应面建模、参数优化、参数识别、可靠性设计、鲁棒性设计）实现综合优化和自动化分析。软件涉及的学科包括几何造型、结构分析、控制、动力学、冲击碰撞、震动等领域。要求能够集成这些学科所涉及到的CAD/CAE商用软件、以及用户自开发的程序代码。

Boss Quattro具备形成完整的集成优化设计综合环境，能够很方便地集成已有的成熟仿真工作流程并且自动运行。建立的工作流应能作为模板保存使用。工作流的管理可以定制，并支持远程调用和基于计算机集群的并行运行方式，充分利用硬件资源，提升运行速度。

Boss Quattro是智能化的多学科优化软件，可自动显示和探索您的设计空间，深入了解设计的关键点。更进一步，采用梯度法可以比较快速地得到优化点，或采用最新的总体优

化方法用于响应表面中存在多个峰谷时的最优点计算。Boss Quattro可以将整个优化过程自动化，监视整个进程并在必要时中止某个任务

Boss Quattro极大地考虑了设计工程师关心的方便性和易用性。交互式图形和智能化的变量定义可轻松地建立起优化流程，成熟且先进的试验设计和优化方法可有效地求解。即使对优化理论了解不多，也能很快地使用它进行优化设计。对优化专家，Boss Quattro提供了各种方法和工具，并且留有多处自定义接口，可方便地展开深入的分析直至扩展它的功能。

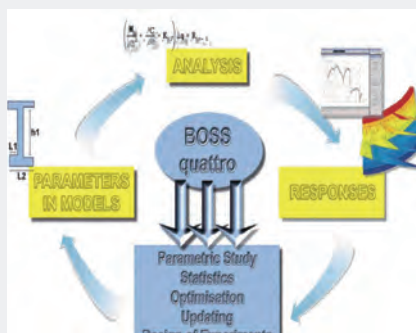
自动化的多学科、多模型优化设计工具

寻找最优值

参数相关性分析及参数标定

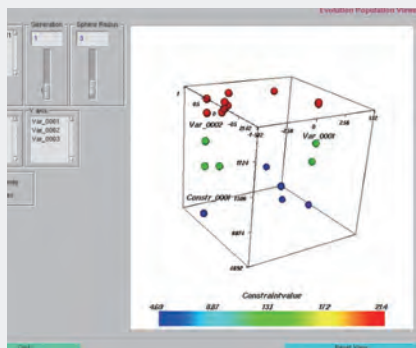
在设计空间内探索符合条件的解决设计方案

实现自动化的任务流程，减少设计时间和错误风险



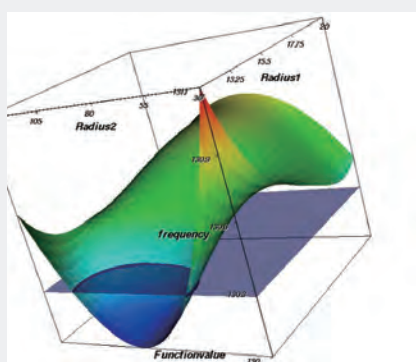
任务管理器

Boss Quattro自动化的任务管理系统为用户提供最优的设计与优化方法，从而提高工作效率、降低设计成本。能够方便、灵活的再现工程项目中各种庞大而复杂的工作流程。在任务流程中，内部管理程序与外部仿真软件可协同工作，可自动生成任务总结报告，包括分析过程、设计变量与函数特性及曲线。并且支持并行计算以及远程计算机的任务提交、执行与接收。



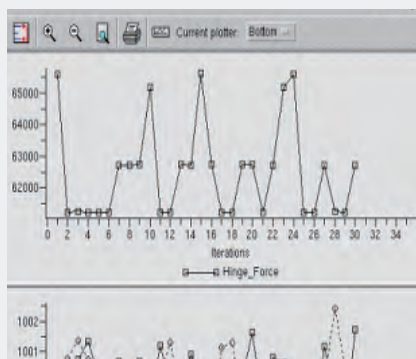
试验设计

Boss Quattro具备强大的试验设计能力，提供大量的试验设计方法（基于正交准则、基于随机均匀准则、基于优化准则），以最佳的方法探索设计空间。能够分析所有输入输出参数之间的敏感度关系，能以数值和图形化的方式，直观、准确地反映不同参数间的敏感度大小，帮助用户对设计问题进行深入的了解分析。试验设计的方法包括：全因子试验设计、部分因子试验设计、中心复合试验设计、拉丁超立方试验设计、田口法试验设计、D-optimal design试验设计和基于不同优化准则的试验设计方法。



响应面建模功能

Boss Quattro具备完整的响应面建模能力，能以不同的建模方法（多种最小二乘法和随机插值法）建立输入输出参数之间的近似数学关系，有助于更好了解设计问题本身。具备多种方法以图形化或者定量的方式对模型质量进行判断的能力，确保模型的质量。能以2维、3维、等高图、ISO图等多种方式观察分析响应面模型。用户可以在Boss Quattro中自由选择将响应面模型用于优化、可靠性计算的求解，以提高效率。在计算过程中，可以实现不同求解方式间（响应面上求解和仿真工作流程上求解）的切换，在缩短时间的同时保证计算精度。



设计优化功能

Boss Quattro具备强大的设计优化能力，内置经多年验证的企业级优化算法库，帮助用户解决各种优化问题。包括单目标优化、多目标优化、局部优化、全局优化、连续量优化、离散量优化、参数标定等。各种优化算法的参数设置直观、简洁，并有完整的帮助文档对各种算法及其参数设置进行解释。

用户可交互式地选用优化算法针对特定问题进行求解；也可以把不同算法策略化地组合起来解决复杂的设计问题。具有完备的优化后处理功能，既能以图形化的方式，也能以数据的方式对优化的结果和过程进行观察分析。



北京北重汽轮机有限责任公司
Beijing BEIJIHONG Steam Turbine Generator Co., Ltd.



LMS Samtech

非线性有限元结构与机构分析解决方案

LMS SAMTECH产品线是专注于非线性机械系统虚拟仿真、结构有限元分析的软件工具，品适合于从设计研发阶段到高级验证性分析的各个工业领域的需求。

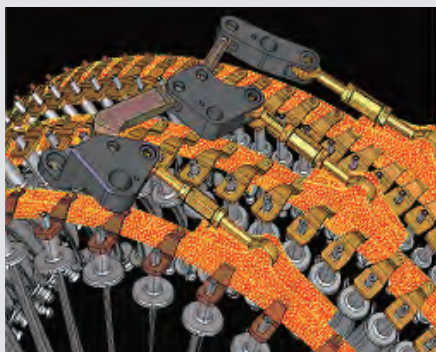




- 航空发动机行业解决方案
- 飞机结构强度分析
- 航天发动机行业解决方案
- 展开机构
- 再入飞行器烧蚀
- 汽车行业应用
- 机床机器人
- 风能行业应用

成功案例

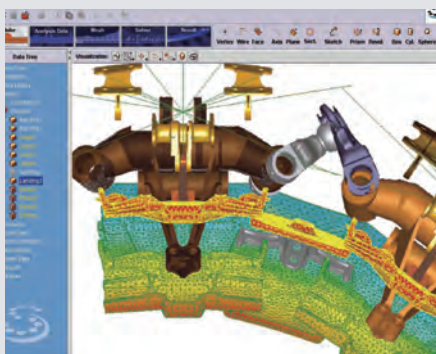
SAFRAN SNECMA - 航空发动机整机转子动力学分析
Airbus - A350 XWB复合材料及结构强度校核分析
TOYOTA - 汽车悬架系统动力学分析
Alstom - 风力发电机整机设计与分析



航空发动机可调静子叶片

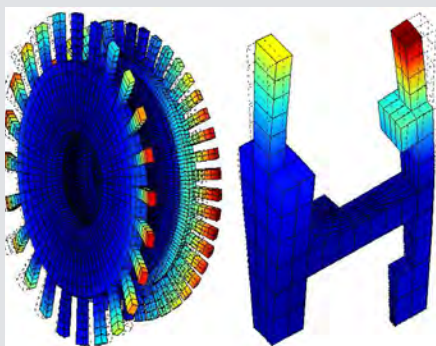
法国SAFRAN集团SNECMA公司，使用Samcef Mecano软件对航空发动机可调定子叶片进行了系统级和部件级的仿真，分别用于验证整个机构的设计对于空气动力学和机械性能的可行性，以及不同工况下，各个部件是否满足机械性能的要求。最后在仿真结果的基础上，对可调静子叶片机构进行设计优化，达到减重增效的目的。

基于Samcef Mecano处理刚柔耦合、非线性以及大规模问题的独特优势，在同一软件环境下建立刚性体与柔性体耦合的完整机构模型，包含500多个组件和2750000多个自由度，并且仿真过程中可以考虑到机构的热负荷、气动压力负荷和相邻构件作用下所产生的应力、变形以及它们的固有频率和振型，能够精确的反应出关键部件的动态应力。



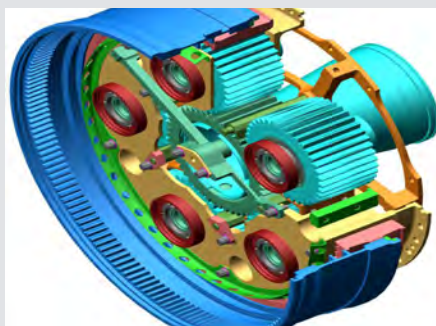
可变截面推力喷管

可变截面推力喷管技术不光主要运用于军用领域，也已经越来越多的应用在民用超音速航空发动机。可变截面推力喷管的主要功能是调节发动机出口处的流量，以提供最佳的推力。SAFRAN集团SNECMA公司所研究的尾喷结构由喷管以及不同的瓣片构成(热瓣片与冷瓣片)。这些瓣片的运动可以直接或间接由制动器或驱动系统控制，或者通过与其它瓣片接触而定位。在发动机工作条件下，热瓣片和冷瓣片将承受很大的温度载荷和气动载荷。基于Samcef Mecano软件的刚柔耦合分析，将结构模型由不同类型的单元进行描述：热瓣片使用有限元单元，考虑温度、气动载荷；冷瓣片使用超单元；其它运动机构使用刚体单元，并使用运动学单元将各个组件进行装配。



多级涡轮转子的振动分析

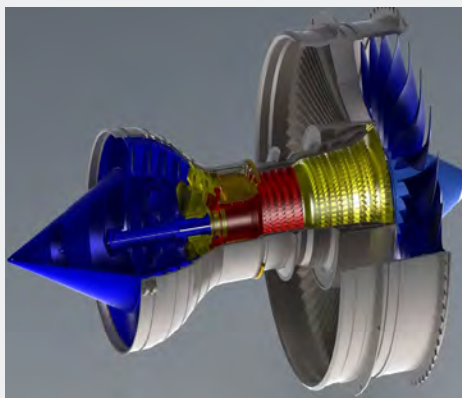
Samcef Rotor的多级周期对称建模功能为此类问题提供了完美的解决方案，模型中只需保留每级叶轮的一个周期参与计算，再通过Samcef的后处理，还原成完整的模型（360°）结果。SAFRAN集团SNECMA公司基于Samcef Rotors的循环对称功能对压气机进行了包含多级叶轮的转子动力学分析，并在合理的时间内得到了令人满意的结果。



航空发动机齿轮箱转子动力学分析

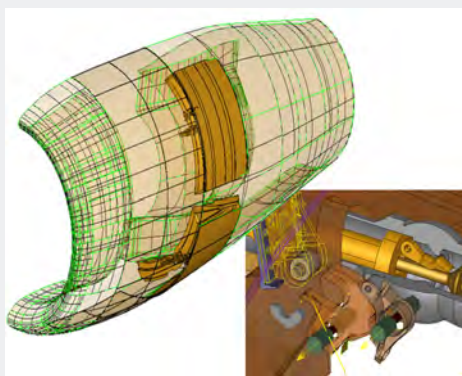
旋转系统可以是非常简单的，例如单涡轮轴，也可以是相当复杂的，例如航空发动机的齿轮箱，可能由多个不平行或外摆线转子和齿轮以及复杂的定子和悬挂结构构成。在这种情况下，临界转速计算必须遵循精确的模式振型、能量分布以及支撑在力的传输方面的动力学特性。

航空菲亚特艾维欧公司使用Samcef Rotors软件，成功的完成了真正复杂齿轮箱的设计和仿真。事实上，在该项目中，除了传统的转子动力学分析之外，最主要的是证明了Samcef Rotors软件的多种建模方法在处理及其复杂模型的仿真时的强大能力。仿真模型包括四根转轴，14个相互啮合的直齿轮，并且齿轮箱的箱体和行星架也包括在仿真模型当中。在仿真过程中转轴采用二维傅立叶多谐波单元，箱体和行星架采用三维实体单元及超单元方法，利用Samcef独有的齿单元技术描述各个齿轮的啮合关系。



航空发动机整机建模

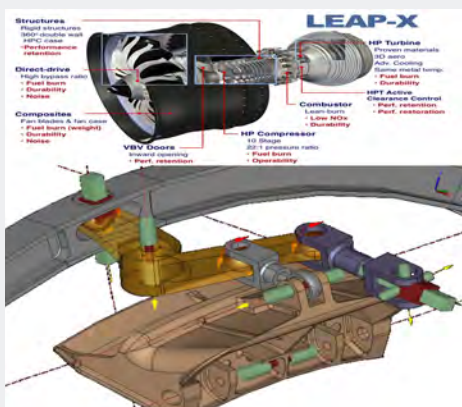
航空发动机整机振动是由发动机转子、静子和飞机结构一起参与的复杂的振动系统，在进行航空发动机整机建模计算时，往往由于所分析的对象多，结构复杂，而导致计算模型的单元数量巨大，一般的计算程序很难完成如此庞大的计算任务。Samcef Rotors的多种建模功能以及各种连接单元的应用，大大降低了航空发动机整机建模的复杂程度和模型的计算规模。整体模型可由多个不同建模方式的部件组合而成，利用各种连接元件将各个部件组装起来。另外通过建立用户部件库的方法，可以更加快速的进行后续分析的有限元建模。得益于Samcef Rotors多样的建模方式和方便的装配定义方式，德国MTU航空发动机公司通过混合建模的方法，成功克服了以上提到的困难，完成了对航空发动机转子系统的有限元仿真。



反推力装置

反推力装置是大型飞机及其他大涵道比涡扇发动机的常设部件，是大型飞机及其大涵道比涡扇发动机研制的关键技术，大型飞机及其大涵道比涡扇发动机对其性能、重量、可靠性、维修性等有较强的技术指标要求。

意大利Avio公司使用Samcef Mecano对反推装置进行了刚柔耦合的动力学分析。该机构主要由固定结构、可移动整流罩、运动机构等组成，其中固定结构还包括大梁、轨道、缓冲器、铰链、锁扣等。构建了包含有柔性体、刚性体、超单元以及非线性接触的机构模型。并基于仿真结构，对其中的凸轮角度和位移执行器进行了结构和性能的优化，避免了故障的发生。



可调放气活门VBV系统

法国SNECMA公司应用Samcef Mecano软件，对大型喷气发动机LEAP-X的可调放气活门VBV系统，建立了刚耦合的参数化分析模型，研究整个机构在工作过程中的动力学特性以及验证关键部件的结构强度，估算驱动力大小。模型考虑了非常复杂的机构部件的柔性接触、摩擦，运动副的摩擦等非线性因素，以及外界的温度和压力载荷。得到的结果包括部件之间的作用力、接触及摩擦的影响、焊盘的数量和位置的影响等等。

SNECMA公司同时基于Samcef的仿真结果，应用Boss Quattro对VBV系统各个部件进行试验设计和优化，研究部件中若干设计参数对产品性能敏感度，并且对敏感度较大的设计参数进行优化，进一步提高了VBV系统的性能。



开式转子发动机

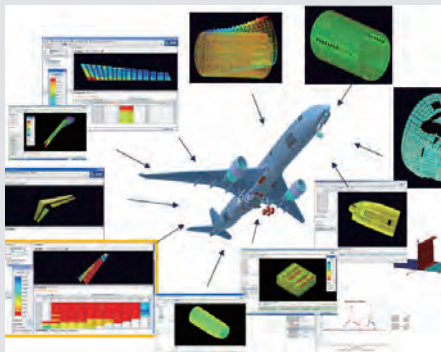
开式转子发动机，也称桨扇发动机或无涵道风扇(IUDF)发动机，是一种介于涡扇发动机和涡桨发动机之间的发动机形式，并结合了涡桨发动机耗油率低和涡扇发动机飞行速度高的优点。同时开式转子发动机技术也面临着许多挑战，其中变距机构的设计验证也是面临的一个重要课题。SNECMA公司借助于Samcef Mecano 的复杂机构建模与非线性刚柔耦合计算能力，对某开式转子发动机变距机构进行了非线性动力学仿真，并且仿真模型的离散化程度和复杂性可以根据设计不同阶段以及分析的目的，非常方便的进行更改，有助于设计效率的提高。

飞机结构强度校核



早在2005年，LMS与空客共同推出了ISAMI强度分析计算平台，它将LMS的Caesam强度自动化平台框架系统与空客的数据库和方法库有机集成，用于整个A350飞机的复合材料和金属结构的强度设计工作，取得了突出的成果。从2008年7月开始ISAMI平台陆续在空客全球的子公司及47个业务相关公司中使用，通过这一统一的结构分析环境，使得整个分析过程中所使用的流程、方法和工具更加合理化，并有效实现了统一平台下的协同设计，目前ISAMI平台已扩展到空客A400M、A320-Neo等众多机型，涵盖了静强度、复合材料、金属疲劳与损伤容限、全局有限元模型优化和热分析等诸多领域。从2011年开始，LMS与空客合作，在CAESAM环境的基础上开发用于快速尺寸设计的工具PRESTO以及ISAMI Lite Ver.，将双方的合作范围进一步扩展到初步尺寸概念设计阶段和产品交付维护阶段。

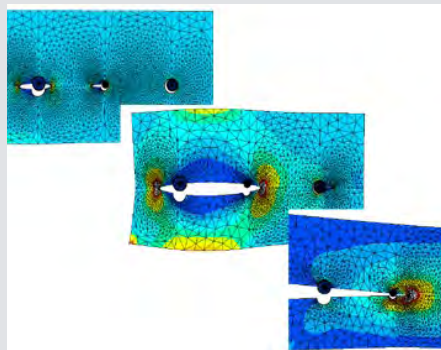
StrenBox飞机结构强度自动化计算软件系统



伴随中国航空工业的迅速发展，以大客机等为标志的项目客观上迫切需要建立自主的强度计算平台以改革目前强度分析流程、缩短设计周期、优化结构性能。同样借助Caesam框架系统StrenBox飞机结构强度自动化计算软件系统是LMS公司与国内重要飞机设计机构中航第一飞机研究院合作的结果，他汲取了空客公司ISAMI系统的开发经验，结合国内的数据、方法和规范。形成完整的强度自动化校核体系。该软件系统目前在一些实际型号飞机上已广泛应用，其有效性也得到了初步的证实。

除StrenBox系统外，还开发了中国商飞上海飞机设计研究院ISAP系统、中国直升机设计研究所HELISADAS系统和中航工业洪都飞机公司HDSAP系统，并经过使用验证，已经成为国内航空工业最专业、最成熟和强大的飞机结构强度校核平台。

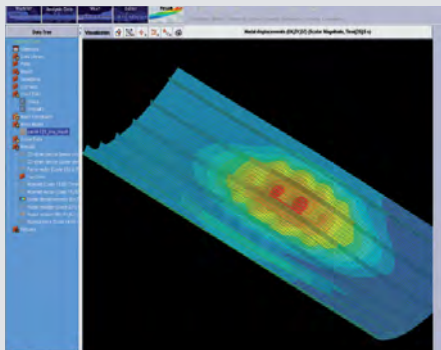
飞机结构裂纹扩展



LMS-SAMTECH与空客在飞机结构强度分析方面二十多年的成功合作，特别是为AIRBUS开发专门的疲劳寿命预估与裂纹扩展分析平台SAFE，集成了飞机结构常用的模型库、材料库、以及应力谱分析、疲劳寿命预测与裂纹萌生、裂纹扩展分析等，并在空客A320，A380等多种型号的飞机强度分析中得到广泛应用，积累了丰富的经验。

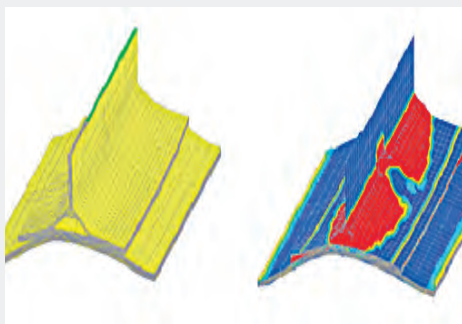
在Samcef中不但包含通过特殊单元或高密度网格表征裂尖应力奇异性，逐步实现裂纹扩展的传统分析方法，而且包含业界最先进的扩展有限元法（XFEM），XFEM的优势在于它所使用的网格与结构内部的几何或物理界面无关，从而克服了在诸如裂纹尖端等高应力和变形集中区进行高密度网格剖分所带来的困难，模拟裂纹生长时也无需对网格进行重新剖分，实现自动裂纹扩展分析，极大提升裂纹扩展分析的效率和精度。

欧盟COCOMAT项目利用Samcef Composites，进行复合材料加强板屈曲后屈曲分析



Samcef Composites可以进行复合材料结构层间破坏分析，层间破坏可以包含I型、II型、III型破坏模式及其耦合。软件集成成熟的层内失效模型及判据，用户无需自己集成算法，可直接使用，得到精确分析结果。Samcef Composites可以实现非线性屈曲、后屈曲及层间失效和层内失效的耦合分析，考虑层间破坏和层内破坏的相互作用。Samcef Composites可以提供层间和层内失效分析所需参数的获取方法，并且用很少的试验和仿真即可获取全部所需参数。

在此项目中包括EADS IW, AIRBUS, DLR, LMS SAMTECH和一些欧洲学术研究机构参与其中，旨在优化制造和装配工艺，降低飞机复合材料结构成本，并对新的设计和制造装配方法进行验证，以分析复合材料结构的可靠性。



法国SAFRAN利用Samcef Composites进行复合材料层合结构分层破坏模拟

Samcef Composites可以提供层间和层内失效分析所需参数的获取方法，并且用很少的试验和仿真即可获取全部所需参数。

该结构具有55个初始裂纹，进行分层破坏及裂纹扩展的分析，是非常高度非线性的分析。在这里，层与层之间的连接采用的是Cohesive elements来进行模拟。系统的有限元仿真



复合材料设计分析优化

LMS SAMTECH公司为其最重要的全球大客户之一Airbus公司提供了超过20年的优质服务，双方在飞机强度尤其是复合材料的分析及优化、工程整体分析流程数据平台等方面均保持了多年深入而密切的合作关系。

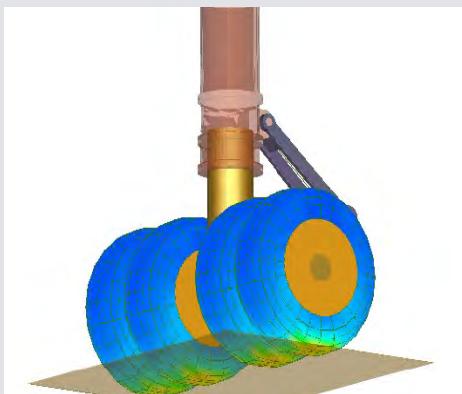
LMS Composites与LMS SAMTECH公司的另一著名软件Boss Quattro的配合使用可完成高级复合材料优化分析，包括铺层顺序、厚度、纤维角度、几何参数以及形状优化等等。LMS Composites作为Airbus公司选定的复合材料分析工具，与Boss Quattro一起，被应用到许多复杂结构的复合材料设计及优化中。



飞机襟翼多柔性体仿真

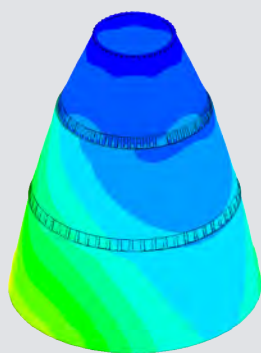
ALENIA Aeronautia公司是全球范围内很有影响力的军民用航空制造商。载荷计算专家基于Samcef Mecano制定开发了飞机襟翼的载荷计算模型，用于验证在不同载荷条件下结构的强度并且使之符合飞行要求。该模型包括某些特定载荷的计算，如：机动状态下的非线性响应和负载的仿真，控制面运动负载，起落架收放引起的响应和负载等等。Samcef Mecano的非线性刚柔耦合求解方式为以上模型的仿真提供了完美的解决方案。

该计算模型已经应用于ALENIA的多个重要的作战飞行跨国项目，并且开发出了控制系统的联合仿真方案，可同时提高制动系统的非线性数学模型。



军用飞机起落架仿真

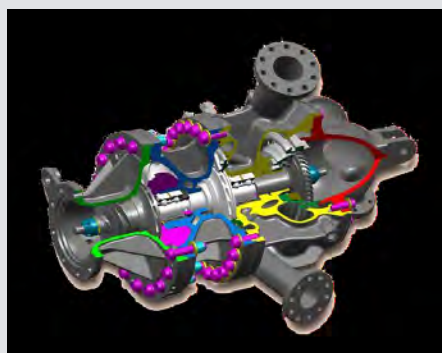
机身结构强度分析中，一个十分重要的项目是计算当飞机着陆时以及滑行时，起落架对机身产生的载荷，必须进行十分准确的载荷分析和计算。ALENIA Aeronautia公司利用Samcef Mecano软件开发出了现有的战机起落架刚柔耦合非线性仿真模型，用于在时域内对飞机着陆和滑行阶段，起落架以及机身的非线性仿真和负载预测，模型了起落架各个组件，尤其是考虑了轮胎和减震器的非线性特性，并且起落架可与机身相连接。接下来该模型还将应用于新一代欧洲战机项目的起落架自身结构强度分析以及机身的强度分析当中。



液体火箭发动机热分析

欧空局2002年11月新版火神发动机（VULCAIN 2）随阿丽亚娜（Ariane）517号飞行升空，由于发动机故障导致飞行失败。事后调查认为事故诱因是火箭超载。随后，发动机喷管经过重新设计，增加了结构并加强的管壁的热防护。增加了液氢冷却剂的流量，并对冷却管受热面增加了热防护。改造后的火神2号发动机在521号飞行中成功升空。事故后整个计算采用Samcef Mecano完成，所进行的分析包括：

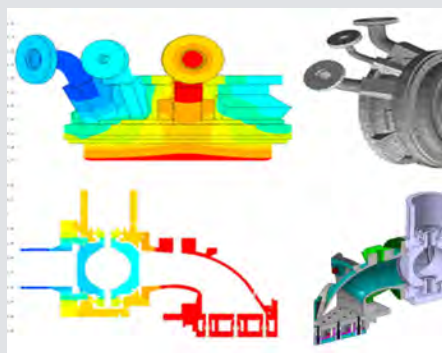
- 阀室、放气阀、燃气阀等结构热固耦合分析
- 喷管热固耦合分析
- 多个部件的热分析
- 涡轮泵液力分析



可变截面推力喷管

轮泵是火箭发动机的核心部分，由两部分组成，即涡轮部分与泵部分。两者一般采用直联，由涡轮驱动泵。涡轮泵是液体火箭发动机中高速旋转组件，同时进入涡轮的高温高压燃气以及经过泵增压的低温推进剂，随着压力的提高，涡轮泵的可靠性在整个发动机可靠性中占有重要地位，在发动机发生的故障中，约有一半左右发生在涡轮泵中。因此对涡轮泵提出要求：再发动机所有工况下，应满足发动机分配的可靠度要求。同时为保证液体火箭发动机有较小的尺寸和质量，涡轮泵装置应有较小的尺寸和质量。

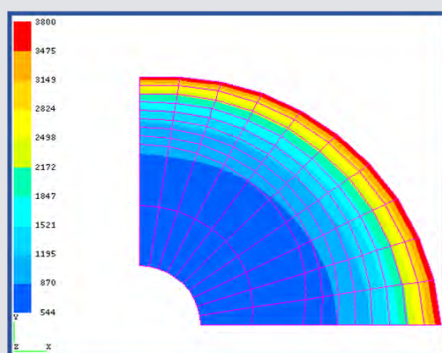
阿维奥（Avio）公司，是意大利主要的航空发动机和燃气轮机制造商，在设计VINCI液氧涡轮泵时，使用Samcef Rotors作为主要的分析工具。



热结构耦合分析

法国SNECMA公司采用Samcef Mecano进行多种液体火箭推进器的热、结构分析及耦合分析。如考虑热辐射和对流载荷以及碳环的非正常磨损进行液氧涡轮泵喷管时域非线性的瞬态分析。

另外还可以进行考虑3D热传导、热对流和热辐射在内的包括H₂/O₂供给、增压、管路排空和涡轮泵冷却等多种行为分析。另外燃烧过程中可能存在很大的振动和高频现象，结合Samcef线性和非线性求解器可以进行热结构耦合分析。



火箭发动机燃烧室烧蚀热防护分析

面临的问题：燃烧室是固体火箭发动机的重要部件之一，为推进剂装药提供了贮存和燃烧的场所。燃烧室药柱产生的燃气温度高达3000~3900K，压强达3~20 MPa。长时间工作固体火箭发动机除工作时要承受高温、高压作用之外，对于长时间工作固体火箭发动机，内绝热层的烧蚀传热引起发动机壳体温度的升高是发动机工作的隐患。因此，需对长时间工作固火箭发动机燃烧室，特别是内绝热层的烧蚀传热进行仿真，并以此作为绝热层设计的理论指导。

解决方案：Samcef Amaryllis对某型号火箭发动机燃烧室及喷管进行了烧蚀仿真分析，同时考虑燃烧室烧蚀层的热解和化学烧蚀，并且给出随着烧蚀的进行绝热层和外壳的温度分布，根据烧蚀层的厚度为烧蚀热防护设计提供依据，仿真结果与试验结果吻合较好，得到了用户的高度认可。



法国SAFRAN利用Samcef Composites进行复合材料层合结构分层破坏模拟

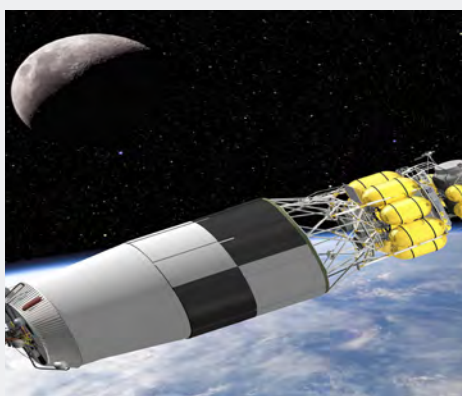
CAESAN航天仿真平台可以为结构设计人员提供快速的方案比对、确定,同时为后继结构的局部更改提供快简单、方便的计算手段,不要求使用人员的力学基础,减少强度设计人员的众多简单、重复性工作,提高设计效率。



Caesam航天仿真平台基本功能

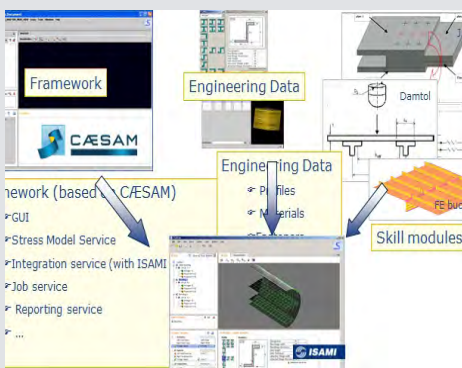
根据设计人员的输入,自动完成CAD外形建模;自动完成CAE有限元网格的划分,单元类型为四边形壳元(加强框可采用梁单元),单元尺寸分手动、自动模式;自动完成材料属性、舱体壁厚的赋值;自动完成载荷的施加、验证;自动完成边界约束;自动完成求解,用户可选择不同的求解器,自动给出强度评估。

1)清晰、简单的界面,使用人员只需输入、选择相关的参数就可完成所需的计算,不要求使用人员的有限元基础。2)系统允许客户选用已有的商业软件进行求解。3)系统具有常用材料的数据库。4)系统具有完整的模型库,几何、有限元模型和计算结果自动关联5)可以集成设计人员提供的判据,自动给出结构强度余量。



Caesam航天仿真平台基本计算流程

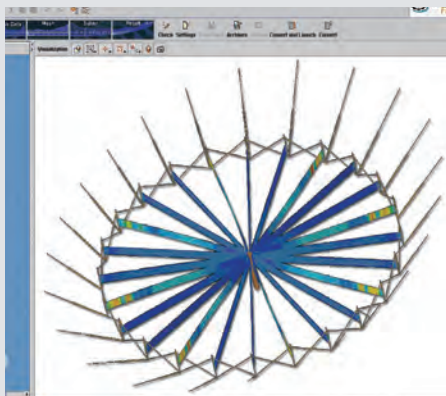
- 1)建立参数化结构库
- 2)模型库各部件能自动完成有限元网格划分
- 3)自动完成不同类型、尺寸单元的边界处理
- 4)能自动完成舱体间的装配和连接定义
- 5)自动完成载荷与约束边界的施加
- 6)自动完成求解过程
- 7)自动完成所需的数据处理



Caesam数据管理与流程管理

数据库主要内容:载荷数据、计算所用的CAD模型、CAE模型、计算结果、试验结果、计算报告、试验报告等。

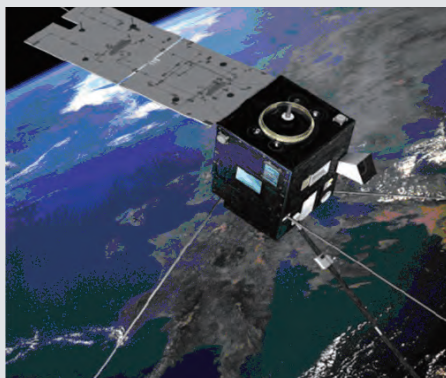
流程管理主要内容:建立各型号强度分析数据管理系统舱方便相关的设计和计算人员校对、审核和查阅。



空间展开天线

Alenia Spazio运用Samcef Mecano成功模拟了可扩展天线。这种空间展开结构展开直径达13m，对如此大的柔性结构同时考虑重力影响进行物理试验非常困难，采用Samcef Mecano建立包含复合材料、柔性、接触和热的可展天线非线性刚柔耦合模型，对整个展开过程进行模拟，以评估结构所承受的载荷及其动力学特性，对设计方案进行验证和指导。

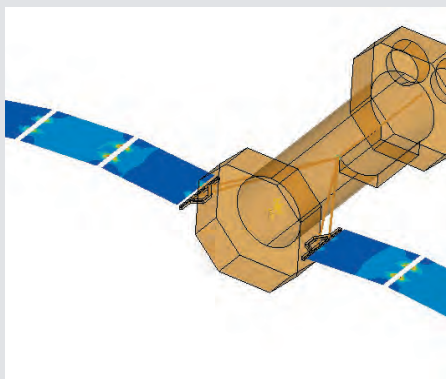
在此之前，Alenia Spazio使用其它仿真工具对同样的模型做过多次仿真，但是由于在展开过程中某些部件的不稳定性影响，导致不能对完整的展开过程进行模拟。最终Samcef Mecano的非线性求解能力为这一问题提供了有效地解决方法。应用软件所提供的Chung-Hulbert积分方法，避免了数值计算中的不收敛现象发生。得到了完整的模型展开的仿真结果。并且由于充分考虑了部件柔性、非线性以及热等因素的影响，计算结果精度比传统多体动力学方法有大幅提高。



太阳能帆板展开机构

对于太阳能帆板展开机构的动力学分析如何保证机构的可靠性并防止展开过程中与周围部件产生碰撞就显得尤为重要，因此需要非常精确的太阳能帆板动力学模型，充分考虑各种柔性、非线性及热等因素，进行展开过程的模拟，并进行设计优化。

传统的方法为考虑太阳能帆板结构的柔性，借助模态综合法构建柔性模型加入到多体动力学模型中进行分析，但无法考虑太阳能帆板展开过程的非线性因素。ESA和AREVA等公司运用Samcef Mecano成功模拟了太阳能帆板的展开。在Samcef Mecano中，连接太阳能帆板的长条结构做成非线性有限元的壳单元、太阳能帆板本身做成CB模态、其它刚性部件做成刚性体，构成太阳能帆板机构刚柔耦合的动力学模型，充分考虑结构柔性、非线性和热对机构动力学特性的影响，进行展开过程模拟，仿真和试验体现出良好的一致性。



展开节点分析和优化

法国国家空间研究中心2006年-2008年进行了专门用于预测太阳能电池机构展开的运动学性能的数值方法的研究项目。目的是开发出可靠的数值模型对展开机构进行运动学和动力学的预测，并且基于预测结果，对链接展开机构的钢卷弹簧的性能进行设计优化：如弹簧片厚度、弯曲半径、弹簧数量等参数。最终避免展开机构出现碰撞（板与板或板与卫星）的危险，确保机构在卫星进入轨道后能够获得适当的展开部署。

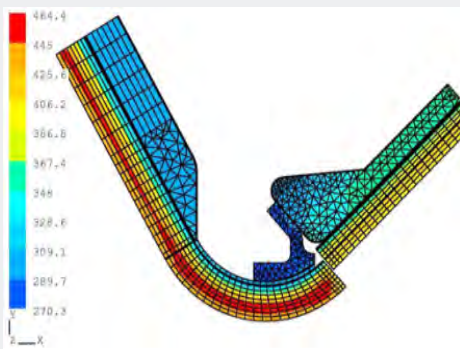
事实上，很多国家和机构都做过类似题目的研究，但是由于连接部件以及展开过程中的强烈非线性效应，分析的目标都仅限于对电池面板的研究。在这次会议中，应用Samcef Mecano对展开机构，包括太阳能电池板（超单元）及其连接部件（有限元）模型进行了动力学有限元分析，首次实现了在动力学模型中考虑所有连接部件（弹簧片）和太阳能板的实际柔性变形的仿真计算。基于这种方法的展开机构运动学特性预测结果更加接近于实际情况。



航天飞机货舱展开

阿莱尼亚宇航公司与都灵大学合作对航天飞机货舱完整的展开机构进行了研究，目的在于研究该机构在各种具有潜在危险的工况下驱动线缆的受力情况，以及机构中线缆和各关键部件在瞬态负载作用下的疲劳特性。

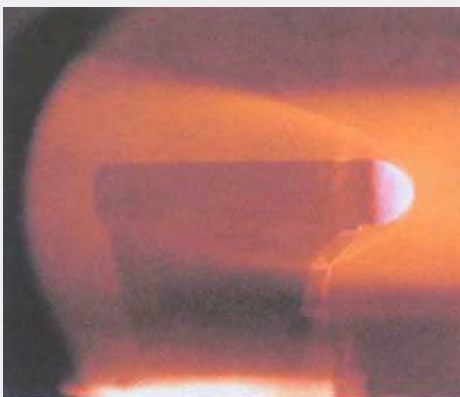
在项目中使用Samcef Mecano作为仿真工具，建立包含线缆单元的完整的机构刚柔耦合模型，借助于隐式非线性求解方法，对完整货舱展开/闭合过程进行了非线性仿真。获得了精确的驱动线缆受力结果和各关键部件的动态应力结果。



AURORA返回舱热防护设计

EADS ASTRIUM作为Samcef Amaryllis软件开发的合作方，也是软件的忠实用户。Samcef Amaryllis被广泛用于EADS ASTRIUM的多个火箭和再入航天器的热防护设计项目。

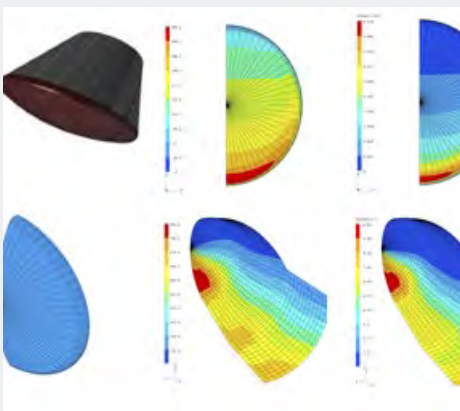
在AURORA返回舱烧蚀热防护设计项目中，AURORA返回舱结构呈倒置的伞状，返回舱在中心的球罐里被保护起来，再入大气层速度高达13km/s，热流达6~9MW/m²。EADS ASTRIUM采用Samcef Amaryllis和BOSS Quattro相结合，进行了热防护材料的优化选择和厚度设计，在考虑重量、温度和烧蚀厚度的约束情况下，最终实现了返回舱不同部位分布采用不同材料的优化设计方案。



导弹弹头热防护设计

MBDA是欧洲最大的导弹制造商，其对导弹的热防护设计水平处于世界前列。而MBDA导弹弹头热防护设计采用的分析工具也是Samcef Amaryllis。下面介绍MBDA集团利用Samcef Amaryllis进行导弹弹头热烧蚀建模和分析的案例（此处几何被简化）。

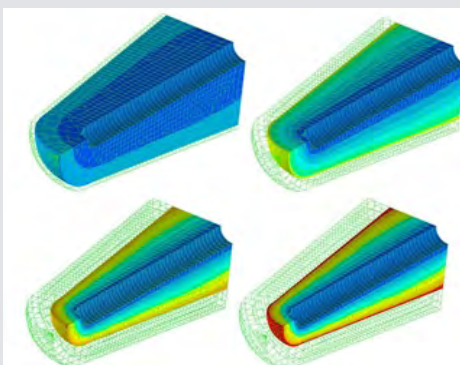
热防护材料为碳/碳复合材料，密度大约1925kg/m³。对弹头位置，需要考虑对流换热、辐射换热，以及在很强压力下的化学和机械烧蚀的混合作用。Samcef Amaryllis强大的热烧蚀分析功能为MBDA提供了理想的分析结果。



欧盟第七科技框架计划（FP7）项目

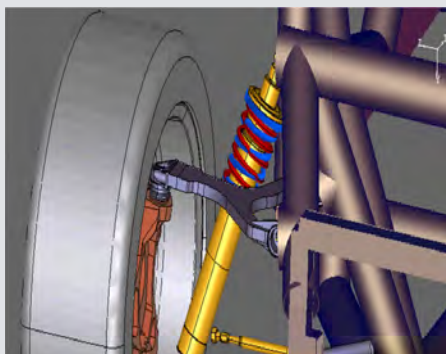
AEROFAST项目是欧盟第七科技框架计划项目，旨在设计一种航天器，能够用于人类探索太阳系，作为一种先进的运输工具，实现人或物在月球、火星或GEO、LEO卫星与地球间的往返。要设计这样的一种航天器，热防护系统就显得尤为重要。

在AEROFAST项目中，热防护系统采用酚醛树脂复合材料，承受组分为CO₂的火星大气层热流环境，采用Samcef Amaryllis软件进行热烧蚀分析，分析模型采用3D热烧蚀模型，整个项目中，Samcef Amaryllis是烧蚀分析中唯一的仿真工具，并且FP7对结果给出了高度认可。



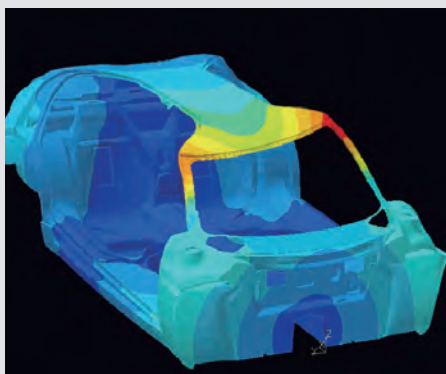
再入飞行器三维烧蚀模拟

飞行器在再入大气层的过程中，表面由于受到气动加热的作用将承受很大的热负荷，材料内部的性能极有可能遭到破坏。这样就需要采取特定的热防护措施，保证再入体内部的正常温度，而烧蚀防护是近年来主要采用的防热方法。在烧蚀的过程中，材料在加热环境中会溶解、热解或升华，热解气体引射到气体边界层中，并带走大量的热，阻止热量向材料内部传递。Samcef Amaryllis可以进行全三维的烧蚀模拟，结合智能网格方法，可以对整个烧蚀过程进行动态模拟。



汽车悬架系统动力学分析

通常，汽车动力学分析都是用MBS软件，通过刚体部件、简单的运动副以及超单元来进行多体动力学分析。但是忽视了柔体特性的计算结果是不够准确的，尤其是减重设计。其次，超单元只是建立在线性假设的基础上，而真正的实际问题很多情况下都是非线性的，例如接触、由于组装引起的预紧力、摩擦、几何非线性、材料非线性等。非线性行为在汽车的悬架、后扭力杆和转向助力器分析中尤为突出。日本TOYOTA 公司和比利时Imperia GP公司用Samcef Mecano针对汽车悬架设计进行非线性仿真模拟，悬架弹簧直接采用非线性有限元模型，考虑接触摩擦以及材料非线性，从而得到高精度的分析结果，改进了悬架设计。



法国雪铁龙概念车整车复合材料设计分析

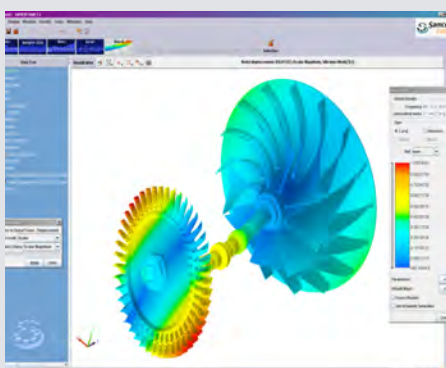
复合材料各向异性、耦合效应和层间剪切的复杂特性，为准确分析复合材料行为带来挑战，Samcef Composites软件强大的计算分析能力以及针对复合材料分析复杂前后处理的特殊设计，决定了其非常适合应用到复合材料的分析和优化设计中。从最初的线性分析到深入的非线性分析，从简单的零部件级分析到复杂的系统级分析，从静力学分析到动力学分析，都可以在Samcef Composites内完成。法国雪铁龙公司的C—Metisse概念车，全车身采用碳纤维铝蜂窝板结构的复合材料，利用Samcef Composites进行车身模态及强度分析，以帮助车身设计。



制动盘热固耦合

在Samcef Mecano中热、结构耦合分析有两种方式，一种是链接式分析方式，通常是先做热分析，得到结构的温度分布，再以求得的节点温度作为体载荷施加在结构应力分析中。进行温度场分析和热应力分析时采用不同的单元，热应力的结果对温度场分析不产生影响，这种分析方法是单向耦合方式；另一种是热、结构双向耦合方式，在求解的每个时间步热与结构交换数据，实现双向耦合，考虑热和结构的相互耦合作用。

对于热固耦合分析，Mecano包含专门的Mecano Supervisor模块，用于热和结构求解之间的实时数据交换，Mecano Supervisor基于一系列特殊算法，实现不同求解模块的求解同步性。



涡轮增压器转子动力学分析

采用三维实体模型进行计算分析，更大程度的模拟了增压器的实际状态，考虑了实体结构对刚度的影响，具有二维模型不可比拟的一些优越性，为分析车用涡轮增压器转子动力学特性提供了一种良好的方法。

采用Samcef Rotors通过计算得到了涡轮增压器的一阶和二阶临界转速，可以通过调整系统结构设计、选择支撑刚度等方法，使其适当偏离临界转速，保证增压器可靠工作；通过谐波响应分析，在给定不平衡量下，得到各节点位移、加速度随频率响应的曲线，轴承支撑位置随频率响应的负荷，这些曲线表示了转子在不同位置时的不同影响以及敏感程度，预测了转子的振动情况；瞬态响应分析预测涡轮增压器在指定工况下，振动振幅以及受力大小，为后续的分析设计该型增压器提供了参考数据。



机床机器人仿真

Samcef为工业机床与机器人的设计与研发提供了专业的机电一体化设计与仿真解决方案，涵盖了产品的概念设计与详细验证阶段的各个环节。将机构设计、结构分析、控制系统以及多领域的优化设计集成到一套综合的软件系统之中。

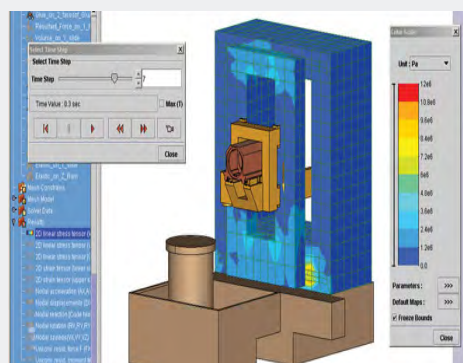
传统的工业机床或机器人设计主要基于多刚体的运动机构仿真和局部的线性有限元仿真完成。Samcef工业机床与机器人解决方案，借助其非线性刚柔耦合仿真、多领域优化与任务管理以及与控制软件的联合仿真功能，将这些互补的学科应用整合在同一个建模环境中进行多领域的联合设计与优化。



机床机电一体化分析

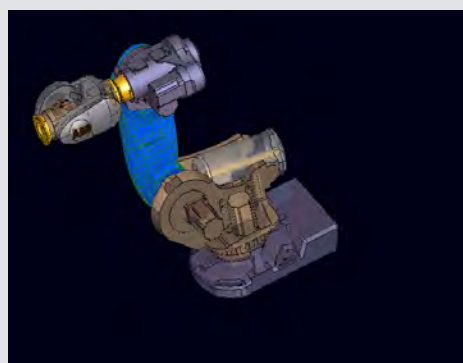
高速机床采用轻质、坚硬的机械结构，并且由高带宽驱动器驱动。其驱动方式和数字化控制机制与机械结构的动力学特性具有非常紧密的互动关系。因此将结构设计与系统控制分开设计的传统方法无法满足新的设计要求，有必要考虑结构和控制系统的耦合效应，采用机电一体化的设计和仿真方法。

意大利工业技术和自动化研究所使用Samcef Mecano软件对三轴高速铣床进行了机电一体化仿真。实现了机床机构仿真模型的快速建模，并且支持机构模型与控制系统之间的信息交互。通过机电一体化分析，帮助设计者更好的理解机床在工作条件下的动力学特性，由此获得最佳的系统级与部件级的设计改进方案。



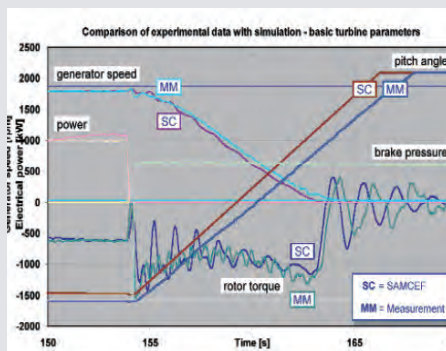
MECOMAT项目：机床机电一体化分析

高速机床的动力学特性与其机械结构、驱动器以及数字化控制之间的关系十分紧密。欧洲项目MECOMAT为高性能机床的设计人员开发了新一代的整体化的机床机电一体化设计、仿真及优化工具。在项目中，基于Samcef仿真平台，建立了机床的完全参数化的动力学模型，借助Samcef Mecano与Simulink直接接口，完成了动力学仿真与系统控制之间的数据实时交换，并使用Boss Quattro进行结构和控制系统的多领域设计优化。以此达到综合评估设计以及设计优化的目的。



机器人刚柔耦合机电一体化仿真

对于工业机器人的设计和仿真，设计者越来越多的开始关注于铰接式柔性多体系统的动力学特性的研究。这也为仿真工具的性能提出了挑战。为了能够获得铰接系统在运动过程中的准确结果，仿真模型不仅需要包含传统的结构部件，还需要加入诸如连接元件、驱动器、传感器、执行器以及控制系统等必要元件。由此建立的机电一体化仿真模型才能够真实的再现机器人在工作状态下的非线性动力学特性。ABB公司应用Samcef Mecano对六轴机器人进行了非线性刚柔耦合机电一体化分析。并且将结果与全刚性的多体仿真以及其它不同精度的仿真结果进行了比较，结果表明这种考虑柔性和非线性因素的仿真对结果的准确性具有十分重要的意义，尤其是高速运动的轻质结构。另外，ABB还基于Samcef Mecano的仿真结果，应用Boss Quattro对控制系统进行了优化。



欧盟UpWind项目

欧盟UpWind项目是欧盟第六个框架计划成立项目，LMS作为项目成员与GE、Rexroth等公司开展合作，构建风电机组仿真平台。其中一项任务就是采用Samcef Wind Turbines进行风机急停仿真分析，并且将分析结果与试验测量结果进行对比验证。最后的两种结果具有非常良好的吻合性，证明了Samcef Wind Turbines计算的准确性。

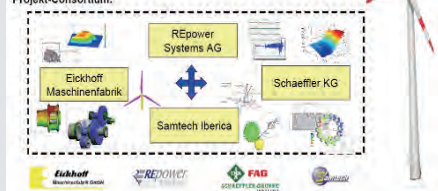
ADTS-Wind (Advanced Drive Train Sim-Wind)

Next Generation Simulation Technologies for Wind Turbines

Projekt-objectives:

- extend understanding of dynamic loading of mechanical components in the drive train through use of hybrid aeroelastic fem-fms simulation of transient operating conditions
- design optimisation of gearboxes and roller bearings in wind turbines

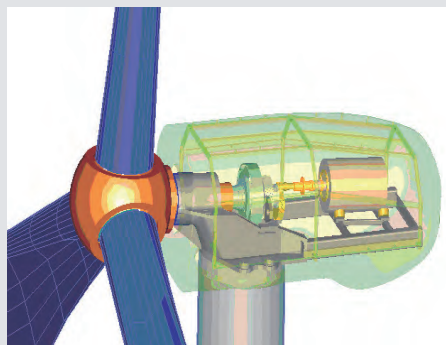
Projekt-Consortium:



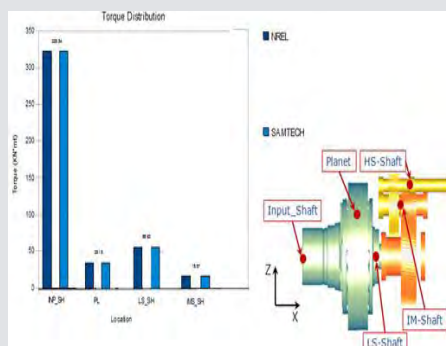
REpower Systems AG公司的“传动系统高级仿真项目”

Samcef Wind Turbines求解器Samcef Mecano在2006年时被第一次应用于REpower公司的风电业务，用于兆瓦级风力发电机传动系的动态仿真。最初应用Samcef Mecano建立的气弹模型包含了风电机组重要的柔性部件、详细的齿轮箱模型以及风机控制系统。此后，在“先进传动系统仿真”联合架构方面Repower和LMS公司建立了更为牢靠的合作伙伴关系，引进了创新型Samcef Wind Turbines专业软件产品。ADTS联营是REpower System AG, Schaeffler Group, Eickhoff Antriebstechnik GmbH 与 LMS SAMTECH Iberica几家公司的加强型技术合作。该合作的成果就是将Samcef Wind Turbines求解器功能扩展并用于先进传动系统建模与分析，来满足当代风电行业的需求。急停仿真数据与试验数据对比(桨叶角、发电机转速、制动器压力和电功率等)齿轮箱扭矩仿真与试验数据对比在Samcef Wind Turbines中构建REpower MW级风机高精度模型。

某风机厂商传动链共振故障分析项目



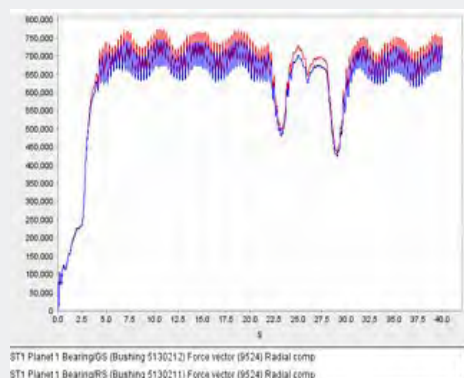
某风机厂商的原型样机试验时发现传动系统在28.5Hz下有严重的共振现象，LMS SAMTECH帮助该风机厂商在Samcef WIND TURBINES软件中构建风机参数化高精度整机模型，并进行分析和故障诊断。通过整机模态分析得到了系统在28.5Hz附近(28.21Hz)的模态特征频率及模态振型，并找出在该阶频率下模态应变能最大，即对系统振动贡献最大部件为主轴和一级行星架齿轮的衬套。通过整机系统级瞬态分析，发现产生振动的原因在于齿轮啮合位置变化产生的刚度变化引起齿轮振动，进而通过轴承传递到整个传动系统。通过对原型样机做相关性分析，通过构建高精度整机模型进行分析，成功发现并解决了该风机厂商故障问题。如果不建立高精度整机模型，是无法实现以上分析的。当然要是在设计阶段就能进行这样的分析，就能避免类似的故障问题的发生。



NREL风机齿轮箱分析项目

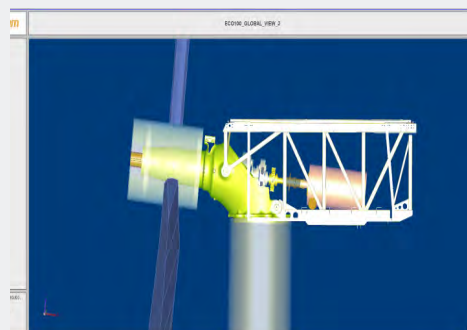
LMS与NREL(美国可再生能源实验室)合作进行齿轮箱分析项目，在此项目中采用Samcef Wind Turbines对齿轮箱进行静力学分析，以考察其载荷分布状况；进行模态分析，以计算齿轮箱特征频率、考察齿轮箱潜在共振情况；分析结果同时与试验结果进行相关性对比。

静力学分析齿轮箱扭矩与试验的相关性对比结果，可以看出采用Samcef Wind Turbines的分析结果与NREL试验结果高度一致，同时项目还对比了各齿轮架轮齿受力情况，采用Samcef Wind Turbines柔性有限元与多体动力学混合方式，可以大大缩短计算时间，同时拥有很高的计算精度。



Repower MW级风机传动系分析和优化项目

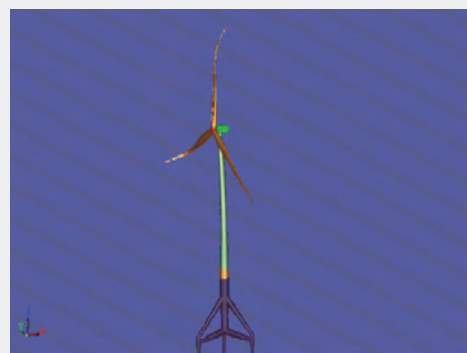
在SWT中构建Repower MW级风机高精度模型，进行传动系统动态载荷计算以及齿轮箱和轴承的设计优化。



ALSTOM选择SWT解决方案

早在2000年，Samcef Wind Turbines的解算器Samcef Mecano就应用于ALSTOM 600KW风机传动系统分析项目中，得到成功验证，并陆续用于若干ALSTOM多兆瓦级的风力发电机分析。

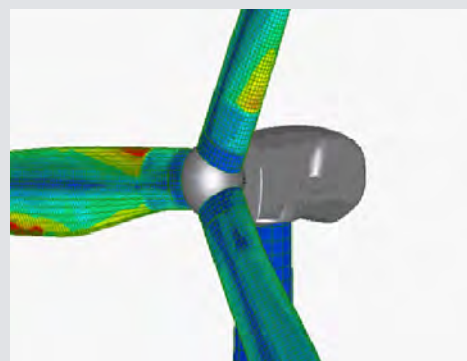
ALSTOM曾深入对比了多个著名的气动弹性载荷计算软件和多体分析软件系统，最终Samcef Wind Turbines以其强大的建模功能（集成复杂机械模型和细节气动弹性风机模型），精确的计算结果，和易于使用等优势胜出。之后的多次风电机组验证和认证工作更加证明了Samcef Wind Turbines软件的数值计算结果的精确和可靠性，这使ALSTOM最终选择Samcef Wind Turbines成为了必然。ALSTOM和LMS SAMTECH的合作还陆续延伸到海上风机仿真和动态阻尼机电一体化系统的验证。



风机认证项目

GE, ALSTOM, MERVENTO, ACCIONA等众多用户使用SWT通过了GL和TUV-Nord认证。另外，LMS SAMTECH也为其SWT用户实施过多种不同MW级风机的认证计算，特别是传动系的认证计算。

认证范围包括：工程认证过程定义、模型建立、设计驱动工况定义、计算和结果评估、部件设计和优化、认证过程中的技术服务。



叶片动态应力分析和疲劳计算

SWT软件中还创造性的提出了复合材料叶片动态应力分析和疲劳热点识别的方法。采用此方法的好处在于在整机环境下，通过空气动力学、结构有限元（复合材料叶片模型）、多体动力学和控制全耦合的方式，考虑各种柔性、非线性因素以及部件之间的耦合效应，输入风况直接获取复合材料叶片各层疲劳热点区域的动态应力，用于叶片疲劳分析，比传统采用简化的叶片梁单元模型先获取动态载荷，再利用叶片部件级模型进行准静态分析获取应力的方法大大提升了叶片应力分析和疲劳分析的精度。目前包括全球最大的风机叶片厂商和复合材料供应商LM、OWENS CORNING(OCV Reinforcements)都用这种方法来做复合材料叶片的设计和分析。

LMS China

北京

北京市朝阳区亚运村汇宾大厦B0716室

邮编: 100101

电话: 010-84973605

传真: 010-64993735

上海

上海市杨浦区大连路500号B楼三层

邮编: 200082

电话: 021-38893105

传真: 021-38894929

广州

广东省广州市海珠区新港东路1068号 中洲中心北塔 1410号

邮编: 510335

电话: 020-89231763

传真: 020-89231226

中文网站: www.lmschina.com

E-mail: info.cn@lmsintl.com



LMS INTERNATIONAL

Researchpark Z1, Interleuvenlaan 68

B-3001 Leuven [Belgium]

T +32 16 384 200 | F +32 16 384 350

info@lmsintl.com | www.lmsintl.com

Worldwide

For the address of your local representative,
please visit www.lmsintl.com/lmsworldwide

LMS, A Siemens Business, 是全球领先的汽车及零部件、航空航天、能源及其它高科技创新制造领域的忠实合作伙伴。作为西门子PLM的一个成员, LMS公司通过领先的机电一体化仿真解决方案、试验解决方案、及工程咨询服务的独特组合, 帮助客户将更好的产品更快地投入市场, 并将卓越的技术和效率转化为其主要竞争优势。历经30余年的技术创新和发展, 迄今, LMS公司在全球已拥有1200多名员工及40个办事机构。我们为超过5000家制造商的100000多名技术研发工程师提供产品和服务。LMS公司现已成为全球500强汽车和航空航天领先制造商共同选择的合作伙伴。

详细信息请访问www.lmschina.com。



A Siemens Business