



流体动力学解决方案
Fluid Solutions



ANSYS CFD Enterprise

ANSYS CFD Premium

ANSYS Chemkin-Pro

ANSYS Model Fuel Library

ANSYS Fensap-Ice



ANSYS 官方微信

Realize Your Product Promise®

随着制造业的发展，投入设计、生产的新技术复杂度日益增加，产品开发阶段需要验证的物理现象的范围正逐步扩大，困难程度也在不断提高。为了充分应对这些挑战，CAE 已经在各行各业中广泛应用。今天，CAE 已经是产品生命周期中不可或缺的一环，尤其是在世界发达国家，CAE 更是在各行各业中被活学活用。

ANSYS 是一家多物理域 CAE 仿真公司，ANSYS 的软件在世界各地的公司和研究机构广泛应用于结构、流体、热、电磁场、压电、声学等

ANSYS

流体仿真

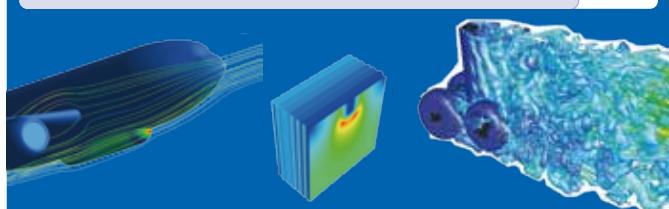
ANSYS CFD Enterprise

流体流动和传热分析软件包



ANSYS CFD Premium

通用流体流动和传热分析



ANSYS Chemkin-Pro

复杂气相反应和表面反应的建模与仿真

ANSYS Model Fuel Library

ANSYS FENSAP-ICE

飞行器结冰和除冰仿真软件

结构仿真

ANSYS Mechanical Enterprise

- 全面的一体化结构分析产品，并具有高级耦合仿真功能
- 集成高效建模、优化等附加模块



ANSYS Mechanical Premium

非线性应力分析、线性动力学仿真



ANSYS Mechanical Pro

通用接触分析、传热、疲劳仿真



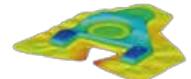
ANSYS DesignSpace

线性结构分析、稳态传热仿真



ANSYS LS-DYNA

跌落、碰撞仿真



ANSYS Autodyn

爆炸、冲击仿真



ANSYS nCode DesignLife

疲劳仿真（振动疲劳、高温疲劳、焊点疲劳等）



前处理器

几何建模工具

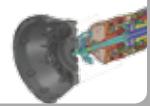
ANSYS DesignModeler

几何建模、编辑工具



ANSYS SpaceClaim Direct Modeler

3D 直接建模工具



ANSYS DesignXplorer

优化工具

ANSYS Customization Suite

客户定制化套件

ANSYS HPC

高性能计算模块

ANSYS EKM

仿真数据管理工具

ANSYS Academic

高校版本

ANSYS Workbench

ANSYS 集成操作环境

物理现象的研究。上述物理现象的组合就是耦合问题，ANSYS 软件能够根据不同的设计目的来灵活地实现这样的耦合仿真。ANSYS 提供了名为 ANSYS Workbench 的集成环境，它把前后处理器和各个领域的求解器集成在其中，用户可以在统一的环境下运行多物理域仿真分析，这是 ANSYS 的一大优势。

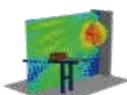
在日趋激烈的市场竞争下，产品开发需要先进的技术和知识。借助 ANSYS 的仿真优势，您可以事半功倍地开发具有竞争力的产品。

产品组成

电子设计工具

ANSYS HFSS

三维高频结构电磁场仿真



HFSS-IE Solver, HFSS-TR Solver

ANSYS Savant (HFSS SBR+ Solver)

电大载体天线布局仿真



ANSYS Maxwell 3D

二维 / 三维低频电磁场仿真



Maxwell 2D, 3D QS, 3D with Emag

ANSYS SIwave

封装与 PCB 整版的
SI/PI/EMI 仿真设计工具

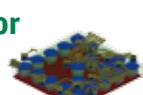


SIwave DC, PI ; PSI Option

ANSYS Q3D Extractor

二维 / 三维寄生参数抽取工具

2D Extractor Option



热流体分析套件

ANSYS Icepak

电子系统散热设计仿真



电路 — 系 统

ANSYS RF/SI Option (ANSYS Designer)

电磁场、电路与系统
集成化设计仿真环境



ANSYS EMIT

系统级射频干扰 (RFI) 仿真平台



ANSYS Simplorer

机电系统和电力电子
系统多维多域设计环境



Simplorer Entry, Simplorer Advanced

通用 选 项

ALinks for MCAD

第三方 CAD 工具接口

Electronics HPC

EBU 产品高性能计算选项

Optimetrics

优化设计选项

ALinks for EDA

第三方 EDA 工具接口

Distributed Solve

多参数分布式并行求解选项

SpaceClaim

三维直接建模设计系统

Electronics Desktop

EBU 产品通用前后处理器

DesignXplorer

多域多参数自动优化选项

Pre/Post Processor

前后处理器

专家设计工具

ANSYS RMxprt

旋转电机设计专家工具



ANSYS PEprt

变压器、电感器等
电力电子部件设计工具



芯片功耗、噪声和可靠性仿真设计工具

PowerArtist

芯片 RTL 功耗仿真、优化和设计软体



RedHawk

芯片动态电源完整性仿真与核签工具



Totem

芯片版图级功耗与噪声仿真平台



Sentinel

芯片 / 封装 / 电路板协同设计软体



高安全性嵌入式系统集成开发环境

ANSYS SCADE Suite

基于模型的控制软件建模、验证和自动代码生成环境

ANSYS SCADE Architect

基于 SysML 系统建模语言的系统建模和验证工具

ANSYS Medini Analyze

功能安全分析工具

ANSYS SCADE LifeCycle

系统 / 软件研制生命周期数据生成、
维护与研制流程管理工具

ANSYS SCADE Display

人机交互界面软件建模、验证及自动代码生成环境

ANSYS SCADE Test

模型自动化测试工具

ANSYS 的操作环境

ANSYS 产品的最大的特点之一是，采用统一的操作环境 ANSYS Workbench。

ANSYS Workbench 是多物理学科仿真的完美解决方案。作为新一代的集成操作环境，ANSYS Workbench 把结构、传热、磁场、流体、跌落、冲击等全面的分析功能融为一体，使耦合分析更加灵活、方便。同时，CAD 接口和网格划分等前处理器、优化和数据管理等为提高工作效率的增强功能也被统一在这个集成操作环境中。

利用 ANSYS Workbench 环境，设计人员和分析专家、项目管理者等仿真业务相关的所有人员可以在统一的工作环境中高效协作。

ANSYS Workbench 特征

Workbench

- 从建模、分析网格生成，直到结果评价，提供了统一的 GUI 界面
- 所涉及的几何和网格、分析结果等数据可以在各个分析工具之间高效传递
- 所有的仿真数据可以实现集中管理的数据管理工具、自动网格生成器和优化工具
- 定制化，使工作效率进一步提升



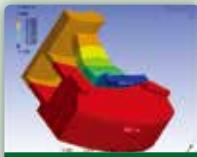
CAD接口



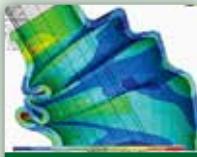
几何建模·修改



网格划分



线性结构分析



非线性结构分析



第三方 CAE模型导入
ANSYS Mechanical APDL



连接分析所涉及全部过程的
综合操作环境
ANSYS Workbench

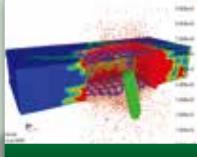
项目窗口(项目管理画面)



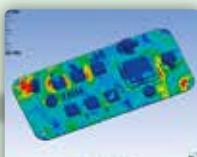
数据管理



优化



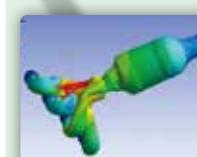
冲击、爆炸分析



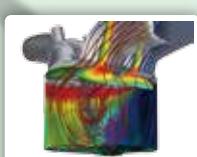
传热分析



电磁场分析



耦合分析



流体分析

集成各项分析功能以提高工作效率

可用的功能会根据您的授权不同而有所不同。

此图标表示该产品可在 ANSYS Workbench 环境中运行。

Workbench

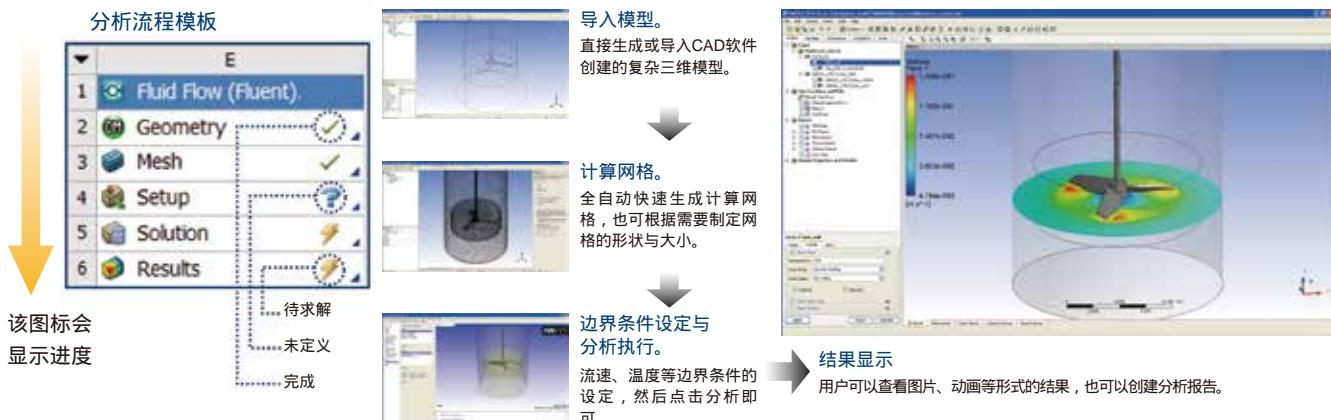
项目管理窗口可集中管理仿真分析过程

ANSYS Workbench 的项目管理窗口由一个工具箱、项目梗概图构成。工具箱包含各种分析流程的模板，也可启动单个具体的工具。项目梗概图显示了分析项目的基本过程与数据要求，可以一目了然地观察各种数据的状态，以及几何、分析结果等数据之间的关系，方便用户先期对项目的流程、数据进行管理。



通过分析过程可以记录分析的流程、设置

工具箱中对每个工作项目中所需输出的数据流已经进行了定义。用户拖动项目梗概图，对弹出的具体的工作项目进行双击即可自动启动该工作项目。进一步，那些“未定义”、“待求解”、“完成”的工作项目会用具体的图标进行标识，方便用户检查工作的遗漏。

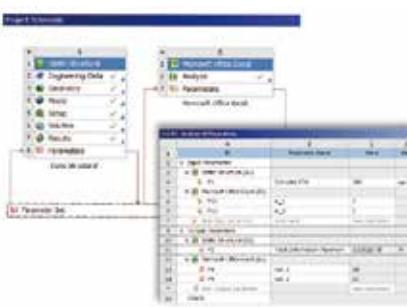
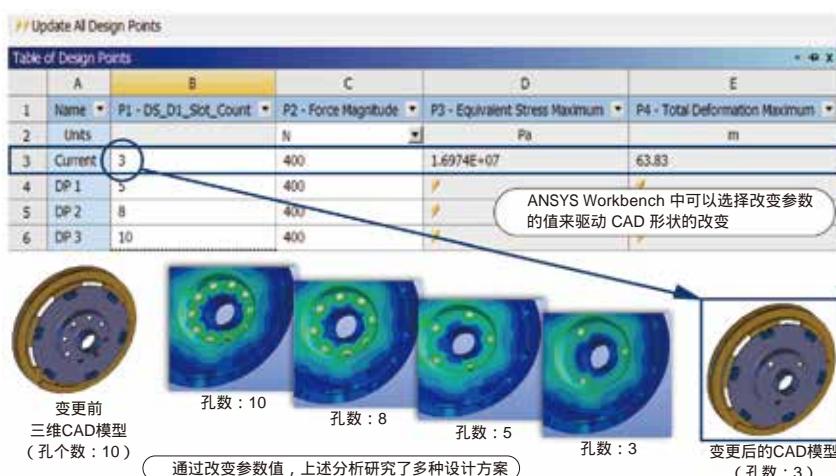


参数分析和外部工具链接可以显著提高分析效率

修改设计尺寸、材料或者边界条件，将这些变量作为参数可进行参数分析。只要改变相关变量值，几何、网格、分析求解都将自动更新，用户可以快速获得分析结果，并根据结果做出合理的判断：究竟哪个设计是最优化的。

如果要进一步缩短分析时间，还可使用高性能分布式处理模块（ANSYS HPC Parametric）。

Workbench 中的参数可以通过 Microsoft Excel 导入。在 Excel 中创建参数，可灵活应用其中的求解、公式编辑等功能。



前处理器

ANSYS Workbench 环境配备了直接和三维几何 CAD 集成的接口，支持接触的自动识别和定义，自动的网格划分器。可让仿真设计人员快速掌握和使用。您也可以非常方便地进行网格划分的设置。

建模

三维 CAD 数据接口

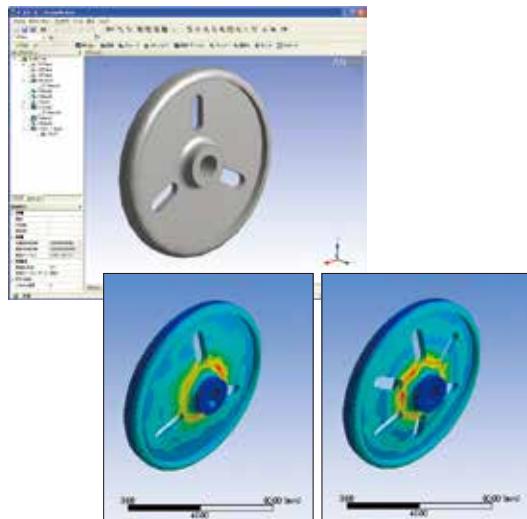
→ 广泛支持三维 CAD 软件

广泛支持三维 CAD 软件。只需增加数据接口，即可与多个 CAD 软件连接。

→ CAD 模型的形状变化可即时反映到分析中

对于三维 CAD 软件如果安装接口插件，可立即将 CAD 模型的形状变化反映到分析中。

也可以使用在 CAD 上设定的参数进行参数化分析。部分 CAD 除外。



主流 CAD 软件	版本
ACIS	2016 1.0
Autodesk AutoCAD	2016
Autodesk Inventor	2016
CATIA V4, V5, V6	4.2.4, V5-6R2015, R2014x
Creo Parametric	3.0
GAMBIT	2.4.6
IGES	4.0, 5.2, 5.3
JT	10.0
NX	10.0
Parasolid	27
Rhinoceros	V5.020
SketchUp	V2014
Solid Edge	ST8
SolidWorks	2015
STEP	AP203, AP214

嵌入式环境	版本
AutoCAD	2014, 2013
Autodesk Inventor	2016, 2015
CATIA V5 - (CAD Nexus CAPRI CAE Gateway V3.21.0)	V5-6R2013, V5-6R2014, V5-6R2015
Creo Elements/Direct Modeling	19, 18.1
Creo Parametric	3.0, 2.0, Wildfire 5.0
NX	10.0, 9.0, 8.5
Solid Edge	ST8, ST7
SolidWorks	2016, 2015
SpaceClaim	2015
TeamCenter	Unified 10.1.0.1 with NX 8.5.2 MP1, NX 9.0

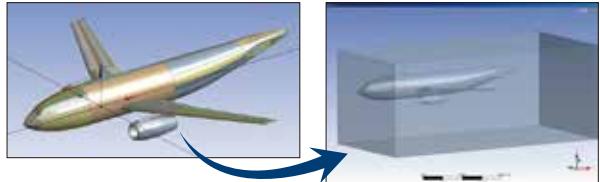
- 数据截止到 2016 年 3 月。请联系 ANSYS 获取最新的 CAD 接口支持版本信息。
- 根据不同的操作系统，相应支持的 CAD 也有所不同，请提前联系 ANSYS 询问具体情况。

三维建模模块 (ANSYS DesignModeler / ANSYS SpaceClaim Direct Modeler)

Workbench

Option

如果用户没有专业的 CAD 工具，可以通过 ANSYS DesignModeler 或者 ANSYS Spaceclaim Direct Modeler 来创建一个三维模型。DesignModeler 还可以用于处理、修改三维 CAD 软件生成的模型，使其适合于分析计算。



主要功能

→ 面的分割 → 从实体模型中抽取中面
作为设置载荷、约束的作用面，
或是流体分析的边界条件。

用于薄板模型分析的有效功能。

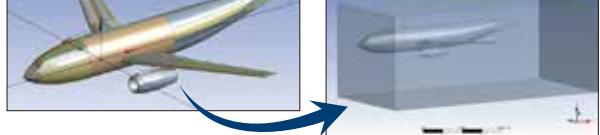
→ 创建梁单元 → 节点共享网格生成
创建线后，可从模板中选择相应的
横截面形状创建。

可创建装配体共享节点模型。

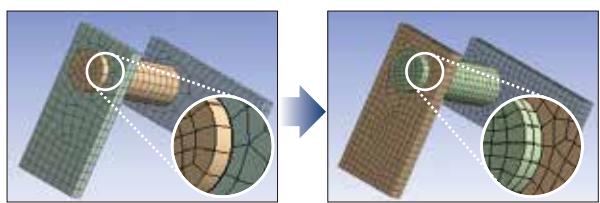
→ 求解域 (创建气体、液体区域)
创建流体分析、电磁场分析中所需的流体区域。

ANSYS DesignModeler 可直接建立或通过 ANSYS SpaceClaim
Direct Modeler 创建 Workbench 分析所需要的流体域。

→ 表面修补
可对破坏的表面模型进行修补。



导入三维CAD模型创建流体域



节点共享网格的生成

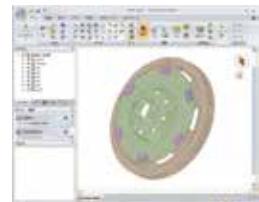
产品线

→ ANSYS DesignModeler

全参数实体化模型生成工具。可以输出 Parasolid 文件，也可生成供 ANSYS 使用的中间文件 (anf 文件)。

→ ANSYS SpaceClaim Direct Modeler

具有简洁直观界面的直接建模工具。可以设定模型的尺寸，也可以根据需要进行参数化设计。



→ 电子散热分析工具 ANSYS Icepak 模型输出
三维 CAD 模型简化成为适合电子散热分析的模型输出给
ANSYS Icepak。
ANSYS Design Modeler 对应功能

→ 面数据的修改和编辑
此功能有助于从 STL 文件创建分析模型。
只支持 ANSYS SpaceClaim Direct Modeler，需要可选授权。

此图标表示该产品可在 ANSYS Workbench
环境中运行。

Workbench

网格剖分功能

Workbench

自动化的网格生成、接触定义

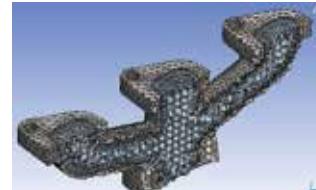
一般情况下，可以自动生成原先需要专业知识才能获得的复杂网格，并且，软件会自动检测三维 CAD 装配模型中的接触区域。特别地，软件适合大规模模型的处理。

自动化定义大规模装配模型的接触

大规模装配模型的手工接触定义需要大量的时间，而且容易出错。ANSYS Workbench 会自动定义全部接触区域，而且可以自动生成网格。设计人员只需设计模型，直接评价仿真结果即可。



进气歧管被全部划分为带边界层的六面体网格



自动生成结构与流体部分的网格

网格控制

用户可以控制必要细节处的网格尺寸和网格生成方法以得到更加精确的结果。

→ 形状简化

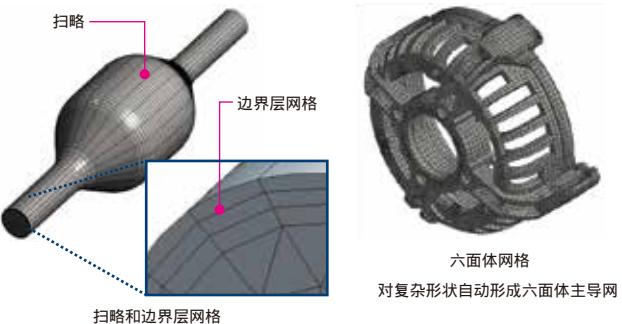
删除不必要的特征，如非常小尺寸的元件，可修改该模型的拓扑结构。



简化的虚拟拓扑形状（仅改变微小的特征）

→ 壳单元、梁单元生成

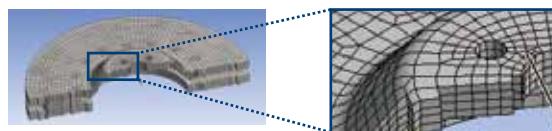
几何之间的间隙可以在产生网格时自动填充。



扫略和边界层网格 对复杂形状自动形成六面体主导网

→ 多种类型的网格

可以生成多种类型的网格，如四面体、六面体、三棱柱、金字塔、扫略网格、边界层和六面体主导的网格。



Multizone 网格 即使对复杂的形状亦可自动生成复杂的六面体网格。

→ 网格尺寸控制

可以指定顶点、边、面、几何体区域内的网格大小。

→ 接触调整

可以对采用四面体划分网格的固体之间的节点进行调整。

→ 装配体网格

自动确定装配体所包围的封闭空间所构成的流体区域并快速生成流体区域和固体部件的网格。

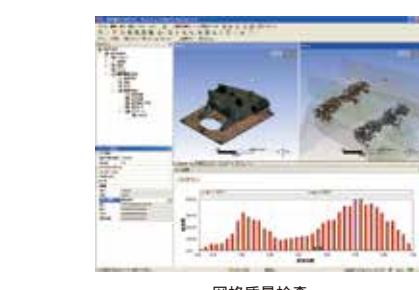


结构 流体区域 整体网格

网格转换·网格检查

→ 第三方工具创建的有限元模型的转换

ANSYS Mechanical APDL (旧的操作界面 Classic) 环境创建的模型、以及 NASTRAN、ABAQUS 生成的有限元模型可以转化为 ANSYS Workbench 所兼容的格式。ANSYS Workbench 中生成的模型也可导出至上述的这些环境。



网格质量检查

→ 网格检查工具

可以检查网格的长宽比、雅各比比率、扭斜度等网格质量标准。

ANSYS ICEM CFD

ANSYS ICEM CFD 是可以针对流体，结构及电磁场分析的多功能、高性能网格划分工具。它不仅可以提供从 CAD 到网格求解这个过程中所需的快速网格划分和网格编辑工具。同时 ICEM 可以直接连接各种 CAD 软件，通过简化分析对象的形状，混合网格的划分和编辑，条件设置和后处理（可选），是缩短用户网格划分时间的必要工具。

→ 缩短模型的准备时间

- 直接导入主流 CAD 数据
- 大量的形状修改、简化功能
- 强大的中面抽取功能
- 简洁的模型演示界面

→ 减少网格生成的时间，自动生成合适的网格

- 不受间隙和微小变形影响的四面体 / 六面体网格
- 使用多个 CPU 生成网格
- 参数化的六面体网格
- 功能强大的二维网格

→ 简便的网格质量改善

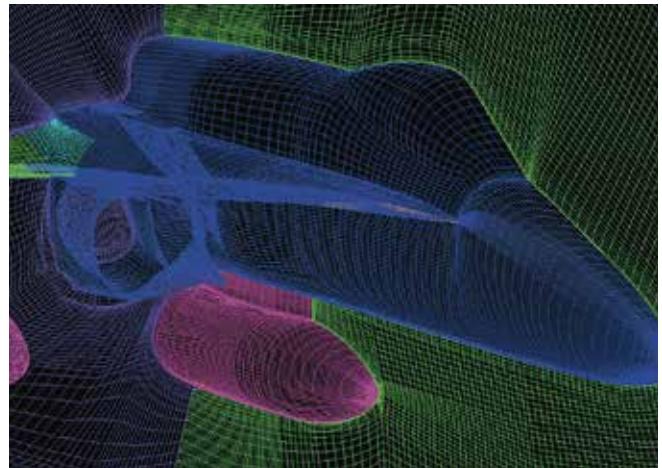
- 大范围的网格诊断
- 可交互式操作的网格质量柱状图
- 颜色标识的网格质量与区域网格质量编辑
- 自动网格粗化和光顺

→ 简单的模型设置

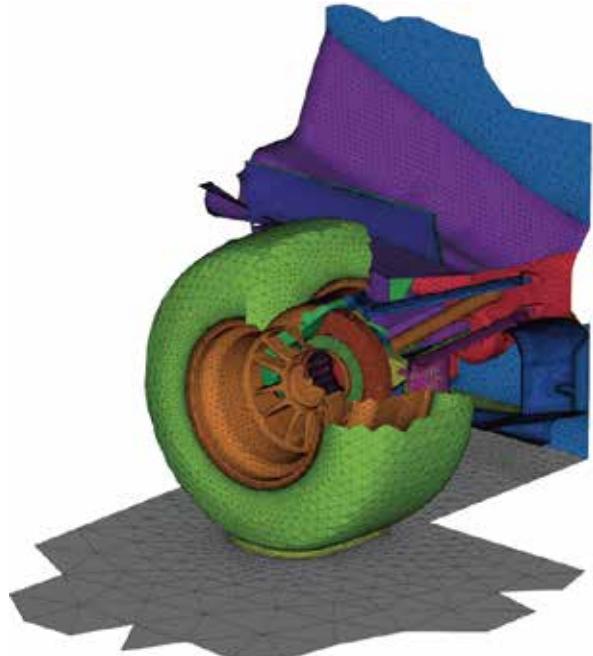
- 载荷，约束，物理支持
- 各种 CAE 软件格式文件的导入导出，如 ANSYS 结构分析产品系列、ANSYS LS-DYNA、Nastran、ABAQUS 等

→ 求解器的支持

- 对应 ANSYS CFX、ANSYS Fluent、STAR-CD 等 100 种以上的 CFD/CAE 求解器

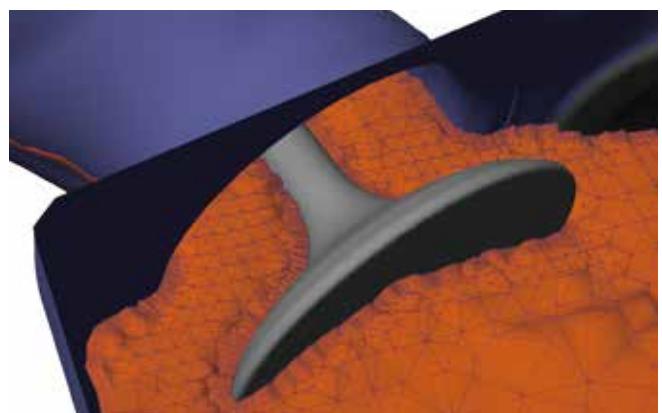


资料提供：SCSC 公司



可直接支持的 CAD 界面	
Creo Parametric	Autodesk Inventor
Solid Edge	SolidWorks
NX	

对应的求解器	
ANSYS	ANSYS CFX
ANSYS Fluent	ANSYS LS-DYNA 3D
ANSYS Polyflow	CFD++
AUTOCFD	FIELDVIEW
CFX-4	SC / Tetra
IBM_bem	STAR-CD
PHOENICS	STAR-CCM+
SCRYU	VULCAN
TGrid	其他



资料提供：BMW AG 公司

ANSYS Fluent Meshing

ANSYS Fluent Meshing (原 TGrid) 是专业的 CFD 网格生成工具，且已完全融入 ANSYS Fluent 的环境。用户可以在 ANSYS Fluent 的环境中实现完整的网格生成、设置、求解、后处理等 CFD 分析全过程。ANSYS Fluent Meshing 适用于非常复杂的几何模型。它可以在复杂和非常庞大的表面网格上快速生成非结构化的四面体网格以及六面体核心网格。

Fluent Meshing 提供稳健、快速的边界层网格生成工具，它包含冲突检测和尖角处理等复杂情况的自动处理功能。Fluent Meshing 最新的表面网格包裹功能，可以在复杂的几何表面上生成高质量的、基于尺寸函数的连续三角化表面网格。Fluent Meshing 方便的网格质量诊断工具使得对网格大小和质量的检查非常简单。另外，它支持并列处理，可以快速生成网格。

它还内置手动、自动两种网格质量编辑功能，可快速对大模型进行网格修复，获得高质量的网格。Fluent Meshing 的健壮性及自动化算法节省了前处理时间，提高了使用 ANSYS FLUENT 软件进行计算流体动力学分析的效率。

→ 表面网格操作

- 单独 / 批量对网格节点进行删除、复制等操作
- 检查和高亮标记差质量网格
- 基于节点创建面网格、删除、移动、划分、合并、光顺、交换等节点操作
- 边界划分、周期边界创建

→ 棱镜 / 金字塔网格的生成

- 通过指定初始高度、层数、增长率来生成棱镜层。
- 通过使变形降至最低的节点配置来生成金字塔层。

→ 三角形和四面体网格生成

- 自动生成网格
- 光顺、交换、移动节点、删除小块区域改善网格质量

→ HexCore 混合网格生成

- 完全自动化生成的由核心正交网格与四面体网格组成的混合不连续网格
- 可以控制核心正交网格的密度

→ 直接生成多面体网格

- 自动生成网格
- 与在 Fluent 求解器内转换相比，速度更快，而且可以减少内存使用。

→ 切割网格

- 正交网格的生成
- 按照模型的形状生成混合网格
- 可以添加边界层网格

→ 界面

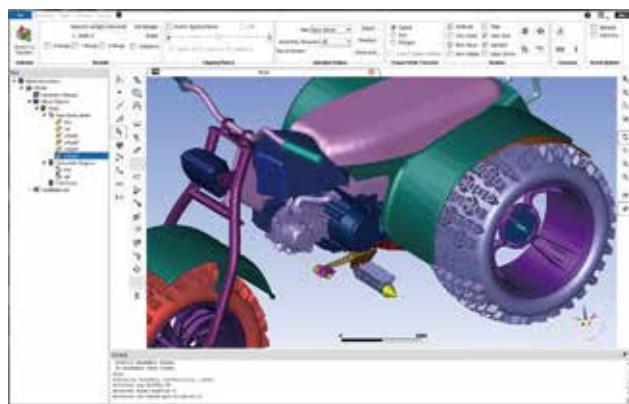
- 与 ANSYS Fluent 操作环境相同
- 数据直接进入 ANSYS Fluent
- 方便简洁的 GUI 和基于文本的界面
- 通过日志记录功能实现自动化
- 网格导入 / 导出

→ 网格

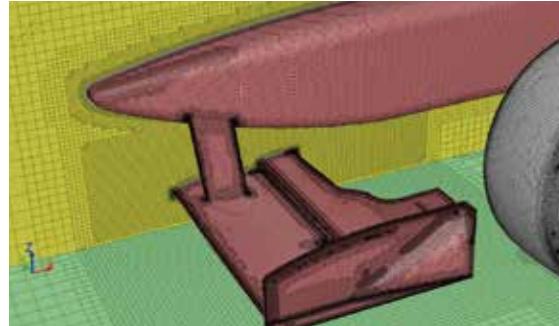
可对应各种 CAD 以及网格形式的输入。

输入

ANSYS 产品格式	.agdb, .meshdat, .mechdat (Workbench), .tin (ICEM CFD), .dbs (Gambit), .scdoc (SpaceClaim)
通用 CAD 格式	IGES, STEP,
CAD 格式	Autodesk Inventor, Catia V4, Catia V5, CATIA V6, Creo Parametric, JT Open, NX, SolidWorks
自有格式	PMDB (Part Manager Data Base)
网格文件	ANSYS, NASTRAN, PATRAN, I-DEAS, CGNS, FIDAP, GAMBIT, Hypermesh, STL



ANSYS Fluent Meshing 的 GUI (内置于 ANSYS Fluent 的环境之下)



F1 赛车边界层网格剖分与车身气动性能分析



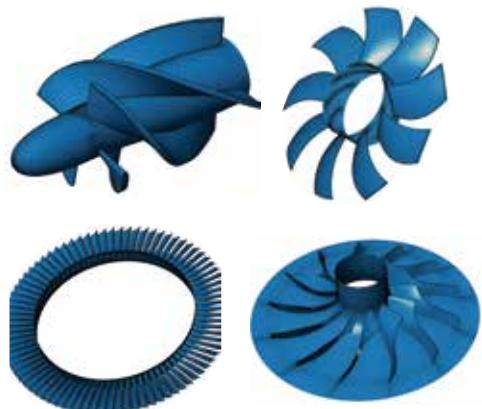
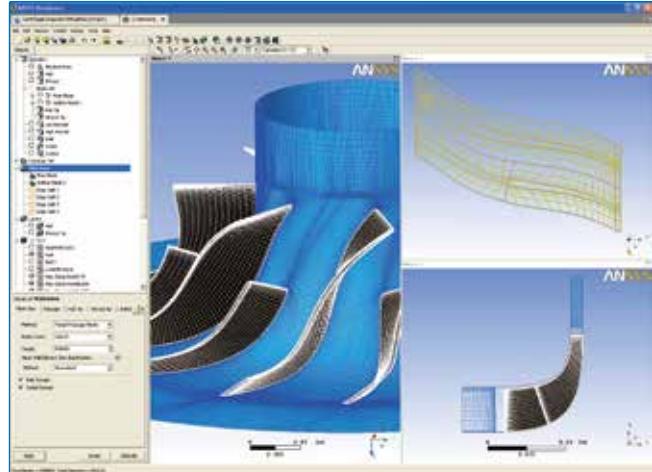
基于 Wrapper 技术快速生成发动机舱、驾驶舱的网格剖分

ANSYS TurboGrid

要完成高质量流体动力学分析，工程师需要高质量的网格。ANSYS TurboGrid 软件为旋转机械设计师和分析师提供了专用于叶片流道的网格划分工具。它可以快速生成旋转机械流体动力学分析所需要的高质量的六面体网格，保证仿真计算的精度。

→ 特点

ANSYS TurboGrid 从叶片设计软件，如 ANSYS BladeModeler 软件中读入几何。在现代化的用户界面中，选择适用于特定叶片设计的拓扑。软件所集成的网格拓扑可确保在用户输入最小的情况下得到最优化的网格。这个相同的拓扑可自动使用在多个变化的设计方案上，以确保网格的一致性。当评估不同设计的性能差异时，这种一致的网格对减少网格相关性非常关键。

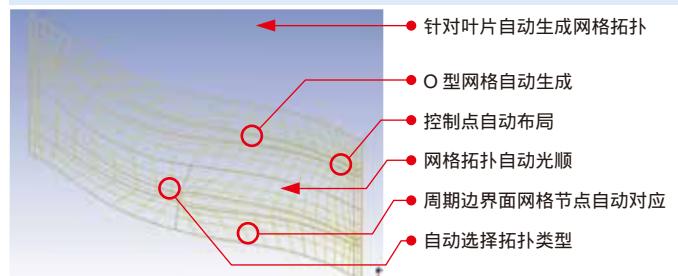


ANSYS TurboGrid 生成的网格

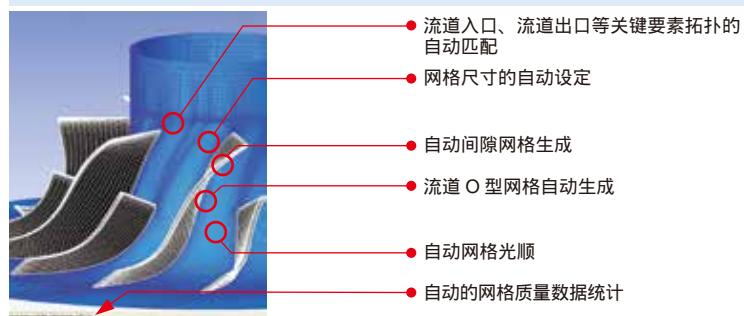
→ 网格自动化生成

三维直角坐标、叶片间流道、子午面网格展示

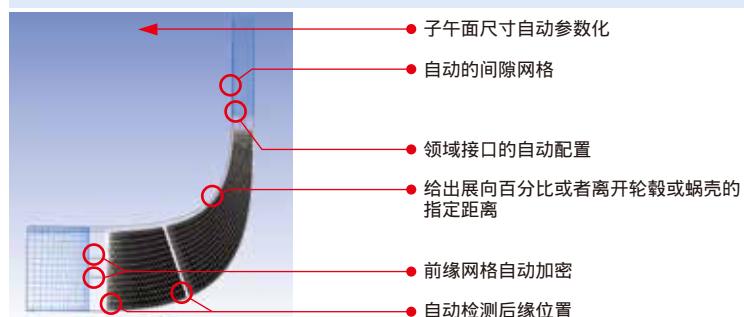
叶片间流道



三维直角坐标



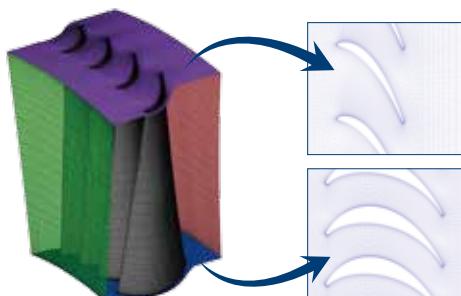
子午面显示



→ 自动拓扑和网格生成功能

ATM(Automatic Topology and Mesh) method

高品质的网格生成。自动生成的拓扑结构可详细地描述前缘、后缘的形状。



→ 在 ANSYS Workbench 中进行参数化的网格研究

用户可以自动化地进行网格无关性研究

各种分析功能

ANSYS Fluent

通用流体动力学分析工具

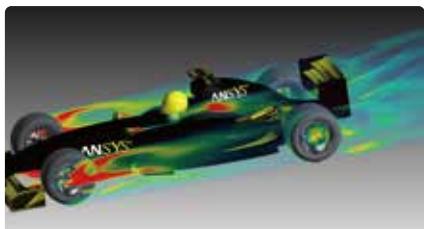
Workbench

ANSYS Fluent 是全球排名第一的通用流体动力学 (CFD) 商业软件。从 CFD 的初学者到专家都可以放心使用。

ANSYS Fluent 可以独立运行，也可以集成在 ANSYS Workbench 中运行（参考第 3 页）。利用 ANSYS Workbench，Fluent 可与其它 CAE 软件方便地交互数据、进行结构优化分析、执行流固耦合分析。

应用实例

● 汽车



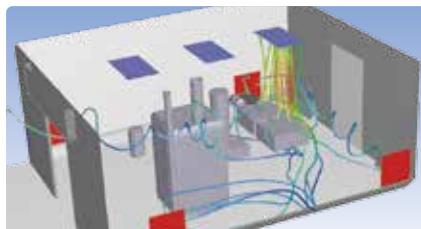
赛车车身周围的流动

● 航空航天



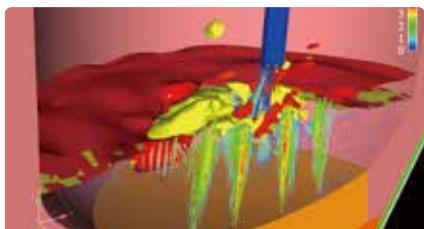
多面体网格

● 建筑·空调



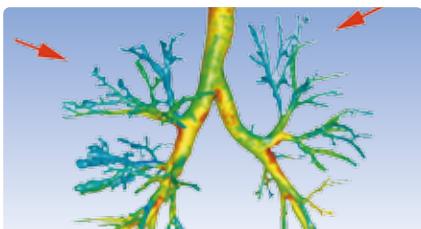
医药胶囊包装车间

● 冶金



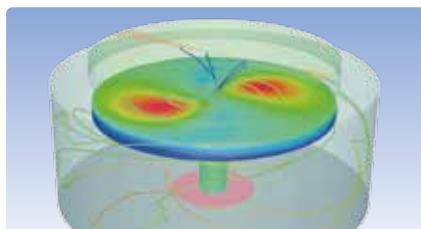
熔融金属（黄色）和熔渣（红色）的自由表面

● 生物医学



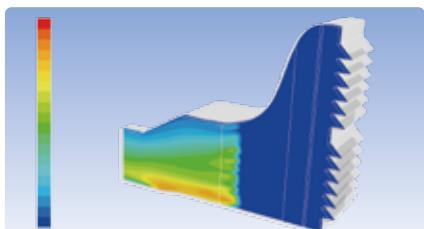
囊性纤维化患者的气道

● 半导体



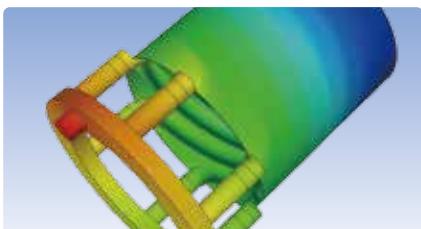
CVD 表面反应

● 涡轮机械



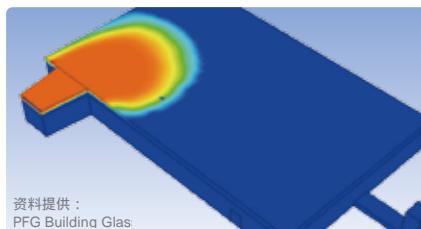
燃气轮机喷雾冷却装置的水蒸气质量分数

● 聚合物



圆柱形的模具

● 玻璃

资料提供：
PFG Building Glas

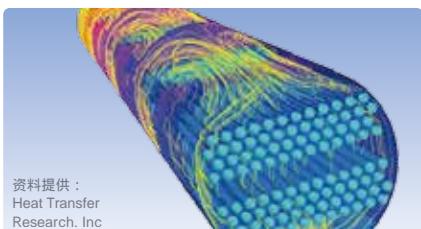
玻璃熔融炉内的流动

● 石油·天然气



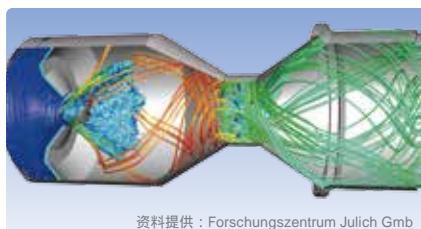
空气、油、水三相自由界面分析

● 化工

资料提供：
Heat Transfer
Research, Inc.

管壳式换热器内的流线和温度分布

● 电力·环保



资料提供：Forschungszentrum Jülich GmbH

ATR-7 混合室

功能

数值分析和相关功能

- 二维平面、二维轴对称、带旋流的二维轴对称、三维流动分析
- 稳态 / 瞬态流动
- 网格创建
 - 通用的非结构化网格求解器，亦可使用多面体网格。
- 求解器
 - 基于压力的求解器（分离式、耦合式）和基于密度的求解器（隐式算法、显式算法）。多种求解器支持求解大范围马赫数内的流动。
- 对流项离散格式
 - 一阶 / 二阶迎风格式、三阶精度 MUSCL 格式、乘方格式、QUICK、中心差分格式（LES 使用）
- 并行计算
 - 超过 129,000 核的并行支持。
- 网格自适应
- 惯性或非惯性坐标系
- 多个参考坐标系统和滑动网格
- 连接界面模型（运动模型的相互作用）
- 移动变形网格（图1）
 - 内置移动网格功能，可根据需要选择多种网格移动变形模式。因此，可以灵活应对流体计算中出现的非常复杂的形状变化。可通过用户自定义程序（UDF）便捷定义刚体的六自由度运动。

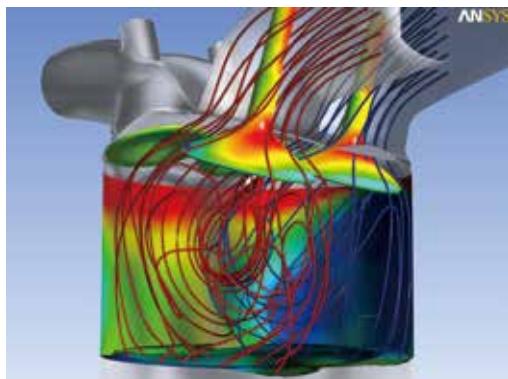


图1 采用动网格技术模拟内燃机燃烧过程

→ 流固耦合分析（图2）

可在 Workbench 环境下轻松实现与 ANSYS Mechanical () 的单向或双向耦合计算。

- () ANSYS Mechanical Pro 及以上版本可进行单向耦合计算；
ANSYS Mechanical Enterprise 可进行双向耦合计算。

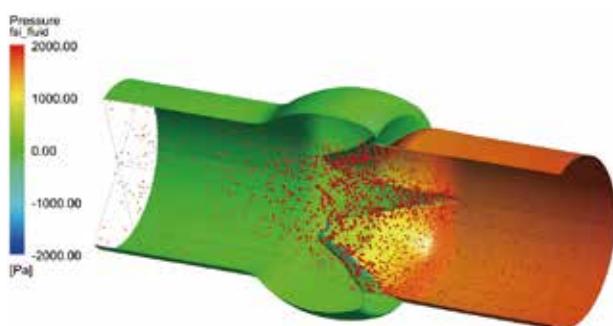


图2 采用流固双向耦合模拟血管瓣膜血液流动

此图标表示该产品可在 ANSYS Workbench
环境中运行。

Workbench

→ 电磁 - 热耦合计算

可在 Workbench 环境下轻松实现与 ANSYS Maxwell 的单向或者双向耦合计算。

→ 网格的变形功能

→ 重叠网格 (Overset Mesh) (图3)

在背景网格上配置单元网格。

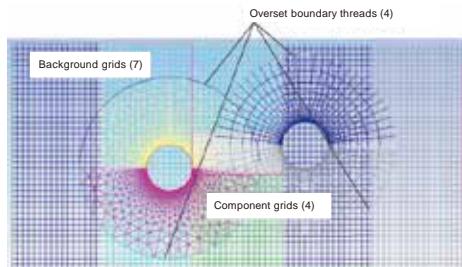


图3 重叠网格 (Overset Mesh)

物理模型和物理属性

→ 无粘流、层流、湍流

主要的湍流模型包括 Spalart-Allmaras、Standard/RNG/Realizable k-epsilon、Standard/SST k-Omega、V2F、RSM、Transition k-kl-omega、Transition SST、SAS、LES (各种 SGS 模型)、DES 以及多种低雷诺数湍流模型。软件还内置了多种近壁面流动的处理方法。

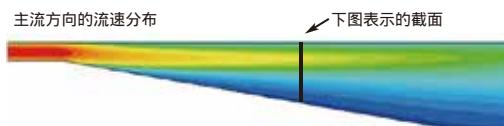


图4 用 V2F 湍流模型进行分析的实例

→ 牛顿流体、非牛顿流体

→ 强制 / 自然对流、共轭换热、辐射传热

辐射计算内置了六种模型。特别地，通用性极强的 Discrete Ordinates 模型，可以求解复杂的辐射传递过程，如镜面反射、透射、界面折射、散射以及非灰体的辐射。需要提及的是，大规模分析时可借助于 ANSYS Fluent 卓越的并行计算能力降低分析时间。

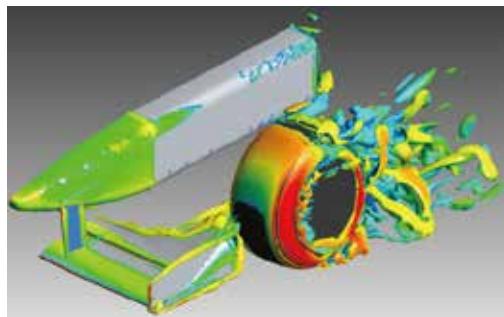


图5 用 SAS 模拟的F1赛车车轮的尾流结构

→ 多组份混合、燃烧和化学反应

软件包含多种专门用于处理复杂化学反应 (燃烧) 的稳定求解器。同时，内置多种化学反应模型，如 EDC、EDM、PDF、Laminar Finite-Rate、Composition PDF、Premixed Combustion (Zimont/Peters)、Partially Premixed Combustion 模型。软件亦可直接导入 CHEMKIN 格式的反应和物性数据库 (图6)。

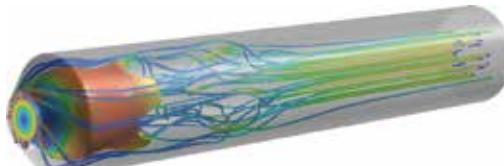


图6 采用 ANSYS Fluent 耦合 CHEMKIN-CFD 进行的
燃气轮机燃烧分析

→ 自由表面流 / 多相流、基于拉格朗日方法的离散相模型

内置多种多相流模型处理不同的多相混合输运问题。多相流模型可支持可压缩介质、亦可支持三相以上的复杂多相流系统。另外，对于自由表面流，软件提供了高解析度的跟踪技术。

- 离散单元法
基于离散单元法 (DEM) 求解颗粒相运动。
- 液膜模型
- 空化模型
- 相变模型 凝固 / 融化模型
- 多孔介质模型及各向异性的阻力模型。
考虑传热时可支持局部热平衡模型与局部热不平衡模型。
- 以风扇、散热器、热交换器为对象集总参数模型
- 面向旋转机械的各种相关功能
- 噪声模型
包含几乎所有声学分析功能：直接计算方法 (CAA)、声类比方法 (FW-H)、宽频噪声源模型、与专业声学软件的耦合功能。
- 物性数据库
- 电场模型
对电化学反应进行仿真时可以考虑静电力和电荷。

数据接口和自定义程序

- 网格数据导入
可从主流的网格生成软件直接导入网格数据。
- 后处理数据接口
可将结果输出至 Tecplot、Ensight 等主流的结果可视化软件中进行处理。
- 用户定义的方程式
- 质量、运动量、热、物质的体积源项
- 用户自定义程序 (UDF) 开发
基于 C 语言的灵活的二次代码开发。
- 附加模块
燃料电池模块 (PEMFC、SOFC)、磁流体模块 (MHD)、连续纤维模型、相群平衡模型 (PBM)、电池模型、伴随求解器等各个模块。

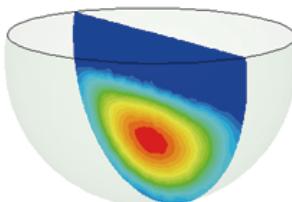
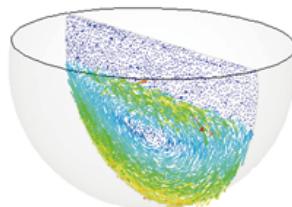


图7 采用 MHD 模块计算电流密度矢量 (上) 和磁通密度的分布 (下)

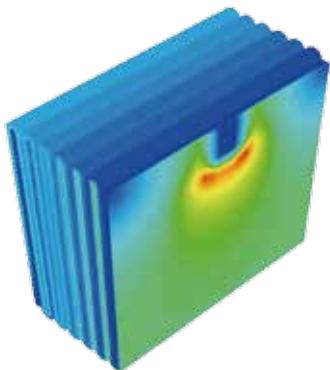


图8 采用 Fluent Battery Model 计算锂离子电池的电流密度

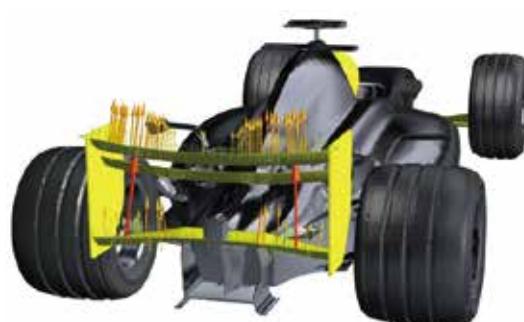


图9 采用伴随矩阵求解器修改尾翼的设计，增大下压力

此图标表示该产品可在 ANSYS Workbench
环境中运行。

Workbench

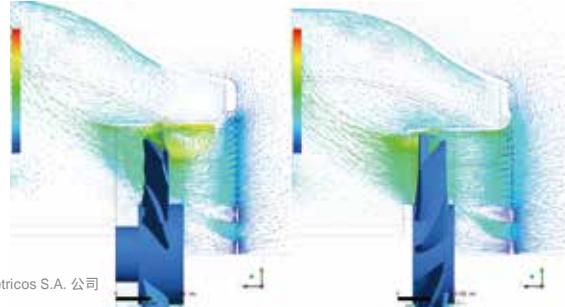
ANSYS CFX

流体动力学解决方案

Workbench

20 年以上服务全球领先企业的历史。特别地，CFX 在旋转机械和多相流所涉及的工程领域获得了巨大的声誉。

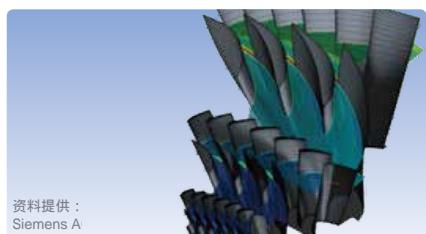
ANSYS CFX 还充分利用多物理场的功能优势，可以快速、稳健地提供可靠精确的解决方案。



资料提供：WEG Equipamentos Eletricos S.A. 公司

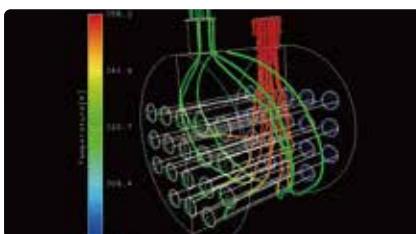
应用实例

● 旋转机械

资料提供：
Siemens A

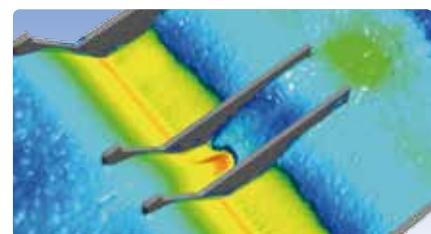
汽轮机内的非平衡凝结流动

● 化工过程

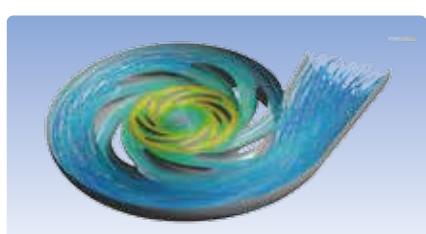


管壳式换热器内部流场

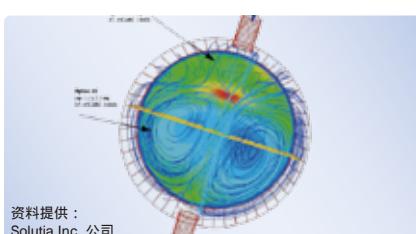
● 建筑·空调



大坝开闸过程中的自由表面跟踪



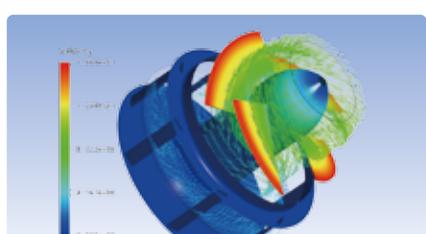
高压增压泵叶轮、壳体内的流场

资料提供：
Solutia Inc. 公司

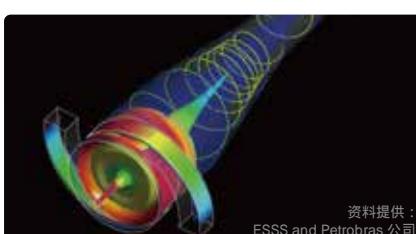
气液接触反应器内流场



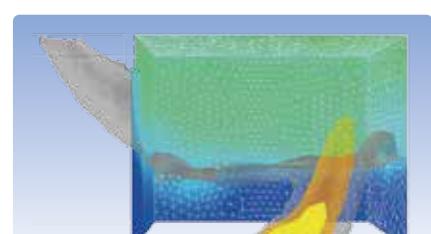
烟雾在楼梯间内的扩散



熔融金属（黄色）和熔渣（红色）的自由表面

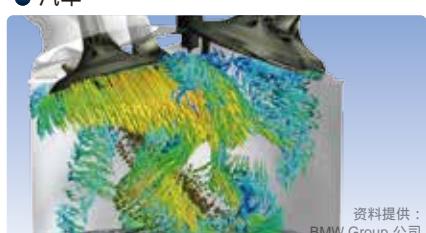
资料提供：
ESSS and Petrobras 公司

水力旋流器

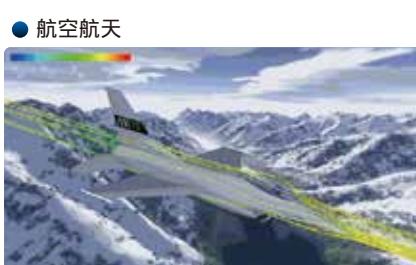


火灾控制

● 汽车

资料提供：
BMW Group 公司

冲程发动机燃油喷射的模拟



飞机周围的气流分布



自由界面流动下的船体晃动分析

● 石油·天然气

资料提供：
EMT R 公司

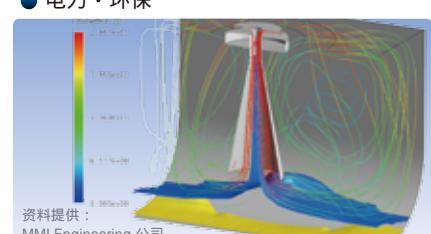
作用在海洋平台上的风与波浪载荷

● 生物医学

资料提供：
三重中央医疗
中心

动脉瘤支架

● 电力·环保

资料提供：
MMI Engineering 公司

生物反应器表面曝气装置

功能

数值解析和相关功能

→ 二维平面流动、三维流动

→ 定常 / 非定常流

→ 网格支持

支持一般的非结构化网格。使用基于节点的离散化方法，使普通网格具备与多面体网格一样的优点。

→ 求解器

基于压力的耦合求解器与代数多重网格的组合是 CFX 求解器最大的特征。与其它方法相比，求解器的鲁棒性及其对低质量网格的兼容性，使得 CFX 在大规模复杂问题分析时显现出了明显的优势。因为是单一求解器，CFX 的所有物理模型都与求解器兼容。软件也内置了六自由度刚体解算器。

→ 差分格式

一阶 / 二阶以及混合阶迎风格式，有界高分辨率差分格式。

→ 并行计算

→ 网格适应（自适应网格）

→ 移动变形网格

→ 重叠网格技术

→ 流固耦合计算

可以在 ANSYS Workbench 环境下进行 ANSYS Mechanical 联合求解（参考第 20 页），还可以在 ANSYS Workbench 环境下用系统耦合功能进行耦合分析。此外，由统一的供应商提供所有的软件，对于用户来说是一个很大的优点，方便用户完成各项工作。

物理模型和物性

→ 层流、湍流

配备了与 ANSYS Fluent 同样的大量湍流模型和近壁面流动的处理方法。

→ 牛顿流体、非牛顿流体

→ 强制 / 自然对流、共轭换热、辐射传热

→ 多组分混合、燃烧和化学反应

→ 自由表面流 / 多相流、基于拉格朗日方法的离散相模型

有丰富的模型。数值求解稳定（体积分数方程也可置于耦合求解的框架之下）。对于必须了解气泡直径分布的问题，MUSIG 提供了非常独特并且有效的方法。此外，也可求解常见的空化问题。

→ 相变模型

→ 多孔介质模型可解释各向异性的阻力模型。

→ 风扇、散热器等设备的集总模型

→ 旋转机械

专用的前后处理功能模块、针对旋转机械进行特别优化的高鲁棒性求解器（多级、非轴对称流动、多个扰动）相关的模型与功能（湍流模型、动静叶干扰（ ）蒸汽物性、流固耦合、周期性波动监视器）

（ ）TBR（ Transient Blade Row ）功能可在短时间内分析瞬态叶片干扰
问题。

→ 噪声模型

直接计算方法（CAA）与专业的声学软件耦合的功能、基于单个风扇的稳态流场解的 Lawson 模型。

→ 物性

内置国际标准 IAPWS - IF97 的水和水蒸汽物性数据。

→ 可计算流体 - 固体间热移动的多孔模型

此图标表示该产品可在 ANSYS Workbench
环境中运行。

Workbench

数据接口和自定义程序

→ 操作环境

可单独运行 CFX，也能够在 ANSYS Workbench 集成环境下运行。在 Workbench 环境下，可与 ANSYS 其它 CAE 产品轻松实现数据共享，进行优化、流固耦合分析。

→ 网格数据导入

可从主流的网格生成软件直接导入网格数据。

→ 后处理数据接口

可将结果输出至 Tecplot、Ensight 等主流的结果可视化软件中进行处理。

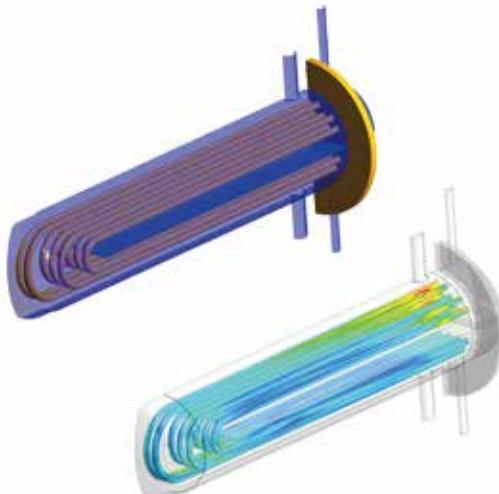
→ 用户自定义程序开发

与位置、时间等相关的物理特性、初始条件等的定义。可以在图形界面中以简单的公式直接设定，且可图形化检查，使用户可以轻松实现。

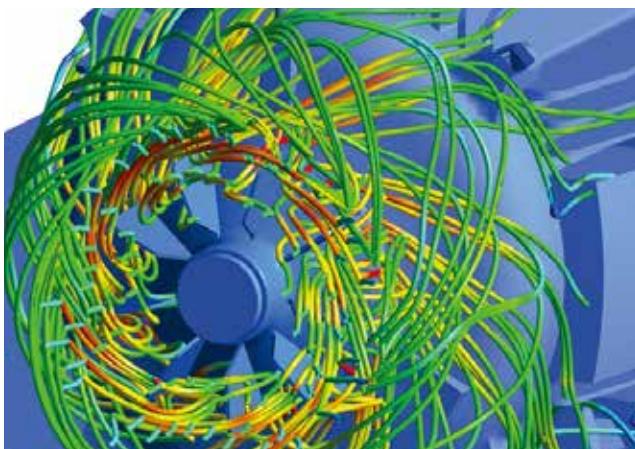
→ 质量、动量、能量、化学组分方程体积源项的用户自

→ 定义 FORTRAN 程序

基于 FORTRAN 语言的源代码，降低用户二次开发的难度。

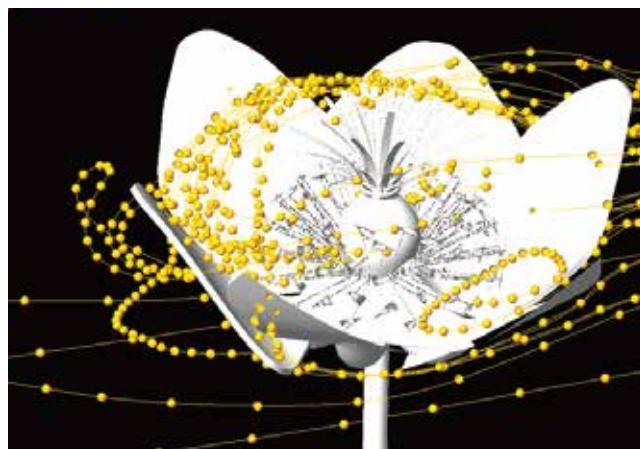
各种
分析
功能

热交换器内的传热分析



电机热分析

资料提供：WEG Motors 公司



猕猴桃花粉的扩散

资料提供：University of Canterbury 公司

ANSYS Polyflow 是基于有限元法的粘性、粘弹性流体动力学分析软件。Polyflow 提供了一个易用性的通用求解环境，将丰富求解功能集于一身，使得用户能够灵活、准确地进行成型模拟。它适用于塑料、树脂等高分子材料的挤出成型、吹塑成型、拉丝、层流混合、涂层过程中的流动、传热及化学反应问题。另外也可用于模拟聚合物的流动问题。

应用领域

- 模具设计 → 压缩成形
- 挤出成型 → 纤维成型
- 发泡挤出 → 薄膜成型
- 吹塑成型 → 螺杆挤出机
(1轴、2轴、多轴)
- 热成型 → 玻璃熔融成型
- 真空成型



挤出物与口模形状
被计算的模唇形状（蓝色）



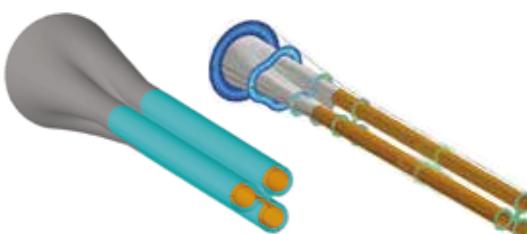
模具挤出的压力分布



瓶子的吹塑成型分析



泡沫材料的反向挤压（颜色表示气泡半径）



（左）自由表面和涂覆材料的厚度分布（右）速度分布



3层共挤出片材
(三维自由表面和界面同时得到)

功能

数值分析与相关功能

- 2-D、2.5-D、2-D 轴对称、2-D 旋转轴对称、3-D、3-D 薄壳、
2-D 薄膜
- 稳态分析、瞬态分析及演化分析
- 求解器
 - 有限元法
 - 具备温度或坐标分离选项的多功能求解器
- 并行计算
- 自由表面
 - ALE (任意拉格朗日欧拉有限元法) 方法，使用变形网格的自由表面模型、内部界面模型
 - VOF (流体体积) 方法、用固定网格生成的单向自由表面流体
- 检测流体与固体、流体与流体之间的接触
 - 可使用 ALE 方法计算流体与固体、流体与流体之间的接触。
- 重叠网格技术 (Mesh Superposition Technique)
- 滑移边界
- 化学物质的混合与反应
- 拉格朗日跟踪计算 (统计分析等)
- 优化 (集成电路板的平衡、形状优化、与优化软件的连接)
- 流固耦合 (FSI)

ANSYS Polyflow 可单独完成流固耦合分析

物理模型与物理性质

- 层流
- 普通牛顿流体 (牛顿流体、非牛顿流体)
- 多模态粘弹性流 (微分型、积分型、简易粘弹性)
- 传热 (热传导、对流、共轭传热、外部辐射、内部辐射、电加热等)
- 多孔介质 (达西定律)
- 杨氏模量、泊松系数、线性膨胀系数
- 结晶模型
- 自动曲线拟合功能

数值分析等相关功能

- 操作环境
 - 可在 ANSYS Workbench 中使用 (也可在单机上执行)
- 数据导入
 - 可读取各种主流网格生成软件的网格
- 数据导出
 - 网格的数据可用于各种主流可视化后处理软件
- 用户定义参数
 - 可自行设定物理性质、边界条件和初始条件等参数

此图标表示该产品可在 ANSYS Workbench
环境中运行。

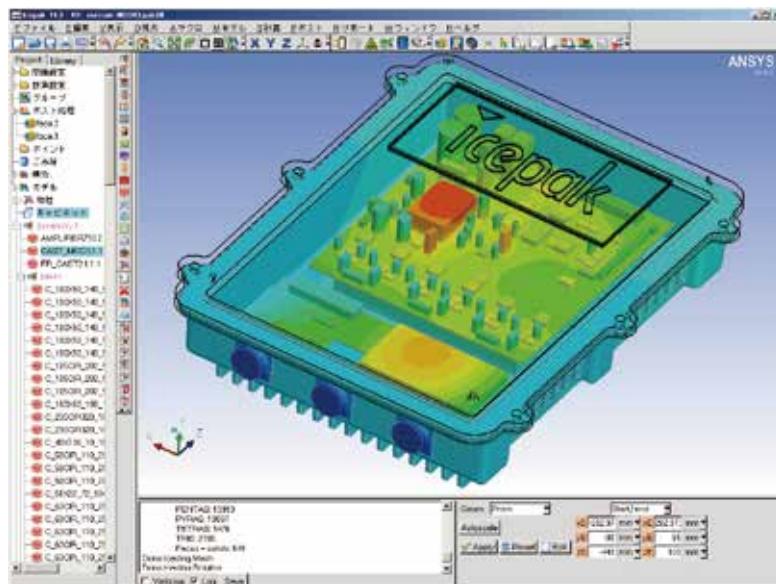
Workbench

ANSYS Icepak

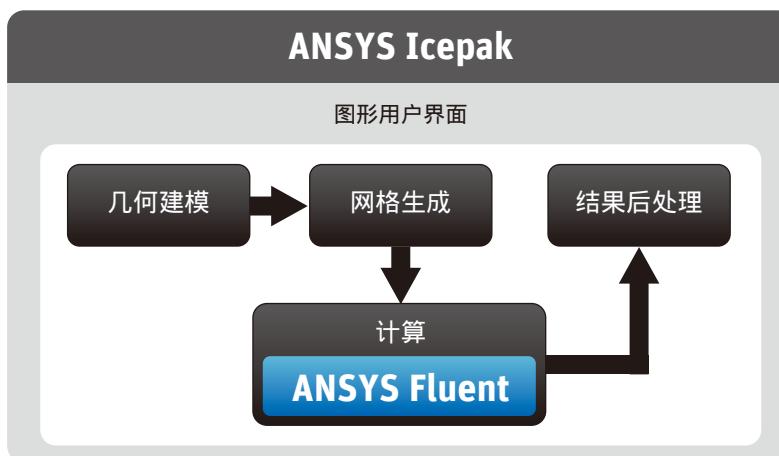
电子散热分析工具

Workbench

ANSYS Icepak 是面向工程师的专业电子产品热分析软件。借助 Icepak 的分析，用户可以减少设计成本、提高产品的一次成功率，改善电子产品的性能、提高产品可靠性、缩短产品的上市时间。它可求解芯片级、封装级、板级、机箱机柜级、环境级等全范围的电子散热问题。Icepak 的求解器采用著名的 ANSYS Fluent，保证其出色的稳定性、精确性和对大型问题的高性能计算的支持。



ANSYS Icepak GUI



功能

→ 模型生成

友好界面和操作、基于对象建模、各种形状的几何模型、大量的模型库、丰富的 ECAD 数据接口、专用的 CAD 软件接口 DesignModeler；这一切都保证了 Icepak 建模，尤其是对于复杂系统建模的快捷与准确。

→ 网格生成

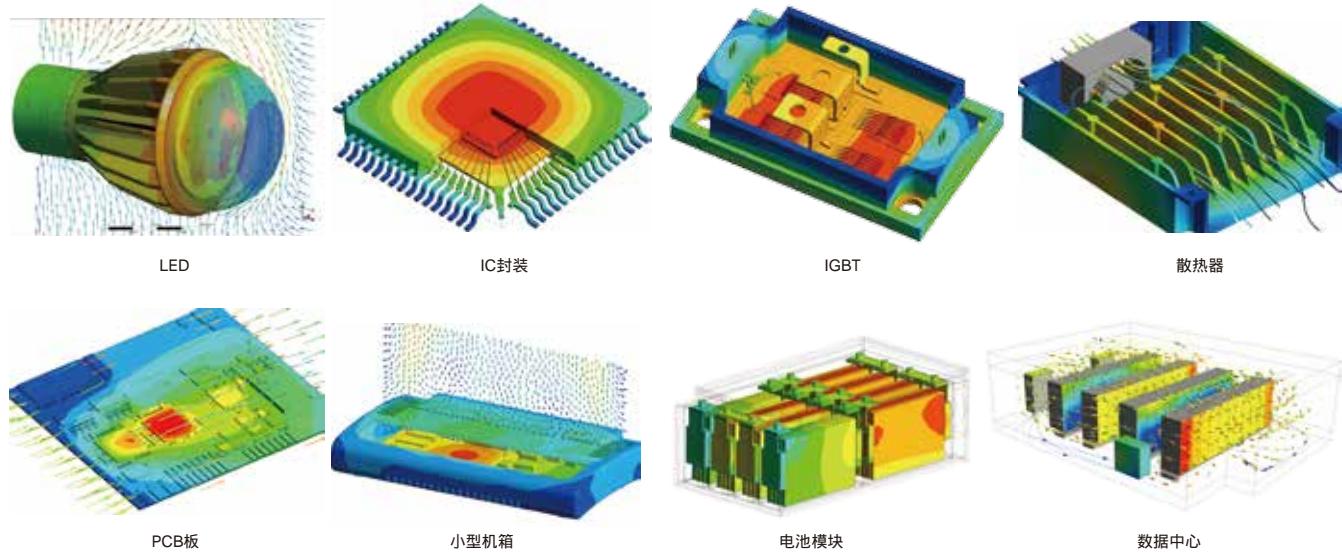
具有自动化的非结构化网格生成能力，可以快速生成笛卡尔网格和贴体的六面体网格。先进的多级六面体主导网格划分技术可为用户提供更强大的网格剖分能力。只需点击生成按钮，用户即可对复杂模型，甚至是 MCAD 软件中生成的带有复杂曲面的模型生成高质量的网格。

→ 计算

Icepak 借助于著名的 ANSYS Fluent 求解器。ANSYS Fluent 拥有卓越的稳定性。对于大规模问题，其并行计算能力非常优异。在新的版本中，Icepak 还可以借助于 Fluent 的 GPU 加速功能进行再加速。

→ 结果后处理

计算结束，用户可在 Icepak 环境中查看温度分布、气流组织、关键的数值等重要的散热设计数据。



特点

→ GUI

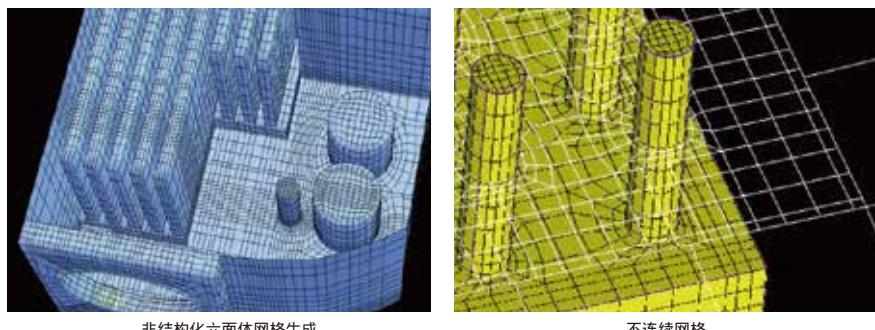
Windows 风格的操作界面。基于对象的建模方式。所见即所得的操作方式。

→ 自动网格生成

自动生成连续 / 非连续的笛卡尔直角网格、非结构化贴体六面体网格、六面体主导的贴体网格。Icepak 还可支持多级六面体主导网格的生成，使得它对复杂曲面几何的处理更加得心应手。

→ 薄板传热模拟

对于薄板，Icepak 可以将其处理为无厚度的传热器件，但计算时可将其厚度方向与平面方向的导热纳入传热分析的考虑范围，该模型的精度几乎可以与完整的三维模拟媲美。



→ 多流体解析

可同时求解多种流体存在的传热案例，如水冷设备的冷却（自由表面流、多相流除外）。

→ 焦耳热分析

可设定与温度相关的电阻率，求解稳态 / 瞬态情况下任意形状的焦耳热问题。

→ 风扇 MRF(Multiple Reference Frame) 模型

基于真实风扇的三维 CAD 模型对风扇流场进行求解，结果更加逼真。

→ 多组分扩散解析

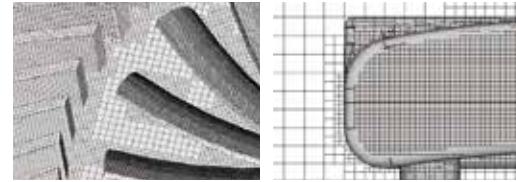
可求解多种化学组分在流场内的分布与扩散。针对水蒸气存在的情况可计算相对湿度。

此图标表示该产品可在 ANSYS Workbench
环境中运行。

Workbench

→ 温度相关的功耗分析

某些半导体设备的发热量明显与温度相关，Icepak 可以轻松处理此类问题。由于可以设置正向电压温度特性，因此也可用来分析 LED。



多级六面体主导网格

→ 热网络模型

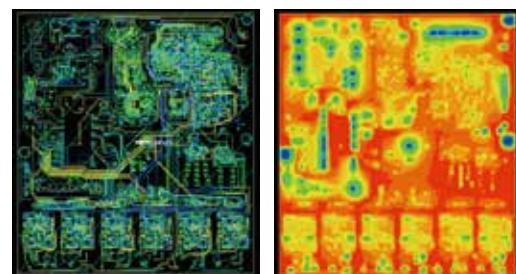
可自动抽取 DELPHI 热网络模型。也可以编辑、使用任何形式的热网络模型。

→ 太阳辐射模型

可模拟建筑物或者室外设备受太阳辐射的热影响。

→ 瞬态分析

除发热时温控器分析、瞬态热计量的验证外，还可以用降阶模型进行分析。



基于Trace分布自动计算PCB板的局部导热系数

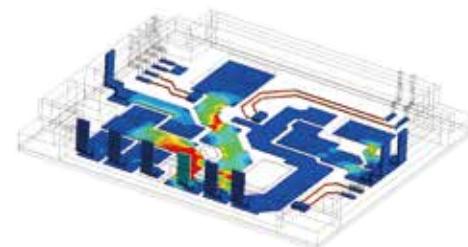
→ 物性数据、IC 封装、风扇、散热器等数据库

内置标准的电子散热常用的物性数据和 IC 封装，散热器，风扇等各种数据库。

→ CAD 数据接口

ECAD 可直接导入 IDF2.0/3.0、IDX 进行 PCB 的建模。亦可导入 MCM/Sip、ODB++、Gerber、ANF 等多种主流的 ECAD 文件格式进行建模。软件可以根据导入的 Trace 数据进行局部导热系数的评估。

MCAD ANSYS DesignModeler 支持将 SETP、IGES、ProE、Solidworks、UG、Catia 等多种形式的 CAD 简化并转化为 Icepak 所识别的数据。



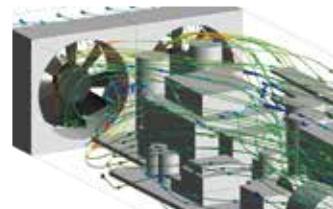
布线图的焦耳热分析

→ ANSYS 电磁 - 热耦合模拟

ANSYS HFSS、Maxwell、Q3D Extractor、SIwave 的电磁损失可以直接导入 Icepak 进行电磁 / 热耦合计算。Icepak 还可将温度反馈回 SIwave 进行双向耦合计算。

→ ANSYS Simplorer 联合求解

ANSYS Icepak 的算例可以嵌入 ANSYS Simplorer，构成系统计算中的一个节点。或者 Simplorer 可根据 Icepak 的计算结果抽取出等效的热网络模型，这使得 IGBT 等器件的快速热模拟成为可能。



详细风扇 MRF 模型分析

→ IC 封装模型

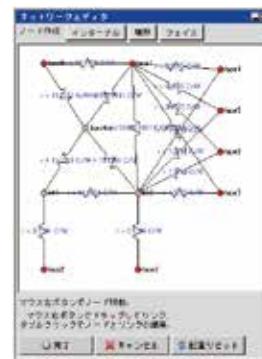
Icepak 可以通过 ALINKS for EDA 导入各种 ECAD 软件生成的 IC 封装模型。它也可以执行基于 JEDEC 标准的自然对流、强制对流解析，支持 DELPHI 热网络模型的使用和抽取。

→ 与 IC 芯片功耗评估工具的耦合

Icepak 可与 ANSYS RedHawk、ANSYS Sentinel-TI、Gradient Firebolt、Cadence Encounter 等工具耦合计算 IC 芯片功耗。

→ OS 支持

软件支持 Windows、Red Hat、SUSE Linux 等多种 OS 平台。还可以用 Remote Solver Manager 进行控制。



DELPHI 模型抽取

→ 并行计算

可利用 ANSYS HPC、ANSYS HPC Pack 等组件进行并行加速计算。

→ ANSYS CFD-Post

可利用 ANSYS CFD-Post 进行更为专业的后处理，尤其是可以生成效果更佳的图片和动画。

→ 参数分析与优化 · DesignXplorer

几乎所有的计算变量都可以设置为参数分析、优化的对象。借助于 DesignXplorer，用户还可执行高效的响应面优化。

FENSAP-ICE 飞行结冰计算软件是加拿大 NTI 公司研发的，专门计算飞机飞行时的结冰状况，从而验证飞机结冰时的飞行安全性，为完善飞机的防冰系统提供技术依据。该系统适用于各种飞机、旋翼机、喷气机、发动机吊舱、探头、探测器等。

FENSAP-ICE 涉及了飞机结冰中主要的五个方面：流场气动计算、水滴撞击计算、结冰计算、气动力衰减及防、除冰热传导载荷计算。

FENSAP-ICE 的主要功能如下：

对初始网格进行错误评估，可生成各向异性网格，捕捉各类复杂现象；与众多商业求解器相容，用最小的计算成本获得最精确的结果。

求解 3D 稳态、非稳态可压缩 N-S 方程：可对无粘性、层流、湍流以及壁面热流量直接求解。通过求解几何体结冰前后的各参数，来评估由于结冰引起的性能下降。

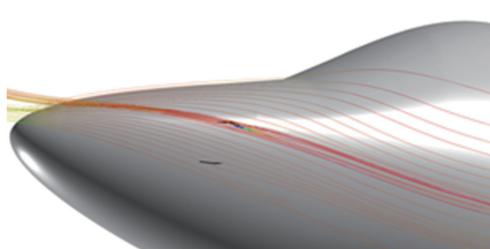
求解外部、内部流液滴的碰撞，得出液滴速度、浓度分布、碰撞类型、碰撞极限以及微粒悬浮等。

计算结冰增长时的热力学问题，在复杂 3D 表面生成各种冰体形状，输出网格，以便计算由于结冰引起性能下降。

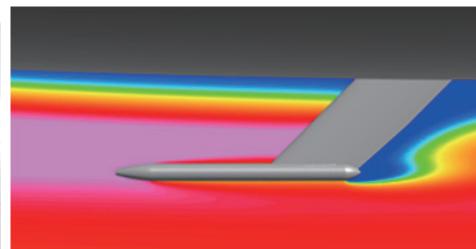
将干空气的对流、导热（计算以及湿空气结冰计算连接在一起，能处理复杂流固界面的热交换。

FENSAP-ICE 的优点

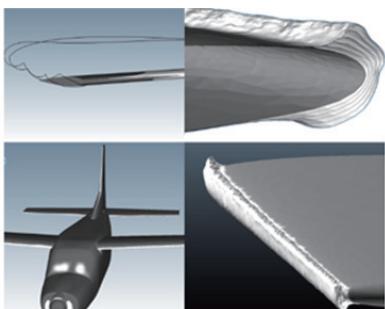
- 易于使用：图形化界面将各模块紧密得连接在一起；
- 集成性：所有模块组成一个完整的飞行结冰仿真系统；
- 通用性：能处理结构化、非结构化或六面体 / 四面体 / 棱锥 / 棱柱混合网格；
- 减少工作量：所有模块中均使用相同网格，网格之间数据自动交换，不添加修改的基础上使网格在变形冰面上移动；
- 精确性：OptiGrid 能够自动生成高质量网格以及用户所需的 CFD 结果；
- 并行工程：能够兼容不同的 CFD(空气动力学) 代码。通过航天设计将 CFD 数据（网格、求解方案）集成在一起；用于结冰分析的后续成本较低；同时对优空气动力学和防冰方面进行优化。
- 通过应用广泛的可视化包对所有模块都有通用的图形化输出。



飞行体周围气流组织



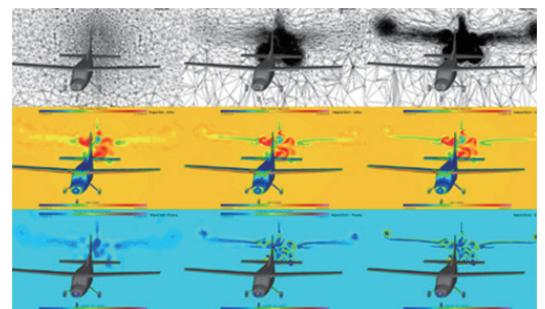
液态水分布



结冰仿真



旋转机械结冰仿真



网格优化

后处理

此图标表示该产品可在 ANSYS Workbench 环境中运行。

Workbench

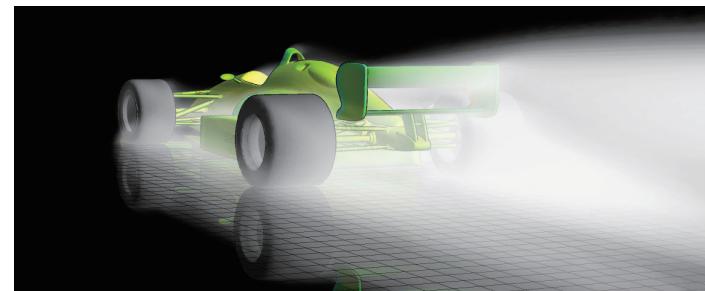
后处理功能

Workbench

ANSYS CFD-Post

ANSYS CFD-Post 软件可以用于所有 ANSYS 流体动力学软件的通用后处理，满足显示和分析流体动力学结果的所有需要。这些强大功能包括结果可视化的图像生成，显示和计算数据的量化后处理，简化重复工作的自动化，及批处理运行的能力。此外，CFD-Post 还内置了专业的旋转机械后处理模块，可迅速生成旋转机械行业所熟悉的各类数据。

图片、动画与报告。



后处理

主要功能

→ 一般后处理功能

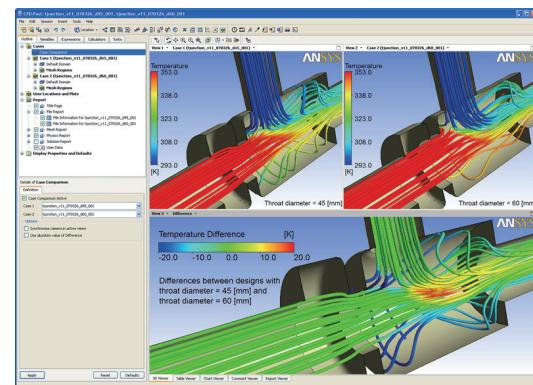
- 多个结果数据同时导入处理
- 对象拖动和动态亮度调节
- 单击鼠标右键激活快捷菜单
- 记录操作和回放显示状态
- 批量操作
- 积分、平均、逻辑操作，使用宏的后处理操作
- 物理量在体空间内的可视化处理

→ 旋转机械专用后处理功能

- 叶片间、子午面的结果显示
- 圆周平均
- 圆柱坐标向量
- 旋转机械专用的性能评估宏和报告模板

→ 数据导入和导出

- ANSYS CFX、ANSYS Fluent、ANSYS Mechanical 等结果的读取。
- 用于参考和比较的形状和数据的导入。
- 显示图像的输出
- 三维动态视图输出
- 针对 ANSYS Fluent 数据的特别改进，提高数据插值精度，支持 ANSYS Fluent 的粒子追踪。
- 支持形状数据的导入导出（支持 STL 格式）



GUI

→ 图形功能

- 多窗口浏览
- 内置或用户定义的显示
- 面、线、点结果的可视化和输出
- 轮廓、流线、矢量的显示
- XY 图（沿线的变化，随时间的变化等）
- 灯光效果、透明度、纹理效果的控制
- 二维、三维文本标签和说明
- 支持 Stereo Viewer

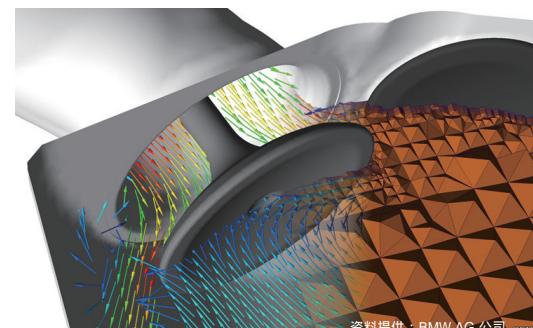


→ 动画

- 快速动画生成
(平面、等值面、时间步进等)
- 关键帧动画
- MPEG 自动生成
- 时间步动画

→ 定量计算

- 交互式数据计算
- 加权平均和积分、力与扭矩的计算
- 用户可定义上述计算所需的函数表达式
- 添加用户自定义变量
- 使用内置电子表格创建表格



气缸吸气过程模拟的后处理

资料提供：BMW AG 公司 CFX

流固耦合分析

流固耦合 (FSI) 分析

ANSYS FSI 为设计师提供了灵活、便捷、稳健的流固耦合分析工具。FSI 的分析需求广泛存在于航空航天（机翼颤振）、土木建筑（结构风载荷）、生物医学（血管支架）等行业之中。作为面向 FSI 的数值分析供应商，提供最灵活的高级流固耦合分析（FSI 分析）工具。使用 FSI 可让设计人员根据市场的需要，拓展产品性能，并保持产品的质量和可靠性。在很多行业中，FSI 分析变得越来越重要。

ANSYS FSI 基于 ANSYS Mechanical 和 Fluent/CFX 模块之上，可通过专用的耦合算法实现结构和流体分析的耦合。ANSYS 的耦合方案包括了直接耦合与顺序耦合。对于顺序耦合，可以根据需要进行单向耦合计算与双向耦合计算。

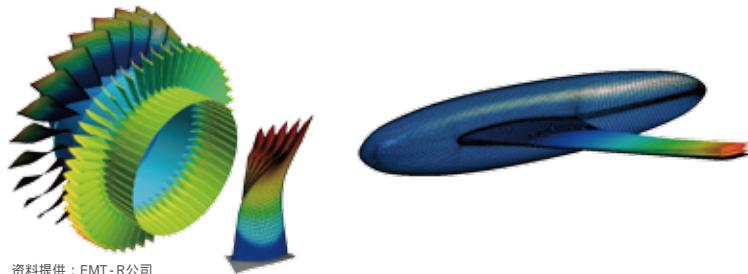
直接耦合算例

· 声场 - 结构物 (ANSYS Mechanical Enterprise)

· 电磁场 - 流场 (ANSYS Fluent中的MHD模块)

单向 FSI 分析

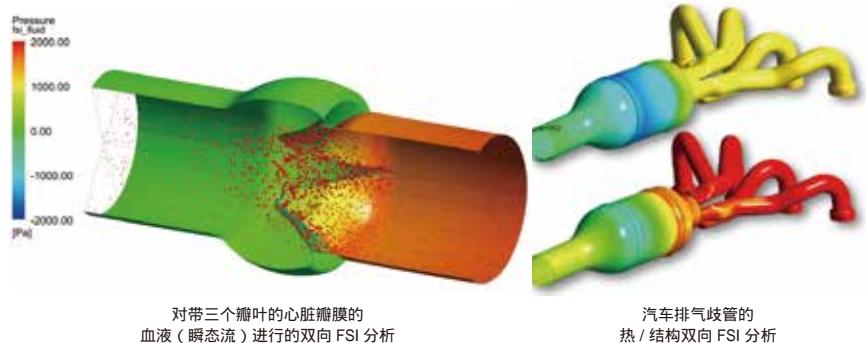
在一些工程问题中，流场对结构有着明显的影响，电磁场对于流场有着明显的影响，但是反过来结构对流场、流场对电磁场的影响却很小。对于此类问题，只需要单向地将前一物理场的结果传递到后一物理场，并将其作为边界条件，由后一求解器进行分析即可。这类耦合分析就是单向耦合计算。ANSYS Mechanical 与 ANSYS FLUENT、ANSYS CFX、ANSYS Icepak 均可进行单向 FSI 分析。其中，单向 FSI 分析中最常见的应用就是热应力问题。ANSYS Workbench 环境提供给上述软件稳定、通用的数据交换接口，使得单向 FSI 的分析变得非常的简单。



双向 FSI 分析

在另一些工程问题中，流场与结构的相互作用非常明显，流场明显地影响了结构的变形，结构的变形也明显地改变了流场的特性。这时，设计师将需要双向 FSI 来帮助他分析此类问题。例如，航空航天中的机翼颤振、汽车发动机盖的振动、风载荷作用下的建筑物的振动、生物医学中血管的膨胀和收缩与其中的血液流动。此类问题要求必须在同一时间内，在 ANSYS Mechanical Enterprise 与 ANSYS Fluent/CFX 之间对载荷（热）与位移进行双向传递，并在两个求解器内同时计算。

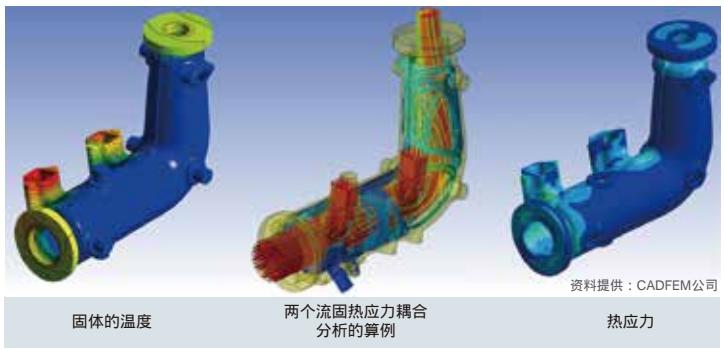
ANSYS Mechanical Enterprise 与 ANSYS Fluent/CFX 双向耦合的独特之处就在于耦合过程中的数据交互是内部自动建立的，无需第三方的耦合软件。ANSYS 提供了真正的双向流固耦合求解技术，可针对运动 / 变形几何进行稳态、瞬态分析。



ANSYS Workbench 环境下的 FSI 分析

ANSYS Workbench 环境提供了单向 FSI 和双向 FSI 耦合分析所需要的强大功能，包括自动的数据交换以及专业的后处理。特别的，ANSYS Workbench 还提供了专业的后处理，可查看稳态 / 瞬态 FSI 分析的结果，并可同时浏览流场分析与结构分析的结果，并输出相应的动画。

ANSYS Workbench 环境下的 System Coupling 提供了配置 ANSYS Mechanical（单向 FSI 分析为 ANSYS Mechanical Pro 及以上版本，双向 FSI 分析为 ANSYS Mechanical Enterprise）与 ANSYS Fluent FSI 分析所需的功能与参数，可高效完成复杂的 FSI 分析。在单向 FSI 分析时，不仅表面信息可以通过 ANSYS Workbench 传递至 ANSYS Mechanical 中，体积内的数据也可进行传递与共享。



分析案例

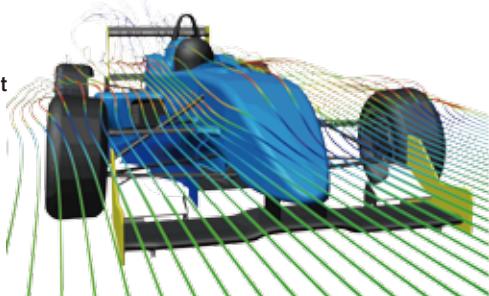
此图标表示该产品可在 ANSYS Workbench
环境中运行。

Workbench

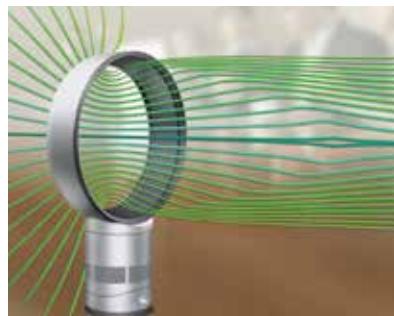
车身周围的气流组织

F1 赛车车身的空气动力学性能分析。

对应产品
ANSYS Fluent



资料提供 : Dallara公司

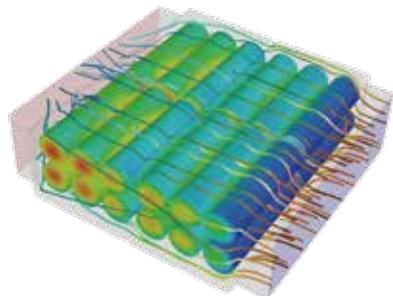


资料提供 : Dyson Ltd.公司

动力电池

动力电池组的散热管理模拟案例。

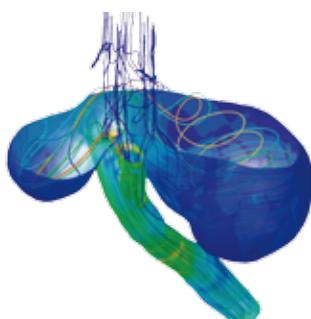
对应产品
ANSYS Fluent



动脉瘤内剪切力来分析

从上侧观察动脉瘤内部的血液流动。图中也显示了相应位置的壁面剪切力分布。

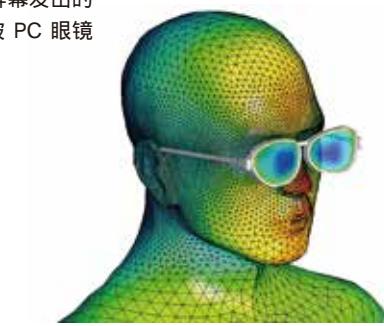
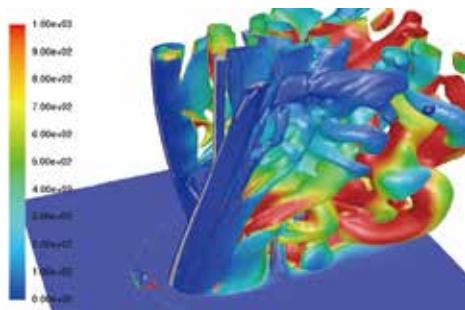
对应产品
ANSYS Fluent



以单个叶片分析垂直轴风力涡轮机的湍流漩涡

使用单个叶片模型，通过求解空气动力分析了垂直轴风力涡轮机旋转的情况。

对应产品
ANSYS Fluent



Dyson Air Multiplier 无叶风扇

被吸入风扇基座的空气可将环境中的空气抽入到风扇。风扇环形圈的间隙设计直接关系气动效率与风扇的最终性能。

对应产品
ANSYS Fluent

切断蓝光的 PC 眼镜

用辐射模型计算电脑屏幕发出的蓝光。可以了解蓝光被 PC 眼镜切断的情况。

对应产品
ANSYS Fluent

动脉瘤内的血液流动

分析了所述动脉瘤平均血流量情况下内部的血液流动路径。该分析有助于医生评估动脉瘤的风险。

对应产品
ANSYS Fluent

资料提供 :
The Methodist Hospital Research Institute公司



Speedo 公司对泳镜的 CFD 分析

Speedo 公司对传统的泳镜设计 (左) 和新一代理念设计 (右) 在水面附近的流场进行了分析和优化设计，从而提高了护目镜的流体动力学性能。

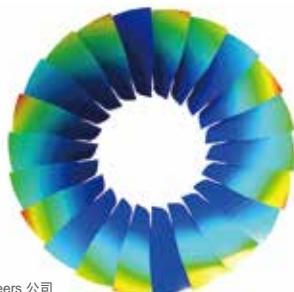
对应产品
ANSYS Fluent



资料提供 : Speedo公司

涡轮机械

这是涡轮机械的瞬态仿真案例。ANSYS 和 PCA Engineers 公司组建了一个团队，对 NASA Rotor67 的整个翼面的位移进行了建模。采用傅立叶变换法进行瞬态仿真，确定了潜在的故障模式。



对应产品

ANSYS CFX

资料提供：PCA Engineers 公司

核反应堆蒸汽发生器

蒸汽发生器出口接管内装有流量限制器，可以用防止堆芯过冷引起超临界。模拟分析有助于深入了解其中流动的特性。

对应产品

ANSYS CFX

资料提供：Babcock & Wilcox Canada公司



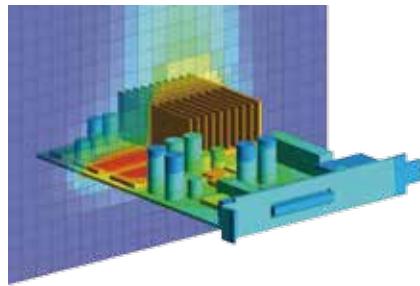
显卡热流体分析

显卡的热流体模拟算例。

展示了 Icepak 导入复杂模型并进行分析的能力。

对应产品

ANSYS Icepak

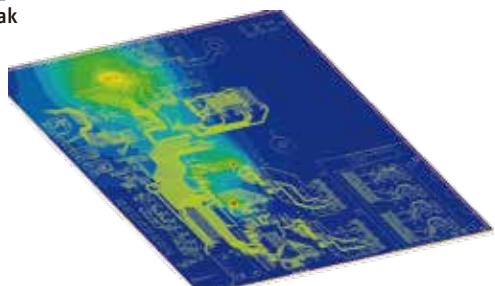


PCB 板热分析

PCB 板周围的流动和散热分析案例。由 ECAD 软件导入板上的 trace 数据，并基于此计算了局部导热系数，Slwave 计算得到的电流密度用来定义板上的焦耳热分布。

对应产品

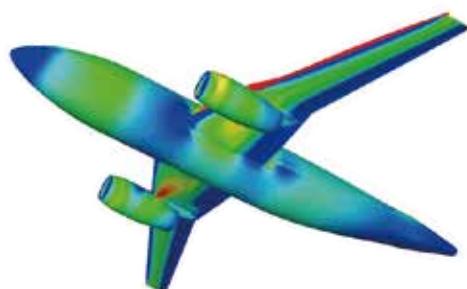
ANSYS Icepak



发动机 - 机身干扰阻力分析

基于 DLR-F6 飞机模型分析了发动机与机身的干扰阻力。计算分析了湍流以及更为复杂的转捩并与试验值进行了比较。

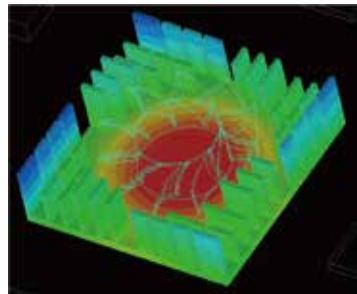
对应产品
ANSYS CFX



带风扇的散热器冷却分析解析

模拟了带风扇散热器的温度分布。计算时使用 MRF 模型模拟真实风扇的旋转造成的复杂气流组织。

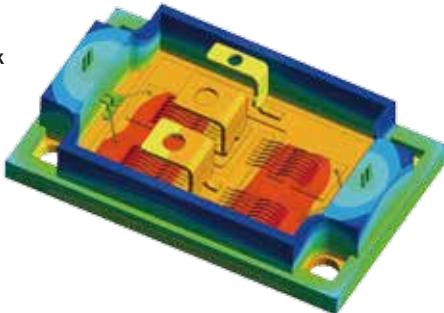
对应产品
ANSYS Icepak



IGBT 热分析

IGBT 模块的热流体分析。基于 Icepak 的结果，ANSYS Simplorer 创建了相应的热网络模型进行瞬态热分析。

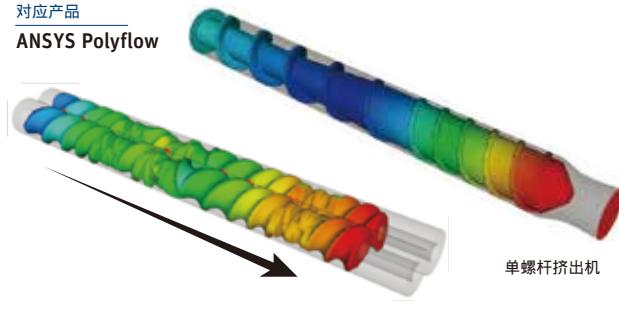
对应产品
ANSYS Icepak



螺杆挤出机模拟

单螺杆挤出机（右图）和双螺杆挤出机（右图）的模拟。该箭头表示了挤压方向，颜色标识了压力的大小。

对应产品
ANSYS Polyflow



双螺杆挤出机

单螺杆挤出机

选项模块

此图标表示该产品可在 ANSYS Workbench 环境中运行。

Workbench

ANSYS BladeModeler

三维旋转机械几何生成工具

Workbench

Option

ANSYS BladeModeler 在涡轮机械叶片设计方面拥有巨大的优势。它能在短时间内设计出形状复杂的叶片，或对已有的叶片几何进行修改。软件内置了各种常用的叶片模版，方便用户调用。ANSYS BladeModeler 用户界面友好，整个过程自动化，叶片的三维视图，S1 及 S2 流面图等多种视图完整而丰富。ANSYS BladeModeler 还可以直接读入几何模型进行修改。用户可以通过拖动型线控制点等方式对叶片形状进行直接修改，修改的效果会直接呈现在操作界面上。ANSYS BladeModeler 生成的几何文件可以输出至流体和结构分析软件进行网格划分和数值计算。它可以广泛用于泵，压缩机，风机，鼓风机，汽轮机，扩容器，涡轮增压器等工业领域。

→ 完整的叶片设计系统

ANSYS BladeModeler 可将先进的叶片设计与计算流体动力学、结构应力分析完整地结合在一起。ANSYS BladeModeler 采用叶片设计人员的设计语言，界面的设计充分考虑了叶片设计的特点，这使得叶片设计变得非常容易，把设计师从以往繁重枯燥的设计过程中解放出来。

→ 现有设计的再利用

如果用户已有大量由其它工具生成的叶片设计数据，ANSYS BladeModeler 也可以快速、妥善地读入这些数据。除了快速进行建模设计，用户还可以对此数据进行修改。一旦完成基本的叶片设计，ANSYS BladeModeler 还可以快速生成轮毂、叶片倒角，将模型编辑为精确详细的三维 CAD 实体模型。

→ 基本模型和详细模型

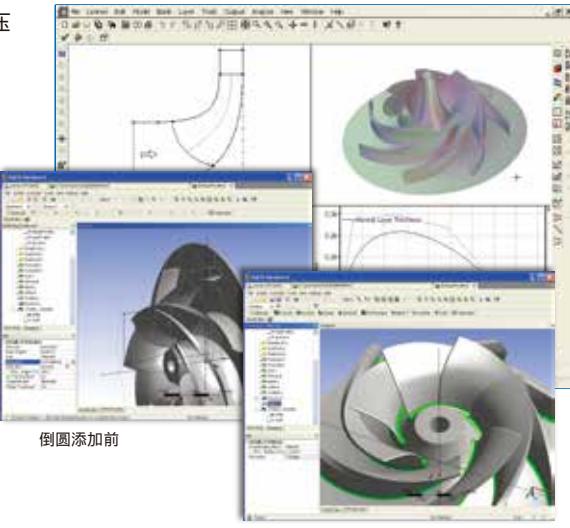
用户可以基于快速生成的基本叶轮模型进行方案的快速评估，也可以生成详细的三维实体模型，以进行最大精度的 CFD 性能评估。分析的详细程度，完全取决于用户的需求。分析可以基于 ANSYS CFX 或 ANSYS Mechanical (Pro 以上)，因此用户可以深入研究产品的气动性能和结构特性。整个过程都在统一的 ANSYS Workbench 环境下完成。

→ 交互式叶片设计

ANSYS BladeModeler 是一款真正意义上的叶片设计工具。其设计基于一系列的二维草图，可即刻交互式地生成完整的三维设计模型，并且提供定量的参数信息，如叶片角度和截面积。子午视图可用于定义流动路径，叶片形状有两种模式进行定义。与应用于径向旋转机械的典型设计方式相同，角度 / 厚度模式可以用来指定叶片包角和厚度分布。此外，与常见的轴流旋转机械设计一致，压力面 / 吸力面模式可用来独立描述叶片压力面和吸力面曲线。

→ 数据集成

ANSYS BladeModeler 设计的叶片可以在 ANSYS Workbench 环境下立即进行分析，也可以在 ANSYS DesignModeler 进行更进一步的 3D CAD 详细建模和编辑。生成的叶片数据在传递给下游设计节点时，可以输出成 AutoCAD™、IGES、Creo Parametric、Parasolid™ 等格式。



→ 工作环境

ANSYS BladeModeler 将机翼的定义分解成更单纯的 2D 组件，显示在多个视图上。在子午面视图中，可以简单定义子午轮廓。在角度分布视图中，可以记录任意层（子午面流线）旁边的机翼的平均线。在厚度分布视图中，可以指定任意子午面流线旁边的机翼的垂直或正切厚度分布。在正压 / 负压视图中，可以按单面单独设计机翼的两面。在辅助视图中，显示了许多机翼几何形状的评估。此外还可提供工具箱，其中包含许多有助于机翼设计的功能。

→ 参数化

ANSYS Workbench 提供了 ANSYS BladeModeler 与其它 ANSYS 应用之间的参数化、稳定的连接，使得叶片的优化设计变得简单、方便。

→ 叶片设计比较

可通过 ANSYS BladeModeler 快速对多种叶片设计方案进行比较。

ANSYS Workbench 集成的初始叶片设计工具

WorkbenchWorkbenchANSYS Workbench 集成了 PCA 工程咨询公司的弧线设计工具：用于离心式压缩机的 ANSYS Vista CCD，用于离心涡轮设备的 ANSYS Vista RTD，用于离心泵的 ANSYS Vista CPD 以及用于轴流风扇的 ANSYS Vista AFD。一旦给定了机械的工作参数——流量、压比——和几何约束，程序就会自动生成叶片几何并提供重要的无量纲性能参数，包括具体速度和具体流量。这些叶片几何可直接输出使用。

ANSYS Vista TF

二维通流分析工具

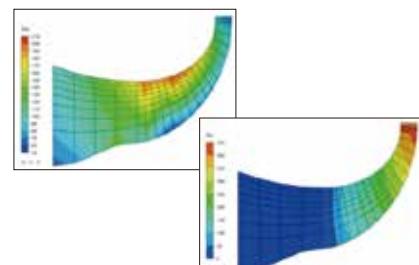
Workbench

Option

ANSYS Vista TF 二维通流分析工具。

- 旋转机械的快速初步分析工具（单一设计分析仅需数十秒）
- 捕捉主要的流动特征
- 求解三维无粘流方程，辅以经验系数修正摩擦损失、涡流损失等
- PCA Engineers 公司开发
- 集成于 ANSYS Workbench 环境
- 支持真实气体

2. Summary of Quantitative Data	
Table 1: Section 2: Summary of Input and Performance Results	
Mass Flow Rate	5.0000 kg/s
Net Total Pressure	10125.0000 Pa
Net Total Temperature	290.0000 K
Wet Bulb Temperature	288.0000 K
Specific Volume	0.00231 m³/kg
Specific Gravity	4.1510e-004
Specific Heat Capacity	1071.0000 J/kg·K
Dynamic Viscosity	1.0710e-006
Thermal Conductivity	0.0001 J/m·K
Prandtl Number	0.7000
Stefan-Boltzmann Number	0.0001
Heat Transfer Coefficient	1.0000 W/m²·K
Heat Loss Factor	0.0000
Heat Gain Factor	0.0000
Heat Rejection Factor	0.0000
Heat Addition Factor	0.0000
Heat Removal Factor	0.0000
Heat Transfer Coefficient	1.0000 W/m²·K
Heat Loss Factor	0.0000
Heat Gain Factor	0.0000
Heat Rejection Factor	0.0000
Heat Addition Factor	0.0000
Heat Transfer Coefficient	1.0000 W/m²·K
Heat Loss Factor	0.0000
Heat Gain Factor	0.0000
Heat Rejection Factor	0.0000
Heat Addition Factor	0.0000
Heat Transfer Coefficient	1.0000 W/m²·K
Heat Loss Factor	0.0000
Heat Gain Factor	0.0000
Heat Rejection Factor	0.0000
Heat Addition Factor	0.0000



高性能计算

ANSYS HPC

大规模高性能计算模块

Workbench

Option

高性能计算 (HPC) 通过创建大型的、更逼真的模型为工程仿真增加了大量价值。高可信度仿真能让工程团队满怀信心地进行创新，其产品将会满足客户期望，因为他们极其精确的仿真预测了真实条件下产品的真实性能。

HPC 也为更大的仿真能力增加价值。使用 HPC 资源后，工程团队不再是仅能分析一个设计方案，而是能分析很多个设计方案。在同时仿真多个设计方案后，研发团队能在设计早期阶段，确定具有显著工程改进的方案，这比单独进行物理实验来得更早，也更有效。

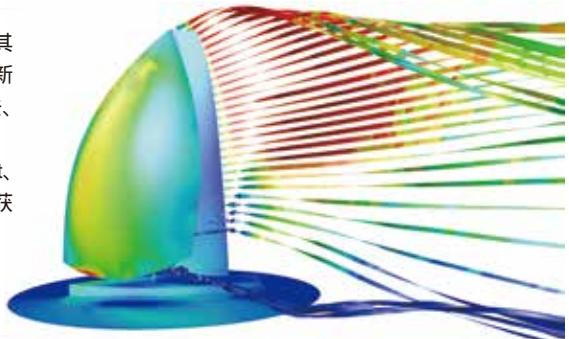
ANSYS HPC 尤其能对最难的、高可信的模型求解（包括更多几何细节、更大的系统、更复杂的物理问题）进行并行处理。应用 ANSYS HPC 理解详细的产品行为，能为公司提供有信心的设计，帮助产品在市场上取得成功。

此外，ANSYS HPC 的许可权可以应用于 ANSYS 的结构和流体分析产品，这极大地节约了大型用户的资金预算。

并行运算特点

ANSYS Fluent 采用先进的动态负载平衡技术（Dynamic load balancing），使其并行效率提高到同类产品难以企及的水平。另外，ANSYS CFX 引入了针对最新的多核处理器的优化，极大地从最新的处理器架构、伴有优化通讯的分区算法、不同处理器间的动态负载平衡中受益。

I/O 时间常常是拖累高性能计算表现的一个重要负面因素。ANSYS Fluent、ANSYS CFX 优化了大规模计算文件的 I/O 算法，在分布式集群计算系统中，获得了优异的 I/O 表现。



资料提供：I. M. Viola and Luna Rossa 公司

意大利团队在超级计算机上使用 ANSYS 软件，
进行具有革命性规模的仿真工作。

运行环境

ANSYS 产品在通用集群环境（Microsoft® Windows® HPC Server 2012 / Linux）下均有大量的应用案例。

面向不同用途的四款 HPC 产品

ANSYS HPC

可使用 1 个 CPU 核。（ ）

ANSYS HPC Pack

第一个 HPC Pack 允许使用 10 个 CPU 核。

第二个 Pack，可允许用户最多使用 32 个核，之后，每增加一个 Pack，可用核总数增加 4 倍。

ANSYS HPC Workgroup

分为 128、256、512、1024、2048 核几款（ ）

（允许多个进程分开使用）

ANSYS HPC Enterprise

支持多达 128、256、512、1024、2048 节点的计算

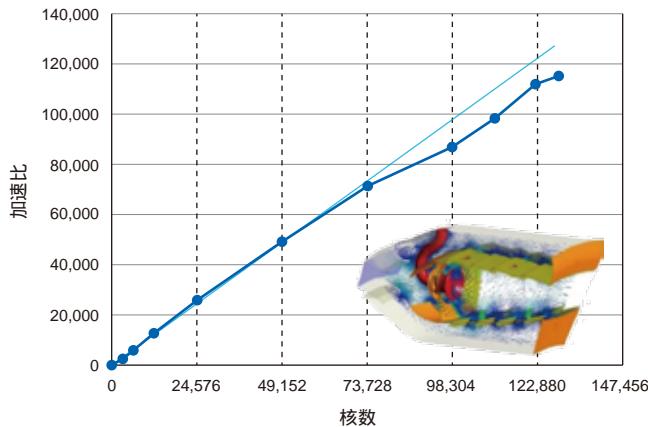
（无论几个进程均可使用）

ANSYS HPC Parametric Pack

参数化设计时分布式计算模块

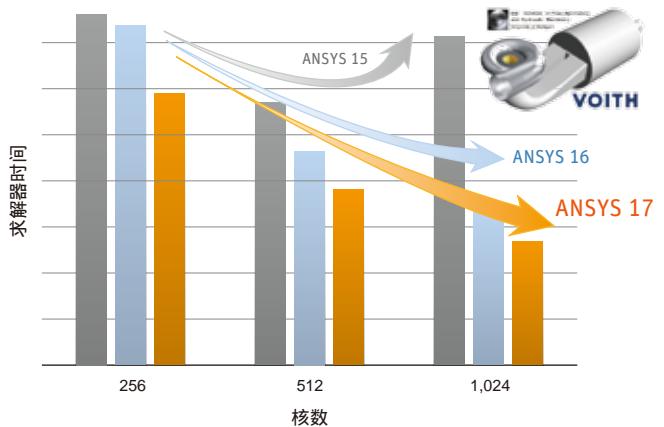
（ ） ANSYS Mechanical (Pro 以上) 和
ANSYS Fluent 均支持 GPU。

→ 使用 ANSYS Fluent 并行计算加快计算速度



具有 8.3 亿单元的 GT 燃烧室的计算

→ 使用 ANSYS CFX 并行计算加快计算速度



瞬态水轮机整体分析 4000 万节点
(资料提供 : Voith Hydro 和斯图加特的 HLRS)

优化

此图标表示该产品可在 ANSYS Workbench 环境中运行。

Workbench

ANSYS DesignXplorer

最优化模块

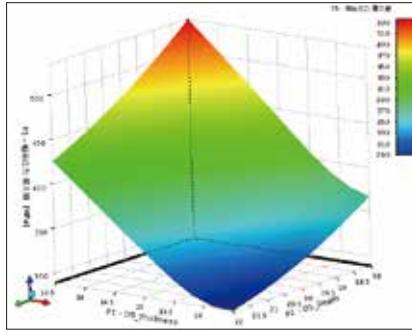
Workbench

ANSYS DesignXplorer 是设计师可以轻松使用的优化分析工具。

ANSYS DesignXplorer 的优点

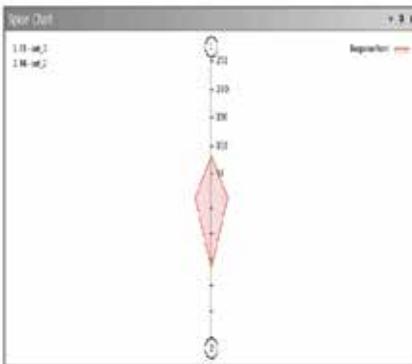
→ 参数的定义，便捷的管理

ANSYS Workbench 环境中的应用程序都支持参数变量，包括 CAD 几何尺寸参数、材料属性参数、边界条件参数以及计算结果参数等。在仿真流程各环节中定义的参数可以直接在项目窗口中进行管理，因而很容易研究多个参数变量的变化。在项目窗口中，可以很方便地形成一系列表格形式的“设计点”，然后一次性地就自动进行多个设计点的分析来完成“What-If”研究。利用 ANSYS DesignXplorer 模块，可以更加全面的拓展 Workbench 参数分析能力的优势。这些参数可以在 DesignXplorer 中任意组合，而且这些参数分析能力都适用于集成在 Workbench 中的所有应用程序、所有物理场、所有求解器（包括 ANSYS 参数化设计语言）。



响应面图

输出参数与输入参数在二维空间或三维空间上的关系



蜘蛛图

用滚动条改变输入参数的值，同时在视觉上调节各个反应参数。

→ ANSYS Workbench 无缝集成

软件集成在 ANSYS Workbench 中使用，无需特别的配置即可使用。用户可使用 ANSYS Workbench，将 DesignXplorer 与其它模块连接使用，用户进行优化设计的过程变得非常容易。

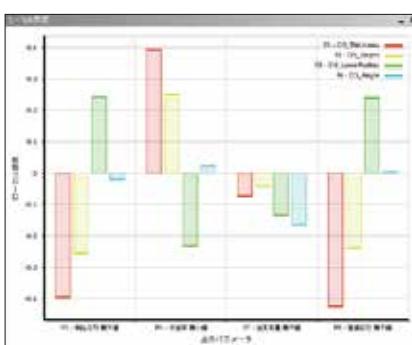
→ 支持 ANSYS 的各个分析工具

ANSYS DesignXplorer 可以兼容 ANSYS 的其它分析仿真模块。它可与各个物理场分析工具进行集成，也可在模型处理工具、网格工具中驱动参数变化。此外，还可以导入第三方 CAD 数据，并通过直接的 CAD 接口对其中的参数进行优化。

ANSYS DesignXplorer 的功能

→ 优化分析

ANSYS DesignXplorer 系统可以使用多种实验设计 (DOE) 算法高效、科学地将设计空间因子化，并应用先进的响应面技术进行结果插值。参数化技术计算相关性和灵敏度以及其他一系列富有洞察力的指标，从而可以更完全地理解设计空间。



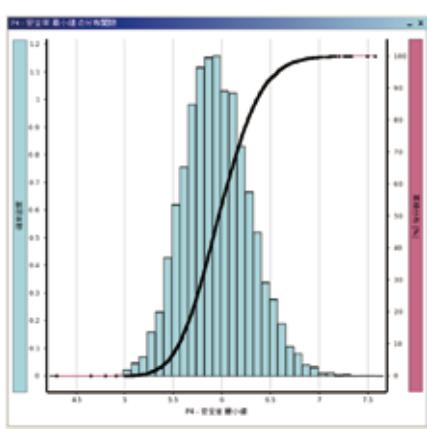
敏感度分析。

显示各个输入参数对各个反应参数的影响。

Table of Scheme 14: Optimizer, Candidate Points						
A	B	C	D	E	F	G
Reference	Name	P1-h1	P2-h2	F1-f1		Parameter Value
3	# Candidate Point 1	4.9025	4.8757	296.3	0.0%	34.254
4	○ Candidate Point 2	4.9025	4.2429	294.25	7.4%	30.407
5	△ Candidate Point 3	4.9025	3.3990	296.38	32.0%	35.308
6	△# No Candidate Point	2.25	2.25			

目标优化

指定优化目标，获得候选的最优参数组合。



累积分布和概率密度

形状尺寸和负载变化造成的设计变化。

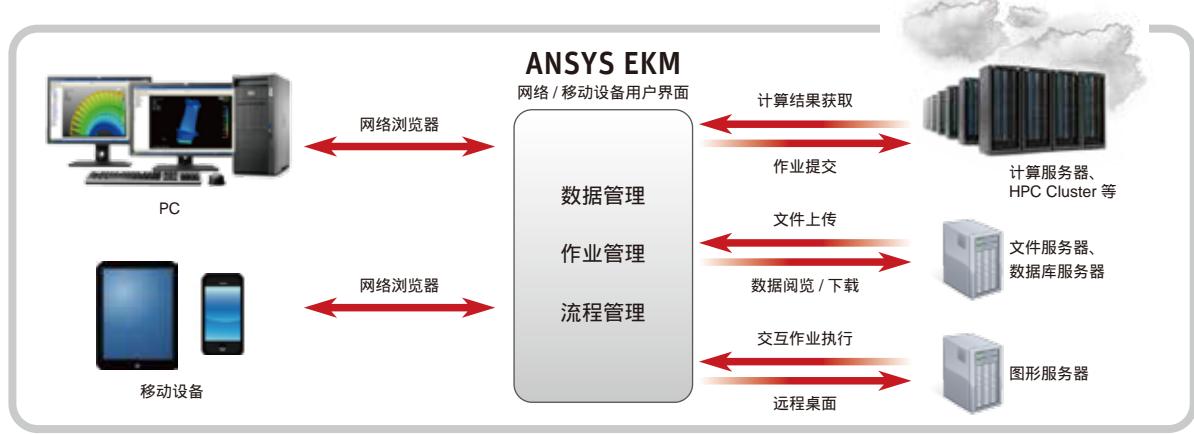
数据管理

ANSYS Engineering Knowledge Manager (ANSYS EKM)

仿真数据管理工具

Option

ANSYS Engineering Knowledge Manager (ANSYS EKM) 是一种数据和程序管理工具，通过网络浏览器，可以高效地管理、运用产品研发、制造工序使用的数据。

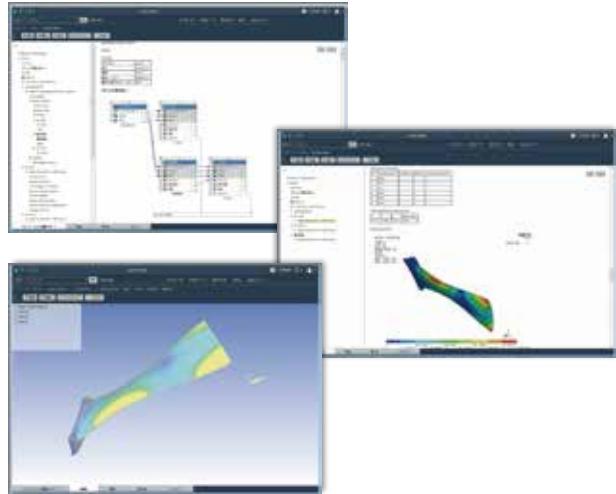


ANSYS EKM 的组成

→ 数据管理

您可利用拖放操作轻松上传文件。自动从上传的文件中提取单元信息（分析类型、节点单元数、分析结果、材料特性、软件版本等）创建报告，因此可以在不启动软件的情况下高效确认分析信息。

另外，可以轻松比较创建的报告，更容易了解与过去数据比较的情况以及差异原因。



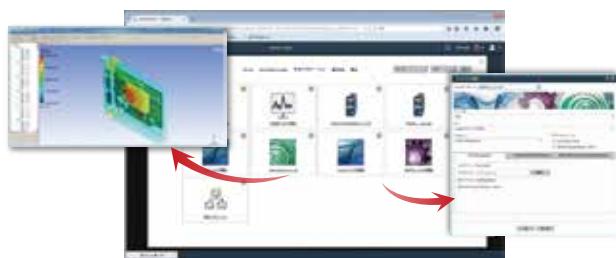
自动报告

→ 作业管理

可实现批处理和交互作业两种方式，同时可对这些作业进行监控和管理。

使用作业模板，只需简单的输入，即可将作业的执行、大规模计算的设置及分析机的指定等纳入对话框。

与作业调度程序结合使用，可以更高效地提交作业。



用应用程序菜单对作业进行管理

→ 流程管理

创建分析工作的工作流程，方便成员之间共享信息（包括进展情况）。以对象为单位建立公告板，支持实时信息交流。

创建自定义模板，固定形式的分析工作可以提高效率。例如，只用输入分析所需的参数即可创建例行程序，该程序可以执行分析，并自动将分析数据和自定义报告保存在 ANSYS EKM 中。



分析作业的监控



按工作流程进行的流程管理和公告板

功能对应表

	ANSYS CFD Premium Solver	ANSYS CFD Premium	ANSYS CFD Enterprise Solver	ANSYS CFD Enterprise	ANSYS CFD PrePost
Fluent Solver	Included	Included	Included	Included	
CFX Solver		Included	Included	Included	
AIM Pro Solver				Included	
AIM Pro PrepPost					Included
FENSAPI-ICE					Included
Forte					Included
Polyflow					Included
SpaceClaim Direct Modeler					Included
Preprocessing					Included
Meshering, Post Processing - ANSYS Meshing, Fluent Meshing, ICEM CFD, OptiGrid, CFD Post					Included
DesignXplorer					Included
ANSYS Customization Suite					Included
Simplorer Entry					Included
High Performance Computing	4 Cores	4 Cores	4 Cores		

● 对应功能无限制。

分析	稳态、瞬态	
热建模	传导·对流·辐射	●
可用形状	矩形/长方体、圆形/圆柱 多边形/多边形柱、圆锥台/角锥台 球/椭圆球·斜矩形 来自CAD的自由曲面和复杂形状	●
	固体、流体、流体电阻(压力损失)	●
	旋转体(MRF:多个基准坐标)	●
	风机(P-Q特性、多个基准坐标)	●
	送风机(P-Q特性、多个基准坐标)	●
	接触电阻、热敏电阻网络	●
	热传导薄板	●
	箱体	●
	IC封装(热电阻网络)	●
	IC封装(等效热导率)	●
	IC封装(完整设计模型导入)	●
	简化散热片、详细散热片	●
	半导体制冷片	●
	印刷电路板(等效热传导率、支持局部过孔)	●
	印刷电路板(完整设计导入)	●
	换热器	●
	热管	●
	网格类型	非结构
	六面体网格、不连续网格	●
	多级网格	●
	(挂节点、转移节点、切割单元)	
	生成程序	自动
物理模型	湍流模型、辐射模型、多流体、浮力模型	●
	三维CAD导入	注1
	电路板形状、零部件配置信息导入	注2
数据兼容性	CSV(表格形式)导入	●
	ECAD导入	●
	电磁场协同分析	注3
	多域仿真协同	注4
	IC芯片发热仿真协同	注5
	参数分析	●
	Zoom-in建模	●
	印刷电路板走线形状三维建模	●
	物理特性库	注6
	零部件库	注7
	用户库	●
	风机开/关、根据温度调速	●
	风机涡流	●
	焦耳发热	●
	电流密度计算和焦耳发热	●
	温度相关的发热	●
	分布式边界条件	●
	外部热传递边界条件	●
	周期边界条件	●
	太阳辐射	●
	参数优化	注8
	降阶瞬态分析	●
	项目合并	●
	模型树显示	●
	后处理	●
	外部后处理(CFD-Post)	●

注1 STEP、IGES、Parasolid以外的CAD数据导入到ANSYS DesignModeler(可选)，必须购买相应的CAD接口。

注2 IDF、IDX形式。

注3 ANSYS HFSS / Maxwell / Q3D Extractor / SIwave

注4 ANSYS Simplorer

注5 ANSYS RedHawk、ANSYS Sentinel-TI、Gradient Firebolt、Cadence Encounter

注6 固体、流体、表面。

注7 半导体制冷、过滤器、换热器、IC封装、风扇、散热片

注8 ANSYS DesignXplorer

ANSYS 中国

www.ansys.com.cn

info-china@ansys.com

400 819 8999

支持的平台

- Windows 7 (64-bit Professional and Enterprise editions)
- Windows 8.1 (64-bit Professional and Enterprise editions)
- Windows 10 (64-bit Professional, Enterprise and Education editions)
- Windows Server 2008 R2 Standard Edition (64-bit)
- Windows HPC Server 2008 R2 (64-bit)
- Windows Server 2012 R2 Standard Edition (64-bit)

- Red Hat Enterprise Linux (RHEL)
6.5, 6.6 and 6.7 (64-bit)
- Red Hat Enterprise Linux (RHEL)
7.1 and 7.2 (64-bit)
- SUSE Enterprise Linux Server & Desktop (SLES / SLED)
11 SP3 and SP4 (64-bit)
- SUSE Enterprise Linux Server & Desktop (SLES / SLED)
12 SP0 and SP1 (64-bit)

ANSYS 17.1 (2016 年 5 月)

根据许可证和操作环境，提供不同的平台。

如欲了解更多详情，敬请与我们联系。

不支持 Windows Home Edition。

联系方式

ANSYS 中国

官 方 网 站 : www.ansys.com.cn

咨询 电 话 : 400 819 8999

邮 箱 : info-china@ansys.com

中 国 分 公 司 : 北京 上海 成都 深圳

官方新浪微博 : @ANSYS中国 · www.weibo.com/ansyscn



官方微信 : ANSYS

微信号 : ANSYS-China

