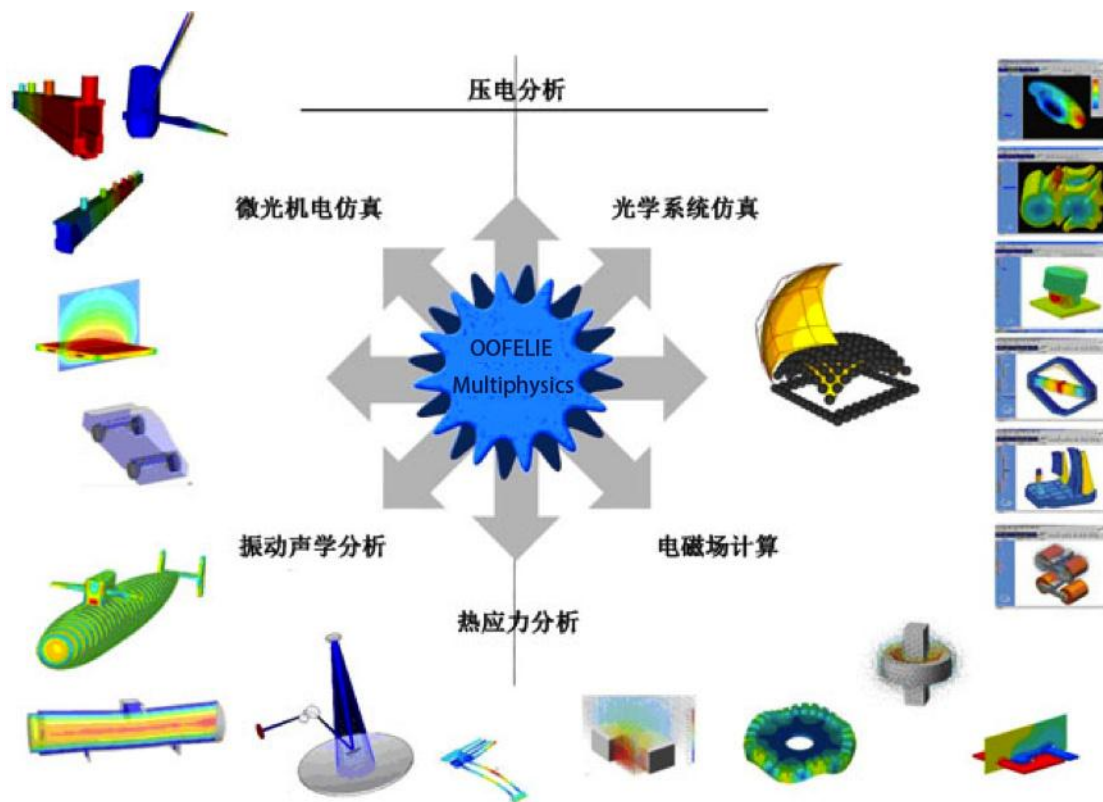


多物理场强耦合分析软件

多物理场仿真分析提供的数值结果贴近实际，大大节省了研发时间，也有助于激发工程创新。**OOoFELIE:: Multiphysics** 现在把多物理仿真分析技术，以非常友好、简单、直观的方式，呈现在各位面前，让工程师、设计师、分析师、科研人员都能从中受益。

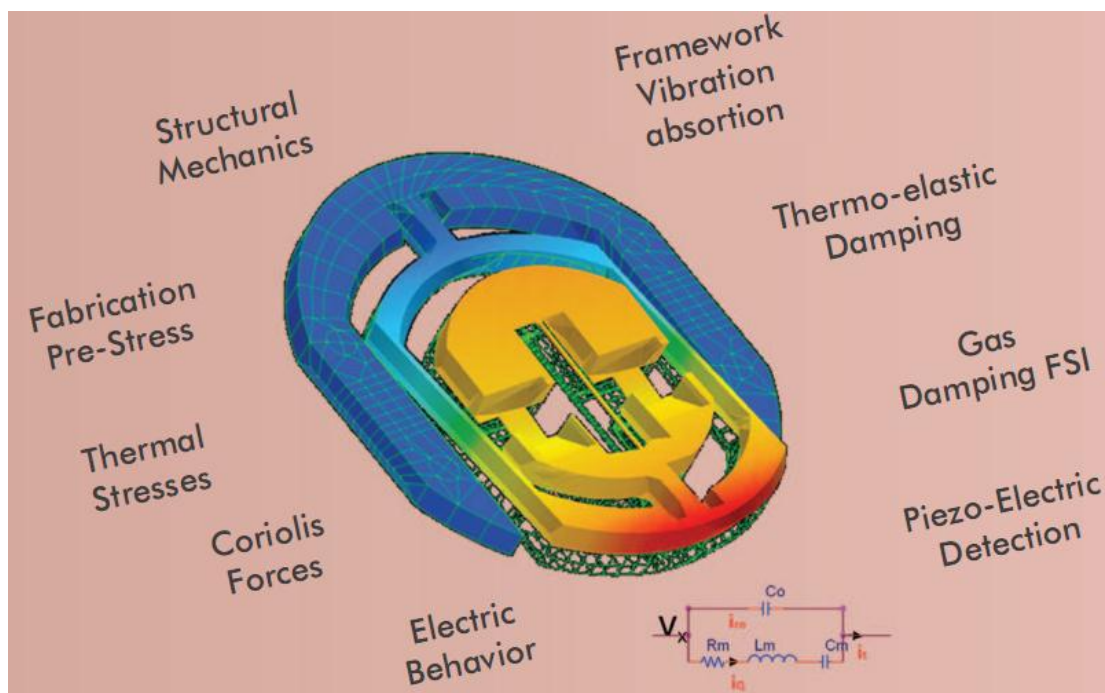


3D CAE, 快速计算超大型多物理场耦合问题

现代企业越来越接受“用仿真引导设计”的理念。仿真的价值不仅仅是验证设计的有效性，现在更多的是把仿真技术用来探索开发那些新颖的、极富创新性的设计思路。这些创新思路可能包含多样化的概念和理念，工程师们喜欢问自己，如果使用这种材料会怎么样，如果使用那种生产技术会不会更好？

要想鼓励这些创新思路，并让这些“如果...会怎样”的问题都找到答案，企业所考虑的就是提供合适的工具，让工程师能够快速产生并测试他们的新点子。这就是 OOFELIE:: Multiphysics 所提供的：简单的、高度集成的数值解决方案，涵盖广阔的应用领域和行业。

工业仿真问题不同于理论研究，往往要求实物建模、真实多场分析并快速求解。仿真设计通常涉及结构、热传、机械、声学、振动、压电、热阻、电流、流体、光学、微机电、电磁场等问题，这些物理场往往同时存在，相互影响。例如执行器、传感器、微机电系统。集成了有限元、边界元、快速多级子算法的 OOFELIE::Multiphysics 仿真平台能够快速收敛和精确计算超大型多物理场耦合问题。



VIA-振动惯性加速器

先进耦合求解器，真正的全耦合、强耦合分析

不仅仅是有限元，OOFELIE::Multiphysics 还创新性地融合了边界元和有限体积两种算法，使得各种全耦合与强弱耦合、静态与动态分析、全域及连续域分析

都可以在一个软件平台中得到解决。OOFELIE::Multiphysics 针对不同的分析类型，提供了三种不同的耦合求解方案。

全耦合分析引入了一个耦合单元概念，这个耦合单元在节点、边和面上都有多重自由度，允许各个物理场的本构方程在这个单元上相互交叉耦合，同时耦合并同时求解。这个功能非常适用于解决复杂的声固响应和压电现象，气-热-结构，压磁-结构和多体柔性结构等负责问题。OOFELIE 软件本身没有耦合场数量的限制，例如我们可以轻易的做振动-压电-传热-结构四场全耦合分析。全耦合分析解决方案也提供了适用于非线性问题的动态仿真功能，它可用于加速牛顿隐式非线性解决方案，保持整个模型频谱的一致性，获得稳定性分析、屈曲、预应力模态和谐波分析，加速拓扑优化或建立参数化的超级单元等。

交互耦合包含连续设计分析，适用于静态分析或者具有特征时间的耦合问题。在不影响计算精度的前提下，节约计算时间和资源。这种方法是将一个场的计算结果作为条件代入下一个场计算，获得结果后再返回第一个场继续计算，如此迭代反复，直到收敛。

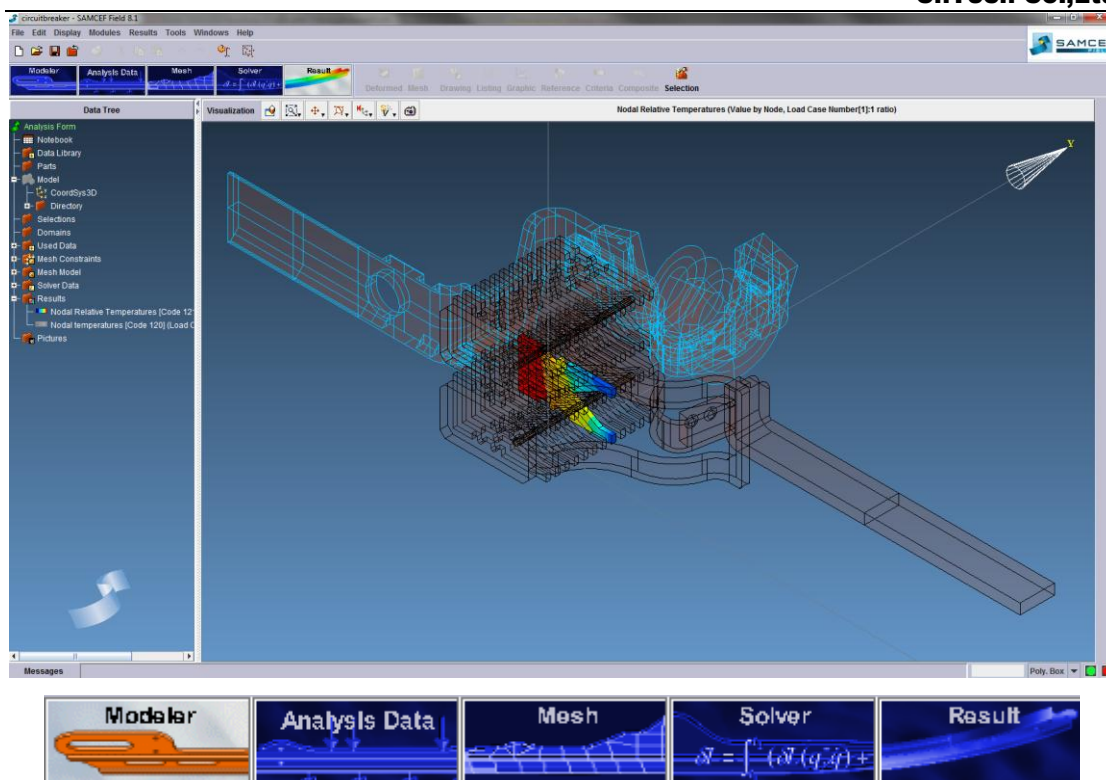
弱耦合适用于小时间步长和有明确解决方案的成熟动态耦合场相互租用问题。每种耦合方法解决不同的问题。

OOFELIE::Multiphysics 采用业界标准的求解器，并且会自动探测模型的数学特征，选取适合的求解器来求解方程矩阵。精心设计的网格剖分算法使网格剖分也是一个自动完成的过程。OOFELIE::Multiphysics 还提供了大量的实用工具，比如多参数扫描、交互式网格剖分界面、自定义求解器工作序列等等。

所有这一切，从建模到后处理都在 OOFELIE::Multiphysics 建模平台中完成，帮助用户获得精确描述真实世界的数值模型。

工业化的设计流程，仿真智领创新

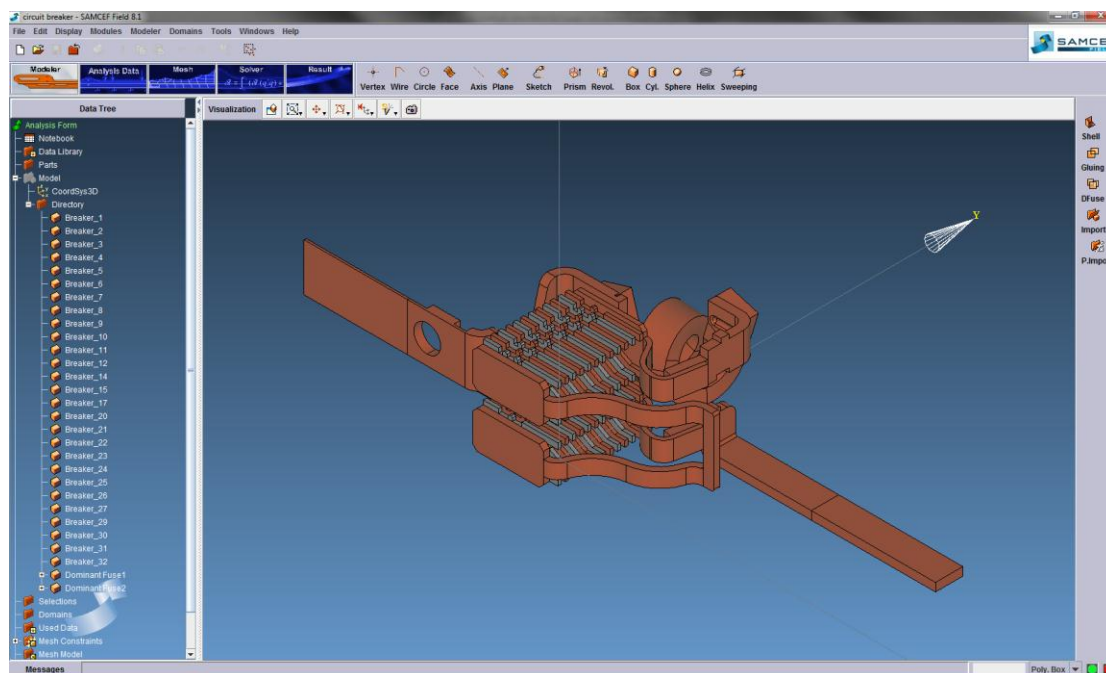
成功的技术创新必须基于强有力的精确设计。如今的 PLM（产品生命周期管理）受益于使用先进的多核、多网格计算机技术。现在可以模拟复杂的多物理场问题，通过单次模拟的运算就能够得到结果，而以前只能通过漫长的（耗时的）测量。因此，精确的多物理场数值模拟分析不仅能够减少设计循环的次数，而且加速您的创新能力。



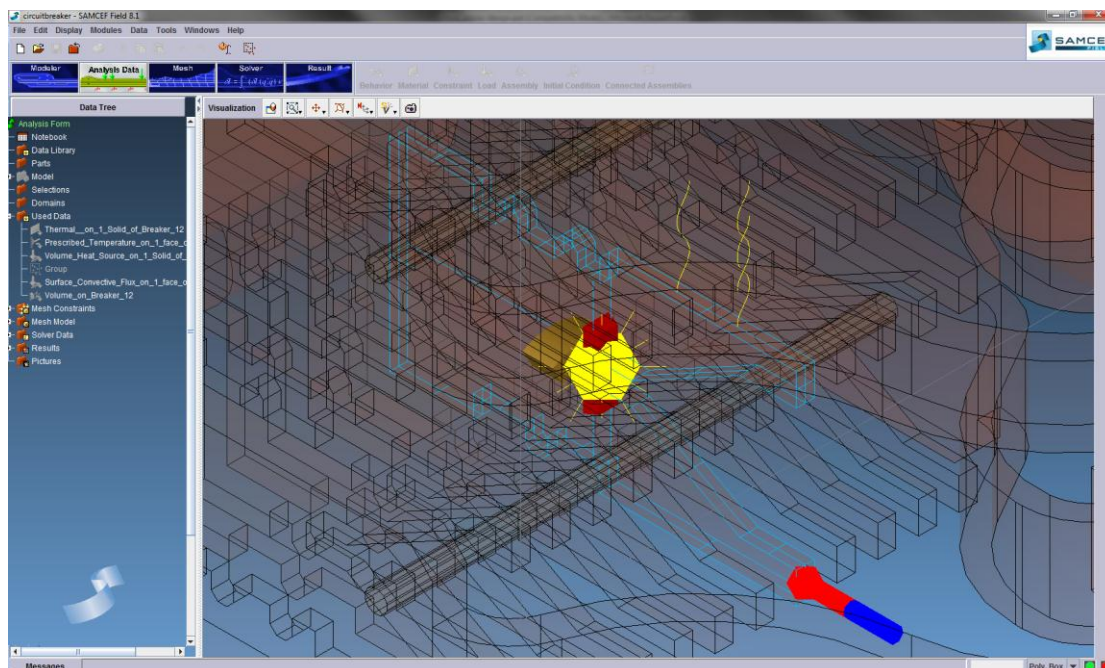
直观的从左到右显示标准模型的设计流程

工业标准设计流程

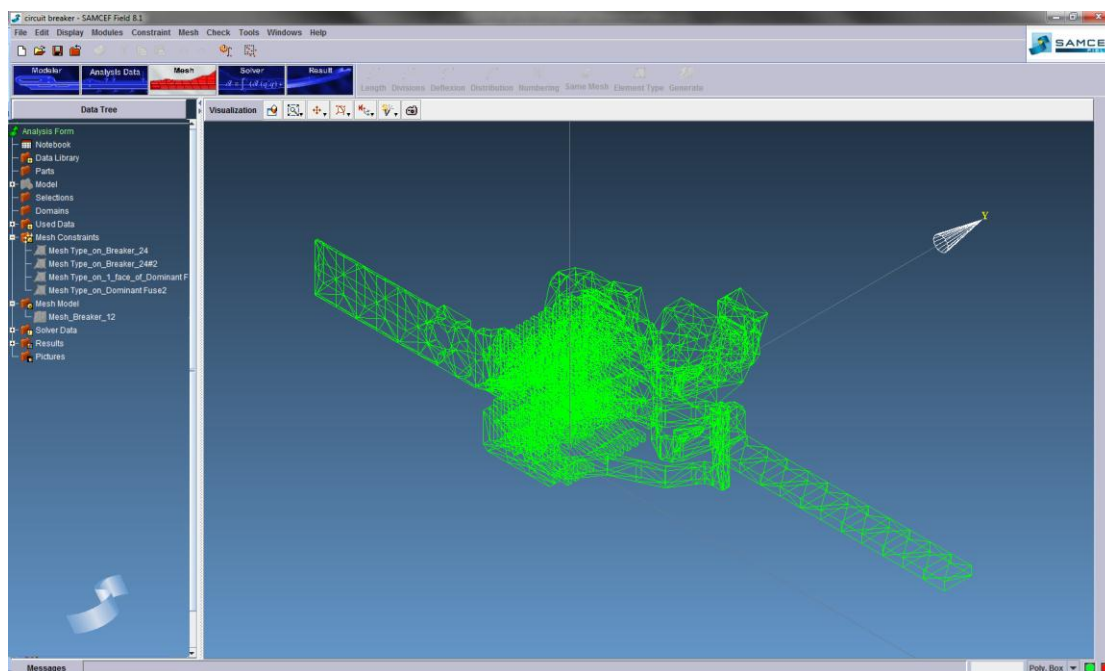
OOFELIE::Multiphysics 集成到工业 CAD/CAE 用户界面中，被广泛应用于航空和汽车行业。软件以专业化的 CAE 设计为特色，直观的五步设计流程，在每一个步骤中只显示您所需要的功能。



建模器—使用完整的 CAD 接口，用于参数化多物理场建模设计。通过导入和调整来自不同供应商的 CAD 文件(CATIA, Solidworks, STEP, IGES...), 链接到设计流程。

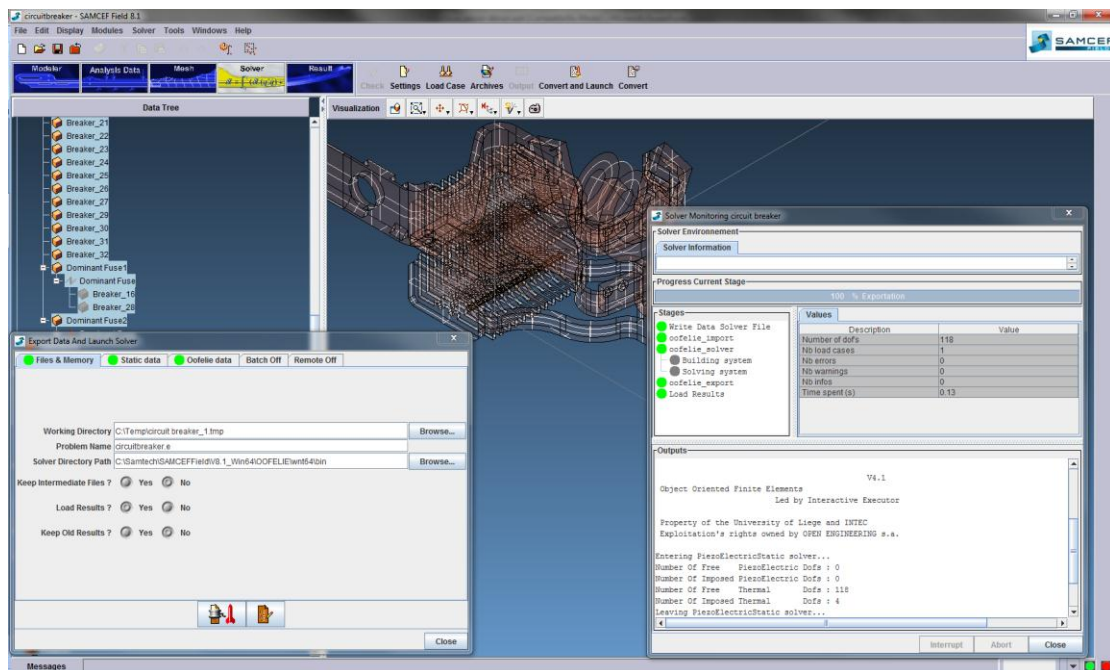


分析数据—使用分层界面对每组成分设置不同的多物理（多因变量、基于方程）材料属性。使用预定义的材料数据库来提高您的效率，灵活设置加载和约束。

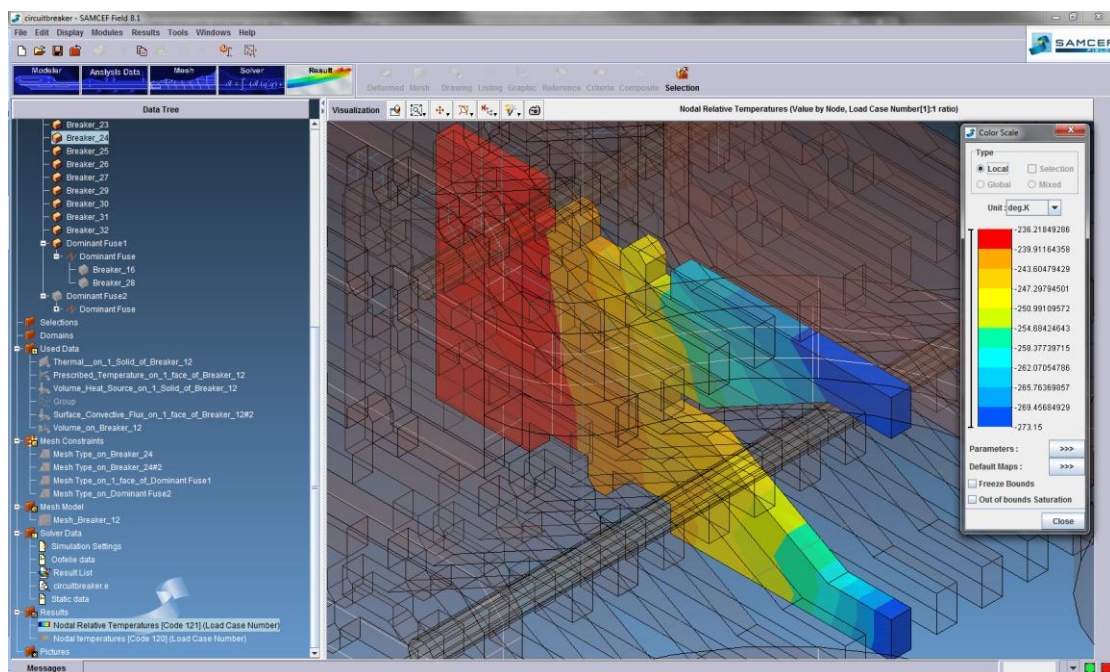


网格—对几何结构进行网格剖分。通过使用各种网格形状（四面体、五面体、六面体等），网格次序（线性、二次）以及网格生成方法（(Delaunay-Voronoi, Frontal

等), 采取最准确和最有效的办法来剖分网格。通过组合和网格接触算法来有效地加入独立剖分部分。



求解器——在电热耦合区域(举例), 参数化系统求解瞬态或者稳态响应。OOFELIE通过双向强耦合分析热-电效应, 从而使焦耳热模拟获得真实结果。通过链接优化脚本, 完成从设计到验证的整个流程, 涵盖参数分析、实验设计、多学科优化、敏感性和统计分析等。



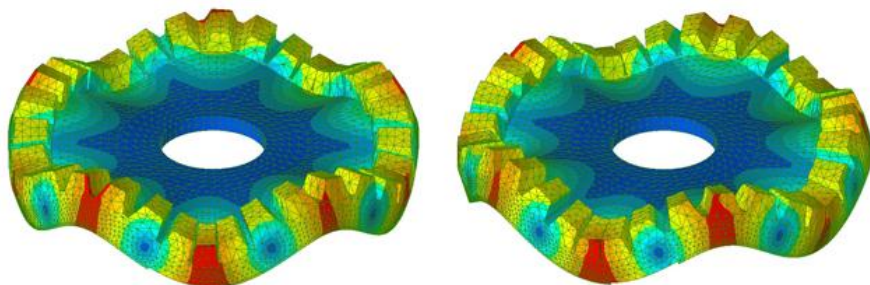
后处理—数值模拟之后，在分层界面的解答树中检验你的结果。这些结果包含多个物理场的数据，能够以 3D 云图、动画、图表的形式展现出来！最终的结果也很容易导出到其他工具，做进一步的后处理。

00FELIE::Multiphysics

00FELIE::Multiphysics 软件不仅能够处理工程中的结构、传热、电、磁、声学、流体等传统单场问题，同时还为用户提供工业级的多物理耦合解决方案，包含热-力、压电、MEMS、光-热-力、声-结构、流体-结构耦合等。

力学分析

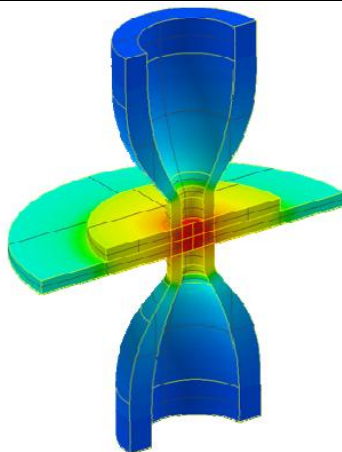
- | | |
|--------------------------------------|---------------------------|
| ✓ 静态和瞬态、线性和非线性 | 元 |
| ✓ 模态和谐波 | ✓ 大位移 |
| ✓ SEM: 超单元建模 | ✓ 一致节点、接触、完美/不完美机械粘合、刚体组件 |
| ✓ 各向同性与各向异性材料：粘性、粘弹性和结构阻尼完美匹配层 (PML) | ✓ 预应力 |
| ✓ 3D、2D 平面及轴对称建模 | ✓ 科氏力、离心力 |
| ✓ 体、膜、壳、杆、梁、集中质量单元 | ✓ 两种方式耦合热、电、磁性、流体、光学、声学领域 |



超声电机的模态分析

热分析

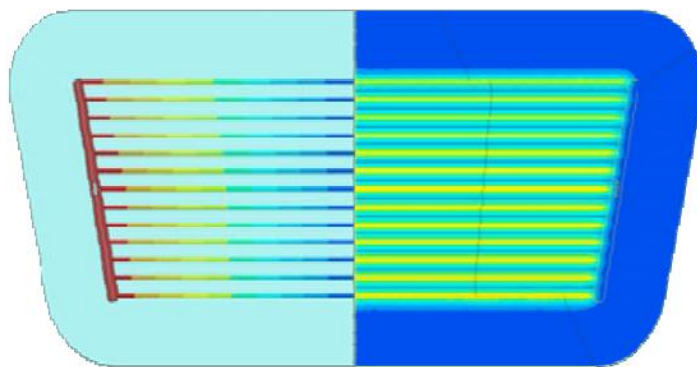
- | | |
|------------------|------------------|
| ✓ 静态和瞬态、线性和非线性 | ✓ 一致节点、热粘合、热接触导热 |
| ✓ 超单元建模 | ✓ 3D 相互辐射（射线追踪） |
| ✓ 3D、2D 平面及轴对称建模 | ✓ 两种方式耦合结构、热、流体 |



点焊过程中的温度分布

电分析

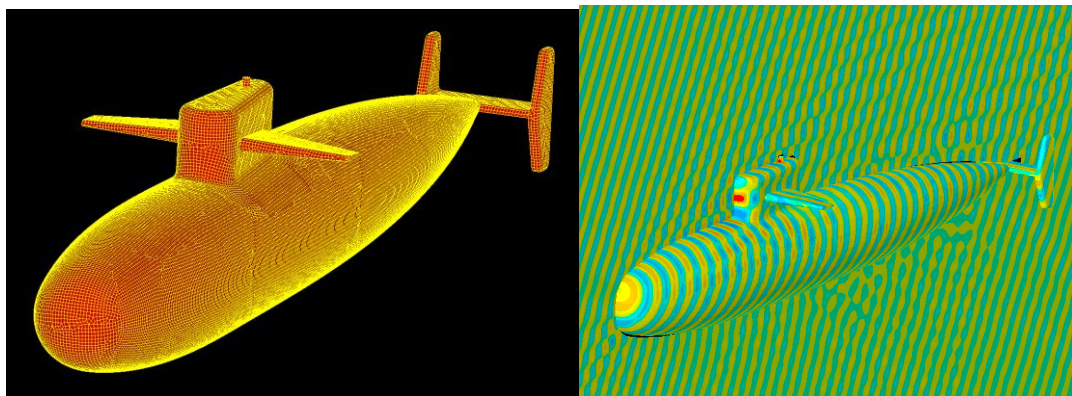
- ✓ 静态和瞬态、线性和非线性
- ✓ 超单元建模
- ✓ 有限元法/边界元法耦合
- ✓ 介质材料
- ✓ 相同节点,完美/不完美电气粘合
- ✓ RLC 电偶极子元素
- ✓ 两种方式耦合结构和温度场



挡风玻璃自动除雪装置的电势分布、温度分布

声学分析

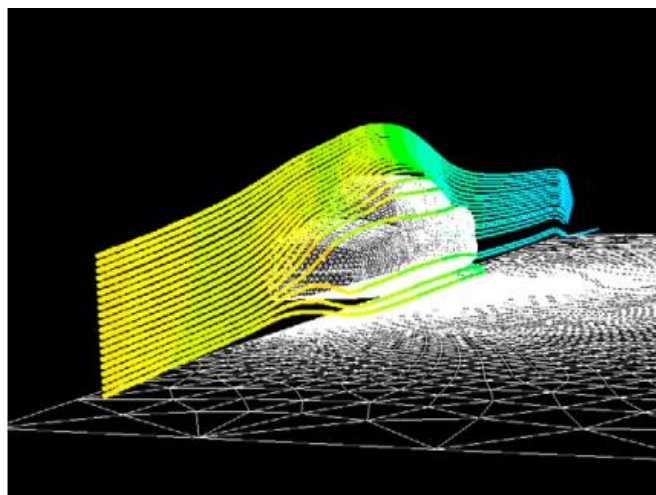
- ✓ 模态和谐波
- ✓ 有限元/边界元耦合：声波表面，声波瑞利表面
- ✓ 声学材料
- ✓ 粘性、结构阻尼、完美匹配层 (PML)
- ✓ 带有导纳和阻抗随频率变化的吸音板
- ✓ 平面波激励、点声源
- ✓ 预法向位移、速度、加速度
- ✓ 两种方式耦合结构场



潜艇声压分布：FMM 算法，在 Intel P4 3GHz , 2 GB RAM 的计算机上，耗时 58 分钟

流体分析

- | | |
|------------------|---------------------------------|
| ✓ 3D、2D 平面及轴对称建模 | ✓ 对称平面 |
| ✓ 静态和瞬态、线性和非线性 | ✓ 流固耦合界面，流固不匹配网格粘接 |
| ✓ 热弹性各向同性、各向异性材料 | ✓ 振动结构周围流体可考虑阻尼：不可压缩边界元法/斯托克斯方程 |
| ✓ 材料属性可与温度相关 | |
| ✓ 流体材料、流体域 | |



汽车行进中不可压缩流体流线

命令行解译器

- | | |
|--------------------------|-----------------|
| ✓ C++ 类似面向对象语法 | ✓ 定义新的或者采用已有的算法 |
| ✓ 完整模型的通道 | ✓ 高级结构的后处理 |
| ✓ 单位矩阵、单位向量和总矩阵、总向量的完整通道 | ✓ 参数化设计 |

优化

- | | |
|--------------|--------------|
| ✓ 使用多学科最优化平台 | ✓ 多学科设计优化 |
| ✓ 参数化设计 | ✓ 静态分析（蒙特卡洛） |

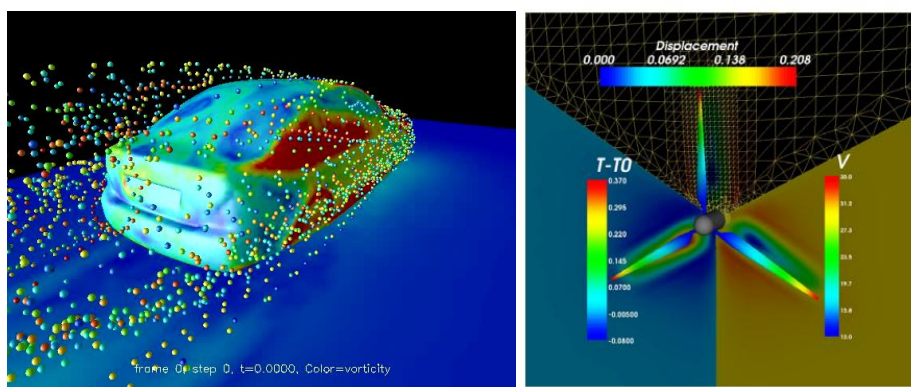
✓ 模型更新

✓ 试验设计和响应面

流体-结构耦合分析

- ✓ 3D、2D 平面及轴对称建模
- ✓ 静态和瞬态、线性和非线性
- ✓ 对称平面
- ✓ 不可压缩、可压缩亚音速、可压缩超音速，非粘性，层流粘性，湍流粘性

- ✓ 速度、温度入口边界，压力出口边界
- ✓ 无滑移边界，表面热通量壁或温度壁
- ✓ 两种方式耦合力学、温度场

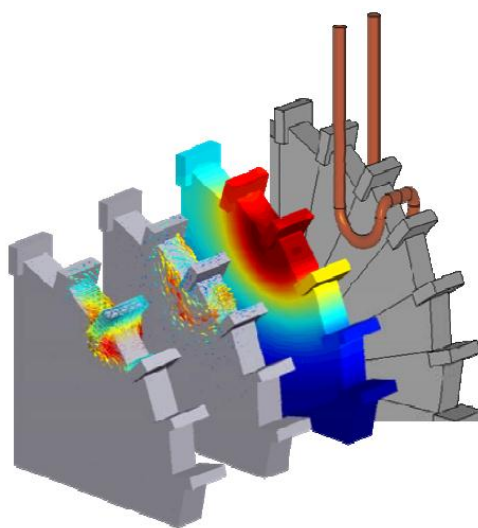


流体结构交互作用

电-磁分析

- ✓ 3D、2D 平面及轴对称建模
- ✓ 静态和瞬态、线性和非线性
- ✓ 有导体和无导体磁场，绝缘、主动或被动导体磁场
- ✓ 永磁体

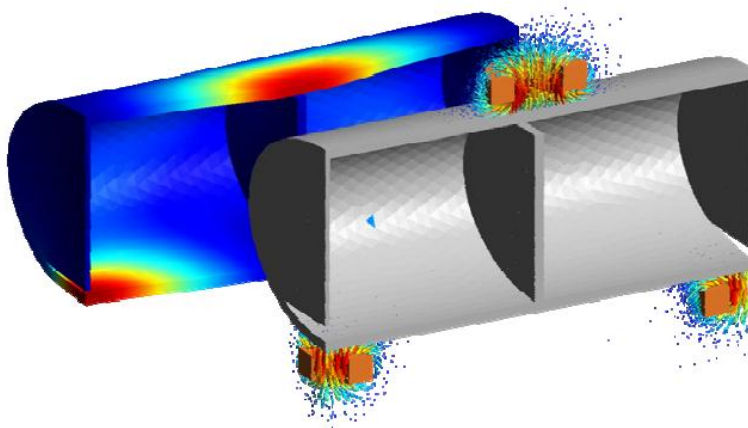
- ✓ 感应：给定电流方向、轴对称
- ✓ 电势源：电流驱动、电势驱动
- ✓ 无线远介质，电磁导线
- ✓ 与力学耦合（拉普拉斯力），与温度场耦合（焦耳热）



感应加热

热-力耦合

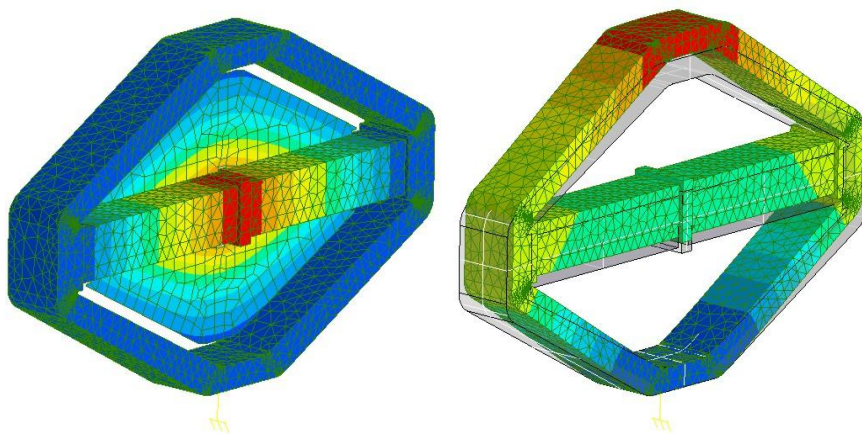
- ✓ 静态和瞬态、线性和非线性
- ✓ 模态和谐波
- ✓ SEM: 超单元建模
- ✓ 3D、2D 平面及轴对称建模
- ✓ 热弹性各向同性、各向异性材料
- ✓ 材料属性可与温度相关
- ✓ 热弹性阻尼
- ✓ 相变
- ✓ 两种方式耦合热、电、磁性、流体、光学、声学领域



电磁驱动的温度场分布及变形

压电分析

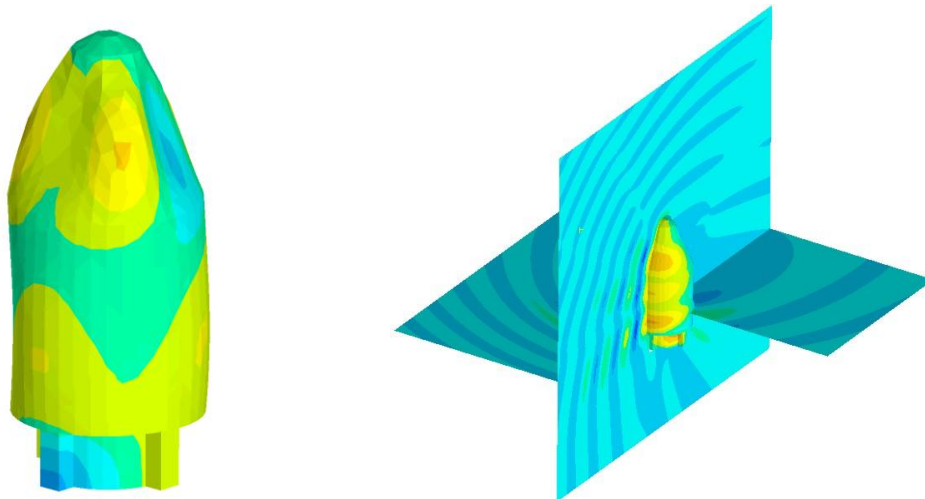
- ✓ 静态和瞬态、线性和非线性
- ✓ 模态和谐波
- ✓ SEM: 超单元建模
- ✓ 压电材料: 六边形 C6, 三角形 D3, 三斜晶系 C1
- ✓ 完美匹配层 PML
- ✓ 体、膜
- ✓ 两种方式耦合温度、流体、光学、声学



环形激振器电势（左）、位移场（右）

声学-结构耦合

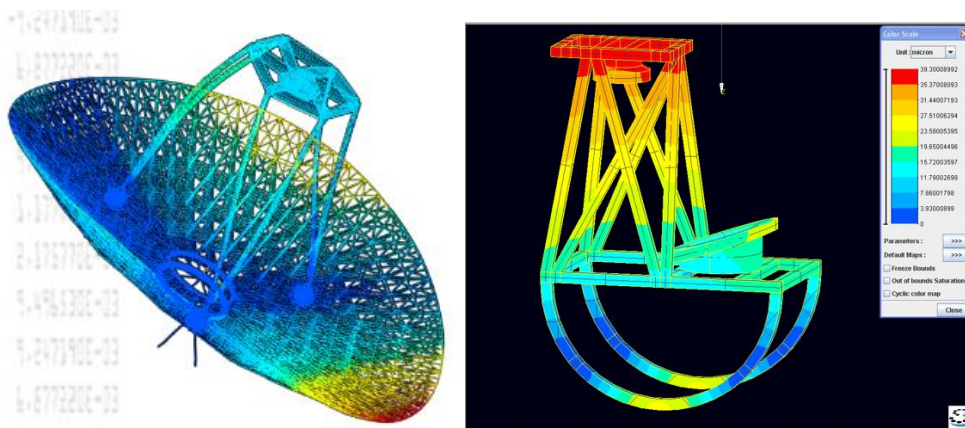
- ✓ 模态分析
- ✓ 谐波分析耦合：复杂指向、耦合模式的投影与非耦合模式的投影
- ✓ 谐波分析不耦合：非耦合的声辐射，高效计算的模态辐射
- ✓ FMM:快速多级加速算法
- ✓ 不匹配网格划分的振动声学接口：基于节点的插值法、投影插值法
- ✓ 使用兼容网格的振动-声学交界面
- ✓ 耦合电磁场，耦合温度-压电场
- ✓ 与 SAMCEF Mecano&Repdyn 链接



运载火箭内部压力场、位移（左），外界压力场（右）

光-热-力耦合

- ✓ 耦合 ZEMAX:OOFELIE 与 ZAMAX-EE 间自动数据交换
- ✓ 表面位移描述：泽尔尼克标准或者泽尔尼克附加多项式，网格形式有点、圆、椭圆、矩形
- ✓ 刚体运动并能导入到 ZEMAX
- ✓ 光-热效应：折射率可以是温度的函数，例如透镜中计算出来的显示的折射率梯度可以导入到 ZEMAX



太阳能

显微镜

了解更多专业多物理场解决方案

- ✓ **Oofelie::PiezoElectric**, 压电系统仿真解决方案, 用于诸如传感器、执行器、超声马达和加速度计等产品的设计。
- ✓ **Oofelie::ElectroTechnics**, 电磁系统仿真解决方案, 用于传感器、马达、电磁兼容、电缆、微波、感应加热设计。
- ✓ **Oofelie::MEMS**, 微机电系统仿真解决方案。
- ✓ **Oofelie for Advanced Optics**, 高精度光学系统仿真设计解决方案
- ✓ **Oofelie::VibroAcoustics**, 振动声学系统仿真解决方案, 用于诸如扩音器、噪声预防和声辐射等产品的研究。
- ✓ **FINE/Oofelie FSI**, 强流固耦合仿真解决方案

关于中仿科技公司

中仿科技(CnTech)成立于 2003 年, 是中国领先的仿真分析软件和系统解决方案的提供者。中仿科技依靠自主创新研发拥有自主知识产权的中仿 CAE 系列产品, 同时与国际上领先的数值仿真技术公司拥有长期而紧密的合作关系, 具备较强的自主研发能力和创新能力, 能够为中国企业和科研机构提供世界一流的仿真技术解决方案。公司总部设在上海, 目前在北京、武汉设有分公司。