



前端内置CFD工具提高一维热流系统建模的准确性

Roland Feldhinkel,
GM Mechanical Analysis Division

Lan Ge,
Application Engineer,
Focus Products Division

3rd March 2017

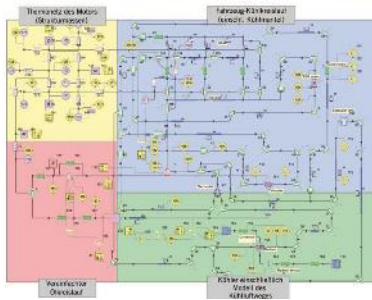
主题

- 明导公司在机械分析领域的工具以及整体解决方案
- FloEFD: 前端同步CFD工具
- FloMASTER: 一维热流系统仿真
- 1D-3D: Simulation Based Characterization (SBC)
- 1D-3D CFD 案例研究:
 - 汽车发动机恒温器
 - 汽车发动机冷却模块
- 总结

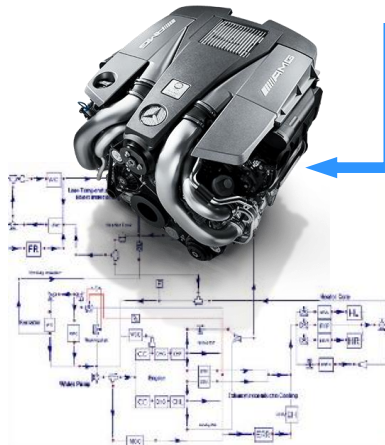
明导公司在机械分析领域的工具以及整体解决方案

FloMASTER™ *

AVL整车热管理



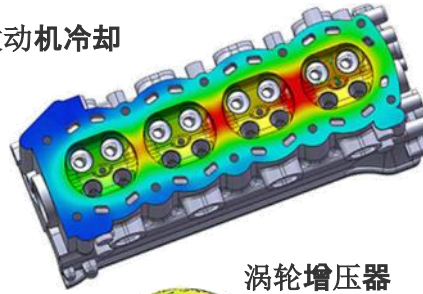
Daimler 8 发动机一维系统



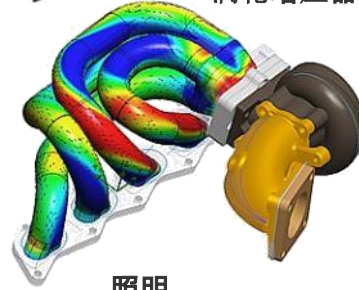
1D-3D link

FloEFD™

发动机冷却



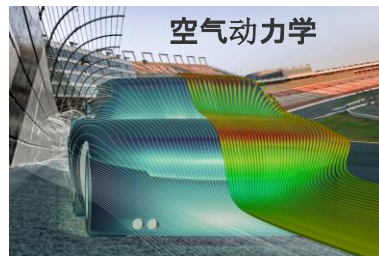
涡轮增压器



照明

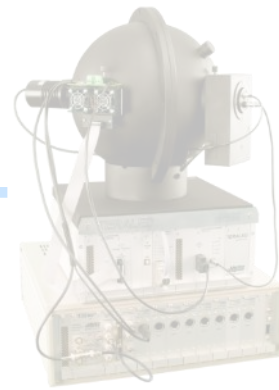


空气动力学



T3Ster™, TeraLED™ & Power Testers

LED的光学&热学
综合测试分析平台

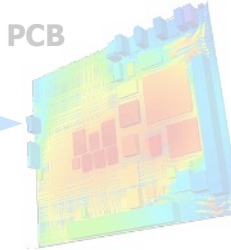


MOSFET/IGBT
热测试与分析

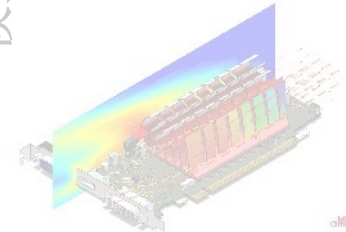


FloTHERM™ FloTHERM XT™

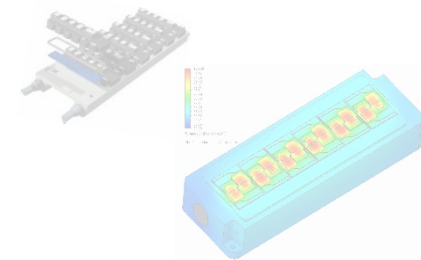
PCB



Infotainment



Power electronics (IGBT)



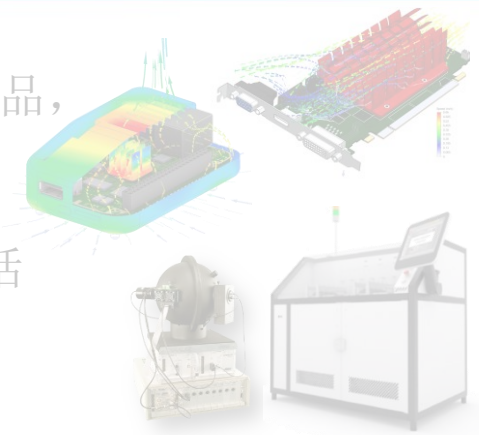
模型校正

*Formerly called "Flowmaster™"

专注流动换热的软件&硬件解决方案

- 电子系统的热分析

- FloTHERM & XT[®] – 电子散热领域的市场领袖级CFD*产品，(IC, Package, PCB, System, and data center)
- 行业内最好的MCAD&ECAD数据交换与兼容性
- 多种专有的建模能力提供业内最全种类的仿真模型，包括直接使用测试数据进行仿真。

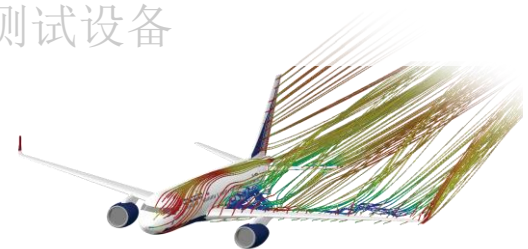


- 专业的热学&光学测试硬件

- T3Ster[®] – 电子器件级到系统级的热测试与分析
- TeraLED – LED的光学测试与分析
- DynTIM – TIM材料的热特性测试
- Power Tester series – 功率IGBT和MOSFET的功率循环测试设备

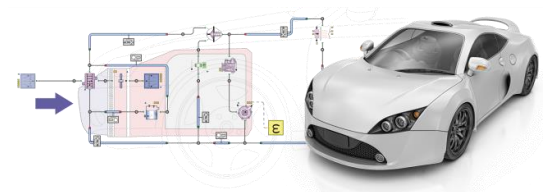
- 广泛应用的**前端同步CFD工具**

- FloEFD[™] – 传统CFD的转换：内嵌于MCAD:
 - Siemens NX & Solid Edge; Solidworks & CATIA; Creo
 - 拥有针对汽车照明的解决方案



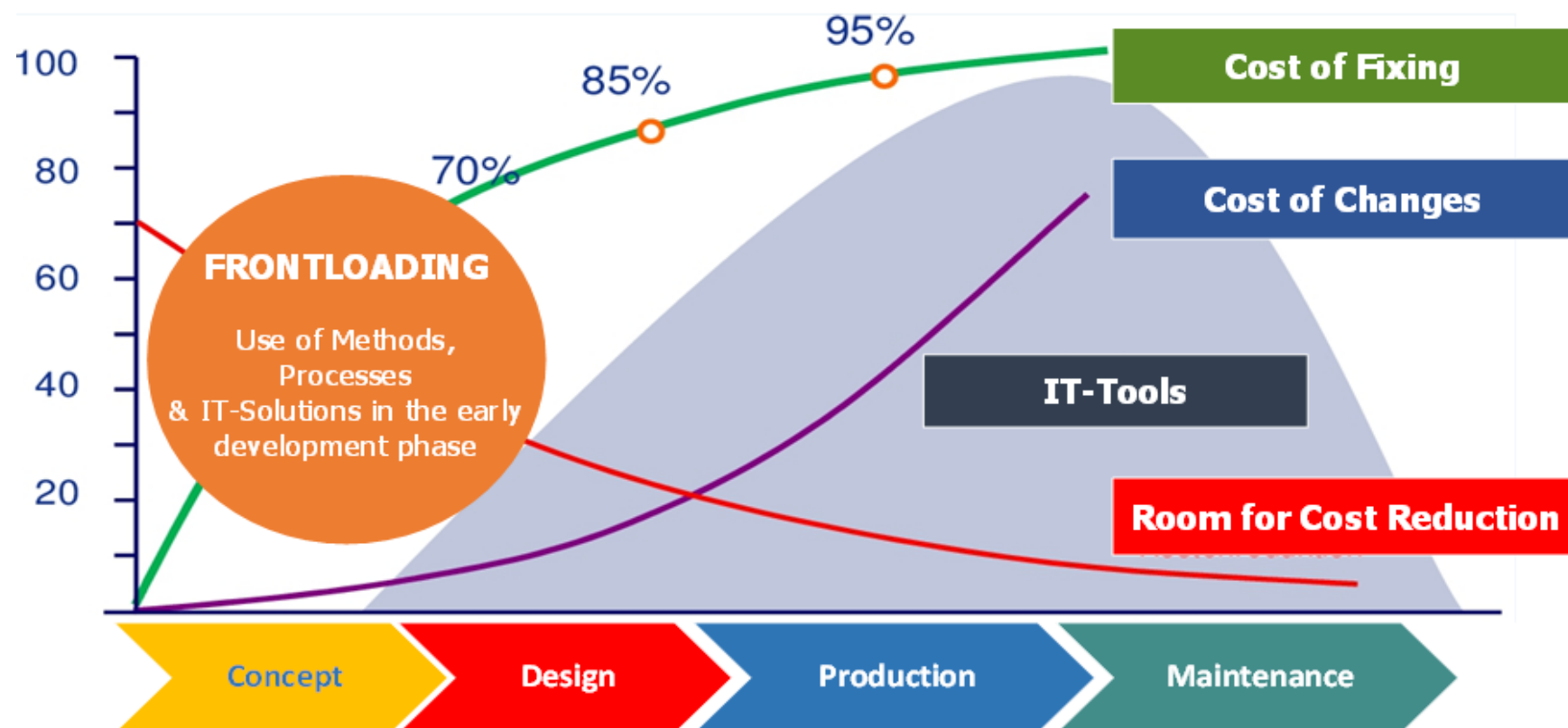
- 广泛应用于航空、汽车、能源电力、燃气轮机等行业的一维热流系统软件

- FloMASTER[®] – 快速高效，且精确的热流系统软件



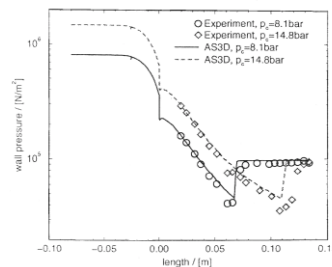
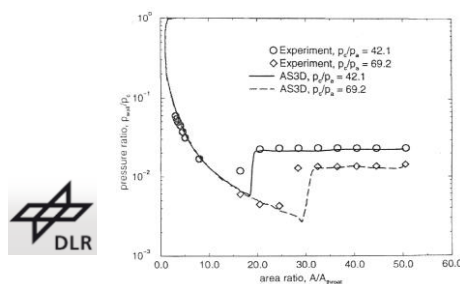
前端工程仿真的经济性

Source: Prof. Dr. Martin Eigner VPE TU Kaiserslautern

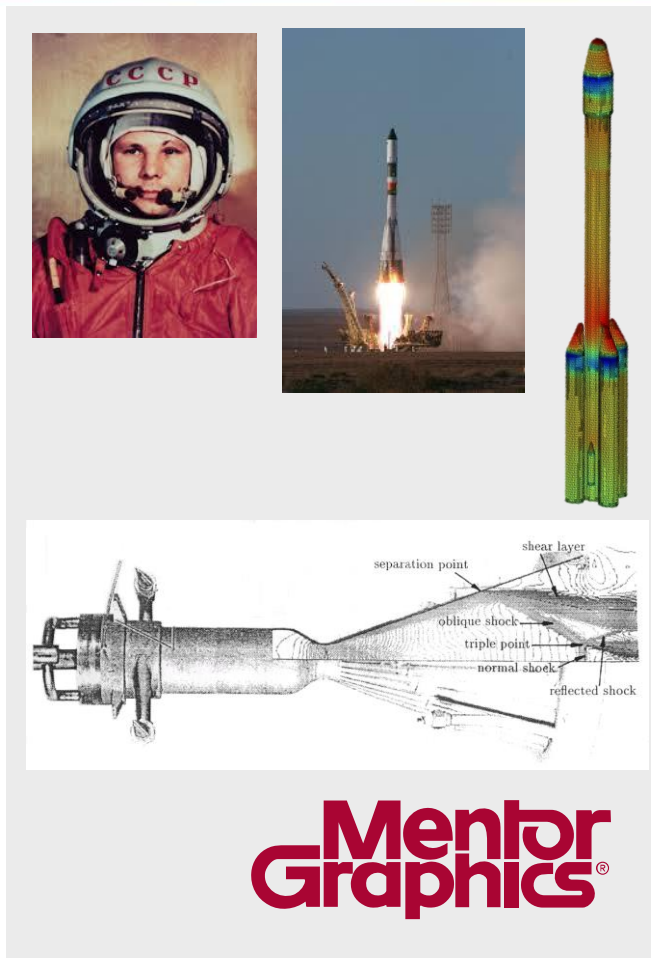


FloEFD: 源自俄罗斯航空航天CFD

- FloEFD 诞生于1980年代早期，源于俄罗斯航空航天行业；
- FloEFD 是一个具有悠久传统的CFD代码，同时基于东欧实验室的经验数据；
- 第一代商业软件“AeroShape-3D” (FloEFD 前身) 于1991年出售。



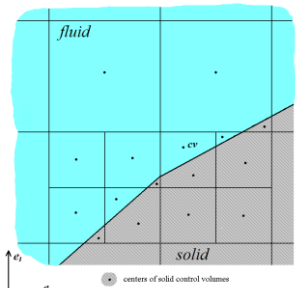
火箭喷嘴处的流动分离：与德国航空航天中心DLR协同合作，进行了第一次代码的验证



FloEFD: 数值-解析-经验三种方法的结合

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x_i}(\rho u_i) = 0$$
$$\frac{\partial \rho u_i}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x_j}(\rho u_i u_j) + \frac{\partial p}{\partial x_i} = \frac{\partial}{\partial x_j}(\tau_{ij} + \tau_{ij}^R) + S_i \quad i=1,2,3$$
$$\frac{\partial \rho H}{\partial t} + \frac{\partial \rho u_i H}{\partial x_i} = \frac{\partial}{\partial x_i}(u_i(\tau_{ij} + \tau_{ij}^R) + q_i) + \frac{\partial p}{\partial t} - \tau_{ij}^R \frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \rho \varepsilon + S_i u_i + Q_H$$
$$H = h + \frac{u^2}{2}$$

控制方程





$$\rho c_p \frac{\partial T}{\partial t} - \text{div}(\lambda \text{grad}(T)) = f + q_J$$

解析法

利用CAD信息，FloEFD自动检测区域的网格分辨率，确定不足以使用传统数值CFD解决方案的区域。

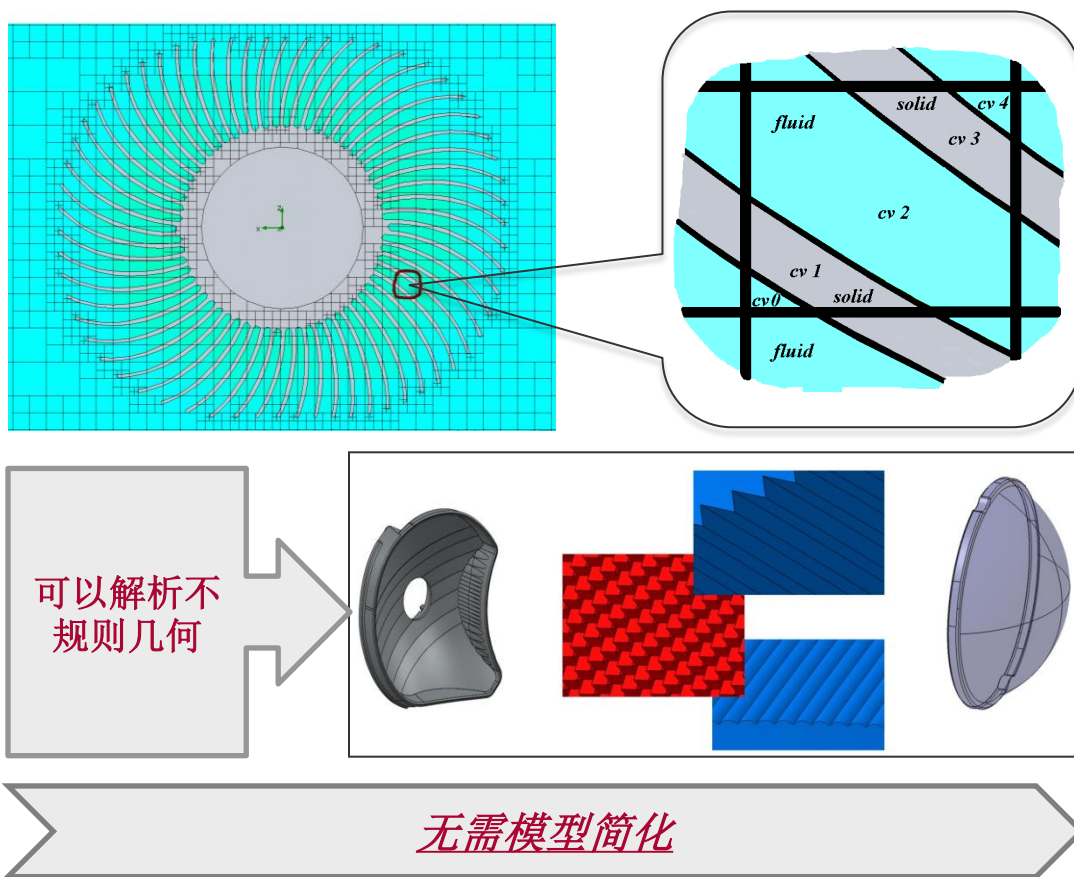
在这些地区，FloEFD自动适用于分析或经验的方法.....

效益:

- 使用较少的网格，而不需要妥协精度

Mentor
Graphics®

FloEFD 独特的 SmartCell™ 方法



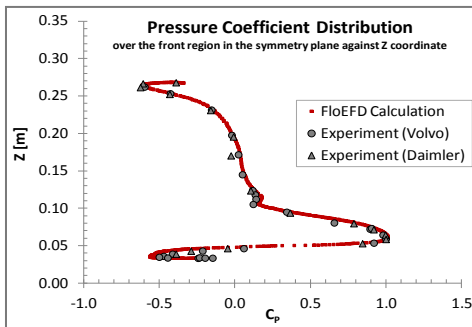
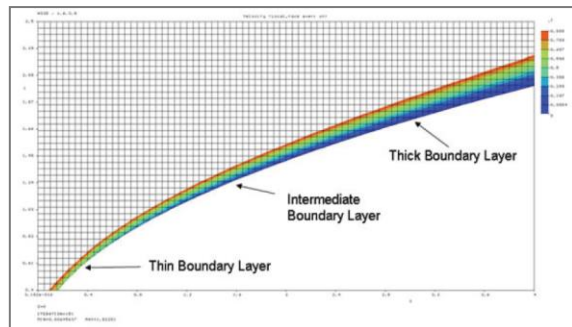
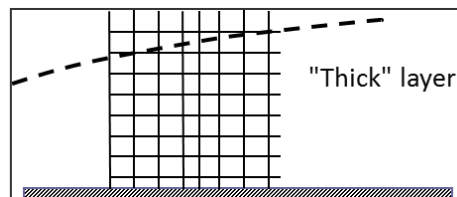
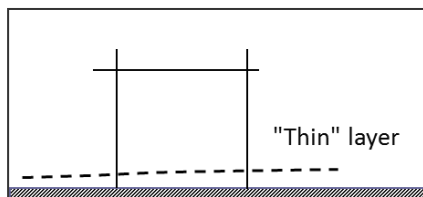
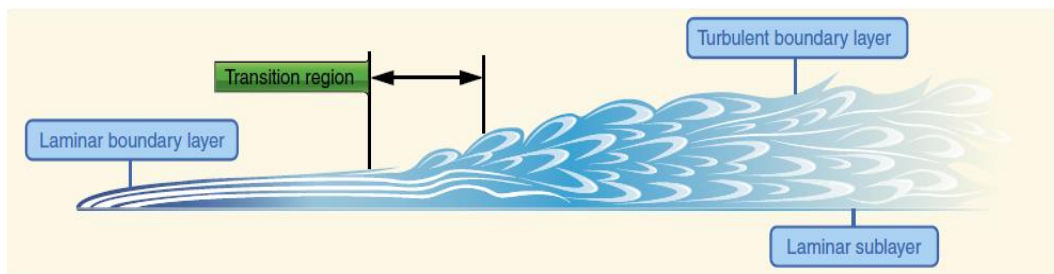
在单一笛卡尔网格（SmartCell™）中，最多可以计算20个自动创建的控制体。

Benefits:

- 减少所需要的网格数 → 缩短计算时间
- 减少人工输入 → 缩短设置时间
- 网格划分时间比传统网格至少快两倍
- 无需模型简化

Mentor
Graphics®

FloEFD中的积分边界层模型



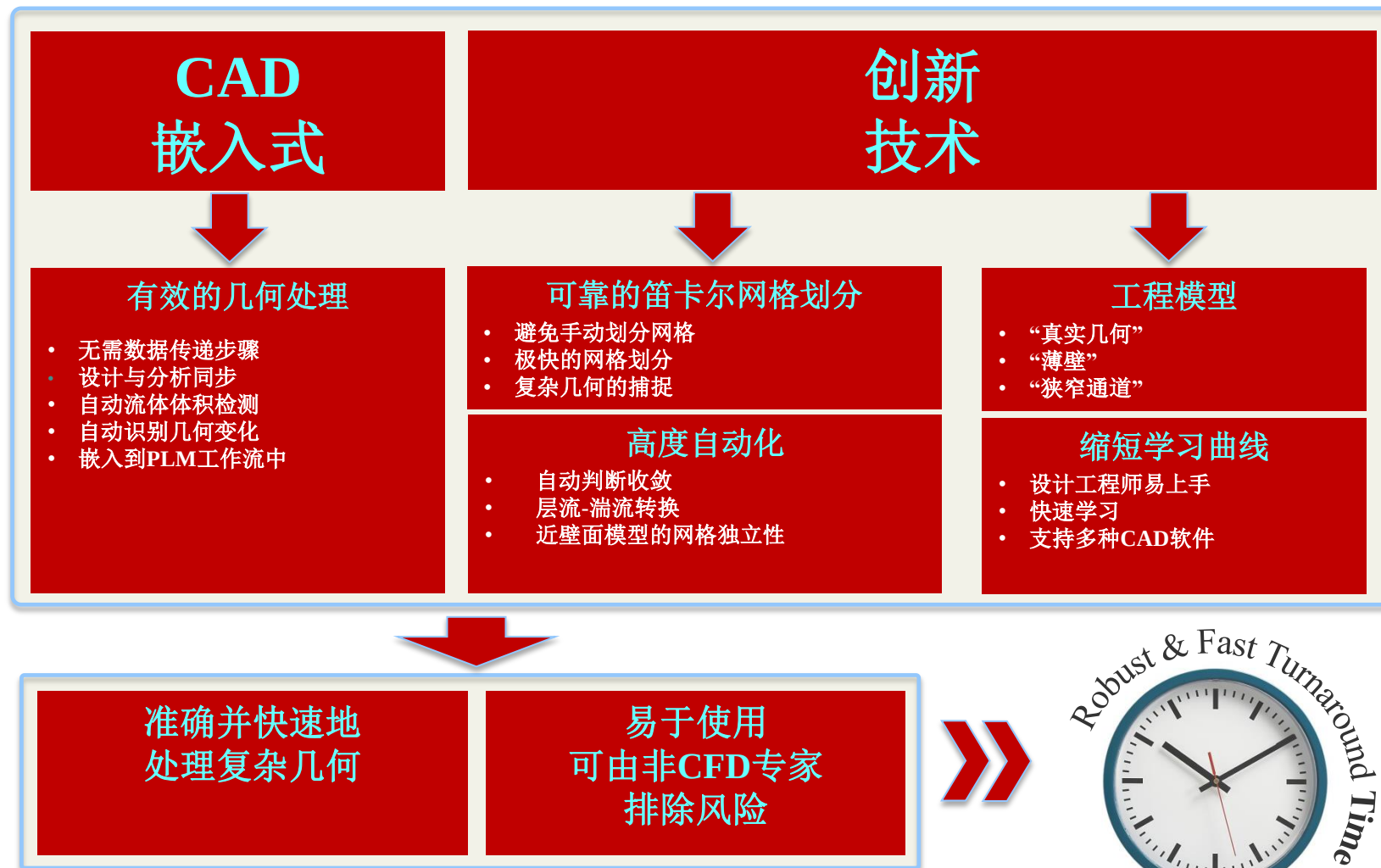
FloEFD 使用独特的积分的网格无关的边界层脱疏模型。

效益:

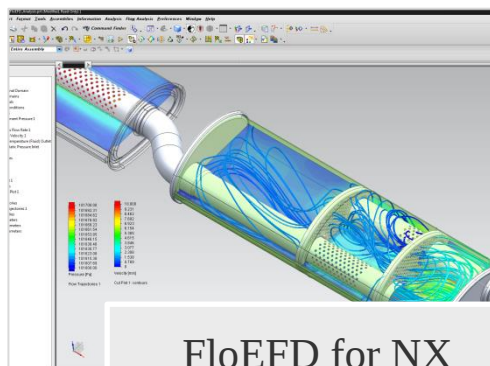
- 较少的网格可以得到精确的解
- 轻松捕捉复杂几何
- 消除对各种湍流模型的需要 → 更易于使用和更大的自动化

Mentor
Graphics®

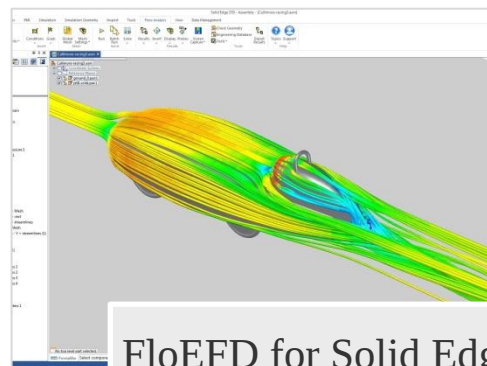
FloEFD: 前端同步CFD解决方案



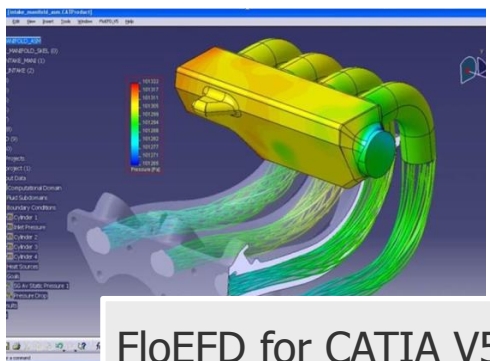
FloEFD:前端同步CFD解决方案



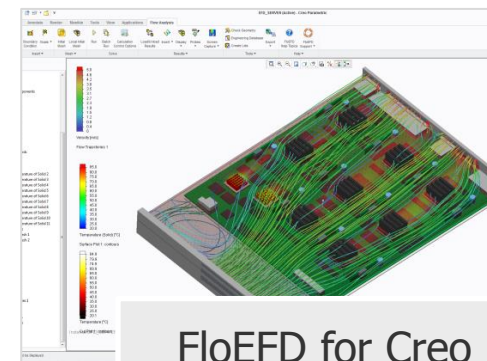
FloEFD for NX



FloEFD for Solid Edge



FloEFD for CATIA V5



FloEFD for Creo

FloEFD 可嵌入到主流的CAD软件中去:

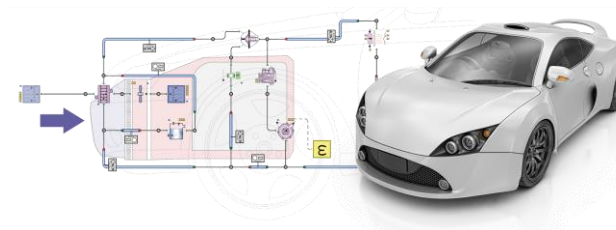
- Siemens NX
- Siemens Solid Edge
- CATIA V5
- PTC Creo

同时, 也可使用FloEFD的独立版本。

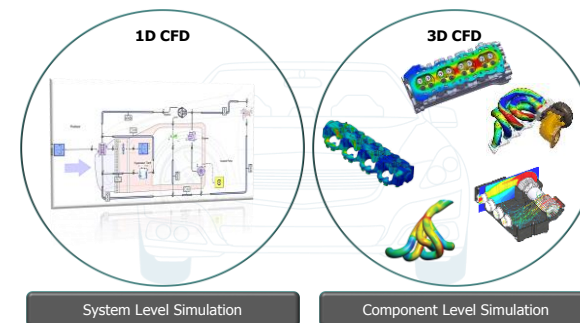
**Mentor
Graphics®**

FloMASTER一维流体仿真软件

- FloMASTER 是全球领先的一维流体系统仿真解算工具，具有30年的历史。
- FloMASTER拥有基于D.S. Miller “内部流动系统”的最大的组件和流体库之一。这有助于创建基于几何的网络。
- FloMASTER拥有稳定的求解器，已被验证在包括瞬态效应的广泛的应用范围内显示高精度。
- FloMASTER有助于前期工程，降低成本和产品开发和维护的交货周期。
- 它在协同模拟中与三维组件的CFD仿真互补。

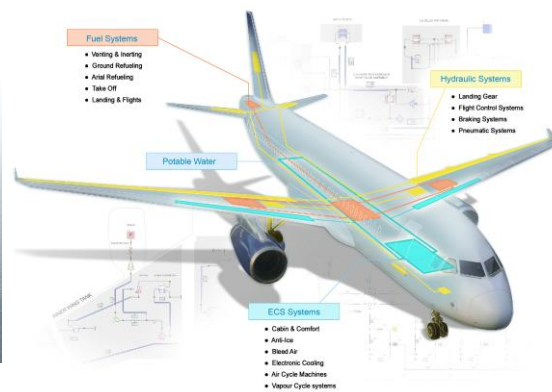
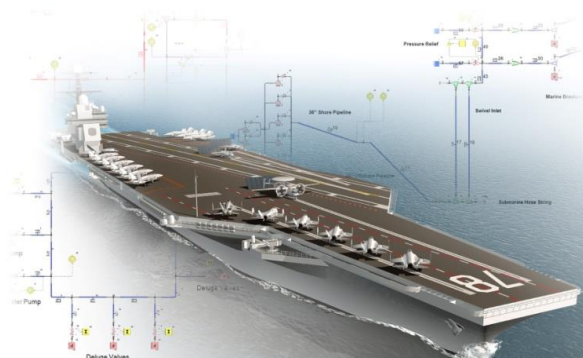


D.S. Miller

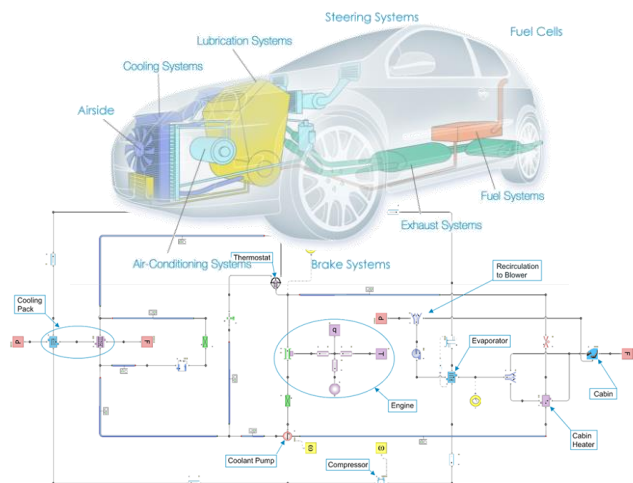
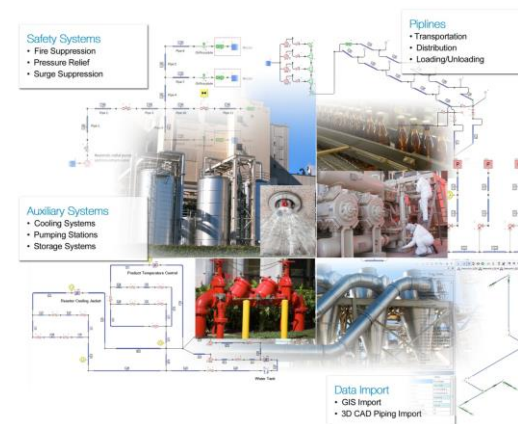


FloMASTER典型应用行业

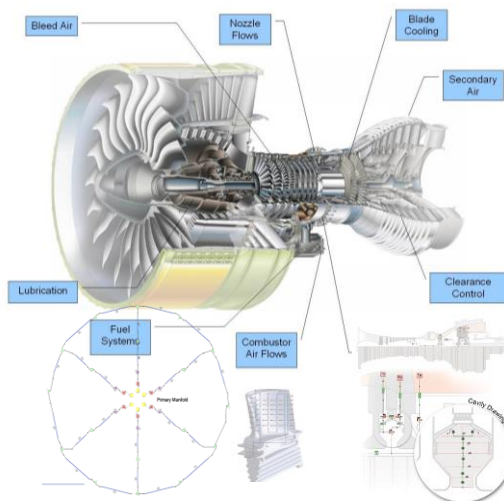
航空航天与国防



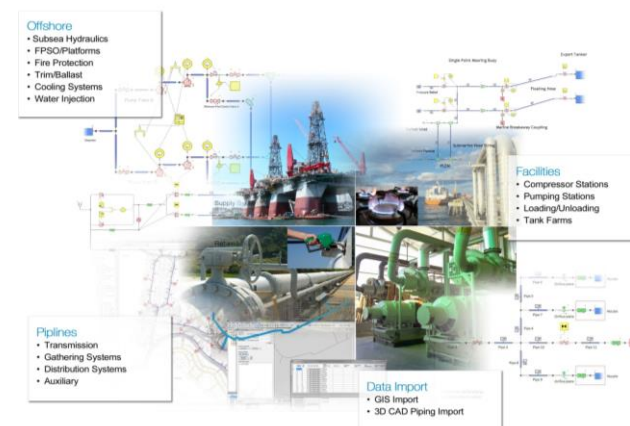
化工能源



汽车

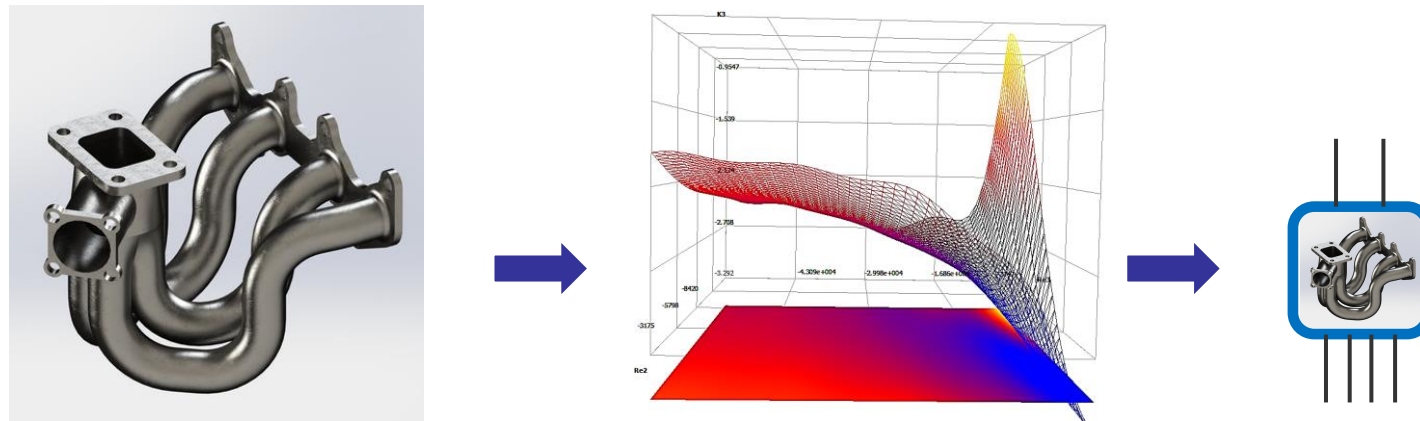


燃气轮机



石油天然气

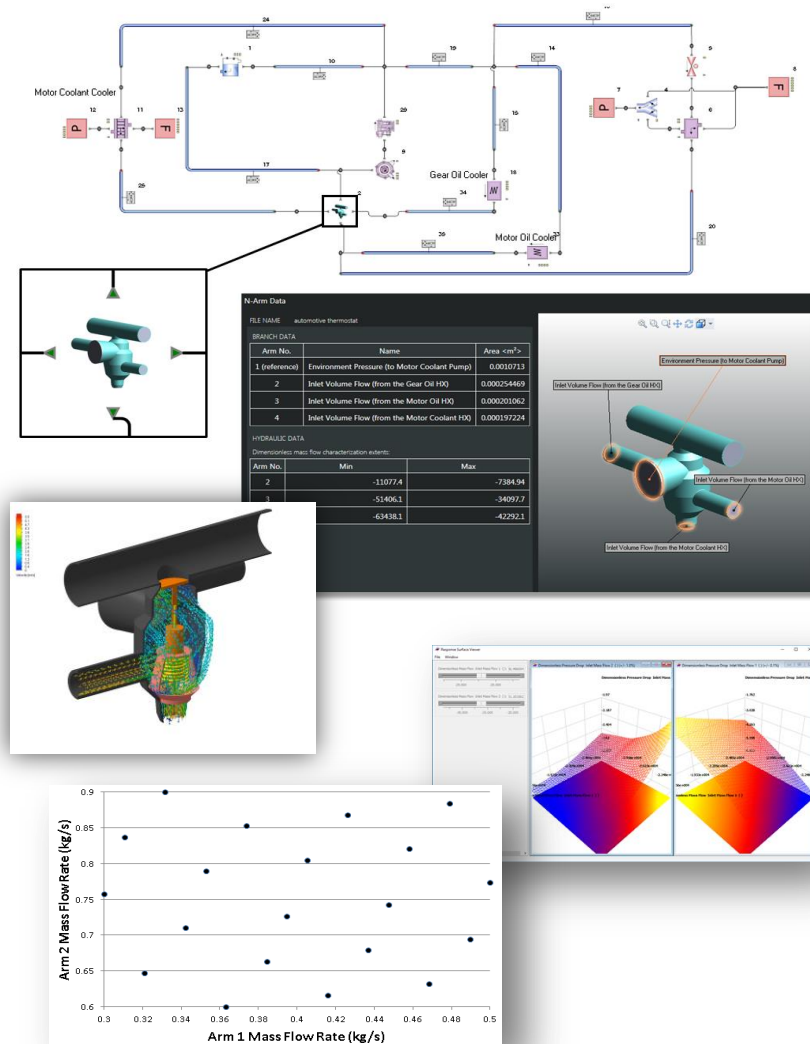
FloMASTER基于模型的设计方法（MBD）



- 使用现有的FloMASTER组件不能够准确模拟复杂的3D部件。使用三维CFD工具FloEFD直接对3D零部件进行仿真。
- FloMASTER一维网络仿真中的结果行为模型（Resulting behavioral model），既具有3D的准确性，兼有一维的高效性。
- FloMASTER 采用‘Model Based Design’方法，可以迅速捕捉具有复杂三维几何的零部件：
 - 首先，使用3D CFD工具FloEFD进行详细模拟。
 - 然后创建Functional Mockup (FMU)实体模型；
 - 最后，将实体模型导入FloMASTER，创建‘N-Arm’组件
 - 将这个过程称之为‘Simulation Based Characterization’, SBC

1D-3D CFD : 汽车发动机恒温器

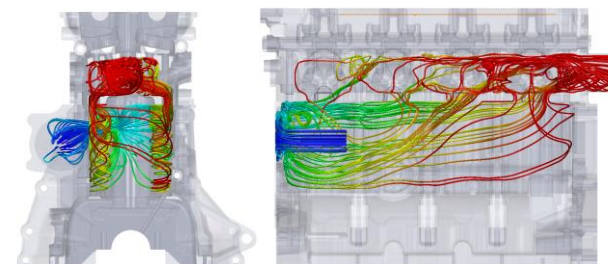
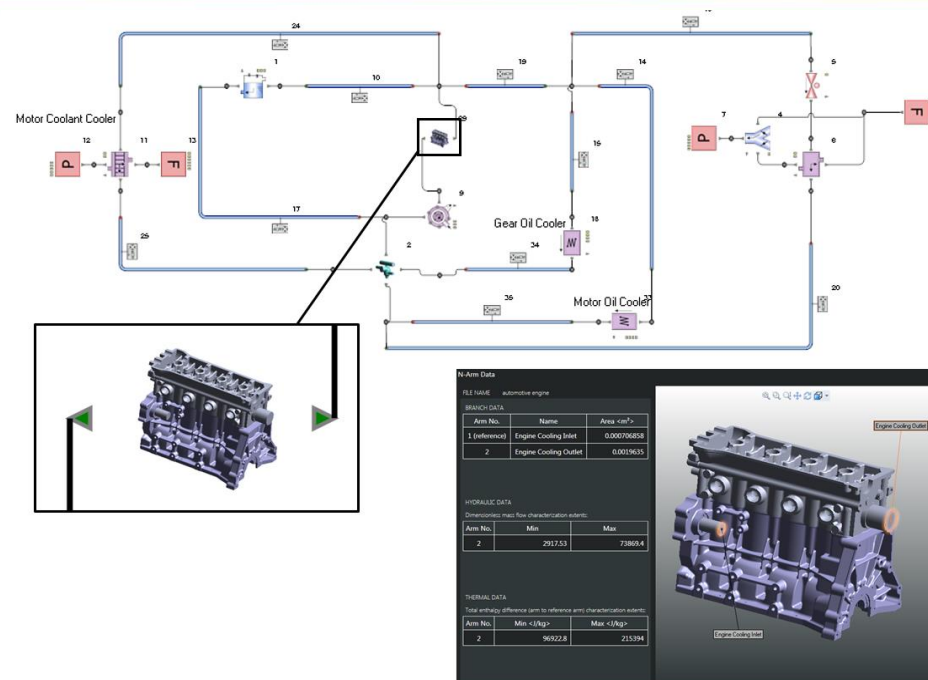
- 我们独有的Model Based Design (MBD) 方法可以替代1D-3D CFD 的协同仿真。
- FloEFD的 ‘Characterization’ 参数化模型可以对各种的几何形状进行流动和热流分析：
 - 使用先进的 ‘Design of Experiments’ 和响应面技术
 - 多种解决方案的全自动求解
 - 利用行业标准将模型传递给FloMASTER
- 案例: n-Arm 发动机恒温器
 - 无法通过常规的1D系统仿真软件正确表征的组件



1D-3D CFD: 汽车发动机冷却模块

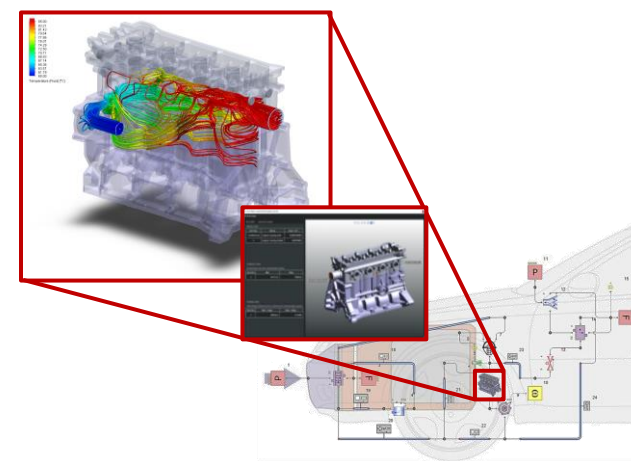
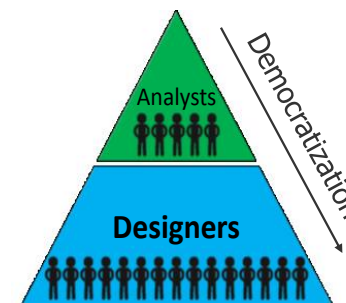
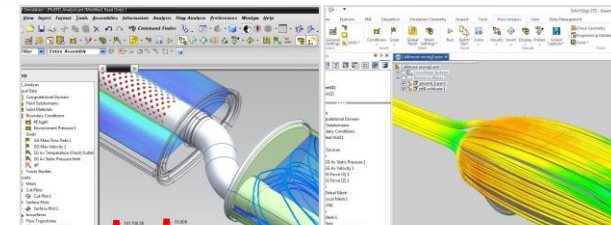
- 我们新的工作流, SBC,充分发挥了FloEFD嵌入到CAD中的优势,可以详细描述部件的特征,并将其应用到floMASTER的N-arm几何中。
- 案例: **2-Arm Engine Cooling Block**
- FloMASTER 中的‘N-Arm’ 模型提供了显著的价值:

- 可以通过将三维CAD模型创建为单个部件,进而能够捕捉复杂多分支几何的性能。
- 避免了构建物理测试模型的需要
- 1D系统仿真精度产生高达20%的提高



总结

- 我们在MCAD嵌入式CFD 领域处于领先地位的 FloEFD™，是基于俄罗斯航空航天行业的快速且稳定的一款软件。
- FloEFD通过数值近似、笛卡尔SmartCells™和智能自动化等独特的方法使的三维 CFD应用更为广泛。
- FloMASTER™ 是通用的一维热流系统仿真分析软件，以其高效的计算效率、精确.的求解能力、边界快速的建模方式而被全球著名公司采用。
- 明导独特的基于特征仿真 Simulation Based Characterization (SBC)的方法将一维与三维的组合仿真,进行快速的三维组件仿真，为一维系统工程师提供无以伦比的精确度。





www.mentor.com