

Xflow、Shipflow高效数值模拟方法 耦合CAESES加速叶片和船型优化



赖宇阳
 树优信息技术有限公司
 13269252368
Lyy@soyotec.net
www.soyotec.net



关于树优



- 2009年成立，树优致力于为中国客户提供**智慧研发**解决方案；作为**亚洲结构多学科优化协会**成员单位 (ACSMO: Asian Congress of Structural & Multidisciplinary Optimization)，树优提供先进的**多学科仿真优化技术**和专业的服务，帮助客户缩短研发周期、提升性能品质，产生更大的市场价值。
- 办公地点：北京、上海、西安、深圳



智慧研发解决方案

自主研发、软件分销、咨询服务、技术培训



基于仿真分析，设计优化，数据挖掘，协同研发技术的融合创新

树优信息技术有限公司
<http://www.soyotec.net>

2

树优产品



● 坚持全球先进技术集成和自主研发结合的路线，为客户打造智慧研发平台

智慧研发解决方案

自主研发、软件分销、咨询服务、技术培训

高效试验设计优化 PIAnO 多学科集成优化 Isight 结构-流体拓扑优化 TOSCA 高效多目标优化 ParetoExplorer	网格变形优化 Sculptor 型线设计优化 CAESES 仿真优化知识封装 EASA 仿真数据管理 SLM	非线性有限元 Abaqus 疲劳分析 FE-SAFE 多体动力学 Simpack 多领域建模分析 Dymola	旋转机械流场分析 TurbStream LBM无网格 流体力学分析 Xflow 船舶水动力学 Shipflow 颗粒动力学 StreamDEM EDEM	设计数据可视化 Actify CAE数据 轻量化可视化 Vcollab 流体网格划分 Pointwise 电子手册制作 CATIA 3DVIA	虚拟试验模型验证 SV2 复杂数据对比分析 OntoTest 复杂数据展现 MapView 复杂数据量化分析 OntoSpace
---	--	--	---	---	---

树优信息技术有限公司
<http://www.soyotec.net>

3

树优服务: 汽车/船舶/航空/动力行业成功案例



2016 海马汽车：整车燃油动力经济性速比匹配、换挡规律设计， 降低油耗9%	     
2016 文冲船厂：基于Shipflow/CAESES船舶水动力学分析优化	
2016 吉利汽车：SV-1 SUV 上车体和下车体轻量化设计优化	
2015 船舶702：基于Xflow半浸桨无网格水动力学分析仿真	
2014 吉利汽车：FE-7 SUV 轻量化设计， 减重13.8Kg ，满足刚度模态、安全性	
2014 船舶701：基于Shipflow/CAESES水面舰艇快速性预测及型线优化	
2013 一汽汽研：SUV白车身轻量化设计， 减重15% ，满足刚度、模态性能	
2013 某核能研究所：反应堆热工水力性能多目标优化， 提高设计效率30%	
2012 一汽大众：新宝来白车身优化减重 4% 、满足刚度模态、侧碰要求	
2012 福田汽车：U201 SUV (标杆车：丰田霸道) 白车身轻量化， 减重6%	
2012 华晨汽车：SUV白车身轻量化， 减重15% ，满足刚度、模态性能要求	
2012 某电机厂：开关磁阻电动机优化， 扭矩提升76% ， 扭矩波动降低80%	
2012 唐客：250公里动车组头型气动优化，降低阻力 2% ，减重 13%	
2011 航空606所：涡轮叶片气动设计优化平台开发	
2011 一汽汽研：扭梁悬架轻量化，簧下 质量减少22% ，整车 性能提高0.5分	
2011 通用泛亚：凯越白车身轻量化， 减重7% ，满足刚度、模态、碰撞安全性	

树优信息技术有限公司
<http://www.soyotec.net>

5

树优服务：Shipflow船舶水动力学培训



树优信息技术有限公司
<http://www.soyotec.net>


6

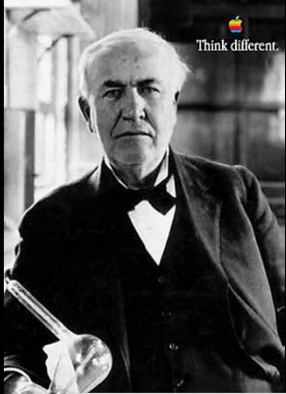
树优服务：Xflow无网格计算和CAESES优化培训



树优信息技术有限公司
<http://www.soyotec.net>

7

 **爱迪生的启示**




爱迪生实验发明灯泡用了1600多种金属材料
和6000多种非金属材料。碱性电池的发明经
历了**50000**多次失败。

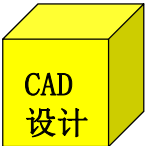

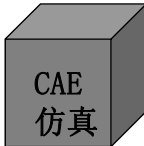

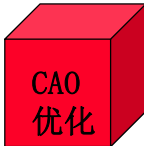
这个故事说明的什么？

爱迪生的勤奋和努力！
传统思维方式——试错法的效率低下！


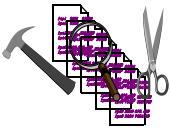

如何提高研发的效率？
如何走出“试错法”的绝境？

技术发展趋势 

1980' s 1990' s 2000' s

Computer-Aided Design Computer-Aided Engineering Computer-Aided Optimization

Design Geometry *Design Analysis* *Design Exploration*

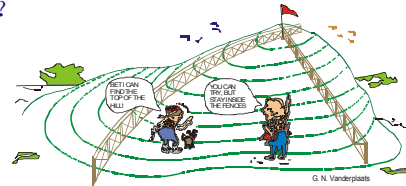
树优信息技术有限公司
<http://www.soyotec.net> 9

优化问题定义



1. 模型: 什么仿真来预测设计的行为?
2. 设计变量: 什么设计变量能被修改?
3. 约束: 什么约束或者要求必须要满足或
4. 目标: 我们想达到什么样的性能目标?

THE PHYSICAL PROBLEM



$$\min F(\bar{x})$$

$$h_k(\bar{x}) = 0 \quad k = 1, \dots, K$$

$$g_j(\bar{x}) \leq 0 \quad j = 1, \dots, J$$

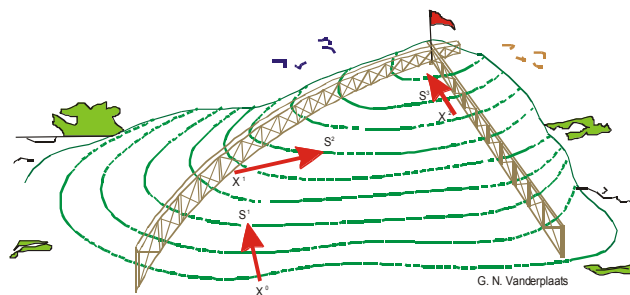
$$\bar{x}_i^{(L)} \leq \bar{x}_i \leq \bar{x}_i^{(U)} \quad i = 1, \dots, N$$

- ◆ 目标: 找寻最高点
- ◆ 设计变量: 经度和纬度
- ◆ 约束: 围栏范围内

优化过程

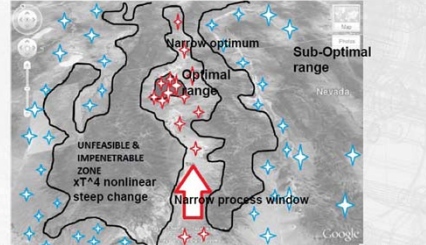


THE OPTIMIZATION PROCESS

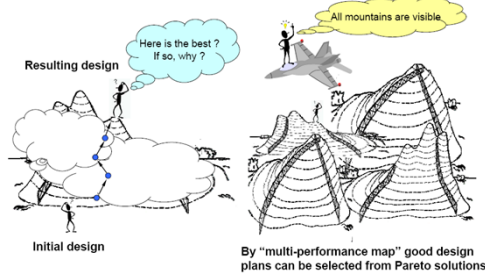


- ◆ 在围栏设定的范围内探索搜寻的方向以接近最终目标
- ◆ 按照一定的方向搜寻，直至达到最高点
- ◆ 重复收敛

工程优化问题的挑战

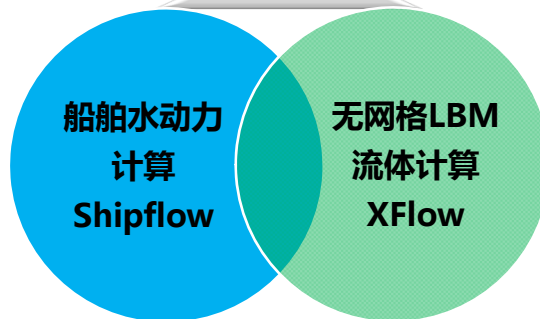


Gradient method requires path, to enter narrow optimal range (due to nonlinearity) it requires guidance or coincidence. Guidance comes from the previous history

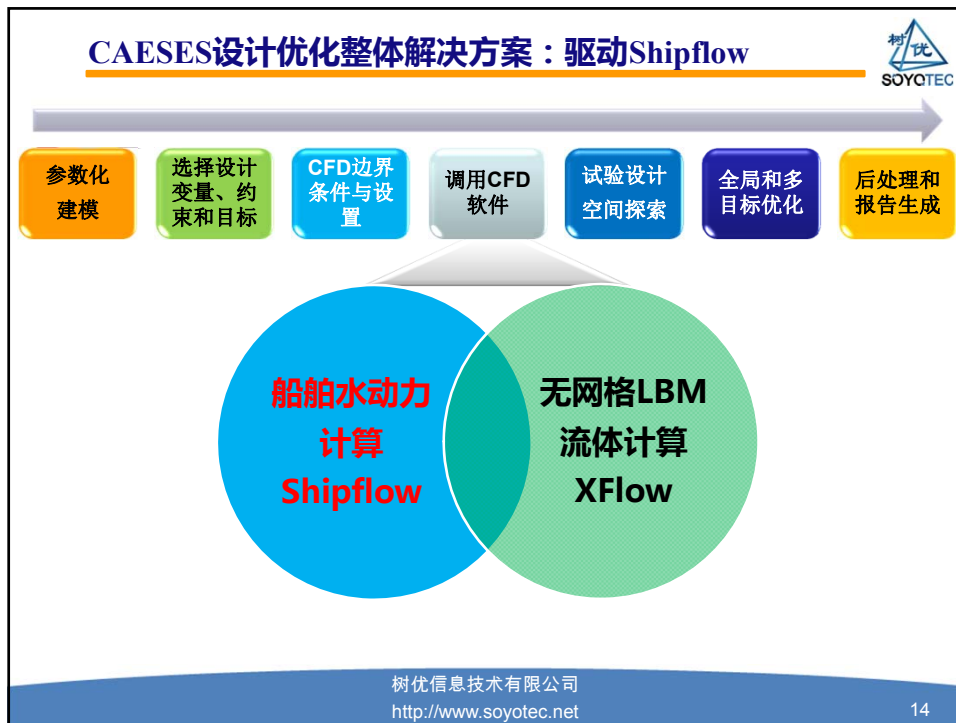


树优信息技术有限公司
http://www.soyotec.net


CAESES设计优化整体解决方案：驱动Shipflow和Xflow



树优信息技术有限公司
http://www.soyotec.net



Shipflow船舶专用水动力学分析软件



- SHIPFLOW是一款性能优越的船舶流体力学分析专用软件.其最初由瑞典的SSPA公司和Chalmers科技大学在80年代联合研制并推出,是针对船体和潜水器流体动力学数值模拟的专用软件。

阻力计算

- 兴波阻力, 粘性阻力;
- 波形图、波切图、压力分布图;
- 船舶浮态变化;

自航试验模拟

- 实效伴流、推力减额、相对旋转效率;
- 功率-航速估算;

MOTION 耐波性模拟

- 船舶运动动画,
- 力, 位移, 速度, 压力分布, 波形图, 兴波阻力, 波浪增阻

螺旋桨敞水性能计算

标称伴流预测

浅水效应与狭窄河道

船型优化研究

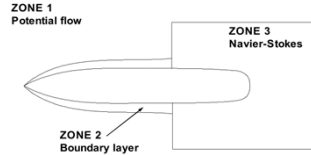
树优信息技术有限公司
<http://www.soyotec.net>

15

Shipflow特色



- 相比传统粘流软件耗时的CFD计算，shipflow的势流模块可以将仿真时间降低至短短数分钟，极大加快产品的性能优化程度
- 加上薄边界层模块，还可以分别得到兴波阻力、形状阻力、摩擦阻力等，使得工程师对船型阻力的理解更加精准，同时自由液面的兴波被精确捕捉，船体表面压力系数等参数也清楚展现
- 可自动生成网格，由Fr、Rn以及船型决定

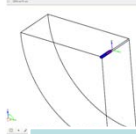


在势流区：采用面元法

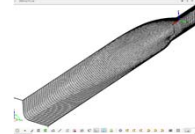
在粘流区：采用结构化网格



船体面元



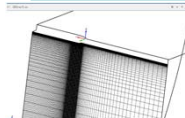
粘流区计算边界



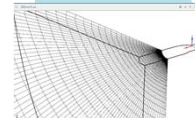
轴向网格分布



自由液面面元



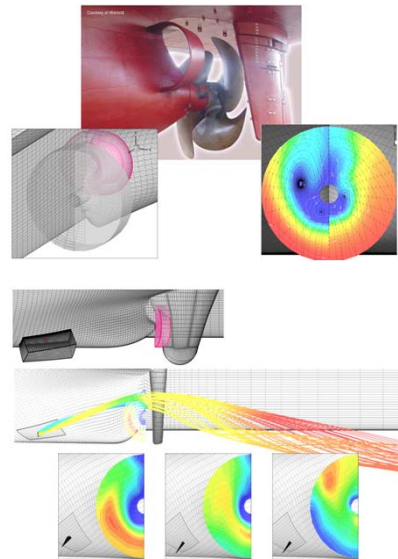
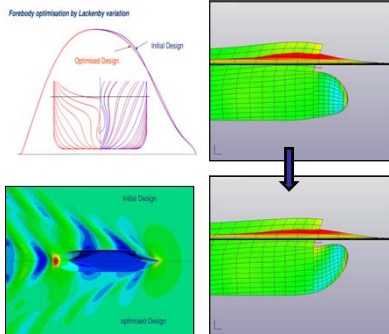
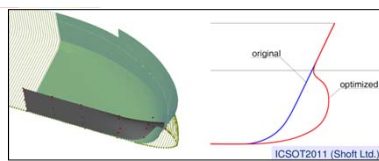
侧向网格分布



横向网格分布

树优信息技术有限公司
http://www.soyotec.net


案例：Shipflow 与CAESES联合打造船型优化平台



树优信息技术有限公司
http://www.soyotec.net



Xflow 无网格、格子玻尔兹曼流体计算技术



➤ **格子玻尔兹曼方法(LBM, Lattice Boltzmann Method)**

- 用简单的介观模型来模拟流体宏观行为的一种动力学方法；
- 与传统宏观数值模拟方法不同：从非平衡态统计力学观点出发，将时间、空间、速度相空间完全离散的动力学格子模型和波尔兹曼方程相结合；
- 实现不直接求解N-S方程组而描述流体运动规律的目的，具有易于使用、无需网格、高效并行、边界条件处理简单、模拟精确特点，近十几年发展迅速。

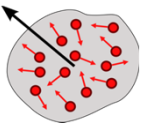
- Macroscopic variables are moments of the **distribution function (f)**

$$\frac{Df}{Dt} = \Omega$$

$$f = f(x, v, t)$$

← Boltzmann transport equation

← Probability Distribution Function (PDF)

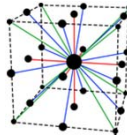


$$\rho = \int f dv$$

$$\rho u = \int f v dv$$

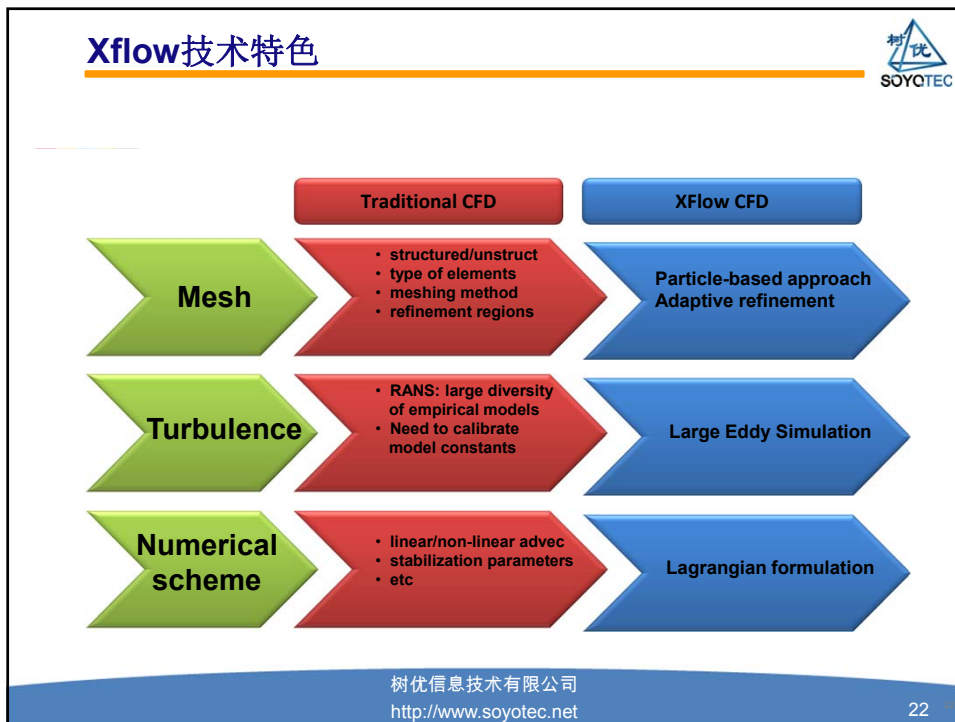
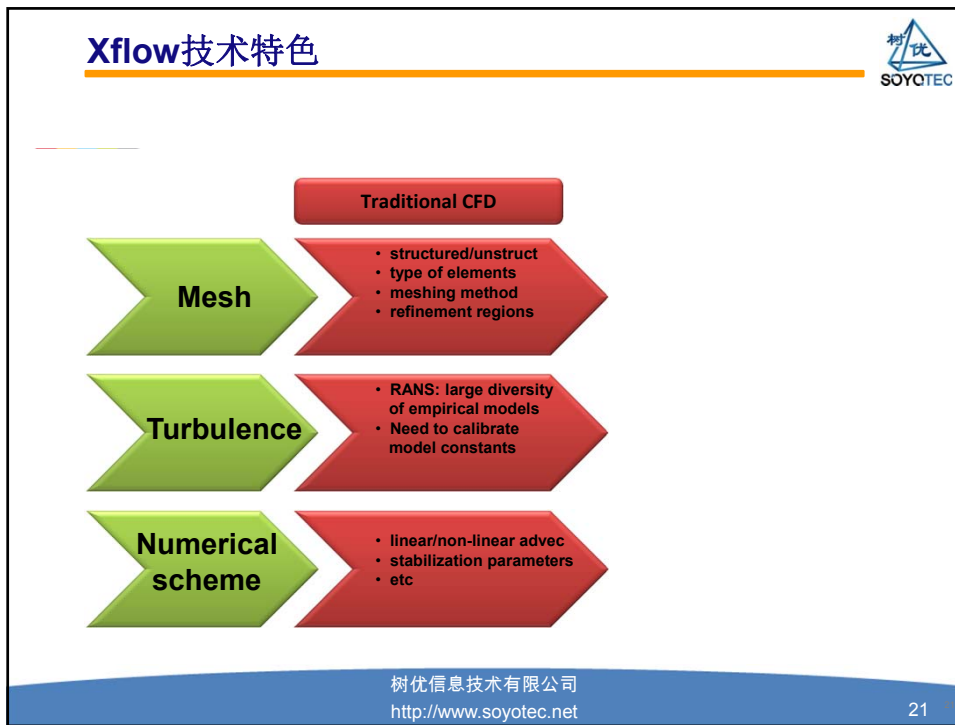
Density → Pressure

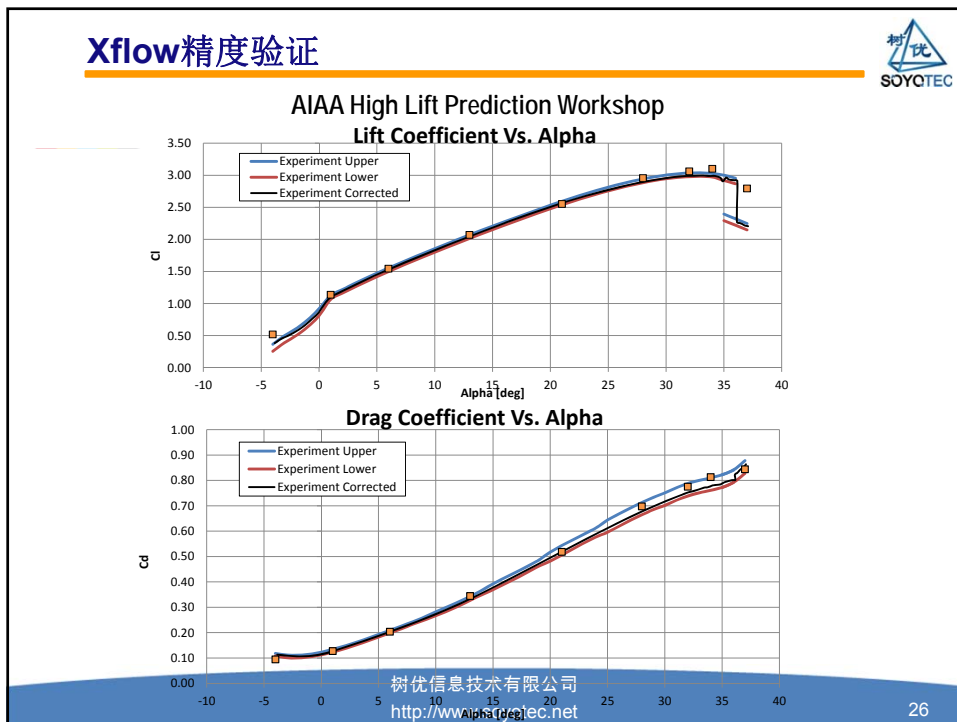
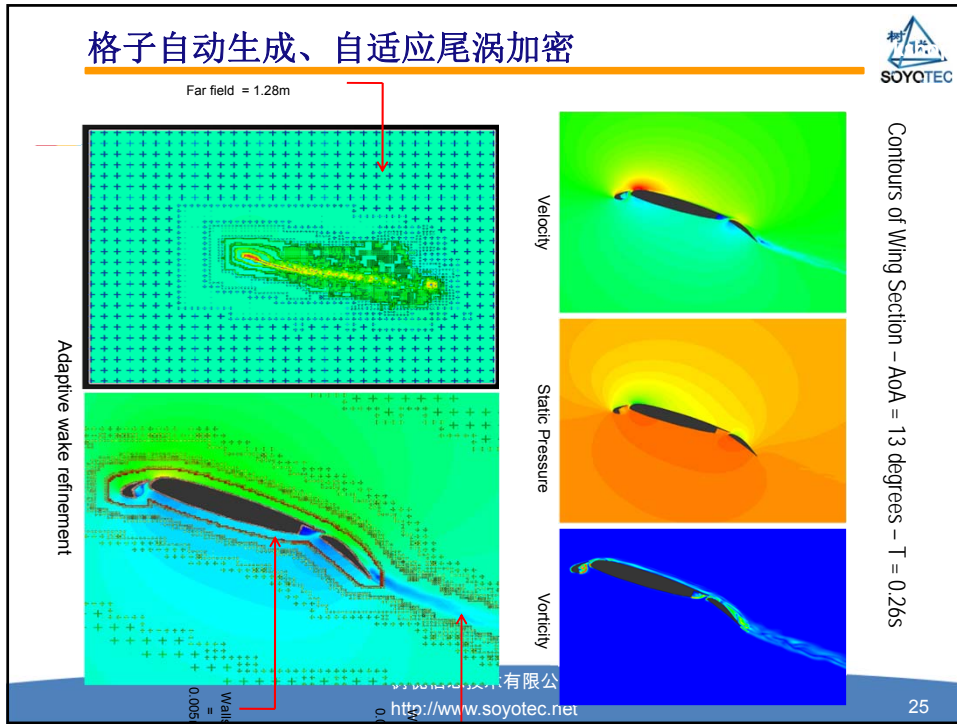
Linear momentum → Velocity



树优信息技术有限公司
http://www.soyotec.net

20





案例：Xflow与CAESES联合打造叶片优化平台





在CAESES中建立全参螺旋桨模型



在CAESES界面下建立与Xflow的连接

建立叶片参数化模型与Xflow集成，不用进行网格划分，自适应加密，加快计算速度，实现优化。



读入Xflow计算结果，开展优化设计




调用Xflow计算螺旋桨性能


树优信息技术有限公司
http://www.soyotec.net

28

案例：Xflow与CAESES联合打造叶片优化平台

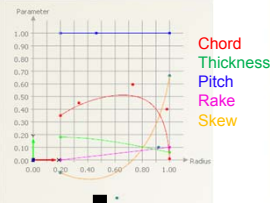


Parameterized blade section in 2D



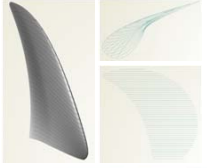
↓

Radial distributions of parameters

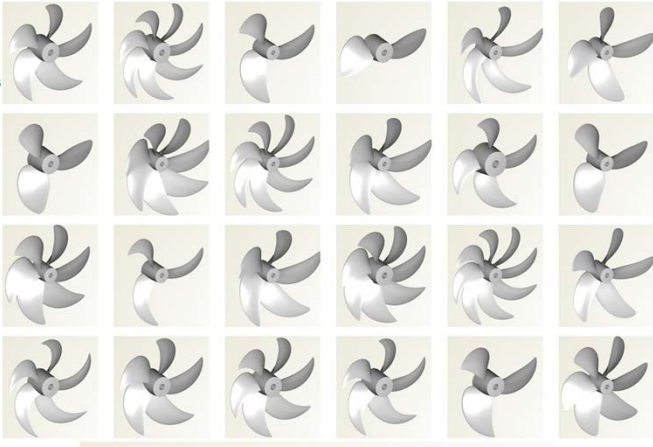


↓

Meta-surface generation for 3D blade



CAESES生成多种叶片方案



树优信息技术有限公司
http://www.soyotec.net

29

案例：Xflow与CAESSES联合打造叶片优化平台



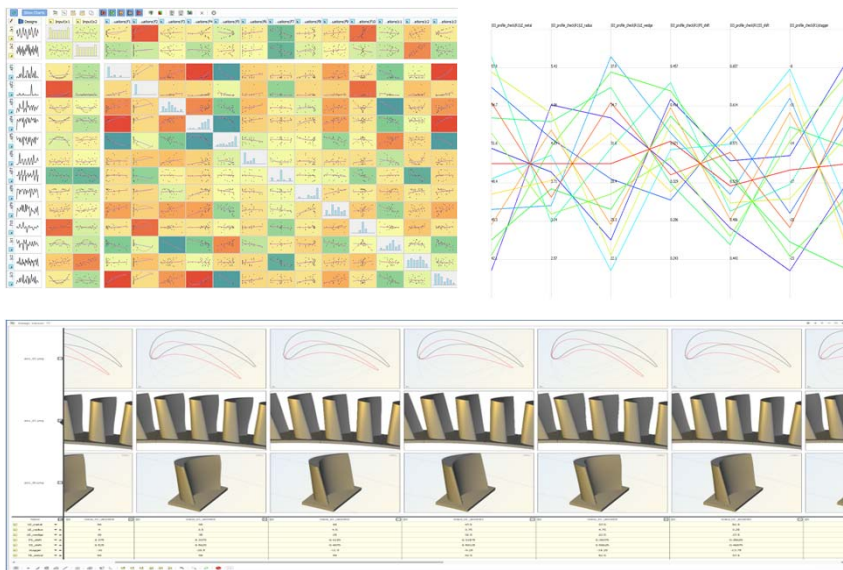
➤ 试验设计

- 在仿真模型参数化建模基础上，通过“试验设计-多目标优化”策略，实现几何形状等设计参数的优化，获得满足效率、扭矩、功率等要求的优化方案
- 根据设计变量的规模及水平，编制试验设计矩阵，自动生成多种变形方案，并进行敏度分析，包括：Exhaustive Search (domain subdivision)、Ensemble Investigation、Sobol等。



树优信息技术有限公司
http://www.soyotec.net

案例：Xflow与CAESSES联合打造叶片优化平台



树优信息技术有限公司
http://www.soyotec.net

案例：Xflow与CAESES联合打造叶片优化平台



Case Study | Automotive Torque Converter

Background

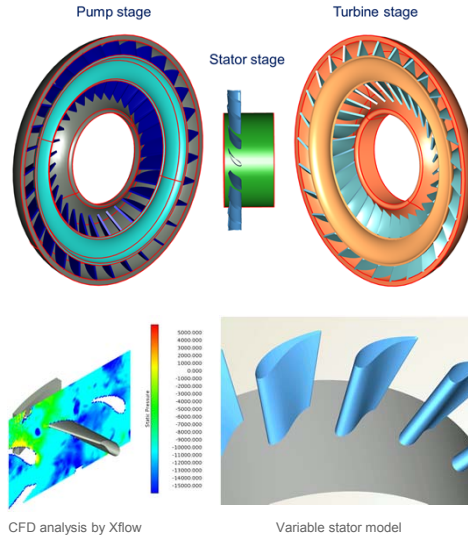
Automotive torque converters are a type of fluid coupling used with automatic transmissions to transfer power to the drive shaft

Design Challenge

- Conduct a variation study and investigate cavitation problems
- Maximize efficiency and torque ratio, especially at high speeds

Key Benefits

- CAESES was ideally suited to create a variable geometry model for stator, pump, and turbine stages
- CAESES was coupled with XFlow to conduct quasi-steady MRF, and full 360° transient analyses respectively
- The first study which only included stator variation already yielded an efficiency improvement in excess of 3%



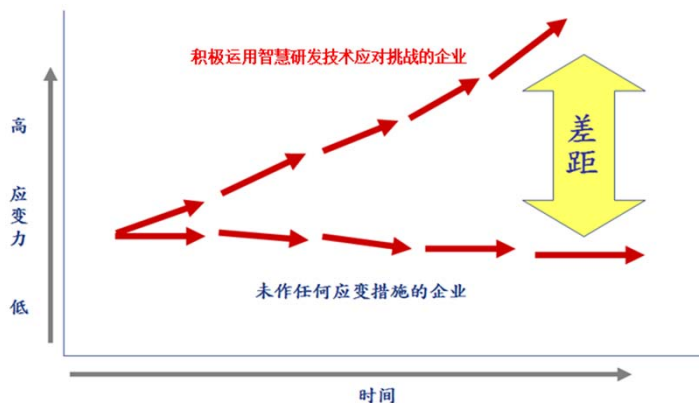
树优信息技术有限公司
http://www.soyotec.net

33

结语



- 在工业4.0时代，掌握核心技术是一个企业可持续发展的关键
- 树优提供智慧研发方案，将Xflow、Shipflow多学科仿真与CAESES参数化建模优化技术紧密结合，为汽车、船舶、航空、动力等行业提供先进的设计平台！



树优信息技术有限公司
http://www.soyotec.net

35



Thanks!

- support@soyotec.net
- www.soyotec.net



树于至诚



soyotec_wx



优以致远



树优信息技术有限公司
<http://www.soyotec.net>

36