

Your True Partner for CAE&CFD
ICSC2014



modeFRONTIER4最新介绍 及工业界成功案例

IDAJ-China
张振科

本文来自:www.idaj.cn
谢绝未经IDAJ许可的转载!
技术咨询:support@idaj.cn

目录

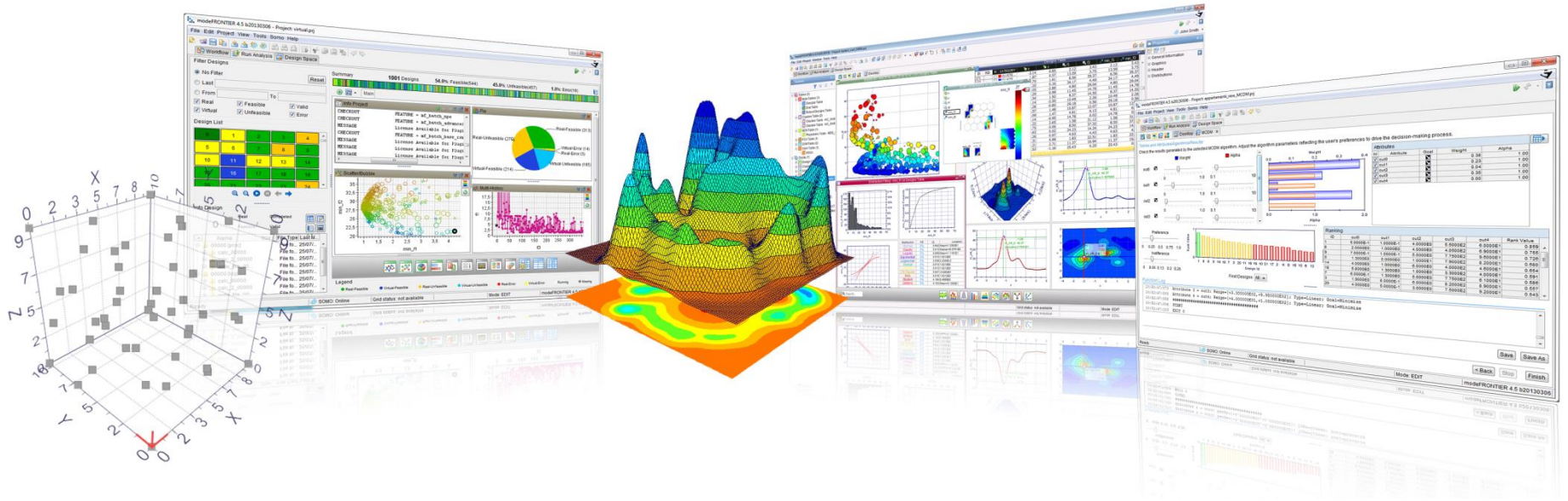
■modeFRONTIER概述

■新功能介绍

■成功案例

modeFRONTIER简介

本文来自：www.idaj.cn
谢绝未经IDAJ许可的转载！
技术咨询：support@idaj.cn



mode FRONTIER

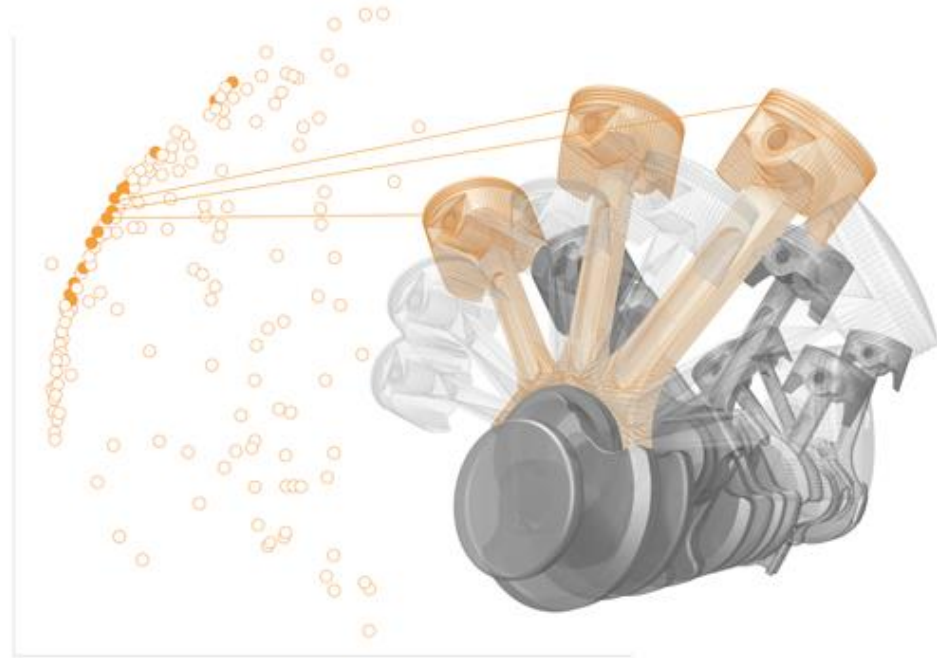
是一个多目标与多学科优化的集成平台，通过与第三方工程工具的无缝集成，可以使设计仿真过程仿真自动化，便于进行分析决策。

使用modeFRONTIER进行多目标优化

使用**先进的优化算法**求解**多目标问题**，来获得一系列**Pareto前沿解**，这种多目标问题的性质使得任何设计都无法取得独占性的优势。

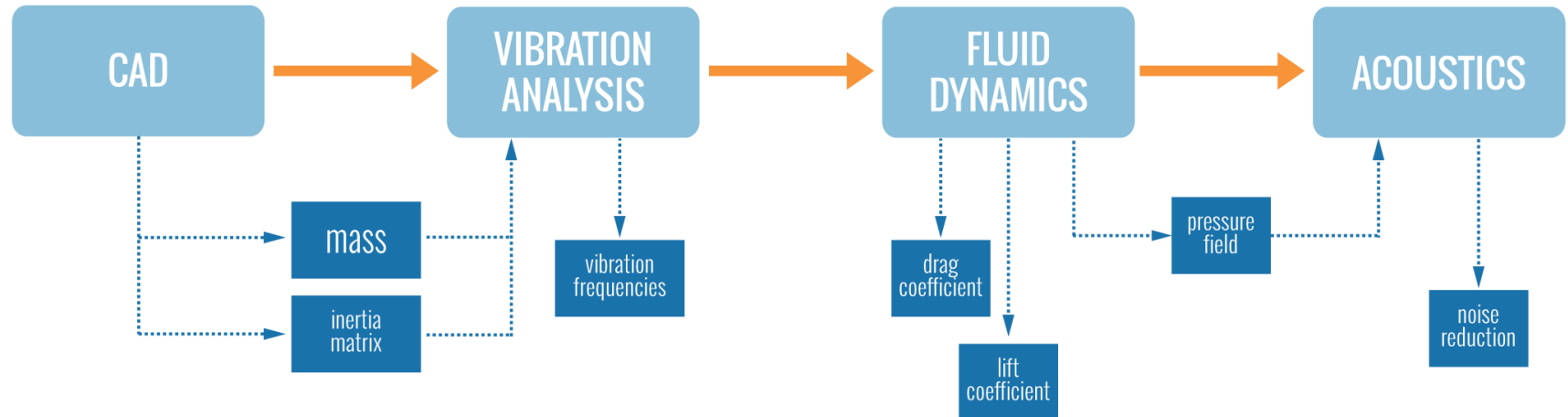
modeFRONTIER使用户可以根据以下几个方面定义最合适的优化策略：

- ✓ 变量、目标和约束的数目、类型和范围
- ✓ 对可靠性和稳健性方面的要求
- ✓ 可用的计算资源



使用modeFRONTIER进行多学科优化

modeFRONTIER可以集成任何可参数化的软件（CAD, CAE, FEM等），使整个优化过程自动化，数据从一个仿真传递到下一个，在每一个仿真中得到相应的输出数据和目标。

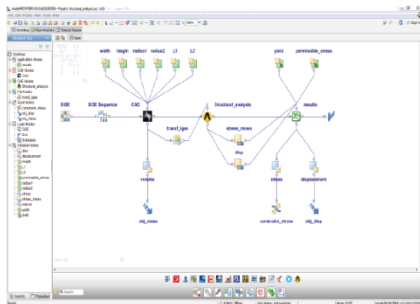


这种多学科优化方法使用户可以探索学科间的相互作用，获取全局的优化解而不是对各单一学科分别进行优化。

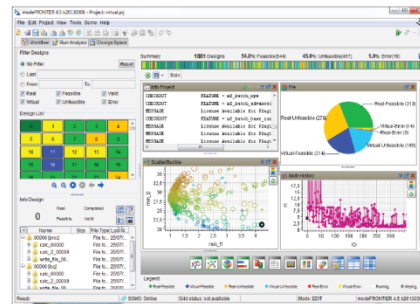
modeFRONTIER能做什么？

本文来自：www.idaj.cn
 谢绝未经IDAJ许可的转载！
 技术咨询：support@idaj.cn

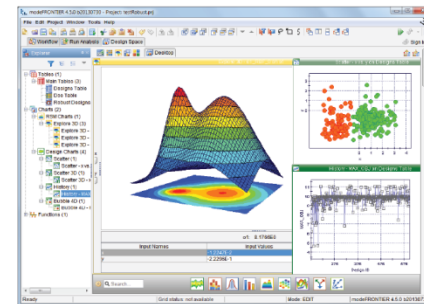
INTEGRATION AND PROCESS AUTOMATION



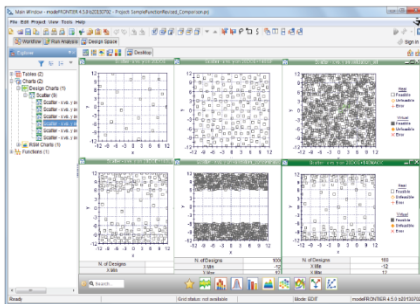
OPTIMIZATION



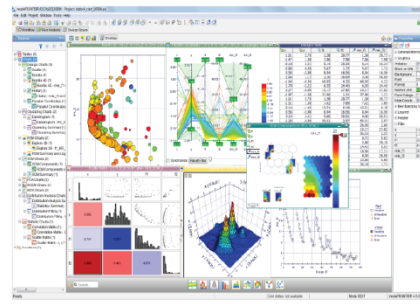
ROBUST DESIGN AND RELIABILITY



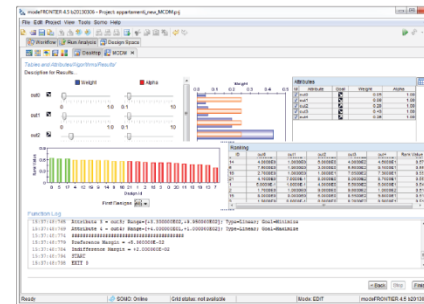
DESIGN SPACE EXPLORATION



ANALYTICS AND VISUALIZATION

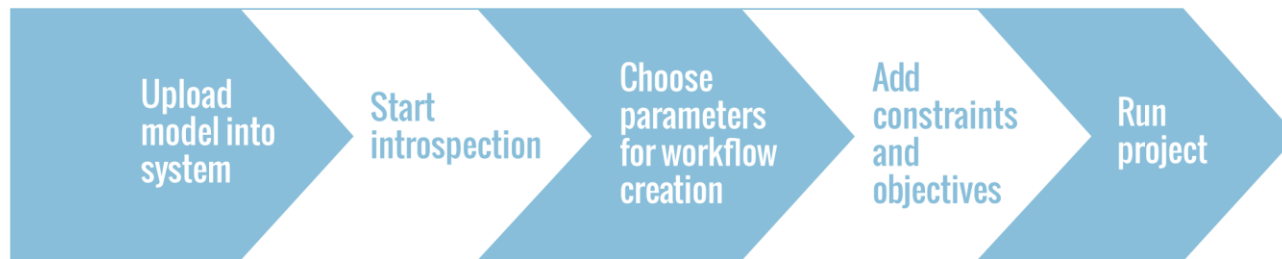


DECISION MAKING



过程集成与自动化

modeFRONTIER的工作流可以保证整个工程过程的**所有逻辑步骤的规范化管理**。它强大的集成能力使产品工程师和设计人员可以集成驱动多个CAE软件。



modeFRONTIER直接接口集成步骤

File Nodes



Application Nodes



Script Nodes



CAD Nodes



CAE Nodes



Networking Nodes

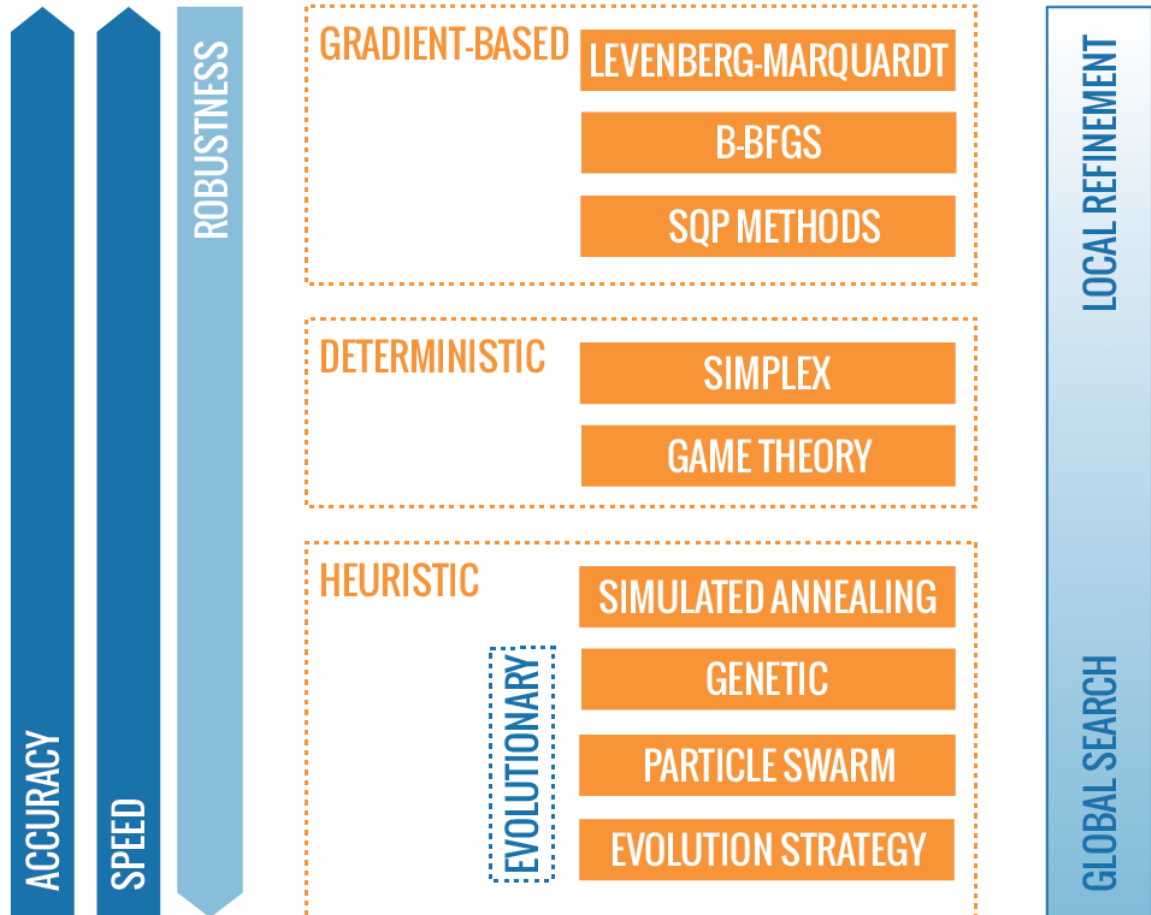


modeFRONTIER提供**40多种软件直接接口**，可以集成最常见的工程软件，其中数据通讯由API或者自动的文件交互来进行。也可通过向导式的工具在modeFRONTIER和任何商业或用户内部代码之间建立连接。

优化——一系列创新算法

ESTECO 专长于为设计人员提供包含一系列完整的优化算法的数值解决方案，包括单目标和多目标问题的确定性、随机性和启发性方法。

除了传统方法以外，modeFRONTIER 还提供调试良好的结合单一算法优势的混合算法。

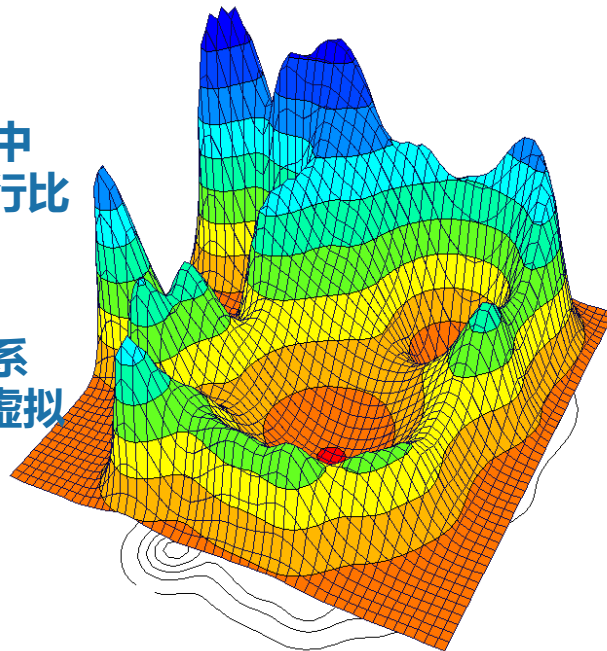


基于响应面的虚拟优化

基于响应面的优化，或者叫虚拟优化是对于计算消耗很大的过程的一种有效应对策略，使工程师可以快速运行经典的优化过程。

如何工作？

1. 从可用的真实设计数据集中得到多个响应面模型，并进行比较。
2. 选择效果最好的模型计算系统的输出，这个过程被称为虚拟优化
3. 用真实求解器验证通过虚拟优化得到的最优解



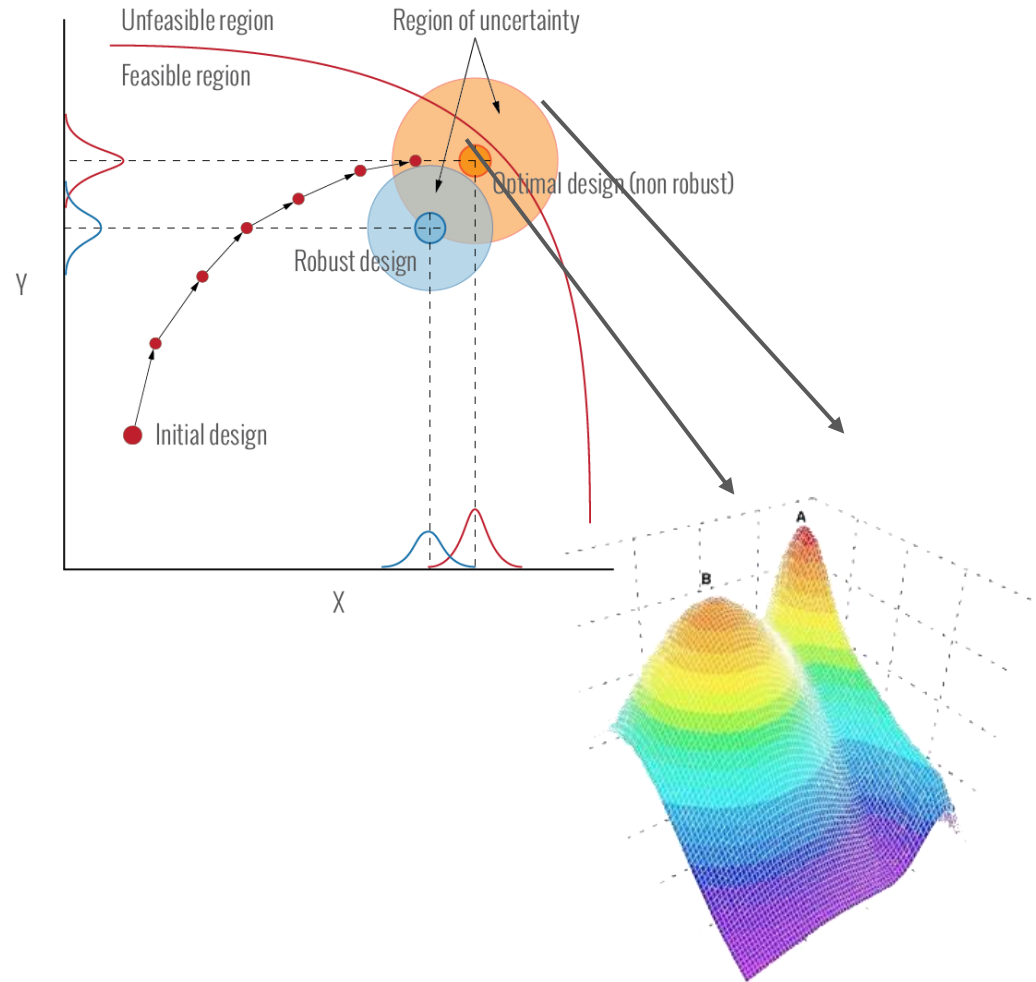
主要优势

- ✓ 很短的时间内进行上千的设计评价
- ✓ 加快优化步骤
- ✓ 有效的利用少量的数据
- ✓ 可用计算资源的智能应用

稳健性设计与可靠性

输入参数的**不确定性**会影响系统的输出：

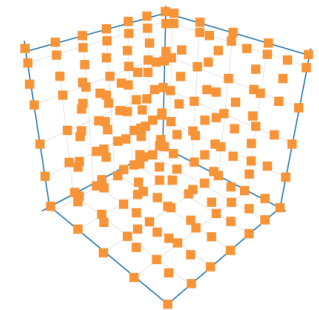
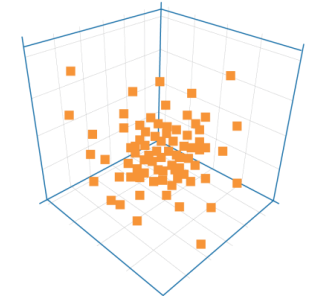
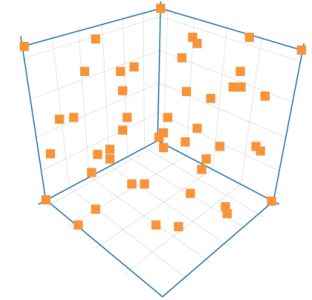
modeFRONTIER 多目标稳健性设计优化(MORDO)算法会在设计点周围生成一系列**分散样点**（噪声因子），来验证设计对于变化是否敏感，比如输出值是否仍在用户指定的范围内。



设计空间探索

modeFRONTIER提供大量先进和有效的实验设计 (DOE) 算法

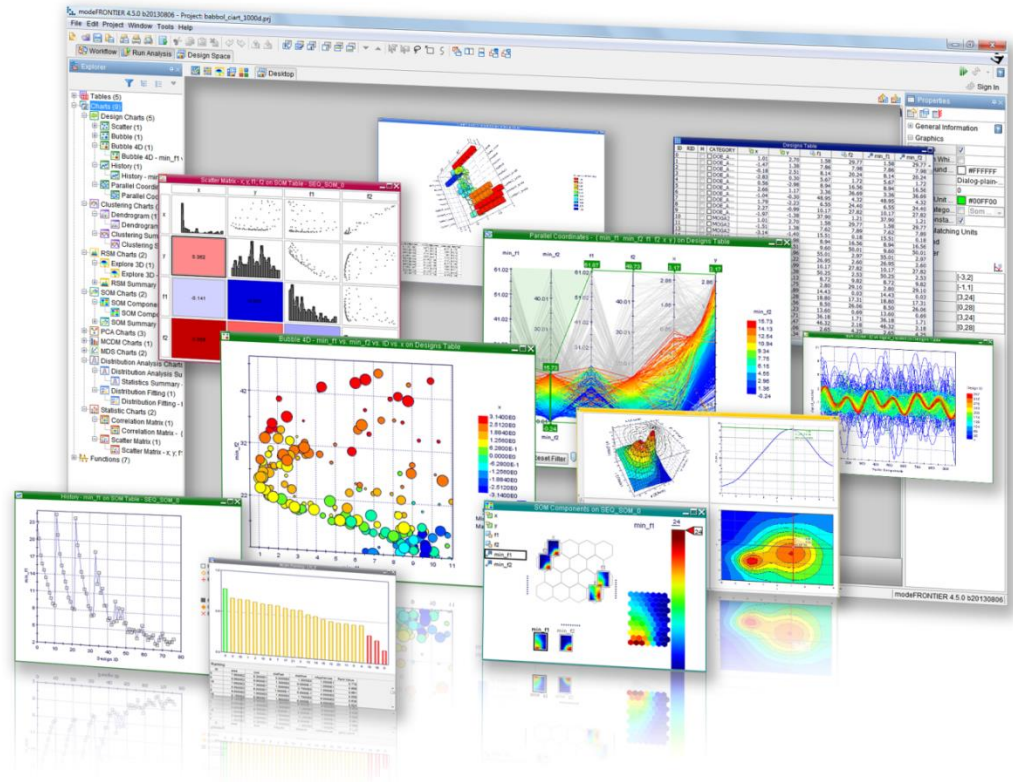
- ✓ 空间填充DOE算法用于作为后续优化的起始点，或者是生成响应面算法的数据集。
- ✓ 统计DOE算法用于创建灵敏度分析的采样点，灵敏度分析可以分析变化的来源，从而更深入的理解问题。
- ✓ 稳健性和可靠性DOEs算法帮助创建稳健性分析的随机点。
- ✓ 优化设计DOE算法是一种特别目的的技术，用合理的方法来缩减数据集。



分析和可视化

为了得到最好的产品性能，充分和快速的理解设计空间，从一个数据集中提取最相关的信息是至关重要的。

modeFRONTIER提供**全面和详尽的数据分析和可视化环境**，可以对复杂数据集进行统计评价。其先进的后处理工具，比如灵敏度分析、多变量分析以及可视化分析使用户可以用一种有意义的方式来显示多种仿真的结果，并提取关键因素。



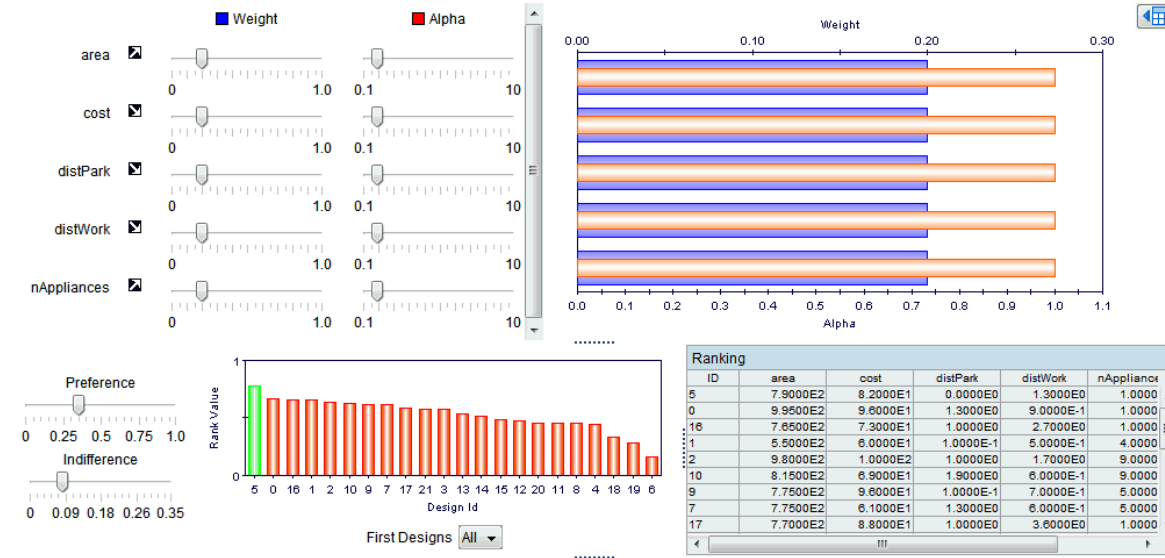
多准则决策(MCDM)

本文来自: www.idaj.cn
 谢绝未经IDAJ许可的转载!
 技术咨询: support@idaj.cn

modeFRONTIER的多准则决策 (MCDM)工具为工程师提供了一种有效的框架，来在众多备选优化设计中做出最明智和正确的选择。

Tables and Attributes/Results/

Check the results generated by the selected MCDM algorithm. Adjust the algorithm parameters reflecting the user's preferences to drive the decision-making process.



借助MCDM算法以及交互式的软件界面，用户可以在属性重要性无法显式给出或者决策者无法给出权重时，通过实时的对设计进行排名来建立相应判断。

新功能：myNODE

什么是myNODE

myNODE工具 使渠道合作伙伴（比如IDAJ）可以开发 modeFRONTIER与其它软件的直接接口，并有权独立地向客户出售这些直接接口。

要使用myNODE工具，客户必须支付额外的license费用。



IDAJ开发的myNODE工具

CONVERGE

RecurDyn

FloTHERM

Femtet

PROII

PSIM

SPEED (Motor)

R

F-Tire

***注意**

通常我们是根据客户的要求收费制作的这些接口。

由于myNODE是针对特定需求开发的，所以使用上可能会有某些限制。

ESTECO开发的myNODE 工具

STAR-CCM+ Optimate

Dymola

SC/Tetra

Concepts NREC

其它开发者开发：

Radioss

Enventive

Sculptor

LSDyn-v3

Nastran

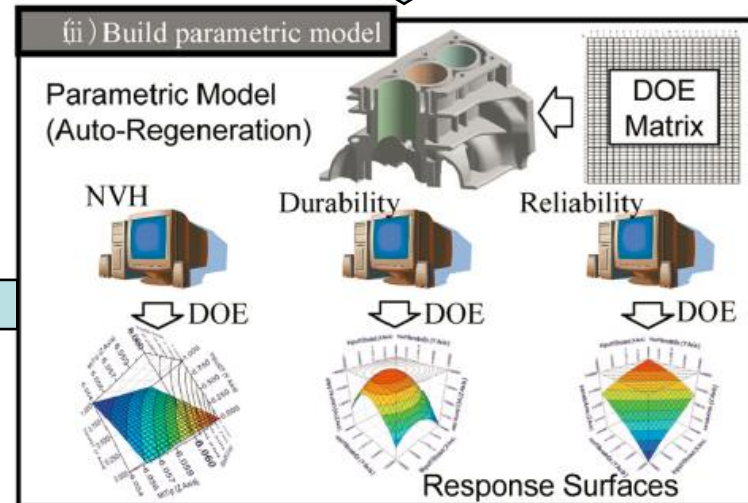
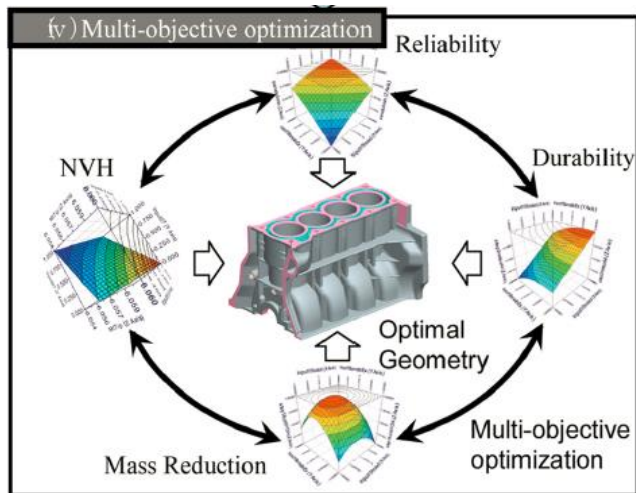
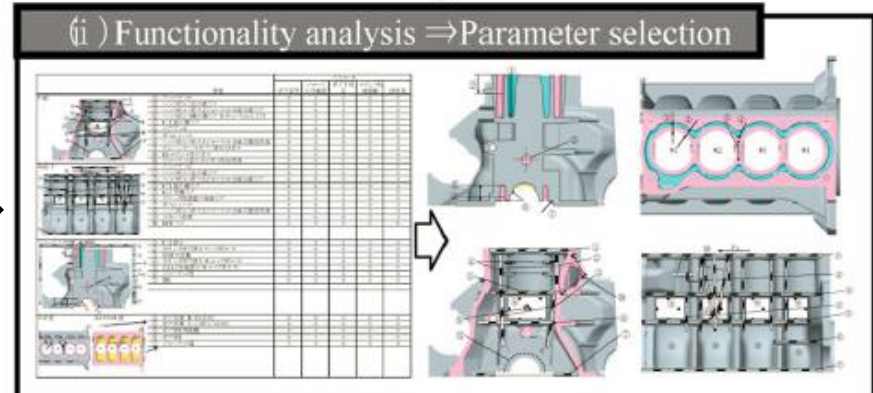
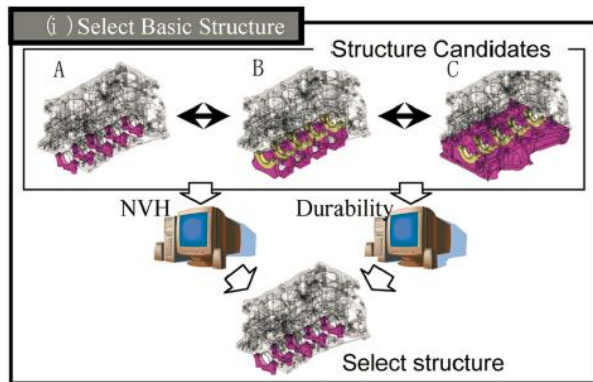
工业界成功案例

发动机概念设计阶段进行NVH/可靠性/ 减重综合优化

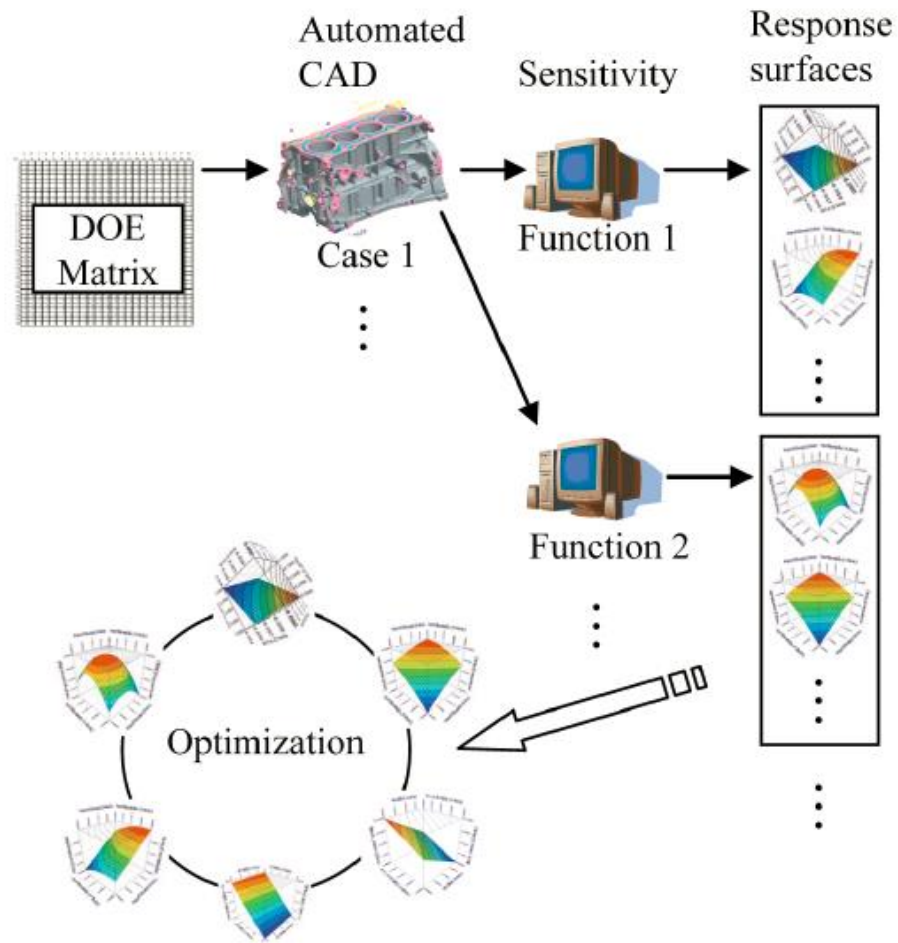
丰田汽车

本文来自:www.idaj.cn
谢绝未经IDAJ许可的转载!
技术咨询:support@idaj.cn

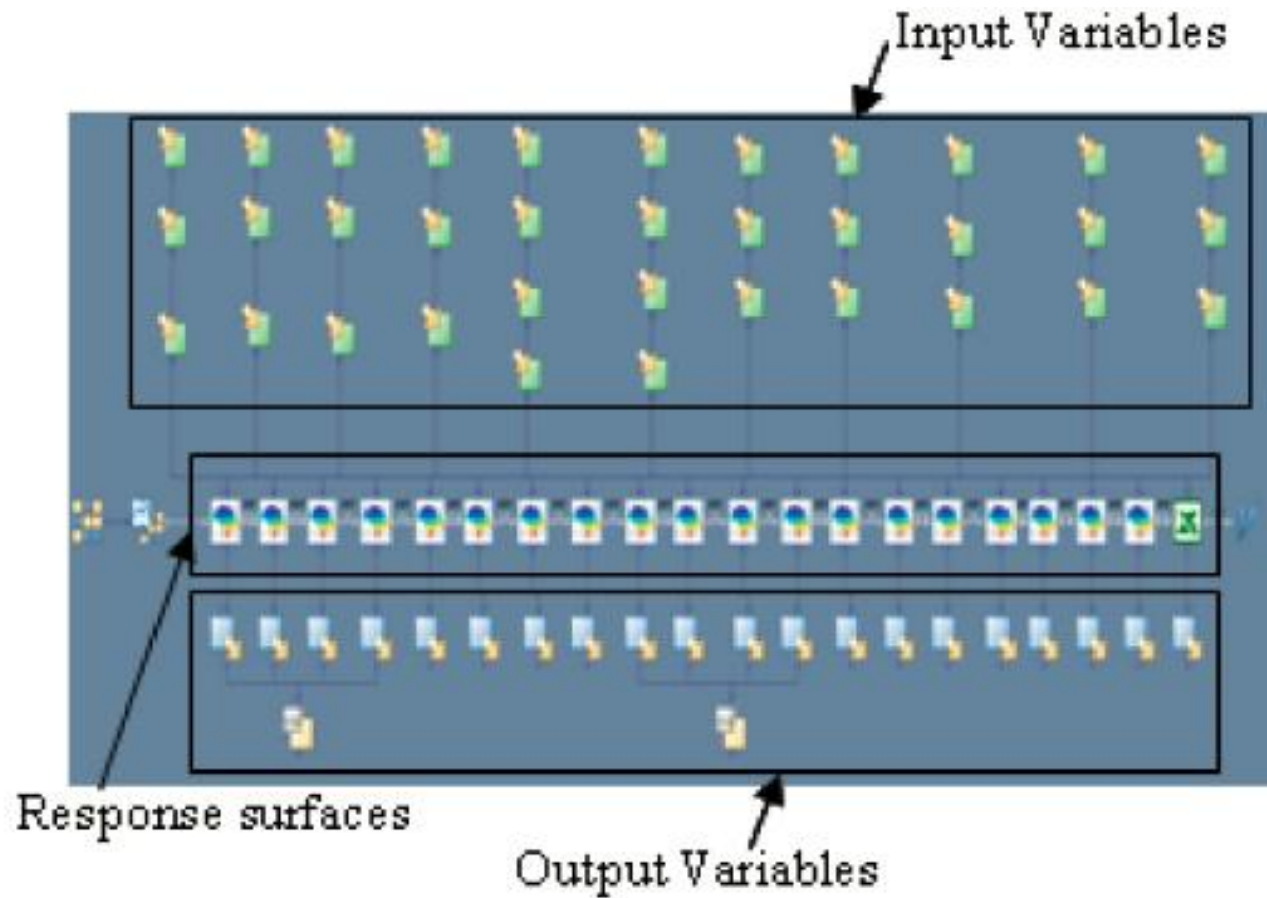
设计流程



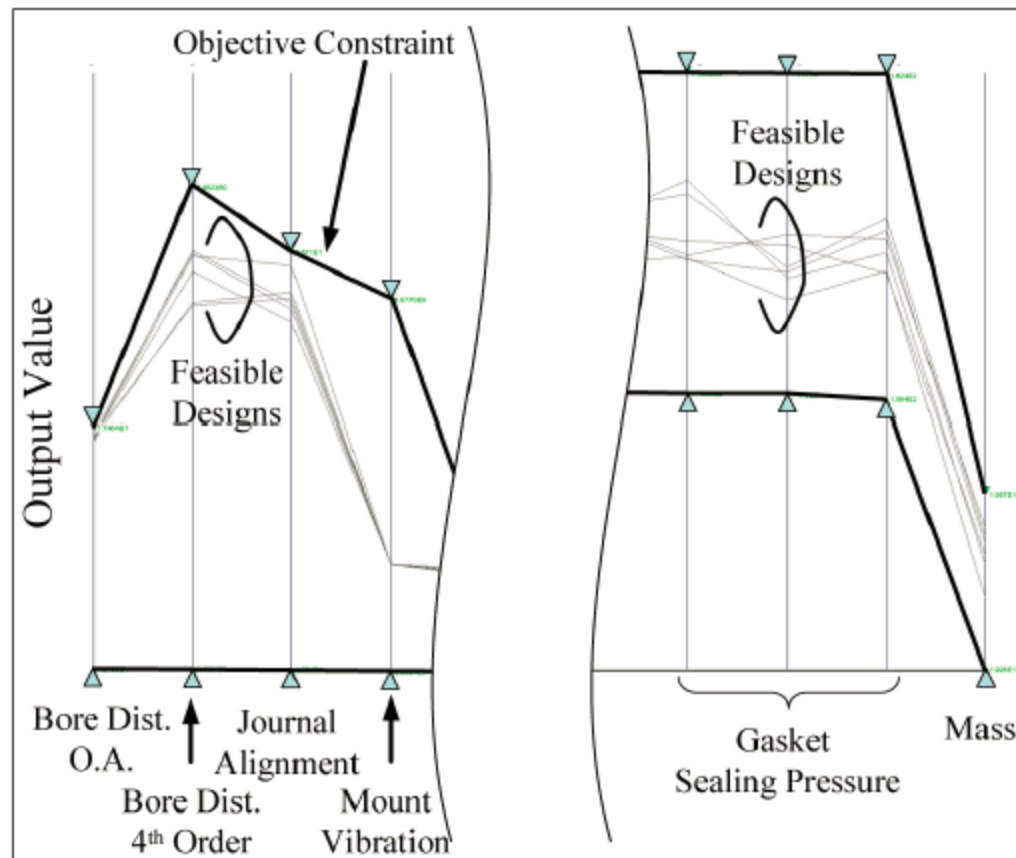
敏感度分析及响应面生成



多目标优化设置



优化解选取



要点总结

- 将设计时间从详细设计阶段转移到早期概念设计阶段，用**CAE**直接参与设计而不是只进行评价；
- 尽量用直接判据以减少重设计风险（例如在**NVH**中使用发动机悬置振动和辐射噪声作为判据）；
- 通过多目标优化在概念设计阶段保证各项性能和减重要求；
- 考虑结构的复杂相互作用，选取最大影响的参数；
- 通过各种方法尽量缩短计算时间，例如在**NVH**中使用构件模态综合缩减法（**Automated CMS**），在噪声分析中使用**DDRM**法；

本文来自:www.idaj.cn

谢绝未经IDAJ许可的转载！

技术咨询:support@idaj.cn

要点总结（续）

- 为了能从优化几何模型直接过渡到制造**CAD**模型，对制造**CAD**模型进行参数化并直接基于其进行仿真；
- 在设计最后阶段，工程师需要能快速选取满足各项要求的优化设计结果；
- 该方法已经应用于丰田的新发动机开发工作，可以取得相对于原型约**10%**的减重效果，通过所有**20**项性能要求，计算周期约**1.5**月。

先进的数值优化方法在柴油机快速产品开发流程中的应用

BMW公司

BMW Motoren
Giovannini
14.10.2008

BMW Diesel Engine Development
modeFRONTIER user's meeting 2008



ADVANCED NUMERICAL OPTIMIZATION METHODS IN THE RAPID PRODUCT DEVELOPMENT PROCESS OF DIESEL ENGINES



modeFRONTIER user's meeting 2008
14-15.10.2008, Trieste - Italy

Dipl. Ing. Amos Giovannini, Dipl.-HTL-Ing. Günther Pessl
BMW Motoren GmbH Steyr, Austria



参数最优化: CFD

催化反应器入口形状的最优化

- ANSA划分网格模型 (控制点个数: 6)

目标函数

- 压损最小
- 流速均匀性指标最大化

BMW Motoren
Giovannini
14.10.2008

BMW Diesel Engine Development
Parameter Optimization CFD: Catalyst



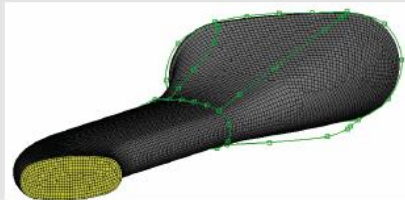
W Motoren
vannini
10.2008

BMW Diesel Engine Development
Parameter Optimization CFD: Catalyst



TASK

to find the optimal shape of catalyst inlet
enhancing the flow



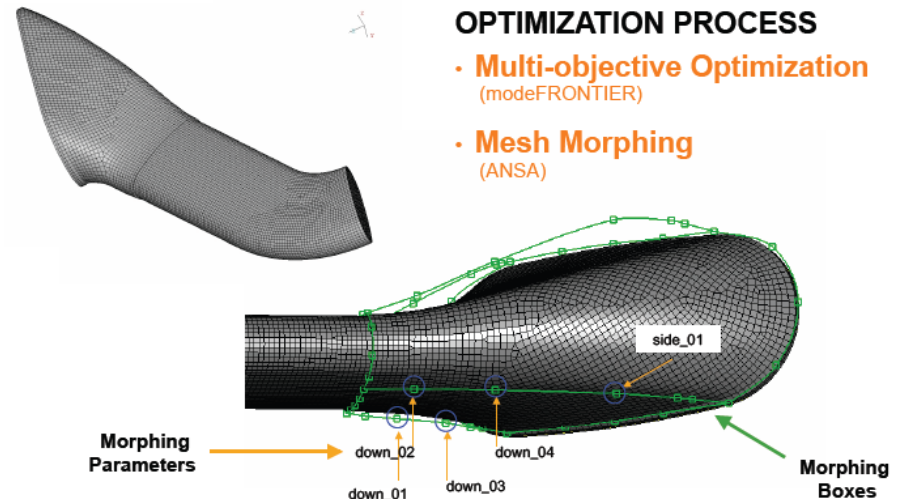
OBJECTIVES

- minimize pressure loss
- maximize velocity uniformity index



OPTIMIZATION PROCESS

- Multi-objective Optimization
(modeFRONTIER)
- Mesh Morphing
(ANSA)



最优化结果

MOGA-II 计算300次(30/代)得到pareto解

– 集成软件: STAR-CD

最优解：压损降低5%，速度均一性指标提高了70%

BMW Motoren
Giovannini
14.10.2008

BMW Diesel Engine Development
Parameter Optimization CFD: Catalyst

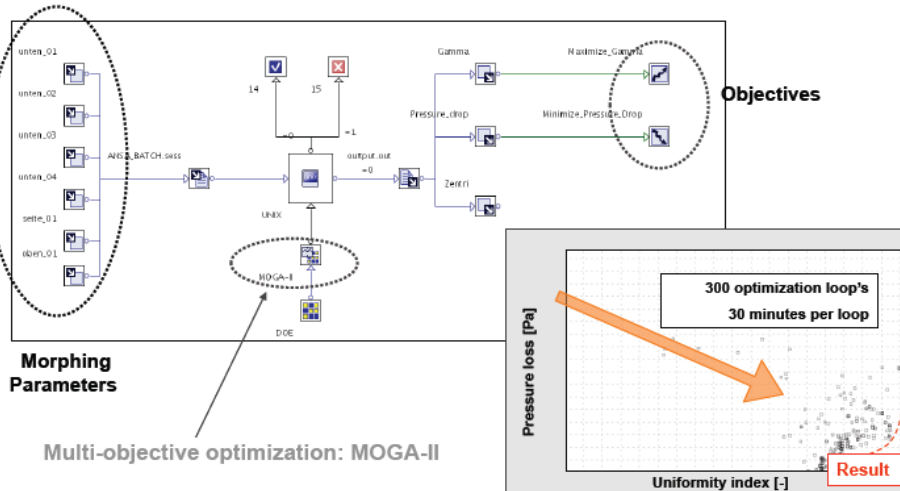


BMW Motoren
Giovannini
14.10.2008

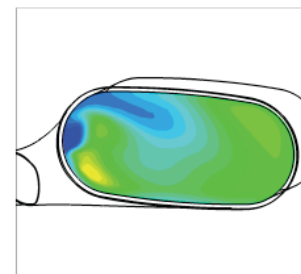
BMW Diesel Engine Development
Parameter Optimization CFD: Catalyst



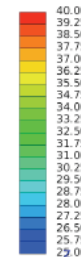
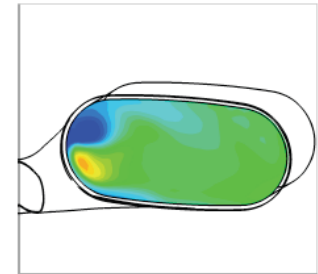
modeFRONTIER



Starting



Optimized



- Reduction of pressure loss -5%
- Improvement of uniformity index +7%

连杆最优优化: FEM

连杆小头形状、及小头连接处加工方法的最优化

- ANSA生成的网格模型控制形状的变化 (控制点个数: 7)
- 连接处加工尺寸函数(控制参数个数: 5)

目标函数

- 小头内孔表面接触应力最小化

BMW Motoren
Giovannini
14.10.2008

BMW Diesel Engine Development
Parameter Optimization FE: Connecting Rod



BMW Motoren
Giovannini
14.10.2008

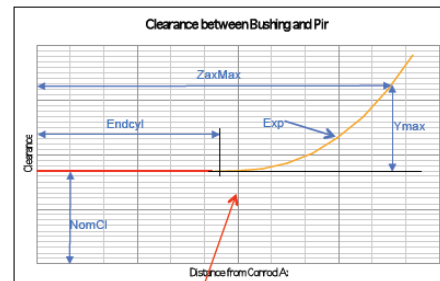
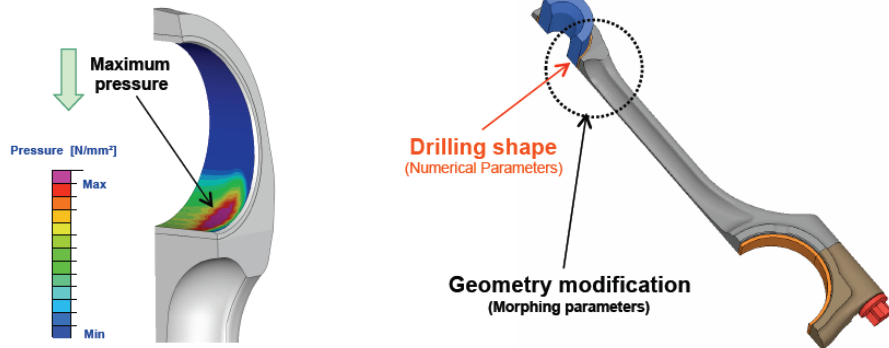
BMW Diesel Engine Development
Parameter Optimization FE: Connecting Rod



OPTIMIZATION PROCESS

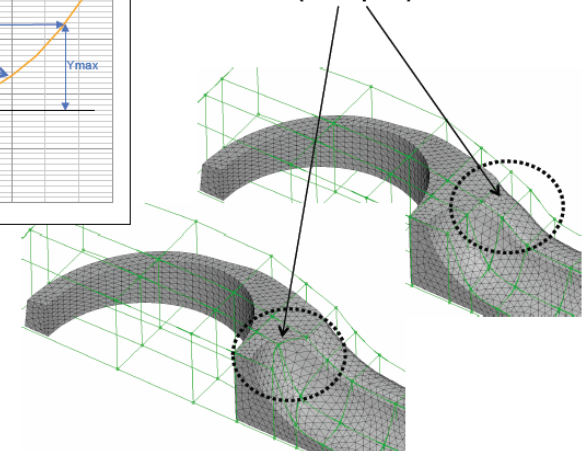
Non-local shape optimization, parameter optimization

(Abaqus, Ansa, modeFRONTIER)



Drilling shape parameters (5)
(Equation defines the exponential part)

Morphing parameters (7) (examples)



优化结果

单目标优化: SIMPLEX法探索最优解

— 集成软件: ABAQUS

最大接触应力降低29.6%

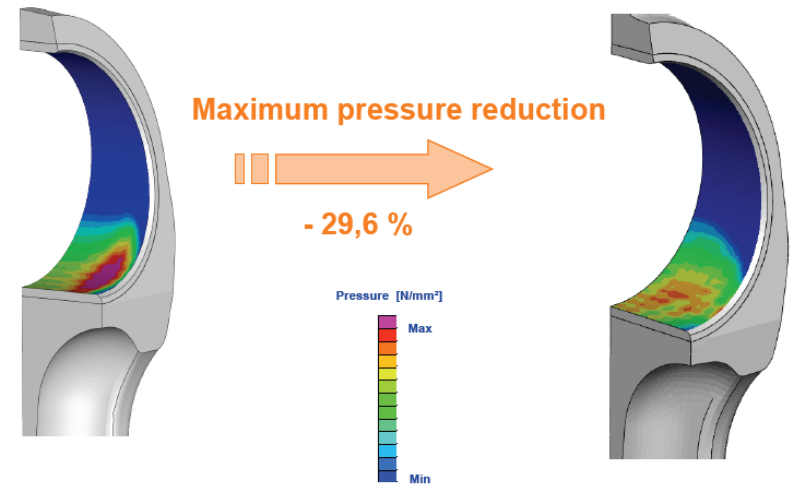
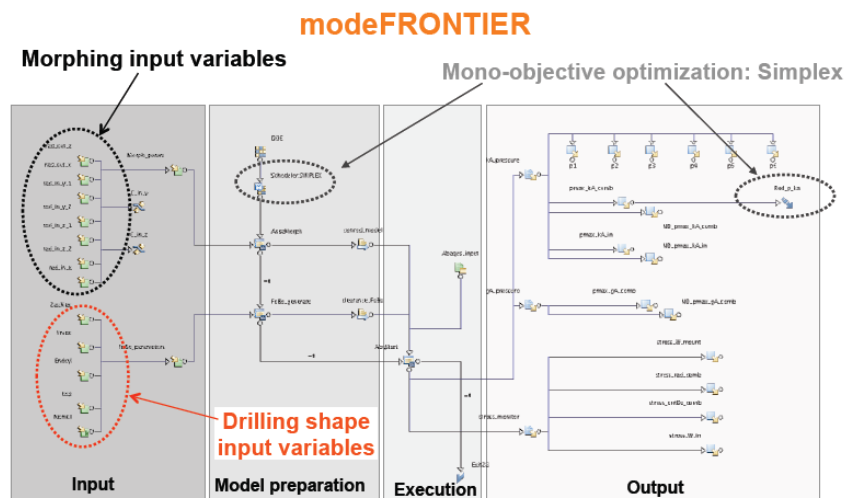
BMW Motoren
Giovannini
14.10.2008

BMW Diesel Engine Development
Parameter Optimization FE: Connecting Rod



BMW Motoren
Giovannini
14.10.2008

BMW Diesel Engine Development
Parameter Optimization FE: Connecting Rod



稳健性设计: FEM

发动机气缸的稳健性优化设计

目标函数

- 气缸疲劳寿命最大
- 缸盖垫圈底部压力最大化且满足一定bead lift
- 气缸箱温度满足一定约束

BMW Motoren
Giovannini
14.10.2008

BMW Diesel Engine Development
Robust Design Optimization FE: Crankcase



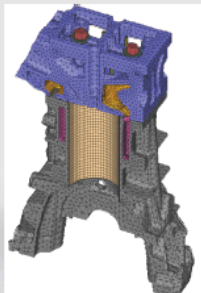
BMW Motoren
Giovannini
14.10.2008

BMW Diesel Engine Development
Robust Design Optimization FE: Crankcase



TASK

Optimize the fatigue life of a crankcase and gasket behavior, considering the influence of uncertain variables



OBJECTIVES

- To increase the fatigue life of crankcase
- To increase the bead pressure on gasket
- To restrain the bead lift
- To restrain the temperature of crankcase

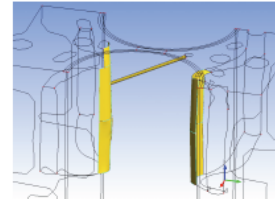
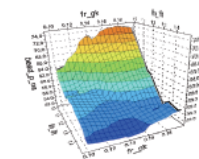


OPTIMIZATION PROCESS

Robust Design Optimization
Response Surface Method (RSM)

Mesh Morphing

(Abaqus, Femfat, Paramesh, modeFRONTIER)



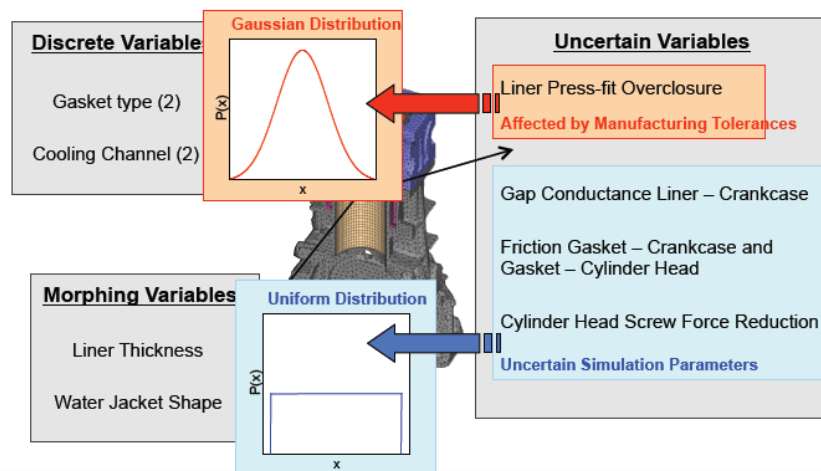
问题概要

形状几何参数

- 通过ANSYS ParaMesh修改形状参数
- 气缸套的厚度和水套形状
- 2套不同类型的气缸垫圈和水套回路
- 气缸套安装制造公差(正态分布)、
气缸垫圈周围的间隙和缸盖螺钉处的预紧力 (均匀分布)

BMW Motoren
Giovannini
14.10.2008

BMW Diesel Engine Development
Robust Design Optimization FE: Crankcase



优化结果

本文来自: www.idaj.cn
 谢绝未经IDAJ许可的转载!
 技术咨询: support@idaj.cn

多目标稳健型优化设计(MORDO)中响应面的使用

- 优化后, 对虚拟计算最优点进行真实计算验证, 确保rsm的误差在一定范围内
- 优化后, 缸体的疲劳安全系数提高了15%

BMW Motoren
Giovannini
14.10.2008

BMW Diesel Engine Development
Robust Design Optimization FE: Crankcase

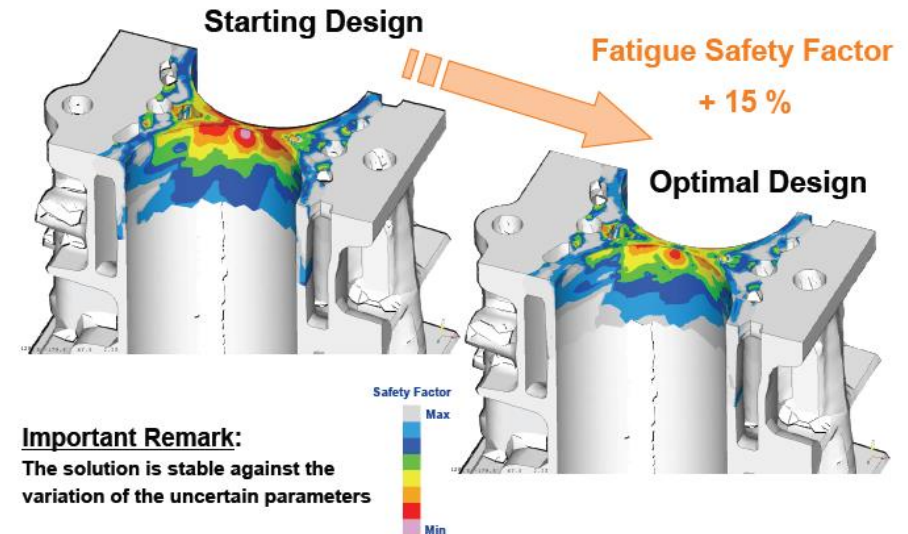
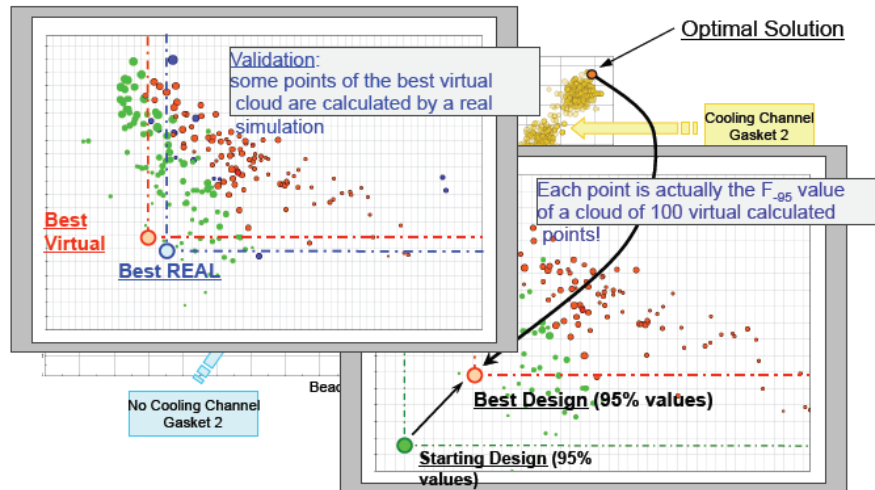


BMW Motoren
Giovannini
14.10.2008

BMW Diesel Engine Development
Robust Design Optimization FE: Crankcase



Results of the virtual optimization



结论

通过modeFRONTIER优化设计，BMW的柴油车重量/功率比率有了显著提高，08年车型与07年相比油耗降低了14~20%耗油量

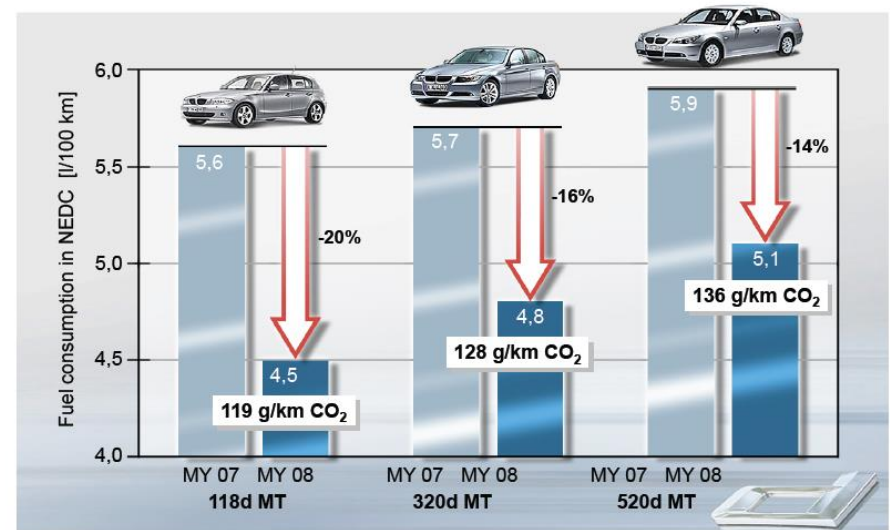
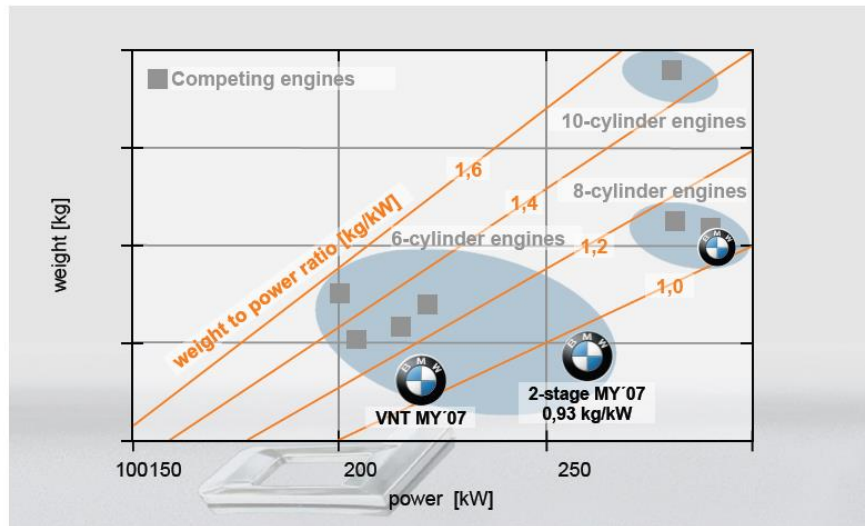
BMW Motoren
Giovannini
14.10.2008

BMW Diesel Engine Development
Conclusion



BMW Motoren
Giovannini
14.10.2008

BMW Diesel Engine Development
Conclusion



可变气门驱动系统发动机的扭矩优化

菲亚特-通用发动机部门

项目背景

- ➡ 新型发动机 : : 3.2L, V6, GDI with double VVT (intake and exhaust).
- ➡ 对发动机不同转速下的最大功率配置的性能进行了研究, 转速从1000rpm到7000rpm, 每500rpm一步。
- ➡ 使用GT-Power进行性能预测, modeFrontier进行优化
- ➡ 项目目标是对使用可变气门驱动系统的发动机扭矩进行优化 : 进气和排气时间使用VVT, 进气门升程和开启时间使用VVA
- ➡ VVA系统还没在发动机上使用过。因此在项目阶段使用优化技术来评估发动机的性能变化。

优化设置

设计参数:

- > 进气阀正时
- > 气门正时
- > 气门升程和开启时间

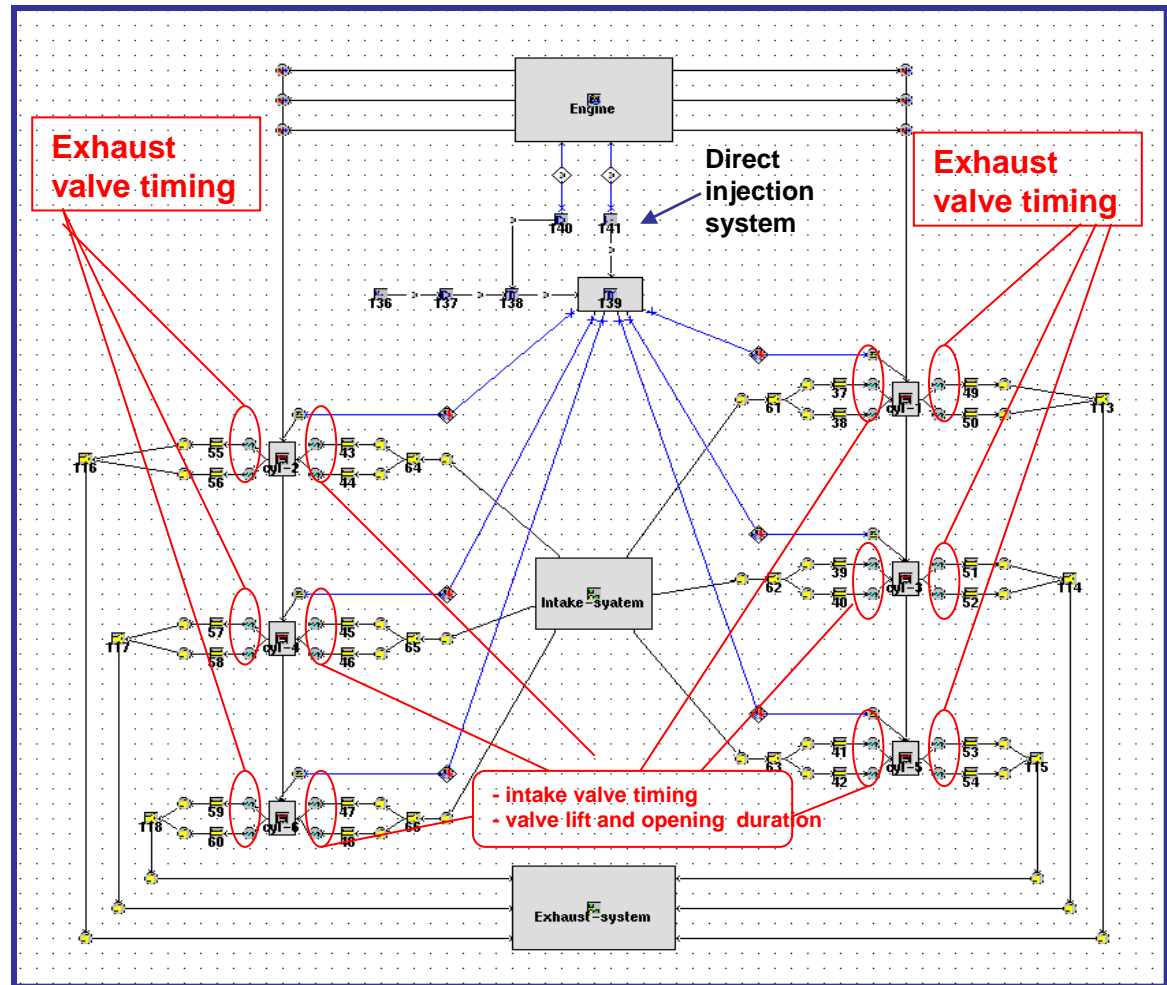


使用可变气门驱动系统(VVT和VVA)以及发动机几何导致约束

优化目标:

- > 发动机扭矩最大

GTPOWER模型



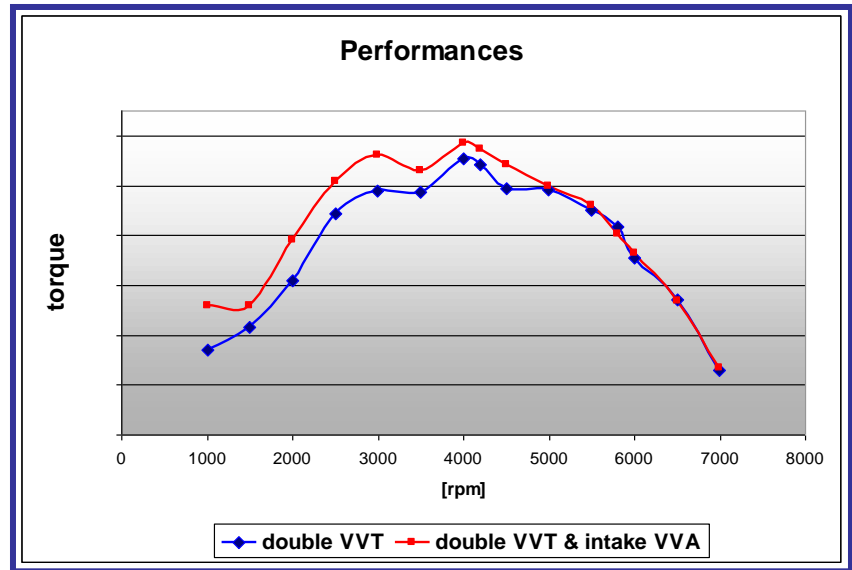
优化结果

优化结果:

1000 - 3000 [rpm]: 扭矩增加大约15 -20 [Nm].

3000 - 5000 [rpm]: 扭矩更大并且更平滑

5000 - 7000 [rpm]: 扭矩基本不变, 因为VVA系统实现了最大升力和开启时间。



柴油机燃烧室优化计算 (Converge & DEPMorpher & modeFrontier)

模型介绍

变量

- dL, dR, dH

自由变量

- dL, dR

约束

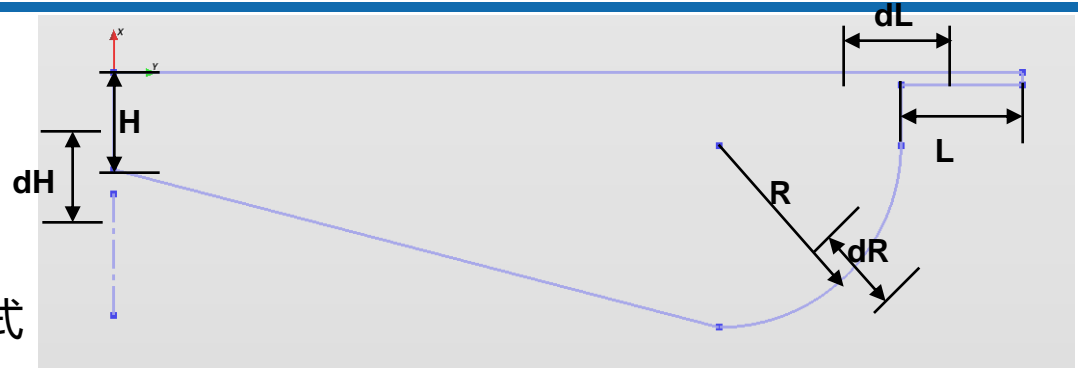
- H 的参数算法见右下图公式
- $-0.005\text{m} \leq dL \leq 0.005\text{m}$
- $-0.005\text{m} \leq dR \leq 0.005\text{m}$
- $-0.003\text{m} \leq dH \leq 0.01\text{m}$

优化目标

- 上死点Swirl ratio和平均湍动能 (tke) 最大

实现工具

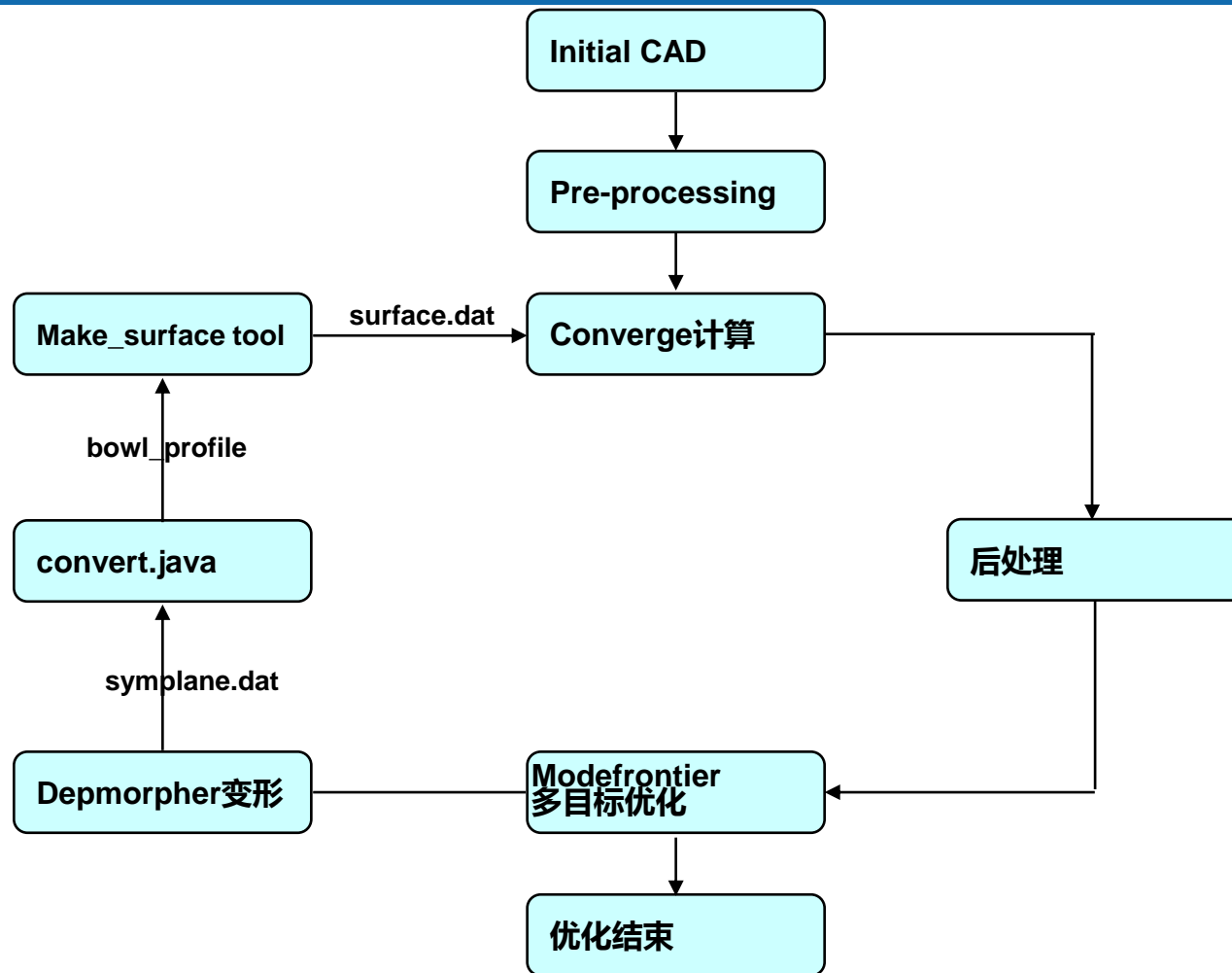
- 计算：Converge
- 变形：DEPMorpher
- 优化：modeFrontier



- $V1 = 17671.46 \times 10^{-9}$
- $V2 = \pi \times (0.065 + dL + dR)^2 \times 0.005$
- $V3 = \pi \times (0.0618 + dL + 1.787dR)^2 \times (0.015 + dR)$
- $V4 = \frac{1}{3} \times \pi \times (0.05 + dL + dR)^2 \times (0.013 + dR + dH)$
- $V = V1 + V2 + V3 - V4 = 2.3003 \times 10^{-4}$
- $dH = \frac{3 \times (V1 + V2 + V3 - V)}{\pi \times (0.05 + dL + dR)^2} - 0.013 - dR$

优化流程

本文来自: www.idaj.cn
谢绝未经IDAJ许可的转载!
技术咨询: support@idaj.cn



转换工具

Convert.java: IDAJ编制的java程序，用于从depmorpher变形后导出的对称面数据文件中提取燃烧室型线数据。

输入：symplane.dat

输出：bowl_profile

make_surface: Converge软件自带的工具，可基于燃烧室型线数据生成Sector模型，然后可直接用于Converge计算。

输入：make_surface.in, bowl_profile

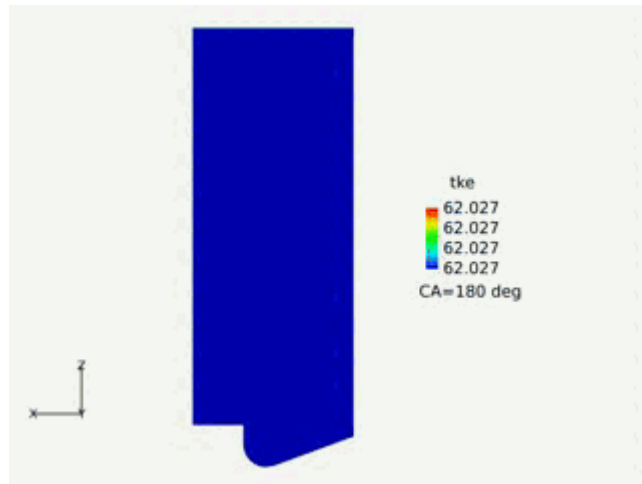
输出：Sector模型的surface.dat

优化结果

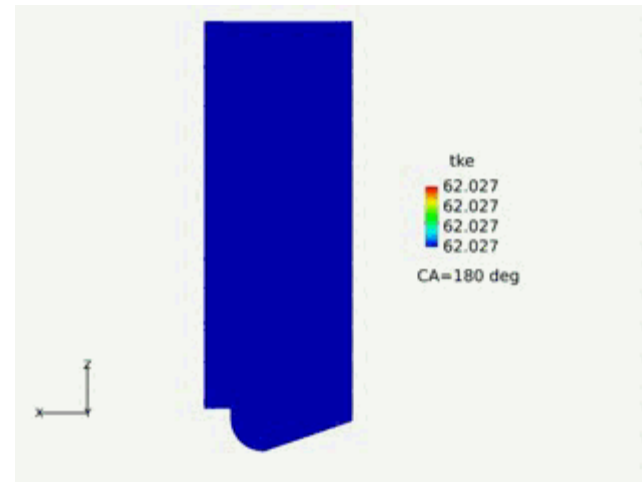
■ 优化方案与原始方案对比：

	原始方案	优化方案1	优化方案2
dL (mm)	0	-5	-4.1
L (mm)	10	5	5.9
dR (mm)	0	1.7	1.7
R (mm)	15	16.7	16.7
dH (mm)	0	0.754	3.315
H (mm)	8	8.754	11.315
Swirl-ratio	1.2786	1.3236 (↗ 3.5%)	1.2879 (↗ 0.7%)
平均湍动能 tke	7.7480	8.0889 (↗ 4.4%)	8.1900 (↗ 5.7%)

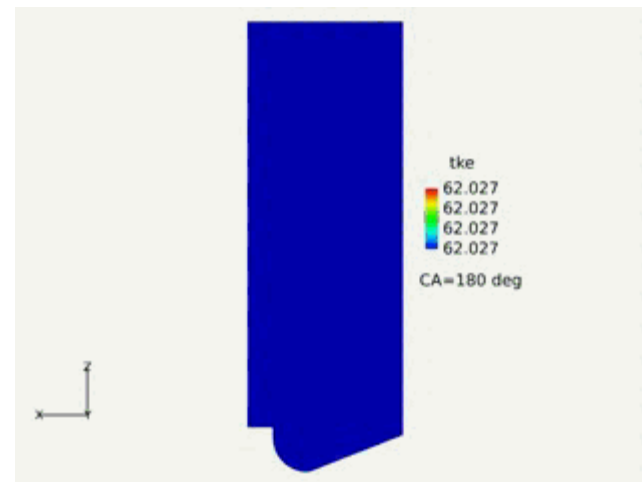
压力变化过程对比



原始方案



优化方案1



优化方案2

奥迪赛车CFD与多体动力学耦合优化

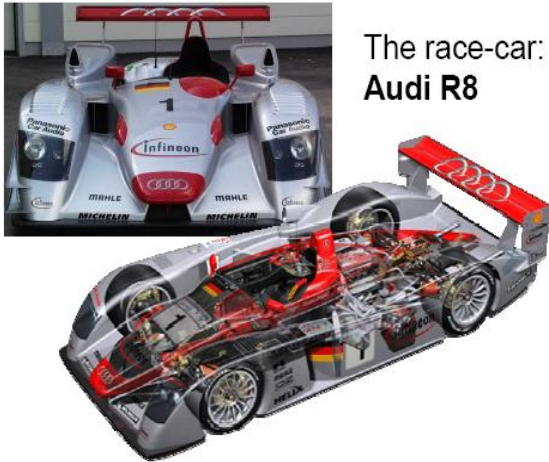
(CATIA, ICEMCFD, ADAMS, etc)

本文来自: www.idaj.cn

谢绝未经IDAJ许可的转载!

技术咨询: support@idaj.cn

奥迪汽车CFD与多体动力学耦合优化



优化目标:
通过优化奥迪赛车外形, 缩短**Lap**时间

优化设计变量:

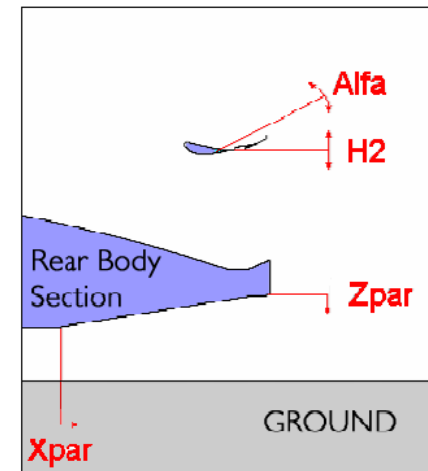
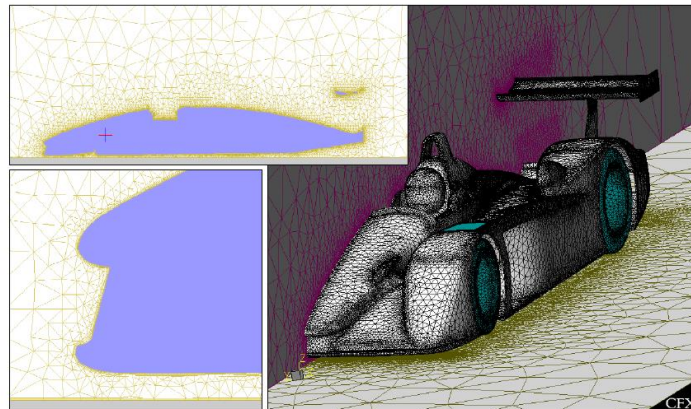
- 赛车尾部X,Z坐标
- 赛车尾翼倾角与高度

优化算法:

- **SIMPLEX**

优化集成软件:

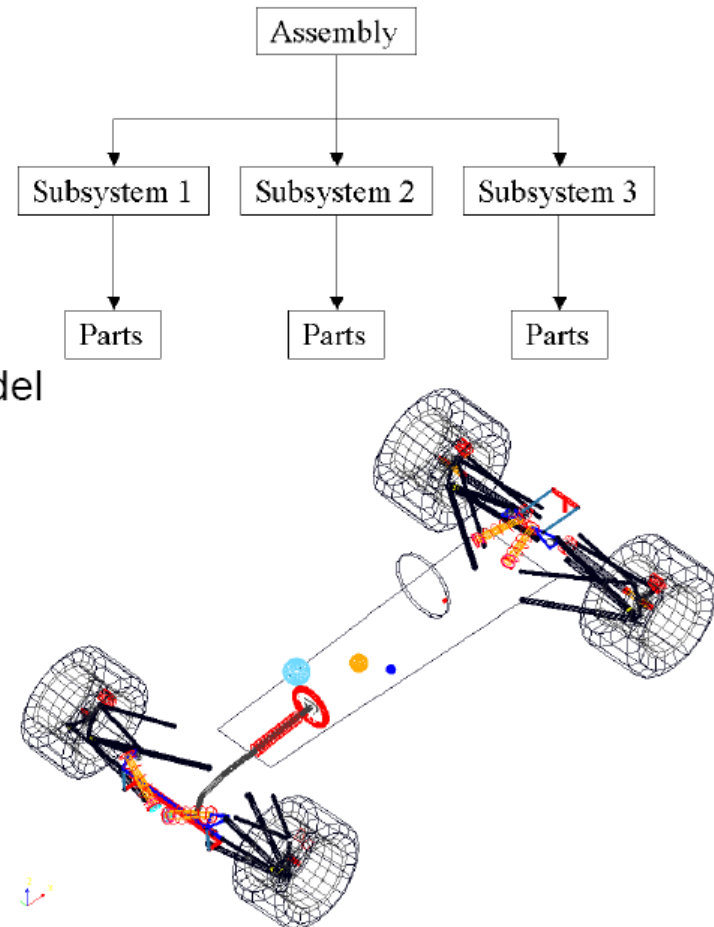
- CATIA
- IcemCFD
- CFX
- ADAMS



多体动力学耦合

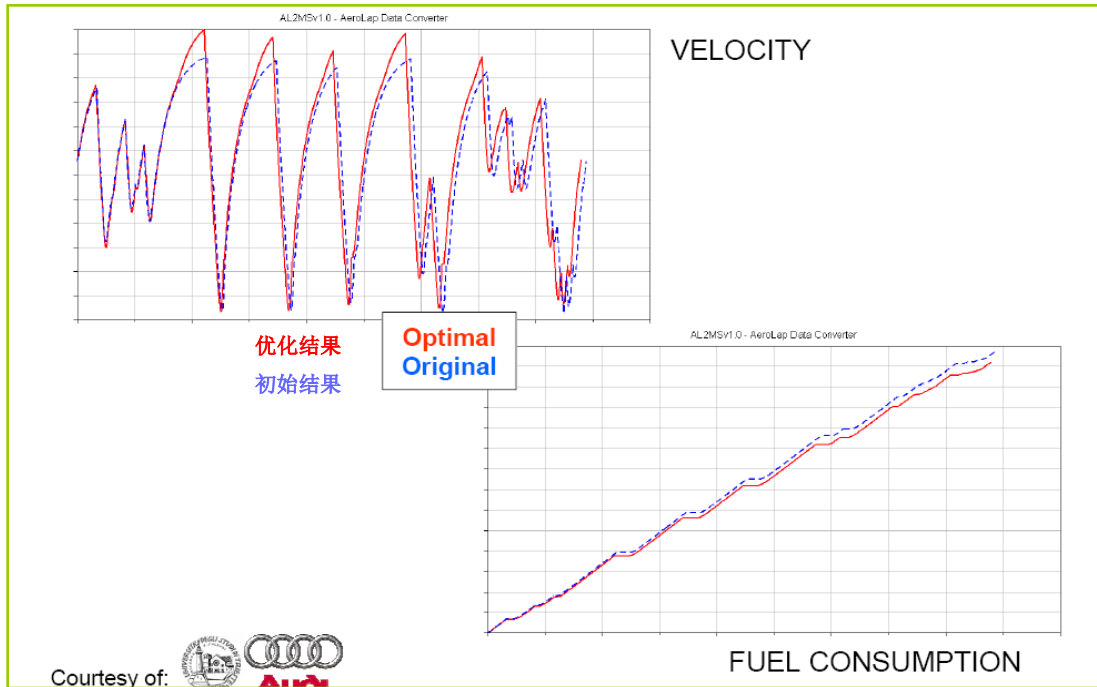
Simulating vehicle dynamics

- The global model is represented by means of a group of mechanical elements with specific characteristics.
- The structure of the complete car model has a pyramidal layout.

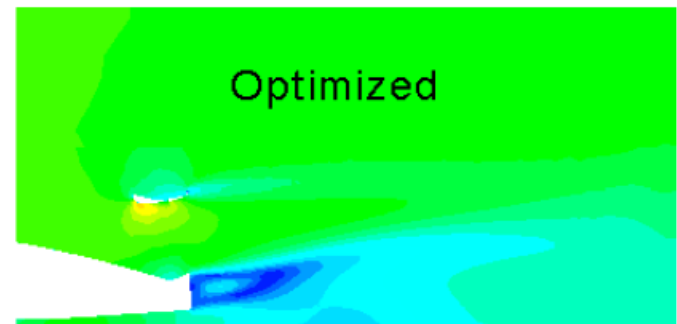
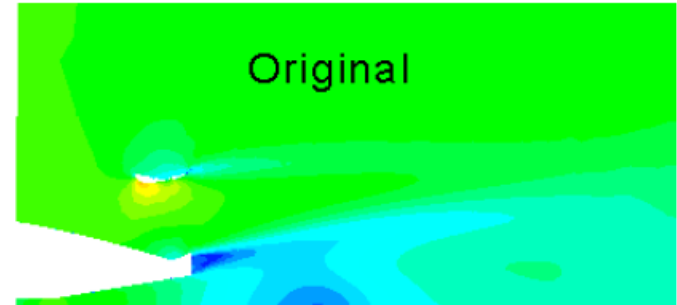


Courtesy of:  

优化结果：速度,油耗,流场



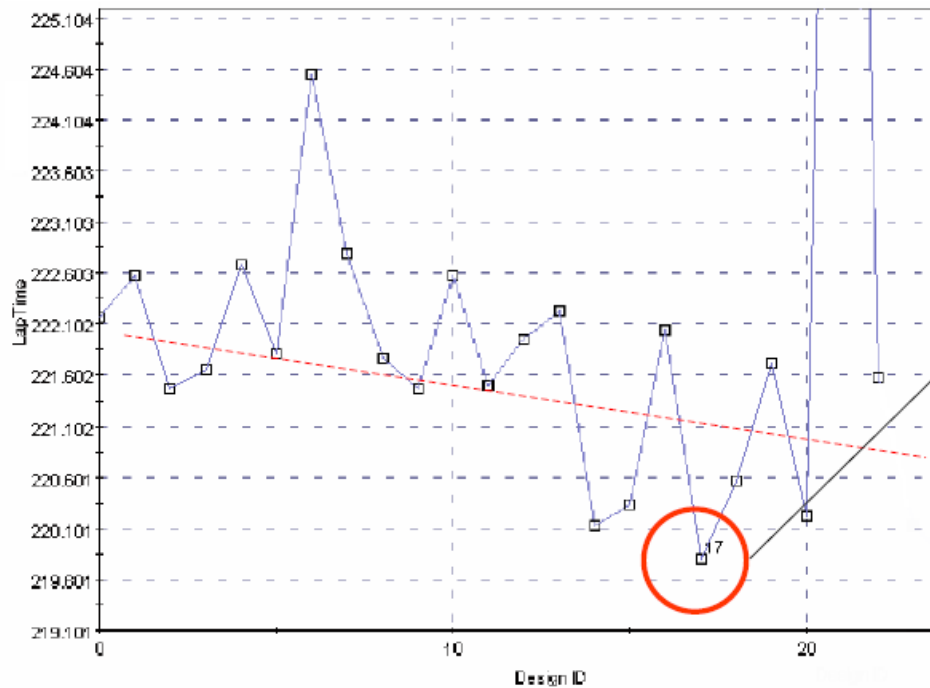
Maximum inclination



Cd coefficient: -2.0 %
Cl coefficient: +2.3 %

CFX

优化结果：时间



RESULT
Design 17 improves
2,36 sec. the lap time

Lap Time优化历程：缩短了2秒！

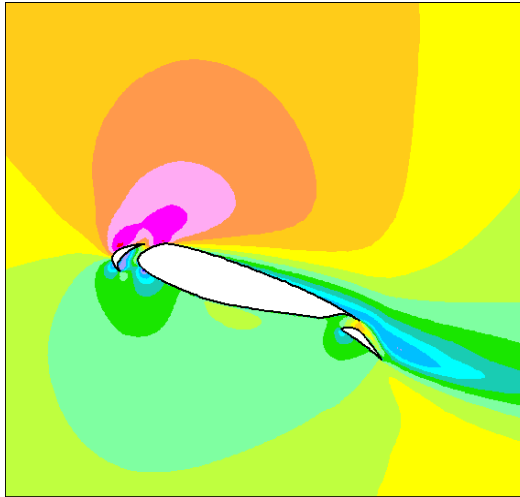
RAE-16翼型多点优化设计 (Catia, Star-CD)



Dipartimento di
Energetica

***Trieste University
(sponsored by the Dassault Aviation)***

问题描述



问题:

优化**RAE-16**翼型在两个不同设计工况的气动特性

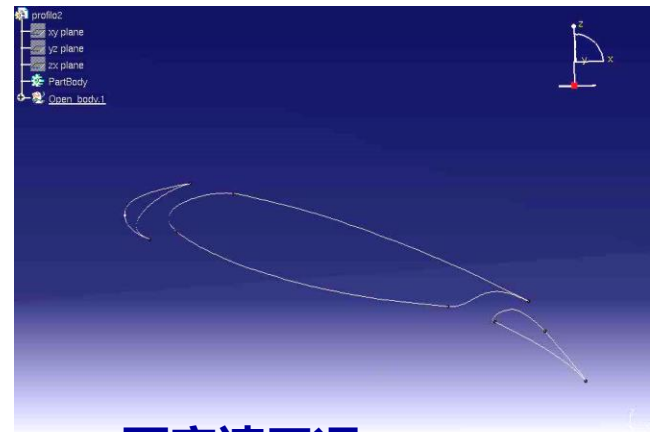
集成软件:

Catia, 翼型参数化建模

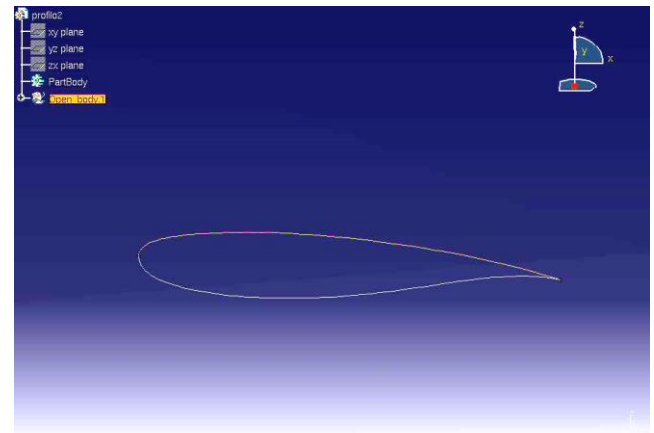
Star-CD, 流场计算

优化算法:

MOGA, 15代进化, 每代**40**个体



亚音速工况



跨音速工况

问题描述

输入参数:

亚音速, 13个翼型及网格控制参数

跨音速, 11个翼型及网格控制参数

Design point	transonic	subsonic
攻角	2°	17.12°
马赫数	0.7	0.12

几何约束	Max thickness $\leq 10\%$ chord lenght
气动约束	Transonic point lift \geq original RAE-16 one
亚音速目标	Max. efficiency $= c_L / c_D$
跨音速目标	Min.drag

输出参数:

亚/跨音速分别的升阻力系数

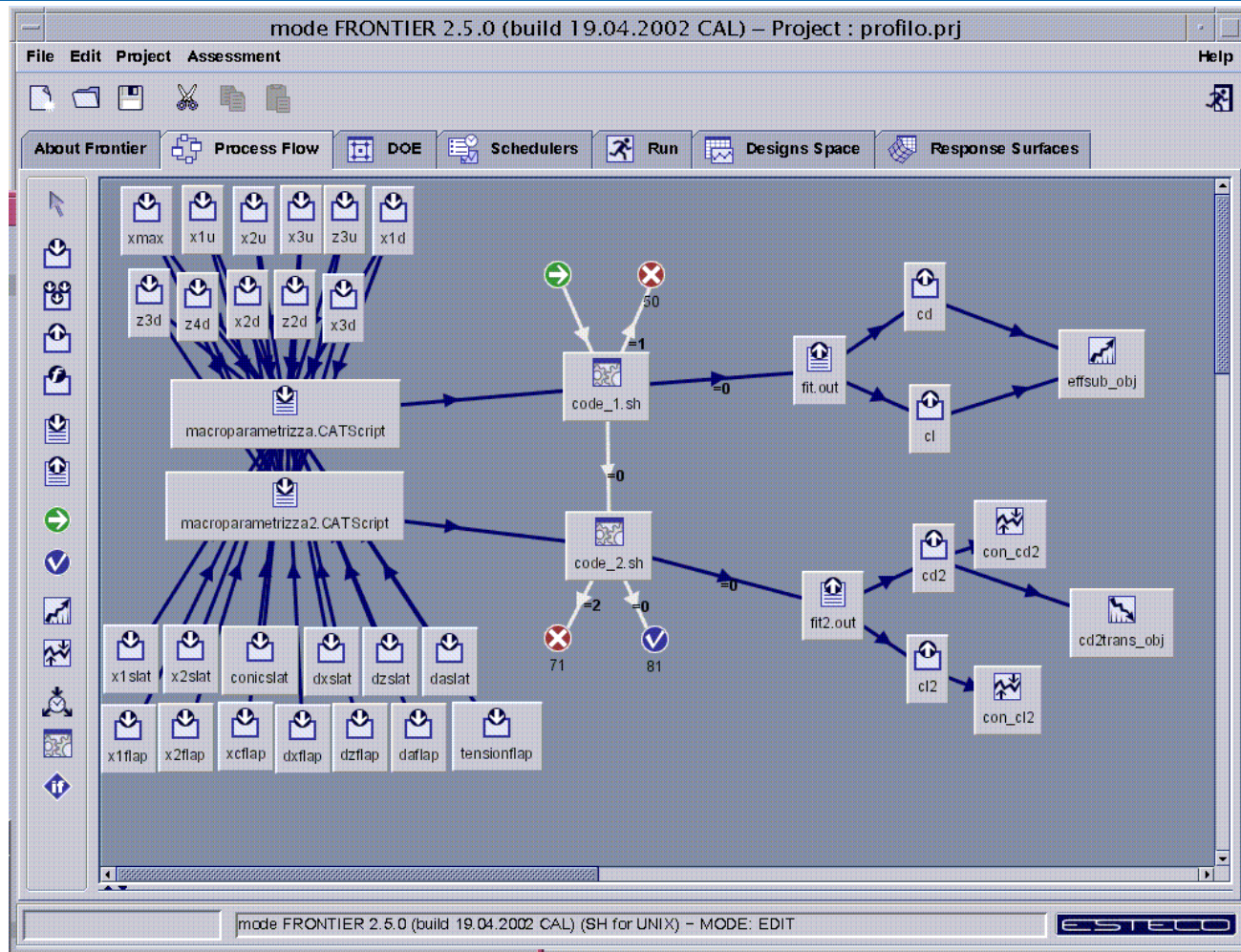
计算资源:

Linux系统, 12CPU并行; OpenPBS排队系统

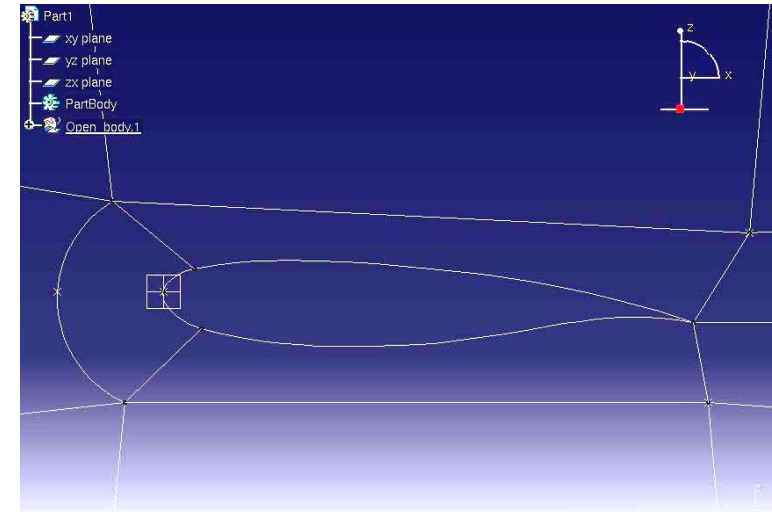
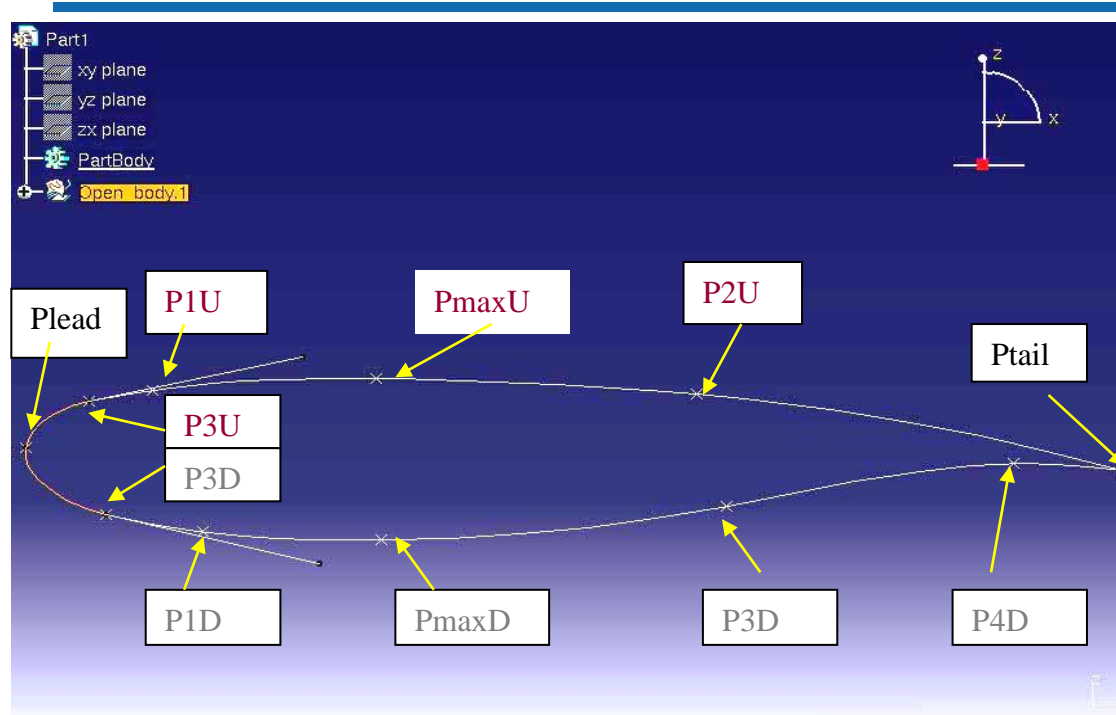
每个状态耗时约1h, 任务总耗时40hs

modeFRONTIER 优化 workflow

本文来自: www.idaj.cn
谢绝未经IDAJ许可的转载!
技术咨询: support@idaj.cn



CatiaV5 参数化建模



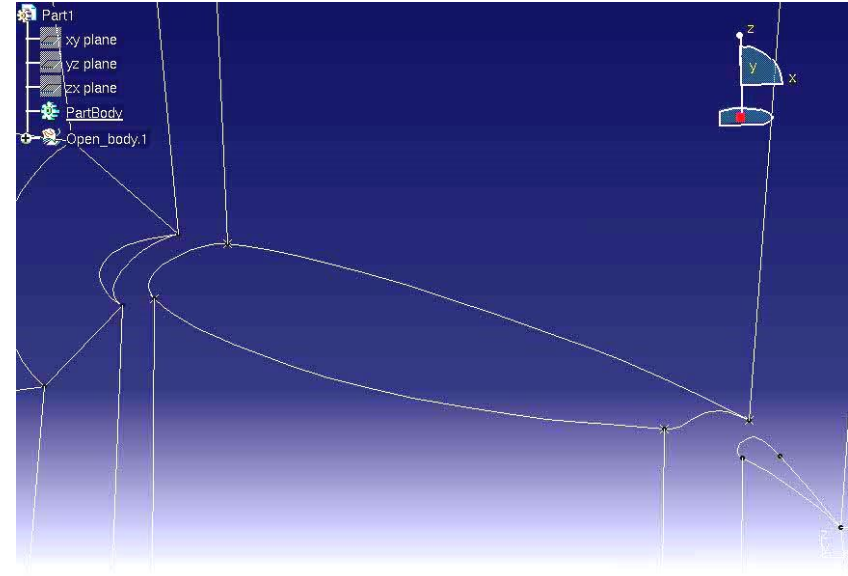
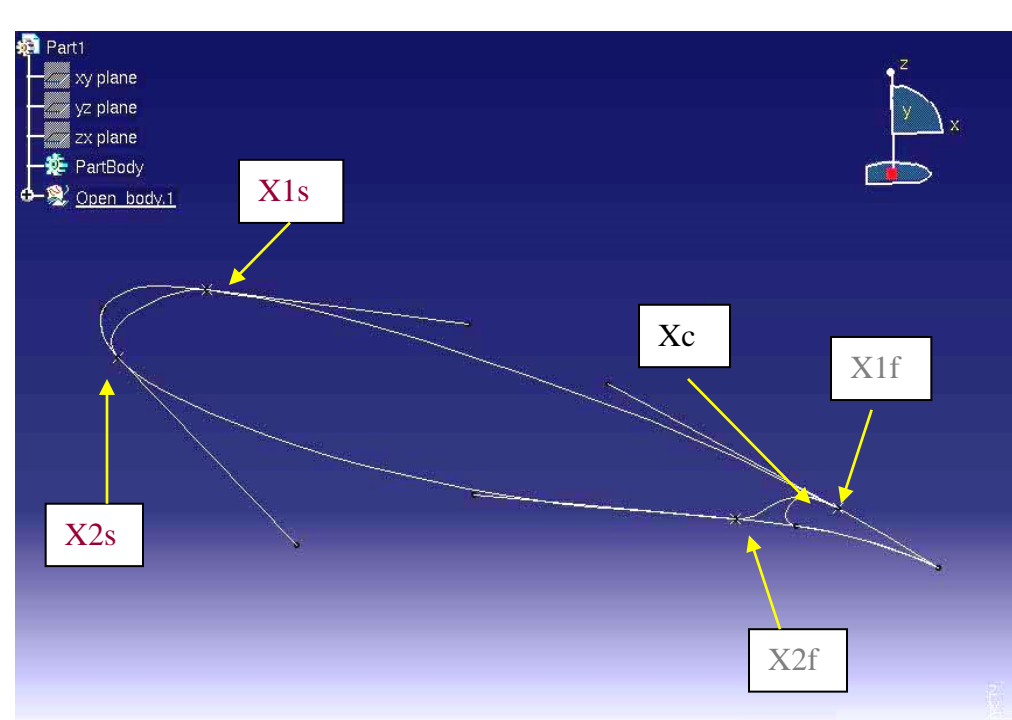
为多块结构网格的生成建辅助线

Upper curve: 5points-spline, 4 free to move

Lower curve: 6points-spline, 5 free to move

Nose: 3 points-spline, trailing edge tangents constrained

CatiaV5 参数化建模



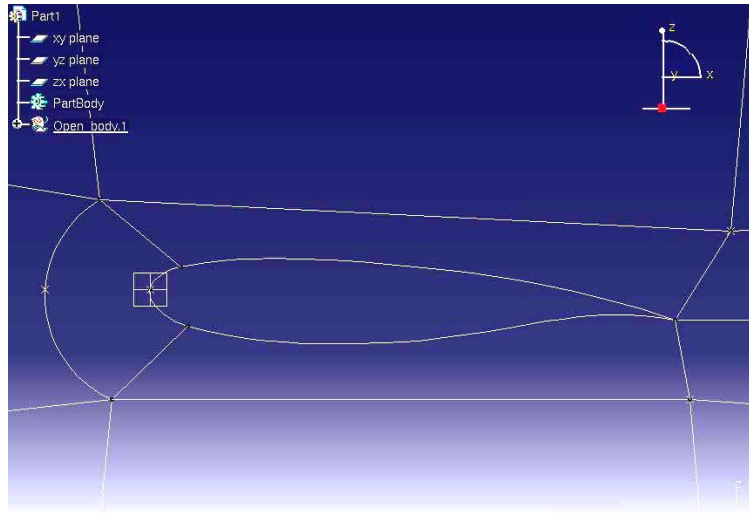
前后缘襟翼分别从主翼分离并旋转一定角度；为多块结构网格的生成建辅助线（参下文控制参数列表）

Slat: 2 points-2 tangents defined conic curve

Flap: 2points-2 tangents defined conic curve

Xc: point of detachment of flap from main element

生成网格示意



Transonic point

Number of **cells**: 30000

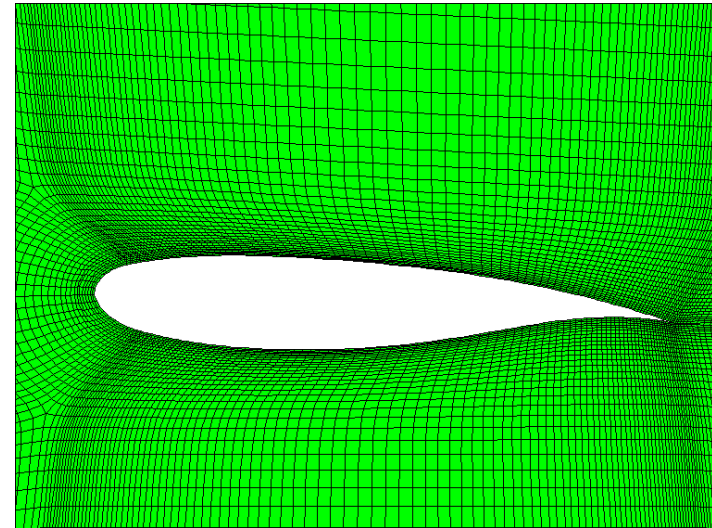
Solver **equations**: Navier-Stokes

Turbulence model: $k-\varepsilon$

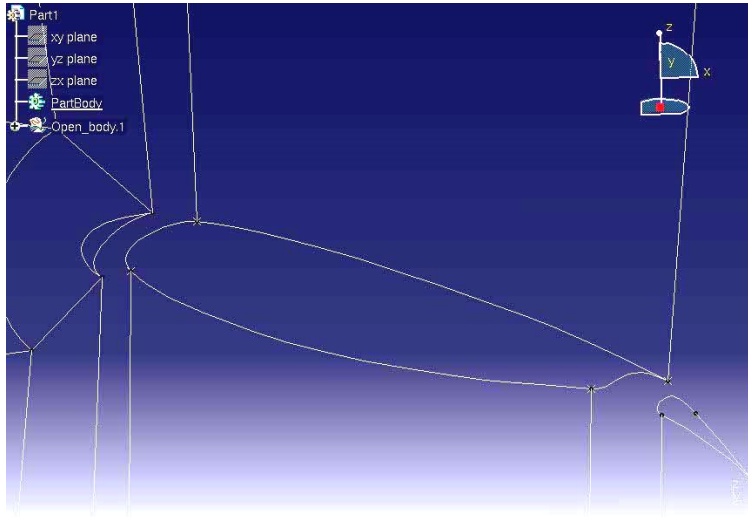
Fluid **flow**: compressible ($M=0.7$)

Mesh **typology**: multi-block structured

Geometry imported by Iges file, produced by CatiaV5



生成网格示意



Subsonic point

Number of **cells**: 30000

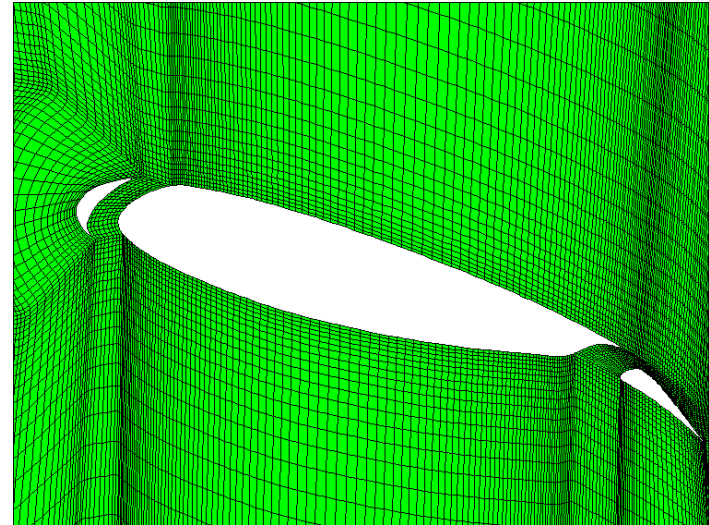
Solver **equations**: Navier-Stokes

Turbulence model: k- ϵ

Fluid **flow**: incompressible ($M=0.12$)

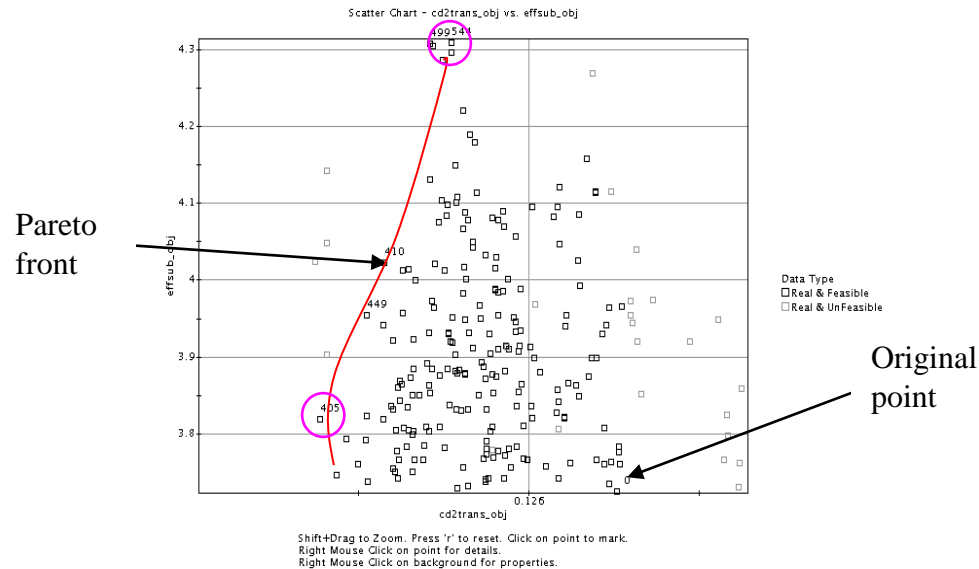
Mesh **typology**: multi-block structured

Geometry imported by Iges file, produced by CatiaV5



优化计算结果

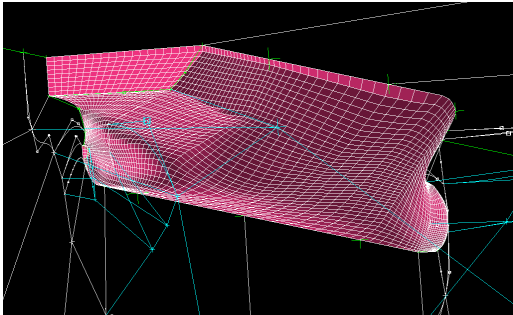
本文来自: www.idaj.cn
 谢绝未经IDAJ许可的转载!
 技术咨询: support@idaj.cn



	Subsonic efficiency	Trans. drag	Trans. lift(constr.)
Original ind.	3.73	0.129	0.50
Ind Nr. 405	3.82	0.119	0.49
Ind Nr.544	4.31	0.123	0.51

法国海军船舶流体力学特性优化设计 (BATAOS , Icem CFD , ICARE)

问题描述



问题:

通过调整船体外型参数（以球鼻艏为主），优化船舶的阻力特性

集成软件:

BATAOS, 法海军自备的参数化造型建模软件

Icem CFD, 网格构建软件

ICARE, **RANS**方程流场计算软件（ **with free surface Solver** ）

输入参数:

球鼻艏外形控制参数

输出参数:

船舶阻力

优化目标:

船舶阻力最小（兼顾不同航速）

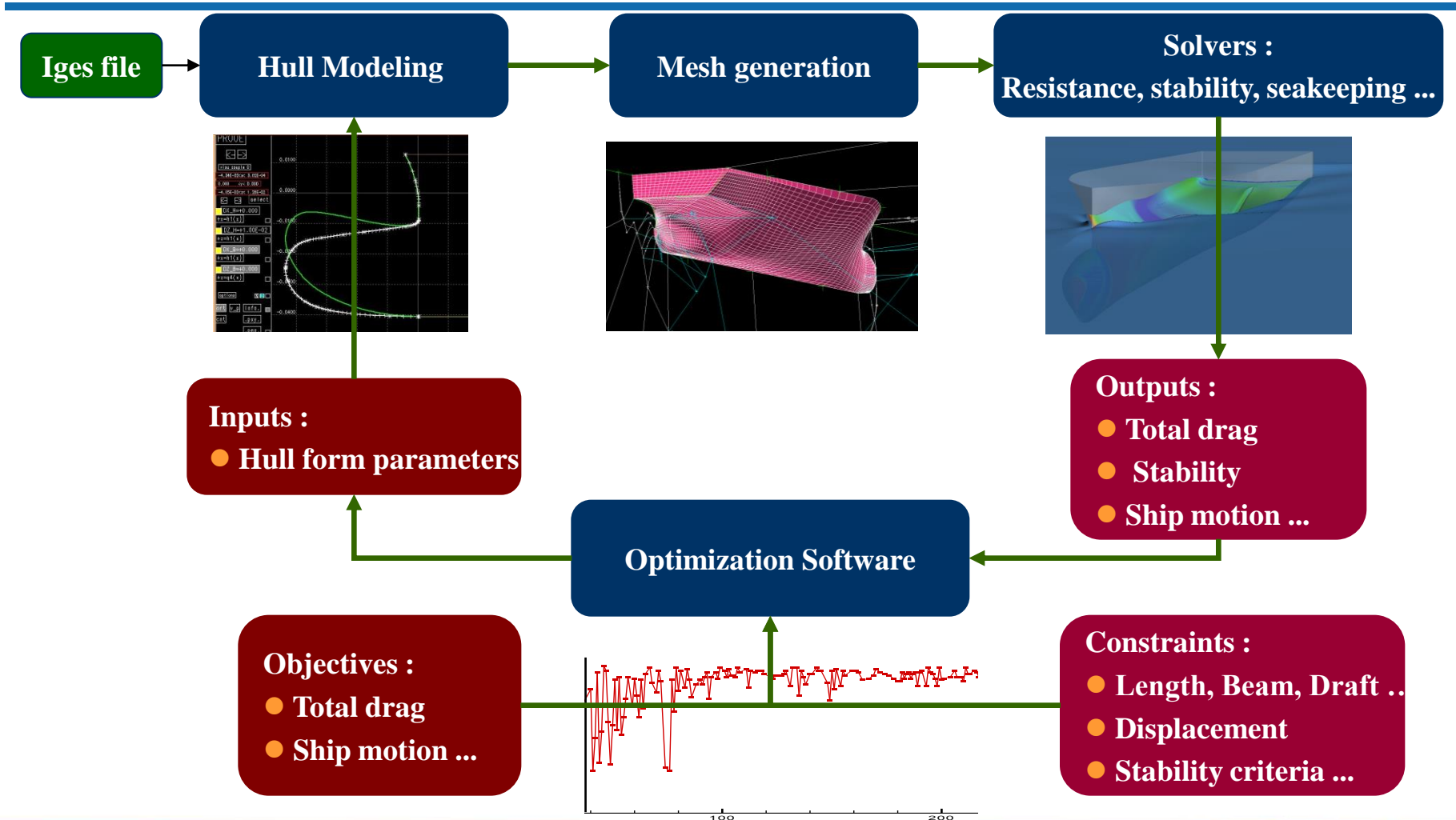
优化策略:

DOE Sequence; SIMPLEX;
MOGA; 并行计算方案

计算资源:

PC Linux OS, 10 processors of a PC cluster ; 6 licenses,
32 parallel processes (batch32); installed on linux PC
cluster; 3 days calculations

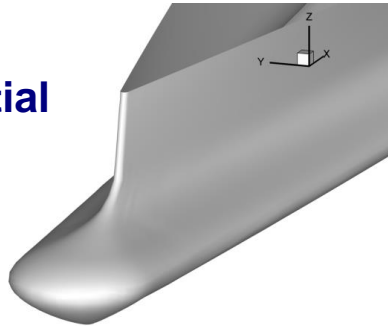
优化流程示意图



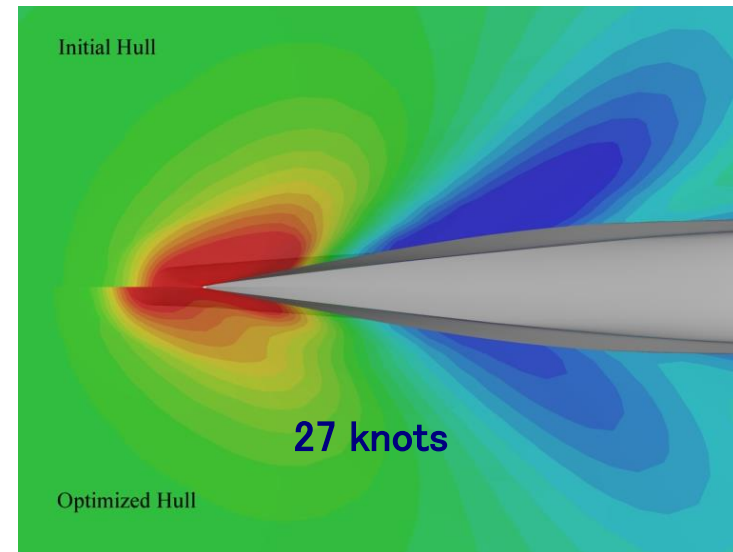
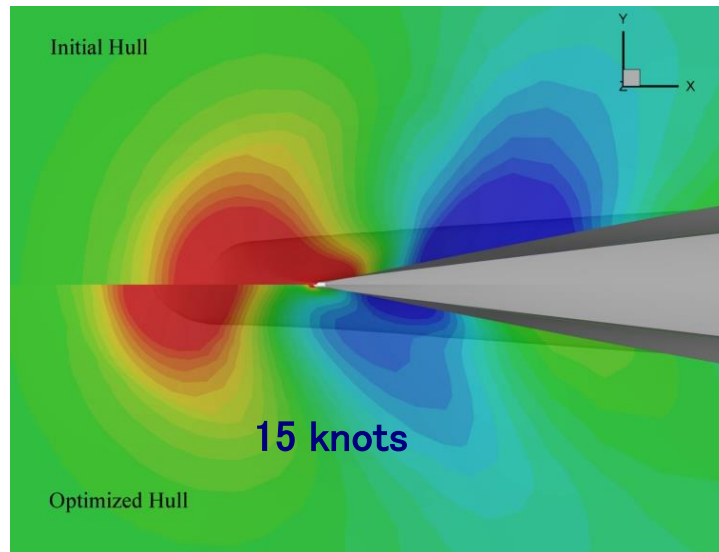
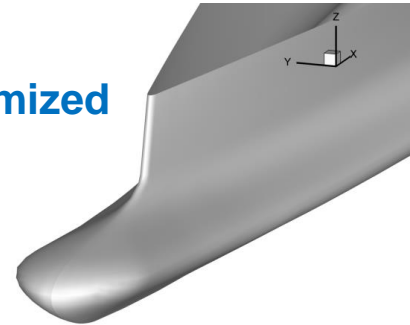
优化外形及波形对比

本文来自: www.idaj.cn
谢绝未经IDAJ许可的转载!
技术咨询: support@idaj.cn

Initial



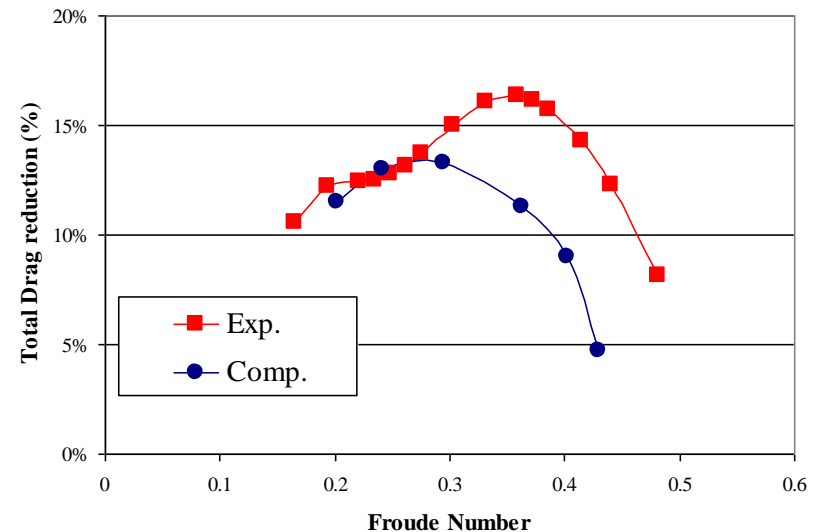
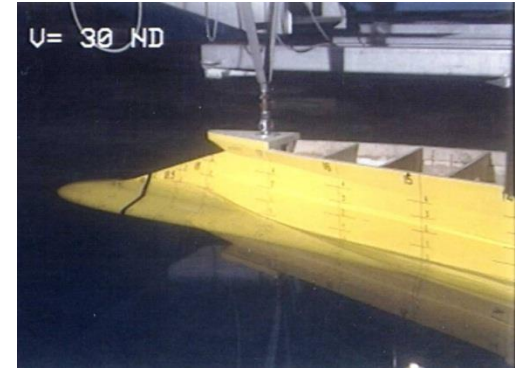
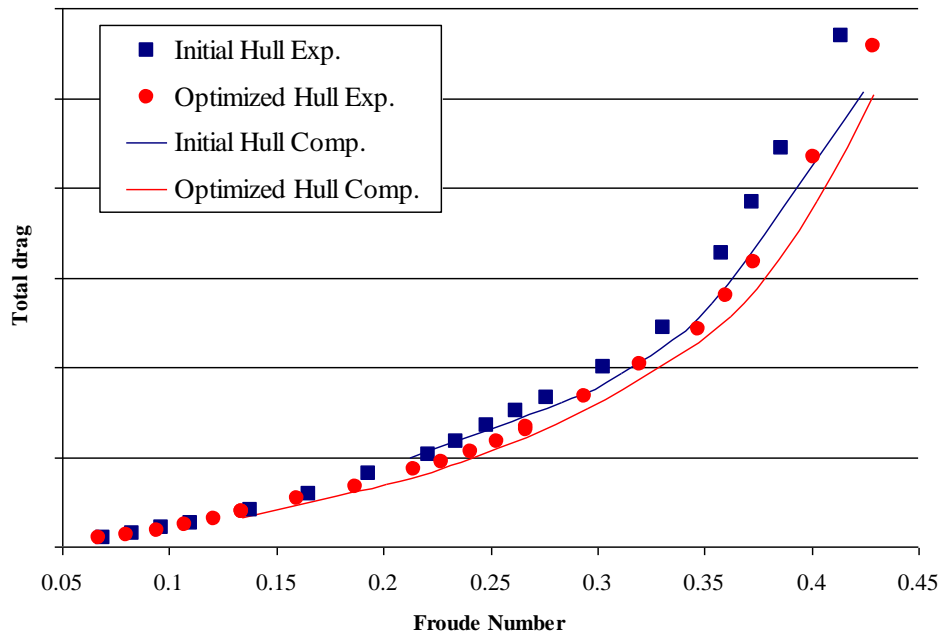
Optimized



本文来自: www.idaj.cn
谢绝未经IDAJ许可的转载!
技术咨询: support@idaj.cn

优化结果: 航行阻力

- 对初始设计点和优化设计点进行实验比较
- 计算值和实验值的绝对误差为5 %到10 %





感谢您的关注！