

TenFong 十沣

TF-AIMDO
多学科优化设计软件

产品宣传册

深 圳 十 沣 科 技 有 限 公 司

地　址：深圳市南山区学苑大道1001号南山智园
D1栋23、24楼
电　话：0755-86961672
邮　箱：info@tenfong.cn
网　站：www.tenfong.cn
售　后：400-996-8696
公众号：

Copyright© 十沣科技 版权所有

奉献工业AI的盛宴

FEAST

公司概况

深圳十沣科技有限公司（以下简称“十沣”）成立于2020年，围绕“CAE+AI+数字孪生”技术路线，专注于自主可控多物理场CAE求解器、AI+CAE融合技术及工业AI平台的研发与产业化，构建面向制造业的物理AI引擎和工业AI应用平台。十沣是国家级专精特新“小巨人”企业，也是国内少数同时具备高端工业软件关键核心技术攻关能力与工业AI融合创新能力的企业之一。



面向国家战略性新兴产业和先进制造业智能化升级需求，十沣坚持以客户需求和产业应用为导向，持续打造覆盖研发设计、仿真分析、工艺优化、生产制造和运行运维等环节的工业智能化解决方案。目前，公司产品和服务已广泛应用于航空航天、汽车交通、船舶与海洋工程、电子电器、装备制造、能源动力等9大行业，累计服务500余家企业用户，形成从底层仿真求解器、工业数据与模型，到物理AI和智能化应用解决方案的完整技术体系和规模化产业交付能力。



面向未来，十沣将以“自主CAE规模化国产替代+工业AI新业务快速放量”为双轮驱动，持续推动自主CAE、物理AI、工业大模型与工业智能体深度融合，加快从自主工业软件领先企业向具有全球竞争力的工业AI平台型企业跃迁。



270+
计算机软件著作权

45+
已获授权专利

500+
企业客户

25+
行业链主企业战略合作

20+
区域产业化基地

25+
产学研合作

30+
国家级、省级攻关项目

70%+
硕博人员占比

奉献工业AI的盛宴

Accurate 精准
物理约束保障预测可信

Easy to use 便捷
智能交互降低使用门槛

Specialized 专业
深度融合行业工程知识

FEAST

Fast 高效
AI加速仿真与设计迭代

Total Solution 全面
贯通工业全流程应用

自主软件体系

数字智能化平台

- **TF-AIDEA** 人工智能仿真平台
- **TF-Pandroid** 仿真数据管理系统
- **TF-AIMDO** 多学科优化
- **TF-ClouDESIGN** 工程仿真云平台

行业智能化应用

- **TF-Thermal** 热仿真
- **TF-Turbo** 叶轮机械仿真
- **TF-SimFARM** 风资源仿真
- **TF-SimCITY** 低空风场
- **AIDEA-Aero** 汽车气动智能体
- **TF-ShipL** 船舶吊装工艺仿真

工业AI应用

TENFONG 十沣

物理AI引擎

流体仿真引擎

- **TF-QFLUX** 通用流体力学
- **TF-Lattice** LBM流体力学
- **TF-CFlow** 空气动力学
- **TF-SPH** 光滑粒子动力学

固体仿真引擎

- **TF-Struct** 通用结构力学
- **TF-Dyna** 显式动力学
- **TF-DCAMS** 机械系统动力学

多物理仿真引擎

- **TF-eMag** 电磁仿真
- **TF-Acoustics** 声学仿真
- **TF-DEM** 通用颗粒系统
- **ZF-Grid** 通用前处理

产品简介

TF-AIMDO 多学科优化设计软件

TF-AIMDO 是一款功能全面的多学科优化设计平台软件，包含模型和数据管理、参数优化、参数识别、代理模型、响应分析、随机分析等功能模块。借助于平台提供各种类型软件接口，可以快速集成各类仿真计算软件，并按具体需要灵活搭建计算流程，实现多物理场耦合计算流程的有效管理。可广泛应用于航空航天、船舶海洋工程、电子热管理、建筑与环境工程、汽车与轨道交通、流体机械、风资源等领域。



完善的应用模块

模型管理
管理所有计算模型、连接用户所需计算模型

代理模型
利用已知模型样本数据或计算模型，建立降阶代理模型，实现可靠快速仿真

宏模型
管理模型数据和计算流程，实现多模型、多物理场仿真分析

试验设计
指导处理试验计划、分析，获得高质量试验方案

参数优化
解决各类实际优化设计问题，支持混合设计变量及多设计指标优化

响应分析
分析评价参数对响应的影响，进行主效应分析、相关性分析

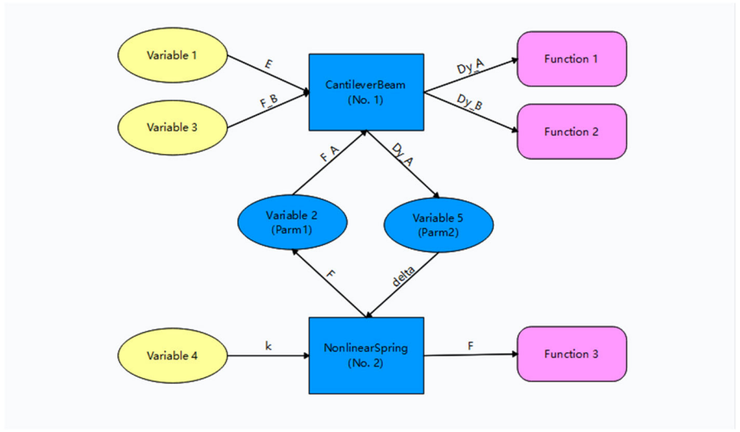
参数识别
采用最优化技术，根据系统已知响应，更新和确定系统参数

随机分析
分析系统可靠性、定量评价随机因素对系统性能的影响

技术特点



多模型定义



实现多模型耦合计算的宏模型流程图



计算模型接口管理

强大的计算模型管理

TF-AIMDO拥有丰富的计算模型以及通用的软件集成连接方式，可以快速接入需要的CAE软件或自研计算程序，实现一系列的高等分析计算任务。计算模型分为内置模型、外部模型、自定义模型和用户模型四大类。

模型管理则可以对所有计算模型进行管理，包括添加、删除已有模型，并提供给各应用模块对应的数据接口进行调用计算。

宏模型管理多个模型的数据交换和运行顺序，一方面实现对复杂仿真流程（包括建模、网格、求解）的规范化管理；另一方面，实现多模型联合仿真计算和多物理场耦合计算，支持单向耦合和双向耦合问题的求解。



完善的优化解决方案

- 丰富的优化算法
- 复杂优化问题的适应性
- 高效的计算管理

优化算法

全局启发式算法

- 随机搜索算法（RS）
- 遗传算法（GA）
- 粒子群算法（PSO）
- 模拟退火算法（SAA）
- 多岛遗传算法（MIGA）
- 多目标遗传算法（NSGA-Ⅱ、NSGA-Ⅲ）
- 多目标粒子群算法（ MOPSO）

局部优化算法

- 序列线性规划法（SLP）
- 序列二次规划算法（SQP）
- 下山单纯形算法（DSM）
- 霍克-杰维斯算法（HJM）

自适应优化算法

- 自适应响应面算法（ARSM）

复杂优化问题的适应性

支持处理单目标、多目标优化设计问题

涉及连续和离散变量的优化问题

复杂多类型、多约束优化问题

高效的计算管理

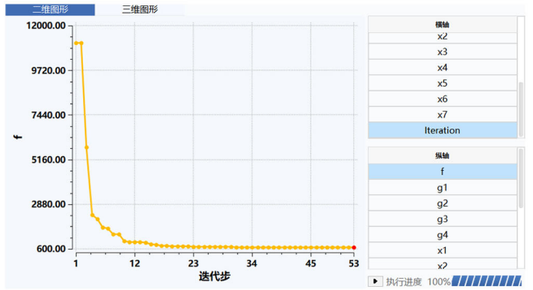
支持多进程并行计算

平台数据管理避免重复计算

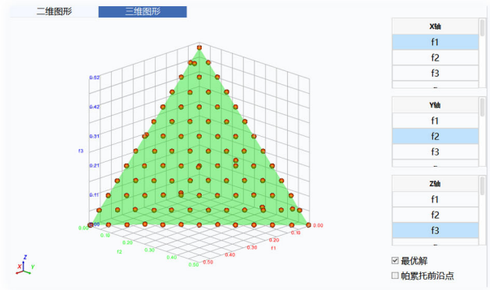
迭代过程数据 | 迭代历程图

Iteration	f	g1	g2	g3	g4	x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7
0	1455.000000	43.000000	222.000000	138.000000	-4.000000	2.000000	2.000000	2.000000	2.000000	2.000000	2.000000	2.000000
1	879.990906	31.082859	238.163067	143.961828	-3.503691	2.011866	2.058442	1.502802	2.497198	1.502802	1.502802	1.502802
2	702.780915	-6.839354	248.703424	141.380042	-1.652073	2.540089	2.237412	0.800265	3.199735	0.800265	0.800265	1.581332
3	691.455174	0.886315	254.250843	134.030527	0.378396	2.503284	1.992660	-0.086599	4.086599	-0.086599	1.687129	2.081897
4	690.483882	0.661308	254.137849	134.195594	0.199811	2.509538	1.988511	-0.107328	4.107328	-0.107328	1.666400	2.066311
5	689.639632	0.370758	254.039638	134.297272	0.060043	2.514838	1.986587	-0.122875	4.122875	-0.122875	1.650853	2.054622
6	689.333121	0.208566	254.008046	134.306841	0.020794	2.516678	1.986999	-0.126762	4.126762	-0.126762	1.646966	2.051700
7	689.254822	0.156468	254.000949	134.303967	0.013007	2.517135	1.987317	-0.127410	4.127410	-0.127410	1.646319	2.051212
8	689.213069	0.128016	253.997221	134.302088	0.008986	2.517379	1.987501	-0.127734	4.127734	-0.127734	1.645995	2.050969
9	689.129579	0.071094	253.989758	134.298325	0.000940	2.517866	1.987867	-0.128381	4.128381	-0.128381	1.645347	2.050482
10	689.119616	0.064295	253.989046	134.298581	0.000381	2.517895	1.987913	-0.128462	4.128462	-0.128462	1.645266	2.050421

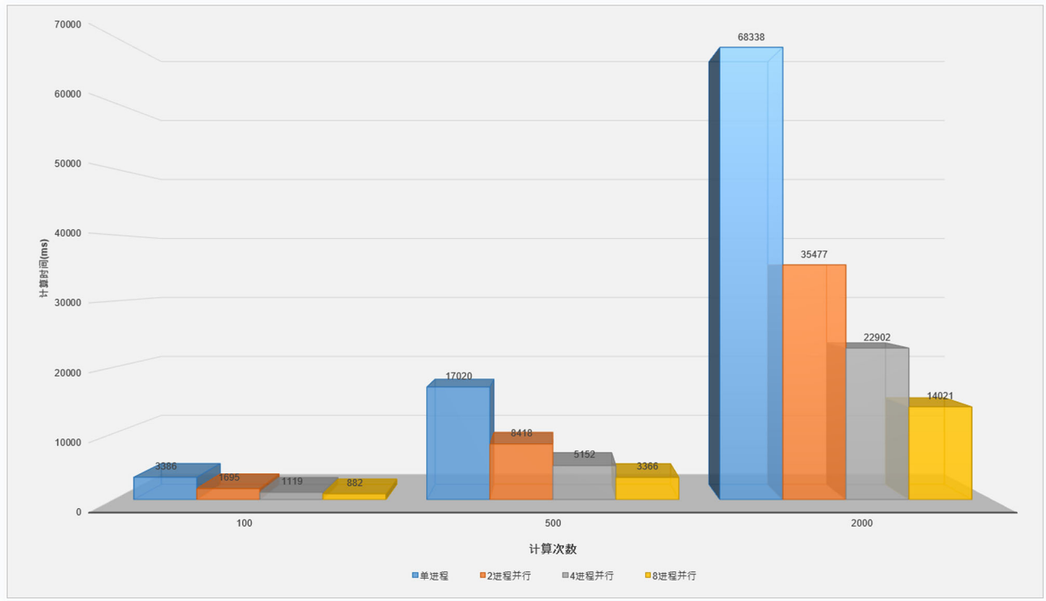
单目标优化迭代历史



七变量强约束非线性问题优化过程



三目标优化帕累托前沿



高效的并行计算

高效的代理模型



- 多种代理模型
- 多种数据来源
- 多种应用方式
- 高效的并行计算

多种代理模型

- 深度神经网络模型
- 克里金模型
- 径向基函数插值模型

多种数据来源

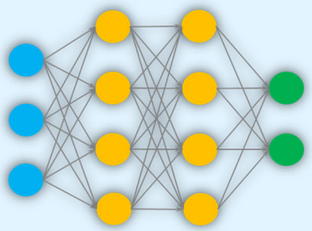
- 支持导入已有样本数据，利用计算或测试结果构造代理模型
- 支持基于计算模型进行随机抽样后计算生成样本数据并构造代理模型
- 可选择拉丁超立方或最优拉丁超立方方法生成均匀分布的样本点

多种应用方式

- 基于代理模型的快速预测
- 基于已有代理模型的参数优化、参数识别、随机分析和响应分析

高效的并行计算

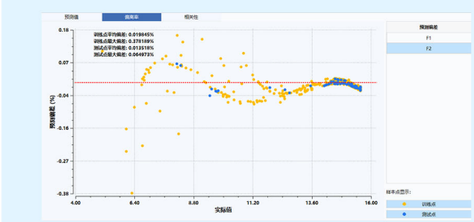
- 借助于并行计算大幅度提高样本数据生成速度



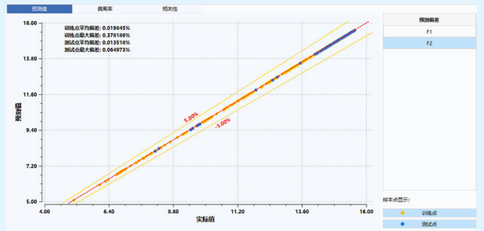
深度神经网络模型



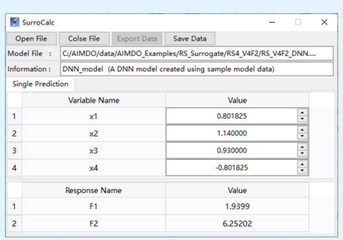
样本数据的相关性分析



代理模型精度检验--预测结果相对误差



代理模型精度检验--预测结果与实际值对比



代理模型计算器



样本生成管理



DOE样本生成设置



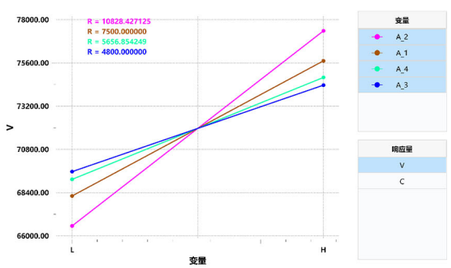
参数相关性的样本点生成功能

丰富的分析模块

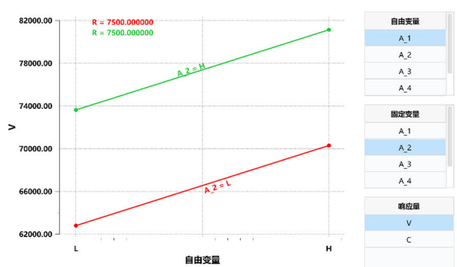
响应分析

确定系统响应对参数的敏感性。可以选择使用全因子和不同的部分因子设计，研究各个参数对响应的影响程度，筛选出相对更加重要的参数用于后续分析。

- 主效应分析
- 交互效应分析
- 相关性分析



主效应分析



交互效应分析

试验设计

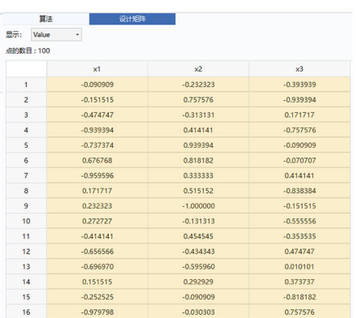
指导处理试验计划、分析，获得高质量试验方案。

- 正交设计：
  全因子设计
  部分因子设计
- 随机抽样：
  拉丁超立方抽样
  最优拉丁超立方抽样



	x1	x2	x3
1	1	1	1
2	2	1	1
3	1	2	1
4	2	2	1
5	1	1	2
6	2	1	2
7	1	2	2
8	2	2	2

全因子设计



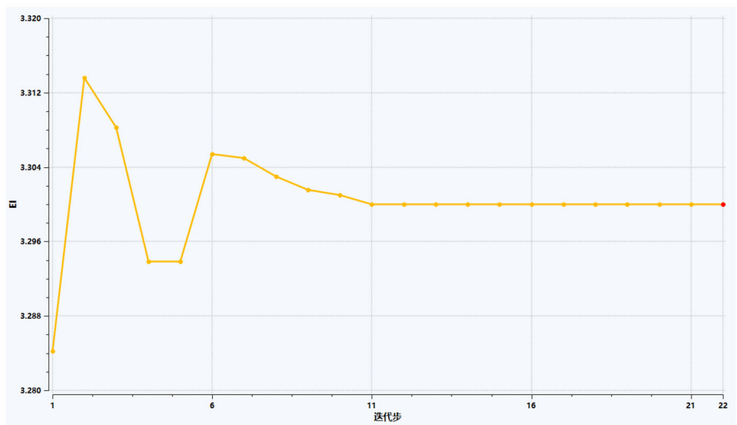
	x1	x2	x3
1	-0.090909	-0.232323	-0.393939
2	-0.151515	0.757576	-0.939394
3	-0.474747	-0.313131	0.171717
4	-0.939394	0.414141	-0.757576
5	-0.737374	0.939394	-0.090909
6	0.676768	0.818182	-0.070707
7	-0.959596	0.333333	0.414141
8	0.171717	0.515152	-0.838384
9	0.232323	-1.000000	-0.151515
10	0.272727	-0.131313	-0.555556
11	-0.414141	0.454545	-0.353535
12	-0.656566	-0.434343	0.474747
13	-0.696970	-0.595960	0.010101
14	0.151515	0.292929	0.373737
15	-0.252525	-0.090909	-0.818182
16	-0.979798	-0.030303	0.757576

最优拉丁超立方抽样

参数识别

针对实际应用的需求，TF-AIMDO提供了独立的参数识别功能，通过定义识别目标、选择误差评价指标和设置优化算法，实现系统参数的自动识别。

- 评价指标：
  与识别目标的绝对偏差
  与识别目标的相对偏差
- 误差水平控制：
  极小化偏差的加权
  极小化偏差的最大值

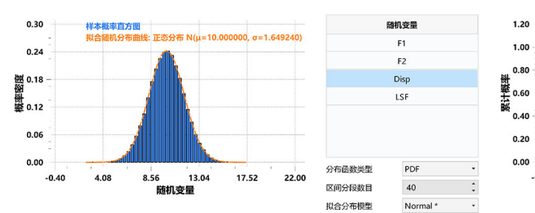


测量固有频率识别结构刚度迭代历程图

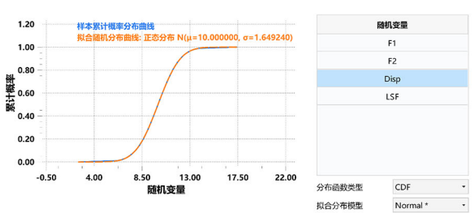
随机分析

研究随机因素对系统性能的影响，评价系统的可靠性，实现产品的可靠性设计。计算结果包括响应量分布统计规律、失效概率以及系统可靠指标等。

- 变量类型：
  独立随机变量
  相关随机变量
- 随机分布模型：
  正态分布
  对数正态分布
  指数分布
  三角分布
  均匀分布
- 分析方法：
  直接数值模拟
  可靠指标计算

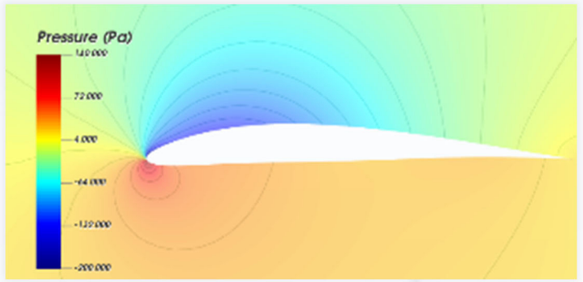


概率密度分布

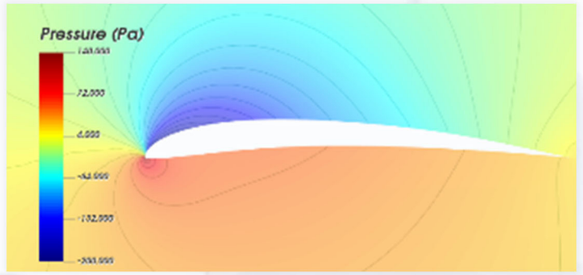


累计概率分布

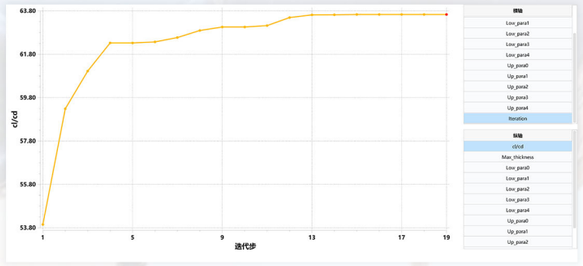
行业应用



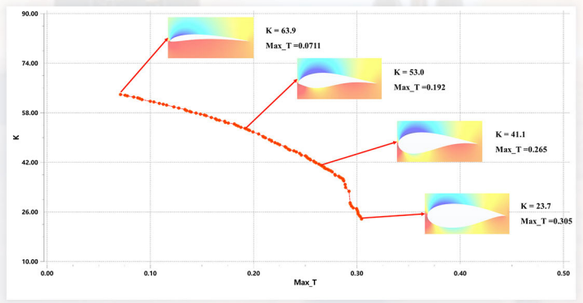
初始翼型



优化后翼型



E387翼型单目标优化

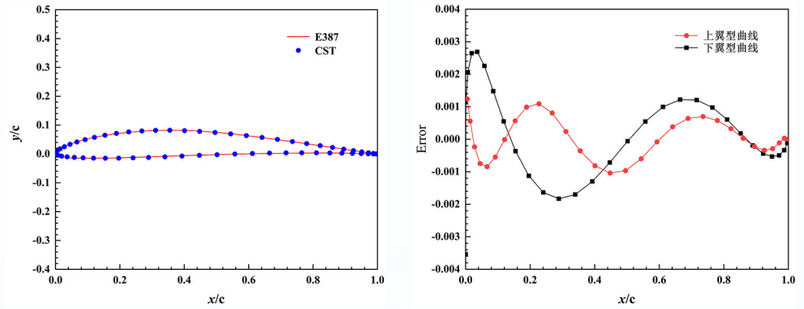


E387翼型多目标优化

航空航天领域

航空航天系统通常是由多个子系统组成，涉及到不同学科领域的知识。多学科优化设计可以帮助优化整体系统的性能，确保各个子系统协同工作，并在整体性能和目标之间进行权衡。另外，航空航天领域面临着许多复杂的设计、优化和决策问题，这些问题往往涉及到多个变量和约束条件。多学科优化设计能够综合考虑不同领域的影响因素，快速有效地求解复杂问题。

通过多学科优化优化设计，可以在设计和制造阶段提前发现问题并进行优化，从而提高飞行器的效率、安全性和性能，降低成本和风险。



翼型CST参数化拟合及误差图

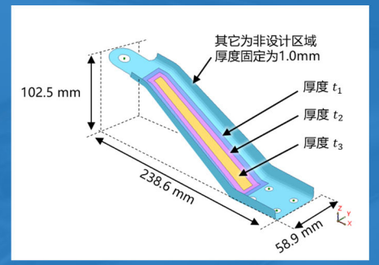
翼型单目标优化结果汇总

方法	升阻比 K	升力 C_L	阻力 C_D	CFD计算次数
自适应响应面算法	63.56	1.134	0.01785	307
遗传算法	64.21	1.136	0.01770	2161
初始设计翼型	54.52	0.909	0.01668	-

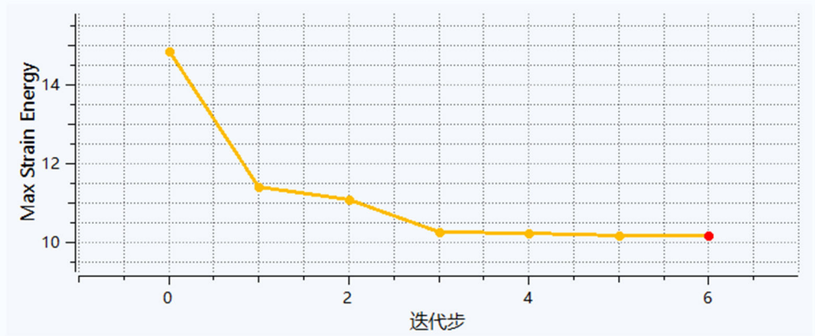
汽车交通领域

在汽车整车设计的过程中，需要考虑多个方面的要求，如性能、安全、舒适性、经济性等。汽车的空气动力学性能对燃料效率和行驶稳定性有重要影响，结构轻量化设计在保证车身强度、刚度的情况下，能有效增加续航里程、降低用车成本，NVH设计可有效改善车辆的舒适性。从单部件到整车系统，一款优秀的汽车产品的设计都离不开优化设计。

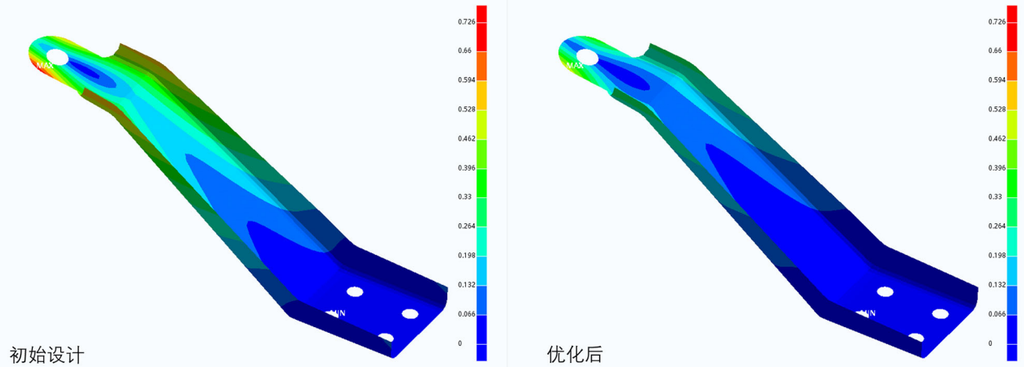
多学科优化设计软件可以帮助设计师在这些方面进行权衡和优化，以获得最佳设计方案，包括优化车辆外形、降低空气阻力、提高车辆的动力性能和经济性等。



汽车金属板支架示意图



汽车金属板支架最大应变能优化迭代历程图



初始设计　　优化后

优化前后位移分布

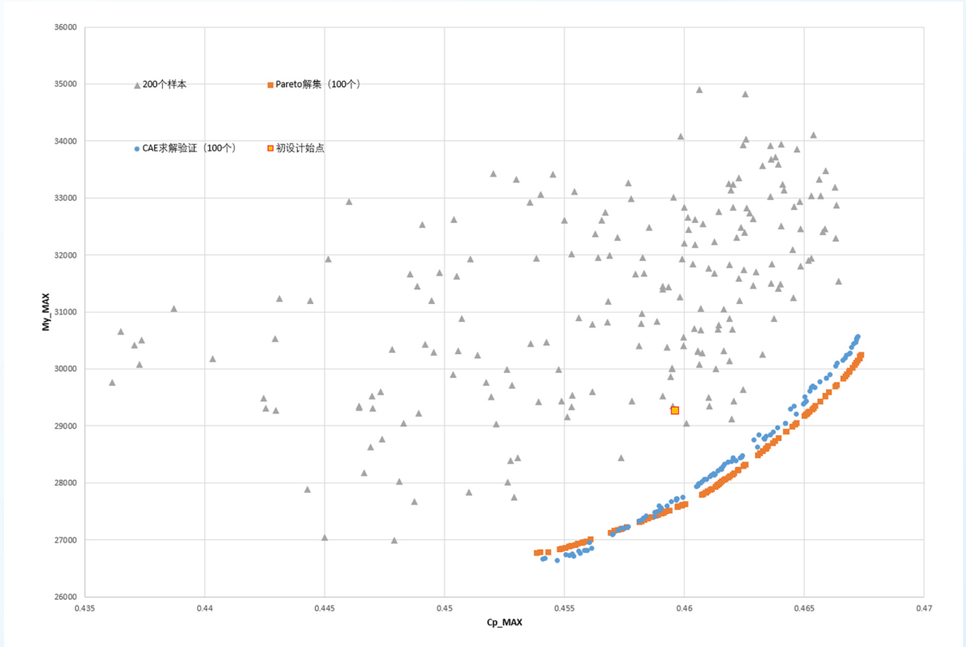
汽车金属板支架化优化结果

	t_1	t_2	t_3	柔顺度	体积
初始设计	1.0	1.0	1.0	14.87	18297.3
TF-AIMDO	2.55	0.1	0.1	10.18	18297.4
其他优化软件	2.55	0.1	0.1	10.20	18297.4

风电能源领域

风力发电技术作为一种清洁、可再生的产生能源方式，已得到广泛的应用。该领域涉及到众多学科的设计问题，包括叶片气动外形设计、叶片结构强度设计、发电机设计和风场风机排布设计等。叶片外形及强度设计能在保证安全可靠的前提下极大的提升单机的发电量，风机排布设计则能有效的提升风场所有机组总的发电量。快速、准确的设计出符合使用环境的风机、风场排布，能帮助风电企业降本增效，大幅提升经济效益。

多学科优化设计软件TF-AIMDO，基于数据构造代理模型可解决风机优化设计中仿真计算时间长的问题，单目标、多目标优化可快速找出最佳方案。

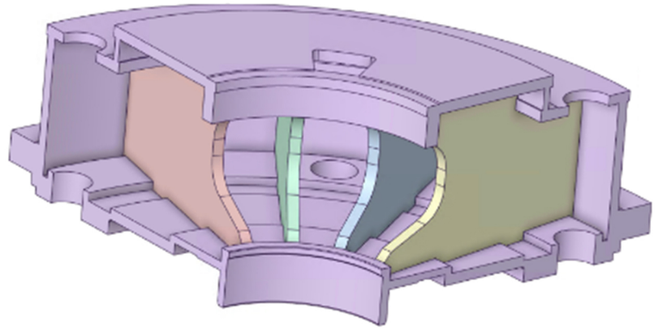


利用代理模型进行多目标气动优化设计结果验证
--同时提高发电功率系数（CP）和降低叶片弯矩（MY）

流体机械领域

水力发电作为我国重要的电力来源，其设备安全运行不仅关乎水电站的正常运行，还关乎上下游亿万居民的生命、财产安全。水轮机组作为水电站最重要的机械设备之一，需要根据不同水电站的具体情况进行选型、设计。传统的选型、设计工作周期长，需要多个部门、多次配合不断修正相关零部件的参数、型号。基于TF-AIMDO的分析功能，可快速获得初步的设计方案，再做精细化验证、调整。

水轮机顶盖作为水轮机的重要部件，承受着水轮机转子的巨大压力和转动力矩，因此其强度性能的优劣直接影响到水轮机的安全运行和可靠性。借助TF-AIMDO的分析功能，快速找出对性能影响较大的因素，为设计指明方向。基于历史数据或按需计算数据，构建深度神经网络实现水轮机顶盖的强度性能的快速预测，可大幅缩短设计选型周期，助力新型水轮机的研发。



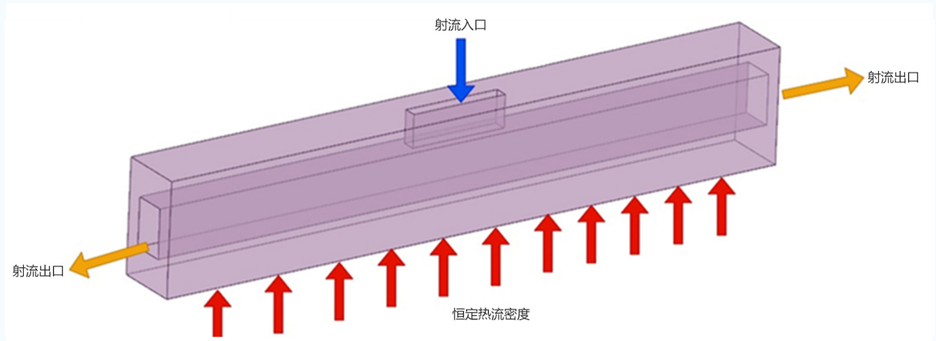
水轮机顶盖示意

预测值		偏离率	相关性				
	P1	P3	P11	P12	P19	P29	P30
P36	0.00	-0.21	0.40	0.27	-0.22	0.16	0.76
P37	0.05	0.54	-0.11	-0.22	-0.11	-0.56	-0.20
P38	0.25	0.17	-0.27	-0.32	0.00	-0.35	-0.75
P39	-0.02	-0.19	0.22	0.32	0.09	0.32	0.81
P40	0.00	-0.07	0.59	0.16	-0.15	0.19	0.63
P41	0.06	-0.17	0.24	0.29	-0.15	0.34	0.75
P42	-0.04	0.13	-0.35	-0.24	0.12	-0.29	-0.76
P43	0.00	-0.19	0.41	0.29	-0.14	0.51	0.63
P44	-0.01	-0.23	0.20	0.36	0.08	0.48	0.74
P45	0.00	-0.22	0.39	0.27	-0.15	0.34	0.71
P46	0.03	0.17	0.12	0.27	0.30	0.85	-0.01

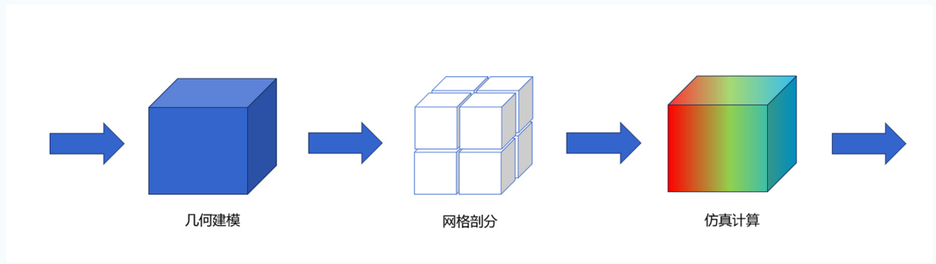
相关性分析快速定位重要设计参数

电子电器领域

电子器件在实际工作时会产生大量热量，若散热不佳则会影响器件的性能和寿命。使用TF-AIMDO，不但可以方便地建立几何建模、网格剖分和仿真计算一整套仿真计算流程，有效管理设计验算工作，而且可以综合考虑材料、传热、流体力学及结构工程等方面的因素，进行设计优化，提高散热效率和可靠性，这对于提高电子器件的性能和延长使用寿命具有重要意义。



微通道射流冲击模块示意图



采用宏模型实现仿真计算流程控制

微通道射流冲击模块优化结果汇总

	加热面平均温度	进出口压力损耗	流道高度	流道宽度
初始设计	81.85 ℃	5063.53 Pa	1.5 mm	0.500 mm
优化后	76.92 ℃	2284.91 Pa	2.0 mm	0.436 mm