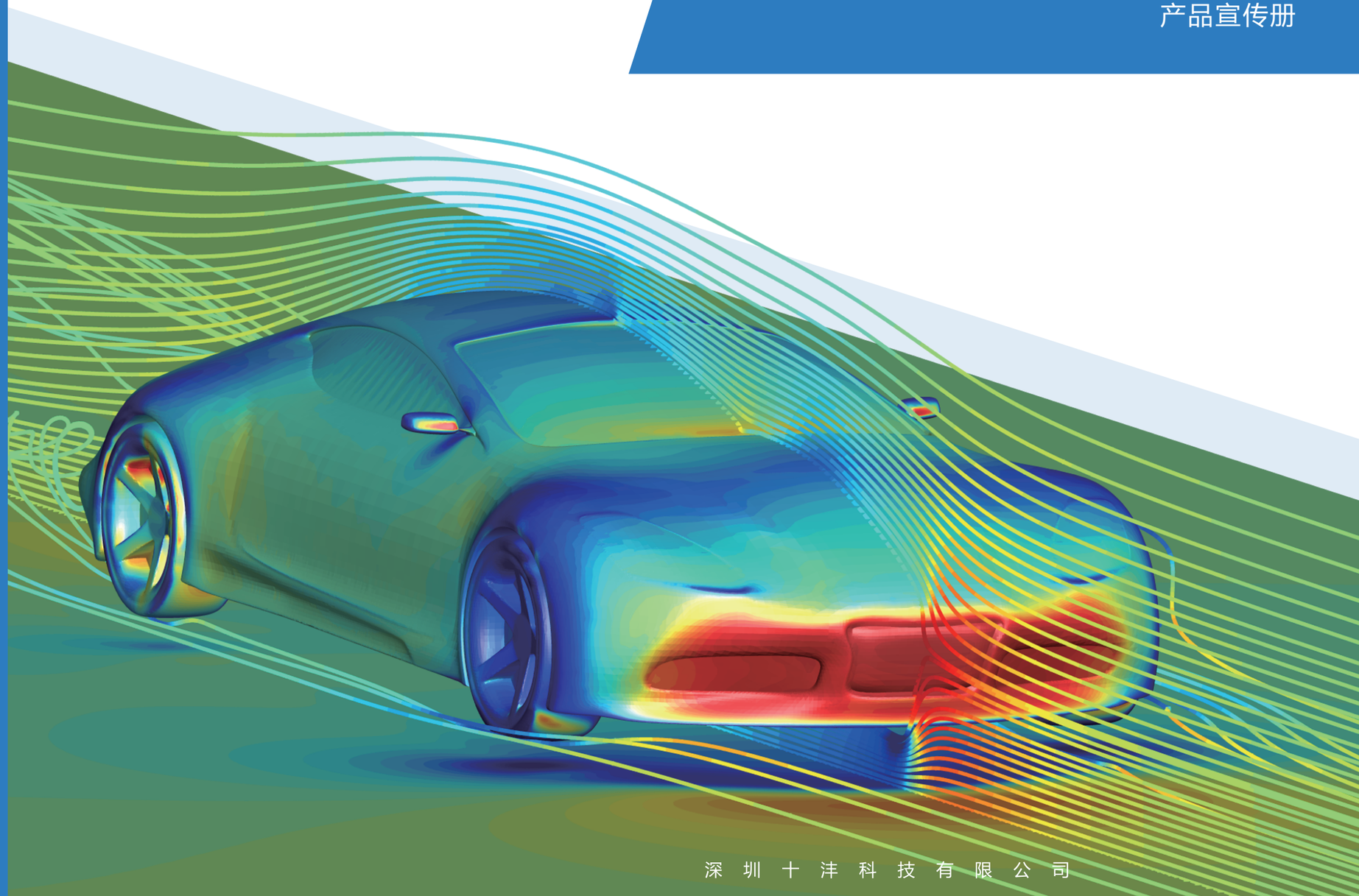
TenFong 十沣

TF-QFLUX
流体力学仿真软件

产品宣传册



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 (深圳总部)

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

深　圳　十　沣　科　技　有　限　公　司

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-QFLUX流体力学仿真软件

TF-QFLUX是一款基于多面体非结构网格与有限体积法的通用流体动力学仿真软件，已开发比较完善的单相/多相不可压缩流动求解器、固体导热求解器、气动声学求解器等核心求解器，以及丰富的物理模型、材料模型、多体运动与动网格算法、各类型边界条件等核心算法与功能模块。用户可以常值、数据表单、自定义表达式和自定义函数（UDF）等方式，修改物理模型参数、材料物性参数、刚体运动参数、边界条件参数，或者是在连续性方程、动量方程或能量方程中添加源项，以满足相关应用场景的仿真需求。软件采用MPI并行协议，具有优异的并行计算效率。

TF-QFLUX软件还开发了高效的可视化引擎、数据后处理与图形可视化功能，以及丰富的数据接口，以满足数值仿真前、后处理功能需求。

10+ 荣誉奖项

2021数博会工业APP融合创新大赛一等奖、2021数字仿真科技奖自主软件创新奖、中国国际高新技术成果交易会优秀产品奖、2021深圳软件行业推荐优秀产品、CAE流体仿真登高挑战赛优秀表现奖、2022年工信部工业软件优秀产品、2021工业软件创新应用大赛50强……

40+ 客户好评

“国产CFD软件的上佳之选”、“国内一流的研发团队”、“完全本土化设计，不光是中文界面那么简单，软件设计理念和方法也更贴近国内的工程实际应用”、“产品功能迭代快，技术支持响应迅速”——来自数十家正式用户对TF-QFLUX的评价。

60+ 工程验证

通过与一线用户的深度交流与合作，TF-QFLUX团队获得了宝贵的需求、建议和反馈信息，更重要的是在几十项工程应用中锤炼和验证了产品的功能和性能。这也是TF-QFLUX功能不断完善，计算性能不断提升的原动力。

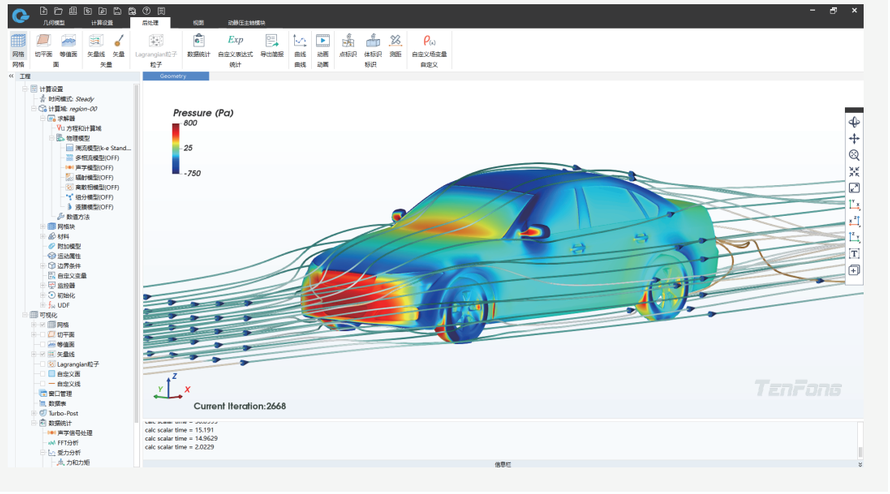
10+ 应用标杆

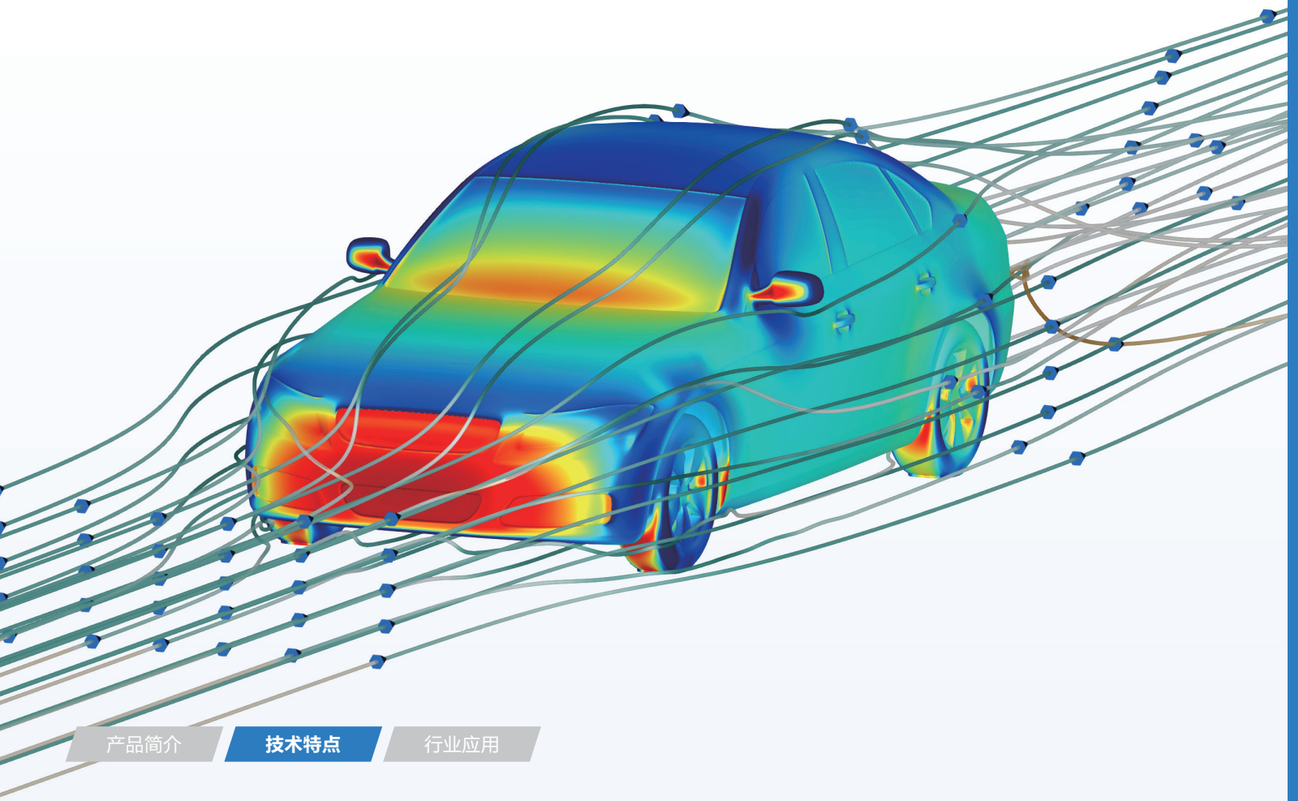
作为十沣科技的第一款标准货架CAE软件产品，TF-QFLUX已交付给十几家行业龙头用户单位，并开展试用对标、算例验证和模块定制开发工作。在贴近用户生产流程和设计习惯的前提下，通过充分的迭代和验证，协助用户实现了降本增效，促进了数字化转型过程。

通过与众多行业龙头用户的迭代开发，TF-QFLUX的核心功能已逐步完善、成熟，成为行业用户进行通用流体动力学仿真分析与性能优化的重要工具软件。

在此基础上，TF-QFLUX将进一步开发或完善多相/多组分模型、相变模型、燃烧与化学反应流模型、可压缩空气动力学求解器、多学科/多物理场耦合计算、AI建模与加速算法等核心功能，持续提升软件鲁棒性、准确性与并行效率，为用户提供更完善、更准确、更高效的CFD工具与数值分析综合解决方案。

技术特点





多学科、多物理场联合仿真与优化

TF-QFLUX软件开发了完善的流体动力学求解器、固体导热与热辐射求解器、气动/水动声学求解器以及适用于刚体运动的6DOF计算模块，拥有强大的流固耦合运动、流固耦合换热与热辐射、流致噪声等多物理场联合仿真功能。

同时，TF-QFLUX软件还可以与十沣科技的其他核心软件，如通用结构有限元仿真软件TF-Struct、通用电磁仿真分析软件TF-eMag、通用声学仿真分析软件TF-Acoustics、通用颗粒系统仿真分析软件TF-DEM、通用多学科优化设计软件TF-AIMDO等，开展多种耦合方式的多学科联合仿真分析与多目标数值优化，实现仿真与产品优化设计一体化。

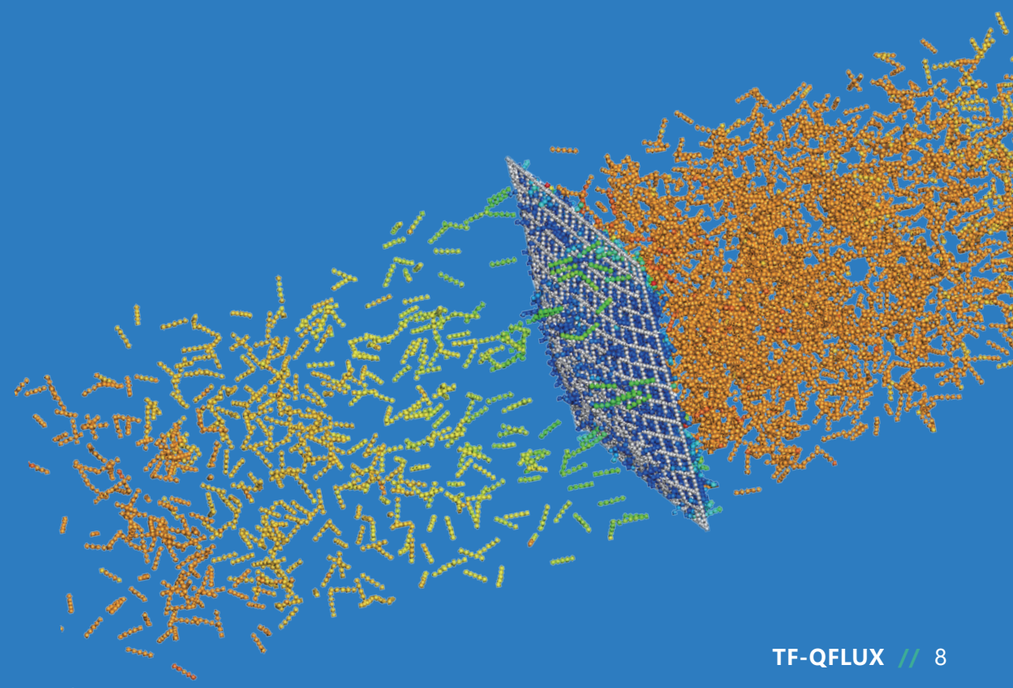
软件内

- 流固耦合运动
- 流固耦合换热与热辐射
- 流致噪声

TF-QFLUX

软件间

TF-Struct	通用结构有限元仿真软件
TF-eMag	通用电磁仿真分析软件
TF-Acoustics	通用声学仿真分析软件
TF-DEM	通用颗粒系统仿真分析软件
TF-AIMDO	通用多学科优化设计软件



丰富的物理模型

流体运动的物理现象与内在机制复杂，难以通过离散网格进行精确计算，需要引入相应的物理模型。

针对低Re数流动与湍流转捩过程、充分发展湍流与湍流分离流、流固耦合换热与热辐射、多孔介质间隙流、多相流与相变、组分输运与化学反应流等各类复杂的流动现象与动力学过程，TF-QFLUX软件开发了丰富的物理模型，以满足用户数值研究相关问题的技术需求。

湍流模型

- 模拟充分发展湍流的RANS模型，如LVEL、Standard/Edwards S-A、Standard/RNG/Realizable/Mixture k-ε、Standard/SST k-ω等。
- 转捩模型，如k-kl-ω、γ-Reθ等。
- 模拟湍流分离流的脱体涡模型，如基于S-A/k-ε/k-ω的DES、DDES、IDDES等。
- 大涡模拟方法，如 Smagorinsky-Lilly、Dynamic Smagorinsky、WALE、Dynamic k、Constrained LES（CLES）等。

热辐射模型

- 封闭区域内介质不参与热辐射过程的物理模型，如S2S模型。
- 封闭区域内介质可能参与热辐射过程的物理模型，如DO模型。
- 太阳辐射模型。

组分输运与化学反应流模型

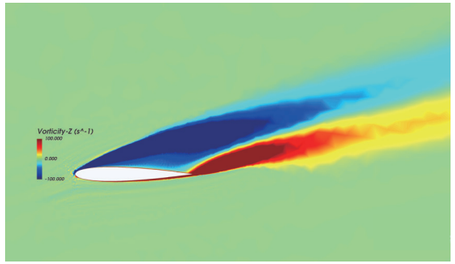
- 添加被动标量输运方程，含自定义被动输运化学反应流模型。
- 添加组分输运方程，含自定义化学反应流模型。

多相流与相变模型

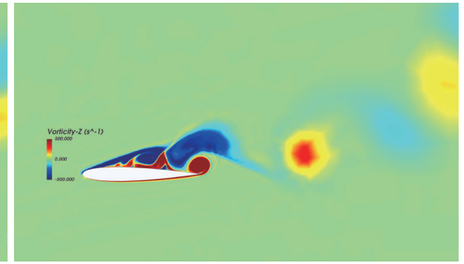
- 两相流模型，如VOF、VOF coupled Level-Set、明渠流等。
- Eulerian-Eulerian模型，包含各类相间力模型，如表面张力模型、阻力模型、升力模型、虚拟质量力模型、壁面润滑力模型、湍流耗散力模型等。
- Mixture/混合物模型。
- 相变 | 空化模型，如Kunz、Zwart、Sauer-Schnerr、完全空化模型等。
- 相变 | 蒸发冷凝模型。
- 相变 | 液膜模型。

多孔介质模型

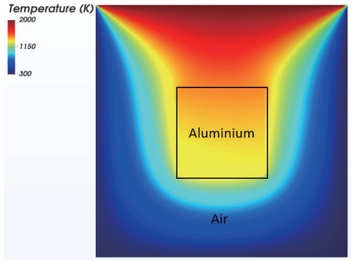
- 用于模拟过滤器、滤网、散热器、土壤、海绵等几何空隙特征突出的间隙流。
- 定义间隙流特征方向上的阻力系数，等效代替多孔介质区内固体表面对流体运动的阻力。



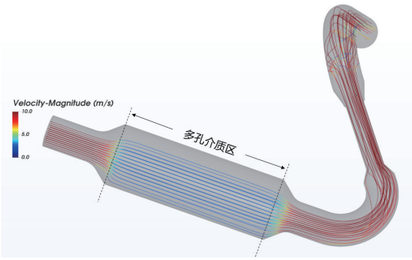
NACA0012翼型绕流：AOA=15°，
展向涡量云图（湍流模型：URANS）



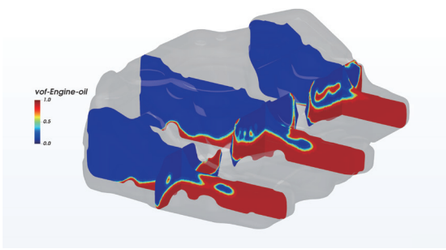
NACA0012翼型绕流：AOA=15°，
展向涡量云图（湍流模型：LES）



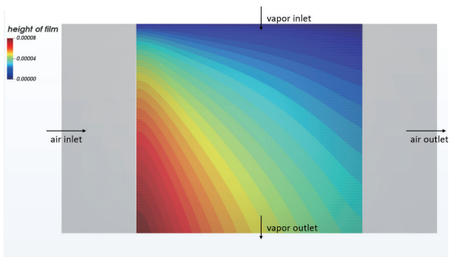
流固耦合热传导和热辐射仿真：流体上壁面温度2000K，
下、左、右三壁面300K，图为温度云图分布（DO辐射模型）



汽车排气管催化器流动仿真：管内流线分布
（多孔介质模型）



油箱晃动：不同截面油相体积分数分布（VOF模型）



散热器相变仿真：高温蒸汽遇冷空气发生冷凝及在
管壁上形成液膜，图为液膜厚度分布（相变和液膜模型）

灵活的多体运动与动网格算法

工程应用场景中的流体动力学过程，通常伴随着刚体或弹性结构体运动、变形，是典型的流固耦合运动。针对这一类问题的数值仿真工作需要多体运动算法与动网格技术。

TF-QFLUX软件已开发多种动网格算法，包括滑移动网格算法（含平移、旋转）、变形网格法（含弹簧网格法）、嵌套动网格算法等，支持耦合流体作用力的多刚体六自由度（6DOF）运动等各类复杂运动，能够满足各类复杂应用场景中的流固耦合仿真需求。

滑移动网格

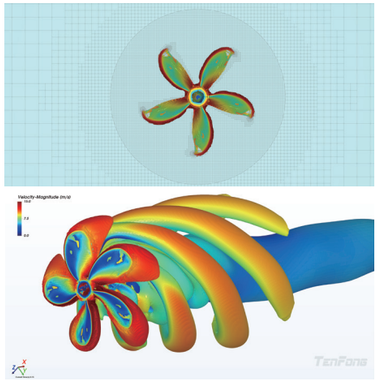
- 可用于模拟平移、旋转等刚体运动类型，如单极或多级叶轮旋转问题。
- 针对旋转滑移运动，可选择运动参考系（Moving Frame，即Multi-Reference Frame / MRF）和动网格（Moving Mesh）两种计算方法，并指定刚体旋转运动参数（如转轴、转速等）或动力学参数（如刚体转动惯量、初始状态、运动约束条件、外加转矩等）。

变形网格法

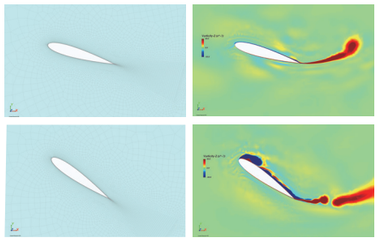
- TF-QFLUX软件已开发弹簧网格法和径向基函数等变形网格算法，可用于模拟刚体有限幅度6DOF运动、弹性体变形等流固耦合运动问题，如活塞往复运动、机翼俯仰振荡运动、气动弹性变形等。
- 针对活塞往复运动等单一方向流固耦合运动问题，用户可在选择变形网格算法（Spring）后，设置网格沿指定方向做变形运动。
- 针对刚体有限幅度6DOF运动问题，用户可以设置刚体近壁一定范围内网格不变形，以便近壁边界层网格在刚体运动过程中保持良好正交性。

嵌套动网格法

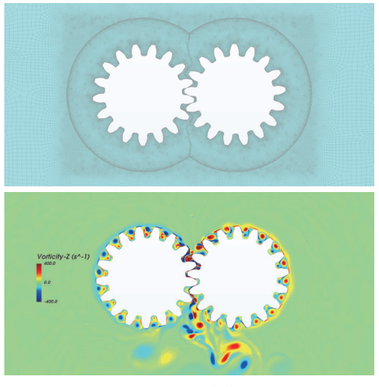
- TF-QFLUX软件开发了高度自动化、并行化的嵌套动网格算法与功能，算法效率高，可确保网格块动态切割与组装流程的实时性，可用于模拟各类复杂的多刚体6DOF运动问题。
- 激活嵌套网格算法后，用户仅需指定嵌套网格块的待切割边界面为Chimera边界即可。TF-QFLUX软件将自动计算并判定网格单元类型（如计算单元、插值单元、洞内单元等），据此自动完成重叠区网格切割与组装工作，形成统一的计算网格系统。
- 嵌套动网格算法可以与滑移动网格算法组合使用，用于模拟同时存在滑移运动部件（如旋转叶轮）和其他不规则运动部件（如控制舵）的复杂应用场景。



TF-QFLUX采用滑移网格模拟螺旋桨标绕流



TF-QFLUX采用变形网格模拟NACA0015翼型受迫振动



TF-QFLUX采用嵌套网格模拟两齿轮啮合运动

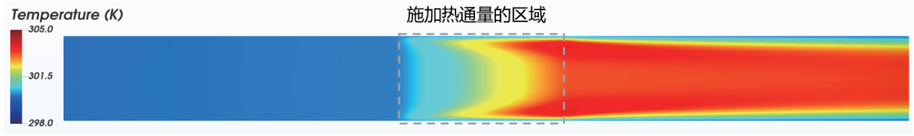
强大的UDF功能

TF-QFLUX软件开发数据表单（Table）、自定义表达式（Custom Function）和用户自定义函数（UDF）等自定义数据接口或函数接口。利用这些接口，用户可以自定义物理模型参数、材料物性参数、刚体运动参数、边界条件参数，或者是在连续性方程、动量方程或能量方程中添加相关源项，以便更准确地定义仿真场景与工况。

- 数据表单（Table）
  在交互窗口中输入或从外部导入两列（或多列）数据，以分段线性函数形式定义相关参数或变量值。
- 自定义表达式（Custom Function）
  在交互窗口中输入一个由初等函数、空间或时间导数等组合而成的分段函数表达式，用于定义相关参数或变量值。
- 自定义函数（User Define Function，UDF）
  根据TF-QFLUX提供的头文件及程序规范，编写一个或多个UDF源程序，经TF-QFLUX软件编译后，用于定义相关参数或变量值。



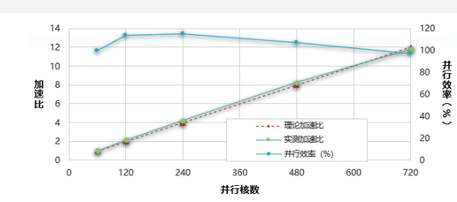

```
void udf_func(const udf::Db* db, const std::vector<int>& cellSet,
              std::vector<udf::real>& sValue, std::vector<udf::real>&
              dsValue)
{
    using namespace udf;
        for (int cellI : cellSet)
    {
        sValue[cellI] = 2500;
        dsValue[cellI] = 0;
    }
}
```



TF-QFLUX通过UDF功能在能量方程中添加热通量源项：温度分布云图

高效的并行效率

TF-QFLUX软件采用MPI并行通讯协议，支持windows、Linux（包括但不限于Ubuntu、CentOS等）系统和国产操作系统；支持传统x86硬件架构和海光、鲲鹏等国产硬件平台，已采用亿级网格算例在国内多个超算平台上完成百核级、千核级、万核级大规模并行效率测试，取得了优异的测试结果。软件并行计算能力完全满足大型复杂工程案例的精细仿真计算需求。



TF –QFLUX 并行效率实测：以单节点60核计算时间为基准

行业应用



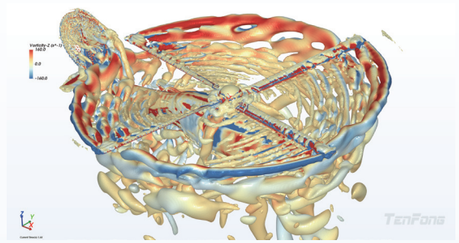
航空航天领域

先进CFD技术及软件兴起于航空航天领域，并逐步取代风洞实验，成就了航空航天产业自上世纪60年代以来的持续、高速发展。波音公司的统计数据表明（AIAA 2003-3439），随着CFD技术的成熟及广泛应用，波音开发一款飞机主翼时用于风洞实验的模型数已从70年代末的数十个下降至本世纪初的个位数。

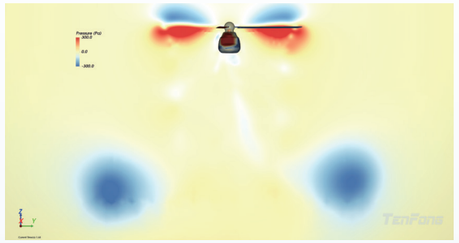
当前，航空航天领域空气动力学仿真的难点包括：大攻角分离流、高速燃烧与化学反应流、多体运动与流固耦合、气动弹性、气动噪声等面向复杂应用场景的多学科联合仿真与优化设计。TF-QFLUX软件已开发完善的空气动力学数值算法、物理模型（含湍流模型、燃烧与化学反应模型、多相流与相变模型）、多体运动与动网格算法，可以准确模拟中/低速飞行器在各类飞行条件下的空气动力学特性、姿态控制与操纵性等，帮助用户分析、优化飞行器及其部件的设计方案或控制策略。

直升机气动特性仿真

TF-QFLUX软件模拟直升机前飞状态的绕流结构



Q等值面及面上涡量分布



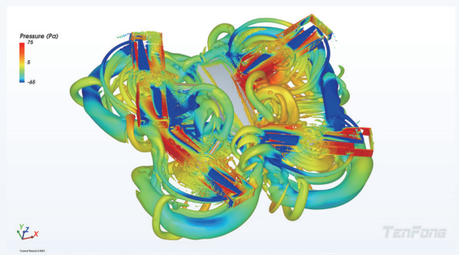
截面压力分布云图



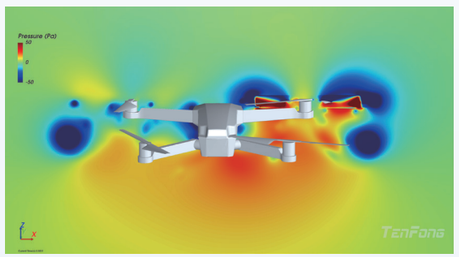
截面速度分布云图

无人机气动特性仿真

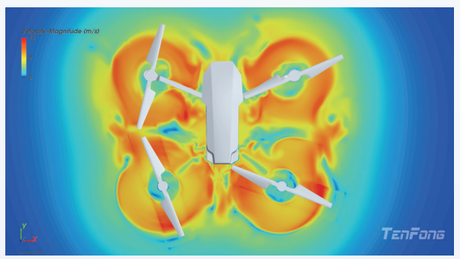
TF-QFLUX软件模拟四旋翼无人机悬停状态



Q等值面及面上压力分布



截面压力分布云图



截面速度分布云图

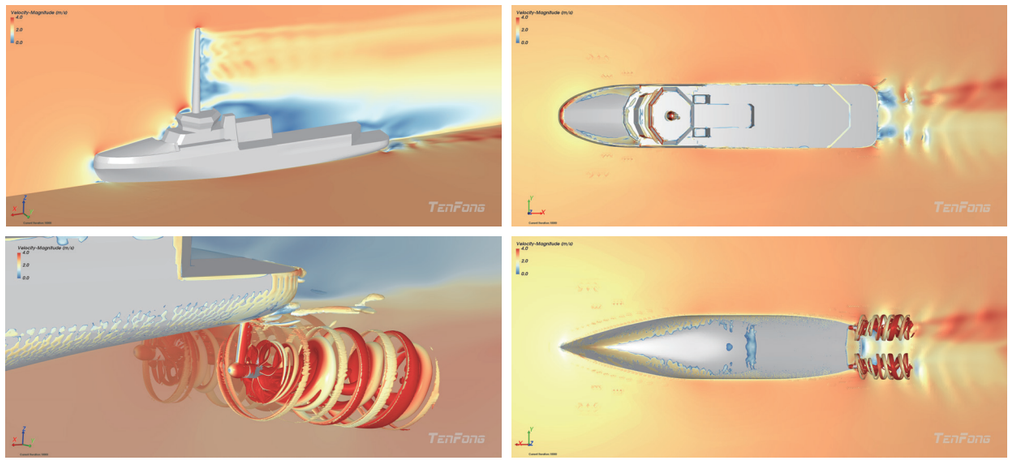
船舶海工



船舶与海洋工程装备是开发海洋经济的主要载体，是国家战略性新兴产业的重要组成部分，是发展海洋经济的先导性产业。相关工程装备研发，涉及海洋环境力学（如风、浪、海流相互作用；海洋分层流等）、装备水动力学与水动声学（如水面或水下航行器快速性、操纵性、耐波性；推进系统推进性能、空化性能等）等流体动力学性能分析与优化设计需求。

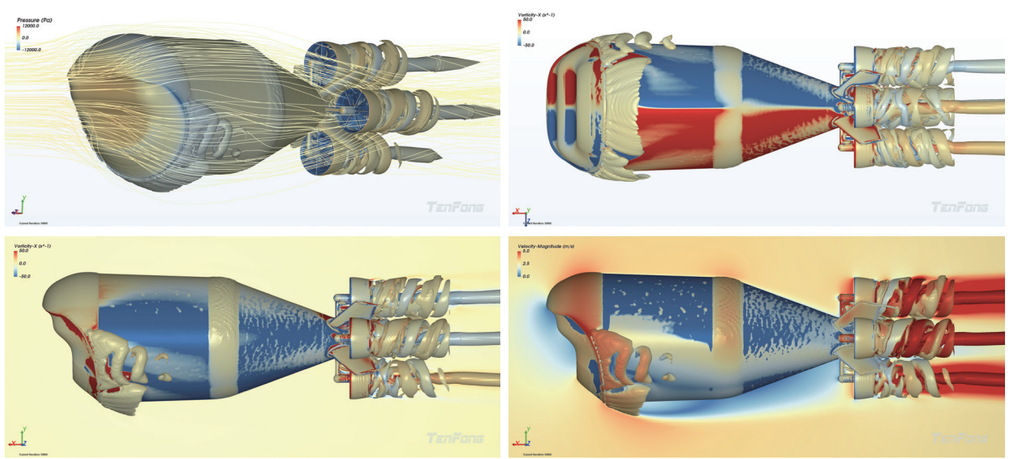
TF-QFLUX软件已开发滑移动网格、变形网格和嵌套动网格算法，面向海工领域各类复杂工程湍流现象的湍流模型（如RANS、DES/DDES/IDDES、LES等）、多相流模型（如VOF）、空化模型、波浪模型以及水动声学模型与算法（如FWH、宽频噪声模型等），可以准确模拟船舶、水下航行器、海洋平台在复杂海洋环境中的水动力学特性，帮助用户分析、优化海工装备水动力学与水动声学设计方案。

船舶水动力特性仿真



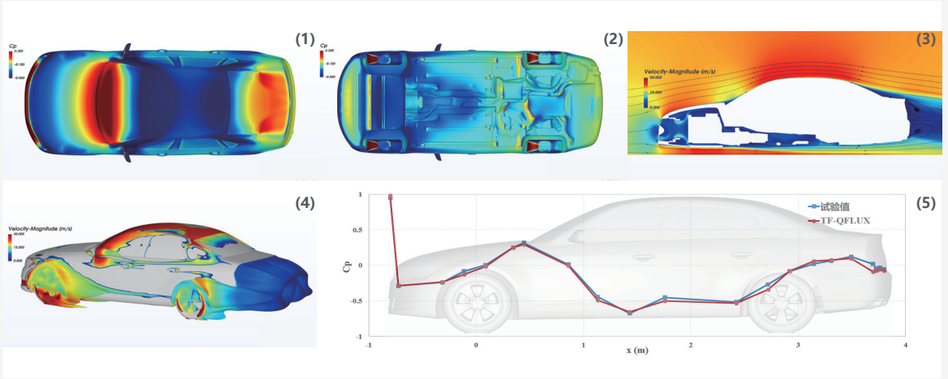
TF-QFLUX软件采用k-w SST湍流模型和VOF模型模拟船舶在水面航行：
Y截面速度云图分布（左上）、波高分布云图（右上）、螺旋桨尾涡结构Q等值面局部图（左下）、船身Q等值面仰视图（右下）

深海潜航器水动力特性仿真



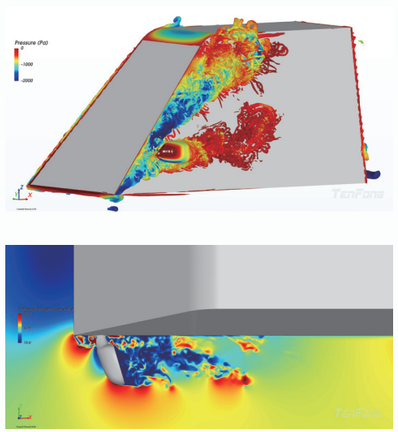
TF-QFLUX软件采用k-w SST湍流模型和MRF（多重参考系法）模型模拟蛟龙号潜航器在水下潜行状态：
Q等值面及面上压力分布云图和周围流线分布特征（左上）、面上X方向涡量分布（右上、左下）、面上速度分布云图（右下）

风阻特性仿真



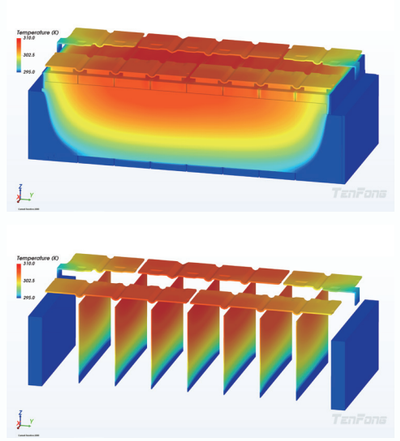
TF-QFLUX软件采用SST k-w湍流模型，模拟汽车近场绕流形态及表面压力分布特征，可准确计算车型风阻特性：
(1)(2)车身表面静压系数云图、(3)Y=0截面速度云图和流线、(4)总压为0等值面和面上速度云图、(5)上车身测点静压系数仿真与试验对比

风噪特性仿真



TF-QFLUX软件采用IDDES湍流模型和非定常计算模式，模拟整车（或部件）绕流产生的壁面压力脉动：
Q=5×10^{5}s^{-2}等值面和面上压力云图（上）、截面速度云图（下）

电池包热管理特性仿真

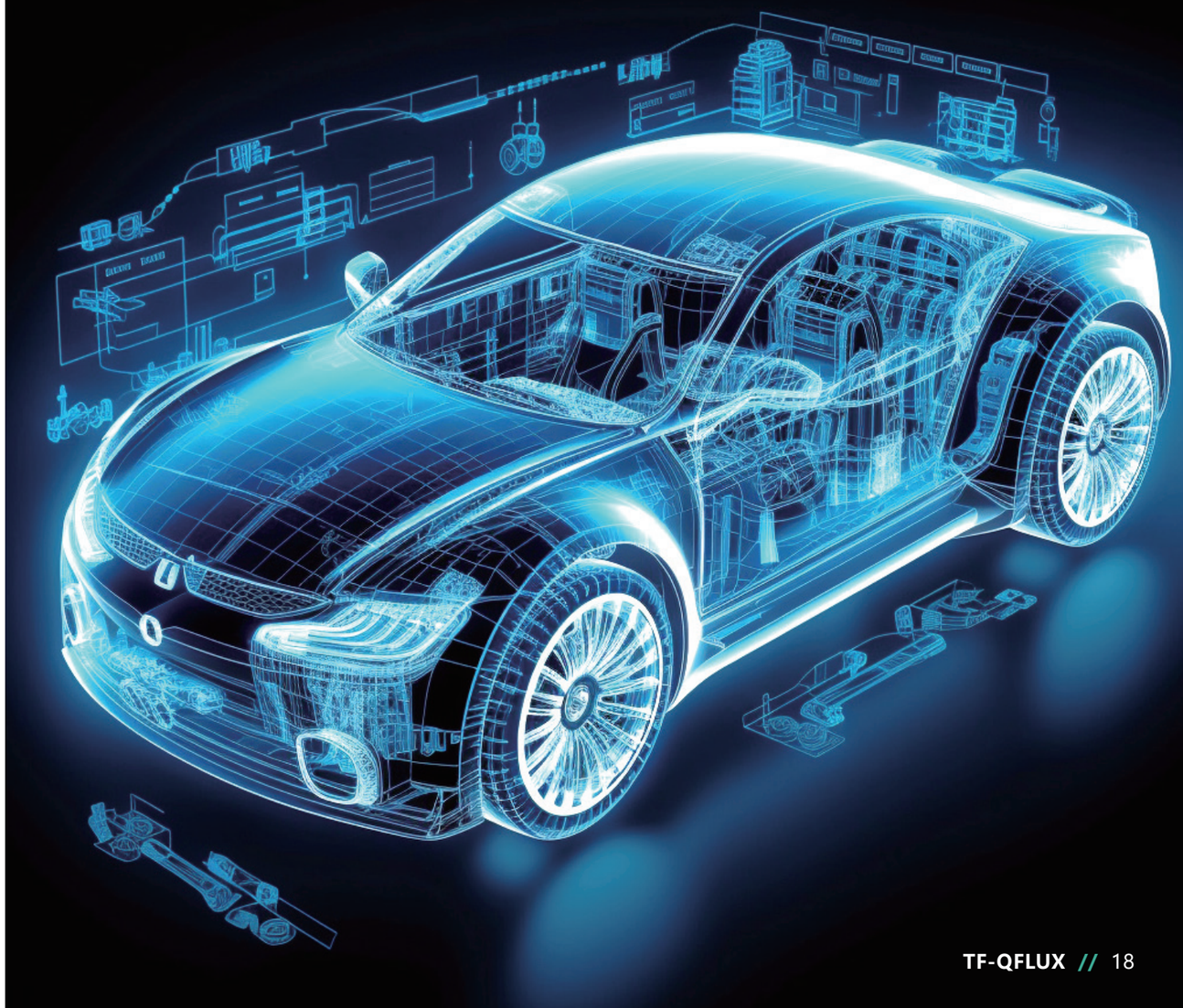


TF-QFLUX软件采用k-epsilon湍流模型，考虑材质的各向异性热导率，对某液冷电池模组进行流固耦合换热现象的模拟：电池模组表面温度分布云图（上）、电池单元内部温度分布云图（下）

汽车交通领域

汽车是国民经济的支柱产业之一。开发技术先进、经济、高效的车型，是汽车研发设计的核心目标，也是产品竞争力的标志。目前，数值仿真已成为汽车车型开发的主要技术手段。汽车整车风阻、风噪仿真，乘员舱热舒适性仿真，发动机舱热管理系统仿真，电动汽车三电系统热特性仿真等，是汽车流体动力学仿真的重要内容。

TF-QFLUX软件开发了完善的不可压缩流动求解器、声学求解器、固体热传导求解器、丰富的物理模型（含湍流模型、燃烧与化学反应模型、热辐射模型）、多体运动与动网格算法，可以准确模拟汽车或其他交通装备在复杂行驶环境的空气动力学特性、风噪特性、整车热管理性能等指标，帮助用户分析、优化汽车的风阻/风噪与热管理系统设计方案或控制策略。



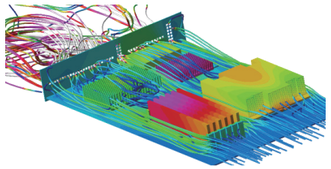
电子电器领域

电子系统性能快速提升，使得其功率密度显著增加，对高热流密度散热系统的需求也更加迫切。利用数值仿真方法设计或优化电子设备热管理系统，准确、高效地控制电子元器件温升，是开发新型电子设备的重要工作内容。

TF-QFLUX软件已开发完善的流固耦合换热与热辐射仿真功能，可以准确模拟器件级、板级和系统级电子系统所涉及的各种传热途径，帮助用户优化设备的散热设计方案或控制策略。



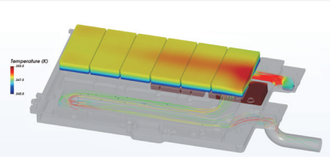
电子系统热特性仿真





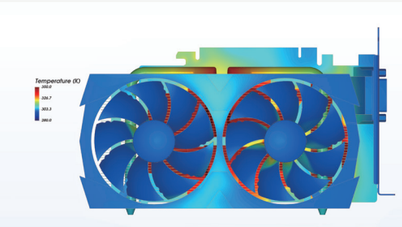
TF-QFLUX软件采用LVEL湍流模型、热辐射模型和流固紧耦合计算模式，模拟机箱散热特性：
机箱内流场结构（流线分布）和散热件表面温度分布（左）、部件表面温度分布范围计算值与参考值对比情况（右）

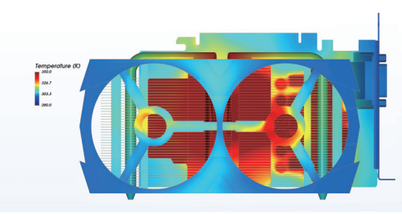
IGBT散热仿真



TF-QFLUX软件采用SST k-w湍流模型、流固耦合传热模拟
IGBT水冷散热：管内流线形态与固体表面温度云图分布

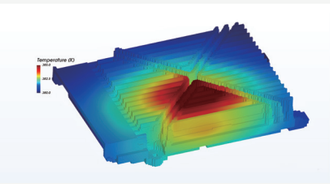
某GPU散热仿真





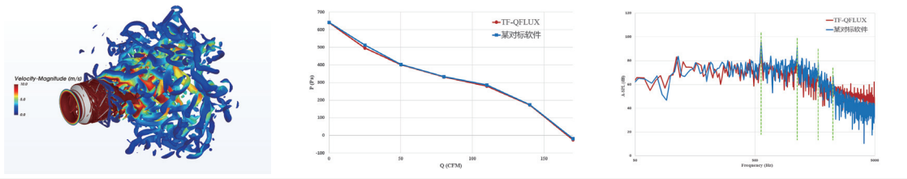
TF-QFLUX软件采用k-epsilon
湍流模型和流固紧耦合计算模式，模拟某GPU散热特性：
部件表面温度云图分布（上：风扇显示；下：风扇隐藏）

某驾驶辅助系统热仿真

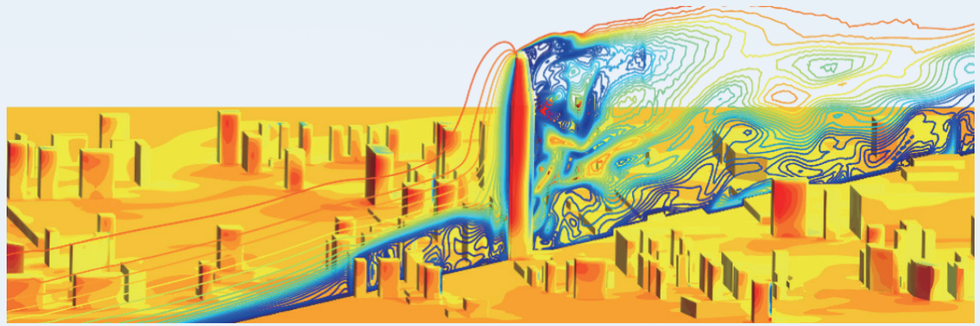


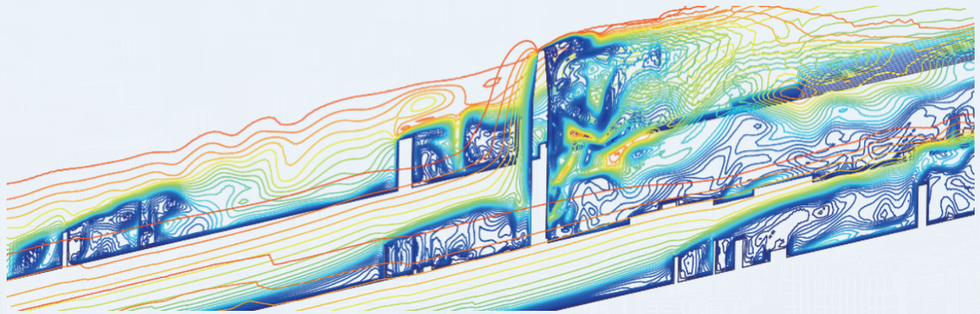
TF-QFLUX软件采用LVEL湍流模型和
Boussinesq假设模拟某驾驶辅助系统ADAS散热特
性和周围空气的自然对流：部件表面温度云图分布

风扇P-Q曲线与风噪特性仿真



TF-QFLUX软件采用IDDES湍流模型、FW-H方法和非定常计算模式，模拟电子系统风扇功率特性和远场噪声：Q等值面和等值
面上速度云图分布（左）、风扇P-Q曲线计算值与某对标软件对比（中）、某测点风噪频谱特性计算值与某对标软件对比（右）





大型建筑群风热环境仿真

TF-QFLUX软件采用IDDES湍流模型、组分输运与化学反应流模型、太阳辐射模型等数值方法，模拟大型建筑群局部风/热/污染物环境：建筑群表面压力云图（上）、截面流动形态（下）



环境工程领域

城市高层建筑设计，需要综合考虑局部与整体风环境、热及污染物扩散等影响因素进行合理布局。数值仿真已成为设计大型建筑群或超高层建筑的重要技术手段。

TF-QFLUX软件开发了完善的多相多组分模型、组分输运与化学反应流模型、多孔介质模型、热辐射模型（含太阳辐射模型）等物理模型或数值方法，可以准确模拟大型建筑群环境绕流或室内气流输运、热对流与热扩散过程、大气污染物扩散等环境流体力学问题，帮助建筑设计单位或环境监管机构分析建筑群风/热/污染物环境，优化大型建筑群布局或超高层建筑结构风载，快速疏导污染物，优化室内/外暖通控制策略，缓解局部“热岛”效应。