TenFong 十沣

TF-SPH
光滑粒子法仿真软件

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 (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

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-SPH光滑粒子法仿真软件

TF-SPH是一款功能强大的无网格粒子法仿真软件，基于光滑粒子流体动力学方法（Smoothed Particle Hydrodynamics, SPH）。该方法具有拉格朗日、无网格粒子及显示迭代计算等特点，通过把计算域离散为一系列相互作用的粒子，每个粒子携带着各种物理量，能够自然追踪自由表面、变形边界和材料交界面，方便处理极端变形，易于实现高效并行计算，特别适合模拟极端载荷作用下多介质强耦合问题。

TF-SPH集前处理、求解器和后处理功能于一体，具有简单便捷的前处理器、高效的GPU并行计算构架、多体系统仿真功能、多种先进数值算法、粒子自适应加密技术、传热求解器和丰富的后处理可视化功能等。可以满足不同物理场景下的仿真需求，为科学研究和工程应用提供重要的参考和依据。

无网格粒子法

SPH方法不需要剖分网格，可以在计算域内任意分布粒子，大幅降低用户前处理难度和工作量，不存在传统网格类方法所固有的网格畸变风险。

Lagrange法

相对于欧拉描述法，SPH粒子同时具有插值点和材料物质点的功能，且没有对流项，易于处理运动边界问题，譬如自由表面、材料交界面和多物理场耦合问题等。

GPU并行加速

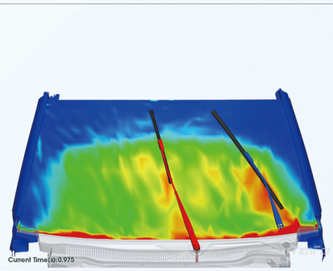
SPH方法适合采用GPU并行加速计算，能显著提高计算效率，实现大规模工程问题快速仿真计算。

TF-SPH是一款通用的流体力学仿真软件，已经成功应用于诸如海洋工程（船舶水动力学、海洋平台冲击动力学设计）、汽车/交通（汽车涉水、雨刮）、航空航天（水上飞机水动力学设计、轮胎涉水、油箱晃动）、旋转机械（齿轮甩油冷却、油冷电机、冲击水轮机）、先进制造（铸造/浇铸、注塑成型）、环境工程（山体滑坡、溃坝、城市内涝）等众多领域，辅助用户优化工程设计和产品性能，满足行业仿真需求。

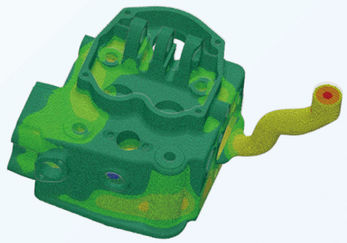
未来TF-SPH将进一步完善功能，开发多相流求解器、固体求解器、相变模型、多物理场耦合计算等模块，为用户提供更准确高效的数值分析解决方案，满足更多行业的综合应用需求。



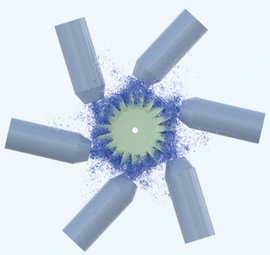
汽车涉水



汽车雨刮



模具铸造



冲击水轮机

技术特点

简单高效的前处理器

TF-SPH软件配备了简单高效的前处理器，包括几何建模、模型网络细化、模型剖面视图和高精度粒子离散等功能。界面采用树状顺序排布，参数设置顺序符合计算设计思路，操作简单便捷，用户可以快速掌握和使用软件。





几何建模

支持简单几何模型创建，以及多种常见格式的复杂网格模型导入，如STL、STEP、OBJ 等

复杂模型网格细化

支持复杂模型网格一键细化功能，节省用户的模型离散前处理时间，提升贴体粒子离散、壁面网格云图的质量

高效粒子离散

采用贴体粒子离散技术，消除了传统笛卡尔直角网格离散法在边界处产生的“锯齿”可以精确描述复杂模型的几何特征，提升边界计算精度

几何剖面视图

支持创建几何剖面图，可通过拖动剖面位置来实时观测模型内部结构、粒子生成与运动状况、流场云图等方便用户把控模拟细节

模型导入



网格细化



贴体粒子离散



剖面视图



技术特点

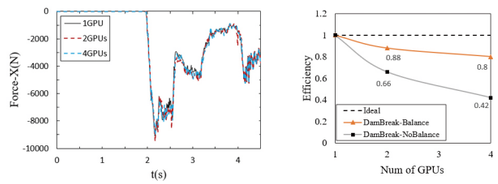
TF-SPH支持多种高精度数值算法、粒子自适应局部加密、传热分析、适用于刚体的6DOF多体系统、大规模GPU并行技术等，适用于流固耦合运动、流固耦合换热、气液两相流等多相多物理场耦合仿真计算。



GPU并行计算

TF-SPH软件采用多GPU并行架构，采用了提升缓存命中率的技术手段，搭配荷载均衡技术以实现多GPU并行计算时的性能最优化，多GPU加速效率维持在80%以上，能够高效实现大规模复杂工程仿真计算。支持国产DCU显卡，在太原超算平台完成了大规模算例测试。

- 粒子信息基于空间网格优化排序，提升缓存命中率与计算效率。
- 支持多GPU并行，采用荷载均衡技术。

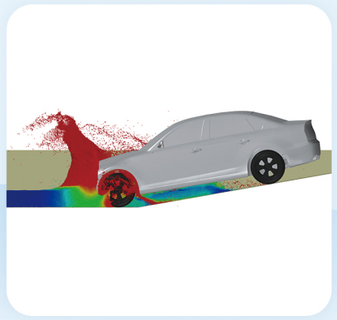


多体系统

多体动力学在智能制造和力学特性研究中常常遇到，譬如工业搅拌和多刚体碰撞等，对多体系统的准确模拟是解决这类问题的关键之一。TF-SPH软件支持多体系统仿真功能，可以模拟复杂的流固耦合现象，为多物体的接触碰撞、流固搅拌和流固冲击问题提供高效的力学分析方案。


多刚体接触碰撞


混凝土搅拌


汽车悬架模型



接触碰撞模型

- 用户可选择基于面网格、圆柱、正方形碰撞的检测算法，可以快速、高精度地模拟多刚体之间的接触问题。
- 用户可根据实际工况自定义刚体接触模型的相关力学参数，包括摩擦系数、碰撞回弹系数等。



复杂多体运动

- 支持6DOF刚体动力学运动。
- 支持平移、定轴旋转、转动约束、齿轮传动及自定义约束等功能。
- 支持自定义一阶规则波与不规则波的推波板运动设置。



汽车悬架模型

- 可定义悬架弹簧参数、车轮参数、路面接触参数等，实现汽车行进过程中多部件的复杂运动模拟。
- 通过定义汽车行驶方向、行驶速度，用户可快速实现汽车运动设置。

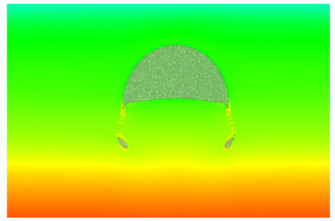
技术特点

数值算法

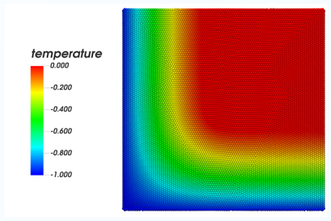
针对粒子类数值模拟方法中常见的压力振荡、粒子聚集、拉伸不稳定性以及壁面边界条件处理等计算问题，TF-SPH软件融入了多种先进的数值算法，显著提升了软件的计算精度、效率和稳定性，满足用户针对不同物理问题模拟仿真的精度需求。

数值算法

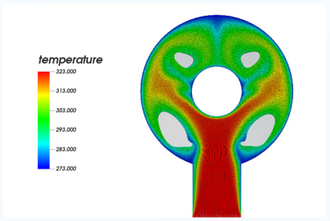
- **δ-SPH/ 人工粘性模型**：可解决压力振荡、数值稳定性问题
- **解耦有限粒子法**：修正核函数，提升计算精度与稳定性
- **粒子位移修正算法**：防止粒子聚集成团、非物理空洞等现象发生
- **张力不稳定控制算法**：解决负压产生的拉伸不稳定、粒子聚重等问题
- **复杂边界处理模型**：虚粒子模型、排斥力模型、耦合动力模型等，提升边界计算精度与稳定性



气泡上浮



金属相变

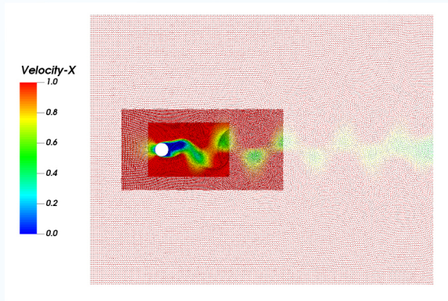


圆盘注塑

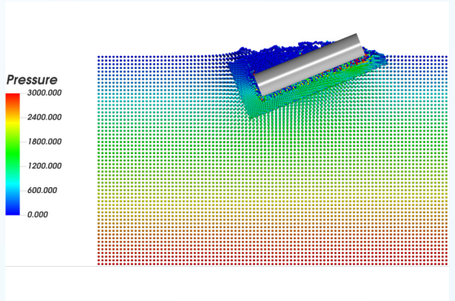
粒子自适应加密

实际问题中往往含有物理边界，所关注区域只占整个区域中较小部分，对于这种大规模的工程仿真计算问题，采用单一分辨率将带来内存不足和计算量过大的问题。对此，TF-SPH开发了粒子自适应局部加密算法，对关注区域采用较高粒子分辨率计算，从而提升计算效率，节省内存消耗。

- 最大支持4级粒子加密，局部分辨率可提升至16倍，提升整体计算效率与局部计算精度。
- 支持加密区域重叠、嵌套、随体移动。



多级加密区重叠

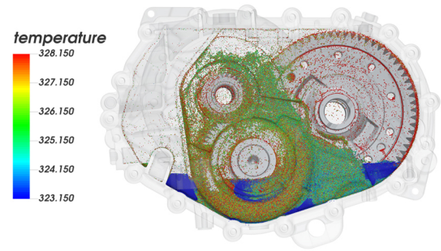


加密区随圆柱运动

传热仿真

传热冷却问题在譬如电机和齿轮箱中较为常见，冷却油对部件的冷却作用直接关系到设备的使用寿命，传热计算在整个机械设备设计中占据重要地位。TF-SPH软件具备丰富的传热模型和热边界条件，可用于油冷电机、齿轮冷却等复杂的含有飞溅液滴和自由表面的热流固耦合问题。

- **传热模型：**支持热传导、热对流、热辐射、热相变等传热模型。
- **热边界条件：**支持恒温边界，绝热边界和热通量边界条件。



技术特点

物理模型

针对实际工程中如非牛顿流体、多孔介质间隙流、液滴汇聚流动附着、气液两相流等复杂流动现象，TF-SPH还开发了多种物理模型，满足用户研究相关问题的技术需求。

非牛顿流体模型

支持显式/隐式求解粘性力模型，
分析流体的剪胀/剪稠现象

多孔介质模型

可实现汽车水管理工程应用中散热器、冷凝器等含有复杂芯体部件的等效模拟

表面张力、润湿力模型

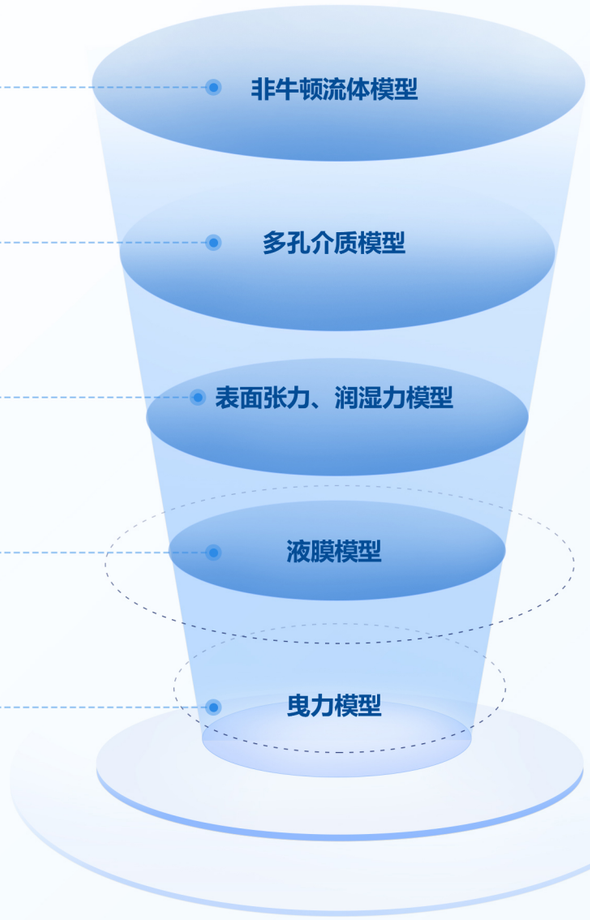
可解决液滴成型、汇聚，液膜扩散等问题

液膜模型

可模拟水膜在固壁表面附着流动现象

曳力模型

采用SPH-CFD耦合的方式实现曳力模型，
分析流体-空气之间的相互作用



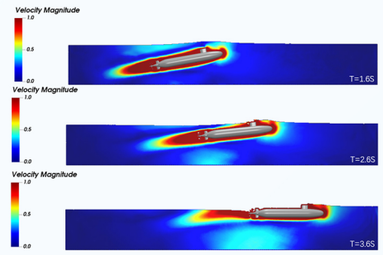
数据监测及后处理

根据行业经验和分析需求，TF-SPH软件具备丰富的数据监测和结果可视化功能，譬如受力/位移监测、液位监测、流量监测和车身润湿分布云图及温度云图等并提供渲染和输出动画功能，使整个物理过程清晰明了地展现，方便用户进行工程化分析，优化产品设计。

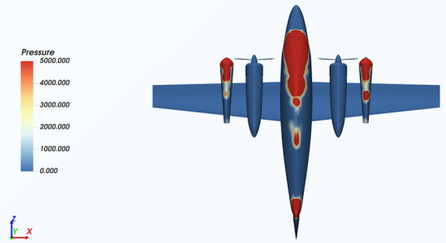




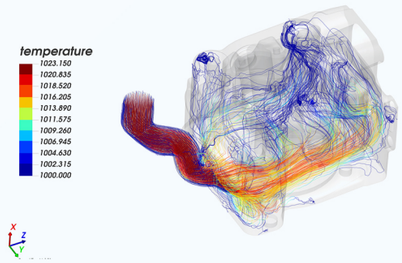
车身润湿分布



速度分布切平面



机身压力分布



浇铸温度矢量线

行业应用

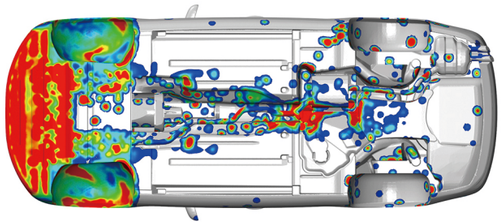
汽车水管理仿真

汽车涉水通常发生在暴雨导致的道路积水区域，其对汽车性能和寿命有着重要影响，包括引擎和电子系统、刹车系统、传动系统、底盘部件、电器系统以及车身等。涉水时汽车前方和底部水体的水动力特性以及流体沿着车身缝隙处的进水情况直接影响了上述方面，其日益受到车企的重视。

TF-SPH软件已开发了完善的多体动力学模块和弱可压缩SPH求解器 ， 采用汽车悬架模型和自适应局部加密算法，不仅可以模拟车身姿态变化、简化用户建模流程，也可以针对汽车关键部件进行局部加密计算，提升计算效率。通过对汽车涉水时车身所受到的冲击力、飞溅的液滴与车身的进水情况进行模拟，为汽车防水设计和车身强度设计提供指导。

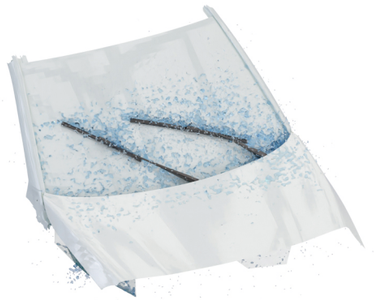
车底受力分析

汽车涉水行驶过程中受到强烈的冲击荷载，监测分析了汽车车身受力和底板的压力分布云图。



汽车淋雨分析

分析降雨过程中汽车前挡风玻璃的液膜分布和流水槽内空调进气口吸入雨量。



轮胎涉水分析

分析轮胎涉水过程中不同轮胎花纹对溅水形态的影响，优化轮胎模型设计。

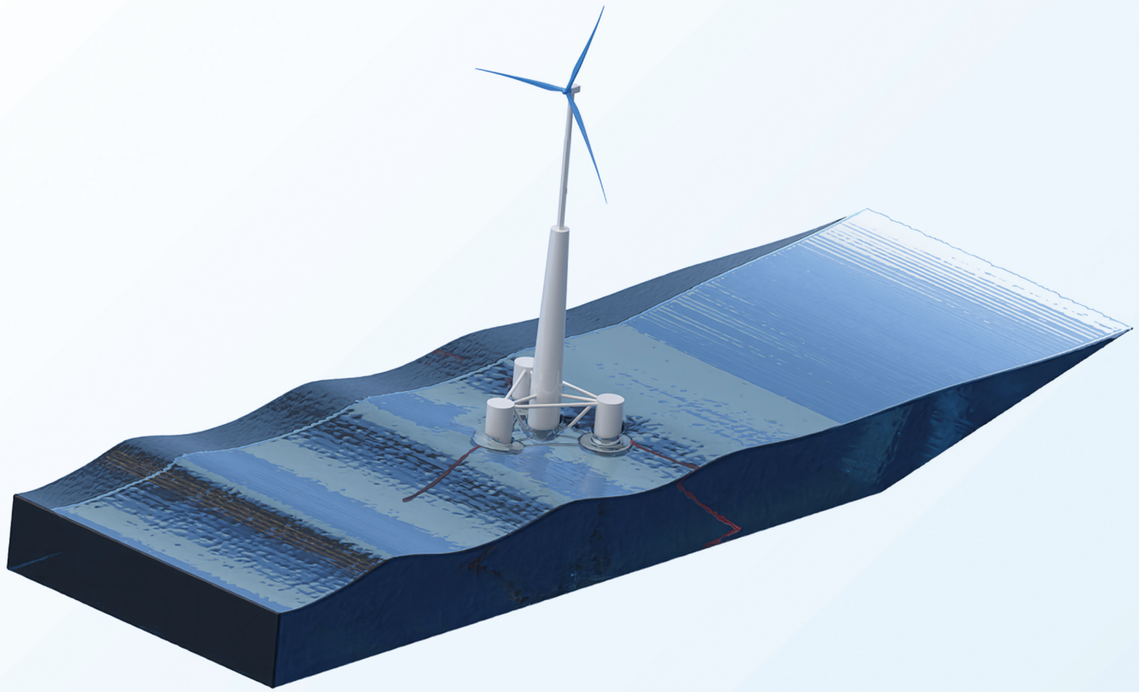


行业应用

船舶、海洋工程

船舶与海洋工程在现代社会中具有重要的地位和功能，其涉及资源开发、航行安全、国防安全等。船舶与海洋工程中较为关注的方面有船舶航行阻力、规则波与不规则波的水动力学计算、结构物耐波性能评估、甲板上浪评估、结构入水砰击的水动力学计算等方面。

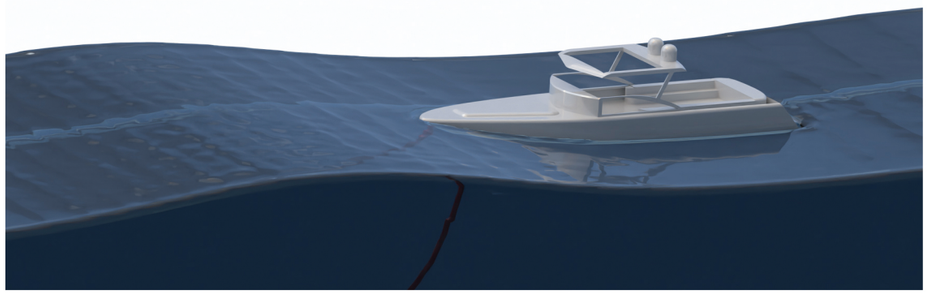
针对海洋工程问题，TF-SPH软件提供了系泊系统-多体动力学-弱可压SPH水动力学计算模型，能够高效、高精度地捕捉海洋工程中规则波及不规则的时空演化规律以及波浪作用下海上漂浮物、锚固物及构筑物的流体作用力、运动姿态及系泊链受力等力学特征，对海洋工程设计具有指导意义。



海上风电平台

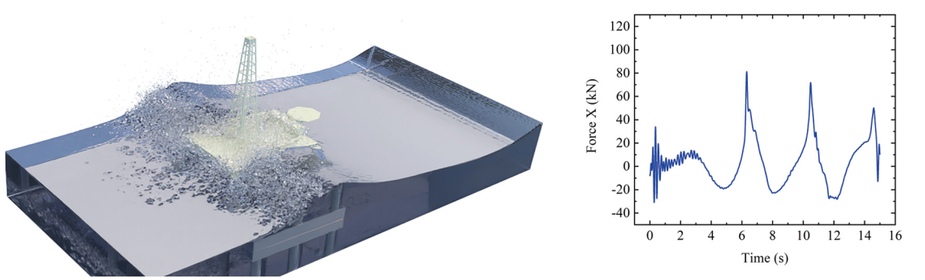
船舶漂浮

模拟系泊系统作用下船舶漂浮，分析漂浮过程中船身受力、系泊链受力等。



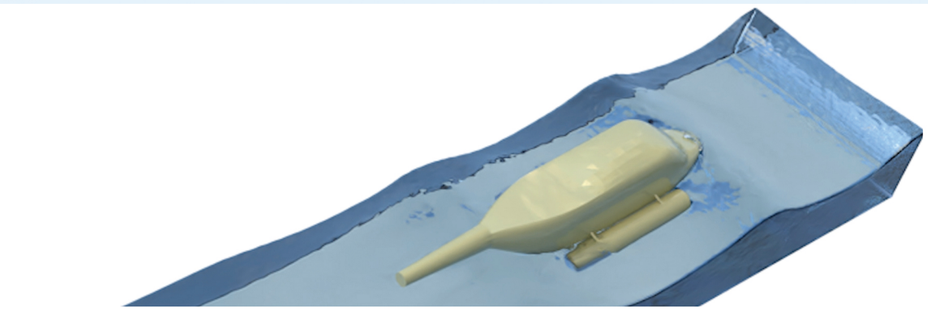
海浪冲击平台

模拟海浪冲击海上平台问题，分析海浪的冲击破碎过程与平台各部件的受力。



直升机漂浮

模拟直升机救援时的漂浮行为与运动过程，分析直升机受力、位移与姿态变化。

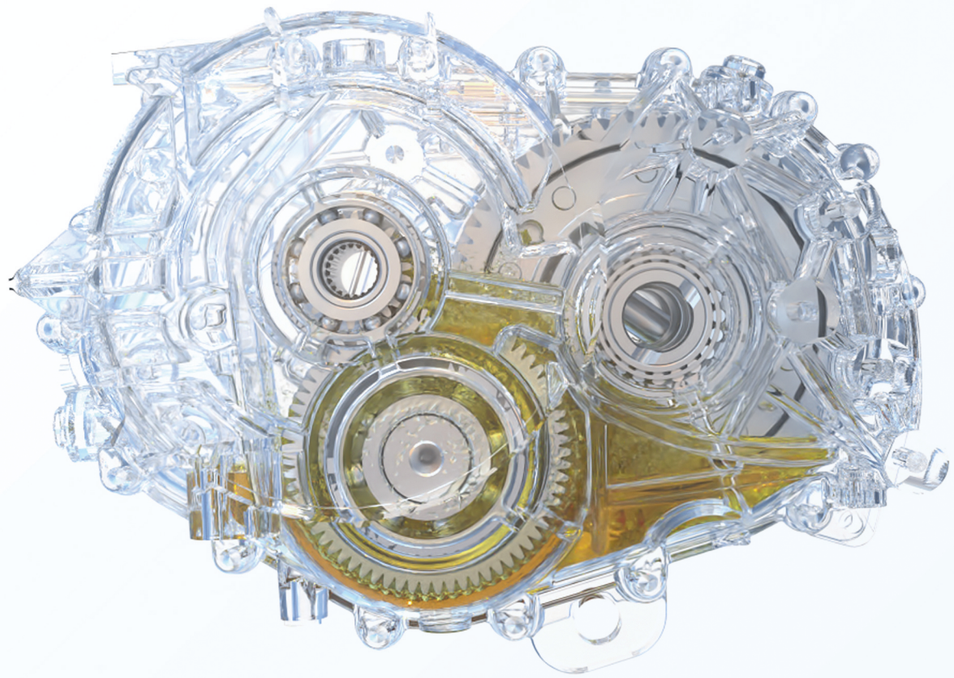


行业应用

机械工程

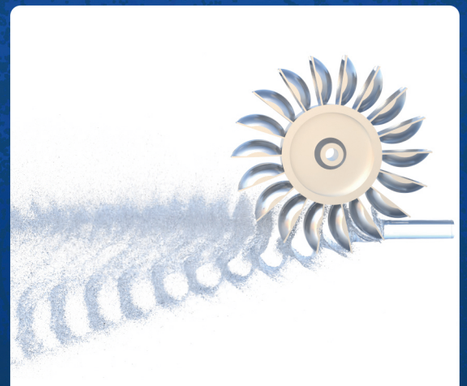
机械工程在制造业中占据着举足轻重的地位，涉及到各类产品的设计、生产和质量控制。机械工程装备多种多样，包括水轮机、齿轮箱和电机等。其涉及高速射流冲击动力学、齿轮啮合以及共轭传热等方面。

针对机械工程问题，TF-SPH软件提供了热-流-固三相耦合模型能够高效且准确地预测旋转机械部件的供油、润滑及冷却等问题；同时内置的多体动力学模块可方便用户简单快捷地实现旋转机械的复杂刚体运行设置，分析流体与机械设备间的流固耦合传热。目前该技术已成功应用于高速射流冲击水轮机、齿轮甩油冷却等应用场景仿真计算。



TF-SPH支持多射流入口模拟高速水流冲击水轮机过程中的水花形态的演化和旋转水轮机的受力趋势，分析水轮机的扭矩变化和有效功率。

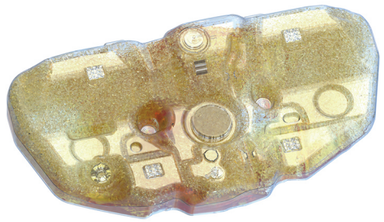
齿轮甩油冷却工程案例是热流固耦合仿真的典型算例之一，采用TF-SPH软件可以分析齿轮旋转过程中润滑油与齿轮部件的热传导过程，及润滑油在轴承的润湿效果等。



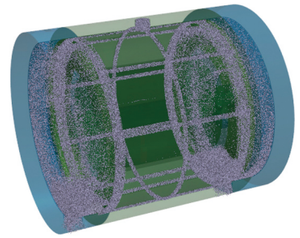
冲击水轮机



曲轴供油



油箱晃动



电机冷却

行业应用

注塑/铸造

注塑/铸造过程是制造业中至关重要的加工工艺，其涉及将融化的金属或塑料注入模具中并冷却后使其凝固成型。该加工过程较为关注的方面包括热相变时间、流体温度变化、热残余应力计算以及气泡等杂质的评估。

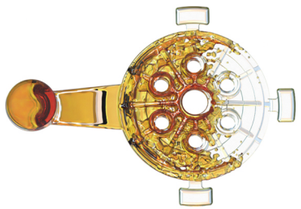
TF-SPH软件开发了热传导模型、热边界条件、热相变模型、入口边界条件、基于弱可压缩的SPH流体计算模型和丰富的材料模型库。通过对流体注入、冷凝过程的模拟，为用户对模具设计提供指导。



圆盘注塑



手机壳注塑



法兰盘浇铸

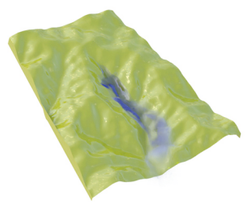


汽缸盖浇铸

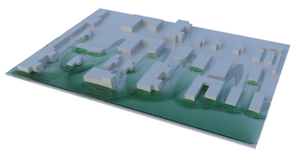
环境工程/家电卫浴

环境工程中存在着开放的自由表面、颗粒杂质、多相界面、近似于刚性的边界和多孔介质等。流体与颗粒、不同相流体、流体与刚性边界以及流体与多孔介质之间存在着复杂的流动、输运以及相互作用，这些均是SPH方法所擅长的方面。TF-SPH能够充分考虑地形以及城市建筑的复杂几何外形，实现大尺度工程仿真计算，其在山洪和城市内涝问题的预测和管理方面发挥着重要作用，能够对城市建设规划以及相应的应急计划提供指导。

使用TF-SPH软件可实现家电卫浴行业的应用场景模拟，如花洒淋浴、洗碗机、洗手盆、马桶冲刷等情景，对产品的实用性、耐用性、舒适性和可持续性设计提供指导。对于复杂管道模型，流体在内部流动时容易在管道拐角处出现负压区，导致流动间断，仿真计算出错。对此TF-SPH采用拉伸不稳定控制算法，可有效解决流体负压对复杂管道流仿真计算的影响，用户可快速实现管道流精确仿真计算，分析流道内的压力分布、水流和水花的形态，优化产品结构设计。



山谷洪水



城市洪涝



花洒淋浴



冲水马桶



洗手盆