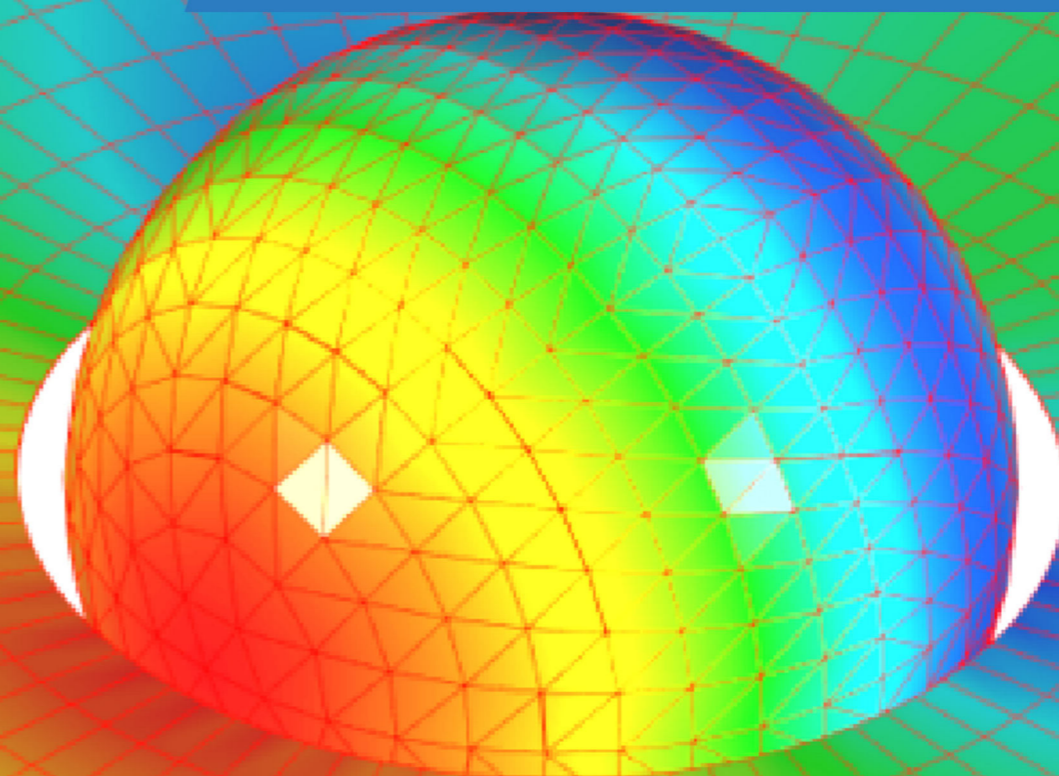


# TF-Acoustics 通用声学仿真分析软件

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：



# 奉献工业软件的盛宴

# FEAST

## 公司概况

十洋科技创立于2020年12月，总部位于深圳市南山区。公司致力于研发设计类工业软件、数字孪生系统与工程仿真云平台自主研发及产业化，为高端装备产品研发设计提供先进、自主可控的工业软件工具与系统性的解决方案。

公司现已发布10多款具有国际先进水平的CAE核心软件、行业专用软件及数智化平台软件，登记软件著作权50余项、授权发明专利6项，先后荣获“国家高新技术企业”、“国家鼓励的软件企业”、“深圳市潜在科技独角兽企业”、“创新型中小企业”、“专精特新中小企业”等称号，已成为自主工业软件领域的代表性企业。

公司核心软件及技术已成功应用于高端装备、汽车、机械、电子、新能源等众多领域的龙头企业。公司已先后成立珠三角、长三角、京津冀、华中、西部、北方等区域产业化基地，将向客户提供更优质、高效、全面的售前售后服务。



10<sup>+</sup>个

全国产业化基地

10<sup>+</sup>所

高端学府学术合作

400<sup>+</sup>人

人员规模

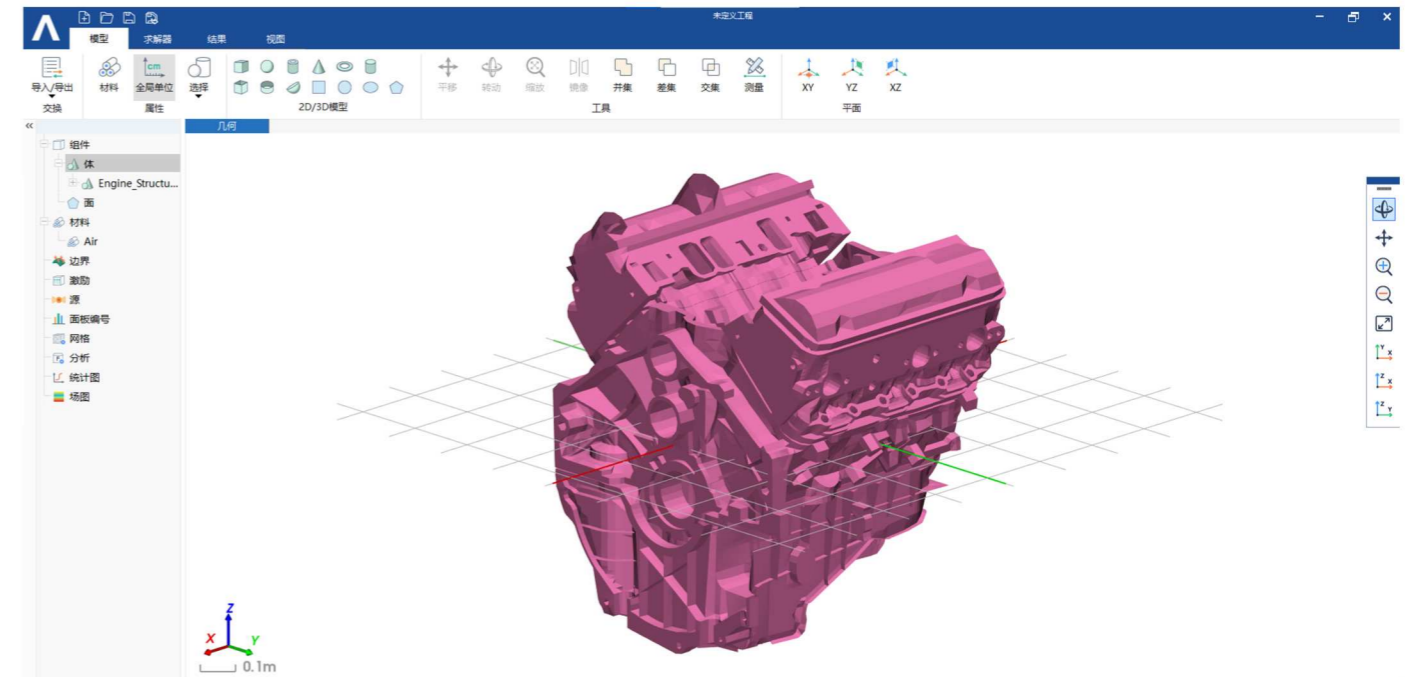
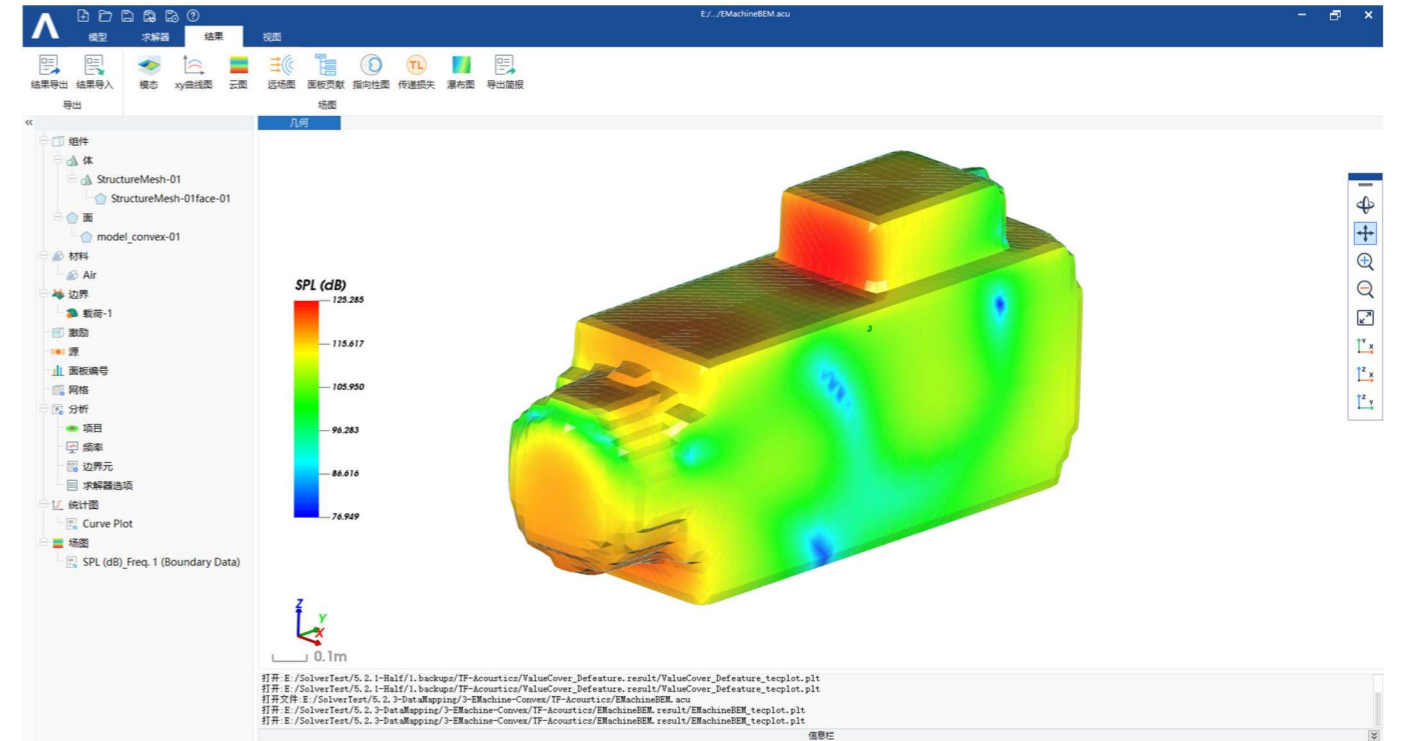
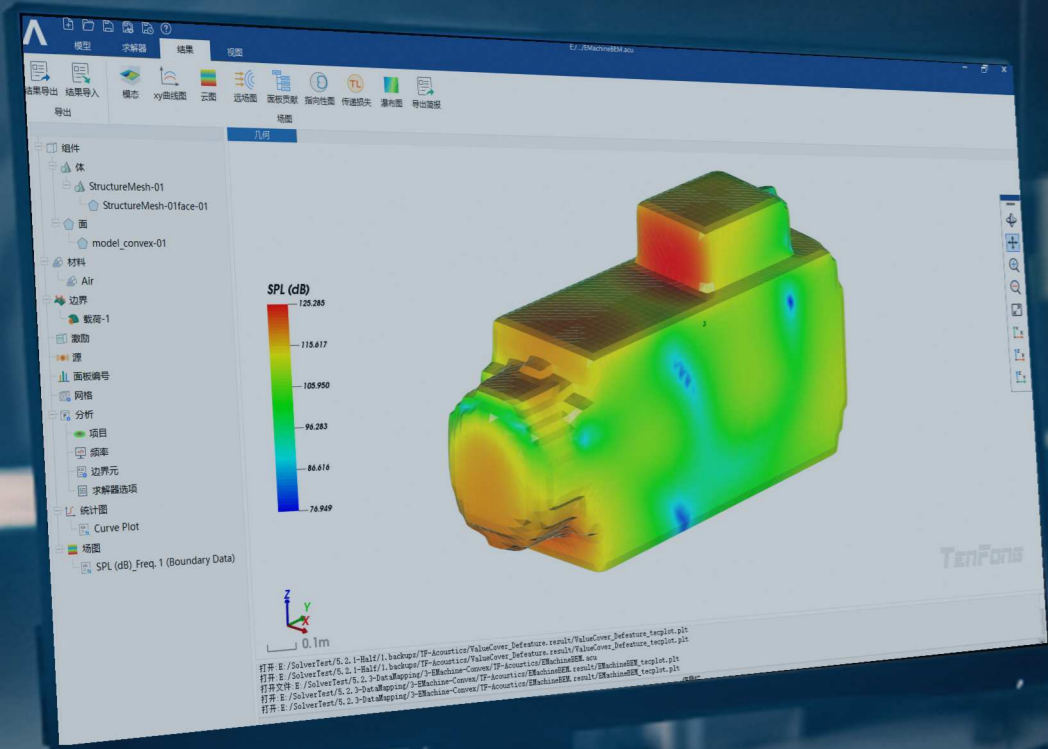
# 奉献工业软件的盛宴



# 自主软件体系



# 产品简介



## TF-Acoustics声学通用仿真软件

TF-Acoustics是一款声学仿真软件，它采用边界元、有限元、射线声学三大模块，致力于快速求解算法的核心研发和数值算法边界元与有限元的融合，以满足复杂大尺度声场问题的仿真挑战和优化设计流程的需求。射线声学解决特定高频问题，解决比较大空间的声传播问题。

TF-Acoustics面向通用声学仿真，发展了完备的声学前处理、核心求解器、和后处理可视化功能。该软件能够进行声学、结构、流体的耦合多物理场仿真，为用户提供从前处理到后处理的端对端的产品研发仿真解决方案。

TF-Acoustics行业应用广泛，如装备制造（电机、数控车床等）、家电、航空、船舶、汽车等行业。

### 有限元法

可以很好地解决声固耦合问题（包括单向、双向耦合），可以快速提取声模态

### 边界元法

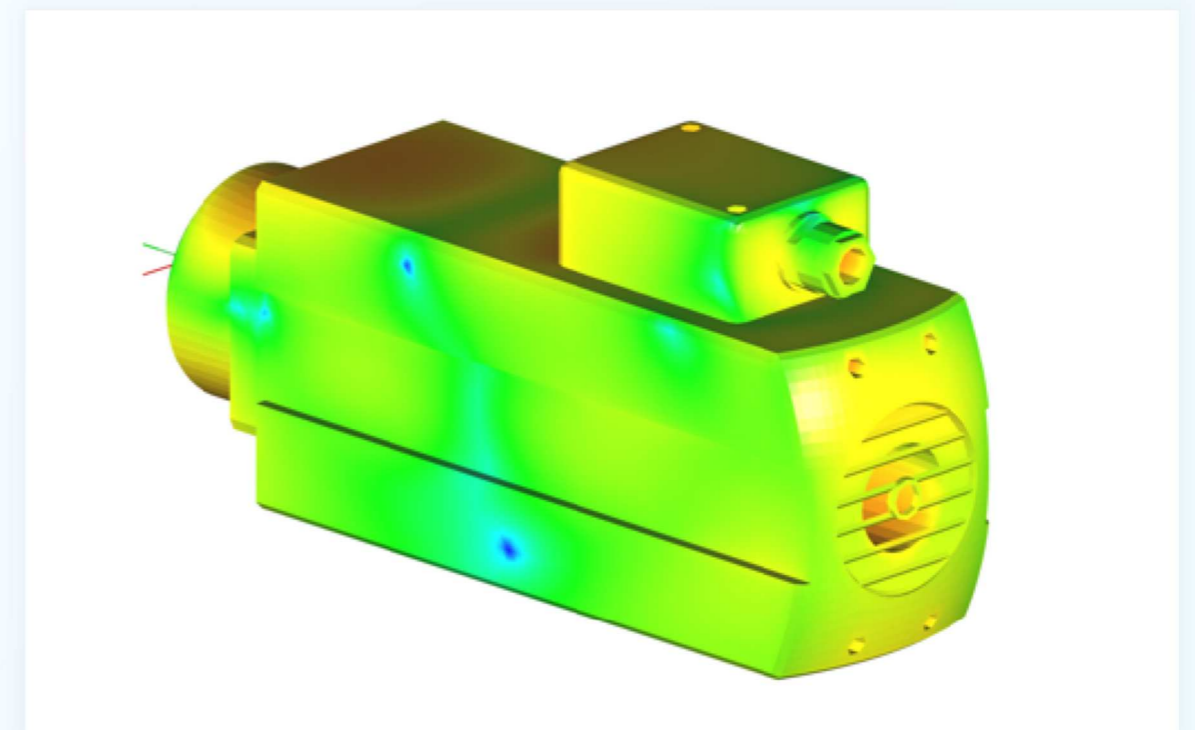
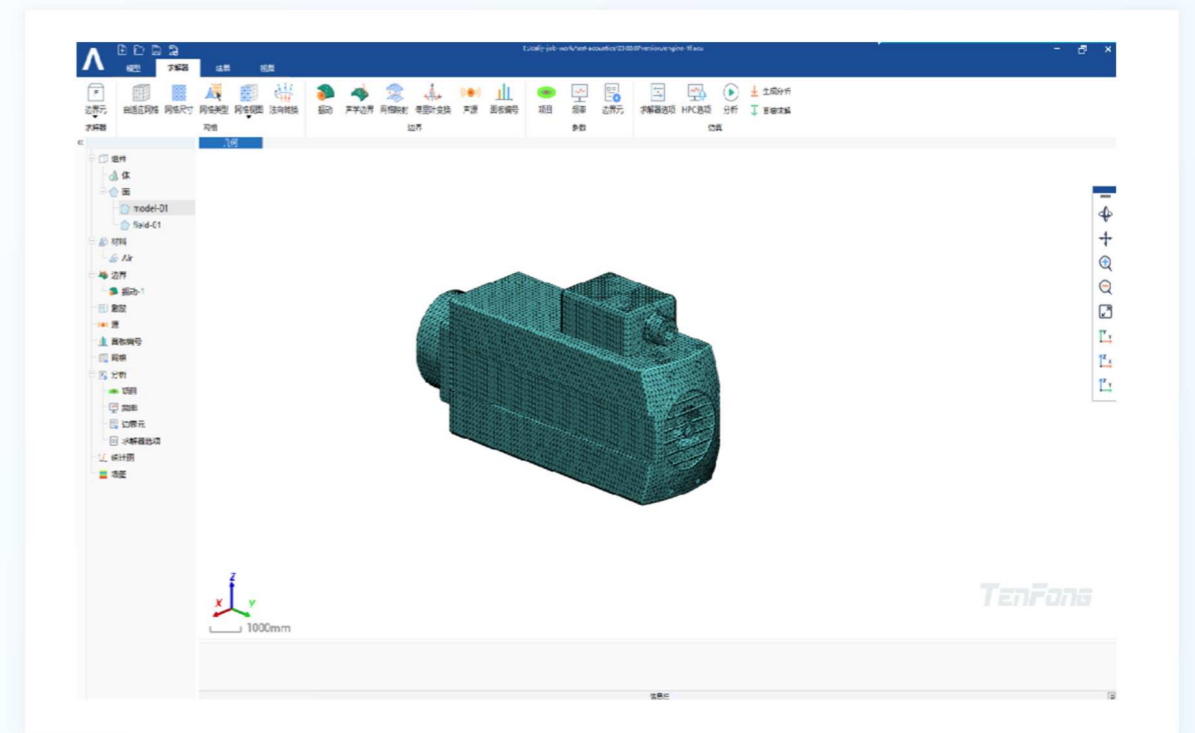
具备多种边界元快速求解方法，具有较高的并行效率

### 射线声学

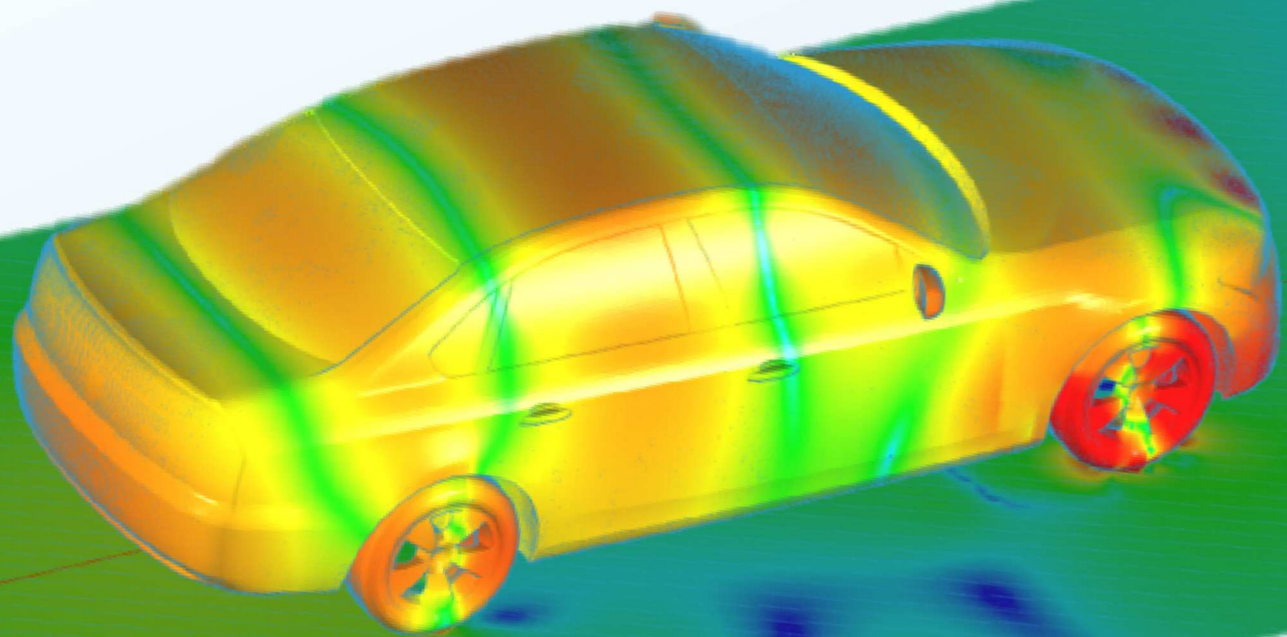
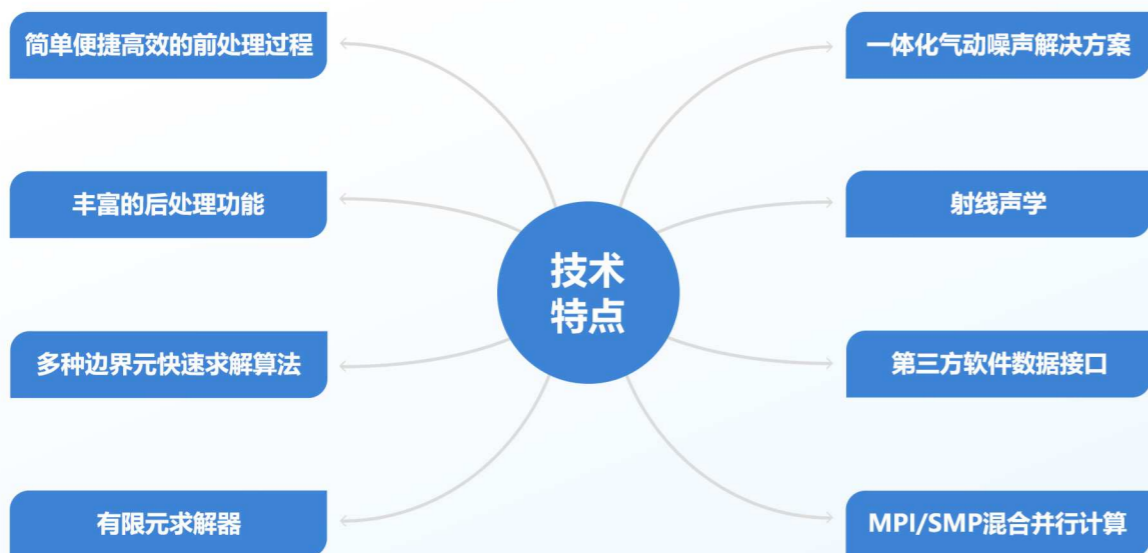
解决高频声传播问题，弥补有限元、边界元在高频问题的缺陷

### 丰富的后处理

具备丰富的声学后处理功能，如传递损失、瀑布图、贡献量分析等



# 技术特点

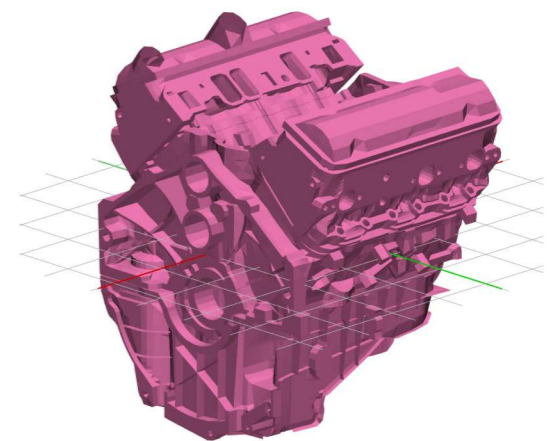


## 简单便捷高效的前处理过程 →

TF-Acoustics软件能够实现简单模型的创建和复杂几何模型的导入。

TF-Acoustics具备基础的网格划分功能。

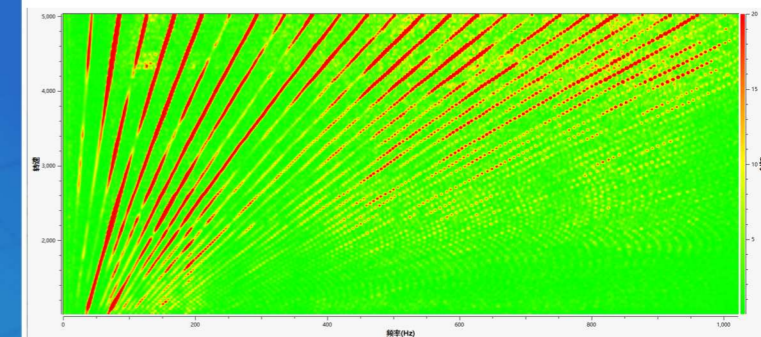
- 具备简单几何建模功能
- 支持多种几何、网格文件类型，如stp、step、igs、bdf、cgns等
- 自定义材料参数
- 支持表面网格、体网格划分
- 快速傅里叶变换

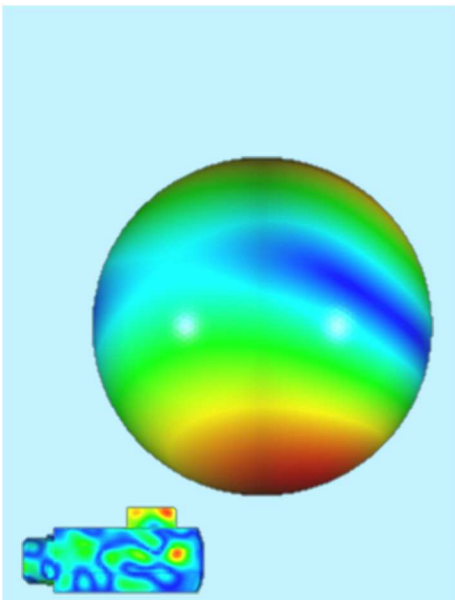


## 丰富的后处理功能 →

TF-Acoustics具备较丰富的后处理功能，支持云图、曲线显示，具备用户自定义计算功能。

- 支持基本的声压（实部、虚部）、声强、声压级等量的云图显示
- 支持SPL曲线、传递损失曲线，支持倍频程切换
- 支持贡献量分析
- 支持瀑布图、声指向性功能等





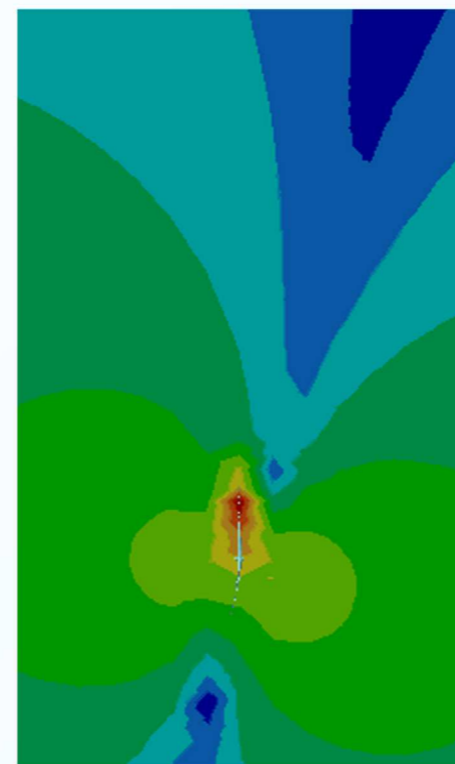
- ▶ 支持一般声源类型，如单极子、偶极子、平面波设置；
- ▶ 支持常用声学边界条件

## 多种边界元快速求解算法

TF-Acoustics带有自适应交叉近似和快速多极子两种快速迭代算法，具有求解精度高、内存占用低、求解速度快的特点。

有高频边界元声场快速评估，在足够高频段边界上的辐射声阻抗可近似等于媒介的声阻抗，可直接由质点法向声速积分估计。

- 全空间与半空间格林函数
- 快速多极子求解器
- 自适应交叉近似算法
- 传递函数
- 快速场点计算

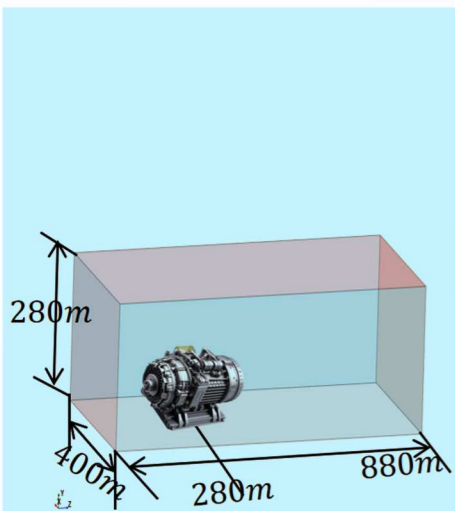


- ▶ 支持常用的四面体、六面体、金字塔等单元；
- ▶ 支持辐射、PML边界条件；
- ▶ 支持声固强、弱耦合；

## 有限元求解器

TF-Acoustics具备基本的声学有限元分析类型，可以解决一般声学分析、声振耦合、气动噪声等问题。

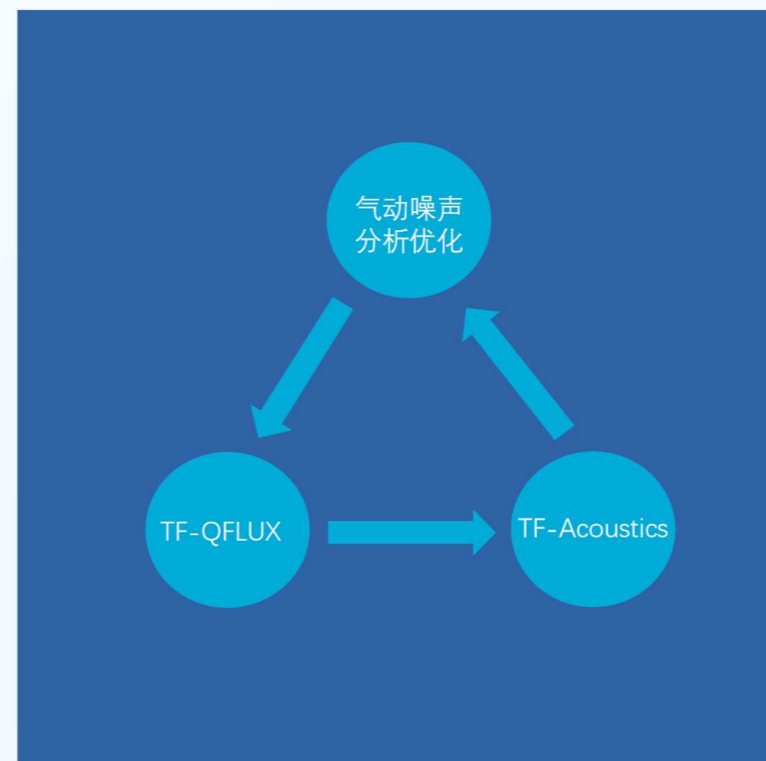
- 声模态计算
- 直接频率响应求解
- 模态频率响应求解
- Lanczos特征值求解器
- 多重子结构快速模态求解器



- ▶ 声辐射、声散射
- ▶ 振动噪声，声固耦合
- ▶ 气动噪声，常用气动噪声源
- ▶ 流致振动噪声、电磁振动噪声

## 重启动功能：快速场点、传递函数计算

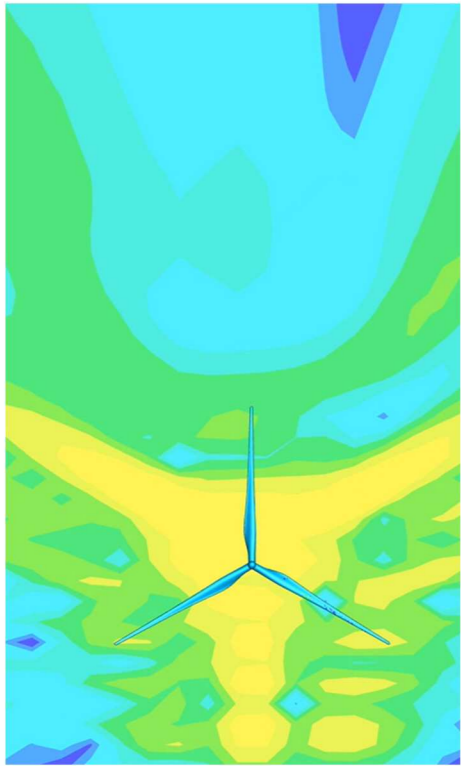
- TF-Acoustics具有多种实用的重启动功能，求解器存储分析所需基本数据，重启动功能使得设计师进行多次调试、迭代开发产品非常方便
- 快速场点计算，可在几何模型、声源激励和边界条件均不变的情况下，快速计算不同场点的声压值
- 计算传递函数，一般仅需额外不多的计算时间和内存



## 一体化气动噪声解决方案

TF-Acoustics致力于一体化的联合仿真，联合十洋流体力学仿真软件QFlux提供气动噪声端对端的解决方案。

CFD仿真瞬态结果可通过网格映射和时域频域傅里叶变换转化为声学边界条件和激励，然后求解波动方程获得近远场处的声压。



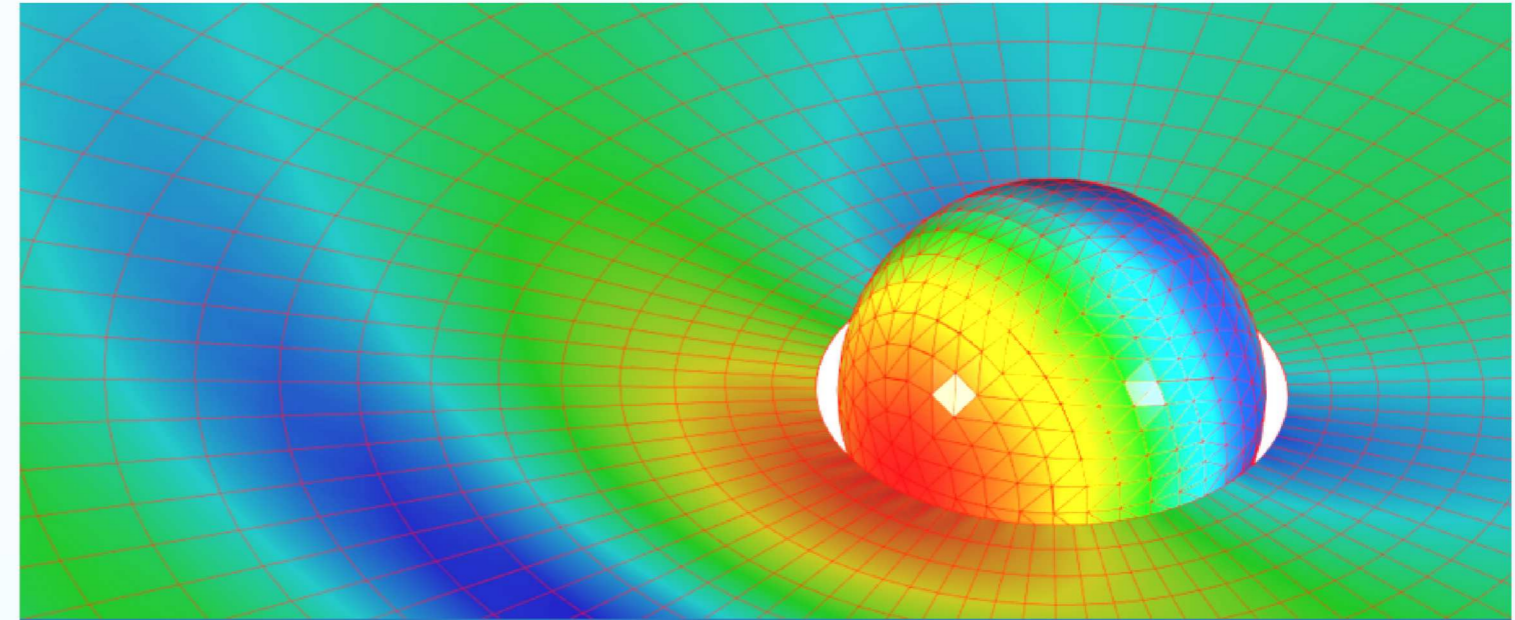
## 射线声学基本方程

- ▶ 程函方程
- ▶ 强度方程

## 射线声学

射线模型是声场计算时常用的模型方法，主要解决高频声学问题。

- 高频声传播问题
- 比较大的空间声传播问题
- 波长比空间的特征尺度小很多的声波传递问题
- 空间中每一点的声波在很小的范围里近似为平面波
- 各个平面波沿射线传播
- .....



## MPI/SMP混合并行计算

TF-Acoustics支持多进程、多线程并行，具备较高的并行效率。

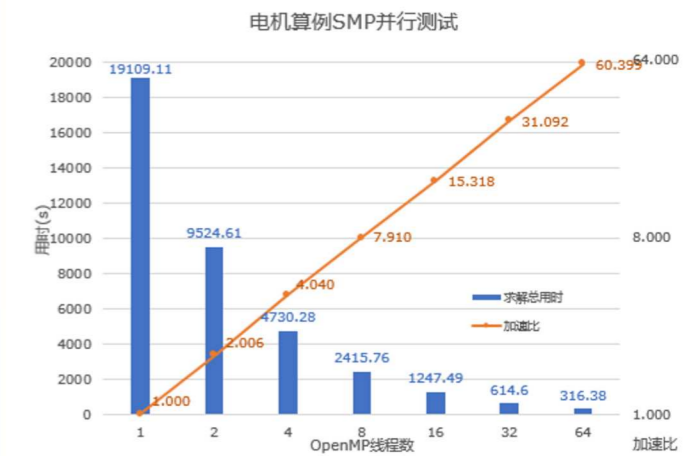
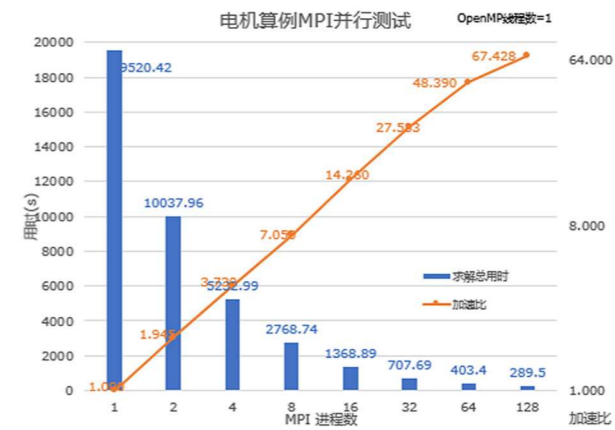
- 基于SMP并行计算
- 基于MPI并行计算



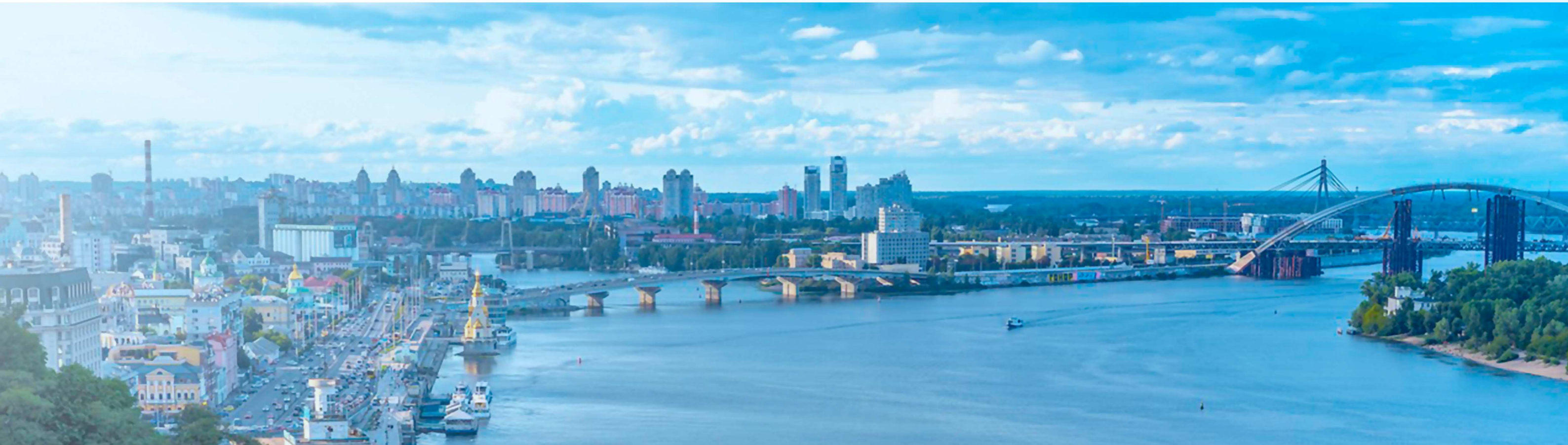
- ▶ 流体仿真软件，瞬态流场数据，用于气动噪声分析；
- ▶ 结构仿真软件，结构振动数据，用于声固耦合分析；

## 第三方软件数据接口

- 对于实际工程的声学问题来说，一般声学激励来自流体、结构或者电磁等物理场，这就要求声学软件支持常用的第三方仿真软件的数据加载。
- TF-Acoustics支持cgns、csv、op2等数据文件格式。



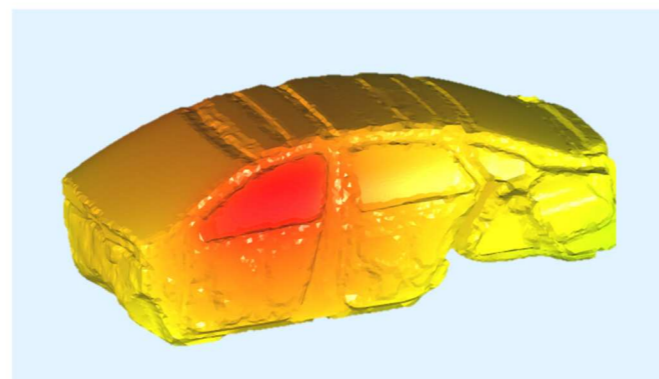




## 汽车

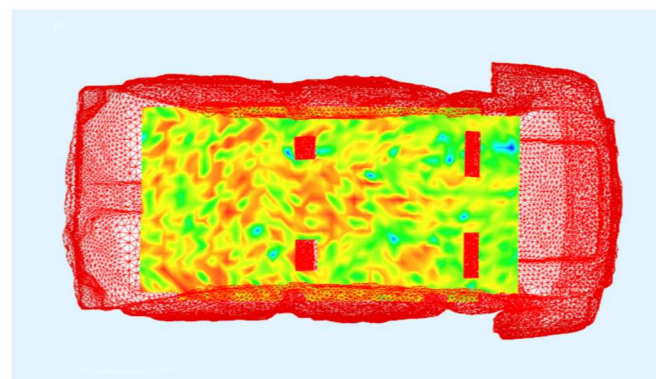
汽车行驶在道路上时，发动机、鸣笛、橡胶轮胎等都会产生较大的噪声，影响人的身心健康。国家也出台一系列的噪声标准及法规，因此进行汽车及零部件相关的噪声仿真也越来越必要。

### 汽车车窗噪声



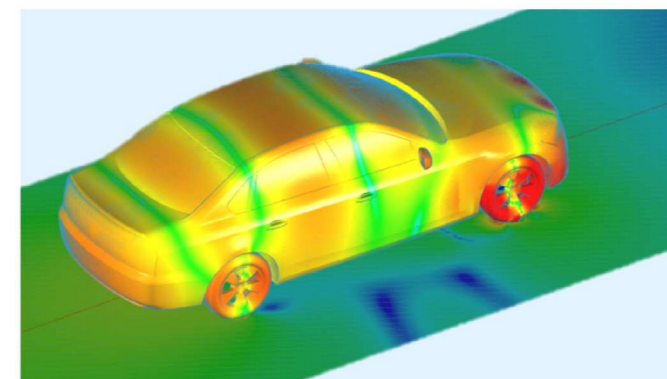
TF-Acoustics支持气动噪声仿真，根据非常流场提取声源，然后进行声传播仿真

### 驾乘舱噪声



TF-Acoustics支持舱内噪声分析

### 汽车通过噪声



TF-Acoustics可以进行汽车通过噪声预测分析

## 风力机

风力发电机噪声源主要有三种，机械及结构噪声、空气动力噪声和通风设备噪声。其中空气动力噪声贡献较大，它由叶片与空气之间作用产生，它的大小与风速有关，随风速增大而增强，也与叶片的性能有关，叶片端部越尖，噪声越大。

叶片弦长约41m，塔80m高

左端和顶端：正z方向均匀来流 $u=10.4\text{m/s}$

右端：压力出口

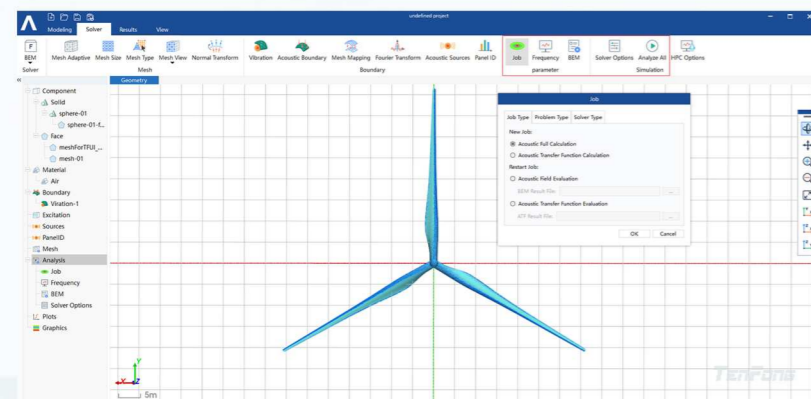
地面：无滑移壁面

其它：对称平面

转速：17.2rpm

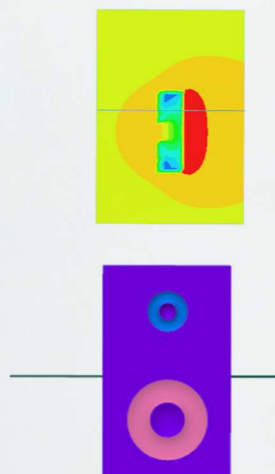
转轴中心 (0, 0, 0)

转轴方向 (0, 0, 1.0)



## 音响声场、室内声场计算

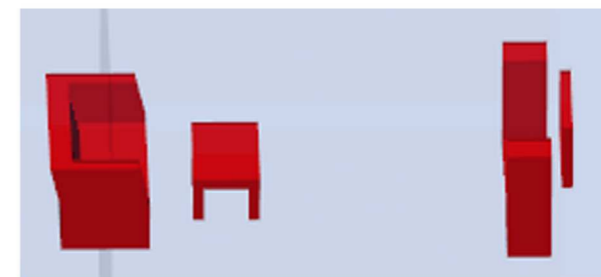
TF-Acoustics支持速度边界激励，支持阻抗、辐射边界条件，可以精确快捷的对室内音响声场进行数值仿真分析。



音箱算例：计算频率  
20-2000Hz，给定振  
膜振动速度2mm/s，  
箱体振动速度为0。

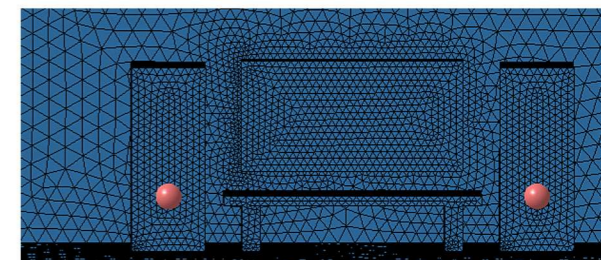
### 室内声场 →

TF-Acoustics可以对室内声源、家具、不同的吸引材料属性进行建模，快捷方便的进行室内声学分析。



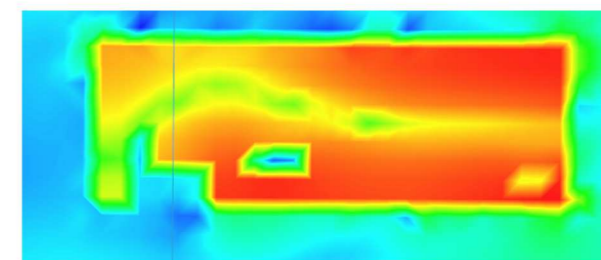
### 声源位置 →

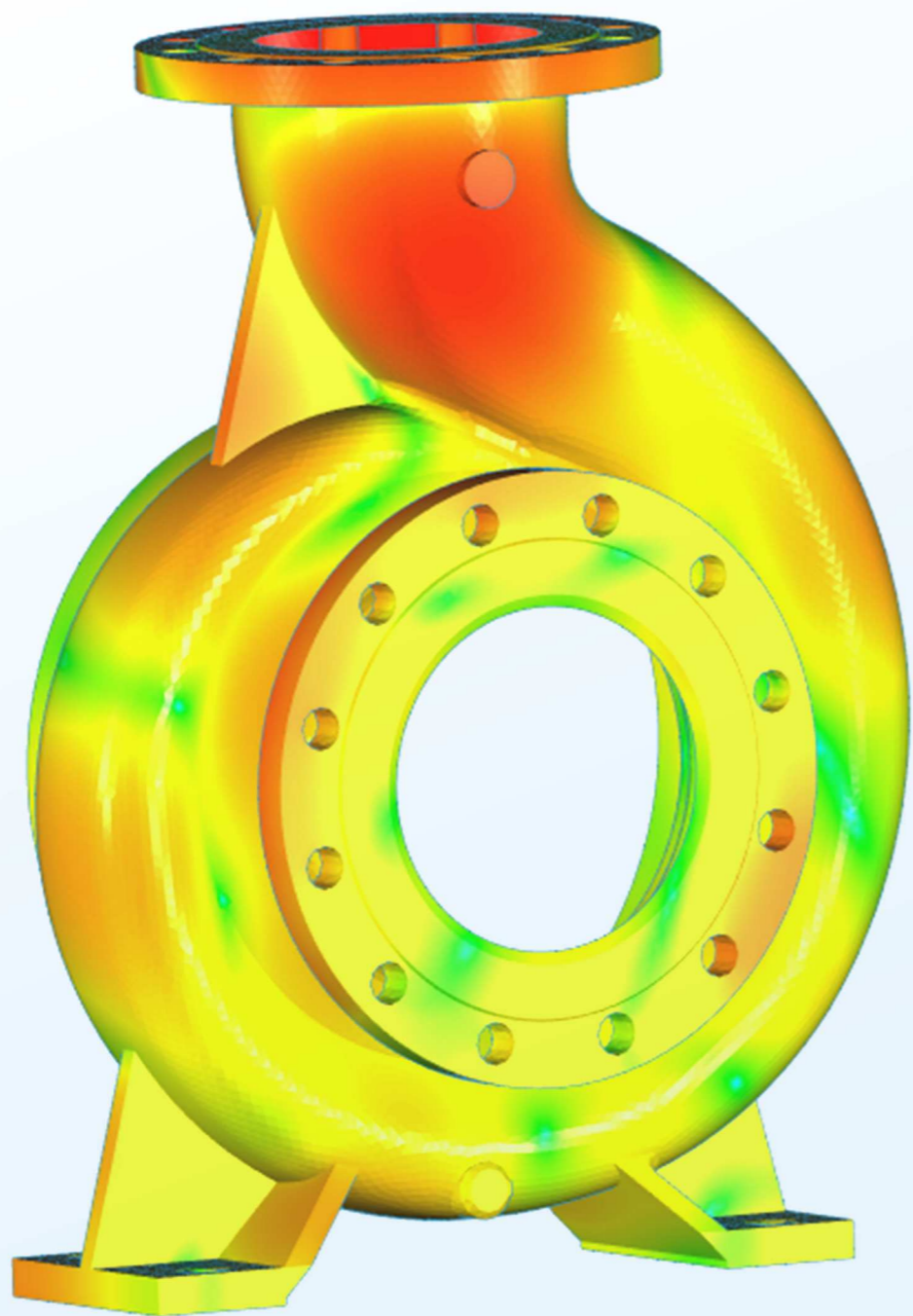
TF-Acoustics可以对比不同音响摆放方案下的声音效果，为室内音响的声源位置优化提出建议。



### 切面声压级结果 →

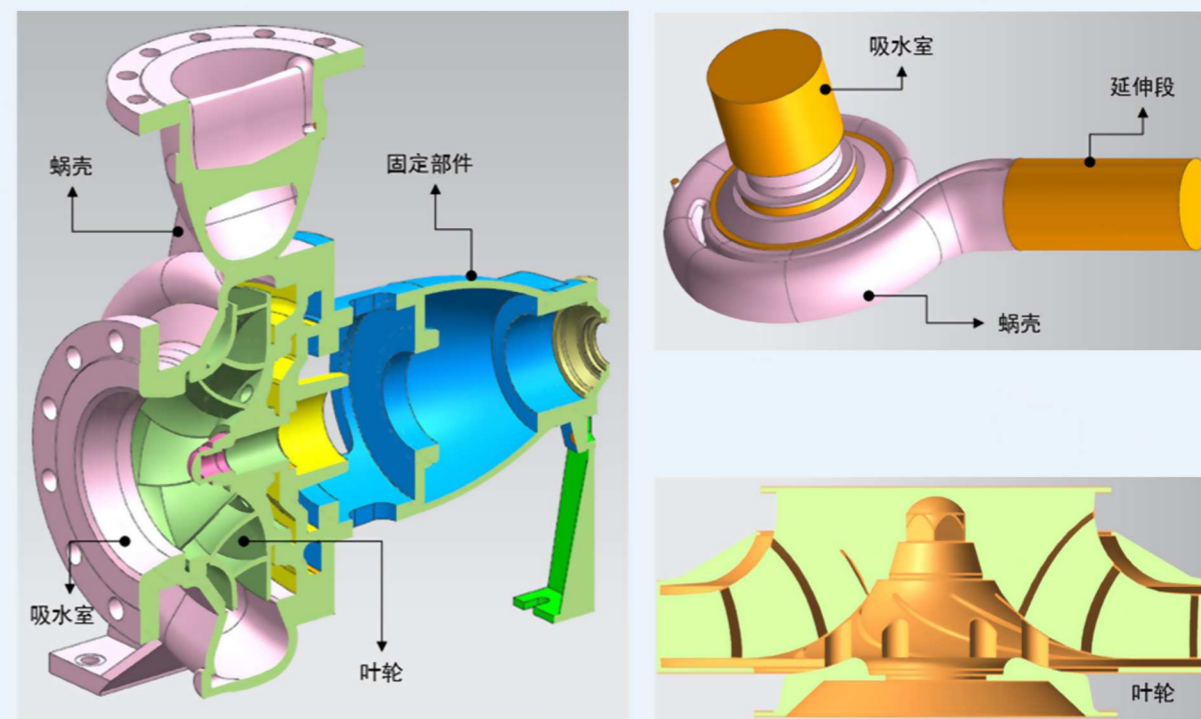
TF-Acoustics可以对音响内、外的声压级进行精确分析，从而协助工程师改进音箱设计、优化音响综合效果。





## 水泵流动噪声分析

离心水泵在运转过程中的流噪声，部分是由于作用在离心壳表面的脉动压强引发振动后产生。水泵流噪声为典型的多学科联合仿真分析问题，为了获得合理的结果，需要利用通用仿真流体仿真分析软件QFLUX、对离心泵整体进行流场计算，并输出泵蜗壳壁面压力数据，将蜗壳壁面的压力数据导入结构仿真分析软件TF-Struct以及噪声仿真分析软件TF-Acoustics进行振动及噪声分析。



左图结果为水泵外表面声压级云图 (24Hz)

# 航空

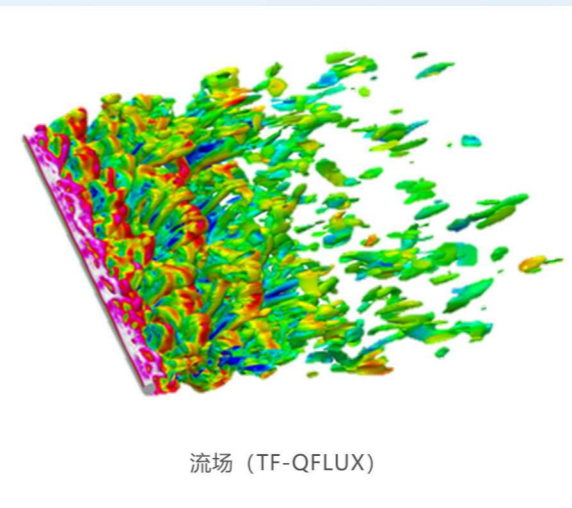
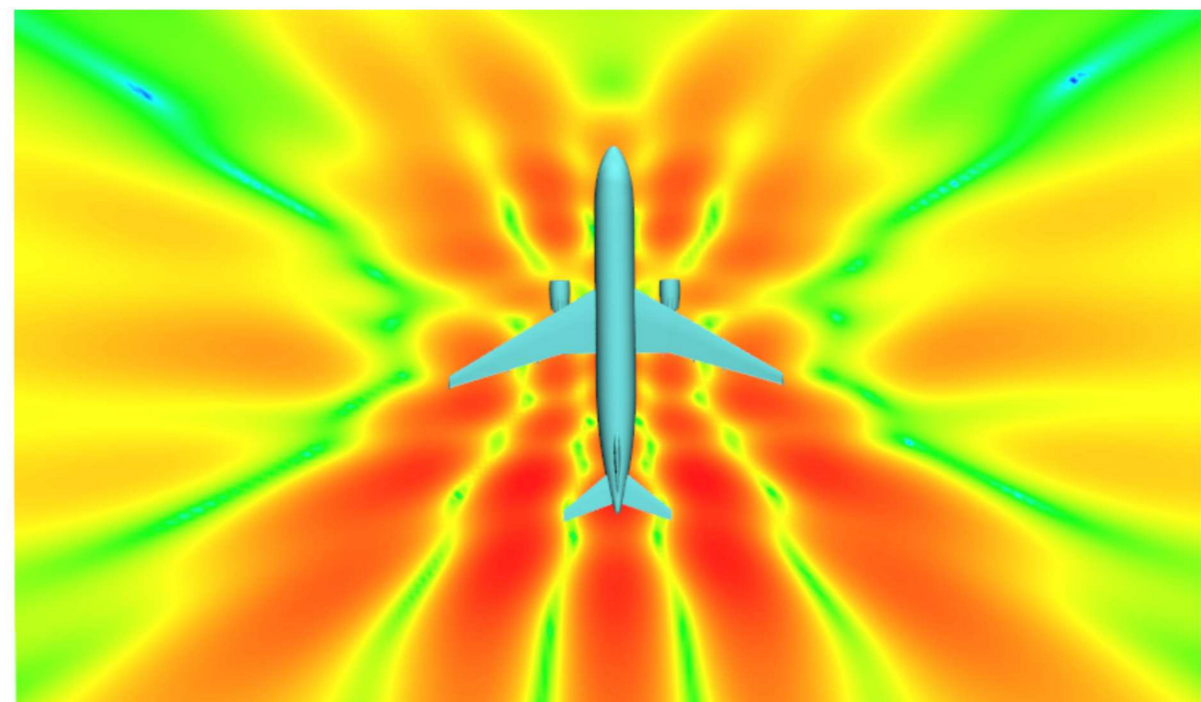
TF-Acoustics应用于模拟飞机降落噪声等应用场景。

## 飞机降落噪声

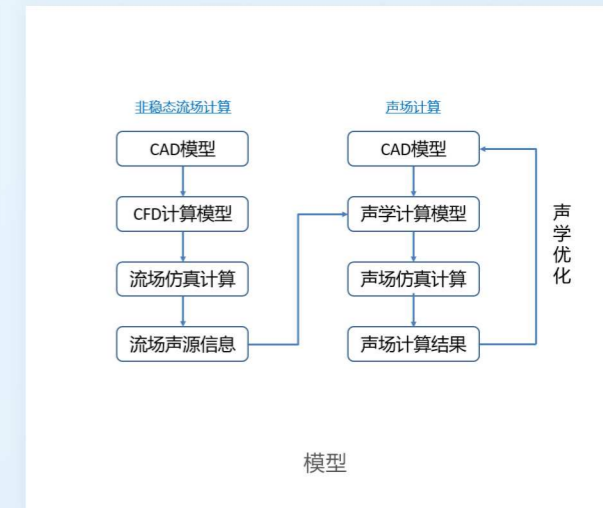
- 采用单极子激励快速评估地面声场分布，考虑地面反射。
- 图中客机模型，面网格54万，采用快速多极子计算，
- 仅需25分钟完成求解。

## 气动噪声

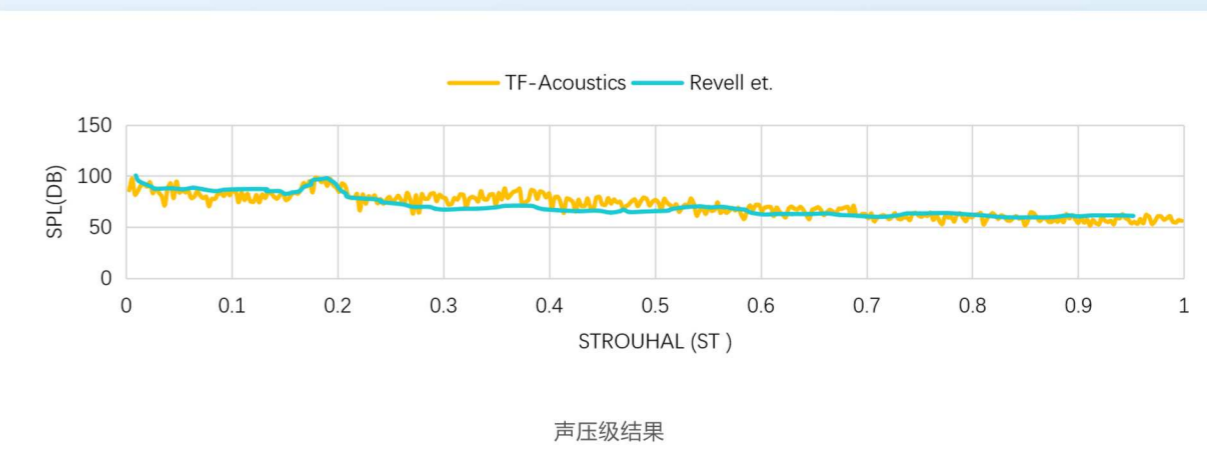
TF-Acoustics可以解决气动噪声问题。右图圆柱直径为0.019m，x方向来流速度为68m/s，监测点位于128倍直径处。



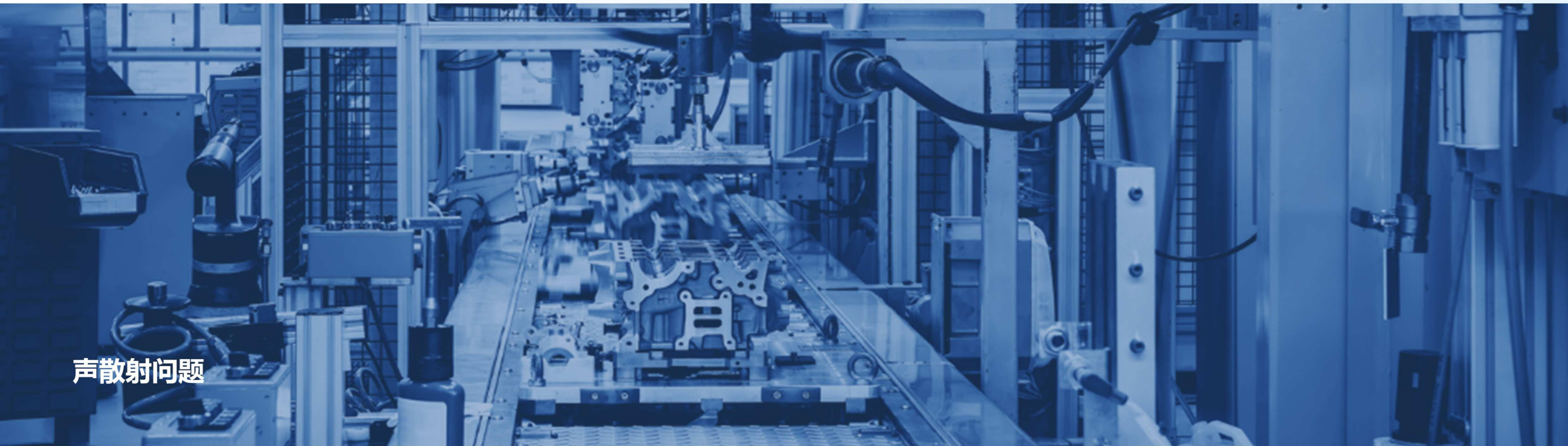
流场 (TF-QFLUX)



模型



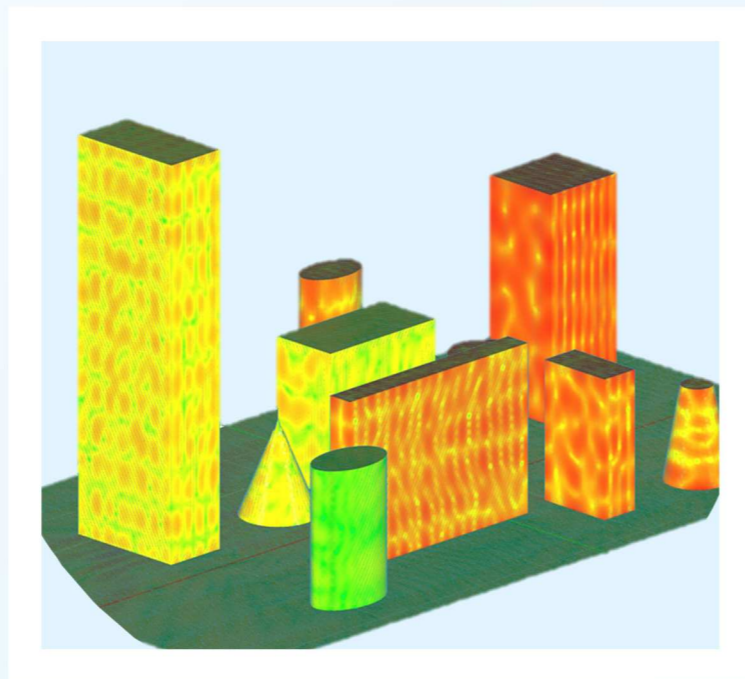
声压级结果



声散射问题

### 建筑模型声散射评估

平面波激励方位(-1.0,0.0,1.0), 强度1N/m<sup>2</sup>。  
也可采用半空间模型考虑地面声波反射。



### 环境噪声仿真

采用平面波激励、单极子激励、线面等声源进行小区、铁路、轻轨、高速路等噪声分布仿真。

