

ANSYS



仿真
新时代

2017 ANSYS用户技术大会

中国·烟台

化学/石化工业中的流体仿真

李红梅/ 流体应用工程师

安世亚太科技股份有限公司

目录

- **化学/石化中行业仿真需求**
- **ANSYS在化学/石化应用中的解决方案**

化学/石化行业仿真需求分析



PDC钻头



除砂橇



油水分离器



储运



石油天然气开采



输油管



炼油

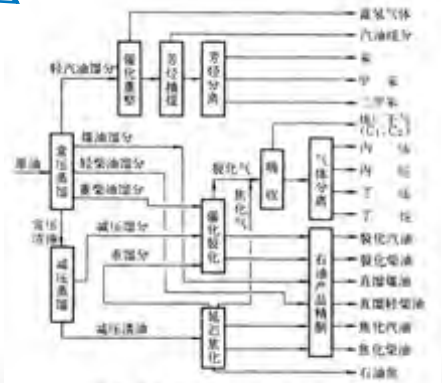
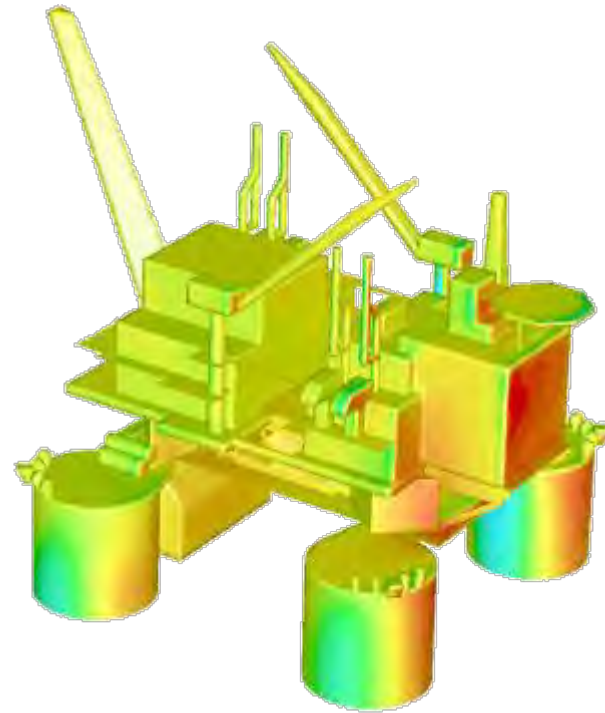


图3 燃料-化工型炼油厂加工流程

化学/石化的仿真需求分析

- 钻采
- 油气生产
- 储运
- 炼化过程



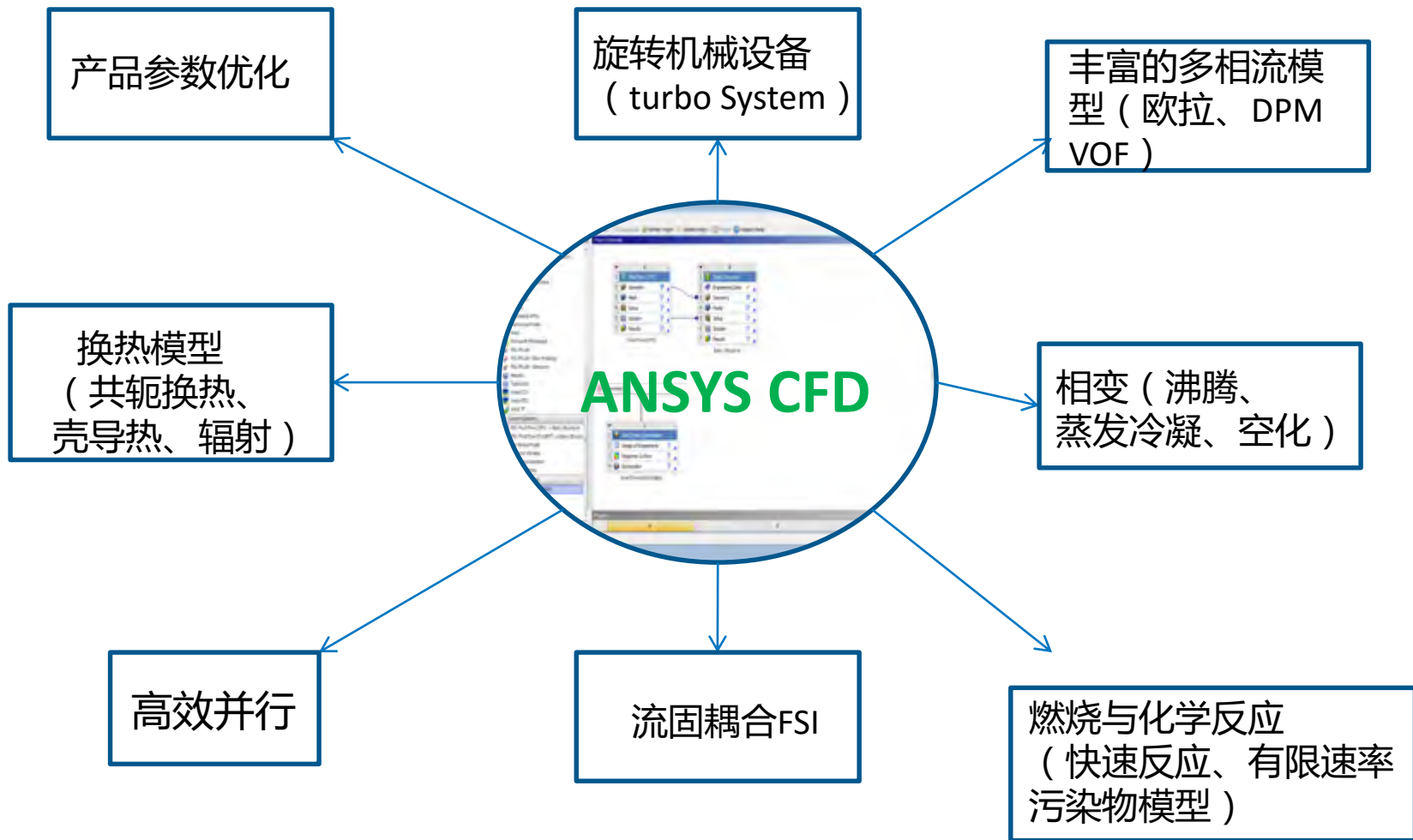
化学/石化的仿真需求分析

钻采	钻探/井下 海上平台 陆上的	高压水力射流、井喷预测 钻头设计、井底油水分离 海上平台载荷分析
储运	长输管道 压力容器 泄露、环境污染	管道冲蚀、 热油管道温度、压力分析 管道、压力容器泄露分析 环境污染.....
炼化	催化裂化装置 加氢装置 燃烧系统	加氢反应器 固定床、流化床、鼓泡床 提升管、旋风分离器 燃烧喷嘴、燃烧炉
石油 化工	煤化工 天然气	煤气化 乙烯裂解炉 天然气脱水 搅拌装置

化学/石化的物理问题分析

- **多相的混合、分离** (旋风分离器、流化床、鼓泡床、管道磨损、天然气脱水.....)
- **相变过程** (闪蒸罐、LNG、冷凝器、)
- **热交换过程** (换热器、加热炉、)
- **组分运输、燃烧与化学反应过程** (污染物泄露扩散、燃烧器、燃烧炉、泄露着火、烟气脱硫.....)

ANSYS CFD解决方案



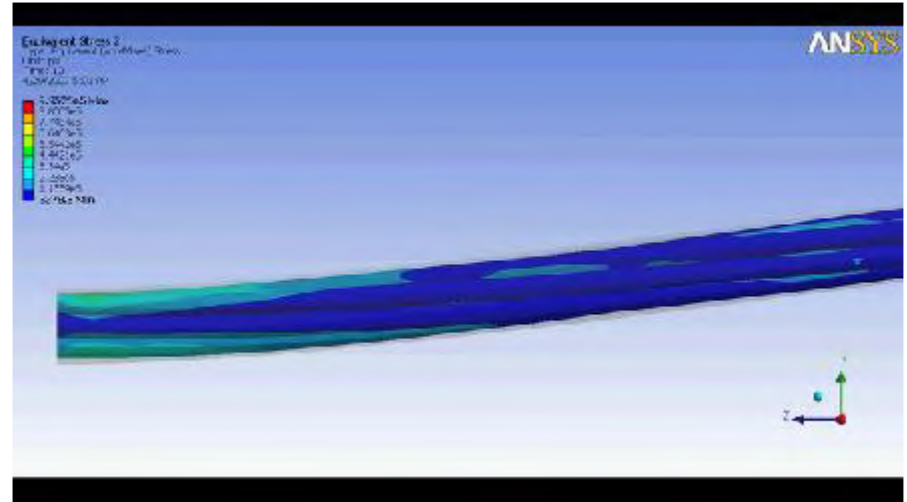
目录

- 化学/石化中CFD应用分析
- **CFD在化学/石化应用中的解决方案**
 - ✓ 流动、混合与分离
 - ✓ 相变
 - ✓ 换热
 - ✓ 组分输运、燃烧与化学反应

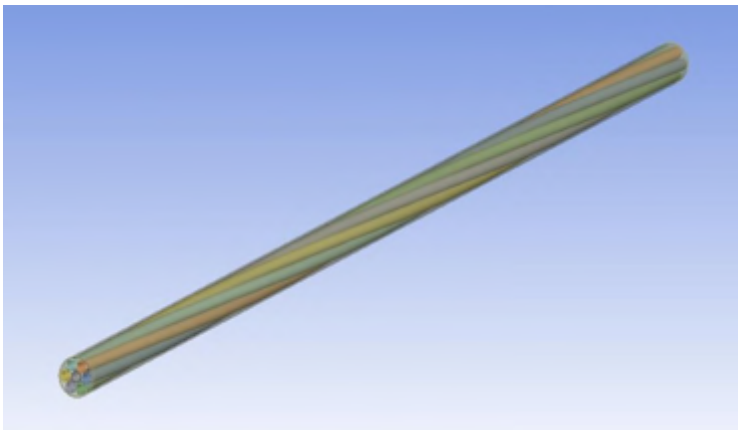
石油天然气运输管线

挑战

- 需要非常高的可靠性
- 长距离的传输信号和传送流体
- 管道要能承受恶劣的条件
- 发展可靠的管道以适应不同的海岸应用
- 需要能承受热应力和疲劳载荷的结构可靠性
- 制造包括钢铁卷绕的复式管
- 复杂的多层结构，多种材料的制造途径



Equivalent stress response of the umbilical to a 36 degrees bend



Complex multi-layer umbilical

通过CAE应用的一个例子:

- 在一个操作方便的环境下，建立中心管和附加的螺旋管模型
- 考虑多种材料性能的组合
- 评估热，流体载荷，和弯曲应力。考虑到需要提供的载荷包括：
 - ✓ 大的弯曲角度
 - ✓ 静水压力
 - ✓ 末端的拉力
 - ✓ 重力

炼油设备 催化裂化主风机优化

挑战

- FCC（催化裂化）的性能受到主风机性能的局限
- 再生装置里FCC催化剂燃烧后产生的焦炭
- 主风机设计来鼓动空气，并使之进入再生空气支管
- 主风机的效率不到90%

客户实例的结果和受益

- 从周围的空气进入到主风机进气口流线的仿真模拟，以寻找出流体流动过程中的问题
- 在两个弯道之间以及阀门打开的位置相互作用下，空气流线都发生了严重的偏斜
- 气流集中在流线主风机进气口的一边，降低了效率
- 最佳阀门的开启位置是可以被调整的，以使之达到平衡
- 是更多重要的改进的第一步
- 潜在每年利润增长能力超过600万美元



Velocity contours illustrating flow distribution at the exit of blower

Image courtesy ExxonMobil

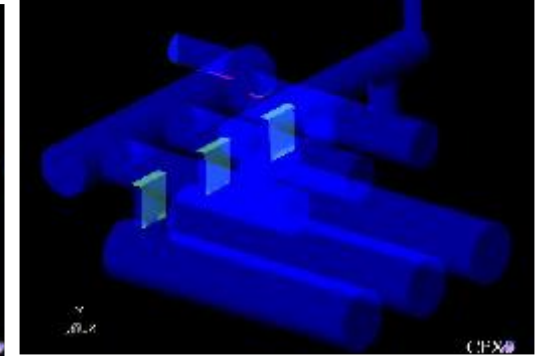
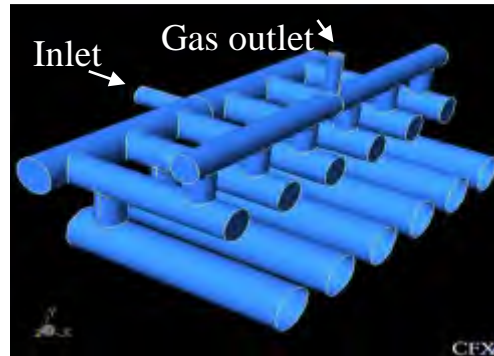
断塞捕集器

这个案例中的挑战

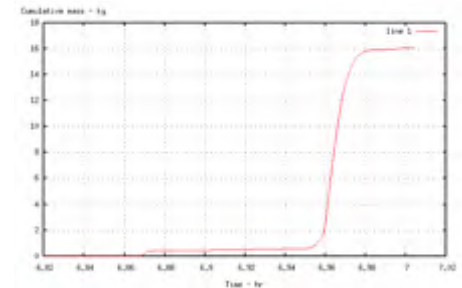
- 断塞捕集器分离在管道末端剩余的液化气
- 汽油管道很长，从海岸边一直延伸到 Hannibal 陆地终端
- 每隔几天一个球状物就要通过管道来除去剩余的液化气
- 计划提高管道的能力
- 断塞捕集器还需要增加吗？



Slug catcher at the Hannibal terminal, U.K.



Animation of liquid volume fraction of slug catcher at maximum capacity and the corresponding carry over plot on the right



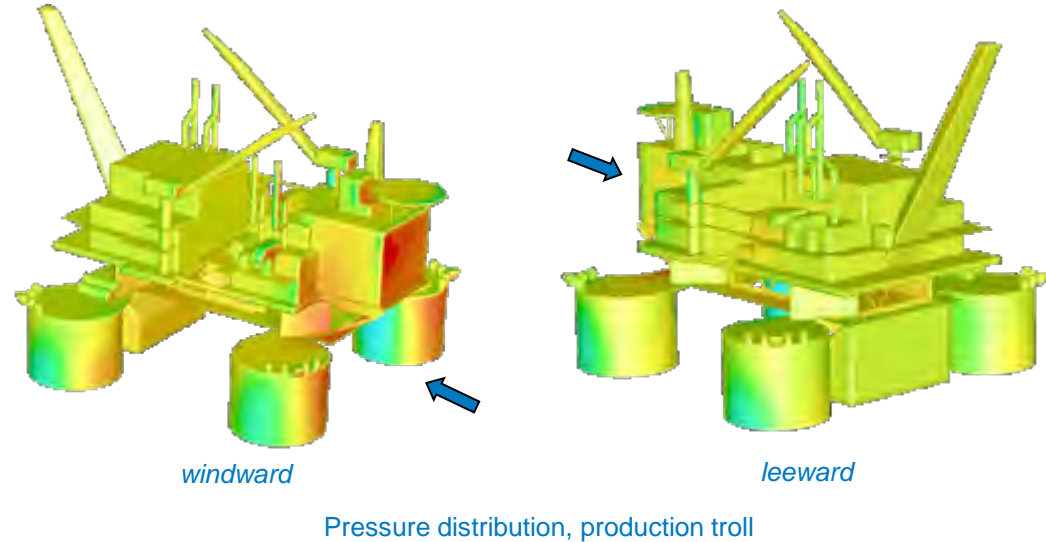
ANSYS CAE 解决方案

- 提供一个对断塞捕集器性能的某项能力的评估平台
- 确定现有结构能够承受最大载荷，以消除再花250万美元来更新设备的必要性
- 确定任何多余的液体都会被作为浮质排出到下游
- 提供模拟自由表面流的能力，例如燃料在复杂管道和流动系统中的运动

海上平台载荷分析

挑战

- 在不同的风力载荷和波浪载荷下结构的安全性
- 风的方向和与之相连的力的影响
- 火和气体的驱散



ANSYS CAE 解决方案

- 在结构的所有单元上的风力载荷的详细分布图
- 研究波浪的影响的能力
- 流体诱发运动的研究
- 研究在暴风雨中哪个部分会遭受到最强的载荷, 包括风的影响
- 增强对升降机甲板周围的力和流体的细节的理解
- 相关烟尘和污染物质扩散

Transient pressure distribution caused by ocean waves on an shallow water platform

油气生产设备 气体浮选装置

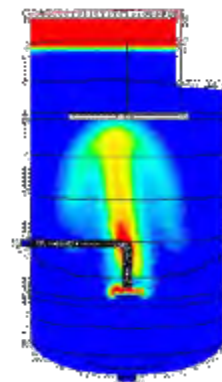
挑战

- 主要的设计挑战是在一个单一的垂直罐体内通过气体浮选系统进行高强度的分离
- 对导引水严格的规范和高要求导致水的净化要达到含油量少于百万分之二十
- 利用受污染的水在容器里生长微小的气体和注入微小尺寸的气泡 (100 到 500 微米).
- 降低海上平台的重量，节省海上平台上的空间
- 传统的物理试验要花费大量的时间和巨额的资金



ANSYS CAE 解决方案

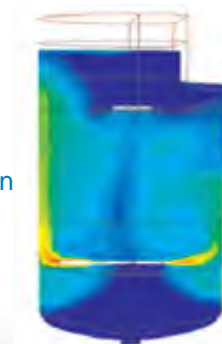
- 对气体浮选装置里现有的标准喷射器作仿真分析，以了解为什么它们的工作不能达到要求
- 帮助设计试验来验证所关心的问题
- 设计新的气体喷射器，并且仔细地研究它们的性能以得到它们的效力
- 考虑多相流体，以及它们在气体浮选装置里不同位置的表现
- 通过更好的了解问题的各个方面的情况来减少问题的出现同时提高技术水平
- 用户的实例：新的注射器和阻碍系统产生的气泡得到了很好的分散，并且消除了不希望的循环区域



Top: A vertical column induced gas floatation (IGF) on a transport skip

Middle: comparison of simulation and experiment for a non-performing eductor

Bottom Right: final design, illustrated through uniform bubble distribution.

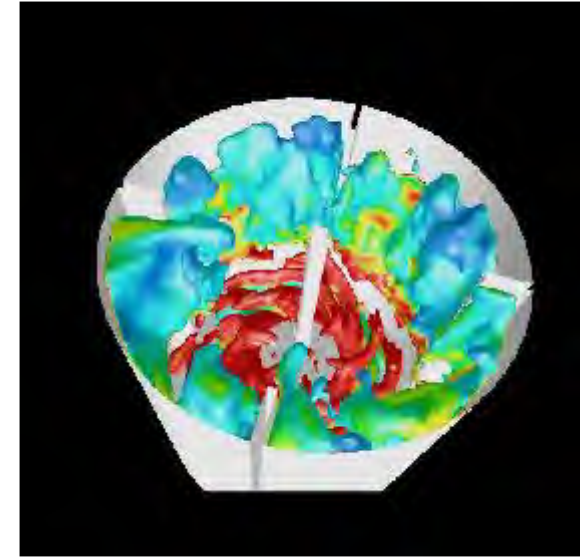
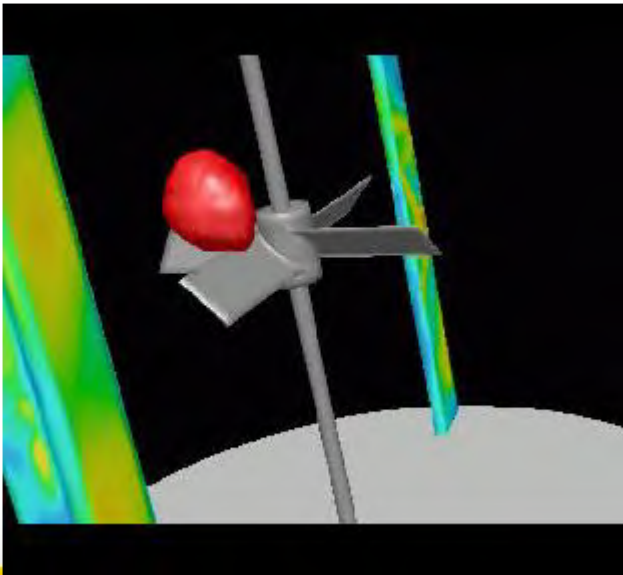


石油化工 混合搅拌

挑战

- 在化学品和碳氢化合物的处理中混合是基本的一环
- 但是它也非常的复杂，而且有很多参数来影响好的混合
- 选择正确的容器，包括几何形状、类型、相关的内部结构等
- 运行条件，进给位置的选择，旋转速度，比例提高
- 混合，多组分和多相材料的相互作用和支持
- 优化，减少功耗和运行时间

Composite animation of species mixing downstream of a PBT impeller and the pressure pulses on the baffle



Macro mixing structures, colored by vorticity contours, in a mixing tank with a 6-bladed Rushton impeller

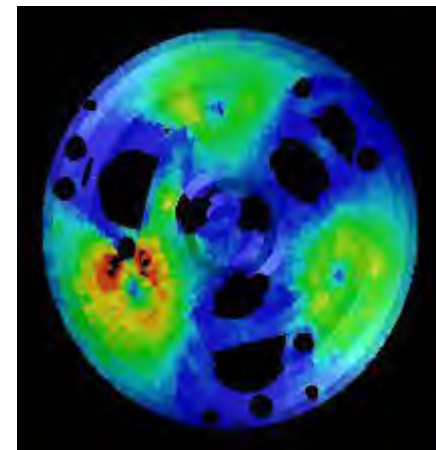
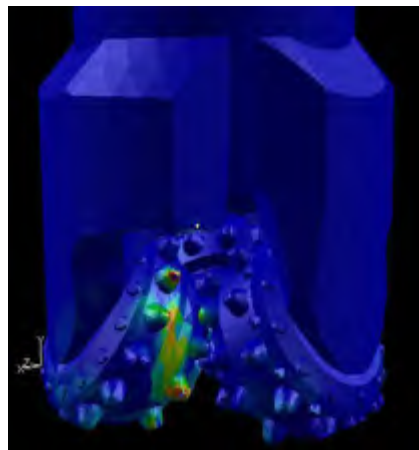
ANSYS CAE 解决方案

- 不管是单相还是多相的流体，详细的分析结果都有助于对混合情况的了解（包括热和质量的传递）
- 执行混合操作，计算混合和滞留的时间
- 优化容器的几何结构，并且选择正确的内部构件，喷头，汲取管，进给的位置，叶轮转动速度等
- 计算叶轮的受力
- 执行稳态或瞬态的应力和热的分析

钻头设计

挑战

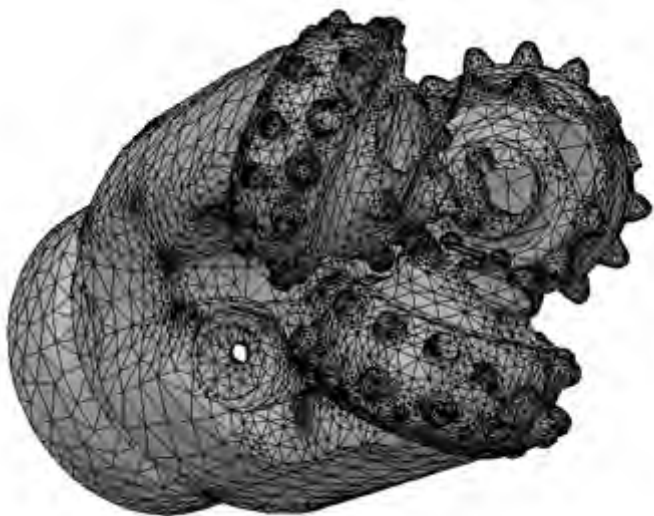
- 在恶劣的环境中可靠的切削能力
- 快速的产品发展周期
- 清除岩屑的效率是鉴定机械转速(ROP)最佳化的关键
- 钻口设计对于清除岩屑来说占主要地位
- 测量和可见模型的建立是非常困难的也是代价昂贵的



Contours of shear stress in the cone (left) and at the bottom (right).

ANSYS CAE 解决方案

- 钻头和内部结构交互作用中的影响的分析
- 标志着有效地清除岩屑的关于流场和剪切效率特性的详细信息
- 优化
 - ✓ 锥体的清洁, 底孔的清洁
 - ✓ 岩屑排出
- 腐蚀预测
- 切削应力的理解
- 扭矩相关的机械应力的处理能力

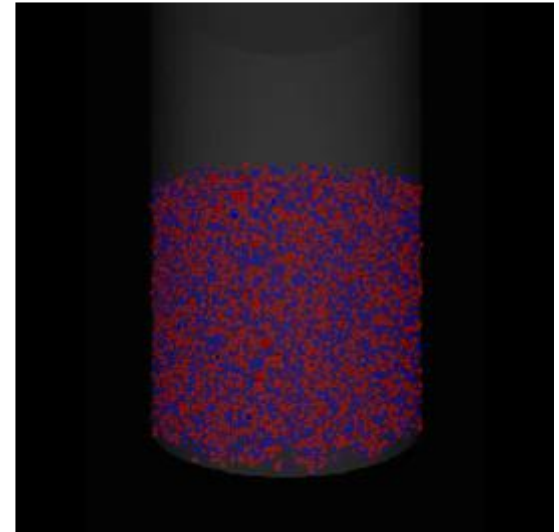


Tricone Drill Bit

石油化工 颗粒流动

挑战

- 通过形成微粒来得到更多的最终产品
- 微粒尺寸的控制和最终产品的质量
- 相互接触的微粒的设计 (控制微粒的磨损)
- 微粒有效分离、分类和收集的装置的设计
- 细小结构的捕获和移动
- 粒子的夹带 (环境问题的关注)
- 液化和流动层的反应
- 生质和煤粒的气化



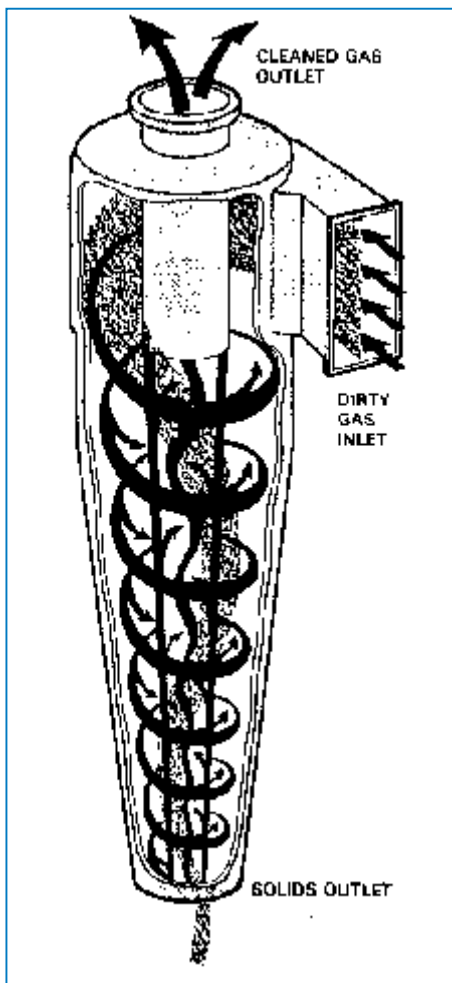
Segregation of particles of different sizes in a fluidized bed (blue particles are heavier)

ANSYS CAE 解决方案

- 通过气体-固体流体力学提供分析微粒保留时间，粒子浓度，腐蚀和分离的方法
- 研究热和质量的传递，包括同质和不同质的反应
- 内部结构的影响，包括截流分流等
- 分离器、过滤器和其它实体操作装置的设计和优化
- 新的反应堆设计和比例的研究

Volume fraction of gas bubbles in a fluidized bed
with internals (solid volume fraction is in red)

设备设计 旋风分离器



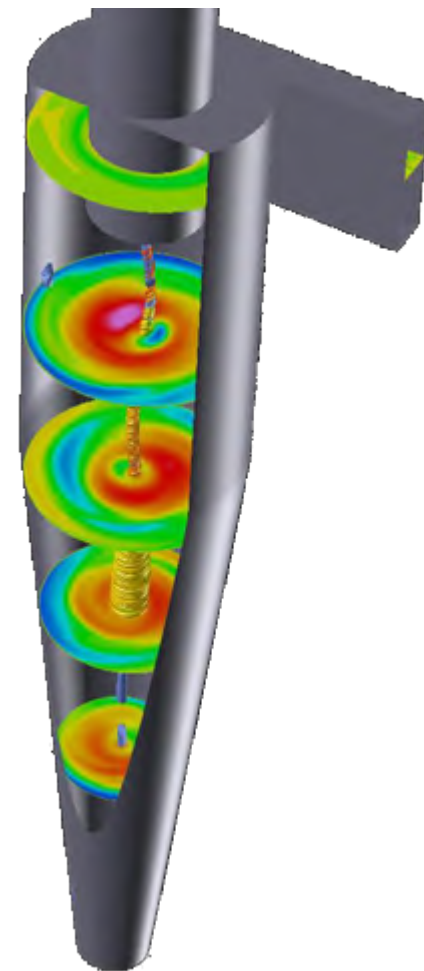
Schematic of complex flow motion
in a cyclone separator

挑战

- 在生产线的各流程中不断增加的沙石和微粒
- 设计分离器尽可能满足下旋趋势
- 对于提高采集效率和提高生产量不断的需求
- 广泛的应用范围，以及与之相关的要求分离器设计也要适用与各种尺寸的微粒
- 结构连续，渐变

ANSYS CAE 解决方案

- 优化入口设计来减少侵蚀，增加效率，以及研究装置的适用范围
- 几何和结构的优化设计以符合2相和3相不同粒子的应用
- 关于各种应用和分离器的形状，要考虑：
 - ✓ 粒子质量，直径，载荷
 - ✓ 流体特性，压力下降
 - ✓ 焊接，以及结构应力，构造，侵蚀
 - ✓ 单独使用的和组合使用的性能

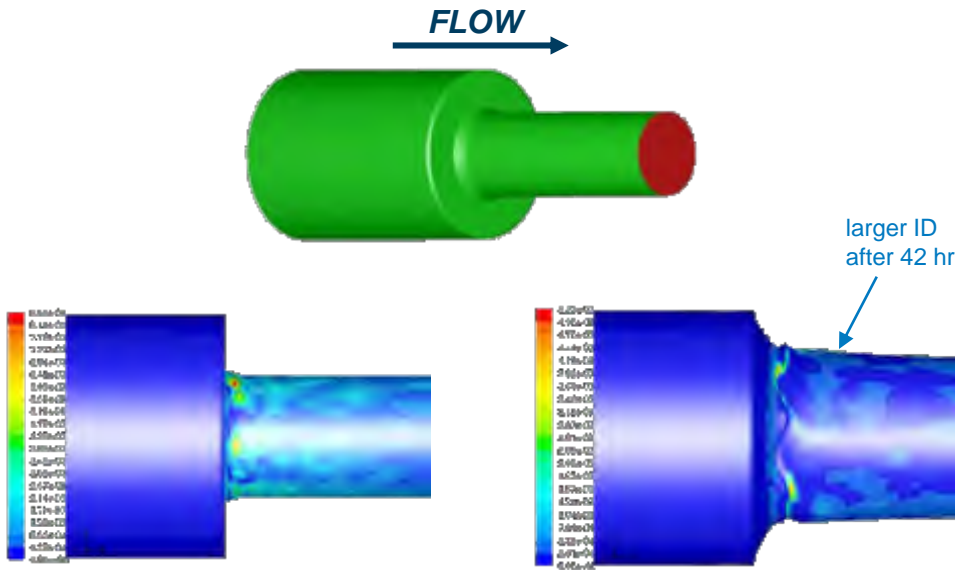
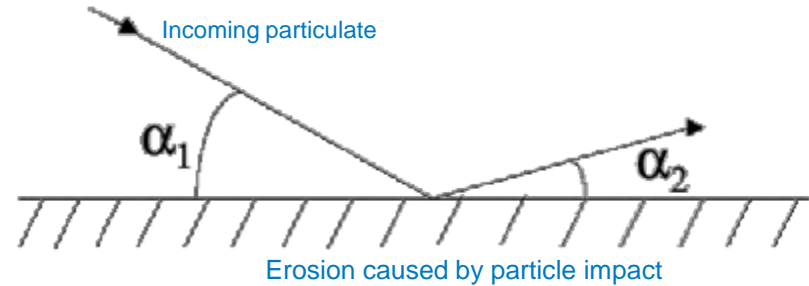


Composite CFD results
illustrating the vortex core
and flow velocity at
various axial planes

管道内的侵蚀

挑战

- 管道系统截面的变化是必要的
- 肘部或缩减面的侵蚀导致材料的损耗和泄漏
- 对使用的管道系统的生命周期的预测和导管表面附加部分的评估是必要的
- 当侵蚀斑出现之后侵蚀加剧



Plots of erosion contours in a 4-inch test case

ANSYS CAE 解决方案

- 侵蚀的影响可以通过函数来计算
 - ✓ 侵入的角度
 - ✓ 侵入的速度
 - ✓ 粒子直径
 - ✓ 粒子质量
 - ✓ 粒子于实体管壁之间碰撞的频率
 - ✓ CAE模型的材料类型可以找到开采条件下的侵蚀率和设备的生命周期
- 腐蚀的材料被移除后，可以实现对材料厚度更好的预测

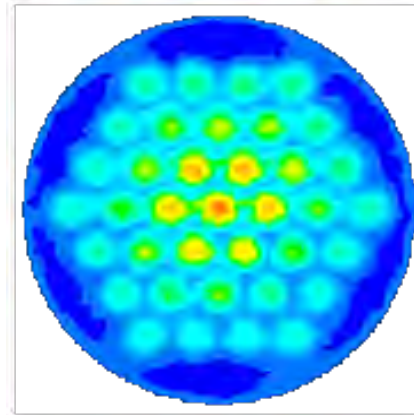
目录

- 化学/石化中CFD应用分析
- **CFD在化学/石化应用中的解决方案**
 - ✓ 流动、混合与分离
 - ✓ 相变
 - ✓ 换热
 - ✓ 组分运输、燃烧与化学反应

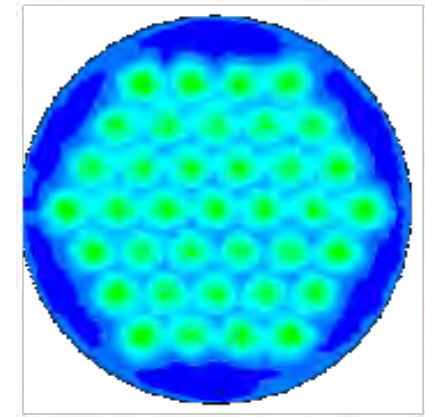
设备设计 热交换器

挑战

- 热交换器的效率
- 消除积垢和分布不均
- 尺寸和类型的选择
- 热和结构的设计
- 制造过程



Maldistributed



Improved

Axial velocity at the inlet to the tubes; no "hot spots" visible for the improved design

ANSYS CAE 解决方案

- 以满足ASME的压力容器标准来设计和分析
- 促进设备的改进以改善运作过程，提高效率
- 关于围绕冷点和热点的设计要着眼于流体和热的传递
- 设计管道，阻隔板，和热交换器的形状来满足所有的工作目的



Under-performing, 324 tube, heat exchanger

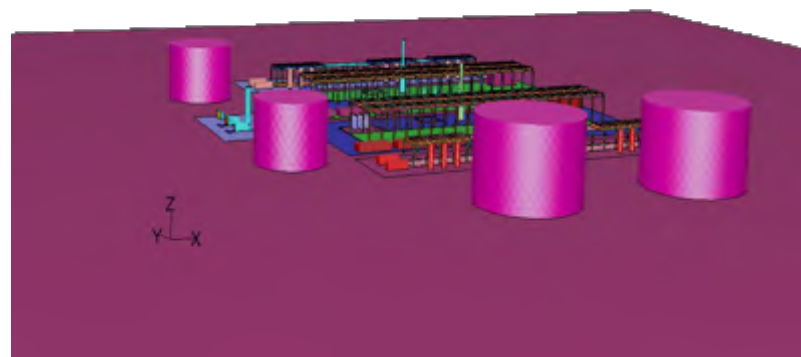
液化天然气选址

挑战

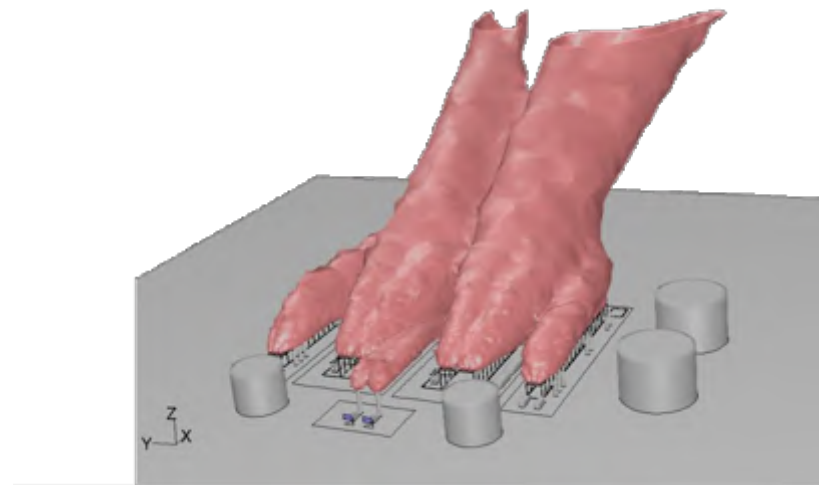
- 近10年对天然气需求不断增长
- 供应点常常离要求的中心很远
- 以气态形式运输产品不切实际
- 在运输之前需要很大的冷却装置来使气体液化
- 在用户终端位置需要大的储油罐和再气化装置
- 提供有效的空气冷却
- 设备和地点的选择
- 设备布置要优化进气口温度和速度

ANSYS CAE 解决方案

- 分析和设计方法都适用于生产液化天然气过程中用到的复杂设备
- 对空气冷却设备来说，仿真可以优化要求的进气口温度范围
- 技术辅助设计对于流体流动形态和涉及的范围的理解是非常重要的
- 在带走热空气的过程中风向的影响被评估，并且可以与设计改进同时考虑



LNG plant site arrangement



Iso-surface of temperature used to show dispersion of plume

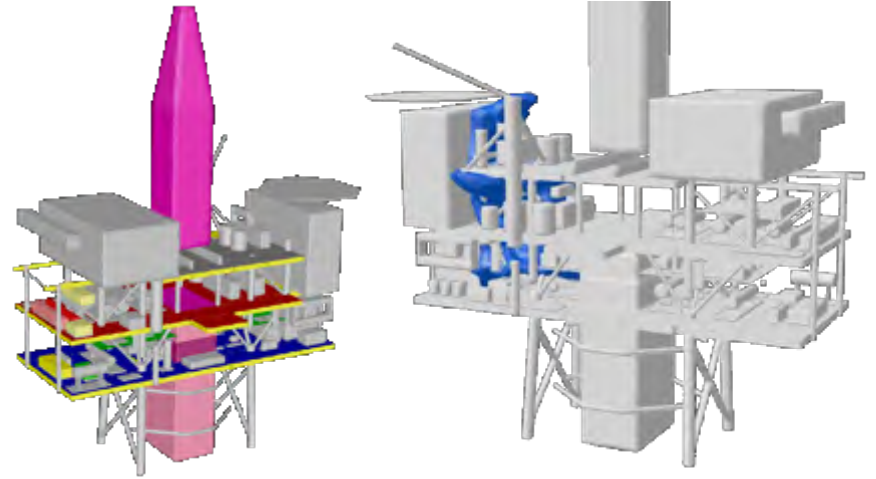
目录

- 化学/石化中CFD应用分析
- **CFD在化学/石化应用中的解决方案**
 - ✓ 流动、混合与分离
 - ✓ 相变
 - ✓ 换热
 - ✓ 组分运输、燃烧与化学反应

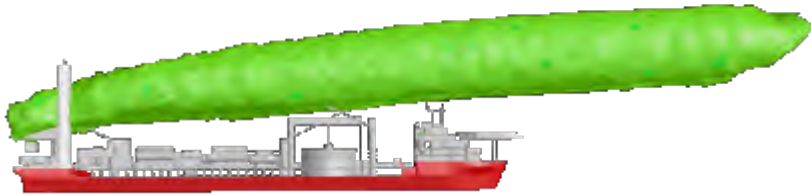
气体驱散

挑战

- 操作安全设计以防火灾和化学品泄漏
- 考虑风向的影响，人员撤退的方式
- 带走喇叭管和底板上的废气烟尘



Smoke dispersion on an offshore platform



ISO-surface showing exhaust fumes from a FPSO

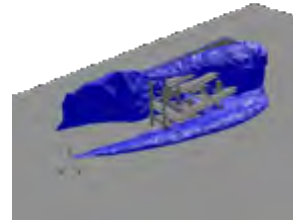
ANSYS CAE 解决方案

- 对不同风向影响下不同结构的评价
- 预言最佳的人员位置和撤退策略
- 升降板的放置
- 火炬装置的设计和放置

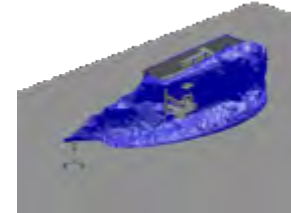
环境污染的驱散

挑战

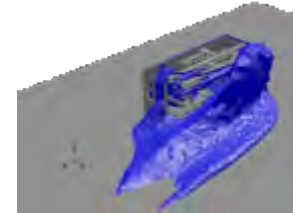
- 了解并且减少意外释放化学物质和污染物质的污染源
- 预报污染扩散，以及它们接下来在不同的运行环境和风的影响下的情况
- 装备设计要符合不同的操作和广泛应用的规范



- 13.3 degrees



+ 0 degrees

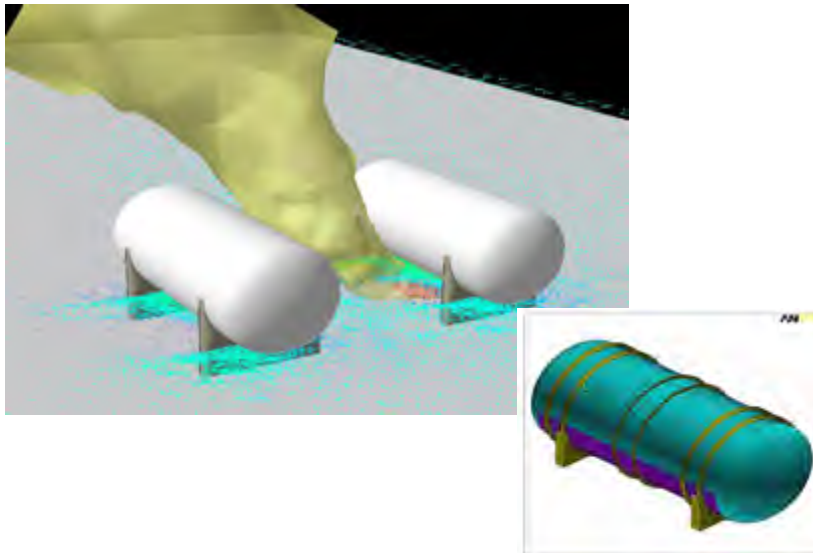


+ 13.3 degrees

Wind Direction = 195.8 ± 13.3 deg

Gas cloud dispersion sensitivity to wind direction

Gas cloud volume of 80% is dispersed at different wind headings for an onshore rig



Plumes from an evaporating pool of spilled liquid

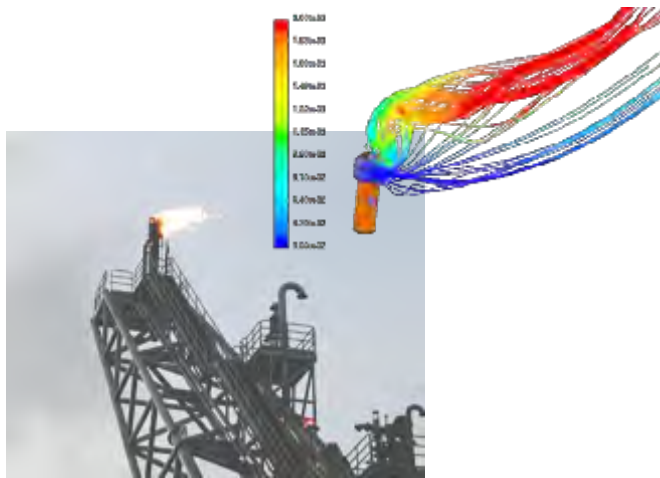
ANSYS CAE 解决方案

- 在以下条件下仿真污染物的驱散
 - ✓ 火灾
 - ✓ 意外释放
 - ✓ 厚重污染层的驱散
- 在不同的风向下评价不同的构造
- 满足压力和操作要求的条件下设计符合标准规范的设备
- 对烟罩/排气筒结构和性能的评价

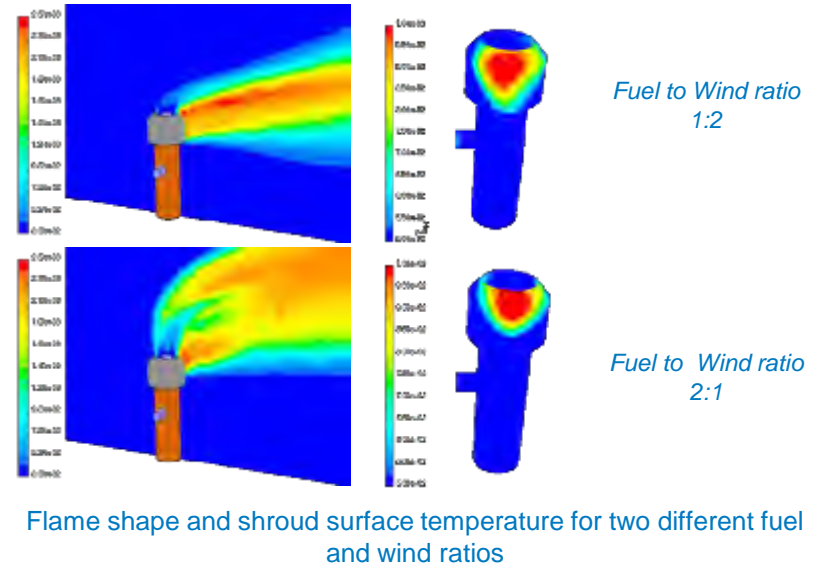
燃烧系统：火焰

挑战

- 在不同的燃料和风速的影响下控制火焰的形状和表现形式
- 避免反混和火焰爆裂
- 设计火焰的支持系统和放置位置
- 减少维修费用



Flare flow pathlines, colored by temperature



Flame shape and shroud surface temperature for two different fuel and wind ratios

ANSYS CAE 解决方案

- 优化火焰形状，形态，火炉内部结构
- 对比不同的排列和最好的布置的性能
- 对火焰进行辐射和热传递的研究
- 研究结构的热应力和结构应力

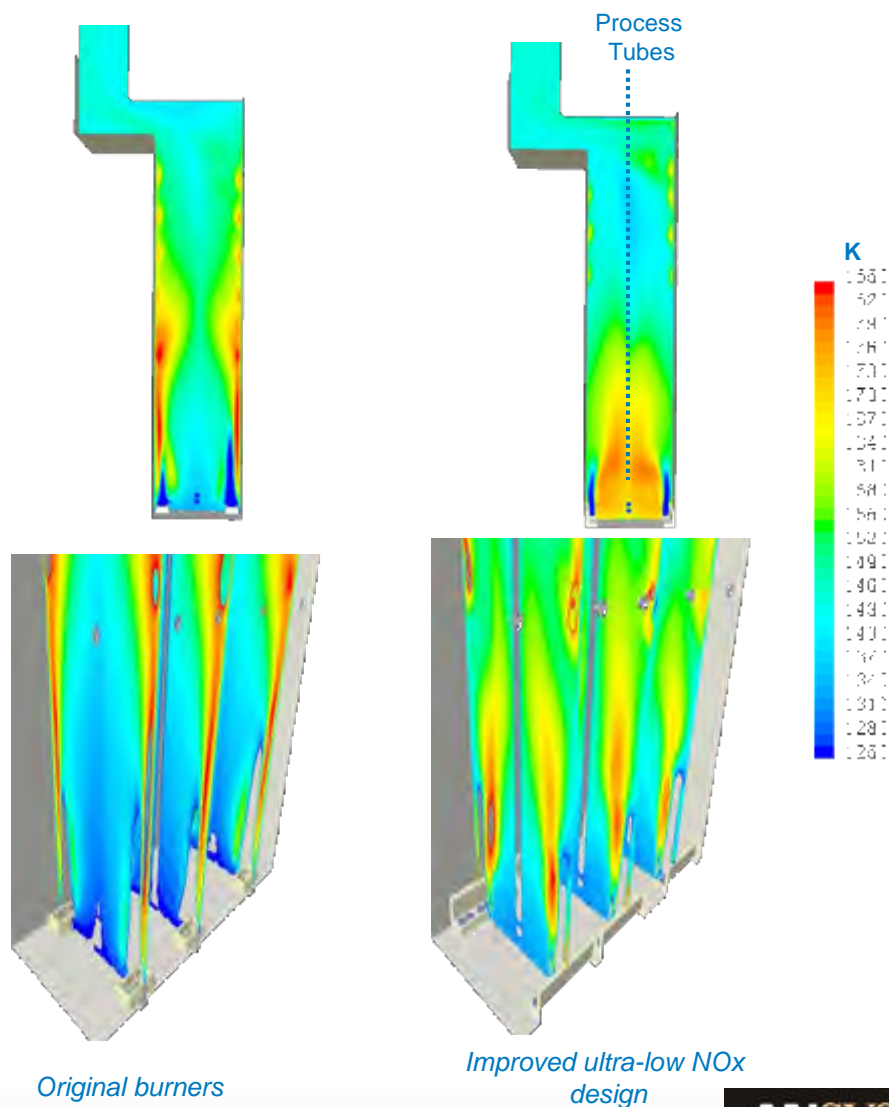
炼油设备 优化裂解

挑战

- 工作管道对热的传递
- 工作管道温度控制
- 污染物质(NO_x) 的降低
- 低 NO_x 的燃烧会带来剧烈的火花
- 墙和底板上燃烧嘴的放置
- 工作管道内流体的控制

实例:美国ABB鲁玛斯集团

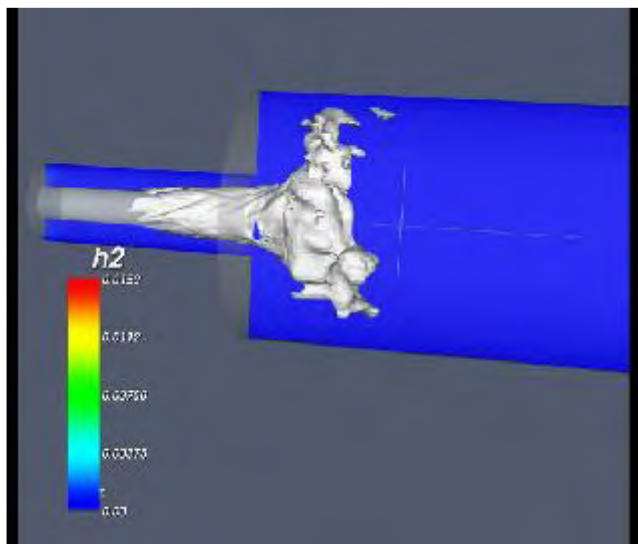
- CAE的应用:
 - ✓ 模拟工作管道内的流动和相互作用, 得到精确的温度分布
 - ✓ 确定初始设计的缺点
 - ✓ 优化墙进口角和底板燃烧嘴的放置位置
- 新的设计已经完成并投入使用, 性能就像预期的一样好



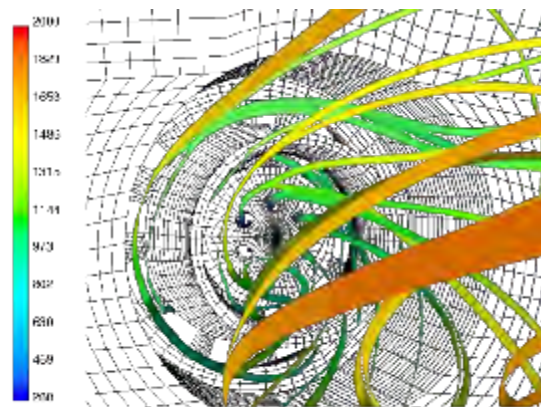
燃烧嘴/燃烧室

挑战

- 燃烧嘴的性能
- 反混和火炉的设计
- 污染和氮氧化合物的减少
- 热应力下的疲劳和蠕变
- 火焰的形态，不稳定性以及相互作用



Time-dependent contours of h2 concentration



Pathlines, colored by gas temperature, for a turbine combustor



Contours of flame temperature in a 3 burner design

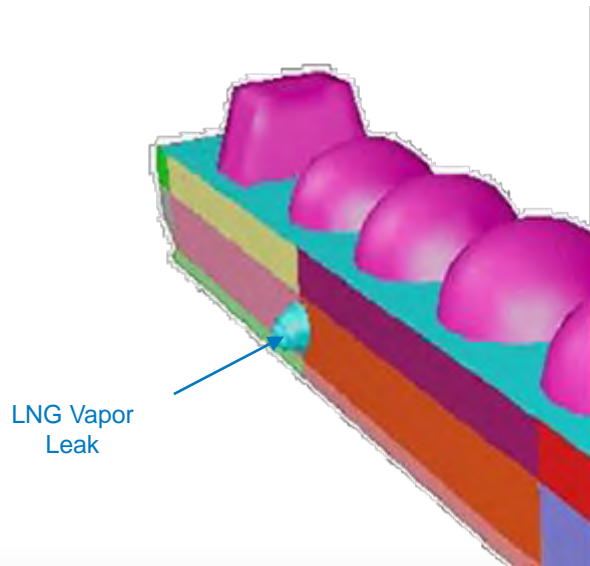
ANSYS CAE 解决方案

- 针对不同燃料燃烧嘴的形状和性能
- 帮助设计出产生低的或极低的氮氧化合物的燃烧嘴
- 针对各种燃料，载荷，涡旋，预测温度和氮氧化物
- 针对不同的形状预测热载荷和热应力
- 燃烧嘴的放置，方位，以及导致系统的热性能

液化天然气的溢出和燃烧

挑战

- 意外事件和涉及到的安全问题
- 液化天然气泄漏和在液体中的传播
- 液化天然气的蒸发和对散布的气体的跟踪
- 蒸发层的形成，以及当蒸发层与水面接触时的燃烧
- 油池火的散布，以及相互关联
- 多体流体动力学



Pool fire caused by spread, evaporation and ignition of an LNG leak

ANSYS CAE 求解方案

- 液化天然气的运输装置和储存装置的设计
- 安全性和风险的评估
- 油池火模型的建立
- 多体流体动力学

ANSYS



仿真
新时代

2017 ANSYS用户技术大会

中国·烟台

感谢聆听



ANSYS-China