

中仿 ADINA Multiphysics 流固耦合介绍

中仿科技

August 7, 2014

中仿科技公司 (CnTech)

- 中国大陆以及港澳地区提供仿真分析软件和项目咨询解决方案
- 成立于2003年，总部设在上海，北京、武汉设有分支机构
- ADINA公司在中国大陆及港澳地区的合作伙伴
- www.cntech.com.cn
- adina.cntech.com.cn
- www.simwe.com



提纲

1. ADINA背景介绍

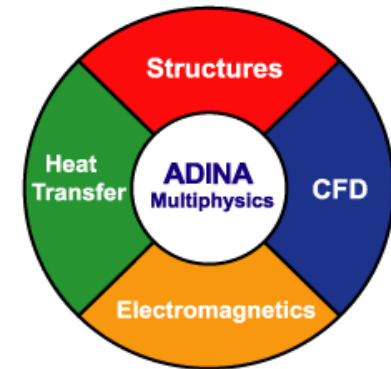
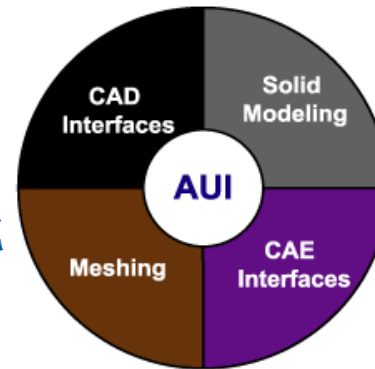
2. ADINA强大的FSI（流固耦合）功能

耦合求解能力

移动网格处理技术

3. 案例展示

4. DEMO-流固耦合建模分析



AUTOMATIC
DYNAMIC
INCREMENTAL
NONLINEAR
ANALYSIS

ADINA R & D公司

Dr. K. J. Bathe于1986成立

美国马萨诸塞州Watertown

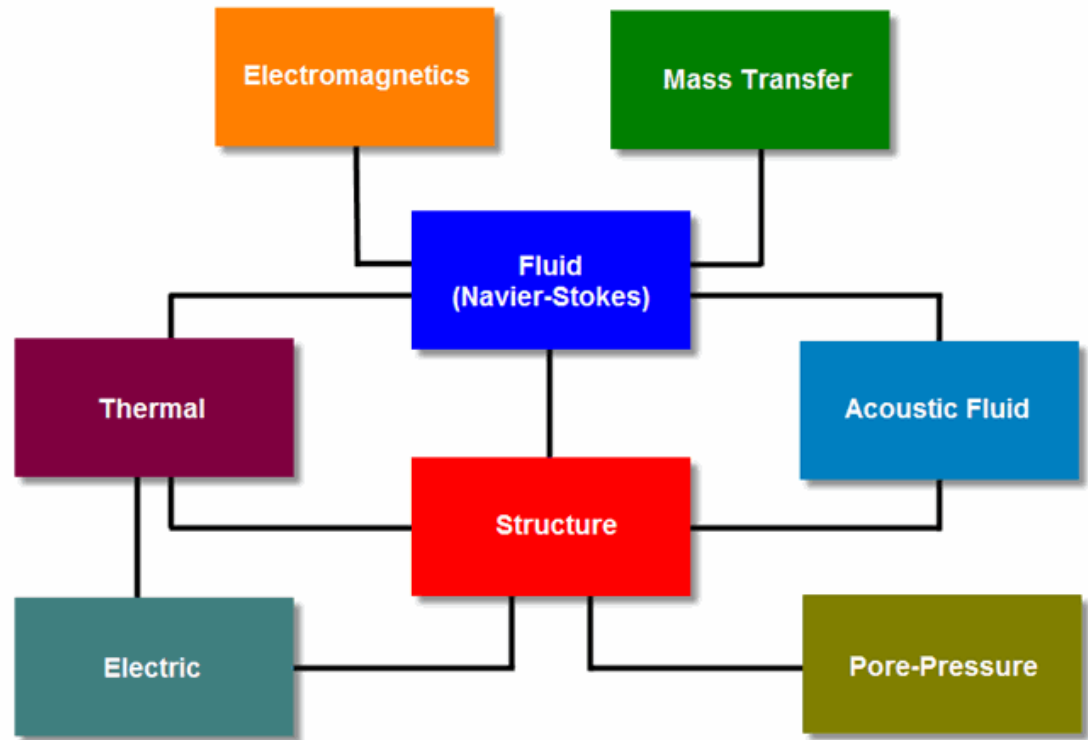
ADINA 全球广泛使用

除美国外，在南美、欧洲及亚洲均有分销机构



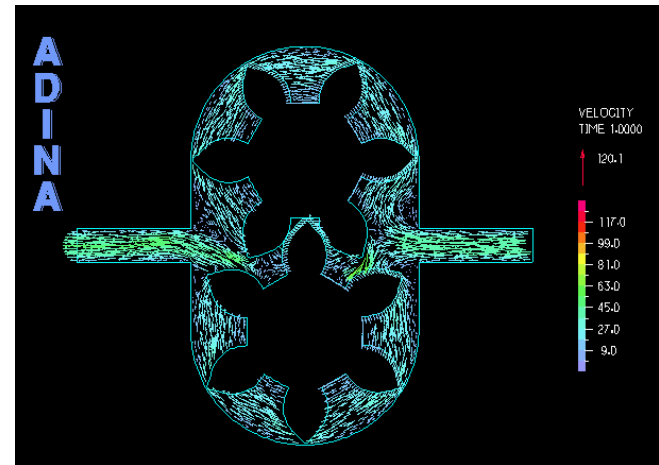
ADINA的优势

- **非线性结构分析** - 接触，壳体，频率分析，材料本构
- **结构动力学分析** - 隐式、显式求解
- **流固耦合** - 无任何限制的耦合能力，移动网格及自适应网格技术
- **多物理场** - 不同物理场之间的耦合



ADINA--一流固耦合分析的首选工具

- 对求解问题无限制条件
- 求解耦合方程
 - 直接FSI耦合求解
 - 迭代FSI耦合求解
- 变形网格处理-ALE动网格技术
 - 参数化动网格
 - 自适应网格 (SAM)
 - 滑移网格 (Sliding Mesh)



ADINA--一流固耦合分析的首选工具



流体力学

--不可压缩，弱可压缩，低速或者高速可压缩流体。

结构

--各种结构单元类型都可以参与FSI过程（即壳单元，2D和3D结构单元，梁单元，等参梁单元，接触面等）

--支持各种材料模型及非线性物理过程如材料失效、单元生死、结构失稳、相变等等。

势流的流固耦合模型

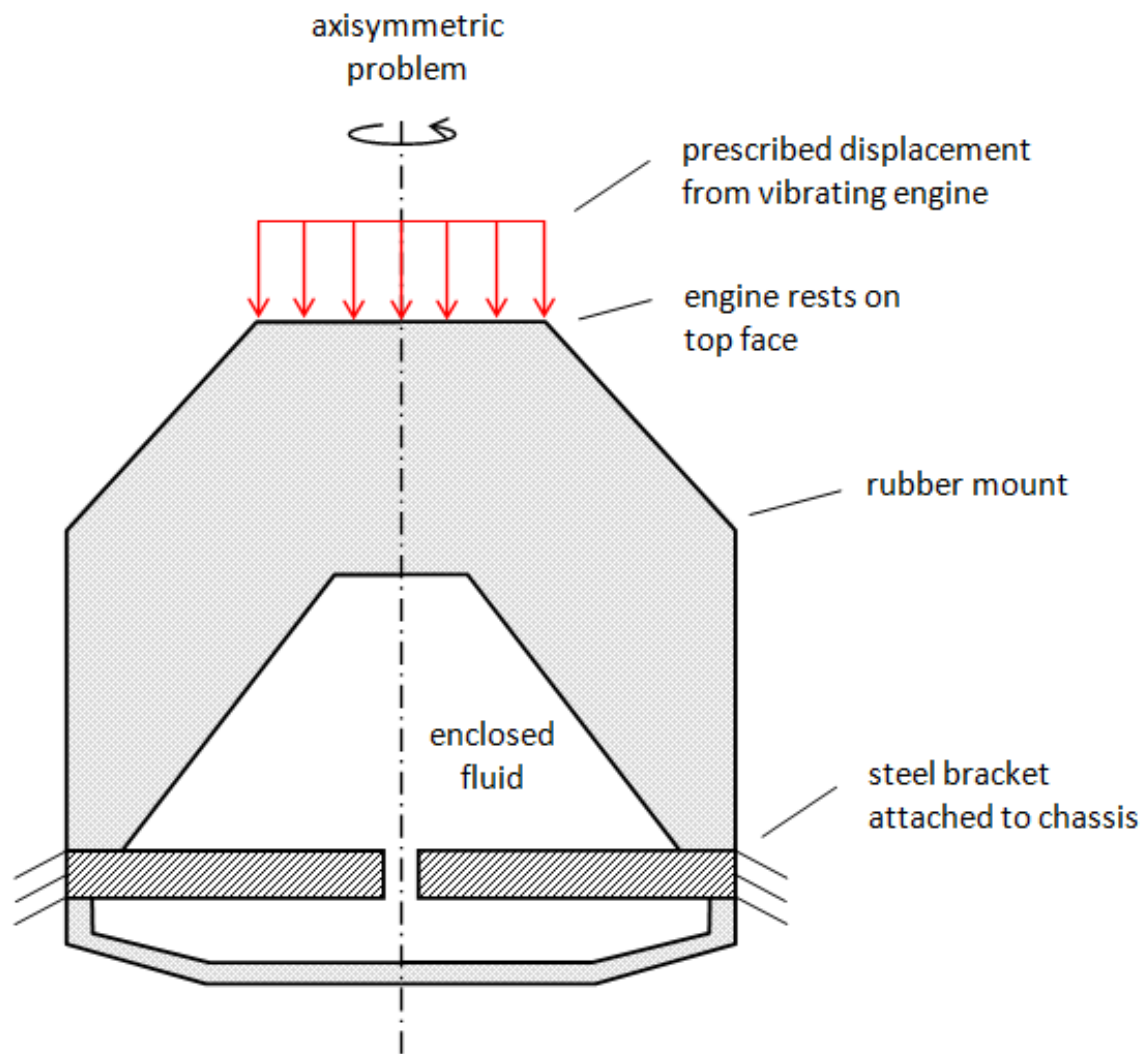
ADINA—流固耦合分析的首选工具

- 直接求解和迭代求解的比较
- 迭代法
 - 占用内存少（计算时据自由度线性伸缩）
 - 求解大规模问题
 - 某些直接法能解决的问题是无法求解的
- 直接法
 - 需要占用更多的内存（计算时据自由度平方伸缩）
 - 对处理复杂FSI问题具有更强的鲁棒性
 - 适用于瞬态求解

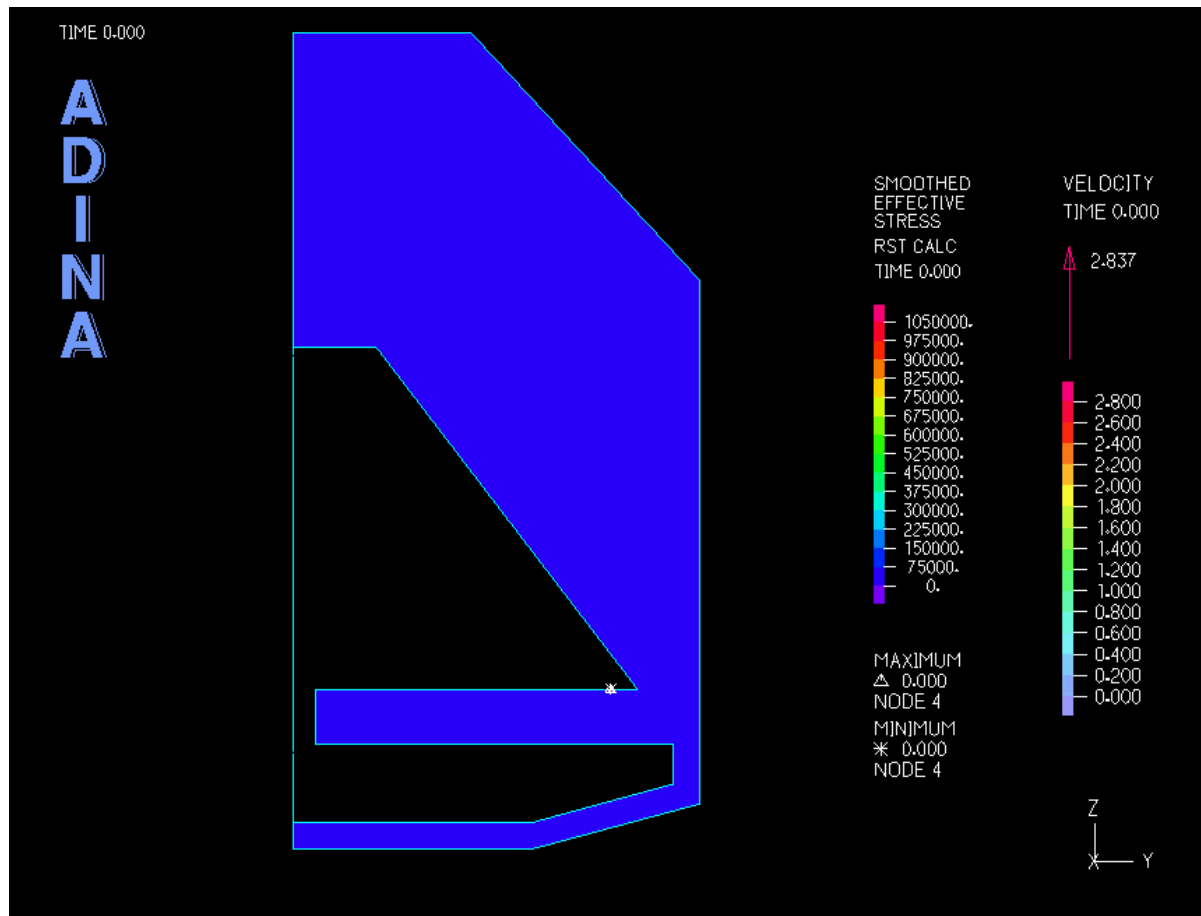
ADINA—流固耦合分析的首选工具

- 直接求解和迭代求解的比较
- 一旦收敛，两种耦合方法会得出同样的解
- 直接FSI耦合法对处理复杂FSI问题具有更强的鲁棒性，比如：
 - “软”结构在轻微压力下产生大变形或高可压缩流冲击到结构的表面等非常复杂的问题
 - 几乎不可压缩流体被变形边界域封闭的问题

案例：液阻悬置



直接FSI耦合



迭代FSI耦合

- ADINA求解会发生崩溃，并提供如下警告：

*** WARNING *** CODE ADF6033:

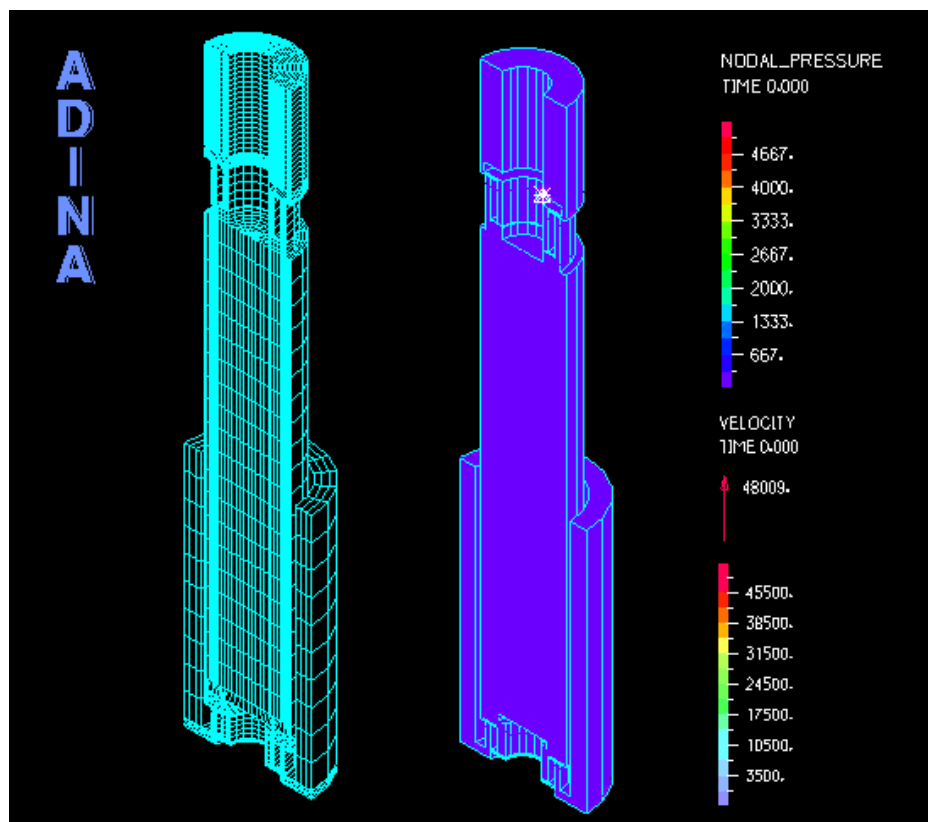
Absolute residual 1.65E+15 of pressure is too large.

- 当封闭流体为几乎不可压缩流体时，一个小的改变将会产生巨大的压强变化
- 问题的难点在于当求解固体方程时，方程并不能求解由于固体边界的变形导致的流体压强变化

ADINA—一流固耦合分析的首选工具

参数化动网格

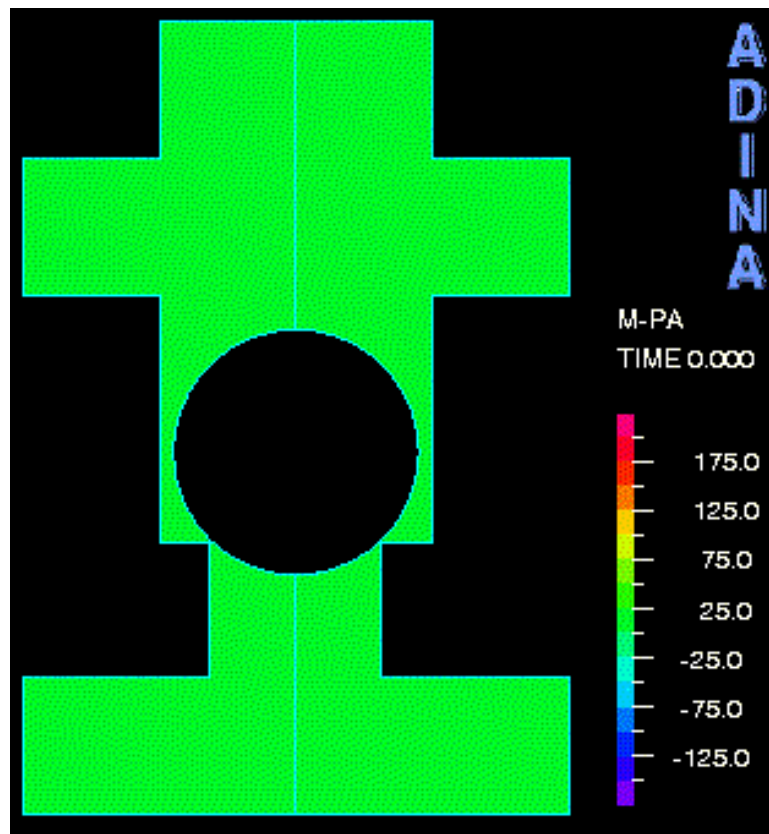
- 网格本身具有变形能力
- 小位移
- 大位移：要求网格规则，容易出现overlap
- 与Leader-Follower相结合



ADINA—一流固耦合分析的首选工具

自适应网格

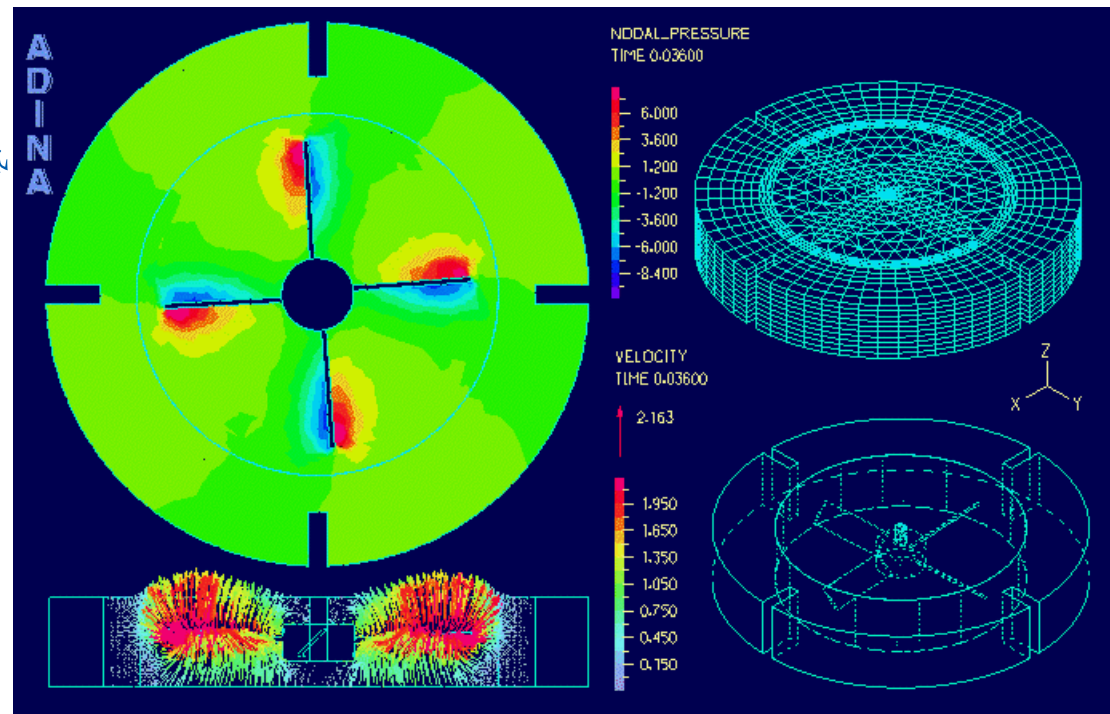
- 软件根据计算中的变量值自动重划分网格，自动确定各个部位的网格密度；
- 复杂流场问题；
- 提高计算精度；



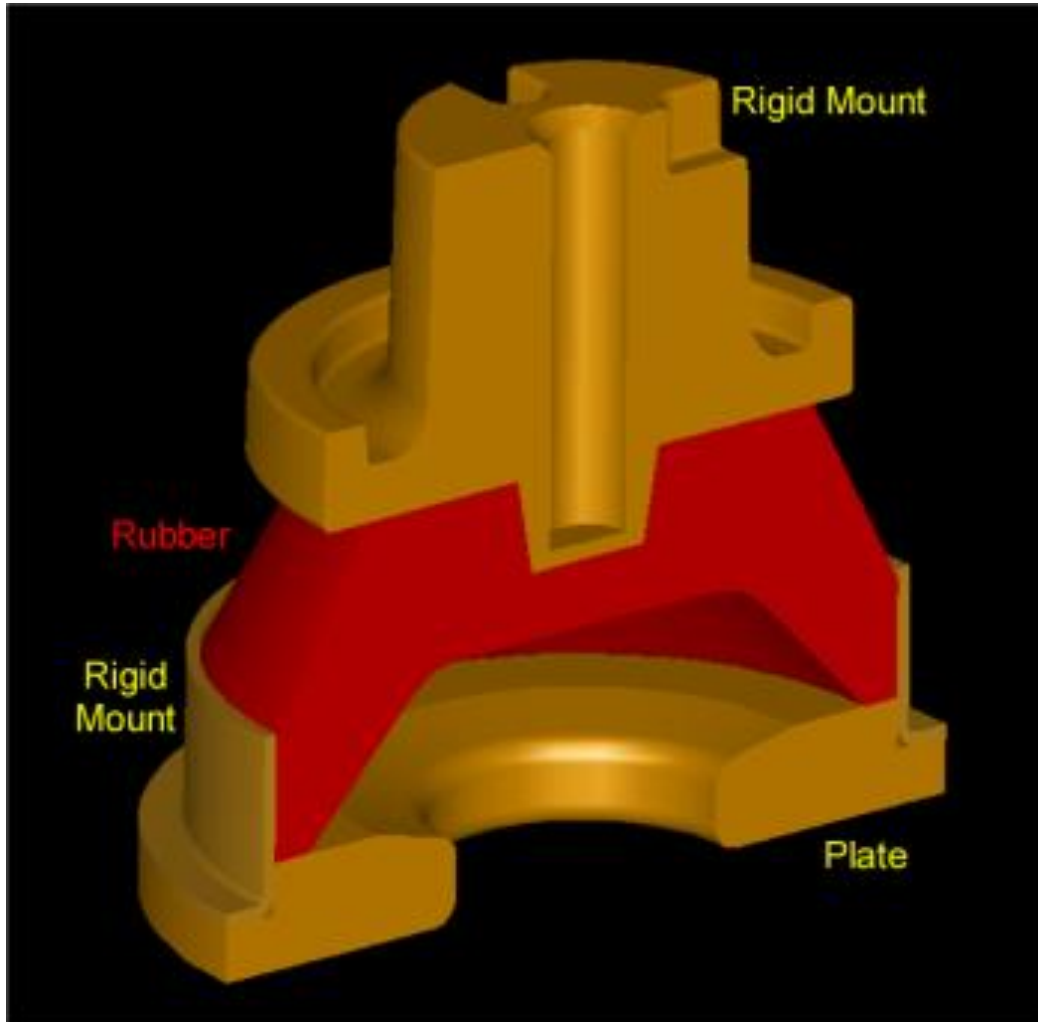
ADINA—一流固耦合分析的首选工具

滑移网格

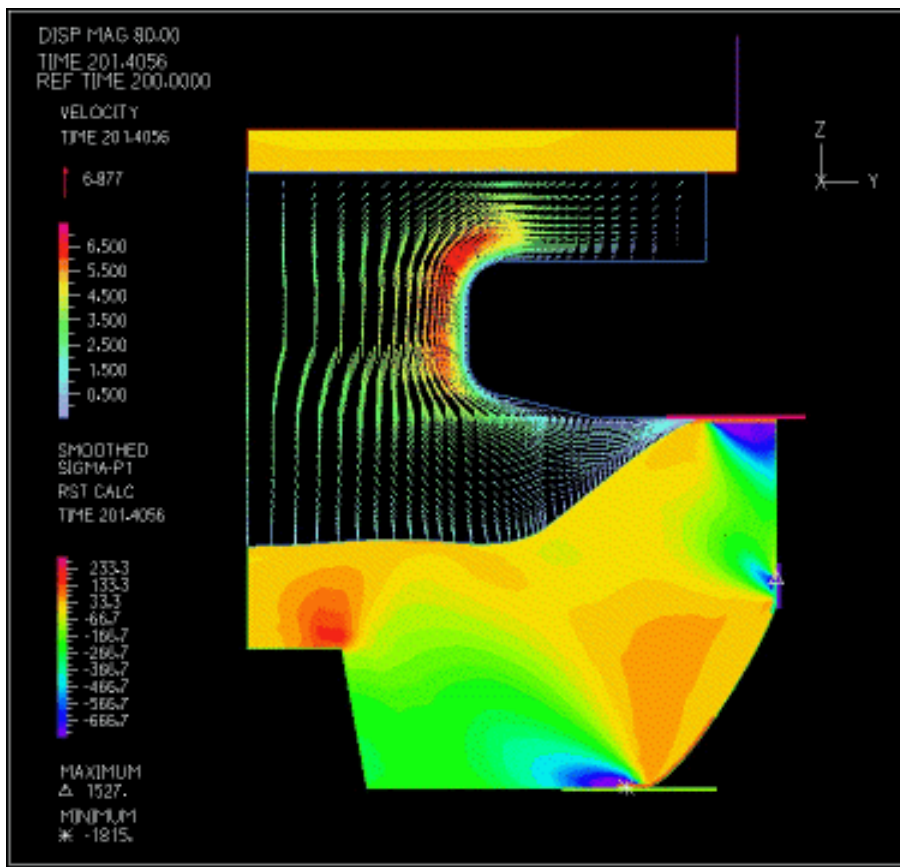
- 处理界面两侧网格运动趋势不同的物理问题；
- 旋转机械、相对移动问题；
- 要与Leader-Follower配合使用



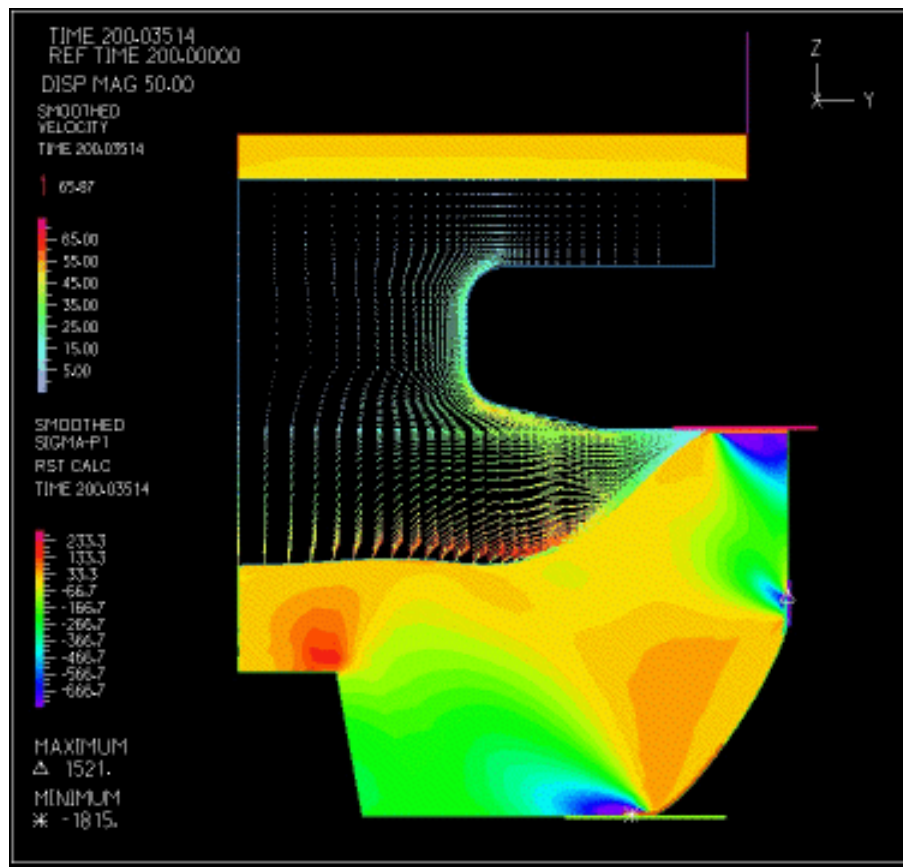
液压悬置 (hydromount) 流固耦合分析



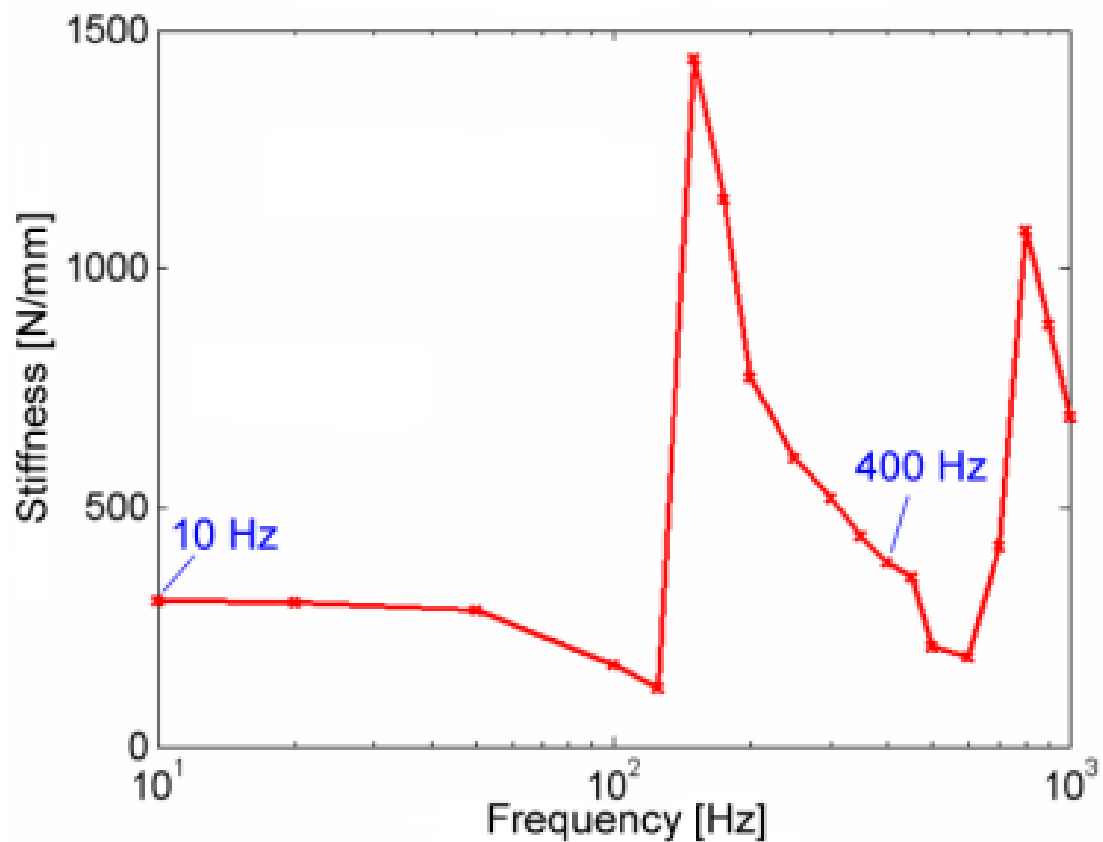
发动机液压悬置 (hydromount) 流固耦合分析



激励频率：10 Hz
橡胶上的最大主应力和流体速度

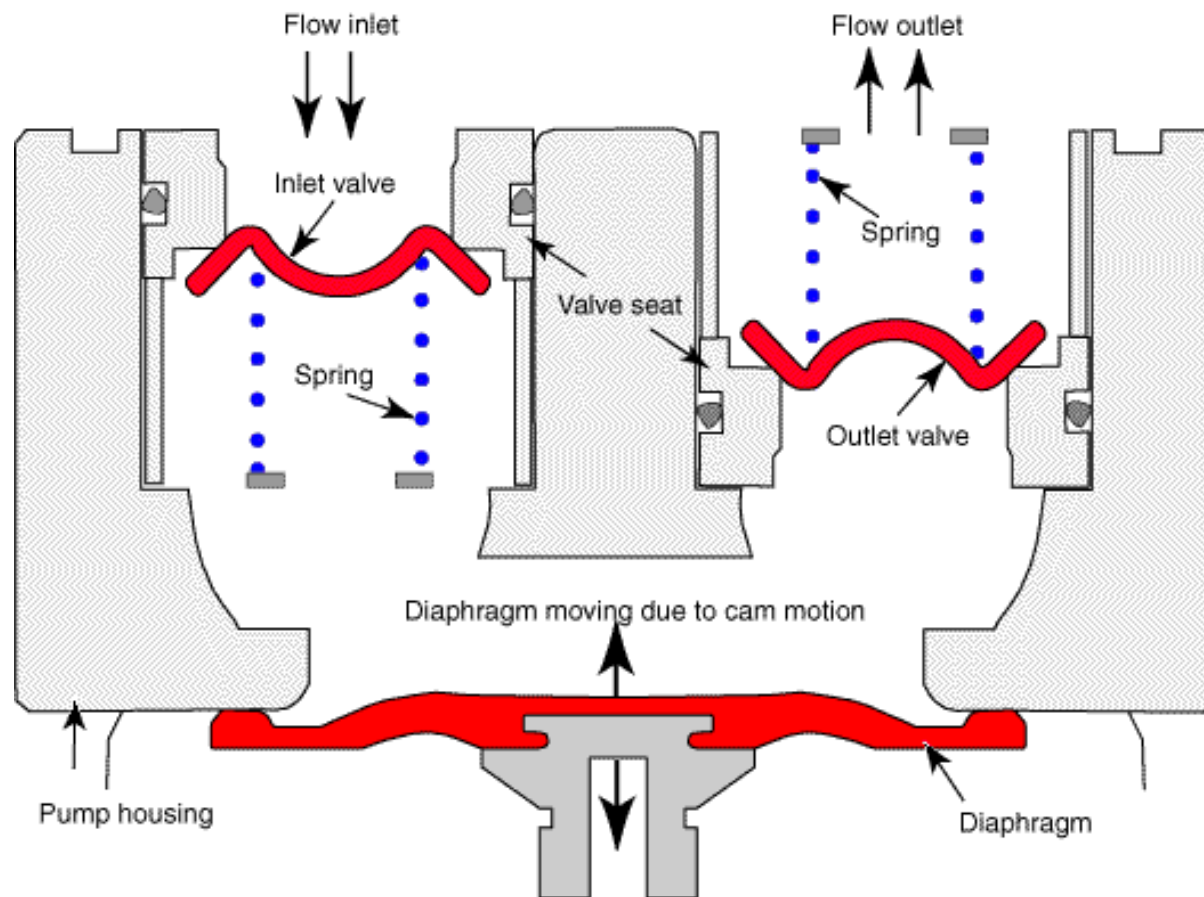


激励频率：400 Hz
橡胶上的最大主应力和流体速度

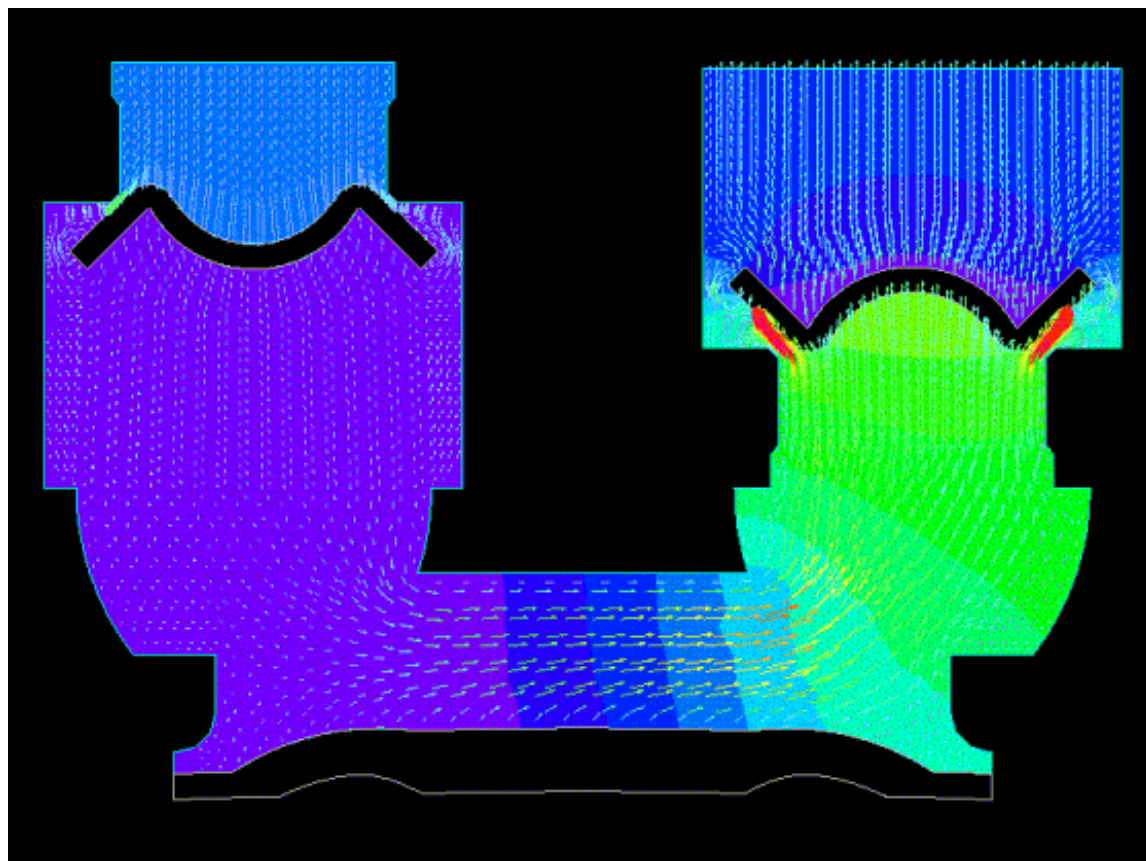


液压悬置刚度曲线

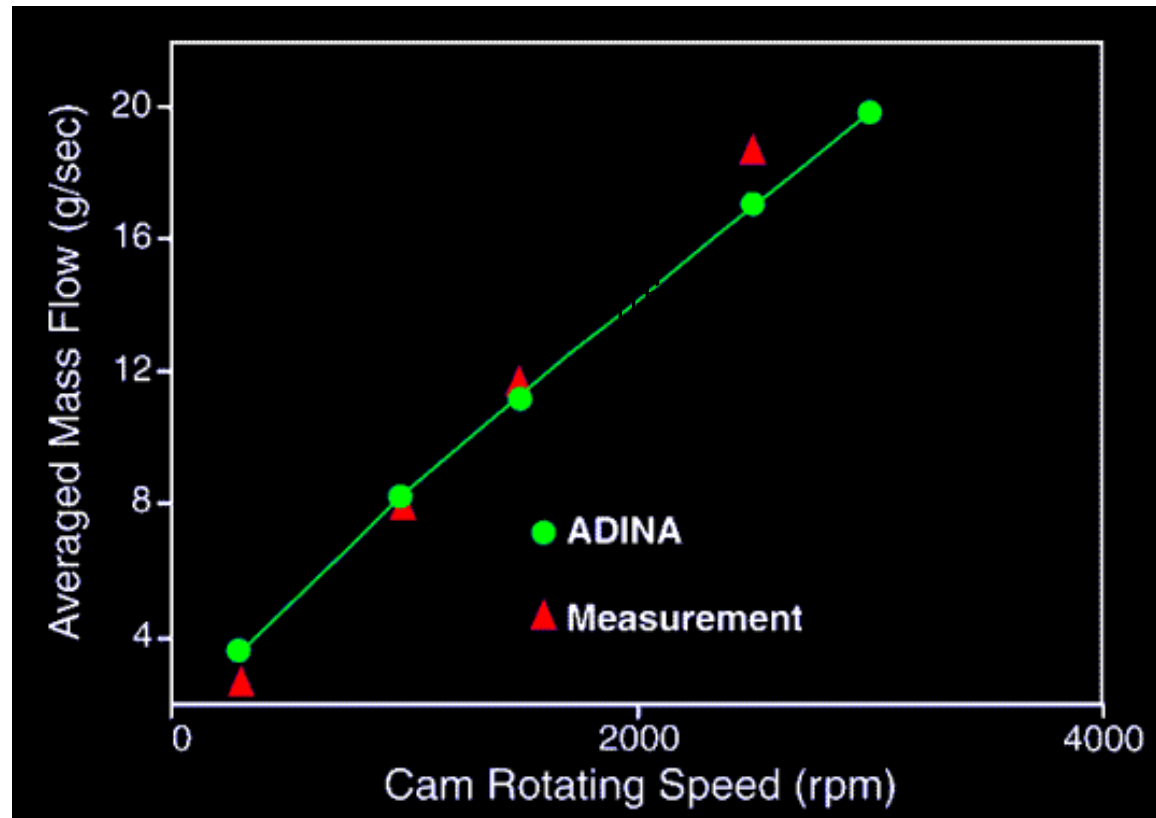
燃油泵的流固耦合模拟



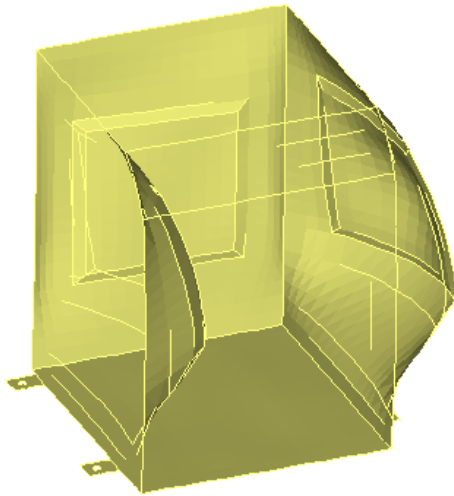
燃油泵的流固耦合模拟



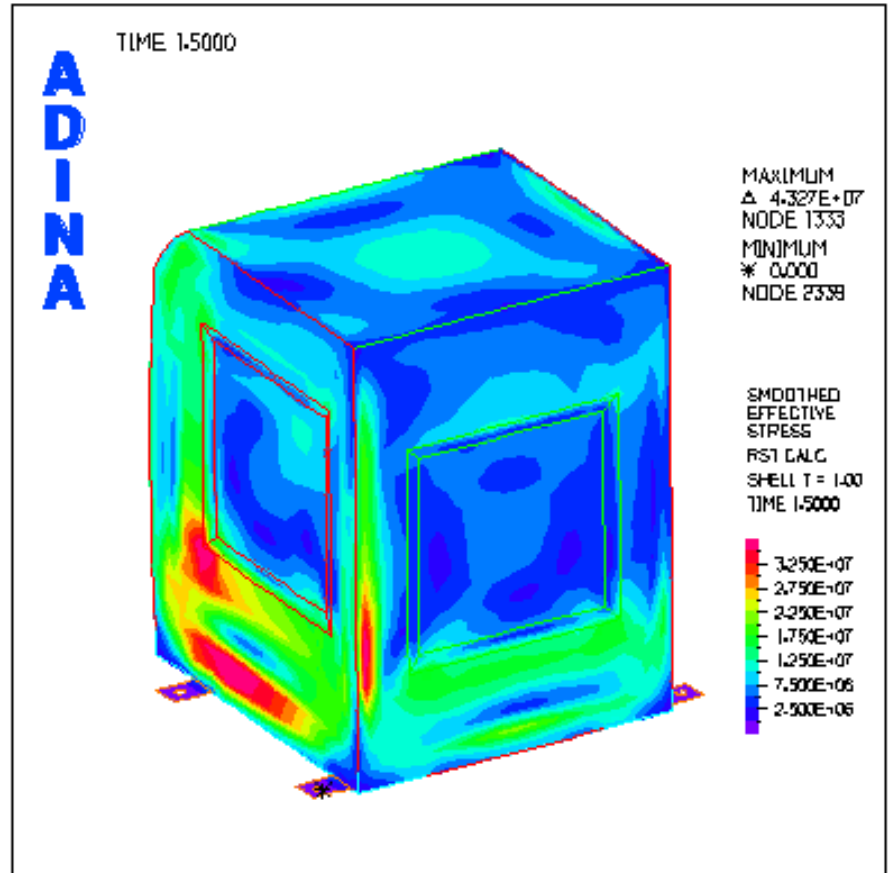
燃油泵的流固耦合模拟



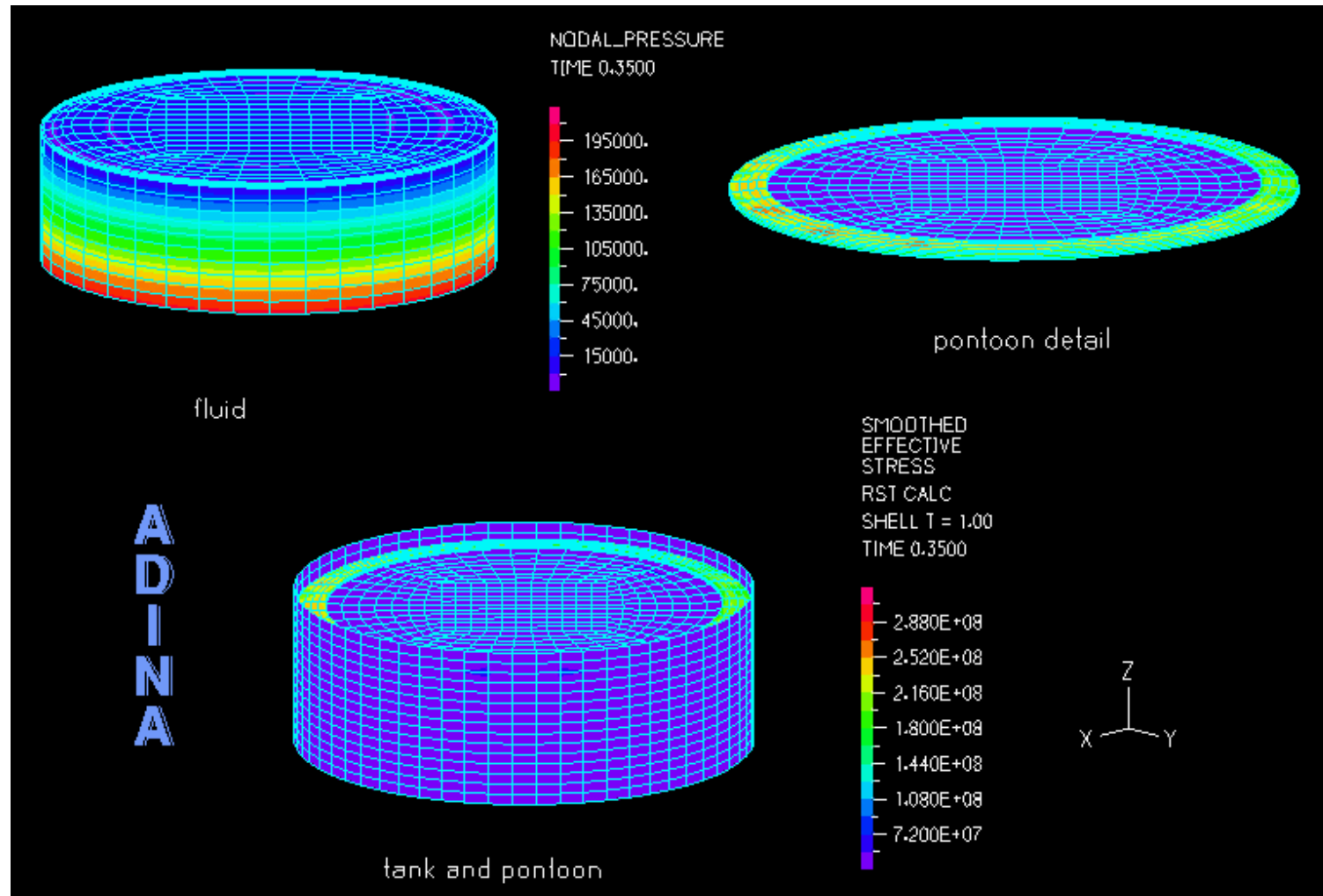
运用势流体模拟储液罐动力响应



24Hz

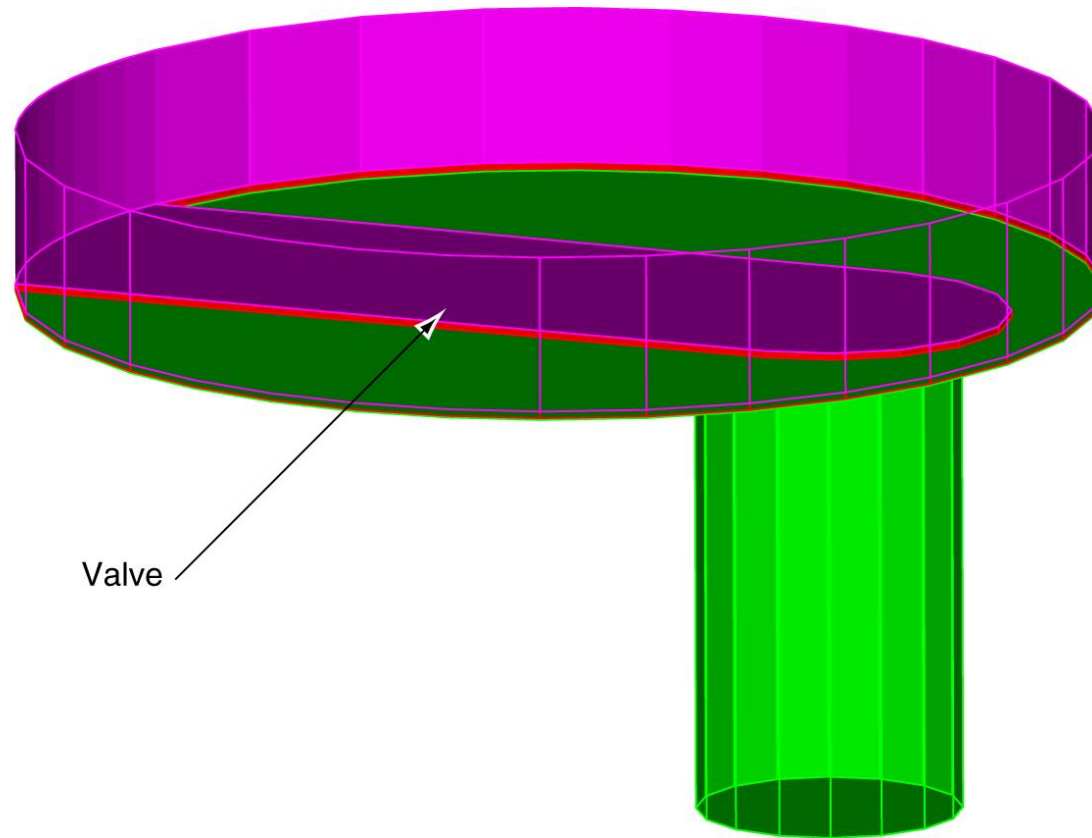


运用FSI模拟储液罐动力响应

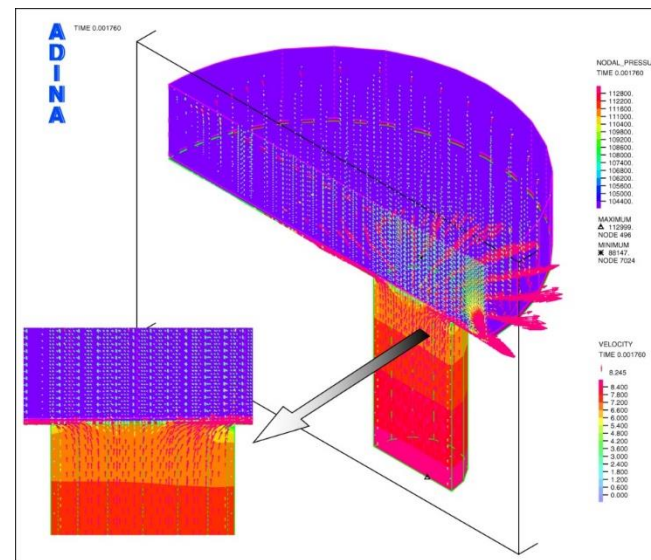
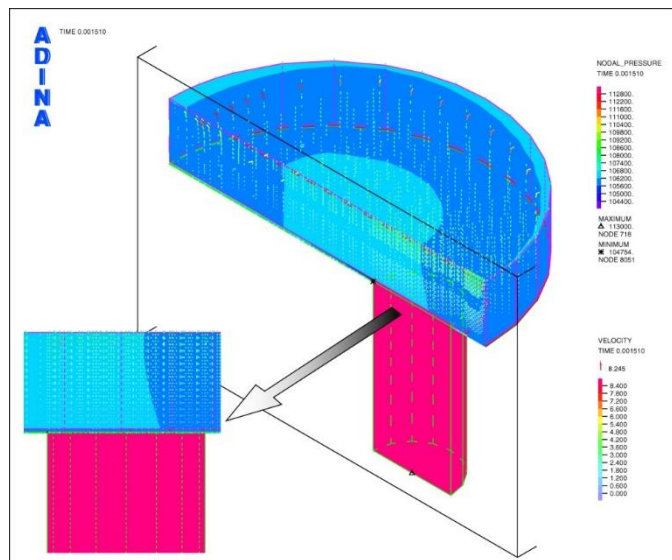


往复式空气压缩机

A
D
I
N
A



往复式空气压缩机



ADINA

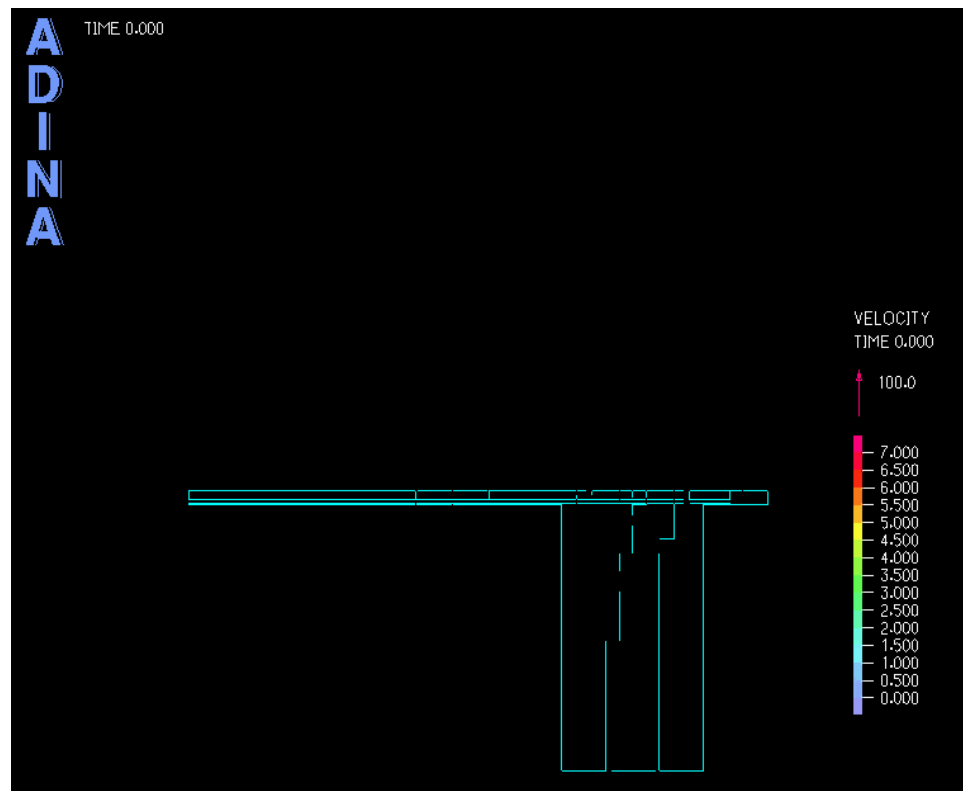
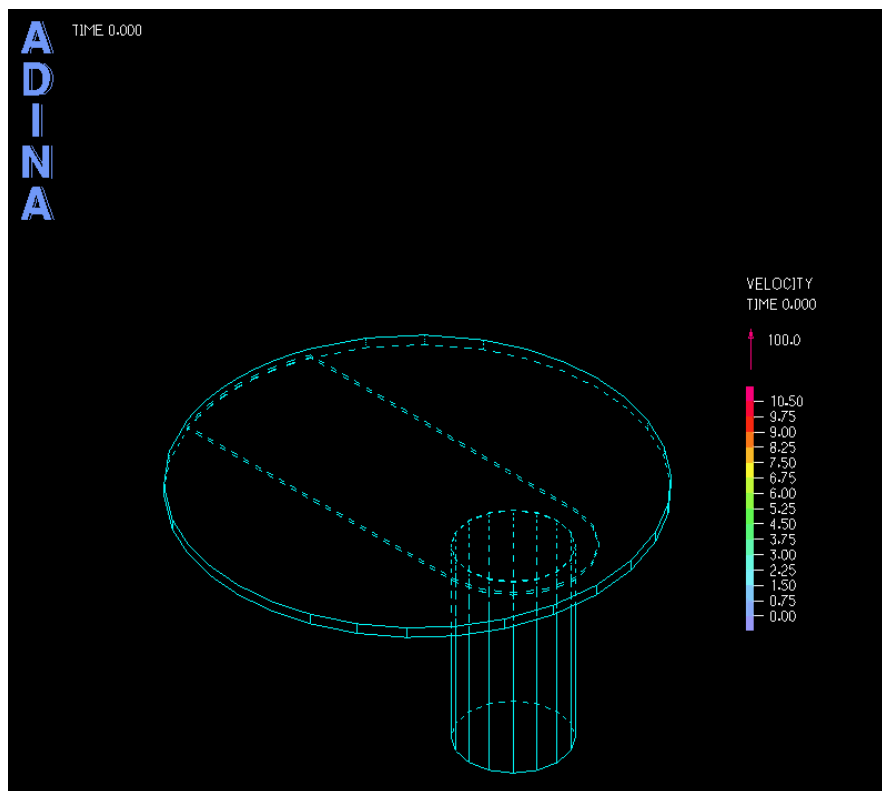
TIME 0.001510

TIME 0.001760



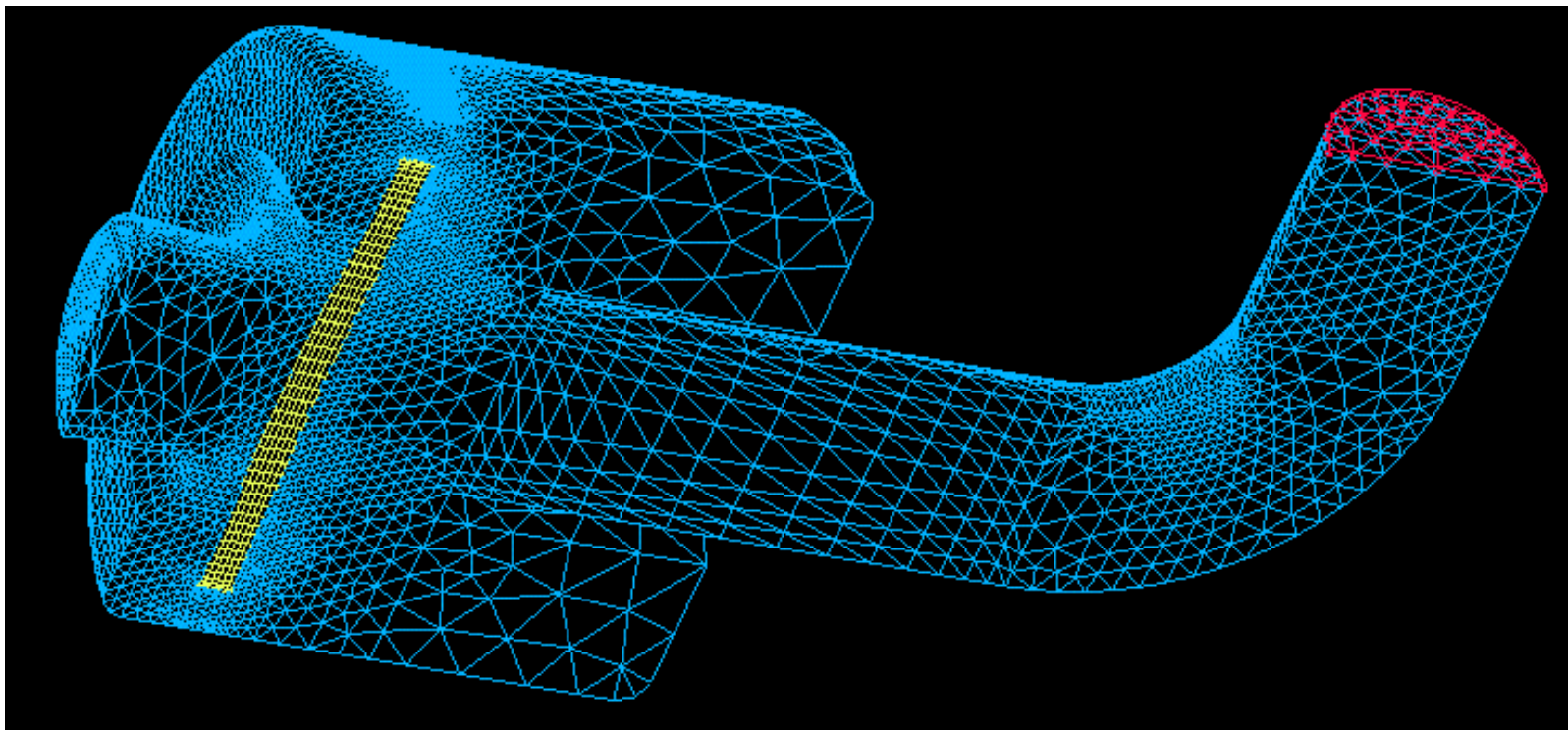
采用ADINA FSI独有的Gap 边界条件

往复式空气压缩机



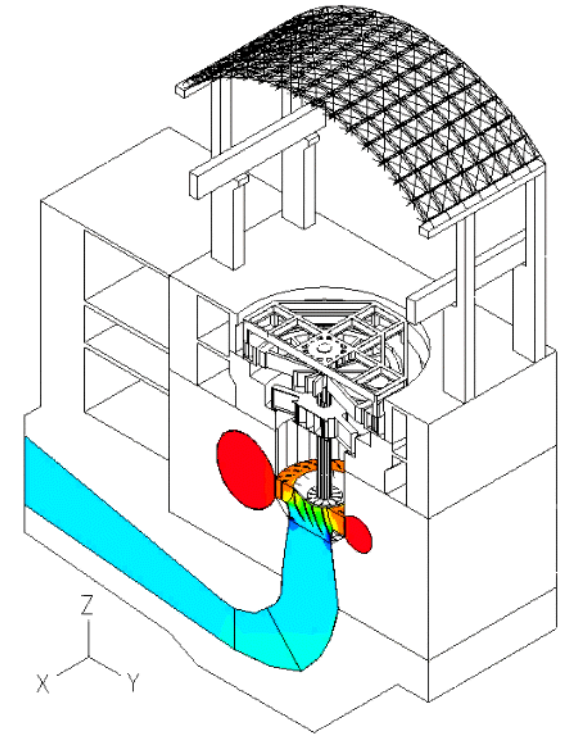
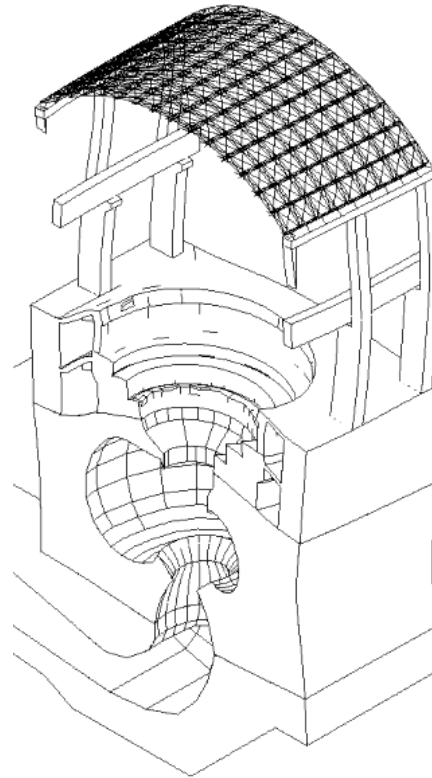
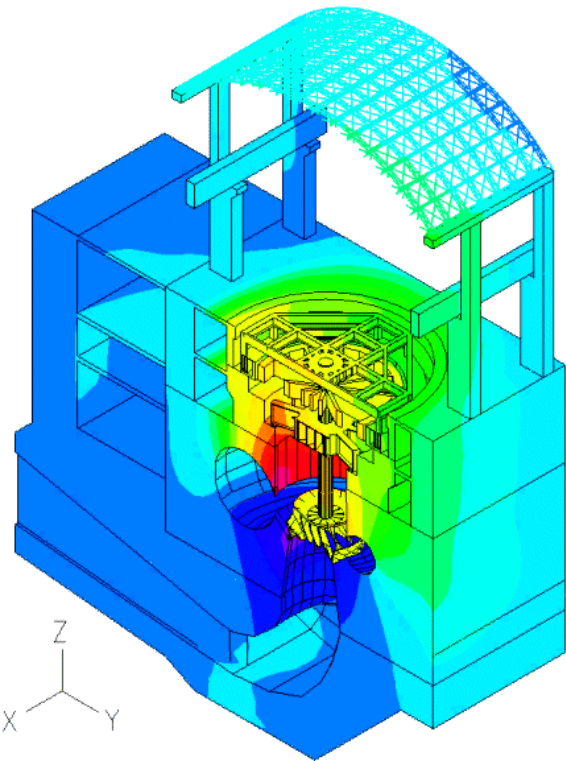
速度分布

薄膜阀流固耦合模拟



流体压强引起薄膜的变形，同时变形会导致流动边界的改变。

水电站流固耦合分析



总结ADINA FSI特点

1. 同一平台的流固耦合模拟，具有更好的兼容性和数值稳定性；
2. FSI分析可以实施于各种流体类型，包括不可压缩，弱可压缩，低速或者高速可压缩流体。另外，所有的流体材料模型包括非牛顿流体，湍流模型和VOF法都可用于FSI分析；
3. 所有的结构单元，接触和结构材料模型（如弹性，粘弹性，橡胶，塑料等）都可以用于FSI求解；
4. ADINA允许流体模型和结构模型使用任意的网格。并且，流体和结构的网格在流固耦合界面上不需完全匹配；
5. 在分析FSI模型时还支持电磁、热和多孔介质的耦合。
6. 在流体模型中可以使用间隙边界条件-gap边界条件。在中仿ADINA中，可将gap边界条件与接触功能联合使用，以模拟汽车和生物医学领域中的阀门的关闭和开启现象。
7. 提供多种移动网格处理技术，包括参数化动网格和自适应性网格重划分技术，从而为不同的流体域生成最适合尺寸的网格，提高求解精度和效率。

DEMO-防抱死制动系统 (ABS) 的流固耦合分析

分析步骤

结构部分:

大变形设定

几何绘制

边界设定:

- ✓ 固定弹簧顶点
- ✓ 约束钢球自由度
- ✓ 流固耦合边界设定

定义材料:

- ✓ 弹模 $2.06e11$
- ✓ 泊松比 0.3
- ✓ 密度 7800

定义单元组:

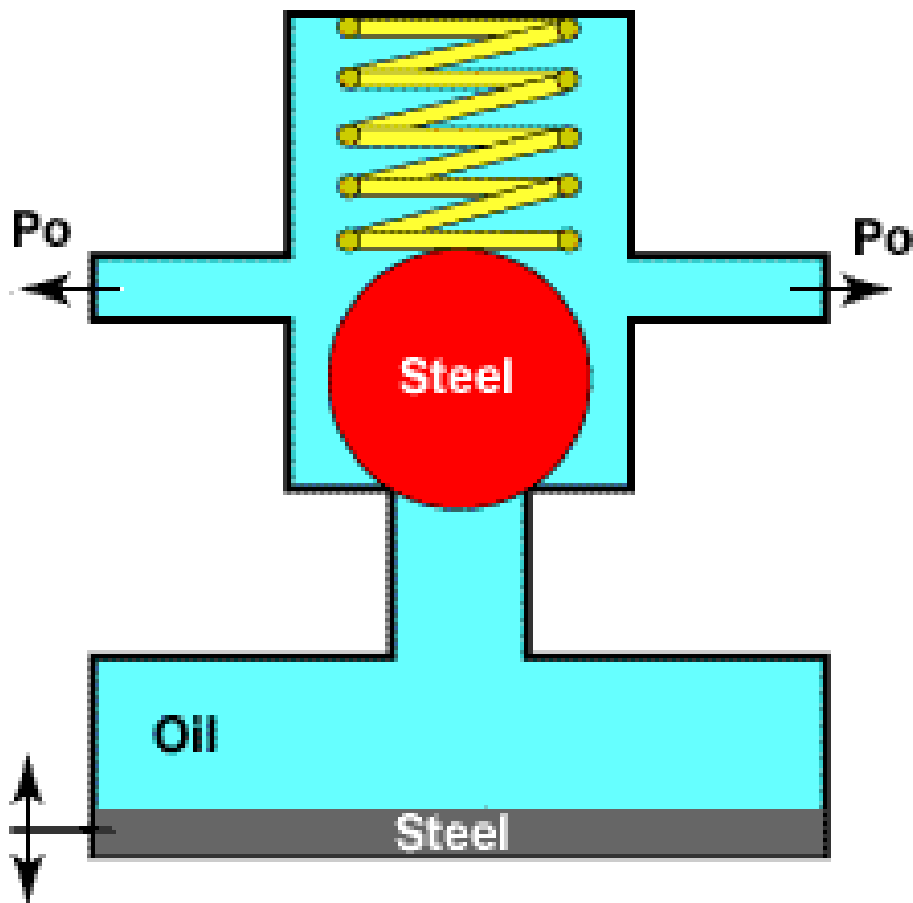
- ✓ 2D实体单元, 平面应变;
- ✓ 弹簧单元, 刚度 50

定义网格大小

划分网格:

- ✓ 面, 弹簧

保存文件并生成求解文件



DEMO-防抱死制动系统 (ABS) 的流固耦合分析

分析步骤

流体部分:

定义模型控制参数

- ✓ 直接耦合求解, 最大迭代次数150
- ✓ 流动假设条件设置
- ✓ 自适应网格, NO-FCBI

几何绘制

边界设定:

- ✓ 壁面
- ✓ 移动壁
- ✓ 流固耦合边界设定

定义材料:

- ✓ 粘度0.01
- ✓ 密度950
- ✓ 体积模量 2.56×10^9

定义单元组:

- ✓ 2D流体单元, 平面;

定义网格大小

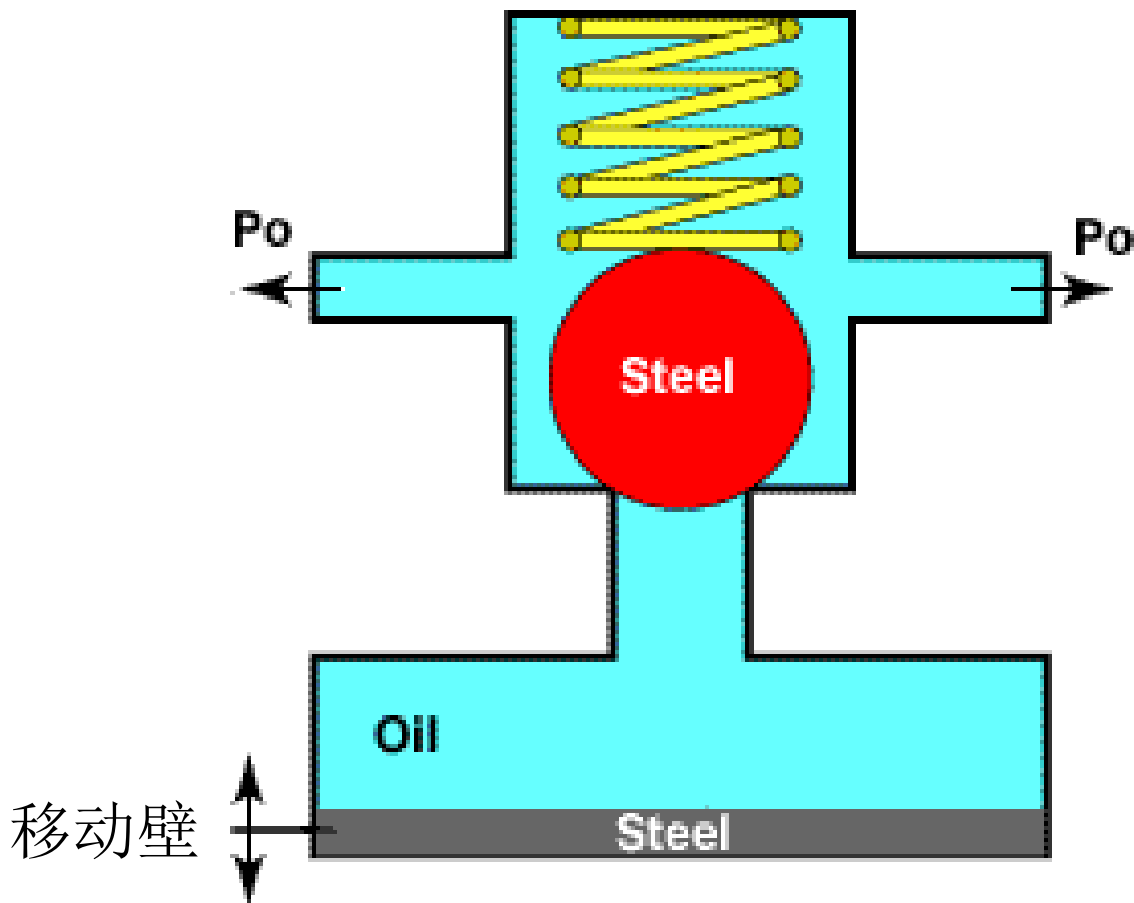
划分网格

定义时间函数、时间步

定义初始条件

- ✓ 初始压力115000

保存文件并生成求解文件



更多资源请关注

中仿科技:

<http://www.cntech.com.cn>

ADINA资源光盘下载:

<http://adina.cntech.com.cn>

ADINA交流QQ群:

303365751

