

# *GT-SUITE*多体动力学仿真

[www.CDAJ-China.com](http://www.CDAJ-China.com)

- 所属：CDAJ-China
- 制作：GT-Team

➤ 李书泽



## 目录

---

- 多体动力学概述
- 配气系统仿真及案例
- 曲轴系统仿真及案例
- 齿轮，链，带传动及案例
- 车辆仿真
- 液压-机械系统仿真及案例
- 电-机械系统仿真

# 概述

## ● 通用多体动力学

- 具有完整而强大的通用机械机构和1D(平动和转动)，2D(平面运动)，3D刚性和柔性模板库

## ● 通用平面运动学

- 单独的平面运动学模板库

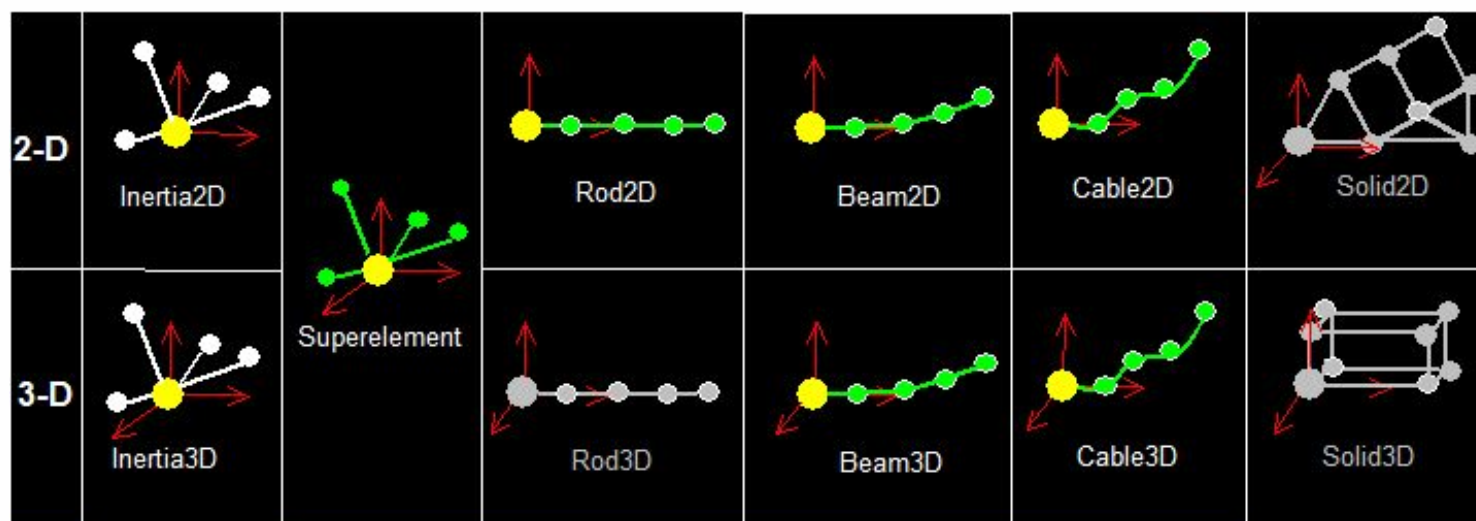
## ● 专用库

- GT-SUITE也提供了一些高级的专门模板库：
  - ◆ 配气机构
  - ◆ 曲轴机构
  - ◆ 齿轮、链和带传动
  - ◆ 车辆和传动系统
  - ◆ 电磁机械
- 这些专用库使用更加方便，内置了许多“专家知识”，可以提供自动的专门输出



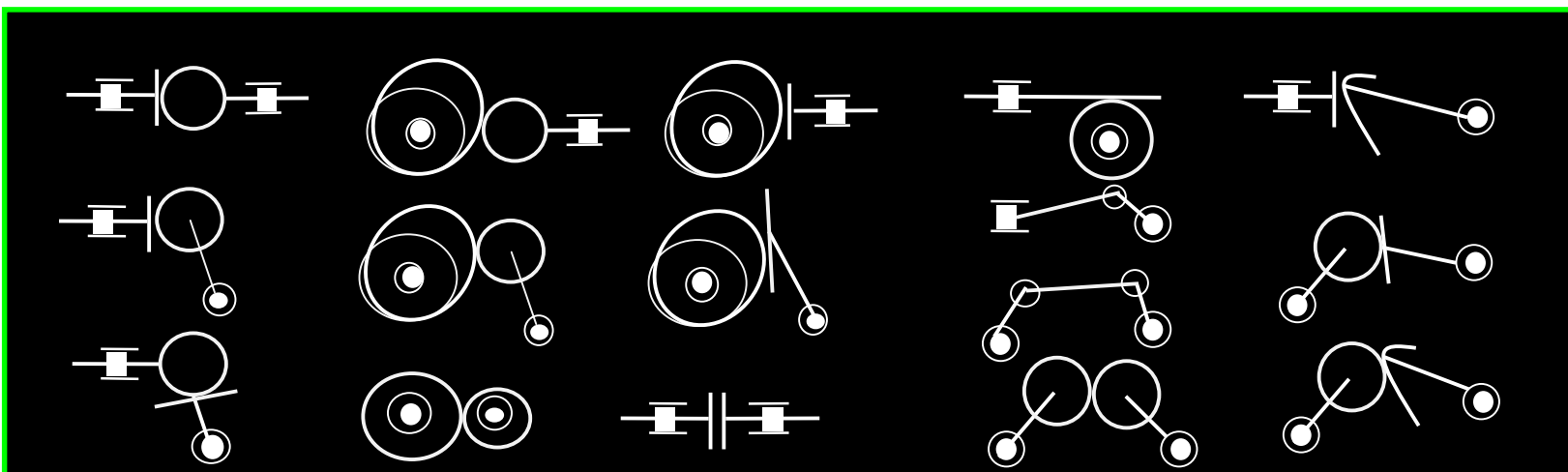
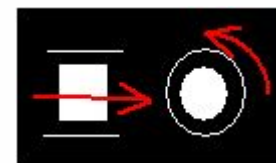
# 多体动力学

- 1D平动/1D转动 / 2D / 3D 多体动力学
- 柔性体 (Rod杆, Beam梁, Cable索, Super element等)
- 刚度/阻尼, 接触+摩擦, 接头
- 2D/3D 接触运动学和摩擦学分析



## 通用平面运动学

- 直线和旋转自由度
- 所有通常的运动学计算
- 凸轮（或者接触面）求解，包括摆动凸轮
- 可以用于模拟任意平面机构
- 在所有运动学分析中可以考虑间隙
- 详细信息和动画输出



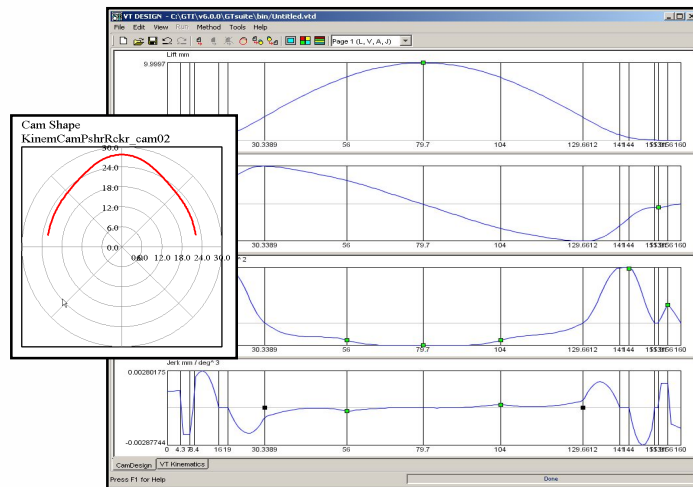
## 配气系统仿真

- 可以灵活地建立和分析配气机构（通用2D/3D MBD）。另外对于多数传统机构：
  - 利用VT-Design进行运动学和准动力学分析
  - 包含了专家知识的高级配气机构专用库
- 柔性体（例如摇臂等）：直接输入缩减的零件刚度矩阵
- 通用的2D接触（赫兹/EHD分析）
- 完整的多缸配气机构，凸轮轴扭转/弯曲动力学
- 液压间隙调节器，相位调节器，液压-机械或者电磁VVA
- 通用平面运动学，机械VVA（例如摆动凸轮机构）

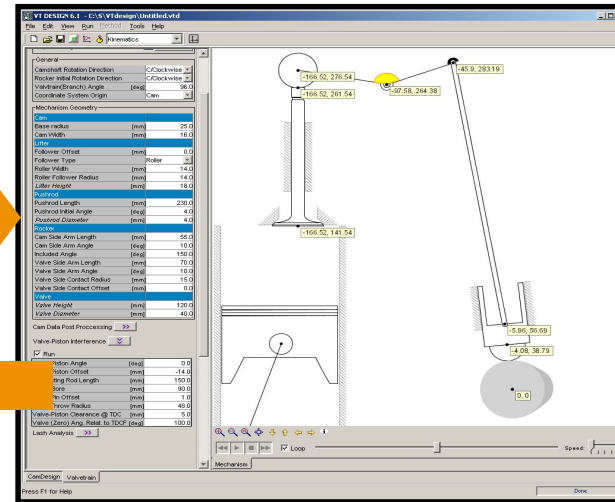
# 配气系统仿真

## 1. 凸轮设计，配气机构运动学/准动力学分析

### 交互式凸轮设计

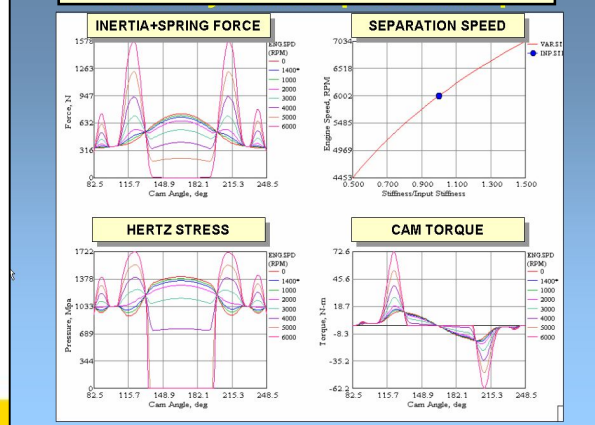


### 交互式运动学和准静态分析

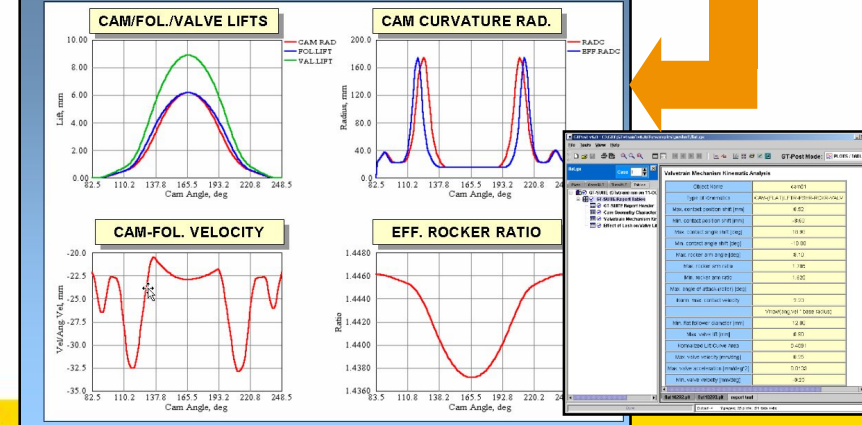


到多体  
动力学  
分析

### 准静态（机械）分析

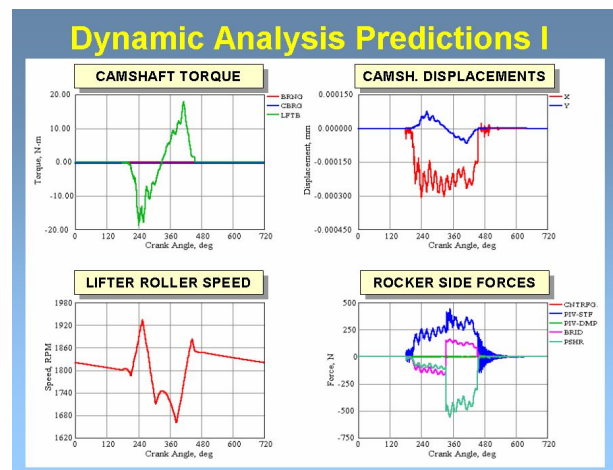


### 运动学分析

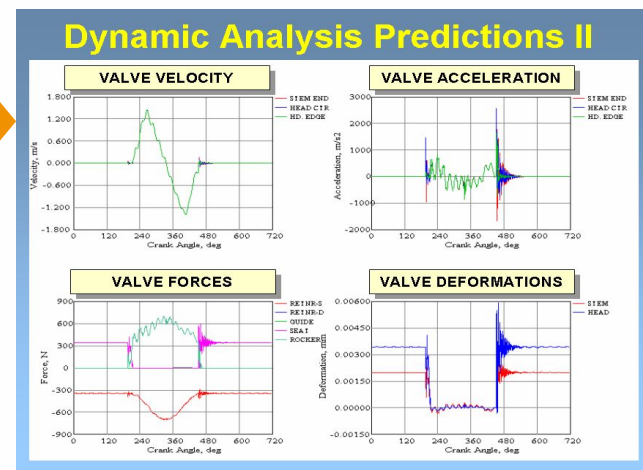


# 配气系统仿真

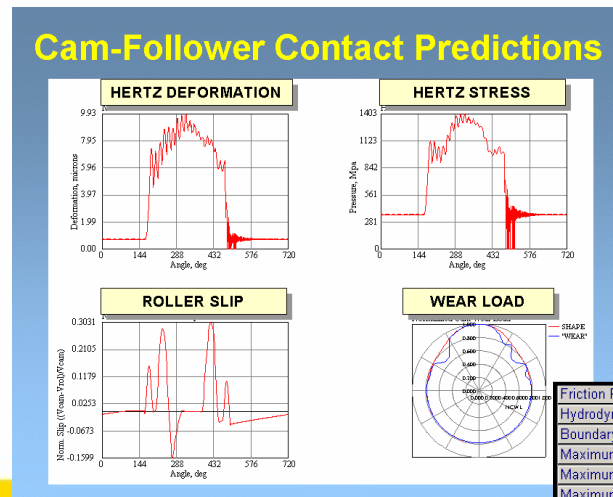
## 2. 单个配气机构分支的多体动力学分析



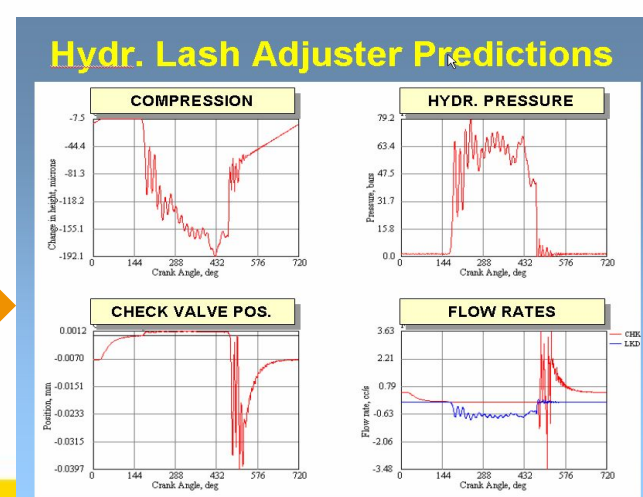
运动学分析



多缸配气机构动力学分析



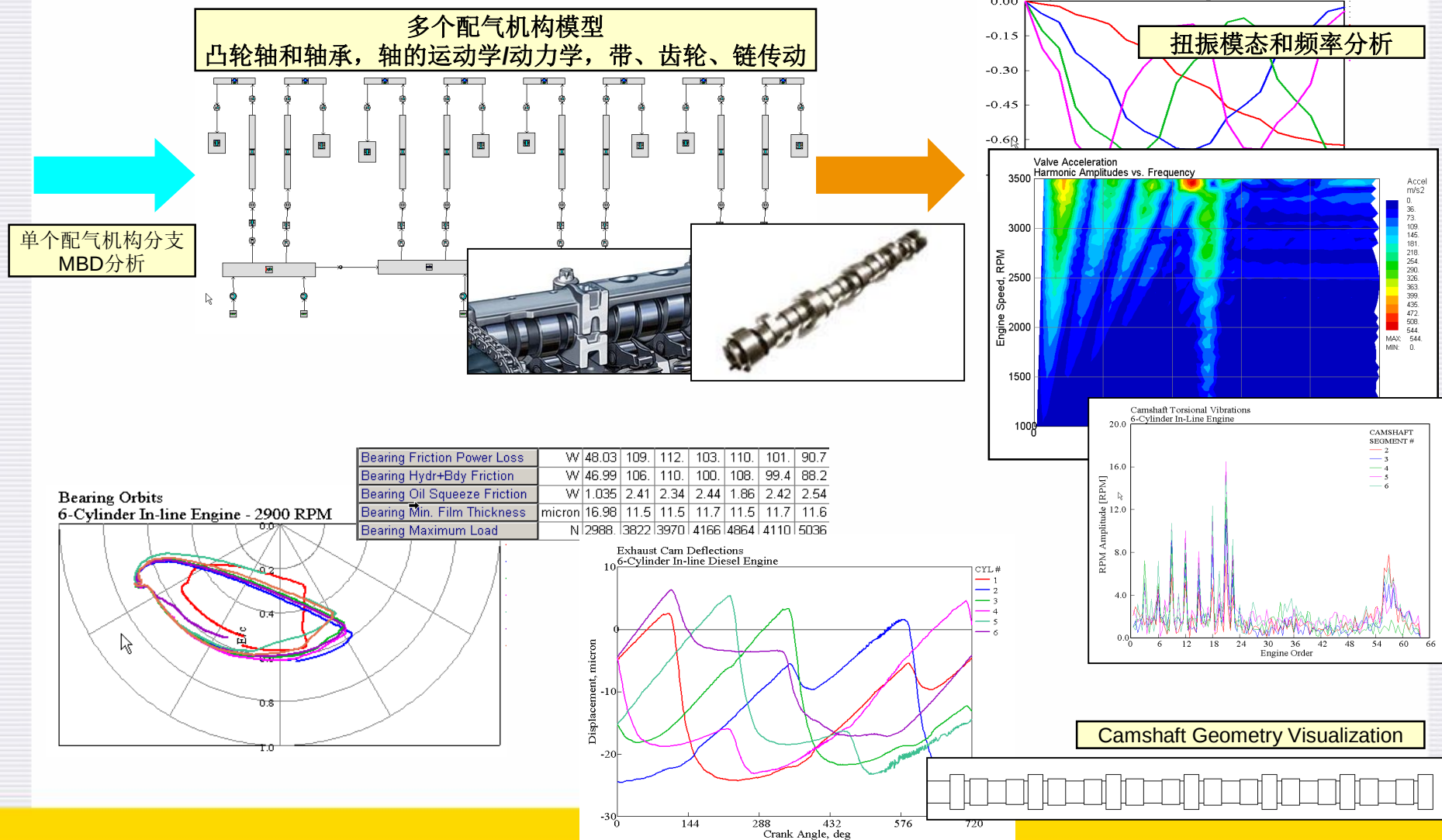
单个配气机构分支的多体动力学分析



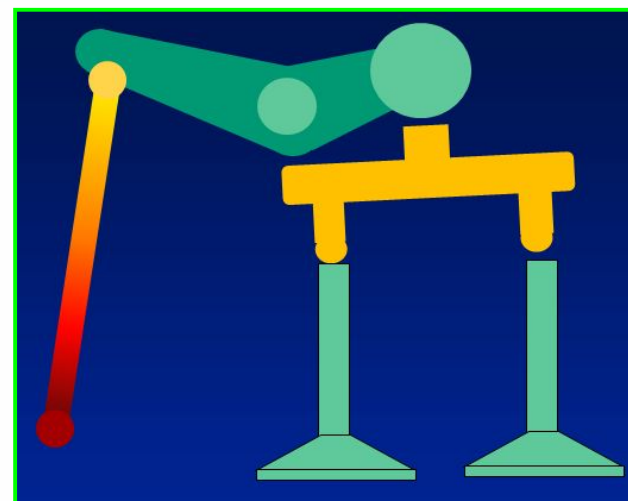
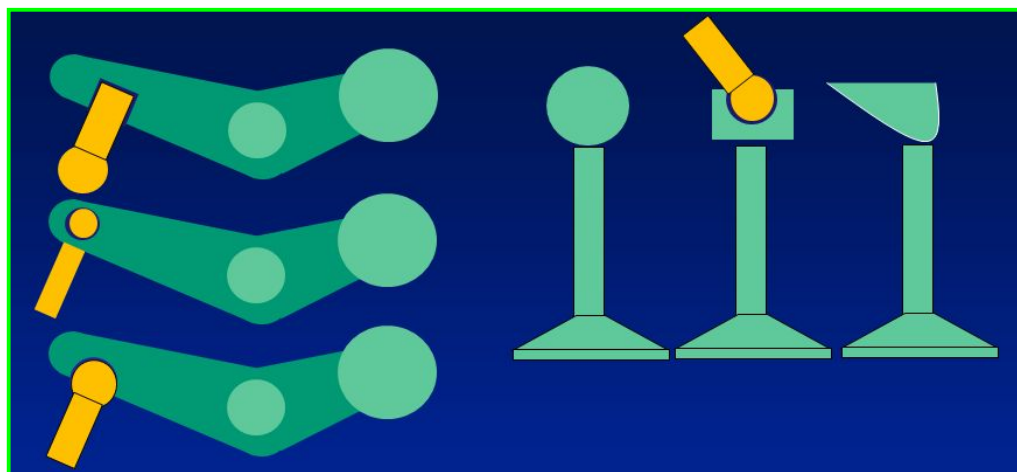
|                                  |        |            |
|----------------------------------|--------|------------|
| Friction Power Loss              | W      | 6.90014    |
| Hydrodynamic Friction Power Loss | W      | 6.90008    |
| Boundary Friction Power Loss     | W      | 6.78339e-0 |
| Maximum Cam Wear Load            | kW/m²  | 1.48727    |
| Maximum Cam Torque               | N.m    | 21.4446    |
| Maximum Hertz Deformation        | micron | 6.41281    |
| Maximum Hertz Stress             | MPa    | 1472.58    |
| Min. Oil Film Thickness          | micron | 0.0477062  |

# 配气系统仿真

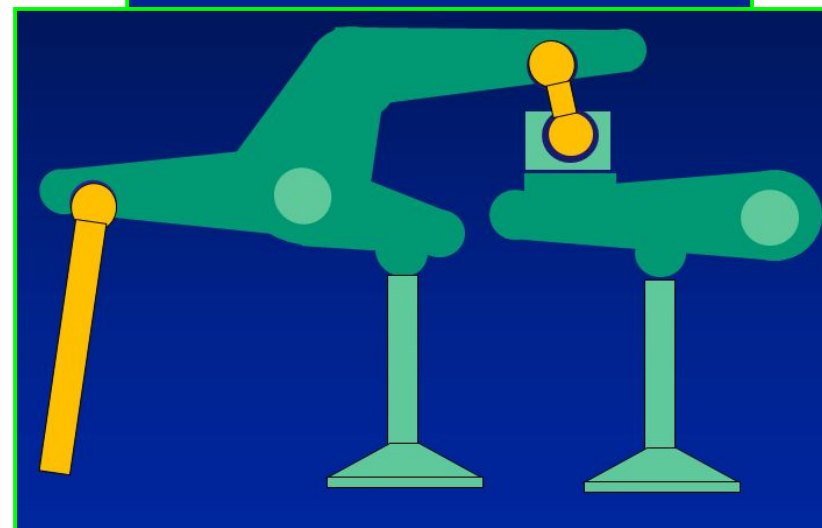
## 3. 完整的配气机构模型，凸轮轴扭转振动分析



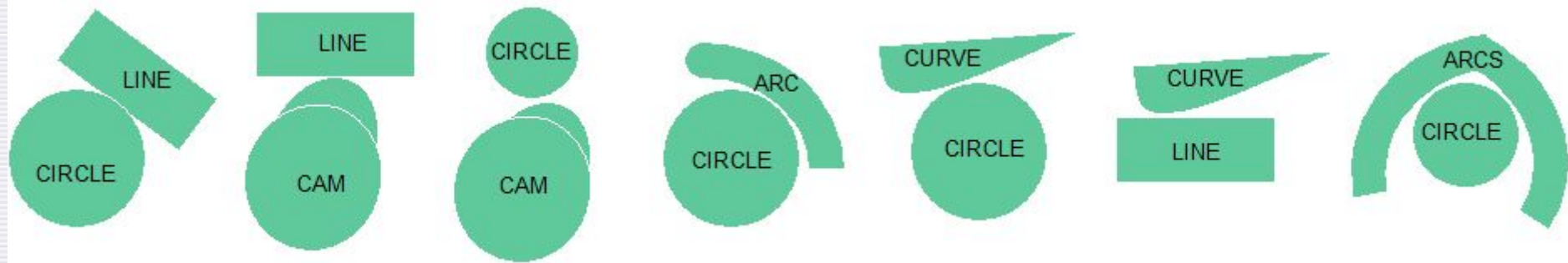
## 通用配气机构配置



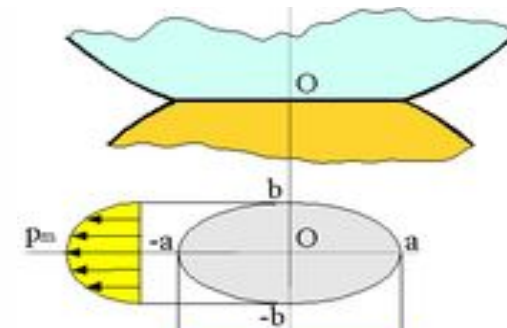
- 任意接触，接头
- 非传统零件
- 螺旋弹簧，HLA
- 倾斜杆，“象足”
- 双凸轮
- 双摇臂
- 阀桥
- 3D推杆



## 通用2D(平面) 接触



- 在所有接触中进行  
Hertz接触和EHD分析



- 接触可以作为  
切向约束（无分离）



Template: Contact2D

Object:

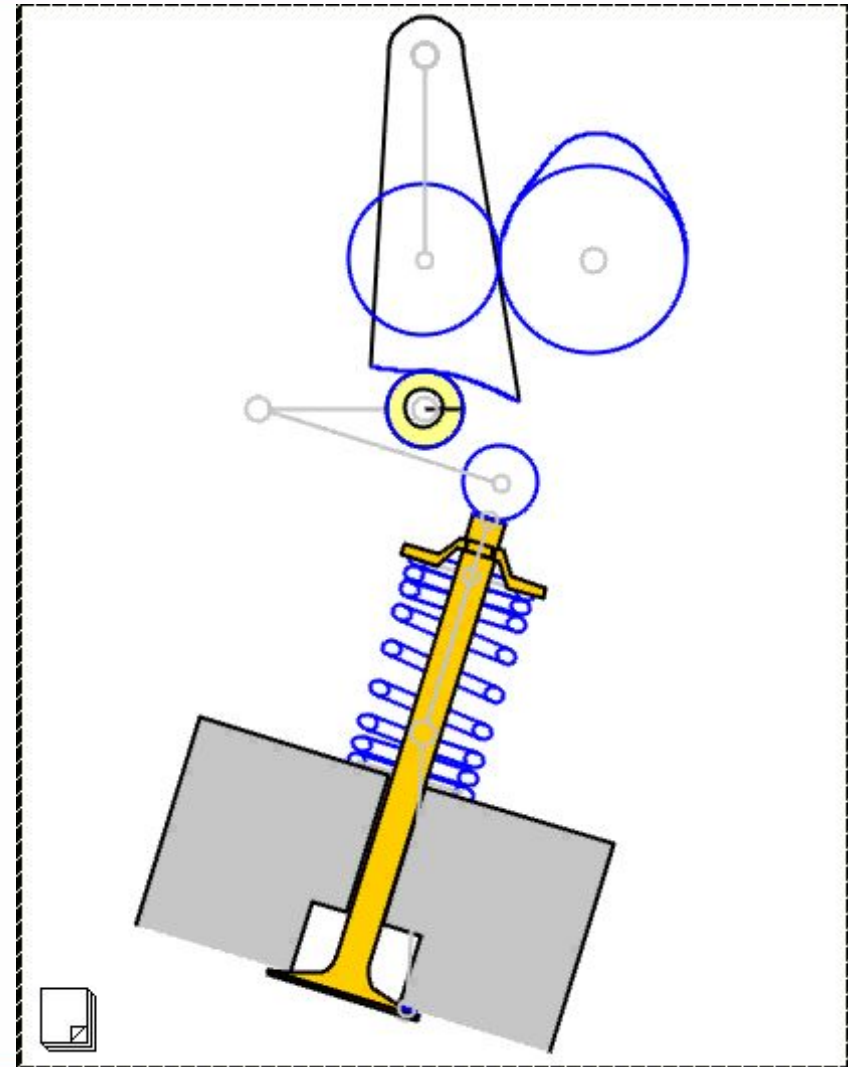
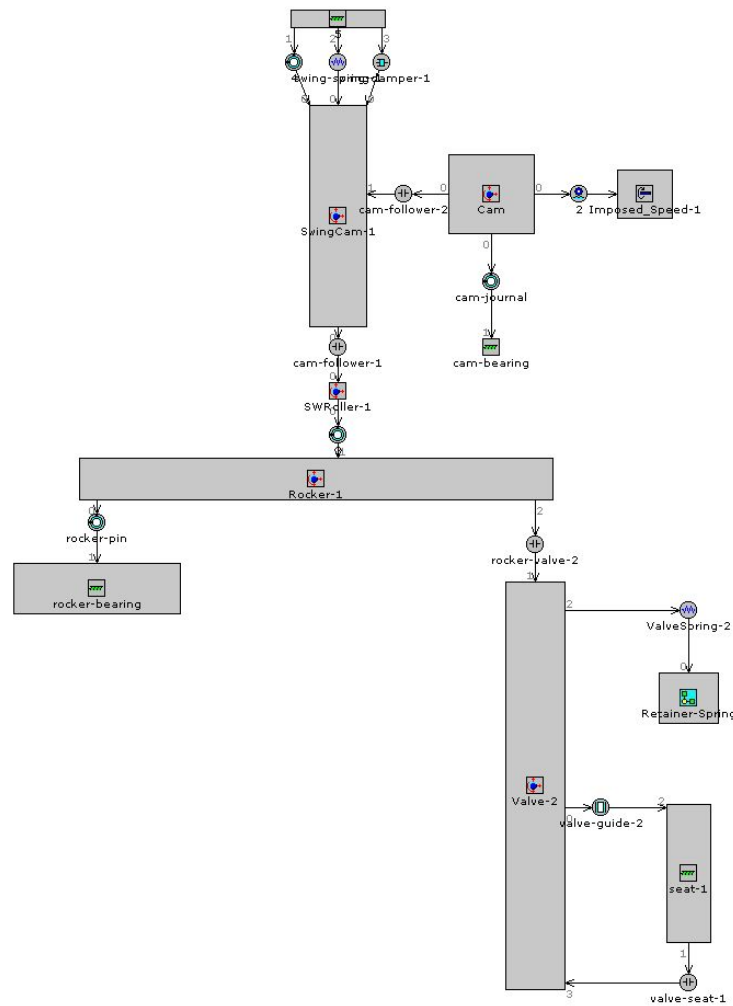
Comment:

| Attribute                                    | Unit | Object Value                        |
|----------------------------------------------|------|-------------------------------------|
| Enforce Contact Constraint?                  |      | <input checked="" type="checkbox"/> |
| Velocity Constraint Stabilization Factor     | 1/s  | def ...                             |
| Displacement Error Stabilization Coefficient | 1/s  | def ...                             |

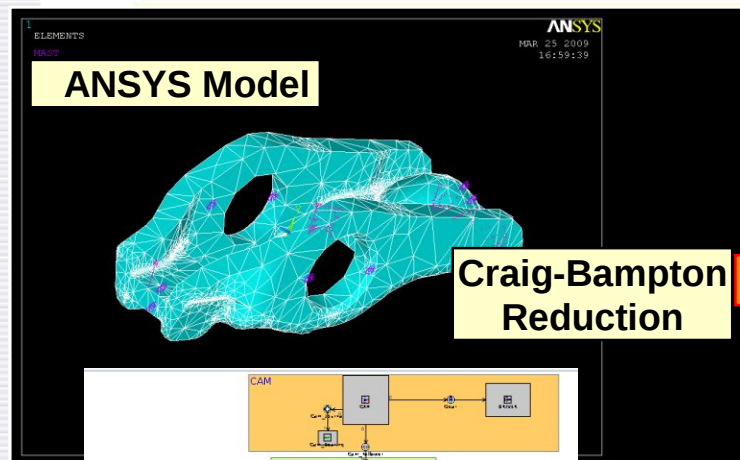
Main Advanced

OK Cancel

# 示例，摆动凸轮VVA



# 3D分析过程



**Craig-Bampton  
Reduction**

**Mass, Damping and Stiffness Matrices  
Imported to GT-SUITE SuperElement part**

Edit Object: suel-01

Template: SuperElement

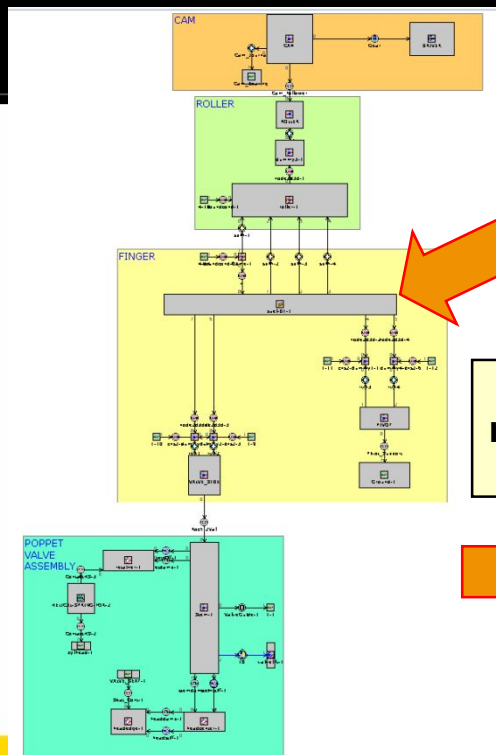
Object: suel-01

Comment:

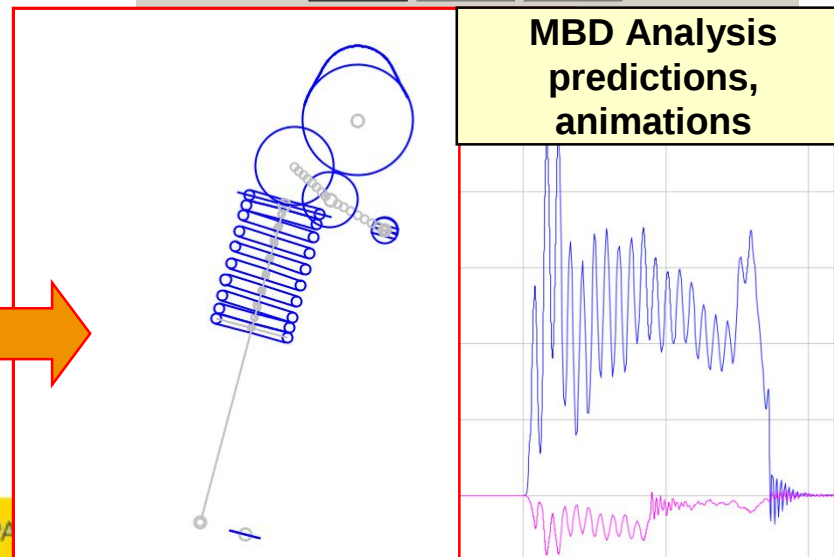
| Mass... | 1          | 2          | 3          | 4          | 5          | 6         | 7          |
|---------|------------|------------|------------|------------|------------|-----------|------------|
| 1       | 7.0515E-4  | 5.8451E-4  | 2.162E-5   | 5.2118E-4  | 1.201E-5   | 1.0327E-4 | -1.4642E-4 |
| 2       | 5.8451E-4  | 0.00193238 | 2.8742E-4  | 3.6083E-4  | 6.8078E-4  | -9.327E-5 | -1.8907E-4 |
| 3       | 2.162E-5   | 2.8742E-4  | 8.6434E-4  | -1.0703E-4 | -8.28E-5   | 2.889E-4  | 1.9751E-4  |
| 4       | 5.2118E-4  | 3.6083E-4  | -1.0703E-4 | 5.2898E-4  | 1.1105E-4  | 2.469E-5  | -1.6091E-4 |
| 5       | 1.201E-5   | 6.8078E-4  | -8.28E-5   | 1.1105E-4  | 9.7168E-4  | -2.793E-4 | 2.932E-5   |
| 6       | 1.0327E-4  | -9.327E-5  | 2.889E-4   | 2.469E-5   | -2.793E-4  | 4.552E-4  | -2.613E-5  |
| 7       | -1.4642E-4 | -1.8907E-4 | 1.9751E-4  | -1.6091E-4 | 2.932E-5   | -2.613E-5 | 5.8901E-4  |
| 8       | 2.046E-5   | -2.176E-4  | -7.175E-5  | 1.058E-5   | -2.8396E-4 | 7.354E-5  | 1.5902E-4  |
| 9       | -1.622E-5  | -4.995E-5  | 4E-7       | 1.301E-5   | -5.986E-5  | 1.574E-5  | -2.235E-5  |
| 10      | -9.745E-5  | -2.833E-4  | 1.1786E-4  | -1.0372E-4 | 3.52E-5    | 6.71E-6   | 5.2993E-4  |
| 11      | -2.4662E-4 | -6.5475E-4 | -1.9373E-4 | -1.5339E-4 | -1.2855E-4 | 4.795E-5  | 3.4756E-4  |
| 12      | -1.4104E-4 | 2.1205E-4  | 3.874E-4   | -1.6304E-4 | 5.52E-5    | -2.493E-5 | 7.032E-5   |
| 13      | 3.3843E-4  | 1.2659E-4  | 1.0239E-4  | 2.3357E-4  | 2.145E-5   | 4.505E-5  | 2.4048E-4  |
| 14      | -2.452E-5  | 1.5817E-4  | 3.03E-6    | -3.233E-5  | 1.072E-5   | 2.04E-5   | -1.608E-5  |
| 15      | 5.4579E-4  | 9.4746E-4  | 5.4887E-4  | 3.0789E-4  | 8.295E-5   | 8.372E-5  | -3.2793E-4 |
| 16      | 3.2643E-4  | -1.6536E-4 | 3.633E-5   | 2.6549E-4  | -2.941E-5  | -1.076E-5 | 2.7959E-4  |
| 17      | 2.116E-4   | 7.0192E-4  | 1.1344E-4  | 8.052E-5   | 9.422E-5   | 1.1974E-4 | 1.1335E-4  |
| 18      | -4.0839E-4 | -6.5122E-4 | 3.9647E-4  | -3.2763E-4 | -2.243E-5  | 3.224E-5  | 3.6651E-4  |
| 19      | 3.4334E-4  | 3.431E-5   | 4.012E-5   | 3.4635E-4  | 3.738E-5   | -4.892E-5 | 3.7388E-4  |
| 20      | -5.207E-5  | 3.43E-5    | 3.818E-5   | -3.567E-5  | 2.5086E-4  | 6.166E-5  | -4.053E-5  |

Main Initial Conditions Local Boundary Positions (Local) **Mass Matrix** Damping Matrix Stiffness Matrix

OK Cancel Apply



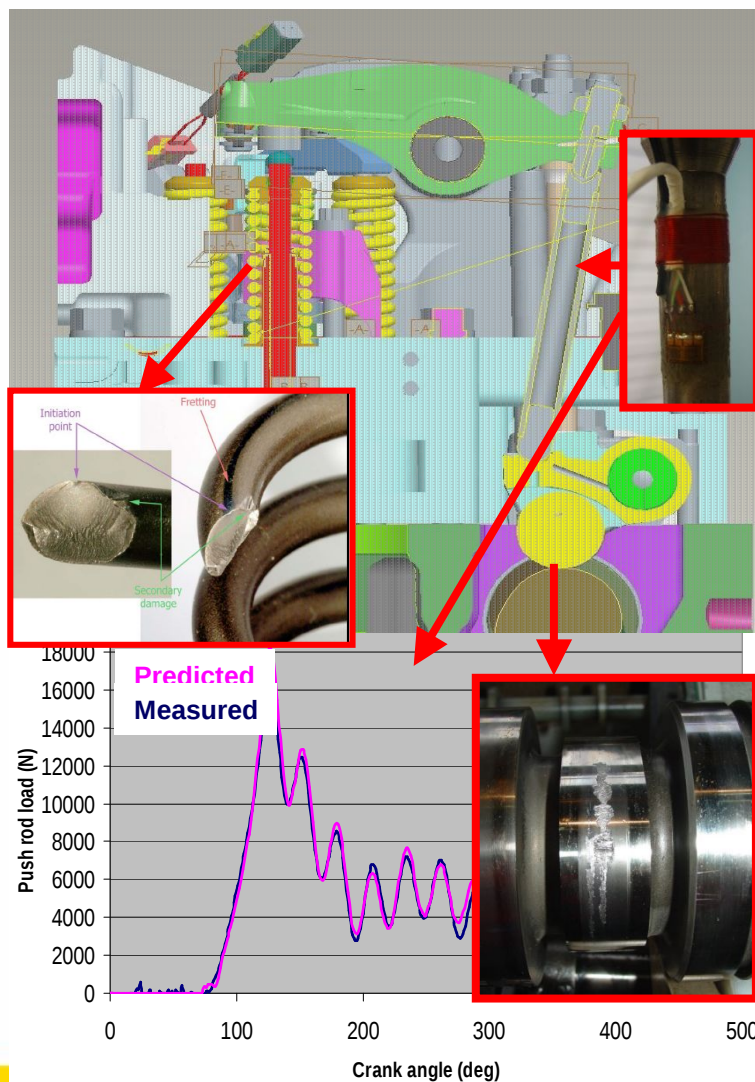
**Full valvetrain MBD  
model with finger as  
SuperElement**



- 
- 配气机构成功案例



# 配气系统失效分析



## 目的

- 解决凸轮和随动件的磨损
- 避免弹簧的碰撞

## 优势

- GT-VTRAIN可以进行赫兹接触及液压油膜技术，用于凸轮接触表面的接触应力
- GT-VTRAIN采用柔性多质量弹簧模型，技术多种簧丝几何和缠绕方式的接触应力计算

## 方法

- 根据试验数据校核模型.
- 研究失效原因
- 探究解决方案

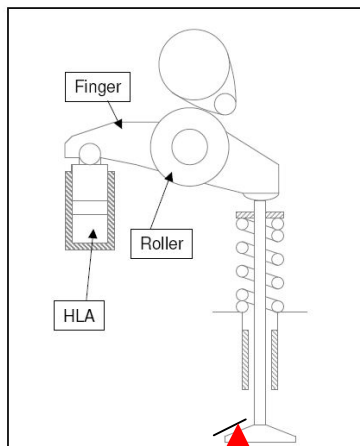
## 结果

2周内完成了模型搭建，校核和解决方案研究

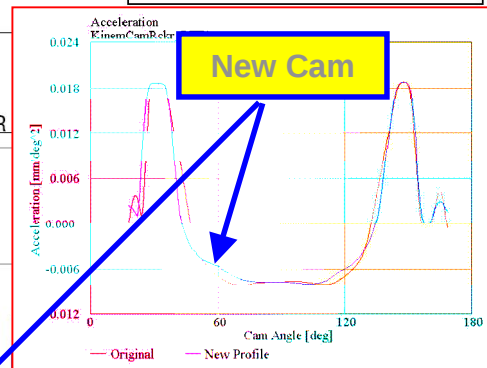
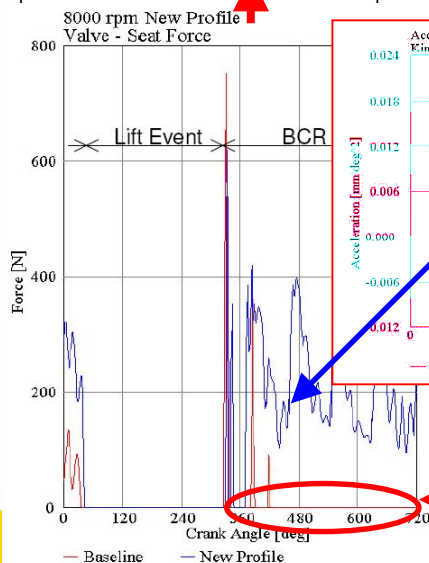
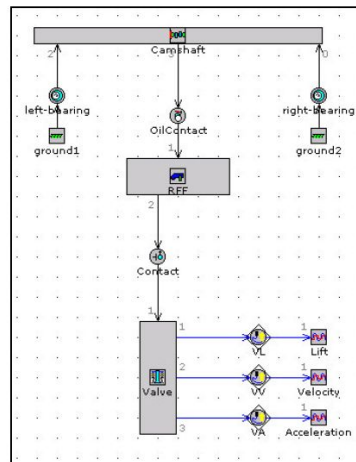
# HLA模拟

## Pump-up at High Speeds

### Valvetrain Schematic: -



### GT-Vtrain Model: -



**No Valve to  
Seat Contact  
after Lift Event**

### 目的

排气门关闭（8000rpm以前）不严的原因及解决

### 优势

GT-VTRAIN的液压零件（HLA，相位调节器，张紧器）可以用于配气机构模型以研究他们对于配气系统的影响。

GT-VTRAIN的交互式凸轮设计工具 (VTdesign) 可以快速导入存在的曲线，并拟合为多项式，便于修改产生新的设计

### 方法

修改凸轮，减少负加速度，维持液压挺住上的载荷，避免气门关闭不严

### 结果

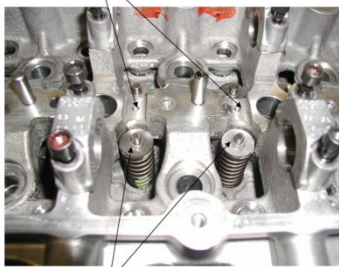
对于升程曲线进行很小修改就将此问题的产生转速推高到8400rpm



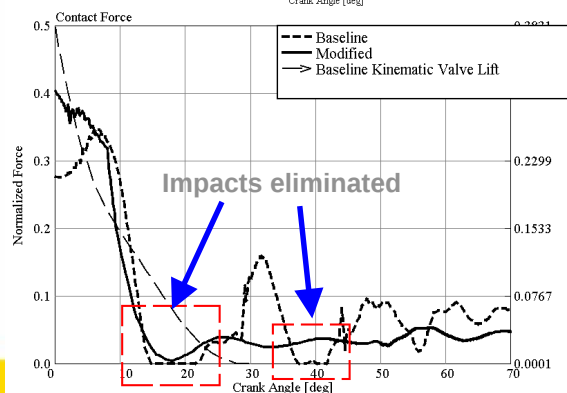
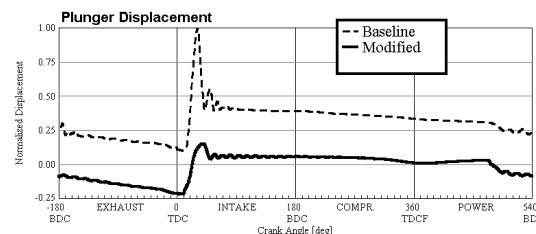
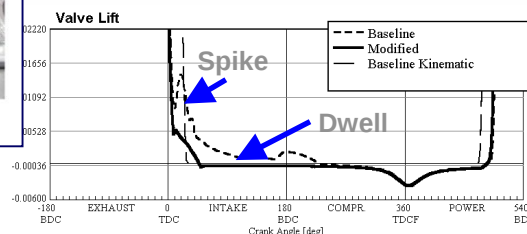
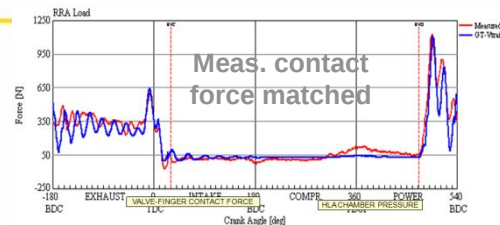
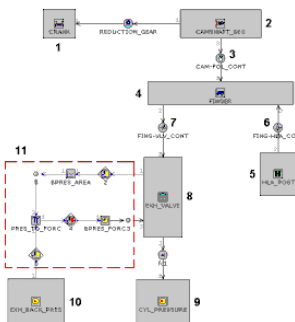
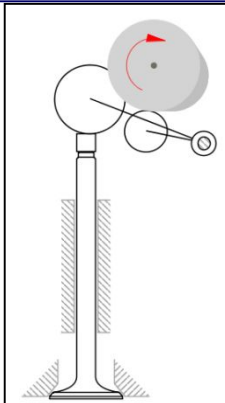
VM MOTORI S.p.A.

# 带DPF发动机的排气门模拟

Proximity sensor seat



Machined upper valve spring retainer



## 目的

高DPF背压情况下：理解并解决排气门关闭时的“尖刺spike”“停滞dwell”现象

## 优势

GT的集成仿真，可以很方便的研究这类耦合问题—气门机构和配气背压

## 方法

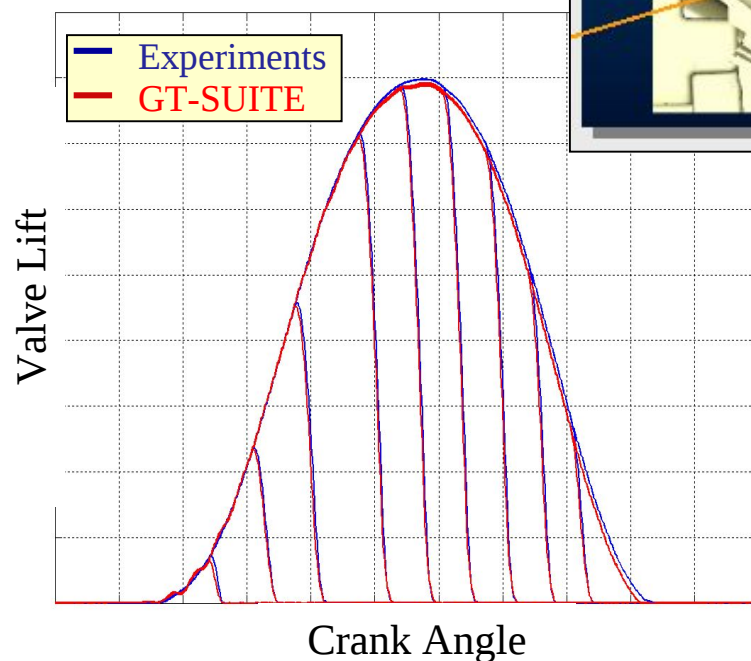
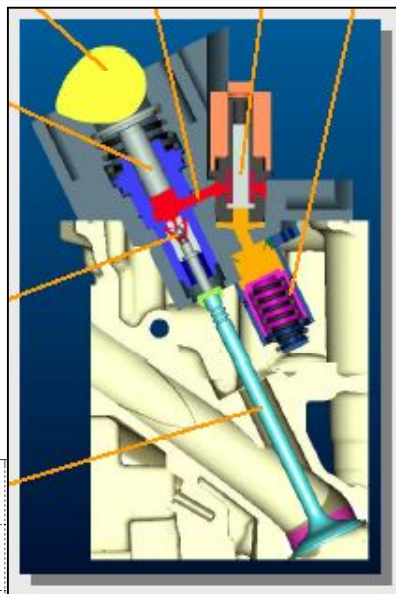
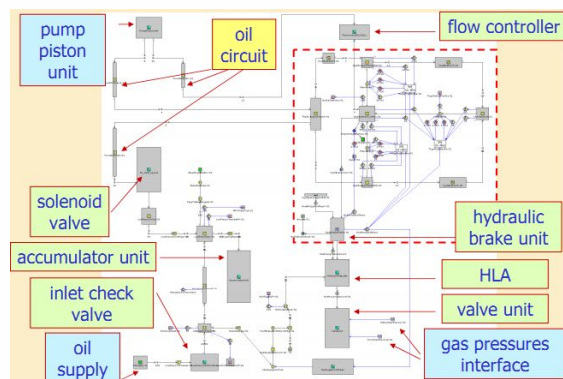
通过配气机构，气道压力，气缸压力，HLA耦合模型，研究复杂的相互作用以及模型精度对于结果的影响。

## 结果

改进凸轮曲线设计，排除了不良现象  
减少了撞击力  
将来研究发动机与配气机构的耦合



# 液压配气系统



## 目的

- 建立全工况范围内气门开启、关闭角度随着电子开关信号的变化
- 通过与详细发动机模型集成仿真对系统进行优化

## 优势

- GT-SUITE的液压系统模型详细和精度水平很高
- 同样的模型可以很容易与发动机 (GT-Power)模型集成, 仿真量纲系统的相互作用

## 方法

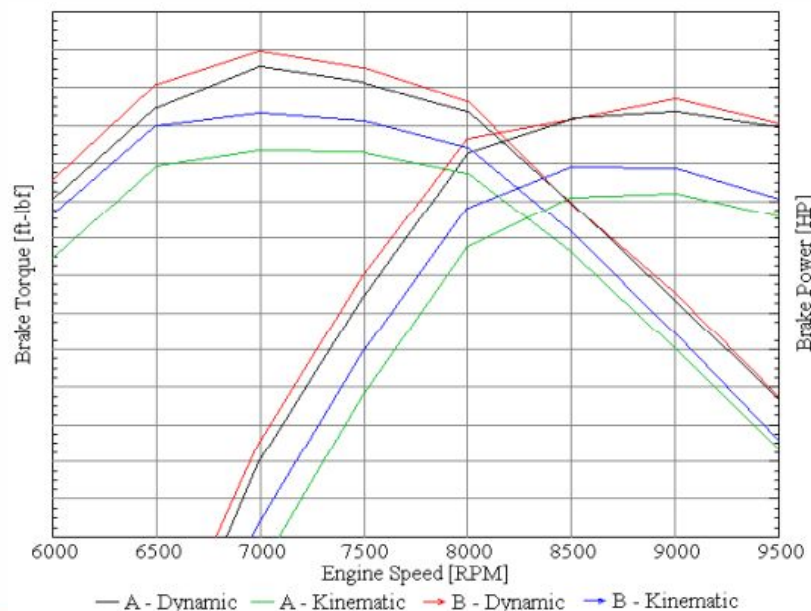
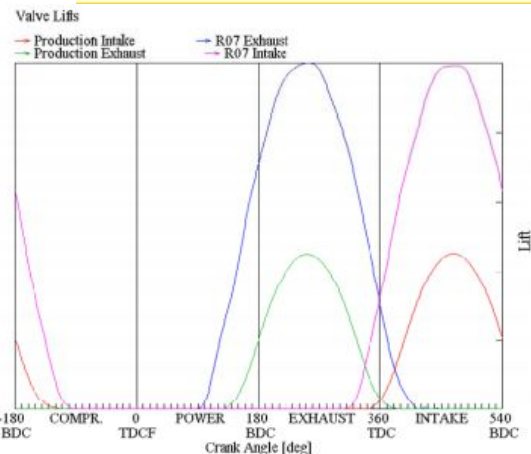
建立单独配气系统模型和集成仿真模型

## 结果

- 执行器模型可以精确预测气门升程和高压腔压力, 可以用仿真来建立控制map
- 证明了系统集成仿真仿真是有必要的。采用理想的气门升程会使EGR误差最大约26%, NOx 47%, BSFC 4%
- 可以用集成模型进行系统级优化



# 发动机集成仿真



## 目的

➢ 优化发动机性能

## 优势

- GT-Power是性能强大的发动机性能分析工具
- VT-Degine可以很方便、直观的建立配气机构模型
- GT-SUITE可以进行更加复杂的配气机构研究

## 方法

- 1,用VT-Design建立凸轮型线
- 2,用VT-Design建立配气机构模型
- 3,GT-SUITE利用VT-Design生成模型进行动力学计算
- 3,GT-Power读取GT-SUITE气门生成曲线进行性能仿真

## 结果

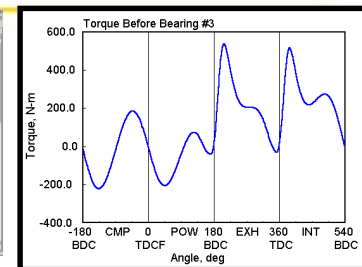
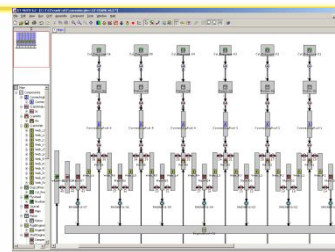
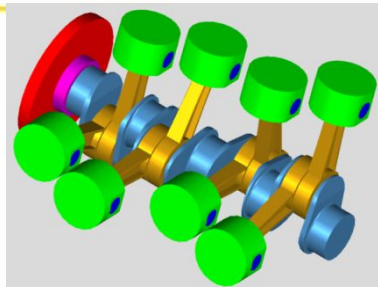
- 气门升程曲线的差异引起性能预测的误差，这在高性能发动机中影响要关注。
- 结合优化，对于凸轮正时进行优化

# 曲轴机构分析

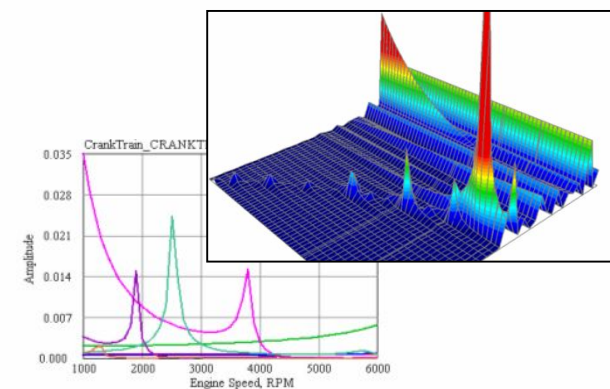
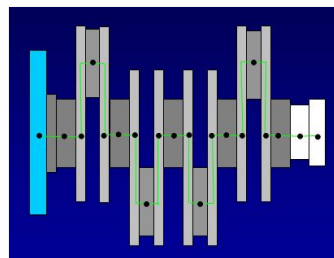
- 曲轴动力学分析
  - 刚性曲柄连杆机构运动学和动力学
  - 曲轴扭转振动（时域，频域）
  - 曲轴3D弹性分析（扭转，弯曲，轴承油膜，应力恢复与疲劳）
- 其它计算
  - 平衡—不平衡力、力矩，平衡轴
  - 发动机机体振动—发动机支承分析与设计
  - 主轴承和连杆轴承分析
- 与其它GT-SUITE模型集成
  - 配气机构
  - 正时机构
  - 润滑系统
  - 发动机性能
  - .....

# 动力学分析

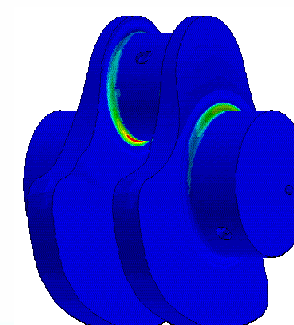
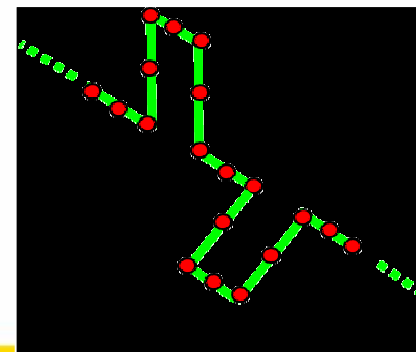
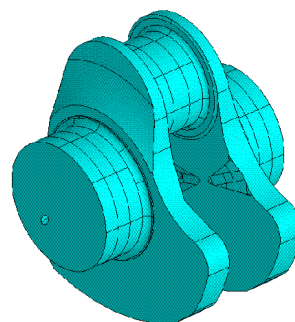
- 刚性，平衡



- 扭转（频域，时域）

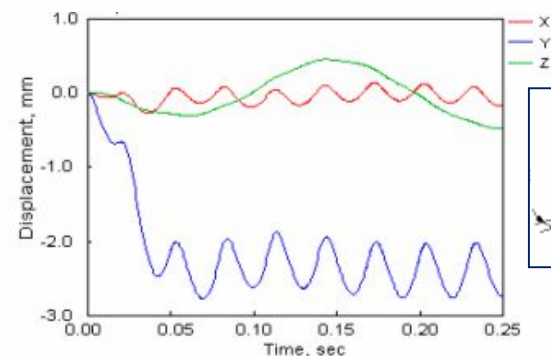
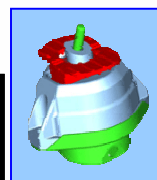
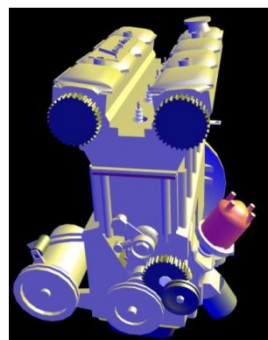


- 弯曲（3D梁 FE）

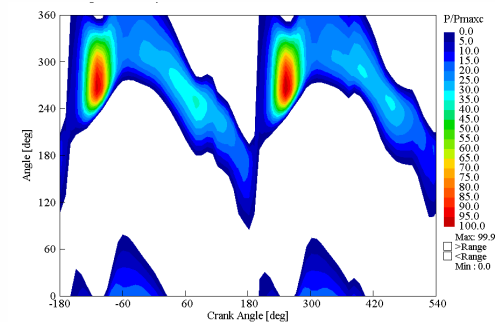
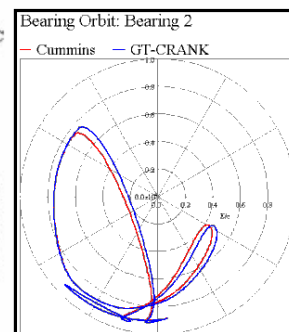
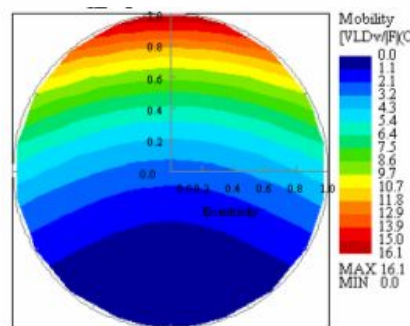


# 曲轴系统其它计算

- 刚体和支承

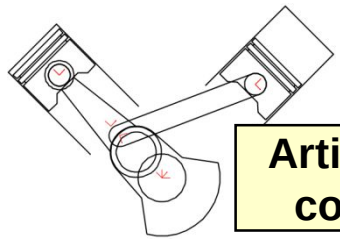
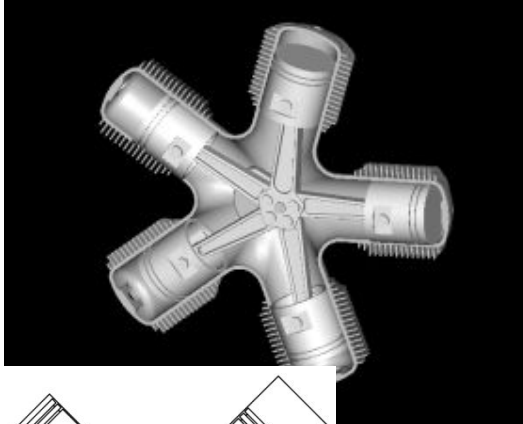


- 主轴承和连杆轴承分析

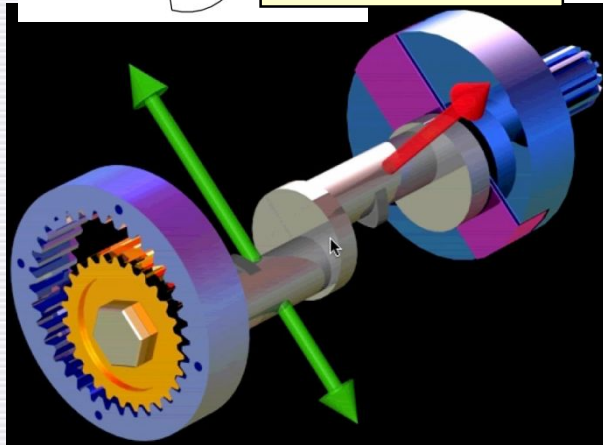


# 各种发动机曲轴

Radial-Piston (Aircraft)

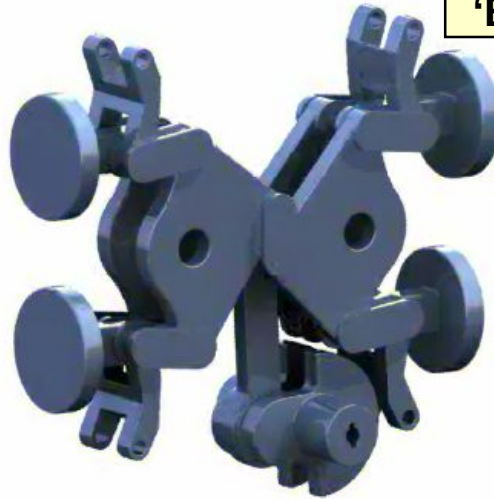


Articulated-conrod V

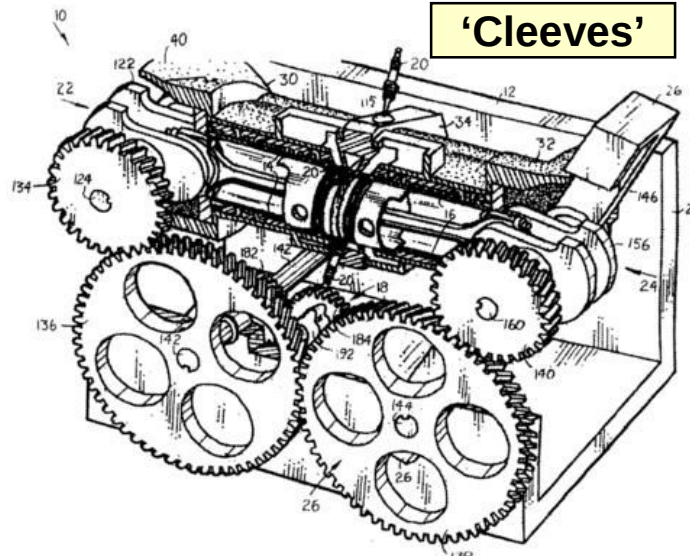


'Bonner'

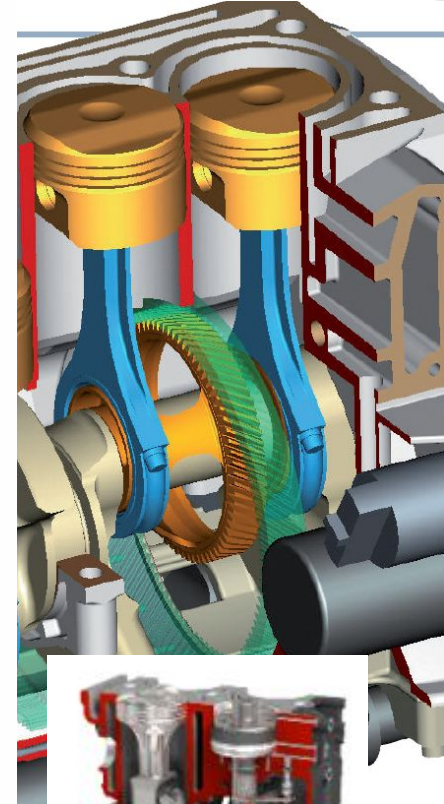
'Brickley'



'Cleeves'



'GoEngine'



'MCE-5'



- 
- 曲轴系统分析案例

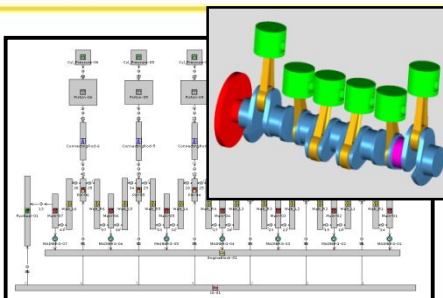
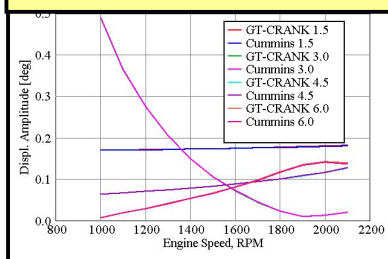


# GT-SUITE曲轴分析功能开发

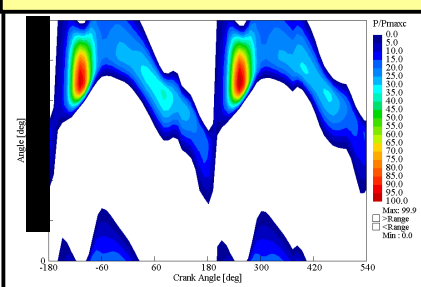
I-6 HEAVY-DUTY DIESEL CRANKSHAFT



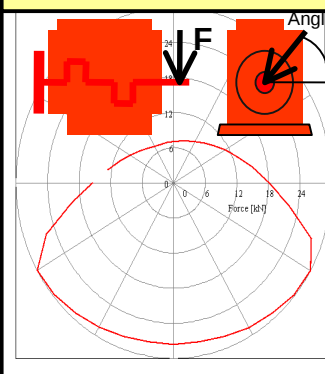
Angular Displ. Amplitude vs. Speed:  
Orders 1.5, 3.0, 4.5 and 6.0



Bearing Oil Film Extent & Pressure Contours

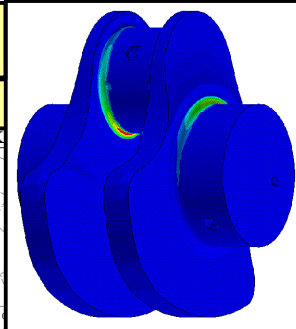
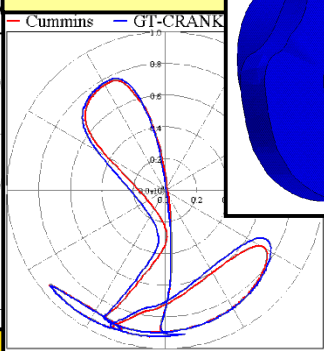


Max. Acceptable End Load vs.  
Angle  
Acceptable Safety Factor



MAX. EFR  
STRESS

BEARING # 5 ORBIT



## 目标

在单一工具中进行曲轴设计和分析。  
将自有程序移植入商业软件，与其它分析进行集成。

## 优势

GT-SUITE是一个具有先进架构，具有将曲轴和其它分析集成能力的优秀平台

## 方法

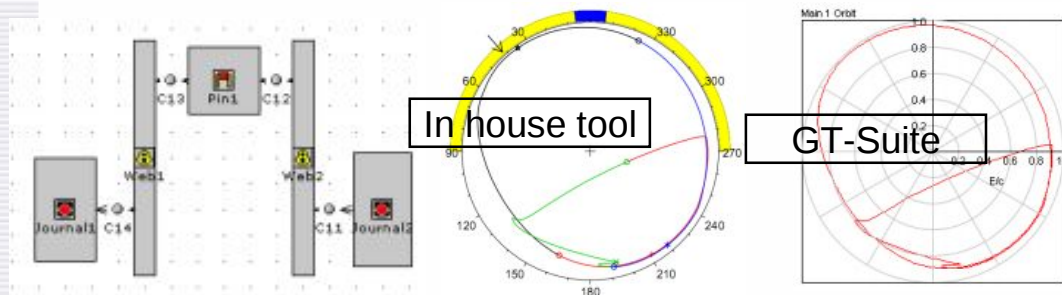
将cummins曲轴分析技术移植入GT-SUITE。  
进行模型校准与标定。

## 结果

经过两年多开发，GT-SUITE满足并超过了Cummins的需求，并在全球使用



# 高性能发动机曲轴系统模拟分析



## 目的

- 研究轴承失效
- 曲轴扭振
- 弯曲/扭转

## 优势

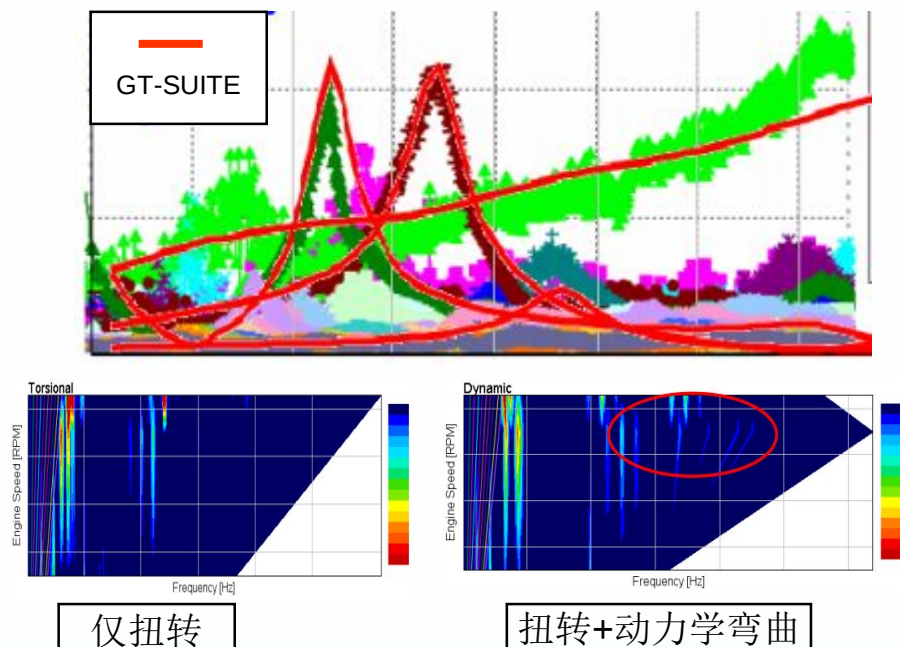
**GT-SUITE**具有刚性、扭转和弯曲各个详细程度的模板，可以进行多种分析。

## 方法

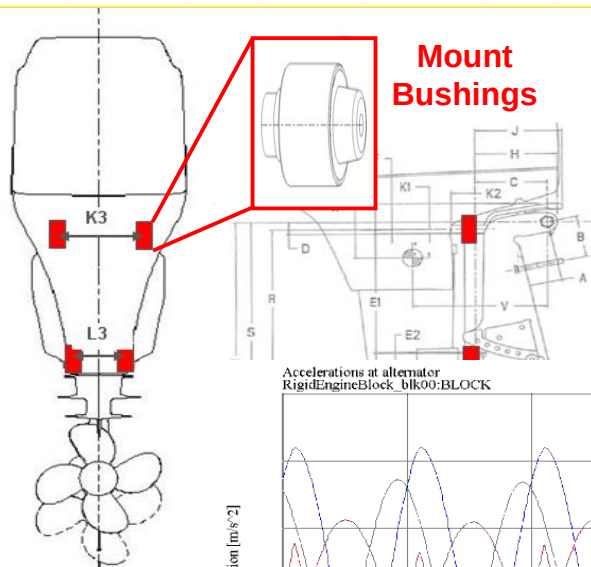
利用**GT-SUITE**建立模型，并通过内部模型和试验进行模型校准

## 结果

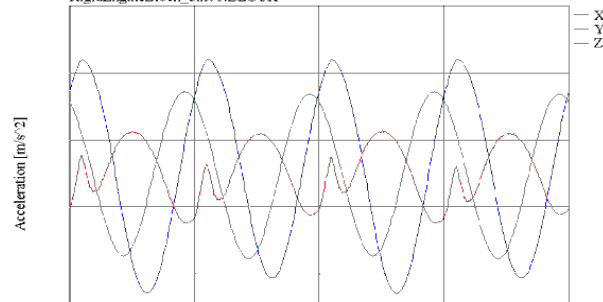
对曲轴进行了轻量化，减少了刚度，虽然使特征频率降低，但还在转速范围外。



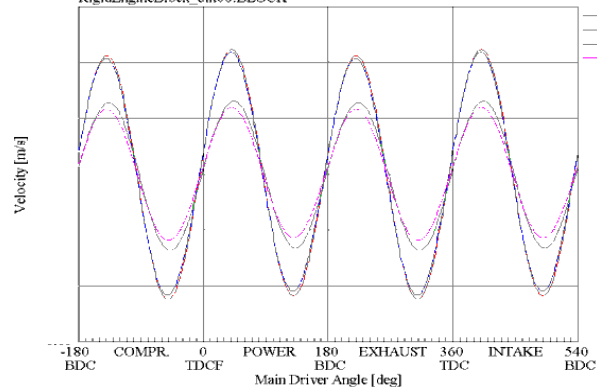
# 发动机支承设计



Accelerations at alternator  
RigidEngineBlock\_blk00:BLOCK



Mount Y Velocities  
RigidEngineBlock\_blk00:BLOCK



## 目的

- 减少外舷发动机到船体的振动传递
- 计算摇摆力/力矩和螺旋桨前推力引起的发动机和支承的运动
- 计算交流电机及关键传感器的加速度.

## 优势

- GT-SUITE可以用于计算发动机缸体内部和外部的载荷和振动

## 方法

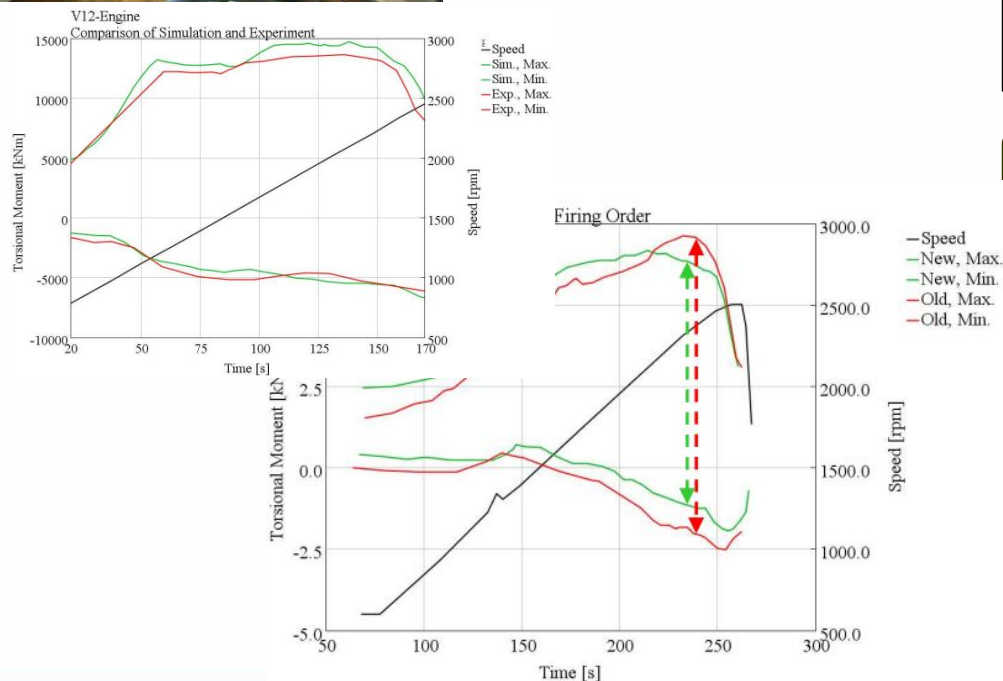
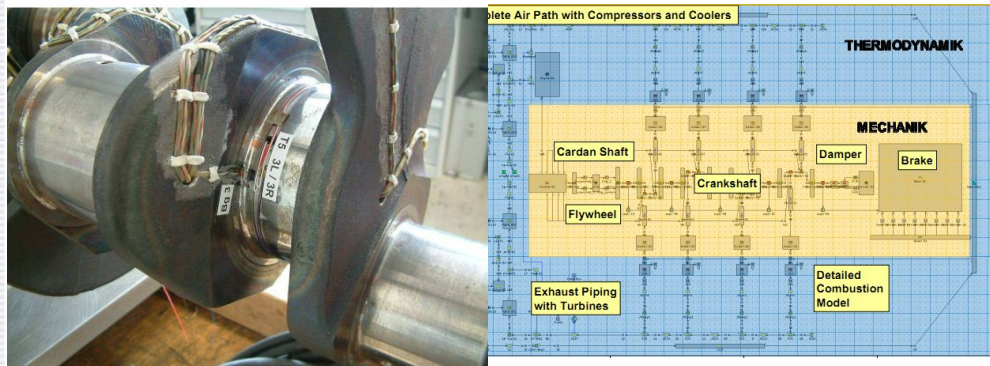
- 对于支承间距进行DOE, 找出最优位置
- 评价平衡轴设计

## 结果

对于客户的期望, 在性能和花费上找到最优平衡点.



# 8缸发动机着火顺序优化



## 目的

➤ 优化着火顺序（燃油消耗，力和力矩，扭转应力，轴承磨损限制）

## 优势

➤ GT-SUITE集成仿真，考虑发动机性能和曲轴系统相互作用，结果更准确。  
➤ 并且计算避免了迭代，节省时间

## 方法

➤ 建立集成仿真模型，并校核  
➤ 利用DOE对实际可能的着火顺序进行计算

## 结果

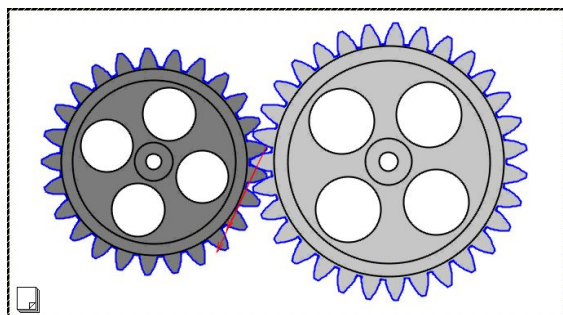
根据计算找出了新的更好的着火顺序

## 齿轮，链，带传动

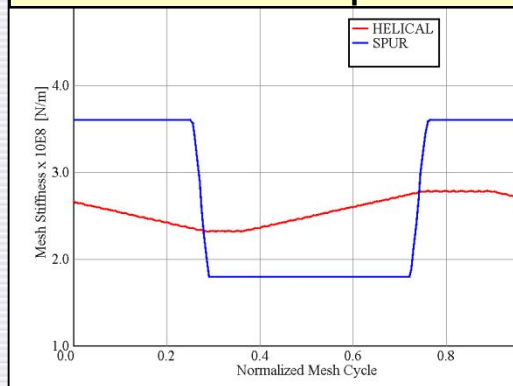
- 可以仿真有多个齿轮，链轮，惰轮，机械和液压张紧，导板，带等组成的整个系统
- 物理，主要是平面2D模型，有横向运动/振动
- 轮毂，刚性，刚度和阻尼，轴承
- 集成仿真

# 齿轮传动系统

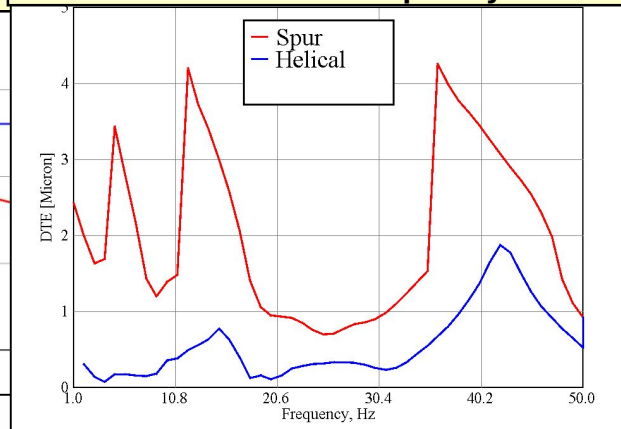
- 直齿轮，螺旋齿轮
- 间隙，接触运动学和变刚度模拟，啮合频率谐振



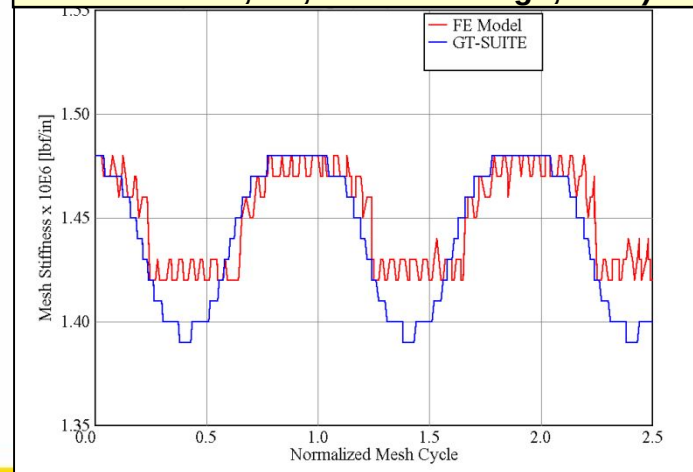
**Static Mesh Stiffness Prediction  
for Helical vs. Spur Gear**



**Dynamic behavior:  
RMS DTE vs. Frequency**

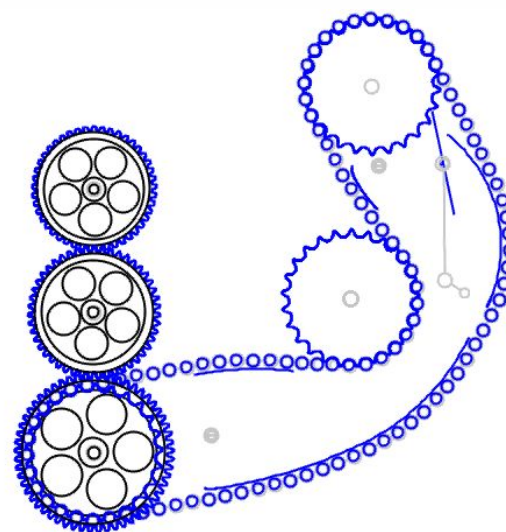
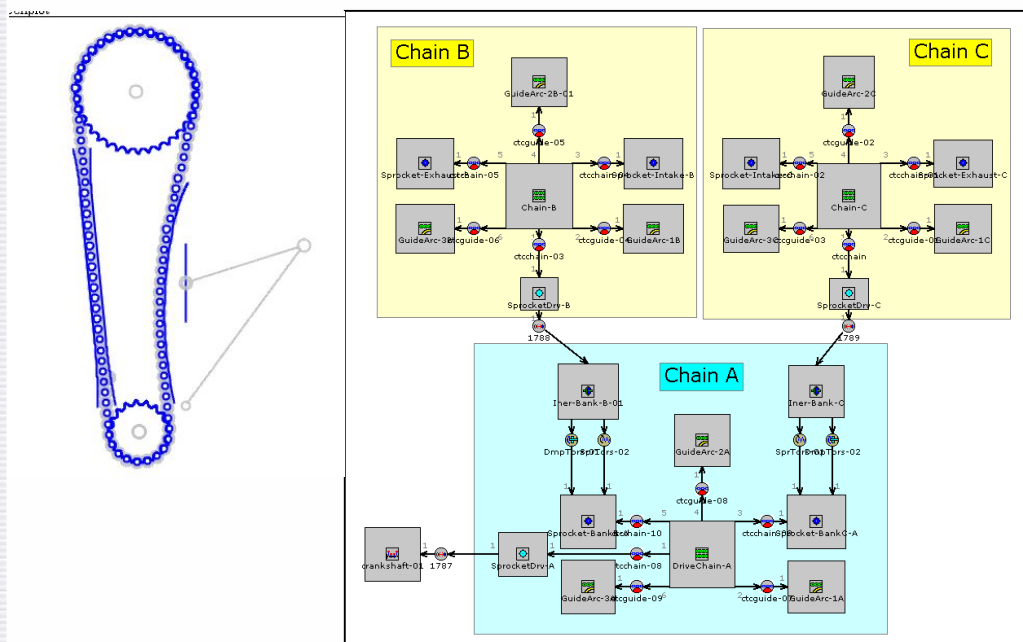
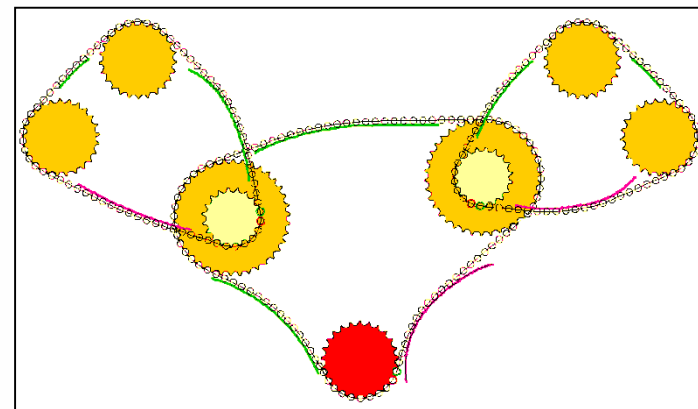


**Model Comparison:  
FEA Model, He, Gunda & Singh, 2007)**



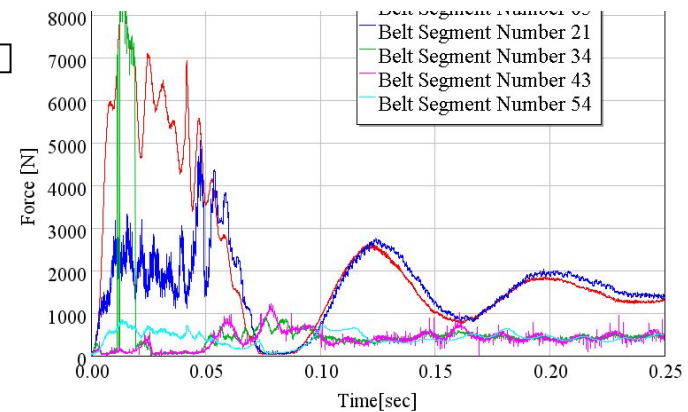
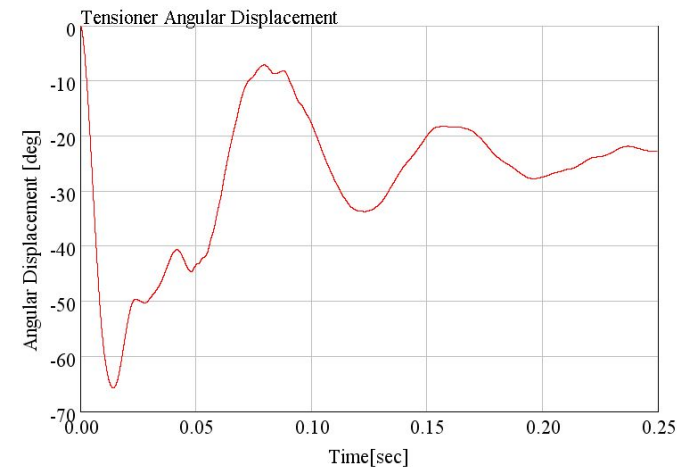
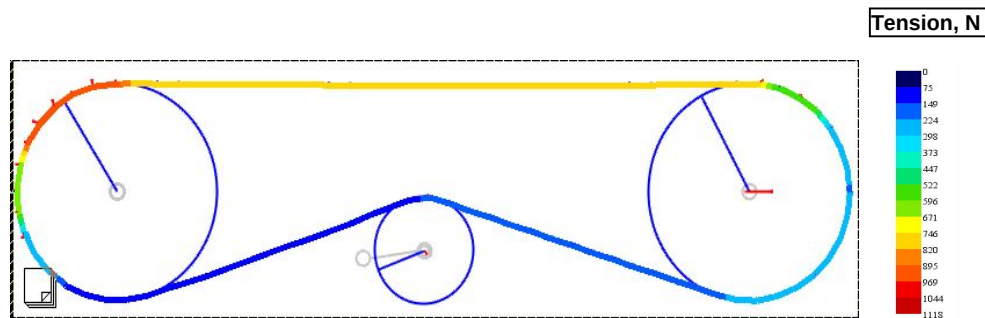
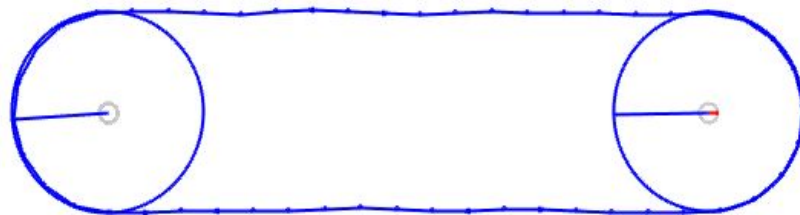
# 链传动系统

- 2D平面(3自由度)链-链模型
- 链-链轮，导板和张紧器的接触
- 刚性或者柔性支承链轮



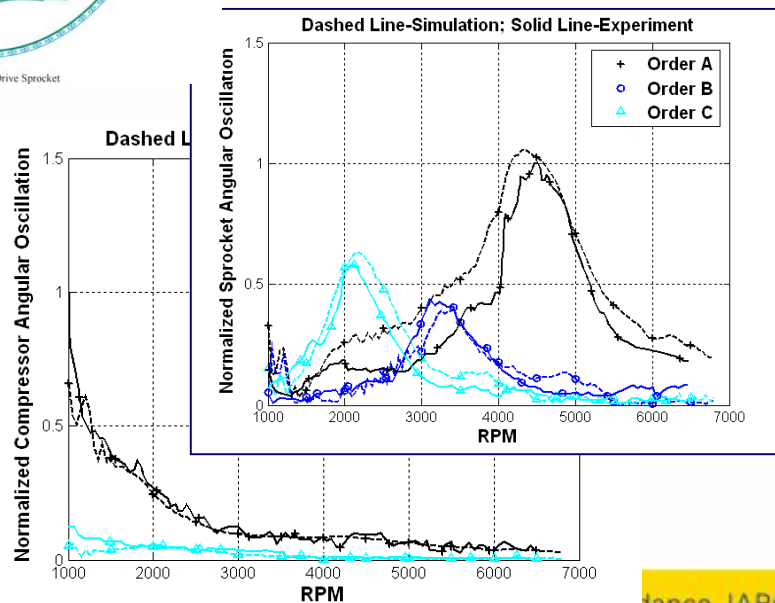
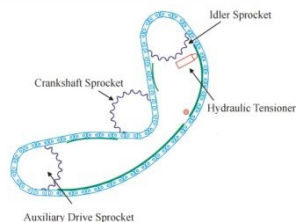
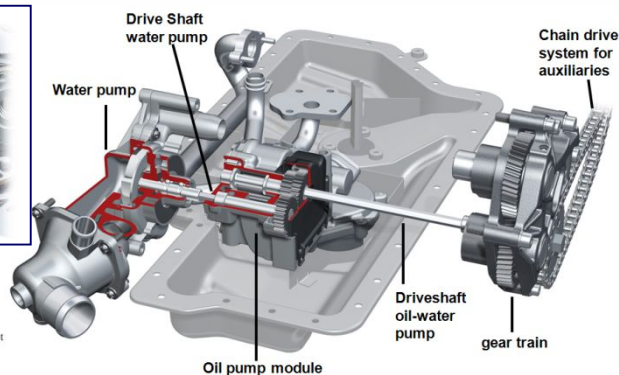
# 带传动系统

- 带传动系统：2，3，4节点的索cable, 或者梁beam模型
- 张力，变形和横向运动
- 皮带-带轮滑动





# 链系传动



## 目的

附件(润滑油, 冷却系, 转向泵, 空调压缩机)和链系在整个发动机转速范围内的动力学研究

## 优势

GT-SUITE的集成仿真可以高效分析齿轮和链系仿真

## 方法

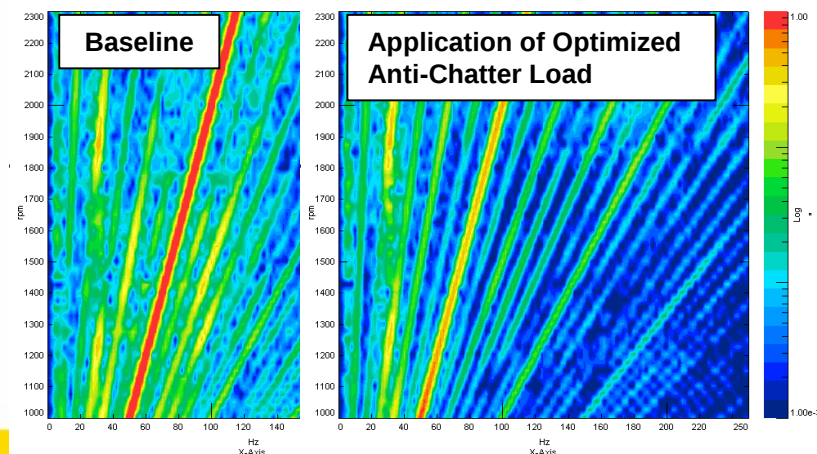
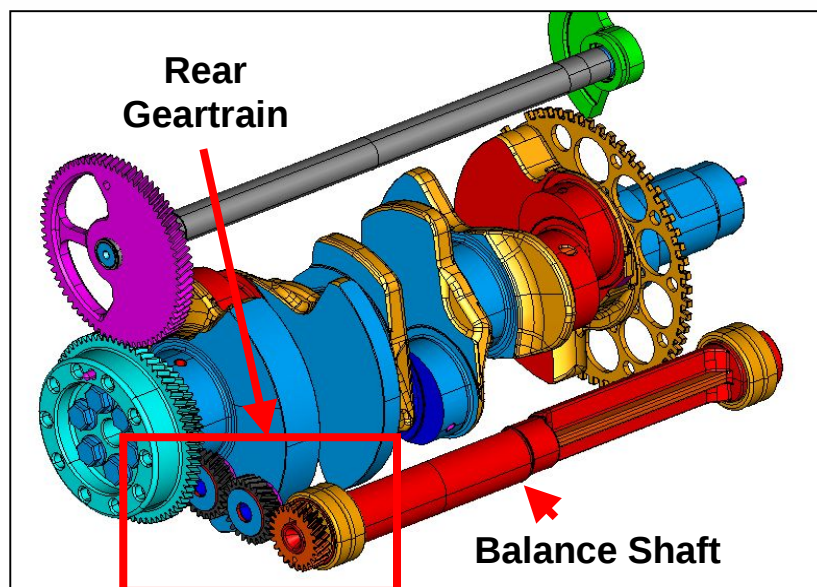
使用GT-SUITE的齿轮和链模板库元件建立完整的驱动系模型

## 结果

角振动计算和试验在整个转速范围内一致性很好。



# 齿轮系模拟



## 目的

消除平衡轴齿轮的咔咔声

## 优势

GT-SUITE既提供了快速，系统级的齿轮系模型和非常详细的渐开线接触模型，还可以与曲轴和配气系统模型集成来研究各个系统的相互作用。

## 方法

- 1 建立了包括齿间隙的完整齿轮系模型
- 2 与试验模型进行校准，确保具有相同的频响
- 3 优化真空泵的载荷需求，使齿轮在工作期间连续接触

## 结果

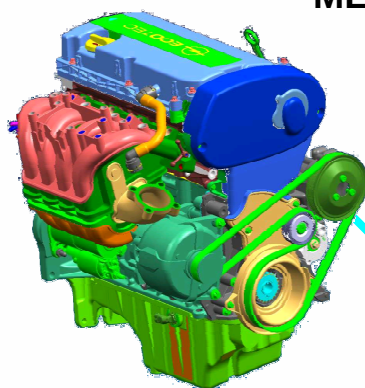
减少了改变硬件前的设计方案评估和优化所需的测试时间和消耗

# 车辆模型

- 三级发动机模型
  - 详细，平均值，MAP
- 传动系统
  - 离合器      – 变速箱      – 半轴
  - 变矩器      – 传动轴      – 滑移/刚性轮胎
  - 分动箱      – 差速器      – 车体 (body)
  - 刹车      – DCT      – CVT
- 驾驶员
- 环境和道路 (坡阻, 风阻, 滚阻, 转向阻力)
- 电-机械 (EV, HEV)
- 控制部件
- 与热管理/冷却和电路模型集成

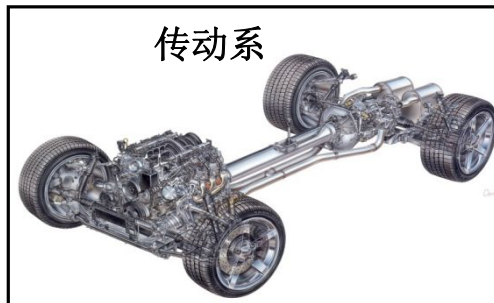
# 车辆模型

发动机



MAP  
“MEAN-VALUE”  
详细

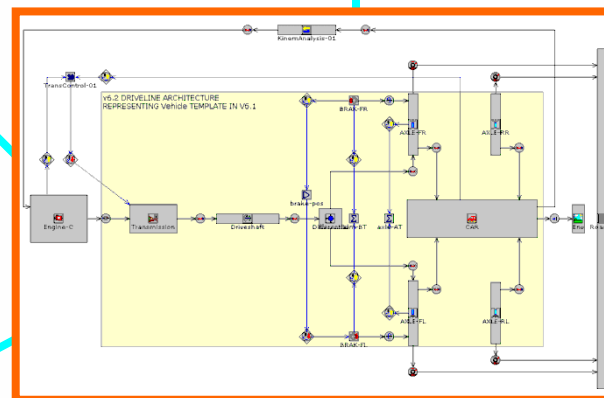
传动系



车体



发动机/ 动力总成 控制器



基于对象建模

驾驶员



道路

环境



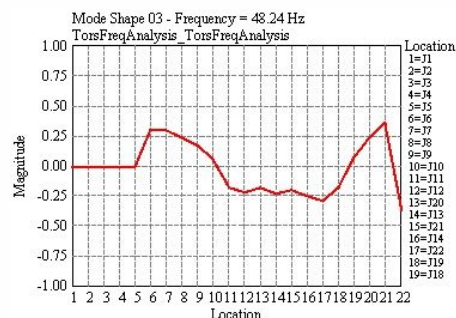
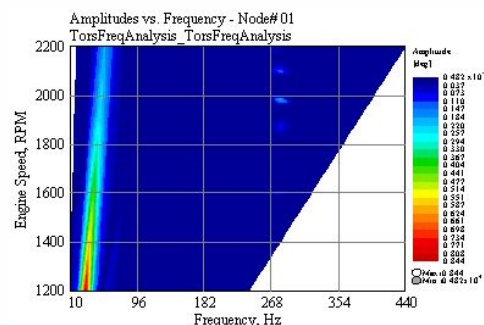
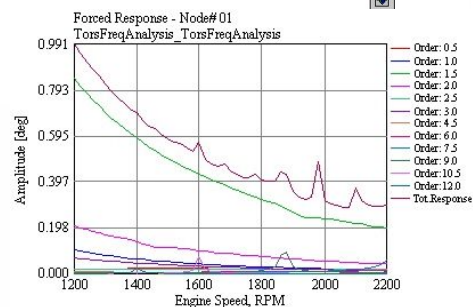
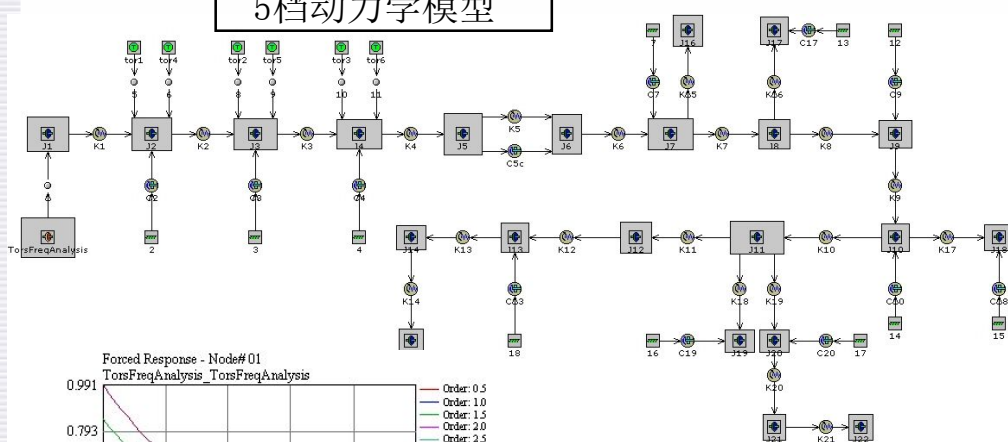
## 车辆仿真应用

- 动力学性能（例如，加速性）
- 驾驶循环仿真—燃油经济性和排放
- 零件匹配
- 传动系配置（2轮，4轮驱动）
- 发动机/动力总成控制系统
- EV/HEV配置和控制
- 传动轴扭转振动，牵引力，制动
- 与发动机性能，热和能量管理，电路系统的相互作用



# 车辆动力传动系统轴系扭振仿真及分析

5档动力学模型



5档双结点模态及其固有频率

自由端振幅与转速频谱图

## 目的

扭振是车辆传动系统失效的重要诱因，需要研究轴系扭振动

## 优势

➤GT-SUITE除了传统车辆运动计算模板外，还有大量的惯量，刚度和阻尼部件可以进行更通用系统计算  
➤GT-SUITE对于扭振提供了时域和频域两种计算方法

## 方法

使用GT-SUITE的基础部件建立发动机+传动系的模型，然后进行自由振动和受迫振动分析

## 结果

得出了轴系中各个节点的振型和频谱图，对于轴系设计有很大帮助。

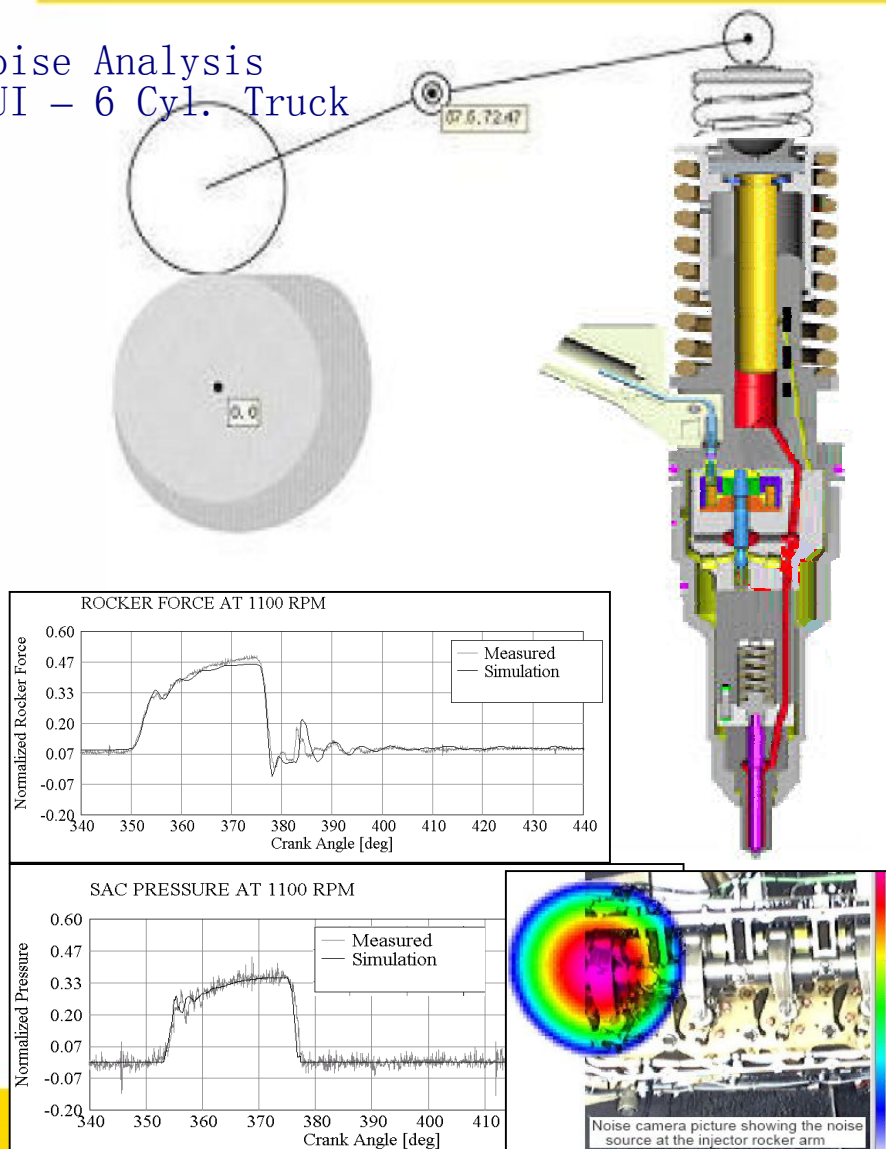
## 液压-机械系统

- GT-SUITE可以进行机械和流体系统集成，耦合求解1D流动和机械系统
  - 流体压力/扭矩传给机械系统
  - 轴向或者旋转运动影响流体系统（体积，流动面积，压力面积）
- 可以模拟：
  - 喷油系统零件
  - 单向阀，挡板阀
  - 滑阀
  - HLA
  - 凸轮相位调节
  - 制动/转向系统

# IVECO

## 泵喷嘴噪声

Noise Analysis  
EUI - 6 Cyl. Truck



### 目的

满足排放法规和燃油经济性设计的燃油喷射系统会导致机械振动和噪声的增加。  
研究降低振动的方法。

### 优势

喷油系统机械和液压部分以及凸轮轴的相互作用十分复杂，利用GT-SUITE的集成仿真模型可以很好的进行预估设计

### 方法

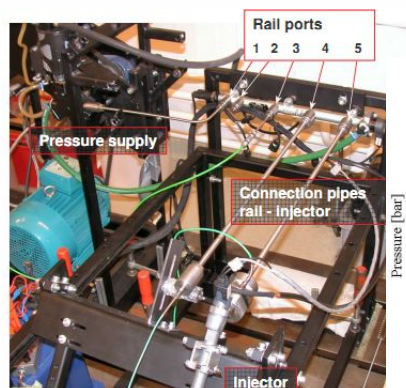
GT-SUITE中的液压和机械模板是一个分析新设计的独特环境：提供了灵活（创新）而高效（可重用的液压机械模型）的设计空间

### 结果

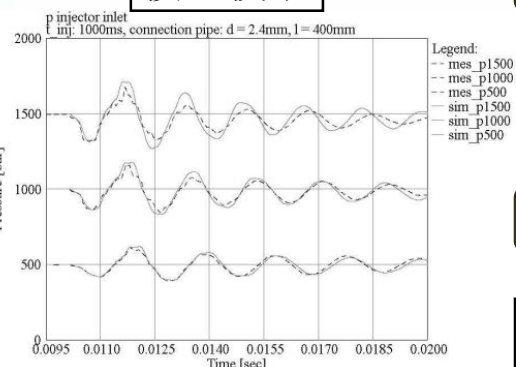
模型揭示了振动增加的原因，并用于优化和解决方案研究。  
找出了几种方案（改变刚度和预紧力，改变腔体尺寸）并定量研究了他们对于振动水平降低的贡献。



# 柴油机共轨系统分析



## 模型校准



## 目的

多个参数（喷油压力，持续期，油规长度、直径，燃料）对最大、最小规压、压力震荡与衰减，喷油量的影响

## 优势

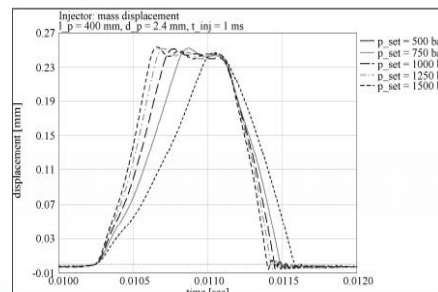
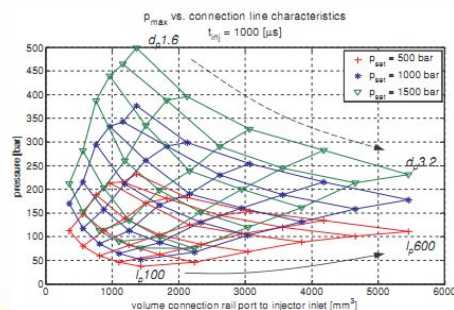
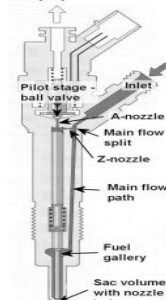
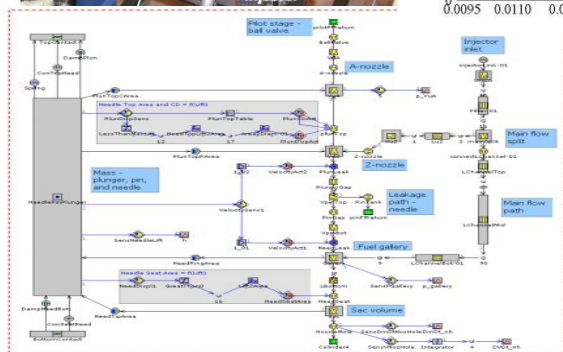
喷油系统机械和液压部分的相互作用十分复杂，利用GT-SUITE的集成仿真模型可以很好的进行预测

## 方法

- 使用GT-SUITE中的液压和机械、电磁模板建立了研究的共轨系统
- 进行模型校准
- 参数研究

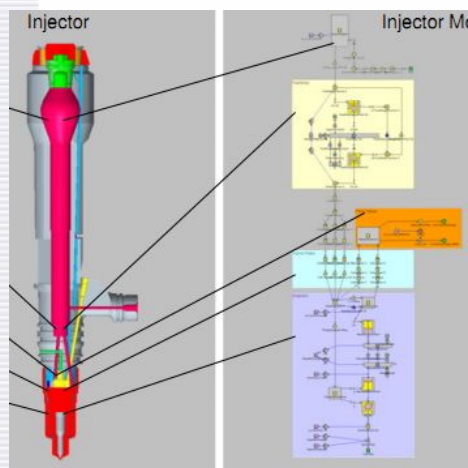
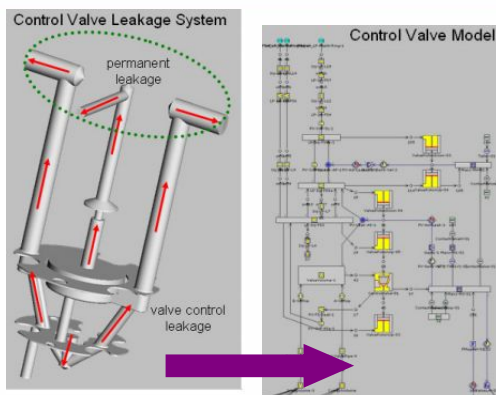
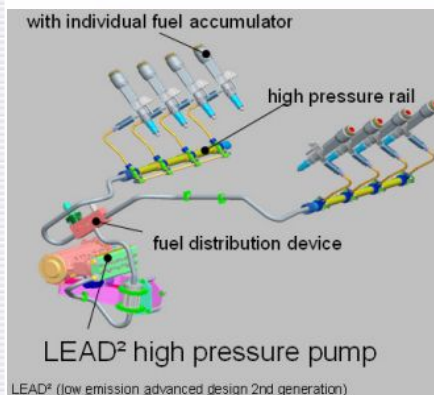
## 结果

通过仿真，研究了各个参数对于关心特性的影响减少了试验时间和花费

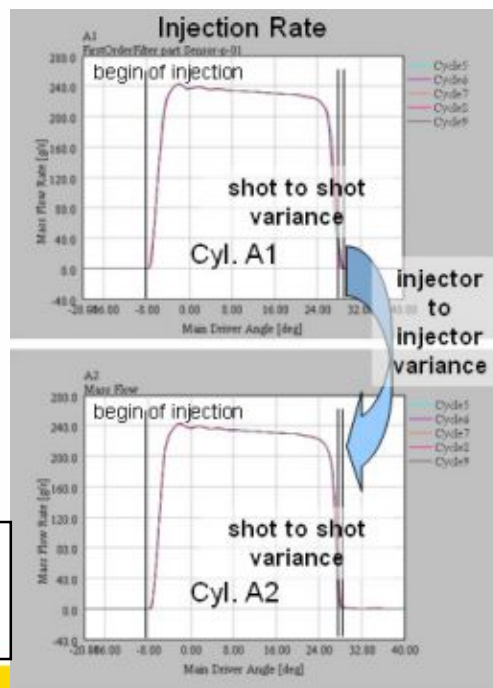




# 低压系统分析



循环间误差~0.4% (最大1%)  
喷油器间误差~1% (最大1.7%)



## 目的

对低压系统Series 4000 Fuel System进行研究

## 优势

GT-SUITE提供了多种详细水平的模板, 可以对供油系统进行多种研究

GEM3D可以导入几何文件并转化为1D模型

## 方法

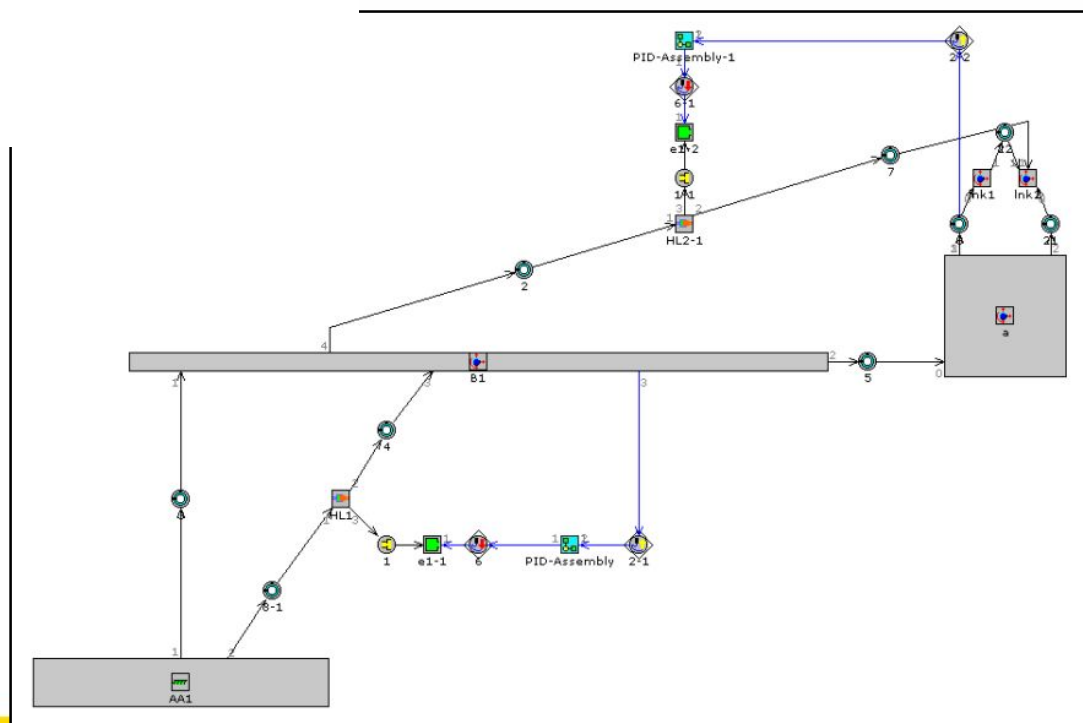
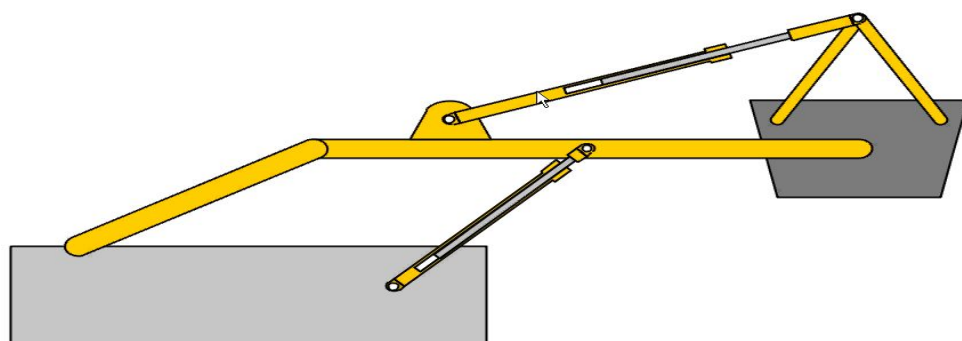
➢使用GT-SUITE中的液压和机械模板建立分别建立各部分模型

- 外围管路
- 喷油器
- 控制阀

## 结果

可以在开发早期就进行供油系统设计:  
设计油规, 低压侧对喷油器进行解耦分析, 优化

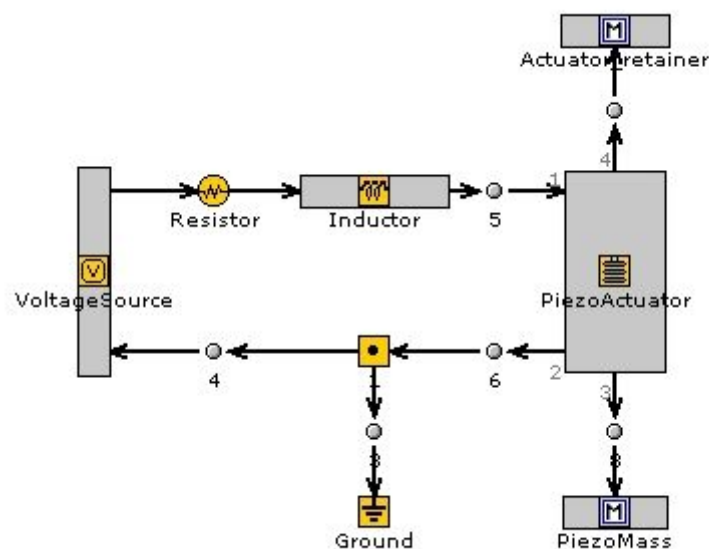
## 2D液压-机械机构



## 电-机械系统

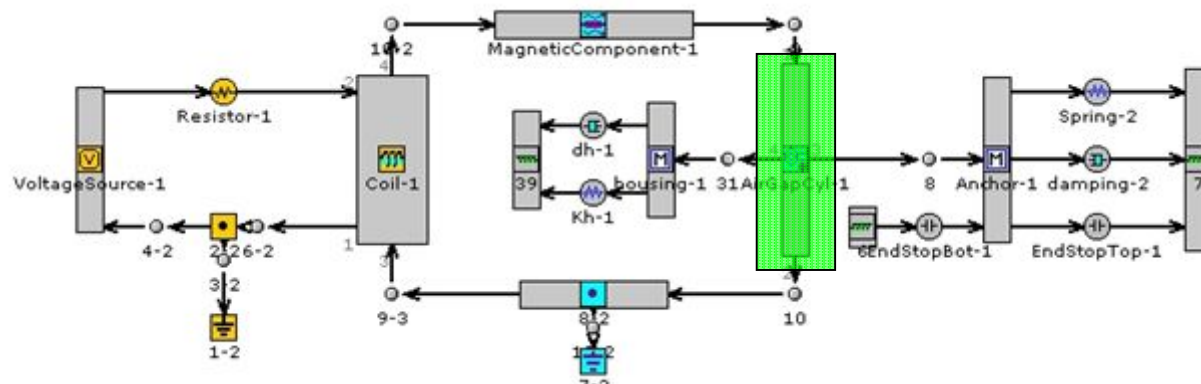
- GT-SUITE可以进行电和机械系统集成，模拟基于物理过程的发动机，电动机，螺线管，压电系统
- 解决电-机械物理过程：
  - 压电应力：压电执行器
  - 电磁：螺线管
  - 等效电-机械模拟：发电机和电动机（没有详细的电磁模拟）

# 电-机械模型



电磁-机械回路  
(电→磁→力)

压电执行器  
(电→力)



# 总结

- GT-SUITE中的模板库：
  - 1D, 2D, 3D刚体, 通用约束
  - 柔性体, 模态缩减
  - 与其它物理过程集成 (流动, 电磁)
  - 刚性积分, 求解稳定, 快速
  - 通用2D可视化及动画输出
  - 通用平面运动学
- GT-SUITE专用库
  - 基本发动机机构
  - 曲轴动力学
  - 配气机构
  - 齿轮、链、带传动
  - 车辆
  - 液压气动
  - 电-机械装置
  - 将来: 变速箱, 3D 车辆动力学

## GT机械机构分析

- 本培训手册由西迪阿特公司完成，未经许可，禁止修改。如有问题，请及时与本公司联系：

李书泽 屠丹红

西迪阿特信息科技有限公司（上海）  
上海市东方路971号  
钱江大厦25C

Email: [lisz@cdaj-china.com](mailto:lisz@cdaj-china.com)

电话：（021）50588290/50588291

传真：（021）50588292

邮编：200122

宋 波 涂海涛

西迪阿特信息科技有限公司（北京）  
北京市朝阳区门外大街18号  
丰联广场A座1207室

Email: [songbo@cdaj-china.com](mailto:songbo@cdaj-china.com)

电话：（010）65881497/65881498

传真：（010）65881499

邮编：100020

更多信息：[www.CDAJ-China.com](http://www.CDAJ-China.com)  
支持邮箱：[support@cdaj-china.com](mailto:support@cdaj-china.com)

