

GT-SUITE

发动机/动力系统/车辆动力仿真软件包

GT-SUITE是一个集成化的CAE软件包，主要应用于发动机、动力系统、车辆性能等的设计和分析工作，包括下列模块：

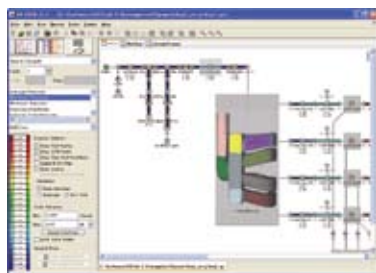
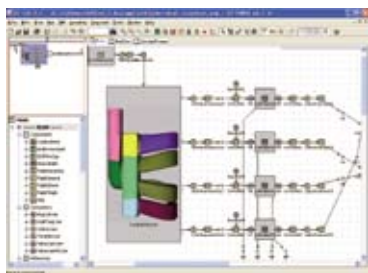
- GT-POWER—发动机性能、噪声仿真计算，完整的发动机电子控制功能设计。
- GT-DRIVE—车辆动力系统仿真计算，循环工况分析和驱动系统部件动态分析，整车参数和控制策略设计。
- GT-COOL—发动机热管理，冷却系统参数设计和响应分析。
- GT-FUEL—发动机燃油供给系统压力和流动的动力学计算，通用液压系统分析。
- GT-CRANK—刚性和柔性曲轴动力学分析，发动机动平衡，机体振动，轴承油膜分析，悬置布置。
- GT-VTRAIN—配气机构运动学、动力学和摩擦学仿真计算，凸轮轴振动分析，凸轮型线设计。
- GT-SUITE—上述六个模块都可以完全的耦合计算。

GT-SUITE涵盖了发动机、动力系统、车辆动力性能设计和分析工作的主要内容，六个模块均采用同一操作平台，采用同一个用户交互界面，相同的前处理和后处理，相同的仿真计算流程，各模块之间数据兼容。用户只要掌握GT-SUITE中一个模块，就已经知道了其它模块的使用方法，节省很多学习时间。



1. 先进的特性

- 高度集成的发动机+动力系统+车辆仿真环境，所有模块共享同一界面。
- 操作简单，界面友好易用，多层次模型管理，实机装配式建模概念。
- 针对同一个物理现象，GT-SUITE通常提供了不同层次的物理模型，用户可以根据需要构建不同复杂程度的模型。
- 集成完整的多变量单目标优化功能。
- 内置丰富的控制功能，进行发动机和整车的控制仿真。
- 与STAR-CD、Simulink和modeFRONTIER等第三方软件进行耦合计算。
- 方便的用户模型接口和用户自定义模板库。
- 标准的复制粘贴功能，文本格式和Excel格式的数据交换。
- HTML和PDF格式的计算结果报告。
- 丰富的在线帮助功能。

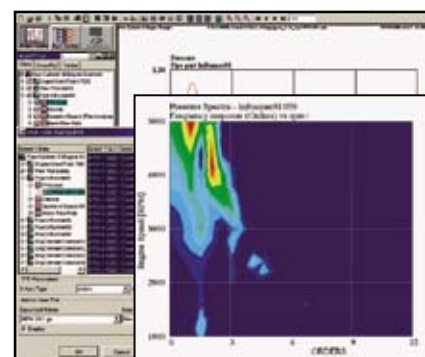
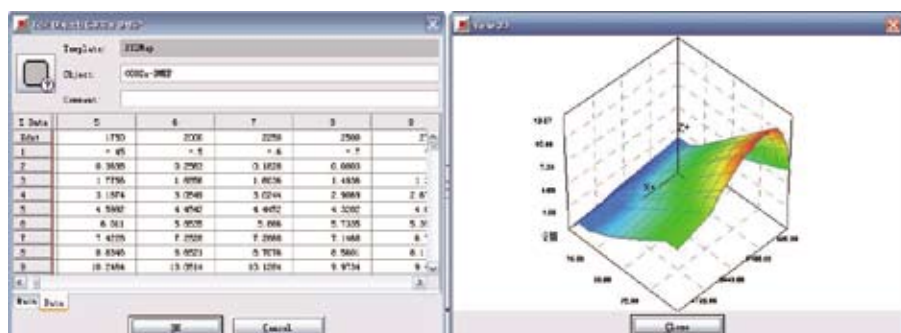
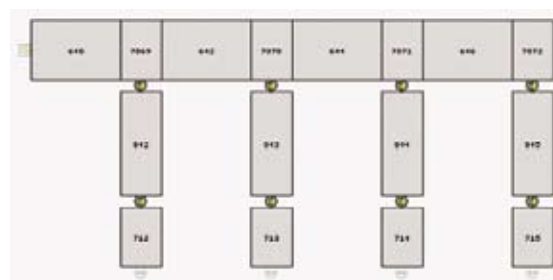


2. 模型图的建立

- 鼠标单击、拖动等动作，将模型从模型数据库导入到建模区。
- 使用面向对象的软件设计方法减少用户工作量，具有不同结构参数的同一物理模型，只需建立一个模型，减少数据的冗余和输入数据的工作量。
- 支持不同模型以及GT-SUITE的各个软件模块之间的拷贝功能。
- 复杂系统可以分块建模，保存在不同的模型文件中，在总模型中调用各个子模型。

3. 输入输出可视化

- 管路的比例显示
- 管结构和输入数据三维显示
- 计算参数实时监控，实时可调
- 不同模型结果可同图显示
- 瞬态过程动画显示
- 用户实验数据导入
- 数据后处理和显示功能，包括数据求和、积分、微分、FFT等
- 输入、输出参数单位可由用户自由选择

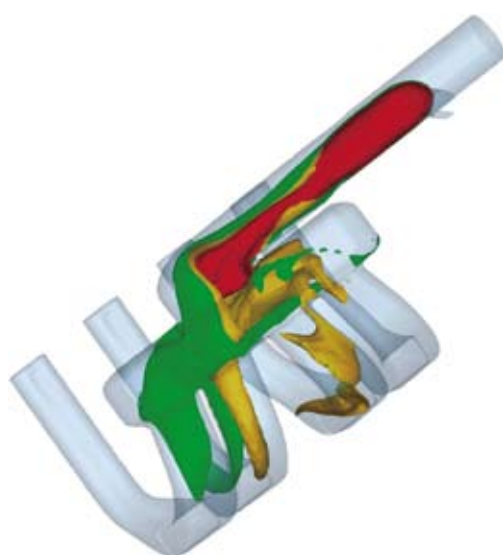


4. 与第三方软件的耦合使用

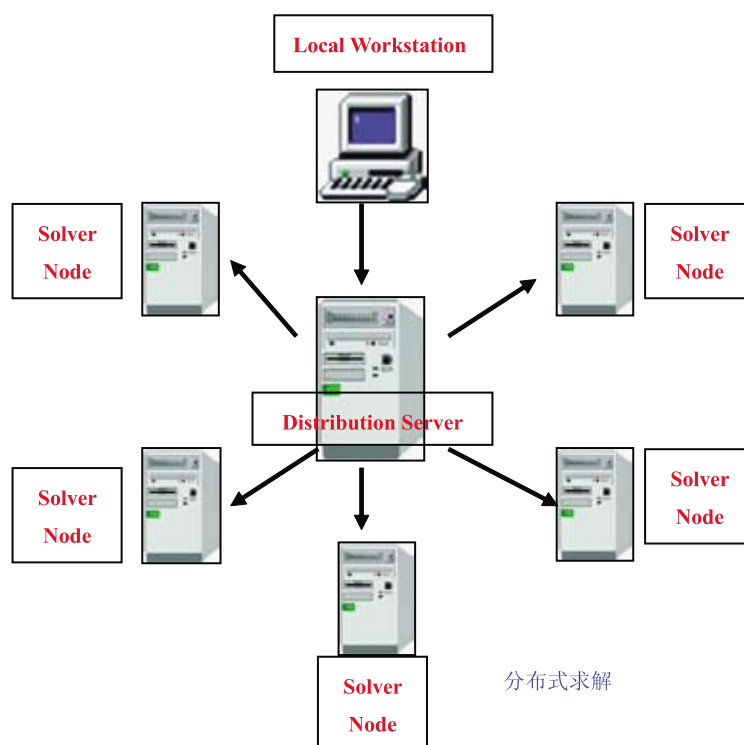
- 与STAR-CD、FLUENT进行一维/三维耦合计算
- 与SIMULINK (Mathworks, Inc) 进行控制功能设计
- 与modeFRONTIER耦合进行多目标、多自变量、多约束优化设计
- 与CHEMKIN耦合分析尾气排放

5. 成熟的软件工程

- 动态分配内存，内存管理更合理
- 复杂模型多回路同时求解，气体回路、液体回路可设置不同求解参数
- 网络分布式求解，分布式计算功能进一步提高



与STAR-CD耦合计算EGR在进气歧管中的分配



6. 控制功能

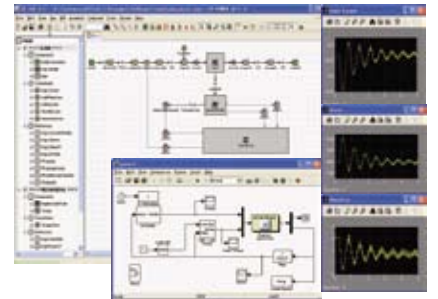
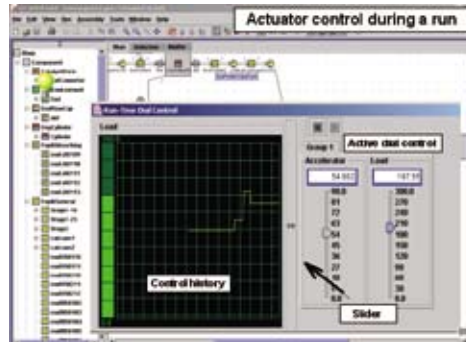
- GT-SUITE内置了丰富的控制模块
- 另外提供和SIMULINK耦合计算功能

Detailed Simulation Information

Packet	Cases	Status	Elapsed Time (hours:mins:secs)	Node Name
1	7-267	Running	00:08:20	stan.glicoft.com
2	258-514	Running	00:07:00	stan.glicoft.com
3	515-771	Running	00:05:36	stan.glicoft.com
4	772-1028	Running	00:04:15	stan.glicoft.com
5	1029-1275	Running	00:03:00	mikyway.glicoft.com

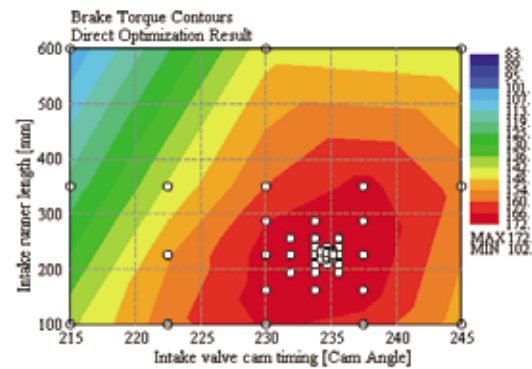
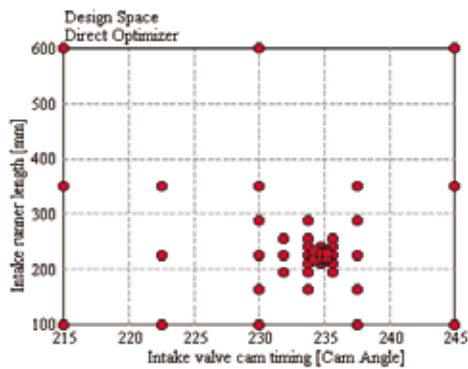
Monitor jobs executing with across a network.

View log Refresh Close

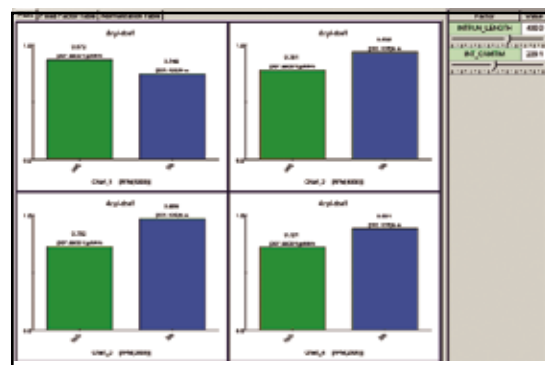
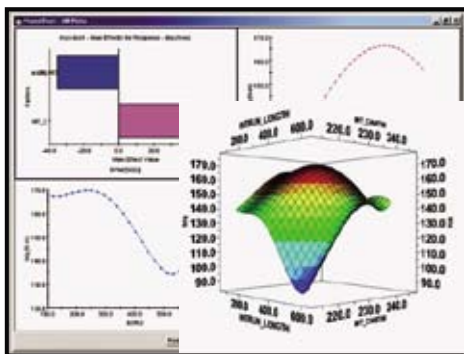


7. 优化功能

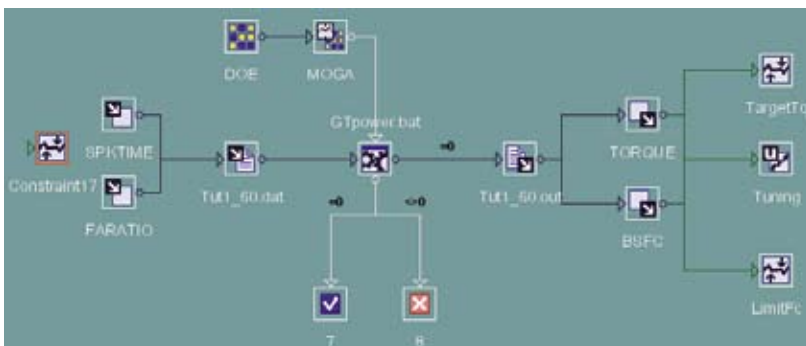
- 直接优化求解器，可选择多种优化方法，用于简单的多变量单目标优化问题。



- DOE实验设计功能有多种实验设计方法生成响应面，可进行参数敏感性分析，根据响应面进行预测和优化。



- 与modeFRONTIER耦合计算进行多目标多变量优化。

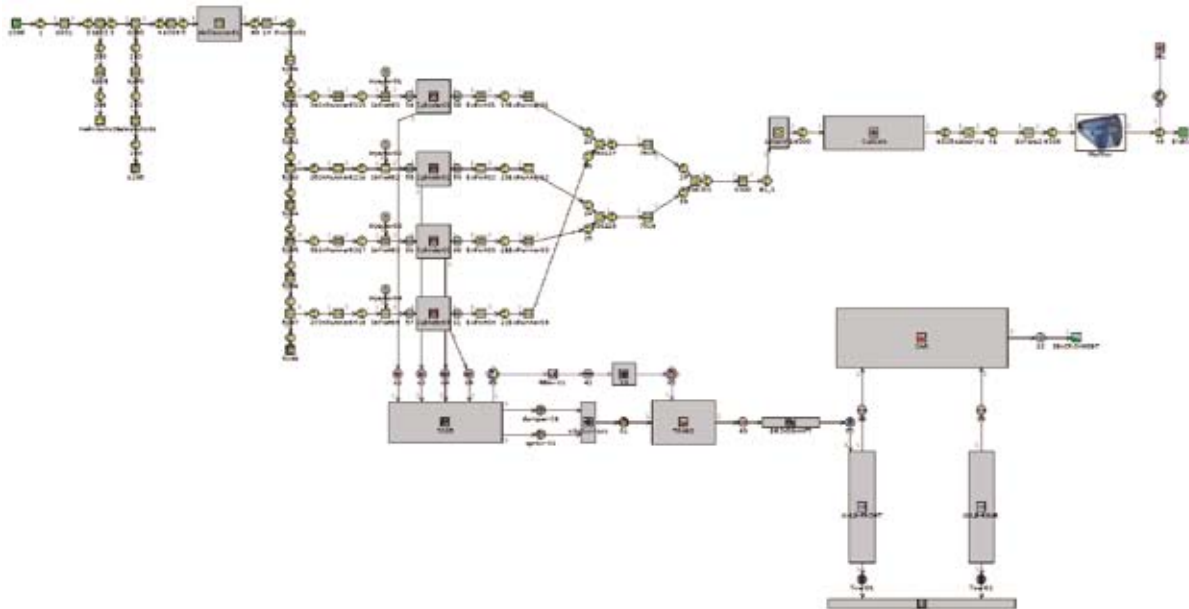


8. 同平台联合求解

GT-SUITE提供了集成求解的环境，可以进行准确的系统模拟。

- 同平台多模块瞬态直接耦合分析。
- 可以组建任意复杂程度的系统模型。
- 研发工程师真正意义上的数据共享。

GT-POWER+GT-DRIVE：研究整车动力性能和车辆控制系统。

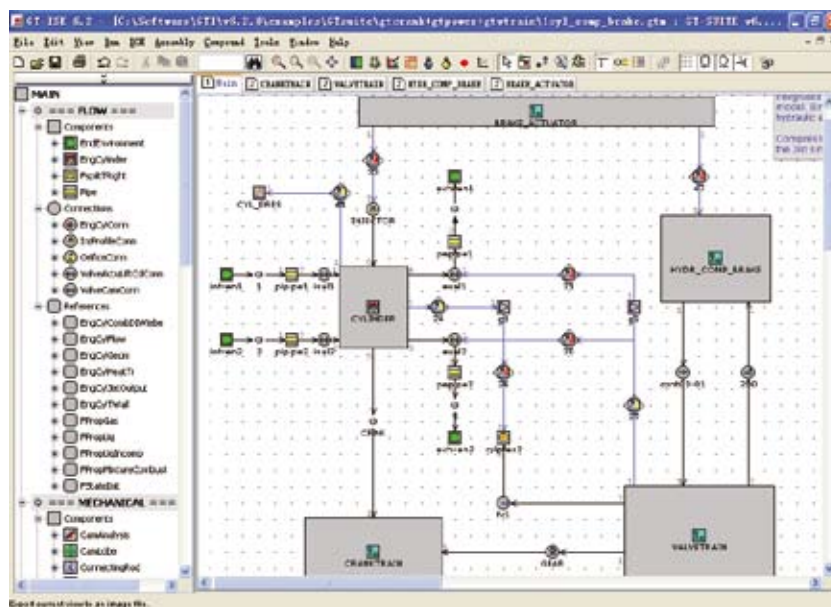


GT-CRANK+GT-VTRAIN：构建发动机机械传动系统多体动力学模型，研究轴系扭振和瞬态气门运动规律。

GT-POWER+GT-COOL：研究发动机冷启动及暖车过程。

GT-POWER+GT-FUEL：研究发动机燃油喷射过程和供油系统匹配。

GT-POWER+GT-CRANK+GT-VTRAIN：研究发动机燃烧及各运动部件对振动的影响



GT-POWER

工业标准发动机仿真软件

GT-POWER已经被全球绝大多数的发动机和车辆研究所、制造厂使用，是功能强大、灵活的一款仿真软件，市场占有率全球第一。与第三方软件，如STAR-CD、SIMULINK、modeFRONTIER、MS/EXCEL和CHEMKIN等的耦合使用进一步加强了它的功能。

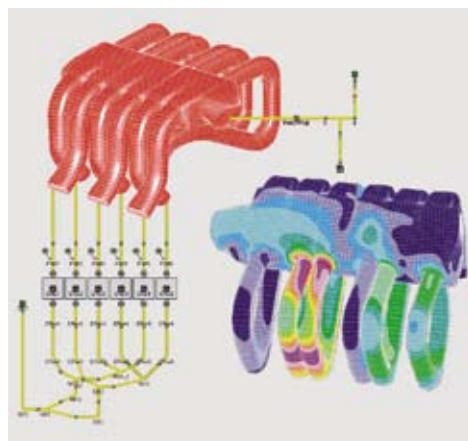
GT-POWER可以用于发动机稳态和瞬态的仿真计算，也可以用于发动机/动力系统的控制系统分析。它适用于几乎所有形式的内燃机，同时用它的部件可以搭建出用户设计的各种新型发动机。

GT-POWER取得成功的另一个原因是拥有一支优秀的工程师团队，他们有着多年的发动机设计、研发经验，以及大规模商业软件开发背景。

GT-POWER软件的更新速度极快，能根据用户的要求和反馈信息及时升级。

主要功能

- 扭矩曲线
- 燃油消耗率
- 燃烧和排放分析
- 进排气系统的设计和优化
- 气门升程曲线和正时的优化
- EGR的分析
- 排气系统在暖车过程中的响应特性
- 气缸部件热分析
- 噪声分析和消声器设计
- 涡轮增压器匹配，废气阀和旁通阀设计
- 涡轮增压器动态响应特性
- 实时发动机系统，控制仿真
- 1D/3D耦合分析
- 发动机整体性能优化

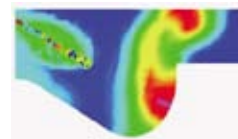
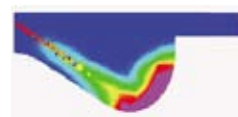
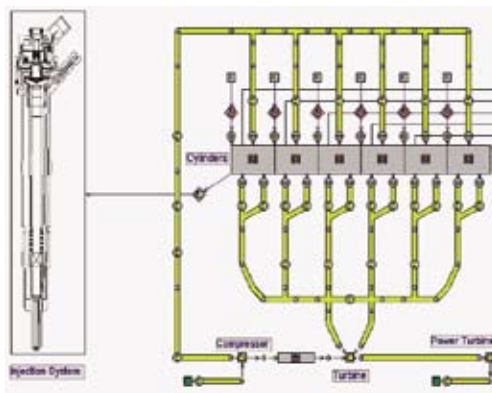
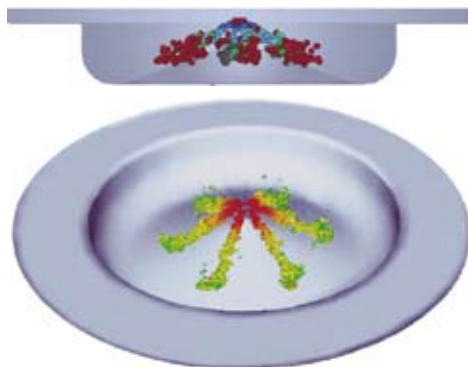
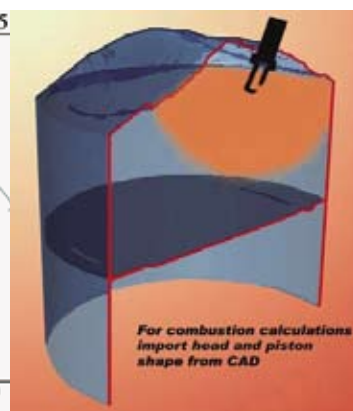
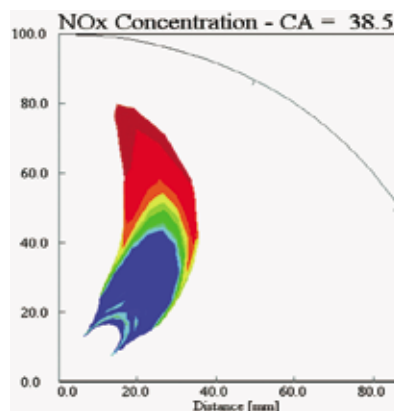


燃烧/排放

- 可输入缸压求解燃烧热率
- 韦伯函数模型（汽油机、柴油机）
- 火花塞点燃式发动机的湍流火焰模型
- 直喷式柴油机NOx和碳烟模型
- 用户自编燃烧模型
- 可直接输入实验测得的放热率曲线
- 直喷式柴油机多区准维燃烧模型（400区）
- 火花塞点燃式发动机的CO、CH、NOx和爆震模型
- 催化器化学反应模型

内置3D CFD气缸模型

- KIVA 3-V 代码内置
- 模拟气门全闭时缸内燃烧和排放
- 所有输入GT-POWER内完成
- 自动完成CFD设置和网格生成



排气后处理模型

- 三元催化器和氧化催化器模型
- 化学动力学求解器
- 可连接CHEMKIN等外部化学动力学软件
- GT-POWER组分与CHEMKIN组分相兼容
- 用户可添加CHEMKIN格式组分数据

非线性声学

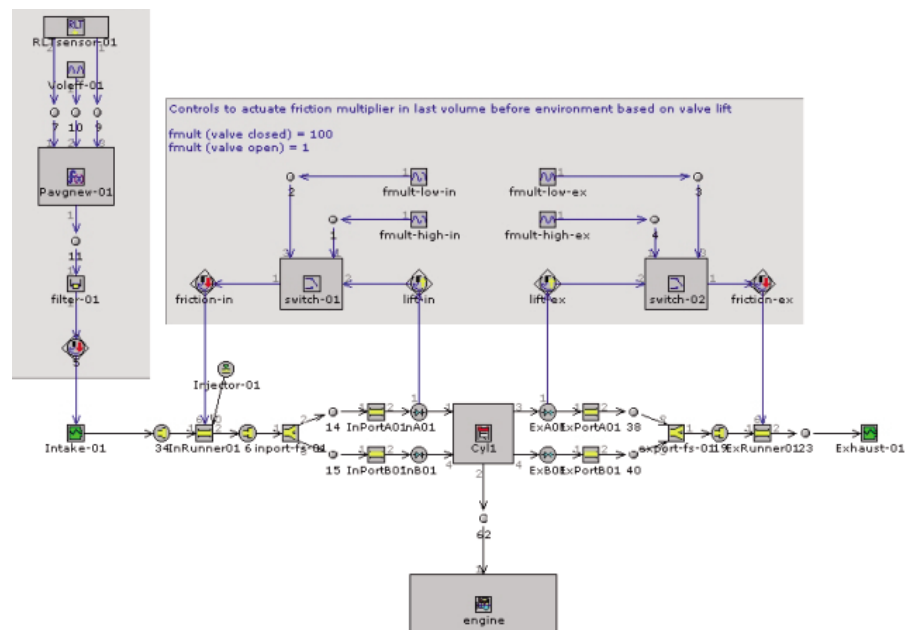
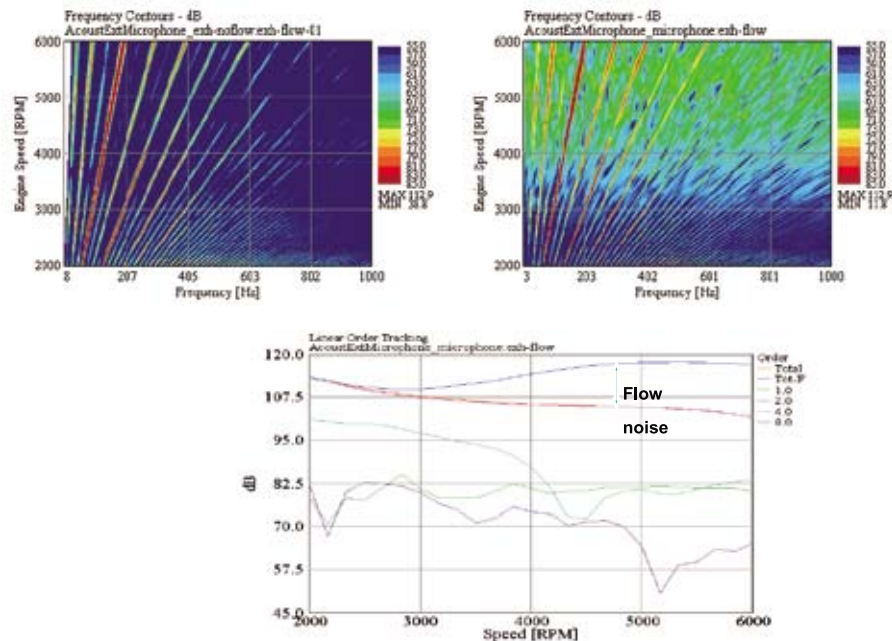
- 噪声和压力损失
- 计算空间任意位置噪声
- 瞬态噪声分析（比如1000~6000rpm加速）
- 通过噪声
- 阶次分析和频程分析
- 输出多媒体声音文件
- 传递损失和插入损失
- 共振频率
- 可以计算Flow Noise

线性声学

- 基于四端网络法的频域分析
- 比非线性声学更快的计算速度
- 同一模型可进行两种声学分析
- 可定义声源特性

TPA工具的应用

- Three Pressure Analysis: 气缸和进、排气口的压力分析
- 去除了简单缸压分析中IVC时的不确定因素
- 进入气缸质量与组成
- 残余系数
- 充气效率
- 根据试验缸压数据，得出试验中难以获得的数据
- 把测试工程与计算工程师工作进行有效的结合

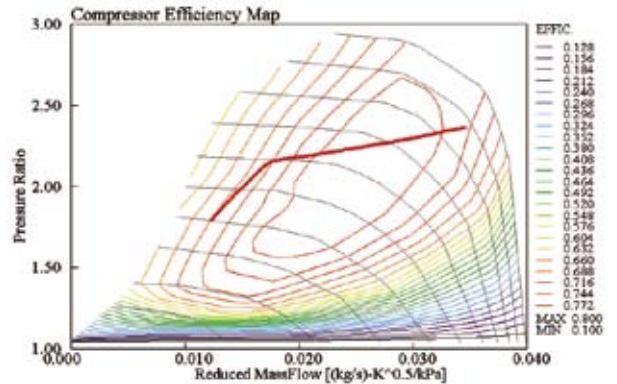


Combustion Parameters

Object Name	Cyl1
=== Combustion Start ===	-20.00
Crank Angle at 2% Burned	-11.16
Crank Angle at 10% Burned	-4.49
Crank Angle at 50% Burned	9.35
Crank Angle at 75% Burned	17.24
Crank Angle at 90% Burned	24.65
=== Combustion End ===	42.43
Burn Duration 10-75% [deg]	21.73
Burn Duration 10-90% [deg]	29.14
Wiebe Exponent (SI engine)	1.74
Max Burn Rate [1/CA]	0.035
Max Unburned Temp [K]	962.0
Max Burned Temp [K]	2832.9

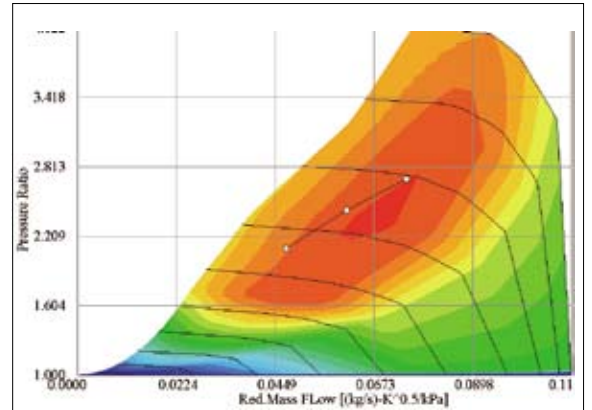
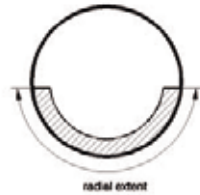
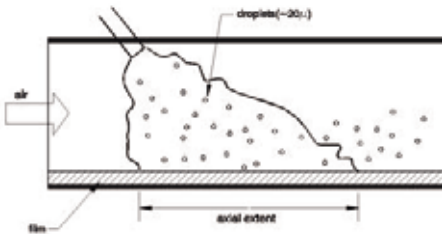
增压及匹配

- 多个涡轮和压气机
- 变截面涡轮和压气机
- 内置、外置废气阀
- 机械增压
- 动力涡轮
- 多入口涡轮和压气机
- map处理及图形分析
- WGT和VGT控制
- 自带涡轮增压器匹配工具，匹配计算的速度快
- 确定涡轮增压器，中冷器和发动机的最佳匹配方案
- 同时处理速度线和负荷线
- 计算所需的WGT开度或VNT位置



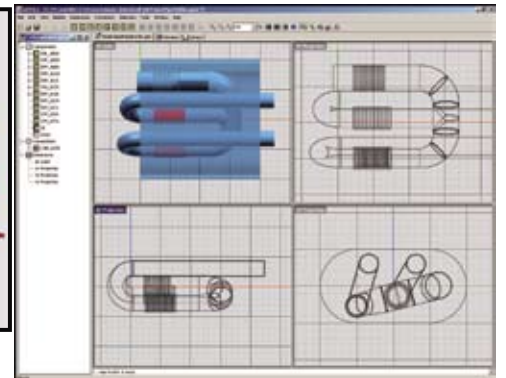
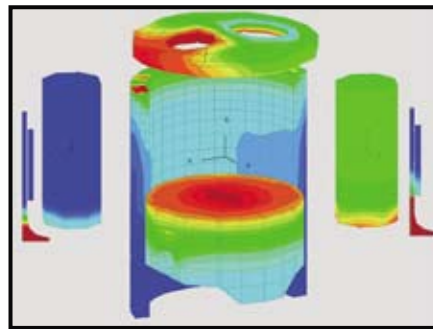
气道喷射模型

- 喷射脉宽和油滴
- 油滴壁面沉积和油膜生成
- 油膜和油滴蒸发
- 蒸发过程的热传导
- 瞬态负荷突变的模拟



快速发动机模型

- 根据详细的GT-POWER模型建立
- 可用神经网络法加速计算
- 神经网络的自动校核
- 用于发动机的实时控制
- 用于分析整车动态响应能力

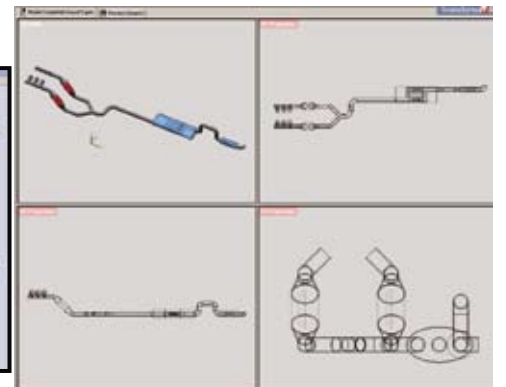
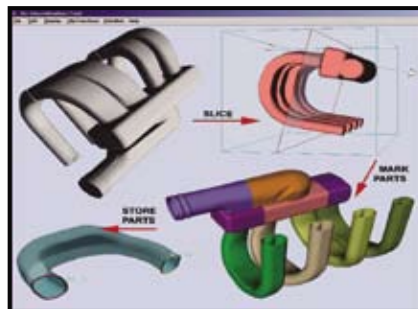


温度求解

- 进排气管路瞬态温度响应
- 内置气缸有限元温度分析求解器
- 为燃烧模型提供燃烧室壁面温度边界
- 与GT-COOL耦合作系统热分析
- 为详细有限元分析提供边界条件

3D管路离散工具

- 支持STL数据格式
- 几何形状半自动离散
- 手动分割，指定离散类型
- 自动计算管路单元参数
- 生成模型直接导入GT-POWER
- 减少繁重的管路建模工作量
- 提高模型可靠性



GEM3D工具

- 进行3D → 1D的建模
- 能整体的建立进、排气系统的模型
- 直接导入进、排气系统的STL模型
- 直接产生离散，达到模型的需求
- 消声器功能强大（能建立任意方向的管路等）
- 能产生三维的视图，并进行三维视图的测量

消声器的前处理工具

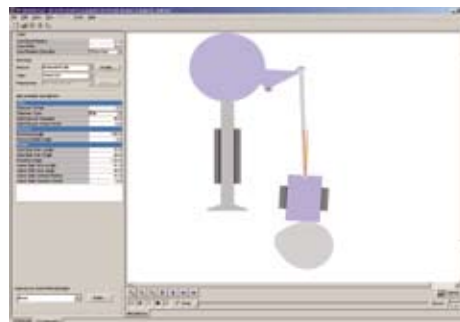
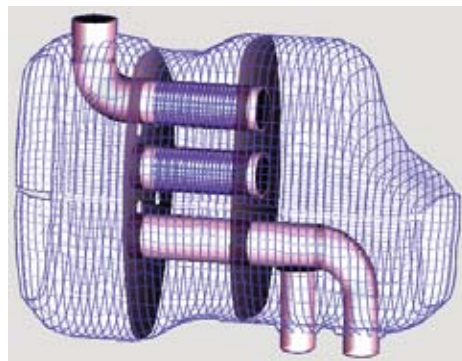
- 支持STL格式消声器外形数据
- 复杂几何形状的3D网格划分
- 有直管、弯管、同心管、穿孔管、阻性材料、挡板等模块
- 两视图设计3D消声器
- 生成模型直接导入GT-POWER

配气机构设计工具

- 凸轮型线设计
- 提供多种配气机构布置方案
- 型线数据有多种输入方式
- 可进行运动学计算
- 生成模型可导入到GT-VTRAIN中
- GT-POWER可调用其计算结果

流动的求解

- 基于一维流体动力学计算
- “空气”组分可任意混合，考虑湿度对气体特性的影响
- 燃料碳氢化合物、酒精、氢等任意组分
- 11种燃烧产物
- 完整的化学平衡计算
- 气体可指定为理想气体或真实气体

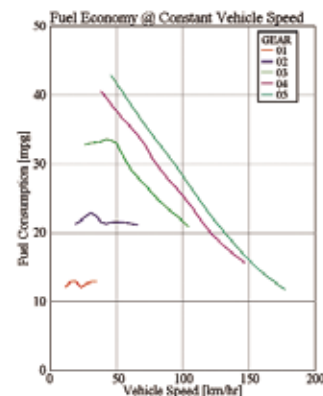
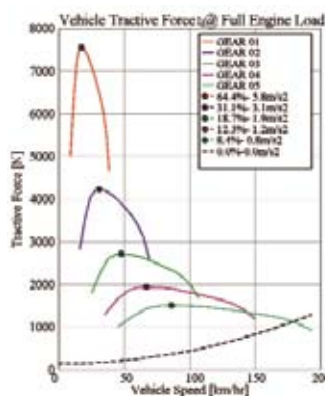
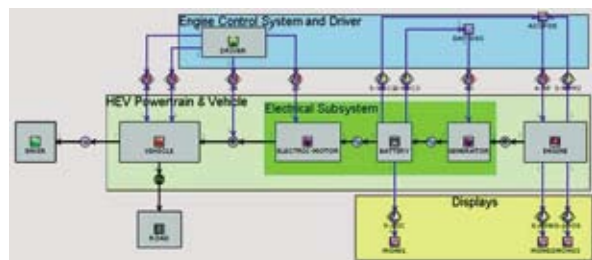


GT-DRIVE

多用途的车辆、驱动系统动力学分析工具

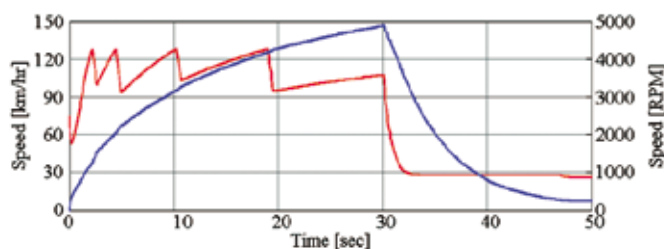
GT-DRIVE软件是一款通用的车辆和传动系统仿真软件，其主要的应用领域如下：

- 发动机+变速箱+车辆驱动系统选型和匹配
- 车辆性能预测
- 循环驾驶工况仿真计算，包括燃油经济性和排放
- 驱动系统部件模拟
- 发动机和动力总成控制系统仿真
- 驱动系统的扭振、驾驶性能、制动性能、牵引能力
- HEV控制策略仿真



动力传动系统模型

- 离合器、液力变矩器、变速箱、制动器、分动箱，差速器、轮胎
- 自动变速箱、有级和无级变速箱
- 混合动力车，马达，发电机，蓄电池，燃料电池



发动机模型

1. 以MAP图的形式表示出发动机性能

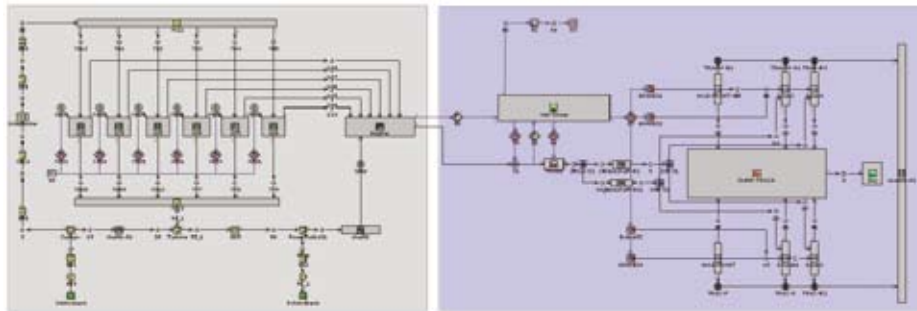
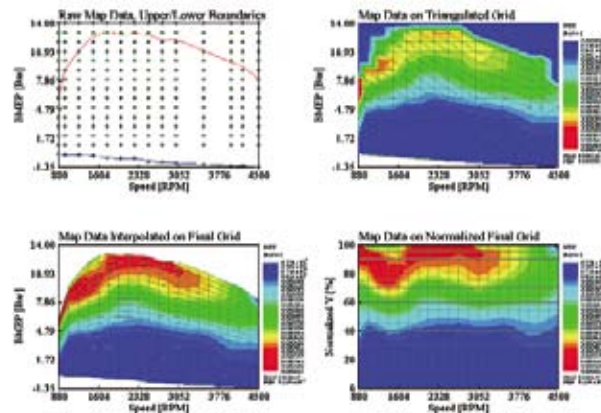
- BMEP、燃油消耗率和排放
- 用户控制map修正
- 计算速度最快

2. 平均值发动机模型

- 具有完整的进排气管路系统
- 可考虑暖车过程和响应滞后
- 计算速度较慢，可与控制系统耦合求解

3. 完整的GT-POWER气缸模型

- 高精度发动机模型
- 计算速度慢，用于整车动态响应分析



根据不同的仿真计算任务，同时也为了方便用户的使用，提高工作效率，GT-DRIVE提供了两种计算模式涵盖了静态特性、动力学、运动学分析。

静态特性

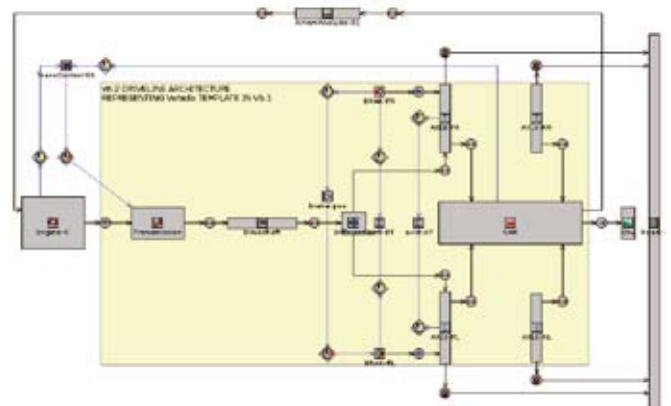
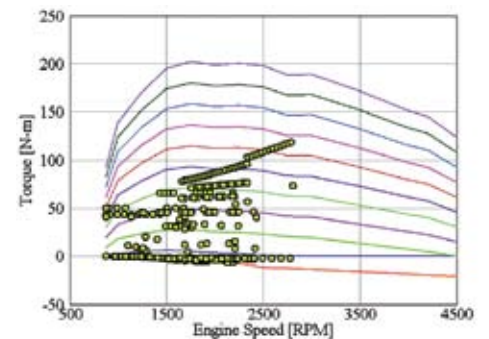
- 发动机+变速箱+车辆选型和匹配
- 各档位的特性
- 牵引力
- 牵引功率
- 零坡度加速性
- 恒定速度下最大爬坡能力
- 燃油消耗率

动力学模式

- 驾驶方法对车辆性能的影响，油门、离合器、变速箱档位和制动器控制
- 自动换挡（作为发动机转速或车速，以及负荷的函数）
- 从静止到指定速度的加速时间、位移等。（如0~100km/h或0~400m）
- 车辆制动时间、距离等
- 燃油消耗率和排放情况
- 各个部件在动态过程中的细节描述
- 可以输出相应过程的发动机功率、油耗等参数。

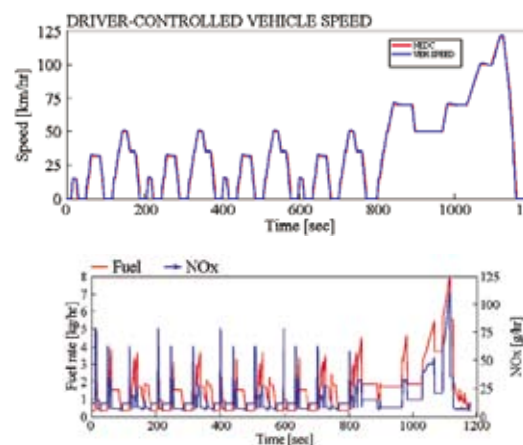
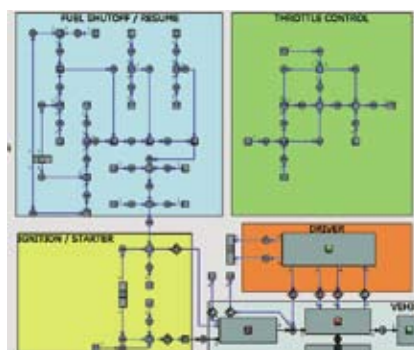
运动学模式

- 输入车速曲线或循环驾驶工况。
- 计算相应的发动机转速和扭矩，以实现指定的驾驶工况。
- 燃油消耗率和排放可多种形式输出：总和、平均和百公里特性
- 在发动机-负荷图上标出发动机工作点的位置和工作时间。
- 发动机的瞬态功率、扭矩、油耗等。
- 如果车辆性能不能满足所要求的循环工况，GT-DRIVE将自动修正循环工况曲线。



基于控制的模型

- 驾驶员模型
- 换档策略控制及CVT控制
- ABS及牵引力控制
- 液力变矩器锁止控制
- 混合动力控制策略
- 动态循环智能提前控制
- 发动机切油、恢复和起动机控制
- 驾驶循环的车辆经济性和排放性分析



GT-CRANK

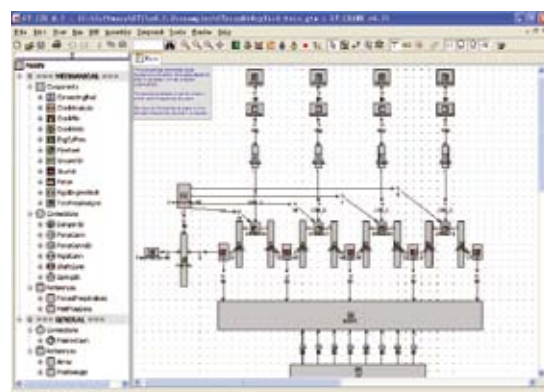
用于发动机曲轴动力学分析和曲轴机构设计工具

主要功能

- 刚性曲轴动力学计算
- 发动机不平衡力和不平衡力矩
- 发动机机体、变速箱振动的动力学分析，发动机悬置安装系统设计分析
- 曲轴扭转动力学计算(时域+频域)
- 连杆和主轴承油膜流体动力学分析，轴承油膜厚度和轨迹计算
- 曲轴应力恢复和疲劳分析

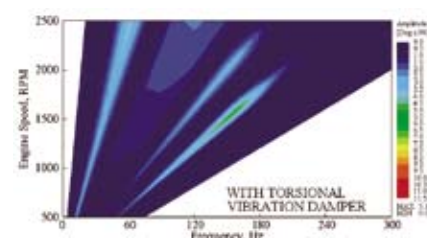
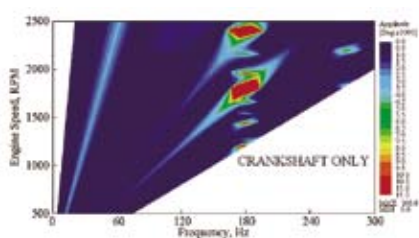
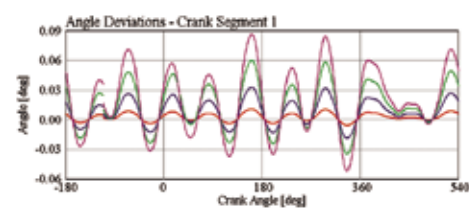
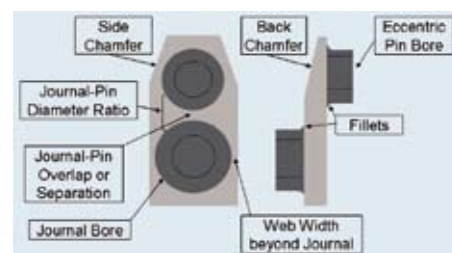
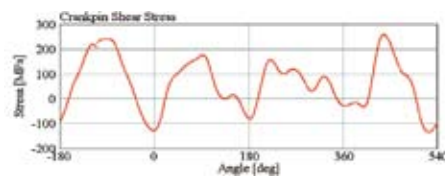
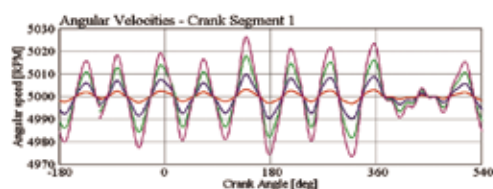
主要应用

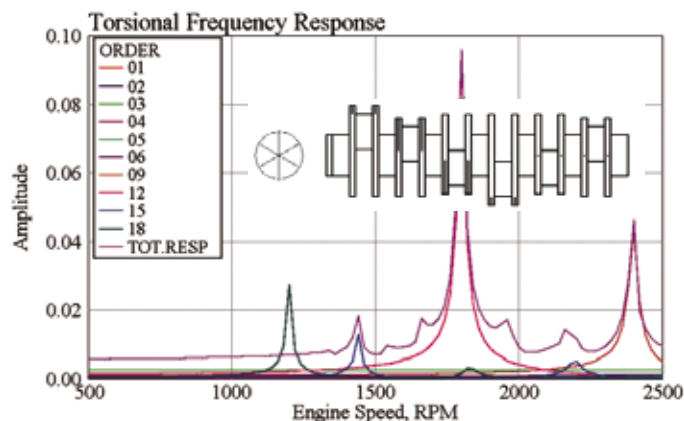
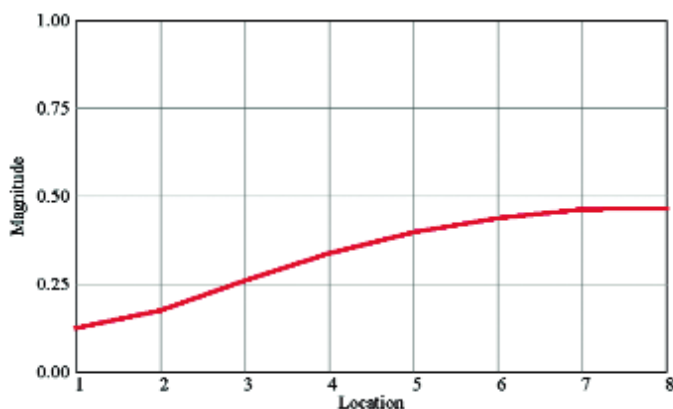
- 二冲程、四冲程发动机
- 直列、V型发动机
- 活塞销、曲轴和连杆轴心偏移
- 各气缸属性
- 固定转速和自由加速运转模式



刚性曲轴动力学计算

- 活塞运动预测
- 曲柄销和活塞销力
- 连杆和主轴承负荷
- 曲轴内部扭矩和输出扭矩
- 部件惯性质量和几何形状带来的影响





曲轴扭振

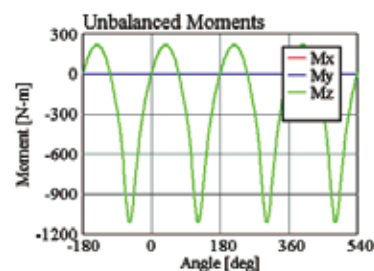
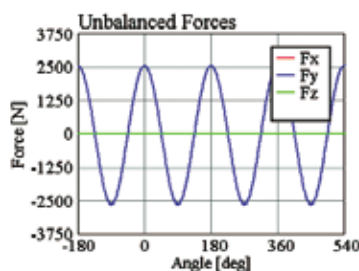
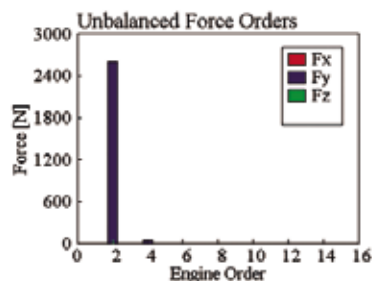
- 集中质量模型
- 轴刚度计算
- 参数化B. I. C. E. R. A法估算扭转刚度
- 输入有限元法求解的刚度值
- 阻尼、减振

曲轴扭振（频域分析）

- 自由扭振分析
- 受迫响应分析
- 谐响应分析

发动机机体振动、安装系统

- 悬置安装位置和方向，安装的刚度、阻尼特性
- 机体在不平衡力、力矩激励下六自由度模型
- 重心和安装位置运动和力
- 路面对安装点激励
- 机体振动频率和模式形状

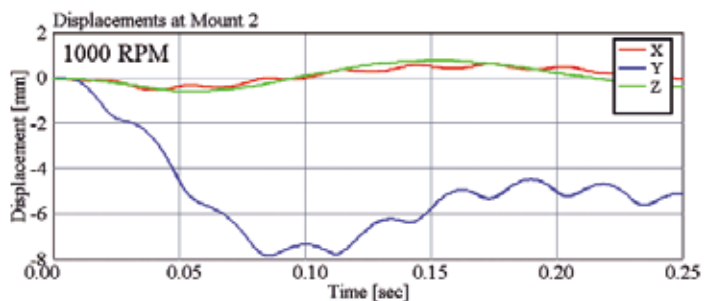
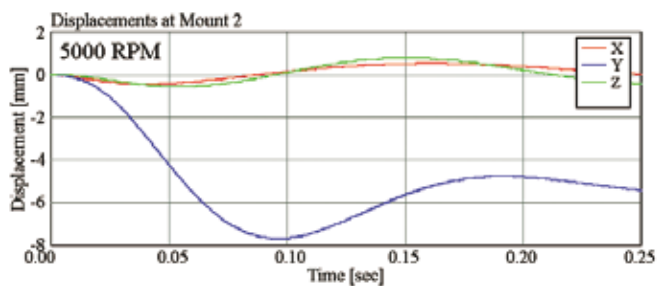


轴承分析

- 主轴承，连杆轴承
- 基于阻抗分析求解，无量纲雷诺方程解
- 油膜厚度，轴心轨迹，摩擦扭矩，功率损失

发动机的平衡

- 不平衡（发动机后座力）扭矩
- 不平衡力和力矩 F_x 、 F_y 、 M_x 、 M_y
- 一个或多个平衡重的平衡轴
- 不平衡力、力矩阶分析
- 求解过程精确



GT-COOL

发动机热管理系统设计分析专用工具

GT-COOL专门为发动机和车辆制造商以及发动机热管理部件供应商设计，可以用于稳态和瞬态分析。

GT-COOL包括简化的发动机和车辆模型，只需投入很小的工作量，就可以分析瞬态循环工况。

GT-COOL所采用的隐式格式流动求解器，求解快速、稳定、可靠。

GT-COOL含有建立完整的冷却系统所需的所有模型，可以模拟空气侧、冷却水侧、机油和变速箱油冷却器，以及其它流体系统。

主要模型

- 热交换器，散热器
- 温控阀，阀门，节流口
- 发动机体
- 冷却风扇，水泵
- 发动机，整车，变速箱

主要应用

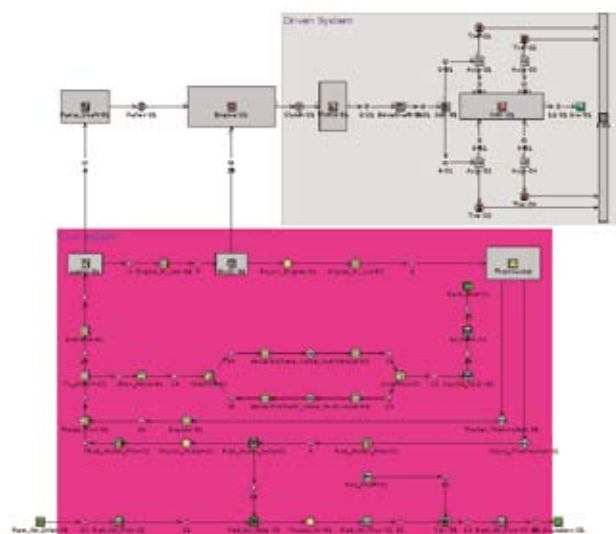
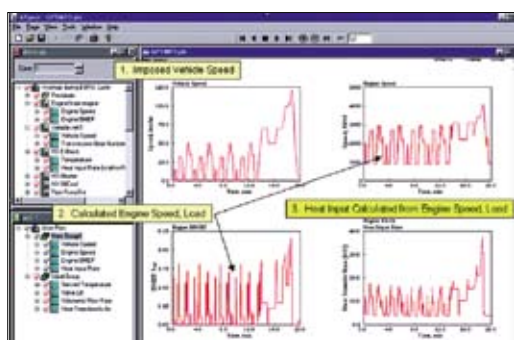
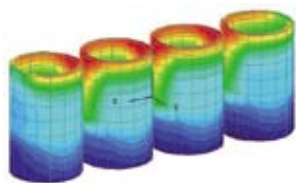
- 发动机暖车
- 散热器，水泵和管路尺寸
- 温控阀设计
- 瞬态过程中系统的响应
- 冷却系统控制策略的设计

主要功能

- 一维有限差分求解
- 快速隐格式SIMPLE和PISO求解器
- 多回路同时求解
- 完整准确发动机/整车冷却系统模型
- 可以直接与GT-POWER耦合计算，求瞬态温度场
- 可以考虑多个散热器的安装位置的相互影响

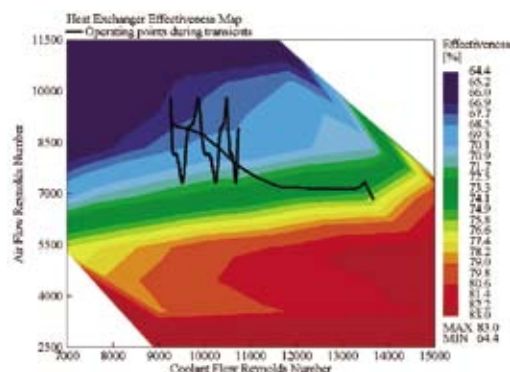
车辆循环驾驶工况分析

- 利用MAP发动机模型计算散热量
- 利用车辆模型计算发动机运行点



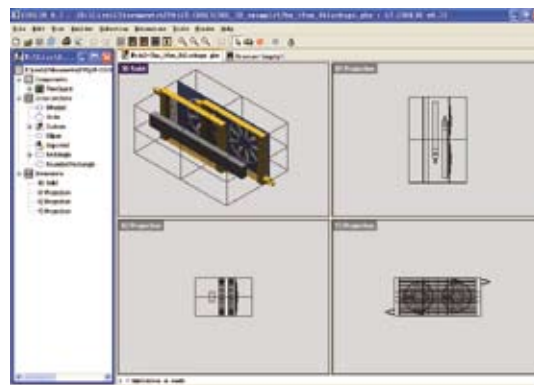
热交换器

- 根据三段式Nusselt数关联式处理实验数据



COOL3D

- 辅助建模工具，可以方便的进行换热器部分的3D→1D的建模



GT-FUEL

通用液力系统仿真软件

GT-FUEL适合于燃油喷射系统和液压系统，可用于众多结构形式的喷油器。它的求解器基于完全可压缩一维N-S方程，考虑燃油中溶解空气效应，以及压力变动导致的气蚀。

GT-FUEL可以用于汽油机和柴油机的燃油喷射系统，如共轨供油系统、单体泵系统等。在GT-FUEL模型数据库中，内置了很多复合模型，以使用户快速建立复杂的供油系统，如喷油器、液力阻尼器、缓冲阀、凸轮驱动泵等。GT-FUEL详细模拟了流动和机械部件，可以准确可靠地预测喷射系统性能。GT-FUEL拥有通用液力部件数据库，可以用于其它自动液力系统，如制动系统、动力操纵系统和碟形离合器。

先进的特性

- 部件的复合模型
- 直列柱塞泵
- 输油泵、缓冲阀
- 喷油器
- 电磁阀
- 内置流动、机械和控制部件可以方便地建立其它复杂部件。
- 与STAR-CD耦合计算可以详细研究系统中某些部分3D流动特性
- 与SIMULINK耦合计算可以用于控制系统分析

求解方法

- 结合了一维可压缩流体动力学计算和二维多体动力学计算
- 气泡产生和溶解模型
- 捕捉气体卷吸效应
- 弹性壁面模型求解管壁变形

主要应用

- 稳态或瞬态过程分析
- 共轨或泵-管-嘴供油系统
- 高压（直喷式柴油机）或低压（汽油机）供油系统
- 系统共振和模式形状识别
- 喷油器、输送阀等动态特性。

燃油喷射匹配

- 寻找最佳的喷油嘴和喷油器尺寸匹配
- 与GT-POWER直接耦合联合求解
- 与KIVA-3V联合计算喷雾

喷油器模型

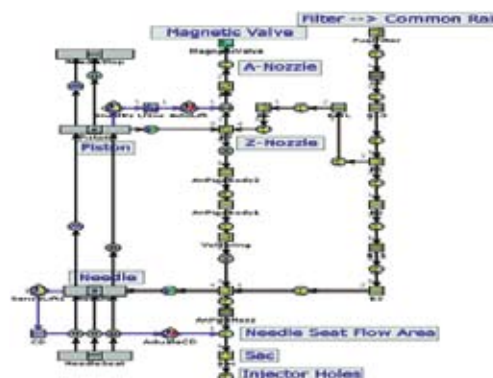
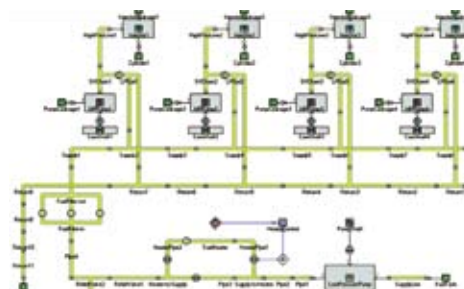
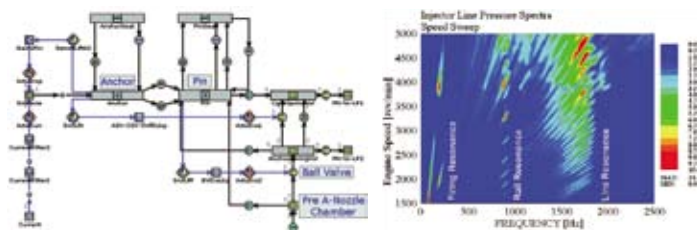
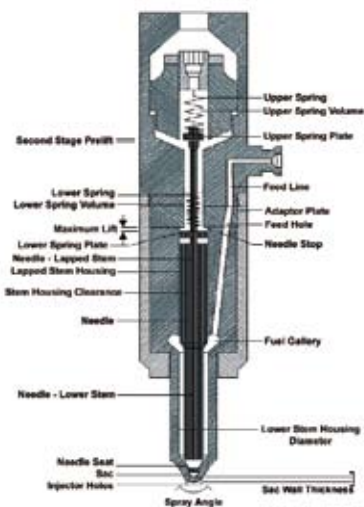
- 高压共轨喷油器
- 轴针式和孔式喷油器
- 双弹簧喷油器
- 用户可用基本模型自定义喷油器模型

控制阀模型

- 电磁阀
- 球阀，膜片阀
- 出油阀，溢流阀

凸轮轴、凸轮、挺柱、弹簧

- 与GT-VTRAIN共享模型
- 多项式凸轮型线设计
- 凸轮、挺柱运动学
- 凸轮轴扭转和弯曲动力学
- 接触应力
- 多自由度弹簧

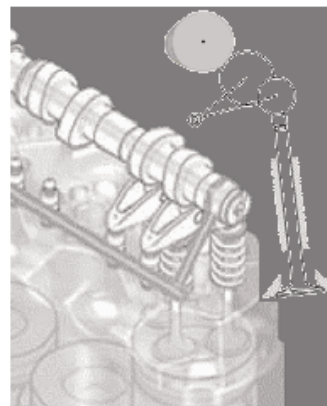


GT-VTRAIN 先进仿真设计软件

GT-VTRAIN主要应用于配气机构的机械运动和摩擦分析, 计算精度和可靠性已经被大量实际应用所证实。

主要应用

- 配气机构（多体）动力学计算
- 配气机构运动学计算
- 凸轮设计
- 准动力学（刚性）分析，正则化力和分离速度
- 接触力和冲击力，气门落座速度和反弹
- 凸轮随动件的摩擦、赫兹应力、变形、油膜厚度
- 凸轮轴扭转、弯曲动态特性
- 凸轮轴轴承轨迹、摩擦扭矩
- 配气机构摩擦力和功率损失
- 齿轮、齿带、链传动动力学分析



GT-VTRAIN建模范围广泛，从标准的配气结构布置到所有现代形式，包括推杆、顶置凸轮、摆臂式和摇臂式顶置凸轮、直接操纵式等。

GT-VTRAIN提供了完整的动力学/液力学基本部件，同时也提供了许多预编程的复合部件，如用于标准配气机构的部件摇臂、提升阀、液力间隙调节器等。使用复合部件可以减少建模时间，而基本部件使用可以拓展GT-VTRAIN的应用范围。

多体动力学

- 高精度弹簧模型，有效圈动力损失，桶形簧和锥形簧，不同簧丝截面
- 液压挺柱，液压凸轮相位调节
- 弹性配气机构模型，刚度可输入也可自动计算
- 缸压和气门背压
- 气门、导管热膨胀
- 凸轮轴扭振及频域分析
- 考虑弯曲变形的凸轮轴轴承分析，油膜厚度，轴心轨迹摩擦损失

齿轮、齿形带、链传动

- 齿轮传动2D动力学模型，刚度，阻尼，摩擦
- 详细的齿轮接触模拟，非线性啮合刚度
- 准确模拟链-链轮，导轮和张紧装置的几何接触和运动学特性

