

## SimulationX相关专业学科库介绍

### 1 机械学库

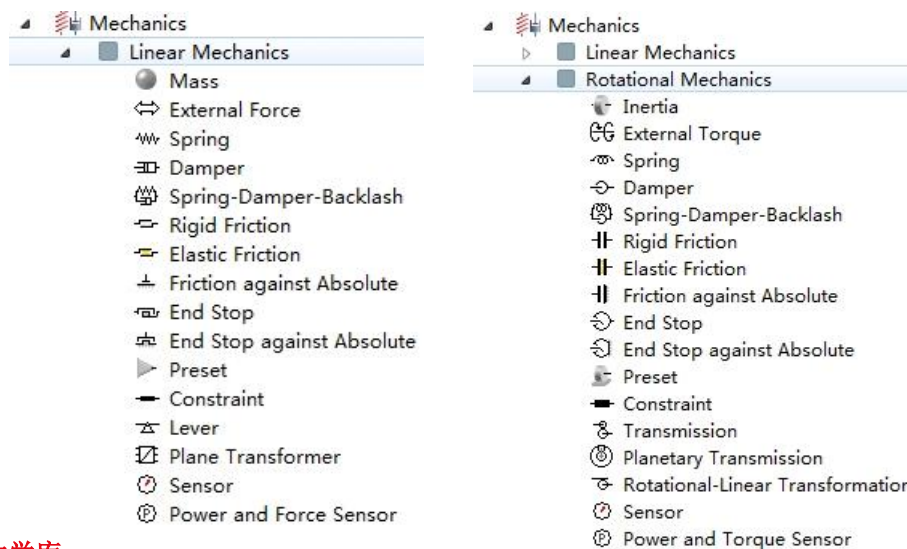
#### 1.1 一维机械库

包括线性机械学库和旋转机械学库，能够非常便捷地执行仿真并且分析机械系统。SimulationX中的机械系统模型是通过组装质量和惯量元件、弹簧-阻尼元件、力元件等基本机械模型组件建立的。参数诸如转动惯量、刚度和阻尼。位移（或角度）、速度、加速度和内力（或扭矩）是这些组件模型的典型量。

机械工程师可以在非常习惯的同一个框架中进行建模和仿真，没有必要推导微分方程组或者将在真实系统转化为抽象的面向符号的方块结构。

线性机械学库和旋转机械学库为一维、二维机械系统提供了核心功能。可以用特征曲线或表达式来指定参数，多个组件可以组装到新模型对象（复合对象）中，因此，可以很容易地处理复杂的机械系统。

一维机械库包含以下模型对象：



#### 1.2 多体动力学库

该学科库的主要目标是对模型的状态改变进行有效的描述，从而帮助分析系统的动态行为（例如机构运动），或者为模型的外观提供3D的图形显示。

多体动力学库提供了许多元件类型用以对运动结构建模，以及对闭链结构建模。通过CAD工具导入数据，任意复杂形状的形体都可集成到模型中。对用户感兴趣的模型机构进行图形化与交互式的建模，可以准确的说明元件的空间运动（位置与方向）及变形，同样可以借助颜色的改变及代表机构的透明度来表征元件状态的改变。描述几何形状、位置、方向、颜色、透明度变化的数据，可以是调用结果变量或者数学表达式。数学表达式及参数调用可以通过库元件的属性对话框进行输入。

接口元件确保三维结构体和任意其它学科领域（例如线性机械、液压或控制）的子系统可以组合到一个仿真模型中。

用户可以同时在3D视图和结构视图中操作（如下图所示）。结构视图可以体现出元件的相互关系，同时3D视图可以可视化地体现出元件的空间位置和动作。

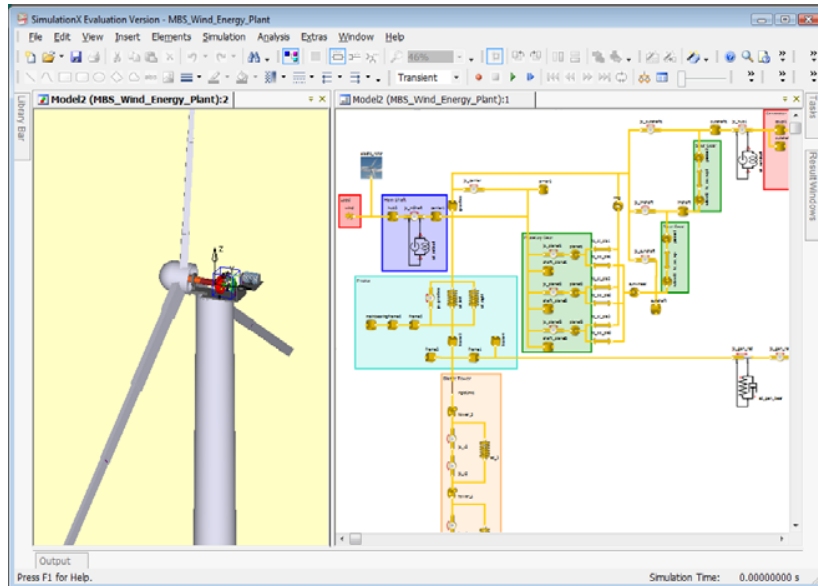


图 一个风力发电装置的多体动力学模型

左：3D 视图，右：结构视图

仿真结果可在仿真过程中或者仿真结束后，使用SimulationX软件分析，或者导出并应用于其他软件工具中。系统的动画演示可以在仿真过程中和仿真完成后观测。

#### 选项：梁元件

梁元件选项能够使用户将弹性结构整合到多体系统中。单独的梁元件可以计算大的刚体的动作和小的弹性变形。通过组合更多的梁元件，就可以计算较大的弹性变形了。

#### 选项：连接元件

通过使用接触元件，计算分析两元件之间的多体力将成为可能。接触力依赖于碰撞的渗透体积，即两机构变型体积，还有接触刚度及阻尼。应用领域为复杂形体的机构之间的连接仿真，例如手表的一些零部件或同步机构。在该应用中，制造公差对系统的动态行为有一定的影响。

#### 选项：CAD 导入 Autodesk Inventor® 以及 Pro/Engineer Wildfire 4.0 数据

这些选项使得从Autodesk Inventor®和Pro/ENGINEER®输入CAD数据成为可能。输入向导从多体动力学机械库刚体CAD输入的属性对话框开始。为了使用这些接口，需要安装Autodesk Inventor®和Pro/ENGINEER®。更多的信息可以从CAD输入工具的使用表中得到。

多体动力学库包含以下模型对象：

	General Rigid Body		Rigid Link		Bipolar Force		Body Force
	CAD Import		Prismatic Joint		Bipolar Force Interface		Body Force Interface
	Cuboid		Actuated Prismatic Joint		Bipolar Torque		Body Torque
	Sphere		Revolute Joint		Bipolar Torque Interface		Body Torque Interface
	Cylinder		Actuated Revolute Joint		Linear Translative Spring Damper		Global Force
	Cone		Spherical Joint		Spring Damper (3D)		Global Force Interface
	Prism		Free Motion		Spring-Damper-Backlash (3D)		Global Torque
	Helical Gear		General Joint		Spring-Damper (Matrix) (3D)		Global Torque Interface
	Helical Ring Gear				Camera		
	Rotational Solid		Constraint		Translative Preset Interface		Absoluter kinematischer Sensor
			Preset of motion quantities		Rotary Preset Interface		Relativer kinematischer Sensor

## 2 信号控制库

SimulationX中的信号模块库包含了各种信号处理函数，用于控制、检测和观察一个多学科领域系统模型的所有模块。

线性信号模块库支持输入和输出信号之间线性传递函数的实现。库中元件采用信号流程图来描述线性系统。这些线性信号方块能用于执行任意时间连续的线性系统与复杂模拟控制结构。

非线性信号模块库包含用于非线性信号转换的元件。除了在纯面向信号的模型和子结构中应用外，还能用于创建不同种类的非线性问题的模型。

信号源库提供了许多强有力的模块，用于描述任意依赖时间的信号（脉冲、周期信号、任意瞬态信号）以及多维特征曲线。

这些信号可以生成为时间的函数，也可以是一个或多个输入量的函数。曲线可以手动指定（输入表或者在图中插入点），或者从数据文件（例如，测量的时间序列）中读取。因此，该库又可作为一个强有力的接口，将数据导入到SimulationX中。

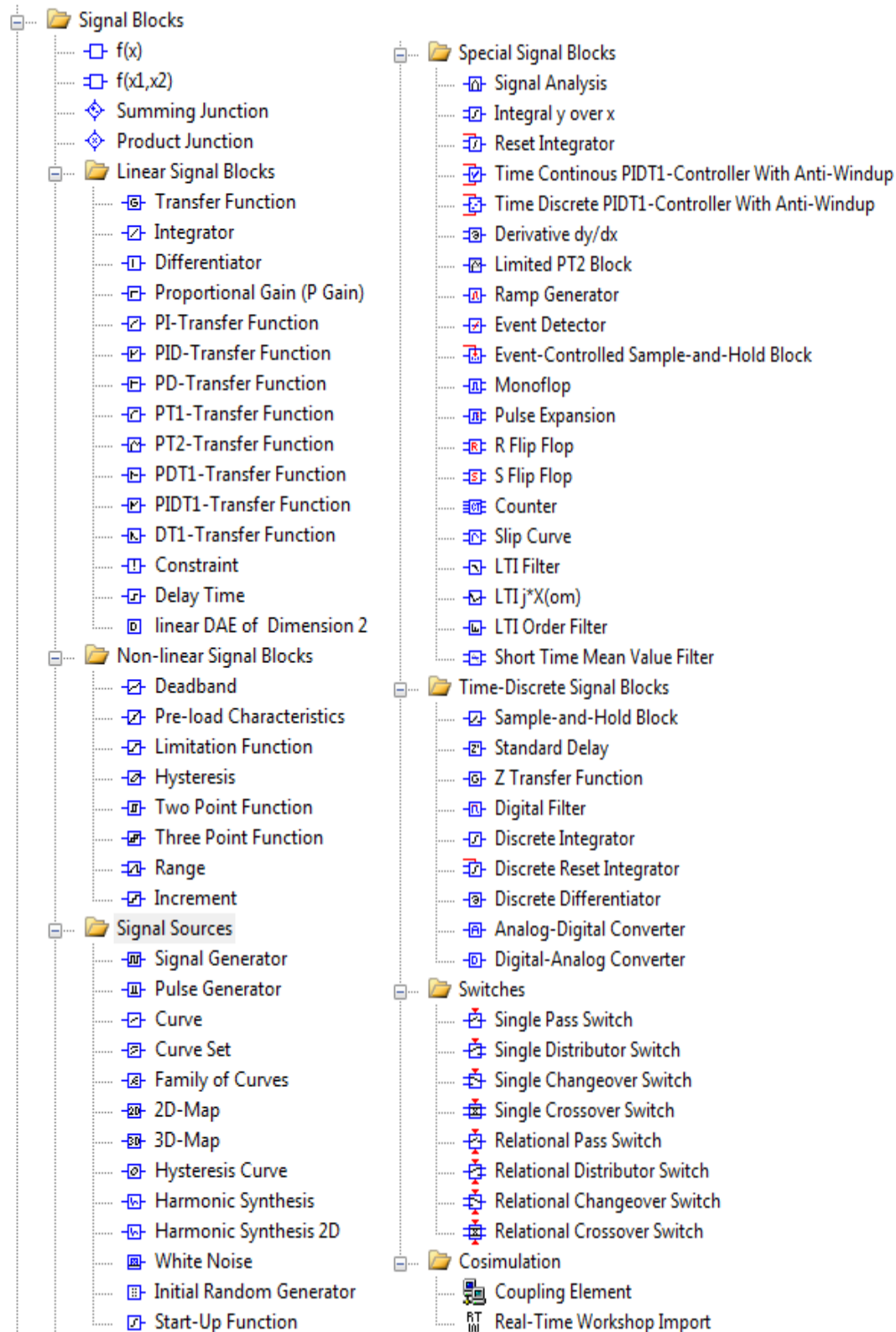
特殊信号模块库拓展了软件非线性效应建模、信号分析、以及观察和处理事件，例如逻辑控制结构仿真和变结构控制结构系统的建模。该库是对信号源、线性信号模块和非线性信号模块的补充。

时间离散信号模块库专门用于解决时间离散（数字）信号处理问题。该库中的模型对象尤其适合数字控制器和滤波器的建模。该库中元件可以无缝地集成到时间连续仿真模型中去。该库提供了必要的接口元件和仿真算法中的步长控制器，用以保证仿真过程中采样时间及其处理能够即时准确。

开关库用以创建结构变化中的信号处理模型，该库允许在信号水平上对控制算法、逻辑条件和在结构上改变的系統（例如，换档中的变速箱）进行建模。

在信号模块库中的模型对象的参数不仅可以是数值，而且还可以是变量、数学表达式、甚至为多维值（向量和矩阵），并且允许进行复杂操作，同时其系统结构仍保持相对简单和易于理解。

信号方块库包含以下模型对象：



### 3 液压学库

液压学库提供的元件可以有效直观地创建液压动力系统及其组件的模型。根据液压传动回路图，直观地搭建液压动力系统的及其组件的模型，不需要建立微分方程组、信号流程图或者传递函数。为了组装复杂的阀类型、泵或电机，可以使用图形化的方式安排和连接通用元件，例如质量、弹簧、阀芯、排量或阀缘。这些子模型可组装在一起形成一个新的复合元件添加到库中。

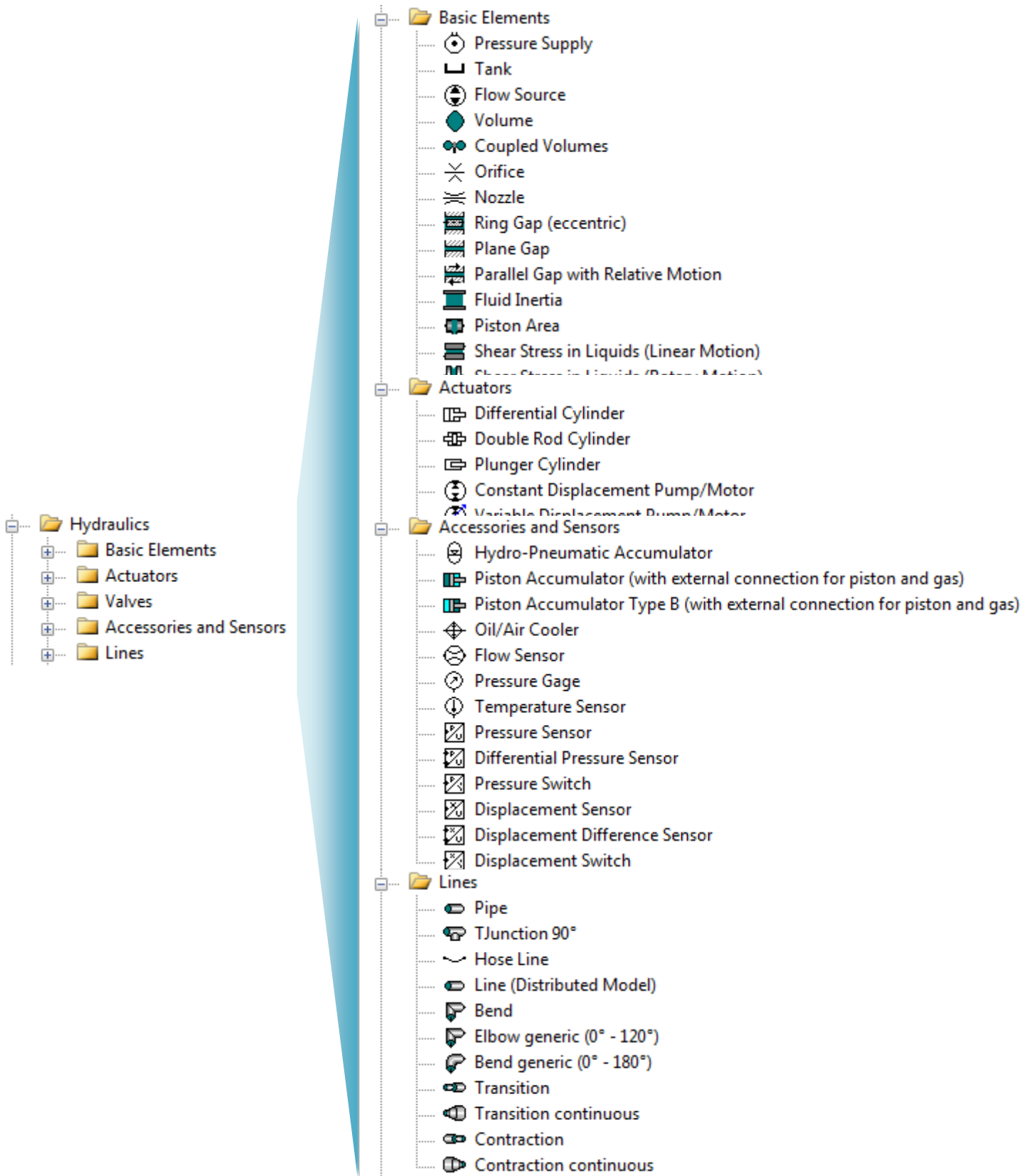
每个元件的输入参数尽量简单化并接近于技术设备。虽然用户界面简单和直观，但是元件模型的物理特性仍包含了所有的相关效应和非线性，例如

- 与压力、温度和汽馏分相关的液压特性
- 可变的密度、通气和气穴现象
- 能量流失和热传递（对流和传导）
- 复杂的摩擦特性、液压执行器的机械损失和容积损失
- 阀的静态和动态特性，液压阻力的非线性
- 复杂的阀几何和液压短路阀的流力
- 液压气动蓄力器的真实气体特性（弯曲模型）和热传递
- 液压传动线路的静态和动态流动阻力和热流失

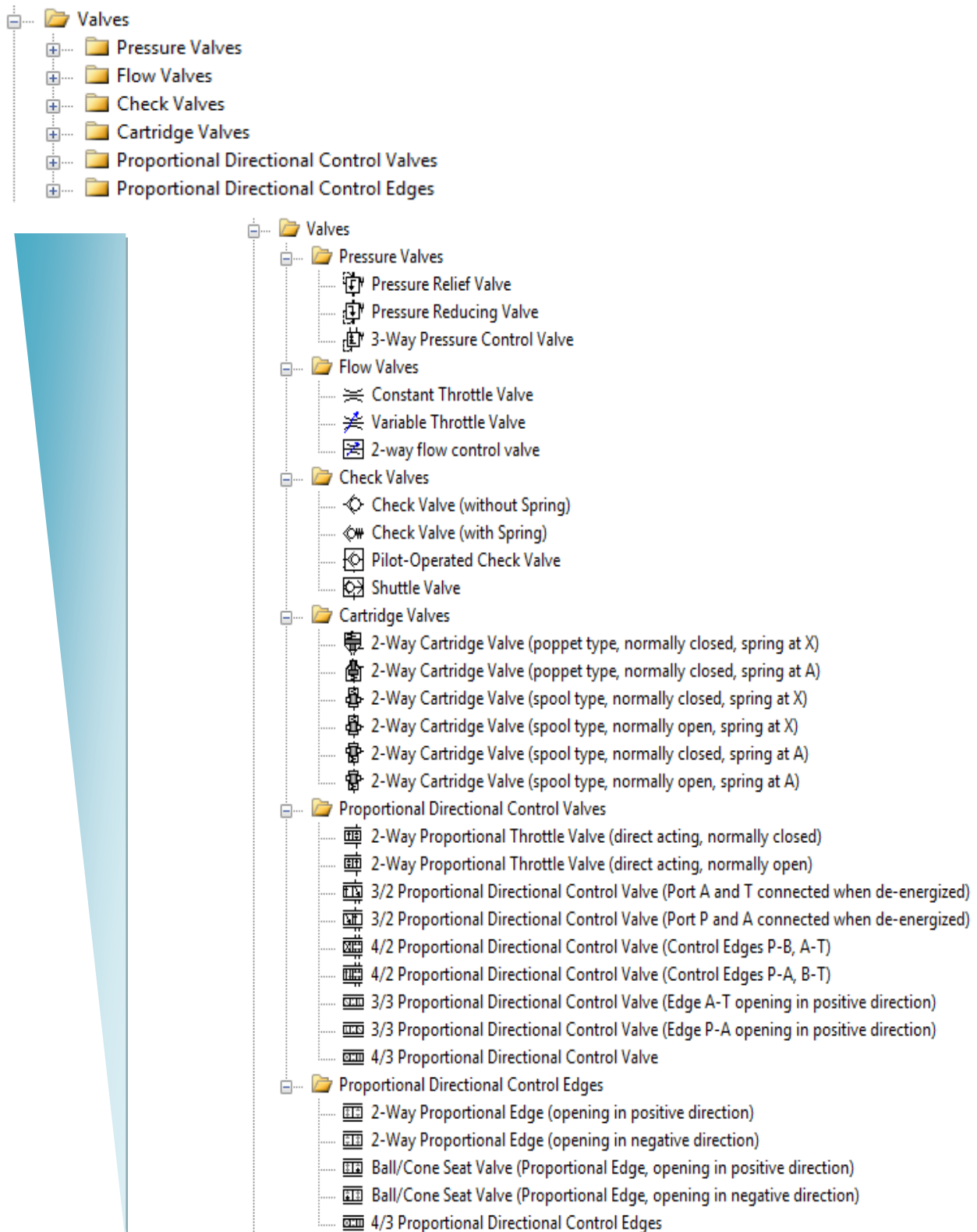
内容丰富的流体库提供了大量的预定义的液压机液体，并且能够容易地改善这个预定义液体序列。

所有的液压元件都可毫无限制地与其它元件连接。而且，许多元件还提供了与其它领域和库的接口。例如，液压执行器能与机械学1D/3D库、传动系统库或电机库的元件相连接。活塞执行器能与气动库的元件相连接。为了仿真热传递效应，液压机液体容积和液压管需要联合热力库中的元件。多领域系统建模方法能全面分析和研究复杂的工程系统。

液压学库包括以下元件：



阀模型文件夹中具有非常多的子目录，如下所示：



大多数阀模型是用于系统仿真的，只需知道每个部件的目录数据即可，而无需更多地了解阀的内部几何及其构造数据（质量、刚度、阻尼等）。因此，这些元件的参数输入是目录导向的。部分参数几乎可以直接从厂商的说明书（例如，流量-冲程曲线或者流量-压力下降曲线）中获得，部分参数需要根据可得到

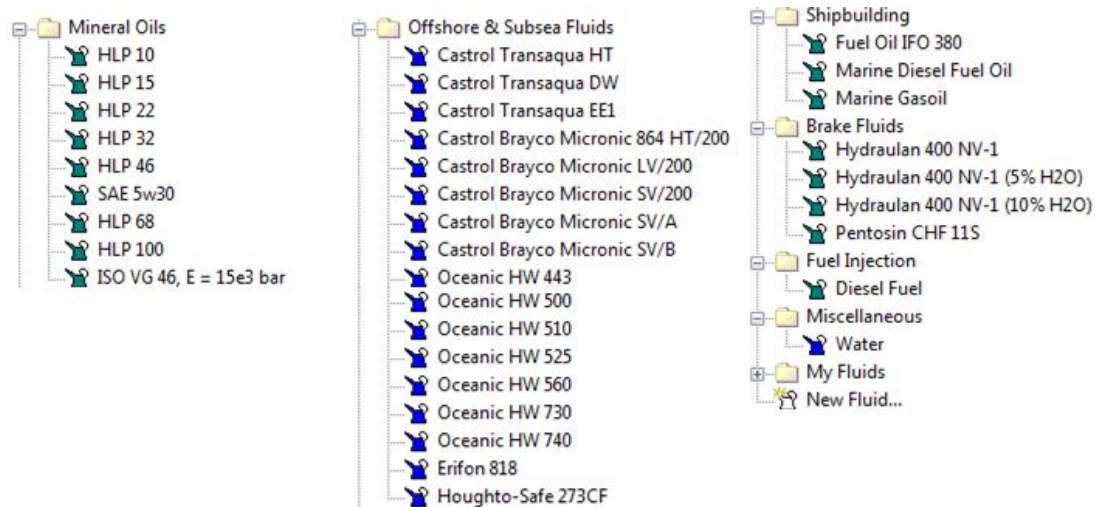
## 领跑在工程化系统工程建模和仿真技术的最前沿

德国 ESI ITI 有限公司

的数据（例如，响应时间、固有频率、阻尼因子等）估计。在描述阀的冲程、流动特性和动态响应方面，所有的阀模型都具有很强的灵活性。

子文件夹比例方向控制阀缘包含了液压阀缘模型，尤其适合组件建模。这里，只需掌握所有几何和构造数据方面的相关知识。联合基本元件文件夹和线性机械学库中的元件，能非常容易地自行组装复杂阀的模型。

液压连接也是通过状态变量的函数来计算流体特性的。为此，在仿真之前，只需在连接对话框中的列表内选择期望的流体类型。然后，选择的流体类型马上被繁衍到同一回路中的所有其它连接中。这种繁衍机制保证了在整个回路中只应用一个流体类型。然而，不同的流体类型仍然可以在一个模型中并存，只要每个独立回路中有一个流体类型即可。





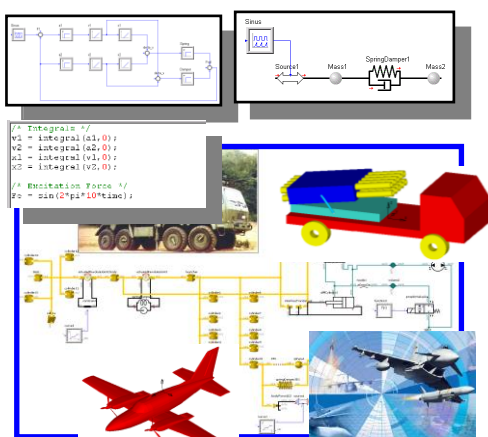
## 附录：软件介绍

### SimulationX多学科领域建模仿真

- SimulationX 在统一的平台上实现了多学科领域的系统工程的建模和仿真：机械、液压、气动、热、电和磁等物理领域，用于航空航天机电液气系统设计、机器人及控制系统优化、发动机和车辆各系统、电磁液驱动机构的设计等等。不同领域的模块之间直观的物理连接方式使得 SimulationX 成为多学科领域系统工程建模和仿真的理想环境。
- 集成分析：能完成很多复杂系统的综合分析设计，例如飞机燃油系统(航空发动机转速调节)、环控系统、航电(FBW)系统和功率电传(PBM)系统等。车辆工程的动力传动系(发动机，手动变速器 MT，自动变速器 AT，手动自动变速器 AMT，双离合变速器 DCT 到轮胎等)的整体传动效率分析，换挡舒适性，液压驱动器的设计和优化，控制策略分析。船舶驱动系统(发动机,离合器,齿轮变速机构,电机,螺旋桨装置,舵,船体)及船舶操纵运动的动态特性分析。风力发电机的传动系统分析包括三维机械结构、传动装置和控制系统的整体系统动态仿真分析等等。
- 仿真模型的扩充或改变都可通过图形用户界面(GUI)简单来进行，不需要编写任何程序代码。SimulationX 为用户提供一个标准化，规范化和图形化的二次开发平台：用户不仅可以直接对 SimulationX 所有模型进行扩展修改，还可以直接基于 Modelica 语言的创建新的模型元件，并能够把用户自己的 C 代码程序以图形化模块的方式集成进 SimulationX 软件模型中。

### 建模方式

- SimulationX 的基本元素组合建模理念，即把物理系统分解为工程系统的各种最小要素，使得用户可以方便地用各种简单的基本要素来建立模型，去尽可能详细和精确地描述零部件及由它们构成的复杂工程系统。
- SimulationX 定位在工程技术人员使用，建模的语言是工程技术通用语言：基于物理模型的图形化，单元化的建模方式使得 SimulationX 成为在工程机械、汽车、造船和航天航空工业研发部门的理想选择。SimulationX 使得用户可以从繁琐的数学建模中解放出来从而专注于物理系统本身的设计。
- 用户也可以利用 SimulationX 中的提供一个标准化、规范化和图形化的二次开发平台 Type/ Designer 轻松创建新的仿真模型和自己的元件库。
- SimulationX 保留了三个层次的建模方式：数学方程级，方块图级，基本元素和元件级，模块名称参数和变量清晰，不同的用户可以根据自己的特点和专长选择适合自己的建模方式或多种方式的综合使用。



### 突出特点

#### 可与 IBM Rational Rhapsody 无缝集成

- 所有复杂工程系统模型仿真都可在一个环境 (SimulationX) 中完成。

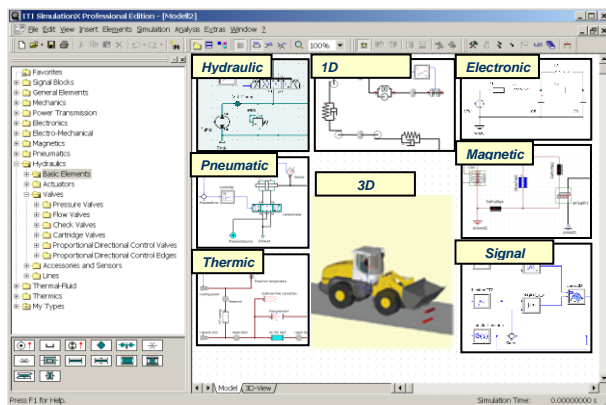
## 领跑在工程化系统工程建模和仿真技术的最前沿

德国 ESI ITI 有限公司

- 更有效地通过向量，矩阵，参考特性曲线，2 维和 3 维查表赋值。
- 模型可通过 SimulationX 中规范化和图形化的开发工具 Type Designer 来创建，其编程语言基于 Modelica。
- 模型可以通过显式或隐式的代数方程组和微分方程组来描述。
- 用户自己编写的 C 代码可通过外部函数接口集成到 SimulationX。
- 实时硬件在线仿真 HiL。

### SimulationX 的标准模型库

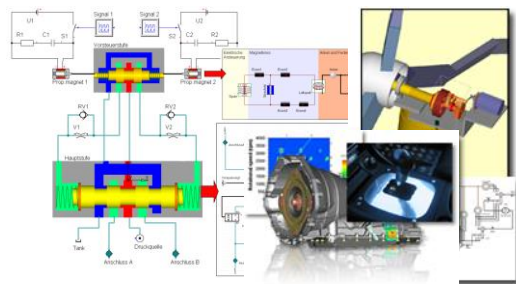
- 1D, 2D 机构库, 3D 机构库, 控制系统库, 液压库, 气动库等等。
- 电学工程库: 电阻, 电容, 电感, 电源, 开关, 二极管, 三极管, 场效应管, 各种电机等等。
- 电磁库: 磁阻 (空气, 铁心), 变压器, 涡流等等。
- 热流库: 热交换器, 蒸发器, 压缩机, 理想和真实气体, 多相流等等。
- 多体系统库: 刚体元件, CAD 输入, 各种连接元件, 负载元件和弹簧元件。
- 基于 COM 接口用户可开发自己的数据交换程序, 用于前后数据处理, 或与其它软件进行数据交换。



- 各种流行 CAD 软件生成的几何图形可通过 STL 格式输入
- 有限元软件结构, 比如 Ansys, Abaqus 等, 可通过 FEM import 输入。

### 强大的计算功能

- 基于符号分析运算上的智能求解器能够根据用户所建模型的数学特性选择最佳的积分算法, 缩短仿真时间和提高仿真精度, 具有一流的性能。
- 平衡计算 (静态或稳态)、频域仿真。
- 提供了齐全的线性化系统分析工具 (系统特征值的求解; Bode 图, Nyquist 图, 根轨迹分析等), 模态分析工具, 频谱分析工具 (快速傅里叶转换 FFT; 阶次分析等)。特征值, 频响和传递函数。
- 内嵌式自动的数学不连续性处理工具解决了数字仿真的杀手: 间断点的问题。



### 友好的用户界面



## 领跑在工程化系统工程建模和仿真技术的最前沿

德国 ESI ITI 有限公司

- 可个性化定制工作空间的用户界面。
- 地址化和参数化模块接口。
- 模块接口点能够手动调整。
- 模型参数可通过控制块, 文本块, 和其它各种图形。
- 界面调整和显示。
- 树形化已有标准模型和 用户定义的模型。
- 三维可视化功能。
- 可一次定义多对象公用参数。

### 应用接口 FMU

控制软件接口: Matlab<sup>®</sup> ; 多维软件接口: Adams<sup>®</sup>, Simpack<sup>®</sup>, MSC. Nastran<sup>®</sup> FLUENT等; 实时仿真软件接口: dSPACE<sup>®</sup>, xPC-Target, ScaleRT<sup>®</sup>, National Instruments, NI Labview, NI Veristand, ETAS Labcar.等

### 软件模块

SimulationX 软件按学科库对模块进行划分, 其模块如下:

**ITI SimulationX 3.6 Modules**

**Basic Module and Computations**  
基本模块和功能

**Basic Module**

- Design, Modeling and Analysis Platform
- Library General Signal Blocks
- TypeDesigner – SimulationX & Modelica Smart Editor
- COM and External Function Interface
- PrintEngine

基本模块和功能

- 建模和仿真平台。
- TypeDesigner, 用户用它进行高级开发 (基于 Modelica 的编译器), 用户可自定义超模块, 使库模型个性化, 包括用户模型的加密, 封装等。
- COM 接口
- 打印引擎

Transient Simulation<sup>1)</sup> in Time Domain  
时域瞬态仿真

**Libraries**  
库

**Mechanics**  
**机械库**

Mechanics 1D (Rotary)  
一维转动分析

Mechanics 1D (Linear)  
一维平动分析

Modal System including ANSYS interface, requires:  
Mechanics 1D  
与 ANSYS 接口基于模态分析, 要求 1D 机械库。

MBS Mechanics (3D) including CAD Import via STL and Animation Bodies, Beam Element, requires: Multi Body Systems, Contact Element

多体动力库，包括三维物体的导入和 3D 动画子库，杆梁弹性体，接触模块  
CAD Import Autodesk Inventor<sup>®</sup>, requires: Multi Body Systems  
Autodesk Inventor<sup>®</sup> CAD 输入接口，要求 3D 机械库。

**Signal Processing (Control Systems)**

**信号（控制）库**

General Signal Blocks

普通信号

Signal Sources

信号源

Linear Signal Blocks

线性信号

Nonlinear Signal Blocks

非线性信号

Time-Discrete Signal Blocks

时间离散信号

Special Signal Blocks

特殊信号

Switches

开关

**Power Transmission (Mechanical)**

**动力传动库**

Motors

发动机

Couplings / Clutches

各种联接和离合器

Transmission Components

各种传动元件及轮胎

Planetary Gears

行星轮

Combustion Engines

精细发动机

Actuating Elements

换挡器

Synchronization with Friction and Tooth Contact

同步器

**Electro Mechanics, Electronics, Magnetics**

**机电库，电学库，磁库**

Electric Motors

电机库

Electronics (Analog)

电学库

Magnetics; Electronics (Analog) + Mechanics 1D

(Linear) are recommended

磁库，要求电学库和一维品平动库

Stepping Motors

步进电机

**Fluid Power, Thermodynamics**

**流体库，热力学库**

Hydraulics I (Basic System Modeling)

流体库 I，(基本元素)

Hydraulics II (Standard System Modeling)

流体库 II，(典型液压元件、液压回路、控制阀，液压管

路等)

#### Hydraulics III (Advanced System & Component Modeling)

流体库 II, (复杂液压元件、液压回路、控制阀, 液压管路等)

#### ITI FluidDesigner Hydraulics

新流体定义

#### Pneumatics I (Gases)

气体库 I, (各种气体)

#### Pneumatics II (Gases & Mixtures)

气体库 II, (气体和混合气)

#### ITI FluidDesigner Pneumatics/Gases

新气体定义

#### ITI FluidDesigner Pneumatics/Mixtures

混合气体定义

#### Thermics

热力学库 (用于润滑系统, 冷却系统、液压网络中的热交换分析)

#### Thermal Fluid I (One Phase: Liquids + Gases)

热力流体 I, (单相:流体+气体)

#### Thermal Fluid IIa (Two Phase: Refrigerants + Cooling + NIST)

热力流体 IIa, (两相流系统的分析)

#### Thermal Fluid IIb (Two Phase Miscellaneous: Water + Moist Air)

热力流体 IIb, (两相流系统的分析)

#### Thermal Fluid III (Ideal Gas Mixtures)

热力流体 IIb, (理想混合流系统的分析)

### Subsea

#### 海洋工程库

Subsea Hydraulics, requires: Mechanics 1D, Hydraulics III, General and Linear Signal Blocks, Signal Sources

海洋液压及管道分析, 要求 1D 力学库、液压库 III 和信号库。

### Acoustics

#### 声学库

### Analysis

#### 分析功能

#### Equilibrium Calculation (Static/Steady state)

平衡计算(静态/稳态)分析

#### Steady State Simulation\*) in Frequency Domain

频域稳态仿真

#### Parameter Variations (Variants Wizard)

参数分析优化

#### Linear Model Analysis: Natural Frequencies and Mode Shapes

分析工具诸如特征值求解, 模态分析等

#### Linear Model Analysis: Transfer Functions, Input-Output

分析工具诸如传递函数, 根轨迹分析, 波得图, 乃奎斯特图等

#### Order Analysis, requires: Transient Simulation

阶次分析

Database Link

数据库连接器

### Interfaces

接口

Modelica® Standard Library interfaces

(www.modelica.org),

**Modelica** 标准库接口

Code Import from Simulink / RTW

Simulink / RTW 代码输出到 SimulationX3.0

Coupling with optimization software iSIGHT-FD

与优化工具 **iSIGHT-FD** 的接口

Coupling with optimization software modeFRONTIER

与优化工具 **modeFRONTIER** 的接口

Coupling with optimization software OptiY

与优化工具 **OptiY** 的接口

Database Interface, requires: Basic Module

数据库连接器

CAD Import Autodesk Inventor®, requires: Multi Body Systems

**Autodesk Inventor**® CAD 输入接口, 要求 3D 机械库

Option CAD Import Pro/ENGINEER Wildfire 4.0, requires: MBS

**ProE**® CAD 输入接口, 要求 3D 机械库

**SafetyDesigner & HipHops** ( FEMA interface), requires:

Basic Module

**SafetyDesigner & HipHops** 系统可靠性分析接口

**Spice** Translator 1.0

电路仿真软件 Spice 的接口

### Code Export

#### C 源代码输出

Code Export (C with or without solver)

源代码输出

Option S-Function, requires: Code Export

和 Matlab®接口通过 S-function, 要求源代码输出

Option SIMPACK®, requires: Code Export

和 SIMPACK®接口, 要求源代码输出

Option OPC-Client, requires: Code Export

和 OPC-Client®接口, 要求源代码输出

Code Export SCARLE-RT (ProSys-RT 4.x)

源代码输出到 SCARLE/RT (ProSys-RT 4.x)

Code Export dSPACE 1006

源代码输出到 dSPACE 1006

Code Export National Instruments NI LabVIEW, NI

VeriStand

源代码输出到 NI LabVIEW, NI VeriStand

Code Export VehicleSim (CarSim BikeSim, TruckSim)

源代码输出到 VehicleSim

Code Export for FMI (Model Exchange or Co-Sim)

源代码输出用于模型交换或联合仿真

#### FMI&FMU 功能样机接口

FMI Co-Simulation Target for Simulink® Coder™

Code-Export for FMI (Co-Simulation) Code-Export for

FMI (Model Exchange)

**Co-Simulation**

**联合仿真**

Co-Simulation Interface (Sockets)

联合仿真接口

to MSC.Adams<sup>®</sup>, requires: Co-Simulation Interface

和 MSC.Adams<sup>®</sup>,联合仿真接口

to SIMPACK<sup>®</sup>, requires: Co-Simulation Interface

和 SIMPACK<sup>®</sup>联合仿真接口

to MATLAB<sup>®</sup>/Simulink<sup>®</sup>, requires: Co-Simulation

Interface

和 MATLAB<sup>®</sup>/Simulink<sup>®</sup>联合仿真接口

Co/Simulation to Carsim

和 Carsim 的联合仿真接口