



运用系统级模型改进电动公共交通策略

徐俊林
莎益博工程系统开发（上海）有限公司

CYBERNET/莎益博公司

CYBERNET SYSTEMS

- 成立于1985年，日本一级上市公司
- 提供50多个CAE 软件和硬件产品，覆盖了电子、机械、光学、控制系统、通讯，IT信息技术、纳米技术、新药开发、知识创新等各个学科，为客户提供从产品的概念设计、物理设计、仿真优化、设计验证和产品性能检测全流程相关工具和服务。

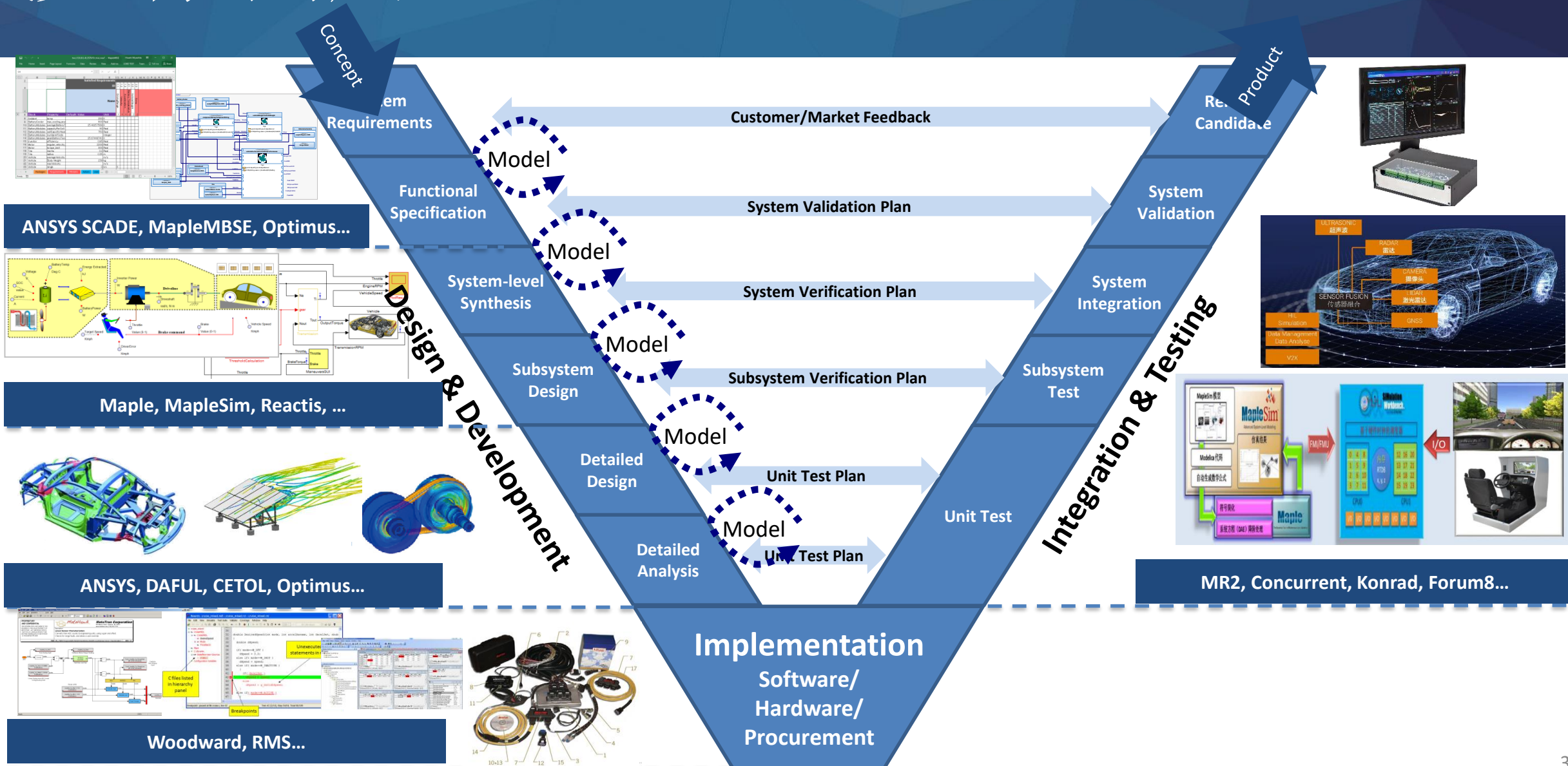


莎益博公司（CYBERNET SYSTEMS China）

- 莎益博工程系统开发（上海）有限公司是CYBERNET SYSTEMS全资子公司
- 成立于2006年，总部在上海，在北京、成都和深圳设有办事处



莎益博公司产品



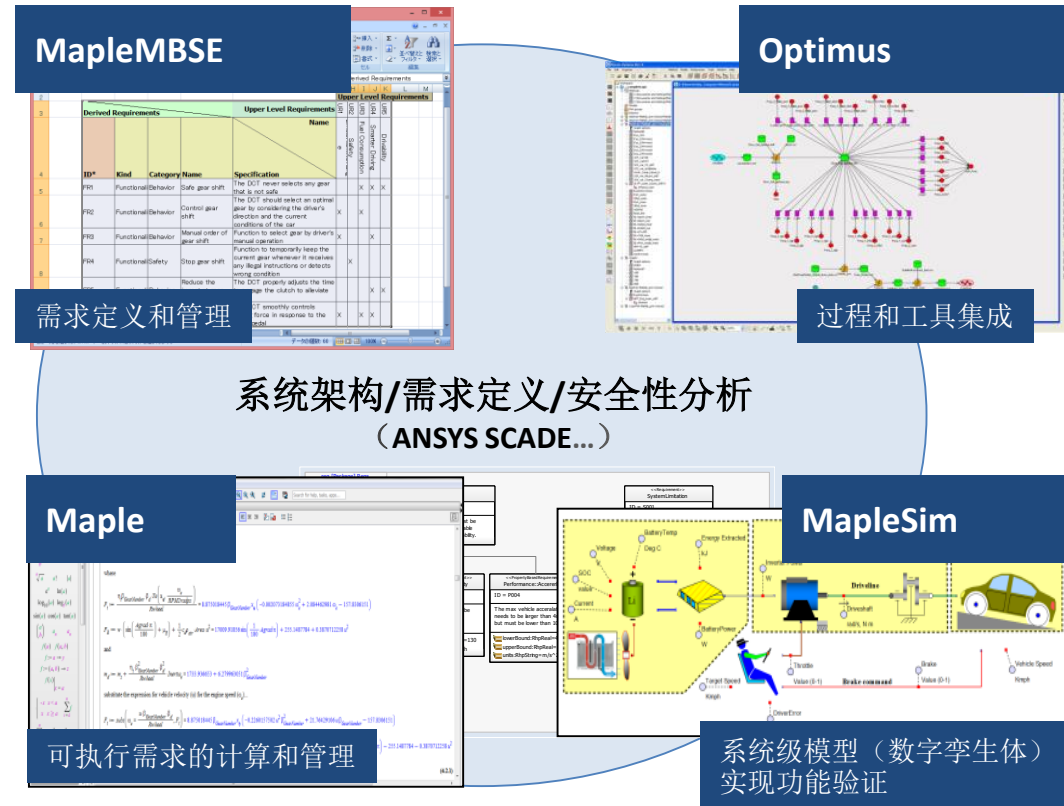
莎益博公司产品与方案

功能

- 系统架构
- 需求定义和管理
- 功能安全分析
- 数字孪生体

工具

- ANSYS SCADE
- MapleMBSE
- Optimus
- Maple
- MapleSim



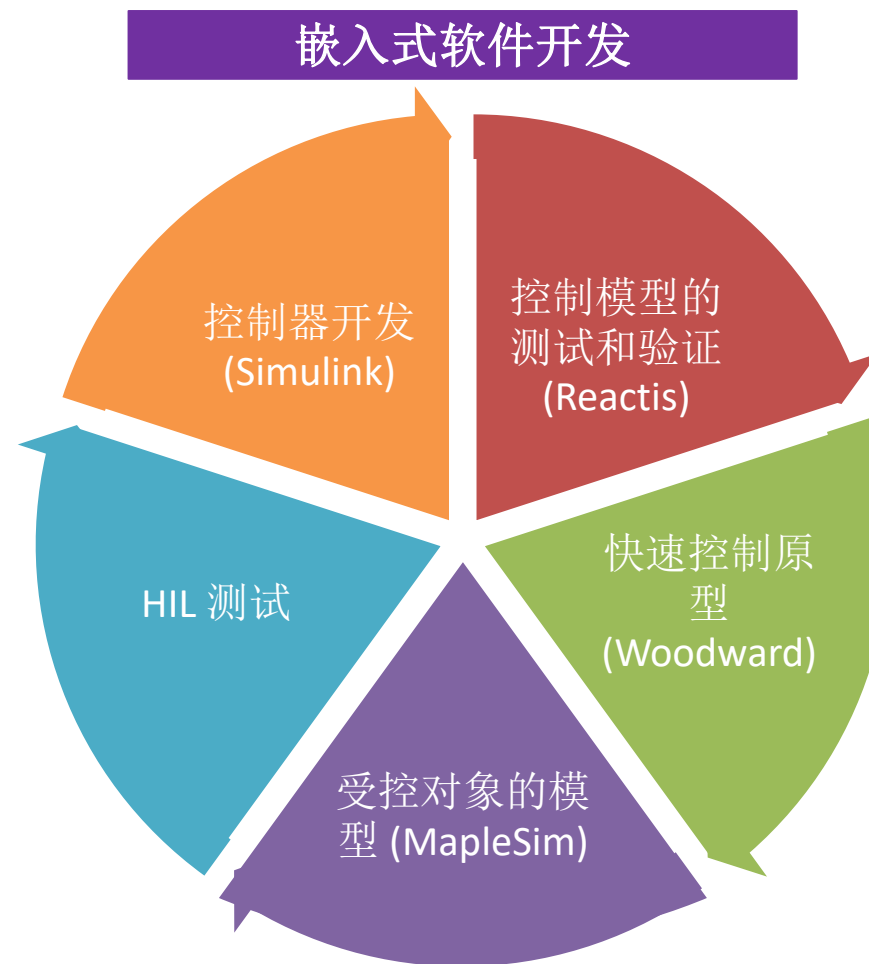
莎益博公司产品与方案

功能

- 控制器模型测试与验证
- 快速控制原型
- 多领域建模仿真
- HIL测试平台

工具

- Reactis for Simulink/C code
- Woodward RCP
- RMS
- MapleSim



莎益博公司产品与方案

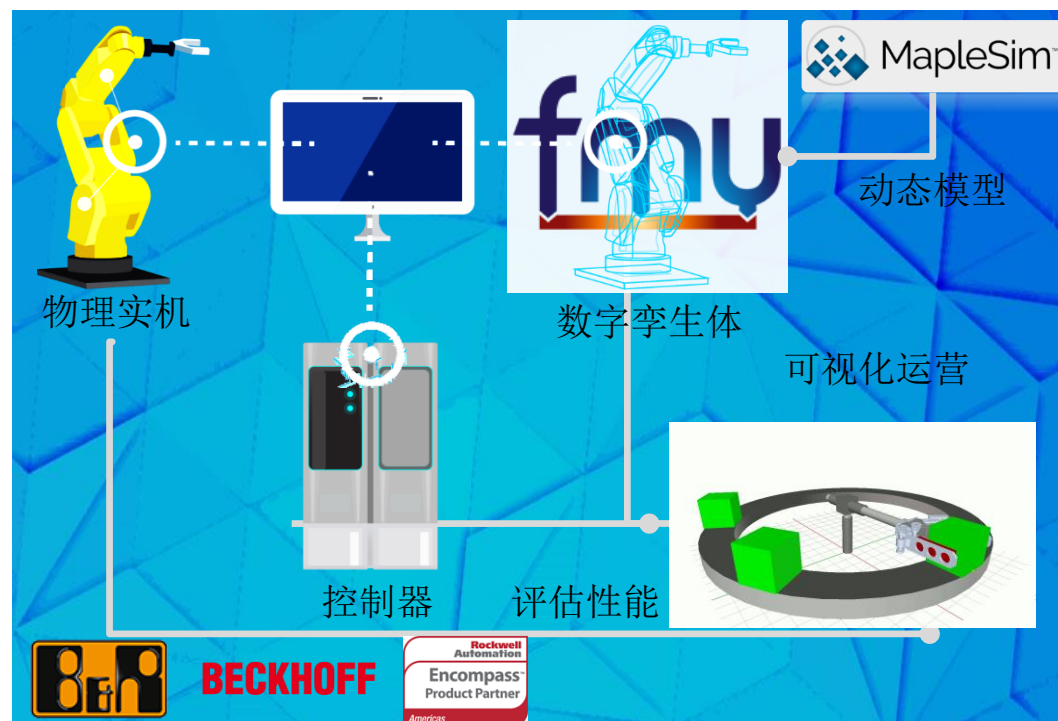
功能

- 数字孪生体
- 控制器开发
- VR可视化

工具

- MapleSim

数字孪生体用于工业自动化



莎益博公司产品与方案

功能

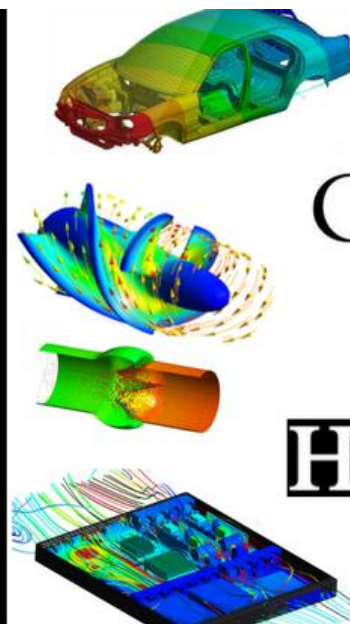
- 流体
- 结构力学
- 电磁场
- 多体动力学

工具

- ANSYS CFD
- ANSYS Mechanical
- HFSS
- DAFUL

嵌入式软件开发

ANSYS[®]



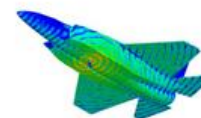
FLUENT[®]

CFX

Mechanical

HFSS

Maxwell[®]



莎益博公司产品与方案

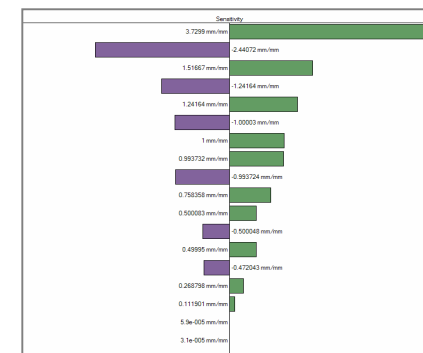
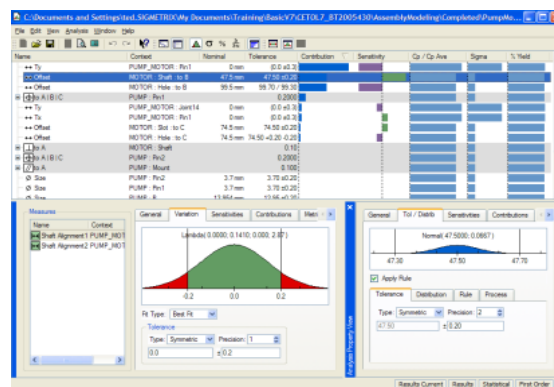
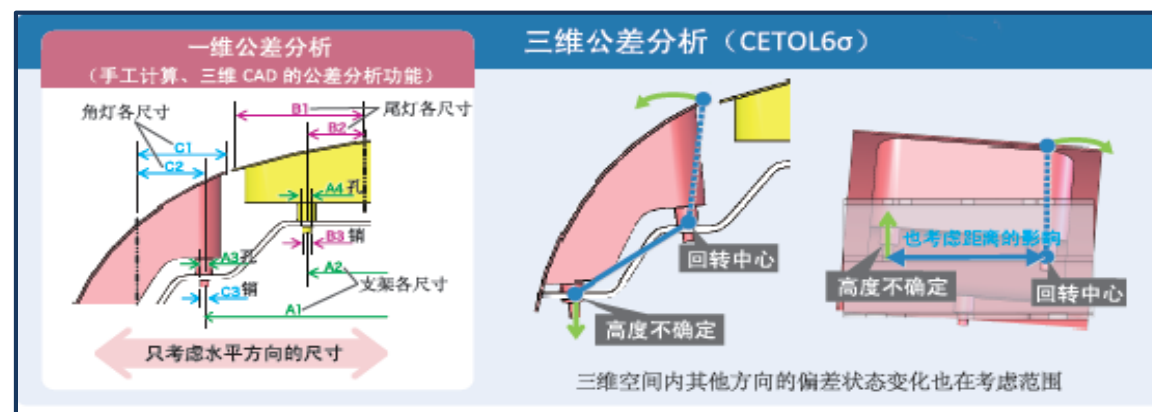
功能

- 公差分析
- 设计优化

工具

- CETOL
- Optimus

公差分析和设计优化



莎益博公司产品与方案

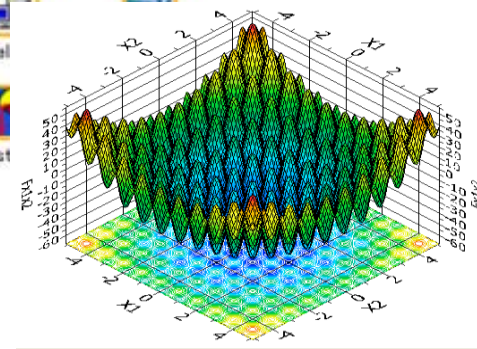
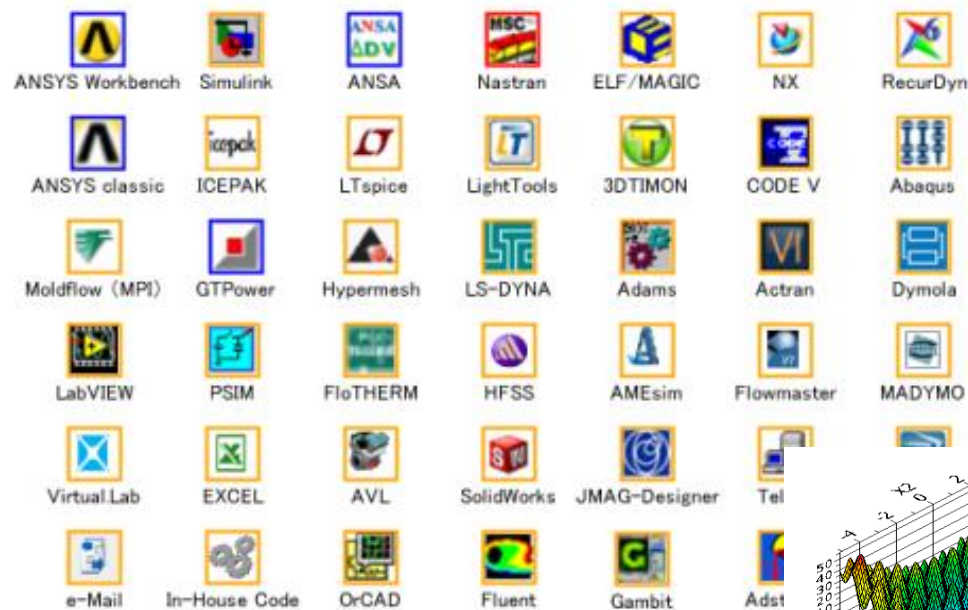
功能

- 过程集成
- 工具集成
- 设计优化

工具

- Optimus

过程和工具集成、设计优化



莎益博公司产品与方案

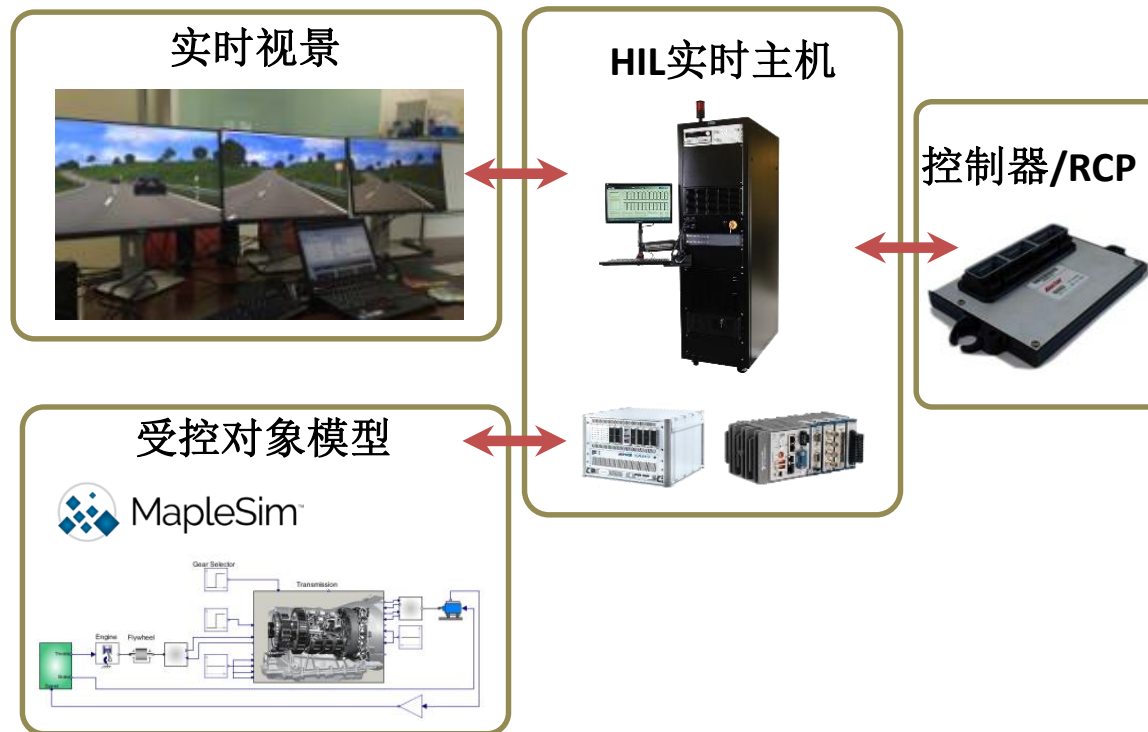
功能

- 控制器测试
- 虚拟驾驶
- ADAS
- 实时应用

工具

- Concurrent, NI...
- MapleSim
- Woodward RCP
- MR2
- Forum8 UC-Win/Road

HIL应用



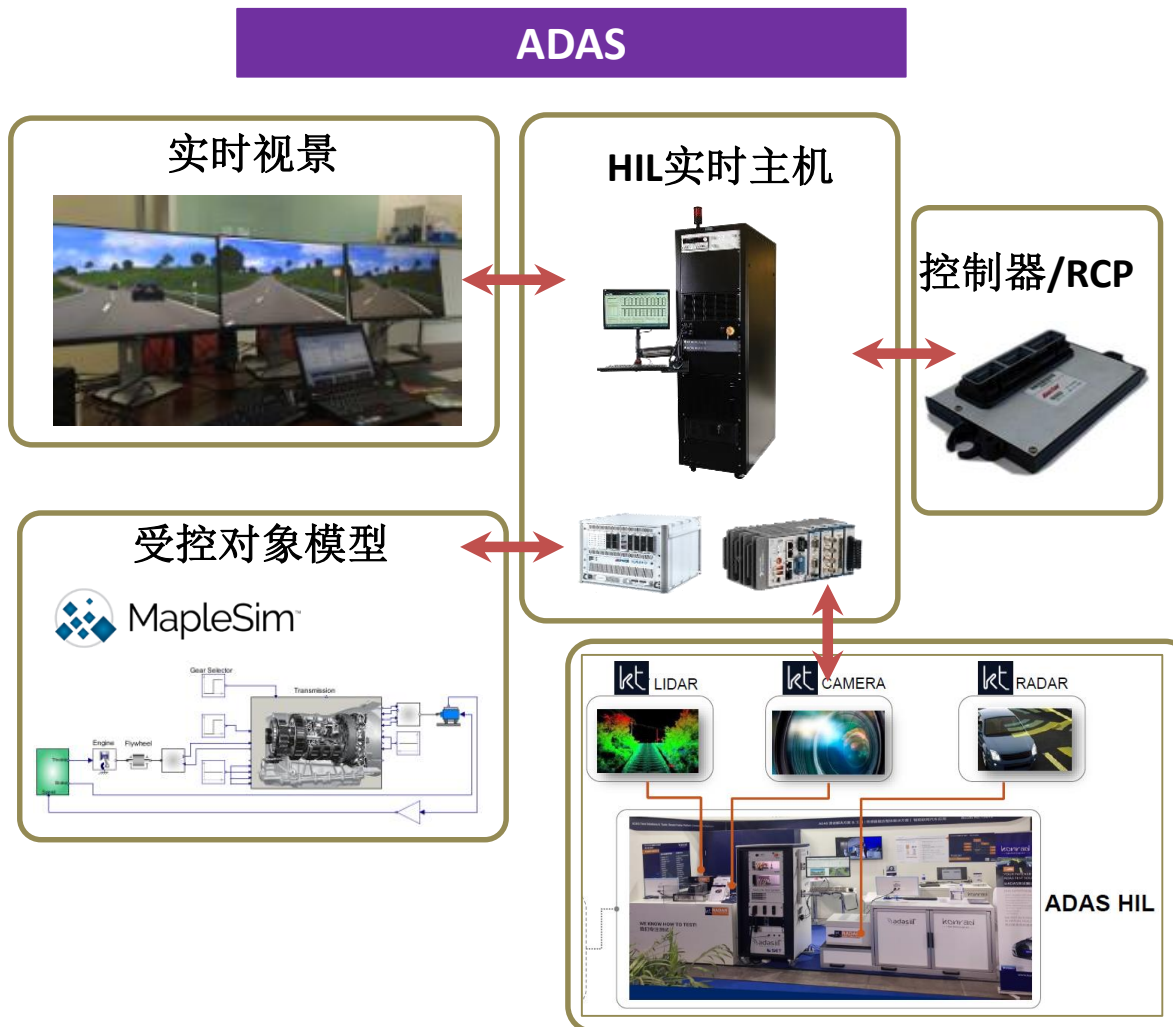
莎益博公司产品与方案

功能

- 控制器测试
- 虚拟驾驶
- ADAS
- 实时应用

工具

- Concurrent, NI...
- MapleSim
- Woodward RCP
- MR2
- Forum8 UC-Win/Road



莎益博公司产品与方案

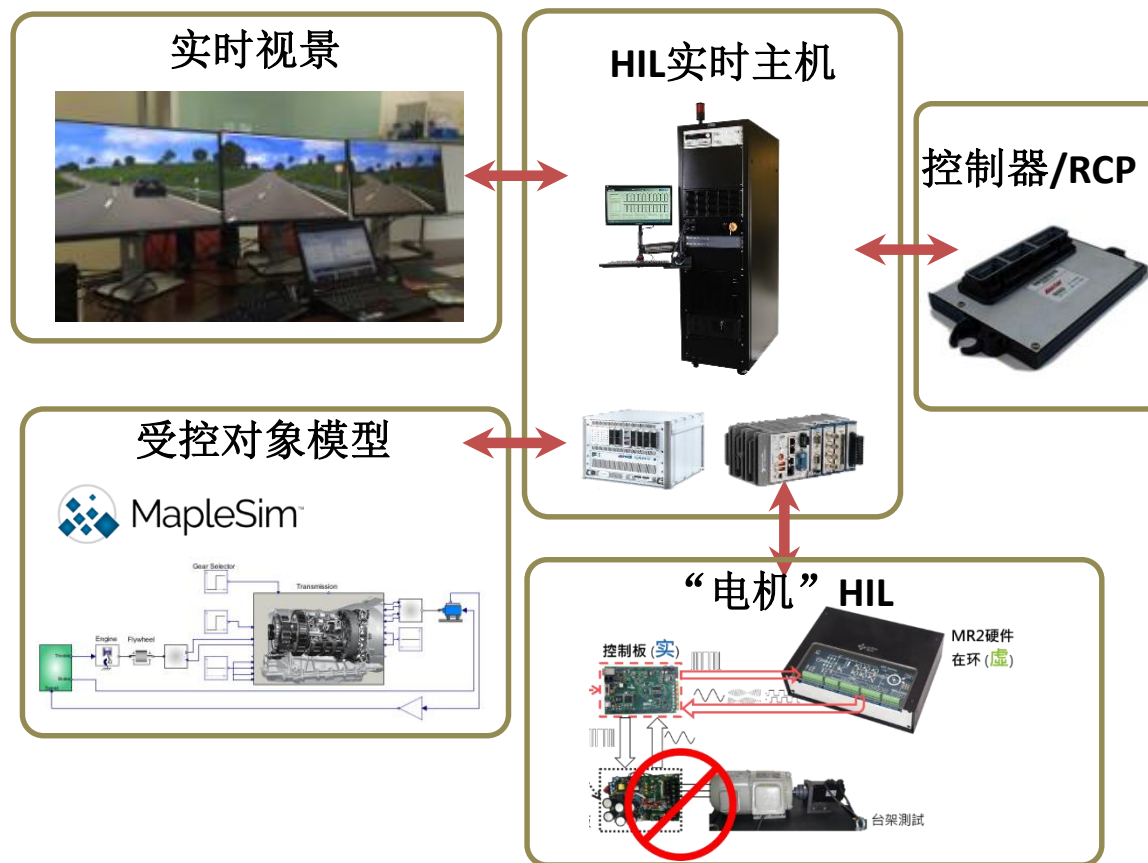
功能

- 控制器测试
- 虚拟驾驶
- ADAS
- 实时应用

工具

- Concurrent, NI...
- MapleSim
- Woodward RCP
- MR2
- Forum8 UC-Win/Road

HIL应用+电机HIL



莎益博公司产品与方案

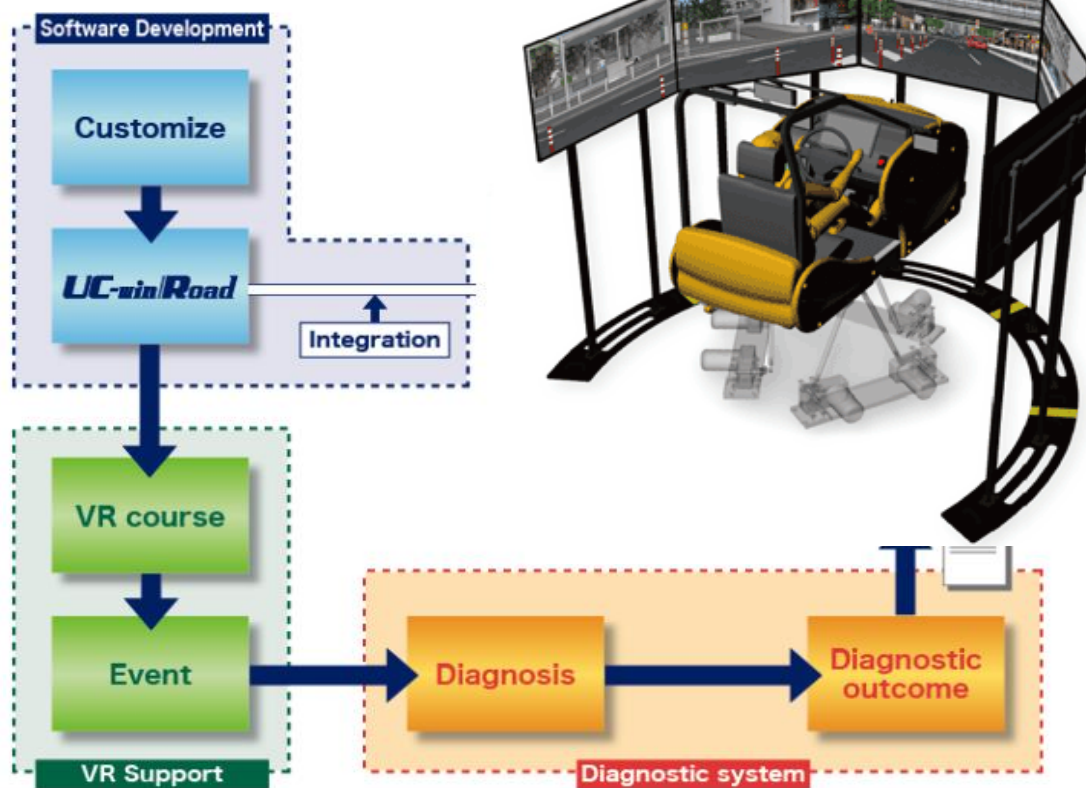
功能

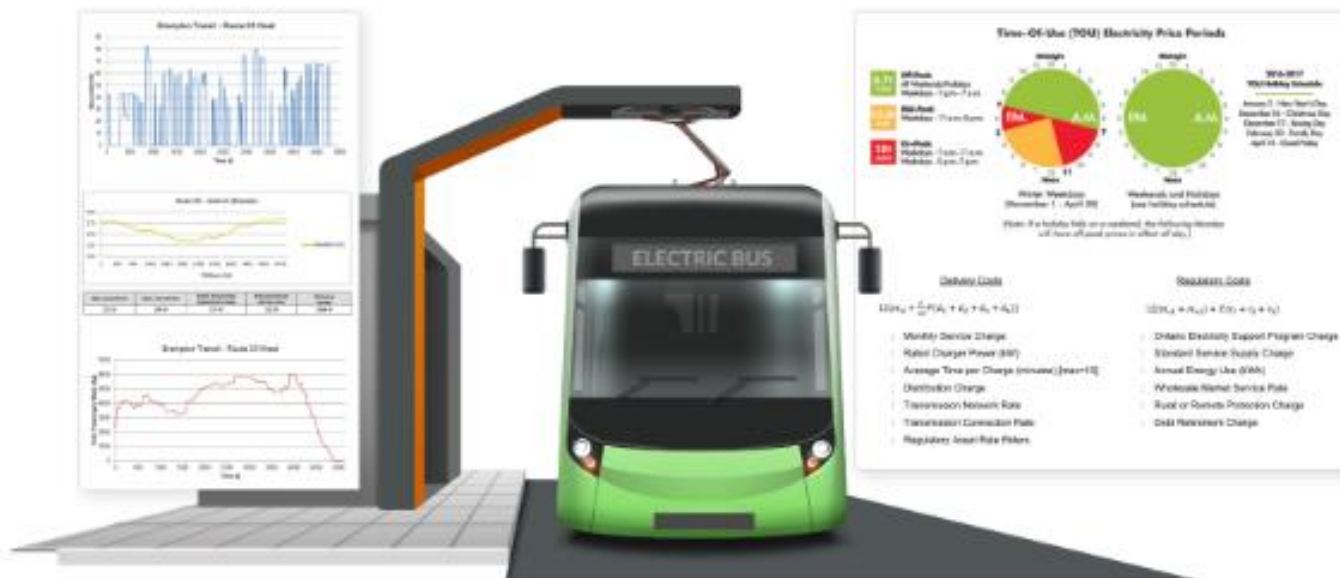
- 控制器测试
- 虚拟驾驶
- ADAS
- 实时应用

工具

- Concurrent, NI...
- MapleSim
- Woodward RCP
- MR2
- Forum8 UC-Win/Road

虚拟驾驶





MapleSim Fleet Forward : 运用系统级模型改进电动公共交通策略

电气化：未来之路

公交车队电气化的强大推力：

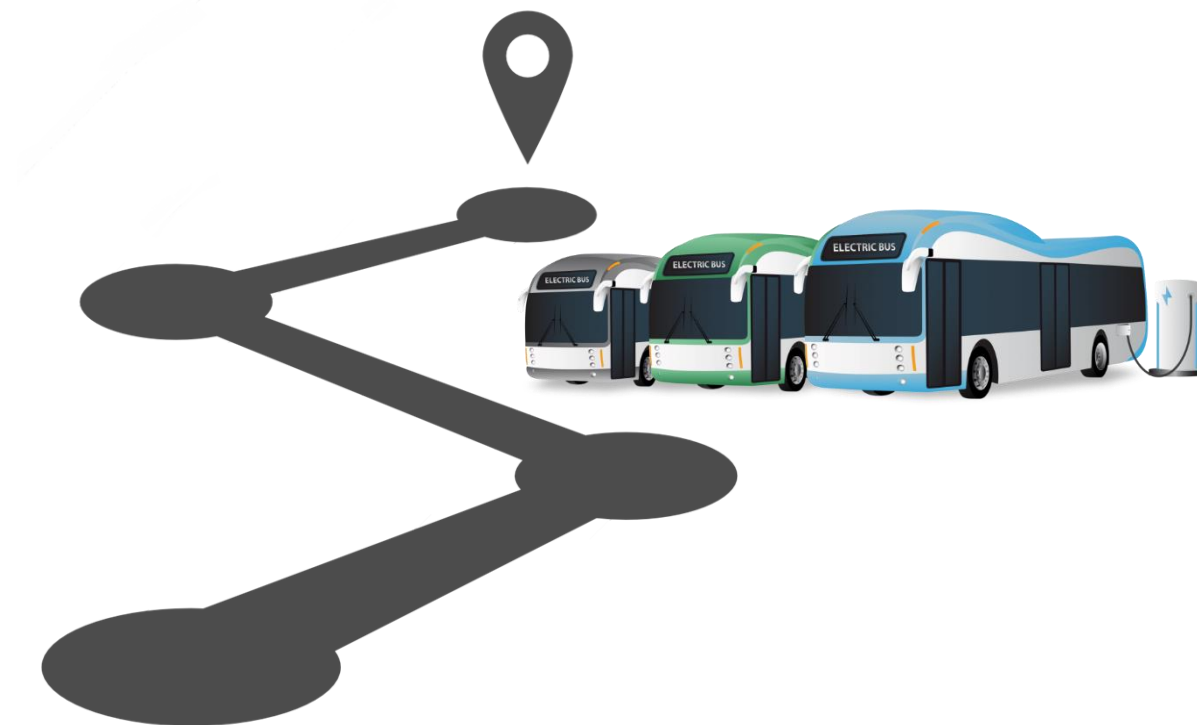
- 经济
- 环境
- 政策

...但是，实施需要新的技能：

- 基于电池的车辆知识
- 里程焦虑
- 充电基础设施

尽管如此，车队电气化依然值得期待：

- 碳排放的减少
- 降低燃料成本
- 更高效的公交车队



风险



- 充电站的最佳地点在哪里？维持服务的同时最大限度降低基础设施建设成本。
- 为了满足车队的要求，巴士的最佳配置是什么？
- 客运量、地形、天气、其他因素如何影响到巴士的航程？
- 运营策略是否符合政策要求和排放目标？

如何降低风险？

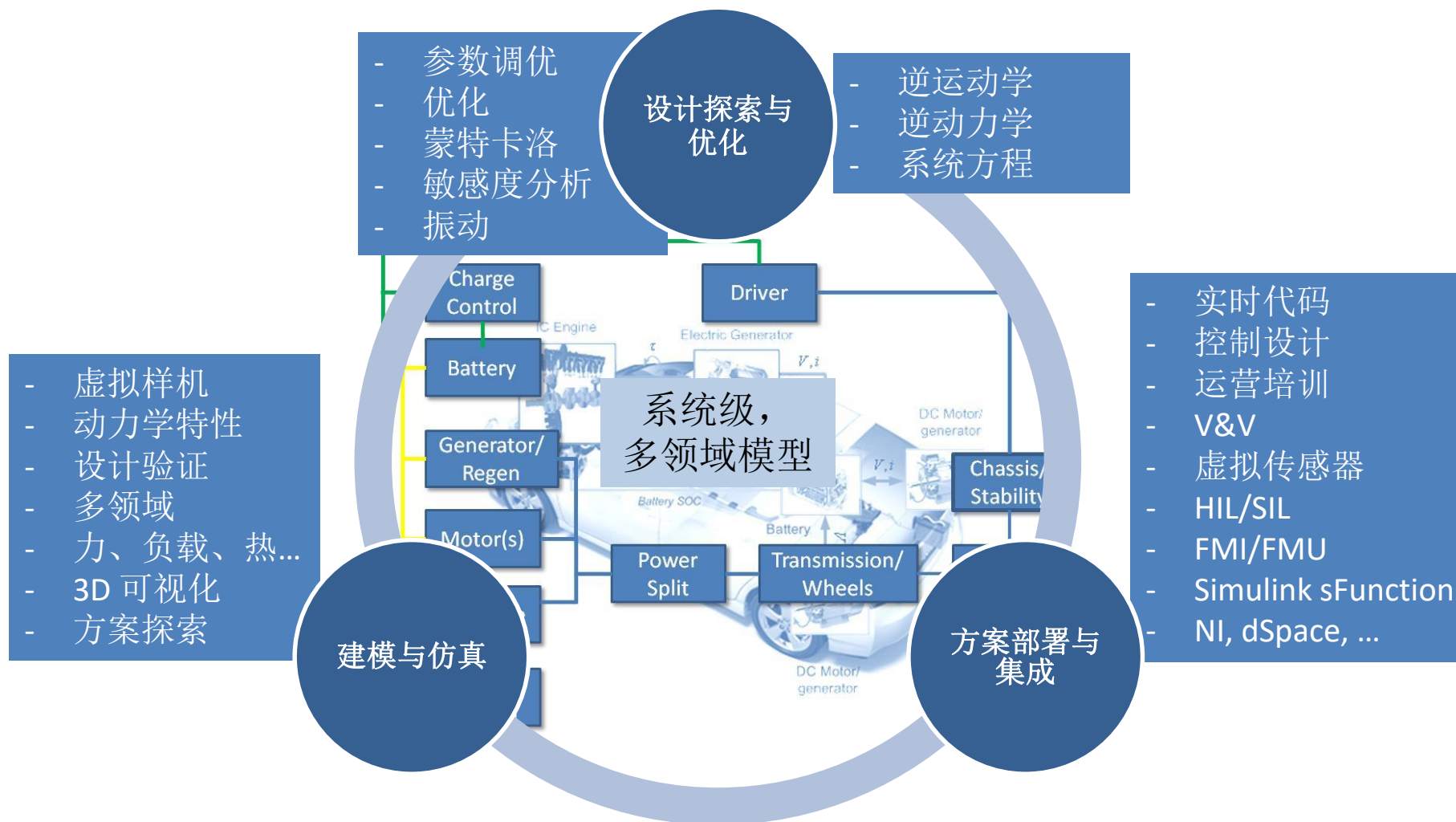
- 实验是必不可少的，但价格昂贵
 - 理想的车辆配置是什么？
 - 理想的路线是什么？
 - 冬天和夏天对运营的影响？
 - 充电站的地点设置在哪里？
 - 如何优化电池的充电和充电成本？
 - 如果失败，成本非常昂贵！
- 仿真可以降低风险
 - 早期辅助决策（预审）
 - 减少实验中的不确定性
 - 更有信心做出基础设施决策
 - 降低失败的风险

解决方案：MapleSim Fleet Forward

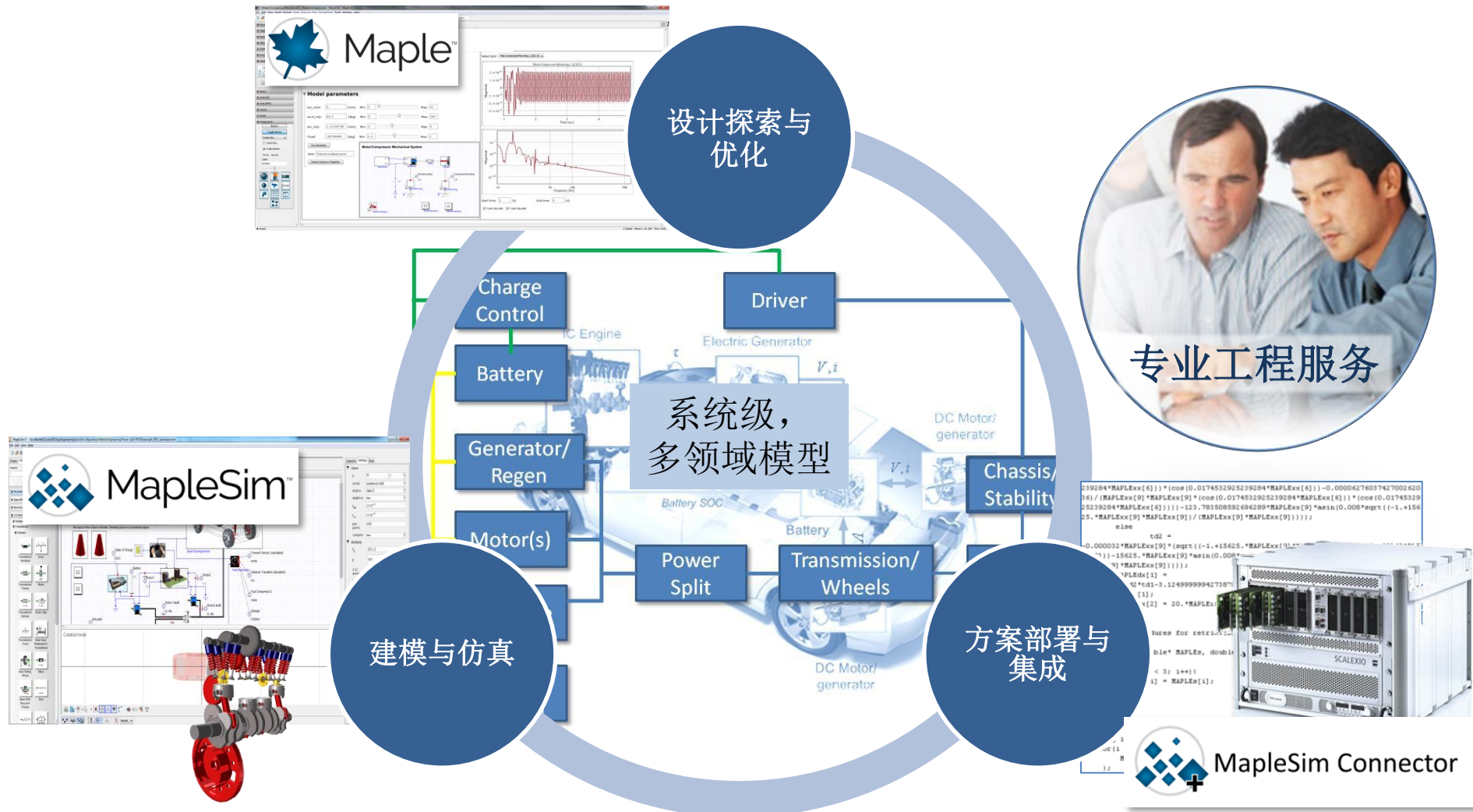
MapleSim Fleet Forward 为指定电气化策略提供必要的信息：

- 使用MapleSim软件开发，允许电动巴士的操作员分析给定线路上参数化车辆的性能。
- 预测新车的性能，减少实验的不确定性和成本。
- 多领域物理模型，机械、电气、化学、环境等，包含影响运营车辆动力学行为的所有关键因素。
 - 获得给定线路、客运量、天气等条件下的航程
 - 服务所需的巴士数量
 - 充电时间和成本
 - 相比柴油巴士的能耗特性
 - 环境效益，例如CO₂减排量
- 交钥匙工程：仅需要输入参数，得到结果。
- 或者，在已有的应用程序基础上，可以自定义开发，实现客户化分析。

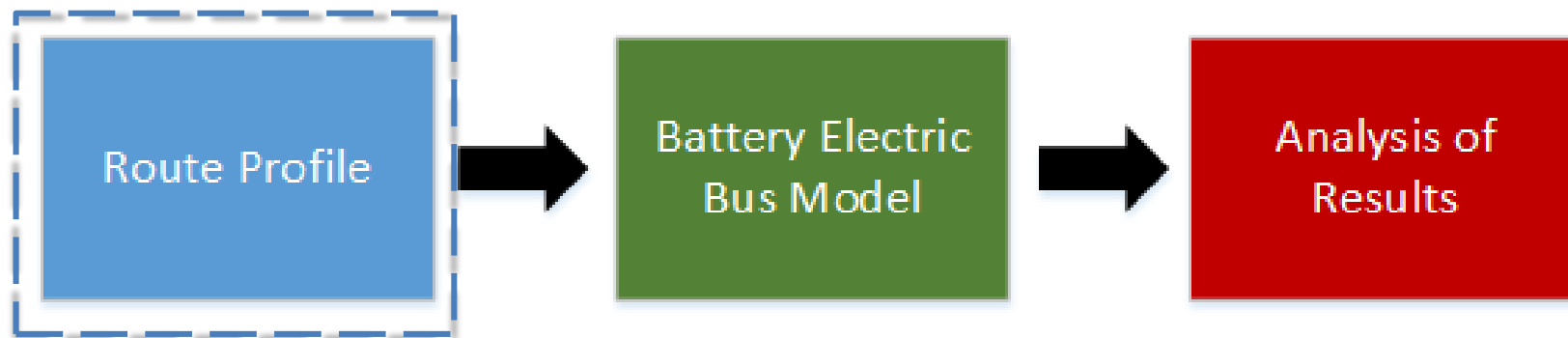
Solutions for EV Simulation and Analysis



Solutions for EV Simulation and Analysis



workflow



速度曲线

地形数据

乘客载重

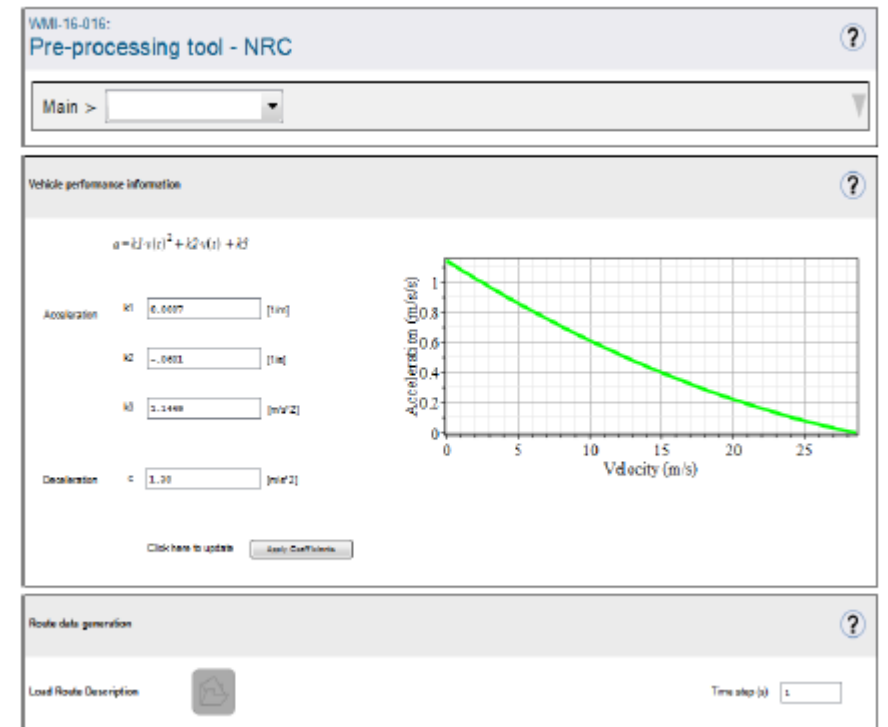
行驶路径

两种方法产生路线数据：

- 预处理工具
- 外部数据

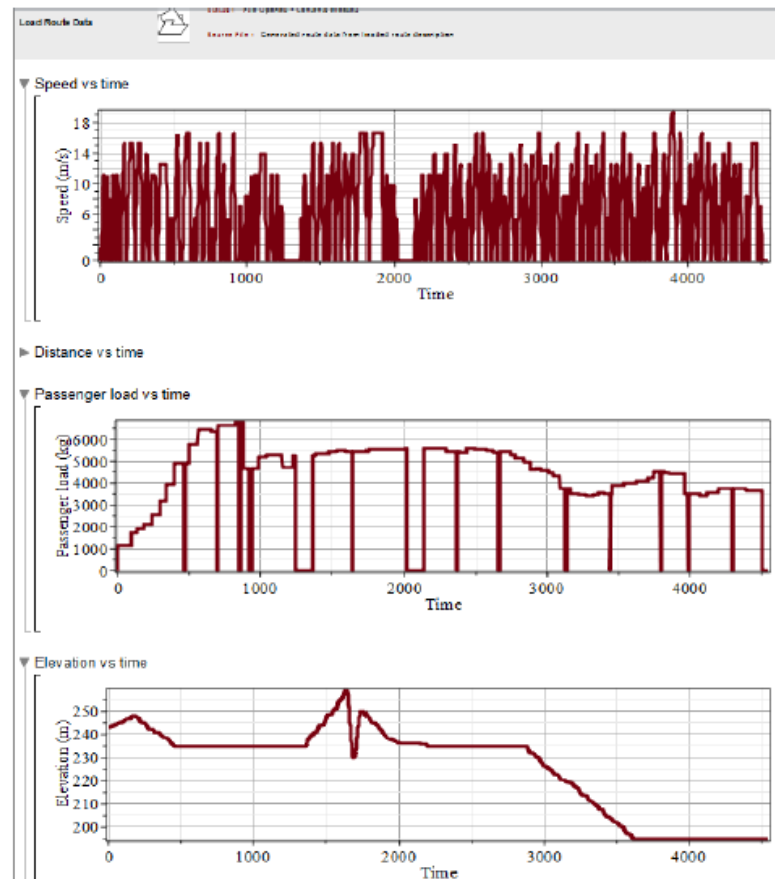
预处理工具：

- 输入加速和减速的信息创建路线数据
- 如果跟踪/GPS数据已经存在，外部数据更好

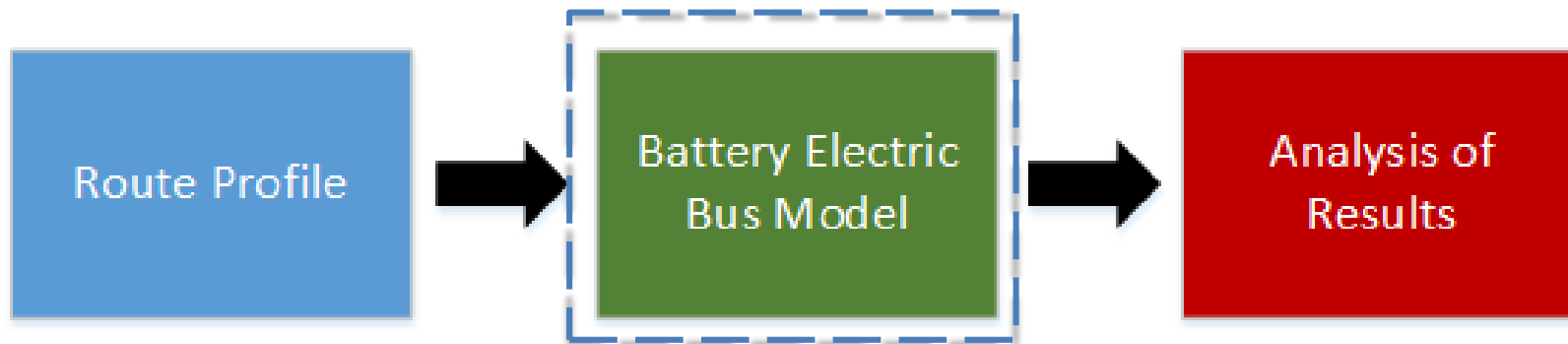


行驶路径

- 速度曲线
- 乘客载重
- 高度曲线



workflow



车辆动力学

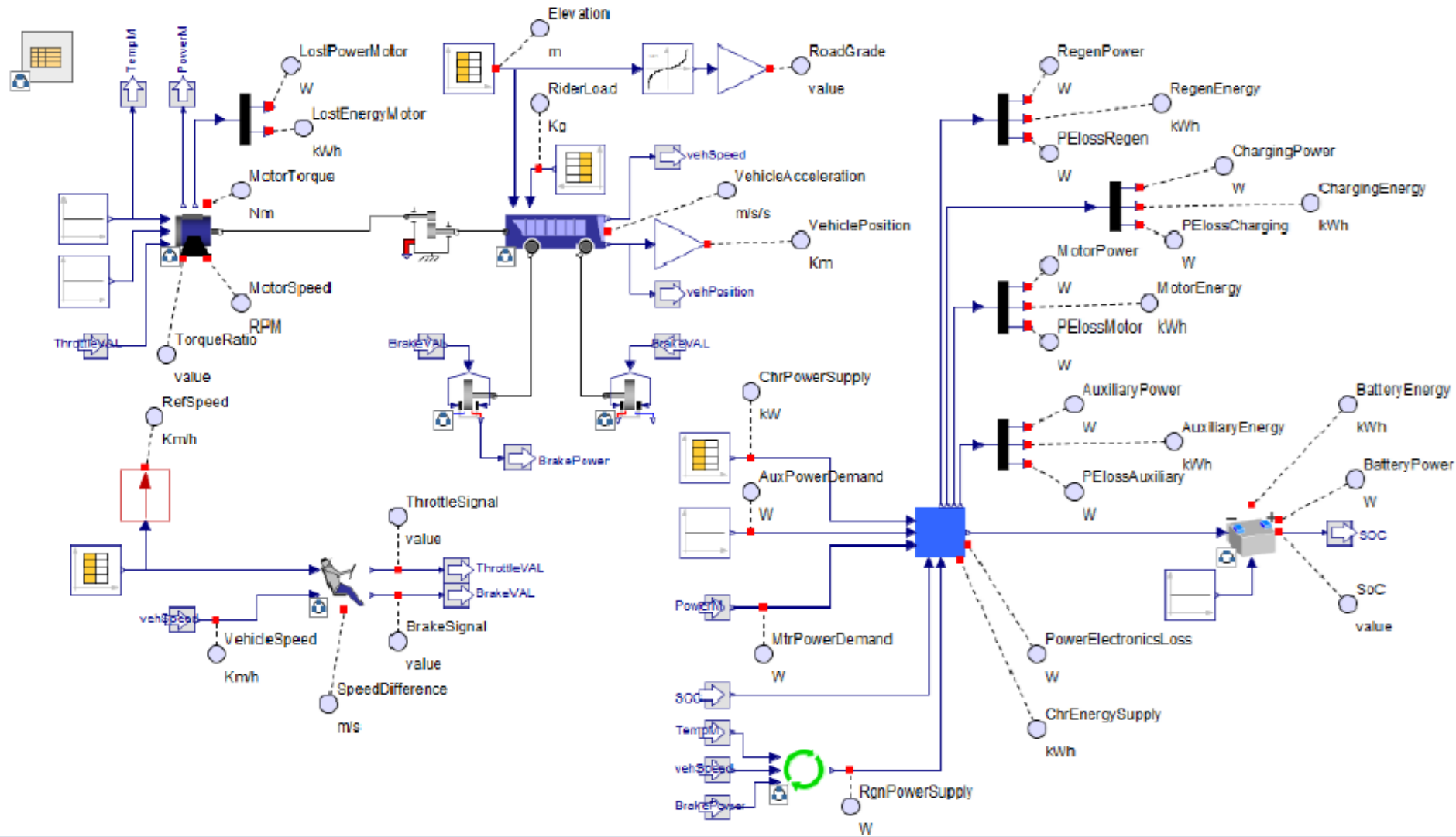
驾驶员行为

电机

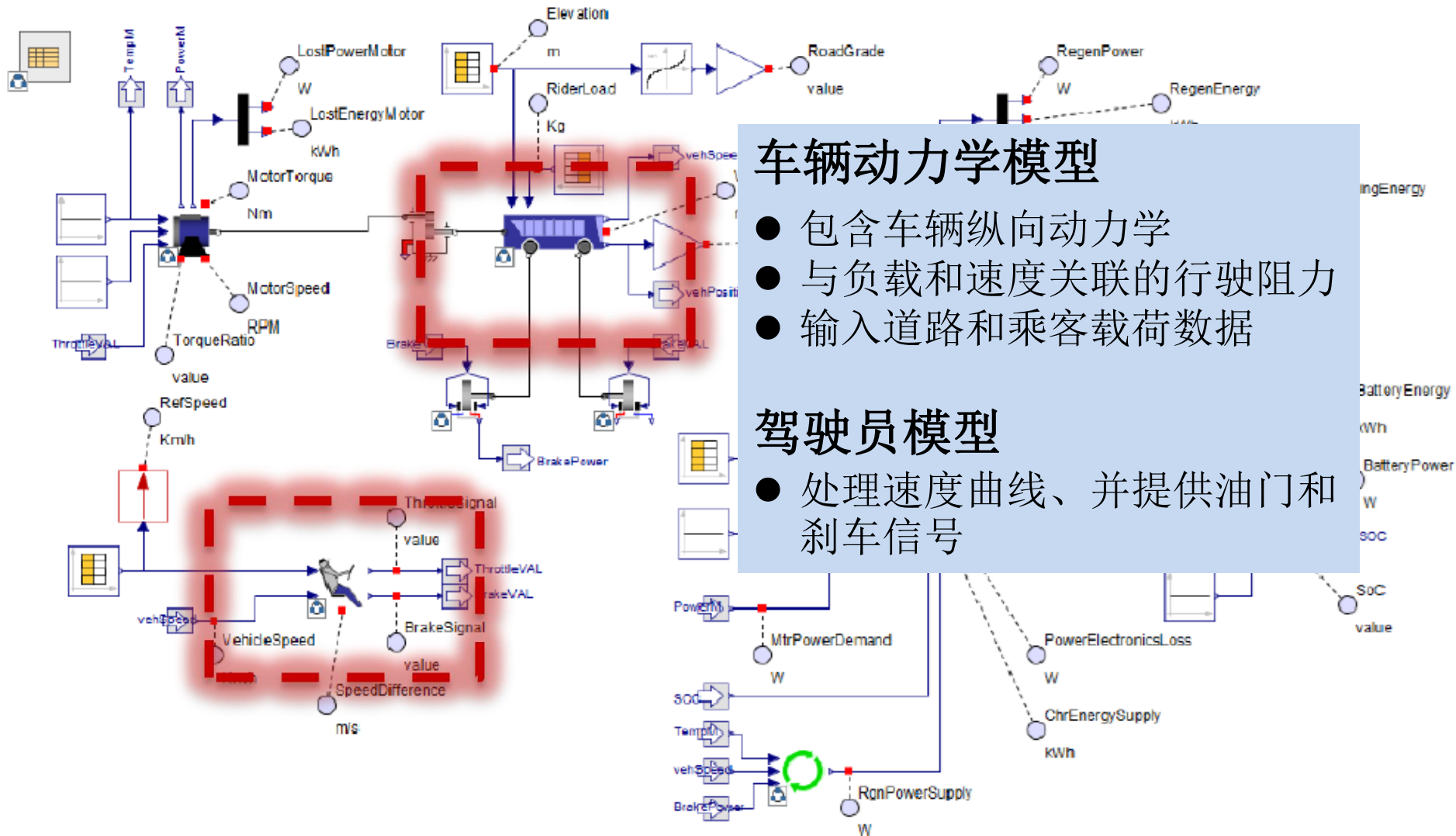
电池

动力控制

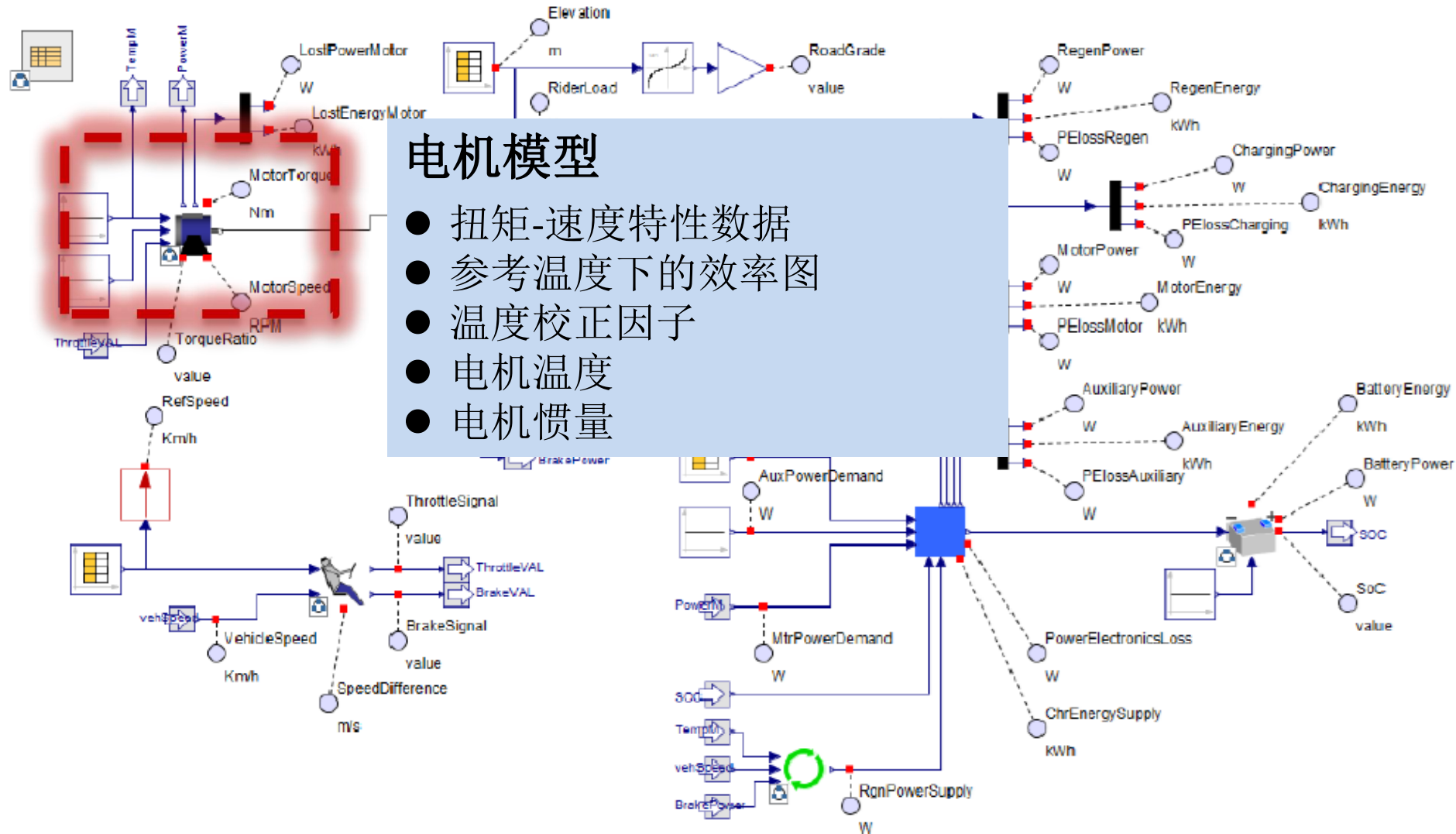
电池电动巴士模型



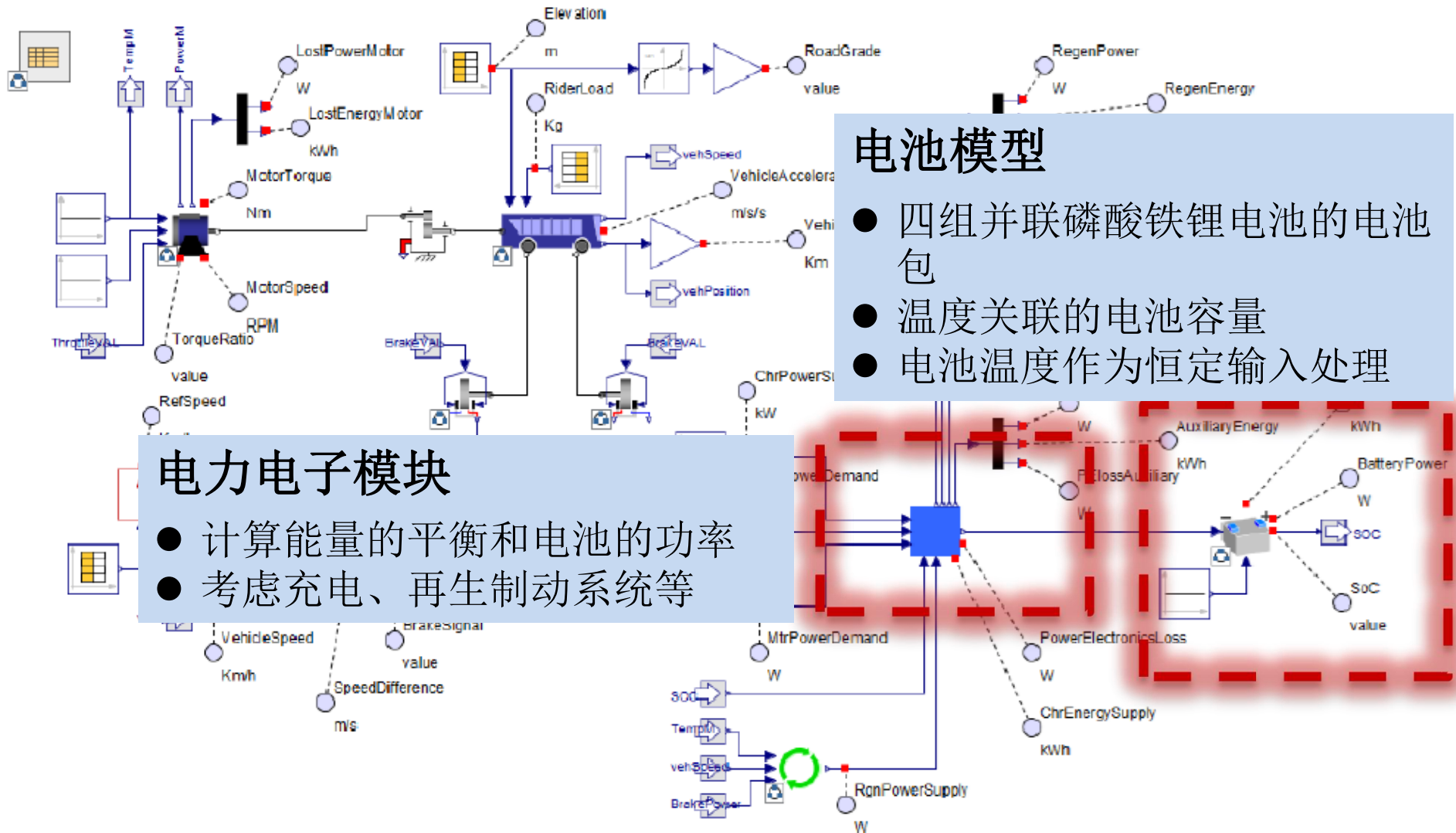
电池电动巴士模型 – 车辆和驾驶员模块



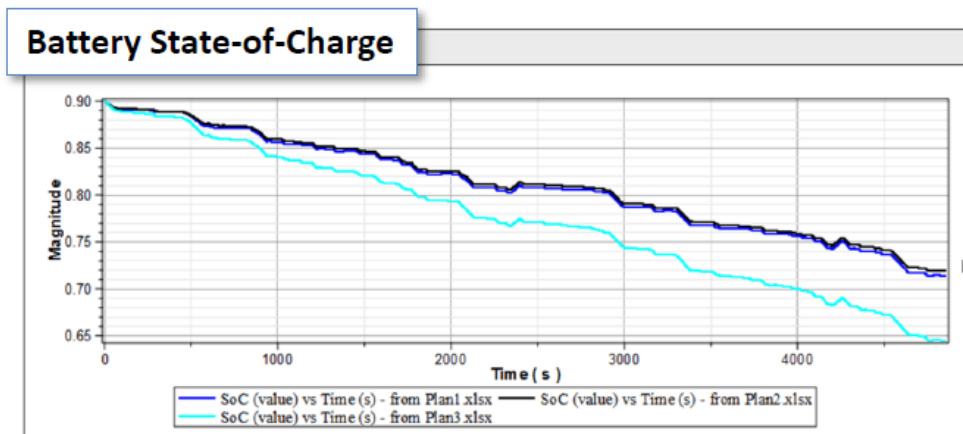
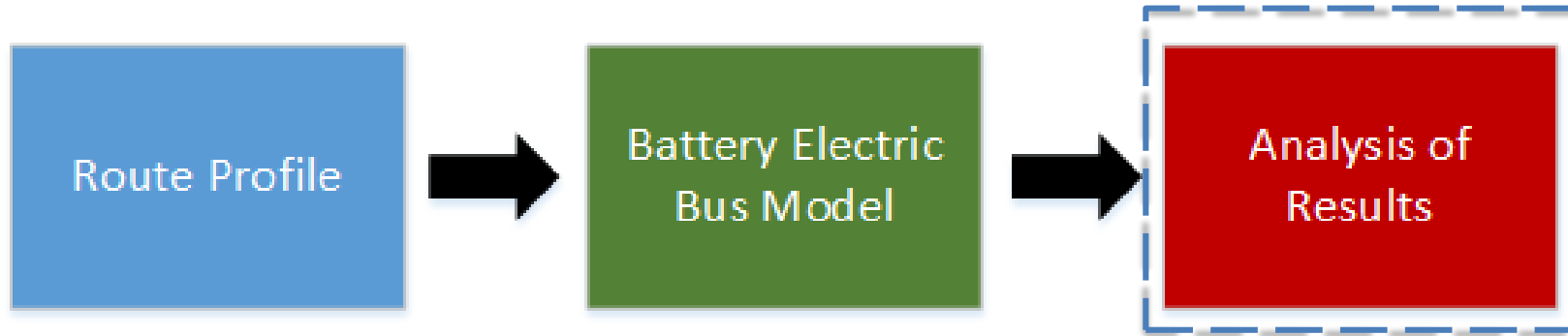
电池电动巴士模型 – 电机模型



电池电动巴士模型 – 电池和控制模块



workflow



能耗

充电信息

燃料使用/排放

电费

分析工具

WMI-16-016: Dynamic Bus Model Analyses - NRC

▶ **MapleSim Model**

Load and Simulate Model Complete

Console Messages

Clear Console

Parameters

▶ Settings

▶ Model Parameters (Read-only)

Update Results Complete

Results

▶ Model Checks

▶ Simulation Summary

▶ X - Y Plot

▶ Time History Plot

Export Data

Parameter Values Selected Plot Data Simulation Results Analysis Summary

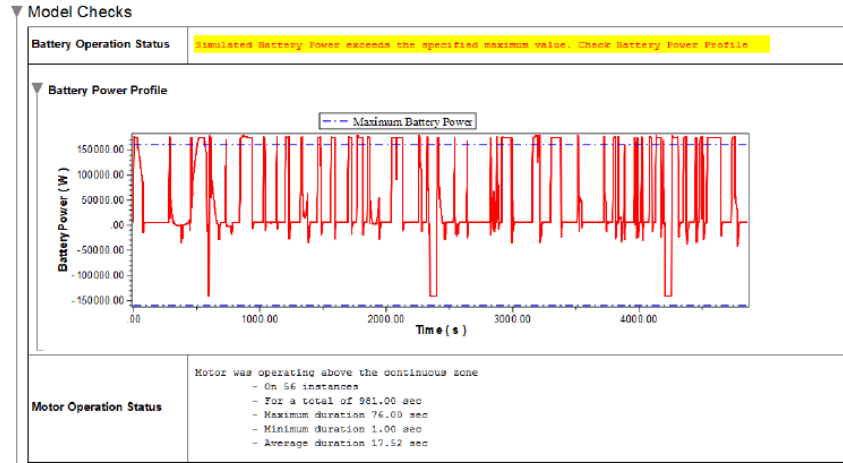
Export All

Settings

Cost of Energy (on route)	10	\$/kWh	Emission factors for Diesel		
Cost of Energy (depot)	10	\$/kWh	Oxides of Nitrogen	1	Kg/Litre
Emission factor for Electricity	0	Kg of CO2/kWh	Carbon-dioxide	1	Kg/Litre
Diesel consumption rate	11	g/kWh	Carbon-monoxide	1	Kg/Litre
Cost of diesel fuel	.01	\$/Litre	Volatile organic compounds	1	Kg/Litre
Maximum Battery Power	200	kW	Bum Particulate matters	1	Kg/Litre
Speed deviation threshold	2	km/h	Formaldehyde	1	Kg/Litre
Charge source efficiency	.9		Sulfur-dioxide	1	Kg/Litre

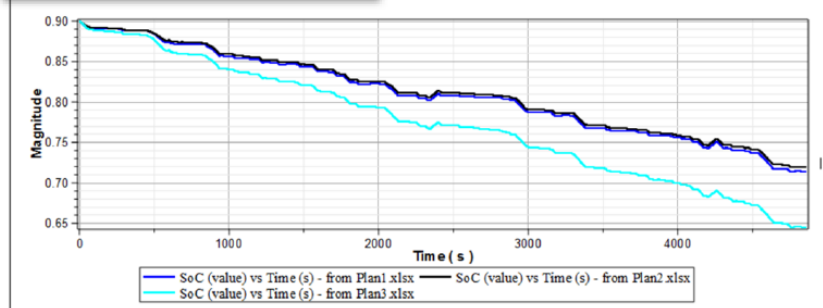
- 分析工具计算单个路线和参数（参数化模型）
- 批处理工具计算多条路线和参数
- 使用外部变量“setting”来控制和管理模型仿真条件
- 结果可查看和输出

分析工具 - 结果



Route Operation Summary			
Total mass of the bus (kg)	13000	Maximum elevation (m)	30.00
Distance travelled by the bus (km)	28.74	Minimum elevation (m)	-30.00
Maximum rider load (kg)	3120.00	Average elevation (m)	4.01
Minimum rider load (kg)	320.00	Maximum speed deviation (m/s)	6.92
Average rider load (kg)	2165.70	Average speed deviation (m/s)	0.23
Maximum speed (km/h)	83.11	Speed error fraction (%)	10.17
Average speed (km/h)	21.29	Maximum acceleration (m/s/s)	1.45
Maximum road grade (%)	5.39	Maximum deceleration (m/s/s)	-2.06
Minimum road grade (%)	-5.39		

Battery State-of-Charge



Simulation Summary			
Starting State of Charge	0.90	Net energy expenditure (kWh)	44.13
Final State of Charge	0.73	Specific Net energy expenditure (kWh / km)	1.54
Gross energy expenditure (kWh)	53.49	Total charging time (minutes)	2.03
Charging Energy (kWh)	4.86	Energy transfer per charge (kWh)	[0.42, 2.25, 2.29]
Energy expenditure for auxiliary systems (kWh)	6.78	Cost per charge (\$)	[9.26, 50.00, 50.93]
Motor energy expenditure (kWh)	46.71	Total cost of energy (\$)	5012.96
Regenerated energy (kWh)	4.50	Emission cost of electricity (kg of CO2)	0.00
Mechanical energy from the motor (kWh)	42.95	Total brake energy (kWh)	14.40
Battery energy supply (Ah)	69.01	Brake energy available for regeneration (%)	31.59
Battery temperature (K)	300.00	Brake energy recovered by battery (%)	31.12

分析 – 运营成本估算

示例：每辆巴士的年度运营费用潜在节省费用。

	General Service Model
Electricity cost per year	\$ 97,300
Diesel cost per year	\$ 104,200
Carbon cost per year (@ \$12.15/t)	\$ 3,400
Potential savings per year	\$ 10,300

总结

- **Fleet Forward** 工具是使用**MapleSim**软件开发的应用程序，允许电动巴士制造商、研发人员和运营人员分析给定路线上参数化车辆的特性和性能。
- 该工具的目的是可以预测新车的性能，从而减轻新车队的实验负担。
- 参数化模型使用多领域物理建模软件**MapleSim**开发，**Fleet Forward**可以定制，从而实现详细的或者特定的分析。
- 莎益博公司是软件开发商和系统集成商，提供成熟的方案帮助实现**EV**和**HEV**的开发。

CYBERNET

莎益博工程系统开

Solve it, with CYBERNET.

谢谢！

莎益博工程系统开发（上海）有限公司

www.cybernet.sh.cn