



ONVO 乐道

# 如何在MATLAB中实现纯电动车整车能量 及驾驶性的**精准高效**管理

How to Implement Energy and Drive Quality Management of  
BEV Efficiently and Accurately in MATLAB

舒绍文, 乐道汽车 (ONVO)



2024 MathWorks  
中国汽车年会

## 目录/Content

- 开发背景 5min
- 挑战机遇 5min
- 模型介绍 5min
- 案例展示 5min
- 模型验证 5min
- 开发回顾 5min
- 总结展望 5min
- 问答环节 5min

## 开发初衷

- 整车动力性及经济性是整车性能中较直观且较为重要的两个评价指标。
- 需要建立一套耦合热管理的动力性及经济性仿真模型，以此用于性能开发。
- 为何不直接选择成熟的商业软件进行相关分析，而要进行二次开发内部工具？



### MathWorks产品：

- MATLAB/Simulink/Stateflow
- Powertrain Blockset
- Simscape Fluids
- Parallel Computing Toolbox



灵活性



控制性



扩展性



成长性



交互性



机密性

## 挑战与机遇

“

### 1. 仿真精度

- 🎯 ? 如何保证模型仿真值能有效表征物理试验值
- 🎯 ? 各子系统、控制器如能通过模型等效

### 2. 仿真需求

- 📝 ? 模型应该具备哪些功能
- 📝 ? 如何完全覆盖虚拟仿真需求

### 3. 仿真效率

- 🚀 ? 如何避免误操作、保证仿真效率
- 🚀 ? 如何保证仿真一致性
- 🚀 ? 如何降低上手门槛、实现傻瓜式操作

”

#### ● 能量管理

- 双电机扭矩**动态**分配
- **高精度**驾驶员控制
- 整车热管理**智能**控制
- 电池充放电**智能**控制
- 整车传动系**动态**管理

#### ● 驾驶性

- **驱动防滑**控制
- 整车阻力模拟
- **驾驶质量模拟**
- 百公里加速
- 超车、坡起

#### ● 前处理

- 整车参数**可视化**输入
- 整车参数**智能**化管理
- 仿真模型**自动化**配置
- 仿真模型**批量化**运行

#### ● 后处理

- **自动**生成报告
- 数据**聚类**分析
- 输出**动态**显示
- 数学**运算**输出

# 模型组成

- ✓ Powertrain Blockset
- ✓ Simscape Fluids
- ✓ MATLAB
- ✓ Simulink
- ✓ Stateflow

279

代码

145

函数

102

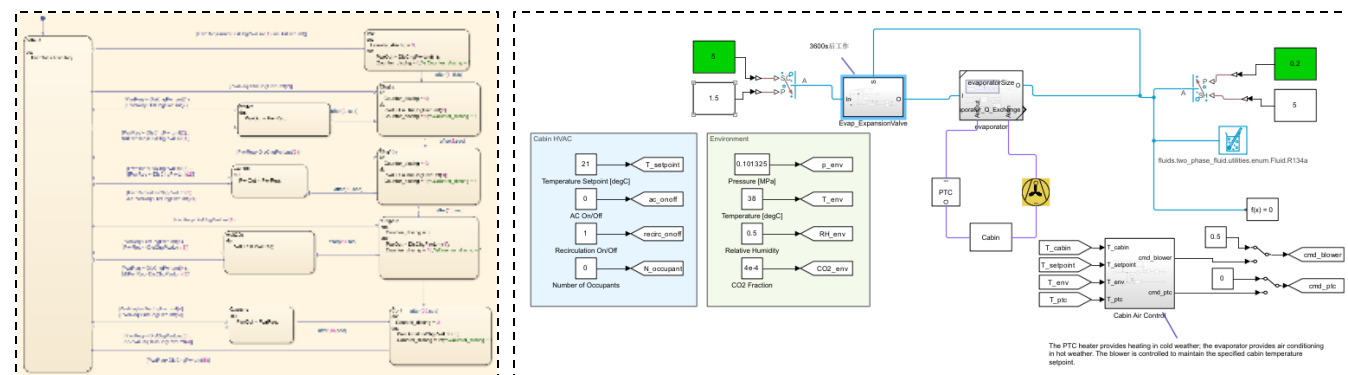
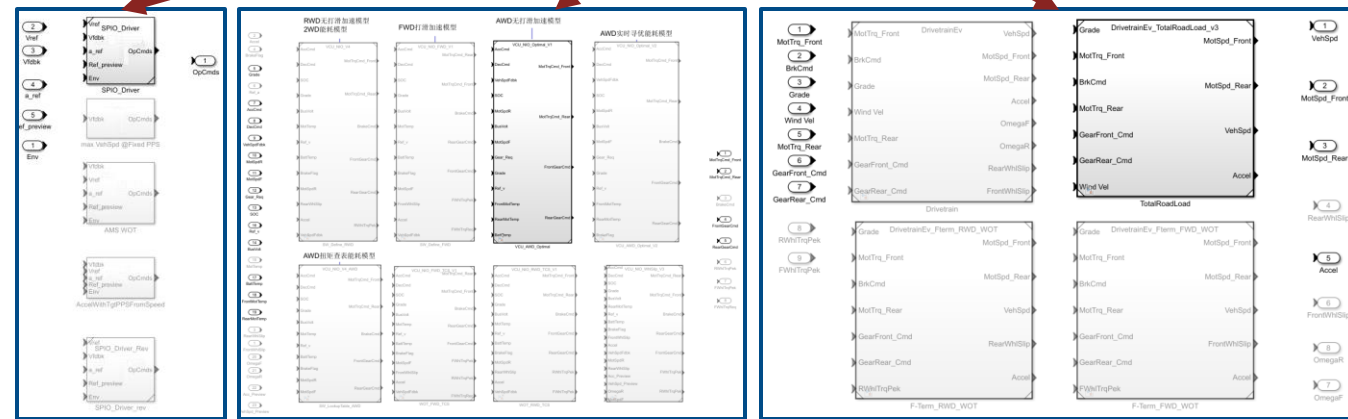
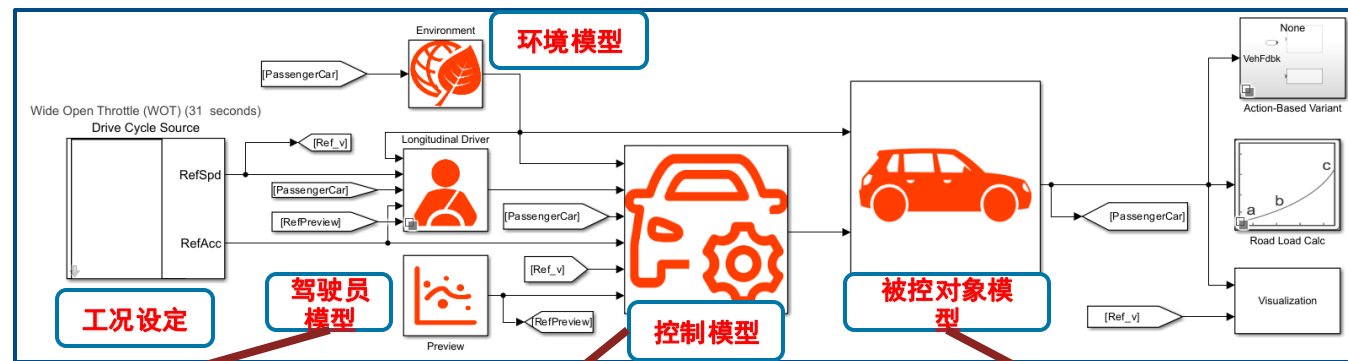
脚本

16

APP

11

数据字典



开发背景

挑战机遇

模型介绍

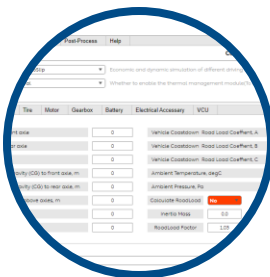
案例展示

模型验证

开发回顾

总结展望

问答环节



1

**前处理：**按子系统分类（电驱、底盘、车身、控制器、低压用电器等），分别输入仿真所需参数。



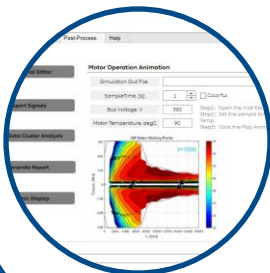
2

**工况设置：**可选择不同场景、驱动型式、是否激活热管理等，进行经济性、动力性仿真。



3

**批量运行：**可一键选择多个仿真配置文件，自动进行串行运算并显示运算进度及运算结果。



4

**后处理：**5种后处理工具[数据编辑、数据导出、数据聚类、报告生成、动态展示]。

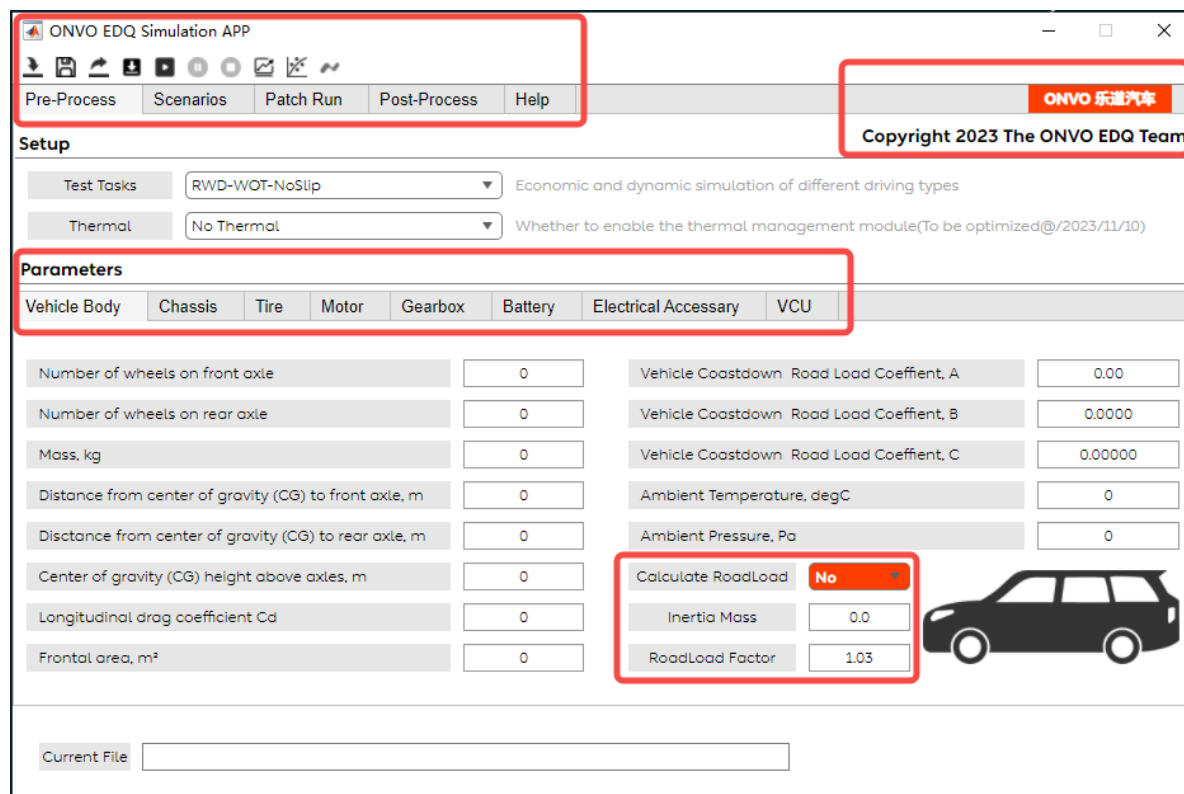


5

**帮助与反馈：**通过链接直接抵达建模流程、操作说明文档，并可进行反馈，有专人进行解答。

## GUI

1. 独立于模型，整个仿真过程无需单独打开模型；
2. 直观的导航界面，便于操作；图像可视化、文字提示、多层标签
3. 模型智能动态配置；



## 主界面菜单

图标	功能	说明
	Import	加载配置文件
	Save	保存当前配置参数
	Export	导出当前配置参数为配置文件
	Apply	加载参数至模型，用于后续仿真
	Run Simulation	运行仿真
	Pause Simulation	暂停仿真
	Stop Simulation	停止仿真
	Open SDI	打开数据查看器
	RL Calculator	道路阻力预估
	Open Model	按需打开模型

开发背景

挑战机遇

模型介绍

案例展示

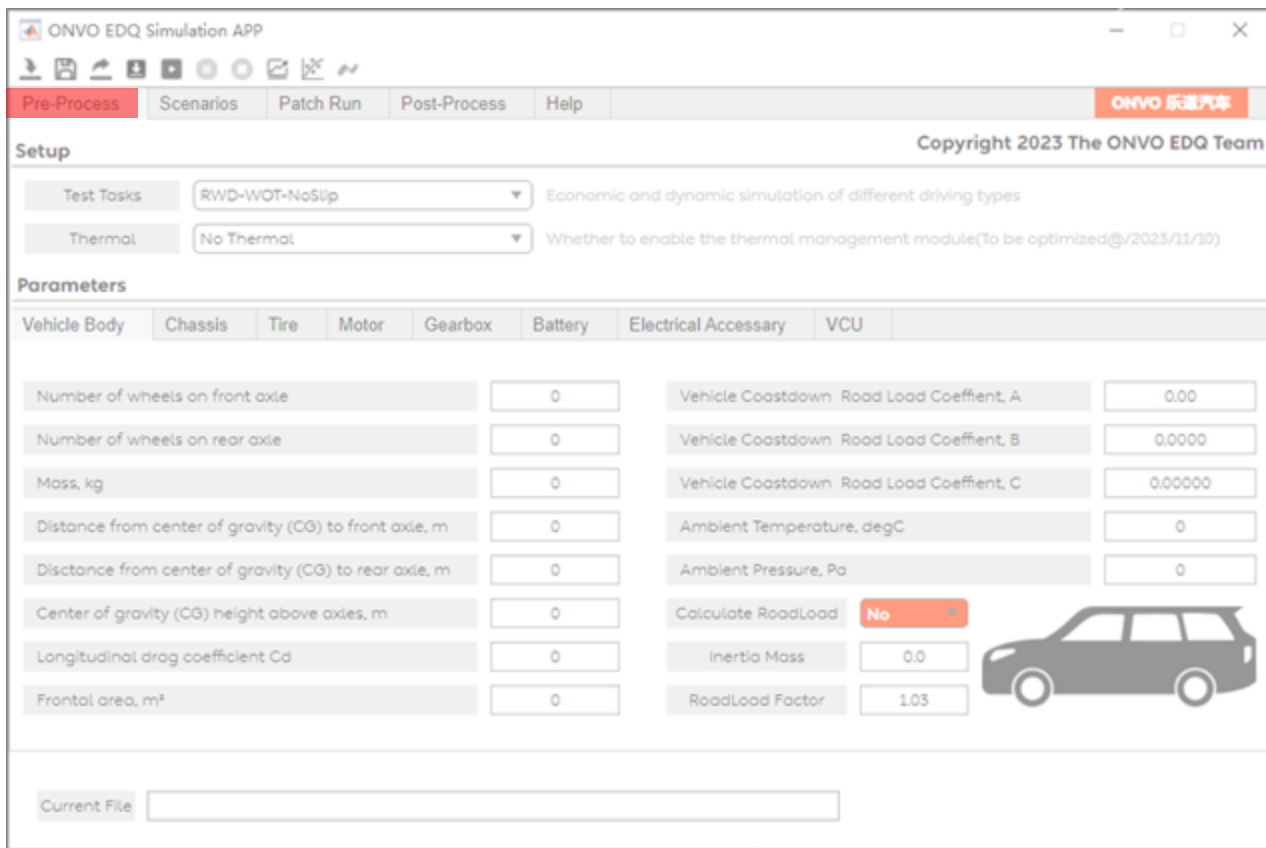
模型验证

开发回顾

总结展望

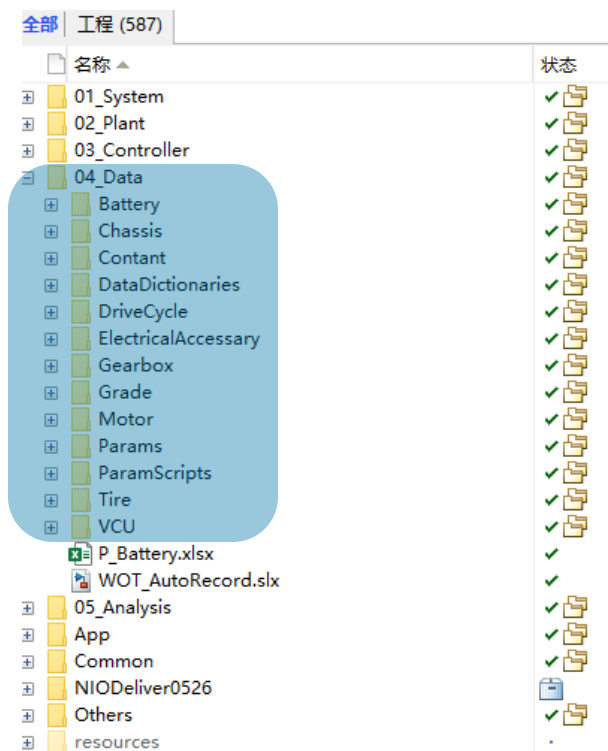
问答环节

**前处理：**将各子系统分类（整车、底盘、三电、VCU、低压用电器件等），分别输入整车仿真参数（单值或表格文件）。



电机参数

	A	B	C	N	O	P	Q	R
1	Stator temperature	Motor speed	Motor torque	Motor power loss (motor+PEU)				
2	°C	rpm	Nm	W				
3			Voltage	900	850	750	600	500
4	20	1000	-135	5781.691	5781.691	5781.691	5781.691	5781.691
	Pedal_Map	Tire	Front_Motor_effmap	Front_Motor_peak_torque				R



Back



开发背景

挑战机遇

模型介绍

案例展示

模型验证

开发回顾

总结展望

问答环节

**工况设置:** 可按需设置仿真工况（经济性、单次/连续定某百分比踏板深度的加速动力性）、停止条件（目标时间/距离/加速度/车速）。

ONVO EDQ Simulation APP

Pre-Process Scenarios Patch Run Post-Process Help

Drive Cycle: CATC

Grade: Constant

Constant

Grade, %: 0

Special scenarios, such as PPS based or staged acceleration.

Customized: None

Whether the simulation needs to be stopped under certain conditions? such as based on velocity, distance or acceleration.

Action-Based Stop Conditions

Current File: \_\_\_\_\_

分类	功能
常规工况	CATC/WLTC/...
	FPA(Full Pedal Acceleration)
	等速/...
特殊工况	AMS(Auto Motor Sport)
	Staged acceleration
	PPS Based
停止条件	目标车速
	目标距离
	目标加速度

ALPS EDQ Simulation APP

Pre-Process Scenarios Patch Run Post-Process Help

Drive Cycle: CATC

Grade: Constant

Constant

Grade, %: 0

Special scenarios, such as PPS based or staged acceleration.

Customized: None

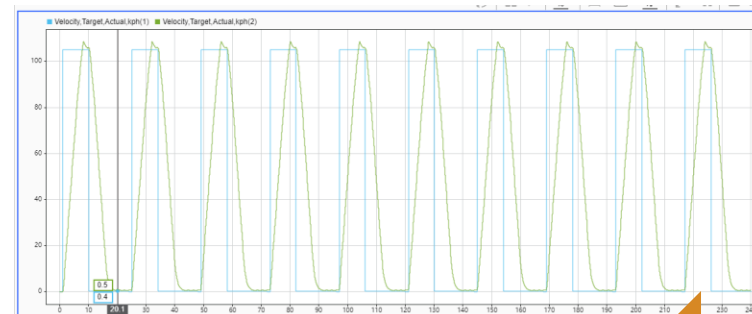
Whether the simulation needs to be stopped under certain conditions? such as based on velocity, distance or acceleration.

Action-Based Stop Conditions

Current File: \_\_\_\_\_

CLTC工况各车速路段所占比例(%)

速度范围 (km/h)	所占比例 (%)
0-10	4.58%
10-20	5.79%
20-30	6.43%
30-40	8.42%
40-50	15.64%
50-60	15.64%
60-70	15.64%
70-80	15.64%
80-90	15.64%
90-100	15.64%
100-110	15.64%
110-120	15.64%



Back

开发背景

挑战机遇

模型介绍

案例展示

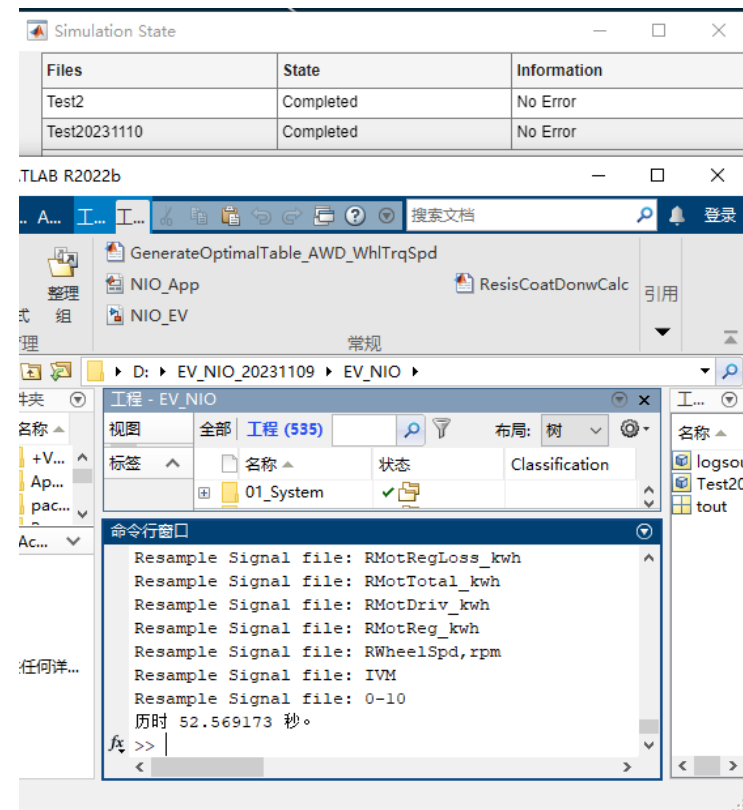
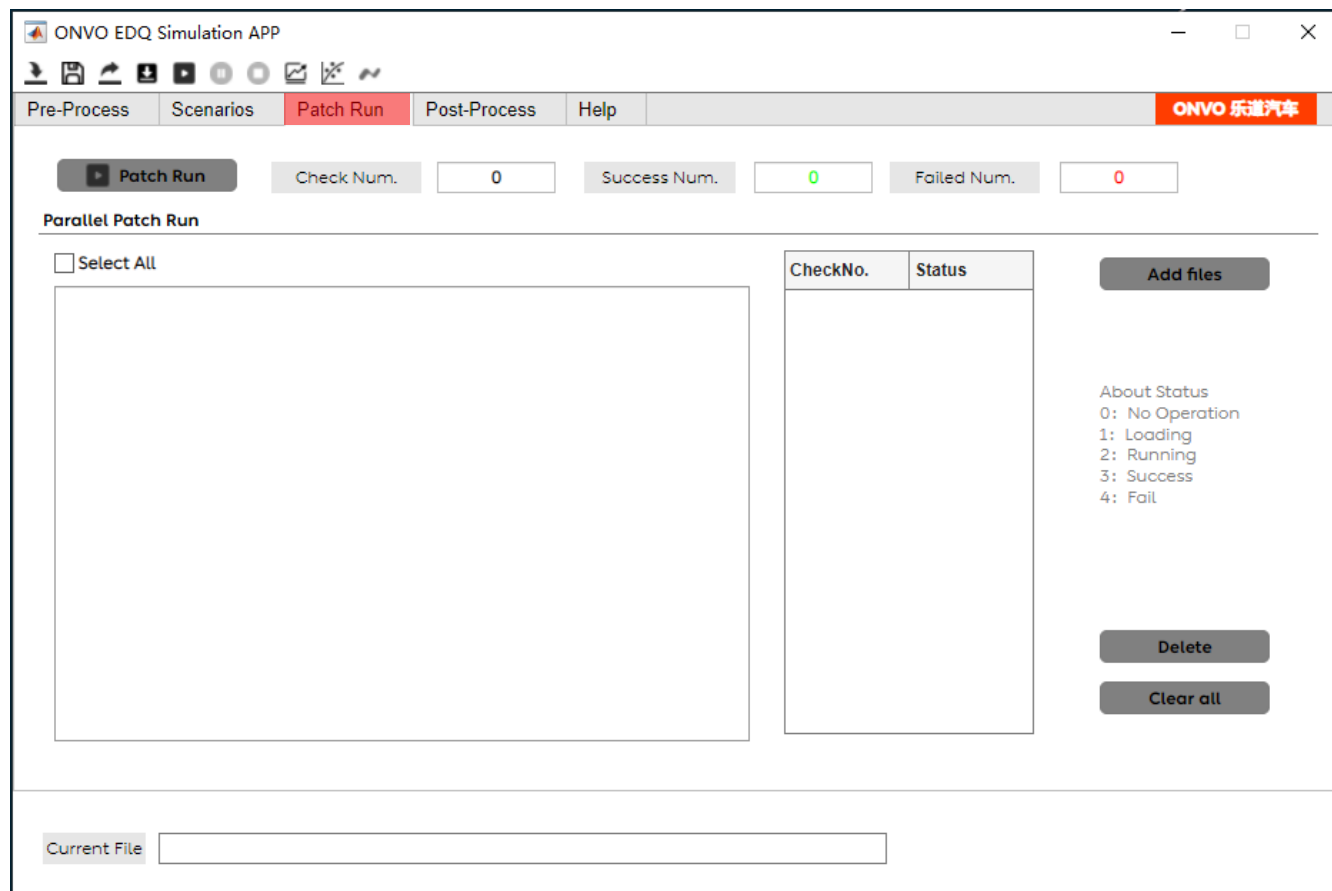
模型验证

开发回顾

总结展望

问答环节

**批量运行:** 一键选择多个仿真配置文件，按序完成仿真。且能告知各文件的仿真进度及仿真成功与否。



Back

开发背景

挑战机遇

模型介绍

案例展示

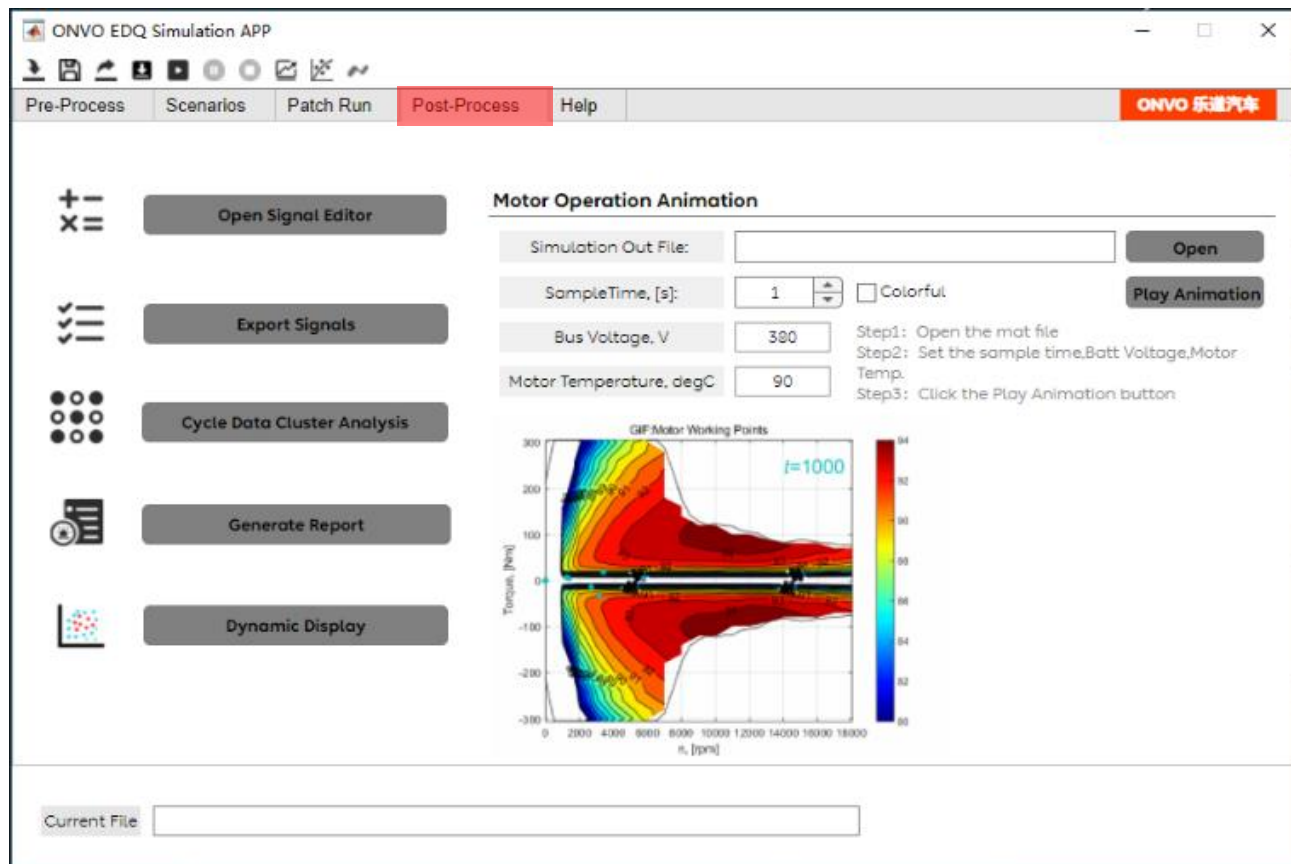
模型验证

开发回顾

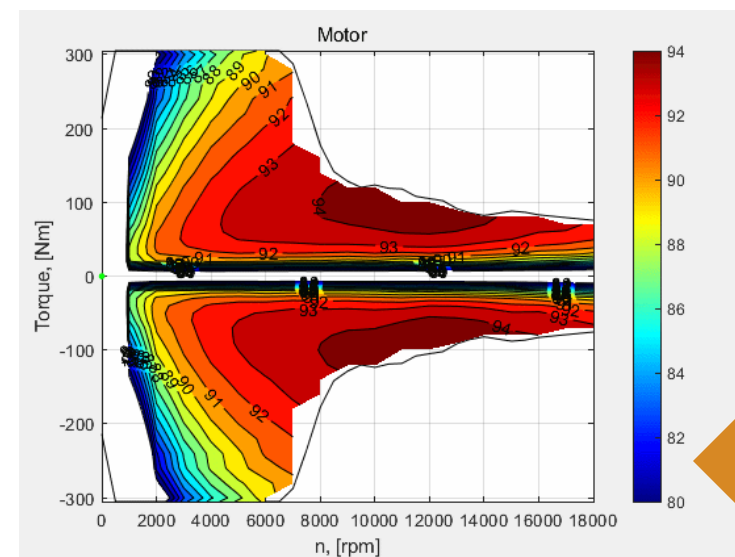
总结展望

问答环节

**后处理:** 分别在对应的子菜单中导入仿真自动生成的mat文件, 并设置好相应配置后, 可实现数据的自动处理。



图标	功能	说明
	Open Signal Editor	信号数据编辑器
	Export Signals	信号数据导出器
	Cycle Data Cluster Analysis	工况点聚类分析
	Generate Report	仿真报告生成器
	Dynamic Display	工况点动态展示



开发背景

挑战机遇

模型介绍

案例展示

模型验证

开发回顾

总结展望

问答环节

**帮助与反馈：** 点击链接，可弹出对应的软件说明/操作文档，并可进行相应反馈。



## ONVO Energy Unified Model Instruction Manual Update Summary

### 1. Project introduction

- 1.1 Background
- 1.2 Core members

### 2. Operation instruction

- 2.1 Framework
- 2.2 Pre-Process
- 2.3 Scenarios
  - 2.3.1 AMS-Continuous Full Pedal Acceleration
  - 2.3.2 Staged Acceleration
  - 2.3.3 PPS Based
- 2.4 Patch Run
- 2.5 Post-Process
  - 2.5.1 Signals Editor
  - 2.5.2 Motor Working Points Cluster
  - 2.5.3 Signals Export
  - 2.5.4 Report Generator
  - 2.5.5 Motor Working Points Dynamic Display

### 3. Model Management

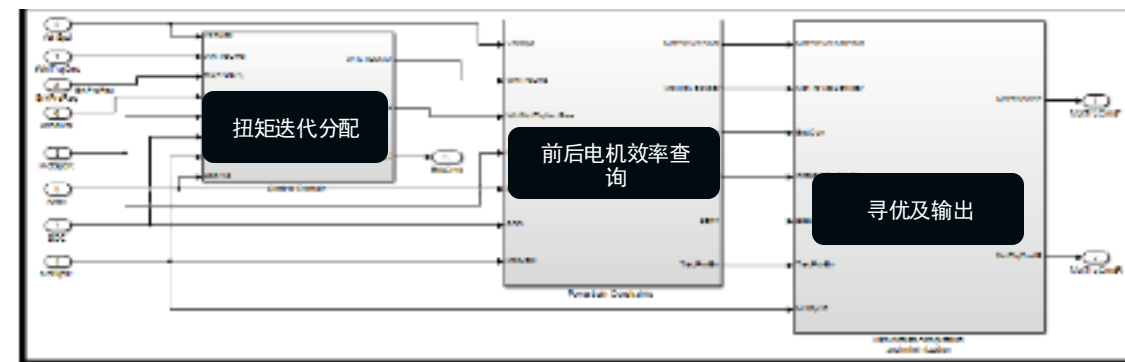
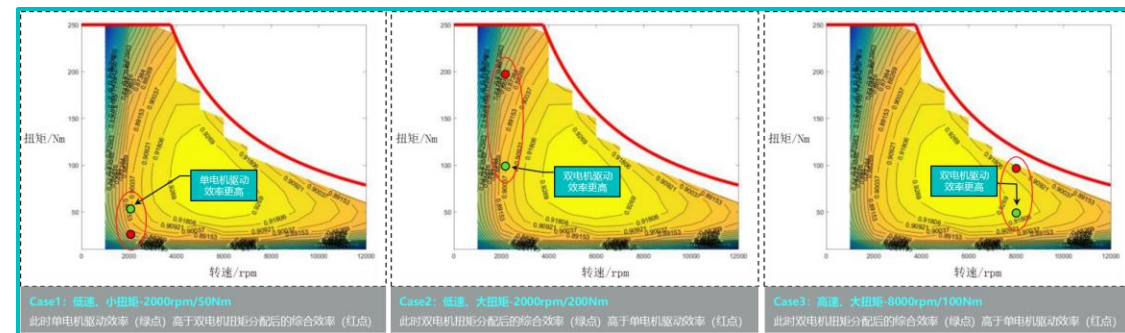
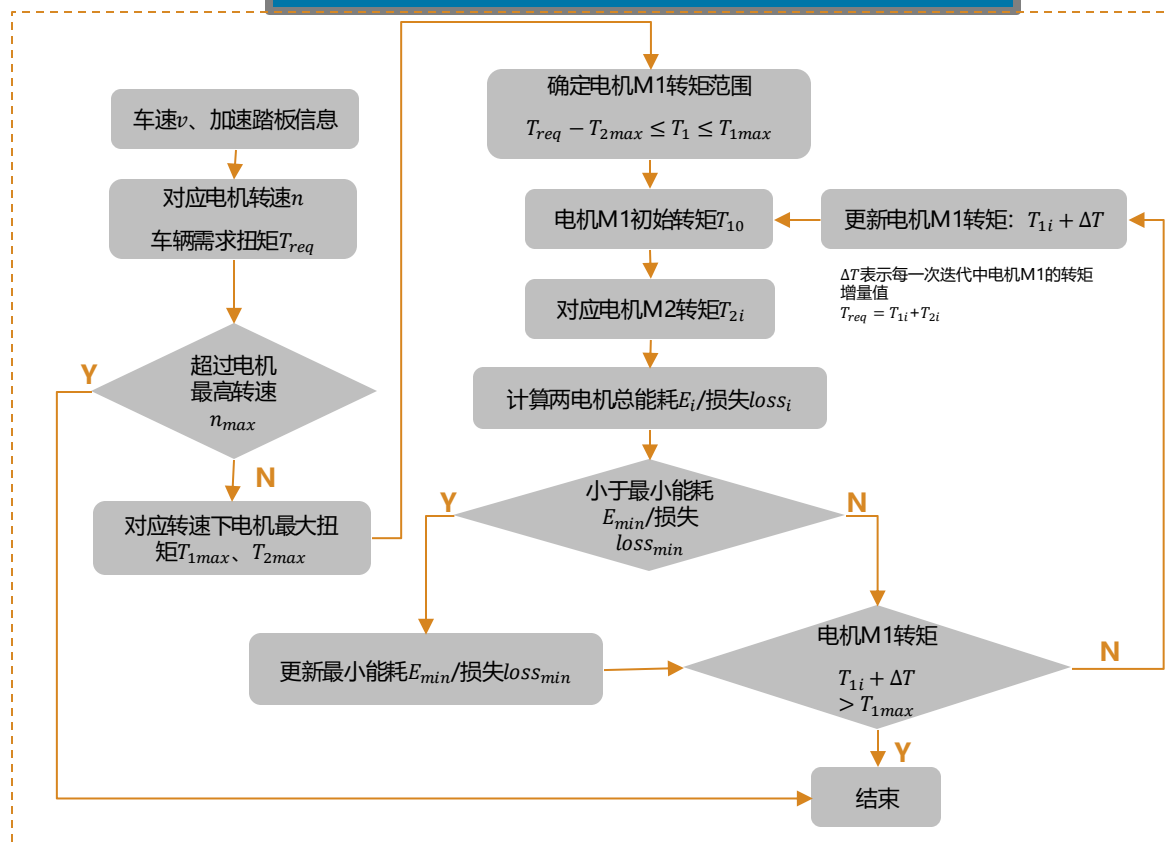
- 3.1 Modeling
- 3.2 Validation
- ▶ 3.3 Battery
- ▶ 3.4 Motor
- ▶ 3.5 GearBox
- ▶ 3.6 VCU

### 4. Simulation Study

## 基于能耗最小的转矩耦合式动力分配策略

考虑前后电机外特性、效率特性等，配合动力分配策略，建立基于Simulink的转矩分配模型。

### 基于能耗最小的双电机动力分配流程

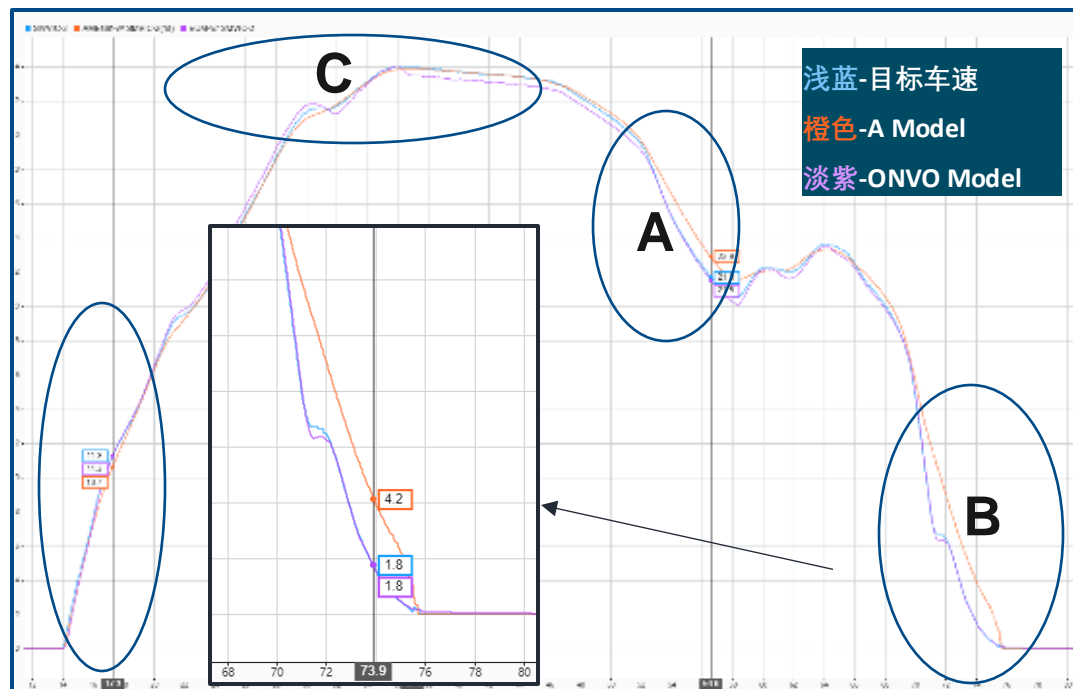
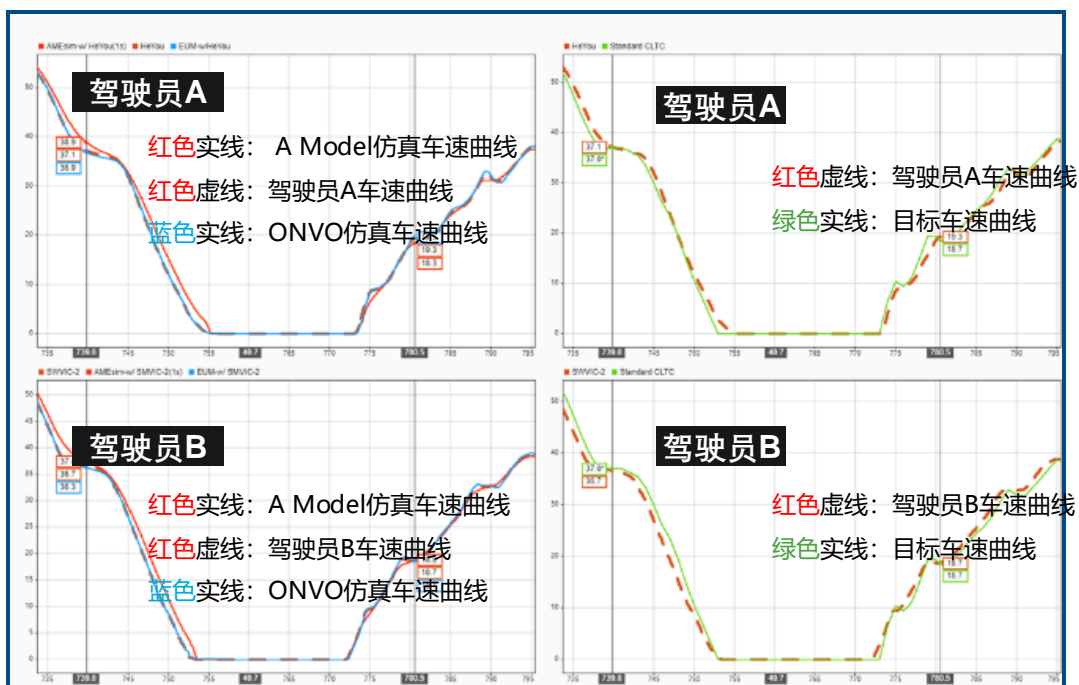


# 驾驶员模型跟线效果对比

- 当目标车速变化较大时：
  - 模型A跟随效果不理想（见下图A, B）；
- 当目标车速变化较缓时：
  - 两种模型跟线效果接近（见下图C）；
- 综上：ONVO所建驾驶员模型跟线更加接近目标、实际驾驶员车速（见下图）；

ONVO  
3%

仿真误差



开发背景

挑战机遇

模型介绍

案例展示

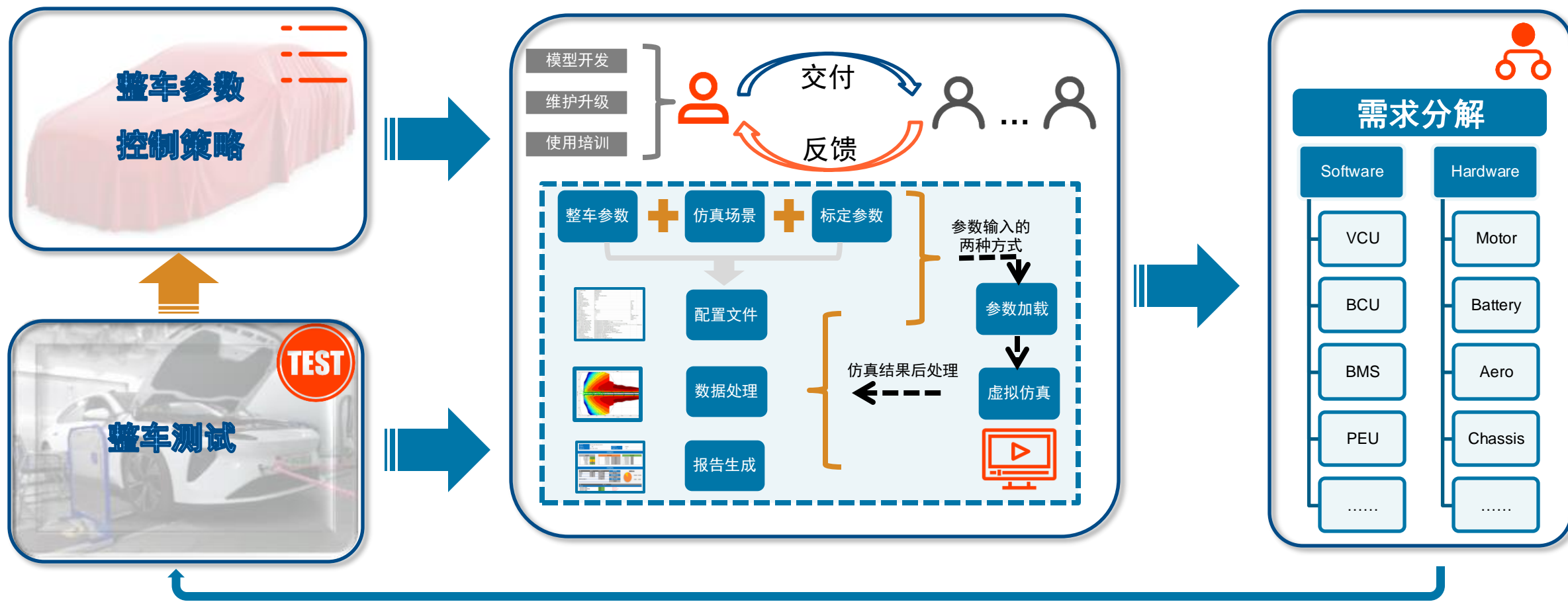
模型验证

开发回顾

总结展望

问答环节

## 工作流程



开发背景

挑战机遇

模型介绍

案例展示

模型验证

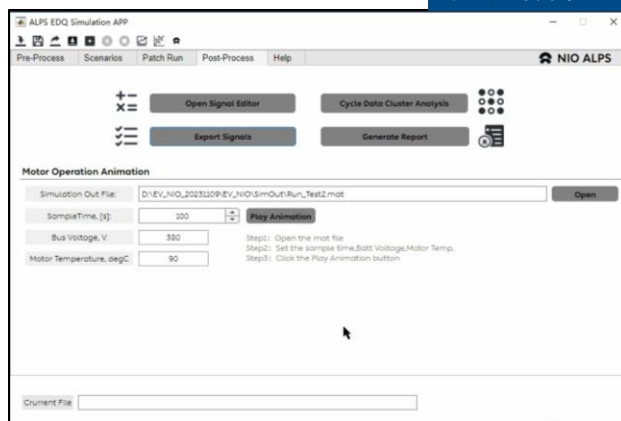
开发回顾

总结展望

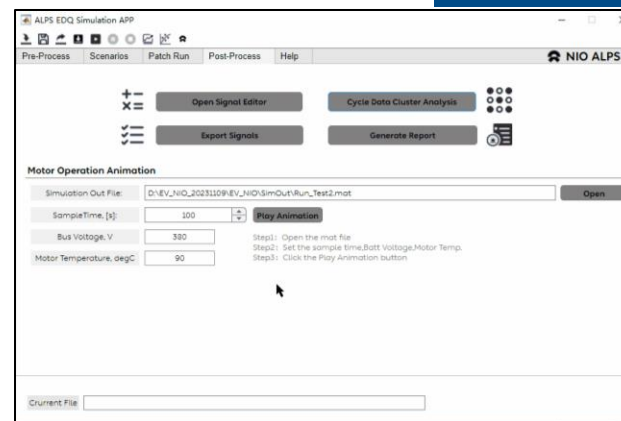
问答环节

## 数据后处理示例:

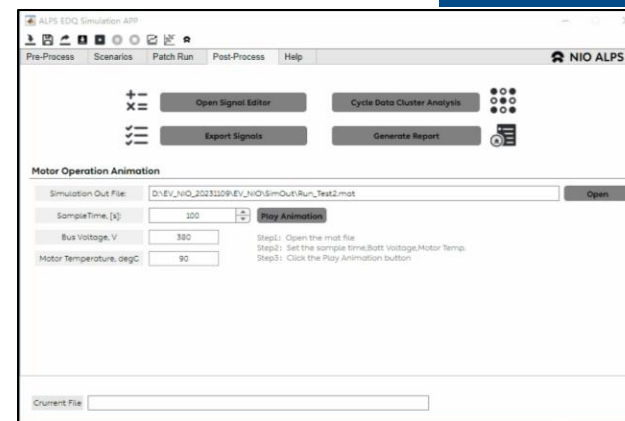
信号编辑器



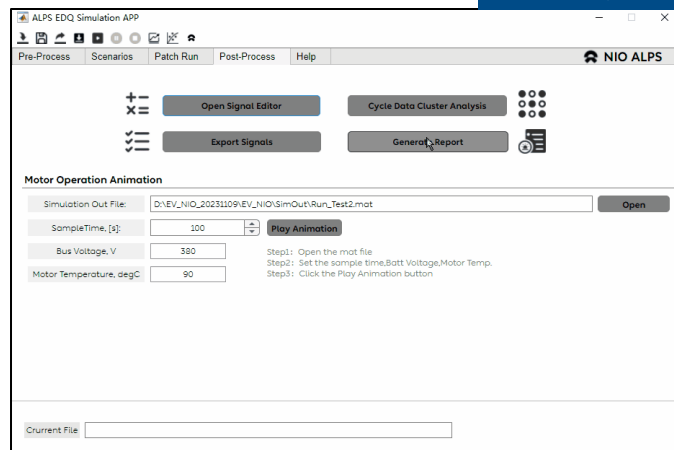
信号导出器



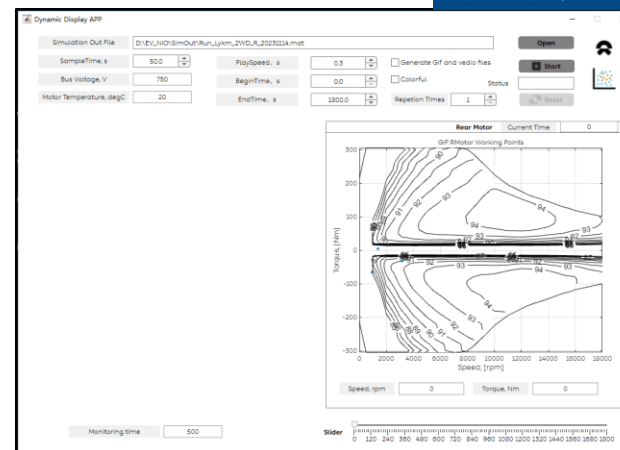
聚类分析器



报告生成器



动态展示器





开发背景

挑战机遇

模型介绍

案例展示

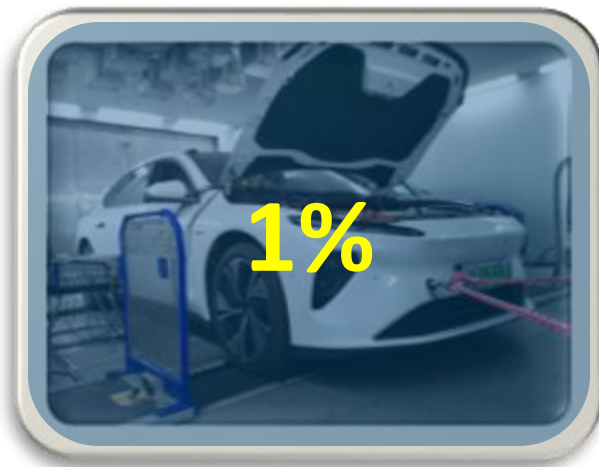
模型验证

开发回顾

总结展望

问答环节

## 模型验证:



零部件台架测试->用于仿真（如：电机效率Map测试、电机外特性测试、整车各零部件相关阻力测试等）；

Step1: 整车台架经济性测试->电耗EC1;

Step2: 整车经济性虚拟仿真->电耗EC2;

EC1与EC2的误差在**1%**以内。



零部件台架测试->用于仿真（如：电池放电功率曲线、电机外特性测试、整车各零部件相关阻力测试等）；

Step1: 整车台架动力性测试->零百加速T1;

Step2: 整车动力性虚拟仿真->零百加速T12;

T1与T2的误差在**0.2s**以内。

如何在MATLAB中实现纯电动车整车能量及驾驶性的**精准高效管理**

背景

在激烈的市场竞争中，ONVO需要一套高精度、高质量、结合热管理的电动汽车能量管理和驾驶性能仿真工具，以提升整车相关性能的开发效率。

核心

双电机扭矩动态分配

高精度控制驾驶员

电池充放电智能控制

动力性驱动防滑控制

冷却回路自动切换

整车参数可视化输入APP

自动配置/批量运行APP

后处理报告自动生成

挑战

应该具备哪些功能?

- ✓ 梳理本专业领域的系统知识
- ✓ 并形成了**能量流思维导图**，用于指导后续建模

如何确保准确性/建模进度?

- ✓ 组织合作伙伴进行周例会，探讨建模思路
- ✓ 制定**建模计划**，保证开发进度、满足项目开发

欠缺系统知识/控制策略不够懂，如何建模?

- ✓ 查阅资料、组织**头脑风暴**、结合实际场景
- ✓ 在不断**Debug**中完成建模

**精准：子系统模型精度高，仿真精度高**

1. 专业知识

2. 解决问题能力

3. 计划协调能力

4. 仿真能力

5. 试验/标定/调适能力

6. 创新能力

**高效：输入和输出自动化，仿真效率高**

如何帮助团队避坑?

- ✓ 实时记录问题、难点、解决方案，提升进度
- ✓ 组内分享及培训，提升团队仿真、建模能力

如何避免误输入、降低上手门槛?

- ✓ 编写各场景**模型模板**，降低重复建模时间
- ✓ 前后处理APP，提高仿真效率、避免误操作

如何帮助团队了解底层逻辑?

- ✓ 团队培训：建模思路、建模方法
- ✓ 撰写模型**使用说明书**，留档保留知识产权

**管理：输入和输出模板化，团队好管理**

收获

- ✓ 1份**整车能量流思维导图**：用于指导创建模型框架

- ✓ 1份**建模记录文档**：帮助团队理解、使用模型。

- ✓ 1套**业界领先的整车能耗及动力性仿真模型**
- ✓ 1份完整的建模及其使用说明书



- ✓ 整车参数可视化APP：仿真参数智能化管理
- ✓ 模型自动配置/批量运行APP：提高仿真效率
- ✓ 自动生成报告：便于对外输出，提高仿真效率

- ✓ 驾驶员：降低仿真误差3%
- ✓ 牵引力控制：考虑轮胎特性的驾驶性
- ✓ 整车控制：实现不同场景的仿真
- ✓ 电池：实时监测充放电能力，评估整车性能
- ✓ 热管理：反映热管理性能，提前识别风险
- ✓ 前后电机扭矩分配：AWD扭矩分配标定







## 总结与展望



- 1  **Highlights:** 8大亮点[电机扭矩动态分配、高精度驾驶员模型、电池充放电智能控制模型、动力性驱动防滑控制模型、冷却回路自动切换模型、整车参数可视化输入APP、模型自动配置/批量运行APP、仿真数据自动后处理/报告生成APP]。
- 2  **Efficiency:** 仿真效率相对提升**50%**：仿真输入高度集成、报告自动生成、数据自动处理等。
- 3  **Accuracy:** 仿真误差低至**1%**：高精度驾驶员模型、电驱&整车等效模型、控制器等效模型、整车参数模拟等。
- 4  **Scenarios:** 动力性仿真场景**24**种、经济性仿真场景**8**种，源于多类型电驱、整车控制器、仿真工况、热管理模块等。



- 1  **HIL:** 打通与HIL进行联合仿真的链路，实现零部件台架试验在整车上的应用。
- 2  **Co-Simu:** 与AMESIM、电池热管理模型等实现联合仿真，实现更多场景的整车级热管理仿真。
- 3  **DOE:** 打通MATLAB DOE工具在前处理APP中的应用，丰富数据管理。
- 4  **Database:** 自动将配置参数与仿真结果下发至对应的数据库，便于后续分析及汇报。

开发背景

挑战机遇

模型介绍

案例展示

模型验证

开发回顾

总结展望

问答环节



# 乐道加电 生而成熟 千站万桩为你而来

1,000+换电站  
20,000+蔚来自有充电桩  
接入海量第三方充电桩



ONVO 乐道

# 2024 MathWorks 中国汽车年会

## Thank you

