



通过仿真驾驶测试和实际  
负载对采埃孚动力传动系  
统进行测试

# 虚拟 扭矩

采埃孚技术小组越来越多地使用虚拟解决方案,用于在早期开发阶段测试和验证新的真实动力传动系统。为此,需要使用高动态响应的测试台架对试车道、整车甚至是驾驶员进行逼真的仿真。dSPACE 的 ASM 工具套件便是一款理想的仿真工具。



图片来源：© ZF

**现**代车辆中的动力传动系统在设计上越来越模块化，可以适应众多驱动类型。除了自动式、双离合式、手动式及手自一体式变速器，如今的车辆还具有广泛的混合动力配置以及纯电动驱动配置。驱动可以进一步区分为中轮驱动、轮边驱动和轮毂驱动。因此，测试台架必须能够对所有这些配置进行可靠的可复现测试。这就要求车辆仿真模型是开放式的，并且易于修改。

#### 动力传动系统测试台架的优势

采埃孚使用高动态响应的测试台架可以尽早地测试动力传动系统的功能和生命周期。这样的测试台架可以在仿真车辆中测试整个真实动力传动系统，其目的在于尽可能真实地对各种动力传动系统和车辆配置进行仿真。这些仿真必须尽可能真实，以便涵盖在实际驾驶测试期间所有负载（负载集合）以及所有可能的功能和配置中的车辆行为。只有这样才能在测试台架上对动力传动系统进行逼真的评估和优化。在分析期间，对车辆中主动元件的行为进行仿真是很重要的，例如推进发动机与变速器之间的交互作用。这可以确保换挡更偏重舒适型还是运动型。不同驾驶员的行为也具有一定的相关性，即他们是小心驾驶车辆，还是高速行驶。仿真必须真实地反映踏板的状态和方向盘的运动。

#### 以仿真作为坚实的基础

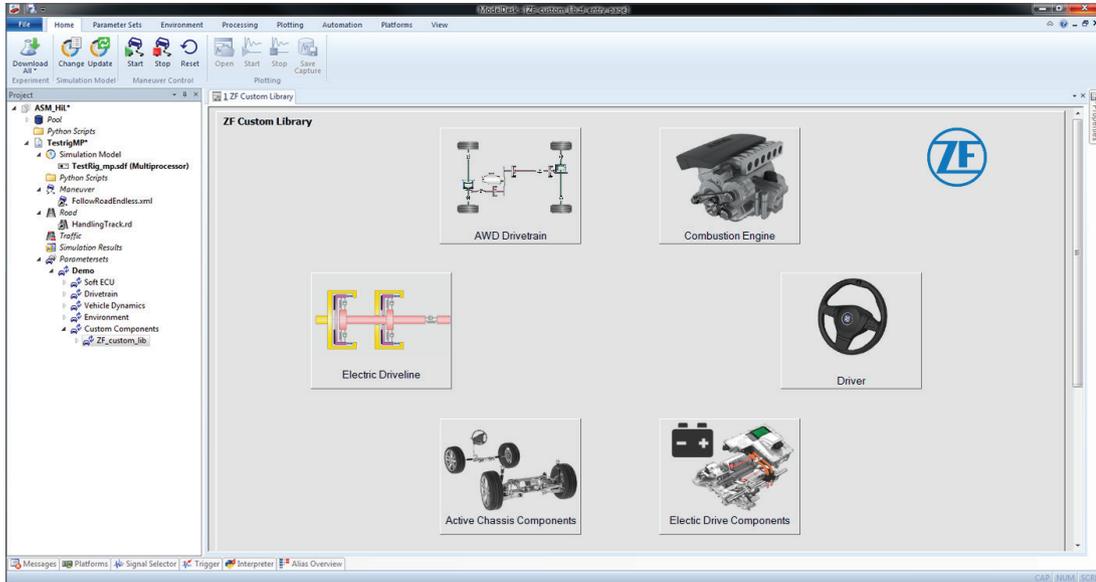
在设计高动态响应测试台架时，采埃孚首先必须找到合适的车辆仿真解决方案。这意味着工程师必须构建一个虚拟车辆，使其动态行为适合于控制测试台架。这通常使用实时仿真模型来完成。该仿真模型可以灵活地配置和参数化以用于所有所需的车辆类型。在对技术、经济和过程相关因素进行评估后，结果表明 Automotive Simulation Models (ASM) 工具套件是最理想的选择。ASM 不仅具有开放式模型结构，还无需使用额外的仿真环境，从而节省了许可证费用。

#### 设置虚拟车辆

ASM 内置的虚拟车辆包括前轮、后轮和四轮驱动以及所有混合动力和电驱动模型。ASM Vehicle Dynamics 模型配备了所需的车辆动力学功能。为了仿真汽油或柴油发动机驱动装置，采埃孚使用了一种专有模型，其可以无缝集成到模型环境。基于 ASM Environment 模型的环境模型优化了对道路及其各种属性（如地面条件、斜度和坡度）的仿真。ASM Traffic 模型也是仿真的一部分，因此可以考虑周围的交通状况。采埃孚库的其它模型已集成到整个车辆模型中，例如，可转向后桥或主动减震器。ASM 的开放式结构特别适合采埃孚模型的集成。例如，开发人员能够准确访问开发的组件所需的信号。 >>

**“为了高效使用主动动力传动系统，我们使用 ASM 工具套件执行逼真的驾驶测试。”**

Oliver Maschmann, 采埃孚



通过 ModelDesk 中一目了然的页面，可以方便地访问特定于客户的模型库。

### 实现图形化用户界面

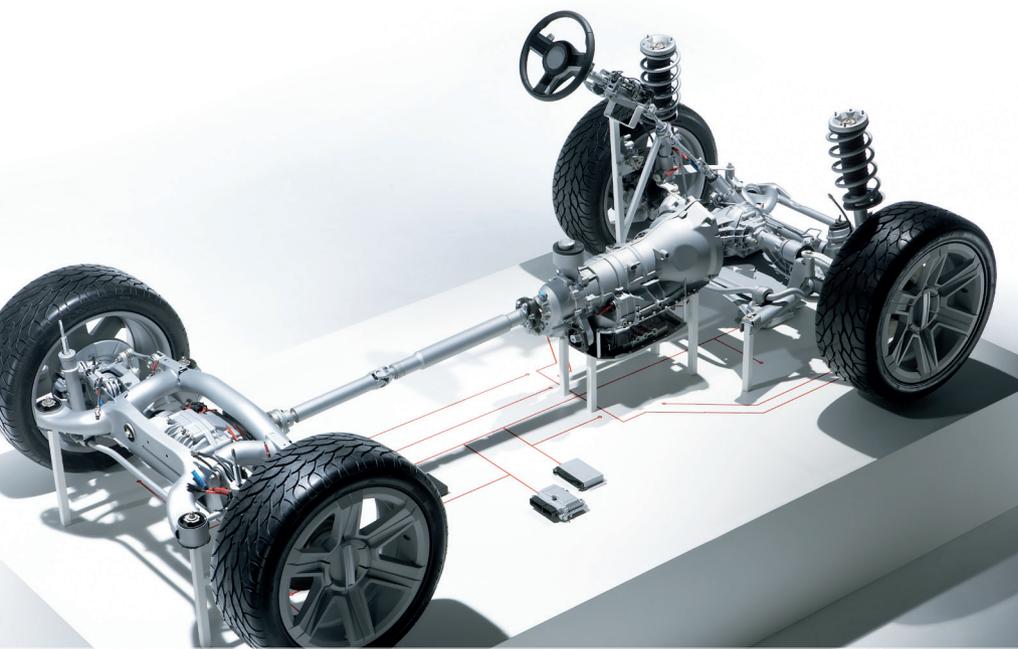
由于需要在具有相同设置的多个位置使用测试台架及其仿真环境，因此它们必须易于使用且视图直观。为了满足这一要求，ASM 配备了 dSPACE ModelDesk，为模型参数化和配置提供了一个图形化用户界面。此外，

开发人员只需使用一个用户界面即可执行准备好的测试程序和仿真。这个过程可以通过脚本轻松控制，因此很容易实现自动化。ModelDesk 可用于所有 ASM 库。对于采埃孚库中的专有模型，开发人员可以自动生成合适的用户界面。为此，ModelDesk 含有

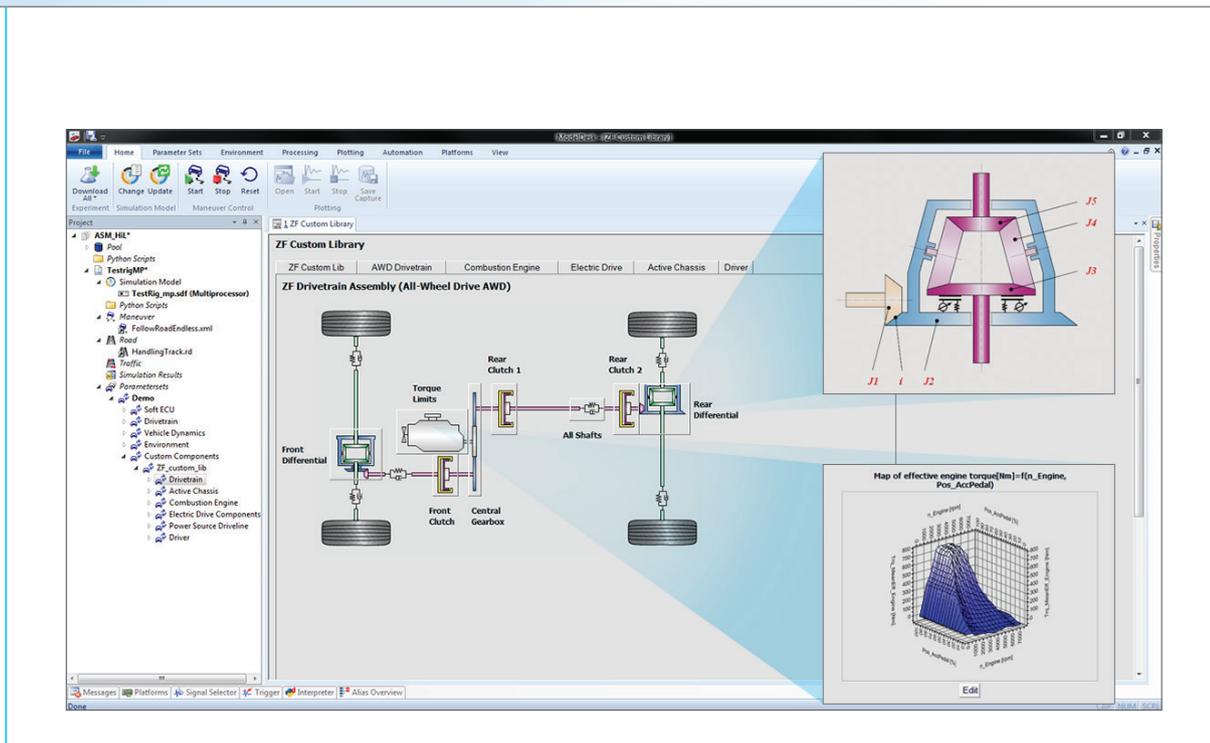
一个分析模型的解析器，然后自动生成一个功能框架，其中包含用于工具自动化的所有参数、映射和接口。ModelDesk 的这个框架以 HTML 网页形式供使用。通过 Cascading Style Sheets (CSS) 可以实现所有创建的用户界面的一致性，且符合采埃孚设计要求。这项任务的手动操作强度非常低，因此即使库更广泛，也可以在一天之内创建所有页面。

### 准备部署

在设置仿真环境后，必须进行验证。为此，开发人员使用了来自实车的测试数据作为基准。仿真车辆必须在相同条件下（速度、转向角等）返回相同的结果（横摆率、纵向加速度、横向加速度）。此外，还根据采埃孚的要求对驾驶员模型进行了扩展和优化，并进行使用。目标就是确保能够合理、真实地执行踏板和转向系统的操作。基于 PC 的仿真平台 dSPACE VEOS 使开发人员能够在测试台架上进行测试之前，在台式版上虚拟启动



图片来源：© ZF



特定于客户的模型库的内容清晰地显示出来，可轻松更改。

整个设置。如果需要，所有进程和测试案例的执行速度都可以比实时更快。如果开发人员需要对数百公里的驾驶测试进行仿真，上述方法非常有效，因为只需几分钟便可完成测试。将 ASM 与 VEOS 相结合还可以使开发过程保持一致，并更加高效。由于采用开放式架构，所以可以在 Simulink 中使用任意数量的 Functional Mock-up Unit (FMU)，也可以将功能设计付诸实践，即便它们还未成熟。它的另一个优势在于可以很容易地将测量数据集成到仿真中。同时，建议使用 ModelDesk 中的处理功能，因为它可以准备好相关数据。

### 评估和后续步骤

安装的 ASM 工具链可用于对车辆动力学进行仿真，使采埃孚能够更好地

在测试台架上实现动力传动系统的真实测试。这些模型能够满足用户对高动态响应四轮测试台架在周期时间和精度方面的苛刻要求。此外，研究表明此仿真方式适合在测试台架上使用客户软件，以自动化闭环驱动负载集合的方式来测试动力传动系统。在驾驶测试期间，也可以分析舒适性指标，例如在起步阶段。该系统不断进行优化，以便在自动化测试运行期间提供更大的道路网络和交通流量。工具链在全球供应：用户可以在全球各地的采埃孚开发中心购买。用户可以使用专有库在采埃孚所有办公地点创建相同的测试台架配置，从而确保完全一致的应用。■

Oliver Maschmann, 采埃孚

### 对动力传动系统测试台架的要求仿真的组件：

- 带转向的主动式底盘
- 带混合动力模块的内燃机
- 主动式后轴动力学
- 车辆动力学
- 纵向和横向驱动
- Soft ECU

### 灵活性：

- 使用真实和仿真的动力传动系统
- 动力传动系统中的主动组件（主动轴差速器、可切换四轮驱动、差速器锁等）
- 动力传动系统中用于其它配置的模块化接口

### Oliver Maschmann

Oliver Maschmann 在采埃孚公司（总部设在德国腓特烈港）负责高动态响应测试台架。

