

动力学 模型

车辆动力学特性是汽车生产的最终表现。保时捷采用高效、无缝对接的车辆开发流程，将优秀车辆动力学基因从开发的第一个环节一直传递到最终成品。





图 1：用于验证传动系统/底盘系统的 HIL 测试台架。中后方有一个装置用于安装 ECU 以及与之集成的真实部件（节流阀、喷油器、变速箱阀门、电子驻车执行机构、散热器百叶窗等）。

保时捷汽车因其卓越的动力学特性而闻名。为了达到这种高质量，所有的车辆部件，尤其是车身、底盘和车轮部件，必须实现相互之间的精确校整。主动底盘部件在帮助保时捷汽车实现车辆动力学雄心勃勃的目标上起到日益重要的作用。这些主动式部件包括电子稳定系统（ESP）、主动阻尼控制系统以及保时捷动态底盘控制系统（PDCC），该底盘控制系统可将车辆在拐弯处的侧翻几率降至几乎为零，从而改善了车辆的敏捷性和舒适性。由于车型数量在不断增多，而开发周期却越来越短，因此车辆虚拟仿真在开发过程中显现出日益重要的作用。

通过 HIL 测试台架进行功能测试和 ECU 测试

硬件在环（HIL）仿真已在保时捷的车辆开发过程中用于自动测试电子控制单元（ECU），它已成为新产品开发中的核心部分。网络化 HIL 测试台架用于传动、底盘以及车身和信息娱乐系统的集成和功能验证，这些测试台架含有相关应用系统的所有 ECU（图 1）。尽管相对简单的仿真模型

和验证 ECU 网络的车辆动力学功能时，特别需要使用经过验证的模型，以便尽可能精确地仿真真实的车辆行为。用于传动系/底盘测试台架使用的仿真模型由保时捷公司的模型（例如变速箱模型）和 dSPACE 公司的车辆仿真模型（ASM）组合而成。车辆动力学特性通过 ASM 车辆动力学模型仿真得到。

“对于车辆动力学 ECU 的硬件在环验证，我们依靠 dSPACE 的 ASM 车辆动力学模型。”

Günter Hetzel 博士，保时捷公司

即可满足车身和信息娱乐应用的测试需求，但是传动系和底盘系统应用的测试却需要更多的建模工作，因为要使用更复杂的模型，如用于发动机模型和变速箱模型。这些模型所仿真所有的系统变量（例如传感器信号或总线信号）之后可通过 HIL 仿真器用于

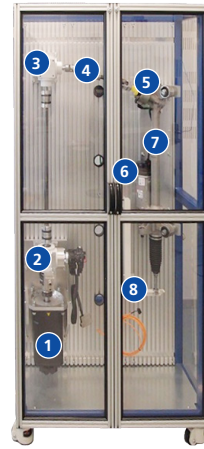
可能精确地仿真真实的车辆行为。用于传动系/底盘测试台架使用的仿真模型由保时捷公司的模型（例如变速箱模型）和 dSPACE 公司的车辆仿真模型（ASM）组合而成。车辆动力学特性通过 ASM 车辆动力学模型仿真得到。

在开发过程中仿真车辆动力学特性

即使在项目前期，仿真模型就能对车辆动力学特性进行客观的评估，并能以系统化和自动化方式高效、全面地验证所有相关指标。根据任务的不同，位于威斯萨赫的保时捷研发中心会使用不同类型的模型对底盘、车辆动力学特性进行测试。

- 参考模型，能够高精度仿真底盘和车辆部件，但是计算时间长
- 功能模型，简化了零件的表述，可以进行实时仿真或更快速度仿真
- 属性模型，含有部件的概述，其复杂性与功能模型相当，但是计算时间很短
- 部件模型，不含有可以观察所有独立部件的整体车辆模型，如同在测试台架中所使用的模型

为了在相关任务中等效地使用这类模型，并且无需付出额外努力，保时捷引入了一种无缝对接参数化和一致验证流程（图 3）。该方法能从各自的上级类别中创建模型，并根据相同的驾驶策略对这些模型进行验证。由于只能使用开环驾驶策略（例如指定转向和速度等属性），所以无论是对于真实试驾还是仿真过程，客观地采集车辆状态特性变得容易。同时，还考虑了车辆的静态和动态特性。



- ① 用于施加驾驶员转向扭矩的电机
- ② 转向角度传感器使用的锥齿轮（仅位于测试台上）
- ③ 锥齿轮（仅位于测试台上）
- ④ 转向柱
- ⑤ 转向器
- ⑥ 转向支架伺服电机
- ⑦ 齿条和齿轮
- ⑧ 用于分析的测量装置

图 2：电动转向系统测试装置。

通过 HIL 测试台融合各种优点

当模型被用于自动化测试成熟度以及 dSPACE ASM 环境鲁棒性测试时，为了发挥模型一致性准备流程的优点，保时捷公司创建了一种可以转换功能模型参数的功能。该功能现在可以用来为 HIL 测试台创建全自动化模型数据集，该数据集具有与参考模型几乎相同的车辆动力学属性。有效的车辆

动力学模型让开发人员能以所需的精度对 ECU 代码的功能进行全面的测试。 >>

Type	Real-Time Capability	Parameterization Effort	Component Models
Reference model	No	High	Exact simulation
Function model	Yes	Partly automated parameterization from the reference model	Simplified
Property model	Yes	Partly automated parameterization from the reference model, function model or measurements	Simplified, component summary
Component model	Model-dependent	Model-dependent	Model-dependent

表 1：车辆动力学模型类型。

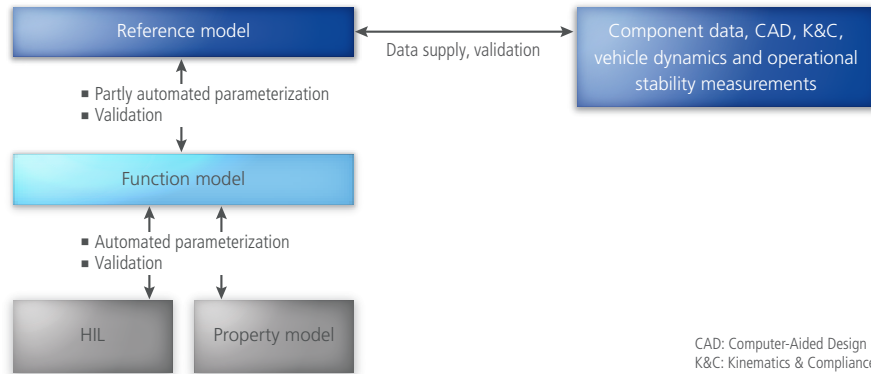


图 3 : 无缝对接模型参数化。

双赢结果

根据此处介绍的流程，HIL 测试台所需的完全参数化底盘模型已经可以用在先前建立的模型准备流程中。因此，在开发前期阶段，ECU的开发和验证受益于经验验证过的底盘模型。ECU网络中进行的仿真测试也可用于软件在环（SIL）环境的验证，在该环境中，ECU的软件模型可以使用相同车辆数据进行测试。因此保时捷在车辆开发的所有阶段都拥有一个强大、鲁棒性好的工具链。

展望

我们的目标是未来所有的车辆项目使用一系列无缝对接的模型。在下一步中，我们将致力于实现参数的准备以及 HIL 和 SIL 仿真结果的验证和比较自动化。这将使虚拟验证流程变得更加高效。■

Dr. Günter Hetzel 和 Florian Strecker ,
Dr. Ing. h.c. F. 保时捷公司

Dr. Günter Hetzel

Dr. Günter Hetzel 是 Dr. Ing. h.c. F. Porsche AG 保时捷公司（位于德国魏斯萨赫）的测试工具和测试方法专家。



Florian Strecker

Florian Strecker 是 Dr. Ing. h.c. F. Porsche AG 保时捷公司（位于德国魏斯萨赫）的车辆动力学计算和系统动力学专家。



眼见为知：动画软件 MotionDesk 是观察所仿真的驾驶操控的理想工具。

ASM 车辆动力学模型

ASM 车辆动力学模型是用于生动且实时仿真车辆动力学行为的一种仿真模型。车辆的物理特性通过一个 26 自由度的多体系统来表示。ASM 车辆动力学模型包括可配置的带有弹性轴的传动系、制动管路和电机模型、各种车轮模型、带有非线性运动学和弹性运动学属性的底盘模型、三维描述的空气动力学特性以及复杂的多自由度转向模型，也包括含有道路、驾驶操作和开闭环驾驶员的环境模型。在运行过程中所有的参数均实时可调。附加 ASM 的模块化组件可以连接形成一辆虚拟车，例如可用于 HIL 环境中测试 ECU 网络。

