



灵活的 试车道

借助六自由度 360° 驾驶仿真器在可
复现条件下测试新的驾驶概念

为了查明和验证底盘、车辆动力学控制器和高级驾驶辅助系统的概念，戴姆勒公司在公路上进行驾驶测试，还采用了驾驶仿真器。采用这种方式的**最大优势是试驾员和实车都可以引入到仿真测试中。**

戴姆勒在辛德芬根的 360° 驾驶仿真器用于广泛的车辆动力学测试，其体积庞大，占据了工厂里一个非常大的车间。该仿真器至少有六自由度，可以容纳整辆乘用车。一个可绕枢轴旋转的圆顶连接一个六角架（六足平台）。由机电主轴执行器组成的六条腿可以通过协调的伸展收缩运动将圆顶移动到各种位置。通过将轨道与六足运动相结合，仿真器可以尽可能逼真地模拟出所有相关的驾驶状况。运动系统动力学的设计基本上以车辆动力学研究的要求为基础，并在最大程度上进行扩展。

逼真的驾驶状况模拟

当运动系统对加速度进行仿真时，图像生成系统能够将持续运动实现可视化，为驾驶员打造逼真的驾驶状况。此外，还有多台投影仪为圆顶内的驾驶员打造 360° 全方位视角。圆顶内的车辆用数字显示屏代替了侧方后视镜，实现虚拟后视镜效果。通过将图像和交通场景仿真软件与复杂的声音系统相结合，可以全面、逼真地展现整个驾驶状况和操控情况。

中央控制系统

驾驶员的所有操作，例如加减速和转向操控，都会传输到计算机系统，以便实时计算车辆的运动，并将相关命令发送到驾驶仿真器的电子组件。运动系统将计算出的车辆运动发送到仿真器，虚拟车辆随后像在真实的道路上行驶一样：制动时，驾驶员身体会向前倾；加速时，会产生推背感；高速转向时，则会感受到离心力。客舱通常指动力系统和悬挂系统均已拆除的乘用车。操作与实车相同。当驾驶员转动方向盘时，执行器在方向盘上施加反馈力，该反馈力由车辆模型计算 [1]。

车辆仿真的要求

车辆模型会接收驾驶员输入并对车辆运动进行实时仿真。系统实施各种仿真程序，以满足底盘、车辆动力学控制器和驾驶辅助系统的不同要求。驾驶仿真器有灵活的接口，可以在各种程序中连接车辆模型 [1]。对于车辆动力学测试而言，车辆行为的可复现性显得至关重要。因此，车辆模型必须尽可能准确地对底盘进行仿真，并且尽可能简单。大多数应用的车辆模型不使用结构部件和安装件。各模型通过查找表进行描述。这样，模型不仅可以提供足够的精度，而且能保持实时性。 >>

图像生成系统会在圆顶仿真器产生逼真的视觉影像，而运动系统则会产生相关的加速度，例如，在制动和转弯时。



设置虚拟车辆

自 2013 年起，戴姆勒公司一直使用 dSPACE Automotive Simulation Models (ASM) 工具套件作为驾驶仿真器中的实时模型，以评估底盘开发期间乘用车的操控特性。利用驾驶仿真器，可以主观地评估底盘设计在横向动力学方面的驾驶行为。通过在驾驶仿真器中不断开发操作系统并优化 ASM 模型，测试范围也得到了扩展。在此过程中，已经执行的测试如下：

■ **根据横向动力学调整悬架**

通过 ASM 模型，可以为底盘系统设计弹簧、稳定杆和减振器的特性。根据主观标准（例如敏捷性、偏航行为和转向行为）改变模型参数即可调整

特性。即使在没有骡车的早期阶段也可以评估和优化操纵特性。

■ **主观比较不同的底盘系统**

除了悬架和减震系统对车辆动力学和驾驶体验的影响外，我们还研究了运动学、合规性、载荷条件和轮胎所产生的影响。利用驾驶仿真器，可以进行灵敏度分析，例如研究衬套刚度对自动转向行为的影响。这种分析不仅能帮助开发悬架概念，而且也是实际驾驶测试的有力理论支撑。一方面，通过修改或替换 ASM 模型中的查找表和值，可以非常容易地调整底盘参数。但在实车环境中，参数调整并非易事。另一方面，通过简单地交换模型参数可以更有效地执行测试，因为

测试者可以专注于比较和评估不同的底盘类型，不会受到其它干扰。

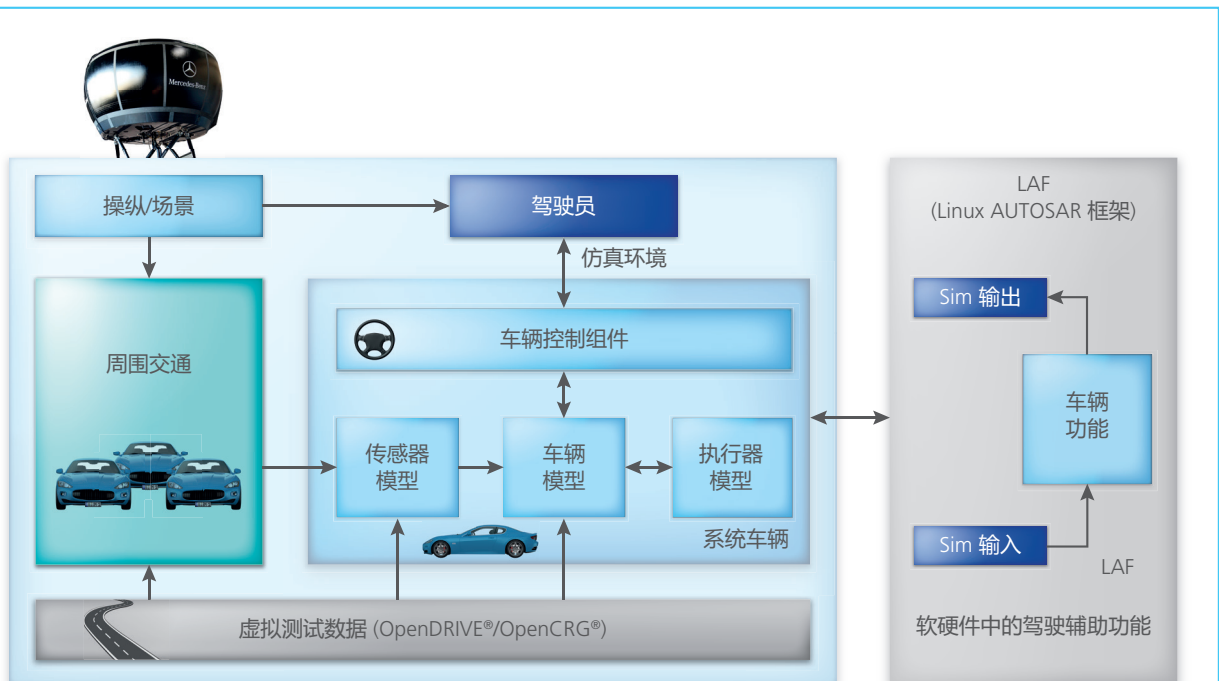
■ **在特定驾驶操控期间记录驾驶员的反应**

在闭环操控离线仿真期间，驾驶员精确建模是一项挑战。驾驶仿真器能够在测试期间记录驾驶员输入动作，例如方向盘角度以及是否加减速。因此，可以基于记录的数据来优化驾驶员模型。

■ **评估新的底盘功能**

底盘系统的创新理念和新概念可以在车辆开发的早期阶段进行测试和评估，从而提高驾驶舒适性和车辆动力学，而无需设计组件和搭建骡车。

下图为控制六角架的仿真环境设置示意图。车辆动力学通过 ASM 工具套件来实现。





在由 ASM 工具套件仿真的阶跃转向操控中，叠加表示两种不同底盘类型的车辆行为。点击此链接观看驾驶操控的视频：
www.dspace.com/goldMag_20181_steer

“在底盘预开发阶段，ASM作为一款实时模型，用于评估操纵特性。”

戴姆勒公司 Hans-Peter Schöner 博士

因此，可以在早期开发阶段和持续开发过程中让客户和专家对新理念和新概念进行评估。

多级驾驶测试

在驾驶仿真器中执行驾驶测试可分为三个步骤。首先，将现有的多车身仿真 (MBS) 建模传输至实时 ASM 模型。然后，在固定基座仿真器 (不带有运动系统) 中测试该模型，以验证所有底盘变体的数值在操控中是否都是稳定的。随后执行测试。在测试期间，测试参与者先后用两种不同底盘变体进行操控，然后进行比较。所有底盘变体的评估均会予以记录。最后，对所有测试结果进行评估和汇总。评估效果较好的底盘变体再次在 MBS 模型中进行仿真，以进行客观评估。主观评价及其敏感性分析可用作开发车辆组件和功能的参考。

总结

通过使用驾驶仿真器，汽车制造商可以在不同的开发阶段测试和评估车辆。

因此，可以大幅降低未来模型的开发时间。由此可见，通过车辆动力学可以快速安全地评估道路操控、驾驶体验和控制系统的应变能力。■

戴姆勒公司

杨若晨、Hans-Peter Schöner 博士



点击此链接了解运行中的驾驶仿真器：
www.dspace.com/goldMag_20181_FSIM

引用：

[1] Hans-Peter Schöner 工学博士：
 “Erprobung und Absicherung im dynamischen Fahrsimulator”；会议论文：
 SimVec - Simulation und Erprobung in der Fahrzeugentwicklung: Berechnung, Prüfstands- und Straßenversuch, Baden-Baden, Volume: 第17期
 Kongress (VDI), 2014 年 11 月
www.dspace.com/goldMag_20181_SimVec

Hans-Peter Schöner 博士

Hans-Peter Schöner, 戴姆勒公司 (德国辛德芬根) 驾驶仿真和测试方法高级经理。



杨若晨

杨若晨在戴姆勒公司 (德国辛德芬根) 负责车辆模型设置和测试执行。

