

# dSPACE MAGAZINE

1/2021

**Bugatti – 早期仿真加快开发流程** | 第 18 页



**Neusoft Reach – 高精度环境仿真确保基于摄像头辅助系统的安全性** | 第 10 页

**Volkswagen - 完全虚拟的集成测试帮助管理软件定义汽车的复杂性** | 第 24 页



# dSPACE 线上 杂志

从下一期开始，我们会在官网上进行dSPACE Magazine的线上发布。因此，您将更快地了解我们针对客户的项目需求所制定的解决方案，因为专题文章一经发布就会立即上线。



**最新动态**

- 询问有关文章的问题
- 获取更多内容

## 订阅

如果您喜欢在线阅读，可将您的纸质版订阅改为在线订阅。





“我们独特的端到端解决方案方法覆盖了与汽车开发相关的所有仿真和验证方法，从而加快了流程，并降低了客户的成本。”

尊敬的读者：

驾驭复杂性是本期 dSPACE 杂志重点探讨的话题。dSPACE 一直是仿真和验证领域的可靠合作伙伴。我们在不断增强自动驾驶、电动出行和数字化方面的解决方案，从而为客户提供有力的支持。2020 年，我们扩充了 dSPACE 全球团队的阵容，同时大幅度扩展了我们在基于数据驱动开发和基于人工智能的自动驾驶功能验证方面的解决方案，并增强了我们在云计算和电动出行领域的竞争力。与此同时，我们还在不断扩大我们的全球合作伙伴网络。此外，我们依然很注重提供本地化服务，例如我们在韩国成立了一家 dSPACE 子公司，并在广州成立了中国第三个办事处。我们独特的端到端解决方案方法覆盖了与汽车开发相关的所有仿真和验证方法，从而加快了流程，并降低了客户的成本。

大众汽车公司测试工厂的落成展现了我们在软件定义车辆的复杂性控制方面所付出的努力。我们对验证概念有了更深刻的认识。我们荣幸成为大众汽车公司的有力合作伙伴，携手推进这项工作。

传感器仿真是体现实验过程复杂性的另一个示例。配备传感器和 AD 堆栈的车辆必须在特定环境下进行测试，例如在十字路口进行测试。可能的参数包括其他道路使用者、速度、天气等等。这在现实世界中是不可能的，因

为要测试的场景不可能悉数出现在那里，而仿真使这一切成为可能。

我们的客户 Neusoft 证实，通过基于一致的 SIL 和 HIL 方法，在早期阶段就使用高精度传感器仿真不仅可以缩短软件开发周期，而且还能更好地发挥 ADAS/AD 控制单元的作用。开发人员也认为这在很大程度上降低了成本，并确保安全车辆组件及时上市。

我们不断改进这些仿真解决方案，第 36 页上传感器真实仿真的新型解决方案便证明了这一点。这种仿真技术将通过基于 Web 的仿真平台 SIMPHERA 进行增强，并且能够在云中高度复杂场景的可扩展架构进行仿真。以上示例表明，dSPACE 一直致力于帮助客户应对挑战，并在成功的道路上助他们一臂之力。作为您在仿真和验证领域的合作伙伴，我们会不断开发新技术和解决方案，保持行业领先地位。

祝身体健康，一切顺利！

Martin Goetzeler





### 出版

dSPACE 杂志由 dSPACE 公司定期出版:

dSPACE GmbH · Rathenaustraße 26  
 33102 帕德博恩 · 德国  
 电话: +49 5251 1638-0  
 传真: +49 5251 16198-0  
 dspace-magazine@dspace.com  
 www.dspace.com

出版法规负责人:  
 Bernd Schäfers-Maiwald  
 项目经理: André Klein

作者: Alicia Garrison、Stefanie Koerfer 博士、  
 Ralf Lieberwirth、Lena Mellwig、Ulrich Nolte、  
 Gerhard Reiß 博士、Patrick Pohnsberg、  
 Sonja Ziegert

本期杂志合作伙伴:  
 Markus Deppe、Andreas Himmler  
 博士、Frederik Ikemeyer、Caius Seiger、  
 Michael Strugholz

编辑和译员: Robert Bevington、  
 Stefanie Lüdeking、Anna-Lena  
 Huthmacher、Stefanie Kraus、  
 Zachary Muehlenweg

设计和排版:  
 Jens Rackow、Sabine Stephan

印刷: 帕德博恩, Media-Print GmbH

© 版权所有 2021

保留所有权利。若要复制本出版物的全部或部分  
 内容, 必须获得书面许可。必须在任何此类复制  
 中注明来源。dSPACE 在不断改进其产品, 并保  
 留随时更改本出版物中所含产品规格的权利, 恕  
 不另行通知。

dSPACE 是 dSPACE GmbH 在美国和/或其它国家/  
 地区的注册商标。其它注册商标请参阅  
[www.dspace.com/go/trademarks](http://www.dspace.com/go/trademarks)。其它品牌名称  
 或产品名称均是各自公司或组织的商标或注册  
 商标。



# 目录



3 编者按

## 客户

- 6 TOYOTA  
**自动迭代**  
为了实现机械测试台架的自动化，丰田将 AutomationDesk 和 SYNECT 进行了组合
- 10 NEUSOFT REACH  
**虚拟视觉测试**  
基于摄像头的驾驶辅助系统验证解决方案
- 18 BUGATTI  
**安全传奇**  
超级跑车高性能驾驶的开发和测试控制系统
- 24 VOLKSWAGEN  
**复合测试**  
进行 ECU 虚拟集成测试，以应对越来越复杂的软件定义车辆
- 30 STELLANTIS/FCA  
**早期验证中的 SIL**  
Stellantis/FCA 通过敏捷开发和虚拟化功能加速软件测试

## 产品

- 36 **传感器真实仿真数字孪生**  
对传感器数据进行高效强大的可视化和物理计算，应用于虚拟驾驶测试
- 40 **智能充电解决方案可配置的充电模拟器**  
在实验室中基于各种充电标准可靠地仿真电动驾驶
- 46 DARTS 9030-M  
**精确决定安全**  
测试汽车远程雷达时的关键标准

## 商业

- 48 **确认证验方法确保安全**  
两个研究项目旨在保障城市环境中的自动驾驶安全性
- 52 LÜTGE 教授专访  
**权衡风险和机遇**  
伦理角度下的自动驾驶和人工智能



为了实现机械测试台架的自动化，丰田将 AutomationDesk 和 SYNECT 进行了组合

# 自动 迭代

最近，汽车工业的电气化趋势越来越明显。因此，动力传动系统的开发迫切需要适应电气化系统。然而，这一适应过程非常复杂。丰田通过利用先进的 dSPACE 自动化解决方案成功提高了效率。





为了更高效地开发复杂的动力传动系统，必须承载更多的适应和评估任务。丰田在对实际车辆进行测试跟踪评估之前，通过组合各种测试台架来执行这些任务，如车辆评估台架（底盘测功仪）、动力传动系统台架和各种组件测试台架（发动机测试台架、电机测试台架等）。但是，由于测试台架和系统配置根据用途和应用而各有不同，因此可能难以配置测试台架。每个测试台架都需要专门的测试准备和测试方法。过去，每个测试台架都需要两到三个准备周期，即使它们已经进行了类似的评估。即便如此，数据格式和结果内容也是不同的，因此很难进行综合评估。

### 测试环境需要集成的自动化平台

预装载适应、任务评估以及效率和生产力的提高有两个主要要求。

- 第一，在各个动力传动系统的测试台架上执行标准化的自动化流程。
- 第二，使用可灵活集成到各种测试台架的测试台架自动化平台

### 测试效率挑战

为了高效地使用测试台架，必须能够远程控制它们，使其自动化，并轻松灵活地对不同制造商的测试台架和各种测量工具进行测试顺序调整。测试台架开发人员 Taira 先生解释说：“我想开发一种工具来支持测试团队，

让他们无需进行过多的人工干预。”他补充道：“大多数测试中的驾驶模式可以分为几种类型，因此在日常工作中基本类型的调整必须简单而迅速。”因此，Taira 先生对测试台架操作进行分析、拆解和重建，并将其整合为以下三个部分，从而实现了通用操作流程的自动化。

- 1) ECU 操作（在 ECU 软件中写入并测量 RAM 变量等）
- 2) 驾驶员操作（加速、制动、换挡）
- 3) 测试台架操作（滚轮/功率计转速等）

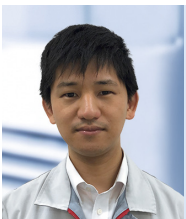
丰田希望能够找到一款满足这三项要求且易于扩展的多功能平台。

### 评估测试自动化解决方案

通常而言，每家公司都会构建自己的测试台架自动化解决方案，但缺点在于其设计基于专有标准、价格高昂且可定制性较差。dSPACE 提供的 SYNECT 和 AutomationDesk 自动化解决方案工具链则排除了这些缺点。此工具链具有如下优点：

- 1) 能与兼容 ASAM 的标准接口进行环境集成
- 2) 在输出数据格式等方面具有高通用性
- 3) 在合理的价格范围内增加自动化功能

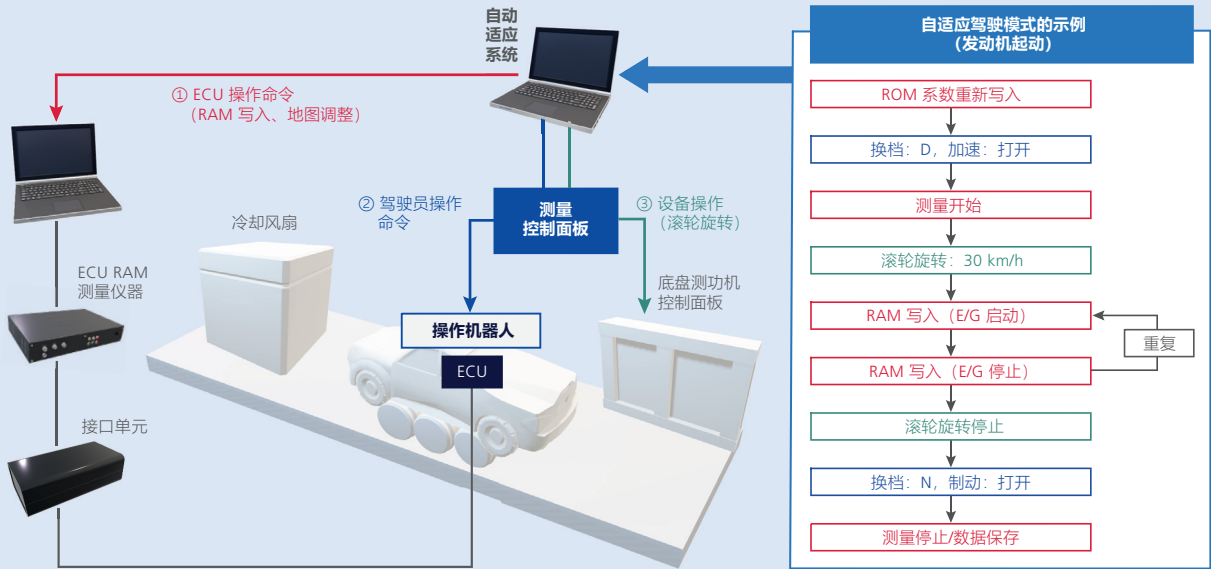
>>



“AutomationDesk 具有可扩展性和多功能性，因而测试台架环境（包括测试台架所需的各类设备）能轻松实现自动化。”

Tomoki Taira, 丰田





自动化组件：访问控制单元、驾驶机器人、滚轮测试台架。

- 4) 与通用型 dSPACE 平台的兼容性较高
- 5) 可共享且可复用客户端-服务器测试场景

丰田的 Sekimoto 先生在工作中广泛使用测试台架，其评论道：“如果能成功利用 AutomationDesk 和 SYNECT 测试台架的自动化解决方案，我们将在测试方面获得所需的灵活性，而测试成本仅为其它解决方案的一小部分。”

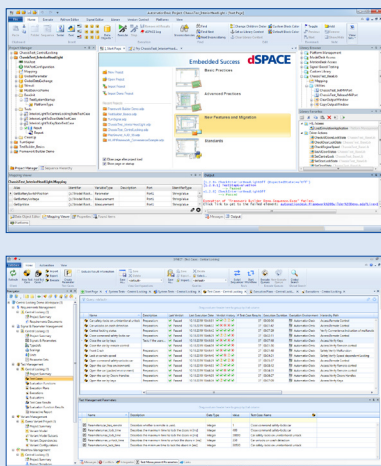
### 实现选定的测试自动化解决方案

在测试设置中成功演示了使用 AutomationDesk 的测试台架自动化。基本理念：

- 1) 利用 AutomationDesk 与 ASAM 标准的兼容性，将第三方平台的标准接口转换为库，并通过 ASAM 标准（如 XCP、ASAP3、XIL MAPort 和 ODS）进行操作。
- 2) 将测试场景与参数分开，以创建可复用且用途广泛的测试模板。

- 3) 通过人工测试台架操作获取用例，并利用这些用例将操作分为 ECU 操作、驾驶员操作和测试台架操作，以及创建所需的众多标准测试场景。

成功评估后，这一自动化解决方案现被用于丰田的一些测试台架操作，如动力传动系统测试台架和底盘测功机。Taira 先生总结道：“通过在多个测试台架上使用 AutomationDesk，我们实现了功能强大且高性价比的测试台架自动化。”

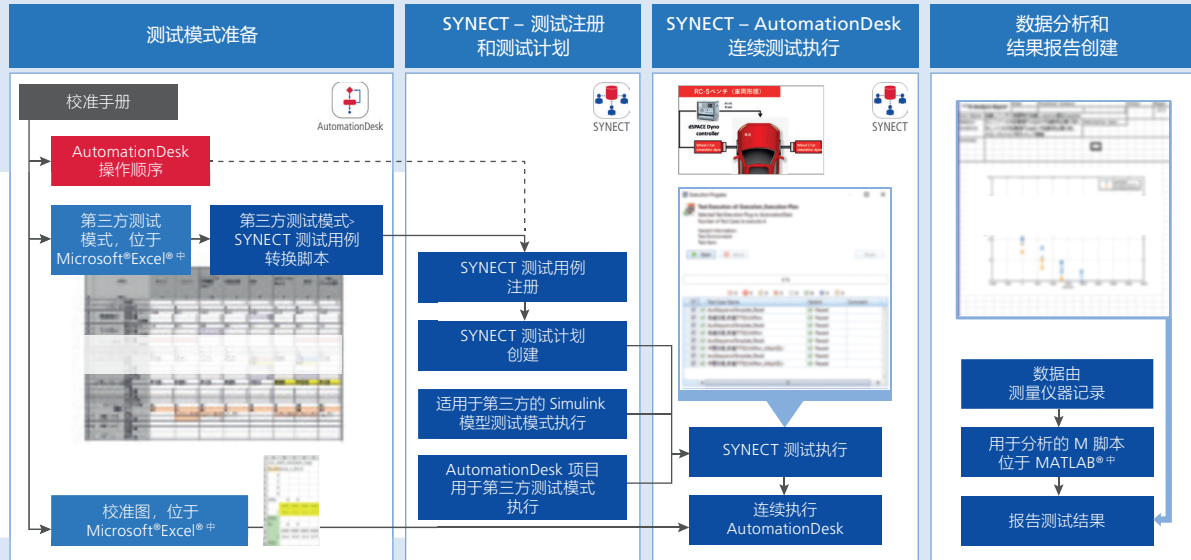


测试台架自动化由 AutomationDesk 和 SYNECT 实现。



丰田测试中心测试台架上的车辆测试。





从测试定义到测试分析的顺序。



“SYNECT Test Management 不仅执行测试，它还使测试前后的流程以及测试任务更加方便和高效。”

Shun Sekimoto, 丰田

### 高效的测试管理

由于我们的目标不仅仅是在测试台架上实现操作自动化，还要构建集成开发平台，因此，Taira 先生使用 dSPACE SYNECT 来检查测试台架上的开发流程并对其进行优化。

- 1) 他使用 SYNECT Test Management 建立测试执行计划和管理机制。
- 2) 他通过 Python 脚本扩展 SYNECT 和 AutomationDesk，并构建一个接口，从而在终端用户层面执行整个过程，包括从测试注册、测试计划到测试执行。
- 3) 为了进行并行测试准备并执行和实现连续的测试，他使用 SYNECT 将脱机环境中完成的工作（测试注册/计划）与联机工作（测试执行）区分开来。

4) 他通过 SYNECT 客户端-服务器配置实现了测试资源（测试场景和测试计划）的共享和复用。

“由于所有测试台架的驾驶顺序都是相似的，在测试台架之间共享它们并不困难，”Sekimoto 先生接着说道：“将测试中涉及的各方的流程分开，并使用 SYNECT Test Management 并行执行，我们可以在 SYNECT 中集中控制自动测试的执行，从而确保能够更高效地运行测试。”

### 结果和展望

借助基于 AutomationDesk 和 SYNECT 强大的自动化解决方案，我们可在连续测试执行期间轻松定义测试并跟踪测试进度和状态（通过/失败）。方便的图形化用户界面让用

户可以轻松对测试顺序进行重新排列，创建测试顺序的重用和组合，并清晰地呈现测试顺序。我们可以集中更改测试顺序和测试模式，十分方便。快速的测试修改便于执行日常测试并加大测试深度。它们还显著改善了与测试过程中各方的协作。dSPACE 工具帮助丰田成功完成了前载适应和评估任务，并优化了其流程。基于这些成功经验，丰田目前正在调整和扩展这些流程，并将其运用到更多的测试台架。■

资料由丰田公司友情提供



$d=25'$

Light = "red"

$\sigma/\sqrt{n}$

基于摄像头的驾驶辅助系统验证解决方案

$d=9' 6''$

$\sigma=.5''$

$\sigma/\sqrt{n}$

$d=9' 1''$

$\sigma=.$

$\sigma/$

# 虚拟 视觉测试

如何在车辆中可靠地实现全新的驾驶辅助和自动驾驶功能？东软睿驰使用了一种验证解决方案，其能进行端到端测试，从开发到 ECU 验证都包含在内。



图片来源: © 东软睿驰

未来，智能网联自动驾驶车辆可通过软件实现高度的自定义。软件和服务能力正日益成为汽车行业竞争中的决定性因素。东软睿驰已经为下一代车辆创建了符合 AUTOSAR 标准的软件平台。该软件包含全面的高级驾驶辅助/自动驾驶 (ADAS/AD) 堆栈，以及支持自动驾驶 (L2+/L4) 的驾驶监测系统 (DMS) 和高精度定位控制器。东软睿驰致力于开发世界上最智能的环境检测和识别技术以提高交通运输的安全性和效率。

### 智能辅助系统

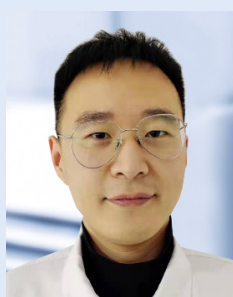
ADAS/AD 堆栈基于多传感器技术，并通过机器学习训练算法。该堆栈符合中国商用车法规和 C-NCAP 的要求。此外，它还考虑了 Euro-NCAP 2025 路线图的要求。目前支持的功能如下图所示。

### 目标：稳健和创新

东软睿驰的目标是不断扩展和优化 ADAS/AD 功能。此外，开发团队还为基于摄像头的功能定义了性能指标，而以前使用的开发和验证解决方案无法可靠、高效地达到要求的性能指标。为了实现强大的功能，我们还必须对传感器感知融合以及整个系统的新算法进行早期验证。

&gt;&gt;

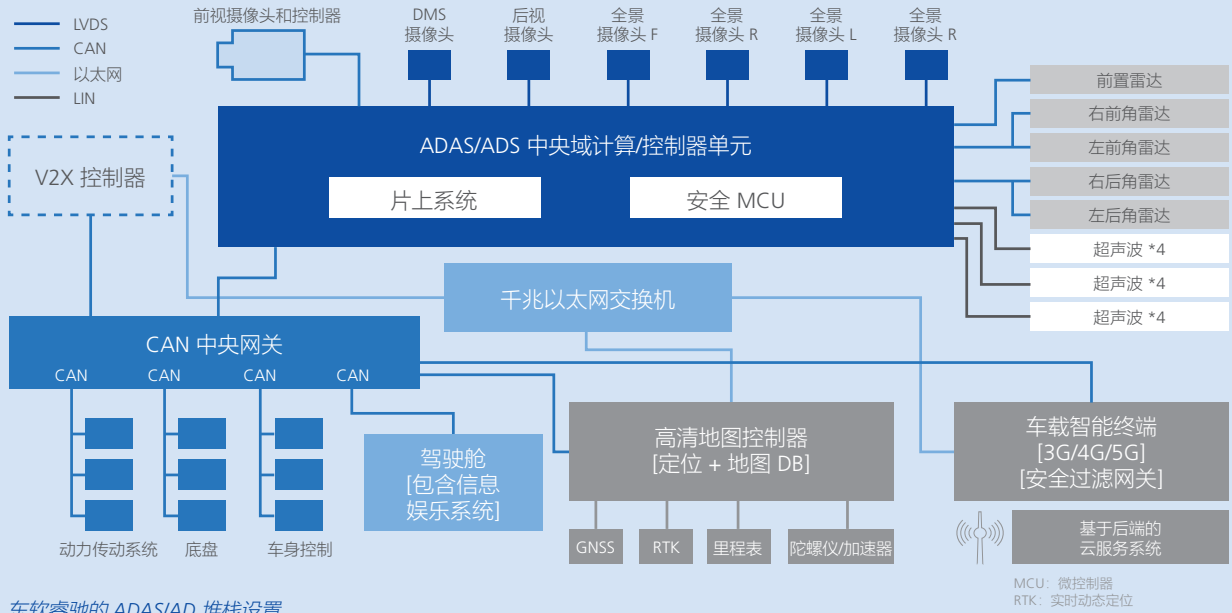
交通堵塞辅助系统 (TJA)、自适应巡航控制系统 (ACC)、自动紧急制动系统 (AEB)、前方碰撞警告系统 (FCW)、车道偏离警告系统 (LDW)、车道保持辅助系统 (LKA)、高级泊车辅助系统 (APA)、全景影像监控系统 (AVM)



“dSPACE 的仿真和验证解决方案满足了我们开发和测试 ADAS/AD 控制单元的要求。它帮助我们实现项目目标并加快上市时间。ADAS/AD 控制单元的整体开发效率提高了 70%。”

陈晓宇, 东软睿驰





东软睿驰的 ADAS/AD 堆栈设置。

SIL

**挑战：测试数据的可用性**

开发过程中面临的一个特殊挑战是必须确保有随时可用的正确测试数据。一方面是使用尽可能准确的传感器数据。另一方面是可以灵活使用各种极端情况的数据，即特别极端的交通状况。通过在驾驶测试过程中记录数据，我们可以获得准确的传感器数据。然而，真实的驾驶测试不足以覆盖尽可能多的极端情况，因为一些

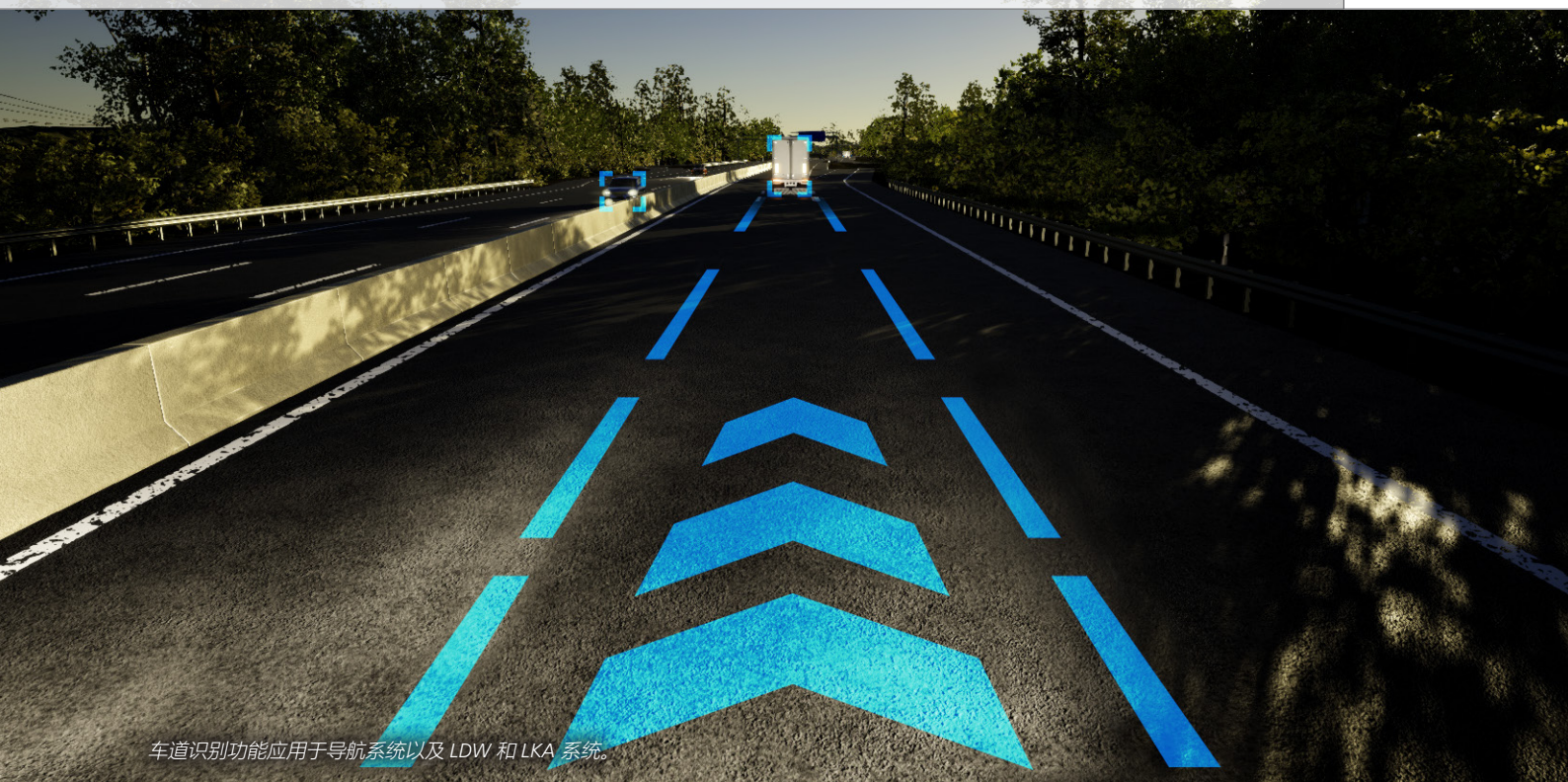
交通险情在现实中很难实现。此外，更换传感器后需要进行新的驾驶测试，成本十分高昂。因此，我们使用基于仿真的方法，它可以高度灵活地仿真任意场景，包括所有极端情况。但是，人工生成的数据必须基于相应传感器的物理特性。因此，高度逼真的传感器模型是仿真成功的决定性要素。

**选择验证解决方案**

对东软睿驰来说，首要任务是评估开发和测试解决方案是否合适。除了现实的传感器模型外，我们还希望通过 **SIL 仿真在早期开发阶段为开发人员提供支持**。此外，我们还需要在硬件在环 (HIL) 仿真中无缝复用 SIL 积累的工作成果。到目前为止，在传感器原始数据传输方面，还没有独立于供应商的接口标准。因此，用于生成原始传感器数据的测试系统必须支持各种传感器接口和协议。只有这样，东软睿驰的控制单元才能符合广大客户的需求。最后，这种开发和测试解决方案必须易于使用且性能强大，这很重要。在对多个验证系统进行评估之后，我们决定使用 dSPACE 基于软件和硬件的解决方案。该解决方案具有三大优势。第一，传感器仿真非常逼真。第二，数据注入方面系统灵活性很强。第三，SIL 和 HIL 仿真之间能够保持测试工具的一致性。

前方碰撞警告系统 (FCW) 显示屏集成在车辆驾驶舱的导航系统中。



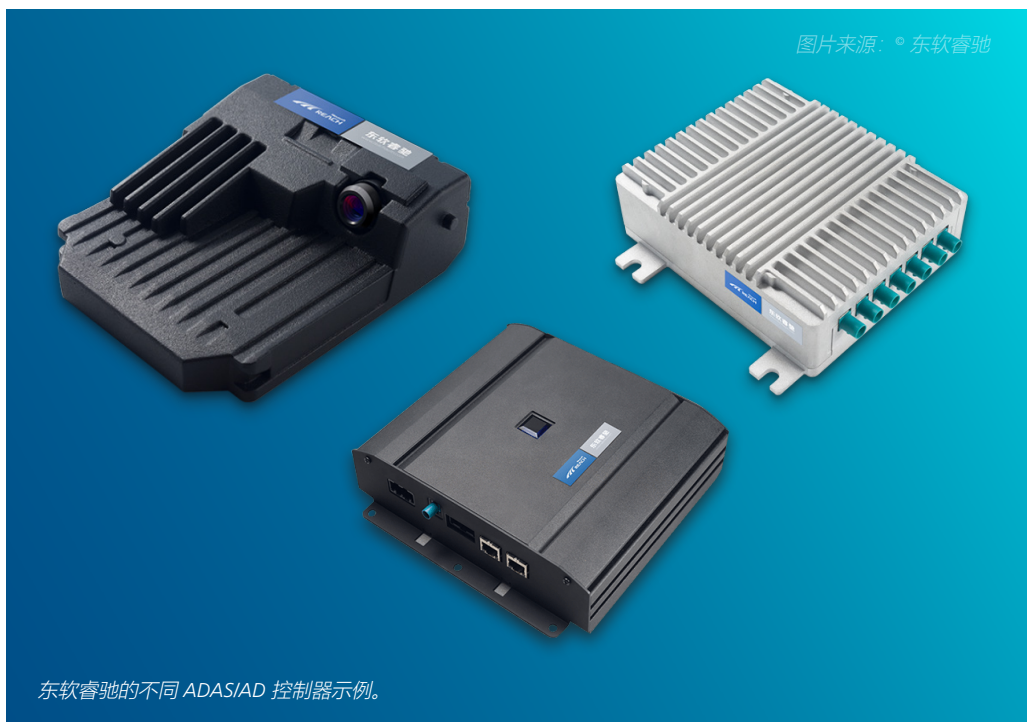


车道识别功能应用于导航系统以及 LDW 和 LKA 系统。

### 早期 SIL 仿真支持功能开发

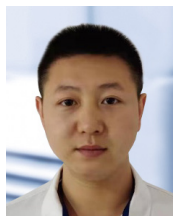
通过使用 dSPACE 工具链，我们可以在开发中使用适用于感知融合算法以及 ADAS/AD 功能的纯基于软件的验证解决方案。它基于 Automotive Simulation Models (ASM) 工具套件的真值传感器模型以及 dSPACE Sensor Simulation 的摄像头物理传感器模型。仿真平台是 dSPACE 的 VEOS 平台。ASM 仿真所有动态的交通参与者和静态的道路环境。利用 dSPACE Sensor Simulation，我们能生成一个完整的摄像头模型输出的 3D 虚拟画面。随后，摄像头图像通过存储器接口输入到待测算法中。该算法对图像信息进行分析，并提供相关信息，用于虚拟主车的控制（例如 ASM 仿真

>>



图片来源：东软睿驰

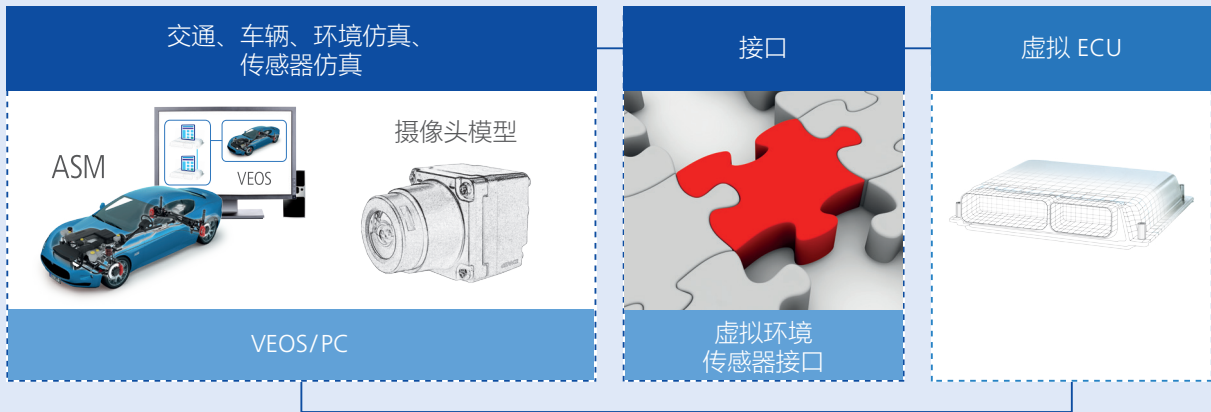
东软睿驰的不同 ADAS/AD 控制器示例。



“采用高保真度摄像头模型，我们可以通过虚拟方式可靠地仿真高度复杂的测试任务。”

吴迪，东软睿驰





在 SIL 仿真中，车辆、环境和传感器模型与虚拟 ECU 一起形成控制回路。

的制动系统)。当然，也可以在仿真中使用一个完整的虚拟控制单元，其中包含已开发的算法等。虚拟 ECU 可与仿真模型并行集成到 VEOS 中，例如，VEOS 支持如下格式：Simulink® 模型、FMU 或基于 AUTOSAR 的虚拟 ECU。为此，东软睿驰使用了 dSPACE 推荐的 V-ECU 方法。

### 创建逼真的仿真场景

仿真场景（即仿真中所有物体的位置和轨迹）会基于实车路采数据生成，生成的仿真场景还可以轻松实现泛化。例如，可以单独更改各个道路使用者的速度，重新定义距离，更改物体的大小等等。因此开发人员能够在早期阶段确定算法的性能，包括各

种极端工况。开发人员还可以使用手动搭建的场景，例如 C-NCAP。

### 在 HIL 仿真中验证控制单元

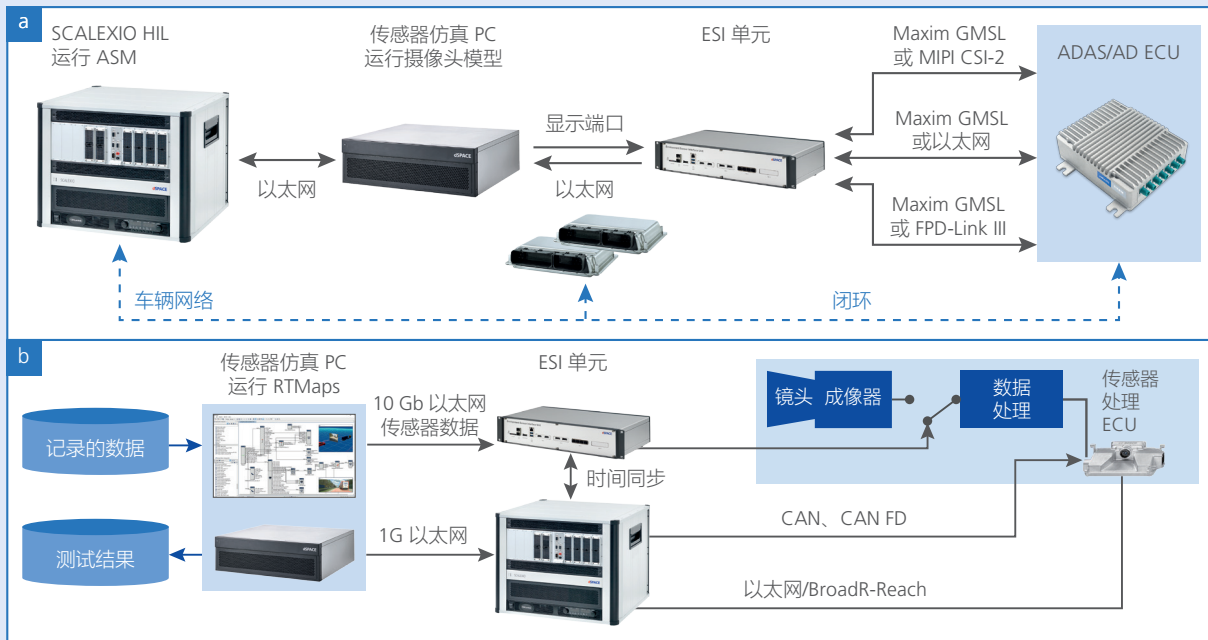
每当在 ECU 上运行新版本的 ADAS/AD 软件时，都会使用 HIL 仿真执行 ECU 测试。为了让控制单元正常工作，必须和 SIL 一样完整仿真其外围环境，包括配置感知传感器的车辆及交通环境。为了将 ECU 硬件和摄像头的所有信号处理过程完全集成到测试范畴中，必须将仿真的传感器数据直接注入到成像器芯片后面的信号链中。为此，计算出的图像数据必须转换成相应的电信号。在这里，我们使用了 Environment Sensor Interface Unit (ESI Unit)。它是强大仿真平台

的一部分：在 SCALEXIO 系统上使用 ASM 进行交通仿真时，dSPACE 的 Sensor Simulation PC 会上运行摄像头传感器模型。它配备有一个显卡，可以根据地面实况数据实时计算三维世界和传感器的特性，例如摄像头的光学畸变。ESI Unit 随后将显卡的输出转换成控制单元所需的信号，并处理部分闭环仿真，如曝光控制。由于涉及不同的传感器类型，ESI Unit 能够支持各种信号接口。

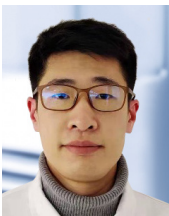
### 数据回放测试

除了 SIL 和 HIL 测试外，我们还使用真实数据进行测试。例如，在实验室中使用真实数据回放驾驶测试过程中发生的错误。我们使用与 HIL 仿真中





摄像头控制单元的验证系统设置：HIL 系统和数据回放系统使用相同的组件。



“利用多传感器软件 RTMaps，我们能够同步回放来自不同传感器和车辆总线的数据。”

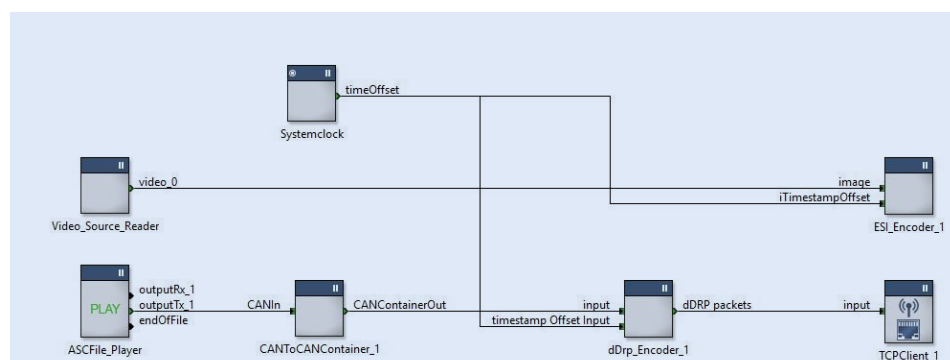
南丁，东软睿驰

相同的测试系统硬件配置：SCALEXIO，Sensor Simulation PC，以及 ESI Unit。对于数据回放，数据将由部署在 Sensor Simulation PC 上的 RTMaps 控制回放。PC 将数据传输到 ESI 单元（摄像头原始数据）和 SCALEXIO 系统（总线通信，例如 CAN）。在那里，数据被缓冲，然后同步转换成控制单元所需的电信号。因此，测试系统硬件配置无需任何修改即可用于开环和闭环测试。

### 开发项目成功经验

借助 dSPACE 的仿真和验证解决方案，东软睿驰已成功验证并推出了多款 ADAS/AD ECU。它们应用于乘用车和商用车，例如卡车。其中一个经过验证的系统装有五个摄像头，

并具有 360°全景视图，所有摄像头都通过 ESI Unit 实现了数据注入。SIL 和 HIL 测试的简单复用发挥了很大作用。一方面，在功能开发早期阶段创建的测试也可用于 ECU 验证，而另一方面，功能开发人员可以将 SIL >>



RTMaps 数据回放示意图。



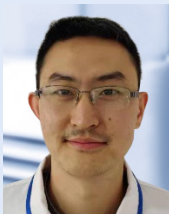


通过测试软件有针对性地注入故障，可以提高 ADAS/AD 算法的鲁棒性。

测试成果用于 HIL 测试。已经开发的测试案例可以在 VEOS 和 SCALEXIO 仿真平台之间复用，并保持一致性。该项目还具有一项重要功能，即故障注入，其用于检查系统的可靠性，例如，出现噪声或基于像素或线条的

颜色错误。这些故障可以自动或手动注入。ESI Unit 在传感器接口和协议方面具有非常出色的灵活性，例如支持 Maxim GMSL1 和 GMSL2、TI FPD-Link III 和 MIPI CSI-2。因此，我们仅仅通过一个系统就能满足不同整车制

造商 (OEM) 的要求以及供应商的特殊要求。为了在基于 AUTOSAR 的 ECU 上实现软件生成，我们使用了产品级代码生成器 TargetLink，其强大的 AUTOSAR 功能简化了 AUTOSAR 兼容软件的创建工作。



“如果没有 dSPACE ESI Unit 的帮助，我们几乎不可能有效地测试来自不同制造商的传感器。它是我们验证解决方案的重要组成部分。”

赵龙宁，东软睿驰

## 关于东软

东软为汽车、消费电子、移动设备、物联网、医疗、业务流程外包、金融、安全和保险、信息技术外包等行业提供一系列丰富的基于软件的服务、产品和预集成解决方案。东软在世界各地的员工超过两万人，遍布亚洲、欧洲、北美和中东地区。东软专注于软件技术，覆盖导航、ADAS、HMI、车联网、信息娱乐等领域，提供面向汽车行业的产品和解决方案。东软为全球众多汽车 OEM 和一级客户提供服务，包括北美、欧洲和亚洲等地区。东软睿驰汽车技术有限公司（简称“东软睿驰”）是一家创新型企业，专注于将移动互联网、人工智能、新能源技术应用于汽车行业。

### dSPACE 解决方案的作用和评估

dSPACE 的解决方案由功能强大、高度逼真的仿真软件、HIL 仿真器、用于传感器仿真的高性能 PC 以及 ESI Unit 组成，它对于新 ECU 的验证起着十分关键的作用。在早期持续使用 SIL 和 HIL 方法以及数据回放可以帮助我们缩短软件开发周期并提高软件质量。这大大降低了成本，并为产品及时上市提供了保证。与之前没有使用 dSPACE 解决方案的项目相比，我们的总体效率提升了 70%。这意味着投资成本已得到很大程度的回报。

### 展望

东软睿驰目前正在开发更多的辅助功能，并进一步扩展自动驾驶系统的范围。我们与 dSPACE 密切合作，从而使验证解决方案适应新的要求。在数据记录层面，我们正评估数据记录系统 AUTERA 在工作效率提高方面的作用。dSPACE 最新开发的高保真度传感器仿真软件也即将投入使用，因为它可以提供具有真实光线和天气效果的高精度环境传感器仿真。■

魏岩，东软睿驰

## 概览

验证基于摄像头的驾驶辅助系统

### 挑战

- 在不包含成像器芯片的情况下对基于摄像头的控制单元进行测试
- 将真实传感器原始数据注入给控制单元

### 解决方案

- 使用集成的 SIL/HIL 仿真平台
- 使用正确的物理模型高保真度地仿真摄像头原始数据

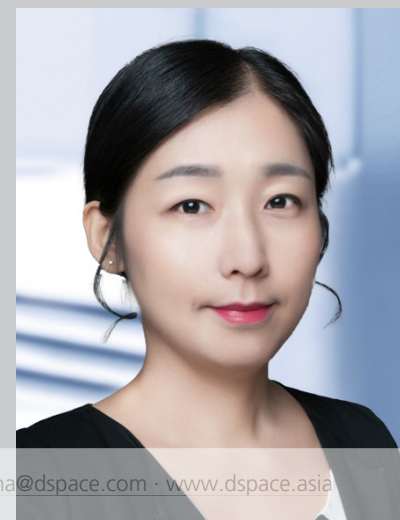
### 优势

- 轻松可复现的软件和控制单元测试
- 测试效率提升 70%



魏岩，东软睿驰

魏岩是中国沈阳东软睿驰汽车技术（沈阳）有限公司的 ADAS 负责人。







# 安全传奇

超级跑车高性能驾驶的开发和测试控制系统

图片来源: © Bugatti

布加迪汽车的性能由其集成的安全电子系统来决定。dSPACE 的仿真器可确保该系统可靠运行。

在众多工程师和设计师的精心打造下，布加迪形成了自己的独特风格。自成立以来，布加迪一直致力于为客户提供非凡出众、追求极致的汽车。全新布加迪 Chiron 的每一个元素都凸显了这一品牌的经典品质，同时又处处焕发创新的气息。布加迪成功塑造了经久不衰、堪称典范的汽车杰作。Chiron 的亮点是四涡轮增压 8 升 W16 发动机。Chiron 可在 2000 至 6000 rpm/分区间内提供 1500 马力和 1600 牛米扭矩，输出功率和扭矩曲线极其稳定，几乎是一条直线，这实在令人惊叹。Chiron 的四个大功率涡轮增压器在涡轮增压控制算法下运行，这是它成为了当之无愧的速度之王。

### 挑战：实现最高可靠性

为了在任何情况下都能可靠、安全地实现这种速度性能，我们需要使用大量的电气系统和高度复杂的电子控制装置。电子控制单元的可靠性验证是车辆开发的核心。我们必须在极端性能范围内执行测试，以确保我们对车辆性能完全掌控。即使所测试的组件部分功能还未开发，甚至整个车辆都

尚未定型，为了提高开发测试效率，开发人员也必须测试刚开发的电子控制单元和其中刚编写的软件。

### 解决方法：高效车辆仿真

布加迪认为在 ECU 测试中，硬件在环 (HIL) 仿真是一种成熟的方法。对于全新的 Chiron 车型，必须构建一个优化的测试解决方案，其能够让当前设计达到全新性能水平且还可以针对未来车辆设计实现轻松扩展。具体来说，为了将发动机、变速箱和车辆运动姿态控制相关的 ECU 连接到仿真器并进行测试，我们需要对整个动力传动系统进行精确仿真，包括车辆动力学。

### 评估仿真平台

在对多个商业仿真模型和仿真器进行评估之后，布加迪决定采用 dSPACE 的定制仿真解决方案。该解决方案由一个 HIL 仿真器和精确仿真模型（其能代表车辆，包括其所有组件）组成。他们使用了 Automotive Simulation Models (ASM) 工具套件中的数学模型。开发人员通过以下模型库对车辆和动力传动系统进行精确的实时仿真：

- W16 发动机：ASM Gasoline Engine
- 7 冲程双离合变速箱 (DCT)：ASM Drivetrain
- 底盘和车辆动力学：ASM Vehicle Dynamics

### 仿真器和模型的设计及参数化

在对仿真器进行规划和设计以及创建 I/O 模型（真实 ECU 和虚拟化车辆之间接口）时，都需要根据 ECU 引脚的电气特性参数以及发动机、变速箱的规格参数，从而设计模型结构，并对模型进行参数化。参数的精度是仿真质量的一项指标。它们可以从设计数据中获取，也可以通过测量来获取。通过进行测试台架测量，团队解析出精确发动机特性曲线，以供参数化使用。然后通过 ASM 库中的 soft ECU 对参数化进行验证。接下来是验证，其中使用了 I/O 模型和真实 ECU。这为整个仿真器的运行打下了基础，包括将仿真结果与实测参考值进行比较。为此，布加迪和 dSPACE 的专家们进行了密切合作。

### 仿真器上的开发和测试任务

布加迪团队使用 HIL 仿真器执行多种测试任务，其中包括对新软件版本进 >>

“在我们冒险将车速提升到 450 公里/小时之前，我们使用 dSPACE Simulator 进行了全面的研究和测试。因此我们能够尽早发现存在的问题。”

Alexander Riedel 博士，布加迪





图片来源: © Bugatti



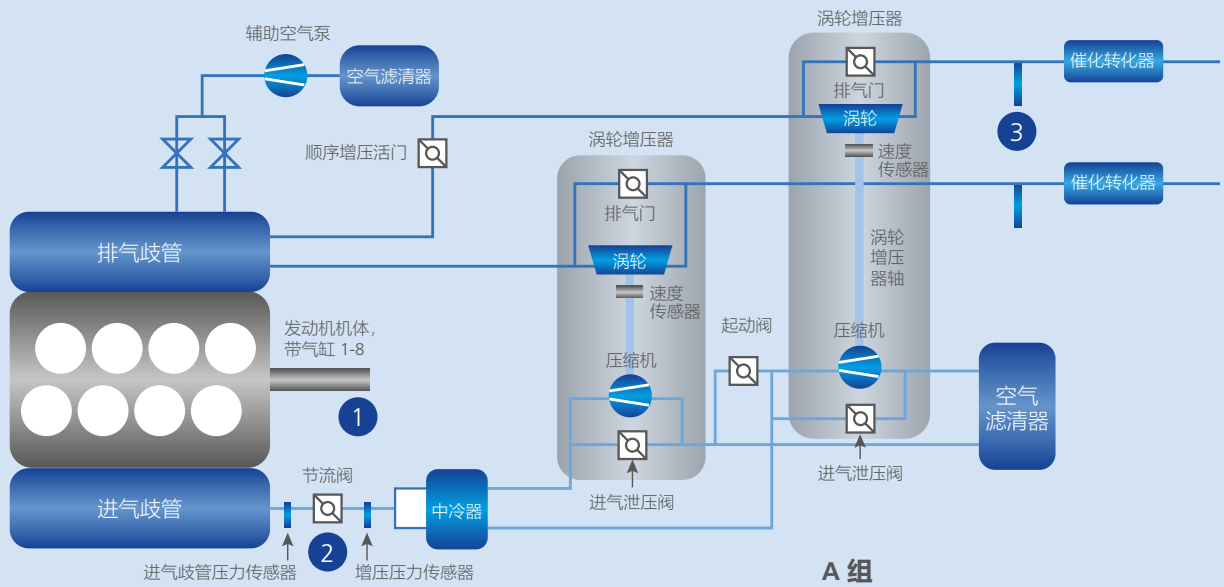
图片来源: © Bugatti



行传统的释放测试。该程序首先在 HIL 仿真器上使用新软件测试 ECU，并且直到测试通过才将软件传输到实际生产车辆。例如，为了验证发动机和变速箱软件，我们使用仿真器在特定速度和负载范围内执行车载诊断

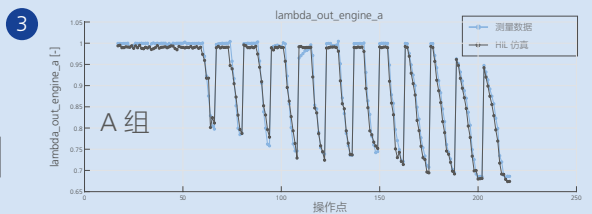
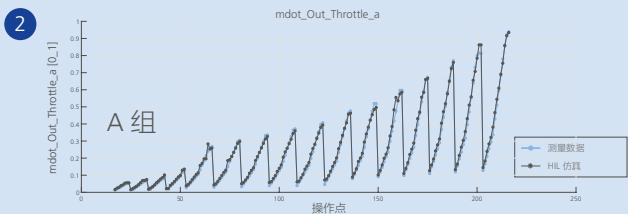
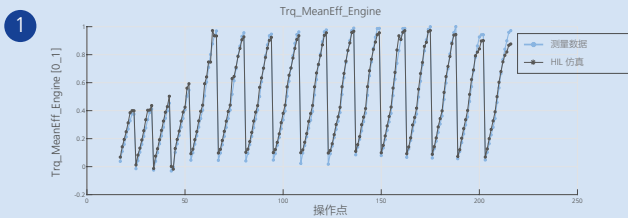
(OBD) 测试。这些是独立于制造商的标准化测试，在车辆运转的情况下持续运行。这些测试将会检查对错误的响应是否正确，是否产生了适当的响应，以及是否向 ECU 的错误存储器输出了所需的错误。之后，当车辆在

世界各地接受测试时，HIL 仿真器还会执行进一步的测试任务，即重现驾驶测试过程中发现的错误。它需要沿着同一条路线进行虚拟驾驶来实现这一测试，例如，位于德国沃尔夫斯堡附近的 Ehra-Lessien 测试赛道。



A 组

B 组 - 与 A 组进行相同的仿真



建模 W16 发动机气缸组以及测量和仿真信号的示意图。两组信号进行了对比以显示高水平的仿真精度。

ENGINE

图片来源: © Bugatti



图片来源: © Bugatti



图片来源: © Bugatti

此外，还会进行功能测试。在功能测试中，仿真器充分展示了其特殊优势。例如，它能在在超过 400 公里/小时的速度下测试影响驾驶行为的响应，不用考虑任何实际的风险。其它重要的功能测试还包括过热、点火故障等控制策略方面的测试。仿真器也可以为开发任务提供支持。各种电子系统（例如控制后扰流板调节、主动空气动力学和液位的电子系统）可以在早期阶段进行测试，并在交互时进行优化。

### 通过测试自动化提高质量

为确保可以全天候不间断地执行测试，我们使用了 dSPACE 测试编写和自动化工具 AutomationDesk。AutomationDesk 中的库包含一系列预定义的测试步骤，例如它们可用于访问仿真模型、故障注入单元 (FIU) 或者应用程序和诊断软件。因此，开发人员可以自动化测试执行工作，以扩大测试覆盖范围并提高 ECU 软件的质量，同时节省时间和成本。

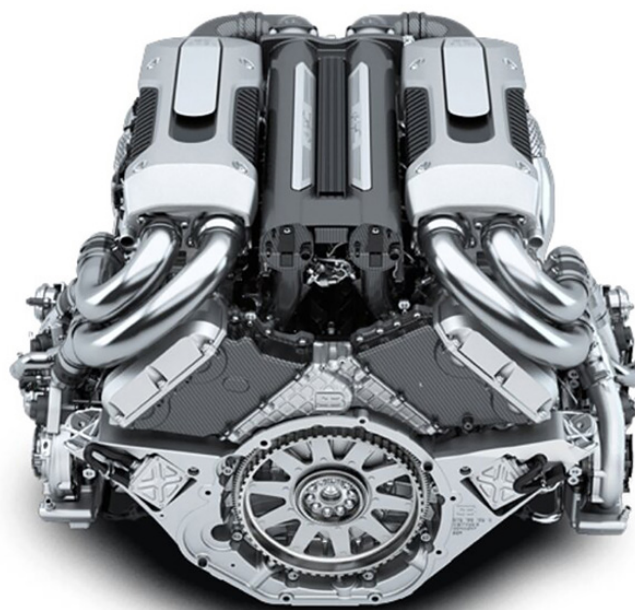
### 评估测试解决方案

布加迪 Chiron Super Sport 300+ 创下了世界车速记录。其中，dSPACE Simulator 仿真的可重复性在准备工

作中发挥了重要作用。通过这种可重复的仿真，开发人员可以仔细调查车辆在极端性能范围内的行为，然后使用调查结果来调整开发流程，而所有这些都发生在早期阶段。利用 ASM 中的仿真模型，我们可以对动力传动系统、底盘和车身的相关组件进行实时映射。此过程使用了带有两个气缸组的 W 发动机，其包括涡轮增压器和可变气门正时机，以及双离合变速箱 (DCT)、用于四轮驱动的 Haldex

离合器，以及主动减震器、差速锁和自适应后扰流板。通过 ASM DCT 模型，我们可以同步对多个对象进行测试，包括变速套环的位置变化、换挡过程中各轴之间的扭矩同步、档位预选、变速器的位置控制和变速器的自适应等。测试过程还包括诊断功能测试和综合结果分析。此外，仿真器可以灵活扩展。dSPACE 和布加迪开发人员之间进行了密切沟通，快速集成了离子电流测量。

&gt;&gt;



图片来源: © Bugatti

布加迪的特色工具：具有16个气缸的强大 W 发动机。

“我们与 dSPACE 建立的良好工作关系是项目取得成功的一项重要因素。感谢他们所提供的灵活处理方法以及在项目工作中付出的劳动和心血。”

Alexander Riedel 博士, 布加迪





通过实验软件 ControlDesk，布加迪对仿真车辆进行虚拟驾驶测试。

## 总结

像布加迪这样生产周期比较短的制造商，不能简单地通过扩大产量来支撑其在工具方面的投资成本。但是，HIL 系统的优势是毋庸置疑的：

- 第一，即使是在各种极端情况下，布加迪也可以确保其车辆达到同等级别车辆的质量标准。
- 第二，可以将一些开发任务转移到 HIL 仿真器以进行补充，这发挥了很大作用。它可以帮助开发人员提高效率。例如，它可以减少实际车辆和测试车辆所需的测试次数。■

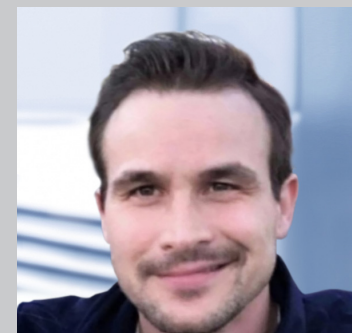
Alexander Riedel 博士，布加迪

“我们使用 ASM 仿真模型来仿真动力传动系统的所有相关组件。”

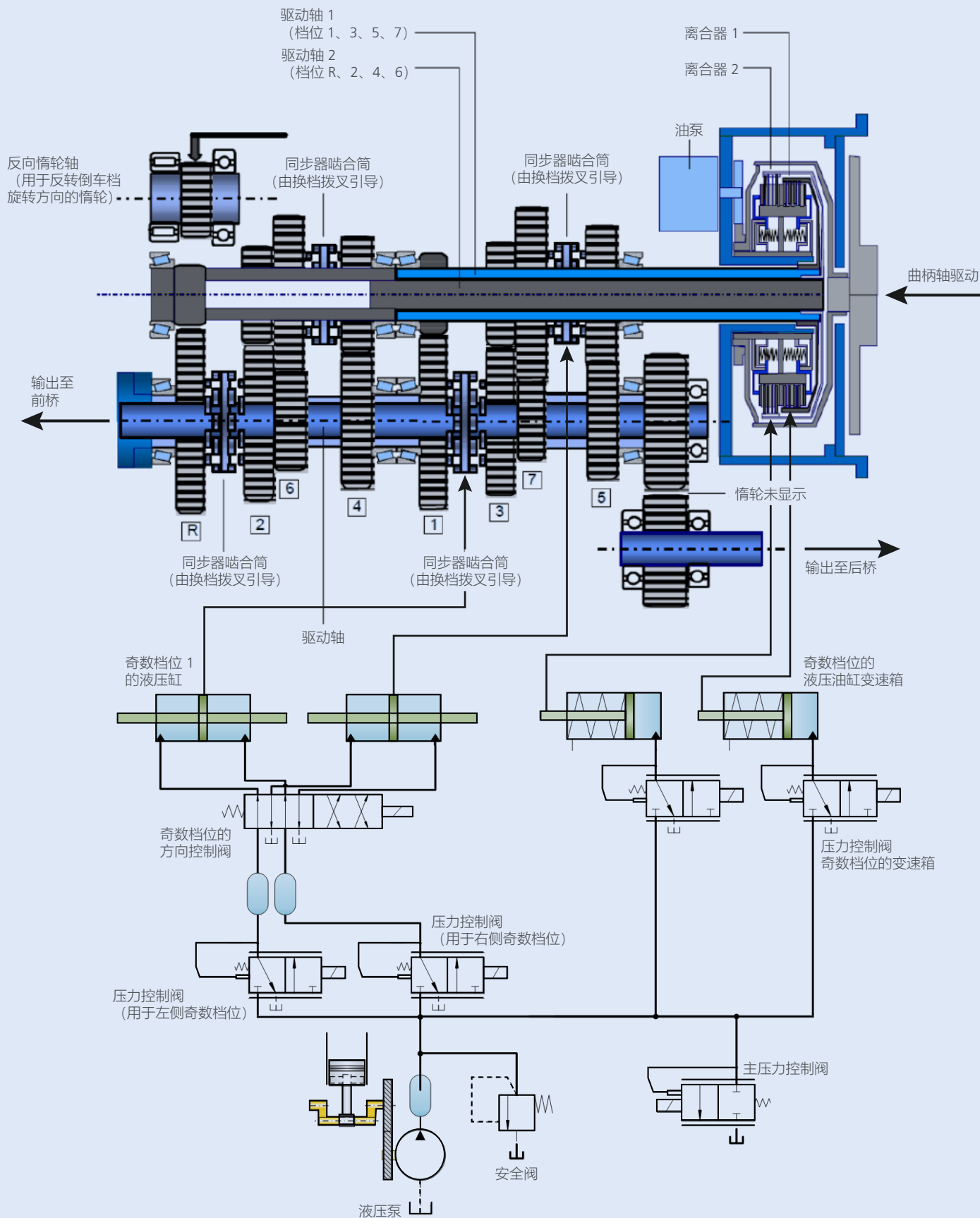
Alexander Riedel 博士，布加迪

Alexander Riedel 博士

Alexander Riedel 博士，布加迪发动机应用 BG-EA/2



行驶在虚拟测试轨道上的一辆布加迪汽车，通过 dSPACE 的 3D 在线动画软件 MotionDesk 进行可视化。



双离合变速箱的详细模型。图中显示的液压控制是布加迪液压系统 ASM 演示模型的一部分。



进行 ECU 虚拟集成测试，以应对  
越来越复杂的软件定义车辆

# 复合 测试

随着系统复杂性的增加，我们需要采取新措施来验证其功能正确性。  
因此，大众汽车公司在验证流程中越来越多地使用虚拟化。



**在** 向市场推出新产品时，汽车制造商承担着重大责任。因此，大众汽车公司致力于呈现无懈可击的产品。毕竟，可靠的产品是确保客户满意度的关键，同时也是塑造品牌形象的一个重要因素。

### 软件定义车辆的整体复杂性

独特的新型软件定义汽车具有前所未有的复杂性，我们称之为整体复杂性。这就需要对车辆内部的流程以及外部环境和后端系统的基础设施进行全面评估。车辆功能不断增加，而且这些功能之间的通信越来越多，更增加了这种复杂性。

### 开发工具面临的新挑战

即使在开发一个相对较小的功能时，在测试层面也必须考虑测试整个系统，以获取关于该功能的行为和质量的信息，以及它对整个系统的影响。此外，必须尽快提供整个系统对于某一功能行为的反馈。

### 在整体系统中进行早期验证的挑战

但是，当众多系统组件仍处于开发阶段时，如何对一个功能进行测试？传统方法是先测试系统组件，之后在越来越全面的集成测试中与其它组件一起逐步验证。这种方法对具有一般复杂性的功能非常有效，但对于具有整体复杂性的功能而言，已经无法充分满足其要求。事实上，整个系统组件之间交互所产生的错误只有在开发的后期阶段才有可能首次被发现。

### 新方法：整个集成测试的虚拟化

我们需要采用一种全新的方法。我们可以将其称为“整个电子控制单元 (ECU) 集成测试的虚拟化”。通过全面的虚拟化（即**软件在环 [SIL]**测试），我们可以将所有的组件（无论其成熟度如何）整合到一个系统中。尽管这种早期 SIL 测试最初提供的结果对单个组件来说不算太真实，但是通过这一结果，仍然可以立即全面了解整个系统的情况。 >>

SIL



电动出行、车辆互联、自动驾驶和移动即时服务等大趋势催生了新的需求和功能。





将验证流程从单个组件扩展到整个车辆。

有了这一结果, 就可以评估某个组件在整个系统中的行为, 从而根据各自的情况尽可能详细地考虑整个开发流程中的整体复杂性。

### 通过虚拟化, 一开始就实现了最高的复杂性

特别是在早期阶段, 测试对象可能会随着开发的进行而发生变化。在硬件在环 (HIL) 测试中, 这些对象是 ECU。SIL 集成测试要求采用新思路。当然, 验证需要 ECU 软件, 我们将 ECU 软件打包成一种特定的形式, 我们称之为“**虚拟控制器(V-ECUs)**”。软件早期的组件和组件连接在开始阶

段也发挥了重要作用。这包括所有关键组件, 如规格、模型和粘合代码。此类集成的全面性能够凸显整个系统的必要特征, 特别是在早期阶段。当然, 为了统一对组件进行分配和整合, 需要制定规则 and 标准。例如, dSPACE 推出了 V-ECU 生成方法, 其描述了如何将软件和其它组件打包虚拟控制器成为当前或上游的交付工件。

### 多平台仿真

这将带来全新的仿真可能性, 十分振奋人心。除了传统的基于 PC 的方法外, 还提供基于容器的选项, 例如,

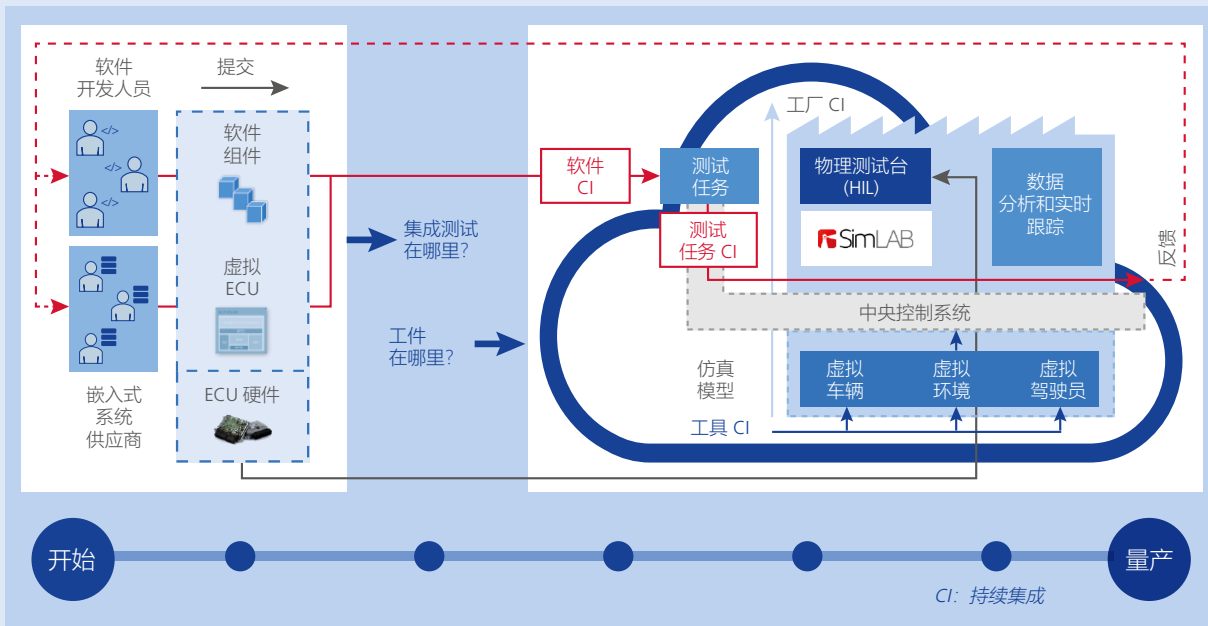
使用 dockers 在 PC 上创建多平台仿真, 甚至能在云端创建高度扩展的仿真。在这些情况下, V-ECU 通过 VEOS 等软件仿真平台执行。

### 敏捷开发加快工作进度

敏捷方法催生了新的协作方式。协同目标在各部门、分部甚至公司之间快速达成。在这种情况下, 需要及时分享信息。过去严格的职责划分现已逐渐演变成跨职能部门的通力协作, 旨在通过合作来高效地实现总体目标。这种敏捷方法需要确立新的角色和职责。例如, 产品经理指出并分析客户 (原始设备制造商) 的要求。

“敏捷方法有助于在各部门、分部甚至公司之间快速推进协同目标。过去严格的职责划分现已逐渐演变成跨职能部门的通力协作, 旨在通过合作来高效地实现总体目标。”

大众汽车公司 马晨博士



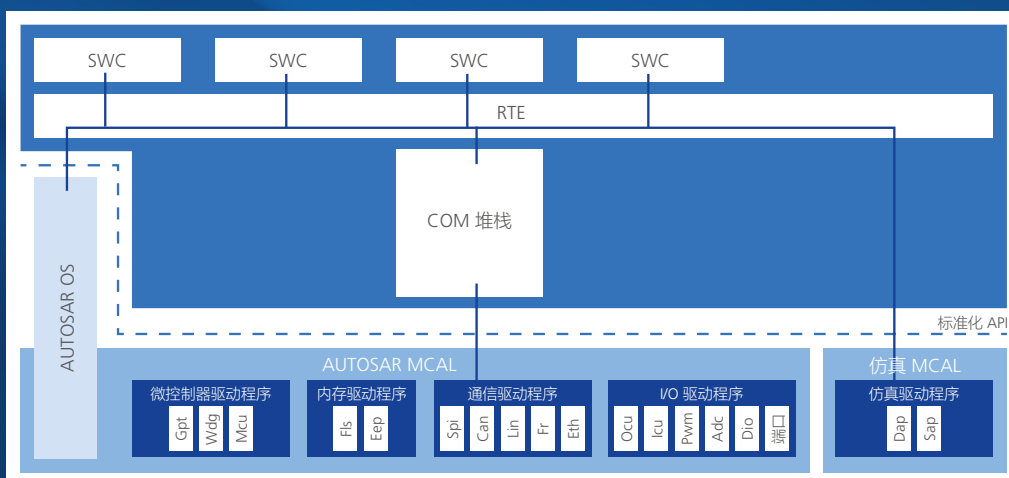
虚拟化 ECU 集成测试：敏捷开发。

他们决定了需要哪些功能以及何时需要这些功能。他们的目标是最大程度地提高运营的经济价值。接下来是流程经理。他们负责协调任务并优化所有工作人员之间的协作。

他们的目标是提高流程的效率。团队成员则根据其在本公司的专业领域进行挑选，其中包括原始设备制造商、供应商、工具制造商、工程服务供应商等。

### 重塑验证项目

在当前的验证项目中，由大众汽车等几家公司的成员组建的敏捷团队正在努力实现虚拟整体网络的构想。这一构想的重点是在开发流程的早期阶段 >>



行业标准是虚拟化测试的重要前提条件。这包括根据 dSPACE V-ECU 方法定义组件，并将其与被控系统模型一起集成到 VEOS 仿真平台中。







敏捷开发推动了新型协作方式并加快工作进度。

利用所有相关的 ECU 验证整个系统中的功能。该方法首先设想将虚拟 ECU 逐渐整合到一个基于模型的网络中。dSPACE 的团队致力于实现项目落地，以及寻找合适的解决方案。dSPACE 团队在敏捷合作模型中担当开发职责。dSPACE 员工需要在项目中尽可能高效地使用自己的工具以及其它工具。因此，他们需要根据项目要求进行工具更新。

### 实现双赢

通过虚拟化 ECU 集成测试和协作方法，可为各方带来好处。工具制造商和供应商在早期获得信息，可以根据客户的要求调整他们的产品。客户（原始设备制造商）将获得精确定制的解决方案，这些解决方案十分高效，并最终提高了客户企业的经济效益。■

大众汽车公司 马晨博士

### 马晨博士

马晨博士是项目的产品负责人，负责对全面集成测试进行虚拟化，目前在沃尔夫斯堡的大众汽车公司担任 E/E 项目经理。



# 利用协同效应并发挥 虚拟化优势

## 大众汽车公司马晨博士专访

*您的职业生涯很有趣。对于迎接汽车行业的挑战，您有哪些心得呢？*

我是在中国出生的，现在已经在德国生活了 20 年。我生活在两种截然不同的文化中。我说的文化，指的是我们看人待物的方式。我们如何理解事物和人，以及如何对待的。事实上，汽车行业的许多挑战都与文化有关。许多问题实际上并非技术层面的挑战。我们需要克服其中的文化障碍。

*这对验证软件定义汽车有哪些特殊意义呢？*

在某种程度上，软件定义汽车几乎完全可以通过虚拟方式进行开发和测试。但我们总是要问自己，我们是否已经考虑到了整体复杂性。我们需要采用一种全面的方法。“全面”要求我们摒弃以往对职责、能力和流程的严格划分。首先，我们需要克服文化差异。

*我们如何才能实现这一点？*

我们需要更紧密地合作，并关注一个总体的合作目标。在我们的文化中，有太多的竞争思维。竞争破坏了实现共赢的可能。这就是进程如此缓慢的原因。例如，我们没有充分利用仿真的潜力。我们可能仅仅利用了 10%。

*那么缺少什么呢？*

在验证过程中，我们一般只专注于单个组件，因为从结构或技术角度来看，我们一直把自己看作是单个开发团队，而不是一个整体团队。未来，参与开发流程的所有人员，无论开发阶段和职能范围（部门、领域）如何，都必须发挥自己的作用，形成一个可以进行验证的整体网络。

*人们参与协同合作有哪些阻碍？*

除了知识产权保护外，我认为还有两个原因。一方面，大多数人都希望在每项活动中都能得到立竿见影的效果。而另一方面，每个人都希望只展示完美的最终结果以维护自己的形象，没有人愿意与其它领域的同事分享问题或短期进展。但事实是，在当前的产品和流程都具有很高的复杂度，只有从更大的总体回报中才能获得直接的个人利益，而这种回报只有在每个人都出力时才能产生。只有在大蛋糕都做好之后，你才能从中切走一块。我们所有人都必须勇敢地踏出这一步。由于担心声誉受损，我们错过了一些宝贵的机会来发现问题并将问题扼杀在萌芽状态。如果我们每个人能否克服这种心理，便离成功不远了。

*感谢您接受我们的采访。*



我们仅仅利用了  
**10%**  
的仿真潜力



```
elif_operation == "MIRROR_X":
    mirror_mod.use_x = False
    mirror_mod.use_y = True
    mirror_mod.use_z = False
elif_operation == "MIRROR_Z":
    mirror_mod.use_x = False
    mirror_mod.use_y = False
    mirror_mod.use_z = True

#selection at the end -add back the deselected mirror
mirror_ob.select= 1
modifier_ob.select=1
bpy.context.scene.objects.active = modifier_ob
print("Selected" + str(modifier_ob)) # modifier ob is the
mirror_ob.select = 0
kme = bpy.context.selected_objects[0]
kme.data.objects[0].name = "selected 0"
```

# 早期验证中的

Stellantis/FCA 通过敏捷开发和虚拟化功能加速软件测试

SIL

Stellantis（前身为 FCA: Fiat Chrysler Automobiles）的全球电子工程和软件虚拟工程团队（EE&SW VE 团队）正在实现一款全新升级的软件开发和测试平台。它采用敏捷开发流程和虚拟化功能执行早期验证。





## 对于敏捷性来说，虚拟化是一个关键概念。

**新** 的测试平台能够快速适应软件开发周期阶段可能出现的变化（例如新需求、代码错误或集成问题），因此可以帮助 EE&SW VE 团队取得优势地位，确保获得最大成功。FCA US LLC 的 EE&SW VE 车辆建模和集成主管 Sangeeta Theru 表示：“在 FCA，我们致力于实现最优化的软件开发和测

试活动。在我们讨论控制和软件开发过程中的敏捷性时，虚拟化显得至关重要。”虚拟化的主要优势包括：

- 通过前载测试减少了迭代的次数，从而节省成本
- 在早期阶段对复杂的新功能进行迭代开发
- 无需物理控制器即可在笔记本电脑/计算机上进行开发工作

- 跨 xIL 测试平台复用被测对象模型和测试场景，例如模型在环 (MIL)、软件在环 (SIL) 和硬件在环 (HIL)

### 节省时间和成本

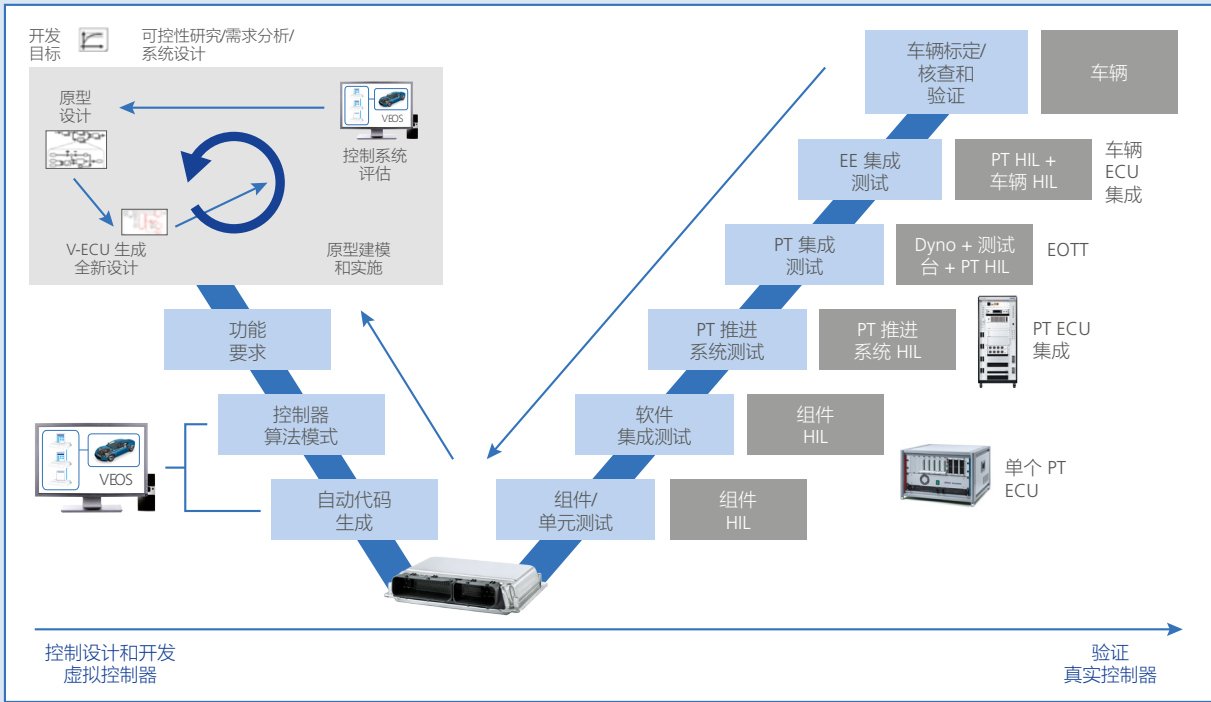
FCA 虚拟测试平台的一大优势是能够执行早期软件验证。这可以通过创建待测电子控制单元 (ECU) 的虚拟版本来实现。虚拟 ECU 是真实 ECU 的物 >>



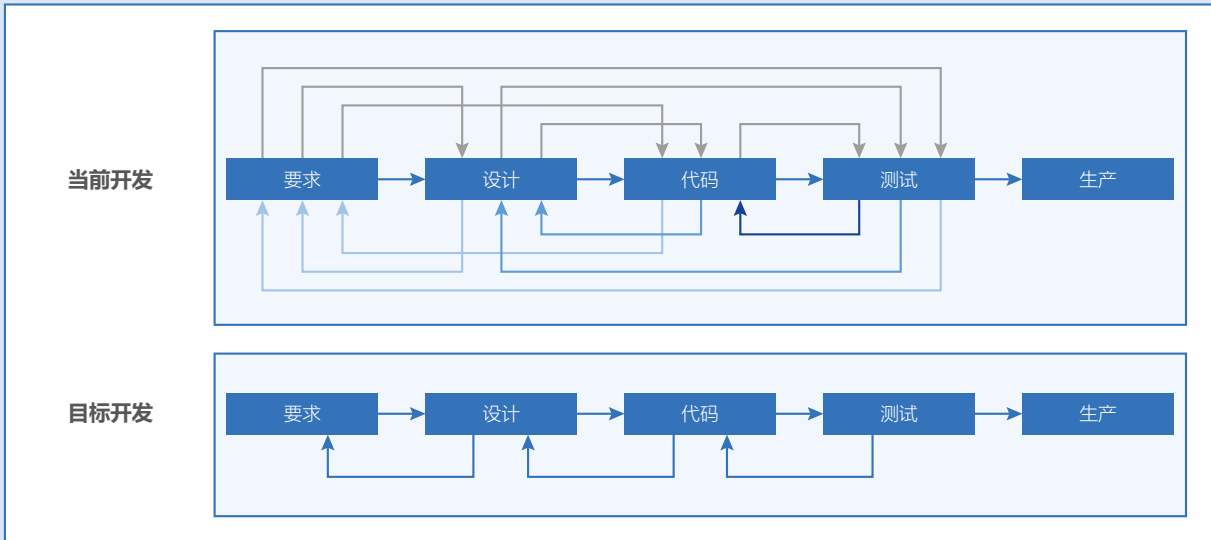
“软件级别的早期验证可以显著提高我们的测试效率。为了可靠地进行操作应用，我们利用基于 PC 的仿真平台 dSPACE VEOS。该平台可以顺利集成到我们的测试工作流程中。

” Sangeeta Theru, FCA US LLC, EE&SW VE 汽车建模和集成主管。





通过 SIL 测试进行软件前载验证。



通过敏捷方法优化开发流程。

理孪生。通过在软件在环 (SIL) 测试中利用虚拟 ECU，可以尽早执行真实的 ECU 软件验证，甚至可在第一个原型创建之前执行。通过这一过程，我们可以在开发中尽早发现问题并进行调试，从而节省宝贵的时间和

成本。EE&SW VE 团队于 2016 年开始进行虚拟测试平台开发，并一直与 dSPACE 保持密切合作。他们使用的测试平台包括 dSPACE VEOS，这是一款基于 PC 的仿真平台，可以进行虚拟验证。VEOS 可在早期开发阶段对

各类不同模型进行仿真，包括功能模型、FMU、虚拟 ECU (V-ECU) 和车辆模型等等，不受任何特定仿真硬件的限制。最新版本的 VEOS 能够支持 AUTOSAR Adaptive Platform，从而满足高性能计算需求，例如自动驾驶

### VEOS 要点

#### 真实化仿真

- 总线仿真
- 可重现
- 基准测试



#### 从 SIL 到 HIL 的一致工作流程

- 适用于所有平台的模型
- 同样成熟的工具





### 支持所有相关标准/格式

  
 经典和自适应  
 XCP    OSI    XIL  
 标准调试工具

  
 FUNCTIONAL  
 MOCK-UP  
 UNIT

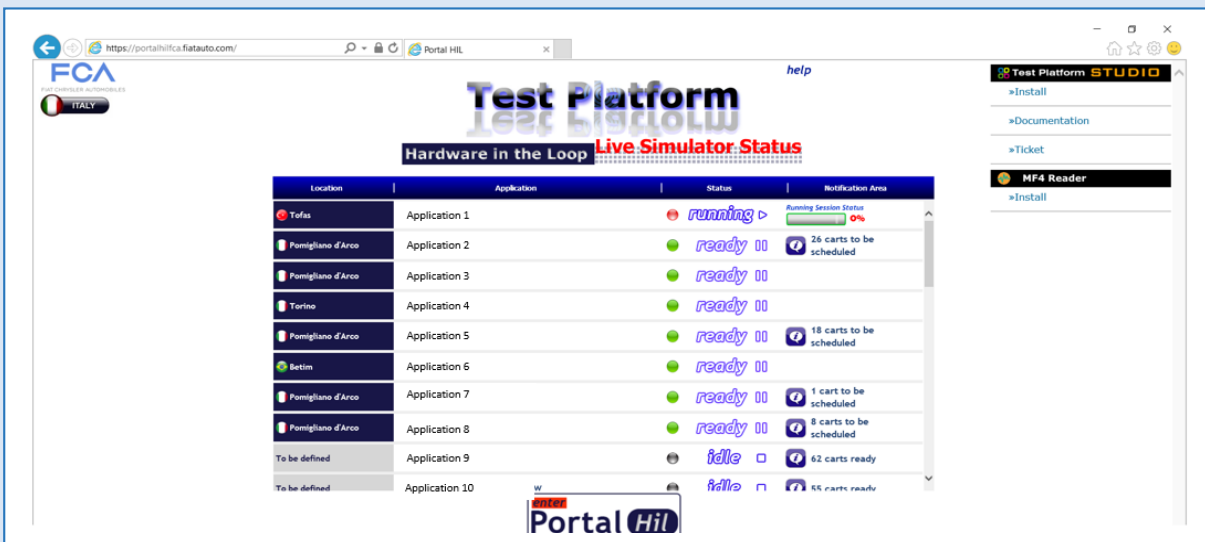


### 针对每种情况进行仿真

- 虚拟 ECU 网络
- 传感器仿真
- 虚拟车辆



VEOS 是一款基于 PC 的仿真平台，用于在开发早期阶段验证电子控制单元 (ECU) 的软件。



FCA 虚拟测试平台的屏幕截图，显示了四个虚拟测试的情况。

应用。FCA Italy S.p.A. 虚拟工程主管 Gian-carlo Di Mare 解释说：“对于通常在车辆开发后期阶段才发现的问题或错误，我们可以利用早期验证进行识别，从而减少迭代，降低成本。” Di Mare 先生补充说，VEOS 和虚拟

测试平台技术可以顺利集成到基于模型的整体开发和 ECU 测试工作流程中。集成的工作流程包括数据库和工作流程管理，从而使不同的团队在不同测试阶段和 xIL 环境 (MIL、SIL、HIL) 中进行协作。FCA 目前使用一

个内部的关键字驱动型工具 (VST) 来实现测试自动化并追溯 IBM Rational Quality Manager (RQM) 中的要求和测试用例。其中，RQM 能够在所有 FCA 测试设施中进行远程全局测试。此外，FCA 还使用 dSPACE Test >>





“对于通常在车辆开发后期阶段才发现的问题或错误，我们可以利用早期验证进行识别，从而减少迭代，降低成本。dSPACE 的仿真和验证解决方案有效加速了对这类问题的识别。”

Giancarlo Di Mare,  
FCA Italy S.p.A. 虚拟工程主管

Solution Package (TSP)。TSP 是一种产品安装包解决方案，用于执行高效的自动化 ECU 测试。它包括 dSPACE SYNECT（数据管理和协作软件）、dSPACE AutomationDesk（测试编写和自动化工具）以及 dSPACE Test Authoring Framework (TAF)。“借助 TSP，我们能够建立 IBM RQM 的可追溯性，处理各种不同的系统测试和参数，并执行优化的测试编写和 RTC/RQM 流程中测试步骤的同步”，FCA US LLC 车辆建模和集成部门的 Sisay Molla 总结道。

#### 提高测试效率

随着虚拟测试平台技术的成熟，EE&SW VE 团队致力于实现三个重要

目标：1) 减少 HIL 测试；2) 对软件在环 (SIL) 进行前载测试；3) 同步并管理各个开发阶段的要求以及各个团队和供应商之间的要求。到目前为止，基于 AUTOSAR 软件架构与产品级基础软件，EE&SW VE 团队已经利用该技术成功地在闭环虚拟测试平台中对一个混合控制处理器 (HCP) 和一个发动机控制器进行了虚拟化和实现。此外，团队还致力于虚拟变速箱控制器的集成以及已有代码的虚拟化。

#### 全球团队的共同努力

FCA 和 dSPACE 的项目团队通过广泛合作，开发并实现了虚拟测试平台。核心技术小组包括 EE&SW VE 团队的成员。他们负责虚拟 ECU 的生成和

被测对象模型的集成，从而创建闭环虚拟测试平台。用户小组包括 FCA 控制团队卓越中心 (COE) 和软件团队的成员。整个团队的成员遍布世界各地，其中包括北美、意大利、巴西、印度等地的多名 FCA 成员，以及来自美国和德国的 dSPACE 团队成员。FCA 和 dSPACE 团队合作应对多项挑战，包括集成第三方商业供应商的 AUTOSAR 基础软件、开发具有自己软件架构的新 ECU，并对复杂设备驱动程序进行虚拟化。FCA 表示该虚拟测试平台目前用于控制开发和软件测试，并展现了进行早期验证的巨大潜力。■

资料由 FCA US LLC 友情提供



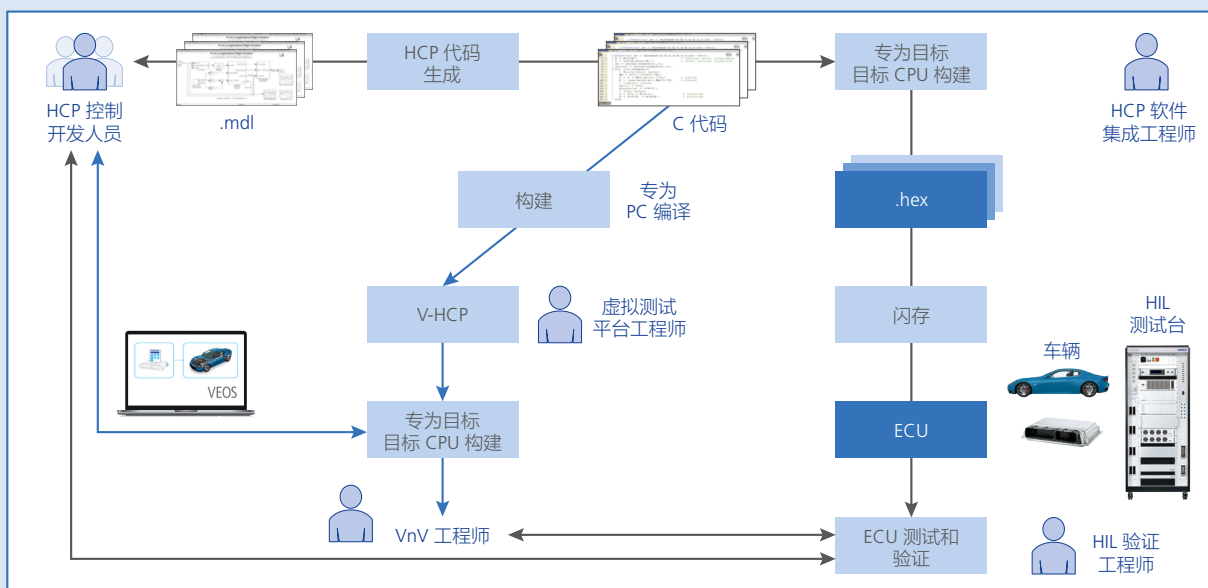
“dSPACE Test Solution Package 可以帮助我们优化测试和测试流程。”

Sisay Molla,  
负责 FCA US LLC 的汽车建模和集成

图片来源: © FCA



## SIL 为效率的提高打下了基础。



混合控制开发的高级工作流程示例。借助虚拟 ECU 和 HCP Virtual Test Platform, 开发团队将实现更高效敏捷的构建, 并且可以更早地执行测试。





对传感器数据进行高效可视化和物理计算，  
应用于虚拟驾驶测试：使用新的 dSPACE  
解决方案进行传感器真实仿真

# 数字孪生

我们会在仿真中对现实进行逼真地描绘。这项技术被称作“数字孪生”，可用于执行高精度虚拟驾驶测试。相比于在游戏应用中可以进行视觉欺骗，车辆开发过程始终要求物理上的准确计算。dSPACE 新推出的传感器真实仿真解决方案提供了新一代可视化和真实传感器（摄像头、雷达、激光雷达），从而可以实时或更快地测试和验证驾驶功能。





为 SIL 与 HIL 的虚拟测试精确生成  
人造传感器数据的必备要素

**高**度真实性：从 2021 年夏季开始，dSPACE 会为用户提供一个全新的解决方案，将最佳可视化效果和尖端的真实传感器集成到驾驶功能的开发和验证中。这几乎适用于所有用例。dSPACE 传感器真实仿真解决方案可用于开发流程的各个阶段，例如，硬件在环 (HIL) 测试、软件在环 (SIL) 测试，甚至可在云端执行并行验证。该解决方案尤其适用于开发基于人工智能的功能和训练数据，包括人工神经网络的训练和测试。用于传感器真实仿真的数据既可以在固定计算机上计算，也可以在云端计算。该解决方 >>

右侧：新的解决方案可执行不同区域（场景特色）下的真实仿真，  
如此处所示的在日本的驾驶场景。

#### 简介：用于传感器真实仿真的 dSPACE 解决方案

- 高分辨率可视化，包括真实的照明和天气效果
- dSPACE 开发的高质量 3D 对象模型，例如车辆、电动滑板车和行人
- 真实摄像头、激光雷达和雷达模型
- 支持 Linux 和 Docker
- 用于集成第三方传感器模型的接口







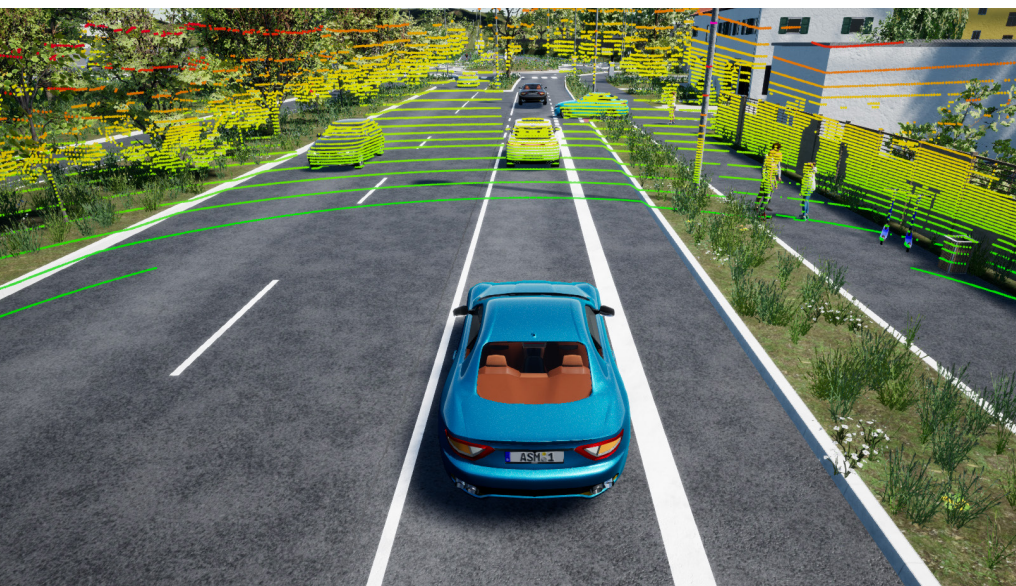
### 摄像头传感器模型

具有高保真图形和照明效果、可配置的真实镜头特性文件、用于修改图像的选项以及针对原始传感器数据的可配置滤色器阵列。



### 雷达传感器模型

可对雷达通道进行极化计算，考虑镜面反射和漫散射、多径传播和自适应射线发射，从而与传感器探测范围内的每个对象进行交互。可参数化模型能够生成原始雷达数据并编制目标清单和对象列表，并能精确仿真真实传感器。



### 激光雷达传感器模型

具有点云或原始数据输出，支持扫描和闪光型传感器，以及用于旋转传感器设备的自运动特性



dSPACE 的传感器仿真产品经理 Caius Seiger 解释了全新传感器真实仿真解决方案开发的来龙去脉。

即使是基于摄像头的测试，过去在 MotionDesk 与 Sensor Simulation 的支持下可以发挥作用，但也存在一些局限性。如果不投入大量时间和精力，则无法将以前的技术用于真实的高分辨率图形。

### 新型传感器仿真解决方案在性能上的重大飞跃体现在哪些方面？

这项新的基础技术是专为高分辨率绘图和性能优化设计的。通过此技术，我们能够实时仿真真实的传感器。当然，我们也在涉猎游戏行业。然而，尽管娱乐行业依靠一些技巧创造某些视觉效果，但我们用户所使用的 ECU 仍要求具有物理准确性。我们的目标是利用高效计算实现必要的调整和扩展，并对其进行实时呈现。

### 如何确保计算出的传感器数据具有高准确性？

我们正在通过迭代流程不断验证我们的模型。这包括与文献中的数值进行比较，以及与现实生活中记录的传感器数据进行比较。在这些领域，我们与 Hella 和 Velodyne 公司携手合作，共同设计、开展和分析实验，以获得最佳成果。最终成果通过敏捷开发流程纳入到产品之中，从而使客户能够直接获益。

Seiger 先生，这种新型传感器真实仿真解决方案是一项全新成果。它是如何产生的？

我们客户对于传感器仿真方面的要求越来越高。过去，传感器主要利用对象列表进行测试和验证，特别是在 ADAS/AD 环境中。但是如今，这已经无法满足客户的需求了。例如，

案支持 Windows® 和 Linux，并适用于 Linux 系统的 Docker 容器。

### 高效的内部运作

通过 3D 渲染引擎、高精度 dSPACE 仿真模型和真实的 3D 对象，我们可以精确仿真传感器（摄像头、雷达、激光雷达）、环境、天气条件、照明效果（白天、夜间）以及材料。新的解决方案标志着一项重大进步，未来

不仅会取代当前的软件 MotionDesk 和 Sensor Simulation，还会发挥更大的作用。它将多种不同的功能特性融合到一个产品中。

### 高精度传感器模型


在模型以及传感器数据实时计算的帮助下，对复杂的车辆环境进行全面的仿真，以验证不同类型的传感器。此外，还可以集成第三方传感器模型。

### 轻松集成至工具环境

新的 dSPACE 解决方案可以无缝集成到许多其它 dSPACE 工具中，例如 ASM 仿真模型、用于参数化的 ModelDesk、VEOS 仿真平台、用于感知算法的 RTMaps 开发环境、场景生成器以及 Environment Sensor Interface (ESI) 单元。即将推出的仿真平台 SIMPHERA 也将与传感器真实仿真解决方案兼容。■

新型 dSPACE 解决方案标志着我们为用户进行自动驾驶车辆开发与测试的过程中所迈出的重要一步。





在实验室中基于  
各种充电标准可靠  
地仿真电动驾驶

# 可配置的 充电模拟器

电动驾驶的一个关键成功因素是能够快速、安全地为蓄电池充电。  
dSPACE 的一系列解决方案有助于对车辆和充电站进行优化。





体来说，人们期望 21 世纪的电动汽车能够与燃油车一样便利。除了驾驶体验外，为高压蓄电池充电也是电动汽车面临的关键问题。然而在许多地方，由于缺乏充电基础设施，电动汽车充电还存在诸多限制。

### 充电 vs 加油动态竞争

为了比较汽油车的加油与电动车的充电，我们先详细了解这两个方案中的能量流动情况：对于一个普通汽油泵，其输送速率预计为 35 升/分钟。由于汽油具有能量密度高的特点，这相当于大约 20 MW 的电力输出。即便是一个效率相对较低的汽油发动机，燃油效率降至 30% 以下，仍然可以产生 6000 kW 的充电功率。因此不难发现，即使是快速充电站（假设充电功率为 150 kW），其为电动车充电所需的时间也是加油供能的 40 倍。这意味着，如果说汽油的加注数值为每 100 公里约 13 秒，那么对于相同的距离，快速充电站需要大约 8 分钟。

### 便利的交流和直流充电

无论是个人还是公共部门，都可以方便地接入交流（AC）电网，因此在常规情况下，电动汽车会配备交流充电端口。但是，车辆蓄电池需要调谐至特定充电状态的直流电（DC），因此

我们需要变流器。为确保变流器

对车辆蓄电池发挥最大作用，我们将它直接安装在车辆中。这就是车载充电器（OBC）的由来。在德国，家用电源插座一般都有 16 安培的保险丝。

加上 230V 的电源电压，最大输出功率不到 4 kW。一些房屋装有三相插头，但这些插头通常也配备了 16 安培的保险丝。在这种情况下，输出功率为 11 kW。如今的大多数车载充电器都限制在该数值范围之内，因为较大的车载充电器会占用太多安装空间，产生多余热量，并且会增加车身重量。大多数家用壁式插座专用于 11 kW 的功率。特定的充电站（如高速公路充电站）会直接使用直流电。在这种情况下，交流电在车辆外部转换为直流电，因此可以提供高得多的充电功率，最高可达 350 kW。

### 不断提高的充电电压

根据物理学知识，我们知道电功率是电压和电流的乘积（ $P = V * I$ ）。目前，大多数电动汽车的电压在 400 V 左右。典型的 Combined Charging System (CCS) 连接器的最大电流为 200 A，这意味着它最多可以提供 80kW 的功率。电缆和连接器必须用水冷却，以提供 150 kW 的功率，否则会因高电流而过热。如果需要将电压提高一倍至 800V，那么使用标准连接器和电缆也可以提供高功率。为了赶超化石燃料的供能速度，我们需要使充电功率达到兆瓦级范围。适用的连接器系统正在测试当中。这一功率范围可能首先应用于交通运输行业。

### 通信确保安全

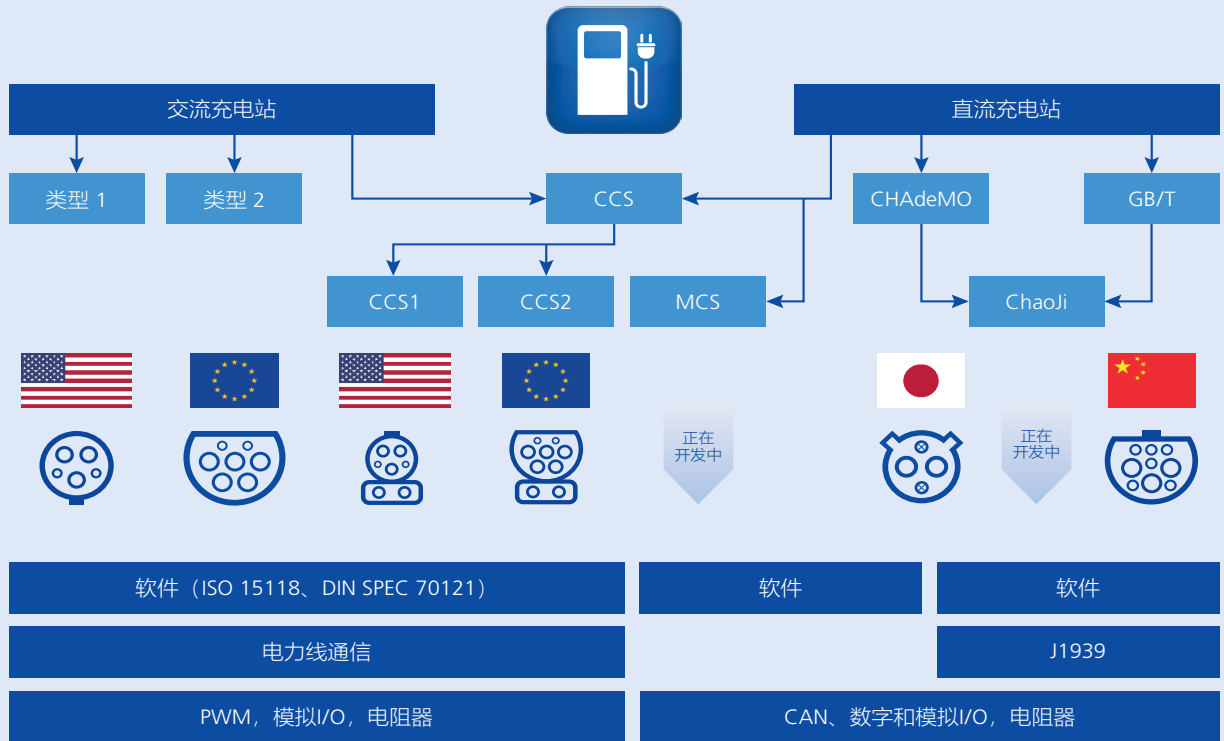
在充电站，车辆的高功率组件与充电基础设施交互。这需要在理想条件下执行，从而确保安全充电。由于存在不同的国际标准和特定的供应商的系统，车辆和充电站必须进行握手交互，并且自我监测最佳的充电 >>

800 V

**加油：**  
每 100 公里约 13 秒

**充电：**  
每 100 公里约 8 分钟





不同的通信标准 (CHAdemo、GB/T、CCS) 具有完全不同的连接器系统、传输方式和传输协议。

条件。这需要通过充电插头中的特殊导线和插头连接器进行双向通信。这对于直流充电是必需的，对于交流充电来说，也变得越来越重要。对于交流充电，这一点尤其适用于智能家居系统以及家电设备。此外，随着电动汽车在市场中的比重不断增加，我们有必要与网络提供商进行协调沟通，以确保电网稳定性。

### 国际充电标准

目前全球不同地区有三种不同的通信标准 (CHAdemo、GB/T、CCS) :

美国和欧洲的 CCS、中国国标 GB/T，以及日本标准 CHAdemo。针对这些不同市场进行车辆研发的制造商必须考虑相关标准进行相应的测试。

### 通信方式

亚洲主要使用 CAN 通信。这是一种在汽车行业久经考验的通信方式。几十年来，CAN 总线一直是汽车的成熟组件。在中国，常见的 SAE J1939 协议也被用于商用车领域，因此，我们能通过 CAN 传输大数据包。美国

和欧洲正在推进 Combined Charging System (CCS)，并选择了两级通信架构，

- 其基本通信方式基于占空比和电压水平的脉宽调制 (PWM)，频率为 1kHz
- 高级通信方式是在 PWM 信号上调制的电力线通信 (PLC)。它基于 HomePlug Green 物理层 (PHY) 规范。该规范是供电行业和汽车制造商之间达成的共识。通过数据链路，我们能在车辆和充电站之间进行 TCP/IP 通信。





Smart Charging Station Emulator 可以全面仿真可自由配置的充电站，并支持高达 1000 V 的充电过程。

### CCS 充电的挑战

由于通信导线与电源封装在同一根电缆中，而且直流并不总是完全恒定，因此通信的抗干扰性至关重要。我们必须对 PLC 信号质量严格把控。PLC 在硬件和软件层面给汽车制造商和充电站开发商带来了新的挑战。当然，也有一些标准非常明确地规定了必须遵守的参数。遗憾的是，在实现过程中车辆和充电站之间很可能不兼容。此类错误可分为电气错误和协议错误，涉及以下几个方面：

- 电气：电压电平、频率、转换速率、衰减、终端电阻和电磁兼容性
- 协议：对报文的响应时间、报文收发中的编码数据、参数化、使用可选参数、协议版本等。

### 仅在兼容情况下充电

充电时，电动汽车和充电基础设施相互协调，两者都会考虑对方的限制条件。这一过程称为“智能充电”。如果存在不兼容，通常会导致车辆无法

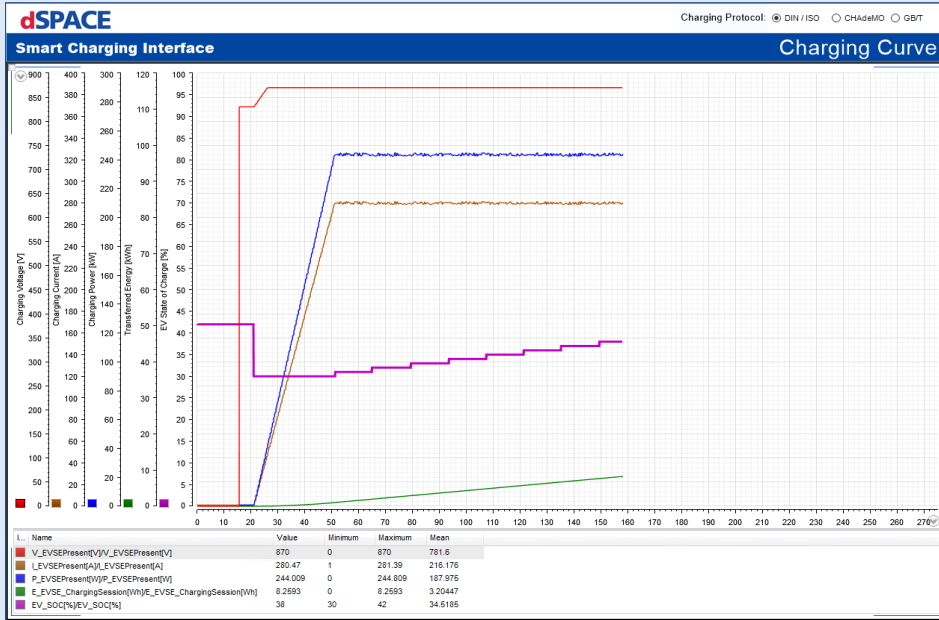
充电。这无疑是非常令人头疼的，应该不惜一切代价避免。

### dSPACE 的 Smart Charging Solution 系列

世界各地的供应商和汽车制造商都在采用 dSPACE 系统来开发和测试控制应用程序。这些系统通常是电动汽车领域开发和测试的基础。Smart Charging Solution 插件能够充分体现充电过程的关键之处。它具有以下功能： >>







我们可以使用 Smart Charging Solution 密切监控充电过程以及电压、电流和充电状态。

## Smart Charging Solution 可以轻松集成到现有的测试环境中。

- 轻松集成到现有的测试环境中
- 针对通信和功率级别的所有相关标准提供全面的测试选项
- 轻松对系统进行自动化和参数化
- 高度透明的 workflows 和测试库选项 (白盒测试)

### Smart Charging Solution 的应用领域

Smart Charging Solution 拥有极大的灵活性，可用于各种应用，包括充电站的仿真以及车载充电设备的仿真、测试和开发。因此，它可以帮助电动

汽车制造商和充电站制造商开发和测试智能充电技术。它还能对传输的所有时间元素、消息内容和衰减属性进行完整配置。如果上电进行通信测试，则还可以对电压、电流信号进行操作。

### Smart Charging Station Emulator

该解决方案具有特殊配置，其配备了一个可仿真充电站电气和通信行为的系统。因此，我们能在实验室中仿真自由配置的充电站。它符合所有国际标准，设计灵活，可承受高达 1000V

的电压。此外，Smart Charging Station Emulator 还可以根据需要配备多个直流电源，可以在 400 V 和 800 V 的电平下提供 85 kW 的充电功率。在客户项目中，其可以对配置进行扩展，以连接更多电源并实现更高的功率水平。为测试交流充电过程，dSPACE 实时系统提供了多种接口来控制电网仿真器，从而可以



您是否希望获得可供实验室使用的可自由配置的充电站？  
那么，dSPACE 的智能充电站仿真器就是您的理想之选。



仿真不同目标市场的电网规格或者进行诸如相位失真等模拟。

### 标准化测试库

标准化委员会已探讨了如何确保充电站和车辆之间的互操作性。为此，创建了包含数百个测试的测试库。它们的确提供了良好的基础，但一般来说还不足以评估所有可能发生的情况。然而，dSPACE 解决方案可集成到任何测试中，因此从市场中脱颖而出。所有测试均作为透明的测试脚本实现，以便对结果进行更深入的解读。首次一致性测试计划于2021年

夏季进行。测试库将由工程服务提供商 KPIT 实现。KPIT 在执行测试方面具有丰富经验，受到了广大客户的欢迎。

### 自动支付

自动支付方式开启了充电领域的新篇章。与信用卡支付类似，自动支付也使用加密和证书，并且必须进行验证以确保正确交易。为此，dSPACE 正在与后端提供商合作，以实现无缝验证链，并在市场上快速推出解决方案，为组件和集成测试以及车辆验证提供支持。

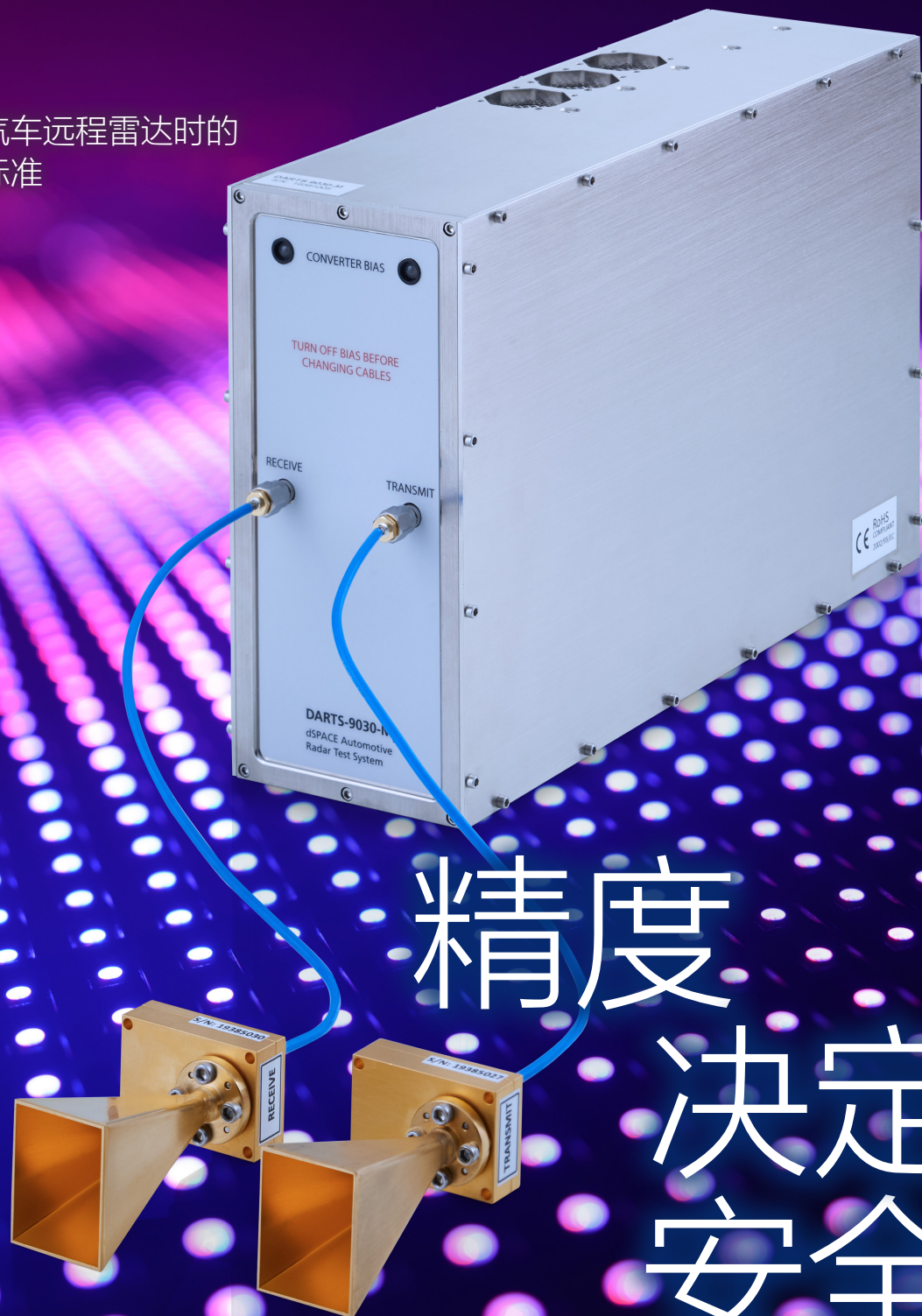
### 通过软件仿真进行前期验证

当然，充电技术也可以通过软件在环 (SIL) 测试进行早期验证。dSPACE 工具多年来一直对根据 AUTOSAR 标准开发的虚拟 ECU 进行测试。此测试目前也正在智能充电中试用，以便在开发过程的早期阶段就能够验证与其它软件组件的通信和交互。因此，即使没有电动汽车通信控制器 (EVCC) 硬件，也可以执行互操作性测试。这具有重要意义，因为越早检测到错误，就越容易解决它。■





测试汽车远程雷达时的  
关键标准



# 精度 决定 安全

自动驾驶的核心问题在于可靠性，测试雷达传感器和相关应用软件时也是如此。本章介绍了高精度测试设备的重要性。



“我们的客户确信 DARTS 的出色信号质量和精度能在雷达传感器的整个工作范围内提供可靠的仿真。”

dSPACE 高级产品经理 Andreas Himmler 博士

对于未来的辅助驾驶和自动驾驶而言，频率为 77 GHz 的汽车远程雷达 (LRR) 传感器是实现驾驶辅助和防撞功能的一大关键因素。为了实现这些功能，用于环境检测的 LRR 传感器开发面临着越来越多的技术挑战。因为这要求较高的空间分辨率、更精确的微小物体探测能力以及更大的视场。所有这些都是约 1 GHz 的最大带宽内进行。在自动驾驶车辆的场景中，目标识别错误和误解可能会导致致命后果。因此，准确且全面的测试是实现可靠功能的先决条件。

### 精确灵活的雷达目标仿真

我们可以使用雷达目标仿真器对汽车雷达传感器的雷达目标和回波进行 OTA 仿真，这已经成为了一种成熟可靠的解决方案，可确保传感器和所开发的应用软件在传感器开发、生产和释放过程的各个阶段都正常工作。当然，对雷达目标仿真器的要求不但包括功能上的要求，例如，对雷达目标进行精确的实时仿真。它们还必须满足经济要求，包括操作便利性和未来的适用性。

### 严格的测试系统要求

测试当今雷达传感器（特别是新一代 77 GHz LLR 雷达传感器）需要在整个探测范围（最长可达 300 米）内对雷达目标进行精确仿真。对新的传感器以及基于这些传感器的功能进行全面的测试和验证时会要求更高的仿真性能，即在整个范围内具有一致的仿真特性和精度。用户还需要独立多雷达目标的仿真技术，并不损失信号质量，同时确保其不受限于被测雷达的信号调制方式。

### 高精度数字雷达目标仿真

dSPACE 提供高精度的数字 DARTS 9030-M 设备，它采用了 dSPACE 开发合作伙伴 ITS 以及 miro•sys 的专业技术。它具有 1.2 GHz 的可用带宽，覆盖 75 GHz 到 82 GHz 的频率范围。该设备具有出色的精度：6 厘米的距离分辨率在 5.5 米至 1000 米的整个仿真范围内都是一致的，且仿真精确度小于 1 毫米。这适用于动态范围 >60 dB 的情况。考虑到多目标仿真功能，数字概念的优势就更加明显了：它可以仿真多达四个完全独立的目标，而不会影响信号质量。dSPACE 正在通过软件更新来改进 DARTS 9030-M。这些更新将满足仿真距离快速切换相关的要求。敬请关注近期发布的更多详情。 ■

### 简介：对汽车雷达传感器进行 OTA 测试的雷达目标仿真器

- 对高精度 1 GHz 雷达进行了优化。
- 对距离、速度、宽度和高度进行仿真。
- 仿真四个可自由定义的独立雷达目标的回波。
- 仿真精度不受仿真距离影响。



DARTS 9040-G 同样具备高精度、高准确性特点，并成功被 Elektronik 杂志评选为“汽车类年度最佳产品”。



# 确保安全

两个研究项目旨在保障城市环境中的自动驾驶安全性

dSPACE 已与 25 个研究机构 and 行业合作伙伴联手开展了两个研究项目，以应对自动驾驶领域面临的一大挑战——新系统的验证。

这两个新项目是在 PEGASUS 项目成果的基础上进行的。PEGASUS 项目以 Autobahn Pilot 为例，重点关注关键场景的识别和描述，并将其转化为高度自动驾驶车辆的通用测试案例。确认验证方法项目（简称 VVM 项目）

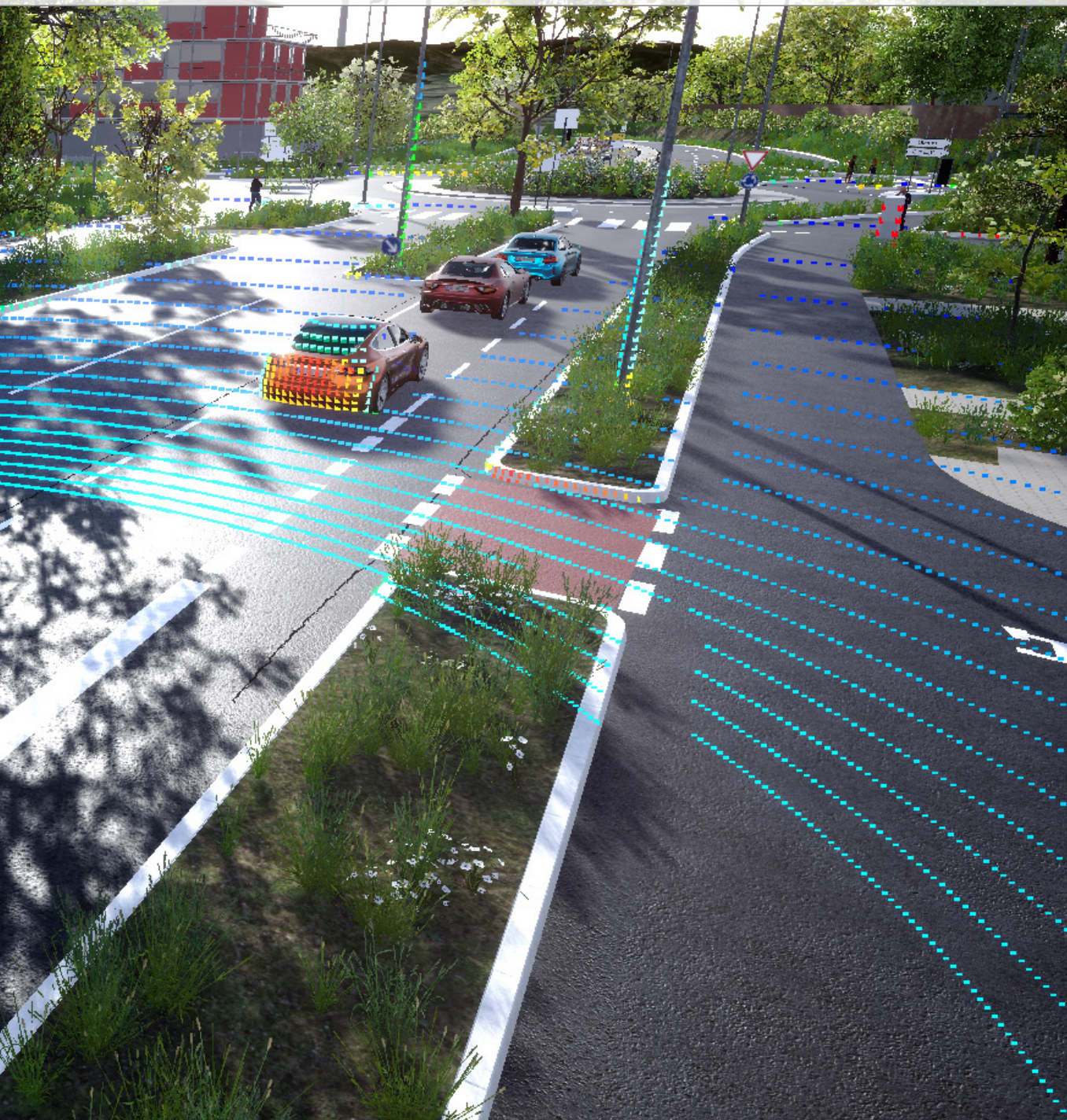
以市中心的十字路口为例，将 PEGASUS 方法扩展到城市环境中的 Level 4 和 Level 5 自动驾驶。第二个项目名为 SET Level，旨在推进基于仿真的城市空间自动驾驶的开发和测试。目的是为确认和验证自动驾驶汽车以及随后的发布和验收打下坚实的基础。在

这两个项目中，dSPACE 充分利用了其在仿真和验证方面的专业知识。

## VVM：在市中心进行自动驾驶

为 VVM 项目制定的方法分为三个基本步骤。通过在正常道路交通中进行驾驶测试来验证一辆自动驾驶



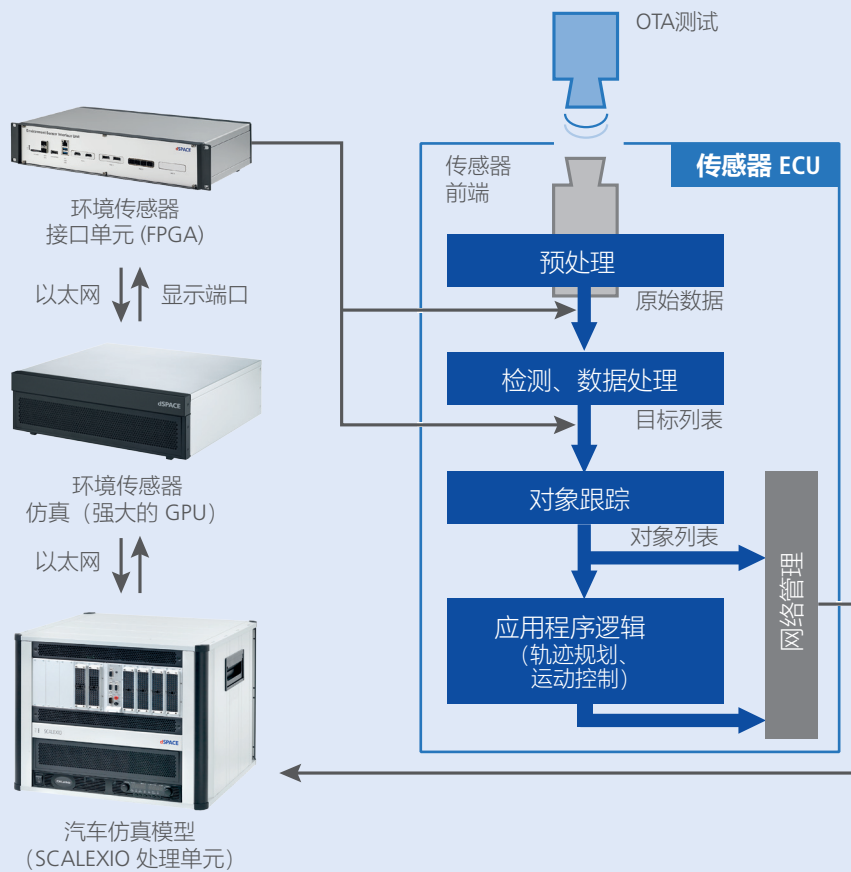


车辆，我们往往需要行驶数百万公里，才能覆盖足够多的场景。VVM的第一项任务是调查导致城市道路交通出现严重问题的各种影响因素。为了覆盖活动空间，除了正在开发的专用仿真外，我们还使用了现有的数据库和专家知识。因此，测试空间可以

缩减至只与实际相关的场景，便于管理测试工作量。第二步是利用研究结果制定一个安全概念和一个功能概念来描述自动化系统，这些概念也可以应用于分层子系统和组件。因此，我们将来有可能在独立的测试中验证新组件，而不是像现在这样进行劳心劳

力的真实驾驶测试。最后一步将制作验证框架的实现案例作为示范。我们的目标是形成一个集成的动态响应测试环境。在这个环境中，各种测试平台可以灵活地组合起来（从仿真到真实驾驶测试），同时能够对整体安全水平进行评估。这意味着可以系统地 >>





流程中具有不同输入点的 HIL 系统示例。

个 HIL 仿真器。该仿真器将无缝融入 SIL 仿真和真实驾驶测试之间的集成框架。项目的重点在于感知。借助这种感知，我们可以绘制整个行动链：从传感器前端的 OTA 测试，到将原始数据输入传感器 ECU，再到输入对象列表以测试高度自动驾驶 (HAD) 的功能。模型通过 FMI 和 OSI 等开放式接口连接，其粒度设计涵盖了从地面实况到基于物理学模型的整个范围。

**SET Level: 基于仿真的开发和测试**

SET Level 合作伙伴项目在 VVM 中发挥着重要作用，因为它为 SIL 仿真提供了基础，并且这两个项目密切相关。在 SET Level 中，我们制作基于仿真的工具或工具链，将其用于 Level 4 和 Level 5 车辆系统的开发（包括确定和定义需求）和有效测试（包括确认和验证）。我们的目的是进行开发工作，并对基于仿真的开发/测试工具进行标准化，包括用于指定场景（应用案例、模型描述和模型、模型集成、仿真数据管理等）的开发。dSPACE 具有 MIL/SIL/HIL 仿真方面的专业知识，并积极参与标准化活动，如 OpenScenario、FMI、OpenDrive 和 OSI。因此，dSPACE 有把握说明计划中的应用案例能否顺利映射到现有标准接口或尚未开发的

将测试从真实世界转移到仿真环境中，从而提高时间和成本效益。在 VVM 项目中，dSPACE 关注的重点是 SET Level 项目中的接口功能和参考实现示例。第一步就是将 SET Level 中

的 SIL 工具投入使用。作为工具生产商，dSPACE 将利用自己的全面专业知识为其它项目合作伙伴提供支持。为了演示该方法，dSPACE 正在与卡尔斯鲁厄的 FZI 研究中心合作设计一

**应用案例 1: “测试传感器模型”**

为了在 SIL 仿真中生成完全虚拟化的 HAD 系统，必须对传感器以及其它组件进行建模。传感器包含摄像头、雷达、激光雷达和超声波传感器。在 HAD 系统中，通过不同传感器之间的交互来捕获环境数据是非常重要的，因此 HAD 系统的 SIL 测试中使用的传感器模型必须具有很高的质量，并能映射真实的行为。因此，实际传感器模型的开发和验证测试可作为 HAD 系统测试的可交付成果。另外，还有一项特别的挑战，即通过光线追踪为不同的传感器技术生成真实的输入数据。

## 应用案例 2：“使用仿真来确认或验证车辆自动化”

此应用可用于 HAD 功能或 HAD 系统开发的各个阶段。它将根据每个阶段的特定 V&V 任务采取不同的形式。

典型应用：

- 测试 HAD 功能的开发版本（测试对象：HAD 功能）
- 有助于验证 HAD 系统（测试对象：HAD 功能，包括 HMI、传感器、执行器等所有组件）为了验证，仿真必须体验待开发自动化车辆应用领域（即操作设计域或 ODD）中可能出现的交通场景。

测试确定自动系统能否安全引导车辆应对交通状况。

接口。此外，dSPACE 还利用分布式仿真和协同仿真在不同硬件架构（HIL、PC 集群、云系统）和不同操作系统（Windows、Linux）上获取需求并制定解决方案。此外，

dSPACE 还是传感器仿真问题方面的专家级项目合作伙伴，致力于通过真实传感器模型来仿真传感器，或在初步阶段支持真实传感器模型的开发（参见应用案例 1）。在系统级别，

dSPACE 使用演示程序来证明此级别的工具和平台可以相互级联（包括连接 AD 功能），并且可以支持项目要求中工具环境达到的标准（参见应用案例 2）。 ■

### 更多信息



<https://setlevel.de/en>



### 更多信息可访问



<https://www.vvm-projekt.de/en>



**FMI:** Functional Mock-up Interface (FMI) 定义了用于连接仿真软件的标准化接口。

**OSI:** Open Simulation Interface (OSI) 是一种简单易行的方案，可将众多驾驶仿真框架连接起来以开发自动驾驶功能。

**OpenSCENARIO** 定义了一种用于动态响应交通演习（场景）的文件格式，供驾驶仿真器使用。

**OpenDRIVE** 定义了一个数据模型，用于对道路网络进行高度精确的逻辑性描述。

**ASM** 是一款用于仿真内燃机、车辆动力学、电气组件和交通环境的 dSPACE 工具套件。





伦理角度下的自动驾驶和人工智能

# 权衡 风险和 机遇

在自动驾驶汽车上路之前，还需要解决几个问题。不仅仅是技术问题，自动驾驶汽车的发展也引发了伦理问题。在这次采访中，慕尼黑工业大学商业伦理主席 Christoph Lütge 教授谈到了人工智能和自动驾驶固有的机会和风险，并介绍了他教授的一些伦理行为。





在这个问题上，伦理学家们面临着人们大量的疑问。很多时候，他们对日常问题的回答却出奇地务实。在疫情期间，作为巴伐利亚伦理委员会 (Bayerischer Ethikrat) 成员，您对强制封锁提出了批评，并解释说其附带损害太大。这乍一听有点令人匪夷所思。为了给道德行为的制定打下基础，机遇和风险的权衡具有怎样的难度呢？

也许我们应该首先明确伦理的实际含义，即多方面的风险管理。而且，伦理并不是所谓的“原则高于一切”。它尤其适用于应用伦理领域，包括人工智能、自动驾驶和商业伦理等主题。作为伦理学家，我们的工作是在权衡各种风险，并着眼大局。只看某一个方面是不够的，新冠疫情期间也证明了这一点。疫情期间，所有医疗方面的事情都被优先处理。然而，

除了医学人员之外，还有许多其它的科学人员，如社会科学家、经济学家和伦理学家。他们都在研究应对措施、适度性以及附带伤害等。理论上，这听起来可能有点脱离现实，但随着我们了解越来越深入，理解起来也就更加直观。

您是人工智能伦理研究所 (IEAI) 的负责人。在那里，医学、科学和工程领 >>



“我确信我们需要统一的标准。对此，我们已经等待了多年，但还是收获颇少。”

Christoph Lütge 教授

*域的研究人员与社会学家和伦理学家进行跨学科协作。那么 IEAI 的研究领域具体有哪些？*

我们开展的项目分成不同的方向。其中一个方向是人工智能、驾驶和安全性，包括自动驾驶。另一个领域则是研究基于人工智能的决策工具在临床环境中的伦理问题。在其中一个研究领域，我们探讨了一系列与人工智能和可持续发展相关的主题：例如农业、水资源管理和生物多样性。目前，我们正在确立一个重点研究方向，即研究如何在保证责任担当的同时进行人工智能开发，并获得大众的认可。

*那么，与人工智能相关的风险有哪些？*

在大家的多次讨论中，有很多风险一再被强调。我们从多个方面考虑风险：第一，我们着眼于与安全、数据保护和算法鲁棒性相关的纯技术风险。第二，这关系到算法的公平性及其可追溯性和透明性，因为许多人将人工智能看做一个黑盒，因此他们会因为不能明确理解决策是如何做的而

感到焦虑。有些人则担心他们会失去自主权。但尽管存在风险，我们绝不能忽视人工智能带来的伦理优势和经济机遇。

*我们可以更深入地了解一下自动驾驶。从伦理角度来看，无人驾驶汽车是否可行？*

大约五年前，我们在首个国际网联自动驾驶伦理委员会的会议中强调了一个观点：伦理问题主要包括预防事故和挽救人类生命。即便不是完全自动驾驶而是使用高度自动化驾驶系统，这也是一个明显的伦理优势。

*在 IEAI，自动驾驶伦理项目正在研究什么？*

在这个项目中，我们直接与 Automotive Technology 的高层合作，并致力于具体的任务，如轨迹规划系统。在这种情况下，我们经常面临具体问题的决策，例如，卡车应该与其它车辆或骑车者保持多远的距离。为了计算精确的距离，我们进行了一些研究，这些研究可以用于提高决策的可靠性。

*2017 年，德国自动互联驾驶伦理委员会制定了一些规则。这与其它国家有什么显著的差异吗？*

过去几年，世界各地已针对人工智能制定了多种伦理原则。本质上没有太大的差异，我估计 80% 到 85% 是相同的。然而，具体细则上可能有所不同。让我们来看看车辆间距问题：前段时间，我去印度的首都德里参观访问。在那里，车辆之间的距离比德国小得多。这就会影响决策的规划。当我们着眼于不同的地区进行讨论时，事情就变得很有意思：可能某种情况在日本永远不会发生，在中国很少发生，但在欧洲却经常发生。基于这一点，我确信我们需要统一的标准。对此，我们已经等待了多年，但还是收获颇少。

*除了研究之外，您还有教学工作。您如何帮助学生理解伦理行为？或者说，您如何教导学生开发合乎伦理的算法？*

说来话长，作为商业伦理主席，早在八年前，我就将商业伦理课加入了工商管理专业的核心课程。在我看来，

Governance Lab (The GovLab)、纽约大学坦顿工程学院、全球人工智能伦理联盟 (GAIEC)、纽约大学人工智能中心 (R/Al) 以及慕尼黑工业大学 (TUM) 人工智能伦理研究所 (IEAI) 合作推出了一门免费在线课程：全球视角下的人工智能伦理这门课程是面向全球的，其针对人工智能伦理这一话题进行了跨学科辩论，既有广度又有深度，并致力于汇集人工智能伦理领域的不同观点，以提高受众的认识，并帮助机构在使用人工智能时担当起责任。

**全球视角下的人工智能伦理(<https://aiethicscourse.org/>)**



**Christoph Lütge 教授**主要在经济和商业伦理领域开展研究。他倡导秩序伦理方法，在全球基础经济和社会条件的背景下研究伦理行为。他的研究侧重于竞争的作用和法令激励的作用，并评估伦理类别的合理性。自 2010 年以来，他一直担任慕尼黑工业大学 Peter Löscher 商业伦理主席。

水平来讨论自动驾驶汽车，那么这可能需要一些时间。但是，今天我们已经有了非常多的应用，它们在特定应用中非常有效。对于如何将这类系统大力推广，并实现上路，我认为这更多的是一个伦理和法律问题而不是技术问题，因为从技术角度来看，很多事情已经准备就绪。在过去的一两年里，美国相关的立法取得了一些进展。举例来说，第一批无人驾驶货车现在已经可以投入使用了。我们决不能低估这些进步。遗憾的是，这些进步往往发生在德国以外的地方。我认为德国汽车制造商推迟对自动驾驶的研究不是明智之举。我认为在未来 10 年内，我们会在道路上看到越来越多的自动驾驶汽车。在德国，我们倾向于设定很高的标准，除非已经做好万全准备，否则我们不可能允许自动驾驶。我们需要摒弃这种思维定势。

*感谢您接受采访。*

这不是宣扬道德和向人说教，这是道德法则，我们应该知道如何应用这些标准。我总是强调大家必须意识到人们在践行道德标准时，会面临各式各样的阻碍。例如，在企业管理中，可能是一些限制因素或成本压力。我们还没有开设关于如何处理数字化和人工智能问题的必修课。然而，慕尼黑工业大学校长提出了以人为本的工程设计理念，这为在技术学科中引入伦理学奠定了基础。以人为本的工程概

念将部分人文科学和社会科学纳入技术学科，一个主要的目标就是通过提高对伦理问题的认识来提高学生的能力。工程师和计算机科学家应该意识到他们的行为存在伦理层面的问题。

*我们什么时候能使完全自动驾驶车辆上路，它们在多大程度上能够做出良好的、符合伦理道德的驾驶决策？*

如果我们根据当前的 L4（高度驾驶自动化）或 L5（完全驾驶自动化）



您的仿真和验证合作伙伴。

**dSPACE**

dSPACE 现场应用工程师 Omar Elzeiny



“我们与您一起实现安全的  
自动驾驶。”

我们拥有独特的整体理念和享誉全球的解决方案。我们可以携手努力，推动自动驾驶的发展。我们为您提供集成式环境，用于基于数据驱动开发、仿真和验证。我们还有广泛的合作伙伴网络，为您提供端到端支持，从数据记录到认证都包含在内。我们的众多解决方案可以轻松集成到您的基础设施中，帮助您加快开发流程并降低成本。更多信息，请访问我们的网站 [dSPACE.com](http://dSPACE.com)