

dSPACE MAGAZINE

2016 年第 1 期



Ford
虚拟验证加快
上市速度 | 第 58 页

**Daimler/MES – 符合 ISO 26262 标准
的电气和安全** | 第 18 页

**Hyundai MOBIS – 灵活的 ADAS 测试
台架实现更全面的验证** | 第 22 页



功能强大的 ADAS 和自动化驾驶工具链

dSPACE 和 Intempora 签署独家合作协议，旨在为高级驾驶辅助系统 (ADAS) 和高度自动化驾驶功能的开发提供完整工具链。来自 Intempora 的 RTMaps 在其中发挥了关键作用。这是一个基于组件的软件开发和运行时环境，使用户能够对来自

各种传感器和车辆总线的数据进行捕获、添加时间戳、实现同步和回放处理。把 RTMaps 集成在 dSPACE 工具链中，要确保 RTMaps 与 dSPACE 平台之间实现双向低延时通信。请阅读第 66 页了解更多信息。



“赌注已经押下！”

我真切记得妈妈坐在乘客座椅上操作“驾驶辅助系统”时候的情形：“Herbert，慢一点！慢一点！”但是正像别人所说的：“一刹车就输了”，还有“越晚刹车，跑得就越快”。当然，这只是开玩笑，对我来说谨慎驾驶是非常重要的。首先，这样更安全。其次，我从来不喜欢把宝贵的驱动能量仅仅转换成热量。正因为如此，我非常喜欢带有制动能量回收的新型电动城市汽车。但是在小车内，我不得不放弃其他的驾驶辅助系统，这是更大型车辆内才有的豪华配置。在很长时间内，我在开车时一直都使用自适应巡航控制（雷达）。现在，我还能享受到车道保持和盲点辅助功能以及前照灯控制、交通标识检测、限速装置、全景摄像头，最后但也是最重要的是可以闪灯并发出蜂鸣声但极少用到的老人辅助功能，它甚至可以支持制动过程而不只是大叫“慢一点！慢一点！” – 尽管很可能是这样是设定的。我们很快就习惯了这些系统，新车上绝对不能缺少它们。当今汽车行业的一个最强大发展动力就是先进驾驶辅助系统（从预测驾驶到自动驾驶），对 dSPACE 来说也同样如此。我们

见过很多类似的项目，目前这个主题正越来越热。它同时也加快了 dSPACE 的速度，从我们与 Intempora 的合作就能看出（第 66 页）。值得注意的是，该行业最大的挑战很明显并不是功能的开发，而是功能的测试。我曾经从不同来源听说过，由于系统过于复杂，“我们的测试可能不得不比以前多跑数百万公里”。这在现实中完全不可能做到，所以我们在测试设计和测试实施中将面临巨大的挑战。前载测试可提供很大帮助，它在 HIL 测试之前用 PC 机执行。我们也支持此方法，而高级驾驶辅助系统更是对其发挥了激励作用。鉴于系统的复杂性和相关法律问题，我去年跟人打了一个赌。我当时声称从现在起的 20 年内，帕德伯恩的无人驾驶汽车比例不会提高，如果我输了，将很乐意拿出马格南瓶装的香槟来款待赢家。

Herbert Hanselmann 博士



出版

dSPACE 杂志由下述公司定期出版：

dSPACE GmbH · Rathenaustraße 26
 33102 Paderborn · Germany
 电话：+49 5251 1638-0
 传真：+49 5251 16198-0
 电子邮箱：dspace-magazine@dspace.com
 网址：www.dspace.com

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

作者：Thorsten Bödeker、Michael Lagemann、
 Ralf Lieberwirth、Gerhard Reiß 博士、
 Sonja Ziegert

本期合作者：

Anne Geburzi、Hartmut Jürgens、
 Markus Plöger、Frank Puschmann、
 André Rolfsmeyer、Tino Schulze

编辑和翻译：

Robert Bevington、Stefanie Bock、Anna-Lena
 Huthmacher、Dr. Michelle Kloppenburg

设计和排版：

Jens Rackow、Sabine Stephan

印刷：Media-Print Group GmbH, Paderborn

封面照片 © 福特

© 2016 dSPACE GmbH

版权所有。对本刊全部或部分内容的复制必须事先获得书面许可。任何此类副本必须注明来源。dSPACE 将会不断改进其产品，并保留随时更改本刊所含产品的规格而不予通知的权利。dSPACE 属于 dSPACE GmbH 在美国和/或其他国家/地区的注册商标。其他注册商标请参阅 www.dspace.com/go/trademarks。其他品牌名称或产品名称均是其各自公司或组织的商标或注册商标。

目录



3 主编寄语

客户

6 宝马公司久经考验的虚拟验证
宝马公司的功能 SIL

12 DLR BRAUNSCHWEIG
轻巧灵活的桨叶
直升机多斜盘系统主动降低噪音和振动

18 DAIMLER/MES
电气与安全
使用建模准则验证电驱动软件

22 HYUNDAI MOBIS
一切皆可测试
针对多个驾驶辅助系统进行并行测试

26 维也纳技术大学/西门子
在 300 km/h 时速下保持通电
高速列车受电弓测试台架高度动态性控制

32 亚琛工业大学
激发发动机创新
压燃汽油发动机内循环燃烧控制

36 CATERPILLAR ENERGY SOLUTIONS
最佳表现
控制高性能燃气发动机，实现能量供应

42 CLAAS
平稳成功
开发拖拉机无级变速箱

48 华晨公司
快速多平台测试
为多个车辆平台打造灵活的自动测试环境

52 DLR OBERPFAFFENHOFEN
机器人运动
车辆动力学交互式运动仿真

58 FORD
快速采用 AUTOSAR
使用 VEOS 产品进行 AUTOSAR 仿真

产品

62 SCALEXIO LABBOX
桌面仿真器
灵活的功能测试

66 RTMAPS
迎接多传感器挑战
ADAS 和自动化驾驶高级工具链

商业

70 SCALEXIO
回顾 HIL 仿真
SCALEXIO 五年历程 - 回顾过去，展望未来

74 电力电子技术
电力电子轻松虚拟化
通过电路图创建实时应用程序

简要新闻

78 SystemDesk 4.5 增强了 V-ECU 生成支持
DCI-CAN2：访问 CAN FD 网络

79 用于电机开发的 SCALEXIO 方案

80 自动驾驶的车道识别
SYNECT：集中掌控复杂 HIL 系统并管理
TargetLink 模型

81 dSPACE 工具链对 ASAM XIL 标准的支持

82 DS5203 FPGA 的两款新型变体 HIL 仿真中的
GNSS 信号的生成

车载 dSPACE 工具

83 Thales Alenia Space：TargetLink 代码进入轨道
BMW：利用辅助系统执行路试
UR.BAN：认知辅助



实践中 的虚拟验证

宝马公司的功能 SIL

参与 ECU 软件开发的人员越多，尽早真实地测试单个组件越发重要。
宝马公司选择 dSPACE VEOS 作为基于 PC 的重要的仿真平台。



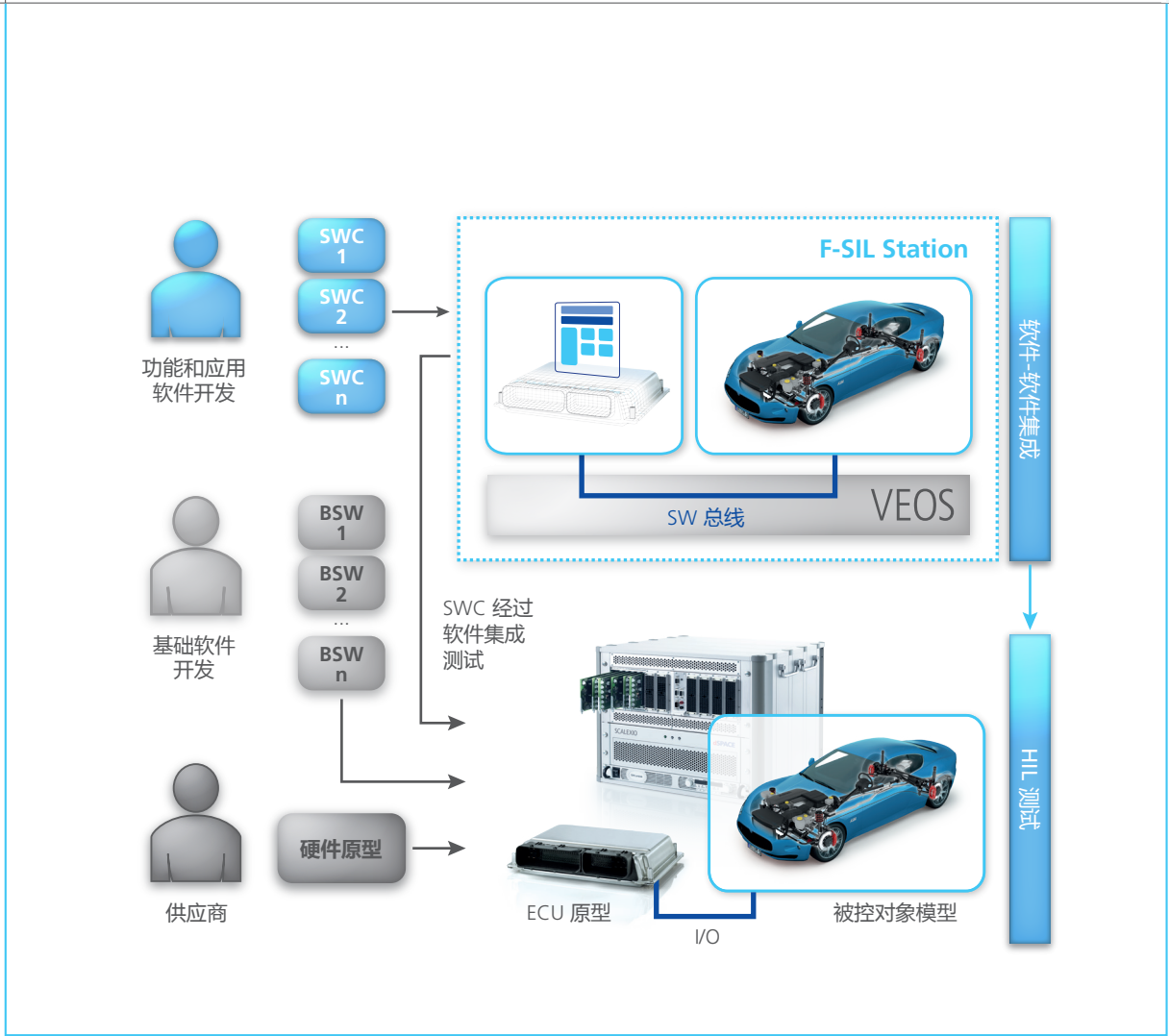


图 1 : F-SIL 增加了一个新步骤 - 在软件-硬件集成之前执行软件-软件集成。

车 辆虚拟化为新的控制策略开发中的测试和仿真开创了新方法。虚拟化有助于应对两大主要挑战：

1. **减少由于分布式开发而导致的错误**
各个组件分别由不同的团队提供，例如功能和应用软件、基础软件和

电子控制单元 (ECU) 硬件原型。因此，如果在集成期间出现错误，要发现错误来源会相当麻烦。



2. 克服 MATLAB®/Simulink® 的限制

在仿真真实 AUTOSAR 软件组件和基础软件模块时，MATLAB®/Simulink® 很快就会达到其极限。新功能的发展正在变得越来越复杂，因此涉及的工作领域也远超从前。由于开发任务分布在越来越多的团队和部门，同时上市时间也在变短，所以在早期开发阶段进行测试就变得必不可少。

第 1 项挑战的解决方案：F-SIL

当前的开发流程涉及三个主要团队：

- 功能和应用程序开发人员：他们负责提供软件组件 (SWC)。
- 基础软件开发人员：他们负责提供基础软件组件 (BSWC)。
- 供应商：他们负责提供 ECU 硬件原型。

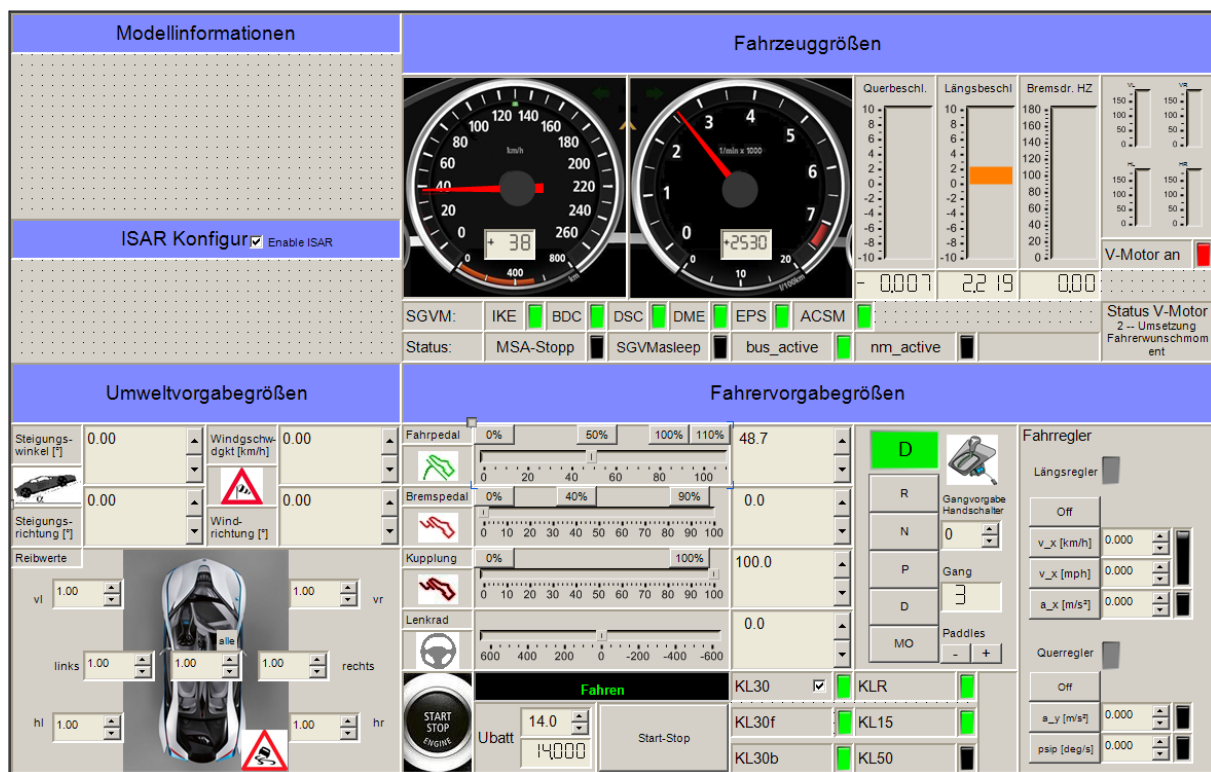
在某个特定的时间点，开始软件-硬件集成工作。此时将集成所有 SWC 和 BSWC，并加载到 ECU 原型上。下一步是全面的硬件在环 (HIL) 测试。宝马公司在软件-硬件集成之前增加了一个步骤：他们使用一个功能软件在环 (F-SIL) 首先执行纯粹基于软件的集成 (图 1)。这样就能尽早测试专为功能和应用程序开发的组件之间的接口信息。开发人员可以检查每个新的开发状态，并立即纠正潜在错误。凭借这些测试与纠正措施，软件可以在开发周期的早期达到高质量。在后续集成测试期间，就只会出现少量可轻松发现的错误。

安装 F-SIL

BMW 选择 dSPACE VEOS 作为 F-SIL 的基础，是公司的集成和仿真平台。由于软件-软件集成必须独立于目标平台的硬件参数，因此传统 Windows® PC 成为理想的选择，因为它们就是宝马公司的日常工作环境。VEOS 的另一项明显优势是对多种事实标准的高度支持，例如 AUTOSAR 和功能样机接口 (FMI) 以及 MATLAB®/Simulink®。此外，VEOS 还能轻松连接至现有硬件在环 (HIL) 测试和实验工具，例如 dSPACE ControlDesk® Next Generation 和 TraceTronic 的 ECU-TEST。这使得 F-SIL 可以轻松集成在宝马公司现有工具链中。

>>

图 2：ControlDesk Next Generation 中的宝马公司虚拟驾驶座。



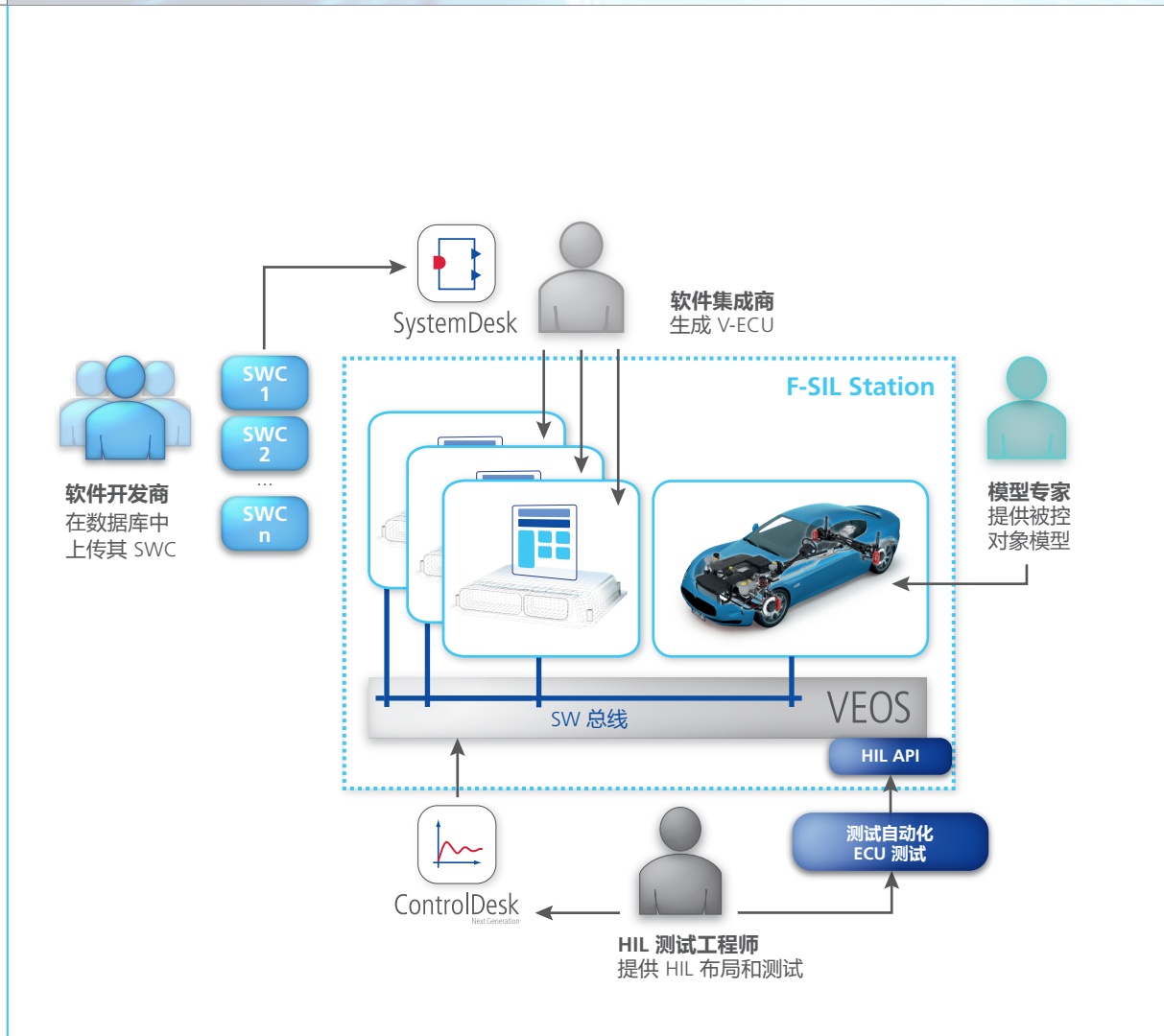


图 3 : F-SIL 涉及的产品、工件和角色概述。

第 2 项挑战的解决方案： 基于 VEOS 的工作流程

F-SIL 的使用清晰地展示了各个团队之间强大的跨学科性和信息交换能力。只要有 AUTOSAR SWC，软件集成商就能生成虚拟 ECU (V-ECU)，包括对应的 A2L 文件。在此步骤中，可以轻松消除接口和连接器错误。创建 V-ECU 之后，软件集成商可以连接 V-ECU 与被控对象模型或环境模型之间的接口。模型由被控

对象模型团队提供，他们还会将这些模型提供给 HIL 部门使用。此过程涉及到连接数以千计的信号，所以这一集成步骤完全自动进行。在最后一步中，软件集成商将接收来自 HIL 部门的 ControlDesk Next Generation 项目文件和界面（图 2）。它们在 F-SIL 上的闭环仿真中用于测试 V-ECU 功能。如果一切按计划进行，软件集成商将发布项目配置，而功能和软件开发人员

则可以在 F-SIL 上将这些配置用于自己的测试（图 3）。凭借 VEOS 的开放接口和支持标准，可以在 F-SIL 上的测试中重复利用现有 HIL 测试场景和界面。这样可以减少工作量，并确保在测试之间实现无缝过渡。由于功能开发人员使用的是逼真的测试场景，因此可以避免单纯依靠 MATLAB/Simulink 执行仿真所存在的限制。

F-SIL 对宝马公司的重要性

功能和软件开发人员主要在早期集成阶段中使用 F-SIL，原因是由于数量较少或成本较高，目标平台在此时不存在或不可用。宝马公司目前有超过 60 位用户正在使用三个 F-SIL，以便对四种不同的项目配置进行虚拟验证。由于软件-软件集成发生在软件-硬件集成之前，充满压力的集成阶段变得异常轻松。此外，软件和功能开发人员还可以像使用 HIL 一样在其 PC 上开展工作，同时仍然可以享受到非实时仿真的优势，例如调试、代码覆盖率分析以及参数优化。F-SIL 工具链完美支持验证流程中目前使用的工具，因此公司各个团队和角色之间不会出现明显的接受问题。这样开创了跨学科工作的可能性，并确保新的验证步骤轻松被接受。 ■

由宝马公司友情授权。

总结与展望

一直以来都能看出，对于宝马公司而言，在开发流程中包含新的验证步骤有明显的好处。采用这一新步骤并没有因为各部门之间需要更多协调而付出多少工作量，但其效应却非常显著。此外，将 VEOS 用作仿真平台甚至带来了始料未及的惊喜。例如，在纯离线仿真期间，VEOS 大大减少了与 MATLAB®/Simulink® 的兼容性和性能有关的问题。未来，用户和项目配置将会越来越多。F-SIL 现在已成为验证流程一个成熟和关键的部分，同时还是新一代产品的固有部分。

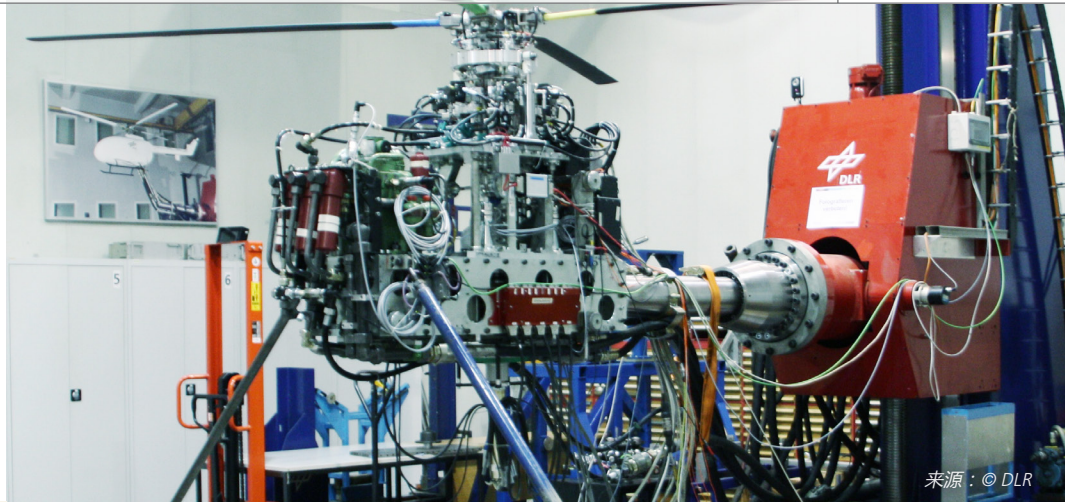


快速旋转的旋翼产生必要的推力让直升机升空，但是噪音震耳欲聋。凭借一种全新的旋翼控制系统，德国航天中心 (DLR) 证实了直升机在飞行当中也能大大降低噪音和振动。



敏捷的桨叶

直升机的多滑盘系统主动降低噪音和振动



来源：© DLR

德国航空航天中心测试用于开发直升机旋翼主动控制系统的装置。

当直升机向前飞行时，机身向前运动以及旋翼桨叶旋转所产生的气流将会重叠。这样会在旋翼桨盘内产生极不对称的气流状态，从而造成各种空气动力、气动弹性和空气声学效应，例如动态失速、噪音和振动。这些效应通常随着旋翼的旋转频率及其整数倍数（旋翼谐波频率）而定期发生。消除或至少缓解这些效应的一种方法主要集中在直升机的旋翼控制系统上。

控制直升机

直升机的主要机械控制装置被称为滑盘，它可以将飞行员命令传输到旋翼桨叶。其方法是将总距操纵（即更改所有主旋翼桨叶的桨距角以改变升力）与周期变矩操纵相结合，以影响正向和侧向推力。后者会在旋翼每次转动一圈时，使桨距角发生变化。

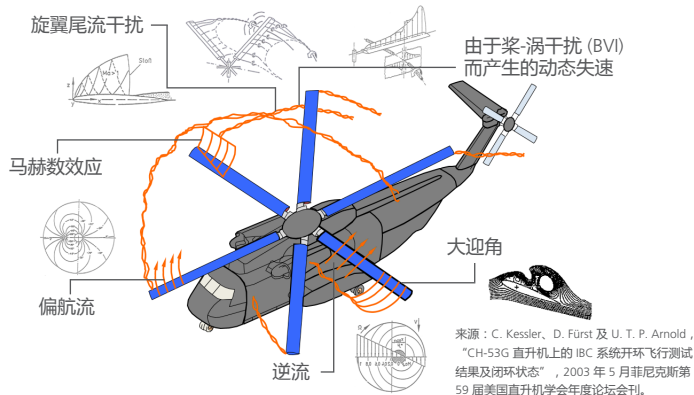
应对措施

为缓解不必要的效应，可以按旋翼频率整数倍数和低振幅来模拟旋翼桨片，以修正旋翼桨距角。为减轻振动，在选择控制信号的频率、振幅和相位时要做到通过干涉措施来抵消振动。同时，这一方法还会对

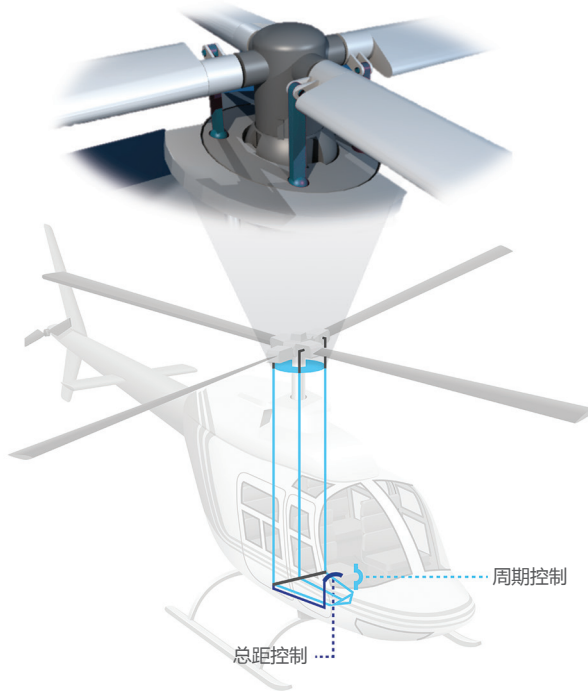
噪音释放和旋翼能耗产生积极影响。传统的直升机控制系统（总距式和周期式）无法有效影响多余的空气动力效应高次谐波，只能用于控制飞行姿态。正因为如此，早在 20 世纪中期，研究人员就尝试通过主动旋翼控制的方式来消除此类现象及其效应。除了由主控制装置在所有桨叶上实施桨距角更改之外，主动旋翼控制还按旋翼频率的某个倍数（旋翼谐波频率）来执行高频率桨距角更改。这样可以极大降低直升机中的振动和噪音辐射，还可以提高推力和升力。

主动旋翼控制

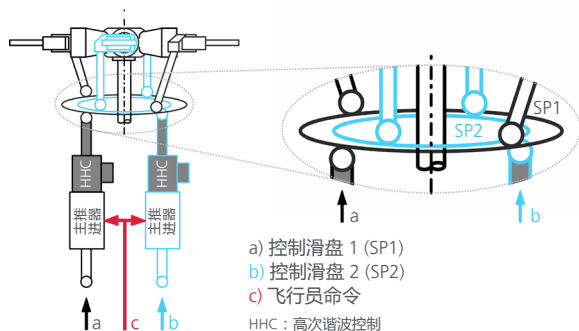
目前实施主动旋翼控制的方法一般都存在明显缺点。通过移动滑盘（由执行机构执行）来改变动态桨距角的系统只能对最多 3 片桨叶的旋翼实施独立桨叶控制 (IBC)。对于目前常见的桨叶数量达到或超过四片的旋翼，这一方法由于滑盘运动学的原因而受到限制。其他系统具有完整的 IBC 功能，但是旋转系统中使用的执行机构需要承受高负荷，并且必须通过集电环为其提供能量和控制信号，对其内部及本身会造成重大挑战。 >>



直升机旋翼在向前飞行时的空气动力现象。



通过滑盘对旋翼桨叶进行总距控制和周期式变距控制，从而使直升机能够垂直和水平飞行。



多滑盘系统的工作原理：一个滑盘控制两片相对的旋翼桨叶。

新方法：多滑盘

DLR 荣获专利的多滑盘系统 (META) 已在布伦瑞克的旋翼测试装置上通过了四桨叶旋翼测试，是一种实施主动旋翼控制的新颖方法。电动液压执行机构可使多个同轴滑盘发生高频率移动。随后，滑盘将使旋翼上的各个桨距角实现必要的动态更改。执行机构安装在滑盘下方，而滑盘则各自连接至两片桨叶。使用多个滑盘使系统拥有 IBC 能力，也就是说，可以单独修改每片旋翼桨叶的桨距角，并具有任意控制功能和频率。如此一来，META 既具有现有方法的优点，又克服了它们的缺点。

初测装置

在联邦航空研究计划框架内的 VAR-META 项目期间 (VAR-META = 通过多滑盘实施的完全主动旋翼控制)，多滑盘系统已在布伦瑞克市德国航空航天中心的旋翼测试装置上经过了初次测试。在这些测试中，使用了直径约为 4 米的 Bo105 无铰旋翼的马赫比例调整风洞模型。该模型第一次装配了多滑盘系统。经过马赫比例调整之后，气流条件极大反映了实际直升机旋翼的气流条件。但是，这样也会加大旋翼速度。该项目的一项特别挑战是需要控制用于定位和移动两个滑盘的电动液压执行机构。一方面，所有四片旋翼桨叶的必要桨距角更改必须转换为执行机构的相应活塞运动。另一方面，这些执行机构的运动也必须得到主动控制。

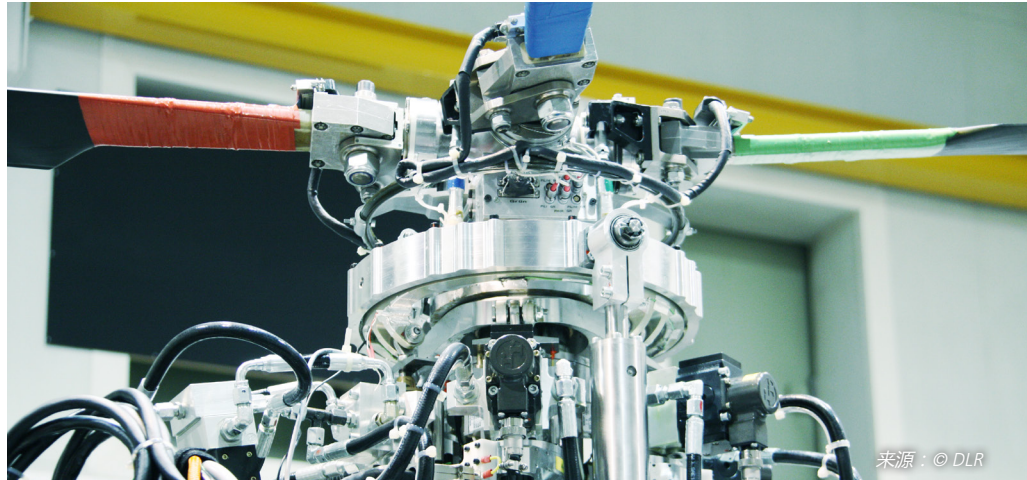
来源：© DLR

控制器要求

对开环和闭环控制系统的要求比较高：在测试期间，模型的旋翼以 1050 rpm 的速度旋转。因此，从第一到第六旋翼谐波的计划桨叶控制频率会造成执行机构频率范围从 0 Hz（静态位置）达到 105 Hz（约 0.05 毫米），这就要求必须达到很高的控制准确性。执行机构的最大行程为 ± 4 毫米，在旋翼桨叶上对应于大约 $\pm 3.7^\circ$ 桨距角。旋翼桨距角始终取决于旋翼当前方位角。因此在旋翼主轴上使用了一个角编码器以生成触发器信号，这些信号可提供关于当前方位角的信息，并由旋翼测试装置的所有开环和闭环控制系统及测量系统使用。为达到所需的控制准确性，多滑盘系统的执行机构每一转将被控制 256 次。在 17.5 Hz 的旋翼频率下，这样会使控制系统达到将近 4.5 kHz 的时钟频率。这意味着六个执行机构的控制及其闭环控制的计算全部必须按此速度完成，其中包括信号处理和分析以及过滤和前馈控制。

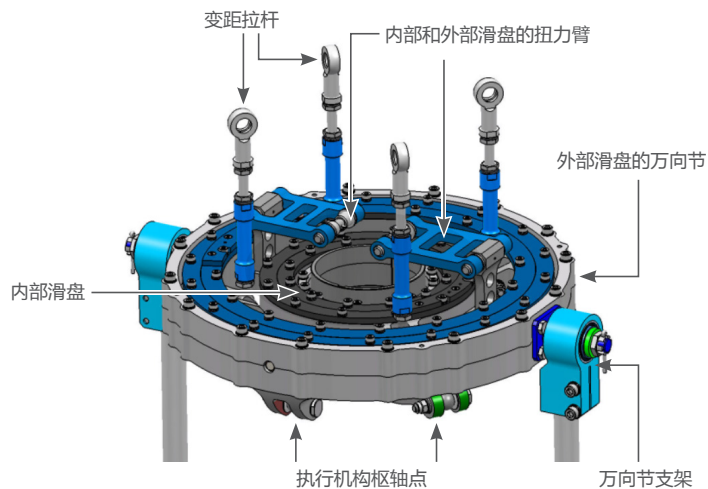
开发控制器模型

首先在 MATLAB®/Simulink® 中对整个系统运动学进行了建模，以推导出具有实时能力的控制法则。电控箱所需的执行机构运动通过控制矩阵（其中一些超过 50 列）进行计算，可将单独桨距角修改项（和耦合项）转换为执行机构的相应控制信号。后续的执行机构控制包含一



来源：© DLR

多滑盘系统的原型构造。



多滑盘系统的机械构造。

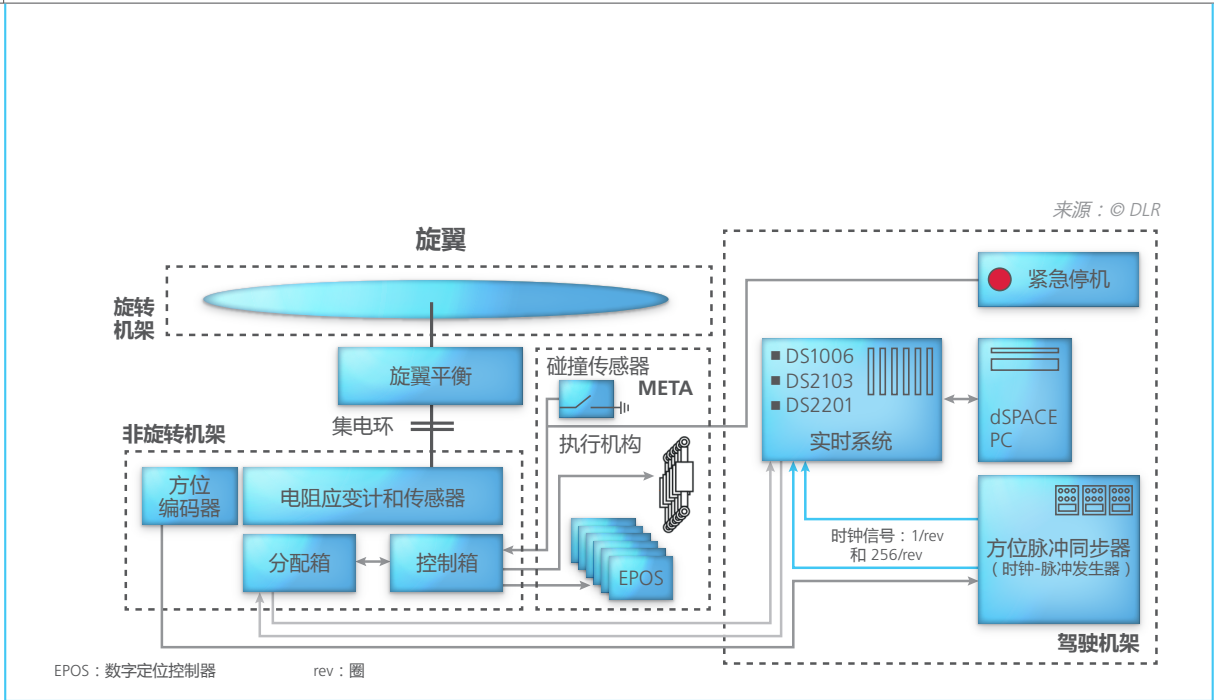
来源：© DLR

个带有前馈环的 PID 控制器。由于此前馈控制包含完整的谐波信号分析和数字式八阶低通滤波器，因此也极其需要同时计算六个执行机构

的控制信号。在 Simulink 中对执行机构模型以及开环和闭环控制进行建模和验证之后，系统必须具有实时能力以在实际测试期间控制硬件。 >>

“凭借强大的 dSPACE 实时系统，我们能够广泛测试转子主动控制算法，而且成功证明了多滑盘概念的功能。”

Philip Küfmann, 德国航空航天中心



测试装置的信号流图。

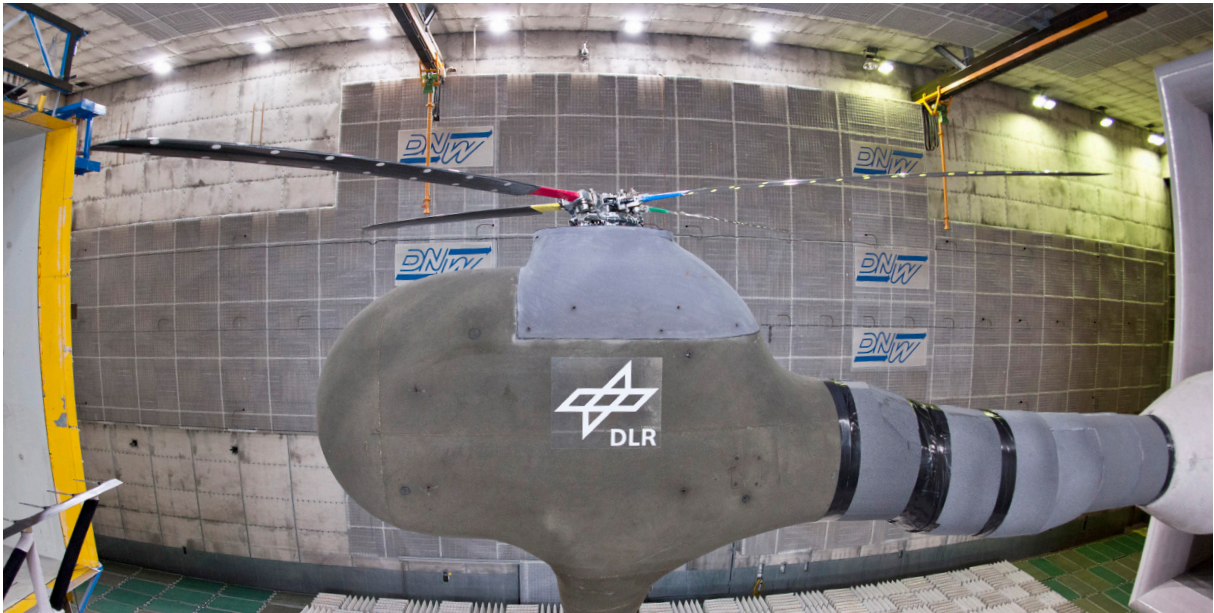
设计具有实时能力的控制系统

多滑盘系统的开环和闭环控制在 dSPACE 系统上实施，该系统带有一个四核 DS1006 处理器板和 DS2103 和 DS2201 I/O 板。测试过程使用了以太网模块，以便能够在测试期间与测量计算机和数据服务器进行通信。在 Simulink 中建模的控制系统

分散到多个处理器内核上。每个内核都用于执行开环控制、闭环控制和其他任务（例如网络通信）。Real-Time Workshop™ 用于编译控制命令，并在 dSPACE 系统上运行这些命令。角编码器的信号用于通过硬件中断来触发程序，使该程序与其余控制和测量硬件同步运行。这

样就可以满足每个控制步骤少于 250 微秒的时钟频率高要求，并达到所需的控制准确性。开发人员可以在运行期间使用 ControlDesk® Next Generation 和其中专门设计的图形用户界面来访问所有重要参数，例如控制器增益、前馈参数、控制频率和振幅。

风洞中的实验装置。





来源：© DLR

风洞测试中的控制和监视系统，两个 ControlDesk 界面（右侧）。

“我们使用 dSPACE ControlDesk 执行所有的测控任务，以便高效、便捷地动态操作 META。”

Philip Küfmann，德国航空航天中心

结论和后续措施

布伦瑞克德国航空航天中心对系统的 IBC 能力进行了测试和验证，帮助 VAR-META 项目成功完成。进一步更新和开发硬件及软件之后，2015 年 9 月多滑盘系统在 German-Dutch Wind Tunnels (DNW) 的低速风洞中完成了其首次风洞测试。风洞测试历时九天，在 FTK-META 项目（FTK = 先进滑盘概念）中完成。测试旨在证明主动旋翼控制系统对噪音、振动和性能的影响，以及在各种仿真飞行条件下对多滑盘系统执行初次功能测试。测试证明，使用 META 实施的主动旋翼控制策略最多可以将噪音降低 5 dB，并将（单个组件的）振动降低多达 90%。在快速向前飞行时，所需的旋翼动力最多可减少 4%。在整个测试期间，包含执行机构和 dSPACE 实时 PC 的系统未出现任何操作错

误。在随后的 SKAT（= 利用创新设计实现技术可扩展和风险最小化）项目中，将在新的五桨叶旋翼系统上使用多滑盘系统来研究主动旋翼控制概念。该项目还将测试在 dSPACE 系统上开发的新控制器，用于检测模型上的多余振动，并通过两个滑盘上的相应控制命令来抵消这些振动。■

Philip Küfmann，德国航空航天中心

多滑盘系统由 Berend van der Wall 博士与 Rainer Bartels 先生在 DLR 飞行系统研究所发明，并于 2008 年获得专利（专利号：DE-10-2006-030-089-D）。

Philip Küfmann

Philip Küfmann 在德国布伦瑞克的德国航天中心 (DLR) 飞行系统研究所负责开发多滑盘系统的控制模型和软件。



观看风洞中的 META：
www.dspace.com/go/dMag_20161_META_E



通过与 TargetLink 战略合作伙伴 Model Engineering Solutions 进行合作，梅赛德斯-奔驰北美研发公司按照 ISO 26262 标准为使用 dSPACE TargetLink 制定了可自动检查一致性的建模规则。

梅 赛德斯-奔驰北美研发公司 (MBRDNA) 的其中一处办公地点位于密歇根州雷德福德，他们负责开发和集成

逆变器软件（电机的电流转换）。利用 dSPACE TargetLink® 开发的这一软件在梅赛德斯-奔驰的电驱动产品系列中用于各种车辆的应用。其

中一个主要组件（也是实际创新）是依据 ISO 26262 标准 ASIL C 级要求实施的电动机控制和相关扭矩以及高电压安全概念。

使用建模准则验证电驱动软件

电气与安全



开发流程和模型质量

电驱动软件基于 AUTOSAR 软件架构，可针对众多电气化传动系进行调整。整个控制软件根据 V-cycle 流程使用基于模型的设计方法开发而成。dSPACE 的产品级代码生成器 TargetLink 是开发工具链的核心组件。TargetLink 支持 AUTOSAR 软件架构进行建模和生成代码，并使安全相关软件最高达到 ASIL D 级标准。在 Simulink® 和 TargetLink 中功能软件建模对于提早验证需求发挥着核心作用，因为用于生成代码

的模型质量越高，所生成软件的质量也就越高。使用 Simulink/TargetLink 进行软件建模是一种广为接受且经过行业验证的方法，可生成高质量软件。此方法同样符合 ISO 26262 标准，该标准建议使用半正式建模语言，例如 Simulink。MBRDNA 将静态和分析验证措施结合在一起，以确保模型拥有高质量。MBRDNA 定义了不受客户功能性需求影响的、能以最佳方式将软件集成到目标环境的开发方法。

软件设计规则

此方法的一个重要环节是在软件设计中始终如一地使用建模和一致性规则。MBRDNA 采用的规则基于 Daimler 内部关于模型开发的规定，并且已按照电驱动软件的开发要求进行调整。Daimler 建模准则基于一些建模标准和特定工具准则，例如 MAAB、MISRA Simulink/Stateflow、MES 功能安全准则、MISRA TargetLink 和 dSPACE TargetLink 建模准则（图 1）。由于这些准则的关注点各自不同，因此

需要明智地以根据 ISO 26262 标准涵盖安全相关软件建模的所有必要方面进行组合。MAAB (MathWorks 汽车咨询委员会) 关注的是仿真和控制器模型的设计方面，重点在于可读性、服务性和最佳实践。MAAB 规则强调的并不是产品级代码生成。但是，MISRA Simulink/Stateflow 和 MISRA TargetLink 准则关注的是模型的安全以及通过模型生成的代码的安全。它们定义了 Simulink 和 Stateflow 的安全语言范围、安全代码模式的建模方式以及仿真环境的恰当配置。MISRA/TargetLink 和 dSPACE TargetLink 建模准则等特定工具准则主要针对 TargetLink 的代码生成。遵循这些准则意味着模型或代码生成器的任何建模模式或配置都不能对所生成代码的属性造成负面影响。MES 功能安全准则主要针对模型和所生成代码的安全方面。这些准则从 ISO 26262 和其他安全标准的要求中派生而来，并对现有的安全相关软件设计准则形成补充。关键的分析要素是对数据流和控制流的检查。 >>>

“软件系统不断增加的复杂性达到了传统测试方法的极限。自动分析所创建的模型和所转换的软件，是我们的软件质量保证不可分割的组成部分。”

Alexander Dolpp, 梅赛德斯-奔驰北美研发公司



图 1 : Daimler 建模准则基于各种成熟的标准和准则。

TargetLink 模型自动化测试

为了更轻松地使用建模准则，MBRDNA 与 Model Engineering Solutions GmbH (MES) (TargetLink 战略合作伙伴) 一起在现有文档的基础之上定制了 Daimler 建模准则，并将其扩展为涵盖 Daimler 特定需求。这些准则在 MES Model

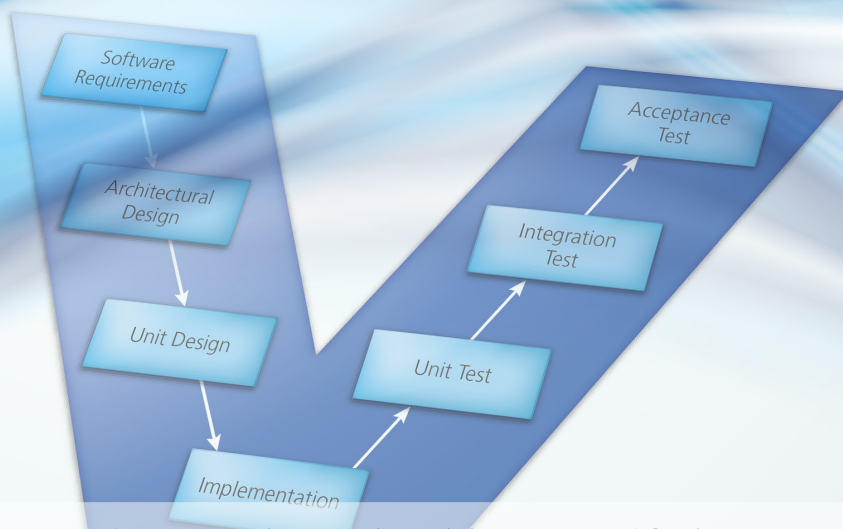
Examiner (MXAM) 中管理，同时提供了对 TargetLink 模型的自动化测试。通过遵循建模准则，MBRDNA 可以符合 ISO 26262 的建模要求、实施最佳实践、避免建模错误并考虑特定工具配置，例如仿真环境中或代码生成器中的统一设置。

安全详情

例如，作为调整后的 MISRA 建模准则，Daimler 建模准则确定了 Stateflow 跳转的正确行顺序。此处的 Daimler 准则与 MISRA 准则相互抵触，它规定执行顺序只能由用户定义，而不是按状态和跳转的图形顺序来定义，从而避免对 Stateflow 语义的误解。例如，如果某个状态由于布局原因（语法变化）而调整，则会无意中更改状态的执行行为（语义变化），参见图 2a。在交叉点处评估的 Stateflow 跳转也是如此，如图 2b 中所示。通过使用 Stateflow 配置“用户指定的状态/跳转执行顺序”来确定建模专家指定的执行顺序，可以轻松避免这种误解或无意中改变执行行为。MES Model Examiner (MXAM) 中的模型检查用于自动验证模型是否符合这些准则，并立即修正模型。

“使用建模准则和 MES Model Examiner 之类的准则检查器，能够自动实施 ISO 26262 标准的要求，让模型专家获得更大的自由。我们想让模型专家专注于主要任务，即开发控制功能。”

Ingo Stürmer 博士，Model Engineering Solutions



“在 AUTOSAR 的固有支持下，用于代码生成的 TargetLink 是我们开发工具链的核心元件。”

Alexander Dolpp, 梅赛德斯-奔驰北美研发公司

清晰的流程

所有建模专家和软件开发人员都必须遵循建模准则。每次添加新功能时，都必须使用 MXAM 执行模型自动检查。软件必须符合建模准则，并且已执行了相关的功能模型在环 (MIL) 测试，才能上传到版本管理系统中。建模专家负责依据准则消除所有违规情况。这种静态建模分析方法是用于开发和验证电驱动软件的 V-cycle 流程的所有验证措施的一部分。通过将 Daimler 建模准则与 MXAM 自动一致性检查及 dSPACE 产品级代码生成器 TargetLink 一起使用，梅赛德斯-奔驰北美研发公司使用了一种经行业验证的方法来遵循 ISO 26262 要求，在早期提高模型质量，并大大提高了代码质量。■

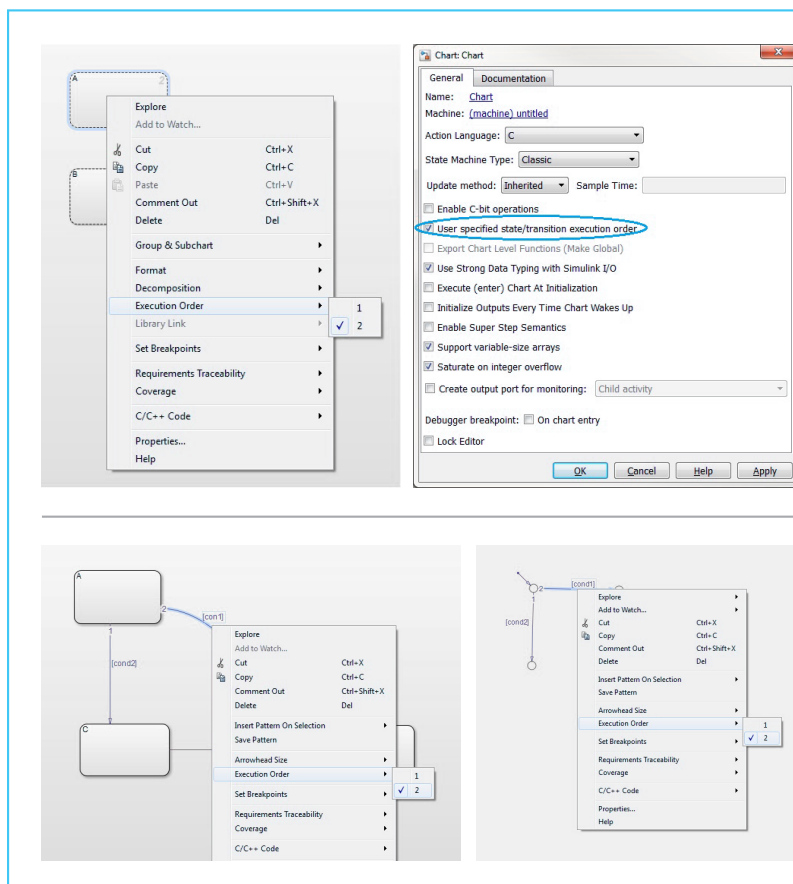


图 2a (顶部) : MES Model Examiner 的典型案例 – 并行状态的执行顺序，此处可在 Stateflow 中指定。

图 2b (底部) : 跳转执行顺序。

Alexander Dolpp

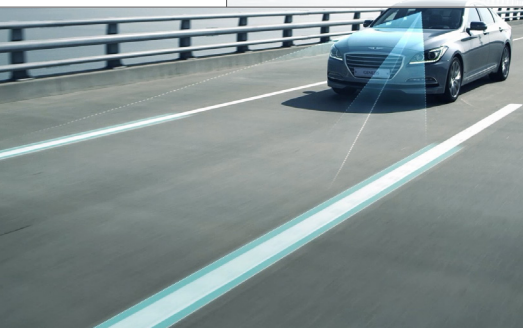
Alexander Dolpp 是美国密歇根州雷德福城市梅赛德斯-奔驰北美研发公司的电驱动软件主管。



Ingo Stürmer 博士

Ingo Stürmer 博士是 Model Engineering Solutions GmbH 的创办人和前任 CEO。从 2016 年 1 月起，Stürmer 博士开始领导 Model Engineering Solutions Ltd. (英国)。





来源：© 现代摩比斯公司

目前驾驶辅助系统的开发涉及到不断增加的数据量，而且这些数据都必须得到实时处理。现代摩比斯公司使用了基于 dSPACE SCALEXIO 的 HIL 设备，可以同时开发和测试多个驾驶辅助系统。

在 实验室中通过简单方法开发驾驶辅助功能意味着必须能够以逼真且可复现的方式，在测试台架上按规定的条件对各种驾驶情况进行仿真。而这一任务正变得越来越复杂，因为许多驾驶辅助功能都需要实时使用并评估来自不同环境传感器的测量数据。其中一个示例就是自动紧急制动。在此示例中，摄像头首先以视觉方式检测到道路使用者，同时雷达测量这些交通参与者的距离和速度。在掌握这一整体情况的基础上，车辆电脑可以决定是否需要紧急制动，并计算出对制动器的相应指令。迅速对来自不同传感器的测量数据进行结合（又称为传感器融合），是开发新型驾驶辅助系统时所面临的最大挑战之一。

功能六合一

除了自动紧急制动之外，还有许多情况需要多种驾驶辅助系统相互作用。在第一步中，现代摩比斯公司使用一个 SCALEXIO® HIL 仿真器来整体测试六个驾驶辅助功能：

- 停车辅助系统（SPAS = 智能停车辅助系统）
- 车道偏离警告系统（LKAS = 车道保持辅助系统）
- 自动距离控制（SCC = 智能巡航控制）
- 紧急制动（AEB = 自主紧急制动）
- 辅助转向（MDPS = 电动助力转向）
- 电子稳定性控制（ESC = 电子稳定性控制）

>>

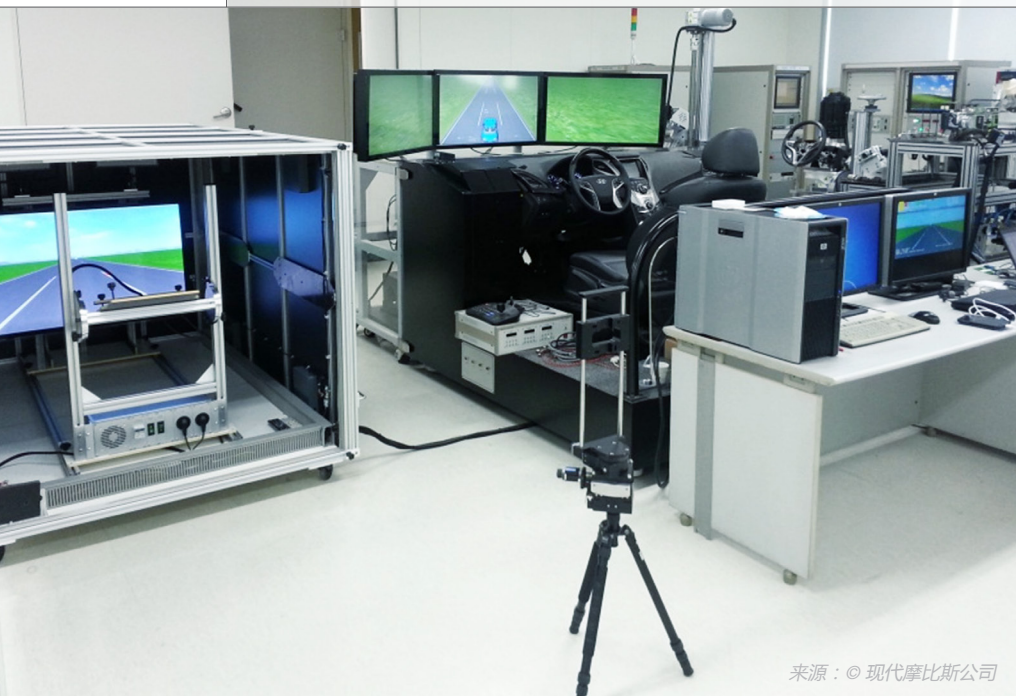




一切皆可

测试

在多个驾驶辅助系统
上并行测试



来源：© 现代摩比斯公司

图 1：实验室部分设备：摄像头测试台架（左侧）、驾驶员座椅（中间）、HIL 仿真器（右后）。

实验室中的真实驾驶环境

该设备的核心元件是配备 dSPACE 仿真模型的 dSPACE SCALEXIO HIL 仿真器以及通过 dSPACE MotionDesk 软件实现可视化驾驶操控的 3D 在线动画。这一开发环境连接到多个用于不同驾驶辅助系统的测试台架（图 2）。其中一个测试台架用于车辆环境的雷达扫描，一个用于摄像头执行车道检测，一个用于超声波停车辅助，一个用于转向辅助与制动。dSPACE 汽车仿真模型 (ASM) 适合车辆动力学和交通应用，在 HIL

仿真器上运行以便真实地执行各种测试。ASM Traffic 包括适合雷达和超声波应用的通用传感器模型，例如在停车辅助系统中检测物体轮廓。雷达系统控制单元和 SPAS 控制单元像实际控制单元一样连接，而 LKAS 控制单元最初则由 dSPACE MicroAutoBox® 替代。例如，为了在距离控制 SCC 的雷达控制单元中开发算法，还可以将雷达控制单元替换为 MicroAutoBox。在实时仿真中，雷达传感器模型利用试验车辆的动力学数据和交通环境作为基础来生成信息，例如车速差异、前方车辆的距离和方位，然后在 MicroAutoBox 上通过 CAN 通信将此信息传输到 SCC 算法。为了在闭环仿真中集成实际雷达控制单元，计划使用一个雷达目标仿真器，通过前方车辆的相对速度和距离生成反射波以作为真实雷达回波。测试

1 雷达测试台架

雷达传感器测试台架用于对雷达传感器执行基本功能测试。这是一个带导电壁的消声室，可以屏蔽外部对内室的电磁干扰（法拉第罩）。为复现真实的交通情景，现代摩比斯公司从汽车仿真模型中选择合适的通用传感器模型并在 HIL 仿真器上运行。dSPACE MicroAutoBox 替代了雷达控制单元的角色。

2 摄像头测试台架

在实验室中测试摄像头型驾驶辅助系统的关键在于实时展示真实的车辆环境，而这些环境将被前置摄像头视为真实交通场景。驾驶场景通过 dSPACE MotionDesk 实现可视化，因此可完美地模拟摄像头。在这一测量站中，最初使用一个 dSPACE MicroAutoBox 来计算 LKAS 算法，因为该控制单元的开发尚未完成。

和实验软件 dSPACE ControlDesk 用于监视实验、记录数据、生成特定错误和对数据进行后期处理等等。在将来的摄像头测量站中，计划在现有的单目摄像头之外再增加一个立体摄像头。

Tae Seung Kim

Tae Seung Kim 是韩国龙仁市现代摩比斯公司系统测试开发部门主动安全测试开发团队的负责人。



“dSPACE 硬件和软件测试台架让我们能够高效地交互测试多个驾驶辅助系统。”

Tae Seung Kim, 现代摩比斯公司

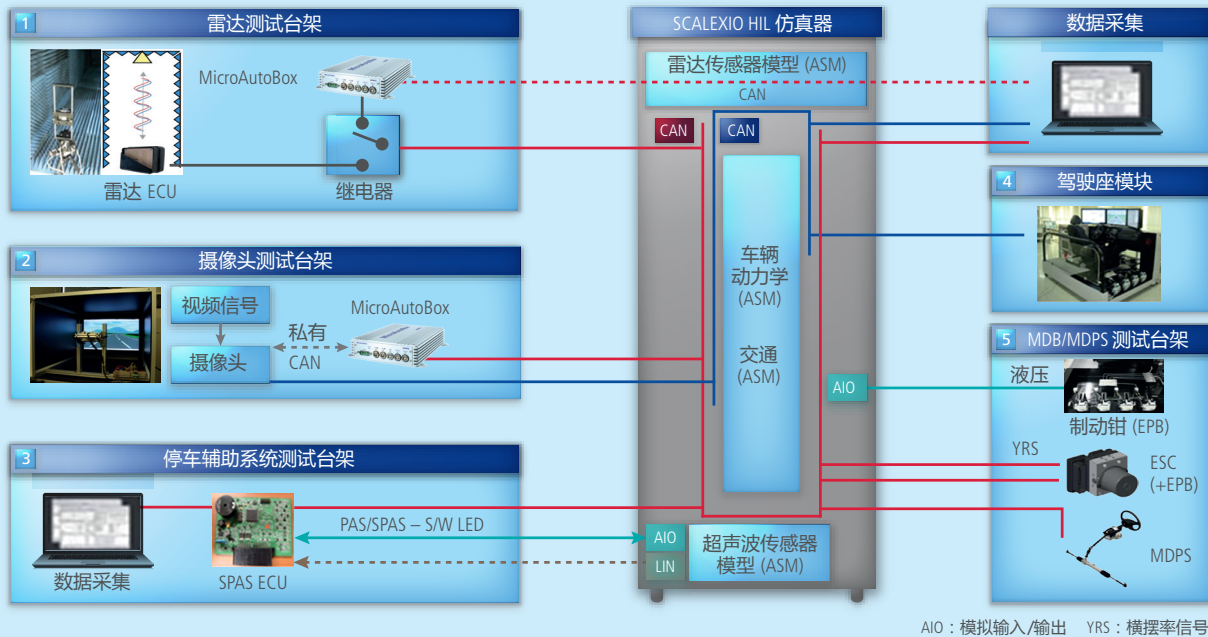


图 2：凭借 dSPACE 硬件和软件测试台架，可以交互测试多个驾驶辅助系统。

3 停车辅助系统

基于超声波的停车辅助系统的测试台架包含最终产品级 ECU 以及在 dSPACE HIL 仿真器上运行的针对超声波应用的 ASM 轮廓传感器模型。该系统并不需要实际超声波。

4 驾驶员座椅

实验人员可以直观地运行任何由 dSPACE ASM 计算并由 dSPACE MotionDesk 可视化的驾驶操纵，几乎与真实的交通情景无异。这些操纵随后可用于其他用途，例如 2 摄像头测试台架。

5 助力转向 (MDPS) 和电子稳定控制系统 (ESC)

此处将连接真实组件（转向杠和制动器，包括 ESC 控制单元），并加入不同驾驶场景的 dSPACE ASM 仿真数据或驾驶员可选输入信息，以验证系统功能是否正常。

评估 dSPACE 系统

在车辆中直接使用摄像头和雷达等新技术，对已开发系统的验证提出了新的挑战。dSPACE 按照现代摩比斯公司的要求设计出的测试系统在韩国是首次用于开发先进驾驶辅助系统的 HIL 型测试解决方案。SCALEXIO 和其他 dSPACE 产品的可靠性始终都是重要基础，使开发人员能够成功完成其工

作。dSPACE 和 MDS (dSPACE 在韩国的分销商) 不断提供支持，帮助开发和发布具有突破性的驾驶辅助系统。

传感器数据量与日俱增

已经可以预见到，未来的汽车将继续出现越来越多的传感器。这也意味着越来越多的测量值必须得到实时处理。在实验室的既定条件下使

用 HIL 仿真器有助于测试这些数据收集的最实用处理方法，从而为汽车系统生成有意义的指令。驾驶员需要始终能够轻松、快速地了解整体情况，使驾驶辅助系统能够给他们带来帮助而不是形成阻碍。■

Tae Seung Kim,
现代摩比斯公司

高速列车受电弓测试台架的高度动态性控制

在 300 km/h 的时速下

保持 供电

电力轨道车辆即使是在最高速度下也决不允许失去供电，但是轨道车与架空接触网之间的复杂作用对受电弓的标定产生了巨大挑战。因此，维也纳技术大学 (TU Wien) 和西门子 (Siemens) 正在开发一种新的测试台架，以便将部分常用测试转移到实验室中进行。而他们使用的就是来自 dSPACE 的工具。



现在的轨道交通速度正在不断加快。例如，现代车组的车速达到 300 km/h 已不再困难，但对于供电，挑战仍然存在。受电弓与架空线路之间的动态作用尤其重要。这种弹性连接系统容易产生振动，特

别是在高速情况下。如果接触力过小，受电弓将与线路分离而产生电弧，对碳滑板造成电气磨损。如果接触力过大，会增加机械磨损，并导致架空线路和碳滑板承受很高的动态负载。不同的轨道电力系统、架空线路设备和国家/地区规范会带

来其他挑战，特别是在国际轨道交通当中。因此有越来越多的现代高性能受电弓可以被控制用来主动优化接触力，即使是在高速的情况下。迄今为止，复杂的动态仿真虽然可以支持这些开发和机电设计，但是无法替代成本高昂的测试过程。因此，受电弓制造商西门子在开发合适的控制器时，尽早使用了真实受电弓的动态硬件在环测试。在这些测试当中，真实的受电弓作为被测单元，与虚拟架空线路相连。这样，西门子就能将真实测试结果与实验室开发的优势（例如可再现性）相结合。由于架空线路的动态性，很难准确描述其动作并与被测单元之间建立正确的连接。但是，如果能够对这些任务进行高质量的掌控，则此类测试台架就能以虚拟测试的形式执行快速且详尽的测试，并帮助开发人员更好地了解轨道上受电弓与架空线路的动态互动。进而使测试台架有助于在新开发车辆的测试和评估阶段中减少耗时耗力且昂贵的现场测试次数。

测试台架上的高度动态性

通过与西门子合作，维也纳技术大学 (TU Wien) 机械与机电研究院对现有高动态受电弓测试台架进行了增强，使其现在能够实时仿真受电弓与虚拟架空接触网的复杂互动。这意味着可以在虚拟测试中对实际受电弓进行真实、可再现的测试。工业机器人与直线电机相结合，担当了架空线路的角色。相应的控制器使这两个执行机构可以准确仿真架空线路在受电弓当前接触点的行为，同时测量所产生的接触力（图 1）。被测单元（即受电弓）受到的力与动态接触到真实架空线路期间产生的力相同。

>>

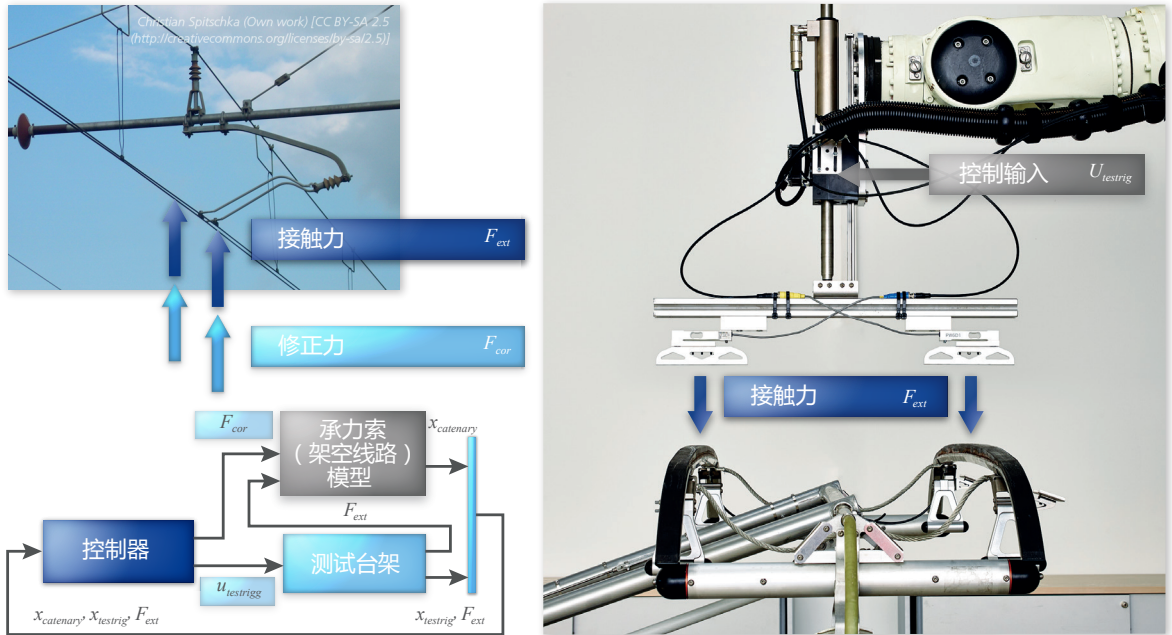


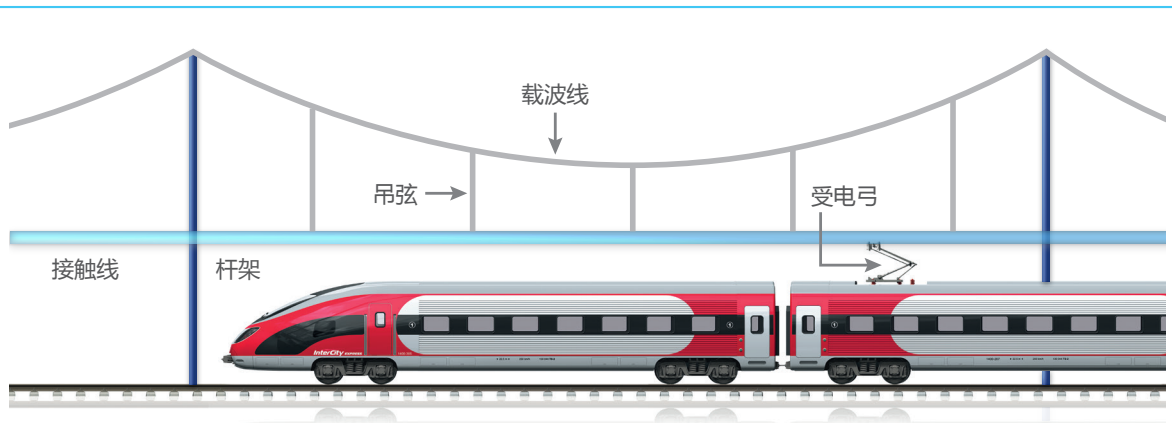
图 1：凭借 TU Wien 开发的方法，可以在西门子的受电弓测试台架上仿真实的高速列车驱动。

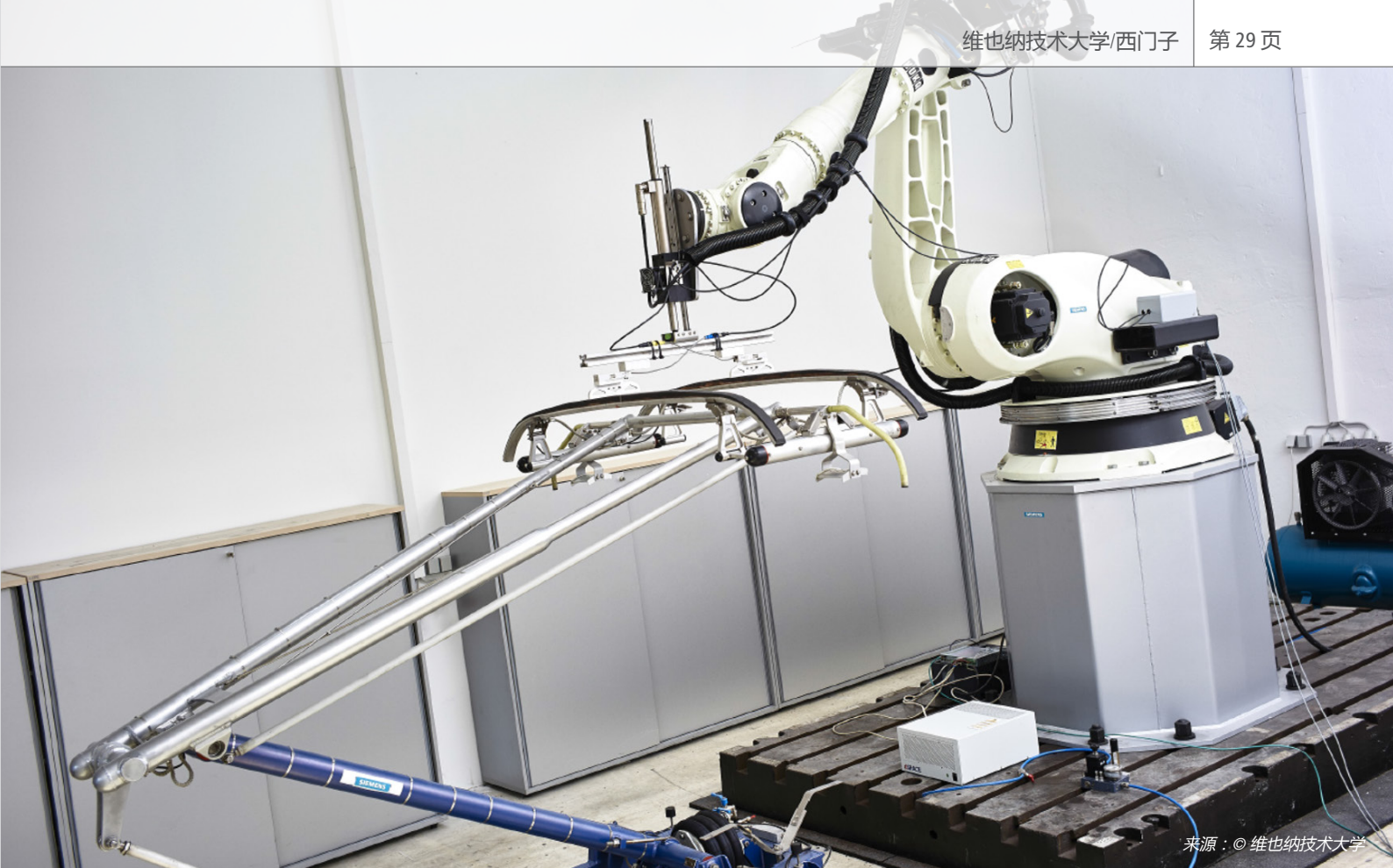
为使仿真尽可能真实，必须先开发出一种极其高效的架空线路动力学数学模型。此模型不仅需要考虑到正确的机械导纳，还包括波传播现象。此外，还必须具有实时能力。真实架空线路的主要组件是接触线和载波线，两者通过吊弦实现互连（图 2）。为了创建线缆动态行为

的数学模型，开发人员首先建立运动方程式（此情况下是偏微分方程）。由于方程是基于拖带坐标系表示，只需要考虑接近受电弓接触点的架空线路的移动。随后，可以采用适当的近似方法（有限差分、有限元）对这些方程求解。特殊的优化吸收边界条件允许受激波超出

计算范围。这样，开发人员就可以仅仅考虑一小段架空线路，同时仍然能够真实仿真更大部分的复杂架空线路的动态特征。正确的吊弦相对位置自然也需要考虑在内。这样可带来时变系统结构，需要对模型数据进行全面的自动化预处理。

图 2：此图简化了真实架空线路的所有组件，在对虚拟架空线路进行建模时必须包含在内。





来源：© 维也纳技术大学

图 3：西门子的测试台架系统允许执行受电弓测试，TU Wien 在其上使用了一块带有大量 I/O 扩展的 DS1006 处理器板。

虚拟与真实环境相结合

测试台架控制系统现在必须在虚拟动力线与正在接受测试的真实装置之间建立正确的物理连接。为实现此目标，开发人员使用了一个预测控制器。该控制器与架空线路和测试台架执行机构的精确模型相配合，可预测相应行为，并提前作出正确的控制决定。这样就能在测试台架上尽可能真实地仿真架空线路。此控制系统还可以确保控制器始终遵从物理限制，例如允许的电

机最大电流和位置限制。为实现这一行为，每个采样周期都解决了复杂的数学优化问题。为了在很困难的高动态测试案例中得到准确的物理结果（即使测试台架并未快到足以跟上虚拟架空线路），研究团队对传统硬件在环控制概念进行了开发并实施了独特的新扩展。控制器中直接通过一个单独公式来计算脉冲和能量这两个守恒量。这样可以确保虚拟架空线路和真实受电弓始终交换这些守恒量，使测试结果更

加真实。对虚拟架空线路与真实受电弓之间的复杂交互进行仿真需要极高的模型精确性，同时还必须将模型复杂性降至最低，以便仍然能够对其进行实时计算。实时系统还必须准备好从状态观测器接收的测量数据，并预估摩擦力等干扰因素。为了实时完成所有这些任务，TU Wien 需要的不仅仅是新的数值方法，还包括功能极其强大的实时平台。 >>

“dSPACE 工具不仅能够可靠地满足我们严苛的计算能力要求，还能提供最出色的灵活性，而且可以处理各种任务。”

Stefan Jakubek 教授，维也纳技术大学

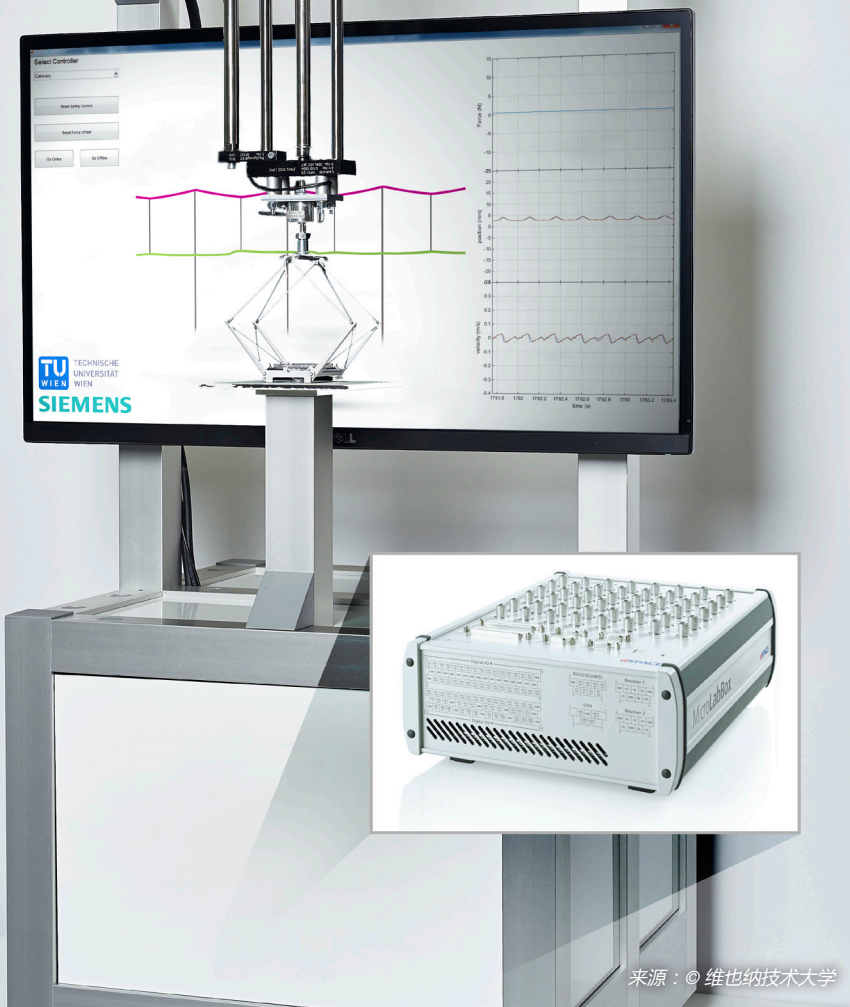


图 4：MicroLabBox 用于构建受电弓测试台架的小型演示器模型。由于开发的控制概念可以轻松地从测试台架移植到示教器，因此可在教室内将它们用作例证。

图 5：试车过程可用于演示新型受电弓如何高效地防止产生电弧。



灵活的 dSPACE 工具链

TU Wien 选择了来自 dSPACE 的实时工具。在研究项目期间，测试台架概念在两个不同的 dSPACE 平台上进行了开发。可用于测试真实大小受电弓的测试台架的核心是一块 DS1006 处理器板（图 3）。其 2.8 GHz 四核处理器可以高效地分配计算负载，从而允许开发人员执行复杂的系统仿真，并使用高采样率控制系统。例如，一个处理器内核负责测试台架的基本连接和控制（5 kHz 采样率），另一个内核则执行预测式阻抗控制（200 Hz）。第三个内核负责对架空线路的精确模型进行仿真（200 Hz）。在每个采样步长中，测试台架控制器都会根据模型状态进行初始化。针对与测试台架组件之间的定制通信，开发人员使用一块 DS4302 CAN 接口板（直线电机）、一块 DS3002 增量编码器接口板（位置传感器）、一块 DS2201 多路 I/O 板（控制变量）和一块 DS4121 ECU 接口板（工业机器人）。开发出的大多数算法都通过 MATLAB®/Simulink® 实现，并在其中直接编译。该团队还使用了易于集成的外部库，有效地解决复杂的数学问题。使用实验软件 dSPACE ControlDesk® 开发的用户界面让测试台架上的虚拟测试控制变得非常直观。除了真实大小的测试台架之外，开发人员还构建了按比例缩小的实验室测试台架，用于开发和教学用途（图 4）。实验室测试台架清晰展现了受电弓与架空线路之间的相互作用以及阻抗控制的基本情况，使其可以方便地理解。因此，TU Wien 首次采用了新的紧凑型 MicroLabBox。dSPACE 工具链的高度兼容性和无缝性使算法能够从测试台架轻松传输到更小型的实验室演示器上。

结果与展望

所述工具可用于构建高度动态、功能强大的受电弓测试台架。特别是凭借扩展的架空线路模型，可以分析多机牵引的影响，例如一台拥有大量同时升起的受电弓的列车已经在测试台架上实现。这样，就能在开发周期中尽早并且可靠地量化未来受电弓的性能。西门子与 TU Wien 进一步合作开发了受电弓测试台架，是全球第一款能够始终以守恒量来仿真偏微分方程系统动力学的硬件在环测试台架。真实的高度动态测试现在已成为可能，再加上其可再现性，可大大改善高性能受电弓，成为提高未来轨道交通效率的宝贵资产。由于测试过程可以轻松传输到更小型的演示器，使控制模型还能在教室内用于教学目的，以激发年轻一代工程师们对轨道技术的兴趣。因此，未来轨道交通极有可能在速度与效率方面创造新的记录。 ■

Stefan Jakubek 教授, Alexander Schirrer 博士, Guilherme Aschauer 工程硕士, 维也纳技术大学 Christian Saliger 理科硕士, Siemens AG Austria

本视频展示了与 TU Wien 合作开发的、正在工作当中的西门子受电弓测试平台，使您可以详细了解其新型高动态控制系统。

www.dspace.com/go/dMag_20161_tuwien_e
(© Strukt GmbH)



Stefan Jakubek 教授

Stefan Jakubek 是维也纳技术大学控制和过程自动化教授。



Alexander Schirrer 博士

Alexander Schirrer 是维也纳技术大学控制和过程自动化博士后研究员。



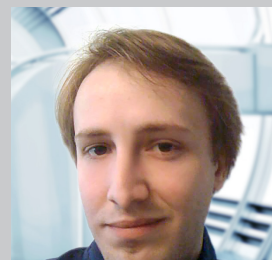
Guilherme Aschauer 工程硕士

Guilherme Aschauer 是维也纳技术大学控制和过程自动化项目助理。



Christian Saliger, 理科硕士

Christian Saliger 是 Siemens AG Austria 的受电弓开发工程师。



要开发新型的发动机燃烧过程控制系统，通常需要极快的控制环路，只有这样才能使工程师进行及时干预，甚至干预进行中的燃烧过程。亚琛工业大学使用 dSPACE MicroAutoBox II 实现了循环内控制，以确保稳定地控制汽油发动机的压燃。

在思考新的替代推进技术时，开发人员现在更多地倾向于电动汽车。这是因为那些开发人员目光短浅，认为内燃机将会被逐步淘汰。然而，实际上内燃机的开发潜力仍远未耗尽。创新的燃烧过程控制可以极大地提高效率。例如，过去一直被认为是柴油机独有的压燃技术也可以在汽油机上实现。汽油机的可控压燃（GCAI）有望大大减少二氧化碳、氮氧化物及颗粒物的排放。但是，实现 GCAI 需要复杂的控制和调节过程。因此，以燃烧室压力指示值作为输入的闭环控制已被证明前景极其广阔。对压力曲线

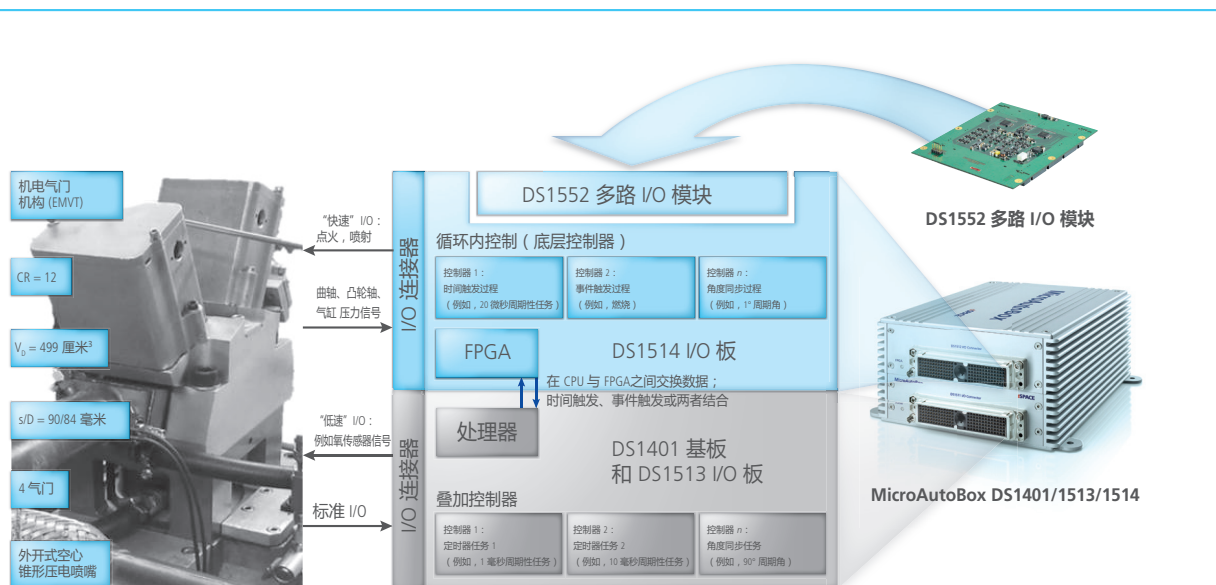
的直接热力学分析使开发人员能够立即评估燃烧过程，并在循环内对参数设定进行调整。德国亚琛工业大学内燃机研究所 (VKA) 的研究人员积极参与寻找快速控制原型的开发方法，并确保采用的方法在利用综合指标进行分析的前提下，仍能实现足够快速的循环内控制，保证最小的延迟特性。

高度可调的试验发动机

为此，亚琛工业大学的研究人员使用了一种直喷单缸发动机，其中央位置装配有一个外开压电式作动的空心圆锥喷嘴（图 1）。试验发动机进一步还配备了一个完全可调的

机电式气门机构 (EMVT)。由于气门机构可以从曲柄传动中完全脱离，因此可以根据工况点，为每个循环的压燃过程提供高比例的内部残留气体。dSPACE 的 MicroAutoBox II 与可以自由编程的 Xilinx® Kintex®-7 FPGA 相结合，已被证明是适用于执行该研究计划的理想控制原型。一开始，研究所使用了 XSG 高级发动机控制解决方案以及 MicroAutoBox II。该解决方案是一个开放的库，专为在 Simulink® 环境下基于模型的 FPGA 开发而设计，并且可以基于 Xilinx System Generator(XSG)进行使用。

图 1：带有机电式气门机构的单缸试验发动机（左侧）；带有 Kintex-7 FPGA 的控制原型系统 MicroAutoBox II（右侧）。



实时指征

该解决方案一项极具特点的功能就是具有实时能力的分析评估和气缸压力指示 (CPI)。曲轴、凸轮轴和编码器信号先在 FPGA 上由角度计算单元 (ACU) 进行评估, 然后生成一个分辨率为 0.1° 的角度信号作为进一步实时评估的基础。气缸压力信号以 1 MHz 为单位进行采样, 并同步于曲轴角度进行处理。此过程中, 循环内控制所需的热力学值将被自动计算, 例如: 放热行为、做功过程和换气过程的平均有效指示缸压、峰值缸压和缸压梯度。为确保实时性, 仅使用近似算法。在比较测试中, 使用的 CPI 算法得到了 FEV GmbH 公司成熟的指示工具“燃烧分析系统 (CAS)”的验证。产生的偏差微不足道, 不到百分之一, 因此证明可以在 FPGA 的速率下, 为循环内提供所需的控制参数。快速执行机构 (EMVT、燃油喷射) 也通过 XSG 高级发动机控制解决方案直接控制, 从而允许在仅仅几纳秒内进行控制干预。因此, 上述过程可以在一个燃烧循环中完成并为 MicroAutoBox II 处理器中运行的低速全局控制提供修正变量。

>>

点燃 发动机 创新 之火

压燃汽油发动机的循环
内燃烧控制

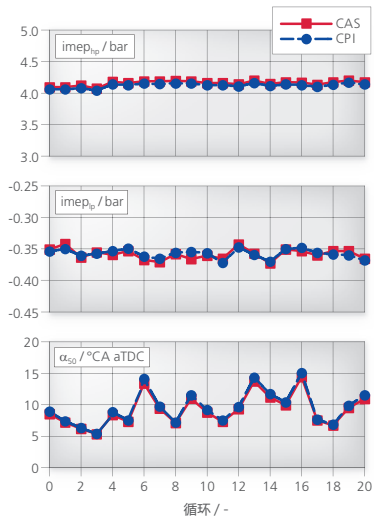


图 2：过高级发动机控制解决方案及燃烧分析系统 (CAS) 工具进行气缸压力指示 (CPI) 的示范性比较。平均有效指示缸压 $imep_{op}$ 与 $imep_p$ 和燃烧点 (α_{50}) 的偏差微不足道。

循环内控制概念

在研究实验期间，用于压燃的高比例内部残留气体通过燃烧室再循环的方式来实现。此方法中，提前关闭排气阀，延迟打开进气阀，并使提前角与延迟角相对换气阶段的上

止点对称。在此阶段，燃烧室内残留的废气将被压缩。如有燃油未燃尽，不充分的滞燃之后通常会紧接着出现早燃，并且压力急剧升高。中间压缩期间与后续燃烧点之间的压力水平存在明显的相关性。这样，极度延迟的燃烧会导致中间压缩期间出现大量放热（图 3）。循环内控制利用了这一关联性。通过高级发动机控制解决方案，可以确定中间压缩期间的最大气缸压力信号，该信号可用作控制环路的输入信号。进气阀关闭时的曲轴角度被用作控制变量（图 4 中的 IVC）。

延迟此操作会降低有效压缩比。结果，压燃条件和燃烧点也会相应延迟。提前关闭进气阀可促使压燃的发生，从而造成燃烧点提前。如果在中间压缩期间，执行的气缸压力实时评估算法发现换气阶段上止点附近存在较低的峰值压力，则用于关闭进气阀的控制变量将被移至该循环内较早的点，以防止燃烧点延迟，反之亦然。这样，控制环路将在换气阶段上止点与进气阀激活点之间关闭（在大约 90° CA 曲轴角度内，在转速 $n = 1500 \text{ min}$ 时对应 10 毫秒时隙）。

“dSPACE 工具能够实现极快的循环内控制，这为开发新型燃烧过程控制创造了机会。”

Jakob Andert 教授/工程博士，德国亚琛工业大学

Bastian Lehrheuer 工程硕士
 工程硕士 Bastian Lehrheuer 是德国亚琛工业大学内燃机研究所 (VKA) 的助理研究员。



Jakob Andert 教授/工程博士
 教授/工程博士 Jakob Andert 是德国亚琛工业大学内燃机机电系统高级教授。



Maximilian Wick 理科硕士
 理科硕士 Maximilian Wick 是德国亚琛工业大学内燃机研究所的机电系统助理研究员。



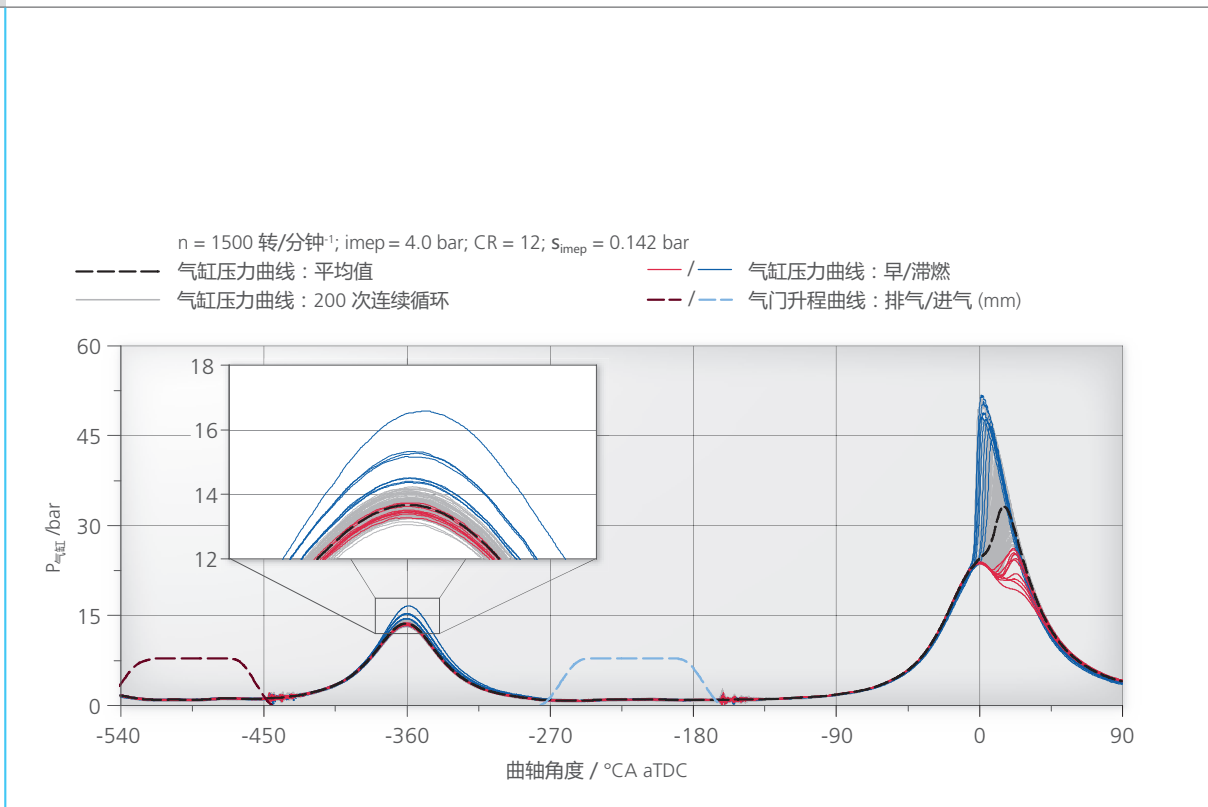


图 3 : 燃烧点过迟 (红色) 或过早 (蓝色) 的缸压曲线。周期性的压力波动被平均有效指示缸压 ($imep_{imep} = 0.142 \text{ bar}$) 的标准差量化表示, 从而可以被清晰地观测到。

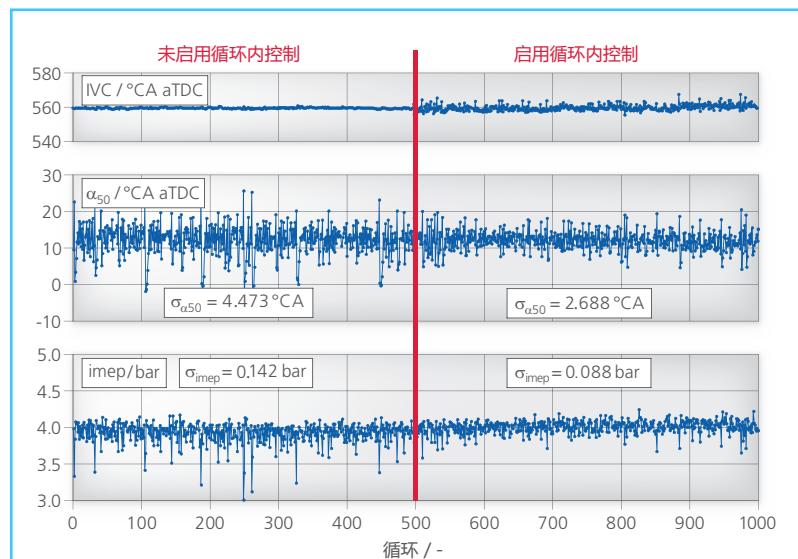
试验结果

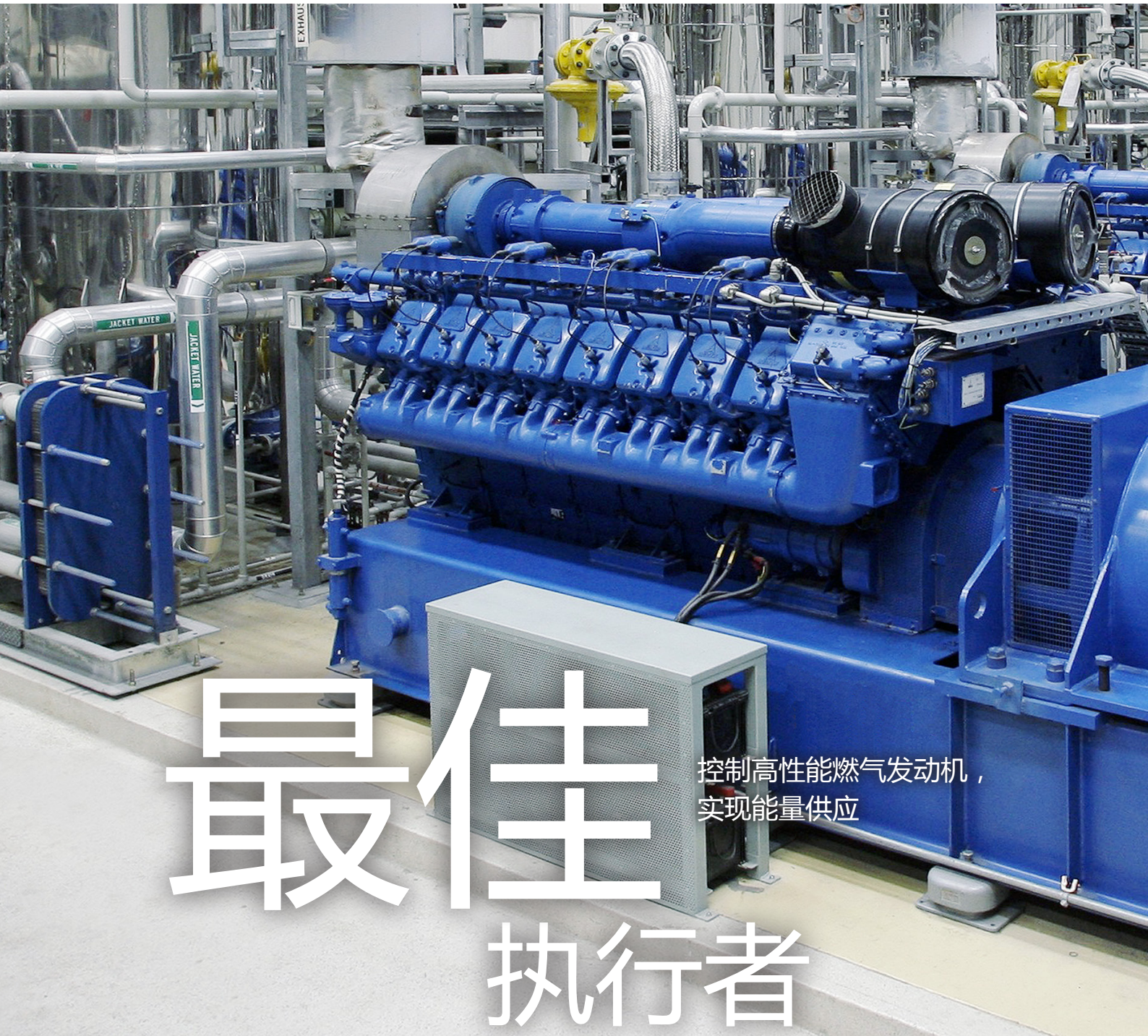
上述循环内控制的评估清晰地表明, 可以通过主动控制来避免极大的负载偏差, 从而大大降低平均有效压力指示的标准偏差 (图 4)。燃烧点也可以大大改善, 可靠避免燃烧点过早或过迟。通过利用中间压缩与后续燃烧之间的关联性, 德国亚琛工业大学的研究人员成功实现了计划中的循环内控制, 并将其应用于试验发动机。快速控制干预的潜力显而易见。该大学的进一步研究项目是将 MicroAutoBox II 的 FPGA 功能用于更复杂的控制算法。通过此项目, 研究人员希望通过气缸压力实时评估来优化燃烧过程的预测。此外, 还需要在控制变量方面进行另一项研究, 以允许在循环过程中进行控制干预。在此背景下, 内燃机研究所目前正在专门细

致地考察多次喷射和内燃机注水方面的策略。这样, 内燃机就很有可能摆脱被完全淘汰的厄运。■

Bastian Lehrheuer 工程硕士, Jakob Andert 教授/工程博士, Maximilian Wick 理科硕士, 德国亚琛工业大学

图 4 : IVC (关闭进气阀的控制变量)、 α_{50} 和 $imep$, 在启用了和未启用循环内控制时的 1000 次连续循环测试结果。通过主动控制, 平均有效指示缸压的标准偏差从 $\sigma_{imep} = 0.142 \text{ bar}$ 大幅下降至 $\sigma_{imep} = 0.088 \text{ bar}$ (底部)。可靠避免燃烧点过早或过迟。

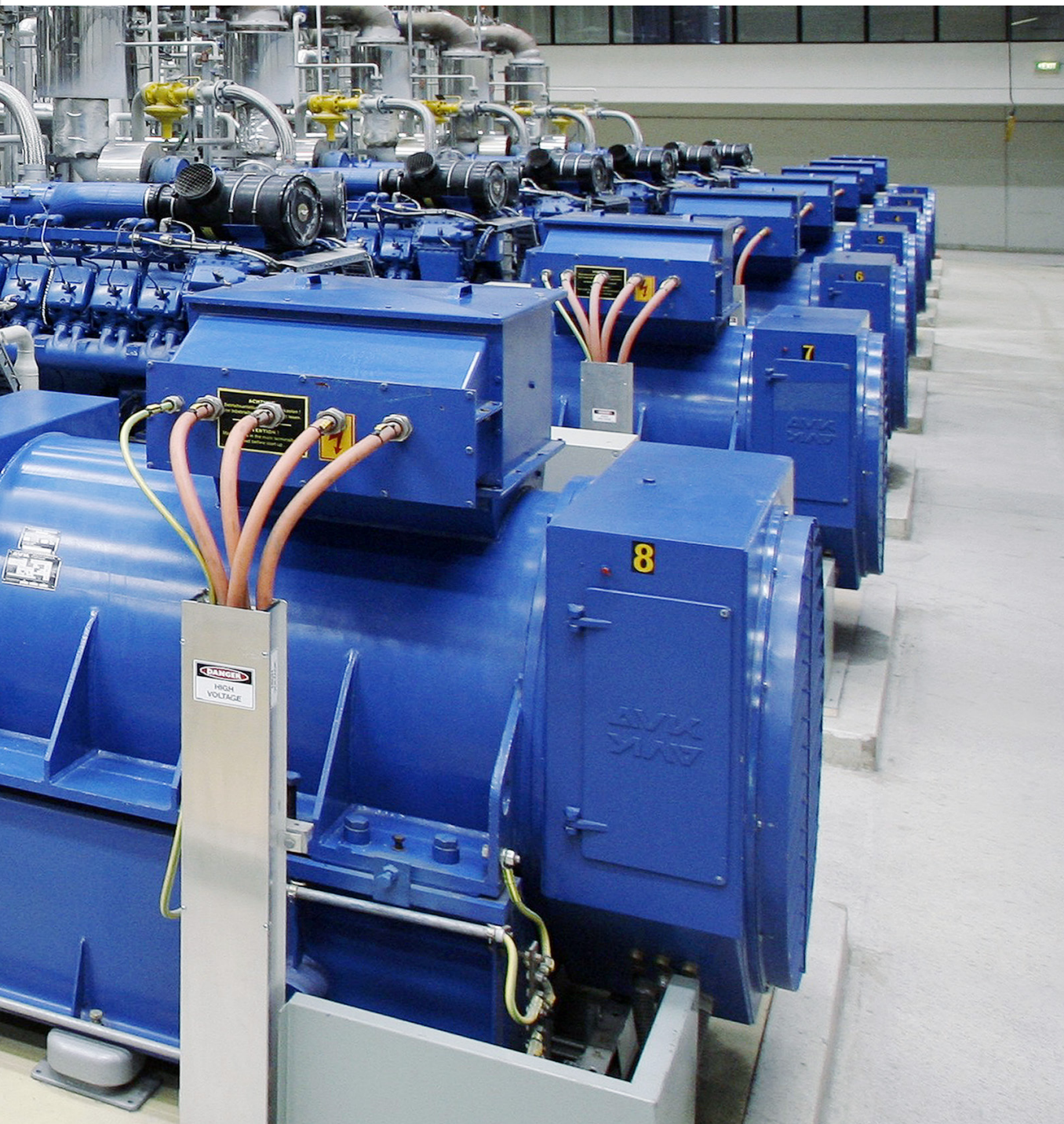




最佳 执行者

控制高性能燃气发动机，
实现能量供应

有一点非常肯定：如果您负责为合适的发电机启动大型高性能燃气发动机，您是高达 4500 kW 电力现场机动性最好的员工。功能如此强大的机器主要用于固定式发电和供热。Caterpillar Energy Solutions 开发出了一种全新的控制系统，确保未来的发电厂一直保持高效、充满活力且易于维护。



分

散式发电厂在许多不同的领域都可适用。它们可以用作独立发电厂 (IPP) 以确保在完全没有电力的地方实现灵活、充足的电力供应，例如没有原材料的偏远地区，几乎未经开发的安置区，以及由于各种原因而造成使用现有基础设施过于昂贵的地区。此外，工业和农业的生产过程中经常会产生可燃气体副产品。这样，就可以使用这些气体来实现自行供电，将产生的电能送入公共电网以实现盈利，或者将电能直接转售给邻近的生产工厂等用户。这些独立发电厂拥有燃气发动机和发电机，也非常适合解决公共电网的峰值负载需求。这些机器可进一步用于生产工业用热，例如产生热水或水蒸汽以及直接重复利用废气，例如在温室中进行二氧化碳施肥。

用于发电的燃气发动机。

综合性发电供热厂

Caterpillar Energy Solutions GmbH 是一家全球领先的供应商，其高效率、环保型整体系统适用于分散式发电和供热。Cat 和 MWM 品牌的产品系列包括燃气发动机、客户专用发电厂解决方案、完整的交钥匙系统、热电联产工厂以及安装简便、经济高效、利于环保的灵活模块化燃气发电厂。该公司还针对系统的安装和投产提供全面的建议、工厂设计、工程服务，并在全球提供客户支持与维护等服务。

燃气发动机操作要求

在无法利用公共电网的情况下必须单独发电，一家可靠的发电厂就变得尤为重要。在并网运营的同时，电力用户仍然可以在必要时使用公共综合电网。但是在独立电网中，

电力用户需要依靠小范围内的几家供电公司，并且电力供应有时只能依赖少数几台燃气发动机。为了满足峰值负载需求，公共电网需要提供可靠且随时可用的电力供应。供热也同样如此。因此，可靠性、高效性和灵活性成为了供电行业的金科玉律。这三大因素又与维护密切相关，因为机器应该做到尽量减少保养工作，同时必须缩短停机时间并降低维护成本。除了进一步开发发动机装置以尽量减少润滑油使用之外，控制开发团队还在努力寻找方法将维护成本降至最低。因此，机械因素只是解决方案的一个组成部分。必须具有一种精细的电子对象控制系统，才能满足这些要求。



来源：Caterpillar Energy Solutions

实现全新的对象控制

Caterpillar Energy Solutions 的目标是使用这一全新的控制系统使未来的被控对象变得更加高效、灵活且便于维护，并且在整个产品范围内使用全新开发的控制系统。因此，该公司决定在未来的被控对象内将第三方电子控制单元 (ECU) 替换为他们自己的电子控制单元。在发电行业的燃气发动机上应用时，这一任务比传统内燃机（例如客车发动机）更具挑战性。高性能燃气发动机的成本、规格和运行时间都相当可观，产品型号也多种多样，因此通常无法专门制造原型测试机。这样，开发团队在极限条件和高负载情况下执行测试时，就会由于启动、停机和紧急停机行为的密集测试而一直面临严重损坏真实发动机的风险，进而造成成本高企和项目延迟。此外，还必须在真实发动机可用之前就能执行测试。因此更重要的是在以下环境测试发动机控制系统：离线功能开发（软件在环 (SIL)）环境和硬件在环 (HIL) 仿真器、被控对象网络以及上级控制系统的 HIL 系统。Caterpillar Energy Solutions 的另一项要求就是使 HIL 仿真环境具有可测试众多发动机型号的灵活性和扩展性，并使其成为未来软件发布流程的基本要素，从而越来越不依赖使用真实发动机的物理测试。

>>

电机规格

- 气缸数：8 - 20
- 功率范围：通常为 400 - 4500 kW_{el}
- 所有燃气类型：天然气、填埋气、矿井瓦斯、污泥气、焦炉煤气、沼气
- “传统” 发动机控制（例如节气门）以及过程控制（例如冷却、燃气压力、电气相位）
- 特殊应急策略（例如紧急停机）



来源：© Caterpillar Energy Solutions

控制的气缸数量较多，要求在 SIL 和 HIL 测试中使用特别高效的仿真模型。

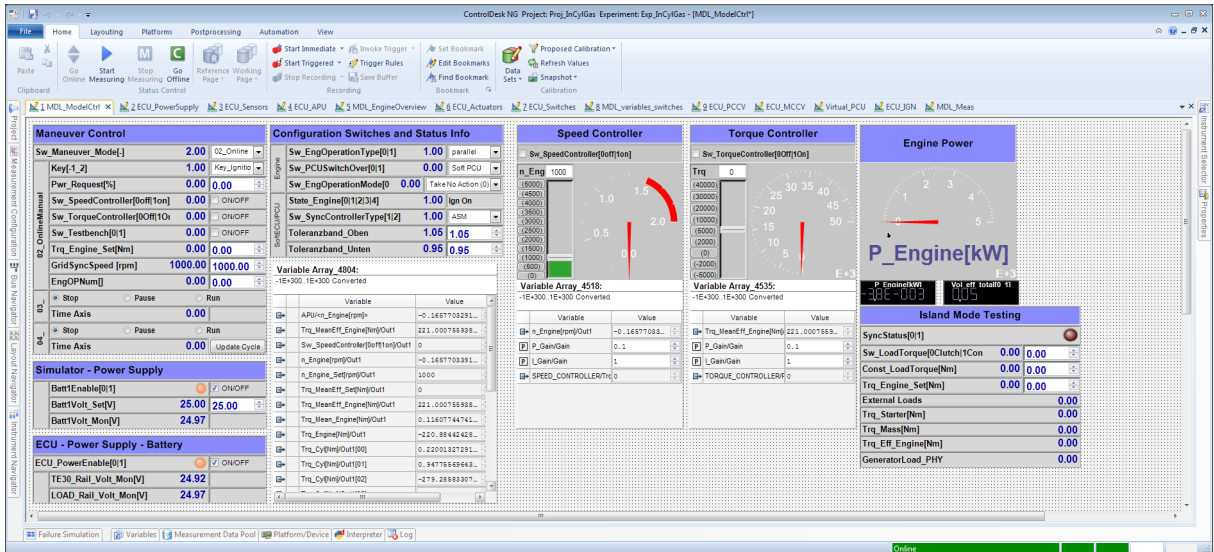


来源：© Caterpillar Energy Solutions

Caterpillar Energy Solutions 公司的 Ralph Staudt (左) 和 Sreenivasa Ravipati (右) 使用 dSPACE 仿真器对发动机 ECU 执行了广泛的 HIL 测试。

“作为工具和工程服务供应商，dSPACE 一直是我们值得信赖的合作伙伴，对于我们在 HIL 系统方面的许多细节问题，无论是仿真器规格，还是使用真实 ECU 进行闭环操作，他们都给予了很大帮助。这让我们显著加快了项目速度。”

Magnus Euler, Caterpillar Energy Solutions



使用 ControlDesk Next Generation 进行实验控制。

仿真模型的要求

为了在 ECU 开发中模拟燃气发动机，仿真模型必须能够再现特定发动机特性并具有足够的精确性。特定使用案例中的仿真范围和质量必须足够高，并在所有工作步骤中为 ECU 提供合理值。Caterpillar Energy Solutions 特别考虑了行业认可的模型，可以针对燃气发动机的特性轻松调整这些模型。这样就对内燃机被控对象模型提出了以下要求：

- 可调整的开放式模型架构，还可用于发电行业的燃气发动机
- 高计算效率，可用于最多 24 个气缸的实时仿真

- 高质量详细信息，充分满足潜在的气缸压力传感器
- 通过仿真数据和数量有限的负载点灵活实现模型参数化

用于燃气发动机的 dSPACE ASM

在 dSPACE 工程服务的支持之下，可以对 Caterpillar Energy Solutions 的原始 ASM 汽油发动机缸内模型（开放、细化的 Simulink® 模型）进行调整，使其现在可用于仿真燃气发动机。模型的调整分为几个步骤：

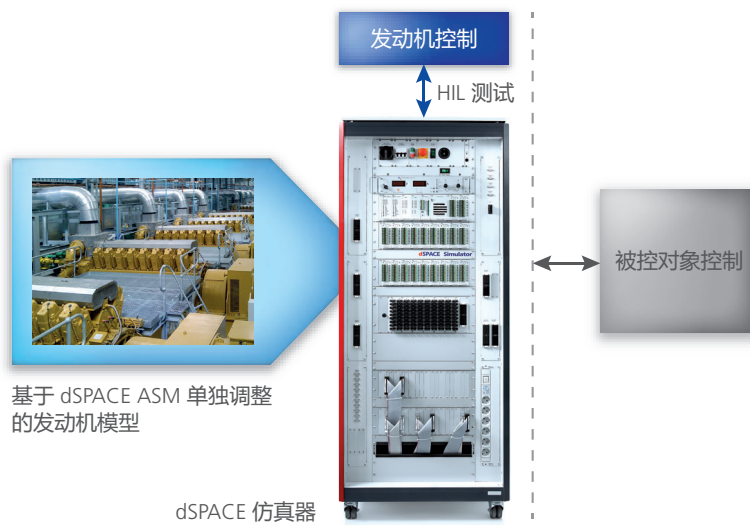
- 部分重复利用库模块，依据基础模型例如中冷器和气门等搭建出特定的发动机结构。这样就只需要付出合理的工作量，因为在默

认情况下，ASM 模型的参数化是针对带有双涡轮增压器的 V 型架构发动机拓扑。

- 根据供能技术的要求，调整汽车内燃发动机模型的结构
- 更改基础模型的物理、化学和热力参数
- 通过评估测量值来自动优化参数，以改善仿真结果
- 在离线仿真期间，通过 ASM 发动机测试台架来验证模型

“通过按照我们的要求调整 ASM 汽油发动机缸内模型，我们能够对燃气发动机执行足够真实的实时仿真。”

Magnus Euler, Caterpillar Energy Solutions



通过使用 dSPACE 仿真器以及在 ASM 汽油发动机缸内模型基础上经过修改的模型，Caterpillar Energy Solutions 无需使用真实发动机即可执行发动机控制器早期 HIL 测试。

测试新的发动机控制器

Caterpillar Energy Solutions 开发的被控对象和发动机控制器必须在多个领域经过测试。例如，必须在与电气相位同步之前、期间和之后对控制器和发动机的行为（包括启动、停机和紧急停机）进行测试，以保证电网的平稳运行。通过 SIL 仿真执行离线功能测试，在 HIL 仿真器上执行 ECU 测试。所有测试阶段中都使用了经过特殊调整的 ASM 模型。

HIL 测试系统

在 HIL 测试中使用了大型 dSPACE 仿真器。仿真器配备两个扩展盒，

各自包含一个带有扩展 I/O 的 DS1006 型系统。这样就能执行功能强大的多核、多处理器操作，特别是通过从 I/O 单独计算 ASM 模型来缩短仿真时间。dSPACE 仿真器还包含用于信号调理的模块、用于插入电气故障的故障插入单元以及用于电流测量和负载仿真的模块。在测试中使用了真实负载，例如喷油器、节气门和废气旁通阀。仿真器还连接至更大型的对象控制 HIL 系统。所有仿真任务都使用 dSPACE 的实验软件 ControlDesk® Next Generation 来执行。■

Magnus Euler, Caterpillar Energy Solutions GmbH

总结

Caterpillar Energy Solutions 开发的全新被控对象和发动机控制系统为更高效、更灵活、更便于维护的 Cat 和 MWM 产品打下了坚实的基础。dSPACE 针对重要工具提供了一站式解决方案，加上工程和支持服务，大大推动了项目的成功和快速实施。通过在 SIL 和 HIL 仿真中提前实施许多测试，Caterpillar Energy Solutions 得以在真实发动机出现之前执行大量的开发工作。之后，并不需要在昂贵的真实发动机上执行这些测试。这样就能缩短开发所需的时间。dSPACE 工具在整个产品范围内针对不同气缸数量的发动机的 ECU 创建了开发环境。新的发动机开发项目已在使

Magnus Euler

Magnus Euler 是德国曼海姆 Caterpillar Energy Solutions GmbH 电气工程部门的发动机控制主管。







平顺 成功

为拖拉机开发无级变速箱

来源：© CLAAS

在开发新型拖拉机变速箱之前，CLAAS Industrietechnik (CIT) 没有任何基于模型的软件开发经验。然而，他们的最终产品却远超预期。这一案例的成功，可以部分归功于 dSPACE 提供的强大工具。



前载



收割



耕种



市政工程

重型拖拉机在坡道起步时没有任何顿挫感，可平稳加速至最高速度，牵引力也没有任何明显损失。驾驶员只要踩下油门就足够了，离合器和变速杆已经被淘汰。CLAAS Industrietechnik GmbH (CIT) 的新型拖拉机变速箱让这一切成为可能。无级变速箱 EQ 200 即使在斜坡上也能可靠地使拖拉机保持主动怠速状态，并对油门指令即时作出响应。这一设计使拖拉机能仅依靠 1500 转/分钟的极低扭矩行驶，并达到 50 km/h 的最高速度。这样就能在行驶中节省宝贵的燃油。CIT 开发出了自己的变速箱，以提高效率和舒适性。“市面上的变速箱并不能满足我们的需

求。” CIT 产品部门主管 Jan-Willem Verhorst 介绍说。

拖拉机作为移动动力源

拖拉机的一项主要功能是通过动力输出装置 (PTO) 来驱动作业器具，例如摊草机。“正因为如此，我们不应将拖拉机单单看成车辆，而是应该看成是移动的动力源。” CIT 电子开发部主管 Helmut Konrad 解释说。“当然，这样也会带来新的挑战。”他特地强调：所连接农具的作业速度，必须独立于拖拉机的推进力进行控制。CIT 团队面临的挑战是在整个速度范围内保持高效作业以及始终优化的效率。

技术要求

为确保拖拉机在各种用途中始终保持理想状态，CIT 使用的传动控制装置可自动确定驱动和操作农具的最佳策略。此外，控制器还实现了制造商特定驱动的理念，Verhorst 作了如下解释：“总的来说，我们想努力实现低扭矩，进而降低油耗。同时，我们还希望使拖拉机具有高动力性。”另外，农业工程对防失效的安全功能提出了严格要求，因为如果由于技术缺陷导致车辆无法使用，可能会导致减产甚至欠收的发生。

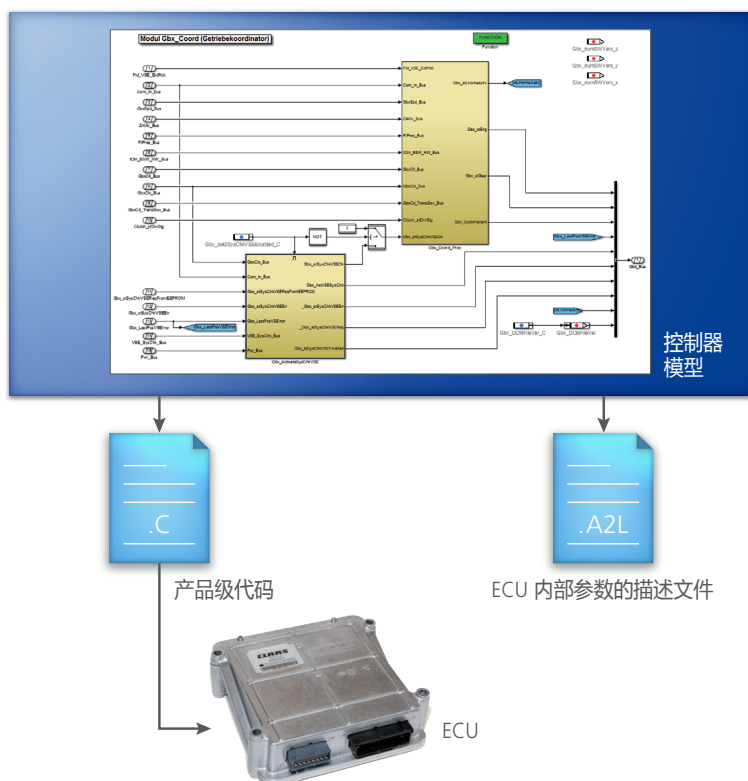
开发任务：无级变速箱

协调所有这些要求的总体目标，促成了 CIT 自行开发无级变速箱 (IVT) EQ 200 的计划，其中也包括对变速箱控制器以及驱动控制器的设计。“由于我们 CIT 在这一性能级别上并没有可以借鉴的先例，所以开发人员只能从零开始。”拖拉机传动系研发部门系统工程师 Thomas Gohde 回忆说。“正因如此，我们的愿景从一开始就毫无限制。”最初的设计图制定了极高的技术规格，因此被视作“驾驶员的梦幻机型”而载入公司史册。同时，开发人员还必须始终遵循常规要求，例如兼容汽车标准和 ISO 25119 标准，后一标准针对农业车辆定义了电子控制单元的 (ECU) 功能安全性。

选择工具链

对于驱动控制和 EQ 200 ECU，CIT 首次选择了一种基于模型的开发流程 (MBD)。但是由于他们对这

TargetLink 从控制器模型生成高效的产品级代码并部署于 ECU 上。





冬季维护

夜间作业

来源: © CLAAS



“MicroAutoBox 使我们能够在实车试验中方便、快速地测试和评估我们的控制策略。”

Jan-Willem Verhorst, 动力传动系研发部主管,
CLAAS Industrietechnik GmbH

一领域完全陌生, 因此希望只使用经过行业验证的标准工具。出于这一原因, Simulink® 很快被选定作为开发环境。但是, CIT 是如何为两种 ECU 生成目标代码的呢? 在了解 CLAAS 其他部门之前的研究成果之后, 他们选择了 dSPACE 的产品级代码生成工具 TargetLink®。他们还选择了另一种用于车辆开发的成熟 dSPACE 工具 MicroAutoBox®, 用于测试拖拉机原型中的算法。在之后的开发阶段中, 增加了两个 dSPACE 硬件在环 (HIL) 仿真系统来执行 ECU 测试。

开发功能

在项目伊始, CIT 成立了一支由四人组成的团队, 但这个队伍很快壮大, 从而可以应对额外的任务。然而, 最初的技术规格确实被设定得太高了, 即使是对这支迅速成长的团队来说也是如此。因此, 经过修订, 新的技术规格 (被命名为“梦回现实”) 重新设定了更现实的开发过程。尽管最初在基于模型的开发方面缺乏经验, 但是在 dSPACE 产品的帮助之下, 很快就见到了成效。“我们使用的工具链使我们能够将精力集中在功能开发上, 无需

处理过多的编码任务, 从而改善了变速箱开发过程中与机械部门的沟通。” Gohde 介绍说。CIT 甚至能够接手最初由开发合作伙伴执行的变速箱 ECU 项目, 并能独立地继续开发。

实施功能

CIT 使用 TargetLink 模块组来开发功能模型。“除了使用原生的 TargetLink 模块之外, 我们还为过滤器等常用功能创建了自己的模块库。” Gohde 解释说。此外, 模型引用也让开发团队享受到了分布式开发的益处。在模型引用中, 可以单独创建、生成和测试部分功能。随后可以将它们结合到上层的集成模型中, 便于 TargetLink 为软件集成生成粘结代码。此外, 该团队还使用了页面切换技术来预留存储区域, 从而可以在参数化的变量之间进行轻松切换, 并利用 TargetLink 为标定测量工具生成 A2L 文件。CIT 能够使用 TargetLink 的自有功能和 BTC EmbeddedTester 来对代码进行充分的测试, 使错误能够被尽早发现并消除。随后, 使用 TargetLink 生成的高效产品级代码被部署在控制单元上。

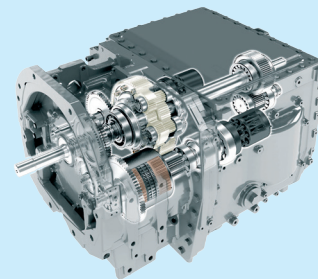
>>

无级变速箱 EQ 200

EQ 200 的组件包括一个多速比行星齿轮变速箱、一个静液压传动单元和两个多片式离合器。变速箱部件的这些组件使其能够在所有速度下保持极高且几乎恒定的效率。自动换挡时, 传动比和变速箱整个动力输出都会随之变化。两个离合器轴的扭矩随着车速加快而彼此接近, 直到达到相同的扭矩。当两个扭矩完全同步时, 多片式离合器就会进行换挡。这样, 即使工作在负载之下, 换挡时也不会出现转速或扭矩突变, 从而带来平稳的加速效果。

观看以下视频, 可以详细了解 EQ 200 变速箱的工作原理:

www.dspace.com/go/dMag_20161_CLAAS_E



EQ 200 变速箱凭借其毫无顿挫感的换挡和平顺性而令人折服。



转向



耕作



栽培



运输



“通过使用 TargetLink，我们节省了一整套开发步骤，并且始终能生成可靠的产品级代码。”

Thomas Gohde, 拖拉机传动系研发部系统工程师, CLAAS Industrietechnik GmbH

验证 ECU 软件

“从项目一开始，我们就知道 ECU 测试工作量不会少于开发 ECU 软件。” Konrad 回忆说。“正因如此，我们成立了两支同样强大的团队分别负责开发和测试工作，并使他们彼此独立以保持各自的优势。” HIL 测试从驱动控制 ECU 开始。CIT 自行开发了此任务所需的大多数仿真模型，同时使用了来自 dSPACE 的 ASM 柴油发动机模型来进行发动机仿真。在整个开发过程

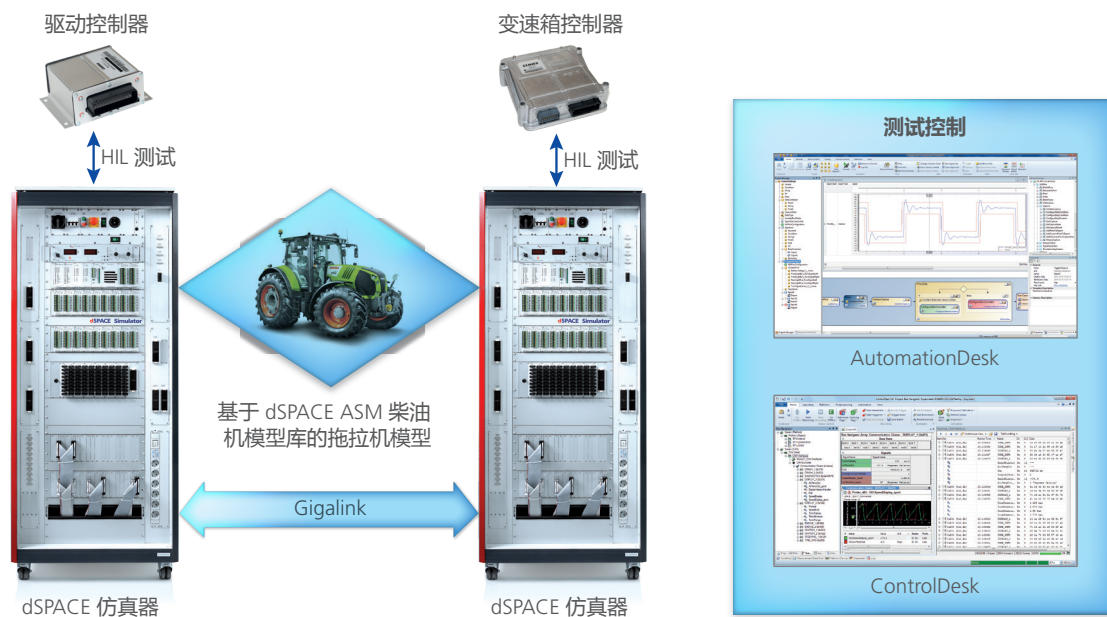
中，开发人员在 AutomationDesk 中构建了测试库以自动执行大量的测试序列。这样，他们就能利用夜间时间来测试新软件版本，并在第二天对结果进行评估。

通过系统测试进行检验和验证

完成组件测试（即驱动控制 ECU 和变速箱控制 ECU 分别经过测试）之后，接下来执行的是两个联网 ECU 联网后的集成测试。CIT 进一步扩展了测试库，使其能够测试两个 ECU

在车辆残余总线仿真中的互动情况。两套 dSPACE 仿真系统配合 AutomationDesk 使这样的完整系统测试成为可能，并且只需要两位测试工程师以及三周时间即可完成。测试的深度帮助证明了 ECU 符合 ISO 25119 标准。这些出自实验室的高度成熟软件在随后的现场测试中再次得到了验证：在类似的过往项目中，测试电子系统大约需要花费 11500 个小时，而基于模型的新方法仅需 3500 个小时即可完成。

建立 HIL 测试台架，借助自动化测试实现通宵运行。





开荒



播种

来源：© CLAAS

成功量产

2014 年，无级变速箱 EQ 200 和驱动控制器成功面市。它们被用于 ARION 500/600 系列拖拉机当中，其高效性和便利性立即征服了众多客户。与此同时，此系列的销量超过了业务规划的预期，因此客户不得不耐心等待大约一年才能收到交付的拖拉机。但是，商业成功并不代表一切。令以 Verhorst、Konrad 和 Gohde 为首的开发团队更振奋人心的是，客户对拖拉机的驱动表现和油耗给出了积极的反馈：“这一

项目之所以能够成为 CIT 最大规模、最为成功的项目，不仅仅是因为我们付出了决心和努力，还因为我们拥有高效且易于操作的工具链。尽管我们的开发人员一开始并不了解任何关于模型化开发的专业知识，但是我们仍然能够在给定的时间内交付合格的产品，一款已在现场投入使用一年之久且尚未出现软件错误的产品。” ■

由 CLAAS Industrietechnik GmbH (德国帕德伯恩) 友情授权。

项目

任务

为拖拉机开发驱动控制和变速箱 ECU。

挑战

根据 ISO 25119 标准，为 ECU 软件的功能开发和验证工作引入基于模型的开发方法和适当的工具链。

解决方案

制定基于模型的 ECU 开发流程。高效使用 MicroAutoBox 以实现快速控制原型，使用 TargetLink 来部署软件，并使用 dSPACE 仿真系统以及 AutomationDesk 来验证 ECU。在未来的项目中，CIT 计划使用数据管理软件 dSPACE SYNECT® 来管理和评估广大的测试案例及测试数据。



“dSPACE 仿真系统帮助我们显著提升了软件和质量。”

Helmut Konrad, 电子开发部主管, CLAAS Industrietechnik GmbH

快速 多平台 测试



电控测试范围在不断扩大，并且测试的整车平台数量在不断增多，但是时间和资源却是捉襟见肘。要如何才能化解这种矛盾？在中国的汽车制造商华晨汽车看来，这一切都是效率问题，所以他们采用了 dSPACE 配置齐全的仿真器系统。



为多个车辆平台打造灵活的自动测试环境

来源：© 华晨汽车

在

测试周期时间的严格要求下，验证复杂的电子控制单元 (ECU) 网络时，高效测试就是成功的关键。华晨公司的电气/电子 (E/E) 部门甚至还面临着同时测试多种汽车平台（例如轿车、小型货车、SUV 等）的巨大挑战。而且即使只是测试一种平台，其配置也是多种多样，这情况大大增加了测试的工作量。为了在人力资源有限的情况下成功完成测试任务，他们已计划安装一套灵活的自动化测试系统，该系统特别针对不同的汽车平台及配置进行 E/E 测试，并且支持在测试的平台之间轻松、快速地切换。

对测试系统的要求

为使测试系统的性能范围能够覆盖测试任务的需要，从而保证测试任务的成功实施，测试团队详细地列出了要求，并且与之前的测试工具和方法进行了比较，明确预计了要搭建测试系统的优势所在。测试系统的功能要求包括功能测试、诊断测试、测试错误注入和集成测试。在这些预计当中，提高测试效率排在第一位。准确性、可靠性、测试覆盖率、操作简便、可再现性和高灵活性也是决定性的因素。另一方面，项目的预算比较有限，团队对自动化测试的经验也不足。 >>



“dSPACE 的仿真系统切换灵活，操作简便，所以我们可以高效、可靠地对不同的车辆平台进行测试。”

詹德凯，华晨汽车工程研究院

选择测试系统

测试项目团队采用了一种整体性方法来对测试系统进行合适性选择。团队面临的问题不仅仅是需要正确的硬件和软件，还需要工程和现场培训。对于决策者而言，最重要的因素是其团队可以得到长期辅助与支持，并且能够在测试项目进行期间获得直接帮助。在这一方面，dSPACE 提供了一种极具信服力的全包式服务。该服务包含了：一套涵盖所有特定需求的“交钥匙”成套仿真器系统；针对指定应用的自动化测试服务；帮助华晨团队完成测试项目的现场工程服务。dSPACE 的硬件在环仿真器具有强大的灵活概念，使其能够到一套测试系统覆盖所有平台，从而将整体成本控制在计划的预算之内。因此，华晨汽车研究院决定采用 dSPACE 所提供的解决方案。

在硬件在环仿真系统上位机中，测试团队使用 ControlDesk、MotionDesk 和 ModelDesk 等仿真测试软件，来进行车辆动力学仿真测试。

仿真系统安装和多平台功能

仿真系统由 dSPACE 设计和制造，可以实现连续几周、每周7天、每天24小时的不间断测试（24/7 测试）和“关灯测试”，即无需人员监管的重复性自动化测试过程。改整车仿真系统包括了四个联网的仿真机柜。在进行集成测试时，车辆传动系统、底盘系统和车身系统的电控系统部分为真实的部件。在进行单个控制器测试时，也可以使用ASM 汽车仿真模型库中作为虚拟 ECU 进行替代其他真实控制器。为了在此仿真系统上，对多个车辆平台测试，需要针对每个平台独立制作负载台架包括连接线束，并且手动连接到仿真机柜上。针对每种平台预配置的模型有助于在各个平台之间轻松、快速地切换。在切换平台时，测试工程师只需要重新插入对应平台的连接线束，然后在参数化软件 ModelDesk 中选择相应的模型配置。

性能和优势

仿真测试系统通过工程服务的优化，满足了华晨公司的要求。系统可以进行标准单个控制器的测试任务，同时也可对多个控制器进行整车集成测试。

故障注入：针对控制器管脚的电流高低情况，配置了不同的故障注入单元 (FIU) 模块，可实现对控制器管脚的短路或断路等的自动故障注入。

测量静态电流：通过使用 DS285 电源开关模块，可以对单独 ECU 或整个 ECU 网络的静态电流进行准确测量。

仪表盘图像分析：在测试过程中，通过使用智能摄像头对仪表盘进行拍摄，来检测车速表、转速表或警告灯等显示，分析与预期效果进行对比。

空调控制系统测试：为测试空调系统的控制面板，通过仿真系统的 IO 硬件来仿真所有控制按钮和旋钮，代替人为的按动动作。

电动车窗测试：为测试电动车窗的控制系统（例如其防夹系统），使用可仿真电动机的电气负载（B 型电子负载模块 E-Load），对电机电流进行的仿真模拟。仿真模型中的车窗位置可以保存在一块闪存卡上，来进行断电—上电车窗系统位置记忆功能的测试。

真实部件与仿真部件的切换：测试工程师只需要在上位机测试软件中进行点击勾选，即从台架上的真实控制按键、负载和传感器切换到由仿真系统 IO 通道模拟的控制信号、虚拟负载和仿真传感器。同时用仿真模型的输入和输出来替代真实部件的控制和反馈。这样就能快速简单地实施人工手动测试和仿真自动测试。





华晨使用 dSPACE 整车测试方案的车辆平台车型展示 (来源: © 华晨汽车)。

CAN 网络仿真: 在集成测试中, dSPACE 的 CAN 网关可以将单个 CAN 节点隔离到一个单独的虚拟网络中, 从而通过残余总线仿真为 ECU 提供错误报文, 进而测试其总线通讯容错能力。

测试自动化 (TA): 华晨与 dSPACE 的工程师共同通过自动化测试软件 AutomationDesk 构建了测试框架, 其中包括所有 TA 库。自动测试案例的开发人员利用这一框架作为基础, 通过简单的图形拖拽方法, 搭建了新的测试案例序列, 以扩展测试范围。

总结与展望

从启动阶段开始, dSPACE 仿真系统就成为华晨公司所有测试任务的核心工具。凭借仿真系统的高度灵活性和简便的操作, 到目前为止的所有测试均已按时完成。计划外的平台切换, 通常会导致测试周期延期。即便如此, 测试团队也能轻松地处理这种状况。自动化测试报告为控制器开发人员提供了关于 ECU 软件质量的切实信息, 使他们可以

轻松检查错误并修正。华晨公司未来计划进一步优化测试的实施步骤和 workflow。dSPACE 的数据管理工具 SYNECT 预计将在这一过程中发挥决定性作用。■

詹德凯、米艳新、李顺治、张建新, 华晨汽车工程研究院

被测 ECU

车身 ECU :

- 空调模块 (AC)
- 全景式监控影像系统 (AVM)
- 车身控制模块 (BCM)
- 胎压监测系统 (TPMS)
- 驾驶员座椅模块 (DSTM)
- 防盗控制系统 (IMMO)
- 被动进入启动系统 (PEPS)
- 电子转向柱锁 (ESCL)
- 驻车距离控制系统 (PDC)
- 多媒体单元传动系和底盘 ECU :
- 发动机控制模块 (ECM)
- 变速箱控制模块 (TCM)
- 电子稳定控制系统 (ESC)
- 安全气囊 (ABAG)
- 自适应前照灯系统 (AFS)
- 自动停车辅助系统 (APA)

使用的 dSPACE 工具

- 4 个 dSPACE 仿真机柜
- AutomationDesk
- ControlDesk Next Generation
- ASM 电气组件
- ASM 汽油发动机基础模型
- ASM 车辆动力学模型
- ASM 交通模型
- ASM 制动液压系统
- ModelDesk
- MotionDesk
- DCI-CAN 接口
- 故障注入单元 (FIU)

中国沈阳测试团队成员。从左到右依次是: 米艳新 (开发人员)、李顺治 (开发人员)、张建新 (开发人员)、詹德凯 (部门经理)、孙立柱 (小组主管)



机器人 运动

车辆动力学交互式运动仿真



我们将如何驾驭未来的汽车？为了获得真实的印象，德国航空航天中心 (DLR) 正在使用机器人运动平台来开发和评估未来汽车的输入设备。



来源：© DLR

线控操作技术带来新的挑战，但是从机械约束中解放出来又为设计现代汽车人机接口 (HMI) 开创了新的可能性。ROboMObil 是德国航天中心的机器人线控操作研究平台，它利用了这些新的自由度来实施独立四轮转向，并帮助开发触觉输入设备。新 HMI 概念开发中的一个重要步骤就是通过驾驶员身体对转向设备（例如操纵杆）的操作，评估车辆加速在物理耦合下的稳健性。为了在基于硬件在环 (HIL) 的快速控制原型制造过程中再现这些破坏性效应，DLR 机器人运动仿真器 (RMS) 在操作时结合了 HIL 系统，该系统包含 RObo- MObil 以及 dSPACE SCALEXIO® 上的实时车辆动力学仿真。这一机器人 HIL 安装使工程师们不但能够执行纯组件功能测试，还能在逼真的交互运动仿真中调查驾驶员、车辆行为与输入设备之间的相互作用。这些研究的目的是为了通过相应运动解耦输入设备、合适的控制变量生成和力反馈策略，可靠抑制驾驶员引发的物理干扰。 >>

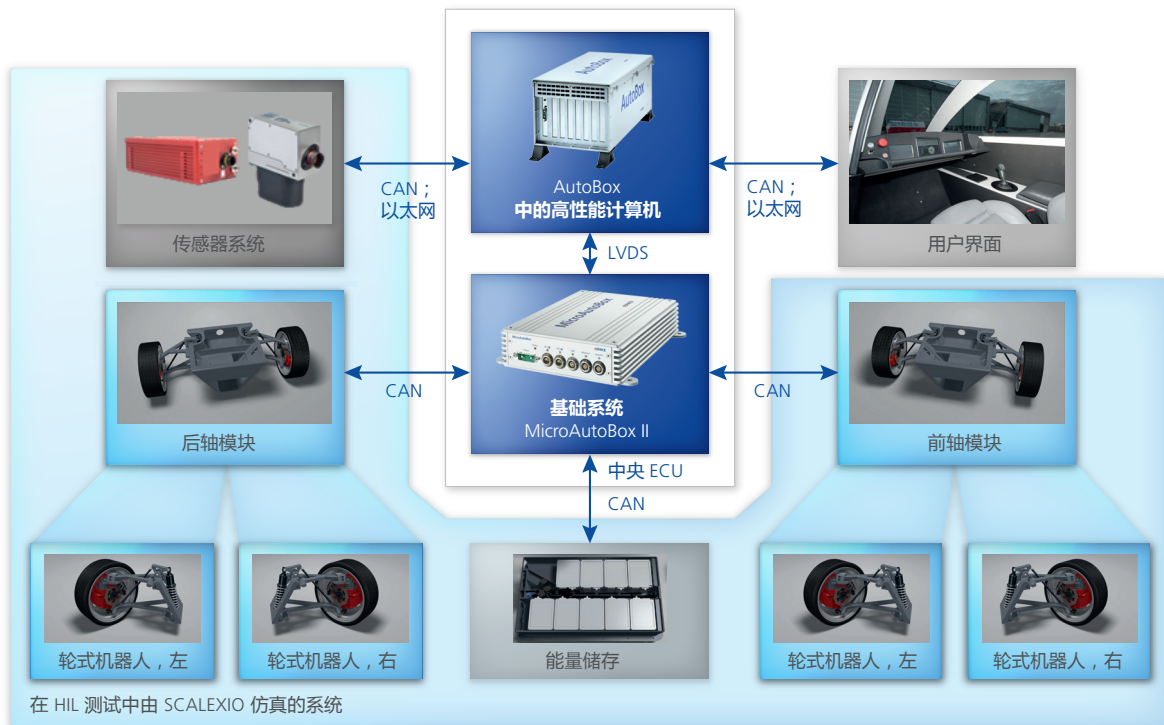


图 1 : ROboMObil 计算机网络的安装 (Eth = 以太网连接)。由实时车辆动力学仿真虚拟 (即, 在 SCALEXIO 上进行仿真) 展示的组件以浅蓝色阴影表示。

ROboMObil 研究平台

DLR 的 ROboMObil 在航空机器人的启发之下产生, 是一种带有电气动力系统的线控操作研究平台。凭借其四个高度集成、结构相同的“轮式机器人”, 该平台具有极高的可操作性。轮式机器人使其线控操作架构 (图 1) 成为可能, 并且支持大范围的车辆级别应用。其中包括各种操作模式, 例如驾驶舱控制、远程操作控制以及部分或完全自动驾驶。这使得 ROboMObil 在各个领域内成为适用于大量研究任务的出色平台, 例如车辆动力学控制、

自动驾驶以及人机接口的进一步开发。它具有极高的可操作性, 允许使用三种完全不同的运动模式, 即纵向驱动、横向驱动以及绕旋转中心进行车辆转向。每种运动类型的控制都需要一个特定的 HMI 概念, 而该概念则在机器人 HIL 安装内进行分析。ROboMObil 的当前输入设备是一个带有三种自由度的力反馈操纵杆。开发此 HMI 时出现的科学难题在于, 如何根据运动的模式, 以人机工程映射的方式将操纵杆的一个旋转和两个平移自由度转换为车辆的三个水平自由度控制。

实时车辆动力学仿真

在 DLR 的车辆动力学控制开发和验证中, 仿真工具发挥着核心作用。为达到此目的, DLR 的虚拟设计和测试环境包含了基于面向对象建模语言 Modelica 的详细多实体动力学模型。除了多实体动力学之外, 这些模型还包含传感器和机电执行机构以将各个领域结合到一个模型中, 例如机械、电气和液压。为了在 Simulink® 中开发新的车辆动力学控制装置, 可使用功能模型接口 (FMI) 标准对具有实时功能的完整车辆模型进行协同仿真。

“可编程接口提供了将 SCALEXIO HIL 系统轻松连接至非 dSPACE 系统 (例如机器人运动仿真器) 的可能性, 并且可将其作为运动仿真器集成到交互式车辆动力学仿真中。”

Peter Ritzler, 德国航空航天中心

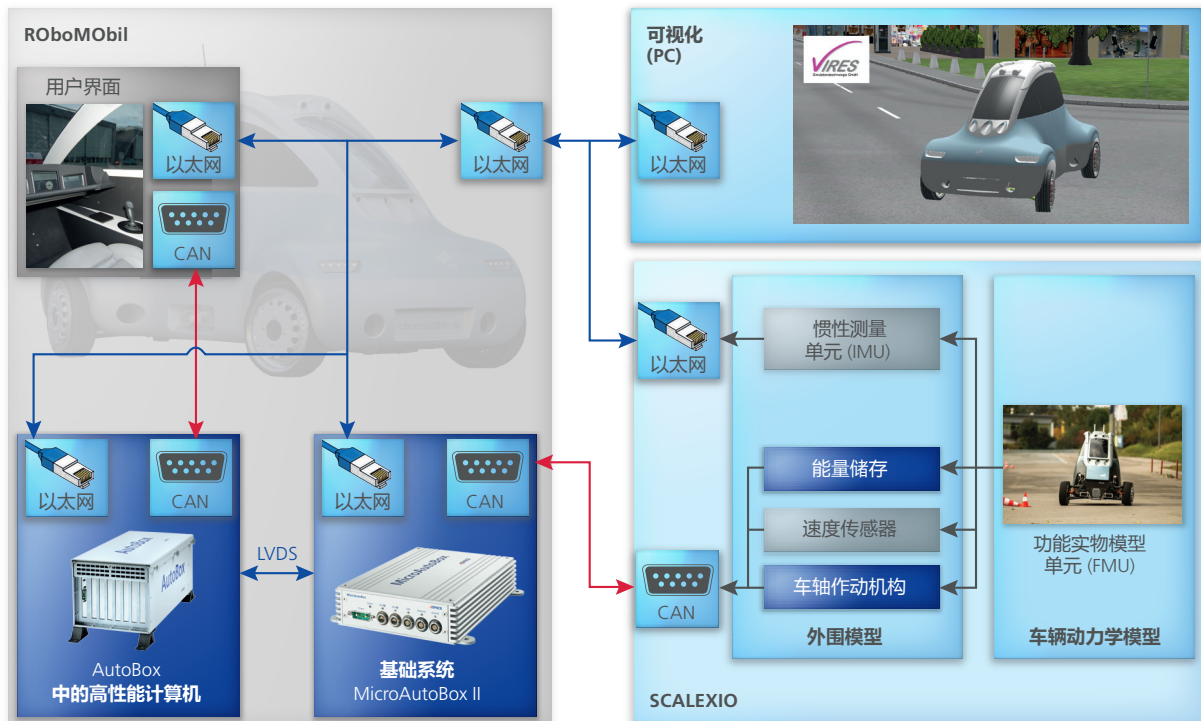


图 2：无运动 HIL 操作中的 ROboMObil，可用于安全地测试操作软件和控制装置。

在测试阶段中，ROboMObil 中央电子控制单元 (ECUs) (包含 MicroAutoBox II 和 Auto-Box 的网络) 上实施的算法在基于 SCALEXIO 的 HIL 系统上验证。此系统执行的实时车辆动力学仿真不仅涵盖多实体车辆动力学模型和轮胎 (包括其接触点)，还涵盖了图 1 中以浅蓝色显示的所有 ROboMObil 外围设备。图 2 中所示的 HIL 架构使工程师们能够在控制软件的验证过程中执行基于 FMU 的设计流程方法。通过使用 SCALEXIO 系统，可以采用来自 Dymola (一种用于 Modelica 模型的建模和仿真环境) 的功能模型单元 (FMU)。这样就可以利用来自 DLR 设计和测试环境的现有 Modelica 库，从而减轻车辆动力学实时仿真所需的开发工作量。

机器人运动仿真器

与流行的六足式系统相比，DLR 机器人运动仿真器 (图 3) 将工业机器人与线性轴相结合，从而以相对较低的成本提供了更大、可用性更高的操作空间。经过改善的操作空间允许对存在风险的场景进行动态仿真，例如接受附着力极限的动态驾驶操作。针对此类场景，DLR 目前正在开发实时轨迹规划算法，以便以动态、交互的方式生成逼真的运动。RMS 的一项应用是研究陆上车辆和飞行器的人机接口。为保持 RMS 在不同应用中的灵活性，其模块化安装可方便简单地更换仪表或整个驾驶舱，进而在不同仿真场景之间快速切换，例如通过方向盘和踏板进行控制或通过操纵杆进行控制。

整个机器人 HIL 系统

在无运动驾驶舱内进行驾驶仿真的传统 HIL 概念完全足以调查软件和硬件的功能，但是评估新型触觉 HMI 则需要付出更大的工作量。除了纯功能测试之外，此过程还涉及到研究驾驶员行为与车辆行为之间的相互作用。这一点可以通过图 4 中所示的子系统组合来实现。此安装允许考虑由于驾驶员的力耦合而对 HMI 造成的干扰。在实验期间，驾驶员坐在 RMS 的驾驶舱内，并通过虚拟地景以互动方式驾驶 ROboMObil。在这一复杂的 HIL 系统中，除了通过舱内投影仪实现的目视反馈 (虚拟现实) 之外，通过 RMS 模拟的车辆运动也对驾驶员产生影响。

>>



来源：© DLR

图 3：为增加操作空间，将一个线性轴用于 DLR 机器人运动仿真器 (RMS)。

展望：用户算例

在机器人 HIL 的帮助之下，DLR 未来将执行用户算例，以将新开发的控制接口与涉及方向盘和踏板的传统系统进行比较。机器人 HIL 为这些 HMI 概念科学算例带来一项巨大优势，就是可轻松地更换不同 HMI 硬件，并且能够在一致的环境下对它们进行比较。除了用户算例之外，DLR 机器人和机电中心 (RMC) 还在集中精力进一步开发 ROboMObil HMI 概念，以满足这一车辆架构的特定需求。一方面，控

制接口必须能够处理 ROboMObil 的所有三个水平自由度；另一方面，它还必须为将来的辅助系统提供必要的简单接口，例如路径跟踪控制和队列行驶（在车队中行驶）。这一触觉通道互动 RMC 研究项目带有此类半自动功能，对 DLR 交通系统研究所在 DLR 项目“新一代汽车 (NGC)”内的自动驾驶中所获得的开发成果形成了有效补充。■

Peter Ritzer, Michael Panzirsch, Jonathan Brembeck, 德国航天中心 (DLR)

“我们可以将设计阶段中使用的基于 FMI 的流程直接传递到验证流程中。通过将 Dymola 的功能样机单元集成在 ConfigurationDesk 中，大大减少了 HIL 仿真器中仿真物理环境时所需的开发工作。”

Jonathan Brembeck, 德国航空航天中心

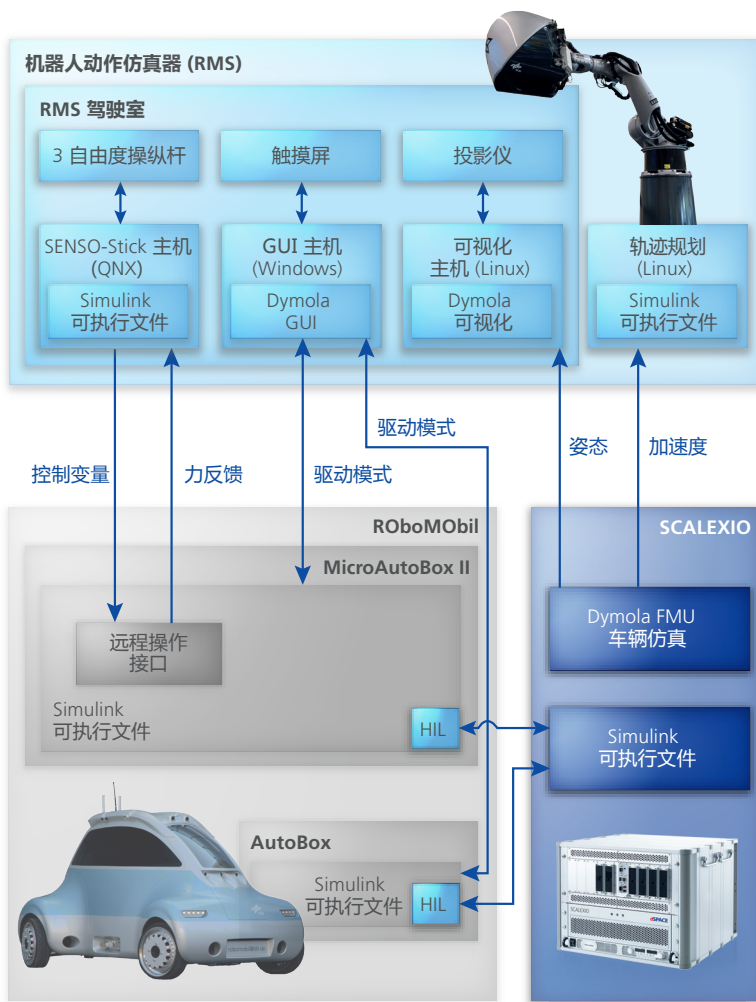


图 4：整个系统安装。这一特殊 HIL 应用的目的是为了在真实、已知实验室条件下评估创新型 HMI 概念。

感谢辞：

以下人员对我们安装移动 HIL 基础设施提供了极大帮助，在此对他们深表感谢！来自机器人运动仿真器团队的 Tobias Bellmann、Andreas Seefried 和 Miguel Neves，他们负责运动仿真器的集成和调整；来自 ROboMObil 团队的 Christoph Winter，他负责 3D 可视化。还要感谢 Tilman Bunte 教授博士对本文所作的贡献。

查看 ROboMObil 所采取的行动：

www.dspace.com/go/dMag_20161_DLR



有关 ROboMObil 的更多信息：

<http://www.dlr.de/rmc/sr/robomobil>

Peter Ritzer

Peter Ritzer 是德国奥博珀法芬霍芬 DLR 机器人和机电中心 (RMC) 系统动力学和控制装置研究所的助理研究员。



Michael Panzirsch

Michael Panzirsch 是德国奥博珀法芬霍芬 DLR 机器人和机电中心 (RMC) 机器人和机电研究所的助理研究员。



Jonathan Brembeck

Peter Ritzer 是 ROboMObil 项目经理，还是德国奥博珀法芬霍芬 DLR 机器人和机电中心 (RMC) 系统动力学和控制装置研究所 (SR) 车辆系统动力学部门的主管。



Ford 曾经寻找一种方法，用来培训从非AUTOSAR 迁移到 AUTOSAR领域 的人员和应对软件（特别是汽车软件）行业的常见挑战：软件交付周期。简单来说，大家都知道越来越多的软件正在以前所未有的速度交付，并且这一趋势还将延续下去。与消费电子行业的某些产品不同，汽车行业具有其独特性，因为汽车电子产品需要稳定性且在恶劣环境下也必须正常工作。但是，消费者需要与消费电子产品类似的体验。汽车行业如何才能跟上消费电子行业的步伐，同时应对严格的验证要求呢？仅仅实施 AUTOSAR 并不能缓解担忧，因为许多 AUTOSAR 用户仍然会在开发周期的很晚阶段测试其代码。只有在工程师理解测试流程情况下，可以通过增加人手成功解决加速开发时间的问题。面临困难在于如何高效培训对流程一无所知的人。通过利用 dSPACE VEOS® 来提供仿真环境，Ford 可帮助其开发人员更快地测试软件（甚至在硬件可用之前），并且为他们提供了一种使用 AUTOSAR 进行实验的环境。

通过仿真实现加速

虚拟 ECU 仿真通过多种方式支持实现这些目标。首先，它可以在成本高昂、资源有限的硬件在环 (HIL) 测试之前，在功能开发人员的计算机上发现并消除许多问题。这种非 HIL 方法可以实现 HIL 资源的利用率和投资回报率最大化，现在已经用于执行 HIL 测试案例，并且不存在因非 HIL 任务造成成本增加。对于 dSPACE 的虚拟仿真工具，功能开发人员使用了 ControlDesk® Next Generation，这是 HIL 团队和标定人员使用的相同的标定和可视化工具。因此，功能开发人员首先开发



了实验、界面和设置，从而提早为 HIL 工程师作好测试准备。尽管基于模型的设计流程确实包含了软件在环 (SIL) 测试，但是通常 Simulink 中的“软 ECU”被用于粗略估计缺失 ECU 时的功能行为。不过，这种做法比较容易出错。更好的方法是集

成应用层软件，实时操作系统和其他较低级别的组件软件。在最好的情况下，包括所有的 ECU，仿真基本上就是虚拟的 ECU 试验，即使没有硬件也不应妨碍联网的系统级测试。 >>



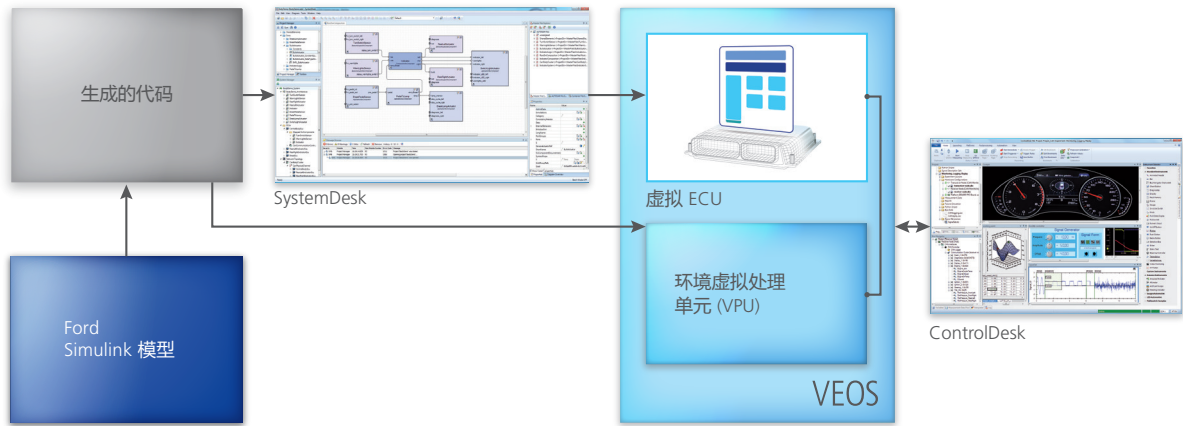
采用快速

使用 VEOS 进行 AUTOSAR 仿真

AUTOSAR

来源：© Ford

福特汽车公司要求工具链一方面能够加快开发流程以满足客户期望，另一方面能够减少新手熟悉这一方法所需的时间和精力。dSPACE 虚拟验证工具链同时满足了这两项要求。



VEOS 使用自下而上的工作流程，对使用 SystemDesk 生成的 AUTOSAR 代码进行仿真。该仿真软件与行业内标准的和知名的标定和测量工具 ControlDesk 实现了集成。

自上而下或自下而上

许多情况下，Ford 的 AUTOSAR 工作流程设计流程实际上都是从行为建模工具而不是软件架构工具中开始，这是因为现在已经存在了许多模型。但是在某些情况下，还是需要开发新的架构。这时，工作流程就是从 SystemDesk® 中开始。尽管想要做到始终在 SystemDesk 软件架构工具中开始，但是 Ford 发现通过在 Simulink 中构建模型来开始工作流程会更加有利。SystemDesk 可以按照导入的 Simulink 模型自动完成所有设置，与执行手动配置相比可节省大量时间。由于其中包含许多架构性信息并反映了模型的结构、数据类型和接口，因此可以从 Simulink 模型中轻松获取此类信息并真正做到节省时间。

灵活的工具链

与许多软件工具供应商一样，dSPACE 将其工具划分为不同的子组件以吸引广泛的客户群。根据工作职责的不同，可以使用不同的工具组合。在生产环境中，员工只需要能够满足其工作职能要求的工具链子集。例如，团队中可能只有系统架构师需要使用 SystemDesk，这样可以降低每个工位的平均成本。

轻松分配

将软件组件 (SWC) 导入到 SystemDesk 之后，就会构建组合图以显示软件组件的相互联系。此组合图可轻松映射到 SystemDesk 中的系统。该系统描述了 AUTOSAR 软件组件与 ECU 网络集成的信息。所有软件组件都可以分配或映射到相

同的 ECU 实例。如果在系统中添加另一个 ECU，则系统架构可以将某些软件组件重新映射到一个新的 ECU。SystemDesk 可自动处理重新分配所产生的任何影响。

自动确定合适的基础软件

用户（特别是 AUTOSAR 新用户）可以受益于 SystemDesk 大大简化工作流程的自动化功能。“自动配置和生成”步骤可以为 RTE 和 I/O 创建基础软件 (BSW) 代码。例如，在 SystemDesk 的“新建 ECU 配置”对话框中，用户可以选择预定义的配置。如果用户选择“默认单个 ECU 配置”，则 SystemDesk 会自动生成为仿真而定制的必要基础软件层子集。这样极有帮助，因为 SystemDesk 可以根据应用层生成

“拥有 VEOS 之后，福特公司在数月之内便通过培训和软件评估获得了丰硕结果。”

Kurt Osborne, Ford 福特汽车公司

自定义的 ECU 配置。Ford 利用了 SystemDesk 提供的虚拟 ECU 抽象层以及自动化配置。此外，所有 Runnable 均可自动映射到操作系统任务。这是一个很好的开始，还可以为新手们简化任务。通过利用行业标准的调度程序，无需在 Simulink 模型中创建调度程序。自动化配置和生成步骤还可以创建用于将 V-ECU 连接至 VPU 的虚拟处理单元 (VPU) 端口。I/O 硬件抽象和数据访问点模块可手动添加到 ECU 配置中，便于从环境虚拟处理单元访问端口。“环境虚拟处理单元”就是被控对象模型的别称。通过“自动化配置和生成”按钮，用户可以让 SystemDesk 生成用于仿真的 ECU 代码。生成代码之后，将构建用于在 VEOS 平台上执行仿真的仿真文件。

使用 VEOS 平台进行虚拟 ECU 仿真

相反，这一仿真环境的中枢是一种有意识地降低用户和工具直接互动。离线仿真平台 VEOS 自 2012 年起即已投入使用，只是有点不引人注意而已。

VEOS 提供了一种独特的仿真环境。Simulink 可以在应用层通过基于 AUTOSAR 的 C 代码独立执行 SIL 验证。而 VEOS 则更进一步，利用 AUTOSAR 堆栈的其余部分（即 BSW 和 RTE）提供了对全集成应用层进行仿真的能力。VEOS 带来了一种集成解决方案，使 Ford 能够在开发周期中提早发现问题。可以为仿真、通用标定协议 (XCP) 和总线通信生成仿真日志文件，并且提供关于控制器局域网 (CAN) 总线负载的反馈。CAN 总线跟踪信息可以由用户进行分析，以确定负载或者导出至另一个工具进行分析。在此项目

反馈的启发之下，未来的软件版本中将包括与 ControlDesk 的 Bus Navigator 的集成。

自动化，自动化，自动化

Ford 项目的其中一个交付内容是为新手提供基于模型的自动化工作流程。在斯图加特 MAC 2015 的展会中，MathWorks 强调了实现 AUTOSAR 工作流程自动化的重要性。这次 AUTOSAR 展示着重介绍了九大建议，其中一项就是“不断自动化”。工作流程按工具链组件分为两个单独的部分，Ford 分别实现了其自动化。Simulink 部分通过使用 MATLAB M 脚本实现自动化。dSPACE 工具的工作流程通过 Python 脚本实现自动化，从而使想法可以轻松实施。

后续步骤

dSPACE 和 Ford 成立了一支出色的开发团队，他们快速建立了虚拟 ECU 仿真环境，有助于快速采用 AUTOSAR 并加快软件上市速度。Ford 在数月之内便通过培训和软件评估获得了丰硕成果。在这一成功的基础之上，Ford 将能够迅速加大

为什么使用虚拟验证？

- 这种非 HIL 方法可以实现 HIL 资源的利用率和投资回报率最大化。
- SystemDesk 可以按照导入的 Simulink 模型自动完成所有设置，与执行手动配置步骤相比可节省大量时间，还能自动处理重新分配所产生的任何影响。
- 虚拟验证使福特公司可以加快软件的上市速度。

对 AUTOSAR 的利用率。其他同事也已经表示出了兴趣，迫切希望能够将 VEOS 用于他们的项目。■

Kurt Osborne ,
Dalya Kozman ,
福特汽车公司

Kurt Osborne

Kurt Osborne 来自美国迪尔伯恩 (MI) 的福特汽车公司研究与高级工程部门，是基于模型的设计与软件架构方面的技术专家。



Dalya Kozman

Dalya Kozman 来自美国迪尔伯恩 (MI) 的福特汽车公司研究与高级工程部门，是基于模型的设计与软件架构方面的研究工程师。







灵活的功能测试

桌面 仿真器

可以灵活改变和定制的小型硬件在环仿真器特别适合快速地测试新的功能或控制器。这就是 dSPACE 推出的新型 SCALEXIO LabBox。

快速、实时检查新创意非常重要，特别是当新功能开发仍然处于初期阶段时。通过使用 SCALEXIO® LabBox 的桌面版本，用户可以在其桌面上直接运行硬件在环 (HIL) 仿真。

SCALEXIO LabBox

SCALEXIO LabBox 的尺寸为 45x35x18 厘米，只需占用一张标准 A3 格式（近似美式账簿大小）纸张的空间。最多可以插入 18 块 SCALEXIO I/O 板卡以满足不同要求。SCALEXIO LabBox 的所有 I/O 板卡也可以在更大型的 SCALEXIO HIL 系统中使用，从而允许用户在两个系统之间交换 I/O 板。在大型 SCALEXIO 系统中，SCALEXIO I/O 板卡可以无缝地与其他 SCALEXIO 板配合使用，例如 MultiCompact I/O 单元和 HighFlex 板卡。SCALEXIO LabBox 中可以使用以下板卡：

- DS6101 多路 I/O 板卡允许用户生成和测量典型汽车信号，并为 HIL 仿真提供大量 I/O 功能。
- DS6201 数字 I/O 板卡提供了大量 I/O 通道，这些通道全部可以配置为输入或输出通道。可用 I/O 功能包括数字、PWM 和 PFM 功能。
- 全新 DS6301 CAN/LIN 板卡支持 CAN/CAN FD 和 LIN 总线协议。
- DS2655 FPGA 基板及其 I/O 模块（DS2655M1 多路 I/O 模块和 DS2655M2 数字 I/O 模块）提供了用户可编程的 FPGA，专为需要高速率、高分辨率信号处理的应用而设计。

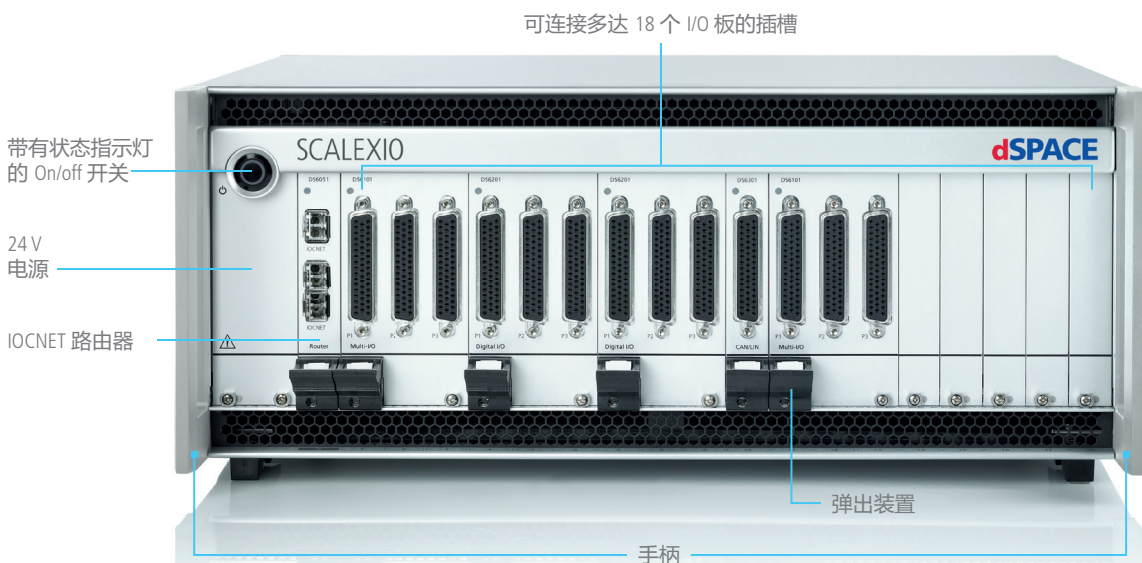
为提供计算能力，SCALEXIO 处理单元通过 IOCNET 电缆和 IOCNET 路由器连接至 SCALEXIO LabBox。通过 IOCNET 和 IOCNET 路由器，多个 LabBox 可连接到一个 SCALEXIO 处理单元。因此 SCALEXIO LabBox 系

统可以进行调整以满足项目所要求。这一组合形成了功能非常强大、灵活性极高的系统，可以在首次 HIL 仿真中测试广泛的功能。SCALEXIO 处理单元带有一个以太网连接器，可用于将其连接至以太网设备和网络。

用于 CAN 和 LIN 的新板卡

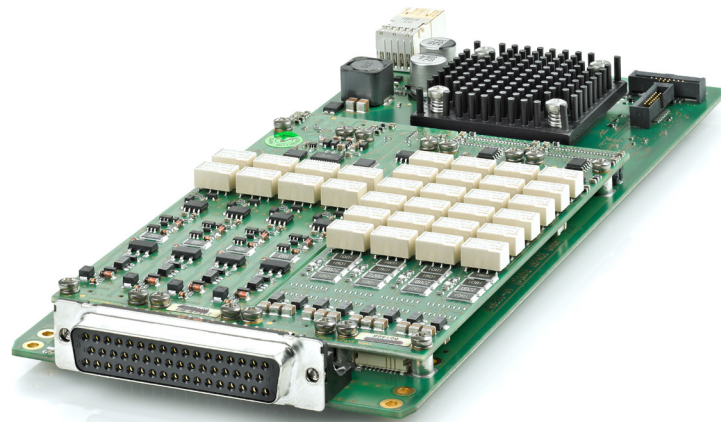
DS6301 CAN/LIN 板卡是用于 SCALEXIO HIL 仿真器的最新 I/O 板卡。它提供了四个 CAN/CAN FD 通道（ISO 和非 ISO CAN FD）和四个 LIN 通道。由于通道的高密度，每个总线通道的成本得以降低。可以使用实时接口多消息模块组 (RTICANMM/RTLINMM) 或总线管理器来配置通道。与 ConfigurationDesk® 结合使用时，总线管理器允许用户以图形方式来配置通道。

全新 SCALEXIO LabBox 使首次功能测试变得非常容易。



标准化和灵活性

SCALEXIO LabBox 的所有板都能用于典型汽车功能，无需专门调整。它们全部提供了标准化 50 针 Sub-D 连接器，用于连接具有两种不同针脚配置的电子控制单元 (ECU)：一种用于连接最多 20 个差分通道，一种用于连接最多 32 个单端信号。与不同板卡使用不同连接器相比，使用标准化连接器时布线更为容易。信号调节已实现集成，因此可立即执行功能测试。对于带电气错误仿真的测试场景，大型 SCALEXIO 系统提供了必要的组件。用户可以按需要更换 I/O 板卡。由于某些板卡需要占用多个插槽，因此最大板卡数视项目而定。板卡更换非常容易，从而能够快速测试新创意。更改功能之后，可以灵活地调整系统。通道在 ConfigurationDesk 中以图形方式配置，而仿真则通过



DS6301 CAN/LIN 板卡允许开发人员使用 CAN、CAN FD 和 LIN 通信。

ControlDesk® 进行控制。来自其他项目的现有 ConfigurationDesk 配置和 ControlDesk 布局还可以在更大型的 SCALEXIO 系统上无缝使用以执行进一步测试，例如进行故障仿真。■

两款 LabBox 型号

SCALEXIO LabBox 提供了两款型号。



与 SCALEXIO 处理单元一起使用时，桌面版可在开发人员自己的桌面上进行首次 HIL 测试。



机架安装版可以安装到 19" 系统中。它主要在特定项目 HIL 系统中使用。

迎接

多传感器 挑战

ADAS 和自动化驾驶高级工具链

dSPACE 和 Intempora 签署合作协议，旨在为先进驾驶辅助系统和高度自动化驾驶功能的开发提供高级工具链。根据此协议，dSPACE 将在全球范围内独家分销 Intempora 用于多传感器应用的无与伦比的软件环境 RTMaps。

多 传感器应用在先进驾驶辅助系统、自动驾驶、多模式人机界面、机器人和航空航天等许多领域中发挥着必不可少的作用。在实验室或车辆上开发这些应用时，通常需要实时地采集、同步和处理摄像头、激光扫描仪、雷达传感器或 GNSS 接收器等各种传感器传输的数据，并需要连接 CAN、LIN 或以太网等通信网

络。在测试和开发阶段，具备录制、可视化和回放与时间相关的数据的能力也十分重要。Intempora 公司 (www.intempora.com) 提供的 RTMaps (实时多传感器应用) 专为这些使用案例而设计。它为 x86 平台和 ARM 平台 (支持 Microsoft Windows® 和 Linux 等操作系统) 提供模块化运行时开发环境。

将 RTMaps 无缝集成到 dSPACE 工具链

dSPACE 将 RTMaps 紧密集成到其全面的工具链中，使用了专为两者双向低延迟通信而设计的接口模块组，而且在 RTMaps 与 dSPACE 工具 (例如实时系统或基于 PC 的仿真平台 VEOS®) 之间实现了时间同步。dSPACE 可视化的实验软件 ControlDesk® Next Generation 也可



“RTMaps 完美匹配整个 dSPACE 工具链，如今已成为 ECU 软件开发中的事实标准。因此，我们非常自豪能够与市场领导者 dSPACE 合作，dSPACE 享有全球声望，拥有全球分销能力，将促进我们的创新型产品 RTMaps 在这一领域的未来发展。”

Nicolas du Lac, Intempora 总经理

通过 ASAM XIL API 连接到 RTMaps。借助于这类接口函数，用户可以监控并参数化在 RTMaps 内实施和处理的组件。

RTMaps 概述

Intempora 的 RTMaps (图 1、图 2) 是一个基于组件的软件开发和执行环境，使用户能够对来自各种传感

器和不同车辆总线的各类数据进行时间戳添加、录制、同步和回放处理。通过使用模块框图以及集成用户自己经专用软件开发套件获得的 C++ 或 Python 代码，为多传感器应用情况下集成、测试和对标先进功能 (例如信号处理、计算机视觉和数据融合) 提供了一个强大的环境。RTMaps 环境提供的各种汽车传感器

和总线、可视化功能、数据通信、预处理等综合组件库，促进了功能开发。除 ADAS 和自动化驾驶之外，RTMaps 的应用领域可扩大到移动机器人和先进的人机界面等。RTMaps 强大的软件架构开发工作于 1998 年始于久负盛名的国立巴黎高等矿业学校。

>>

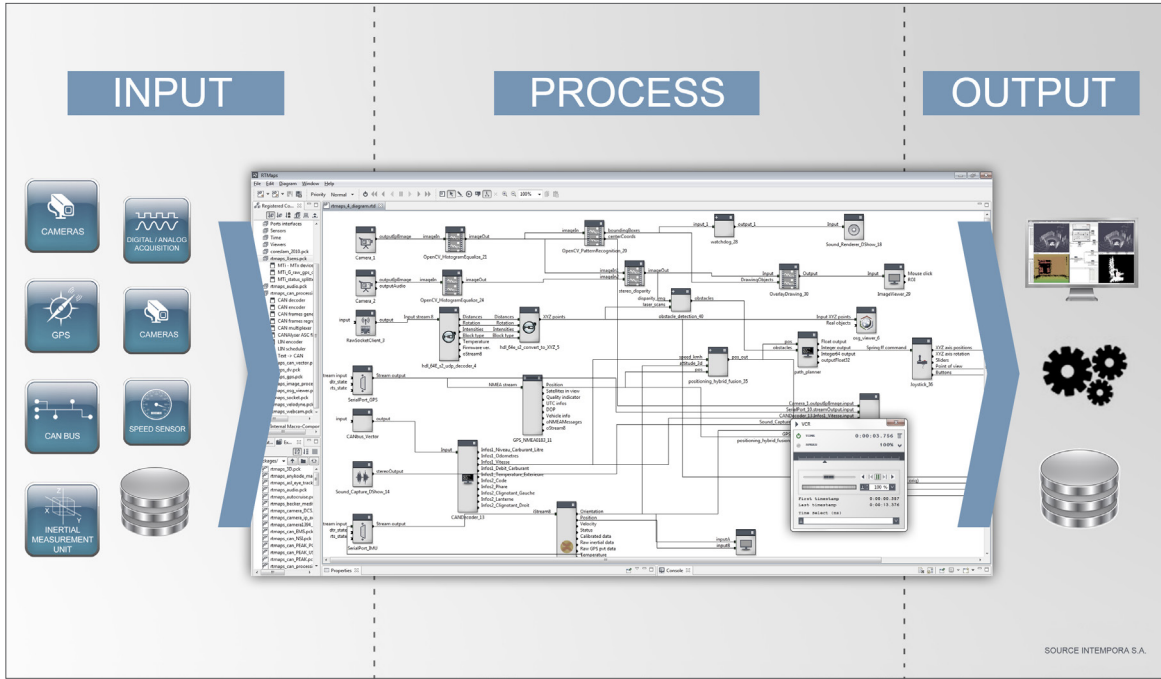


图 1：RTMaps（实时多传感器应用）工作原理：摄像头、激光扫描器和雷达传感器等各种来源的信号被实时地捕获、精确添加时戳、进行处理和可视化。由于所有数据在记录时都带有时间关联，因此用户还可以同步回放数据以执行离线开发。

Intempora 简介

Intempora 成立于 2000 年，总部位于国立巴黎高等矿业学校（现为巴黎矿业技术学院）机器人研究中心。自此，公司的软件工程师团队一直致力于 RTMaps 及相关产品的开发，使其成为强大且易于使用的软件框架，以满足该行业客户的苛刻需求。除此之外，Intempora 还是

Groupement ADAS 团队的成员，这是一个由法国 Moveo 集群成员组成的团队，致力于先进驾驶辅助系统领域的开发。

概要

dSPACE 与 Intempora 签署了一份战略合作伙伴协议，共同为先进驾驶辅助系统和自动化驾驶打造高级工

具链。为实现此目标，dSPACE 将 Intempora 用于开发多传感器应用的软件环境 RTMaps 集成到 dSPACE 工具链中，集成方法是为其原型开发与仿真平台和 ControlDesk 提供一些专用接口。而且还有更多惊喜，敬请期待。除了 Intempora 自己服务的法国市场之外，dSPACE 也在全球独家分销 RTMaps。■



“dSPACE 与 Intempora 之间的合作是我们为 ADAS 和自动化驾驶提供完整工具链战略中的重要里程碑。RTMaps 在多核 x86 和 ARM 平台上具有卓越性能，易于使用，是扩展我们产品组合的理想之选。”

André Rolfmeier, dSPACE 先进应用和技术首席产品经理

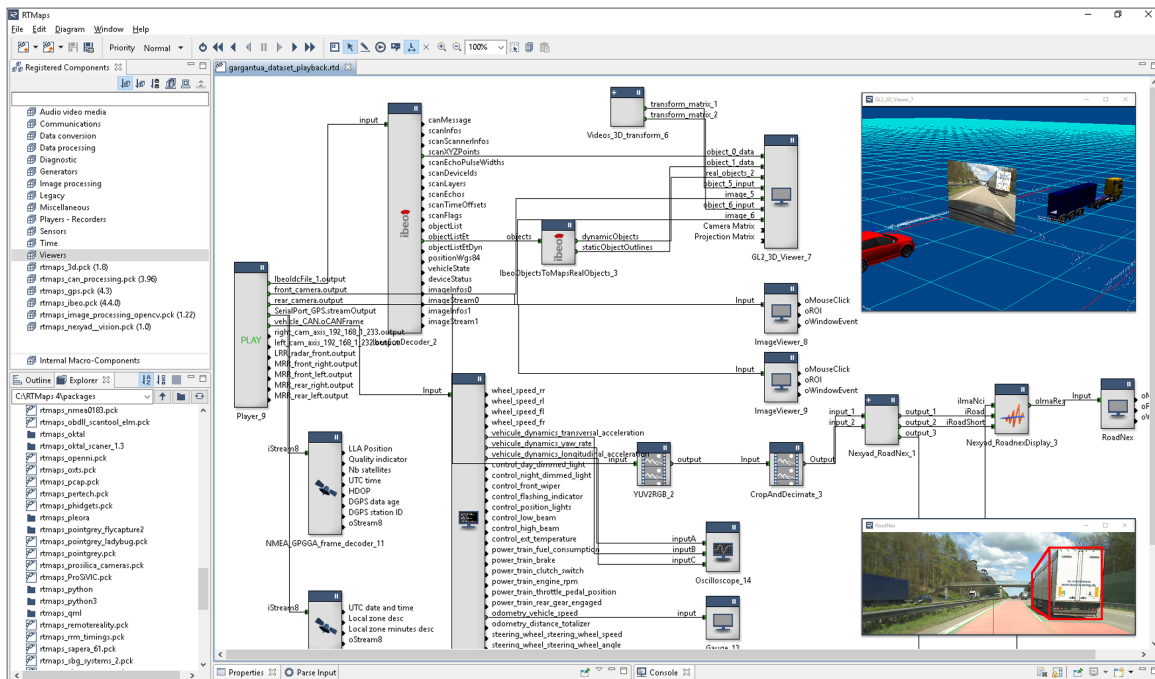


图 2 : RTMaps 的用户界面 : 适合实时多传感器应用的模块化多线程框架。用户可以利用全面的组件库, 其中包含范围广泛的传感器、总线 and 感知算法。甚至能够在多个分布式平台上处理数据, 同时保留混合型数据流的时间相关性和同步性。

支持的传感器、总线和协议概述

- 摄像头 (来自 Point Grey、IDS、Basler、AVT、NIT 等的 GigE Vision、USB 2.0、USB 3.0、FireWire、analog、Camera Link、HDR 等)
- 立体视觉车头
- 激光扫描器 (Ibeo、Velodyne、SICK、Hokuyo、Quanergy 等)
- 雷达 (Delphi、Autocruise、Continental 等)
- 飞行时间传感器 (LeddarTech)
- CAN、LIN (PEAK、Vector、NI、.dbc 文件解码器等)
- GPS、IMU (SBG Systems、OxTS、Xsens、VectorNav、iXSea、Phidgets 等)
- 通信 (TCP 和 UDP、ASAM XCP over Ethernet、DDS、ASAM XIL API 等)
- 眼动仪 (Pertech、faceLAB、Smart Eye、SMI、The Eye Tribe 等) 以及生物识别 (BIOPAC、Becker Meditec 等)
- 动作捕获 (Kinect、Xtion、Vicon 等)
- 访问 dSPACE MicroAutoBox 和 AutoBox 的 I/O 和总线信号
- ...以及更多

视频展示了正在操作的 RTMaps。
www.dspace.com/go/dMag_20161_RTMaps



有关 RTMaps 的更多信息, 请浏览
www.dspace.com/RTMaps



SCALEXIO 五年历程 –
回顾过去，展望未来

HIL



仿真 回顾

2011 年，dSPACE 隆重推出了全新的硬件在环 (HIL) 系统 SCALEXIO。dSPACE HIL 测试系统负责人 Tino Schulzetest 介绍了该系统的发展历程和未来计划。



dSPACE 五年前在推出 SCALEXIO® 时有何期望？是否已达到这些期望？

是的，绝对达到了。凭借 SCALEXIO，我们拥有了可满足目前及未来开发需求的强大技术，例如新的车内总线系统、不断增多的电驱动应用、新的电机功能、高级驾驶辅助系统以及自动驾驶功能。基于 SCALEXIO 的 HIL 系统可满足这些系统所有的需求。此外，我们已经发现了仿真模型正变得更大、更复杂的趋势，所以在 SCALEXIO 处理单元中使用了强大的、可扩展的计算能力以给予支持并通过 ConfigurationDesk® 软件实现轻松配置。同样，我们也达到了这一方面的期望。

SCALEXIO 可用于哪些应用领域？
在 SCALEXIO 投放市场 5 年之后，我们发现它能满足所有应用领域的

需求，从用于组件测试的小系统直到用于验证完整 E/E 系统的大型联网装置。新的 HIL 需求通常使用 SCALEXIO 来构建，因为该系统使我们的客户能够轻松满足其项目要求。例如，我们使用 SCALEXIO 数据总线 IOCNET 来构建大型 HIL 系统，其中的分布式 I/O 通道由中央实时 PC 进行控制。这为 HIL 设备开创了全新的可能。

SCALEXIO 与其市场竞争对手之间有何区别？

我们独特的卖点是 SCALEXIO 对汽车行业需求的广泛支持。仅仅凭借单一来源提供的这一个系统，dSPACE 就能满足各种应用：从单纯的总线测试到高度专业化的电驱动测试。这就是 SCALEXIO 的整体优势。我们还提供 I/O 板，其中每个通道都能用于仿真故障。这样就能通过配置软件 ConfigurationDesk 轻

松、安全地配置电气故障。这一优势加上灵活的 I/O 通道，允许针对不同项目（特别是组件测试）轻松地调整 SCALEXIO HIL 仿真器。除了与 MATLAB®/Simulink® 的出色连接之外，ConfigurationDesk 还允许集成功能模型单元 (FMU) 等其他模型格式，从而使客户能够在未来灵活地进行调整。

为什么说 SCALEXIO 是 HIL 仿真的先锋？

SCALEXIO 系统在通道与功能方面具有高度的灵活性。由于系统仅通过软件配置，因此只需极少的硬件变动就能改变系统设置。此外，dSPACE 还会定期使用功能更强大的新变体来更新 SCALEXIO 处理单元。高度的灵活性、出色的计算能力以及简便的修改过程，确保 SCALEXIO 用户能够从容应对未来的挑战。

■ **SCALEXIO 的独特技术可应对当前和未来测试机电组件的挑战。**



SCALEXIO 概况

- 硬件在环仿真器
- 工业 PC 用作处理单元，带来极高计算能力
- 通过全面的 I/O 功能实现极高的灵活性
- 集成信号调节和故障仿真
- 全软件配置式
- 通过 Simulink® 或功能模型接口实现模型集成
- 支持虚拟 ECU
- 对总线仿真的全面支持
- 连接电子负载以对电驱动进行仿真

对于 HIL 测试，dSPACE 提供了一站式解决方案：软件、硬件、流程集成和客户现场支持。

dSPACE 如何支持过渡到 SCALEXIO 环境？

为使初期步骤变得更加轻松，客户也可以将 dSPACE 仿真器的测试和实验软件用于 SCALEXIO。他们可以继续使用 ControlDesk®、AutomationDesk、MotionDesk、ModelDesk 和 ASM 等现有软件，只需作出极小的改动。SCALEXIO 还支持来自第三方的通用测试自动化和建模工具。dSPACE 始终使用功能模型接口 (FMI) 和 XIL API 等行业标准来创建大量标准化连接，从而能够更轻松地使用现有软件。还可以实时连接 SCALEXIO 和 dSPACE 仿真器。当然还有我们经验丰富的 dSPACE 工程团队为客户提供全球支持，例如帮助他们推出新系统，同时提供一站式项目、现场支持以及培训等。

能否重点介绍一些特殊项目？

可以，特别是在航空行业。例如，我们曾经有一个航空项目拥有超过 1500 个通道。这是特殊情况，但是

在航空行业却并不少见。Daimler 甚至曾经在试车道上使用了 SCALEXIO。SCALEXIO 的软件可配置性使他们能够在不改动硬件的情况下轻松地调整系统。另一个令人兴奋的领域是研究项目。我们正在与德国亚琛工业大学携手合作开展一个国际性项目，分析如何在发动机测试台架上使用 SCALEXIO。此案例对其余车辆进行了仿真。

你们计划未来进行哪些开发？

在这一年中，我们将推出一款新系统，即 SCALEXIO LabBox。与 SCALEXIO 处理单元配合时，SCALEXIO LabBox 可在桌面上使用（作为桌面仿真器），也可以安装在更大型的系统中。对于总线仿真，我们将提供可支持更多总线系统的附加板，还会提供用于集中配置总线仿真的软件程序，即总线管理器。我们还有其他许多创意，将与客户密切协作进行实施。

Schulze 先生，感谢您和我们交谈！

作为硬件在环测试系统的主管产品经理，Tino Schulze 负责德国帕德伯恩 dSPACE GmbH 的整个 HIL 工具链。



易虚拟化 电力电子

通过电路图创建实时应用程序

您是否正在开发电力电子控制器，是否想尽早执行切合实际的 HIL（Hardware-in-Loop：硬件在环）测试？现在只需要点击一下按钮，便能创建定制的仿真模型，甚至是针对复杂、独特的电路。Frank Puschmann 在开发这种新方法中发挥了重要作用，他解释了这种方法的工作原理。

Puschmann 先生，dSPACE 为各种应用领域提供了仿真解决方案。

在电机和电力电子技术的仿真当中，dSPACE 有何成就？

过去 20 多年以来，dSPACE 一直在为电机和电力电子技术仿真提供硬件在环 (HIL) 解决方案。我们的客户已在使用大量此类系统，取得了极大的成功。根据不同的需求，既有基于处理器仿真的解决方案，也有基于 FPGA 仿真（FPGA = 现场可编程门阵列）的解决方案。我们提供全面的仿真库，其中包含两种平台随时可用的仿真模型，即使是最多样化的应用也可涵盖在内。从汽车上的辅助设备、电动汽车的牵引传动，到工业发电机和再生发电机的多点逆变器，都有大量广泛的应用。大量的分析工具进一步完善了我们的产品组合。作为基于模型库的现有解决方案的替代方案，dSPACE 现在也可以为处理器和 FPGA 从电路图中直接生成实时应用。

为什么 dSPACE 要提供这一附加解决方案？

到目前为止，我们已经为客户提供了解决方案。例如，一台三相感应电动机的三相桥驱动器，dSPACE 提供了完整的库元件。工程解决方案中涵盖了特殊的技术要求和客户需求，例如直流/直流变换器。但是，我们注意到许多应用正在变得越来越复杂、越来越特殊。电动和混合动力汽车的电气系统具有不同的电压等级。在可再生能源和智能电网领域中，对电力电子系统的 HIL 仿真需求也在不断增加。特别对于在设置上有着本质区别的系统，我们怀疑基于现有库元件的仿真能否派上用场。单独的工程模型通常需要付出大量工作。在我们的新解决方案中，客户可以通过电路拓扑直接创建仿真模型。 >>

通过电力系统仿真包，用户可以通过电路拓扑直接创建仿真模型。



除了汽车应用之外，我们的产品还可用于其他工业应用，例如风力发电、光伏和电网仿真。

那么该解决方案何时可以获得？

现在就可以。2016 年初，我们在已经推出的基于处理器的解决方案基础上，又增加了基于 FPGA 的解决方案。在我们的电力系统仿真包中，这两种解决方案现在都可使用。

哪些开发环境与电力系统仿真包兼容？

电力系统仿真包可以为众多开发工具和电路工具生成实时电路模型，所以我们总能提供面向客户的工作流程。鉴于当前的需求，我们现在将精力主要集中在特别适合使用该仿真包的 SimPowerSystems™ 之上。

是否可以将提供的仿真包和各种解决方案结合在一起？

可以，客户始终可以使用电力系统仿真包中现有的模型库、XSG 电气元件和 ASM 电气元件。例如，如果客户需要在仿真环境中集成部分电路，但是我们的模型库中未包含这部分元件，客户可以从基本组件中

创建这部分电路。随后，客户可以产生完整的应用，用在基于处理器或基于 FPGA 的仿真上。dSPACE 多处理器技术具有决定性优势，因为客户可以将大型分布式系统用于基于处理器的应用。对于动态性要求较高的应用，客户可以将必须使用极小步长的模型部分转到 FPGA 上。

此包能为客户带来什么好处？它的目标用户是谁？

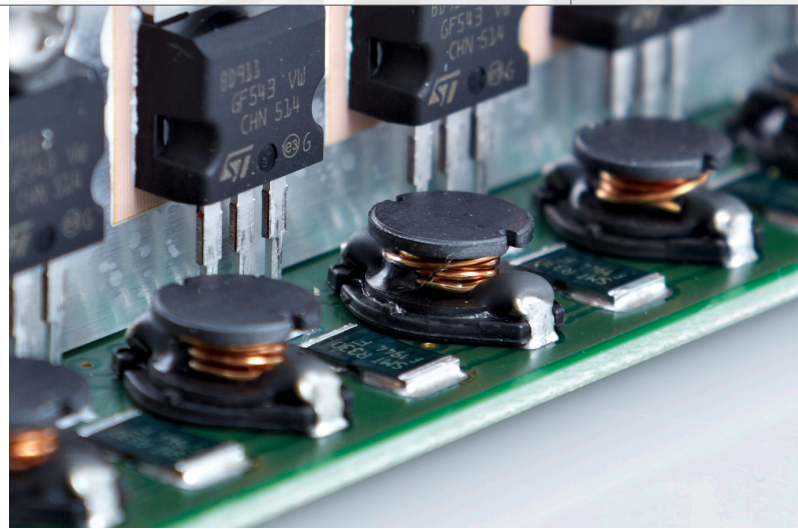
用户仅需极少工作量即可创建这些模型，充分体验对于那些独特模型快速实现的便利性。我们可以陆续结合并扩展各种模型库和工具，使我们始终能够提供最出色的解决方案。我们的新产品仍然着眼于主要应用领域，即汽车工程。当然，我们对最新的发展趋势也始终保持关注。电动汽车的发展机遇不容错过。该领域中使用的技术与其他行业非常类似，所以只需要作出一些小的调整就能服务于其他领域的客户，例如风电、光伏和电网仿真。

平台和库的后续扩展将是什么？

我们凭借 DS2655 FPGA 基板处于极其有利的地位。2016 年年中，我们将推出 SCALEXIO EMH 解决方案（EMH = 电动机仿真）。这一解决方案与新的 SCALEXIO 实时 PC 相结合，可进一步改善基于处理器的应用处理。在电机建模中，对多相驱动器的需求正在提高。对非线性效应的关注也越来越多。正因为如此，我们目前正在努力开发一种通用电动机模型，可使用普通特性来确定参数，通过有限元方法 (FEM) 确定数据。我们计划实现的另一项功能扩展是对电气故障进行真实仿真。

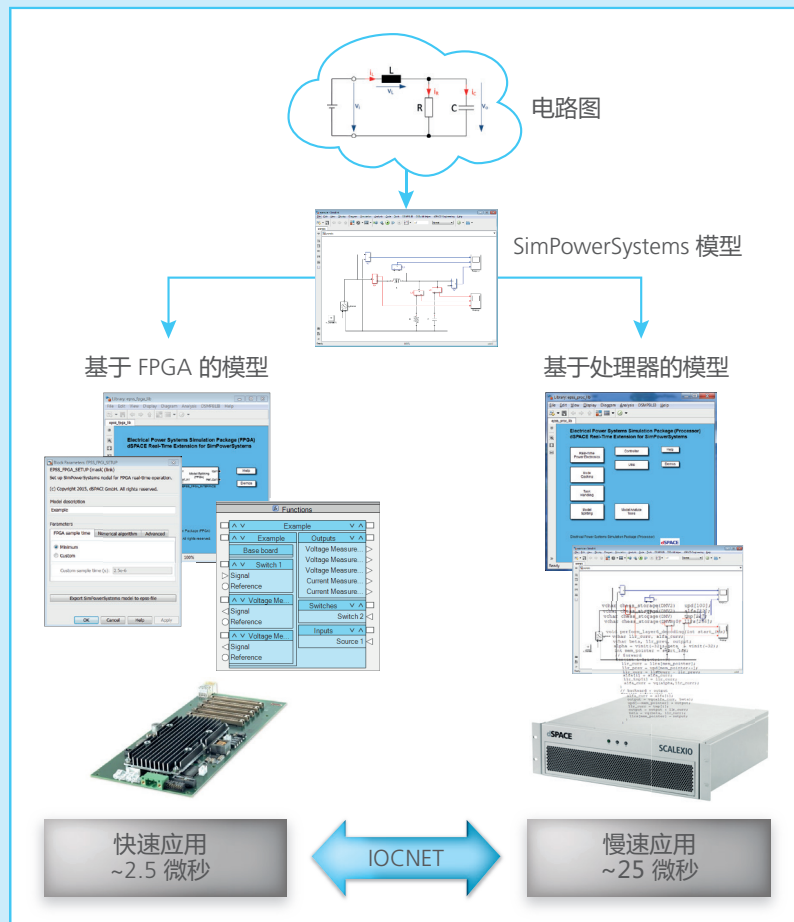
Puschmann 先生，感谢您和我们交谈！

Frank Puschmann 是应用工程部电驱动 HIL 小组的一位高级应用工程师。

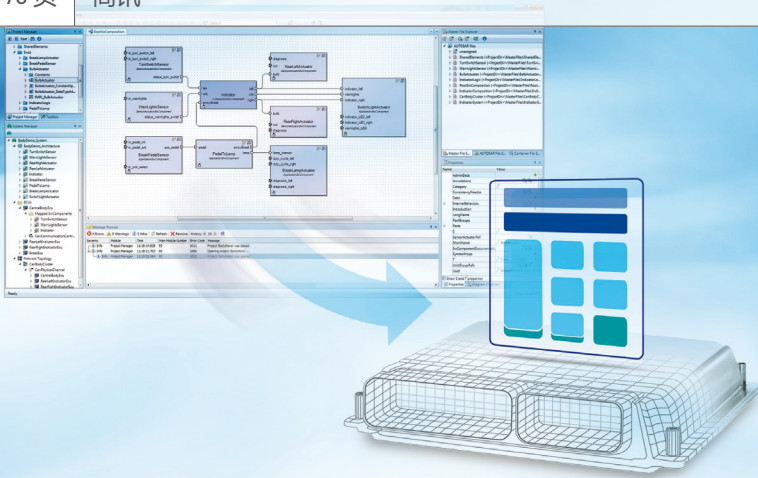


电力系统仿真包

新的电力系统仿真包可以通过电路相关信息生成实时仿真模型。该仿真包与 SimPowerSystems™ 相结合，为电气系统的测试提供了一种理想的开发环境。除了 dSPACE Power RealTime Library 提供的电力电子桥接电路的模型拆分和平均值模型之外，您现在还可以执行基于 FPGA 的模型计算。该仿真包提供了现成的 FPGA 应用程序，使您可以集成自己的 SimPowerSystems 模型，并且无需针对每项应用对 FPGA 进行编程。因此，电力系统仿真包将 Power RealTime Library 的功能与全新基于 FPGA 的方法结合在一起。在联网系统中，这一组合允许您在考虑各模型部分的延迟要求下，在理想实时平台上计算每个模型组件。电路信息可自动转换为实时代码，从而在工程开发期间节省时间并提供极其准确、真实的仿真结果，特别是在使用基于 FPGA 的解决方案时。在使用 dSPACE 标准库（XSG 电气元件和 ASM 电气元件）无法对必要的拓扑进行仿真时，特别建议使用这一通用解决方案。您可以将电力系统仿真包用于各种应用，例如汽车上的辅助设备、



电动汽车的牵引传动和再生发电机的电能转换。



SystemDesk 4.5 增强了 V-ECU 生成支持

dSPACE SystemDesk 4.5 为创建虚拟电子控制单元 (V-ECU) 提供了扩展支持。您可以使用 V-ECU 对新的 ECU 功能进行虚拟测试和仿真，并且无需使用真实 ECU。SystemDesk 4.5 新增功能：

- 更轻松配置 NVRAM (非易失性 RAM) 并创建 V-ECU，包括用于虚拟仿真的 NVRAM。这样就能全面测试应用软件与 NVRAM 之间的接口。仿真中的 ECU 行为变得更加真实，从而提高测试质量。

- 导入和导出 RTE (运行时环境) 配置，以便与 BSW (基础软件) 配置软件进行交换。各类 RTE 配置已在 SystemDesk 中定义 (例如可运行程序映射到任务)，可以在导出后再导入到第三方配置软件中以执行进一步编辑。
- V-ECU 向导可以根据现有软件架构自动创建 V-ECU。您无需具备 AUTOSAR 专业知识，即可生成 V-ECU。 ■

DCI-CAN2 : 访问 CAN FD 网络

最近，dSPACE 通过添加新的 DCI-CAN2 扩展了其工具链。DCI-CAN2 拥有 DCI-CAN1 功能 (访问 CAN 网络)，还支持访问 CAN FD (FD 即灵活数据速率) 网络。DCI-CAN2 通过

USB (通用串行总线) 在 CAN/CAN FD 网络和主机 PC 之间传输消息。这样就能轻松地使用 PC 来捕获 CAN 和 CAN FD 网络中的测量数据，从而在测量任务中实现更大的数据吞吐

量。DCI-CAN2 更可进一步实现 CAN FD 总线通信在 ControlDesk Next Generation (及总线导航器) 上的可视化，并可通过 CCP 和 XCP on CAN FD 访问电子控制单元。 ■

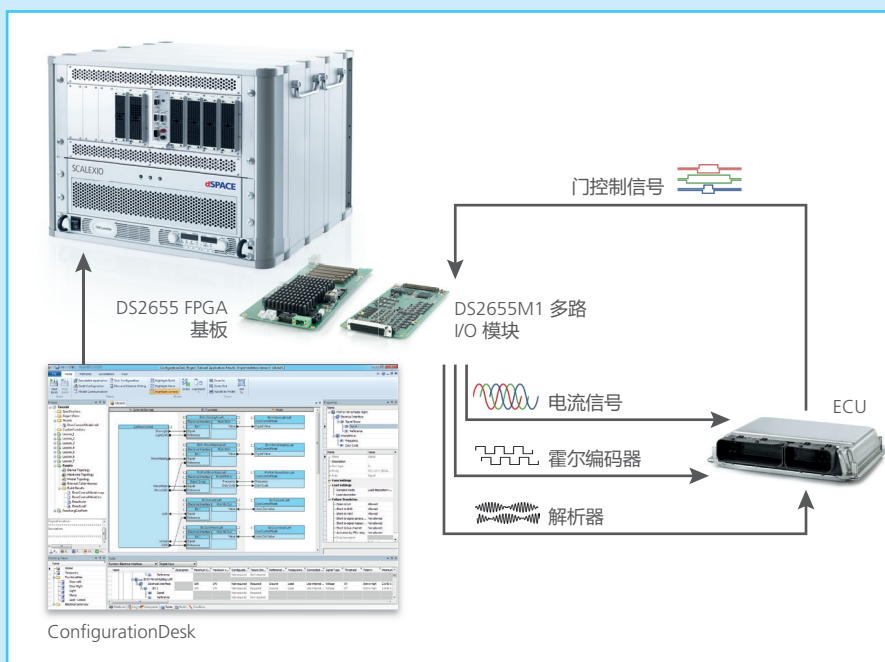


适合电机的 SCALEXIO

dSPACE 的硬件在环 (HIL) 系统 SCALEXIO® 现在提供了新的硬件和软件，可帮助您开发电机。

基于处理器的电机仿真

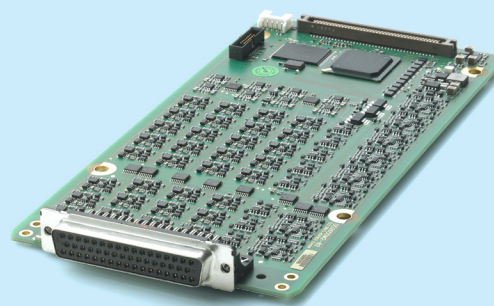
全新 SCALEXIO EMH 解决方案提供了随时可用的 FPGA 应用程序以及全面的 I/O 库，可用于对电机执行基于处理器的 HIL 仿真。通过该解决方案，您可以在 ConfigurationDesk® 内配置一块 DS2655 FPGA 基板对多达两台电动机进行仿真。凭借预定义的功能块，您无需编程或生成 FPGA 代码。DS2655M1 多路 I/O 模块的快速输入/输出搭配分辨率达到 8 ns 的集成角度处理单元 (APU)，允许您使用高分辨率 I/O 来测量脉宽调制 (PWM) 和位置传感器仿真 (PSS) 可变 I/O 通道映射和灵活支持多达五个 DS2655M1 多路 I/O 模块，使您可以完全发挥硬件的潜力。无需更换硬件，即可从基于处理器的仿真切换到基于 FPGA 的仿真。您完全可以继续使用现有硬件系统。 ■



电机的控制和仿真

全新 DS2655M2 数字 I/O 模块在 DS2655 FPGA 基板中添加了 32 个数字 I/O 通道，使您可以捕获或生成更多数字信号，例如位置传感器信号。此外，还可以将 I/O 通道配置为 RS232 型和 RS485 型通信的发送端或接收端。通过基于 FPGA 的编程，可以对基于协议的位置传感器（例如 SSL、EnDat 和 Hiperface）和数字编码器（例如增量编码器）进行仿真。FPGA 通过 Xilinx® 系统生成器针对每种情况进行编程。随后，可以将

通过 dSPACE FPGA 编程模块组生成的 FPGA 应用程序轻松地导入到 dSPACE ConfigurationDesk，从而以图形方式配置整个 SCALEXIO 系统。DS2655 FPGA 基板可以通过带状电缆连接至最多五个 I/O 模块，从而使可用通道的数量十分灵活。 ■



自动驾驶车道检测

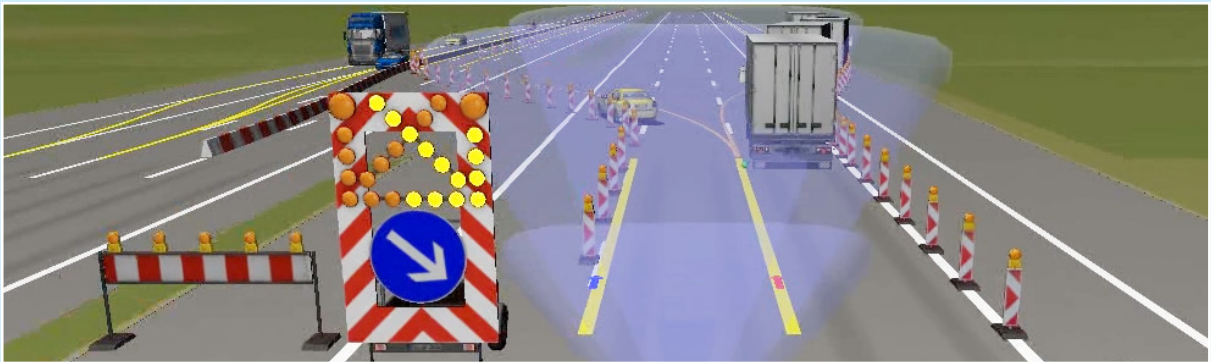
从 8.2 版开始，汽车仿真模块 (ASM) 提供了用于定义环境和传感器的新功能，使您可以对道路现场辅助系统和车道偏离警告系统执行真实的仿真。这样可在创建车道、停车场和其他道路标志所需的线条时实现更高的灵活性，从而能够仿

真欧盟法规 351/2012 中要求的所有类型的标志。现在，您还可以创建与车道无关的线条、路障和其他对象，以便生成复杂的道路现场。为实现此类场景仿真的可视化，3D 动画软件 MotionDesk 还包括了带有道路现场对象的扩展库。■

此视频为您展示了用于定义道路现场的新功能。



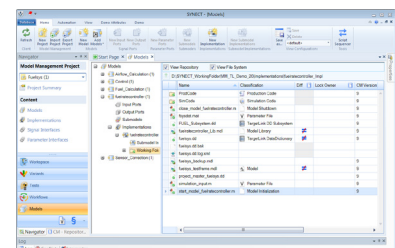
www.dspace.com/go/dMag_20161_ASM



SYNECT:集中掌控复杂 HIL 系统并管理 TargetLink 模型

通过使用成熟的 dSPACE 工作流程管理解决方案，可以轻松处理复杂流程，例如大型 HIL 系统的流程。在 workflows 的帮助之下，用户可以准备 dSPACE 工具链以处理大量变体和版本。测试自动化使流程变得可再现，也更可靠。例如，可以开放建模环境并使包括实时应用程序在内的一切实现自动化，或者在极短的时间内为人工和/或自动测试准备好 HIL 仿真器。工作流程管理的基础就是 SYNECT®，这是针对基于模型的开发和 ECU 测试的 dSPACE 数据管理软件。它允

许开发人员集中管理数据，例如版本信息、测试和模型。新插件允许连接 dSPACE 的生产代码生成器 TargetLink®，使功能和软件开发人员可以在 SYNECT 中管理其模型、相关接口、信号和参数。可以更轻松地发现并防止接口不一致情况，并且轻松地集成单个模型以形成一个整体模型。由于受管理的数据已实现互连，因此数据调整及其影响都是透明的，并且可以跟踪修改。这样，团队就能更轻松地从事分布式、基于组件的开发。■



dSPACE 工具链中的 ASAM XIL 标准

XIL API 是测试自动化工具与测试台架之间的通信标准。从 2015 年开始，dSPACE ControlDesk® 支持通过 XIL API 模型访问端口 (MAPort) 进行模型访问、通过 XIL API 电气故障仿真端口 (EESPort) 进行电气故障仿真访问，从而代替了专有的访问端口。

支持 XIL API MAPort

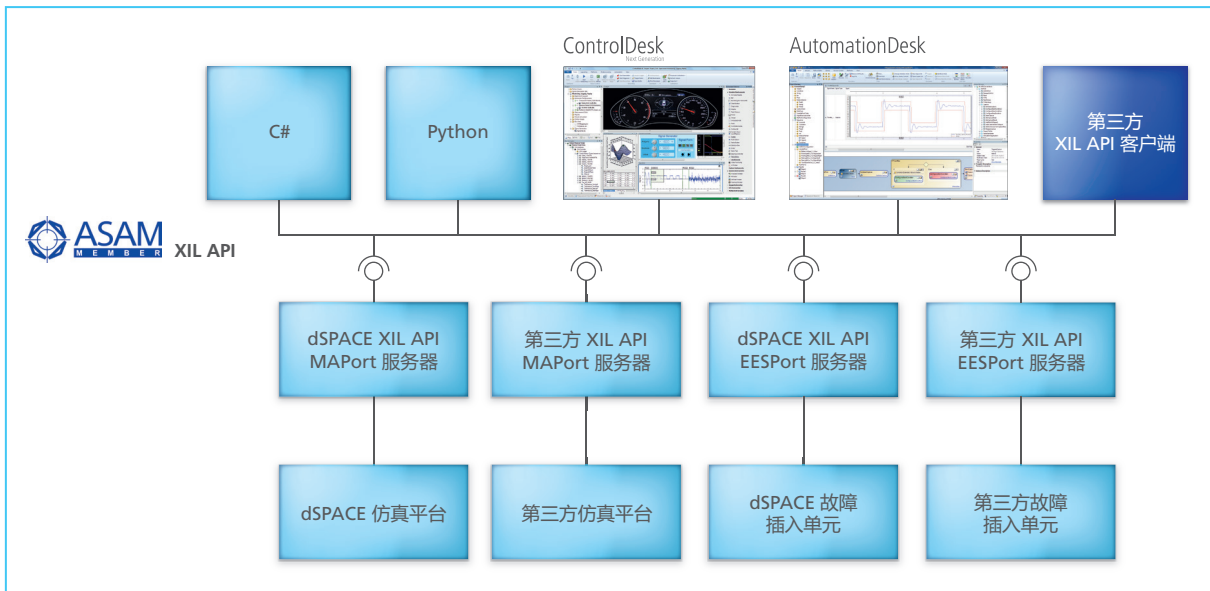
作为客户端工具，ControlDesk 和 AutomationDesk 提供了符合 ASAM-XIL 标准的 MAPort 访问功能，用于访问仿真模型变量。AutomationDesk 包括许多直观的库，可进行基于 XIL-API 的读取、写入、测量和仿真。AutomationDesk 还支持您使用 XIL 框架映射和别名来访问变量。这样可以将测试实施与测试硬件和软件分开，从而轻松地重复利用测试。AutomationDesk 中的基于信号测试和 ControlDesk 信号编辑器中的仿真也基于 XIL API

MAPort，同样不依赖于平台和模型。ControlDesk 可以通过 XIL API MAPort 平台来访问符合 ASAM-XIL 标准的 MAPort 服务器。这样，您就可以在 ControlDesk 内访问支持该标准的第三方硬件。

支持 XIL API EESPort

AutomationDesk 和 ControlDesk 支持 EESPort。因此，您可以通过故障注入单元 (FIU) 使用故障配置对短路或断线等电气错误进行仿真。新的 dSPACE 故障仿真包包含 ControlDesk 使用的 XIL API EESPort 服务器和 XIL

EESPort GUI 组件。XIL API EESPort GUI 允许您以相同的方式为所有 dSPACE FIU 配置故障。这表示 dSPACE 具有开放性，可在整个工具链中包含第三方硬件。■



两款新型 DS5203 FPGA 板

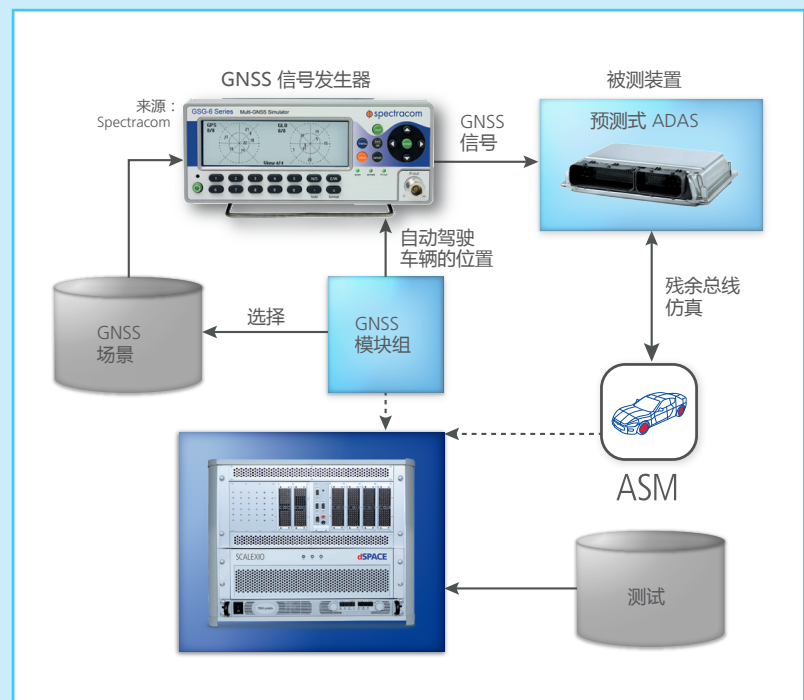
灵活的 DS5203 FPGA 板卡适用于电力电子装置仿真、信号预处理以及特殊的接口和协议支持等要求严苛的任务，现在推出了两个全新的、更强大的变体。配备 Xilinx® Kintex® 7K325 FPGA 的 DS5203 7K325 和配备 Xilinx Kintex 7K410 FPGA 的 DS5203 7K410 都由全新设计软件 Xilinx Vivado® 提供支持。因此，用户可以继续通过经过试验和测试的 Xilinx 系

统生成器 (XSG) 在 Simulink 中方便地编程板卡。这也确保与当前 MATLAB® 版本兼容。■



HIL 仿真中的 GNSS 信号生成

预测式驾驶辅助系统要求通过卫星的支持来捕获车辆位置。为确保这些系统在日常操作中的可靠性，必须能够测试不同的卫星星座和场景，例如密集市区、隧道和恶劣气候条件。dSPACE 提供了专门的 Simulink 模块组，允许开发人员将 Spectracom (www.spectracom.com) 的全球导航卫星系统 (GNSS) 信号生成器连接至 dSPACE 硬件在环 (HIL) 仿真器。一旦信号生成器集成到仿真环境并连接至 dSPACE 汽车仿真模型 (ASM)，模块组就会选择预定义的 GNSS 场景并控制信号生成器。在典型测试中，首先会在 ASM 模型中对自动驾驶汽车的路线和驾驶操纵进行参数化，然后选择所需的 GNSS 场景，例如卫星数量、大气模型或多路径传播。在测试执行期间，HIL 仿真器随后以一致的方式将自动驾驶汽车的位置数据发送到 GNSS 信号生成器，后者将按照测



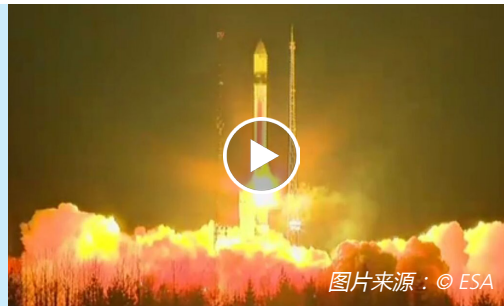
试中的场景和设备要求将数据转换为高频率 GNSS 信号。■

dSPACE 的车载工具

借助 dSPACE 开发工具发现新颖、有趣的应用

TargetLink 代码进入卫星运行轨道

2016 年 2 月 16 日，一架运载火箭从俄罗斯普列谢茨克航空中心起飞，搭载一台 Sentinel-3A 地球观测卫星进入 800 公里高的轨道。制造商 Thales Alenia Space 使用了 dSPACE TargetLink® 等工具来开发功能强大的软件，以监视和控制卫星上的所有系统。



图片来源：© ESA

Rockot 运载火箭搭载卫星和 TargetLink 代码进入轨道。

www.dspace.com/go/dMag_20161_Thales1



图片来源：© NASA

关于 Thales Alenia Space 开发控制软件的报道，请参阅：

www.dspace.com/go/dMag_20161_Thales2

利用辅助系统执行路试

宝马公司开发人员正在为整个车队开发驾驶辅助系统，例如 ConnectedDrive。他们使用原型工具在道路上对其研究结果进行实际测试。带有原型开发硬件的 dSPACE AutoBox 安装在每台测试用车的行李厢内，使开发人员可以快速、灵活地使用和测试新功能。



图片来源：© 宝马

在实验室中利用仿真场景开发高级驾驶辅助系统。 www.dspace.com/go/dMag_20161_BMW



图片来源：© 宝马

dSPACE AutoBox 安装在车上，用于现场测试。

认知辅助

包括汽车、电子产品、通信技术和软件制造商以及供应商、研究机构和许多城市在内的三十家合作伙伴在联合项目 UR:BAN 上开展合作，共同开发先进驾驶辅助系统和城区先进交通管理系统。根据应用的类型，该项目的测试用车在 dSPACE AutoBox 中配备了原型系统。



图片来源：© UR:BAN

UR:BAN 项目：认知辅助使未来的汽车变得更加安全。

www.dspace.com/go/dMag_20161_URBAN

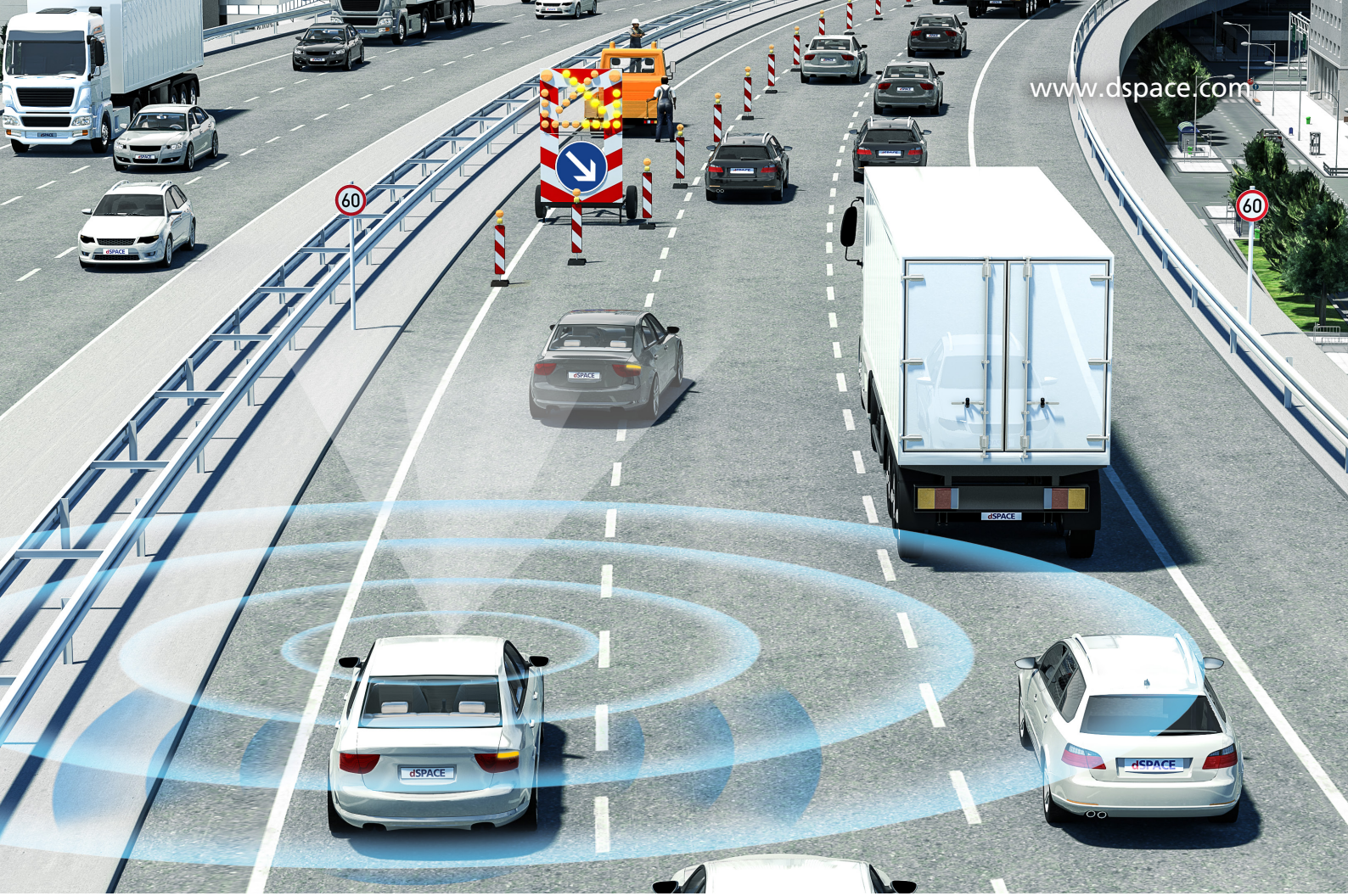


图片来源：© UR:BAN

在自动驾驶领域中，AutoBox 是开发任务使用的原型系统的基础。

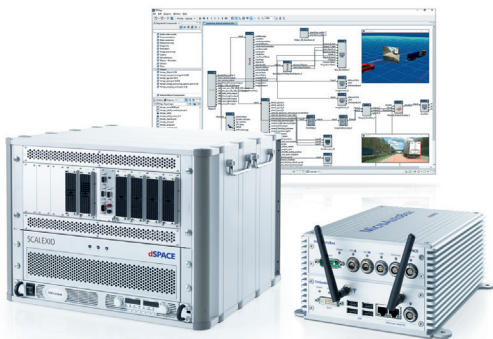


如想通过在线视频、图片和报道了解这些应用的详情，请访问：www.dspace.com/go/dMag_20161_REF_C



创新的驾驶辅助系统 – 通往自动驾驶的必由之路

自动驾驶汽车的理念带来了巨大的创新潜力。尽管其复杂性与日俱增，但开发工作仍需保持其可控性。它可以：通过协调一致的工具链开发多传感器应用。不管是功能开发、虚拟验证还是硬件在环仿真：无论您是集成环境传感器或 V2X 通信、对车辆和交通场景建模、还是运行虚拟试车，都会因为在所有开发步骤中配合良完美的工具而受益无穷。实现您想要的自动驾驶功能 – 安全可靠！



探索多传感器应用！

www.dspace.com/rtdmaps

Embedded Success

dSPACE