

# dSPACE MAGAZINE

2016 年第 2 期

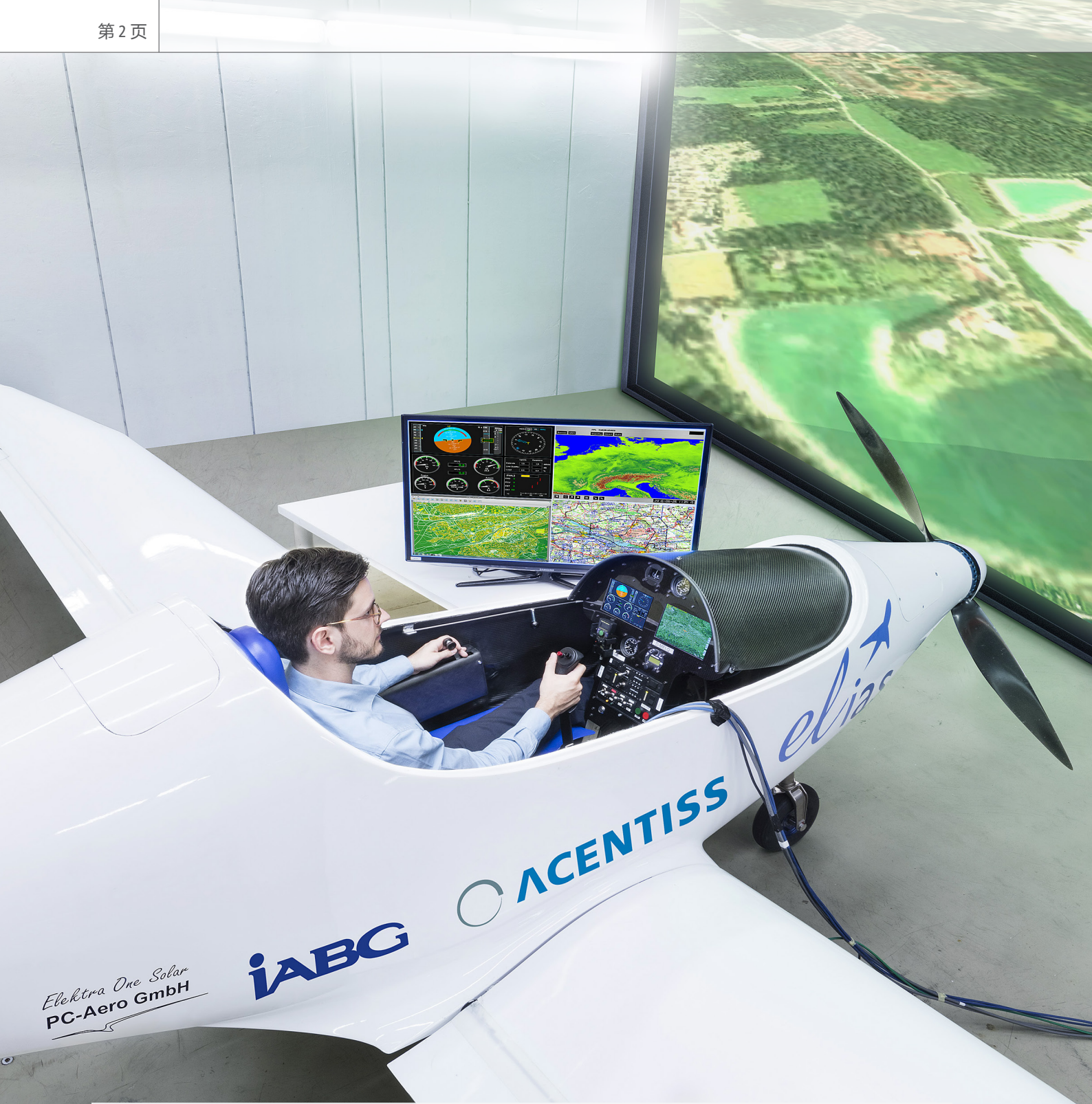


## Porsche

以机械方式验证  
转向系统 | 第 24 页

**Bosch – 快速而可靠地评估 48 V 混合动力系统** | 第 6 页


**Mitsubishi – 灵活实施自动驾驶** | 第 12 页



“纯电动飞行器 ELIAS 在我们母公司 IABG 的飞机在环仿真中经过全面测试，为试飞做好准备。在仿真期间，我们不仅验证自动飞行，还在飞行期间测试了从手动飞行模式到自动飞行模式的切换。来自 dSPACE 的 MicroAutoBox 在飞机上用作飞行导航计算机。”

*Dr. Hans Tönskötter, 机载系统高级经理, ACENTISS GmbH*

在下一期 dSPACE MAGAZINE 中阅读有关 ELIAS 的完整文章。



“dSPACE 为电力驱动系统的开发提供了系列齐全的产品和服务。”

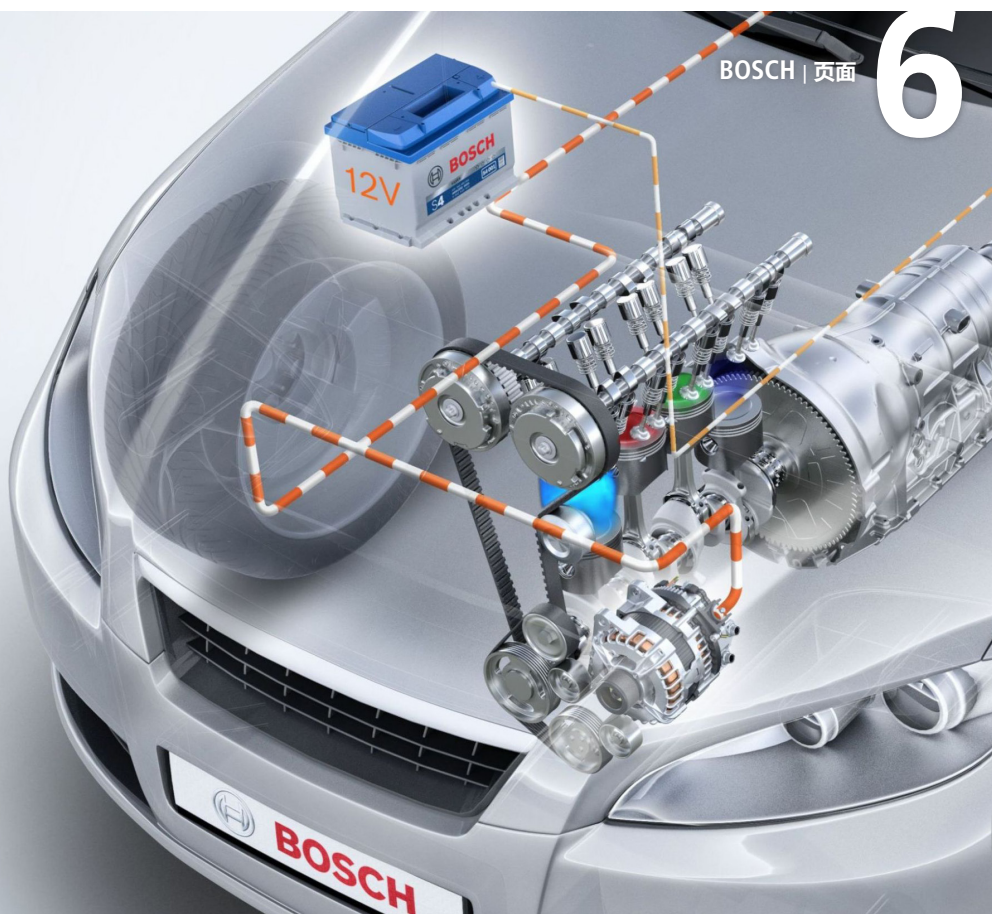
汽车行业近年来沉默很多。开发符合排放要求的内燃机变得非常困难，以至于整车厂即使为了实现最细微的改进也要付出极大的努力。我刚阅读了一篇文章，其中介绍了在新的欧洲行驶循环中如何使用可变进气歧管实现每公里减少 1 (一) 克 CO<sub>2</sub> 的排放。换一个角度来看待这个问题：一辆中型轿车的每公里排放量约为 150 克。通过用电动机替换传统刹车系统进行能量回收可减少 3 克/公里的 CO<sub>2</sub> 排放量，奥迪目前也正采用这一措施进行减排。在汽车行业的广泛努力当中，这只是其中两个示例。

电动车辆作为促进减排的措施被寄予厚望。虽然大多数情况下，对车辆充电离不开矿物燃料提供的能量，但它们通常被视为零排放。这只是转移了排放位置。但是，这满足政治要求，而且似乎是主流标准。

汽车制造商同时也要面对动态启动带来的挑战，这一挑战集中体现在实现电力驱动和更高阶段的自动驾驶上。这一挑战不但鼓舞着电驱动的开发工作，而且推动整车电气化的实现。dSPACE 在过去数年一直在准备这项工作，具体体现在持续扩展自己的电力驱动解决方案范围，从充电站到电池管理，再到推动车辆的电机，以及电气化辅助单元。

我们的电子助力转向系统机械电子测试台架就是后者的一个示例。如同下文 24 页中所介绍的那样，该台架的优越性能中包含了很多高动态设置的参数。在此之前，我们也为其他几个客户建造了规模类似的测试台架。由此表明 dSPACE 一直致力于提供综合了软件、电子部件、控制工程服务和机械工程服务的产品。插播一段趣事：一位客户到 dSPACE 来查看其订购台架的建造进度，他惊讶于项目的进展没有任何拖延。这大大超出他的期望，因为用于台架安装的实验室仍未完工。而更大的惊喜来自于台架交付后的动力性能远超过其预期。

Herbert Hanselmann 博士



BOSCH | 页面

6



MITSUBISHI ELECTRIC | 页面

12



IAI | 页面

32

IMPRESSUM

dSPACE MAGAZINE 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  
 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：Thorsten Bödeker、Michael Lagemann、  
 Ralf Lieberwirth、Lena Mellwig、  
 Gerhard Reiß 博士、Sonja Ziegert

本期合作者：Ulrich Eisemann 博士、Felix Engel、  
 Anne Geburzi、Thorsten Hufnagel、  
 Hartmut Jürgens、Klaus Lamberg 博士、  
 Frank Mertens、Björn Müller、Tobias Rodehüser、  
 Carsten Rustemeier、Tobias Schäffer

编辑和翻译：Robert Bevington、Stefanie Bock、  
 Anna-Lena Huthmacher、Michelle Kloppenburg  
 博士、Stefanie Kraus

设计和排版：Jens Rackow、Sabine Stephan

印刷：@dSPACE China: Add local printing house

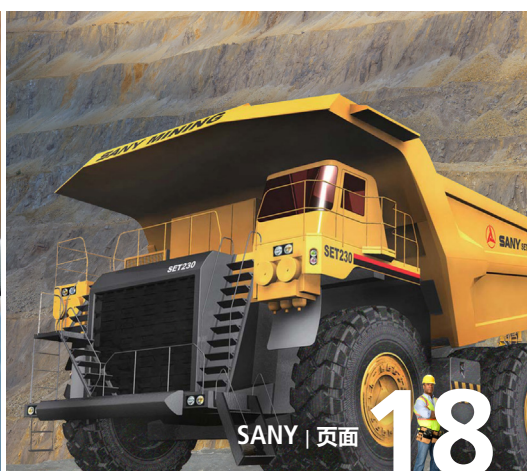
封面照片 © Porsche

© 2016 dSPACE GmbH

保留所有权利。对此出版物全部或部分内容的复制，必须事先获得书面许可。任何此类复制必须注明出处。dSPACE 将会不断地改进其产品，并保留随时更改本出版物所含产品规格而不予通知的权利。

dSPACE 是 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](http://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



SANY | 页面

18



ZF FRIEDRICHSHAFEN | 页面

42

## 3 主编寄语

## 客户

- 6 BOSCH  
电源保证  
48 V 系统中燃料节省功能的快速控制原型
- 12 MITSUBISHI ELECTRIC  
从太空驾驶汽车  
开发基于卫星的自动驾驶车辆控制系统
- 18 SANY  
HIL 之王  
适用于露天矿山的电气化自动倾卸卡车的硬件在环测试
- 24 PORSCHE  
转向系统的性能测试  
使用机械电子 HIL 测试开发和优化电动转向系统
- 32 自动化和计算机科学研究所 (IAI)  
无链条自行车  
适用于自行车的串行混合动力驱动
- 36 克利夫兰州立大学  
智能培训  
开发高级练习机
- 42 ZF FRIEDRICHSHAFEN  
处理大量版本  
高效软件开发流程，面向变速箱 ECU

## 产品

- 46 RTT OBSERVER LIBRARY  
密切关注安全  
持续监控安全关键型应用程序
- 50 BUS MANAGER  
通信是关键  
集中配置总线系统和网络
- 54 面向目标的原型开发  
切中要害  
面向目标的原型开发合并功能和 生产开发

## 业务

- 58 HY-NETS  
利用 Hy-Nets 实现低排放  
Car2x 通信可实现更加高效的混合动力驱动

## 简要新闻

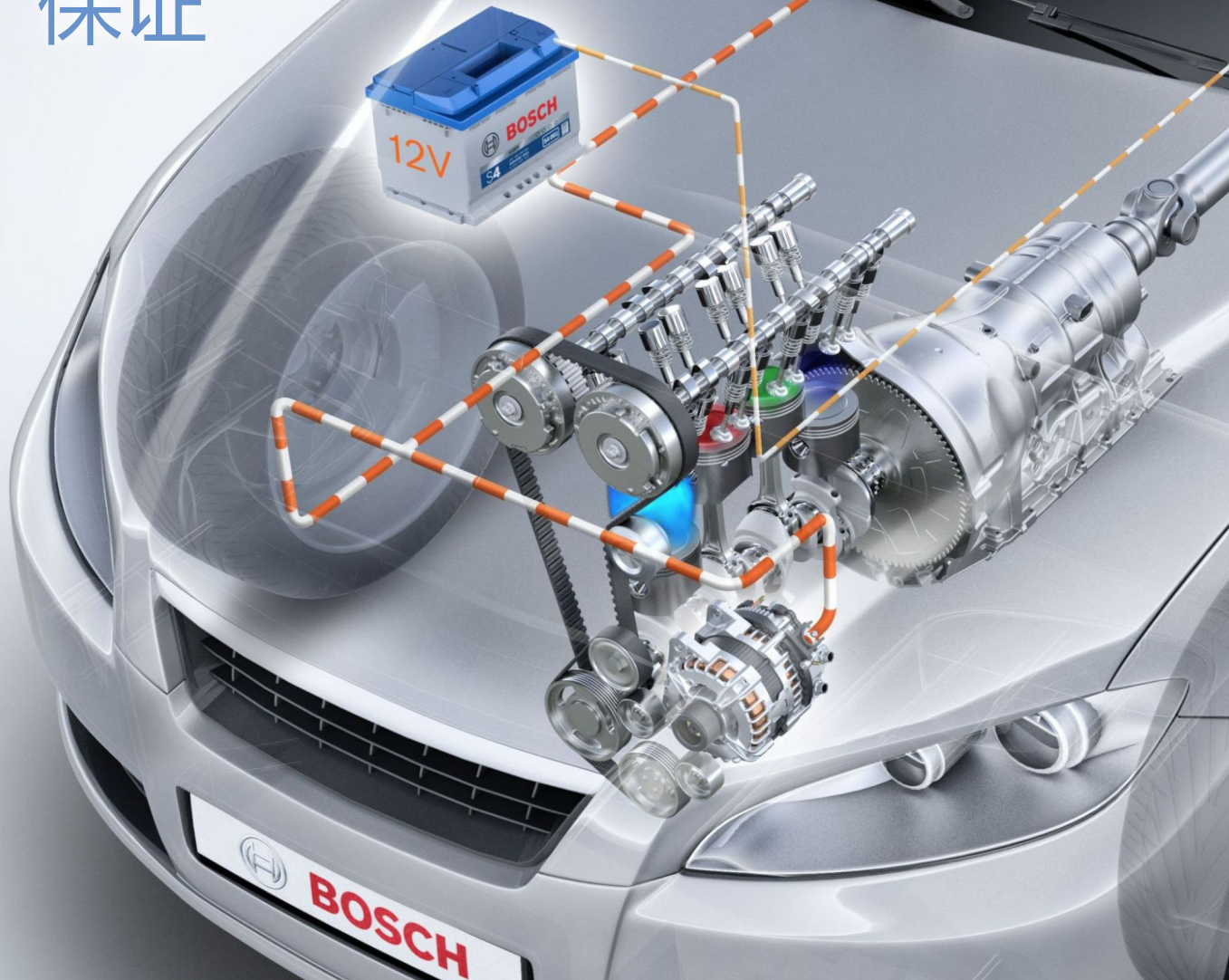
- 60 使用 SCALEXIO 实时访问 ECU  
无缝支持 CAN FD
- 61 dSPACE 软件仅提供 64 位版本  
ECU 接口软件：  
新功能，更加便捷地的封装
- 62 TargetLink 4.2：面向目标的原型开发，  
汽车以太网  
SYNECT - 通过 OSLC 实现无缝数据交换

## 车载 dSPACE 工具

- 63 ZF：巧妙地避免碰撞  
中国科技大学：装配机器的自适应控制  
斯坦福大学：自动驾驶车辆驾校

# 电源 保证

应用于 48V 系统节油功能  
开发的快速控制原型



来源：© Bosch

在车辆中使用 48 V 系统时，可以采用一些新型的高性能功能技术以显著降低油耗。为此，Bosch Engineering China 开发了 48 V 带传动起动发电机。MicroAutoBox II 在该应用中被用作原型控制器，从而大幅加速了开发流程。



# 车

辆电力系统的电压电平与功率需求在过去几十年间出现了显著增长。

随着汽车技术的发展，在车辆系统中使用了越来越多的电气组件，进而改善了车辆的性能和可靠性。但是，这种趋势也导致了电力需求出现了指数型的增长，并且给电网带来了新挑战。

## 为何采用 48 V ?

为了满足将来日益增加的电力需求，当前 12 V 系统正在过渡到电压电平更高的系统 [1]。此外，更高的电压电平还将减少配电过程中车辆系统的能量损耗。36 V 和 42 V 系统在过去数年得到广泛讨论和分析。但是，它们尚未在车辆应用中得到广泛使用，因为 SAE 仅为它们制定了很少的标准（SAE = 汽车工程学会）。48 V 系统在欧洲是热门话题。Audi、BMW、Daimler、Porsche 和 VW 等主要 OEM 提议了标准 LV148 [2]，其中定义了 25 V-60 V 范围工作电压的概念。根据 LV148，无限制功能的工作电压范围介于 36V-52 V（平均值为 48 V），这低于 60 V 阈值，因此无需昂贵的特殊保护即可防止电力危险（图 1）。相比于工作电压高于 60V 的混合动力车辆需要安全保护机制，48V 系统可以因此而降低系统成本。此外，使用 48 V 系统替代传统 12 V 系统可实现大幅燃料节省，因为在新欧洲行驶

>>

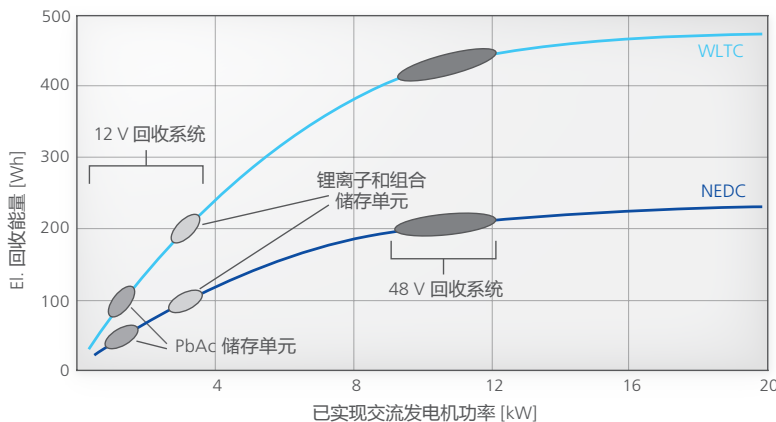


图 1：安全电压定义。

循环 (NEDC) 和全球轻型车辆测试循环 (WLTC) 下，48 V 系统中的回收功能（制动能量回收）能够回收的能量比 12 V 系统多。图 2 显示了 48 V 回收系统的定性优势。48 V 系统值得被广泛使用的最重要论点包括：

- 它支持运行高功率附件，如空气压缩机、涡轮增压器、PTC 辅助加热器（PTC = 正温度系数）。

图 2：行驶循环“新欧洲行驶循环 (NEDC)”和“全球轻型车辆测试循环 (WLTC)”下的回收。



- 混合动力的节油功能可轻松实施，具体体现在回收、助力和起停功能。
- 通过添加更多功能，如舒适的起停、改变主意启动（断电期间重新启动）和起停滑行，可以增强行驶体验。
- 由于系统电压增加，电缆电流将降低，从而降低电缆功率损耗并提高电力效率。

#### 48 V 系统概述

Bosch 助力回收系统 (BRS) 是 48 V 带传动起动发电机，包含三个关键组件（图 3）：风冷式助力回收电机 (BRM)、DC/DC 转换器（又称电源控制单元，PCU）和 48V 锂离子电池。在 BRS 中，两个电网 (48 V/12 V) 共存并通过 PCU 连接。在 48 V 系统中，BRM、PCU 和 48 V 锂离子电池以电气方式连接。BRM 可作为发电机运行，也可以作为电动机运行。作为发电机，它会根据行驶状态给锂离子电池充电。作为电动机，它会为发动机提供辅助转矩，这将提高驾驶性能或节省燃料。48 V 锂离子电池用于吸收回收的制动能量，并且在舒适发动机起动阶段和助力阶段向 BRM

提供电力。48 V 锂离子电池系统包含电池堆、继电器盒和电池管理系统 (BMS)。BMS 的 CAN 接口可发出电池状态，也可接收命令来控制主继电器或协调外部充电功能。PCU 的额定功率为 2.5 kW，完全可满足普通车辆电网的功率要求。在 48V 系统中可以使用一些大负荷负载，比如：PTC 辅助加热，或者用于空调、电子助力转向 (EPS)、冷却风扇电机以及车窗加热的电子压缩机。

#### 助力回收电机：使用 dSPACE MicroAutoBox II 高效制作原型

Bosch Engineering China 开发了多款使用 48 V BRS 的演示车辆。图 4 概述了其中一款演示车辆的 48V BRS 原型。48 V BRS 可以实现方便的发动机起停功能（包括起停滑行），其中使用带传动助力回收电机来回收制动能量并将其储存在 48 V 锂离子电池中。它还在发动机曲轴上提供附加扭矩以助力驱动，还可以在有限速度和受限功能（称为电动爬行）的条件下，纯粹以电气方式行驶车辆。总之，借助介绍的 48 V 系统，可以执行起停、滑行、回收、助力和电动爬行功能。BRM 通常安装在发动机舱中，而 PCU 和 48 V 锂离子电池安装在后行李箱空间中（图 6）。BRS 控制算法在 MicroAutoBox II (1401/1511) 上运行，后者具有 4 个通道用于 CAN 通信并且具有足够资源用于处理数字/模拟信号，而且完全可以满足硬件和软件的控制要求。此外，RTI CAN 模块组中的网关功能可以用来修改原始车辆 CAN 网络以实施 BRS 功能。MicroAutoBox II 是紧凑型模块，可安装在车辆中并由 12 V 电池供电。MicroAutoBox II 上的控制软件具有多个层和模块。在应用程序层，





图 3 : Bosch 48 V 带传动起动发电机的布局。

“在原型开发过程中，48 V 助力回收电机的控制算法在 dSPACE MicroAutoBox II 上运行。这让我们可在早期阶段评估对整车的影响，而且可显著加速开发过程。”

Zhu Xiaofeng , Bosch Engineering China

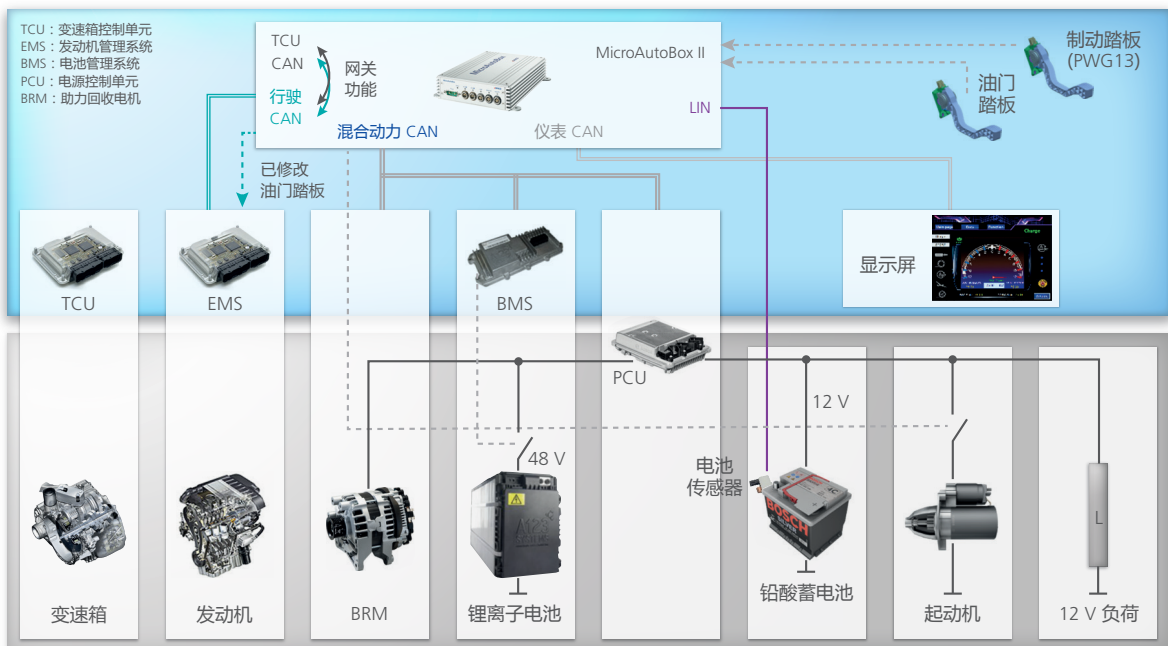
有两个主要模块：EEM 协调（EEM = 电能管理）和动力系统协调。在 EEM 协调内，包括电源开关管理、EEM 策

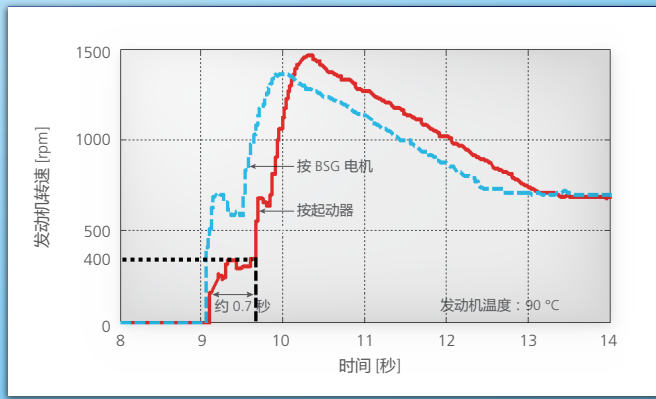
略和基本诊断。动力系统协调具有起停功能和 BSG 电机（BSG = 带传动起动发电机）工作模式控制策略。两个

主要应用程序模块将从较低层的实时接口 (RTI) 支持的驱动程序传输和接收信号，如 CAN、LIN 和数字 I/O。

>>

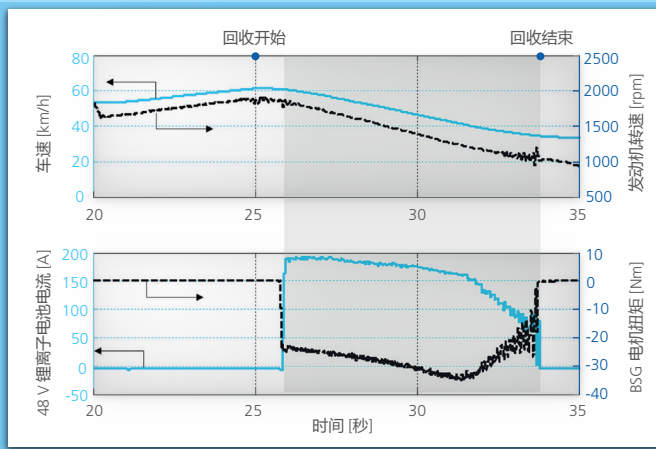
图 4 : 使用 dSPACE MicroAutoBox II 制作 48 V 系统原型。





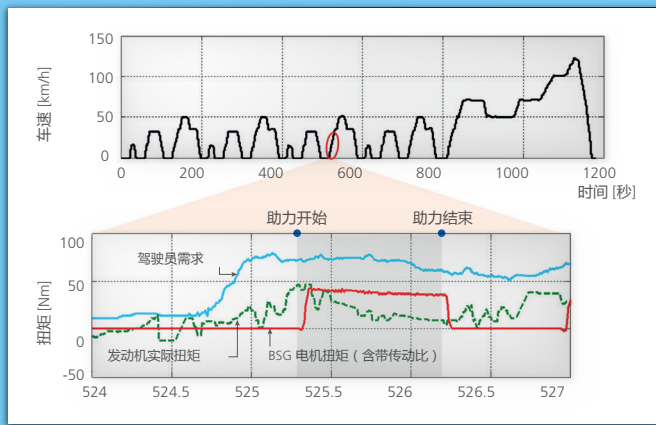
### 发动机起动

在普通 起动机和 48 V BSG 电机的直接比较中，48 V BSG 电机达到 400 rpm 时的启动速度大约快 0.7 秒。此外，BSG 电机通过皮带与发动机曲轴连接，从而降低了发动机起动阶段的振动。



### 回收

在此典型制动过程示例（大约 8 秒）中，BSG 电机作为普通发电机工作并且在制动期间回收动能，然后将其储存为电能。BSG 扭矩因回收命令而为负。回收期间，48 V 电池将以高达 200 A 的电流吸收能量。这些自由回收的能量可降低能耗。



### 发动机起动期间助力

此图显示 NEDC 驾驶循环中的助力过程。48 V BSG 电机提供扭矩（正值，红色实线）来补偿驾驶员的需求扭矩（蓝色实线）。

图 5 : 48 V 系统中主要功能的选定测试数据。

### 总结

将 dSPACE MicroAutoBox II 用作原型控制器时，可大幅减少编码工作，如控制器模型的定点调整和运行时资源（如 RAM 和闪存空间）的管理。此外，在系统开发阶段伊始就可以重点关注控制算法。采用快速控制原型方法，演示车辆和前几款原型的开发时间显著缩短，这是因为可以更高效地实现功能，而且在量产的早期阶段就可提供用于将来决策的真实测量数据。对 OEM 的好处甚至更多。例如，可以在目标车辆上采用 48 V 技术调查燃料节省功能，而且可针对整车设计进一步研究交互式系统的影响。此外，由于尺寸紧凑，可轻松将原型控制器（即 MicroAutoBox II）集成到车辆中。■

Patrick Ziegler, Zhu Xiaofeng, Ji Guangji, Markus Wernsdoerfer, Lu Boran, Zhang Juan, BEG/EVS-CN, Bosch Engineering China

参考：[1] Da Silva, W.; de Paula, P., 12V/14V 到 36V/42V 汽车系统供电电压变更和新技术 [J], SAE 论文 2002-01-3557  
[2] Kuypers, M., 48 V 应用于中量级混合动力车辆和高电力负荷 [J], SAE 论文 2014-01-1790



图 6：演示车辆中的 MicroAutoBox II 安装（左侧）。

#### Patrick Ziegler

Patrick Ziegler 是 Bosch Engineering (中国苏州) (BEG/EVS-CN) 的工程车辆系统部门主管。



#### Zhu Xiaofeng

Zhu Xiaofeng 是 Bosch Engineering (中国苏州) 的项目经理和高级系统工程师。



#### Ji Guangji

Ji Guangji 是 Bosch Engineering (中国苏州) 的高级系统工程师，主要负责助力回收系统 (BRS) 和电能管理 (EEM) 的软件和功能开发。



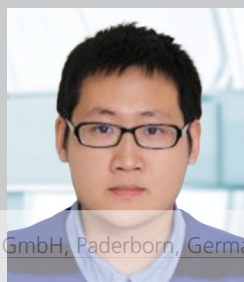
#### Markus Wernsdoerfer

Markus Wernsdoerfer 是 Bosch Engineering (中国苏州) 的高级系统工程师，主要负责助力回收系统 (BRS) 和电能管理 (EEM) 的软件和功能开发。



#### Lu Boran

Lu Boran 是 Bosch Engineering (中国苏州) 的高级系统工程师，主要负责助力回收系统 (BRS) 的软件和功能开发。



#### Zhang Juan

Zhang Juan 是 Bosch Engineering (中国苏州) 的系统工程师，主要负责系统设计和软件开发。



# 从太空 驾驶汽车

开发基于卫星的自动  
驾驶车辆控制系统





车辆闪烁车灯、变道、加速，然后在下一个交叉路口停下来 – 无人在方向盘前执行任何操作。卫星系统、多个传感器和 dSPACE MicroAutoBox II，配合 Mitsubishi Electric 设计实现的自动驾驶车辆转向功能使得此愿景成为现实。



自动驾驶的传感器概述。

**全**球对自动驾驶领域的兴趣快速升温，造就了汽车的新发展时代。在许多已提供自动驾驶预防性安全系统的车辆中，增添改善的道路基础设施可提高自动驾驶功能的可靠性和成熟度，从而最终提高驾驶员的安全感。

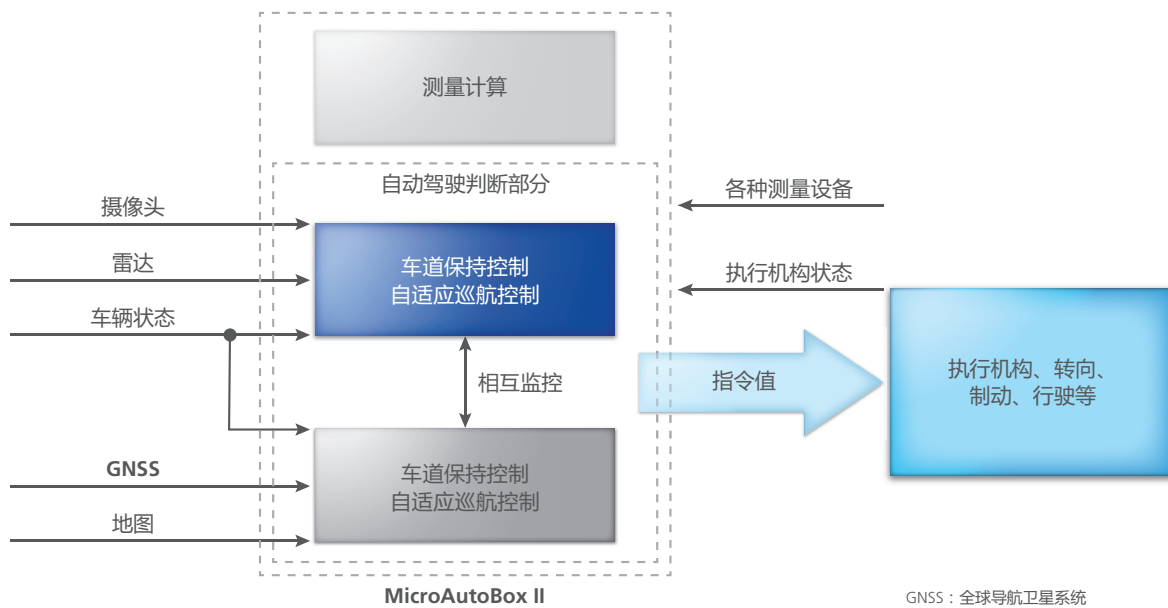
### 自动驾驶“钻石级安全”技术

在 Mitsubishi Electric，客户及其安全始终是重中之重。在此格言下，Mitsubishi Electric 正在开发钻石级安全 - 一种促使 3 级自动驾驶车辆诞生的技术。3 级车辆是有条件自动化的行驶系统，可执行所有行驶任务，但在某些情况下依靠驾驶员来承

担控制。例如，高速公路行驶期间，驾驶员可以不关心道路，而是让车辆接管必要的行驶功能。但是，驾驶员仍需要能够在出现警告数秒后重新接管控制。为了验证预防安全技术的适用性，Mitsubishi Electric 使用了 MicroAutoBox II，来自 dSPACE 的快速控制原型 (RCP) 系统。

高精度定位信息由日本准天顶卫星系统提供。





车辆控制系统配置图表。

### 卫星辅助定位

仅借助车辆系统自身无法实现 3 级自动驾驶。使用日本准天顶卫星系统可用于获取高精度及安全的定位信息。准天顶卫星系统（QZSS；昵称“MICHIBIKI”）使用多颗卫星，它们的轨道周期与地球同步卫星相同，而且具有一定的轨道倾角（其轨

道称为准天顶轨道）。这些卫星被部署在多个轨道平面，因此总有一颗卫星始终出现在日本区域上空的天顶附近。此系统因此可提供高度准确的卫星定位服务，几乎覆盖日本全境，包括城市峡谷和山区。除了当前的定位信号，QZSS 还传输特定的增强信号（厘米级别增强信息）。首颗卫星在

2010 年发射，预计至 2018 年，该系统将配备三颗准天顶卫星和一颗地球同步卫星。至 2023 年，系统将运行七颗卫星，从而可支持连续定位。从卫星定位系统收到的数据将为车辆提供车道保持和车道变更等功能所需的高度准确且可靠的定位信息。

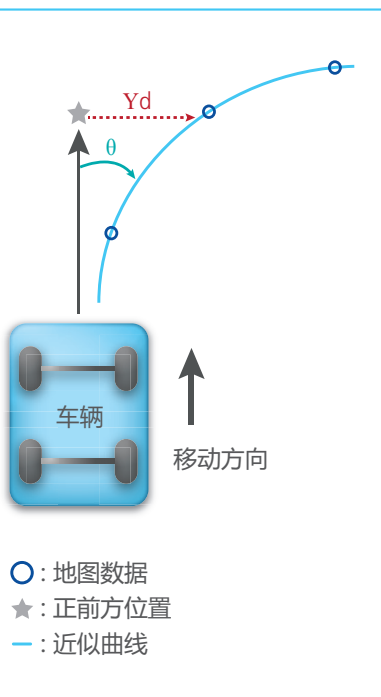
>>

配备有自动行驶功能的车辆的仪表盘。





使用外部设备（如智能手机）启动的自动驻车。



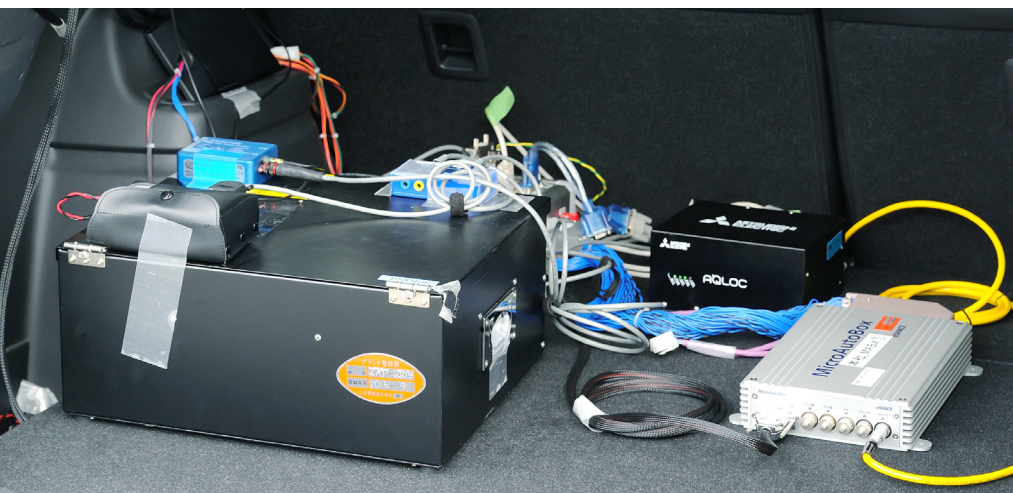
横向车辆控制演示图。

### 系统设计概述

车辆控制系统被完整地部署到 MicroAutoBox II 上，分析各传感器与车辆的信息数据，包括来自自动驾驶和基础设施组件的数据，如前置摄像头、毫米波雷达、高精度 GNSS（全球导航卫星系统）接收器和高精度地图。例如，车道保持系统的功能可实现高度可靠的自动驾驶，方法是将基于前置监控摄像头，通过白线识别获取的目标行驶路线，同基于高精度地图及定位获取的目标行驶路线进行关联修正。除了车速，此类数据还通过其他车辆信息得到增强，这些信息是执行自动驾驶功能和操作执行机构的输入。

### 自动驾驶车辆控制

车辆的横向控制利用前瞻模型实现，如左图所示。车辆在未来某一时刻的目标行驶路线，通过相对于车辆的正前方向的横向偏离  $Y_d$  与角度  $\theta$  进行表示。接着将使用  $Y_d$ 、 $\theta$  和附加车辆信息执行转向控制。纵向方向的车辆控制由系统通过速度和制动控制实现。速度控制通过比较地图提供的限速数据来执行，而制动控制，除了在紧急制动工况下，总是能实现平稳减速。在交叉路口等位置的停车将根据地图数据执行。



MicroAutoBox II 与其它设备配合执行自动驾驶功能。





“使用 MicroAutoBox II 和 ControlDesk，我们可以非常高效地执行和评估测试。”

*Kazuo Hitosugi, Mitsubishi Electric Corporation*

### 用于验证和控制的 ControlDesk 和 MicroAutoBox II

dSPACE 开发工具可用于快速实施使用 MATLAB® 和 Simulink® 开发的控制算法，使得可立即测试新解决方案和在线调整控制参数。随着系统复杂性增加，这尤其有用。这些工具能够连接各种传感器用以验证功能，同时

可缓解通信延迟问题。这些能力可大幅减少要验证的项目数量，从而提高工作效率并解放在不同部门中分析所需的额外资源。如果系统安装有 RCP 设备，实验软件 dSPACE ControlDesk 允许在一个屏幕上监控各种参数，比如：以可视化方式打开和关闭车辆控制，以及监控各种接口的输入/输出

值和计算值。此外，借助其丰富的接口，MicroAutoBox II 可轻松实现装车使用，以及实时监控来自测量设备的数据。因此，任何评估均可轻松完成。■

*Hideyuki Tanaka, Mitsubishi Electric Corporation*

*Mitsubishi Electric 的自动驾驶车辆转向系统的开发人员团队。*

后排（从左到右站立）：Yu Takeuchi、Kenta Katsu、Yuji Shimizu、Kazuo Hitosugi、Takatoshi Kakuta、Tsuyoshi Kichise。前排（从左到右蹲）：Kazuhiro Nishiwaki、Hideyuki Tanaka（高级经理）、Toshihide Satake、Michitoshi Azuma、Rei Yoshino。



## 总结与展望

钻石级安全技术已达到高度成熟和实用性。自动驾驶的原理已在各种测试轨道上成功演示。我们的计划是逐步将此技术的各个安全功能引入批量生产。我们将继续使用 dSPACE 产品促进高级自动驾驶控制系统开发。

# 王 之 HIL

适用于露天矿山的电气化  
自卸卡车的硬件在环测试



中国三一集团的 SET230 自卸卡车最多可承载 230 吨的有效负荷。其柴油机电力传动和 dSPACE HIL 仿真器可提供最大效率 – 前者用于重型运输，后者用于开发和验证复杂传动控制。



# 您

是否曾见过多层公寓建筑物实现 20% 坡度的爬坡？如果没有，您肯定应该去看下大型露天矿山。在如今的矿山中，自卸卡车通常达到小型住宅大厦的尺寸，而且可轻松负载数百吨的总重量。尽管质量巨大，这些巨人在粗糙而陡峭的地形始终安全移动，而且相比过去非常高效。其中一个贡献因素是柴油机电力混合传动，它已成为此量级的自卸卡车的市场标准柴油机电力混合传动使用带电子逆变器的发电机，生成推进功率，用于驱动后轴的两个三相电机。此设计从柴油电机到传动轴没有耐用的传动轴，使得完全可在没有手动变速器、机械耦合、差速器和传动轴的情况下工作，而这可大幅降低车辆的重量和维护成本。但是，为了在矿山重型使用期间保证高效率和安全，此传动概念需要电气组件高度复杂的控制策略。

## 基于模型到新尺寸

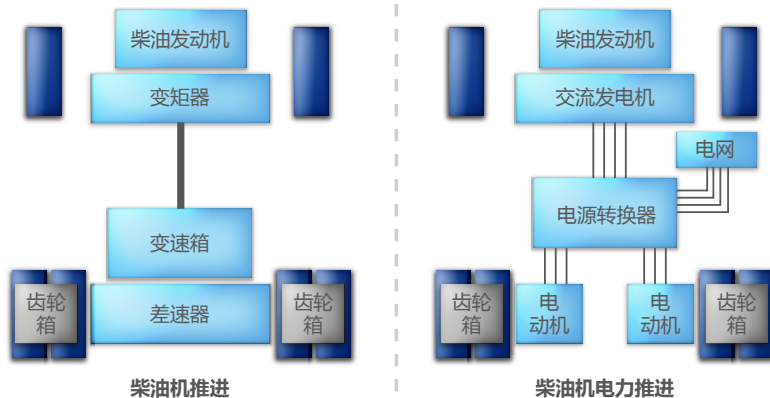
中国三一集团的工程师们在有所突破的情况下也必须面临此挑战，同时开发 SET230 自卸卡车（技术数据见下表），从而一次面对两个问题。一方面，卡车 230 吨的巨大有效载荷意味着公司需要瞄准全新尺寸。另一方面，工程师们仅具有柴油机电力传动技术的基本经验。正因为如此，三一将目标定为使用仿真来测试和验证大部分控制开发。

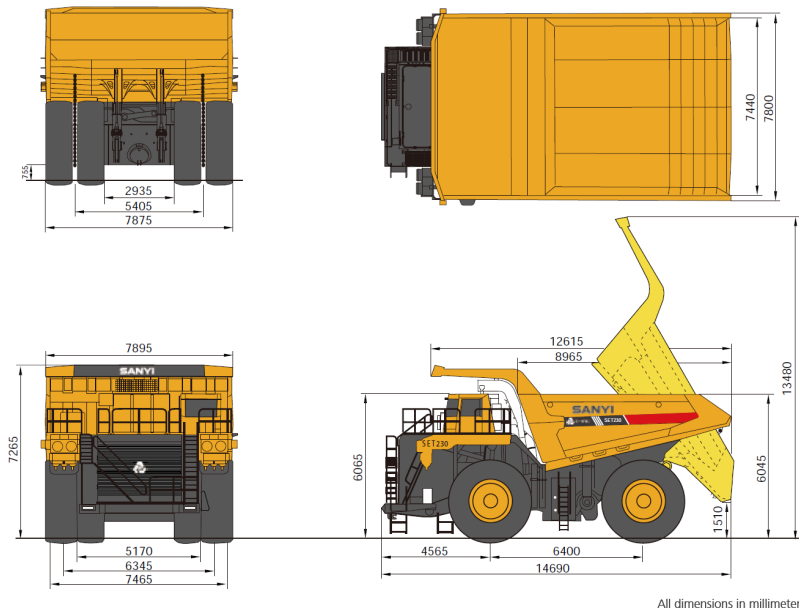
## 虚拟车辆仿真的交钥匙系统

三一并不是在大型实验室中测试实际电气组件，而是决定借助交钥匙 dSPACE Simulator Full-Size 仿真 SET230 整个传动系统。这允许在实施电子控制单元 (ECU) 后，立即随整个“虚拟”车辆一起测试和验证新开发的控制。因此，工程师能够优化测试台架上已有的控制策略。这就完全不会危及安全，从而可减少使用实际卡车原型执行昂贵跟踪测试的需求。

&gt;&gt;

相比传统柴油机供电矿用卡车（左图），SET230 等柴油机电力车辆从柴油发动机到传动轴无需耐用的传动轴（右图）。因此，车辆重量和维护工作均大幅减少。





最大爬坡能力	24%
连续爬坡能力	12.5%
最大下坡能力	-14%
连续下坡能力	-13%
最大车速	64 km/h
电力驱动系统的重量	45 t
最大有效负荷	230 t
允许的最大总重量	400 t

三一 SET230 的技术数据：对于重量高达 400 t 的车辆，柴油机混动自卸卡车可提供令人印象深刻的传动性能，甚至在粗糙地形也是如此。

### 强大而灵活的仿真器

三一的 HIL 仿真器使用 DS1006 处理器板，而这正是由于其四核处理器的高性能，此板甚至可实时计算最复杂的仿真模型。此处理器还提供在各种功能测试中将其不同的计算任务分配

给各个核心的能力。对于信号级别的信号处理和基于处理器的电动机仿真，三一依靠 dSPACE 电动机 HIL (EMH) 解决方案（基于两个 DS5202 FPGA 基板）。另一方面，此解决方案测量 ECU 高速的电动机特定信

号，如电力电子的脉宽调制控制信号。另一方面，它将生成用于控制电动机的旋转编码器信号。dSPACE 准确根据三一具体要求对信号进行调理，因此使用高达  $\pm 600$  mA 的反馈信号仿真该传感器的输出。为了测试与其他车辆系统的 CAN 总线通信，三一使用两个 DS2202 HIL I/O 板，从而允许其工程师方便地使用 RTI CAN MultiMessage Blockset 执行 restbus 仿真。

### 建模到最后细节

除了用于仿真的强大而灵活的硬件，三一还致力于创建其自卸卡车的最精确模型，以及尽可能复制其异常苛刻的工作环境。由于使用 MATLAB®/ Simulink® 的离线仿真需要负责这两个方面，三一还决定实施范围广泛的 dSPACE Automotive Simulation Models (ASM)。这些模型已无缝覆盖倾斜卡车的所有技术领域，或者可以调整来满足它们，而且无需大量时间和工作。为了仿真柴油机电力系统，使用的一个组件是 ASM Engine Basic 模型，此模型已可复制柴油发动机的所有必要参数。对于传动的各种电气组件，除了几种自定义模型，三一主要依靠 ASM Electric Components (ASM EC) Library，并且单独调整其中一些组件来满足特殊应用要求。其中，这些组件包括发电机单独激励的同步电机（修改后的 ASM EC）、逆变器 (ASM EC)、整流器、中间电路 (ASM EC)、制动电阻器和两个异步鼠笼式牵引电机 (ASM EC)。这些仿真模型几乎完全使用 ASM Vehicle Dynamics Library 参数化，它包含了所有纵向和横向动态影响因素，覆盖了从减速齿轮到轮胎、转向系统、

“由于我们在 HIL 仿真器和 ASM 工具套件方面具有丰富经验，因此我们会将更多 dSPACE 工具集成到我们的工具链中。”

Lu Liling, 三一集团项目工程师

制动器和悬架等。需要在建模和参数化中额外集成的唯一方面是自卸卡车各种有效载荷状态的影响，从空车直至完全 230 吨有效载荷的最大利用率。ASM Vehicle Dynamics 中已包括的环境模型也允许准确复制倾斜卡车经过的具有挑战性的地形轮廓。这涵盖 SET230 传动系统各种各样的需求，从短距离的向上推举到爬陡坡，再到长下坡的连续工作等。

#### 直观的参数化，清晰的可视化

为了直观调整模型参数化和和管理其广泛的参数集，包括定制组件，三一依

靠 dSPACE ModelDesk 的图形用户界面。可视化软件 dSPACE MotionDesk 也有用处。MotionDesk 说明了使得参数更改效果实时可见的逼真 3-D 在线动画中的所有结果，包括仿真各种驾驶行为和情景。三一工程师在 dSPACE ControlDesk 中执行整个操作和记录测试数据。

#### 快速为操作做好准备

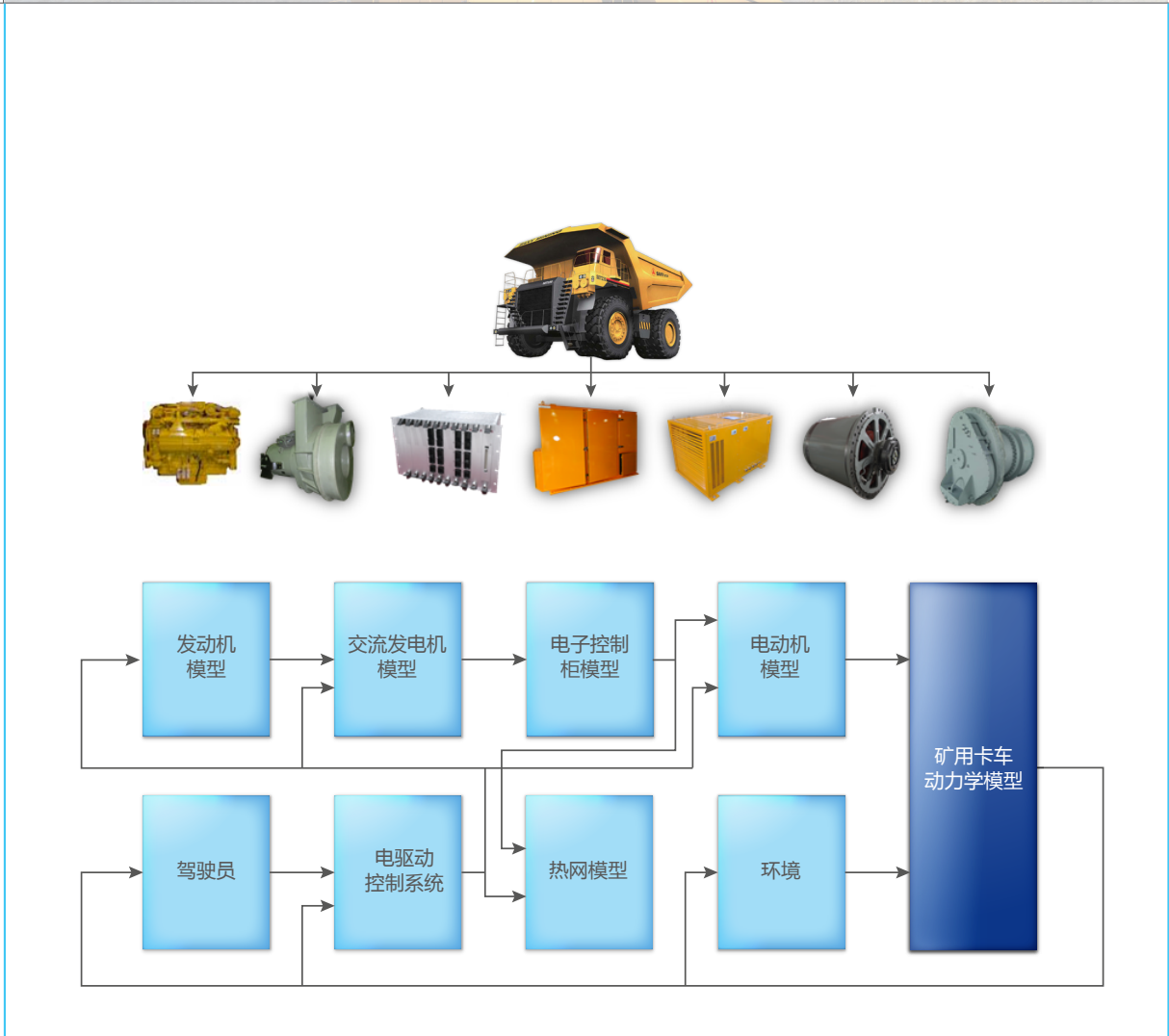
SET230 的 HIL 仿真器由 dSPACE 工程团队开发，以及所有其硬件和软件组件也是。他们与三一一起修改、实施、编程和测试仿真器，并以交钥

匙方式交付用于上海现场操作。收到订单和调试系统之间仅有八个月，因此三一能够开始按计划开发 SRET230 的电动机控制。通过使用基于模型的方法和 dSPACE 高效而多功能的工具，工程师成功保证进度，同时实施所有开发步骤、测试基本控制策略以及在上海现场验证它们。流程结束时的成果是电动机控制具备最大可能的效率和可靠性。通过使用 dSPACE 工具，实验室的开发时间和车辆的校准时间都大幅缩短，从而也显著降低成本。此外，三一能够在极大程度上扩展自身在电气化动力系统

>>

虚拟车辆：交钥匙 dSPACE Simulator Full-Size 可复制整个传感器系统（右侧）和执行机构组件（左侧）。这让三一工程师可在早期阶段就测试基本控制策略以及其他车辆组件，而无需进行任何昂贵的实际自卸卡车试驾。





范围广泛的模型参数：从柴油电机到电力传动、操作员和环境组件，众多因素流入自卸卡车的车辆动力学模型。

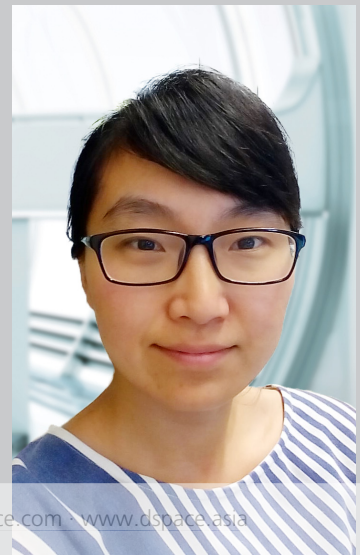
方面的经验范围。其新经验已用于建立积极性很高的全新开发人员团队。在使用 HIL 仿真器和 ASM 模型成功开始后，三一正计划在其工具链中集成更多 dSPACE 工具，包括测试自动化软件 AutomationDesk、生产代码生成器 TargetLink® 和数据管理工具 SYNECT® 等产品。现在三一的

SET230 在重型柴油机电力传动自卸卡车细分市场已取得突破，因此他们还计划将来凭借甚至更大的挺好扩展自己的地位。因此，“可移动公寓建筑物”很有可能很快会增加几层。■

Lu Liling, Qi Lie, 三一集团

Lu Liling

Lu Liling 是中国上海三一集团的 SET230 矿用卡车开发团队的一名工程师。





清晰可视元素：在 dSPACE MotionDesk 中，三一工程师可在清晰 3-D 在线动画中复制在 HIL 系统中仿真的行驶机动和情景。这让他们可实时可视化参数变更的效果。

Qi Lie

Qi Lie 是中国上海三一集团的 SET230 矿用卡车开发团队的一名工程师。



自豪的开发人员：直观的 dSPACE 工具不仅帮助三一大幅简化和加速自卸卡车的开发和测试。这些工具还帮助他们总体上更好地了解电气化动力系统后面的技术。其新经验将用于建立高素质的开发人员团队。



转向系统的

# 性能测试

使用机械电子 HIL 测试开发和优化电动转向系统





是否可在实验条件下测试车辆的实际转向行为？是。借助适合的机械电子测试台架。这实际上是 Ing. h.c. F. Porsche AG 博士从事的工作，可高效优化已处于早期开发阶段的新转向系统的行为。

如今车辆的转向系统不仅仅是用于换向的简单组件。由于受伺服电机和大量辅助系统的支持，它们已成为安全系统的有机部分，并且将缓解驾驶员的道路交通压力。在赛道上，它们通常甚至决定输赢。这是 Porsche 等跑车制造商特别关注转向系统开发的原因。它们不仅研究转向移动到车轮的精确快速传输。它还关于行驶状态的直接反馈 – 在相反方向传输。这两个因素相结合可造就直观而安全的行驶。由于驾驶员直接体验转向系统，此组件还是让公司在竞争中脱颖而出的理想选择。因此，实现以敏捷而直接转向行为为特征的 Porsche 典型转向感觉是开发人员规格的首要任务。当然，赛车运行对转向扭矩和转向特性的专业需求要比日常行驶的配置高出很多，远超街道合法车辆的车辆动力学限制。

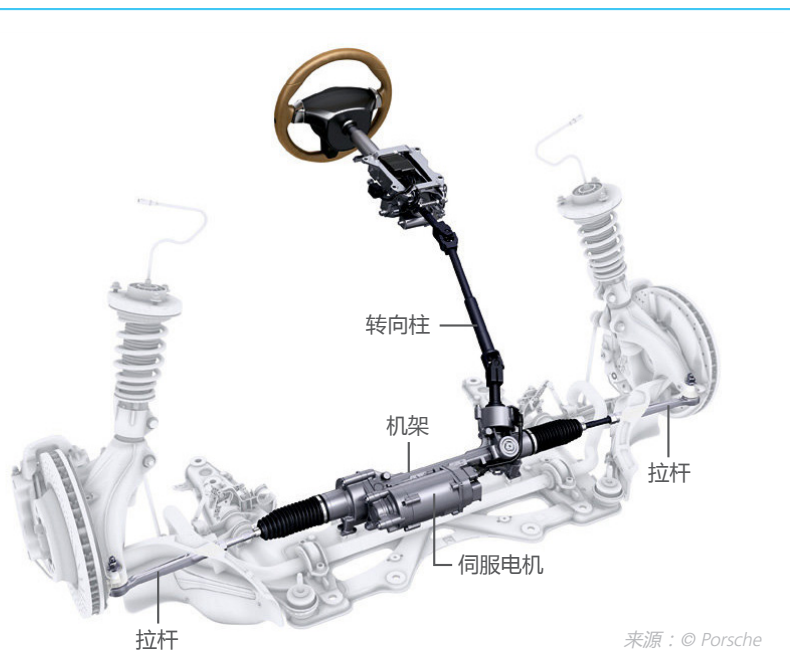
### 机电转向

最新转向系统采用机电形式，通常称为电动助力转向 (EPS) 系统 (图 1)。在此类系统中，伺服电机向拉杆提供附加电力，因此可主动支持驾驶员需要的转向角度。相比前几代产品，如液压转向系统，EPS 系统消耗的能源低很多，而且控制更加轻松。例如，开发人员可以在 EPS 系统中集成的电子控制单元 (ECU) 上实施转向、便利和辅助功能。这包括速度相关转向支持、主动转向回正性、车道保持辅助等。但是，EPS 系统的一个缺陷是驾驶员不会收到有关行驶状态的足够反馈，因为辅助单元存在重量惯性和传输到机架。这将给设计重要的反馈行为并因此保持特有的 Porsche 感觉带来特殊挑战。

### 验证转向系统

除了主观舒适和响应行为，转向系统还必须满足非常严格的要求。毕竟，它们是安全关键型车辆组件，因为它们出现故障会导致危险的行驶情况。因此，机械和电子验证遵守最严格的安全标准。数量日益增加的软件、新驾驶员辅助系统和后轴转向的可选功能将大幅增加转向系统开发中的测试需求。因此，虽然复杂性很高，但需要合适的方法来高效提供所需质量。使用 ECU 经过行业证明的硬件在环 (HIL) 方法，可重现测试、可轻松扩展的测试范围以及可根据每个情况调整的测试深度均可实现。通过在整个开发过程中测试整个系统和使用测试尽早支持控制器设计，甚至将进一步提高效率。这是 Porsche 在自己的实验室中使用机械电子测试台架来测试转向系统的原因，包括 ECU。合适的执行机构将以机械方式仿真转

图 1：机电转向系统的设置。用于转向支持的电动机与机架并行安装并在拉杆上施加转换力量。



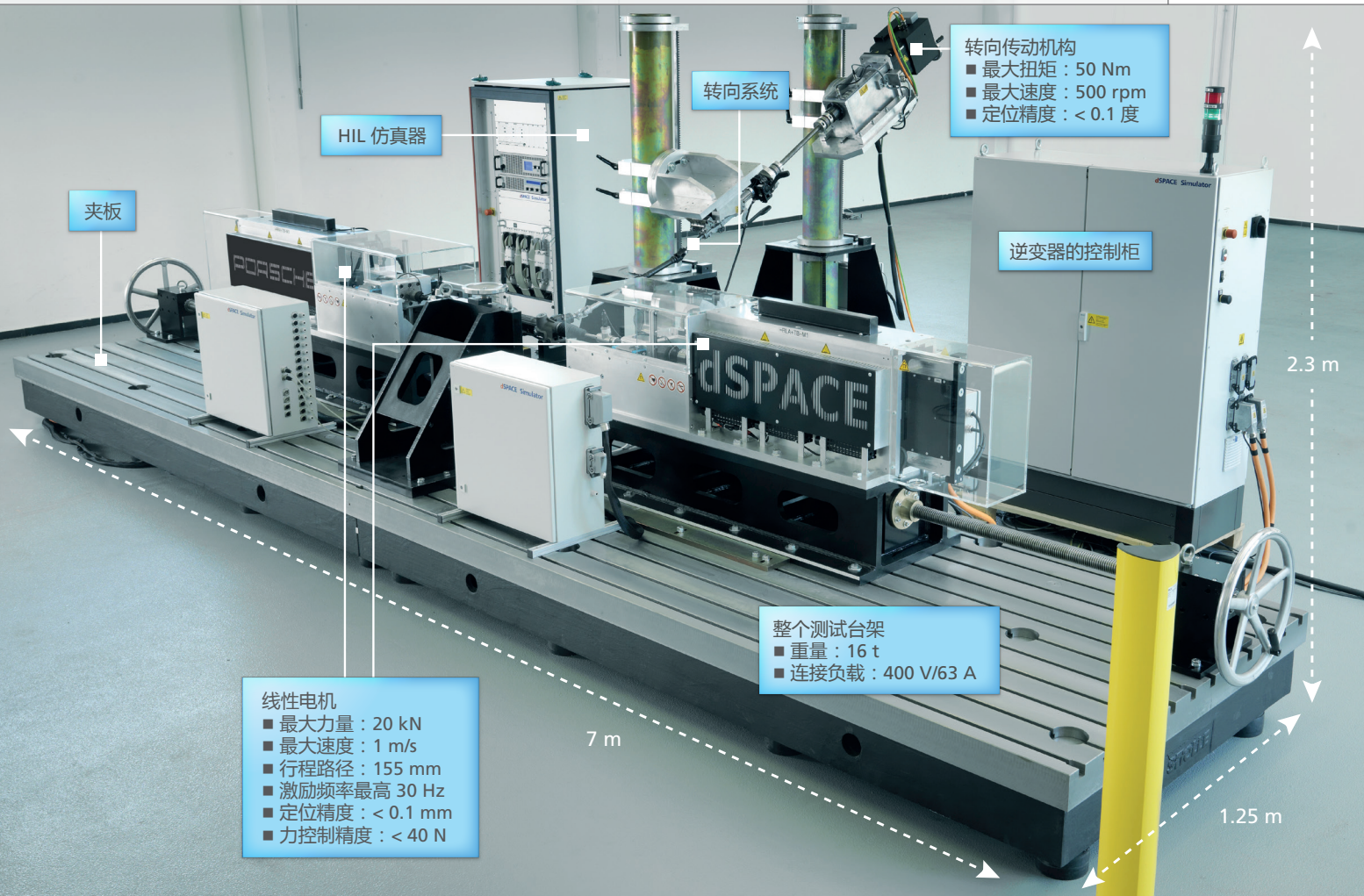


图 2：转向系统测试台架的设置和技术数据。

向系统，使得可在车辆原型中测试与实际试驾期间行为非常相似的系统行为。但是，也可以在转向系统的所有机械接口中插入合成刺激。这意味着还可在测试台架上执行全面测试。例如，开发人员可尽早测试新功能、标识重要参数，以及评估车辆动力学的限制，而不会面临任何风险。这还将在公司中累积重要的专业知识。

### 灵活的测试台架设置

dSPACE 和 Porsche 开发的转向测试台架的设置可容纳整个转向系统，包括转向柱、伺服电机、机架和拉杆（图 2）。它凭可变夹板以及用于定位各个组件的各种尺寸脱颖而出。此外，在转向系统和测试台架之间存在

能量和信号传输接口。所有这些都使得测试台架非常灵活，让用户可针对不同转向系统进行完美调整，同时确保非常短的设置时间，从而实现高效操作。

### 高效电力驱动

动态电力驱动是测试台架的核心，其中包含可采用机械方式仿真转向系统的两个线性电机。它们仿真在实际车辆中从车轮传输到两个拉杆的力量。转向柱另一端的转向执行机构（电动机）将动态设置转向机角度，从而仿效驾驶员。受控驱动逆变器向两个线性电机和转向执行机构供电。线性电机的控制设计为实现大输入力矩和精确分辨率所有电机的逆变器都

通过共享 DC 链路电压连接。DC 链路是通过主动馈入单元从电网馈入的能量。由于连接逆变器，仅必须覆盖测试台架的电流损耗。大多数能量在电路中流动。这使得测试台架的能效比 Porsche 以前使用的液压测试台架高。外部电源仅适用于标准三相插头（63 A）。不需要冷却剂和压缩空气等其他材料。

### 仿真器的设置和功能

电机控制、测试台架监控和测量数据捕获均由 dSPACE HIL 仿真器执行。仿真器包含实时处理器、所需 I/O 和相应的信号调节。驱动逆变器通过 LTi Motion TWINsync 协议控制，可确保以 125  $\mu$ s 间隔将设定点传输到逆

>>



图 3 : 测试台架的组件、信号、执行机构和传感器。

变器。此控制概念甚至在高达 30 Hz 的高动态刺激中也可以提供高准确性，这与鹅卵石道路的快速行驶对应。HIL 系统还仿真 restbus，这可根据 CAN 或 FlexRay 使用，具体取决于转向类型。工具套件 dSPACE Automotive Simulation Models (ASM) 用于实时仿真车辆的车辆动力学。实际转向系统可以连接到 ASM Vehicle Dynamics Model 进行闭环操作 (图 3)。dSPACE ModelDesk 的图形用户界面用于参数化各种 Porsche 车辆型号。此软件还让开发人员可定义虚拟试驾的道路和机动。为了立即可视化车辆行为，使用了 3-D 动画软件 dSPACE MotionDesk (图 4)。实验和仪器软件 dSPACE ControlDesk 用于控制测试台架。使用自动化软件 dSPACE Automation-

Desk, Porsche 还可以自动化测试序列，从而改进便利性。

#### EPS 测试部件

在 Porsche，转向测试台架用于标识机械转向参数，以及分析转向系统的传输行为。参数标识测试用于了解转向系统供应商如何实施机械要求。此外，相同部件的重复测量可提供此部件的磨损属性相关信息。测试期间将标识以下参数：

- 小齿轮角度和机架移动之间的传输行为
- 电机角度和机架移动之间的传输行为
- 转向杆（扭力杆和转向柱）的刚度
- 电机变速器（皮带传动和滚珠螺杆）的刚度

- 转向箱和转向柱的摩擦力
- 电机查找表（性能、能耗和效率）

通过使用 AutomationDesk, Porsche 可以方便地自动化测量序列。这的良好示例是标识转向箱和转向柱中的摩擦力，以及标识电机查找表，其中各自都需要不同的测量。例如，要确定转向杆的刚度，转向执行机构将使用自动化测试启动扭矩受控三角信号。此刚度可派生自测定变量“方向盘扭矩”  $M_L$  和“方向盘角度”  $\delta_L$  (图 5, (E))。电力助力转向系统的力矩传输行为分析使得可标识伺服电机的属性。它用于检查伺服电机满足不同刺激频率的辅助要求的程度。其中还可以分析转向系统的反馈行为。开发人员主要通过转向控制器软件来对其施加影响，并且将其设计为符合

Porsche 感觉。将针对各种频率分析机架力量到扭力杆扭矩的变速器行为。分析的传输行为标准有：

- 从电机扭矩到机架力量的传输行为
- 从电机扭矩到机架力量的传输行为

图 5 ( 4, 5 ) 显示了机架的刺激如何转换为扭力杆扭矩的反应。“被动”曲线介绍没有 EPS 辅助的转向系统的纯机械变速器行为。“主动”曲线介绍含激活支持的转向系统的行为。“主动”曲线的振幅比“被动”曲线低很多。这是转向系统的辅助功能导

致的，将降低驾驶员必须施加才能达到舒适水平的手动扭矩。曲线 #1 和 #2 的大量一致表示使用 dSPACE 转向测试台架的测量的高可重复性。

### 测试总体系统行为

测试台架提供两种分析总体系统行为的方法。首先，来自试驾测量等的预定义信号可传递到测试台架作为测试向量，然后启动。此方法的优势是测试向量只需记录一次，即可重复使用任意多次。因此，无需针对实际车辆再次执行行驶机动来分析不同的软件状态。其次，ASM Vehicle Dynamics

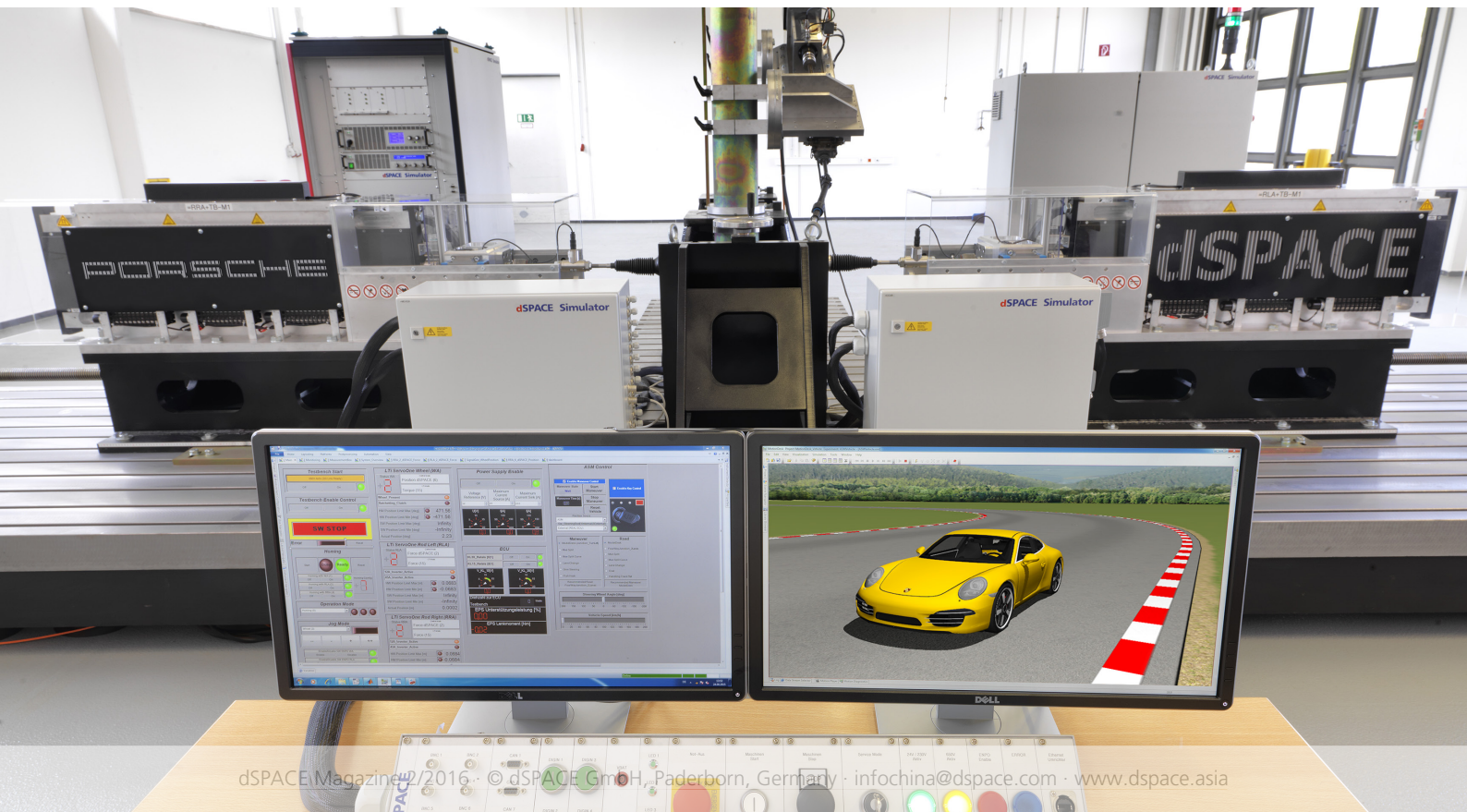
Model 可用于在车辆总体系统上下文中分析转向系统的行为。为此，必须使用要测试的 Porsche 车辆的数据参数化 ASM Vehicle Dynamics Model。此外，ModelDesk 可用于定义各种行驶情况。开发人员可以定义多个变量，如赛道拓扑和道路表面的摩擦力属性。使用测试向量和使用 ASM Vehicle Dynamics 仿真均可支持实际车辆中的试驾系统分析。测试如此可重现和精确的一个主要原因是它们独立于驾驶员和环境因素 ( 图 6 )。

>>

“由于其高度动态特性，来自 dSPACE 的机械电子测试台架对于我们而言是重要开发工具，可完美集成到高要求的 Porsche 转向系统开发。”

Anton Uselmann , Porsche AG

图 4：机械电子测试台架，包括含用于控制测试的 ControlDesk 的操作员工作站 ( 左 ) 和用于可视化行驶驱动 MotionDesk ( 右 )。



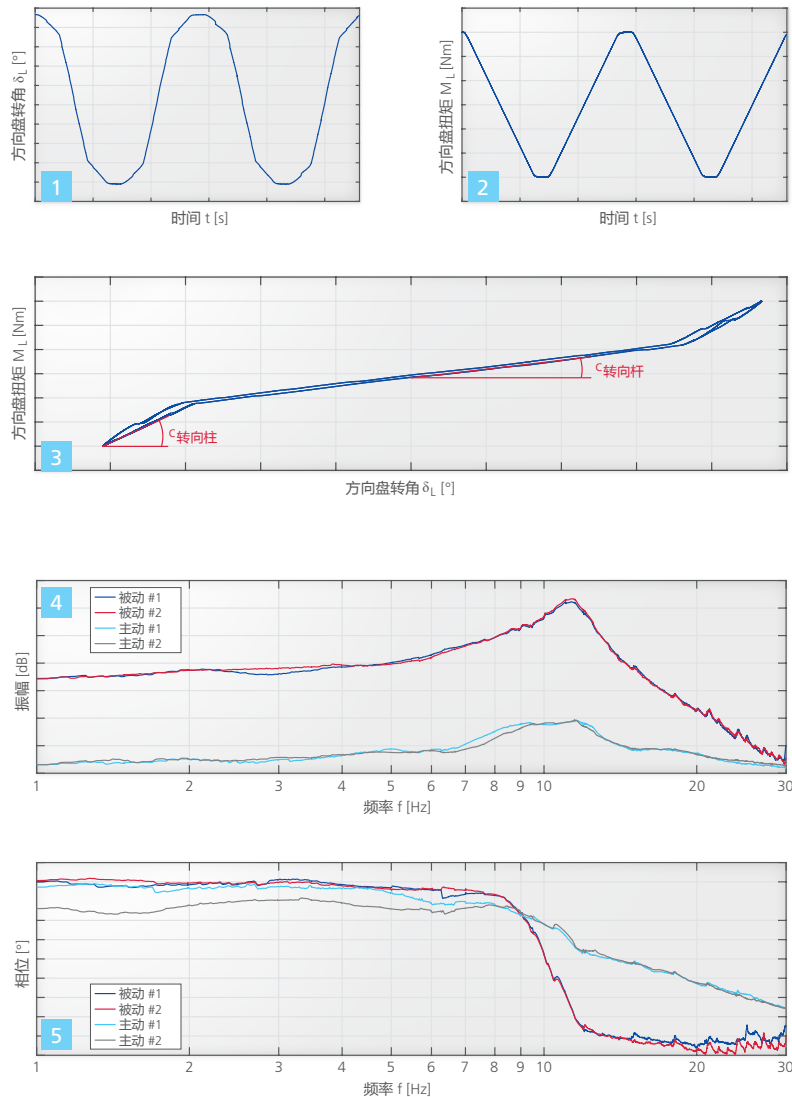


图 5：方向盘测试期间记录的各种测量值。

- 1, 2：含相对于时间  $t$  的方向盘角度  $\delta_L$  和方向盘扭矩  $M_L$  的转向杆的刺激
- 3：转向杆的刚度可派生自方向盘扭矩  $M_L$  相对于方向盘角度  $\delta_L$  的梯度。
- 4, 5：仅含机械变速器（被动）和激活辅助单元（被动）的转向系统的变速器行为。曲线 #1 和 #2 说明使用 dSPACE 测试台架的测量的高可重复性。

### 项目进度和协调

在整个项目期间，从报价阶段的首次交谈到调试和最终检查，参与项目的 Porsche 和 dSPACE 员工密切合作。第一个项目阶段是根据 Porsche 要求创建测试台架设置。它根据在多个步骤中修订的机械设置的 3-D 模型创建。例如，与构造相关的测量确保了测试台架的自然频率与所有计划内使用情景兼容，即它们不在激励的频率范围中。线性电机的转子也必须针对所需高动力优化。帕德伯恩 dSPACE 和魏斯萨赫 Porsche 开发中心的定期电话会议和现场会议是项目的有机部分，使得项目状态在任何时候都是透明的。测试台架按计划交付和调试。由于整个测试台架来自单个来源且按交钥匙方式交付，没有协调开销或与第三方的通信问题。

### 结论和展望

转向测试台架向 Porsche 提供了更大灵活性，让他们可以高精度重现测试，从而使得转向系统的开发和验证更加高效。甚至在项目完成后，两家公司仍保持密切联系。例如，dSPACE 当前正致力于进一步优化转向测试台架的控制算法。在下一个阶



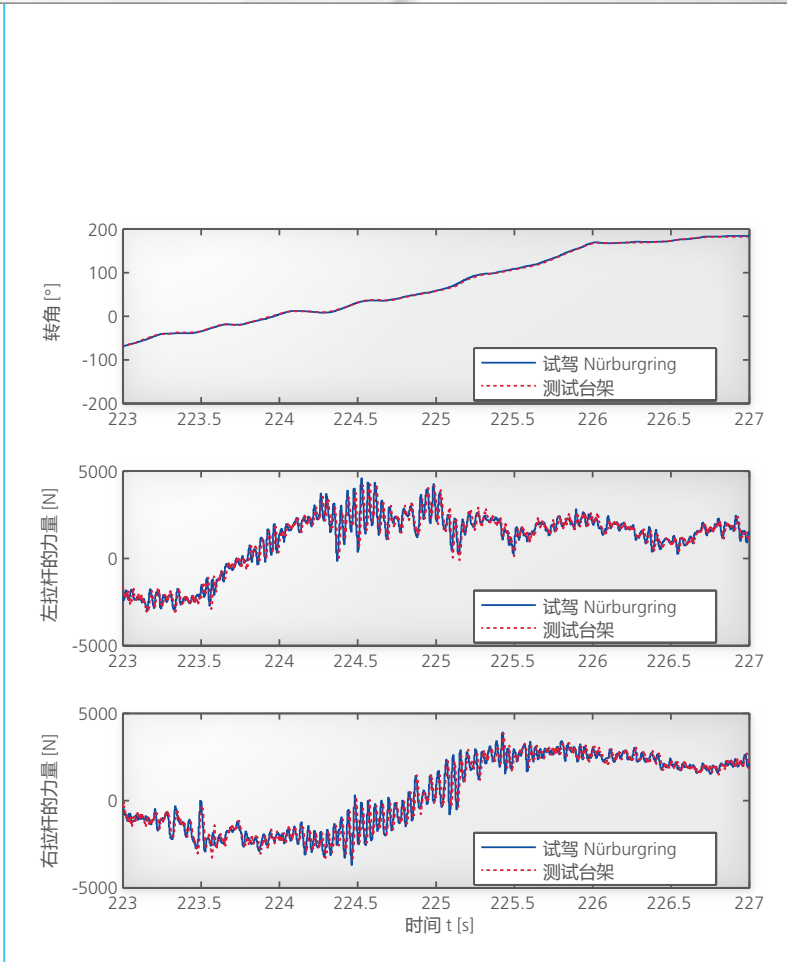


图 6 : Nürburgring 赛道实际试驾期间记录的如下测量数据：转向角度和对应拉杆力量（蓝色），以及在转向测试台架测量的值（红色）。

“我们在虚拟车辆中使用实时仿真模型 ASM Vehicle Dynamics 分析实际转向系统的行为。”

Benedikt Schrage, Porsche AG

段，两家公司将在测试台架中集成后轴转向系统。包括按电线转向架构可能是下一个项目。此外，Porsche 还计划集成在测单元的温度室。HIL 仿真器已包括必要接口。■

Anton Uselmann, Eric Preising, Benedikt Schrage, Dario Düsterloh, Porsche AG



观看视频，详细了解测试台架如何工作：  
[www.dspace.com/go/dMag\\_20162\\_mHIL\\_E](http://www.dspace.com/go/dMag_20162_mHIL_E)

Anton Uselmann

Anton Uselmann 负责德国魏斯萨赫 Porsche AG 转向系统的功能开发。



Eric Preising

Eric Preising 是德国魏斯萨赫 Porsche AG 测试车间的底盘测试台架专家。



Benedikt Schrage

Benedikt Schrage 是底盘测试台架测试工程师，负责德国魏斯萨赫 Porsche AG 转向测试台架。



Dario Düsterloh

Dario Düsterloh 是德国魏斯萨赫博士生，在转向系统开发流程中研究功能优化和复杂性管理。





# 无链条 自行车

适用于自行车的串联式混合动力驱动

迄今为止，几乎所有踏板电动自行车都混合动力驱动，以及踏板和驱动轮之间的机械连接。串联式混合动力驱动消除了这种需要大量维护的动力耦合，但会让骑行者在骑车时感觉非常不自然。IAI GmbH 生产的串联式混合动力 EE-SpeedBike 克服了这项不足。正是凭借使用 dSPACE 工具制定的智能控制策略，才能提供高度可靠的骑车体验。





**德** 国和欧洲的踏板电动自行车市场正在蓬勃发展，年增长率接近 10%。如今的中间价位踏板电动自行车不仅具有链传动或皮带传动。它们还在踏板附近配备中间驱动电机或者后轮毂电机。这些传动概念通常称为并联式混合动力驱动。

### 串联式混合动力驱动

40 多年来，工程师们一直致力于自行车的串联式混合动力驱动研究。最初的想法可追溯到 Augustus Kinzel，这位美国人于 1975 年获得此概念的首项专利。当时，此概念假设踏板直接连接到发电机。骑行者的踏板能量生成电能，经过电缆流到前轮电机。此设计没有踏板和后轮之间的传统机械耦合。之后数年推出了许多款采用串联式混合动力驱动的各种自行车型号，但是出于各种原因，如骑车期间的不自然感觉和踏板缺少反扭矩等，它们均未达到市场成熟度。

### 通往未来之路

Institut für Automatisierung und Informatik GmbH (自动化和计算机科学研究所, IAI) 有关串联式混合动力驱动的前几项研究的最初动力来自与自行车制造商的讨论。在这次讨论期间，并联式混合动力传动踏板电动自行车的磨损和维护，特别是链条和变速器方面，被视为不利的故障。这些研究主要包含分析各种传统自行车的性能。开发目标是设计串联式混合动力驱动自行车作为评估型号，至少提供与采用并联式混合动力驱动的踏板电动自行车相同的性能，并且保持与传统自行车相同的踏板感觉。作为工业研究协会联合会 (AiF) 提供

资金支持的一个项目的一部分，同步驱动通过使用相应的测量和控制技术以及电力电子技术，基于基本行驶性能开发，并且首次在一辆改装过的商业自行车上进行测试。电机和发电机需要的扭矩与市场上提供的辅助驱动存在很大不同。在串联式混合动力驱动中，驱动电机必须能够转换自行车需要的所有行驶功率。相比而言，发电机必须能够根据链驱动生成足够的反扭矩，以便向骑行者提供适合特定骑行的触觉反馈。第一代驱动没有完全满足这些要求，因为所需扭矩和小尺寸之间的目标冲突只能用优化变速箱来解决。然而，此第一款型号的应用却证明了可以通过软件仿真特定控制算法来模拟链驱动。

### X-PESA 概念

在功能证明之后，通过集成行星齿轮减小了传动系统尺寸，增加扭矩，而且概念安装在自定义框架中。后续功能型号 X-PESA 设计为 25 km/h 踏板电动自行车，测量表明最高可达到当前市场上提供的并联式混合动力驱动踏板电动自行车的性能。但是，在早期开发阶段，发电机显然太大、太重，无法使用单级行星齿轮实现所需扭矩。

### 新一代

Saxony-Anhalt 州作为州计划 ELISA (电力移动性和轻型工程) 一部分的资金支持使得驱动再造工程得以恢复。发电机现在配备有两级行星齿轮，以总重量 2.9 kg 提供最大扭矩 180 Nm，因此重量为 100 kg 的骑行者将感觉到反扭矩足够，甚至在更加激进的骑车中也有此感觉。驱动电机使用后链轮的安裝空间，可达到 120 Nm 的峰值扭矩并且可临时生成

&gt;&gt;

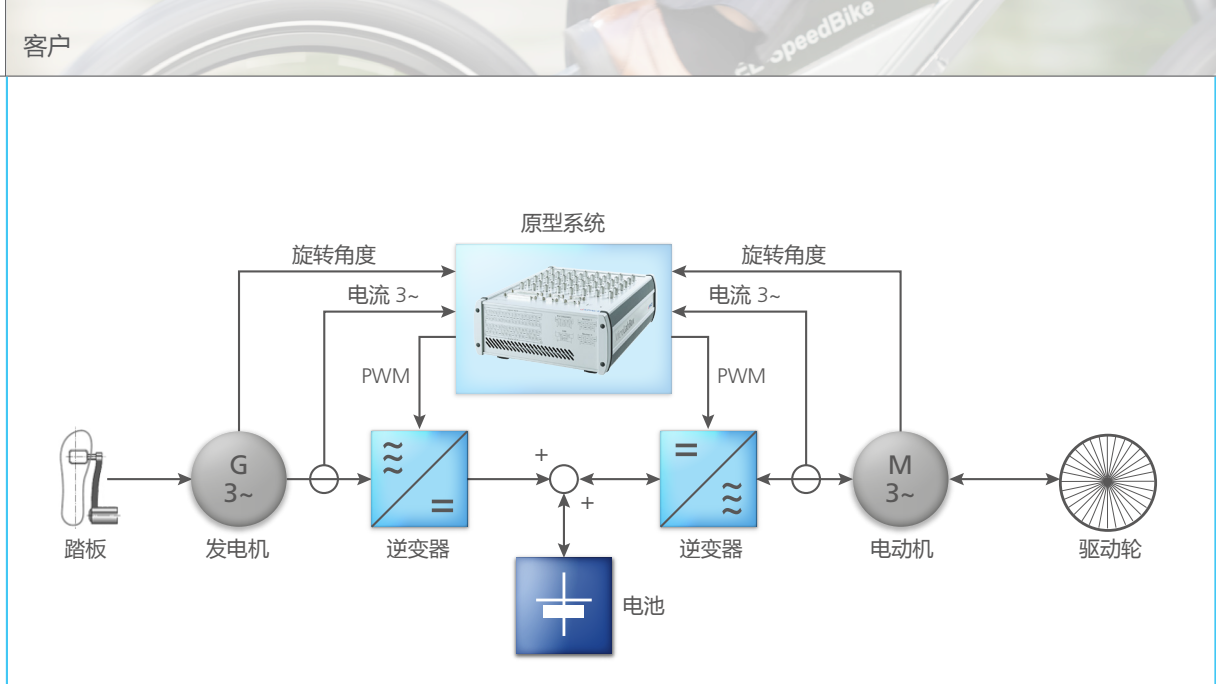


图 1：使用 dSPACE MicroLabBox 作为原型系统的串联式混合动力驱动的功率流。

2 kW 的电力。凭借此性能，电机设计为可用于高达 45 km/h 的 S-Pedelec 类别，而且在限速 25 km/h 下可供所有类型的自行车（城市自行车、山地自行车、货物自行车、人力车等）使用。电机和发电机完全无需维护。尽管采用双能量转换，但此传动系统的效率和成本原则上可与并联式混合动力驱动比拟，因为消除了踏板和后轮之间的机械耦合以及机械电路。在功能方面，串联式混合动力传动在全球都是独家。

### 通过智能手机方便控制

驱动系统的核心是具备如下功能的 16 位微控制器：实时控制电机和发电机，执行监控任务，以及使用控制显示屏和通过蓝牙连接的智能手机处理通信。智能手机使用专门开发的应用程序显示所有骑车参数，如速度、电池电量和性能。此外，智能手机还设置各种工作模式。在手动切换模式中，控制显示屏操作虚拟 20 速齿轮，表示传统变速器。作为替代选项，串联式混合动力驱动具有连续自

动变速器，让骑行者可通过控制显示屏设置所需步率。电池支持的变量设置允许调整骑行者的电动“顺风”。凭借媒介支持，电池组可向 EE-SpeedBike 提供 80 km 范围，这还可延长到任何距离。如果骑行者在旅程期间生成的踏板电力比传动系统需要的多，额外电力将给电池充电。在 45 km/h 速度，电池组提供更大的传动电力时，范围仍为 45 km。作为通过电源插槽重新装载电池的替代方案，练习自行车模式允许在静止不动时给自行车的 850 Wh 电池充电。后轮制动期间，电机将以连续可控制回收模式工作，并且将动能转换回电能，这将在机械制动啮合之前和期间回馈电给电池。

图 2：通过蓝牙连接的智能手机的用户界面。



### 初始调试

驱动组件的调试和评估借助 DS1103 PPC 控制器板完成。原型系统的性能甚至允许对基于 MATLAB®/Simulink® 开发的 CPU 密集型控制算法进行实时测试。但最初未考虑运行时优化。DS1103 广泛的外围设备功能促使可在电机或发电机测试台架上执行全面的试运行。

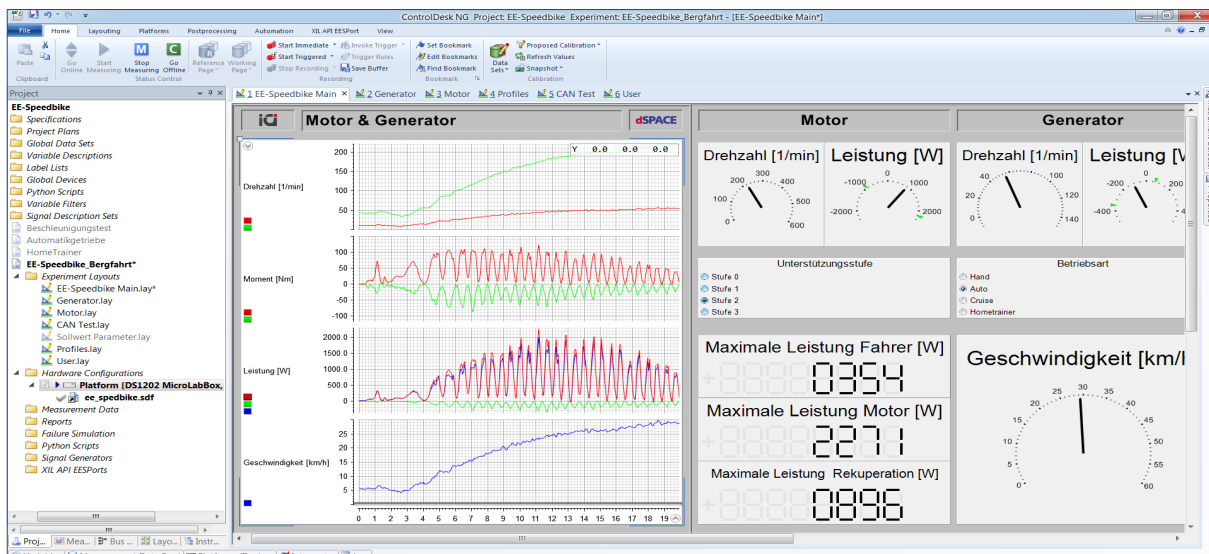


图 3：测试台架上仿真山地骑行期间电机和发电机的扭矩、转速和不同等级的功率。

“dSPACE MicroLabBox 的全面 I/O 功能向我们提供了在测试台架上测试新驱动概念的最大灵活性。”

Steffen Braune, Institut für Automatisierung und Informatik GmbH (IAI)

### 从 DS1103 到 MicroLabBox

最近, IAI 开始在测试台架上使用 MicroLabBox。凭借比 DS1103 更高的计算能力和扩展的外围设备,特别是多通道 PWM 信号生成, MicroLabBox 促使可在测试台上同时测试电机和发电机。这让研究人员可更好地了解两个驱动如何交互,因此可继续改善与发电机和电机扭矩生成相关的骑车感觉。RTI USB Flight Recorder Blockset 让 IAI 可采用高采样率记录较长时间的所有相关过程数据,并且使得执行分析更加轻松。ControlDesk 5.5 的扩展功能包括新变量浏览器以及将各个绘图机保存为新测量值的能力,可实现测试系列的快速高效实施和评估。

### 结论和展望

EE-SpeedBike 及其上一代型号 X-PESA 一起进行了数千公里的道路和测试台架测试,没有发现任何的明显问题。2015 年 12 月,此传动概念获得 Saxony- Anhalt 州 Hugo Junkers Award for Research and Development

的“应用研究最具创新性项目”类别第三名。下一个开发步骤是产业化当前型号,以便通过生产技术制造大量自行车。■

Steffen Braune 和 Knut Hahne, Institut für Automatisierung und Informatik GmbH (IAI)

#### Steffen Braune

Steffen Braune 是德国 Wernigerode Institut für Automatisierung und Informatik GmbH (IAI) 的机械电子项目主管



#### Knut Hahne

Knut Hahne 是德国 Wernigerode Institut für Automatisierung und Informatik GmbH (IAI) 的应用工程师



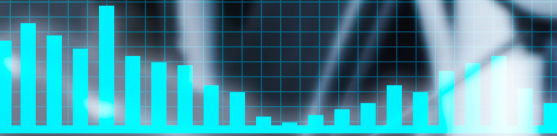


Advocate, Aerobic, Affect, Alert, Ambulatory, Appearance, Appetite, Athlete, Athletics, Avoidance, Games, Goal

Goodwill, Grip, Gymnasium, Vacation, Vault, Vegetables, Victory, Vigorous, Vital, Vitamins, Voluntary, Nervous, Nurse, Nutrition, Eating, Education, Effect, Elder, care, Emerging, Emotional, Endurance, Energy

Erect, Ergonomics, Establish, Exercise, Experience, Tackle, Targets, Team, Teammate, Tennis, Testing, Therapeutic

PERFORMANCE



开发高级健身器械

# 智能训练

克利夫兰州立大学的研究人员正在开发用于在太空中运动训练、康复和锻炼的新型健身器械。dSPACE MicroLabBox 用于收集测量数据和操作器械原型，这些可根据用户需求进行调整。



**使**用健身器械至少可追溯到工业革命时代。自那时开始，这些器械在成熟性方面发展为包括电子显示屏，以便提供阻力水平、速度和心率等关键指标（图 1）。它们旨在强调力量（如举重器械）或有氧运动（如健身房桨手和跑步机）。虽然在举重器械中可以选择重量，而且可在健身房桨手中调整阻力，但运动反力类型（机械阻抗）始终相同。

#### 目标：个性化机械阻抗

这个研究项目的动机是固定阻抗不是有效训练的最佳选项。康复机不仅应该阻止运动，还应该助力运行。此外，治疗师和医生应该能够进行器械编程，以在单个运动周期内、在单个疗程内或者作为长期康复计划的一部分自定义助力和阻力之间的平衡。对于太空宇航员，举重必须按动力仿真，而且进入太空的任何设备都将面临极大的质量和体积约束。所有这些需求都指明应该将相同硬件用于阻力和有氧运动。研究团队与 NASA Glenn Research Center 及其 Exercise Countermeasures Program 展开协作，共同设计满足这些高标准的器械。这个团队还利用自己在能源再生控制方面的专业知识，演示了划船机的扩展版本，此器械提供了可编程阻

&gt;&gt;



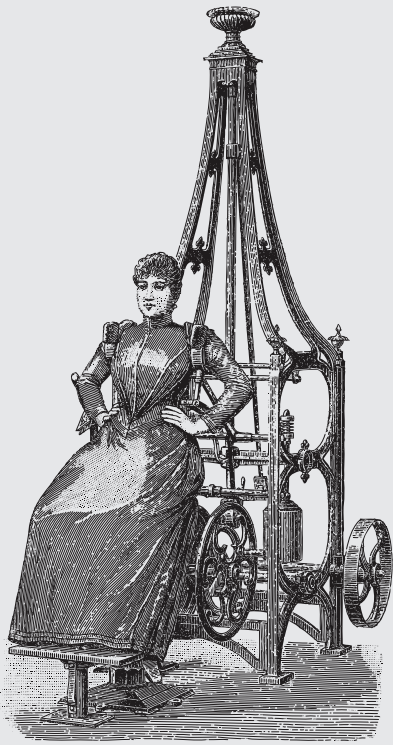


图 1：健身器械在吸引力和用户交互性方面已有所发展，但其机械功能在许多情况下基本上不变。

抗，而且完全由主题锻炼供电。自给自足的功率功能相比其他解决方案可提供附加优势，因为器械无需从太空交通工具电网获取能量，而且甚至可能能够返回一些能量。

#### 高级健身器械的特征

上面提到的应用情景需要了解高级健身器械的特征，其中使用电机和控制系统来生成持续可调整的机械阻抗：

- 使用直接感应和基于模型的仿真的组合可生成有关当前人为表现的详细实时信息

- 使用当前表现指示可修改其自身的机械特征，以便最大程度实现预先选择的可编程目标
- 生成最佳实时线索以供锻炼者修改其机械输出
- 使用高于一切的安全标准监控、管理和解决人体和器械目标之间的冲突（图 2）

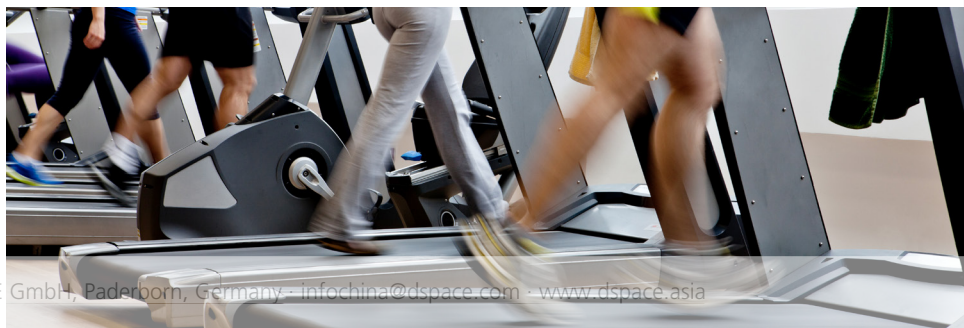
#### 挑战

新器械的阻抗在单个运动周期和长期方面将会有变化。必须很好地了解此类变化对身体的影响，特别是肌肉力

量的目标测量值。这种了解将来自建模，这是确定有益阻抗变化的终极基础。在实施中，将根据锻炼者和器械的当前状态的相关信息进行最佳阻抗调整。控制系统通过适当地控制电机使这些指令在机械上生效。

#### 最佳锻炼

锻炼可针对特定目标优化。对于减肥，锻炼以最佳方式尽可能在许多肌肉之间分布负荷，以便最大化耐性。在康复或健身中，目标可能是强化一个肌肉组织。对于横跨多个关节的肌



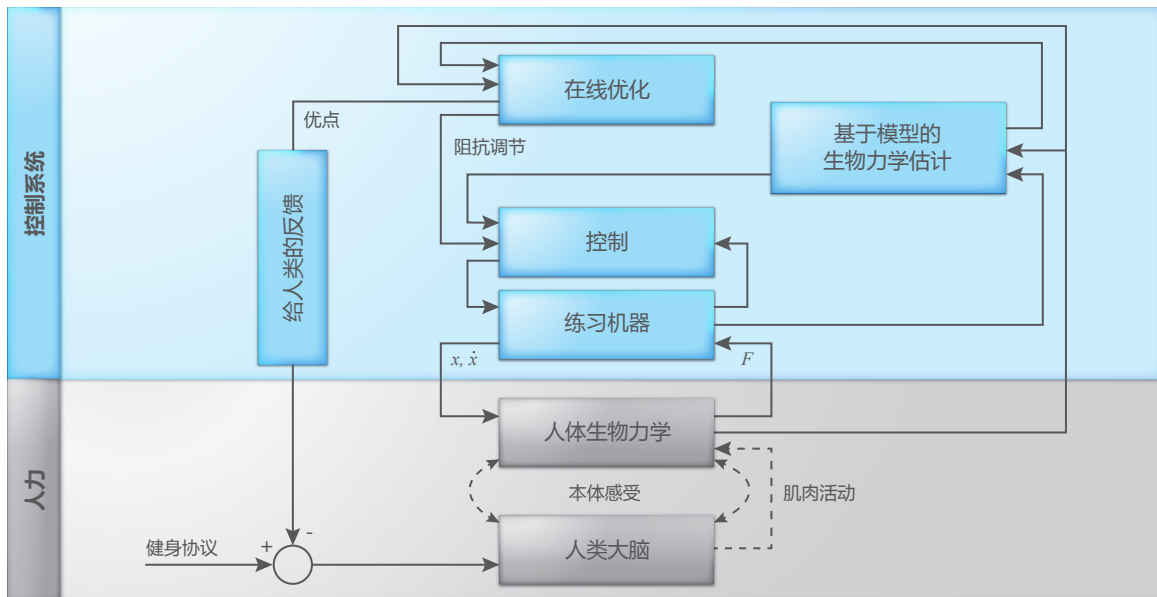


图 2：高级健身器械的功能框图。系统生成线索来在锻炼期间修改人体行为。这些变更以及机器阻抗变化由系统生成来实现最佳性能。

肉，如腿筋，应该如何设计此类锻炼不是很明显。由于个人对训练刺激的反应不同，因此务必创建自定义锻炼计划来满足个人需求。采用受控锻炼系统，运动员可以优化自己的训练表现，同时通过仅允许适合自身具体生理机能的负荷来消除伤害。年老的个人和康复患者可安全地锻炼来解决肌肉骨骼问题。

### 生物力学建模

在高级健身器械中，控制系统将持续监控运动和力量。此数据用于估计肌

肉中的运动和力量。这允许评估锻炼并将训练相关信息实时反馈给用户。为了执行此评估，将需要肌肉骨骼动态的详细数学模型，以及足够稳健可生成可靠结果的状态估计技术，甚至在数据嘈杂且不完整以及模型不完美时也是如此。模型将使用运动捕获和肌电图学 (EMG) 录制来验证。

### 状态估计

要控制系统实现所需目标，控制器需要先估计一些未观察的系统量。这些可能包括系统参数、未测量输入

以及内部系统状态。借助健身器械，这些数量可以包括用户施加的力量、摩擦参数、肌肉动作信号等。为了估计未知系统量，团队正计划在其健身器械开发中依靠 Kalman 滤波，以及无迹的 Kalman 滤波和 H-infinity 滤波等高级估算器。

### 优化

为了向用户提供最大好处，需要优化健身器械的多个组件，包括机器设计本身、估算器、控制算法、甚至控制目标。除了许多系统组件的确未知或

>>

“使用 dSPACE MicroLabBox，可轻松收集初始数据和实时操作器械原型。这使得可关注控制算法本身，而不是实施细节。”

Hanz Richter, 克利夫兰州立大学

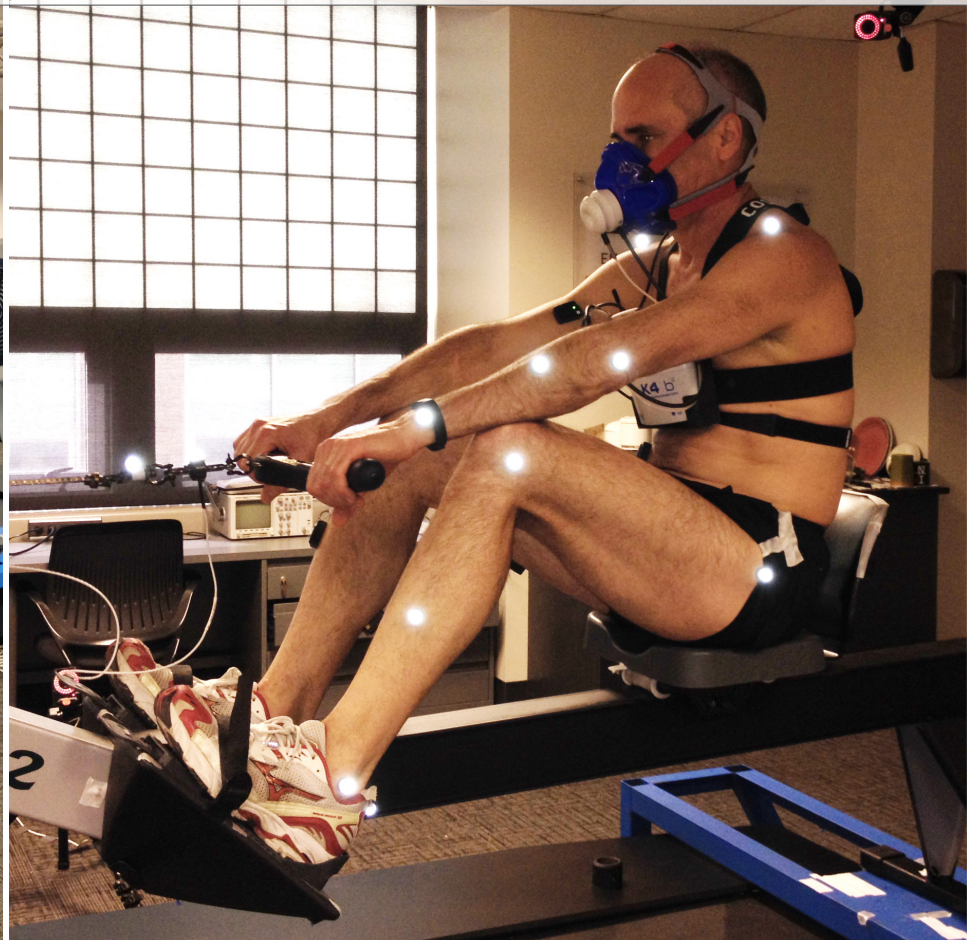


图 3：在试验期间，dSPACE MicroLabBox（左图）以 1 kHz 采样率收集 16 通道肌电图 (EMG) 数据和器械机械数据。一个单独系统使用可视标记（亮点）和代谢数据收集运动数据。来自所有系统的数据都通过离线后处理同步。

无法测量，一些系统组件甚至可能会因老化或外部环境变更随着时间推移而改变。人体模型肯定会随着时间推移而改变，因为不同主体使用器械。为了优化，团队依靠快速革新的算法，其中包括优化问题的一组解决方案。由于实时测试和验证潜在解决方案，它们会采用仔细计划的方式相互交换信息，从而最大化性能。

#### 通过 MicroLabBox 的实时控制

必须指定如下基于模型的控制算法：会影响最佳阻抗变化，同时保证锻炼

者的安全。团队正在开发框架中依靠各种理论，包括被动和极值寻求控制。实时实施需要如下高性能数据采集和控制系统：能够快速处理多通道模拟数据，同时提供高级用户界面。团队选择了 dSPACE MicroLabBox 来收集初始数据并最终实时操作器械原型（图 3）。实验软件 ControlDesk 允许快速高效地准备数据收集和实时控制实验，因为现有 MATLAB®/ Simulink® 仿真模型可轻松转换为实时接口。这让研究人员可关注控制算法本身，而不是实施细节。

#### 在划船机上的前几次试验

该项目的第一个阶段关注划船锻炼。目标是使用传统器械进一步了解这项锻炼。这涉及在划船机上收集研究文献中当前未提供的器械特定和人体特定数据。器械特定变量包括施加在拉链上的力量，以及器械内部旋转组件的速度，即链轮和飞轮（图 4）。人体特定数据更广泛，可分为三组：运动、肌肉活动和代谢数据。数据收集试验在 van den Bogert 教授的人体运动和实验室执行。该实验室配备有采用 Cortex 软件且含 10 个摄像头



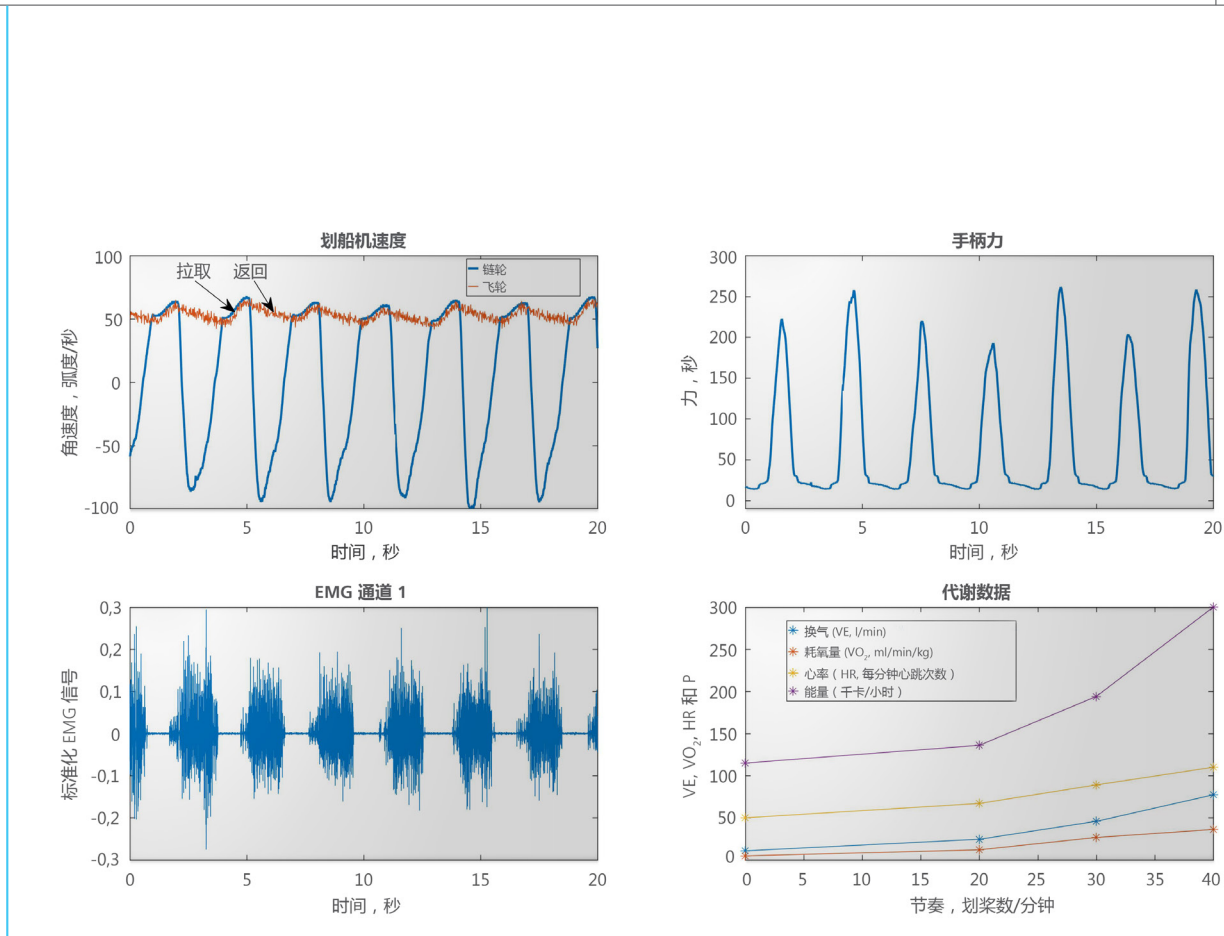



图 4：样本数据集（标记数据未显示）。链轮和飞轮在拉取期间具有相同的速度，并且在返回时变为解耦。以各种节奏（划桨数/分钟）和休息绘制试验的代谢数据图。

的运动采集系统 (Motion Analysis Corp.)。16 通道无线 EMG/加速计系统 (Delsys) 用于收集肌肉活动数据。用于肌肉骨骼建模和仿真的软件工具包括 OpenSim, Autolev、MATLAB、IPOPT、SNOPT、GPOPS，以及通过直接转录肌肉骨骼动态和优化标准进行预测性仿真的内部代码 (MATLAB 和 C++)。来自这些试验的数据将用于构建和验证生物力学模型和设计电动器械。■

Hanz Richter, 克利夫兰州立大学

图 5：研究团队（从左开始）：  
Hanz Richter, PhD (机械工程副教授)；  
Antonie van den Bogert, PhD (机械工程教授)；Kenneth Sparks, PhD (人体表现教授)；以及 Dan Simon, PhD (电气工程 and 计算机科学教授, 大学协会研究副总裁)。

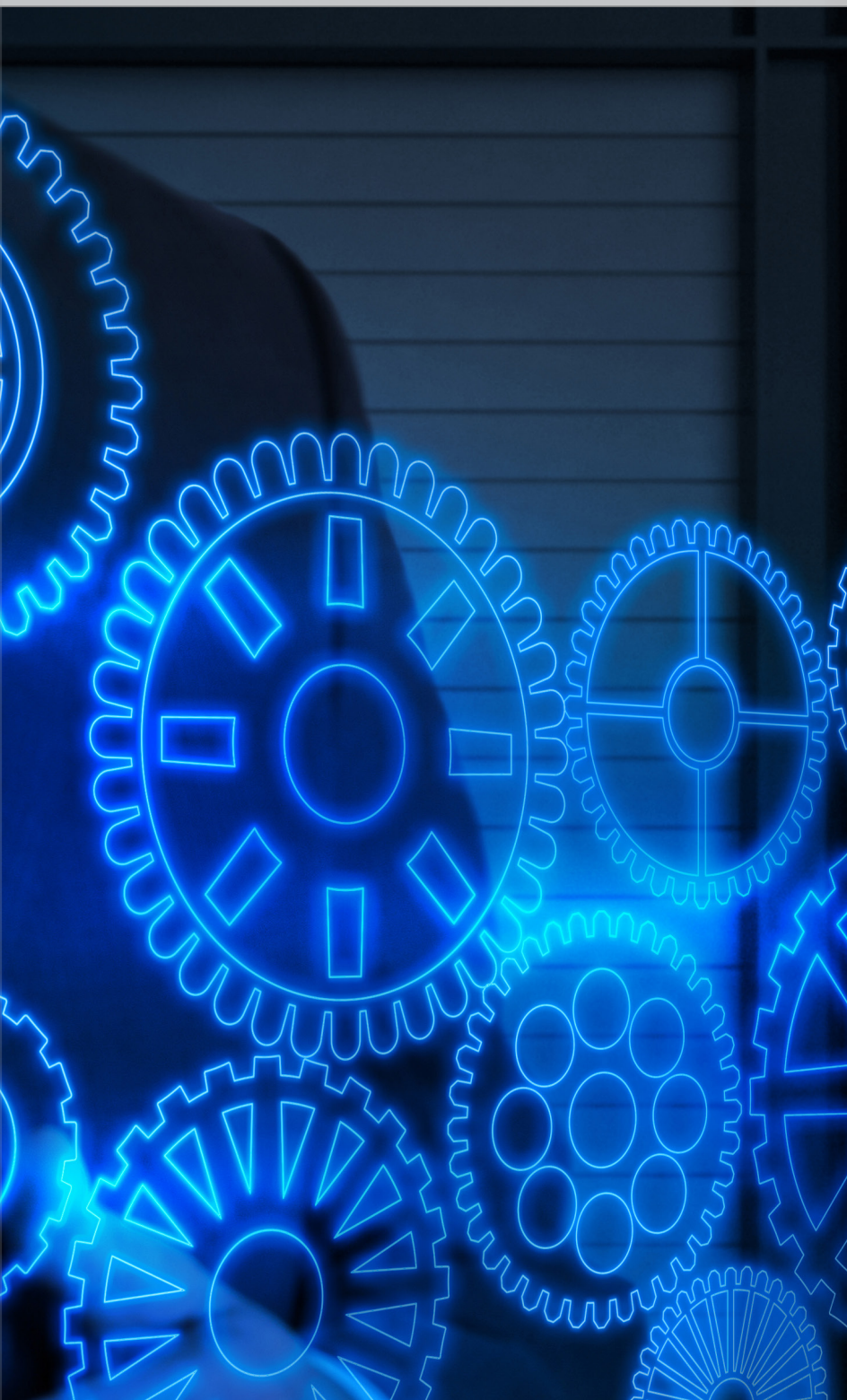




高效软件开发，  
面向变速箱 ECU

# 处理大量 变体

大量变体是电子控制单元 (ECU) 软件开发期间必须解决的许多挑战之一。这是 ZF Friedrichshafen AG 等汽车供应商将引入工具支持的方法用于重要开发步骤的原因。一个此类工具是 dSPACE 产品级代码生成器 TargetLink。



# 汽

车行业持续的创新压力需要新功能，而且必须以更短的间隔推向市场。因此，当前

车辆的变体范围日益增加。这种趋势在变速箱开发中没有停止，其中经试验和测试的含变矩器的自动变速箱具有数量不断增加的齿轮，并且涵盖直

至混合动力传动的众多应用。这么多的版本和变速器的新功能给软件开发带来了新挑战。混合动力控制的许多功能通常接入整车网络，有时甚至与安全相关，因此必须集成到现有软件环境中，并且在使用内存和计算能力等有限资源 ECU 上实施。处理变速箱变体以及遵守 ISO 26262 和其他安全相关标准对开发方法和开发流程具有重要要求。此外，必须快速而高效地将新功能要求的解决方案引入到批量生产中。在这方面，质量是决定因素。

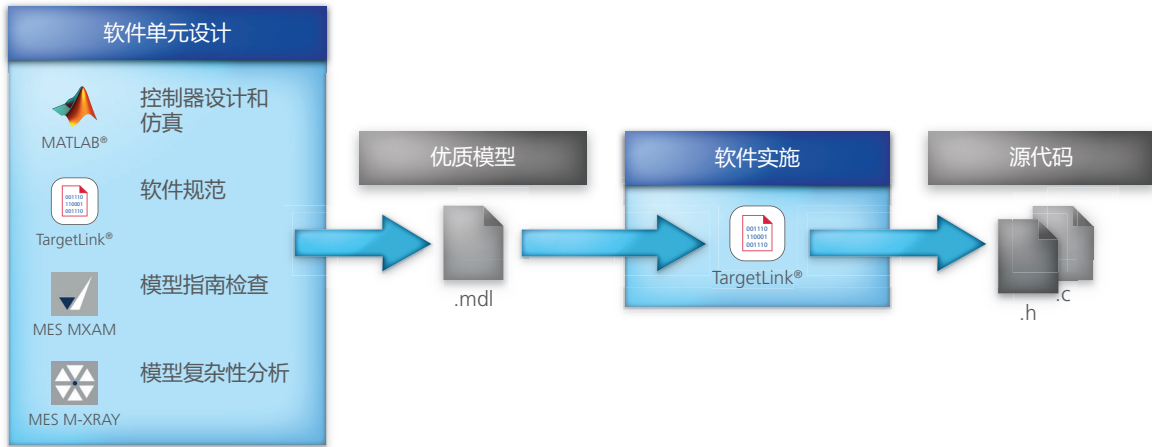
### 开发方法和开发流程

为了尽快满足所有要求并使软件可用，嵌入式系统的软件开发通常使用基于模型的开发方法。汽车行业尤其如此。其中，开发方法影响整个开发流程，包括从需求定义到软件发布。为了从基于模型的开发优势中充分受益，必须存在在所有阶段都使用此方法的总体开发概念。使用基于模型的开发可实现三个主要目标：质量、短开发时间和全面自动化方面的改进。安全相关的功能应当基于模型进行编程。这需要工具和流程的严格要求，因为它们必须遵守许多严格标准并实现非常低的错误率。通过模型重复使用、联合工具链和有目的的版本管理提高效率。目的是尽早加载更多任务来检测错误，并且因此缩短开发时间。

### 工具链

基于模型的最重要工具是建模平台和产品级代码生成器。ZF 在几乎所有项目中都使用 MathWorks® 的 MATLAB®/Simulink® 作为建模平

>>



基于模型的开发的工具链和工作流。

台。dSPACE TargetLink® 用作代码生成器。模块测试使用 TargetLink 集成仿真概念和来自 Model Engineering Solutions GmbH (MES) 的 MTest 工具执行。同样来自 MES 的工具 MXAM 和 MXRAY 用于执行遵守建模指南的自动检查，以及分析建模复杂性。它们一起确保模型的高质量。其他工具在模型分析和测试以及配置和版本管理中支持流程。在整个公司使用工具链，而自 2008 年该工具推出以

来，TargetLink 生成的产品级代码就在许多产品中使用。

**开发安全相关功能**

通常，QM 功能（使用传统工具验证）不是要根据模型创建的唯一功能。这同样适用于安全相关功能。一项主要优势是产品级代码生成器 TargetLink 根据 TÜV SÜD（德国国际认证机构）的 ISO 26262 认证，因此获准可用于开发安全相关系统，直至

ASIL-D。例如，这实际上意味着无需冗长的代码审查（举例说明）。此外，dSPACE 提供面向安全相关系统基于模型的软件开发的参考工作流，ZF 将其集成到标准流程。为了建立项目无关以及项目特定方法，ZF 使用自己基于流行标准的建模指南。这将确保在建模阶段就考虑 ISO 26262 的方法和建议。

变体处理的各种方法。



### 处理变体的各种方法

为了能够将尽可能多的复用部分用于多个变体，ZF 使用各种变体处理。代码生成器 TargetLink 的功能非常类似于传统编程的功能。但是，在基于模型的开发中，这是通过传统方法扩展。处理变体的一种方法是使用有选择地生成代码的模型版本。包含多个子模块的总体模型始终形成此基础。大多数模块对于不同版本都相同。这意味着，每个模块都仅存在一次。但是，一些模块与变体相关。在这种情况下，每个变体都有一个模块。构建总体模型时，将根据选定变体使用相关模块。设置总体模型时，将使用此类型的变体处理。总体模型完成后，不再能够使用不同的变体。处理变体的其他方法包括使用功能变体开关和预处理器开关。使用功能变体开关时，TargetLink 将生成变体相关代码部分。不会生成与选定变体无关的软件部分。另一方面，预处理器开关将如同传统软件开发那样工作。TargetLink 生成的产品级代码包含所有变体，而且编译代码时将执行变体相关评估。TargetLink 还可以处理软件应用程序动态控制的数据变体。



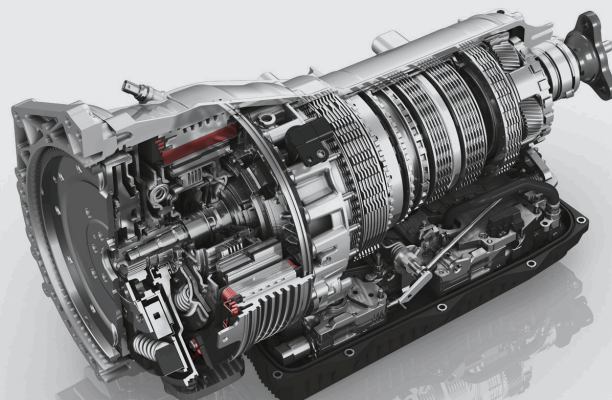
SYNECT 是数据管理和协作软件，特别注重基于模型的开发。SYNECT 帮助工程师处理模型、信号和参数、其相关性、版本以及底层要求。

### 展望：使用功能管理

为了更好地管理多元化客户和功能变体日益增加的复杂性，许多公司正考虑未来使用功能管理系统。他们采用各种功能模型来生成参数设置集并将其用于 TargetLink 模型或代码。这需要将功能模型用于整个项目和各个组件的多阶段方法。由于此方法预计会非常复杂并且需要搞的可追溯性，许多开发部门正在研究将数据管理系统，比如 dSPACE SYNECT® 集成到他们的工具链并且与需求管理系统一起处理的可能性。

已获得 ZF Friedrichshafen AG 的许可。

8 齿轮插电混合动力传动是 ZF 使用 8 个 HP 系列的一个变体，其中使用 TargetLink 生成产品级代码。



持续监控安全  
关键型应用程序

密切  
关注

# 安全性

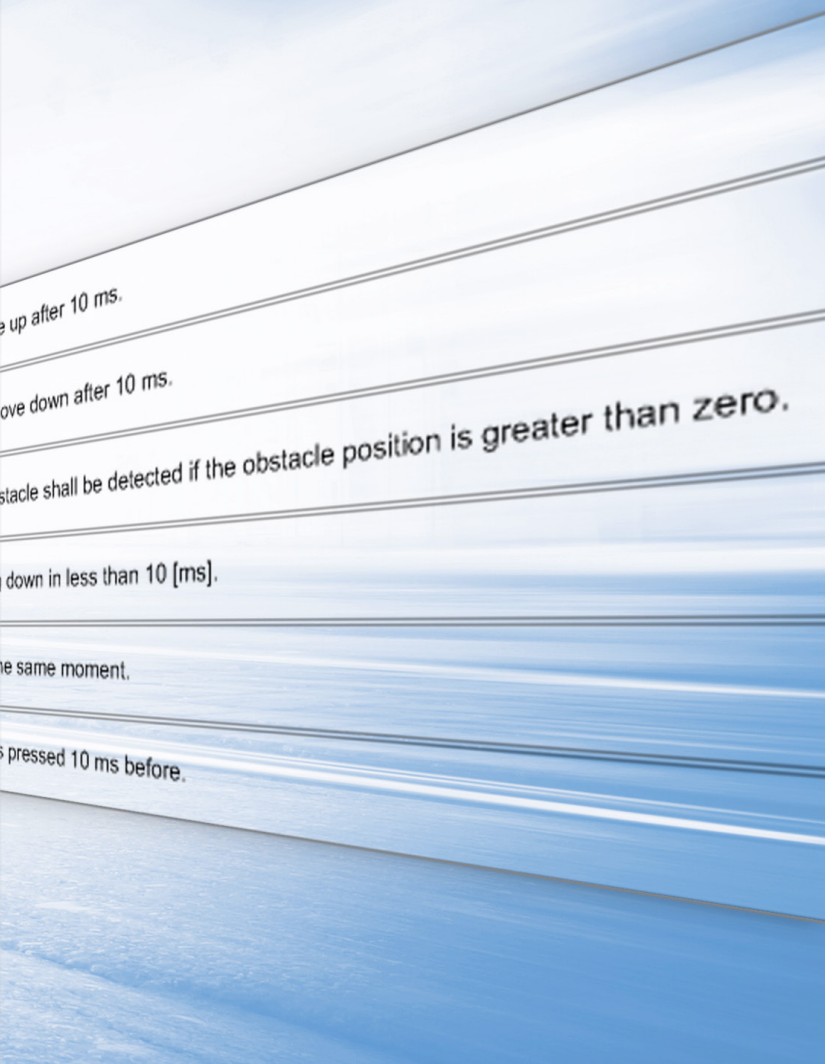
	1	If the driver up switch is pressed, the window has to move
	2	If the driver down switch is pressed, the window has to m
	3	If window position and obstacle position are equal, an ob
	4	If an obstacle is detected, the window has to start moving
	5	The move up and the move down signal must not be at th
	6	A move up signal can only be generated if an up button is

验证安全关键型系统需要多少测试？你如何平衡安全要求和测试工作？dSPACE 和 BTC 面向安全关键型 ECU 功能的基于仿真的形式验证的新解决方案让工作和可行性更加紧密。同时提供测试深度。

**随**着全球都在追求创新、用户便利和更加安全，电子安全相关系统数量日益增加。在各个领域，出于设计或成本考虑，机械后备系统的时代已经一去不复返。因此，这些电子系统的测试不可避免地面临严格要求。此类系统

的示例包括线控转向和自动驾驶，其中系统故障具有灾难性的后果。这使得开发人员面临困境：尽管系统非常复杂、要求似乎永无止境，但验证所需的时间必须保持在合理限制内。开发人员还必须遵守许多重要指南。例如，ISO 26262 标准（“道路车辆 -

功能安全”）建议执行电子控制单元（ECU）安全关键型功能的形式验证。鉴于这些挑战，dSPACE 和 BTC 携手开发了安全关键型应用程序的基于仿真的形式验证的解决方案。它可用于在 dSPACE 平台上实时监控是否遵守安全关键型要求。



### 更大的测试深度

在传统测试流程中，运行每个安全关键型功能的所有必要测试用例，同时考虑所有需求和交叉参考时，会在测试工作和测试时间方面产生严重问题。毕竟，需要定义多少测试用例才

能绝对覆盖所有可能性、交叉参考和并发性？即使您能够定义这么长的测试用例列表，您需要多少时间才能运行完所有这些用例来实现所需的测试深度？来自 dSPACE 和 BTC 的创新解决方案将全新 dSPACE Real-Time

Testing (RTT) Observer Library 与形式化工具 BTC EmbeddedSpecifier® 相结合。这些工具通过支持实时的需求观测器完善了现有的模型在环 (MIL)、软件在环 (SIL) 和硬件在环 (HIL) 环境。运行仿真期间，观测器并行运行并且监控是否遵守所有安全关键型需求。还可以立即了解实施的测试用例覆盖的需求和未覆盖的需求。这让开发人员可高效评估测试流程的总体质量和进度。基于仿真的形式化验证是传统基于需求的测试（仍是基础）的理想补充。传统测试和基于观测器的测试的组合可大幅提高测试深度。将观测器视为可在各种 dSPACE 平台上方使用的可执行测试标准。由于观测器与实际仿真模型解耦，现有仿真模型无需修改即可使用。现有传统测试可通过观测器轻松扩展，而无需修改。

### 更好的质量

正是采用 BTC EmbeddedSpecifier，从中生成观测器的需求质量也随着提高。BTC EmbeddedSpecifier 提供工具支持，因此可轻松将非形式化的需求转换为形式化表示，再转换为 dSPACE 平台的可执行观测器。这样有指导性地逐步消除以前基于语言的需求和具体模型变量直接引用的歧义，可帮助用户尽可能精确地制定需求。这还将帮助遵守相关安全标准和指南。

>>



“BTC EmbeddedSystems 在需求形式化和形式化验证方面拥有长期经验，现在更是结合了来自 dSPACE 的既定强大仿真平台和系统。这铸就了完美优化的独特工具链，将测试质量和意义提升到全新水平，特别是对于安全关键型应用程序。”

Hans Jürgen Holberg, 管理委员会, BTC Embedded Systems AG

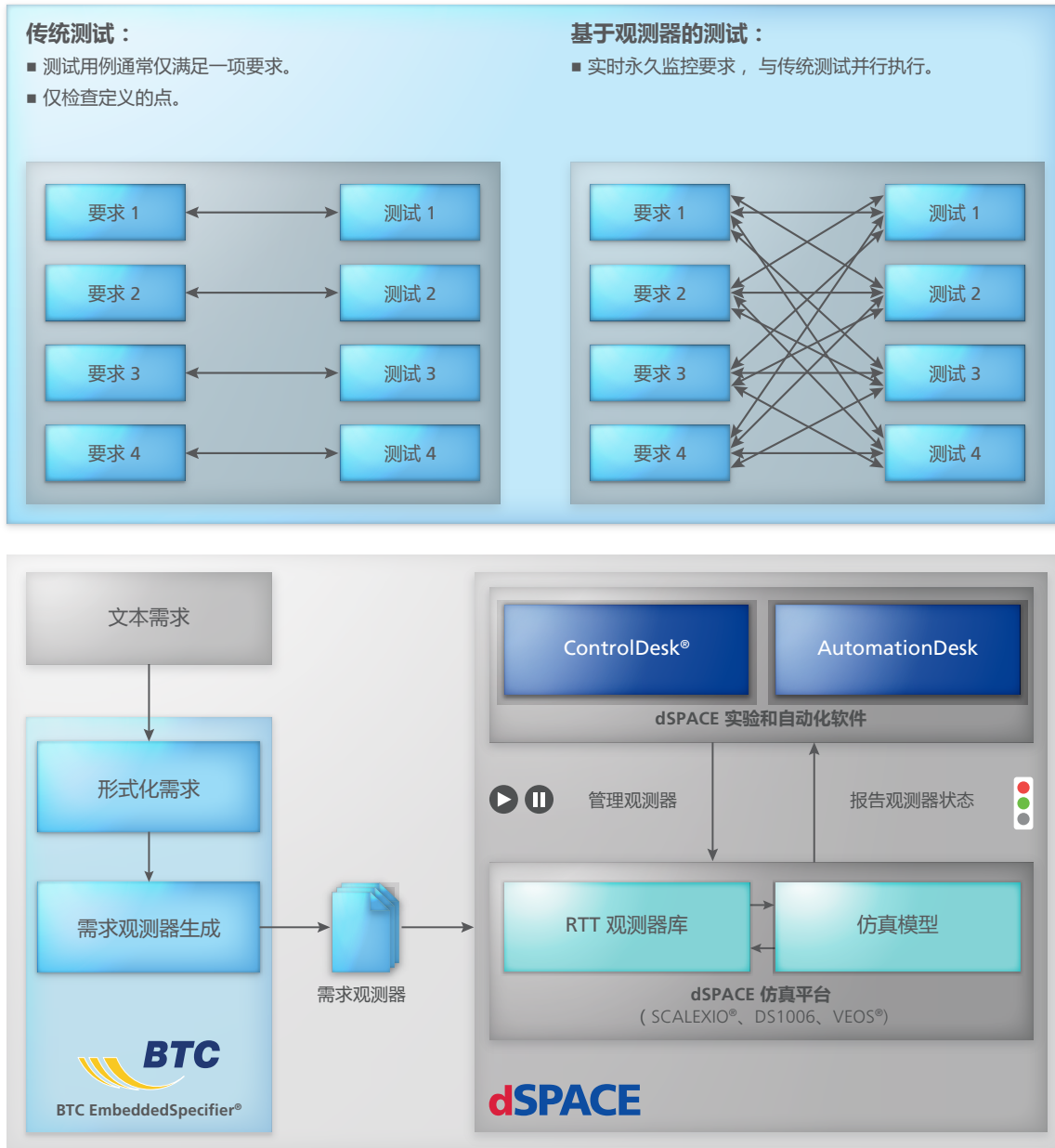


图 1 (上图) : 基于观测器的测试提高了测试深度。

图 2 (下图) : 生成具有实时功能的需求观测器, 可在 dSPACE 平台上运行, 监控需求的合规性。

**理想的集成**

为了允许用户快速使用需求观测器, dSPACE 提供测试自动化软件 AutomationDesk 的测试模板, 以及实验软件 ControlDesk 的布局。该解决方案还可以集成到工具中。出于用户便利, 它们可为 Control-Desk 自动

生成观测器特定布局, 其中在整个执行期间显示每个需求的合规性状态 (图 3)。凭借 ControlDesk 布局, 可以逐个且完全独立于仿真模型启动、停止和重置观测器。AutomationDesk 模板让开发人员可使用观测器永久检查需求, 同时在

AutomationDesk 中执行指定测试序列。在这种情况下, 生成的测试报告不仅包括各个测试用例的结果, 还包括观测器的结果。触发观测器的时间可用于标识触发和错误的原因。



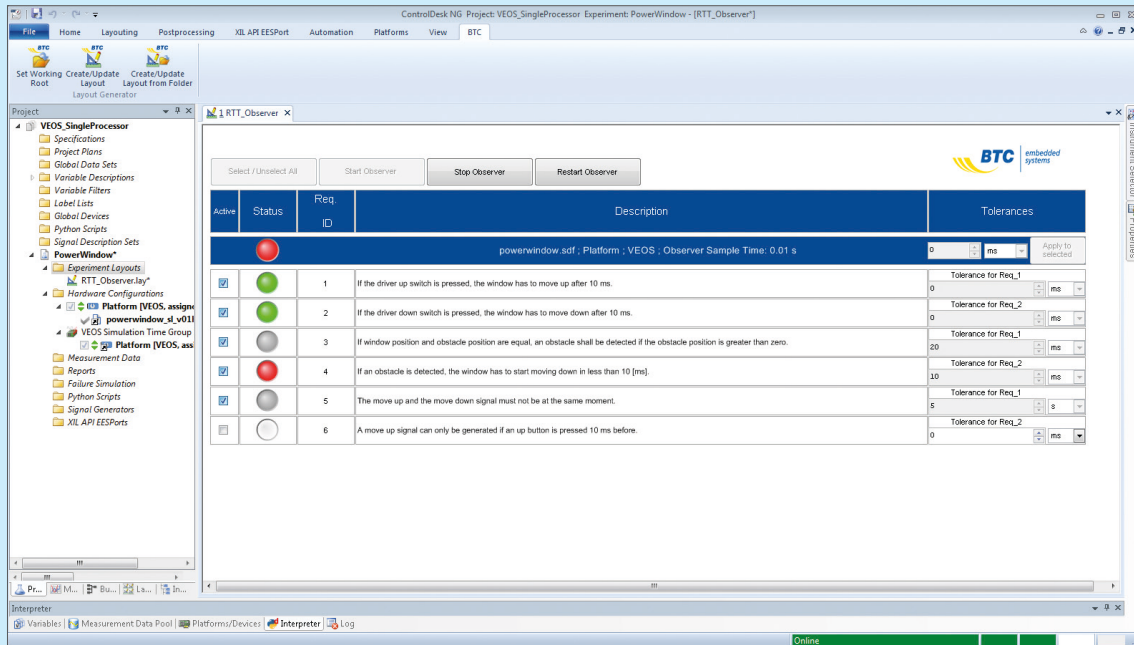


图 3 : 观测器可以在 ControlDesk 中启动、停止和重置。满足 (绿色) 和不满足 (红色) 的需求立即可见。因前提条件尚未得到满足而未启动的观测器显示为灰色。

### 在各种平台上使用

生成的需求观测器可在各种 dSPACE 仿真平台 (SCALEXIO®、DS1006、VEOS®) 上使用, 而且在一个平台上使用的观测器可在其他平台上重复使用。这样, 如果这些测试具有相同的测试级别, 在 dSPACE VEOS 虚拟验证的 SIL 和 MIL 开发阶段创建的观测器可立即重复用于 HIL 测试, 如 SCALEXIO 平台上。使用 VEOS 中的测试-测试运行也可以准备 HIL 测试。■

### 总结

dSPACE Real-Time Testing (RTT) Observer Library 和 BTC EmbeddedSpecifier 的组合将带来优质解决方案, 从而大幅提高测试深度, 特别是对于安全关键型应用程序, 而无需延长测试持续时间。要实现绝佳的测试深度, 务必独立于当前测试案例和仿真情景永久监控每个需求的合规性状态。此举最大程度地降低了因无意导致未发现错误的风险。使用 BTC EmbeddedSpecifier 的工具支持的需求形式化还将提高需求的质量。新解决方案完美集成到用于 HIL 测试和虚拟验证的 dSPACE 工具链。

测试电子控制单元 (ECU) 时，真实仿真通信至关重要。新的 dSPACE Bus Manager 向用户提供了一款中央工具，用于配置各种仿真平台的总线信号。

# 总

线系统是 ECU 网络的主动脉：在现代车辆中，多达 100 个 ECU 交换超过 10,000 个总线信号。此类通信必须在整个 ECU 开发流程中进行仿真和测试，以便在严酷的情况下也能可靠工作。借助 Bus Manager，dSPACE 向所有总线应用提供了一款集中实施工具，涵盖从功能开发到虚拟验证，再到全面硬件在环 (HIL) 测试。

## 适合一切的总线仿真

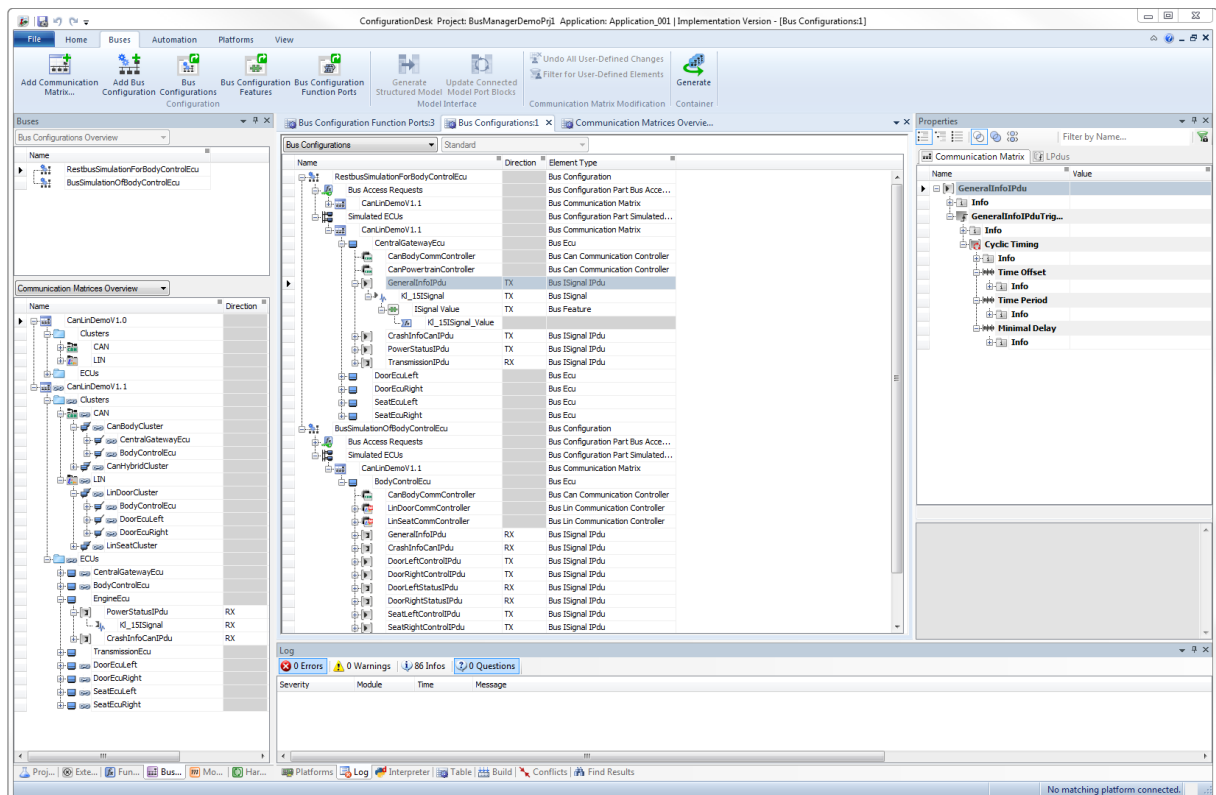
无论是虚拟 ECU (V-ECU)、实际 ECU 原型还是残余总线仿真中的 ECU，Bus Manager 均可以为测试系统配置总线通讯和参数数据传输率。它支持基于 PC 的 VEOS® 仿真以及基于 SCALEXIO® 的硬件在环仿真中各种验证场景，在整个开发过程中实现无缝衔接。这样，每种情况都可使用最佳仿真类型。

## 集中配置软件

Bus Manager 提供多种方法供用户选择要仿真的部分。例如，总线仿真需要的所有信号都可以按通信群集或相关 ECU 分组。用户使用多条、甚至不同的总线处理配置时，这将提高效率。Bus Manager 还支持在不同仿真系统中复用已有总线配置文件。其当前版本支持 CAN、CAN FD 和 LIN 协议。未来版本将支持 FlexRay 和以太

>>

图 1 : Bus Manager 提供适用于 LIN、CAN 和 CAN FD 总线仿真的简便图形配置界面。



集中配置总线  
系统和网络

# 通信 是关键

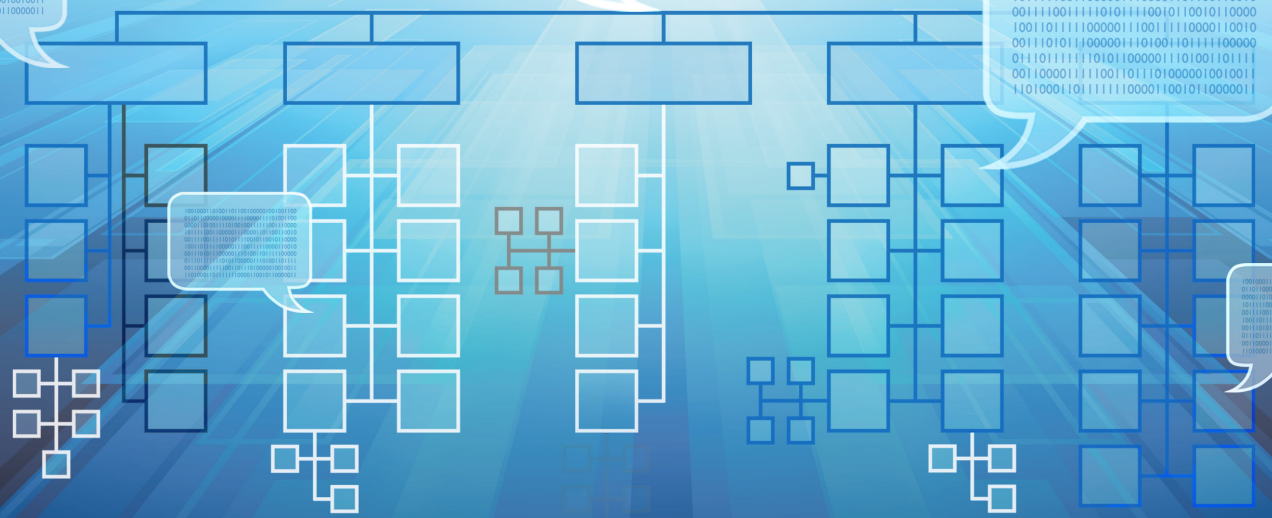
```
100100011010011011001000001001001100  
0110110000010000111000011101001100  
00001101001110100100111100110000  
10111100100000110000101100110010  
00111001111010111001011001010000  
1001101111000001110011110000110010  
001101011100000110100110111100000  
011100111110101000001110100110111  
001100001111001011010000010010011  
110100011011111000011001010000011
```

```
100100011010011011001000001001001100  
0110110000010000111000011101001100  
00001101001110100100111100110000  
10111100100000110000101100110010  
0011100111101011100101001010000  
100110111100001110011110000110010  
001101011100000111010011011100000  
01110111110101000001110100110111  
001100001111001011010000010010011  
110100011011111000011001010000011
```

```
100100011010011011001000001001001100  
0110110000010000111000011101001100  
00001101001110100100111100110000  
10111100100000110000101100110010  
00111001111010111001011001010000  
1001101111000001110011110000110010  
0011101011100000110100110111100000  
0110111111010100000110100110111  
00110000111100110111010000010010011  
1101000110111110000110010110000011
```

```
100100011010011011001000001001001100  
0110110000010000111000011101001100  
00001101001110100100111100110000  
10111100100000110000101100110010  
0011100111101011100101001010000  
100110111100001110011110000110010  
001101011100000111010011011100000  
01110111110101000001110100110111  
001100001111001011010000010010011  
110100011011111000011001010000011
```

```
100100011010011011001000001001001100  
0110110000010000111000011101001100  
00001101001110100100111100110000  
10111100100000110000101100110010  
00111001111010111001011001010000  
1001101111000001110011110000110010  
0011101011100000110100110111100000  
0110111111010100000110100110111  
00110000111100110111010000010010011  
1101000110111110000110010110000011
```



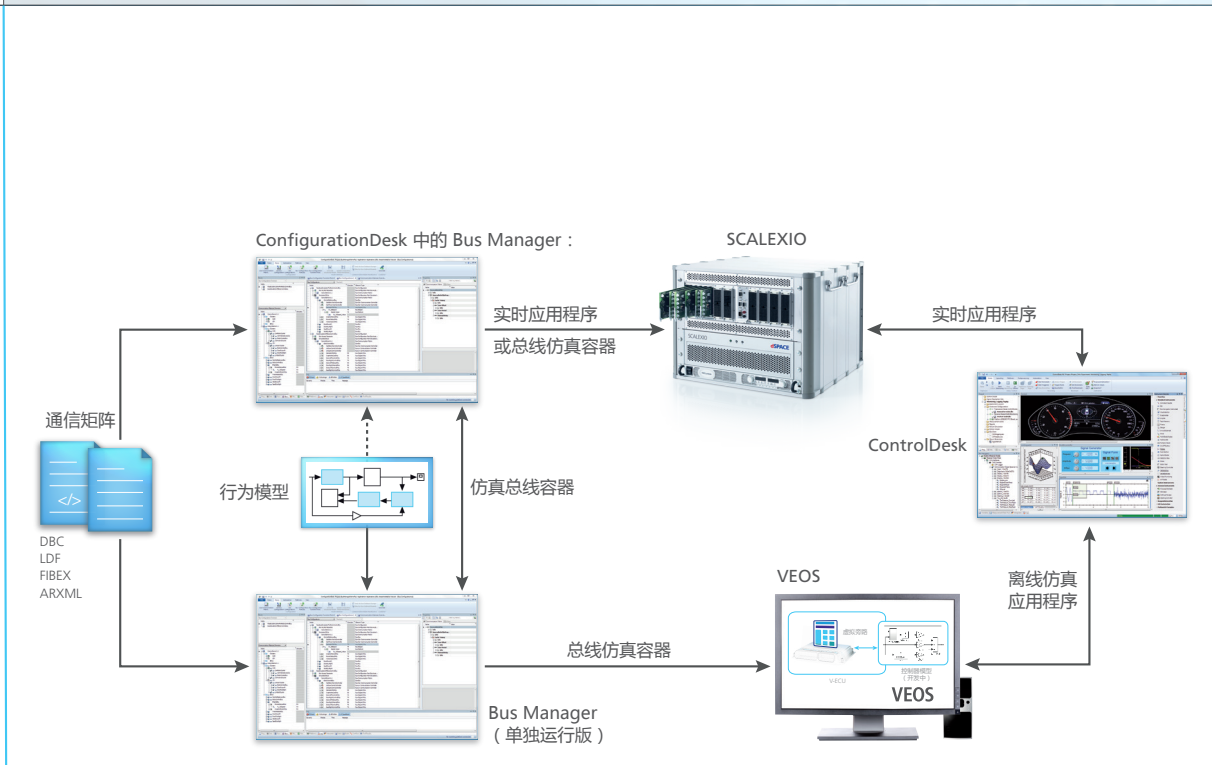


图 2 : Bus Manager 生成的配置文件可用于各种仿真平台, 并能在不同仿真平台之间复用。

网等其他协议。由于仅使用一个工具来指定整个开发阶段和不同协议的所有设置和配置, 因此无需在每个测试阶段都熟悉新工具。这将消除潜在错误源。

### 使用 Bus Manager 器配置通信

每个配置都始于一个通信矩阵, 所有相关信息都将从该矩阵中自动提取。Bus Manager 支持用于通信的所有主要文件格式, 如 DBC、LDF、FIBEX 和 ARXML。用户可采用一个或多个通信矩阵中的必要元素, 并且创建自己的通信配置。Bus Manager 支持在不同视图之间切换, 以便在不同任务中始终能得到最佳的概述信息, 例如所有

可用配置和模型接口的概述。最终配置接着可以导出成一个总线仿真容器 (BSC) 并传输到目标平台。使用 BSC 格式使得在将来仿真场景中重复使用总线配置更加轻松, 实现同一个配置文件在整个开发过程中的复用。除了 Simulink 模型, 还可以在 BSC 中集成已有仿真模型。Bus Manager 还允许没有 Simulink 模型的静态残余总线仿真, 因此用户可以立即执行简单测试。对于使用 VEOS 的仿真, 用户可以使用单独运行版或 ConfigurationDesk 中的 Bus Manager。在使用 dSPACE SCALEXIO 的 HIL 仿真期间, Bus Manager 始终是实施软件 ConfigurationDesk 的组件。因此, 用

户只需要一款软件产品, 即可集中配置所有总线和网络协议。

### 无缝衔接从虚拟验证开始...

总线支持给基于 PC 的 VEOS 仿真添加了重要测试功能。现在, V-ECU 外部的通信也可以仿真、测试和可视化。使用 VEOS, 用户可以从各种来源导入各个模型部分并将其连接 (图 3)。为 VEOS 创建的总线配置文件以后可在 HIL 仿真中重复使用, 这将有效保证整个开发过程中的一致性。同时, 使用 VEOS 的功能测试员将从用于 HIL 仿真的现有测试配置中受益, 他们可将其用作起点。

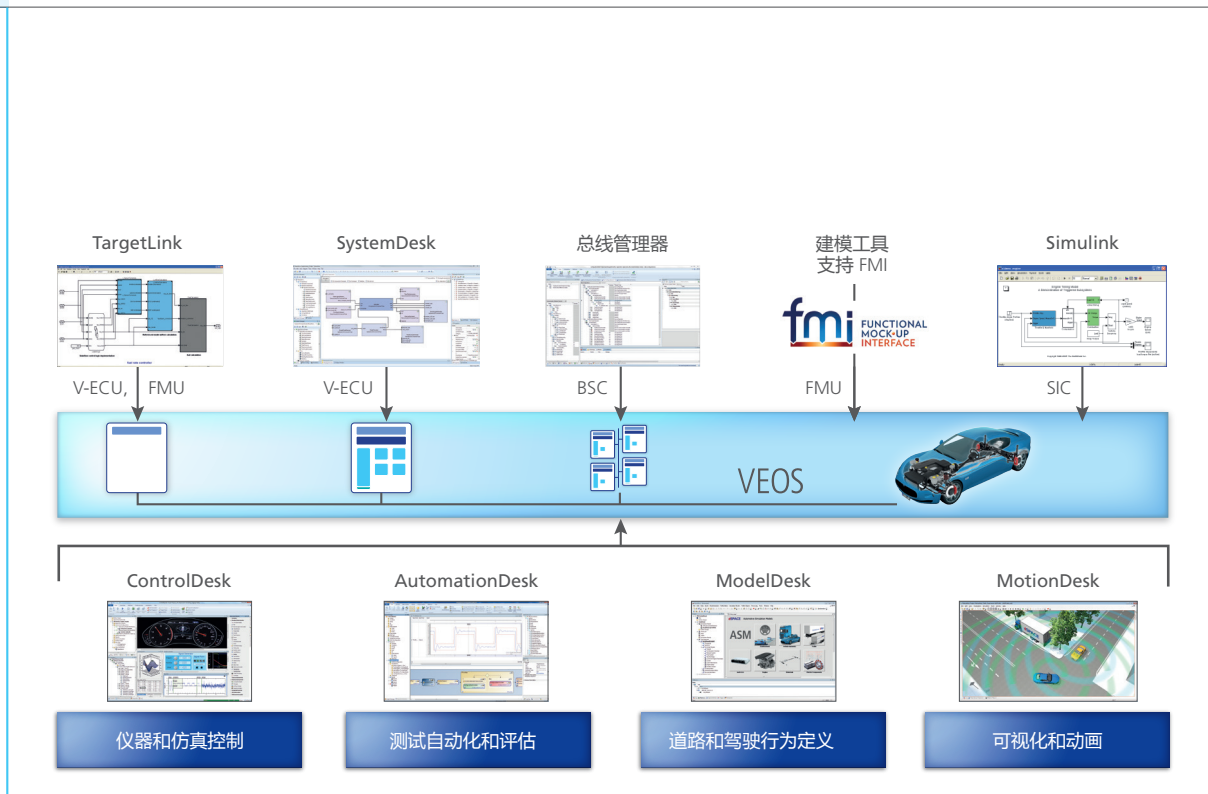


图 3：与总线通信配合，VEOS 允许用户在 PC 上为早期功能测试建立真实仿真环境。

### ... 到 HIL 仿真

Bus Manager 和 BSC 为 HIL 仿真带来的一个极大好处是可以用在不同的项目变体中。BSC 同时包含总线配置和模型部分，这样可带来诸多好处，例如可以将总线信号映射到模型信号。BSC 用于不同变体时，被控对象模型的接口保持不变。这意味着，如果项目更改，可轻松更换总线部分。这也使得在各种项目中重复使用总线配置更加轻松。如有必要，可以在运行仿真期间更改仿真元素的参数和属性 – 同时使用 VEOS 和 SCALEXIO。例如，用户可以在运行仿真期间在实验软件 ControlDesk® 中查看、分析和修改信号值。如果需要仿真一个在运行过程中能动态变化的信号，则需要使用来自 MATLAB®/Simulink® 等工具的行为模型。■

## 总线仿真容器 (BSC)

总线仿真容器 (BSC) 是用于交换总线配置的数据格式。它不仅包含总线配置所需的数据，还包含采用 Simulink 实施容器 (SIC) 格式的映射或扩展模型。SIC 组合了总线通信所需的所有 MATLAB/Simulink 功能。它还包含用于实验软件 ControlDesk 的数据。BSC 的标准化接口可简化各种应用程序区域和项目之间的总线配置交换，从而使得重复使用复杂总线配置更加轻松。

# 切中 目标

面向目标的原型开发  
融合功能和产品开发

利用 dSPACE 面向目标的原型开发解决方案，可将新功能直接集成到现有电子控制单元 (ECU) 代码并关联，而无需执行复杂的软件集成。此原型开发解决方案在控制单元资源方面极其高效，并且允许使用产品级代码生成器 dSPACE TargetLink 无缝过渡到批量生产。

仅需要扩展现有量产 ECU 的功能时，可直接在 ECU 上完成功能开发。如果仍有足够资源可用且现有 I/O 足够，这可节省集成和使用附加原型开发硬件的成本

和工作。此外，使用最终 ECU 上所使用相同产品级代码生成器使得代码在内存和执行时间方面更加高效。因此，面向目标的原型开发可自动确保遵守 ECU 的资源限制，这将降低项目风险。此外，使用产品级代码生成

器将促成无缝过渡到实际产品开发，包括原型开发期望的便利和快速迭代。含产品级代码生成器 TargetLink® 的 dSPACE 面向目标的原型开发解决方案不仅可用于根据 Simulink®/TargetLink 模型开发新功能，只需很



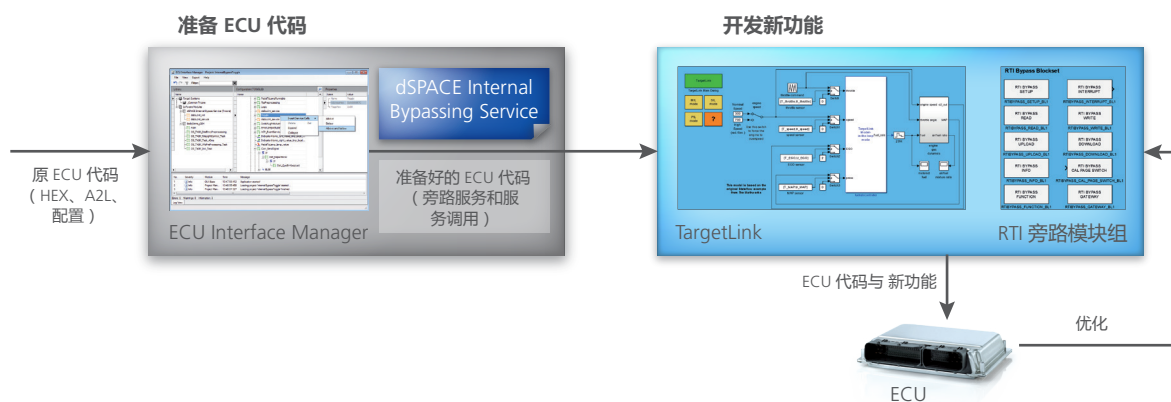
少工作量,还可以将这些新功能作为优化代码集成到用于原型开发的现有 ECU 代码。

#### dSPACE 面向目标的原型开发工具链

dSPACE 面向目标的原型开发解决方案的核心包含 ECU Interface Manager、dSPACE Internal Bypassing Service、RTI 旁路模块组和 TargetLink (图 1)。开发人员可使用 ECU Interface Manager 配置旁路接口,将新功能集成到 ECU 代码时需要此类接口。Simulink/TargetLink 用于新功能建模。之后,新功能使用 RTI 旁路模块组连接到现有 ECU 软件。此模块组会将功能模型的输入端口和输出端口与以前在现有二进制代码中准备的接口连接。以后,开发人员可使用 TargetLink 生成产品级代码并为 ECU 创建二进制代码。这样就能生成包含新开发功能的 ECU 修订版。随后,此修订版将下载到 ECU 的闪存中。开发人员可以独立完成所有这些步骤,因为无需访问 ECU 软件的源代码和独立构建环境。

>>

图 1: 与 RTI 旁路模块组相结合, TargetLink 可在 ECU 代码中实施新 ECU 功能,而 ECU 代码使用 ECU Interface Manager 准备。



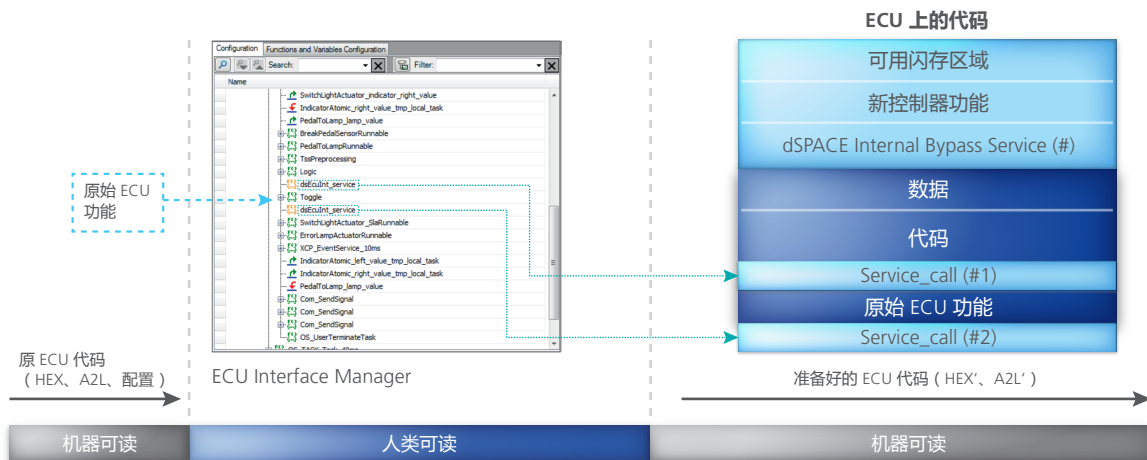


图 2：为了准备 ECU 代码，ECU Interface Manager 将分析二进制 ECU 软件并采用结构化表单显示它，包括功能名称。根据此项，旁路服务和调用将集成到新功能。

**快速轻松集成旁路服务**

ECU Interface Manager 是面向目标的原型开发工具链的有机部分。此工具可快速将旁路服务和新功能的接口集成到 ECU 代码，而 ECU 代码作为二进制文件提供。无需访问 ECU 的源代码或构建环境。ECU 供应商必须仅提供一些配置信息，如可用内存区域。无需与供应商进行进一步迭代，这将节省项目成本和时间。相比之下，ECU Interface Manager 使用 ECU

软件的二进制映像来直接将 dSPACE Internal Bypassing Service 集成到 ECU，并且以可在所有必需位置集成新 TargetLink 功能的方式利用现

**在 ECU 上使用优化资源消耗快速地开发新功能**

有软件。ECU Interface Manager 将针对支持的处理器系列 Infineon TriCore™、Renesas V850™ 和 NXP MPC 5xxx 分析现有代码的程序流，并且在清晰的用户界面中为开发人员

提供了用于配置的软件结构和相关功能名称（图 2）。在此用户界面中，开发人员可以直接在二进制映像中指定面向目标的原型开发中可用的接口。如果要完全替换功能，开发人员还可以指定从 ECU 代码中完全删除它们并重复使用内存。最后，ECU Interface Manager 生成新 ECU 映像，其中包含用于集成要开发的功能的旁路服务和所需服务调用。

图 3：用于开发新功能的 TargetLink 和 RTI 旁路模块。





### 高效使用 ECU 资源

在 ECU Interface Manager 中准备好新 ECU 映像后，将使用 Simulink/TargetLink 和 RTI 旁路模块组开发新功能。作为产品级代码生成器，TargetLink 将生成优化的 ECU 代码，从而支持有限资源的最佳使用。此外，使用 TargetLink 支持无缝过渡到量产。此工具链支持两种用于新功能建模的不同场景：

1. **根据 TargetLink 模型开发**：在这种情况下，所有 TargetLink 功能都直接可供开发人员使用，因此开发人员在功能开发阶段就可以在模型中生成最终 ECU 代码所需的所有规格。
2. **根据 Simulink 模型开发**：TargetLink 将从模型生成产品级代码，并且以最便利的方式将 TargetLink 的代码效率与所用资源的相关可靠信息完美结合。

在这两种情况下，通用 RTI 旁路模块组将连接建模的功能和 ECU 代码（图 3）。模块组提供用于将建模的功能集成到现有软件的功能流的灵活选项。它提供现有软件的变量的访问权限，并且使得可同步调用 Simulink 子系统，并且处理原始 ECU 应用程序。配置到 ECU 软件的连接后，开发人员可以单击某个按钮来启动新功能的自动构建流程。构建流程会自动将功能集成到 ECU 映像。为此，甚至使用片段内存区域以最佳方式使用可用资源。它可根据需要启动闪存流程，从而直接将新创建的 ECU 映像下载到 ECU，而无需手动步骤。像往常一样，通过 ECU 接口可访问测量和校准参数。■

## 好处和将来创新

将 ECU Interface Manager、RTI 旁路模块组和 TargetLink 相结合，可将快速控制原型开发的快速迭代与效率和可配置产品级代码的高需求相协调。现有量产 ECU 可方便地用作原型开发硬件。因此，资源消耗仍受控制，并且由于连续使用功能模型与 TargetLink，可无缝过渡到量产开发。用于使用 ECU Interface Manager 旁路的服务调用基于二进制代码的集成可节省涉及 ECU 供应商的冗长集成循环。因此，可以立即开始原型开发。对于将来 dSPACE 版本，在主机 PC 上使用 TargetLink 和 dSPACE VEOS® 的虚拟旁路新功能将进一步提高工作效率。

表 1：用于近量产的面向目标原型开发的工具链。

dSPACE 工具	任务
ECU Interface Manager	用于快速集成适合直接旁路到现有 ECU 代码的服务调用的直观工具
dSPACE Internal Bypassing Service	用于使用旁路服务调用现有 ECU 代码的 ECU 服务
TargetLink®	可直接从 MATLAB®/Simulink®/Stateflow® 自动生成产品级代码（C 代码）的软件系统
RTI 旁路模块组	用于轻松将新功能与以下现有 ECU 代码连接的 Simulink 模块组
目标特定编译器 (第三方产品： HighTec 编译器)	将 C 代码依据处理器系列 Infineon TriCore™、Renesas V850™ 和 NXP MPC5xxx 编译成目标代码



# 低排放 使用 Hy-Nets

Car2x 通信可实现更加  
高效的混合动力驱动

Car2x 通信已成为热门话题，特别是在事故预防方面。然而，能与其他车辆和路面基础设施相互“合作”的车辆也能改善排放。

**是** 否可以借助不断发展的数字化移动来不仅改善未来车辆的安全性，还改善其能耗和排放？此问题引到 dSPACE、DENSO、RWTH Aachen University 和 University of Paderborn 启动其研究项目“Hy-Nets：使用车辆通信实现高效

混合动力推进”。在 2015 年秋天，该项目在“MobilitätLogistik.NRW”竞争中取得成功，因此获得来自欧洲区域发展基金 (ERDF) 的资金支持，为期 30 个月。帕德伯恩城市和工程办公室 Geiger & Hamburgier (IGH) 作为关联合伙人支持该项目。

### 从效率的视角来分析数字化移动

Hy-Nets 旨在将迄今为止单独观察的多个车辆技术主题捆绑在一起，以便充分发挥将来混合动力车辆的全新效率潜力。相比混合动力车辆的现有控制（主要基于车辆内部信息），Hy-Nets 还首次考虑了 Car2x 通信，即车辆之间和/或车辆和基础设施之



“Hy-Nets 首次使得可以在真实混合动力驱动过程中测量未来联网交通情景的直接效果，以及使用能耗和车辆流视图评估与环境的交互。”

Ulrich Schwarz, 高级经理 EV/HV, DENSO

间的通信。正是这些可以实现研究人员关注的最大化效率的方法引入了不同的分级。这些方法包括预测性能量管理、新自治行驶功能，特别是合作交通情景中的通信车辆“合作”。

#### 将实际推进技术与仿真交通情景相连接

为了准确分析混合动力总成的真实硬件和软件与复杂交通场景的互动过程，Hy-Nets 正在构建最新混合动力驱动装置 (DENSO) 的原型，并且会将其安装在欧洲最先进的测试设施之一 (RWTH Aachen University) 中。在测试台架上，原型将连接到功能强大的仿真器，后者以极高精度仿真混合了

动力车辆的交通环境 (dSPACE)、常规交通流，以及整车和基础设施通信 (University of Paderborn)。这使得可以在复杂仿真行驶情景中操作实际混合动力驱动装置，这些情景基于实际交通数据 (帕德伯恩城市) 和交通信号灯控制数据 (IGH)。Hy-Nets 项目的研究人员希望使用来自测试台架的研究成果开发更能满足未来混合动力传动需求的设计。这将意味着，数字化移动也可以在生态环境中开启全新且前景光明的可能性。■

已获得 Hy-Nets 项目联盟的善意许可。

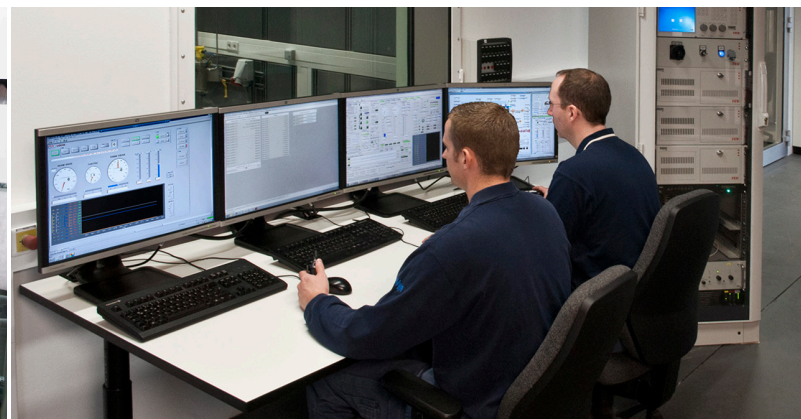


EUROPEAN UNION  
Investing in our Future  
European Regional  
Development Fund



EFRE.NRW  
Investitionen in Wachstum  
und Beschäftigung

**Aachen 测试设施：**对于 Hy-Nets 项目，真实混合动力驱动装置连接到测试台架上的硬件在环仿真器。此仿真器仿真车辆环境、常规交通流，以及整车和基础设施通信。这将创造可用于全面测试混合动力组件的虚拟交通情景。这项工作部分在 Center for Mobile Propulsion 完成，由 Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG，德国最大的独立研究融资组织) 出资。

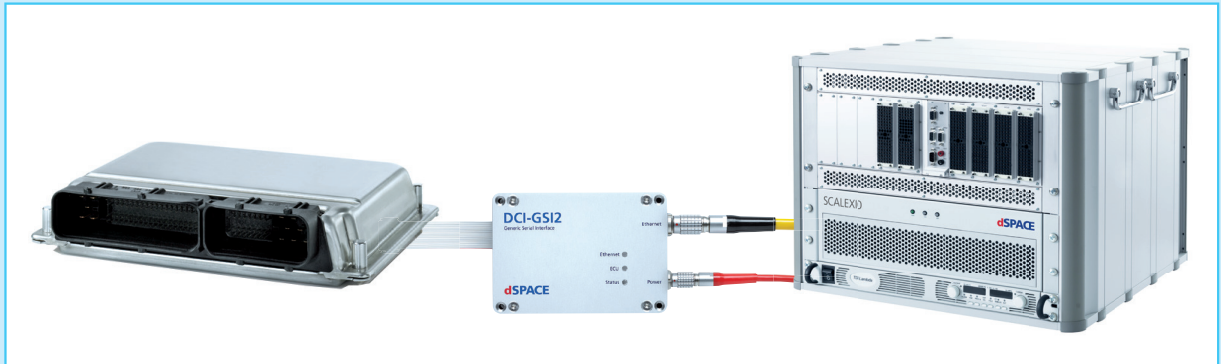


## 使用 SCALEXIO 实时访问 ECU

在硬件在环 (HIL) 测试中, 为了同步测量和更改电子控制单元 (ECU) 的内部参数值, 需要 HIL 仿真器支持对 ECU 进行直接的实时读写操作。dSPACE HIL 仿真器 SCALEXIO® 使用串行 dSPACE DCI-GSI2 硬件或 ECU 上已有的以太网 XCP 接口来实现这点。为了读写 ECU 代码中的变量, 需要通过旁路服务调用在 ECU 代码中创建读写点。这些服务调用可以根据 ECU 源代码手动插入, 也可

以根据二进制代码自动插入。对于自动插入, dSPACE 提供 ECU Interface Manager, 这一强大而直观的工具允许测试工程师随时读写 ECU 并作出必要的调整。这让用户能够方便地从实时应用程序访问被测 ECU。例如, 他们可以直接在 ECU 中仿真不可访问的 ECU 传感器的值, 如温度、压力或加速传感器, 而无需耗费大量时间和金钱的实际仿真。这种访问还让他们可在运行测试期间对 ECU 软件

的内部状态作出反应, 从而直接、明确地影响测试进度。此外, ECU 软件子功能的隔离测试也可以在 ECU 硬件上执行 (白盒测试)。■



## 无缝支持 CAN FD

自 2014 年以来, dSPACE 就支持 CAN FD 通信协议。现在已完全集成在 dSPACE 软件和硬件工具链中。MicroAutoBox II 等快速控制原型系统在实验室或车辆初始功能验证期间通过 CAN FD 通信。SCALEXIO® 在 ECU 通信的硬件在环测试中也支持此操作。除了 ISO CAN FD 和自 2015 年以

来就提供的非 ISO CAN FD 的软件可配置支持, 唤醒和睡眠功能以及局部网络现在也可用。为了配置 CAN FD 通信, 可以使用 Bus Manager 或实施软件实时接口 (RTI)。实验软件 ControlDesk® 支持监控和修改实时通信。■

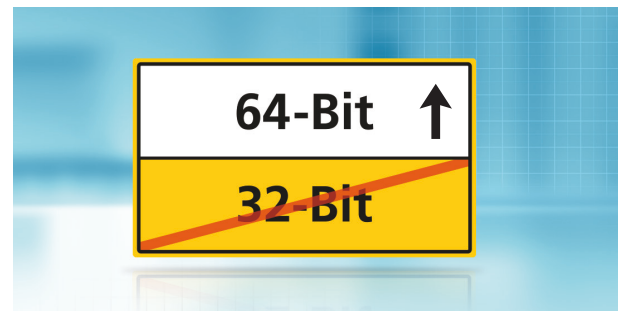


## dSPACE 软件仅提供 64 位版本

从 dSPACE 版本 2016-B 开始，所有面向 Windows 的 dSPACE 软件产品都仅提供 64 位版本。从而结束了自 dSPACE 版本 2015-B 开始的逐步过渡到 64 位的过程。

由于 64 位技术可以寻址更多内存，因此可以创建和转换更复杂的模型，

执行更广泛的测试，以及管理数量更大的测量数据。一些使用情景也执行更快。由于使用 64 位技术，PC 的主内存要求增加到 8 GB。 ■



## ECU 接口软件：新功能，更加便捷的封装

在计划于 2016 年 11 月推出（可能会有变更）的 dSPACE 版本 2016-B 中，dSPACE ECU 接口软件中将增加新的功能和支持更便捷、面向应用的封装操作，其中包括 ECU Interface Manager。ECU Interface Manager 2.0 的一项主要扩展是支持 SCALEXIO® 和 ConfigurationDesk®。通过访问电子控制单元（ECU）的内部变量，用

户现在可以影响 HIL 测试序列，以及在运行 ECU 测试期间仿真不可访问的传感器（第 60 页）。另一项新功能是 TargetLink® 支持在量产 ECU 上的面向目标的原型开发（内部旁路）（第 54 页）。除了根据二进制代码自动集成旁路服务之外，TargetLink 代码现在还可存在已有 ECU 软件中执行和验证。因此，使用 TargetLink

可实现到产品级代码的无缝过渡，以及更高效地使用有限的 ECU 资源。此外，量产 ECU 所需的资源也可以尽早确定。 ■

ECU 接口软件

TargetLink

ECU Interface Manager 2.0 新增

SCALEXIO

外部旁路 · 内部旁路 · 基于二进制代码的服务集成

# TargetLink 4.2 : 面向目标的原型开发、汽车以太网等



TargetLink® 4.2 ( dSPACE 版本 2016-B ) 是 dSPACE 产品级代码生成器的新版本, 首次支持 dSPACE 面向目标的原型开发工具链 ( 第 54 页 )。可以通过帮助开发人员在接近量产阶段得到高效的 TargetLink 代码, 借助资源分配表和无缝过渡到量产阶段来将项目的风险降低到最低, 而让开发人员从中收益。另一项重要新功能是 TargetLink 能够生成枚举类型和变量 ( C 枚举 ), 这进一步提高了代码可读性并且使得源代码更易于集成。对于遵循 AUTOSAR 的开发, TargetLink

现在支持 AUTOSAR 4.2.2, 并且通过异步客户端-服务器通信提高了多核系统的性能。除了针对 AUTOSAR 的更多改进之外, TargetLink 4.2 还支持非基本中间运行变量, 完全支持汽车以太网等。Simulink®/Stateflow® 的建模可能性因 Stateflow Superstep 语义、状态活动标志和总线的更轻松处理而得到进一步扩展。新 TargetLink 版本也进一步改进了所生成代码的 MISRA-C:2004-/MISRA-C:2012 合规性。在发布 TargetLink 4.2 不久之后, 将发布 SYNECT Add-On for

TargetLink 的新版本, 这将使得大型分布式开发团队使用 TargetLink 和自动化大部分使用更加轻松。 ■

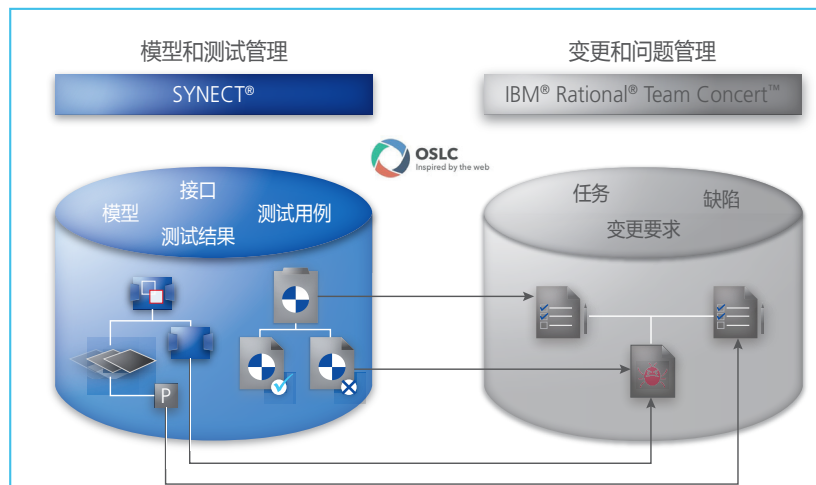
# SYNECT – 通过 OSLC 实现无缝数据交换

dSPACE 数据管理软件 SYNECT® 支持生命周期协作开放服务 (OSLC) 标准。在 OSLC 的基础上, SYNECT 可以直接与其他也支持该标准的数据管理系统进行通信和交互。数据可以在不同工具中查看、修改和链接。例如, 这是面向 TargetLink® 用户的绝佳优势, 因为他们开发和测试自己的模型。在 SYNECT 测试管理项目内, 用户可以在支持 OSLC 的变更和问题管理系统中快速生成失败测试案例的“缺陷” ( 问题报告 ), 如 IBM® Rational® Team Concert™。接着

可将源自问题报告的变更请求链接到 在 SYNECT 中集中管理的模型、接口

和参数。这让用户可随时查看必要的更改、跟踪到其来源和实施它们。 ■

链接存储在 不同数据管理系统中的数据, 并且支持创建跨工具的可追溯性和可视性。



# dSPACE 的车载工具

借助 dSPACE 开发工具发现新颖、有趣的应用

## 巧妙地避免碰撞

ZF 公司开发的一款新型紧急转向辅助系统可以避免卡车的追尾碰撞。这家公司最近为德国媒体展示了这一高级驾驶辅助系统的工作性能有多么可靠。dSPACE 的 MicroAutoBox 作为工具之一用于搭建控制器原型。



来源：© ZF

ZF 公司这款新型紧急转向辅助系统 EMA (机动规避辅助系统) 的座右铭是：避免碰撞和保持行驶稳定性。[www.dspace.com/goldMag\\_20162\\_ZF](http://www.dspace.com/goldMag_20162_ZF)

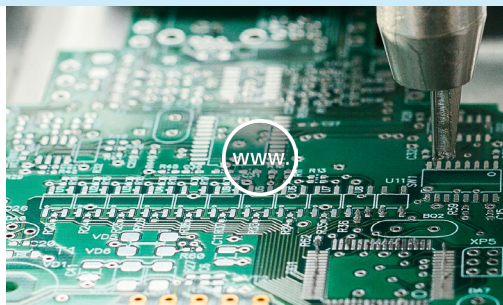


来源：© BILD

ZF 使用 MicroAutoBox 作为卡车中的原型控制器。

## 装配机器的自适应控制

中国的研究人员采用带有集成式扰动观察功能的自适用控制算法来优化电路板贴片 (SMT) 装配机的定位精度。为了展示其解决方案，他们选用 dSPACE 的 DS1104 通用型控制器开发板和 ControlDesk 试验软件。



基于 SMT 的装配需要高精度定位功能。  
[www.dspace.com/go/dMag\\_20162\\_SMT](http://www.dspace.com/go/dMag_20162_SMT)



自适应算法在 DS1104 控制器开发板上进行运算。

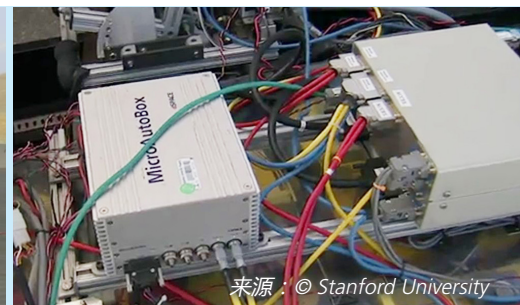
## 自动驾驶车辆驾校

斯坦福大学的学生为他们的自动驾驶车辆开发了用于避免事故的高性能算法。他们将一台 dSPACE 的 MicroAutoBox 安装在车辆中以实现车辆的各项智能驾驶功能，例如避开突然出现的障碍物。



来源：© Stanford University

学生训练自己的自动驾驶车辆识别和规避障碍物。  
[www.dspace.com/go/dMag\\_20162\\_Stanford](http://www.dspace.com/go/dMag_20162_Stanford)



来源：© Stanford University

用于自动驾驶控制的电子元件。MicroAutoBox 在其开发中发挥核心作用。



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\\_20162\\_REF\\_c](http://www.dspace.com/go/dMag_20162_REF_c)



## dSPACE 测试台架 – 兼具高动态及 最大化灵活性

不管您是在开发电力转向系统、制动系统还是含集成传感器的电子控制单元，dSPACE 都可针对每种使用情形提供定制测试台。在极端条件下测试您的系统，其中作用力和扭矩来自测量数据或实时车辆动力学仿真。从我们无所不包的专业知识中受益：设计、计划、安装和支持。一切均出自同一个供应商。我们可扩展的系统涵盖从适用于办公室的小型旋转测试台，到适用于整个转向系统的大型测试台。

来自 dSPACE 的最具灵活性和交钥匙工程解决方案。



Embedded Success

**dSPACE**