



JTEKT 转向系统的自动化故障注入测试

检查

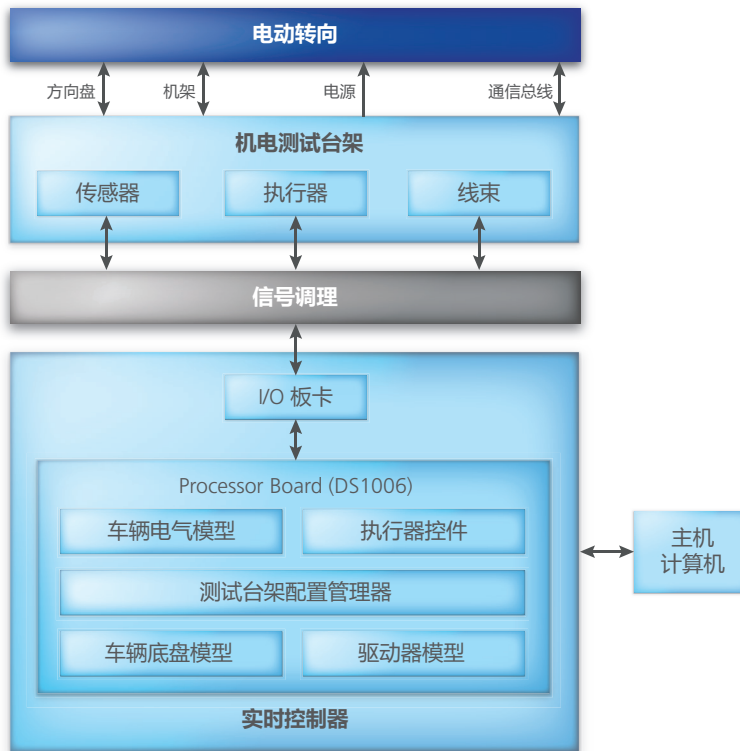
意外情况

轿车的转向控制系统是对安全系数要求特别高的组件。因此必须根据 ISO 26262 标准对其容错能力进行检查。通过带有自动化故障注入功能的 dSPACE HIL 仿真器，JTEKT 能够早在被测车辆进入试验场之前排查出系统中绝大多数潜在的 inconsistency。



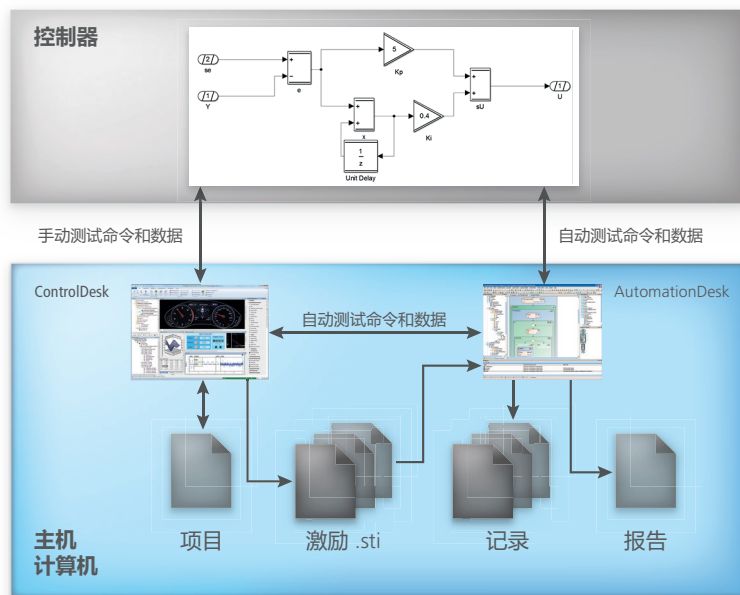
你相信现在的汽车系统能够预料意外情况吗？电动助力转向系统中的复杂控件能够有效帮助车辆进行转向操作。然而，如果这些控件突然出现意外行为，车辆可能很快就会偏离车道。为了避免这种情况并保证系统的稳健性，转向系统及其控件在进入市场之前，必须接受大量故障注入测试。一般来说，这意味着需要在试验场上进行驾驶测试。同时，由于车辆类型和功能类型不断涌现，因此需要进行大量测试案例，实车驾驶测试的费用也随之上涨。由于试驾员需要冒着人身安全风险并且需要全面的安全预防措施，实车驾驶测试并不能进行所有的车辆动力学测试。 >>





智能分配工作：DS1006 Processor Board 的四核架构支持 JTEKT 将测试台架仿真中的不同计算模型分配给各个处理器内核，从而优化实时执行性能。

完美补充：通过使用实验和可视化软件 ControlDesk®，JTEKT 不仅能够手动控制转向测试台架，借助后台运行的 AutomationDesk，工程师还能使用 ControlDesk 配置和控制所有自动化流程，如故障注入。



现行 ISO 26262 标准

JTEKT 另一个驱动力是遵从道路车辆功能安全国际标准 ISO 26262。该标准包括系统级故障注入测试的若干规定。在其他规定中，还要求采用重复测试案例的回归策略，以确保先前测试的软件组件的更改不会导致新的故障。仅在特殊情况下才允许执行非回归测试或仅部分回归测试，并且必须详述其理由，以作为认证过程的一部分。对于“汽车安全完整性等级 D” (ASIL D)，ISO 26262 标准要求对比测试，在此期间将软件级别的测试结果与模型级别的测试结果进行比较。安全标准的上述要求和其他要求（例如针对整个开发和验证过程中不同工作产品的需求管理、软件设计和文档）有助于在开发项目中取得重要的成果。

测试台架测试提高安全性和效率

为了满足所有现行要求，管理增加的工作量，并根据 ISO 26262 标准进行故障注入测试，JTEKT Europe（法国伊里尼）决定采用具有集成式自动故障注入功能的 dSPACE 实时硬件在环 (HIL) 测试台架。这意味着，开发人员可以对大部分实际道路测试项目提前进行高精度可复现仿真，这种仿真使用的也是真实组件。因此，早在转向控制系统允许被测实车接受其他测试之前，此系统就已经非常成熟了。一方面，此举降低了试驾员的人身安全风险；另一方面，使用 HIL 测试台架还可以仿真极端条件下（ISO 26262 中称为边界条件）的驾驶测试，在这种极端条件下，不能让试车员为了完成测试而铤而走险。因此，测试台架的测试覆盖率相当高。还有一个优点就是其即能够高效地测试转向系统的不同版本，而不必对被测车辆进行既耗时又昂贵的改装。

“dSPACE HIL 仿真器为我们提供了一个强大的系统，由于其具有开放式架构，我们可以不断增强系统。”

Loïc Bastien, JTEKT

测试台架组件

JTEKT Europe 的测试台架由机械装置、HIL 仿真器、方向盘和转向柱、角度传感器、转向杆的作用力和位移装置、信号调理界面和用户界面组成。HIL 仿真器使用 DS1006 Processor Board 执行车辆模型，以计算转向柱、转向杆和驾驶员模型的受力情况，进而仿真特定情况下的驾驶员行为。除单纯 HIL 操作外，还可以独立控制方向盘和转向柱。若角度或扭矩以及力或位移发生相应变化，则可以执行相应的系统测试。

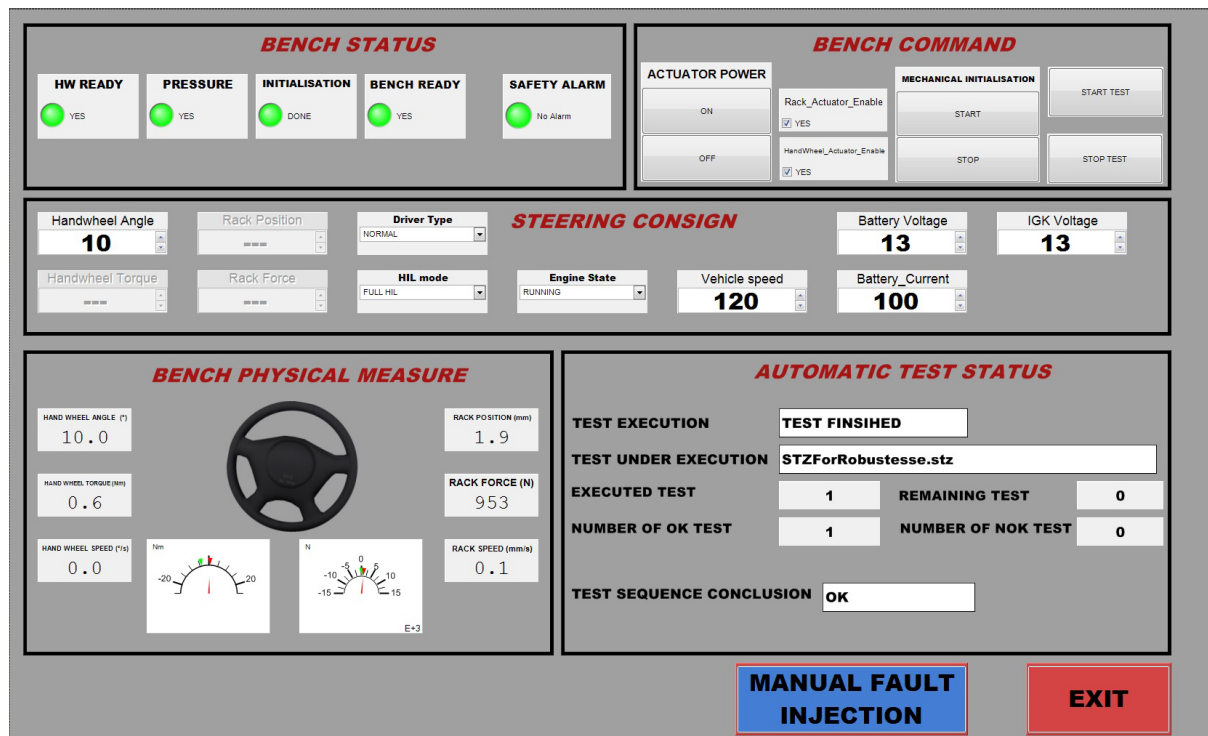
故障注入和调试

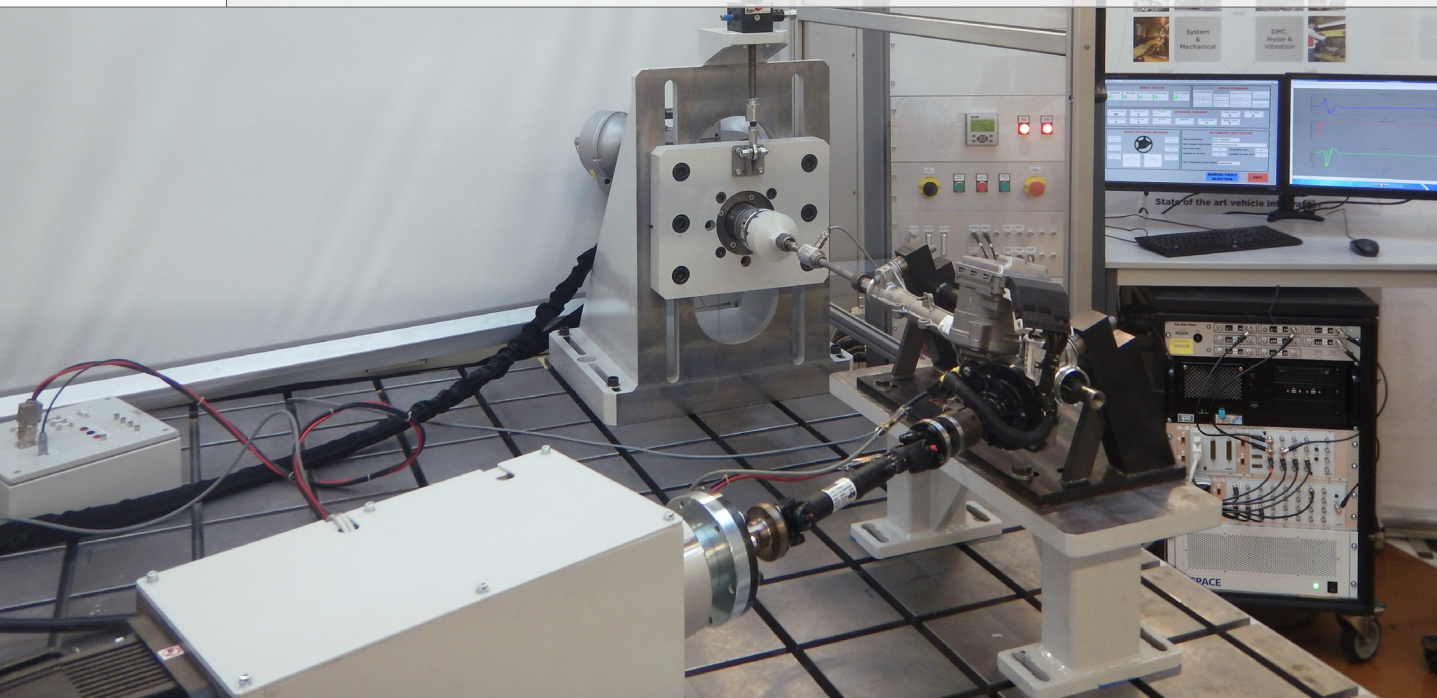
dSPACE HIL 仿真器具有实时功能和强大的多处理器架构，因此能够通过 XCP 协议为 JTEKT 提供理想的时间同步故障注入工具。dSPACE 工具可以在测试自动化流程中应用，这意味着可以在任何指定时间重复执行测试。这在最大限度减少了重复执行全面测试的工作量，从而可以随时实践 ISO 26262 所要求的回归策略。如此一来，JTEKT 无需投入时间和精力来证明被排除的或未完成的回归测试。此外，故障注入测试现在是以仿真为

基础，而不是在实车上进行，因此，在系统测试期间可以直接执行。现在，可以通过简单方式进行 ISO 26262 要求的对比测试：基于模型的功能开发所用的激励信号现在也可以在 HIL 测试台架上重复使用。同时，测试台架使用 XCP 协议读取电控单元的内部数据。此类数据可用于调试。为了确保评估正确，其中非常重要的一点就是基于 XCP 协议观察到的数据与测试台架仿真的传感器数据必须完全同步。为此，JTEKT 采用 dSPACE RTI Bypass Blockset 轻松执行复杂的数据同步。

>>

易于配置的虚拟控制中心：通过使用 ControlDesk，开发人员和测试工程师可以始终全身心专注于他们当前的任务。





JTEKT 的硬件在环转向测试台架：甚至在实际路试之前，容错能力测试计划的一大部分工作就可通过真实组件提前到高精度仿真中进行。

自动化帮助实现多样化控制类型

JTEKT 认定新开发的转向系统是否符合实际驾驶测试资格时，所使用的测试方案必须包含各种的测试，并且必须针对一个平台的所有待测版本执行全套测试。JTEKT 使用了 dSPACE AutomationDesk 来处理具有大量版本的新版软件，并在紧迫的交期之前成功完成。这款测试自动化软件以可复现方式处理测试程序，并记录获得的测量数据。AutomationDesk 随后使用记录的数据和评估模块（包含预定义的测试标准和相应的达标要求），来计算故障注入测试的结果，并为测

试工程师汇总数据形成详细报告。除了 ISO 26262 要求提供的关于测试通过或失败的信息之外，报告还提供了单个测量数据与相应测试标准之间的具体比较信息以及潜在偏差的详尽分析。因此，对于关乎道路车辆功能安全的工具来说，AutomationDesk 自身已获得的 ISO 26262 认证大大减少了它们的分类和资格认定工作。

轻松配置用户界面

测试台架工程师仅通过 dSPACE ControlDesk 创建的用户界面即可控制所有任务。通过使用这款实验和可

视化软件，工程师可以将单个执行器命令发送到测试台架，监控其效果并进行记录。还可以与 AutomationDesk 一起配置和控制自动化功能，直至最终评估测试结果。在执行上述操作过程中，AutomationDesk 始终在后台运行，ControlDesk 则使得当前相关操作完全可见并对其进行完全控制。ControlDesk 配置简便，提供直观的可视化选项，这能让开发人员和测试工程师始终全身心专注于他们各自的任務。

“AutomationDesk 高效的测试自动化大大提高了兼容 ISO 26262 标准的测试操作的效率。”

Jean Michel Trebuchon, JTEKT

JTEKT Europe 在伊里尼设立的测试中心：HIL 测试台架能够完美补充在这里进行的带有新转向系统的驾驶测试。由于仿真期间就已消除转向控制系统的许多不一致之处，试驾员的人身安全可以得到更大保证。

总结和后续措施

凭借 dSPACE 的 HIL 测试台架和工具链，JTEKT 实现了其首要目标，即在实验室内自动执行故障注入测试并符合 ISO 26262 标准。从而使得实车的路试需求大大减少，节省了大量的时间和资源。此外，试驾员现在使用的系统已经过全面测试，工作变得轻松许多。在将来，仿真器可能会被用于更多测试，例如在系统级别按需进行附加的 HIL 测试。JTEKT 还计划在 HIL 测试台架上使用实际驾驶测试记录的测量数据来代替合成激励信号。根据现有的基础设施和无缝的 dSPACE 工具链，这一点很容易实现。开发人员甚至可以使用三维可视化软件 MotionDesk 通过直观的方式尽早看到转向控制系统中的故障能在多大程度上使车辆偏离指定车道。这会进一步提高测试效率。通过使用 dSPACE 工具链，JTEKT 再也不用担心出现意外情况了，现在完全可以“检查意外情况”。■

Jean Michel Trebuchon,
Loic Bastien,
JTEKT Europe (法国)



Jean Michel Trebuchon

Jean Michel Trebuchon 在 JTEKT Europe (法国伊里尼) 担任测试与分析部测试台架开发工程师，负责用户界面和测试自动化软件的开发工作。



Loic Bastien

Loic Bastien 在 JTEKT Europe 担任测试与分析部测试台架开发工程师，负责实时建模和总线通信工作。

