



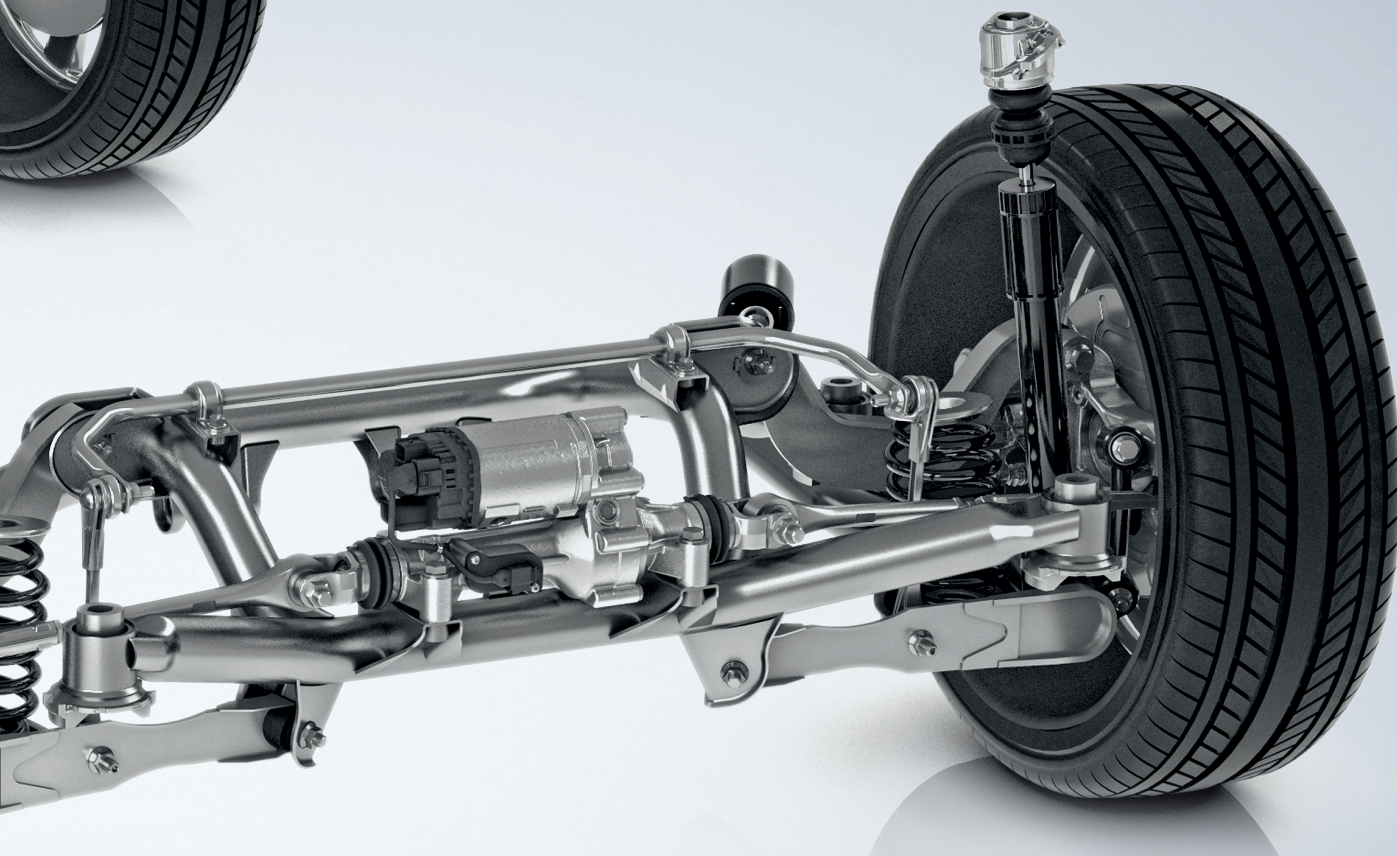
系统集成测量技术应用于汽车硬件在环测试系统

在转向装置测试系统中通过 EtherCAT 端子模块高效采集测量数据

汽车转向系统是关系到车辆安全行驶最关键的部件之一，因此也对开发时进行的系统测试提出了相应较高的要求。因此，总部位于德国科隆的 Akka DNO GmbH 与采埃孚股份公司（ZF Friedrichshafen Ag）合作开发了一款高性能硬件在环测试系统，该系统通过直接集成在倍福基于 PC 的控制技术中的高端测量技术采集所需的数据。



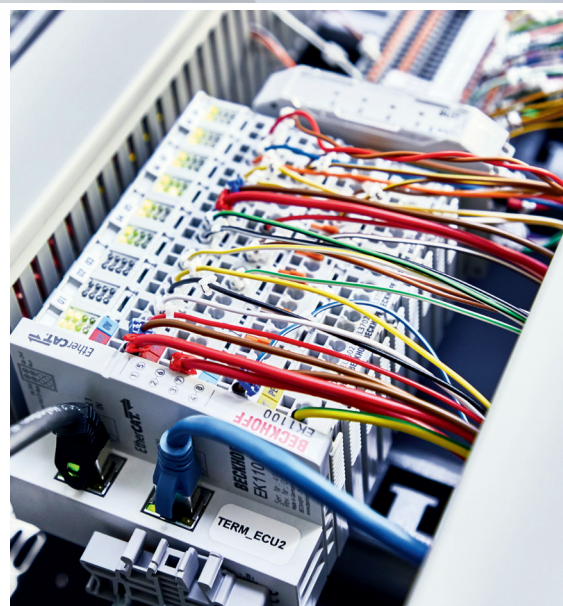
前桥上的电动助力转向系统和后桥主动运动系统相结合，提高行车安全性

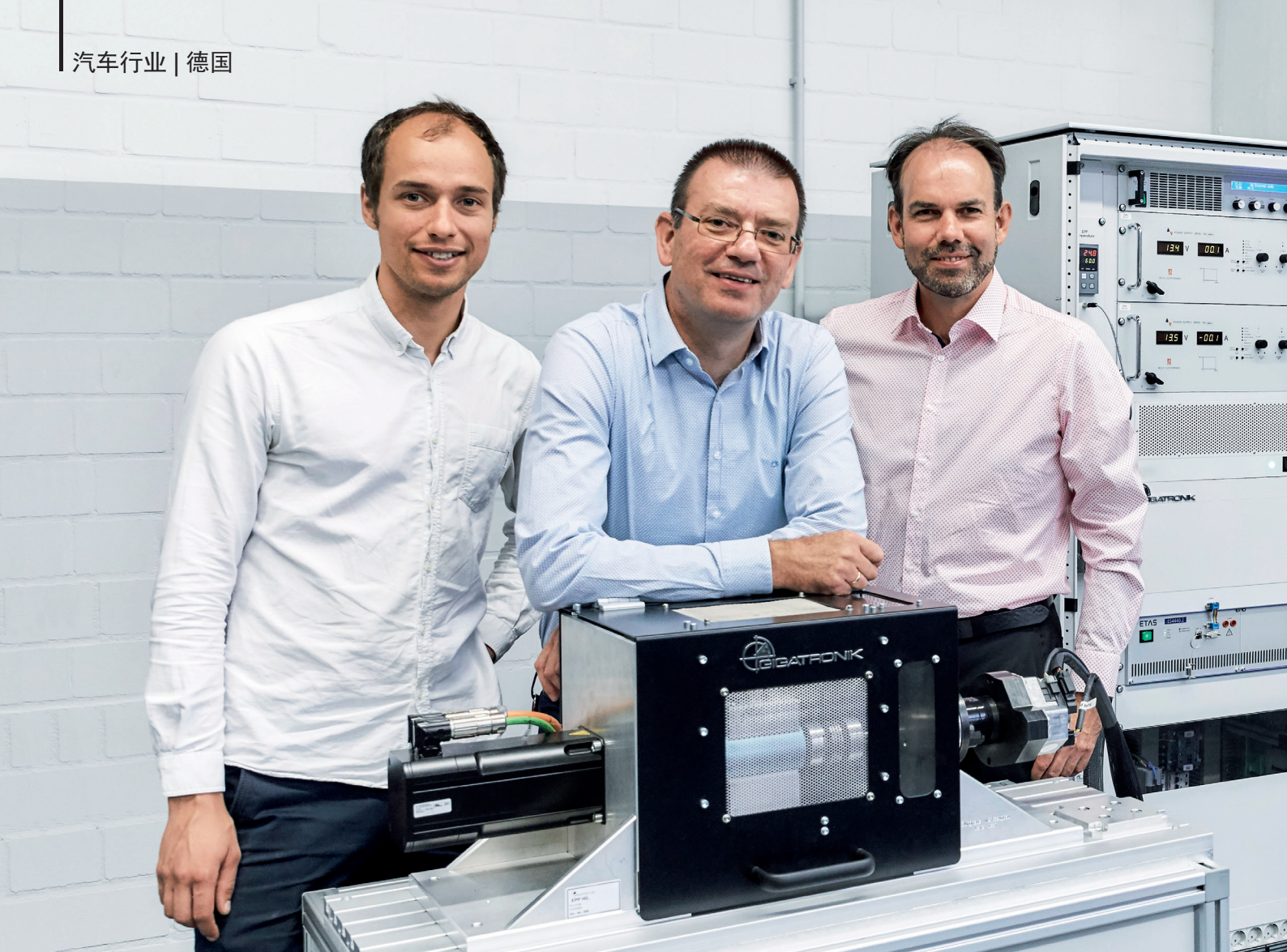


采埃孚是全球领先的汽车传动与底盘技术以及主动和被动安全技术供应商，在全球共有 230 家分支机构。Akka DNO GmbH（前身为 Gigatronik Köln GmbH）作为汽车行业工程合作伙伴，与采埃孚一起开发现代化的硬件在环（HiL）测试系统。Akka DNO 公司研发部门经理 Sören Ole Kuklau 解释说道：“我们在建立测试规范、测试自动化，特别是测试基础设施的构建方面拥有深厚的专业知识，可为此提供支持。与采埃孚密切合作开发的车辆转向装置电力电子器件硬件在环测试系统就是一个很好的例证。我们从 2016 年就开始着手开发，当时我们就已经使用了倍福的测量 I/O 端子模块，例如 EtherCAT 输入端子模块 EL3751。通过超采样功能、额外的滤波器和可调节的测量范围，这个多功能端子模块为我们提供了许多选项，让我们能够可靠地采集一些对我们的行业特别重要的模拟量值。”

来自采埃孚主动&被动安全技术及转向系统事业部软件/系统测试工

标准 EtherCAT 端子模块中集成的测量技术是倍福基于 PC 的控制技术的一个重要组成部分





Akka DNO 公司的 Sören Ole Kuklau、采埃孚公司的 Michael Moczala 博士与来自倍福海姆销售办事处的 Wilhm Schadach（从左到右）与用于控制单元和汽车电动转向系统的电动机的硬件在环测试系统合影

具小组负责人 Michael Moczala 博士简要介绍了硬件在环测试系统的更多细节：“在 EPP 在环（EPPiL）测试中，EPP — 即电子控制装置和电动机组合起来驱动汽车的电动转向系统 — 在仿真环境中进行测试。实际上，这意味着与车辆中这两个硬件组件交互的所有部件都被映射为虚拟模型，并在特殊的实时系统上进行仿真。”

基于 PC 的控制技术具有通用性、开放性和可扩展性

HiL 区的测试系统也可以通过基于 PC 的控制技术完全实现自动化 — 一直到无缝集成的测量和安全技术。Sören Ole Kuklau 简要概述了 EPPiL 测试设备的优势：“在 EPPiL 系统中，倍福基于 PC 的控制技术提供了完整的 I/O 基础设施。仿真在独立的实时系统上运行。在算力方面，CX5140 嵌入式 PC 已被证明是数据处理的理想选择。不仅如此，需要时，可以根据个性化应用需求轻松扩展倍福硬件 — 甚至可以扩展成高性能的多核系统。”

Sören Ole Kuklau 认为，倍福 I/O 系列的种类之多以及通过全球标准 EtherCAT 实现的开放性提供了更进一步的关键优势：“我们对 I/O 在时间和值的分辨率方面提出了很高的要求，我们也注意到 EtherCAT 中

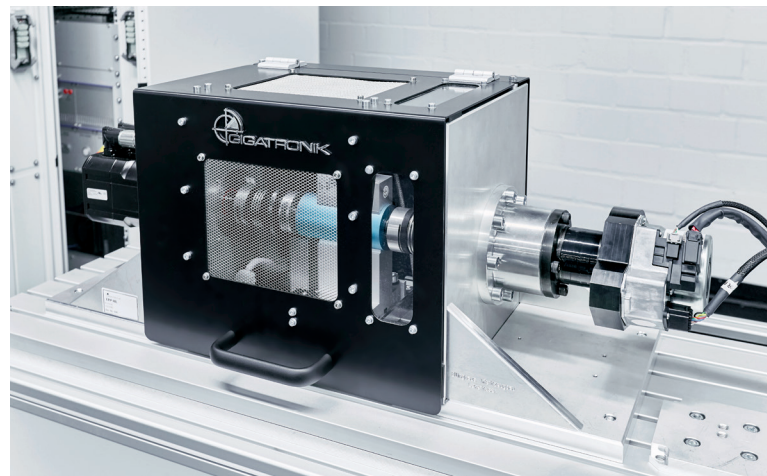
还有其它可用的功能，例如超采样功能。倍福的 EtherCAT 测量端子模块为此提供了理想的解决方案，特别是因为 EtherCAT 的广泛应用允许简单地集成第三方组件，以便能够使用汽车专用总线系统。此外，在测试台架中通过 EtherCAT 实施的一些有用的诊断选项也为我们带来很多好处，包括监控测试控制台和控制柜之间的数据连接。除此之外，我们仰赖的还有高可靠性和高性能的数据传输。” Dr. Michael Moczala 进一步补充说道：“大数据量让我们能够以两种不同的采样率采集和传输信息，诸如位置规范等关键信号、采样率为 4 ksamples（即循环时间为 250 μ s）时的扭矩测量，以及采样率为 1 ksamples 或循环时间为 1 ms 时的其余数据。这样，可以避免在向独立的实时仿真系统（作为 EtherCAT 从站与嵌入式 PC 连接）传输数据时经常会出现的瓶颈。”

模拟量 I/O 构成 EPPiL 测试系统架构的核心部分

Michael Moczala 博士在解释测试系统的工作原理时说道：“EPPiL 仿真装置的硬件接口，即测试控制台，包含一个负载电机和一个用于检测连接轴状态的扭矩传感器。与之连接的是实际试件，即由控制单元和支承发动机构成的电力电子器件。EtherCAT I/O 系统负责建立

上图：EtherCAT I/O 系统安装在空间极为紧凑的控制柜侧壁上

下图：带电力电子器件的测试台（右）、扭矩测量轴（中间）和负载电机（左）



与仿真技术、代表真实世界的机械转向部件、不同类型的车辆以及车辆通信通路的模型之间的连接。建模技术与负载电机以及扭矩测量轴之间的通信也通过 EtherCAT I/O 实现。我们通过仿真技术获取 EPP 电机轴的角度，并将其传输给负载电机的转换器。测量轴的扭矩传感器提供所产生的扭矩。有了这些信息后就可以在仿真中求解运动方程式，我们可以从中获取新的位置值，并将值传输给负载电机，以关闭 HiL 环路。”

EtherCAT I/O 系统由 5 个 EtherCAT 耦合器 EK1100 以及 57 个不同的 EtherCAT 端子模块组成。用于模拟量值处理的设备由 3 个 XFC 输出端子模块 EL4732、7 个 XFC 输入端子模块 EL3702 和 18 个输入端子模块 EL3104 构成。Sören Ole Kuklau 在解释它们的具体任务时说道：“EL4732 输出端子模块将设定值传输给测试系统的可编程电源单元，EL3702 负责回读它们的实际值。而 18 个 EL3104 端子模块负责检查用于散布电气故障（如短路或开路）的故障注入单元（FIU）的 64 个通道。” Michael Moczala 博士补充说道：“因此需要监控 FIU 功能是否正确并确定相应的程序切换时间。此时数据采集速度非常重要，因为切换时间一般都在毫秒范围内。”



倍福推出的新一代 EtherCAT 高精度测量模块采用坚固耐用的金属外壳

系统集成测量技术 — 也适用于满足高端需求

基于 PC 的控制提供可以无缝集成到控制技术中的测量技术。在本次采访中，产品经理 Martin Podrouschek 解释了高精度测量技术的优势及广泛应用，甚至可以扩展到高端应用。

倍福测量技术的特点是可以直接集成在控制技术中，它在测试技术领域有哪些优势？

Martin Podrouschek: 此处有两个应用领域应该提及。第一个领域是传统生产设备，开发人员、设计工程师、程序员和用户希望了解更多有关设备运行过程的详细信息，包括所生产部件的质量、运行资源的消耗情况及循环时间。这类设备中通常都已经配备了控制技术，而且由于财务及组织结构障碍，往往无法添加单独的测量和数据记录系统。相反，使用基于 PC 的控制技术或基于 EtherCAT 的 I/O 系统，倍福的 EtherCAT 测量端子模块甚至支持高速和高精度模拟量值采集以及通过 100 Mbit/s EtherCAT 实现大模拟数据量传输，进一步完善了倍福的控制系统。这样做的最大优势是获得的额外工艺知识使得后处理测量技术人员能够再次处理大批量的数据。事实上，控制系统程序员现在可以在高质量数据的基础上更好地支配设备的控制

回路，并可以优化控制过程。第二个应用领域主要涉及测试技术中的测量应用。通过倍福典型的测量和控制技术组合，用户还能够主动干预和自动化测试应用。而且也正是工业环境中广泛应用的驱动器和开关、输入和输出模块、模拟和数字技术、位置检测和反馈端子模块以及 TwinCAT 软件所具备的无限编程灵活性 — 具有功能库、向导和数据连接选项 — 为这些用户提供了全新的自动化测试平台方案。由于基于 PC 的控制技术具有良好的开放性，用户仍然可以灵活地集成特殊设备和专用软件。

有哪些特殊属性会让 ELM3xxx 模拟量测量模块的用户受益？

Martin Podrouschek: 将测量技术集成到其全天候不间断运行的生产设备中的用户希望测量组件能够像控制系统本身一样平稳地工作。特别是测量技术必须在整个期间内完成它应该做的事情，甚至在不利条件

另外还选择部署了 3 个 EL3751 多功能输入端子模块。其中一个端子模块负责读取扭矩传感器数据，另外两个输入端子模块读取电源单元的电压值。Sören Ole Kuklau 评论道：“它们在读取电压值范围方面的灵活性大大简化了我们的工作，因为端子模块可以被设置为读取 +/- 10 V 的扭矩传感器数据或 +/- 30 V 的电源单元电压值。” Michael Moczala 博士认为，通过 EL3751 确保采集测量数据的质量至关重要：“扭矩传感器信号对于结合仿真模型实现稳定的系统行为非常关键。因此，必须以尽可能小的延迟、非常低的噪音和尽可能高的精度传输扭矩传感器值。”

基于 PC 的控制技术提供令人兴奋的未来发展潜力

自 2016 年开始着手开发，这套配备有倍福技术的第三代 EPPiL 测试系统现在已经可以供货，Michael Moczala 博士解释说：“倍福先进的技术让我们之间的合作非常愉快，因此我们将在下一代测试系统中继续使用倍福技术，我们也将尽可能地使用最新开发出来的 EtherCAT 端子模块产品。” Sören Ole Kuklau 还看到了进一步的发展潜力：“我们已经完成了完全基于倍福技术的汽车专用测试系统预开发项目，这其中还包括伺服驱动技术，它具有高性能和高速度以及在 TwinCAT 软件中配置便捷等优点。另一个预开发项目是将 MATLAB®/Simulink® 集成到

下：它必须精确测量。这也正是倍福测量技术的重点所在。由于内置了各种功能并具有相应匹配的生产方法，测量解决方案可满足客户的这些期望。这方面的例子包括：广泛集成的自我测试，它确保测量模块能够完美运行；在生产过程中对模块进行彻底的预处理；可选的工厂和 DakkS 认证证书；以及倍福重新校准服务。

倍福系统集成式测量技术的典型应用领域有哪些？
这些年来又是如何拓展这些应用领域的呢？

Martin Podrouschek: 传统的生产设备已经越来越多地配备集成式测量技术。用户对能量测量和消耗数据采集以及生产对象的在线零件测量越来越感兴趣。对于这种环境，采用塑料外壳仅 12 毫米宽的 12/16/24 位模拟量输入端子模块早就被用户接受。其中，包括应用报告中提出的 EtherCAT 端子模块 EL3751 就是倍福推出的第一款新一代高精度测量端子模块，它的精度为 100 ppm。2016 年推出的采用 30 毫米金属外壳的 ELM3xxx 系列测量模块开辟了更广泛的应用领域，特别是在高端领域。最重要的是，测试市场对这些发展做出非常积极的反应，而且，EtherCAT 模块不仅可以通过 TwinCAT 运行，它还可以在每个 EtherCAT 主站上运行。将安全技术、视觉、云连接和运动控制集成在同一个平台上的倍福系统集成式方案可以很好地满足测试应用领域中日益增长的自动化需求。

最新的 EtherCAT 测量模块有哪些特点适合用于高端应用？

Martin Podrouschek: 从技术角度来看，既可以在测量模块中本地处理模拟量数据，也可以在 I&C 领域中的基于 TwinCAT 的控制器中处理模拟量数据。视具体的系统方案在这两种方式中选择，倍福的模拟量输入始终支持这两个方式。具有超采样功能且温度稳定的高精度测量模块目前采样精度高达 50 ksamples/s，对于这两种应用都有利。特别是对于本地处理，模块提供范围宽泛的模拟量功能，例如多阶段、自由预设滤波、真有效值计算及拖动指示器。此外，有些端子模块还采用了特殊的传感器连接技术：ELM350x 系列测量模块中集成了用于称重和应变应用的皮重、桥接扩展和分流校准等功能，而 ELM360x 系列 IEPE 端子模块中集成了用于振动测量的 TEDS 和 AC/DC 耦合功能。倍福的集成式测量技术让以技术为导向的用户能够几乎无限制地在生产和测试设备以及市场领先的应用中安装成熟的测量方案。

更多信息：

www.beckhoff.com/measurement-modules



Martin Podrouschek, 德国倍福现场总线系统产品经理

TwinCAT 中，以便能够将实时仿真功能迁移到嵌入式 PC 中，从而节省成本。除此之外，我们正致力于使用 ASAM 标准 XiL-API 将测试用例、测试自动化工具和 HiL 测试硬件与 TwinCAT 分离开来。”

更多信息：

www.akka-technologies.com

www.zf.com