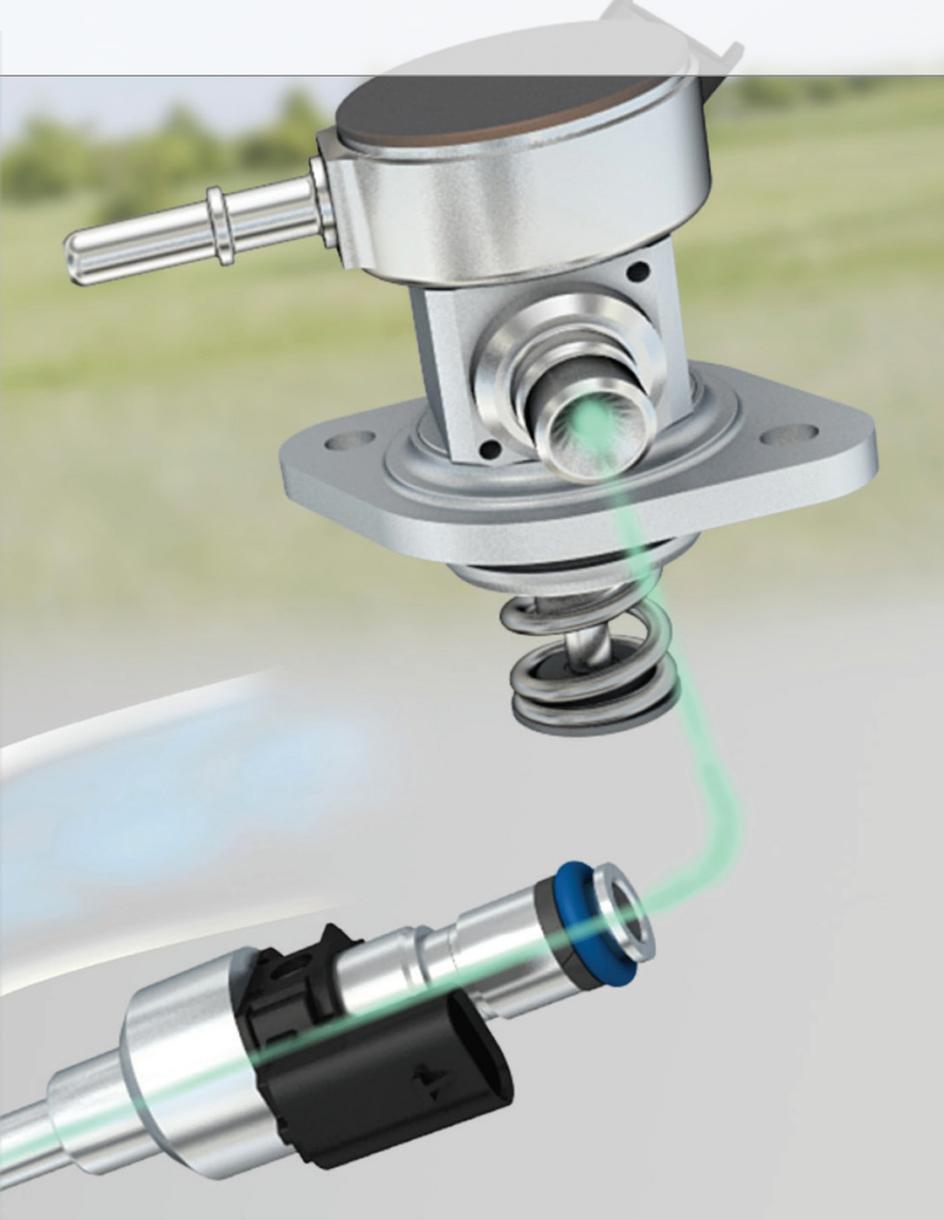




建立闭环测试系统以精确
控制燃油喷射器

精确 计量

在汽油机中，高效燃烧的前提是合适的空气/燃油混合比例。Continental 开发了一种新的控制喷油系统，该系统能够精确地提供发动机整个生命周期所需的燃油量。利用 dSPACE 测试系统可以在实验室进行精密测试。



特征电流分布。所需闭合间隔与所测闭合间隔之间的差值作为控制器的控制偏差，可以确定下一个动力冲程的打开间隔。这种控制方法甚至能实现非常微小的喷射量控制，并使误差最小化。这显著优化了燃油喷射的过程，使燃烧过程更加稳定。通过自适应控制方法，能在组件的整个生命周期内保持这两方面的效果。

验证要求

利用 COSI 功能验证 EECU 时，需要进行功能软件测试，以检测喷油器打开间隔。为此，必须对承压喷油器的特征电压和电流曲线进行仿真。若使用替代负载或真实组件则不符合要求，因为这些负载或组件通常用于不使用燃油的试验。因此不会因为燃油喷射而导致进气歧管或气缸内出现压力变化。因此，必须找到能够实时仿真喷油器电动特性的解决方案。此方案需要考虑发动机每个工况点的工作压力。面临的一大挑战是喷油器的打开间隔极短，仅有数毫秒。对于这种极小的喷射量，相关组件的微小变化甚至都会产生影响，所以在仿真中，测试解决方案必须足够灵活，且容易操作。

虚拟喷油器测试

EECU 通常使用硬件在环 (HIL) 仿真器进行验证。因而自然需要扩展 HIL 仿真器来测试 COSI 功能。由于高动态响应过程发生在很短的时间间隔内，所以只有使用 FPGA 才能足够快速地计算喷油器行为。对于测试区域内建立的 dSPACE SCALEXIO HIL 系统，最合适的解决方案是为每个喷油器提供一块 FPGA 板卡 (DS2655) 和一块新开发的电子负载模块 (EV1139)。电子

愈

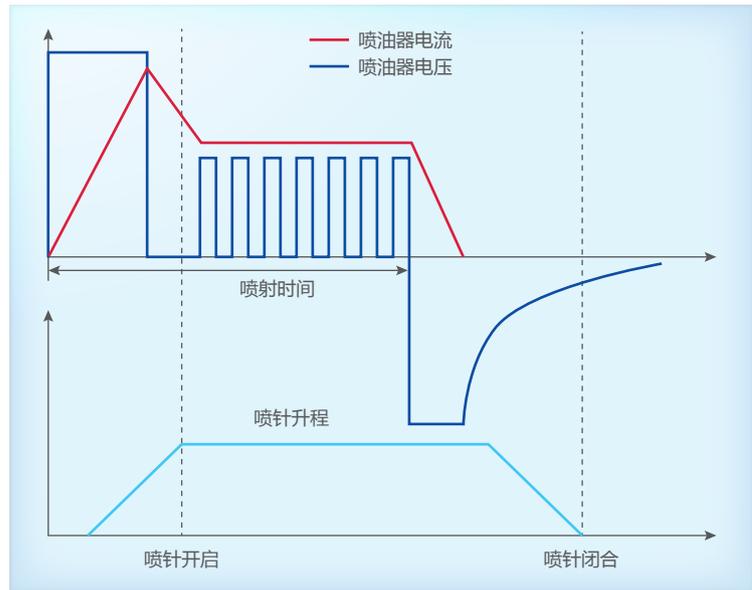
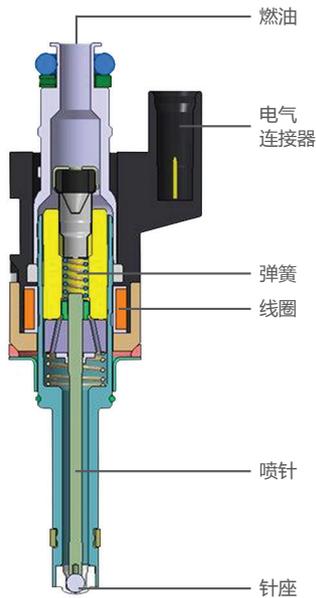
发严格的排放法规给点燃式发动机的开发带来了新挑战。因此，由于放阈值越发严格，有必要利用创新技术途径来实现。为了获得理想的空燃比，实现高效的燃烧，准确供应所需燃油量显得特别重要。此过程使用了电控喷油器，其通过改变喷嘴的开合间隔来提供所需燃油量。喷射控制器的开合间隔和电流大小能够影响喷射过程。燃油压力也会促使喷针上升。常规的喷射过程使用预控式喷射，喷射器的开合间隔取决于发动机电子控制单元 (EECU)。但是，这种喷射方法无法捕获和纠正机械制造公差，也不

能规避喷射器老化带来的影响。因此，喷射器实际打开间隔可能随时间推移而改变，这会产生测量偏差。汽车供应商 Continental 目前开发了一种新方法，能够帮助测量和控制打开间隔和喷油量。

通过 COSI 实现精确喷射

这种被称为“受控电磁阀喷射” (Controlled Solenoid Injection, 简称为 COSI) 的无传感器评估系统专门用于检测喷射器的闭合时间。该方法基于喷油器线圈和移动的喷针共同产生电感。该电感随位置的变化而变化。如果喷针接触针座，可以测得线圈上的

>>



左：高压磁力喷油器配置：线圈和移动的喷针（磁芯）产生可变电感。右：喷油器控制、喷针升程和喷射时间的理想化表示。

负载模块被设置为 EECU 的电流隔离接口，不受工作电压的影响。它能仿真 EECU 所连喷油器的真实电流和电压。为此，它需要将喷油器行为与 FPGA 模型计算的感应电气特性一起使用。dSPACE 提供的开源模型可以根据喷油器特性进行精确调整。它的配置还支持其他的电气故障仿真测试，比如短路和电缆断路测试。它还能生成功能故障，以评估多项信息（系统行为到排放限值）。为了实现

这一点，可以操控针阀提前或延迟打开和关闭的时间。通过对相关的模型组件进行参数化，还可以在仿真中快速测试组件的变化和老化带来的影响。

项目应用

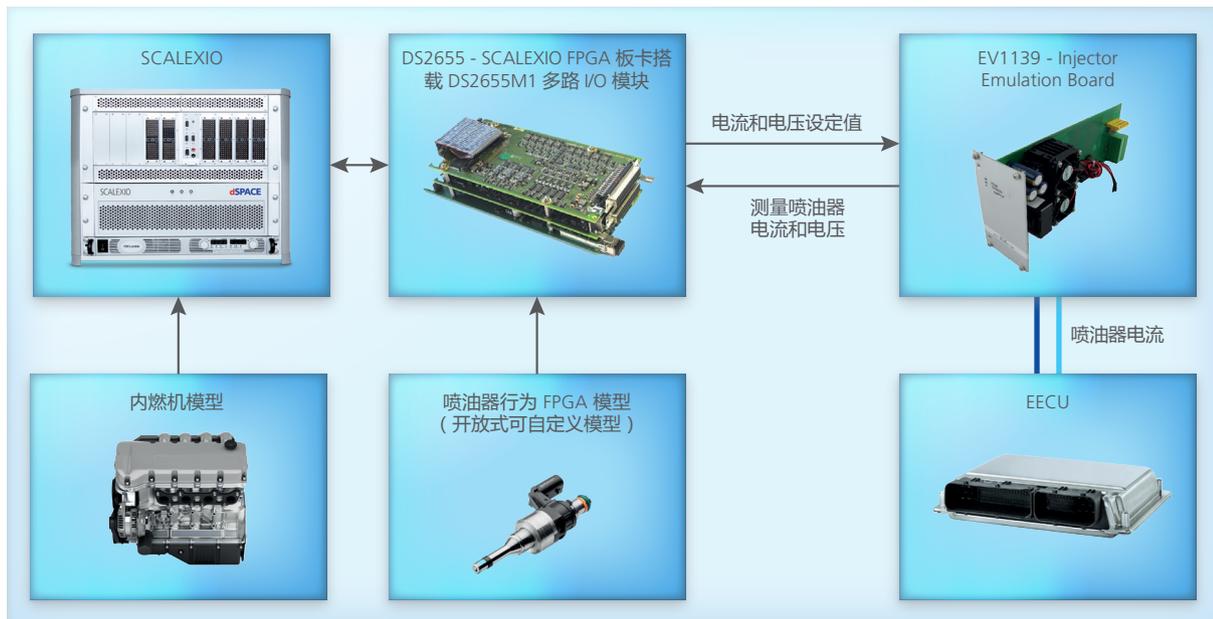
Continental 和 dSPACE 共同建立了一套测试系统。首要任务包括获取信息、阐明专利法相关问题以及创建需求文档。基于这些任务，两家公司开

发出一套功能强大的原型。dSPACE 开发人员能够完全配置 SCALEXIO 仿真器和 ECU，以集成新的 COSI 测试解决方案。在测试实验室的调试过程中，测试系统针对另外的任务进行了优化：

- 精确的单次和多次喷射
- 准确改变喷油器关闭时间
- 两个气缸组并行喷射

“无传感器受控电磁阀喷射的验证程序对 ECU 测试的要求非常高。SCALEXIO 仿真器及其扩展的解决方案能够精确展示高动态响应过程，从而可靠地验证 ECU。”

Michael Mench, 大陆



喷油器仿真的SCALXIO HIL仿真器配置：内燃机在 SCALXIO Processing Unit上进行仿真。喷射器使用 FPGA 板卡进行仿真，此板卡控制着 EV1139 电子负载模块。对于 EECU 来说，负载的行为相当于真实的喷射器，并会注入真实的电压和电流。它随后将测得的电流和电压值反馈至 FPGA 板卡。

测试系统目前已充分调整，并在 EECU 验证过程中发挥了强有力的作用。它具有出色的灵活性和性能，可在闭环中使用 COSI 功能验证 EECU 是否运行正常，并能验证 EECU 软件的要求。与此同时，还可以测试 EECU 的诊断功能。

总结与展望

受控燃油喷射器为 EECU 的验证带来了新的挑战。为了测试和验证控制器，Continental 和 dSPACE 设计了一套新的测试解决方案。它能对喷油器行为及其真实电流进行仿真。它以快速的计算单元（基于FPGA）和电子负载作为基

础。这样能在闭环中操作 EECU，从而实现灵活的实验室测试。目前，Continental 使用此测试系统验证最新一代 EECU。由于测试装置十分灵活，可以轻松用来开发未来的 ECU 功能。■

Michael Mench, Alexander Zschake, Continental

图 4：喷射器的测量电流（上图）和仿真电流在 dSPACE ControlDesk（下图）中的对比：显然两个波形具有高度的一致性。



Michael Mench

Michael Mench 在 Continental 公司（德国雷根斯堡）从事喷油系统验证工作。



Alexander Zschake

Alexander Zschake 在 Continental 公司（德国雷根斯堡）从事喷油系统验证工作。

