

“ // 不断创新。” – 这是 Tula Technology 秉承的一贯作风。这家创新型工程公司攻克了困扰汽车行业数十年的发动机设计难关。这个难题就是如何停用单个发动机气缸。Tula 的开发人员不断创新，开发了一种基于软件的方法。该方法将先进的数字信号处理、各种算法和复杂的传动系统控制相结合，可根据需要自动设置单个发动机气缸的停用（跳过）或激活（点火），以满足驾驶员对扭矩的需求。这种解决方案称为 Dynamic Skip Fire (DSF®) 技术。

Dynamic Skip Fire

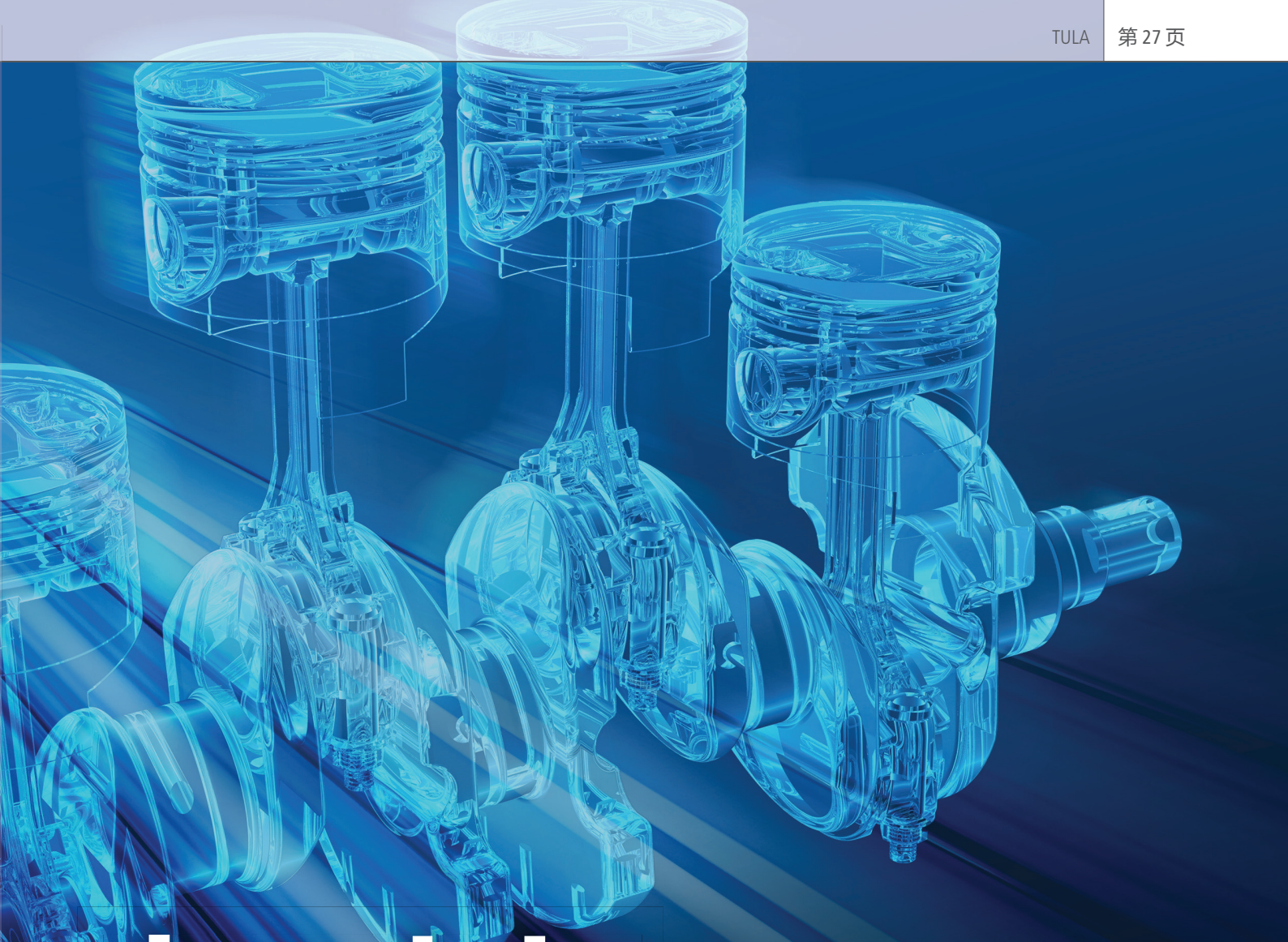
通过 DSF 技术，发动机控制系统可自动打开或关闭各个燃油缸，以最高效率满足车辆的动力需求。与传统的气缸停用方法相比，Tula 的 Dynamic Skip Fire 算法可以在 0% 至 100% 气缸工作状态下近乎连续地点火。该操作通过显著降低泵送损失、提高燃烧效率以及改进减速期间的催化剂管理来降低油耗。DSF 技术可以为驾驶员提供所需的动力，同时使发动机保持高效工作状态。这种解决方案可以使油耗和二氧化碳排放降低 10-15%。通用汽车 (GM) 已经注意到这种节省

油耗的新技术，并已经投资 Tula，以及一些其它的公司，包括德尔福、红杉资本、Khosla Ventures 和 Sigma Partners。德尔福还是 Tula 的一级战略合作伙伴。

追求自动化测试

自 2008 年硅谷科技公司在美国加利福尼亚州圣何塞成立以来，Tula 一直在优化其 DSF 解决方案。该公司已获得 52 项专利，目前有 70 多项专利正在申请中。Tula 于 2009 年首次联系 dSPACE。当时，dSPACE 正着手探索嵌入式软件开发和电子控制单元 (ECU) 测试选项。如今，Tula 建立的自动化测试平台整合了多种 dSPACE 工具，包括用于快速控制原型开发的 MicroAutoBox II、用于信号调理的 RapidPro、用于仿真和测试发动机的硬件在环 (HIL) 系统、用于实验控制的 ControlDesk、用于架构和系统建模的 SystemDesk 以及用于编写和更新标准化测试及记录和共享测试数据的 AutomationDesk。为了进一步扩展其自动化测试功能，Tula 最近采用了虚拟验证环境，并将虚拟验证仿真平台 dSPACE VEOS 纳入了实验室应用。 >>

DSF
DYNAMIC
SKIP FIRE



加快 发动机验证

借助虚拟验证，可将确认和验证活动的时间减半

如果不借助于物理硬件，您能更快地执行测试活动吗？硅谷技术公司 Tula 自建立虚拟验证环境以来，其确认和验证活动所需的时间缩短了 50%。

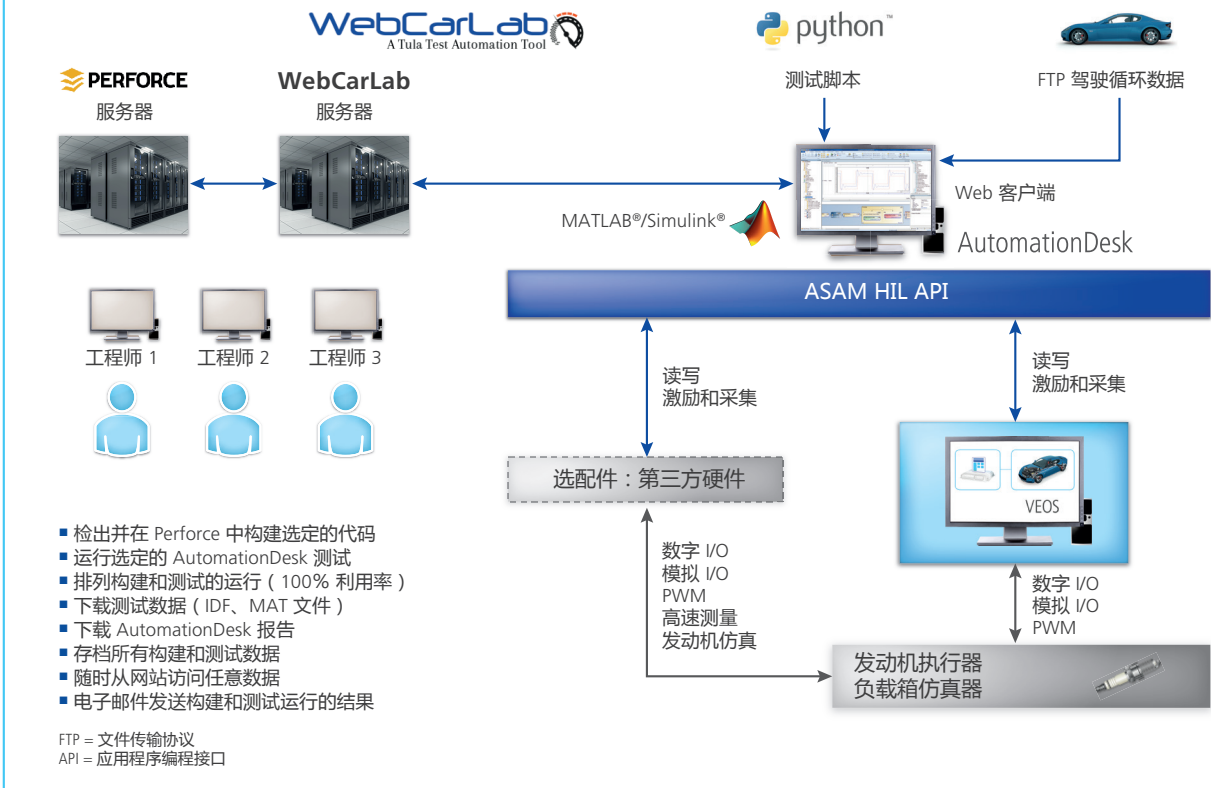
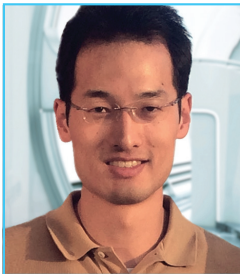


图 1：在 Tula 新的确认和验证工作流程中，所有代码和测试脚本都在 dSPACE AutomationDesk 中进行组织，并使用基于 PC 的仿真平台 dSPACE VEOS 来执行。



“我们发现，在开发过程的早期阶段仅使用 PC 和 VEOS，通常能更快地验证软件。”

Tula Technology, Inc. 嵌入式软件和系统工程师 Alfred Wong

更快的验证速度、更早的故障检测

为了更快速地完成验证任务并在软件生命周期早期阶段发现错误，Tula 在 2016 年采用了虚拟验证。Tula 的嵌入式软件和系统工程师 Alfred Wong 解释道，由于存在多个依赖关系，他们验证和确认软件更新的过程非常耗时。除此之外，由于与团队成员共享 HIL 台架，在管理多个客户时硬件和时间限制均互不相同，从而形成了巨大挑战。因此，公司寻求更好的替代方案。Tula 建立虚拟验证环境的主要

目标是：

- 重复利用通过 AutomationDesk 开发的测试
- 在没有物理硬件的虚拟环境中执行确认和验证任务
- 降低成本，减少维护时间

dSPACE 工具链的优势

Tula 采用 dSPACE 虚拟验证工具链的原因是它能够实现以上所有的目标。该解决方案的主要组件之一是仿真平台 dSPACE VEOS。该软件在标准 PC

上运行，为工程师提供了许多新选项，用于开发新功能，并在完全虚拟的环境中确认、验证和测试 ECU 软件。自实现其虚拟验证平台以来，Tula 已经实现了所有这些目标，并且取得了重大成果。该公司表示已将确认和验证 (V&V) 处理时间缩短了 50% 以上。Tula 将其归功于新测试功能。由于测试在虚拟环境中执行，无需使用物理硬件，大大节省了时间。

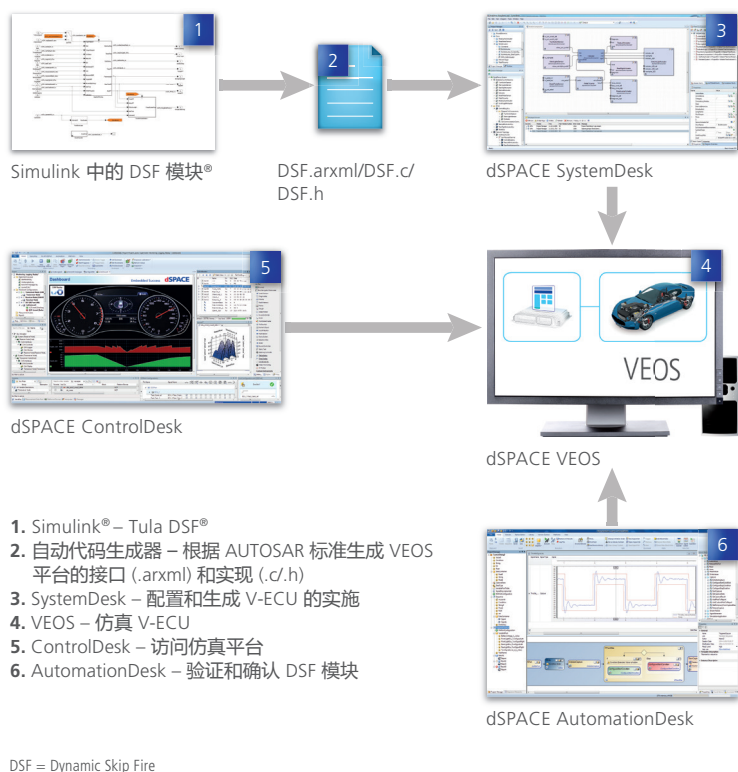


图 2：使用 Tula 的 DSF 功能生成 V-ECU 的标准工作流程，并在 VEOS 上通过仿真进行测试。

将虚拟验证应用到 Simulink® 模块

Tula 针对其 Dynamic Skip Fire (DSF) 技术使用了虚拟验证。具体来说，Tula 对其 DSF 算法 Simulink® 模块应用了虚拟验证。生成的 DSF 算法在虚拟 ECU 上通过 FTP 循环作为输入进行运行，并且记录输出。然后，Tula 将记录的输出（软件在环）与预期输出（模型在环）进行比较，以确定是否满足要求。Wong 说道：“虚拟验证可以节省我们的时间，在软件生命周期的早期阶段发现错误，并省去了 HIL 台架测试的步骤。在发动机和车辆上部署软件之前，通过虚拟验证，我们对软件更有信心了。”

快速总结经验

Tula 在设置其虚拟验证平台时必须不断总结经验教训。他们成功应对的设置上的挑战包括将 Tula 软件导入虚拟环境，为硬件组件创建物理模型以及使用相同的初始默认值启动测试。Tula 使用信号发生器来创建输入值，否则这些输入值将从硬件组件生成。他们还将初始值设置为默认值，并等待软件在注入激励信号之前达到稳定状态。Wong 澄清说，虚拟验证并不能取代 MicroAutoBox II 进行功能原型开发，但可通过省去 HIL 测试，使流程得到进一步优化。Wong 说道：“我们在开发 PC 上使用虚拟验证在软件生命周期的早期阶段验证

Tula 的虚拟验证环境

Tula 的虚拟验证环境包括以下工具：

- 用于对架构和系统进行建模以及生成虚拟 ECU (V-ECU) 的 SystemDesk
- 用于仿真 V-ECU 的 VEOS
- 用于快速控制原型开发的 MicroAutoBox II
- 用于信号调理的 RapidPro
- 用于仿真和测试发动机的硬件在环 (HIL) 系统
- 用于控制实验的 ControlDesk
- 用于编写和更新标准化测试以及记录和共享测试数据的 AutomationDesk

功能要求。它比物理硬件的操作成本低，并且可以使我们的物理硬件用于其它工作。” Tula 还打算在下一个客户项目中利用虚拟验证。 ■

Tula Technology, Inc. 已许可

