



高度灵活的 HIL 仿真器可满足  
各种农业车辆的测试需求

# 定制化 测试

电子设备和软件已成为当今农用车辆创新的核心助力。随着测试范围和数量的不断增加，现在开发人员在开发软件时面临着巨大的挑战。日本农业机械制造商 YANMAR 通过全面的 HIL 仿真解决了这些挑战。该仿真系统基于 SCALEXIO 和其它 dSPACE 产品。



来源：© YANMAR CO., LTD.



来源：© YANMAR CO., LTD.



来源：© YANMAR CO., LTD.

由于人口不断增长，粮食需求也随之增加。然而，耕地面积有限，且农业人口逐渐减少。如今，提高土地和劳动生产率已成为农业的紧迫挑战。日本制造商 YANMAR 致力于通过公司产品（例如拖拉机、收割机和种植机等）解决这些难题。具有高效率的功能性农用车辆有助于缩短劳动时间，最大限度减少损失并提高产量。

### 高性能易用型收割机

水稻收割机具有收割、脱粒和谷物分离的组合功能。它们还针对水稻耕作进行了优化，实现了高速度、低损失的收割方式。尽管功能有些复杂，但多亏这些功能（图 1），YANMAR 水稻收割机不仅易于使用，操作起来也很轻松。线控转向系统就是其中一项功能，其可为驾驶员提供如乘用车般的直观感受。根据驾驶员转动方向盘的幅度，车辆可调整驾驶方向和两条履带的速度，进行平稳移动，实现轻微转向和急转向等操纵。因此，车辆能够沿田间车道顺畅行驶。另一个示例是自动底盘。自动底盘可使车身保持水平，即使车辆底盘在松软的稻田上发生倾斜，也可在收割和谷物分离期间提发挥最佳性能。谷物分离自动调整是最新车型的一项功能。稻壳筛是一种将米粒从稻壳中分离出来的装置。收割损失随筛孔和操作期间的收割速度（车辆速度）不同而变化。

传感器检测稻壳筛末端的损失量，系统会根据返回的数据自动调整两个参数，以最大程度减少收割损失。通过监视器，驾驶员可以观察调整后收获损失的减少情况。

### 软件开发人员面临的挑战

电子设备和软件已成为开发这些创新农业车辆的核心助力，现在 YANMAR 的软件开发人员在创新引入中扮演着重要角色。全面的测试和验证带来更大的工作范围和工作量，而开发人员必须立即克服多个挑战：首先，他们必须在车辆进行驾驶测试之前消除总误差，因为对于某些类型的车辆，只能在有限的时间段内进行实际驾驶测试。例如，如果在收割机驾驶测试过程中出现任何问题，会对软件版本进行返工，可能失去在收割季节进行重新测试的机会。其次，他们必须在复杂的工作条件下测试车辆，例如不同的稻田环境或多种水稻类型。在实车测试中，复现这些复杂工作条件将会非常耗时且成本高昂。

### 快速设置 HIL 仿真器

为了满足这些要求，YANMAR 选择采用 dSPACE SCALEXIO 的硬件在环 (HIL) 系统。HIL 仿真器能够在没有真实机器的情况下测试电子控制单元 (ECU) 的所有功能，并可以覆盖各种工作条件下的车辆操控。YANMAR 分两步引入了 HIL 系统：

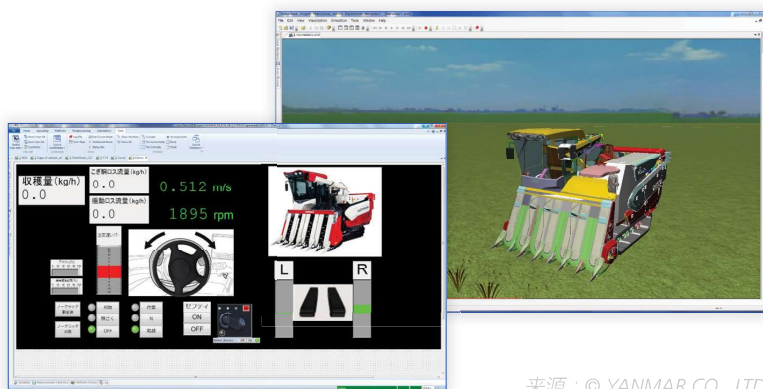
>>



来源：© YANMAR CO., LTD.

图 1：YANMAR 水稻收割机有许多实用功能，例如用于低应力平稳操作的 Steer-by-Wire System 系统（顶部）和用于保持车身水平（中心）的自动底盘。自动调整谷物分离是该公司最新车型的功能：由滚筒脱粒的谷粒通过谷壳筛分离，我们可以对谷壳筛进行调整，最大程度减少收割损失（底部）。

图 2：YANMAR 使用 ControlDesk（左下角）为 HIL 仿真创建直观的用户界面。MotionDesk（右上角）对用户输入所产生的实际车辆运动进行可视化。



来源：© YANMAR CO., LTD.

首先，公司在 2015 年为一台拖拉机调试了仿真环境。此配置中包括中央处理器机柜、和用于发动机、车辆控制系统和显示仪器的 3 个 I/O 机柜。随后在 2016 年，还增加了两个 I/O 机柜用于收割功能测试。通过将 I/O 板卡添加到 I/O 机柜，该系统最终从物理层面上涵盖了所有 ECU、总线系统和车辆电子负载。

### 复杂的软件工具

在虚拟模型层面上，YANMAR 还是会依赖于自己的汽车库和环境模型库，但公司使用 dSPACE Automotive Simulation Models 模型 (ASM) 的柴油发动机和排气装置库来对柴油发动机和尾气后处理进行仿真。这些库非常完美地集成于 YANMAR 模型。整个模型可以分配到多个处理器内核上进行仿真计算，以优化计算时间。为了监控 HIL 仿真，YANMAR 使用了 dSPACE 的 ControlDesk 和 MotionDesk。ControlDesk 为测试工程师提供可编辑的虚拟仪表和直观的用户界面，而 MotionDesk 让他们能够在 3D 环境中实现仿真车辆运动的可视化。为了进一步减少工作量，HIL 测试也可以在很大程度上实现自动化。这可通过 dSPACE AutomationDesk 实现。YANMAR 在 dSPACE 的协助下建立了测试自动化框架。该框架使他们能够快速迭代的测试案例，在这些案例中，他们只需更新测试参数即可，例如给定的输入和预期的输出信号。

### 高度灵活的多车辆和多域系统

同时, YANMAR 还使模块化 SCALEXIO HIL 系统更加灵活。YANMAR 不使用针对特定功能的定制化 I/O 机柜, 例如发动机或车辆组件, 而是使用标准化的 Master I/O Racks 机柜, 其中每个机柜都具有完全相同的硬件接口。Master I/O Racks 机柜的各种组合能够应用于所有的 YANMAR 农业车辆。根据新产品发布的计划, 被测车辆类型会时刻变化。如果有足够数量的 Master I/O Racks 机柜, 开发人员可以使用它们精确设置当前任务所需的 HIL 系统(图 3)。

### 优势与展望

灵活且可扩展的 dSPACE SCALEXIO 系统能帮助 YANMAR 快速设置 HIL 仿真器。从订购到 2015 年底第一次车辆调试只用了六个月。HIL 仿真和自动化测试揭示了隐藏的软件缺陷, 无需真实机器, 从而减少了测试的工作量, 使开发人员可以更专注于错误分析。成功引入拖拉机和收割机之后, YANMAR 为公司的很多农业车辆也配置了 HIL 系统。更加灵活的 Master I/O Racks 机柜使 YANMAR 开发人员能够自行设置 HIL 系统。这些机柜还可用于测试创新型功能, 例如拖拉机的自动驾驶。最后, 基于高效的仿真解决方案, 农业车辆能够与现代公路车辆在一个新领域齐头并进。■

本文已获得日本 YANMAR CO.,LTD. 的许可



一套标准化处理器/电源机架和主 I/O 机架

来源: © YANMAR CO., LTD.

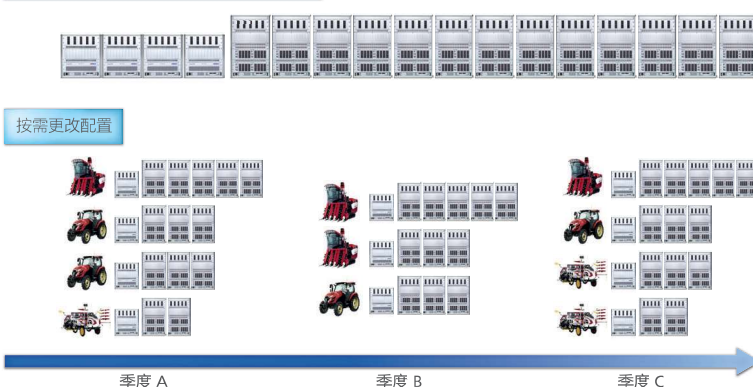


图 3: YANMAR 最初将特定于任务的 I/O 机架用于 HIL 仿真, 但现在他们只使用相同的 Master I/O Racks 机架。农用车辆的每组功能都需要一定数量的 Master I/O Racks 机架。



“灵活、高度可扩展的 SCALEXIO 系统和 dSPACE 的高级软件工具使得我们的 HIL 仿真十分高效。”

日本 YanMAR CO., LTD. 电子控制开发部开发规划部软件小组经理, Isao Takagawa 博士