

本田飞机公司开发了一套全自动化、先进的系统级集成化测试设备，助其新的商务飞机首次升空飞行的时间打破历史记录



First Flight in Real Time



本 本田飞机公司从2008年开始在其位于北卡罗来纳州格林斯博罗的研发基地为HondaJet搭建世界一流的仿真和测试设施。本文提到的这套先进的系统级集成化测试设备（ASITF）是本田飞机公司用于开发、测试和验证其工程样机的核心设备。在对市场上不同的硬件在环供应商进行严格的评估以后，本田飞机公司选择了dSPACE的硬件在环系统来实现实时仿真的能力。在接下来的数月里，凭借dSPACE开发的新型硬件在环系统互联架构，本田飞机公司通过闭环仿真或者点对点的断路与分析，实现了对不同航空电子接口和全权限数控系统（FADEC）的全覆盖测试。HondaJet 团队在2009年10月9日成功实现了HondaJet ASITF的首次飞行，这个时间比第一架符合联邦航空管理局（FAA）认证的HondaJet实际首飞秀差不多提前了14个月，——这次成功的首飞对于整个项目来说是一个重要的里程碑，也向首次认证飞行迈出了标志性的一步。 >>



测试实验室包括了铁鸟试验台和三台 dSPACE 的 HIL 仿真设备

研究阶段

本田在上世纪八十年代的后期开始航空领域的研究，其工程师在研发高级航空技术上积累了超过 20 年的经验。HondaJet 最初的设计由现任本田飞机公司的董事长兼 CEO Michimasa Fujino 在 1997 年完成初稿。仅仅一年以后，便开始了 HondaJet 的结构研究和设计，确定了 HondaJet 特有的发动机安装设计：“Over-The-Wing”发动机安装在机翼上方（OTWEM）。更多的里程碑事件：

- 2003 年：概念验证的 HondaJet 的首飞
- 2005 年：在 EAA Air Venture, Oshkosh 上 HondaJet 首次世界亮相
- 2010 年：第一架符合 FAA 标准的 HondaJet 首飞

- 2012 年：HondaJet 开始量产
- 2013 年：HondaJet 获得 FAA 类型检查授权，为 FAA 飞行员开始机上测试扫清障碍
- 2014 年：首架量产 HondaJet 初次飞行

HondaJet 融合了很多航空设计的技术创新。举个例子，其特有的发动机安装在机翼上的设计，显著地降低了空气动力学中的阻力，极大地提高了飞机的性能和燃油效率。这项原创性机身设计也降低了飞机飞过时的噪音，同时可以允许飞机有更宽敞的机舱空间以及更大的装载能力。HondaJet 由两台节能高效的 GE Honda HF120 涡轮风扇发动机提供动力。HondaJet 融合了很多航空设计的技术创新。举个例子，其特有的发动机安装在机翼上的设计，显著

地降低了空气动力学中的阻力，极大地提高了飞机的性能和燃油效率。这项原创性机身设计也降低了飞机飞过时的噪音，同时可以允许飞机有更宽敞的机舱空间以及更大的装载能力。HondaJet 由两台节能高效的 GE Honda HF120 涡轮风扇发动机提供动力。

先进的系统级集成化测试设备 (ASITF)

HondaJet ASITF 包括了两个主要的部分：飞机测试设备和实时测试与仿真系统（RTSS）。其研发工作由系统集成高级经理 Masa Hirvonen 领导。实际飞机系统的硬件和软件在 ASITF 中，它以具有代表性的空间化方式建立起来，两者采用真实的飞机电缆线相互连接。RTSS 模拟航空电子设备，环境和航空动力学。dSPACE 的实时硬件和



“从测试执行一直到系统需求的测试自动化和可跟踪性对于高效、可重复、完全可跟踪的系统开发和集成测试工作至关重要。能够实施这些功能赋予我们超出其他许多飞行器计划的显著优势。”

Masa Hirvonen, 系统集成高级经理, 本田飞机公司



“dSPACE 提供的硬件和软件工具让我们能够迅速实施 HondaJet 计划所需的高级仿真和测试功能。开放、可扩展的架构允许我们开发和扩展测试设施，以满足不断增长的需求。如果没有 dSPACE 提供的杰出工具、服务和支 持，我们这支小团队就无法达成现在这样的成绩。”

Benjamin Hager, 实时控制和仿真工程师, 本田飞机公司

I/O 接口支持 ASITF, 该 dSPACE 设备能够运行由 Honda 研发的高保真 6-DOF 的航空动力学模型以及实时的 Simulink 发动机模型。为满足导航 RF 数据的实时仿真要求, 把其它仿真功能集成在一起, 包括 GPS 信号和 VOR/ILS 信号。HondaJet ASITF 也包括了一套与典型初级飞机控制系统集成的电子控制负载系统。HondaJet 的航空电子系统是 基于集成了两个触摸屏控制器的 Garmin G3000TM 航空电子套件而建立的。集成系统的其它部分包括了襟翼作动系统, 燃料计量系统, 自动飞行控制系统, 前机轮转向系统, 和电力系统。这些独立的部分与工程仿真器, 集成测试设备和铁鸟试验台等一起组成了该集成化的测试系统。

建立测试系统

dSPACE 公司提供 RTSS 设备, 该设备提供先进的测试接口, 自动化测试和高保真仿真功能。RTSS 设备本质上包含了三个全尺寸的 HIL 台架: 两个台架用于航空电子接口, 一个台架用于飞机发动机。RTSS 系统在五个扩展盒中使用六个 dSPACE 的 DS1006 处理器板卡, 它支持以下 I/O 和通讯协议:

- 820 路独立的 I/O 通道
- 180 路 ARINC429 通道
- 240 路模拟 I/O 通道
- 多倍串行数据总线接口
- 以太网接口

RTSS 使用一个特殊的信号断开接口系统, 该系统使得系统测试和仿真可采用以下四种操作模式:

1. 手动测试 (传统系统断开)
2. 计算机辅助测试 (使用 ControlDesk®)
3. 自动化测试 (使用 AutomationDesk)
4. 飞行员在环测试 (包括铁鸟测试台架功能)

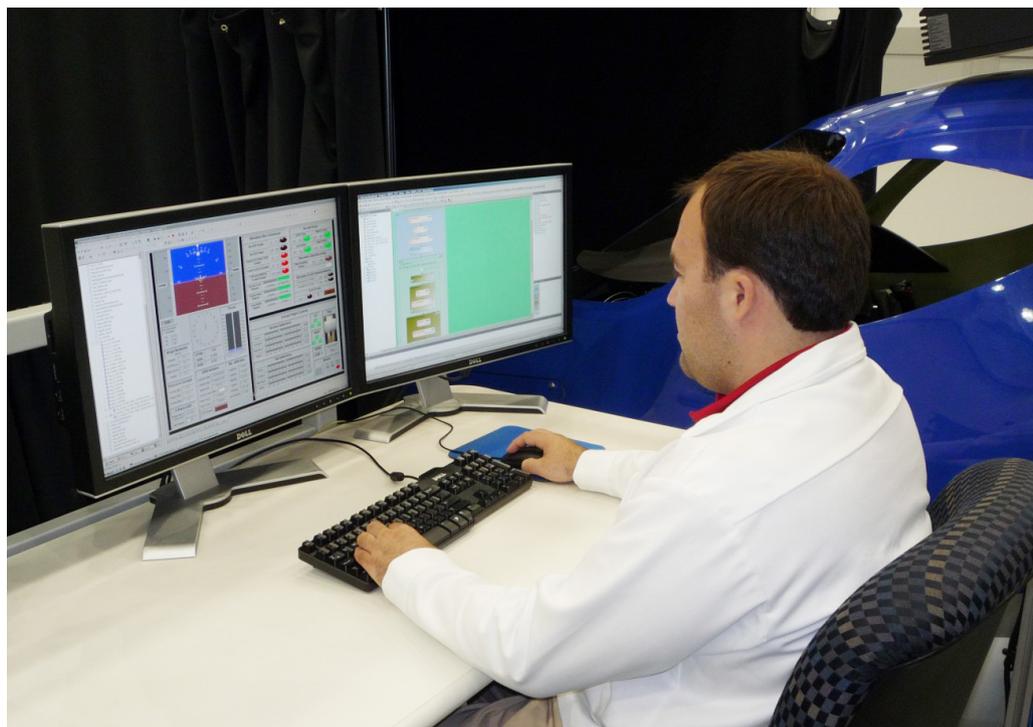
RTSS 使用了电缆线内部连接以及 BOB 系统, 使得这套系统的信号可以直接传输, 或者进行断路分析, 或者旁路仿真, 或者将信号直接用于铁鸟台架的测试。

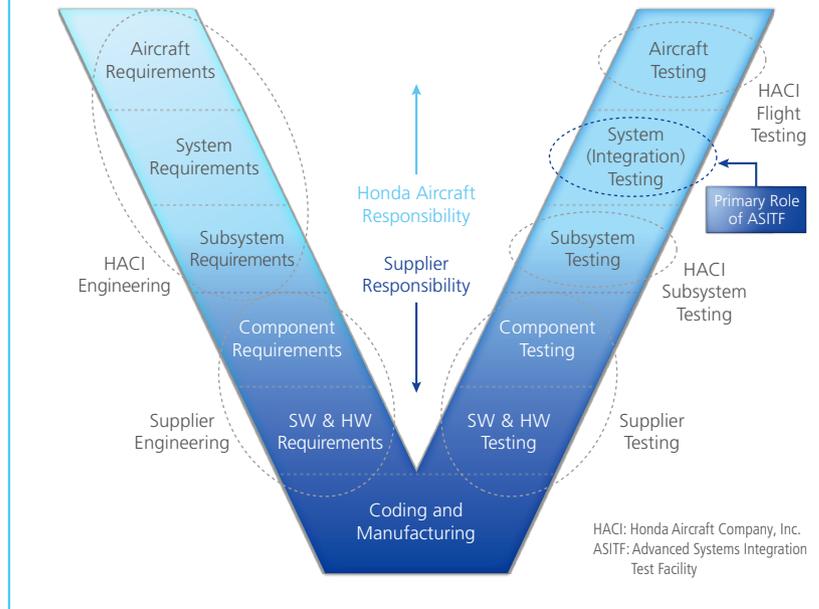
系统仿真控制与接口

RTSS 系统的核心是一个高保真的 6—DOF 飞机仿真模型, 该模型与发动机仿真模型以及多种飞机系统测试接口相集成。模型通过多处理器系统传

>>

本杰明·海格, Honda 飞机公司的实时控制设计和仿真工程师, 正在使用装载在航空电子仪器上的 dSPACE 公司的软件工具 ControlDesk 和 AutomationDesk





HondaJet 飞机项目是基于V流程模式进行研发的，其中 dSPACE 的仿真工具主要在系统集成测试阶段使用

送，实现全带宽模型控制，以及 ARINC 消息和 I/O 接口数据吞吐的并行处理。在 RTSS 中执行的闭环仿真可以用于实时地测试 ASITF 中的“飞机”。RTEM 仿真与真实的 FADEC 硬件相连接，可以实现 HF 120 涡轮风扇发动机的闭环仿真。实时的 GPS 和 VOR/ILS 仿真器在飞行员测试的飞行测试期间提供导航数据。飞行员在环模式使用虚拟场景的接口和动画功能以实现直观的飞行仿真交互。这个窗口外的虚拟场景是飞行员在环测试的关键。在最重要的飞机子系统系统中，本田飞机的工程师使用 ControlDesk-programmable 用户接口来创建快速访问接口，这使得测试变得更加简单。工程师使用相关 API 工具来创建 ControlDesk 的扩展功能，该扩展提供标定功能，为实时模型提供接口，同时让测试开始的准备工作变得简单。App-Tools Solution 的 dSPACE 测试自动化模块用于帮助管理复杂的 I/O 接口以及使用。通过在 ARINC 标签中自动设计和生成模型，使得在系统中使用海量的信息变得非常简单。在模型中获得信号的定义，Python 脚本使用 XML 实

现信号自动匹配 HondaJet 自定义的仪器配置。采用接口控制定义的方法管理所有的系统接口信号，它们与模型和 RTSS 系统中的信号协同工作。IBM® Rational® ClearCase 中管理和控制着所有配合 RTSS 所使用的软件，而 IBM Rational ClearQuest 则用于跟踪内部问题和变化。

V 流程开发

Honda 使用现有的 V 流程开发模式进行系统研发，同时根据子系统和系统方法理论定义顾客和供应商的责任。如同上面图示展示的那样，ASITF 的核心是系统集成和验证。通过下面的任务和责任定义 ASITF 任务：

- 硬件在环测试设备，包括铁鸟测试台架功能
- 飞机子系统的集成测试
- 飞机系统的功能测试
- 飞行员在环测试
- 飞行测试，生产和机群支持
- 运行自动化测试



“我们的高级系统集成测试设施是一种强大的工具，将继续用于支持 HondaJet 的开发和认证计划。ASITF 让我们能够评估整个系统集成，加强飞机安全性，最终帮助我们开发出一款先进的轻型喷气机，超越客户的期望值，为客户带来无尽愉悦。”

Michimasa Fujino，本田飞机公司总裁兼 CEO

结合 dSPACE AutomationDesk 编写的自动测试脚本使得 HondaJet ASITF 团队可以不间断地执行飞机测试。这意味着，团队可以在最少监督工作量的条件下，连续昼夜不停地测试飞机控制和航空电子系统。dSPACE 的首席技术专家 Jace Allen 说：“在记录需求跟踪的过程中时，这项功能使得 Honda 飞机团队在 ASITF 中能够实施更彻底和深入的测试”。Honda 飞机公司使用 IBM Rational DOORS 来写需求说明和测试计划。在 DOORS 中，详细的需求与测试方案相关联。同时 dSPACE Connect&Sync 将 HondaJet 的测试用例和 AutomationDesk 的测试和项目相关联。测试用例在 AutomationDesk 中执行时，测试结果可以重复输入到 DOORS 文件中。这样的集成方式使得 Honda 飞机公司在飞机测试过程中有了可追溯性，允许他们直接将需求与

当前测试结果相关联。Honda 飞机公司正在考虑采用 dSPACE 的集成测试管理工具 SYNECT Test Management 来扩展这个追溯能力以帮助提升测试能力。■

By kind permission of Honda Aircraft Company, Inc.

Watch the first production HondaJet take to the sky: www.dspace.com/go/dMag_20152_HJET



HondaJet 项目的总结

本田飞机公司为 HondaJet 建立了一套世界级的仿真和测试设备。这套先进的系统级的集成测设备是工程系统研发，检验和确认的核心设备。本田飞机公司通过使用工具，如 dSPACE 仿真器和测试自动化软件 AutomationDesk，能够进行其飞行控制系统和航空电子系统的所有测试。本田飞机公司的工程师相信 dSPACE 提供的硬件和软件，它们为可靠和高效地检验和确认航空电子

设备做出了重要的贡献。研发人员使用 dSPACE 工具能够实现以下的测试方法：

- 手动测试
- 基于 ControlDesk 的计算机辅助测试
- 基于 AutomationDesk 的自动化测试
- 飞行员在环测试（包括铁鸟台架功能）