

飞机级全数字模型在飞行模拟器的应用

挑战

飞机工程模拟器是集研究、设计、开发、试验于一体的飞机试验设备，利用飞机数字化模型对飞机系统进行动态试验研究，高置信度的数学模型是工程模拟器成功应用的关键，面临以下挑战：

- 当前飞机模拟器仿真模型构建方式，跟不上飞机系统设计更新进度，导致模拟器模型与飞机实际构型不匹配，仿真置信度不足；
- 飞机模拟器中模型由设备供应商提供的模型大部分为黑箱模型，模型难以调整，且重用性差；
- 迫切需要一套支持飞机系统多专业多学科白盒模型构建平台，能够支撑建模验证与工程模拟应用的全流程一体化需求，以确保设计试验过程的一致性传递。

方案

依据该型飞机最新构型，采用多领域统一建模语言Modelica构建飞行控制系统模型，包括主飞控系统、扰流板系统、水平安定面系统，通过试验/试飞数据对组件、部件、子系统模型进行逐层验证与参数标定，确保模型置信度。进而在对模型进行实时化处理的基础上，基于模型生成可在模拟器环境中运行的实时代码，完成其模型系统升级。

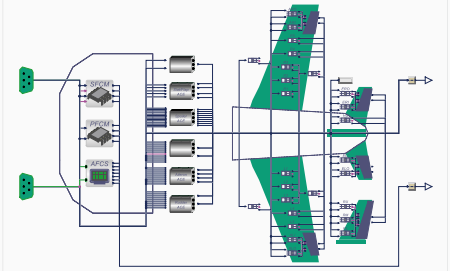
价值

- 全系统白盒模型的构建：通过Modelica语言构建飞机系统多专业耦合模型，解决了从设计原理到白盒模型的转化，其面向对象、模块化的建模方式为模型跟随设计的实时迭代奠定了技术基础；
- 全流程基于模型的应用：模型驱动的代码生成实现数字化模型到目标环境代码的自动生成，解决了模型的一致性传递，为系统验证追溯提供了保障；
- 数字资产的持续积累：充分利用试验与试飞数据对模型进行校验与优化，形成一套持续更新的飞机数字化模型，支撑型号的改型设计。

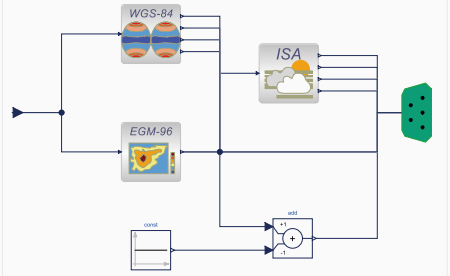
成果展示

本案例主要针对该型飞机飞行控制系统进行模型构建，飞行控制系统涉及主飞控子系统、扰流板子系统、水平安定面子系统。各子系统分别包括信号监控表决、飞行控制律及作动回路，其中主飞控及扰流板作动器是电液驱动，而水平安定面则采用电机驱动。采用Modelica语言以面向对象的建模方式保障所构建的模型具备良好的可扩展性与可复用性。

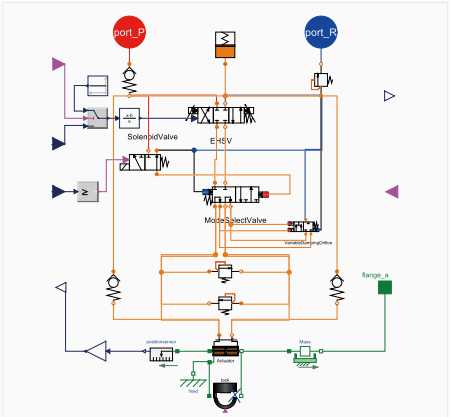
飞控系统模型



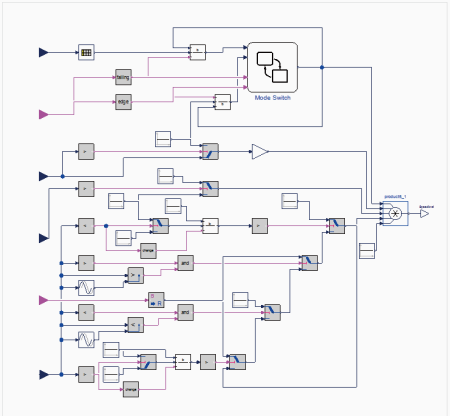
环境模型



飞控作动器模型



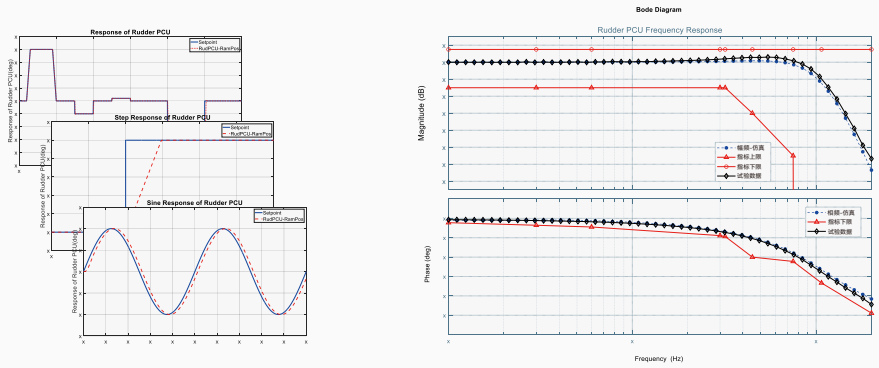
飞控控制律模型



通过试验数据对组件、部件模型进行自底向上的验证，分别考虑瞬态响应、稳态响应及频率响应，同时对模型中关键参数进行标定，确保各层次300余个模型的置信度。其中：

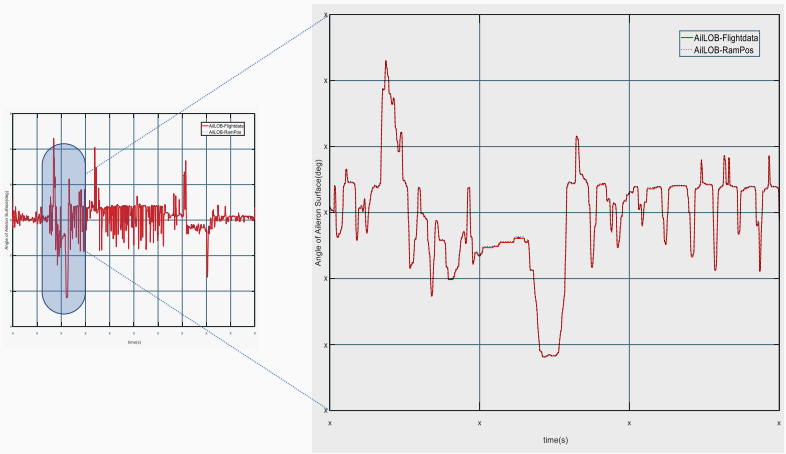
通过500余组部件级稳态测试，确保模型稳态仿真结果的准确性；

通过300余组部件级瞬态测试，确保模型瞬态仿真结果的准确性。



部件模型的时频域验证

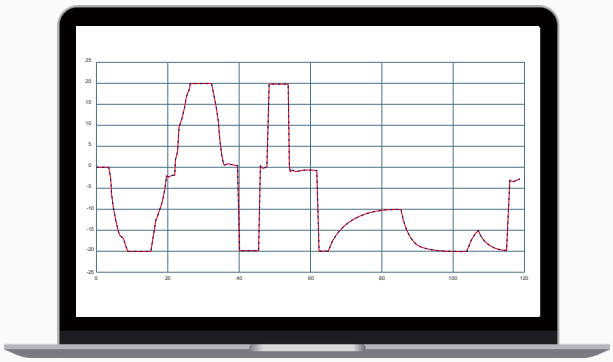
通过11个架次的真实试飞数据，对所构建的飞控系统模型进行验证，通过不断标定，确保模型仿真计算准确性达到工程模拟器计算要求。



系统模型的试飞数据验证（数据均经过处理）

经过验证的模型通过实时化处理后，直接生成实时代码下载至工程模拟器，与工程模拟器中的飞机本体模型、气动数据模型、环境模型等形成完整的飞机闭环。在此基础上分别开展正常工况与故障工况试验，其中：

- 通过正常工况试验，验证了所更新的飞行控制系统模型完全符合飞机的最新构型；
- 除正常工况外，建模过程考虑了飞控系统的典型故障，包括：各舵面均可能存在的急偏/卡阻故障、多功能扰流板丧失辅助横滚功能故障、地面扰流板丧失地面破升功能故障、方向舵丧失配平功能故障，通过试验分析了上述故障对系统及飞机的影响，为安全性分析提供了有力支撑。



工程模拟器更新代码运行结果对比

苏州同元软控信息技术有限公司

0512-62720715/18115503283
marketing@tongyuan.cc
苏州工业园区淞北路333号D1幢
www.tongyuan.cc

关注同元软控 精彩内容不错过

关注MWORKS 精彩内容不错过