

# 飞机起落架系统设计仿真与验证

## 挑战

起落架系统包含机械、液压、控制等多个专业，设计过程中缺少有效的工具建立多专业耦合的系统仿真模型，各系统间是彼此孤立的松散耦合，起落架系统设计仿真面临以下挑战：

- 机械、液压、控制多专业、多系统的耦合仿真难以实现；
- 难以开展起落架系统与全机动力学耦合的特性分析；
- 全工况全场景的起落架控制律验证分析。

## 方案

利用MWORKS.Sysplorer软件，采用多领域统一建模语言Modelica构建起落架系统仿真模型库，覆盖起落架收放、转弯、刹车三大系统，通过试验数据对模型进行验证，并构建起落架系统模型以及全机动力学模型，通过故障注入的方式开展起落架故障模拟仿真。根据起落架试验科目，开展起落架虚拟试验仿真分析，对起落架与飞机动力学耦合的特性进行仿真分析与优化。

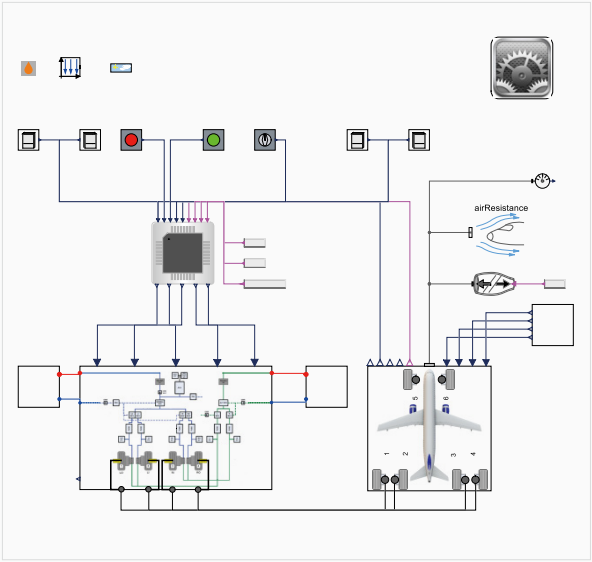
## 价值

- 构建了一套模块化、可扩展、可复用的起落架系统模型库，覆盖机械、液压、控制等多个专业，为起落架系统数字化设计提供了模型支撑；
- 形成了一套起落架系统与全机动力学耦合的全系统模型，支持起落架系统的仿真验证分析，为后续起落架的优化设计奠定了模型基础；
- 基于系统模型开展故障仿真和评估，分析了故障工况下差动刹车的性能，对刹车系统优化改进方案进行验证评估，有效提高了设计效率和物理试验针对性。

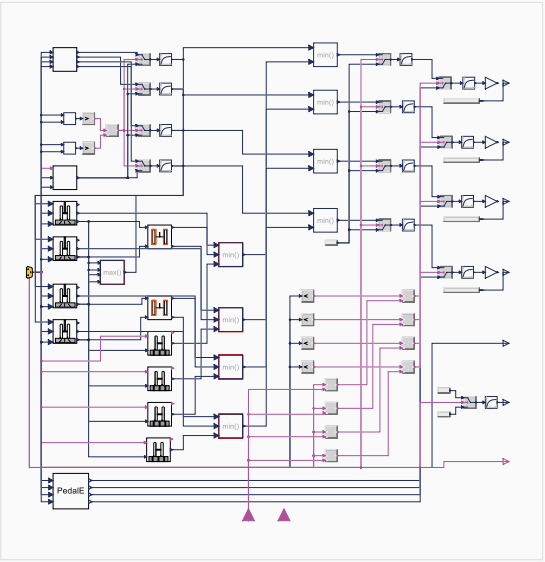
# 成果展示

本案例基于Modelica语言构建了完整起落架系统模型库，包括收放子系统、刹车子系统、转弯子系统、起落架机械结构、飞机动力学、发动机反推力、轮胎、跑道及环境等模型，根据某机型的起落架构型建立了起落架与飞机结构耦合的系统仿真模型。

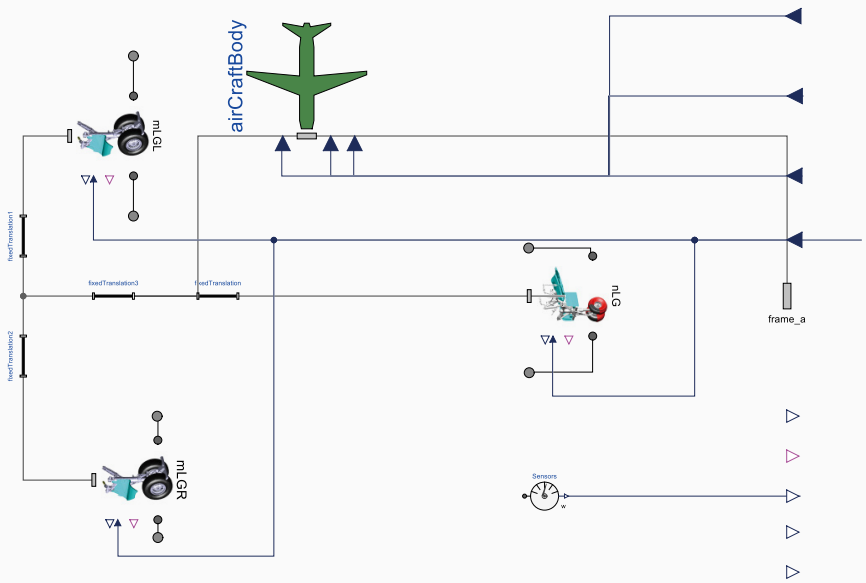
起落架系统模型




刹车控制律模型



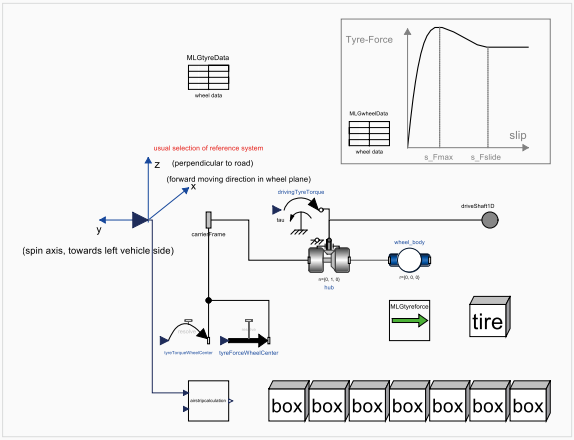

基于构建的起落架模型库，根据不同起落架构型，支持快速构建全机动力学模型、不同类型起落架的收放、转弯、刹车系统仿真模型，并开展起落架系统虚拟仿真试验，针对收放、转弯、刹车、落震以及摆振等特性进行分析，全机动力学模型反映起落架布局，起落架系统包含详细的轮胎和跑道模型，可以模拟轮胎受力特性以及不同状态跑道的摩擦特性。



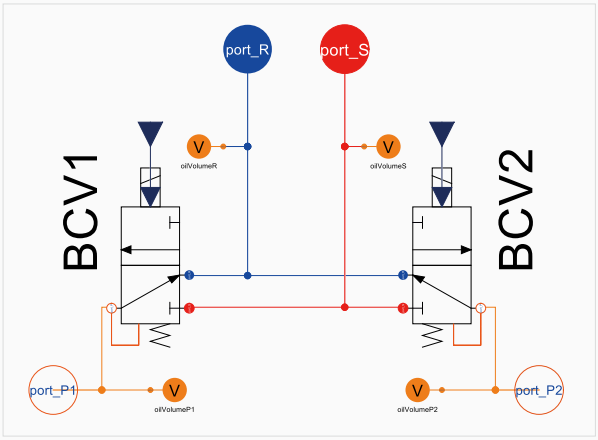

全机地面动力学模型

轮胎模型基于Rill轮胎理论开发，提供多个标准轮胎，同时支持用户对轮胎特性数据进行修改。液压模型包括丰富的液压附件模型，如BCV阀、刹车装置、蓄能器等关键液压附件。

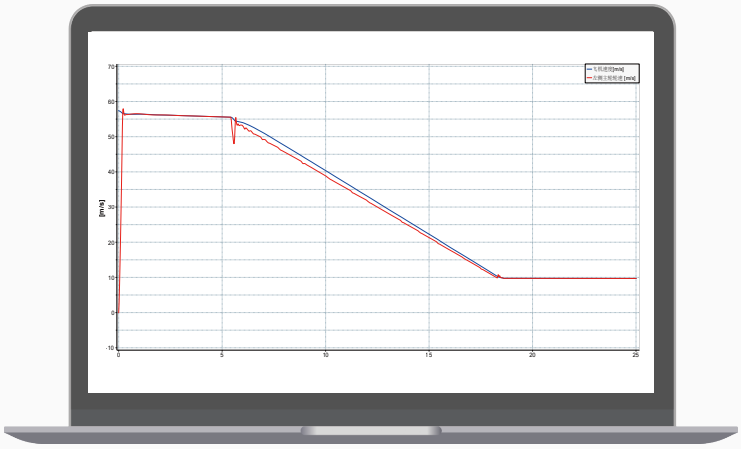
**轮胎模型**




**BCV阀模型**

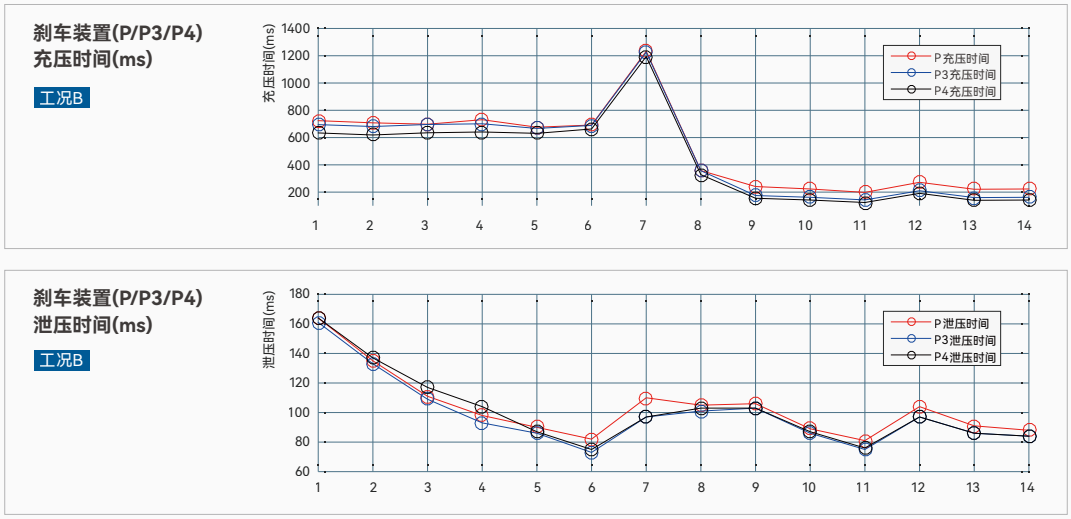



搭建某型号起落架系统仿真模型，并开展了起落架收放、转弯、刹车的多个典型工况和故障工况仿真分析。



飞机速度与机轮速度

基于模型对起落架刹车系统改进方案进行验证评估，分析刹车液压系统和控制律的响应时间。




不同方案刹车系统响应时间


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