

航空工业成都所系列报道（四）

MBSE在飞行控制系统设计中的研究与应用

航空工业成都所 马波 孙绍山 梁庆 唐勇

随着无人机技术的飞速发展，作为机载安全关键系统的飞行控制系统的设计面临着诸多问题...

进行综合试验时，才能发现系统设计需要纠正或改进的部分。最终的系统设计需要多次“设计-实现-验证”的迭代来完成...

机动力学模型、环境模型、地面站系统等，形成了具有“虚拟铁鸟”特征的无人机飞行控制系统虚拟测试环境...

为了解决机载系统快速原型设计的难题、提高系统的研发效率，国内外专家、学者和工程人员开展了很多相关的研究...

基于模型的飞行控制系统研制如图1右所示，使用模型在整个研制周期内进行信息传递，建立模型与系统需求之间的连接关系...

本文在系统运行场景模型和系统架构模型设计时，使用了SYSML语言和IBM Rhapsody工具，而在系统运行模型和系统控制算法设计时，则使用了MATLAB/Simulink/Stateflow进行设计。

三、基于模型的飞行控制系统设计

1. 飞行控制系统运行场景建模

运行使用构想用于描述系统在全寿命周期各阶段如何运用以满足利益相关者的期望。它从使用的角度描述系统的特征且促进对系统目标的理解...

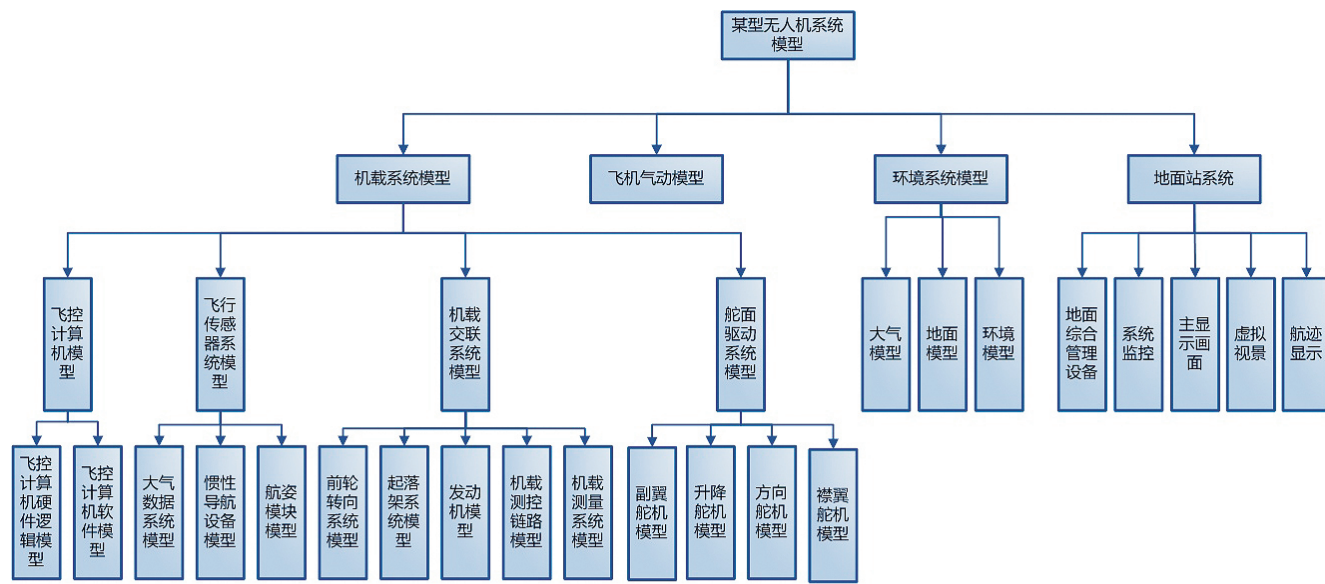


图3 某型无人机系统模型架构图。

进一步细化、分解、完善，并捕获缺失的系统需求，最终形成飞行控制系统架构模型及运行模型，包括系统的模块图、流程图、状态图等...

3. 控制律模型设计

该无人机控制律的设计贯穿于无人机从发动机开车、滑行、起飞、爬升、巡航、执行任务、返航、下降、自主着陆，以及飞行中故障情况下应急处置的整个飞行过程...

4. 系统综合模型设计

为了实现基于模型的全系统集成试验，本文构建了无人机系统综合模型，包括机载系统模型、飞机气动模型、环境系统模型、地面站系统等...

统模型主要包括大气紊流模型、地面模型、环境模型等；而地面站系统则使用了该型无人机的真实地面站系统。飞行计算机核心功能逻辑、控制律算法是飞行控制系统建模的核心...

四、基于模型的飞行控制系统验证

在基于模型的飞行控制系统研发过程中，本文对系统研发每个阶段的设计结果进行了验证。对系统运行场景模型的验证，确认系统功能满足飞机级需求...

在系统研制过程中，模型逐级往下传递，本文采用Rhapsody和Matlab等工具完成了运行场景模型和系统功能模型的设计与仿真验证。在模型集成综合阶段，采用了Matlab/Simulink作为模型运行平台...

环境的联合试验，在初步设计阶段即对系统完成了集成验证与虚拟飞行试验，确认了全系统功能/性能满足飞行控制系统研制需求。基于模型的试验验证过程和全系统集成验证试验构型如图4所示...

五、结论

本文基于某型无人机飞行控制系统的研发实践，在系统设计过程中对MBSE流程进行了适应性剪裁和改进，首先在系统设计的初期，建立了无人机系统的运行场景模型...

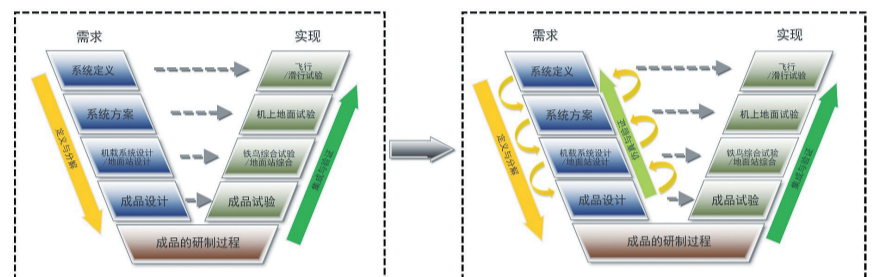


图1 无人机系统“传统的研制流程”与“基于模型的研制流程”。

面推进MBSE在航空领域中的应用，MBSE的研究与应用正在国内外迅速的发展和推广，已成为系统工程界的研究和应用的热点。

本文基于某型无人机飞行控制系统的研发实践，首先建立了无人机系统的运行场景模型，完成了利益相关者需求分析，在此基础上开展系统架构模型设计...

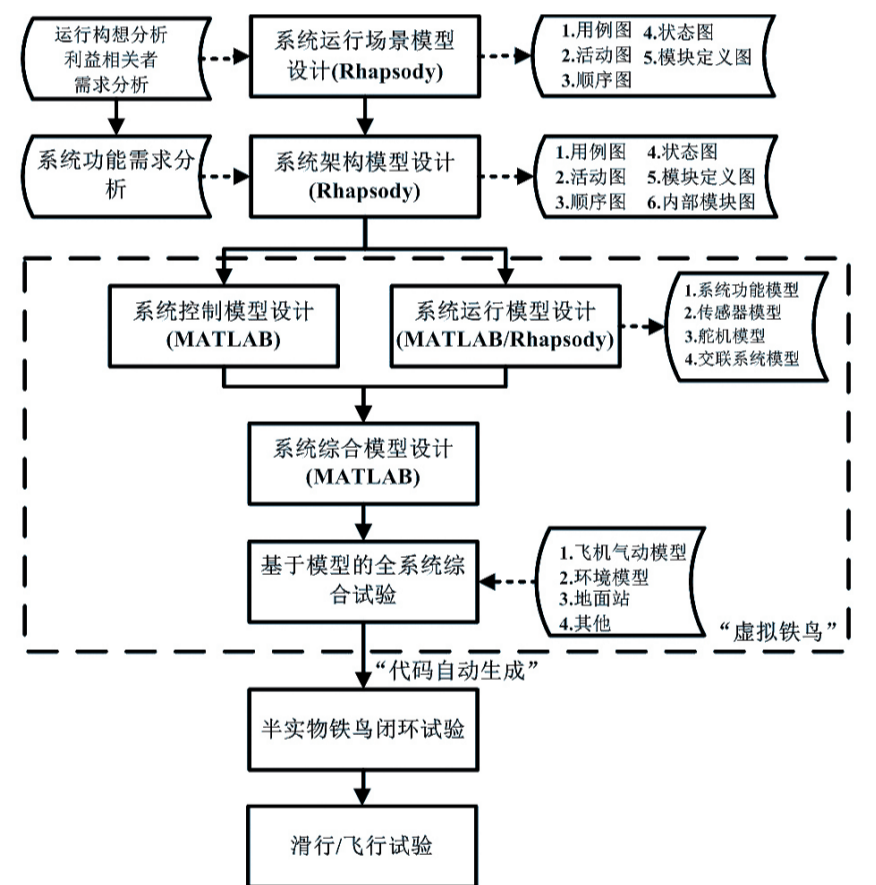


图2 基于模型的飞行控制系统研制流程示意图。

一、无人机飞行控制系统

某型无人机飞行控制系统以飞行控制计算机为核心，包括传感器部件、运动舵机、测控链路等，可以实现自主起飞与返场着陆、自主执行任务...

二、基于模型的飞行控制系统研发流程

1. 与传统飞行控制系统研发流程的对比

传统的飞行控制系统的研制通常需要经历系统定义、系统方案、系统设计、分系统设计、成品研制、分系统验证、系统综合验证、滑行/飞行试验等...

2. 基于模型的飞行控制系统设计实践

无人机飞行控制系统的研发除了需要遵循基于模型的系统研制流程外，还具有自身的特点。本文根据系统运行构想分析、利益相关者需求分析...

2. 系统功能架构建模

飞行控制系统功能架构建模是基于前一阶段的系统运行场景模型，综合考虑所有利益相关者需求，将系统拆分成内部子系统及组件...

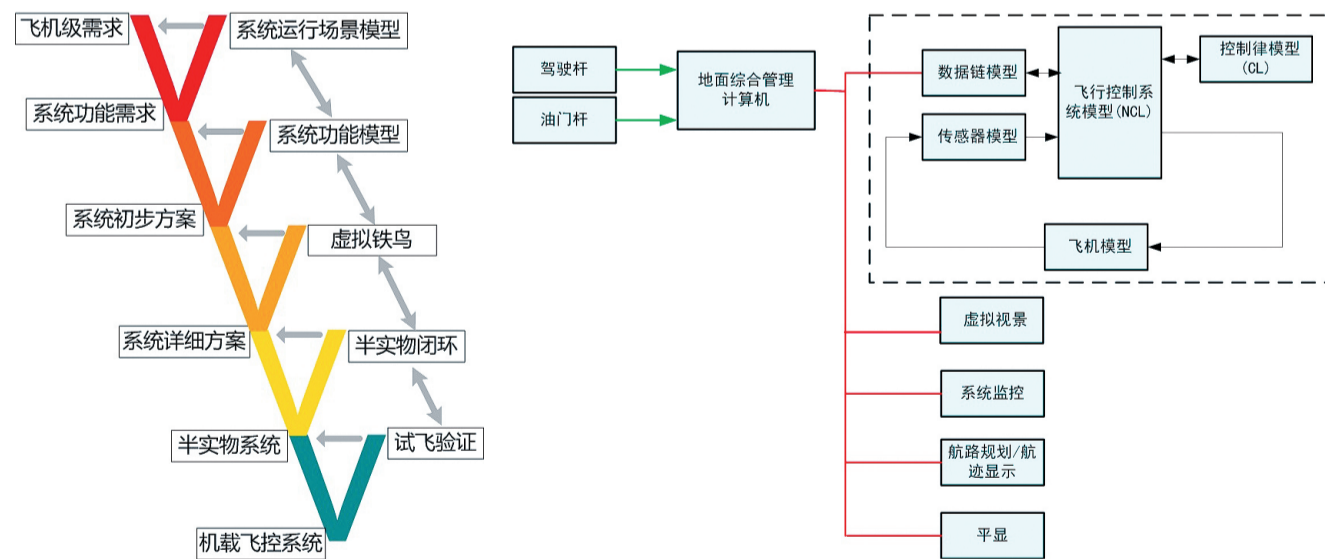


图4 基于模型的验证过程与全系统模型集成验证试验构型。

NASA研究更静音的翼身融合客机布局

美国《航空周刊》网站7月13日刊登的一篇文章称，噪声或许是传统商业航空面临的棘手的环境挑战之一。公众对建造或扩大机场网络的反对意见已经，并且也将继续成为航空运输增长的限制...

一些能使BWB布局满足远期（2035年）噪声要求的技术。2015年结束的NASA环境责任航空（ERA）项目表明，BWB是截至目前发现的最安静布局。到2025年，BWB布局可实现相比FAA36部第4阶段累积噪声裕度40.4EPNdB...

比波音777大小飞机，可将暴露在85dB以上噪声等级地区的面积缩小94.4%。缩小如此大的噪声暴露面积需要从发动机、起落架、高升力系统到飞发集成等各方面着手解决噪声产生和传播问题...

以吸收燃烧室低频噪声；将外涵气流分成两股的分流器进行了加厚，后部管道和分流器也进行了重新设计以改变风扇噪声的指向、增加屏蔽效果。BWB布局噪声降低的主要贡献来自于机身对风扇和喷流噪声的屏蔽...

究的新布局高升力系统都采用了前缘克鲁格襟翼以实现层流流动。克鲁格襟翼从机翼下表面展开可以在起降阶段保护机翼前缘不受昆虫和其他污染物影响。但是襟翼展开机构、展开后的凹槽部分都是新的噪声源...

大的噪声源，也是进一步降低系统级飞机噪声的障碍之一。BWB布局的一大好处是，采用翼上安装发动机可将起落架长度缩短，从而减小噪声。HWB-2016方案使用了起落架局部整流降低噪声。HWB-FT-2017方案采用更大的起落架舱，只将机轮暴露在外...



主起落架舱降低了噪声产生量和机体对噪声的反射。图中左侧展开的克鲁格襟翼内凹的部分有填充物和顺流向布置的托架。