

飞行载荷设计平台初探

Primary Study of Design Platform about Flight Loads

赵鑫 / ZHAO Xin

(上海飞机设计研究院, 上海 201210)

(Shanghai Aircraft Design and Research Institute, Shanghai 201210, China)

摘要:

飞行载荷在飞机结构设计中处于设计输入范畴,多变且重要,其准确及快速迭代是现代化飞机设计的重要能力。当下纷繁杂乱的平台工具为设计工作提供了很多选择,但要能够同时满足这两个条件的还是少数。为此,本文以流程为主线,通过输入、输出、工作单元等表现形式对部分平台进行了深度剖析,同时考虑了平台的扩展性能及使用后可能带来的效益进行了预估,认为 FlightLoads 平台是其中比较优秀的一款,为各类研究机构提供参考。

关键词: 飞行载荷;迭代;集成;管理;平台

中图分类号: V215

文献标识码: B

[Abstract] Flight loads are the important input of the aircraft design. The accuracy and quick evaluation of flight loads are the most important capability of modern aircraft design. A variety of platform give us lots of choice, but still not enough. The article along the flow, and take apart the platforms with input, output and work union. After considering the expanding capability and uncertain profit, the FlightLoads platform is commended.

[Keywords] flight load; iteration; integrate; manage; platform

1 飞行载荷设计平台的背景

1.1 飞行载荷设计平台的应用现状

早在4、5年前,根据《飞机强度和刚度规范》,一些飞行器科研院所就建立了飞行载荷分布平台,并正在使用。它大致涉及如下内容:飞行力学、飞行载荷计算、结构强度校核等。

随着飞行器产品研制的不断发展,飞行载荷的计算被放到了首要地位;随着型号任务增多,飞行载荷的设计与应用面临如下问题和挑战。

1) 预研和在研型号多,而且要求周期短,急需通过提高载荷的计算和结构分析能力和效率,改造现有研制流程,缩短研制周期,减少重复工作,从而提高研制水平;

2) 目前,虽有飞行工况分析、飞行载荷计算、结构强度校核的载荷分布平台软件,但由于历史和条件限制等原因,该软件版本较陈旧,其功能有待提高,目前的版本还缺乏一个结构优化和载荷优化分

布的环节,而该步骤正是飞行器设计的重要内容;

3) 面对国外设计理念、方法和手段向数字化、虚拟化转移的趋势,急切需要通过先进的论证手段和设计流程,结合版本现状,摸索创立新的设计流程,这其中,与研制流程相适应的计算机辅助工程(Computer Aided Engineering,以下简称 CAE)仿真管理系统是至关重要的一环;

4) 缺乏 CAE 在型号研制中的流程规范。不同学科,没有规范性的、流程化的 CAE 分析矩阵。缺乏 CAE 数据、流程和项目的有效管理机制和平台。CAE 分析过程中产生的过程数据和最终数据是非常重要的产品性能数据,但却较为分散,只是个人知识,没能形成共享的知识库。CAE 分析工程师日积月累形成的巨大工作成果和智力投入没有得到有效保存和再利用。

1.2 飞行载荷设计平台建设的必要性

随着航空工业的快速发展,各类飞行器型号任务越来越多,研发流程中的仿真分析工作量也越来越大。因此在当前阶段,加强对设计分析数据的管

理,通过统一的平台实现标准化的载荷分析和设计流程,提高仿真分析的质量和效率,对于提高产品开发水平和质量,缩短研发周期,进一步节省开发费用具有关键的意义。

一般飞机设计过程中,涉及飞行载荷计算的各方面如图 1 所示。

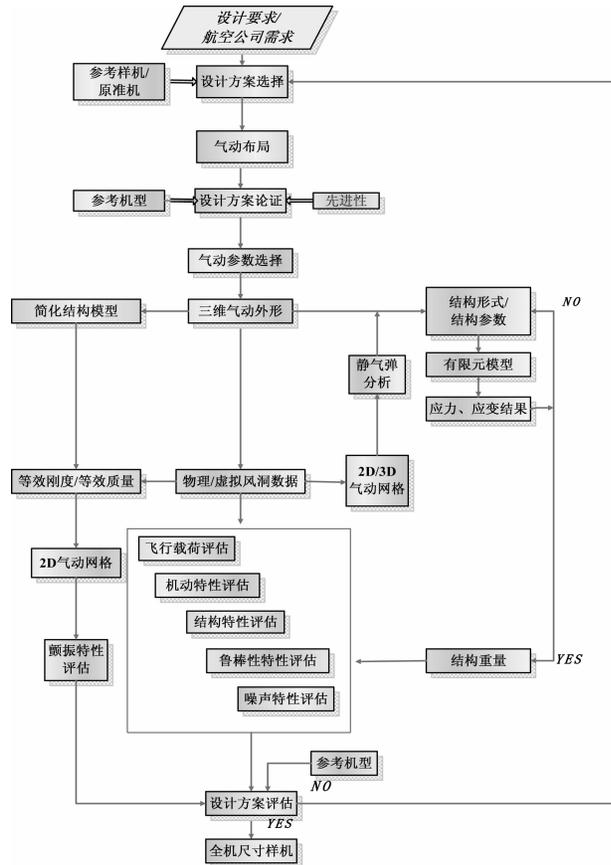


图 1 飞行载荷设计总体图

对于飞行载荷的计算还涉及静气弹发散问题,在没有先进的仿真分析软件工具时,工程师往往求助于风洞试验与飞行试验来评估设计的优劣和保证飞行任务的顺利完成。然而,与风洞试验和飞行试验相比,数值计算方法分析静气动弹性问题耗费小、周期短,同时风洞试验与飞行试验往往在设计后期进行,这时如果出现气动弹性发散问题,更改产品设计的代价十分巨大。CAE 可以在更早的设计初期发现并预测气动弹性问题,减少后期的设计更改,因此受到了众多科研及工程技术人员的青睐。

2 飞行载荷设计平台的内容

2.1 飞行载荷计算

在飞行载荷软件还没有发展起来以前,飞行

器的载荷估算都是通过手工计算或简单的试验测试所得,既不准确,也比较耗时、耗力。目前,市面上存在两款气动弹性分析软件。

MSC 公司的飞行载荷软件是以 MSC. Flight-Loads 为核心的气动模型建立和载荷浏览前后置处理,以 MSC. Nastran Aeroelasticity I 和 MSC. Nastran Aeroelasticity II 为核心求解器,同时还辅以 Patran 和 Nastran 的基本模块,可方便、快捷地根据不同的载荷工况计算出飞机各个姿态的载荷分布情况。

ZONAIR 是用于飞行器飞行载荷以及静气弹设计和分析的专用软件,由美国 ZONA Technology 公司研究开发。

2.2 结构强度校核

当飞行载荷确定以后,对于飞行器设计,一般会有如图 2 所示的要求。



图 2 飞行器设计要求

在飞行载荷的作用下,飞行器结构设计应满足如下要求:

1) 重量要求:在满足强度、刚度、稳定性和寿命的条件下重量尽量轻。

①强度:结构承受载荷时抵抗破坏的能力;

②刚度:结构在载荷作用下抵抗变形的能力;

③稳定性(屈曲):结构的一种失效形式,表现为当结构受到很高、但小于它所能承受的极限压力的应力时,会失效。这种失效常归结于弹性不稳定性;

④寿命:从开始使用到报废的时间。

2) 结构材料要求:

①采用比强度和比刚度大的材料;

②具有一定的耐高温和耐低温性能;

③具有良好的抗老化和耐腐蚀能力;

④具有足够的断裂韧性和良好的抗疲劳性能;

⑤具有良好的加工性能、资源丰富、价格低廉。

3) 结构的承载要求

飞行器结构在飞行载荷(包括一些集中载荷)的作用下,必须满足强度、刚度、稳定性和寿命等要求。其中,气动力(飞行载荷)由自编或专门的飞行载荷软件分析计算,而结构的强度、刚度、稳定性分析以及寿命分析也由相关计算分析软件来完成。

3 飞行载荷平台方案的实现

飞行载荷优化分布平台仿真管理平台由三大部分组成,分别是仿真管理模块、自动化分析功能模块以及多学科集成分析引擎。

飞行载荷分析系统平台分为四个大模块,分别是系统管理模块、标准规范库模块、分析数据管理模块和分析流程管理模块。其具体构架图如图3所示。

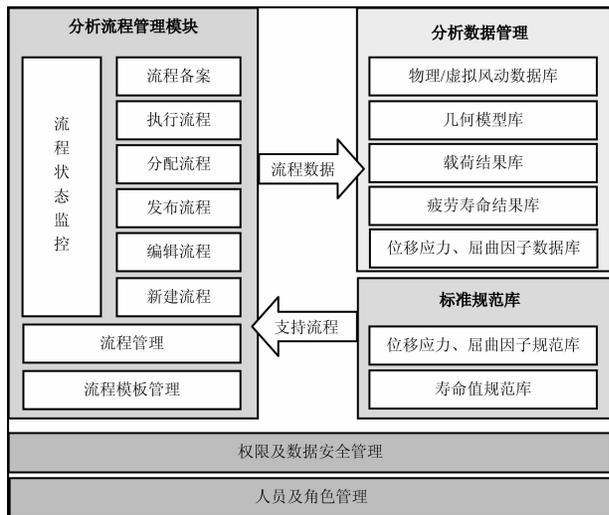


图3 飞行载荷分析平台图

采用相应的仿真分析管理体系来建立飞行载荷分布平台,可以概括为以下几个方面。

1) 载荷数据管理

能够对仿真分析相关的数据,包括所有输入数据、输出数据、中间过程数据以及分析报告等进行有效保存和管理,包括数据存储与归档、数据浏览、数据查询、数据间谱系关系查询以及数据的版本管理等。应开发数据归档的界面,方便分析人员对日常分析任务的数据进行提交和归档;归档时的数据将按照专业、型号等属性进行归类,这种方式便于数据归档后能够按照这些属性显示和查询。调用平台的标准化功能或学科流程执行分析任务时,任务完成所得的数据应能够自动存储在分析平台中。

2) 试验数据管理

能够对虚拟风洞和物理风洞试验数据进行存储和归档。平台中应开发相应的功能和界面,相关人员可以通过该界面提交和归档试验数据。试验数据和仿真分析数据在归档时都应当按照型号和专业进行归类。

3) 通用分析功能的集成

平台应将通用的分析功能定制为标准化功能模块和菜单,如模型检查、计算求解、后处理与关键结果抽取、报告生成等。可以方便地在界面中选择这些标准化功能模块,形成分析工作序列和任务流,对提交的计算模型文件进行操作,从而高效地执行分析任务。图4为分析流程实例。

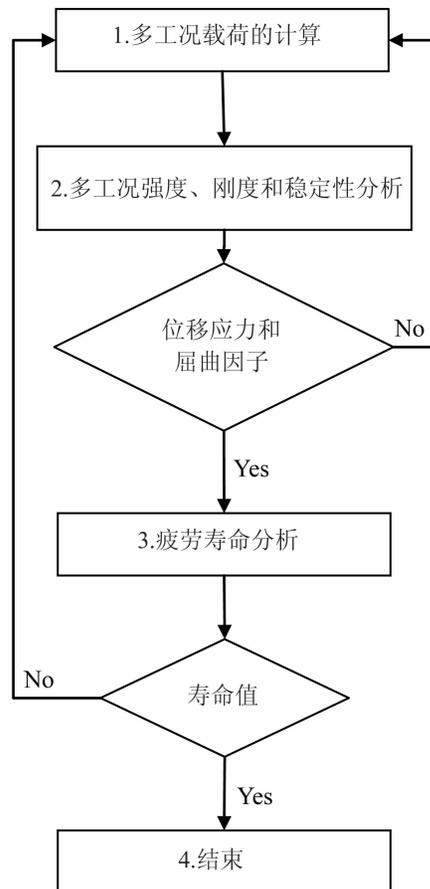


图4 飞机结构强度校核分析流程图

飞行载荷计算完成后,该流程分为三步:

① 多工况载荷的计算

处理编号	1
处理名称	多工况载荷的计算
使用工具	Flightloads/Patran
输入	①物理/虚拟风动数据文件(文本文件) ②几何模型(igs等)
处理简介	从 Flightloads/Patran 建模会写出一个 *.ses,它包括物理/虚拟风洞数据和气动载荷的计算分析
输出	①载荷结果文件(*.bdf, *.f06, *.rpt)
其他说明	无

②多工况强度、刚度和稳定性分析

处理编号	2
处理名称	多工况强度、刚度和稳定性分析
使用工具	Nastran
输入	①载荷结果文件(*.bdf)
处理简介	上一步的载荷结果加载到结果模型,提交nastran多工况分析,又写出一个*.ses文件
输出	①多工况分析结果(*.f06,*.rpt,*.op2)
其他说明	无

③疲劳寿命分析

处理编号	3
处理名称	疲劳寿命分析
使用工具	Fatigue
输入	①xxxx(*.op2)
处理简介	在patran界面提交Fatigue分析,再写出一个*.ses文件
输出	①xxx文件(*.rpt)
其他说明	无

4) 专业分析流程集成

除通用分析功能外,对目前较为成熟的学科专业分析流程,进行梳理并定制到仿真分析管理平台中。进入平台后,可方便地进入各学科分析流程中,亦可通过定制的标准分析流程开展项目。

5) 项目管理

系统应具备强大的项目管理功能。参与项目的各类人员,包括主管领导、项目主管、分析工程师等,在分析平台中的任务和权限应有明确的定义。如项目的发起权、管理权、监测权、执行权,任务的具体分配,流程的可见性,数据的使用权限,分析报告的审批权等。人员权限管理的最终目的,是使各类人员能够有组织地根据各自的权限开展工作,实现团队的协同。在平台中开发相应的界面菜单,使管理员可以直观地进行项目管理和人员权限任务分配等。

6) 系统管理

平台应具备强大的系统管理功能,具体包括人员账户管理、专业管理、密级管理、型号管理、系统日志查询、项目查询等功能,方便管理人员对系统进行操作、监控和管理。

7) AVIDM 系统集成

仿真管理平台应能够与 PDM 系统 AVIDM 实现

无缝连接和紧密集成,可以方便地与 AVIDM 系统进行数据交互,从而达到设计、分析的协同,实现多学科设计、仿真分析和试验的一体化协同平台。

8) 高性能计算调度软件集成

平台应当开发与高性能计算调度软件的接口,能够在求解计算时通过高性能计算调度软件调用高性能计算资源,计算结果能够自动保存到数据库中。

4 飞行载荷平台的预期效果

1) 通过建设仿真试验平台,可以实现仿真试验数据的共享、仿真试验流程的标准化和自动化,提高仿真试验的效率,加快仿真进程,提高对硬件资源的利用率概率;

2) 提高分析效率,增加分析整体数量,减少分析准备、等待时间;

3) 自动化最佳实践流程;

4) 分析和设计同步,跨部门工作效率一般提高 50%,单个分析工程师的效率一般提高 2~4 倍;

5) 减少设计时间 80%,缩减设计评估时间 60%~80%;

6) 显著减少样机、人工和试验费用;

7) 提出了一整套使用虚拟或物理风洞实验的非线性气动力数据进行飞机飞行载荷计算的方法,成功地研制了带有载荷数据库的计算分析软件。

5 结论

通过以上的分析研究,建立适合飞机的飞行载荷设计平台既迫切又有益于飞机设计过程,值得更进一步的深入研究。

参考文献:

- [1] 彭小忠. 大型飞机飞行载荷计算方法[J]. 民用飞机设计与研究,2004,3:12-20.
- [2] 宗宁,等. 飞机飞行载荷确定方法研究[C]. 中国航空学会飞行力学与飞行试验专业委员会第十九届学术交流会,2003.
- [3] 孙本华. 军用飞机飞行载荷计算方法研究[J]. 空气动力学学报,2006,24(2):238-242.
- [4] 朱跃进,等. 浅谈飞行载荷计算[J]. 昌河科技,2007,4.
- [5] 黄仁,等. 不确定气动载荷计算的区间分析方法[J]. 北京航空航天大学学报,2013,39(4):525-530.