

# 关于构建新一代航空 CAE 的基础平台

Construction of New Basic Platform for Aeronautical CAE

中航工业北京航空制造工程研究所 岳中第



岳中第

自然科学研究员,政府特殊津贴专家。毕业于清华大学工程力学数学系。20世纪70年代年在中国飞机结构强度研究所从事航空结构分析系统研制。80年代曾参加中德航空国际科技合作,任 CADEMAs 专家队副队长。90年代,在北京航空制造工程研究所从事 CIEM 系统及 CAD/CAE 集成技术研究。曾获得 10 项部级与国家级科技成果进步奖。从行业退休后,任某工程软件有限公司高级技术专家。

## 航空 CAE 的新机遇

航空 CAE 作为先进航空数字化设计、制造的基础与核心,是计算结构力学、空气动力学、流体力学、材料力学、电磁学、机械制造与自动控制

构建新一代航空 CAE 基础平台,已经成为航空院所数字化深入发展的关键技术。必须深刻吸取历史的经验与教训,在行业内紧密结合国家的工程实践,组织、规划、精心实施,才有可能攀登新的技术高峰。

等专业学科在航空工程领域集成应用的结果。中航工业经历 60 年的巨大发展,在国际上赢得了越来越多的话语权,树立了争创“世界一流航空品牌”的梦想。新一代航空发动机、民用与军用大飞机、重型直升机与特种飞行器,集中体现出中华民族的国家意志与时代要求,鼓舞了航空人的斗志。但是,航空 CAE 的发展绝非一帆风顺,曾经历过许多艰难和曲折,今天依然面临着许多新的挑战,新的机遇<sup>[1]</sup>。

## 严峻现状与技术需求

飞机设计从过去单一专业分析转向多学科、多物理场的协同仿真;仿真任务从过去着重产品设计的某个阶段转向产品并行设计、制造、试验与维护的全过程数字化;同时,设计要与国际先进设计制造技术接轨,要直接参与共同设计某些产品,这时,一个令人尴尬又严峻的问题摆在面前:近 40 多年在主计算机系统上

建立的 CAE 系统工具,如今伴随着计算机快速升级换代,除个别专业软件还能运行外,许多已经处于瘫痪或半瘫痪状态;因此只能别无选择余地重复采购或升级某些国外商用 CAE 软件。这种“瘫痪”引起的“地震”与“断代”,使该行业某些专业技术智力资源面临失传危险,对型号设计的创新及可持续发展造成明显的危害。因此,如今各飞机设计院所不约而同地提出“构建基于知识工程的新一代航空 CAE 平台”的技术需求。此时,国内外工程应用软件商虽然带来了一些良莠不齐的技术解决方案,显得“百舸争流、百花齐放”。但是,“历史的经验值得注意”。参与创建第一代航空 CAE 基础平台以及国际航空科技合作的实践表明,构建新一代航空 CAE 基础平台已经成为航空院所数字化深入发展的关键,必须深刻吸取历史的经验与教训,在行业内紧密结合国家的工程实践,组织、规划、精心实施,才有可能攀登新的技术高峰。

## 科学发展才是硬道理

首先,要坚持科学发展观,以科学方法构建符合航空数字化技术的 CAE 基础平台:在构建平台的方案阶段,最重要的是要在国内外软硬件环境可能的范围内优选、评测构成系统的基础集成框架,以及可能构成基础平台的各个工程应用子系统与工具;在构建平台的实施阶段,要认真结合新型号对设计制造各个阶段的任务包、流程包、智力资源(知识与工具)进行梳理、集成与二次开发。这里有两个法则:一是要坚持改革开放、引进消化先进技术,提倡“拿来主义”;二是自主创新,“踏着巨人肩膀”攀登,好钢用到刀刃上,不做低水平重复。在 20 世纪 80 年代国际航空科技合作中,我们经过国内外专家认真评测确定的某些基础软件与工具,直到今天依然是航空 CAE 发展的主流与核心技术;而有些国产 CAE 软件刚开发成功就面临瘫痪,无疾而终。因此,要构建航空 CAE 的基础平台,既要求先进性、通用性、灵活性,也要求可移植性、可维护性、可扩展和可持续发展的前瞻性。

## 集中优势资源攻关,固本求源创新

建立新一代航空 CAE 基础平台还必须下大力气、攻克行业某些共性瓶颈技术:

(1) 刻不容缓的第一要务是建立起航空 CAE 基础平台的精益研制技术体系。这个体系由协同仿真、知识创新与工程质量管理三大要件构成。没有流程管理、过程控制、仿真数据管理及多学科仿真工具集成作为支撑,其数字化结果只能是电子垃圾。同样,没有有效、深厚的智力资源及成熟技术作为依托,要实现创新只能是异想天开。工程质量管理就是要对型号设计与制造全过程严格地按照国际通行的技术标准、规范

与数字协议进行控制与管理。

(2) 尽管各飞机设计院所型号任务与关键技术不同,但都在紧追国际著名标杆企业,逐步形成适合我国航空数字化研制的应用体系<sup>[1]</sup>,该体系已在多个重点型号研制中发挥重要作用。最突出的技术亮点就是全行业推行 MBD (Model Based Definition) 技术,即全三维数字化设计技术。“基于模型定义”的并行产品数字化定义的内容包括飞机的功能模型(性能模型)、空间模型(几何模型)、制造模型(工艺模型)和支持模型(维护模型)。MBD 技术涵盖了产品设计制造的整个生命周期。其中,面向设计和制造的空间模型与制造模型是较为成熟的技术基础,支持参数化设计,建立飞机设计各阶段、流程模型之间的相互依赖关系,实现飞机研制过程中上、中、下游专业设计输入与输出之间的控制和约束关系,实现各模型之间的顶层规划设计及关联设计规范的定义,包括骨架模型和各接口的定义规则等。这里,骨架模型是飞机总体、气动、结构与强度等专业进行设计与协同的结合部。打通骨架模型与各专业的数字化流程,正是目前刻苦攻关的重要课题,可保证上下游设计数据一致性,设计更改的传递与更新。实践表明,要在产品研制全过程实现 MBD 技术,必须解决面对整个行业的关键技术:建立基于 MBD 技术的定义标准和规范;建立基于全三维模式的 CAE 应用支撑平台;建立基于全三维技术的工艺体系及检验体系;建立全三维模式下的制造装备体系。

(3) 快速建立各阶段、流程的协同仿真的专业分析模型,实现相关的性能分析、优化与评定,是数字化技术深入发展的必要课题。快速的气动分析、结构分析与强度计算,包括结构耐久性、损伤容限与疲劳分析与设计,以上内容无论对哪一代型号的飞机,都是不变的主题。

(4) 实施航空知识工程必需奋起追赶。要发展大飞机,必须首先突破许多关键技术,诸如大飞机总体设计技术、气动特性预测方法等;以大飞机使用先进复合材料为例,波音、空客已经用到占机体结构总重的 50% 左右,而我国在新机研制过程中使用复合材料的总重在 10%~20%。虽然不能以某种材料的使用论英雄,但是充分发挥先进复合材料优异的性能,一直是提高型号技战术性能所追求的关键技术。航空领域已经创造并积累了大量的智力资源与成熟技术,现在着手解决这一知识工程,与国外波音、空客相比,有些“亡羊补牢”,但也“犹未为晚”。

(5) 航空制造工艺模型化、系列化与数字化技术,也急需建立面向制造工艺的数字化精益研制技术体系。产品高新性能是与新材料、新工艺的大量使用密不可分的。先进工艺只有通过先进 CAE 模型及虚拟制造,并辅之以少量实物验证试验获得。例如,高强易脆材料的大型整体构件的高速数控切铣工艺,机床与构件的颤振问题都是首先要解决的工程力学问题;还有加工过程热传导及变形分析与控制,数十个壁板槽腔的加工路线的选择,各种工艺参数的确定与优化等;既要研究解决复杂构件的整体分析,又要研究加工部位的细节分析等问题。这些力学数学问题,往往既需要理论创新支撑,也需要试验与检验的实践创新支撑。

## 结束语

总之,构建新一代航空 CAE 基础平台是带有全局战略性质的技术目标,值得全行业同仁高度关注。

## 参考文献

[1] 岳中第. 对 CAE 发展战略的探讨, 数字军工, 2009(8): 47-49.

[2] 刘看旺. 全三维研制技术推动飞机研制体系变革, 航空制造技术, 2011(3): 97-99.

(责编 岭雾)