

支持飞机大部件装配仿真的 协同并行工作模式研究

Co-Parallel Model for Supporting Large Component of Aircraft Assembly Simulation

中国人民解放军驻西飞公司军事代表室 郭敏骁 孟涛 雷宝



郭敏骁

现任中国人民解放军驻西飞公司军事代表室军代表,研究方向为装配中的计算机辅助技术。

在飞机全三维数字化研制的大背景下,基于三维模型的装配工艺设计与仿真已成为其重要的组成部分。与传统装配工艺设计过程相比,这种方式具有良好的可视性、直观性,可对产品装配过程进行可视化定义、验证、分析和展示,在工艺设计初期预见可能发生的各种装配问题,并已经在国内外各大航空制造单位得到了

本文基于 DELMIA 平台,提出了一种协同并行仿真工作模式,以解决目前飞机大部件装配仿真中“单人单机”模式下耗时长、重复劳动量大以及工作效率低下的问题。在保证装配过程仿真定义完整性的前提下,达到缩短工作周期、提高工作效率的目的。

广泛应用和推广^[1-4],并取得了良好的效益。

但在实际应用中,依然存在一些制约装配仿真进一步推广与应用的因素,其中较为突出的是:装配仿真效率较低,严重影响了工艺的进度。例如,在当前已成功的装配仿真实施过程中,主要以“单人单机”模式为主,即单个工艺员在单个计算机针对一个装配站位的工装和资源进行装配仿真,不能并行开展装配仿真工作。特别是对于大部件站位的装配过程仿真而言,由于模型数据大,零件数量多,仿真耗时更长。此外,对于装配仿真过程缺少规范化约束,不同的工艺员定义仿真过程存在多样

性且很难进行修改,一旦工艺调整,或者产品、工装结构调整带来仿真返工,无法实现仿真定义的重用,同样导致仿真效率低下。

本文基于 DELMIA 平台,提出了一种协同并行仿真工作模式,以解决目前飞机大部件装配仿真中“单人单机”模式下耗时长、重复劳动量大以及工作效率低下的问题。在保证装配过程仿真定义完整性的前提下,达到缩短工作周期、提高工作效率的目的。

影响装配仿真效率的原因分析

由于飞机结构的复杂性、多样

性,加之全三维设计、关联设计、MBD建模技术的应用,使得由此产生的庞杂信息导致其对应产品设计3D数模容量十分庞大。同时,与产品对应的工装、工具、厂房等配套资源数模往往也十分庞大,特别对飞机大部件(如机翼、机身等)而言,与之匹配的产品、资源数模往往相对其他部件更大,导致装配过程变得越发复杂。因此,在实施飞机装配工艺仿真过程中,影响装配工艺仿真效率的原因可以归为以下几个方面。

(1) 仿真实程度。

装配仿真的真实程度和其定义过程的完整性密切相关。目前在装配工艺仿真实施过程中,主要以模型的几何属性及其运动行为的定义为主,如创建仿真的视点、定义模型的颜色及透明度、规划定义模型对象的运动路径等,这些几何属性及运动行为定位的详细程度与仿真的拟实程度直接相关,信息定义的越详细,拟实程度就越高。然而,由于几何属性及运动行为定义均需人工交互操作完成,因此,随着装配工艺仿真对仿真实程度要求的提高,会导致仿真效率的降低。

(2) 模型的复杂程度。

参与仿真的模型的数量、复杂程度、轻量化处理程度,对仿真的效率也存在较大的影响。仿真模型越大,模型所包含的几何与非几何信息也就越多,这一方面会增加仿真定义的工作量,影响到仿真实施的效率;另一方面,由于仿真场景的复杂,也会造成仿真定义操作的延迟,进一步减低工作效率。

(3) 仿真分析的细致程度。

仿真分析是装配工艺仿真不可或缺的一环,通过对仿真过程的分析,可以及早发现装配过程中可能出现的各类问题。对于装配工艺仿真而言,仿真分析的主要内容包括产品-工装的干涉性检查、人体及工具的操作空间分析、工具可达性

分析等,而这些仿真分析内容的开展,会影响到整个仿真实施过程的效率。一方面,准确的仿真分析依赖于精确的3D模型,要求模型信息尽可能详实,这样得到的分析结果就越准确,越具有参考价值,然而,这就会增加模型的复杂程度,影响到效率;另一方面,仿真分析依赖于所采用算法的效率,其分析过程也非常耗时。

(4) 仿真工作模式。

装配仿真模式涉及仿真工作流程控制、仿真动作定义等。毕竟软件本身仅是提供了一种使能工具,而其不同的应用模式则影响了应用过程中可能出现的各种问题,就仿真延迟而言,依照常见的工作模式,则上文提到的延迟是无可避免的。

(5) 软件架构及计算机硬件。

仿真软件的架构是否支持多核,是否支持并行处理,也是影响仿真定义效率的关键因素,这通常由软件本身决定,很难灵活地控制。计算机的CPU、内存、硬盘速度、显卡等硬件性能的发挥水平往往和仿真软件本身的架构和性能密切相关,因此硬件配置也并非越高越好,需要针对软件本身的架构而定制,并且计算机硬件本身也不能无限提高。因此,分析装配工艺仿真的效率,离不开所使用的仿真软件及相应的计算机硬件。

综合以上分析可以看出,影响装配工艺仿真效率的因素很多,提高仿真效率的手段也多种多样,可以采用模型轻量化技术、提高仿真分析算法的效率、改进软件架构及计算硬件等,但这些途径提高相对较难,成本也较高。

为此,本文将从仿真的工作模式入手,研究提高仿真工作效率的方法,提出一种并行工作模式,通过仿真工作的并行实施来提高其效率。结合现有装配工艺仿真的应用现状,该模式具有易于实施,成本低等特点。

装配工艺仿真协同并行工作模式

1 装配工艺规划与仿真一体化

装配工艺仿真是对工艺意图的可视化展示,更是对工艺规划结果的验证分析,航空企业采用工艺仿真手段进行工艺设计正逐步发展成为产品研制的重要环节。因此,可以简单将装配工艺设计过程分解为工艺规划和工艺仿真两个环节。

传统的工艺规划和工艺仿真流程见图1(a),该流程存在两条线,一是工艺意图到工艺规程编写,再到工艺文件输出的工艺规划过程;二是工艺意图到工艺过程仿真,再到视频输出的工艺仿真过程。二者之间关系的离散增加了信息孤岛,带来工艺信息的多次输入,信息耦合度较低,彼此之间反馈滞后,最终导致工艺规划及仿真工作量偏大,工艺设计周期长等问题。针对传统装配工艺规划及仿真流程的缺陷,本文提出了数字化装配工艺规划与仿真工作流程图1(b)。该流程综合分析了装配过程的3元素:产品-资源-工艺,实现了工艺规划和仿真的集成,实现工艺过程信息的一次输入,提高了工艺规划与仿真之间反馈的耦合度。并且工艺输出集成了文本、图片、视频等多种格式工艺指导文件。

相对于传统的流程,数字化装配工艺规划与仿真一体化工作流程的优势可以描述为:

(1) 统一了装配工艺规划和仿真的信息输入,确保了工艺信息在装配工艺设计过程中的一致性。

(2) 实现了三维仿真过程对工艺规划的引导,加强了三维工艺仿真和二维工艺规划的结合。

(3) 工艺文件的输出以工艺仿真结果为依据,确保了工艺文件的准确性,实现了工艺规划和工艺仿真环节的结合,减少了工艺设计时间。

(4) 可以把装配作业计划细化

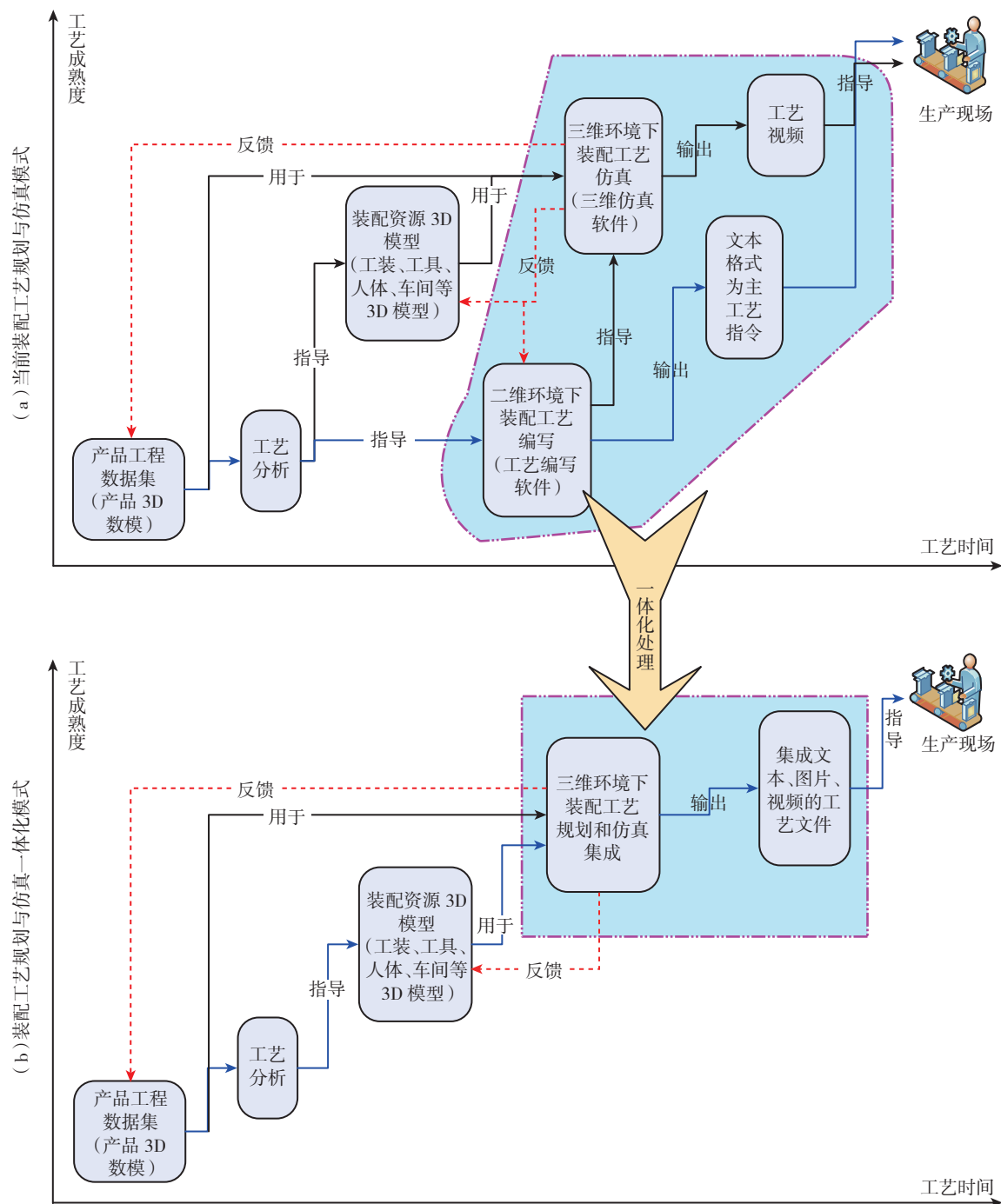


图1 装配工艺规划及仿真工作流程的演变

到具体的装配任务层次,并形成相应的装配任务甘特图、网络图等管理工具。

(5)可以提供基于三维模型的、详尽的、内容格式多样化的电子装配工艺文件,便于网络协同传输。

(6)工艺模型的扩展性好,统一的输入可扩展输入的信息类型,进而

扩展仿真的范围,如工艺分工合理性、工时估算、工艺成本估算等。

2 具体实施步骤

由于飞机设计过程,特别是型号试制阶段,对工艺设计周期有严格的要求,而目前飞机研制过程中多采用协同并行的工作模式,即在产品设计阶段,就引入了工艺设计和工装

设计,组建产品联合设计 IPT 工作小组。针对这种情况,为了实现三维环境下装配工艺规划与仿真的协同并行,采用文献 [5-6] 定义的针对装配工艺规划与仿真一体化的工艺层次模型,包含: AJ、AT、AO、AA 等。基于该工艺层次模型,为了实现仿真定义过程的协同、并行开展,结合仿真

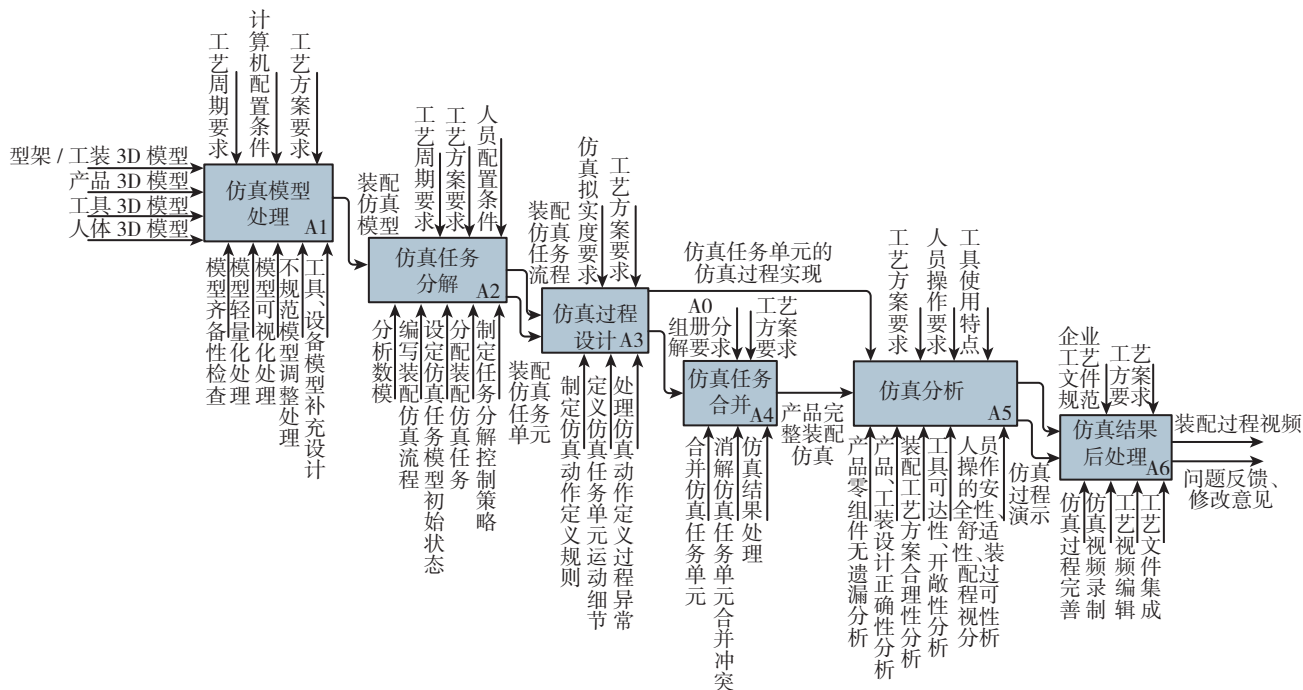


图2 飞机大部件装配仿真协同并行工作IDEF0图

定义的特点和 DELMIA 软件的使用^[7],提出了支持协同并行仿真的工作流程的实施步骤见图 2,该流程主要分为以下 6 个步骤。

(1) 仿真模型处理:该步骤主要完成产品、工装、工具及其他设备 3D 模型的处理,形成轻量化、规范化的仿真模型。

(2) 仿真任务分解:该步骤主要完成装配工艺仿真任务的分解,将总体仿真任务分解多个仿真任务单元,各单元可并行工作,以便形成协同仿真的工作模式。

(3) 仿真过程设计:该步骤主要完成仿真任务的具体实现,通过仿真节点设置、零部件运动定义等,形成装配过程仿真。

(4) 仿真任务合并:该步骤对应步骤 5,主要完成各仿真任务单元的合并,形成完整的装配过程仿真,并消除合并过程中的各类异常。

(5) 仿真过程分析:该步骤通过对仿真过程设计及仿真任务合并的分析,发现或预测装配过程中的各种问题,包括产品、工装及工艺设计等

问题。

(6) 仿真后处理:该步骤完成各类仿真问题的汇总,形成产品问题报告、工装问题报告、工艺问题报告及其他问题报告,并及时反馈给工艺员或相关人员,以便产品-工装-工艺的设计更改及装配过程仿真的更新。

试验对比分析

国产某型机翼盒尺寸大,是该机型装配关系最复杂、工作量最大的装配单元,涉及产品、工装零件数目庞大,装配过程中工装和产品交互过程复杂,并且飞机研制计划对翼盒装配周期和装配质量有严格的要求。因此,如何尽早验证产品-工装-工艺设计的合理性,发现并消除各种干涉问题,减少装配过程不协调问题,是提高翼盒装配成功率、并按要求时间节点完工的保障。

在该翼盒部件(3D 数模由 CATIA 设计)装配仿真时,采用惠普顶级工作站 Z800,配置为 1 个 Xeon E5540 处理器、12G ECC DDR3 内存、500GB SATA 硬盘、Windows XP 64-

bit 系统、ATI FirePro V3700 显卡,显存 256MB,仿真软件为 DELMIA V5R19 SP4(64-bit)。

1 未采用协同并行仿真定义方式的试验情况

在未采用协同并行仿真定义方式进行装配工艺过程仿真过程时,选取以下几个参数作为分析依据。

参数 1: CATProcess 文件,单位:兆(M)。该参数指 DELMIA 生成的仿真文件的容量大小,包含了全部的仿真信息(装配顺序、装配路径、颜色/透明度/显隐性等),类似 CATPart 和 CATProduct 的文件,该文件随着仿真定义的增加会不断的增大。

参数 2: CATProcess 时长,单位:秒(s)。该参数指完成 CATProcess 仿真文件实时运行所需的时间长短,该文件随着仿真定义的增加而不断增大。

参数 3: 仿真定义延迟时间(Delay Time),单位:秒(s)。该参数指在进行仿真动作定义时,因为仿真文件过大、计算机配置低、仿真数模过大等导致的响应等待时间。

表1 传统方法下DELMIA仿真过程参数抽样统计

类别	数据								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
CATProcess 文件 /M	29.6	32.5	34.3	35.1	35.6	38.0	39.9	41.9	43.1
CATProcess 时长 /s	978	2663	4114	4464	4899	6114	7447	8711	9699
仿真定义延迟时间	109	165	182	265	435	456	535	659	760

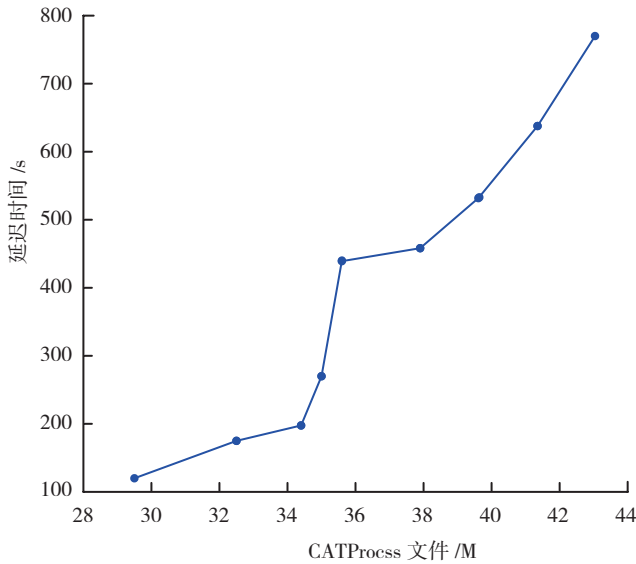


图3 延迟时间与仿真文件大小关系

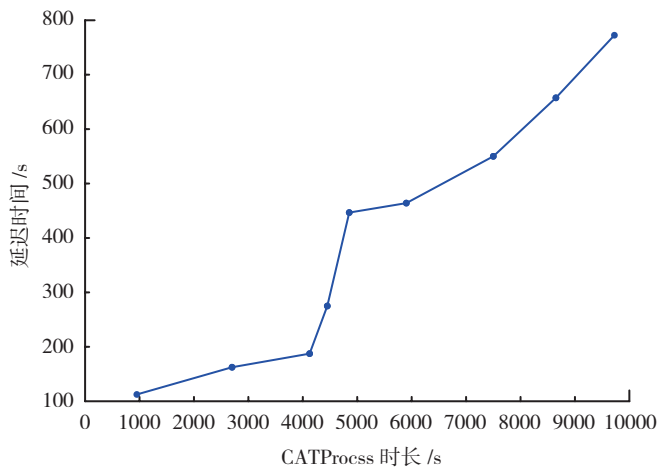


图4 延迟时间与仿真时长关系

表2 2种方式完成装配仿真定义对比

类别	工艺仿真节点数 / 个	参与工艺人员 / 人	单人花费时间 / 月	总时间 / 月	节约生产准备时间
未采用本方法的一般方法	240	2人轮班	4	8	—
采用本方法的步骤	2500	4人并行	1	4	3

通过对参数 1, 参数 2, 参数 3 进行统计见表 1。3 个参数之间的关系如图 3 和图 4 所示。

2 采用本文提出的并行协同方式的情况

依照前文中的仿真定义要求通过转 CGR 格式、STP 格式、非关键模型剔除、非关键模型特征剔除等方式, 将仿真数模由原始 20G 减小到 8.5G 左右, 并由未采用协同并行仿真定义方式时的“2 人轮班, 单机仿真”, 改为“4 人协作, 并行开工”。由于仿真文件分散为多个, 延迟时间大大减少, 最大延迟时间小于 30s。使得工作时间大大减少, 仿真定义效率有了明显提高, 见表 2。

结 论

论文针对当前装配工艺仿真效率低下的现状, 结合装配工艺规划与仿真流程的演变, 提出了装配工艺规划与仿真一体化流程, 并结合 DELMIA 环境下的仿真实施特点, 提出了装配工艺仿真并行协同工作实施步骤。该方法在国产某型机翼盒研制中得到了应用, 具有良好的应用效果。

参 考 文 献

- [1] 王文理. 国外先进飞机的数字化生产方式. 机械工人, 2005(8): 65-66.
- [2] 黄宁, 崔德刚. 数字化技术在 JSF 飞机研制中的应用. Internation Aviation, 2002(8): 68-69.
- [3] 郭洪杰. 装配仿真技术在飞机并行设计阶段的应用. 航空制造技术, 2009(24): 65-68.
- [4] 毕利文, 唐晓东, 杨红宇. 飞机数字化装配工艺仿真技术. 航空制造技术, 2008(20): 48-50.
- [5] 董亮, 李原, 赵磊, 等. 装配工艺微规划在 DELMIA 下的实现技术. 航空制造技术, 2010(9): 88-91.
- [6] 董亮, 余剑峰, 李原, 等. 3D 环境下飞机装配工艺规划与仿真一体化模型. 计算机集成制造系统, 2012, 18(6): 1158-1167.
- [7] Dassalt System, DELMIA Documentation. (责编 深蓝)