

面向并行工程的虚拟样机设计方法研究

李瑞涛

(金峰通信有限责任公司,北京 100083)

摘要: 虚拟样机是一种能够反映实际产品特性的数字化模型,可有效支持并行工程和并行设计。在分析了虚拟样机与并行工程关系的基础上,提出了基于虚拟样机的产品研发方法,并阐述了虚拟样机设计方法一体化解决方案。

关键词: 虚拟样机;数字化模型;并行工程

中图分类号: TP399

文献标识码: A

文章编号: 1674-7720(2011)21-0072-03

Research on virtual prototyping design method for concurrent engineering

Li Ruitao

(Golden Cellular Communication Co.,Ltd., Beijing, 100083, China)

Abstract: Virtual prototyping is a kind of numerical model that can reflect practical product. It can effectively support concurrent engineering and concurrent design. After analyzing the relationship between virtual prototyping and concurrent engineering, studying and developing method based on virtual prototyping is proposed and integrative program of virtual prototyping design method is elaborated in this paper.

Key words: virtual prototyping; numerical model; concurrent engineering

随着 21 世纪世界经济和科学技术飞速发展,全球性的市场竞争日益激烈。产品消费结构不断向多元化、个性化方向发展。面对无法预测、持续发展的市场需求,面对现代高技术产品的设计复杂性障碍,产品设计生产部门非常需要能有效地提高产品设计质量、缩短产品研发周期、降低产品研发成本。

由于产品设计阶段决定了 70% 以上的产品成本,而设计阶段的费用占产品成本的 10%~15%,因此,产品设计阶段采用的方法在产品研发全过程中占有重要的地位。本文就传统产品设计与研发中存在的弊病,分析了并行工程对产品设计的要求,提出了虚拟样机设计方法,并构筑了该方法的模型框架^[1-3]。

1 虚拟样机与并行工程

20 世纪 90 年代,出现了一种新的产品生命周期管理方法,通过建立在企业不同职能部门之间协作基础之上的并行运行方式来取代连续的、泰勒式的任务处理方式。把时间作为关键因素,以缩短产品上市时间为目标,全方位地解决从设计到产品报废的整个产品生命周期所用时间问题,这种管理过程就是并行工程 CE

(Concurrent Engineering)或同步工程(SE)。CE 是形成产品开发过程的一种指导方案,其目标就是使产品决策尽可能早地进行,而不是在产品开发之后的产品制造阶段和使用阶段才发现是正确的或错误的。这样可进行无资源浪费地错误修改,使得开发产品不同零组件的工作尽可能平行进行,并且产品规划和过程计划相互之间不断协调。CE 应将以前只能通过顺序的运行过程连接的工厂部门引导至交互地解决问题。并行设计是产品设计及其相关过程并行地实施,使设计及相关过程并行化、一体化、系统化的工作模式。这种工作模式力图使开发者从一开始就考虑到产品的生命周期。并行工程的工作重心是产品并行设计,并行设计工作模式是在产品设计的同时考虑其相关过程,包括加工工艺、装配、检测、质量保证、销售、维护等。在并行设计中,产品开发过程的各阶段工作交叉进行,可及早发现与其相关过程不相匹配的地方,并及时评估、决策,以达到缩短产品开发周期、提高质量、降低成本的目的。

随着信息技术、网络技术的发展,现代设计技术向集成化、敏捷化、网络化、虚拟化的方向进一步发展,出

技术与方法 Technique and Method

现了精益生产、敏捷制造、拟实制造、大批量定制生产等多种生产模式,这些都是以并行工程和并行设计为基础的。虚拟样机这一新技术正是在这样的背景下应运而生。

所谓虚拟样机就是在建造第一台(或件)物理样机之前,利用软件技术建立的数字化模型,即虚拟样机是一种计算机模型,它能够反映实际产品的特性,包括外观、空间关系以及运动学和动力学的特性。通过对虚拟样机采用基于实体可视化的仿真分析,模拟该系统在真实工作环境条件下的运动和动力特性,从而反复修改设计方案,最终得到最优设计方案。它利用虚拟环境在可视化方面的优势以及可交互式地探索虚拟物体的功能,对产品进行几何、功能、制造等方面交互的建模与分析。并在CAD模型的基础上,把虚拟技术与仿真方法相结合,为产品的研制提供了一个全新的设计方法。

虚拟样机集成了CAD建模技术、CSCW技术、用户界面设计、基于知识的推理技术、虚拟现实技术、计算机仿真方法论、现代管理理论、系统工程方法以及计算机支持工具等,为产品的全生命周期设计和评估提供分布式的集成化环境,从而达到缩短研发周期、降低成本、提高效率的目的。这项技术将建模和仿真扩展到新产品研发的全过程,它以计算机支持的协同工作(CSCW)为底层技术基础,通过支持协同工作、CAD、CAM、建模仿真、效能分析、可视化、虚拟现实的计算机工具,将各个集成化产品小组(ITP)的设计人员、分析人员联系在一起,共同完成新产品的概念探讨、运作分析、初步设计、详细设计、可制造性分析、效能评估、生产计划和生产管理等工作。

目前世界范围内广泛地接受了动态联盟(Virtual Company)的概念,即为了适应快速变化的全球市场,克服单个企业资源的局限性,出现了在一定时间内,通过Internet(或Intranet)临时缔结成的一种虚拟企业。为实现并行设计和制造,参盟企业之间的产品数据要求敏捷交流,各种信息共享尤为重要。在并行设计环境中,由于不同设计阶段需要同时进行,每个阶段生成(或需要)的数据,在没有完成设计之前是不完整的,而数据模型和数据共享的管理成为并行设计的关键技术之一。而且,设计过程中,更改总是不可避免的,所以支持并行工程和并行设计需要有一个产品设计主模型以完成快速交流,并能将产品设计数据定义成多个对象。这些对象的组合可以构成面向不同应用领域对象,各个设计过程在同一个设计主模型上操作,保证数据模型的一致性和安全性。而虚拟样机正能满足上述要求,如见图1所示。

图1 支持并行工程的信息共享-虚拟样机

2 虚拟样机设计方法

针对上述情况,本文提出了基于虚拟样机的产品研发方法PDBVP(Product Developing Based on Virtual Prototyping)。

从PDBVP的流程中可以看出,设备虚拟样机的开发是一个非常关键的环节。实施虚拟样机设计方法的核心是开发切合实际的虚拟样机,即深入理解系统零部件之间的运动学和动力学关系,并实现数字化,如图2所示。为此,本文构筑了以基于可视化的机械动力学仿真为核心的虚拟样机及虚拟试验设计方法一体化解决方案,如图3所示。

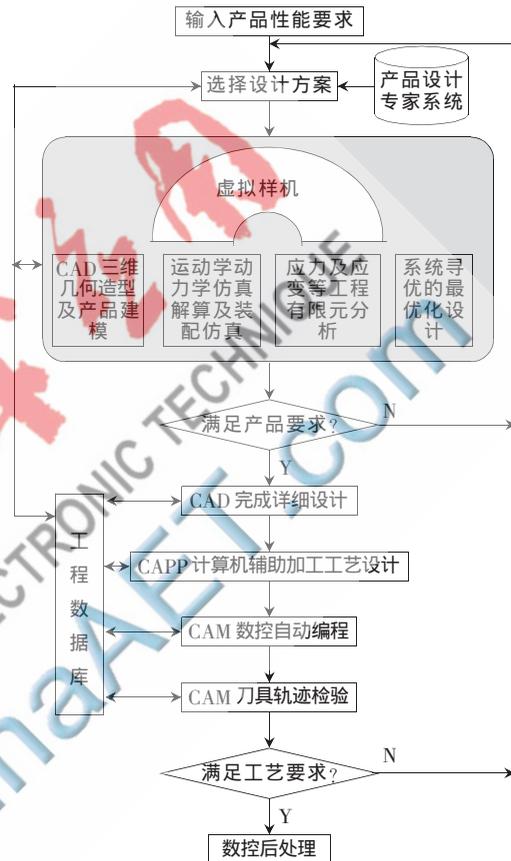


图2 基于虚拟样机的产品研发(PDBVP)流程图

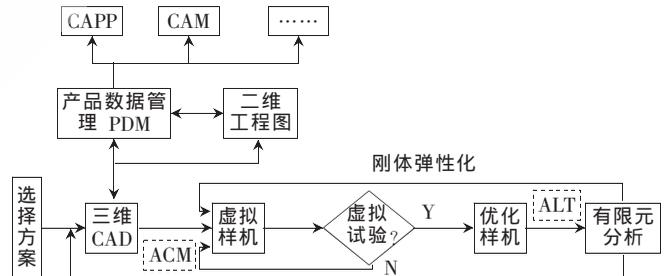


图3 虚拟样机设计方法一体化解决方案

该设计方法一体化解决方案表述如下:

(1) 在开始实际产品的三维设计前,首先是方案的选择和确定,也可以运用运动学/动力学分析软件进行产品的概念设计,这样能帮助设计师在开始设计前迅速验证运动系统的运动原理,确定和优化运动系统的一部分设计参数。可选择的软件有:ADAMS/view、MSC/Working Model 2D等。

(2) 设计师在确定方案、获得产品的设计原理和运动

技术与方法 Technique and Method

参数后, 就可以利用三维 CAD 软件进行三维几何模型的构造设计, 并利用产品数据管理(PDM)软件系统实时监控整个产品的设计过程、自动管理设计过程的电子文档。推荐使用的三维 CAD 软件有 I-DEAS、HELIX、PRO/Engineer、UG、MDT、SolidWorks、SolidEdge、Cimatron 等; 推荐使用的产品数据管理 (PDM) 软件有 SDRC 公司的 Metaphase、HP 公司的 WorkManager、IBM 公司的 PM、Autodesk 公司的 WorkCenter、SuperSky-Master。

(3) 产品的三维模型设计完成后, 可以通过图形交换接口将 CAD 三维模型传入动力学和运动学仿真软件, 也可以通过具有自动约束映射技术 (ACM) 的软件, 如 MSC/Working Model 把三维模型输出到仿真软件中进行虚拟样机的开发工作。之后最重要的两项工作就是运动激励的产生和各种动力特性的施加, 推荐使用的仿真软件有 ADAMS、DADS、Working/Model, 与流体有关的仿真软件有 Phoenix、Flow3D, 控制仿真软件有 Matlab、Matrixx。

(4) 产品的虚拟样机开发完成后, 可进行虚拟试验 (即基于可视化的动力学和运动学解算及仿真), 从虚拟试验的结果不仅可以得到产品运动的动画、速度、加速度、位移、轨迹, 检验机构运动是否合理、是否出现干涉、卡死的结果, 还可以得到各零部件实际所受的各种载荷。根据虚拟试验的结果可以判断开发的虚拟样机的准确性, 如果不符合要求, 重复上一步; 如果符合要求, 则进行下一步。

(5) 得到正确运动特性和动力特性的虚拟样机后, 便进行虚拟样机的寻优工作。建立优化数学模型的工作包括: 虚拟样机参数化、确定设计变量、确定目标函数、确定约束函数。寻优结束后, 对优化的虚拟样机进行虚拟试验, 并存储虚拟试验结果。

(6) 有了零件所受的力和力矩作为载荷条件, 可以将载荷自动传递给有限元分析软件进行零件的强度、振动、屈曲等分析, 以获得零件的应力、应变分布、位移以及固有频率和振型等。有限元分析的结果可以返回设计阶段并指导修改初始设计, 也可以将关键零件经刚体弹性化后返回仿真环境, 再度开发虚拟样机及进行虚拟试验, 以便能得到更加符合实际的结果。推荐使用的有限元软件有 SAPV、ADINA、ANSYS、Nastran、Working Model/FEA、I-DEAS/FEA。

(7) 利用产品数据管理(PDM)软件系统 (如 SuperSky-Master) 系统可以自动统计该产品零部件的质量、数量等统计信息, 生成各种专业的报表, 并输出汇总成 BOM (产品物料清单) 表, 作为其他工艺设计系统 (CAPP) 和企业管理系统 (MIS) 的数据来源。

(8) 得到最优的虚拟样机后, 也可以通过三维 CAD 系统将创建的产品三维模型直接输出到 CAM 软件 (例如英国 Pathtrace 公司推出的可以在 MDT 内部运行的数控代码自动编程软件 EdgeCAM) 中进行数控代码的生成

和加工仿真, 确认无误后可以驱动数控机床进行加工。

基于可视化集建模、分析、寻优、再设计的虚拟样机设计方法一体化解决方案的中心思想是让用户在虚拟环境中实现 CAD/CAE/CAM/PDM 协同作业。用三维 CAD 系统为产品构造几何模型及产品的虚拟样机, 并通过虚拟试验分析仿真虚拟样机的运动学和动力学特性, 对其性能进行测试和评估, 依据试验结果修改产品的虚拟样机, 不断循环直至最优。从最初的产品三维虚拟样机的设计、分析仿真到最终的实物样机加工的整个过程, 都可以在统一的过程中全部完成, 为真正实现产品设计/分析/加工/管理的一体化提供了重要的依据。

本文围绕产品从概念设计到定型生产的整个研发周期, 再从设计师、决策层、制造商、销售商到用户群等全方位地观察和研究产品, 虚拟样机设计方法显示了其强大的优势和发展潜力。面向 21 世纪, 虚拟样机设计方法势必成为将来产品研发的主流。

参考文献

- [1] 李瑞涛, 方涓, 张文明. 虚拟样机技术的概念及应用[J]. 机电一体化, 2000(9): 17-19.
- [2] Li Ruitao, Fang Mei, Zhang Wenming, et al. Simulation research on vertical planetary mill based on virtual prototyping [J]. Journal of University of Science and Technology Beijing, 2001(2): 86-90.
- [3] 施普尔, 克劳舍. 虚拟产品开发技术[M]. 宁汝新, 等译. 北京: 机械工业出版社, 2000.

(收稿日期: 2011-07-10)

作者简介:

李瑞涛: 男, 1971 年生, 博士, 高级工程师, 主要研究方向: 计算机辅助设计、虚拟样机技术及其在产品中的应用问题。