

周焕林 胡宗军 胡龙飞 编著

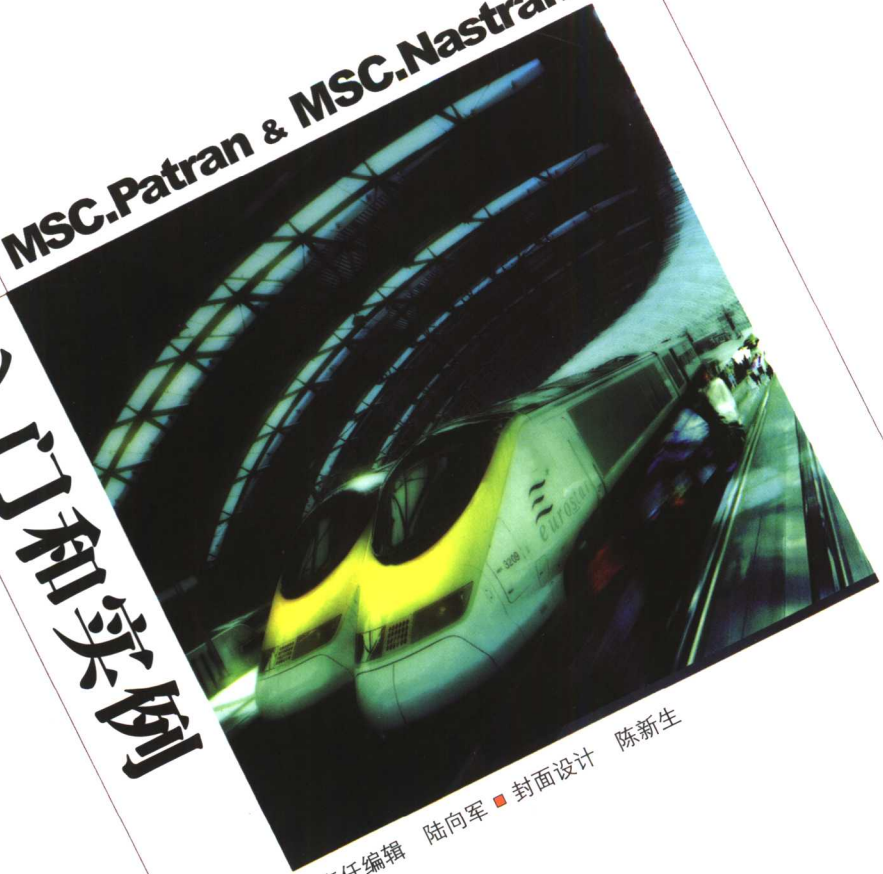
MSC.Patran & MSC.Nastran

入门和实例

合肥工业大学出版社

MSC.Patran & MSC.Nastran

入门和实例



■责任编辑 陆向军 ■封面设计 陈新生

ISBN 7-81093-475-9



9 787810 934756 >

ISBN 7-81093-475-9 / O·30

定价:17.00 元

0241.82-39

9

MSC. Patran & MSC. Nastran

入门和实例

周焕林 胡宗军 胡龙飞 编著
牛忠荣 仰蕊雯 主审

合肥工业大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

MSC. Patran & MSC. Nastran 入门和实例/周焕林等编著. --合肥:合肥工业大学出版社,2006.8

ISBN 7-81093-475-9

I. M... II. 周... III. 有限元分析—应用软件, MSC. Nastran MSC. Patran
IV. 0241.82-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 094965 号

MSC. Patran & MSC. Nastran 入门和实例

编著 周焕林等

责任编辑 陆向军

出版	合肥工业大学出版社	版次	2006年8月第1版
地址	合肥市屯溪路193号	印次	2006年8月第1次印刷
邮编	230009	开本	787×1092 1/16
电话	总编室:0551-2903038 发行部:0551-2903198	印张	10.75
网址	www.hfutpress.com.cn	字数	260千字
E-mail	press@hfutpress.com.cn	印刷	合肥新南印务有限公司
		发行	全国新华书店

ISBN 7-81093-475-9/O·30

定价:17.00元

如果有影响阅读的印装质量问题,请与出版社发行部联系调换。

前 言

有限单元法是工程结构数值分析的有效技术手段,其理论内容广博。随着大型有限元分析商业软件的普及和推广,有限单元法在工程中发挥了强大作用和显著效益。

相关工程技术人员、理工科院校的本科生、研究生及教师,很有必要掌握一些常见有限元分析软件的使用方法。

MSC. Software(MSC. Software Corporation,或写作 MSC)公司创建于1963年,是享誉全球的虚拟产品开发(Virtual Product Development——VPD)工具供应商。MSC. Software公司的使命是帮助全球客户更高效地利用虚拟产品开发技术,更快地开发出更好的产品。

本书简要介绍了 MSC. Software 公司的软件 MSC. Patran & MSC. Nastran。软件版本是目前最新的 2005 版。

全书共分 5 章。第 1 章概述了 MSC. Software 公司的使命、发展状况、主要产品等;第 2 章介绍了 MSC. Patran 入门要点,包括 MSC. Patran 启动、用户界面、操作特点、单位制、MSC. Patran 和 MSC. Nastran 文件系统;第 3 章介绍了几何建模的基本命令;第 4 章介绍了有限元建模的部分命令;第 5 章选取了 12 个力学典型问题用 MSC. Patran & MSC. Nastran 做有限元数值分析,其理论解在理论力学、材料力学、弹性力学、塑性力学等教材中能够找到,便于读者对比学习。

读者可以通过熟悉这些基本算例,达到软件入门的程度,然后在具体复杂的工程实例中体味 MSC. Patran & MSC. Nastran 的强大功能,并进一步提高自己的软件应用水平。

本书第 1 至第 4 章由周焕林编写。第 5 章实例 1 至实例 6 由胡龙飞编写,实例 1 至实例 6 的选题和精确解对比由周焕林负责。实例 7 至实例 12 由胡宗军编写。全书由周焕林统稿。

MSC. Software 公司及其北京办事处的钱纯经理和上海办事处的仰苑雯工程师,对本书的编写出版提供了重要帮助和大力支持;牛忠荣教授和仰苑雯工程师联合审阅了书稿并提出了许多修改意见,在此作者向他们表示衷心的感谢。

由于作者水平有限,本书存在的诸多不足和需要改进之处,敬请读者批评指正。

周焕林

2006 年 8 月

目 录

第 1 章 概 述

- 1.1 MSC. Software 公司简介 (1)
 - 1.1.1 MSC. Software 公司和 VPD 技术 (1)
 - 1.1.2 MSC. Software 公司的发展历程 (2)
 - 1.1.3 MSC. Software 公司的产品 (4)
- 1.2 MSC. Patran 介绍 (11)
 - 1.2.1 几何建模功能 (11)
 - 1.2.2 几何模型直接访问技术 (11)
 - 1.2.3 分析解算器集成 (12)
 - 1.2.4 有限元建模功能 (13)
 - 1.2.5 分析条件定义 (14)
 - 1.2.6 结果交互式可视化后处理 (16)
 - 1.2.7 PCL 命令语言 (18)
- 1.3 MSC. Nastran 介绍 (19)
 - 1.3.1 静力分析 (20)
 - 1.3.2 屈曲分析 (20)
 - 1.3.3 动力学分析 (20)
 - 1.3.4 非线性分析 (22)
 - 1.3.5 热传导分析 (23)
 - 1.3.6 空气动力弹性及颤振分析 (24)
 - 1.3.7 流-固耦合分析 (24)
 - 1.3.8 多级超单元分析 (25)
 - 1.3.9 高级对称分析 (25)
 - 1.3.10 设计灵敏度及优化分析 (26)

第 2 章 MSC. Patran 入门要点

- 2.1 启动 MSC. Patran 程序 (28)
 - 2.1.1 设置路径 (28)
 - 2.1.2 启动程序 (29)
 - 2.1.3 算例命名 (30)
 - 2.1.4 分析设置 (31)
- 2.2 MSC. Patran 用户界面和操作特点 (33)

2.2.1	菜单和工具栏区(Menu Bar, Tool Bar Icons, Application Buttons)	(33)
2.2.2	快捷工具图标(Tool Bar Icons)	(34)
2.2.3	操作按钮(Application Buttons)	(36)
2.2.4	图形用户界面区(Graphical User Interface)	(37)
2.2.5	信息记录和命令行输入区(History Box, Command Line)	(38)
2.2.6	操作面板区(Application Form)	(38)
2.3	单位制介绍	(42)
2.4	MSC. Patran 和 MSC. Nastran 文件系统简介	(43)

第 3 章 几何建模

3.1	创建(Create)	(45)
3.2	删除>Delete)	(51)
3.3	编辑(Edit)	(51)
3.4	显示功能>Show)	(54)
3.5	转换创建几何(Transform)	(55)
3.6	检查几何(Verify)	(57)
3.7	关联(Associate)和取消关联(Disassociate)	(58)
3.8	重新标号(Renumber)	(58)

第 4 章 有限元建模

4.1	单元库	(59)
4.2	直接创建有限元网格(Create)	(60)
4.2.1	网格生成器	(60)
4.2.2	协调性	(61)
4.2.3	网格疏密控制	(61)
4.2.4	创建网格种子点(Mesh Seed)	(61)
4.2.5	自动生成网格(Mesh)	(62)
4.2.6	手工创建节点(Node)	(62)
4.2.7	手工创建单元(Element)	(62)
4.2.8	创建超单元(Superelement)	(63)
4.2.9	创建多点约束(MPC)	(63)
4.3	根据已有的网格创建新的网格(Transform, Sweep)	(63)
4.3.1	移动、旋转、镜像(Transform)	(63)
4.3.2	拉伸、滑动(Sweep)	(64)

第 5 章 实例

实例 1	平面应变问题	(66)
实例 2	平面应力问题	(72)

实例 3	斜弯曲组合梁	(78)
实例 4	空心圆球热力耦合分析	(89)
实例 5	三杆桁架弹塑性分析	(107)
实例 6	厚壁圆筒受内压弹塑性分析	(117)
实例 7	两自由度弹簧振子模态分析	(127)
实例 8	悬臂梁模态分析	(132)
实例 9	两自由度弹簧振子频率分析	(139)
实例 10	悬臂梁瞬态响应分析	(145)
实例 11	薄壁圆筒屈曲分析	(151)
实例 12	横梁 GAP 元非线性分析	(157)
参考文献	(164)

第 1 章 概 述

1.1 MSC. Software 公司简介

1.1.1 MSC. Software 公司和 VPD 技术

MSC. Software(MSC. Software Corporation, 或写作 MSC)公司创建于 1963 年,总部设在洛杉矶,是享誉全球的虚拟产品开发工具供应商。其最早最著名的产品是大型通用结构有限元分析软件 MSC. Nastran。MSC. Nastran 软件始终作为美国联邦航空管理局(FAA)飞行器适航证领取的唯一验证软件。

经过 40 年来的努力,MSC. Software 成为行业的领导者之一,为航空航天、汽车、通用机械、医疗、生物力学、铁道、运输、消费电子等各行各业的制造企业、研究机构提供仿真技术和相关服务。MSC. Software 公司现在拥有 1500 多名员工,分布在 23 个国家。

MSC. Software 在中国已发展有北京、成都、上海、深圳四个办事处、一个工程咨询中心(CSC)和一个全球产品研发中心,年营业额达千万美元,拥有上千家用户,涉及航空航天、汽车、国防、机械、兵器、船舶、铁道、电子、石化、能源、材料工程、科学研究及大专院校等。

当前 MSC. Software 公司的使命是帮助全球客户更高效地利用虚拟产品开发(Virtual Product Development——VPD)技术,更快地开发出更好的产品。他们致力于满足全球制造企业、技术型公司、研究机构、高等院校在虚拟产品开发(VPD)方面的需求,同时提供高效率、有前途的就业环境,使公司能够在保持高效益的基础上不断发展。

MSC. Software 公司提供的仿真软件、专业服务以及企业级系统,帮助企业在产品设计、试验和制造过程中创造财富、节约时间、降低成本。MSC. Software 与全球数百个行业的数千家企业一道,利用信息技术、软件、服务和系统,增强了产品开发能力、优化了产品开发流程。

当今企业面对着激烈的竞争:苛求的客户、细分的市场、越来越复杂的产品、越来越短的产品生命周期、严格的法规 and 环境保护要求、系统集成和供应链问题、爆涨的样机试验成本等等,MSC. Software 公司可以改进企业的新产品开发流程,帮助企业应对这些挑战。

无论是制造飞机、汽车、船舶、机床、复印机、医疗器械,还是高尔夫球杆、儿童玩具等,MSC. Software 都会一心一意地帮助企业改进新产品开发流程,使用户在虚拟产品开发(VPD)的各个环节——包括概念开发、详细设计、测试以及生产中,获得显著的改善。

VPD 允许用户借助计算机系统和软件技术建立产品开发环境,集成多种功能强大的设计和分析软件、协同和决策支持工具、高性能计算工具、流程捕获/自动化工具以及设计方法等,形成完善的工程计算环境。

VPD 专注于增强企业在产品开发中做出更好决策的能力,寻求更具有创新的产品设计,总是获得“正确的”产品:正确的性能、安全性、寿命、可制造性、可维护性、成本以及上市

周期, VPD 可以帮助企业确保其产品在设计、测试、制造和售后服务中不花费额外的时间和金钱即可满足这些目标。作为新产品开发流程中的一部分, VPD 强化了创新, 减少了风险和成本, 并提供了遍布企业内外的产品开发环境, 而且可以随时修正。

VPD 建立在企业现有的投资基础上, 包括设计和分析/仿真软件、计算机硬件、样机测试流程以及技术培训体系; 但更重要的是, VPD 建立在企业现有的新产品开发流程、核心技术知识和竞争力上, 促使企业显著地改善在最基本的产品开发流程上对于新技术的利用和协调。一个集成化的、管理完善的、高效率的、基于 VPD 的产品开发策略, 超越了制造企业本身, 扩展到配件商、分销/服务渠道, 并最终扩展到用户。而 MSC. Software 公司能够与企业一道, 通过软件、服务和系统将 VPD 变为现实。

为将设计和仿真软件的应用达到改进其产品开发流程, 制造企业告诉 MSC 公司, 他们希望不再从许多不同的供应商那里分别购买独立的 CAD/CAM/CAE 软件工具, 而试图将相关的工具组合起来联合工作。但许多相关因素却使这一目的很难实现, 如多个厂家不同的销售和技术支持、复杂且相互冲突的仿真软件的集成、数据模型在不同软件中的相互转换以及相互交叉的技术培训等。MSC. Software 已经建立了世界上范围最广泛的仿真分析软件体系, 也在各个学科获得了最高水平的应用。他们与 IBM 之间的战略合作伙伴关系使他们成为 IBM 最大的解决方案合作伙伴, 可以提供 Dassault Systemes 的全线 PLM 产品, MSC. Software 还被 IBM 选定为公认的 CATIA V5 集成仿真软件的合作伙伴。

为确保用户的 VPD 获得成功, MSC. Software 与用户全面合作, 评估用户的产品开发流程, 讨论并制定用户的 VPD 策略, 提交 VPD 实施路线图, 并提供必须的软硬件及相关技术, 从而保证 VPD 实施的成功, 确实地改进用户的产品开发流程。MSC. Software 服务范围从现场技术培训、工程技术人员参与课题, 到用户专用软件的开发、流程自动化、项目管理, 以至提供完整的、协同的仿真数据管理框架, 将虚拟产品开发的各部分与用户的产品开发流程实现集成。40 年来, MSC. Software 一直与世界领先的制造业厂商密切合作, 制定、开发关键技术, 建立流程知识, 应用工程经验并提供工程解决方案。

MSC. Software 的客户正在将虚拟产品开发 (VPD) 变为企业最重要的经营策略之一, 利用其可靠的能力, 显著地改善他们在产品的发明、设计、测试、制造和服务方面的模式。MSC. Software 强大的、集成化的 VPD 软件、系统和服务系列, 正在帮助用户将可能性变为现实, 使他们在比以往更快、更高效地制造出产品的同时将更好的产品推向市场。

1.1.2 MSC. Software 公司的发展历程

MSC 公司发展重大历史事件见下表:

表 1-1 MSC. Software 公司发展历程

今天	MSC. Software 推出 Virtual Product Development (VPD) 虚拟产品开发战略
2002	MSC. Software 兼并 Mechanical Dynamics, Inc. 公司 MSC. Software 获得当年 Dassault Systemes 最佳代理奖 MSC. Software 获得 IBM PLM 业务伙伴第一名 MSC. Software 协助 NASA 设计并测试其数字化航天飞机
2001	MSC. Software 在深圳成立办事处 MSC. Software 兼并 Advanced Enterprise Solutions, Inc. 公司

续表

2001	Dassault Systemes 与 MSC. Software 重新定义 PLM 分析和仿真市场 MSC. Software 帮助 LEGO 公司降低生产成本并加速产品投放市场 MSC. Software 利用 3D 锻造仿真软件的发布,帮助企业降低成本
2000	MSC. Software 获得世界级铁道系统制造商(ADtranz)设计技术独家供应商地位 Airbus 公司在 A3XX 项目中选择 MSC. Software 作为仿真技术供应商 MSC. Software 建立工程网上交易平台(B2B)(http://exchange.engineering-e.com) MSC. Software 建立 Linux 业务(http://www.msclinux.com)
1999	MSC. Software 在上海成立办事处 MSC. Software 首次举办汽车业应用大会,300 家领先企业参会 Engineering-e.com 实现 ASP 方式提供网上即时使用权 MSC. Software 兼并 Universal Analytics, Inc. 公司 The MacNeal-Schwendler 公司(MSC)兼并 MARC 公司 The MacNeal-Schwendler Corporation 更换公司名称为 MSC. Software Corporation MSC. FlightLoads and Dynamics 在航空航天技术周获得金牌 MSC 建立 Engineering-e.com 部门并在国际互联网上开展业务 MSC 建立“工作知识(Working Knowledge)”部门
1998	MSC 在成都成立办事处 MSC 兼并领先的 2D 和 3D 运动学仿真软件的开发者 Knowledge Revolution 公司 MSC 任命 Frank Perna 为董事长兼首席执行官 MSC 兼并工程服务及客户化服务公司 Silverado Software & Consulting, Inc. (SSC) MSC 发布 MSC. Acumen,是基于 MSC 核心技术的客户化工具,并结合了专业化服务
1997	MSC 发布用于高级机身建模的 MSC. SuperModel
1996	MSC 股票转移到纽约证券交易所,以 MNS 的代号进行交易 MSC 在巴西设立办事处,扩展拉丁美洲业务
1995	MSC 互联网站开始运行 MSC 与 CAE 合作伙伴开展增值代理渠道销售 MSC 与 EDS Unigraphics 扩充了市场开发协议
1994	MSC 通过兼并前后处理软件开发商 PDA Engineering 公司,成为 MCAE 市场最大的独立供应商 MSC 推出 MSC. Nastran for Windows,将世界最著名的有限元软件运行在 PC 平台上
1993	MSC 在北京成立办事处 MSC 在莫斯科开办分支机构 MSC 庆祝公司成立 30 周年
1991	MSC 推出 MSC. Dytran,应用于实体、结构和流体的高度非线性动态响应分析
1989	MSC 通过兼并荷兰 PISCES International B. V. 公司而进入高度非线性分析市场
1986	MSC 在福布斯“美国最佳 200 小型公司”排名中列第 40 位
1984	MSC 股票进入美国证券交易所,以 MNS 的代号进行交易
1983	MSC 成为上市公司,股票在 OTC 市场进行交易
1976	MSC 在日本东京开设新办事处,扩展亚太地区业务
1973	MSC 在德国慕尼黑开设新办事处,扩展欧洲业务
1971	MSC 发布自有产权的 NASTRAN 版本,命名为 MSC. Nastran

续表

1965	MSC 参加由 NASA 出资主办的标准化计算机结构分析项目,此项目称为 NASTRAN(NASA Structural Analysis Program 即 NASA 结构分析程序),是国际上最早将计算机应用于结构力学分析的项目之一
1963	MSC 由 Richard MacNeal 博士和 Robert Schwendler 先生联手创办,初始投资 \$ 18,000 美元开发第一个软件程序,名为 SADSAM(Structural Analysis by Digital Simulation of Analog Methods)

1.1.3 MSC, Software 公司的产品

MSC, Software 公司的产品系列如下图所示。

SimOffice™
MSC.SOFY
MSC.Patran®
MSC.Nastran™
MSC.Marc®
MSC.EASY5™
MSC.Dytran®
MSC.ADAMS®
MSC.Actran™
SimDesigner™
MSC.SimManager™
MSC.MasterKey™
LS-DYNA

图 1-1 产品系列

1. SimOffice™

SimOffice™是一个独立的多学科集成仿真环境,工程师可以在这个环境中建立、测试、检查和改进设计。产品开发工程师可以利用 SimOffice™获得提高产品性能和加速创新的共享知识和技术。

SimOffice™是由用户所熟悉的技术和软件构架的 VPD 工具,它涵盖了 MSC, Software 的主要产品系列,包括 MSC, Nastran™, MSC, Patran™, MSC, ADAMS®, MSC, EASY5™, MSC, Marc®, MSC, SOFY™, MSC, Dytran®和其他可以被 MSC, MasterKey™授权系统管理的独立的应用软件。

新的软件组成包括为特定市场正在开发的新的前后处理界面和模块,远景是让产品开发者从不同领域的独立研究转向一个可靠的且集成性好的统一构架的环境中,迎接产品研发带来的挑战。

产品特色:借助于这个多学科集成的环境,创造更好的设计理念;提高生产力,实现统一的数据传递、统一模型、统一模板和用户经验;简化软件的使用,降低对软件不同的依赖性;提供可扩展性的不断进化的构架系统,减少产品研发过程的不连续性。

(1)FE-Fatigue™

帮助降低产品重设计的成本,避免过于保守的设计,最大程度满足客户长寿命产品设计要求,大大缩减测试成本。

(2)MSC, Actran™

最全面的预测结构和机械系统声场和振动—声场性能的工具。

(3)MSC, Acumen™

授权给设计工程师以仿真专家技术。

(4) MSC. ADAMS®

使用功能化虚拟样机,用户可以在做物理样机实验前对机械系统进行建立、实验、结果回放并进行设计改进。

(5) MSC. AFEA™

MSC. AFEA 是由世界领先的前后处理软件 MSC. Patran 和高级非线性有限元软件 MSC. Marc®联合组成的产品包,用于加强虚拟产品发展(VPD)。

(6) MSC. Dytran®

仿真极度非线性,瞬态动力响应,流固耦合问题的通用软件。

(7) MSC. EASY5™

虚拟系统的建模、分析和控制软件。

(8) MSC. Explore™

模型越来越复杂,所要评估的载荷工况越来越多,工程师面对大量的数据要去处理。

(9) MSC. Fatigue™

建立在 CAE 技术基础上的耐久性和损伤容限分析。

(10) MSC. FEA™

MSC. FEA 是两大优秀软件 MSC. Nastran 和 MSC. Patran 无缝集成于一体的面向工程师的分析软件,它经济实惠,是集 CAD 接口、几何建模、网格划分、前后处理和有限元分析器的一个软件包。

(11) MSC. FlightLoads™

航空设备外部动载荷的预测。

(12) MSC. Marc®

MSC. Marc 是世界领先的有限元分析程序,从简单的线性静力问题到复杂的非线性接触、屈曲、动力学、热分析和热-机耦合问题均能求解。

(13) MSC. Nastran™

MSC. Nastran 是世界上最广泛被采用的有限元程序,解决从简单到复杂、结构线性、非线性、热、流体和耦合系统等问题。

(14) MSC. Patran®

有限元建模环境的行业领先者。

(15) MSC. SOFY

MSC. SOFY 支持面向对象技术,具有可编程性和可扩展性。它的高度交互和可视化界面为 CAE 用户提供了性能良好的工程分析和设计环境。

(16) MSC. SuperForge™

MSC. SuperForge 提高锻造产品质量,降低损耗。

(17) MSC. SuperForm™

MSC. SuperForm 是 MSC. Marc 的专业应用版,用于部件制造过程的模拟和优化。

(18) MSC. SuperModel®

大型装配结构的工程设计与分析,经常由多个项目工程师或多个项目组管理与负责不同的部件。除了对每一个独立的部件进行建模和仿真外,整个装配体也必须被检验。

(19) MSC. visualNastran 4D™

MSC. visualNastran 4D 将运动仿真和有限元分析集成在桌面环境中。

2. SimDesigner™

MSC. Software 的集成于 CAD 的仿真解决方案能够促使企业部门协调与数据集中管理。SimDesigner Enterprise 提供一个直观的,集成于 CAD 环境的分析工具,使设计工程师及其设计团队能够在设计早期即进行可重复的,有完善的文档描述的仿真分析。企业中的产品设计人员都能在统一环境中对产品进行协同的性能仿真。

(1) 利用前期分析取得设计突破

制造商面临全球的激烈竞争,消费者的苛求,设计产品的日趋复杂,不得不大大缩短产品开发周期,承受利润压力以及很多其他方面因素的挑战。这些挑战给制造商在产品设计生命过程中造成巨大的压力,它促使制造商寻求加速产品设计的途径,降低设计费用并同时提高产品质量与创新。

传统的设计流程严重地阻碍了企业对设计流程做出重大改进。通常,设计人员设计好产品之后才把问题扔给分析专家来进行分析。但是当这些分析进行完毕之后,对于产品性能提升与创新都已经太晚了。这样的流程造成设计创新困难且费用昂贵。

如果能消除设计人员与分析人员之间的障碍,并能在设计阶段即开展非常有价值的仿真分析,将带来什么不同呢?这正是机智的制造商开始做的事情,就是采用 SimDesigner Enterprise,并获得了非常好的结果:更早更好的决策,缩短产品推向市场的时间,降低设计费用,更快更有竞争力的创新。

(2) 友好、易用的集成仿真工具包

SimDesigner Enterprise 给设计工程师提供了一个基于 CAD 环境的、富有弹性的、方便易用的仿真工具。在设计阶段的早期即使用仿真技术可以使用户进行更多的 what-if 研究,及早地发现设计瑕疵。这套丰富的工具包包括多学科仿真平台以及数据、流程管理和工作协同管理平台。

SimDesigner Enterprise 包括:集成于 CATIA V5;多学科仿真分析平台(结构分析平台、线性和非线性、运动/动力学分析平台、热分析平台、碰撞分析平台);接口模块;数据管理与工作协同。

(3) 多学科仿真平台提供强大而准确的仿真计算能力

SimDesigner Enterprise 提供集成的易用的仿真分析平台,使用户能够在不脱离 CAD 环境的情况下对子系统或者完整系统进行多学科仿真分析。例如:设计工程师可以使用运动学仿真平台,将装配施加载荷,进行多体动力学仿真分析。从运动分析得到的载荷又可以为后续结构分析提供边界条件。工程师在进行这些工作的时候不需要脱离 SimDesigner 环境,无需任何微小的数据转换,因而极大地降低人为误差。这种在设计前端的仿真分析可以大大加速产品定型并及早找到设计缺陷。

3. MSC. SimManager™

在今天的竞争环境中,许多公司都利用虚拟产品开发系统(VPD)实现功能化虚拟样机的全寿命管理,帮助企业增强创新,降低风险和成本。在企业内部资源共享,随着时间不断细化并与现实互动。

在 VPD 内部,虚拟仿真包括建立仿真模型、求解、工程评估报告和反复循环,达到改善

设计的要求。这些是保证流程有效性、重复性和可视性的关键,也是保证你的专家能够适当地控制流程,其他人能访问这个仿真系统包括从 CAD 环境和 Web 环境直接访问这个系统的关键。

仿真数据管理(SDM)就是这样一个系统,它是在 VPD 中管理与仿真有关的数据和流程,SimManager 能够使企业在 VPD 的基础上有效地执行仿真计算。

2005 年 4 月,MSC. Software 公司宣布全球第三个 MSC. SimManager 产品研发中心在北京正式成立。其目标是与全球 MSC. Software 的 MSC. SimManager 产品研发中心一起协同研发,致力于开发出满足世界各地制造业企业所需的,以功能化驱动为标志,以虚拟样机为体现,以促进产品创新开发为目的的数字化仿真平台(MSC. SimManager)。

在此之前,MSC. Software 公司专门针对 MSC. SimManager 的软件研发,分别在美国底特律和德国慕尼黑设立了专门的产品研发中心。在北京成立的产品研发中心,是 MSC. Software 公司在亚太地区第一个 MSC. SimManager 产品研发中心,从而使得中国也纳入到 MSC. Software 全球产品开发的团队中。MSC. SimManager 产品中国研发中心将由位于美国总部的 SimManager 产品研发团队直接领导,依靠其多年为中国和亚太地区客户实现仿真流程客户化和大型咨询项目的实施经验,直接参与对 MSC. SimManager 产品线软件内核、架构和门户等的设计和开发。

设立在北京的 MSC. SimManager 产品中国研发中心,是在原有的 MSC. Software 中国咨询中心(CSC)的基础上成立的。作为 MSC. SimManager 产品中国研发中心的前身,MSC. Software 中国咨询中心(CSC)拥有多年在航空航天、汽车、船舶和电子等制造业行业实施大型咨询项目的丰富行业知识和专家经验。

获益:对所有数据和模型进行统一管理,对重复性设计可及时获得一致的数据;在 VPD 环境中,协同工作,进行分析和设计;提高了自动化程度,减少了人工劳动;在一个流程中集成多种分析域。

4. MSC. MasterKey™ Licensing System

MSC. MasterKey 系统是投资回报率高的 CAE 系统。MSC. Software 拥有全球范围最广泛且功能强大的 CAE 软件家族。

MSC. MasterKey™ 则提供一个弹性的软件授权系统,让客户能用最省钱的方式使用超过 200 个 MSC. Software 的 CAE 模块。在以 Token(虚拟代币)的数量计价软件的前提下,MSC. MasterKey™ 可协助企业建立完整的虚拟产品开发(Virtual Product Development,简称 VPD)环境。可以在有限的预算下,以各领域最顶尖的 CAE 工具发挥最高的生产力。

MSC. MasterKey 的使用方式:在以 Token(虚拟代币)数量控制软件用量的前提下,用户所购买的是 Token 的数量,而非个别的 CAE 软件模块。依照价值的比例原则,不同的软件或模块在被使用时将占用不同的 Token 数;在用户退出某个软件或模块后,其所占用的 Token 数就会归还给 MSC. MasterKey™ 软件授权系统,以继续提供其他软件或模块(或其他人员)使用。

在以上的弹性软件授权方式下,MSC. MasterKey™ 既可以涵盖不同类型(或不同 MSC. MasterKey 人员)的 CAE 工作需求,又可以减省繁琐的个别软件采购作业程序。

特色:充分利用全球最完整的 CAE 软件家族,加速产品研发与创新;MSC. MasterKey™ 所提供软件授权系统兼具弹性、可管理性与可扩充性,可促进跨部门的研发团队合

作;以 Token(虚拟代币)的数量计价软件,减少闲置不用的 CAE 软件开支,降低财务负担与风险;避免因为采购偶尔使用的 CAE 软件衍生的行政作业与财务负担;当 CAE 软件数量或功能不足时,提供较弹性与低成本的升级或扩充方案;相同的 Token 数可应用在产品设计与开发的不同阶段,进行不同类型的 CAE 工作;MSC. MasterKey™ 大幅降低添购 CAE 软件的需求与新供货商评估的成本,同时减少与不良供货商合作的风险,受惠者将包括:CAE 工程人员与经理,采购部门,IT 部门,企业主。

5. LS-DYNA

世界上著名的通用显式动力分析程序。

LS-DYNA 以 Lagrange 算法为主,兼有 ALE 和 Euler 算法;以显式求解为主,兼有隐式求解功能;以结构分析为主,兼有热分析、流体-结构耦合功能;以非线性动力分析为主,兼有静力分析功能(如动力分析前的预应力计算和薄板冲压成形后的回弹计算);特别适合求解各种结构的高速碰撞、爆炸和金属成型等高度非线性瞬态动力学问题。在工程界得到广泛应用并被认为是最佳的显式分析软件包,与实验结果的无数次对比证实了其计算的可靠性和准确性。

LS-DYNA 的前身是由 John O. Hallquist 博士在美国劳伦斯·利渥摩尔国家实验室主持开发的 DYNA3D、DYNA2D 程序系列,当时开发的主要目的是为武器设计提供分析工具。1988 年底,John O. Hallquist 博士创建了 LSTC 公司,大大加快了软件开发的步伐,并将 LS-DYNA 的应用由国防军工推广到民用产品。1997 年 LSTC 公司将 LS-DYNA2D、LS-DYNA3D、LS-TOPAZ2D、LS-TOPAZ3D 等程序合成一个软件包,称为 LS-DYNA,版本 940。以后的数年中分别推出了 950、960、970 版,增加了汽车安全性分析、板成形过程模拟、ALE 和 Euler 算法、不可压缩流体、新的材料模型、新的接触功能、隐式算法、双精度计算、新单元形式等功能。2003 年,LSTC 与 MSC. Software 公司签署合作协议,将 LS-DYNA 程序集成于 MSC. DYTRAN 和 MSC. NASTRAN 程序,大大增强了 LS-DYNA 的分析能力。

目前,LS-DYNA 程序系列被公认为是显式有限元程序的鼻祖和理论先导,是目前所有显式求解程序(包括显式板成形程序)的基础代码。

(1) 主要应用领域

① 汽车工业

碰撞分析、乘员约束系统及气囊设计、乘客被动安全、部件加工、轮胎在积水路面排水性和动平衡分析。

② 国防与军工

内弹道及终点弹道效应、侵彻与开坑、装甲和反装甲系统、穿甲弹与破甲弹设计、战斗部结构设计及起爆参数/杀伤元素优化、冲击波传播、空气/水/土壤与容器中爆炸、爆炸成形、爆炸分离、爆炸容器的设计优化分析、激光束/定向能等多种动态载荷加载模拟分析、爆炸对建筑物等设施结构的破坏分析、核废料容器设计等。

③ 电子工业

跌落冲击分析、包装设计、热分析、电子封装、电子产品抗冲击性设计。

④ 航空航天

鸟撞、叶片包容性设计、异物损伤分析、飞机结构冲击动力分析、碰撞、坠毁、冲击爆炸及

动态载荷、火箭级间分离模拟分析、宇宙垃圾碰撞、特种复合材料设计、制造工艺仿真及优化。

⑤成型工艺仿真

冲压、锻造、铸造、切割、点焊、铆接、螺纹连接结构的分析等。

⑥建筑业

地震安全、混凝土结构、爆破拆除、公路桥梁设计。

⑦石油工业

液体晃动、完井射孔、管道设计、爆炸切割、事故模拟、海上平台设计等。

⑧其他应用

玻璃成型、塑料、模具成型、生物医学、体育器材(高尔夫杆、高尔夫球、棒球杆、头盔)、箱体结构及多孔材料分析。

(2)LS-DYNA 特色

显式求解为主兼有隐式算法,适合于求解高速、高度非线性问题;具有 160 多种材料模型,是材料模型最为丰富的有限元软件;具有 50 多种接触类型,是接触类型最为齐全的有限元软件;极好的并行计算能力,包括分布式并行算法(MPP)和共享内存式并行(SMP)。良好的自适应网格剖分技术,包括自适应网格细分和粗化;行业化的专用功能:如针对汽车、板成形行业。

(3)LS-DYNA 功能描述

①分析能力

非线性动力学分析、多刚体动力学分析、准静态分析(钣金成型等)、热分析、结构-热耦合分析、流体分析(包括欧拉方式,任意拉格朗日-欧拉(ALE),流体-结构相互作用)、不可压缩流体 CFD 分析等、有限元-多刚体动力学耦合分析(MADYMO, CAL3D)、水下冲击、失效分析、裂纹扩展分析、实时声场分析、设计优化、隐式回弹、多物理场耦合分析、自适应网格重划、并行处理(SMP 和 MPP)。

②材料库(160 多种)

金属、塑料、玻璃、泡沫、编制品、橡胶(人造橡胶)、蜂窝材料、复合材料、混凝土和土壤、炸药、推进剂、粘性流体、用户自定义材料。

③单元库

体单元、薄/厚壳单元、梁单元、焊接单元、离散单元、束和索单元、安全带单元、节点质量单元、SPH 单元等。

④接触方式(50 多种)

柔体对柔体接触、柔体对刚体接触、刚体对刚体接触、边-边接触、侵蚀接触、充气模型、约束面、刚墙面、拉延筋。

⑤状态方程

在 LS-DYNA 的材料模型中有较多的非常规材料可通过状态方程来描述,如高速碰撞下的结构材料、流体、物质燃烧等有化学反应的过程都必须采用状态方程来描述。LS-DYNA 有 14 种状态方程,可以描述各种非常复杂的物理现象中材料的体积变形行为。

⑥汽车行业的专门功能

安全带单元、滑环、预紧器、牵引器、传感器、加速计、气囊、混合 III 型假人模型。