



国家自然科学基金重点项目

虚拟制造的 理论、技术基础与实践

严隽琪 等著

ZHIZAO de
LILUN JISHU
JICHU
YU SHIJIAN

上海交通大学出版社

国家自然科学基金重点项目

虚拟制造的理论、技术基础与实践

严隽琪 范秀敏 马登哲 等 著

上海交通大学出版社

内 容 提 要

本书从理论研究、技术开发、成果应用三个不同层面及角度,系统论述了虚拟制造基础理论、技术方法和实践。内容包括虚拟制造的发展背景、虚拟制造的理论体系、虚拟现实技术基本原理、虚拟产品开发的产品建模和仿真技术、虚拟现实环境中虚拟产品开发的使能技术、虚拟生产系统规划的仿真与优化技术、虚拟制造过程的集成协同技术,以及结合工程应用进行虚拟制造原型系统开发和成果的应用等。

本书可作为高等工科院校本科生、研究生的教学参考用书,也可供从事产品创新设计与开发、生产组织与系统规划等大制造领域的科技工作者和企业工程技术人员阅读参考。

图书在版编目(CIP)数据

虚拟制造的理论、技术基础与实践/严隽琪,范秀敏,
马登哲等著. —上海:上海交通大学出版社,2003
ISBN 7-313-03480-6

I. 虚… II. ①严…②范…③马… III. 计算机
辅助制造 IV. TP391.73

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 077022 号
本书出版由上海科技专著出版资金资助

虚拟制造的理论、技术基础与实践

严隽琪 范秀敏 马登哲等 著

上海交通大学出版社出版发行

(上海市番禺路 877 号 邮政编码 200030)

电话:64071208 出版人:张天蔚

常熟市华通印刷有限公司印刷 全国新华书店经销

开本:787mm×1092mm 1/16 印张:19.75 字数:488 千字

2003 年 8 月第 1 版 2003 年 8 月第 1 次印刷

印数:1~1100

ISBN 7-313-03480-6/TP·574 定价:32.00 元

版权所有 侵权必究

出版说明

科学技术是第一生产力。21 世纪,科学技术和生产力必将发生新的革命性突破。

为贯彻落实“科教兴国”和“科教兴市”战略,上海市科学技术委员会和上海市新闻出版局于 2000 年设立“上海科技专著出版资金”,资助优秀科技著作在上海出版。

本书出版受“上海科技专著出版资金”资助。

上海科技专著出版资金管理委员会

推動科技出版事業
提高學術研究水平

為「上海科技書著出版資金」題

徐匡迪

二〇〇〇年十二月十一日

前 言

本书论述的虚拟制造(Virtual Manufacturing, VM)是先进制造技术发展的一个重要部分,是利用计算机模型和仿真来实现产品的设计和生产的技术,它以信息技术、仿真技术、虚拟现实技术为支持,在产品设计或制造系统的物理实现之前,通过各种数字化模型的仿真实验,能使人预测或感受未来产品的性能或者制造系统的状态,从而可以作出前瞻性的决策与优化实施方案。当今以“市场需求”为牵动力的制造企业,要求对不断增加的动态创新和需求作出快速响应,使工程师不得不减少样机的设计和分析评价时间。由于虚拟制造技术(数字化辅助技术)的应用,在以往的 CAD/CAE/CAM/CAPP 等基础上进行延伸,从根本上改变了设计→试制→修改设计→规模生产的传统制造模式,从而大大缩短了产品开发周期,提高了一次成功率。这无疑对科研、生产、教育等有着重要的意义。

作者所在的课题组从 1998 年就开始关注国际技术前沿“虚拟制造”领域的研究,并在 1999 年获得国家自然科学基金重点项目“虚拟制造的理论与技术基础”资助,在项目开展过程中,又申请到 863 计划、上海市科委和企业等多项科研项目。几年来,课题组从理论研究、技术开发、成果应用三个不同层面及角度,较系统地开展了从理论和技术基础到基于虚拟环境的虚拟产品开发和生产系统使能技术及其工程应用的研究与开发,形成了以数字化建模和拟实化映像为主要目标的虚拟制造理论体系;给出了以产品定义数据、环境定义数据以及产品与环境的相互作用为三要素,以揭示产品形体、功能、行为及可测试性、可制造性等为内涵,具有应用性能预测等特点的全息产品建模原理与方法,从而将产品的“设计空间”拓展到“试验空间”;建立了以集成规划、系统建模、优化评价三视图为特征的、生产系统多层次规划的、从量到质优化演变的生产系统规划评价体系,将生产系统的“规划空间”拓展至“运行空间”;开发了以虚拟现实图形环境、科学计算仿真环境和多通道感知环境为构成要素的虚拟样机开发沉浸感知的支撑系统;并结合工程应用进行虚拟制造原型系统开发和成果的应用。可以说,本书的内容是在诸多项目的研究和应用成果积累的基础上进行总结而成的。

本书的内容源于国家自然科学基金重点项目“虚拟制造的理论与技术基础”和由此项目衍生的其他国家、上海市或多项企业应用项目的研究和应用成果,书中各章节的内容安排如下:

第 1 章主要介绍虚拟制造技术的发展现状、虚拟制造的定义及分类、虚拟制造与其他相关概念之间的异同以及包括虚拟制造在内的数字化辅助技术的发展趋势。

第1章 绪论	第2章 虚拟制造的体系结构	第3章 虚拟现实的基本原理	第9章 工程的虚拟制造应用系统
		第4章 虚拟产品开发的建模原理与技术	
		第5章 基于VR的虚拟产品开发使能技术	
		第6章 虚拟生产系统规划的优化和仿真技术(1)	
		第7章 虚拟生产系统规划的优化和仿真技术(2)	
		第8章 虚拟制造过程的集成协同技术	

第2章主要论述虚拟制造系统的体系结构及开展虚拟制造的支撑技术,以该章节为总领,引出后续第3章至第8章阐述的与虚拟制造相关的理论和技术基础。

第3章主要描述虚拟现实技术的基本原理与技术基础,包括立体透视投影、虚拟环境下的三维建模和模型转换的数据修复、实时图像生成、虚拟物体的拾取与漫游等。

第4章主要论述支持虚拟产品开发的全息产品建模原理、全息产品建模的形式化描述、全息产品建模思想用于产品开发,以及提出基于仿真元模型的方法进行虚拟产品开发的优化设计及其应用。

第5章主要论述基于虚拟现实的虚拟产品开发的使能技术,包括三维CAD实体数据的转换和精简技术、CAE分析数据的转换、矢量场数据的多种沉浸可视化表达算法实现和辅助数据表达的可听化方法,并介绍了虚拟装配技术。

第6章主要论述虚拟生产系统的系统层规划中的建模、优化和仿真技术,将数学模型与仿真模型的求解相结合,表现在多生产线系统的布局规划、装配线的单品种和多品种的混合平衡优化,以及以生产线缓冲量为代表的物流参数优化。

第7章主要论述虚拟生产系统的工位层规划和调度控制策略规划中的建模、优化和仿真技术。工位层内容涉及手工装配工位和机器人焊装工位,基于三维的虚拟环境进行工位的布局规划和机器人焊装路径的优化;论述对复杂的FMS进行调度控制策略规划的混合算法,并建立分布式半实物的仿真系统进行应用验证。

第8章主要论述支持虚拟制造的集成协同技术,包括为虚拟产品开发和生产规划等应用实施提供共享数据“总线”的产品平台数据管理技术,以及支持虚拟产品开发等应用的基于网络的异地协同环境技术。

第9章主要论述基于前述章节的理论和技術基础,面向产品开发和生产工程的虚拟制造软件系统,以及基于这些软件工具所开展的工程应用实例分析。

本书的章节结构由严隽琪拟定,并由严隽琪、范秀敏和马登哲对全文内容组织撰写、修改和定稿。此外,课题组成员吴智铭、鲍劲松、林毅、汪峥、皮兴忠、潘军、郝云堂、蒋祖华、欧阳兴、王玮、翟文彬等为课题研究成果的总结做了很多工作,金烨教授、张洁副教授对本书的撰写也提出了宝贵意见。

本书的出版,首先要感谢国家自然科学基金委员会长期以来对我们研究工作的支持,使我们的研究工作得以顺利开展;其次要感谢在一起工作四年的教师和研究生,没有他们的辛勤劳动,就没有本书的研究成果积累;最后,还要感谢与我们合作的研究者和合作单位,如上海交通大学机械与动力学院林忠钦教授、上海大众汽车有限公司、上海德尔福汽车空调有限公司、上海易初通用有限公司等,上述企业为本书研究成果的应用提供了很好的实施场地和实施对象。

由于作者水平有限,以及本书撰写的时间比较仓促,书中难免有错误和不当之处,恳请读者批评指正。

作者

2003年1月

上海交通大学

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 先进制造技术的发展与虚拟制造	1
1.1.1 先进制造技术及其特征	1
1.1.2 先进制造技术发展趋势	1
1.1.3 虚拟制造技术发展现状	2
1.2 虚拟制造的定义及分类	4
1.3 虚拟制造与其他相关概念之间的关系	5
1.3.1 VM 与仿真	5
1.3.2 VM 与计算机图形学	5
1.3.3 VM 与虚拟企业	5
1.3.4 VM 与虚拟原型	6
1.3.5 VM 与可视化	6
1.3.6 VM 与多媒体技术	6
1.4 数字化辅助技术的发展趋势	6
第 2 章 虚拟制造系统的体系结构	8
2.1 虚拟制造系统的体系结构	8
2.1.1 虚拟制造系统的体系结构及特点	8
2.1.2 虚拟产品开发的体系结构	13
2.1.3 虚拟产品生产规划的体系结构	14
2.2 虚拟制造的支撑技术	17
2.2.1 CAX/DFX 技术	17
2.2.2 建模/仿真/优化技术	20
2.2.3 数据可视化与虚拟现实技术	21
第 3 章 虚拟现实的基本原理	26
3.1 立体透视投影	26
3.1.1 立体视觉产生原理	26
3.1.2 立体透视平面投影	27
3.1.3 立体透视弧面投影	29
3.2 简单的三维建模	30
3.2.1 多边形网格	31
3.2.2 模型的构建技术	35

3.2.3 模型的校验与缝补	35
3.3 实时图像生成	37
3.4 细节层次	38
3.4.1 实例 1:场景图	38
3.4.2 实例 2:船舶机舱的管道	40
3.5 人与虚拟物体的交互	41
3.5.1 二维物体的拾取	41
3.5.2 三维物体的拾取	42
3.5.3 漫游导航	44
3.6 碰撞检测	44
3.6.1 解析法	44
3.6.2 几何法	45
第 4 章 虚拟产品开发的建模原理与技术	47
4.1 虚拟产品的概念	47
4.1.1 虚拟产品的提出	47
4.1.2 虚拟产品的定义	48
4.1.3 虚拟产品的特点	49
4.2 产品建模理论	50
4.2.1 产品建模理论回顾	50
4.2.2 全息产品建模原理	53
4.2.3 全息产品建模的形式化描述	56
4.2.4 全息产品模型的应用实例分析	64
4.3 虚拟产品性能仿真分析与优化	77
4.3.1 虚拟产品性能仿真技术	77
4.3.2 基于虚拟产品的仿真元模型	78
4.3.3 响应面模型	80
4.3.4 克里格模型	83
4.3.5 基于元模型的虚拟产品性能仿真集成和优化	85
4.4 产品开发过程建模及与产品模型演化相融合	85
4.4.1 产品开发过程建模	89
4.4.2 产品设计过程和产品模型演变的融合和演化	90
第 5 章 基于 VR 的虚拟产品开发使能技术	96
5.1 工程虚拟现实应用的数据模型准备	96
5.1.1 CAD 数据的精简	97
5.1.2 CAE 数据的转换	100
5.2 矢量场数据沉浸可视化	101
5.2.1 科学计算可视化技术的概述	101

5.2.2 科学计算可视化的基础技术	103
5.2.3 矢量场数据的沉浸可视化技术	106
5.2.4 矢量场特征可视化	115
5.3 特征数据的可听化技术	120
5.3.1 可听化技术概述	120
5.3.2 矢量场多元属性的声音表达	121
5.3.3 涡特征的声音表达	123
5.4 虚拟装配技术	127
5.4.1 虚拟装配模型	127
5.4.2 虚拟装配过程	130
5.4.3 典型虚拟装配系统功能介绍	131
第6章 虚拟生产系统规划的优化和仿真技术(1)	134
6.1 概述	134
6.2 生产系统仿真建模技术	135
6.2.1 面向对象的仿真建模方法	135
6.2.2 生产系统的面向对象仿真建模	136
6.3 生产车间的设备布局规划	142
6.3.1 设备布局问题的一般提法	142
6.3.2 生产车间布局问题的建模与求解	143
6.3.3 计算机辅助布局系统的开发	152
6.3.4 与仿真相结合的工程应用实例	155
6.4 装配生产线平衡工位的规划	159
6.4.1 问题的一般提法及解法	159
6.4.2 基于可行作业序列的遗传算法求解 SALBP-1 问题	160
6.4.3 基于遗传算法求解 SALBP-2 问题	166
6.4.4 混合装配线平衡问题的解决方案	168
6.4.5 装配线平衡问题的静态优化的动态仿真评价	173
6.5 缓冲区容量优化	175
6.5.1 缓冲区容量优化问题的描述	176
6.5.2 数学模型与仿真相结合的优化求解	176
6.5.3 参数设计应用分析	179
第7章 虚拟生产系统规划的优化和仿真技术(2)	182
7.1 概述	182
7.1.1 工位层的操作与布局规划	182
7.1.2 车间的生产管理和调度控制规划	183
7.2 工位层仿真建模技术	183
7.3 手工装配工位的规划	184

7.3.1	标准装配操作	185
7.3.2	手工装配工位的作业空间布置与仿真	186
7.4	机器人焊装工位的规划	187
7.4.1	机器人焊接加工任务分配	188
7.4.2	障碍与碰撞检测	191
7.4.3	加工轨迹规划	194
7.4.4	多机器人焊接加工路径的规划	196
7.4.5	焊装机器人加工路径规划方法应用	197
7.5	虚拟生产系统的控制策略规划	201
7.5.1	虚拟生产系统的调度控制问题	201
7.5.2	生产系统复杂调度的遗传优化方法	203
7.5.3	Petri 网与面向对象方法相结合的 FMS 建模方法	216
7.5.4	半实物分布式 FMS 生产过程仿真系统	219
第 8 章	虚拟制造的集成协同技术	227
8.1	产品数据管理的概念与发展	227
8.1.1	PDM 概念	227
8.1.2	PDM 概念的演化	228
8.1.3	现代 PDM 思想	229
8.1.4	PDM 与 VM	230
8.2	虚拟制造的集成协同框架	231
8.3	虚拟制造集成协同的关键技术	232
8.3.1	电子数据管理	232
8.3.2	变更控制与管理	238
8.3.3	产品平台技术	240
8.3.4	分布式协同环境技术	247
第 9 章	面向产品开发和生产工程的虚拟制造软件系统及应用	253
9.1	虚拟现实软件系统的构成	253
9.1.1	虚拟现实的软件环境	253
9.1.2	虚拟现实软件系统的组成	253
9.2	工程分析矢量场数据多通道感知系统	256
9.2.1	软件系统的总体设计	257
9.2.2	融合真实感模型的可视化 subsystem 设计	258
9.2.3	可听化 subsystem 设计	264
9.2.4	系统功能的应用	266
9.3	虚拟客车车身开发	269
9.3.1	虚拟客车车身开发系统的集成平台	269
9.3.2	车身外形设计与性能分析	273

9.3.3	车身结构设计与性能分析	275
9.3.4	车身内饰设计与性能分析	279
9.3.5	虚拟客车样机和人机工程分析	281
9.4	生产系统集成规划的计算机辅助系统	284
9.4.1	虚拟工厂的集成支撑平台技术	285
9.4.2	装配生产线规划的辅助设计系统	289
9.4.3	装配生产线规划工程实例分析	299

第 1 章 绪论

1.1 先进制造技术的发展与虚拟制造

1.1.1 先进制造技术及其特征

先进制造技术(Advanced Manufacturing Technology, AMT)是国际上 20 世纪 80 年代末期提出的概念,内容包括了制造技术的各个方面(工程设计技术、管理技术、物流技术、相关学科支撑技术和支撑环境),是目前国际国内研究的热门领域,受到世界各国政府、企业界和学术界的高度重视。

先进制造技术是以提高综合效益为目的,以人为主体的,以计算机技术为支柱,综合应用信息、材料、能源、环保等高新技术以及现代系统管理技术,研究并改造传统制造过程作用于产品整个生命周期的所有适用技术的总称^[1]。由以上定义可以看出,先进制造技术有如下特点:

(1) 先进制造技术不是一成不变的,而是一种动态技术,其内涵随科技技术的进步而不断发展与延伸。它要不断吸收各种高新技术成果,将其渗透到产品的设计、制造、生产管理及市场营销的所有领域及其全部过程,并且实现优质、高效、低耗、清洁、灵活的生产。

(2) 先进制造技术并不摒弃传统技术而是不断用科技新手段去研究它,并运用科技新成果去改造它、充实它。

(3) 先进制造技术并不限于制造过程本身,它涉及产品从市场调研、产品设计、工艺设计、加工制造、售前售后服务等产品生命周期的所有内容,并将它们结合成一个有机的整体。

(4) 先进制造技术特别强调计算机技术、信息技术和现代系统管理技术在产品设计、制造和生产组织管理等方面的应用。

(5) 先进制造技术特别强调人的主体作用,强调人、技术、管理三者的有机结合。

(6) 先进制造技术不是一项具体技术,它是利用系统工程技术将各种相关技术集成的一个有机整体。

(7) 先进制造技术强调各专业学科之间的相互渗透和融合,淡化并最终消除他们之间的界限。

1.1.2 先进制造技术发展趋势

为适应 21 世纪的制造业市场、产品及企业特征的需要,21 世纪先进制造技术将向精密化、柔性化、网络化、虚拟化、数字化、智能化、清洁化、集成化及管理创新等方向发展。

(1) 绿色制造将成为 21 世纪先进制造技术的重要特征。日趋严格的环境与资源约束,使绿色制造越来越被重视,它将成为 21 世纪先进制造技术的一个重要特征。

地球的资源有限,环境污染问题已经非常突出。机械制造业不仅要解决自身生产过程中的污染和资源浪费问题,更重要的是要为社会提供在全寿命周期内没有污染、节约资源的各类产品。

(2) 以提高对市场快速反应能力为目标的制造技术将得到超速发展和应用。瞬息万变的市场促使交货期成为竞争力诸因素中的首要因素。为此,许多与此有关的新观念、新技术在 21 世纪将得到迅速的发展和应用。其中有代表性的是:并行工程技术、模块化设计技术、逆向工程技术、快速原型成形技术、快速资源重组技术、客户化生产方式。

(3) 虚拟制造技术和网络制造技术将被广泛应用。虚拟制造技术以计算机支持的仿真技术为前提,形成虚拟的环境、虚拟的制造过程、虚拟的产品、虚拟的企业,从而大大缩短产品开发周期、提高一次成功率。特别是网络技术的高速发展,企业通过国际互联网、局域网和内部网,可以实现对世界上任何一地的用户定单而组建动态联盟企业,进行异地设计、异地制造,然后在最接近用户的生产基地生产产品。

(4) 数字化、智能化是先进制造技术和机电产品的发展方向。将数字化技术用于制造过程,可大大提高制造过程的柔性;将数字化技术“融入”机电产品,可提高其性能,使之升级,以满足国民经济和人民生活日益增长的要求;将智能化技术注入先进制造技术和产品,可使之具有“智慧”,能部分代替人的脑力劳动。

(5) 成形技术和加工技术日趋精密化。成形技术正在从生产零件的毛坯、从接近零件形状向直接制成零件的净成形方向发展。据国际机械加工协会预测,21 世纪初,塑性成形与磨削加工相结合,将取代大部分中小零件的切削加工。加工技术正向着超精密、超高速的方向发展,超精加工已进入亚微米级加工时代,加工材料由金属扩大到非金属;超高速切削用于铝合金的切削速度已超过 1600m/min。

(6) 制造工艺、设备和工厂的柔性可重构性将成为企业装备的显著特点。先进的制造工艺、智能化软件和柔性的自动化设备、柔性的发展战略,构成未来企业竞争的软、硬件资源;个性化需求和不确定的市场环境,要求克服设备资源沉淀造成的成本升高风险,制造资源的柔性和可重构性将成为 21 世纪企业装备的显著特点。

(7) 21 世纪的企业面临“管理创新”。高速发展的信息化和国际化进程及激烈的市场竞争环境彻底动摇了 20 世纪的管理理论和管理方法,也改变了制造业的传统观念和生产经营方式,加速了现代管理理论的发展和创新。因此,全球正在兴起“管理革命”。近几年来,在日本、美国,有关制造的新概念层出不穷,例如,提出了精益生产、集成制造、敏捷制造、虚拟制造、智能制造、虚拟企业、全球制造等新的生产模式。这些模式的特点是:① 从以技术为中心向以人为中心转变;② 从金字塔式的多层次生产管理结构向扁平的网络结构转变;③ 从传统的顺序工作方式向并行工作方式转变;④ 从按功能划分部分的固定组织形式向动态的、自主管理的小组工作组织形式转变;⑤ 从符合性质量观向满意度质量观转变。⑥ 从重生产制造的两头在外、中间在内的“橄榄型”企业模式向重市场和开发的两头在内、中间在外的“哑铃型”企业模式转变。

1.1.3 虚拟制造技术发展现状

虚拟制造是 20 世纪 80 年代提出的概念,在 20 世纪 90 年代得到重视和发展。虚拟制造技术的研究与应用是以 CIMS 为基础的,如以 CAD,CAE,CAM 等单元技术和 DFA,DFM 等

集成技术、网络技术等为基础,更为强调可视化仿真和虚拟现实技术。目前虚拟制造的研究与应用已深入学术机构、企业乃至软件开发商。但由“虚拟”和“制造”的内涵理解有所不同,以及从事领域的差异,“虚拟制造”技术的发展会有不同的侧重。

1.1.3.1 学术研究

国外的大学及研究机构主要开展虚拟制造技术的基础研究与工具原型系统的开发。1989年,美国马萨诸塞州技术研究所的“虚拟制造”报告提出了虚拟制造在产品概念设计和早期性能评价方面的优势。1993年,美国爱荷华大学的报告“制造技术的虚拟环境”提出了建立虚拟制造的支持环境,包括虚拟制造的评估系统、装配顺序计划和材料去除过程模拟以及离线编程等技术。美国华盛顿州立大学的面向设计与制造的虚拟环境 VEDAM 系统是在 PTC 的 Pro/Engineer 等 CAD/CAM 系统上开发的,包括加工设备建模环境、虚拟设计环境、虚拟制造环境和虚拟装配环境。美国 Wichita 州立大学利用 WorldToolKit™ 虚拟环境开发工具对产品装配过程中的可达性问题和人机工程评价进行了研究。iViP (integrated Virtual Product creation) 是目前德国产品开发研究领域最大的研究课题,其研究周期从 1998 年 7 月至 2002 年 7 月,共有 250 个研究人员参与,覆盖了来自工业界、研究机构和大学共 53 个合作单位,其目的是通过基于 IT 技术的结构实现不同环境下的产品开发。英国 Bath 大学的 G. Bayliss 等人提出的 VMAN (Virtual MANufacturing) 计划旨在探索简易的虚拟现实技术对工程领域的计算机辅助设计的作用,在该计划中,利用虚拟现实技术生成工作空间,允许用户利用计算机中的虚拟机器设备制造产品,然后将该过程再现在真实的数控机床床上。在日本,已经形成了以大阪大学为中心的研究开发力量,主要进行虚拟制造系统的建模和仿真技术的研究,并开发出了虚拟工厂的构造环境 VirtualWorks,所有这些课题的目的都是为了实现世界级领先的新产品开发。

1.1.3.2 工业应用

国外许多知名企业已在积极开展虚拟制造技术的应用研究,特别是汽车、飞机、工程机械以及武器等产品的应用事例和成果层出不穷。美国国防部先进研究计划署 ARPA 致力于将虚拟环境与物理建模、分布离散性模拟等技术结合,为虚拟武器设计提供先进的手段。加利福尼亚的军火商 Rockwell International 开发了将现有 CAD 数据转换传递到虚拟环境的软件,工程技术人员能看见设备部件是如何被装配的,无须制作零部件的物理模型。作为制造技术应用最典型事例,波音飞机公司采用虚拟样机技术在计算机上建立了波音 777 飞机的最终模型,实现了整机设计、整机装配、部件测试等虚拟开发活动,使产品开发周期从八年缩短至五年。福特汽车公司已经计划应用虚拟环境技术于汽车设计与工程,该公司的先进车辆技术组应用虚拟制造技术于装配仿真和虚拟成形,以提高空气动力学、人机工程学和表面建模的效果。德国宝马汽车公司为车门的装配操作设计了一个虚拟装配系统,该系统能够识别语音输入,完成相应的操作,当发生干涉碰撞时,能够发出声音报警。食品生产商 Nabisco 计划将组装生产线进行拟实化,以便培训人员去维护和维修生产线。

1.1.3.3 软件系统

由于国外的软件开发基础雄厚,在强大的资金支持下,以独立功能为主的虚拟制造技术软

件不断出现和更新。在巨大应用需求的推动下,国外软件公司推出了 Deneb, Multigen, dVISE, WorldToolKit, Release X, EAI, EMPOWER 等一批支持虚拟制造的软件产品。这些制造软件系统平台的主要功能包括:实时交互虚拟环境建立、模型可视化、虚拟样机设计分析、虚拟环境漫游、离散事件仿真、加工过程仿真、虚拟装配和拆卸仿真、人体建模与分析、实时网上信息浏览、生产线布局、三维工程动画等等。从使用情况来看,这些软件有较大的应用范围和较好的应用效果,然而,这些软件相对而言都非常昂贵。

国内虚拟制造领域的研究属于起步阶段。由于它的潜在前景,已经引起了政府有关部门和科学界的重视。

1.2 虚拟制造的定义及分类

虚拟制造^[2](这里的制造指广义的大制造,包括产品的设计与生产)是指利用计算机模型和仿真来实现产品的设计和生产的技术,它以信息技术、仿真技术、虚拟现实技术为支持,在产品设计或制造系统的物理实现之前,就能预测或感受到未来产品的形态、行为和性能或者制造系统的状态,从而可以作出前瞻性的决策与优化实施方案。简言之,这是一种在计算机中实现的制造技术,它从根本上改变设计、试制、修改设计、规模生产的循环反复、串行式传统制造模式^[3]。

虚拟制造这个名词由两部分组成——“虚拟”与“制造”。虚拟不等于虚幻、虚无,它是指通过数字化手段对物质世界的真实表现,亦即对真实世界的动态模拟,而这种数字化支撑手段又称为虚拟现实技术;制造是泛指围绕产品全生命周期的整个活动过程,因此可以这样认为,虚拟制造是虚拟现实技术在制造中的应用或实现。

虚拟制造是一个集成的、综合的可运行制造的环境,用来改善各个层次的决策和控制。这儿的“综合”,指的是既有真实的,又有仿真的对象、活动和过程,是一种混合的状态;“环境”,是指提供的各种建模工具、分析工具、仿真工具、应用工具、控制工具、信息模型、设备,以及组织结构和方法,并以协同工作的方式,可支持用户构造特定用途的制造仿真;“运行”,指的是利用上述环境进行构造和操作特定的制造仿真;“改善”,指的是提高其精度,增强其直观性和可靠性;“层次”,指的是从产品概念设计到回收利用的各个阶段,从车间级到执行位置的各个等级,从物质的转换到信息的传递等各个方面;“决策”和“控制”,指的是进行改变而掌握其影响,预测效果的真实性。

随着 VM 这个新名词的出现,虽然,人们在努力给出 VM 的定义,但是往往都会从自身的研究领域或实践来定义它。因此,这些已给出的定义总会存在缺点或不理想之处,甚至有些混乱。虚拟制造是一个处于发展中的新概念,它将随着技术的发展和人们科学研究成果的积累而不断得到丰富和深化。根据目前 VM 研究中出现的不同侧重点,可以将 VM 归纳成不同的类别。

(1) “以设计为中心的 VM”。这类研究是将制造信息加入到产品设计与工艺设计过程中,并且在计算机中进行数字化的“制造”,仿真多种制造方案,检验其可制造性或可装配性,预测产品性能和报价成本。其主要目的是通过不同逼真程度的“制造仿真”来优化产品的设计及其工艺过程,尽早发现设计中潜在的问题。

(2) “以生产为中心的 VM”。这类研究是将仿真能力加入到生产计划模型中,其目的是