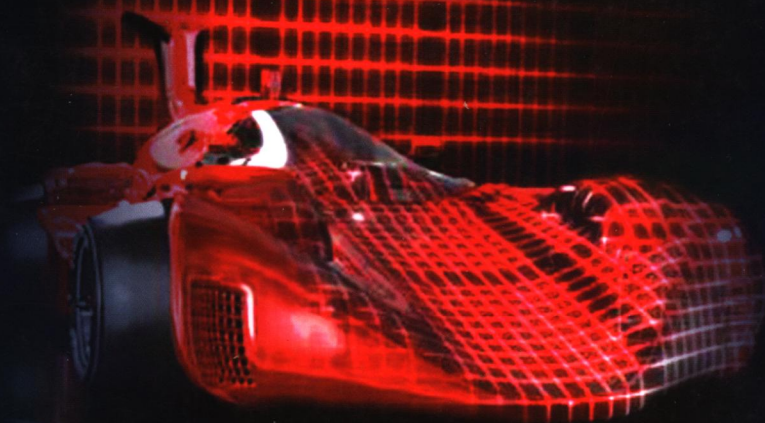


虚拟制造系统 与实现

朱名铨 张树生 等编著



91.73-43

西北工业大学出版社

818

TP391.73-43

282

虚拟制造系统与实现

朱名铨 张树生 等编著

西北工业大学出版社

【内容简介】 本书主要论述了虚拟制造系统的基本原理及主要功能的实现方法,并介绍了几个实际应用系统。

全书共 11 章。前 5 章为基础篇,重点阐述虚拟制造系统的基本概念、体系结构、建模方法、产品数据交换及各种建模语言,同时还介绍了虚拟现实技术基础;后 6 章为应用篇,论述和介绍了虚拟柔性制造系统构建、虚拟装配、虚拟加工过程仿真和虚拟测试等方面的最新研究成果及应用实例。

本书可供先进制造技术及虚拟制造科学研究工作者和工程技术人员参考,也可用作机械制造工程、航空宇航制造工程及相关专业研究生教材。

图书在版编目(CIP)数据

虚拟制造系统与实现/朱名铨,张树生等编著. —西安:西北工业大学出版社,2001. 10

ISBN 7-5612-1402-2

I. 虚... II. ①朱... ②张... III. 计算机辅助制造 IV. TP391.73

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 065833 号

出版发行:西北工业大学出版社

通信地址:西安市友谊西路 127 号 邮编:710072 电话:029-8493844

网 址: <http://www.nwpup.com>

印 刷 者:西安电子科技大学印刷厂印装

开 本:787 mm×1 092 mm 1/16

印 张:17

字 数:404 千字

版 次:2001 年 10 月第 1 版 2001 年 10 月第 1 次印刷

印 数:1~4 000 册

定 价:20.00 元

序



虚拟制造(VM, Virtual Manufacturing)是 20 世纪末在全球制造业中引起广泛关注的一种新的制造方法和模式,其本质是以计算机支持的仿真技术为前提,对设计制造等过程进行统一建模,在产品的设计阶段或产品制造之前,模拟产品制造全过程及其对产品的影响,预测产品的性能、成本和可制造性,从而减少产品开发过程的反复和资源的浪费,提高产品的开发效率,缩短开发周期。

虚拟制造被看做是 21 世纪制造业变革的核心技术之一,已经成为世界各国科技界、企业界研究的热点,我国的虚拟制造研究也得到了广泛的重视,如国家自然科学基金和国家 863 高技术研究发展计划对虚拟制造的研究均给予了重点资助。

虚拟制造的研究涉及多个学科领域,如 CAD/CAM 技术、计算机图形学、虚拟现实技术、仿真技术、信息网络技术、计算机集成制造技术、加工制造技术及人工智能技术等。随着这些技术的发展,虚拟制造技术的研究也跨入了一个新的阶段。它已经成为跨越学科和专业、融合各种先进技术为一体的现代制造支撑技术之一。

虚拟制造与其他先进制造技术并行发展,计算机集成制造、敏捷制造、并行工程、精益生产、绿色制造、智能制造等都在不同程度上与虚拟制造有着密切的关系并互相促进和影响。上述新的制造模式和技术虽然现在还不尽完善,但已显示出其强大的生命力和对制造业的巨大影响。

本书作者经过多年的研究,编写了《虚拟制造系统与实现》一书。该书从系统和实现两个方面对虚拟制造技术进行了介绍。在系统方面,论述了虚拟制造系统的基本概念;虚拟制造系统的体系结构和建模方法;基于 Agent 的虚拟柔性制造系统。在实现方法上,论述了虚拟制造系统的建模语言、虚拟现实技术、现代产品设计方法、虚拟装配、加工过程仿真、虚拟测试等,并给出了若干虚拟制造系统的实例。

该书的特点是:内容新、起点高,融入了许多新的现代设计制造方法和技术;强调理论联系实际,在许多章节都加入了实例,图文并茂;内容全面,包括了系统建模、实现方法、虚拟设计、虚拟制造、虚拟装配、虚拟测试、虚拟加工等。

希望通过该书的出版,使读者能够对虚拟制造技术有一个较为全面的了解,并为推动我国先进制造技术的研究和应用贡献一份力量。

杨海成*

2001 年 4 月

* 国家“十五”863 高技术研究发展计划先进制造与自动化技术领域现代集成制造系统技术主题专家组组长,西北工业大学常务副校长,博士生导师,教授。

前 言

回顾刚刚过去的 20 世纪,制造业经历了从手工劳动到机械化、自动化的巨大变迁和辉煌历程,促成了生产力的飞跃发展和人们物质生活的丰富;同时也经受过并正在经受着信息技术和环境污染的巨大冲击,甚至曾经被称为“夕阳工业”。但信息革命也为制造业的发展带来了新的契机和动力。信息技术渗入制造业,促成了企业结构的变更和新的制造模式的诞生。“虚拟制造”、“网络化制造”、“计算机集成制造”等新的理念和技术就是在这种背景下诞生的。

虚拟制造是在 20 世纪 90 年代提出的新概念,它的产生是需求牵引和新技术推动的结果,也是制造过程仿真科学发展的必然趋势。经济全球化与市场竞争的加剧,要求加速产品开发进程,实现一次设计、协同设计和零废品制造;信息技术、虚拟现实技术的发展,又为虚拟制造概念的形成与发展提供了条件。

虚拟制造已成为当今制造科学的学科前沿之一,受到国家政府部门、企业界和学术界的广泛重视。在国家自然科学基金委员会编辑出版的“先进制造技术基础——我国先进制造技术发展战策研究报告”中指出:“虚拟制造技术是先进制造技术的前沿和先导,是我国跨世纪发展先进制造技术的优先领域之一。目前可以从产品的零部件、加工过程和产品局部性能的虚拟制造研究开始,争取在 2010 年前能为飞机、汽车等复杂产品的虚拟制造提供理论方法和技术。”

虚拟制造已成为传统制造业与作为现代经济特征的信息产业的联系桥梁。它将信息技术的最新成果引入制造业,在促进新产品开发,提升传统产业水平,增强市场竞争力方面已显现出巨大的潜力,并必将成为信息化带动工业化的有力工具。

由于虚拟制造技术发展迅速,迄今为止,尚未见到国内有系统介绍该领域知识的专著问世,国外也只有研究报告或论文发表。本书总结了近几年来国内外在虚拟制造研究方面的最新成果,也是作者和作者的同事们近几年来在国家自然科学基金、航空科学基金和国家 863 项目等支持下开展的研究工作的综合。本书系统地介绍了虚拟制造的有关概念、相关技术、系统构建和典型实例。

本书可分为上、下篇。上篇为基础篇,包括第 1 章至第 5 章,主要介绍了虚拟制造的基本概念、虚拟制造与其他先进制造技术的关系、虚拟现实技术、虚拟制造系统的体系结构、建模环境和建模方法等。在虚拟制造系统特性及系统分类等方面介绍了作者的新见解。

本书下篇为应用篇,包括第 6 章至第 11 章,深入探讨了虚拟制造系统主要功能的实现方法及应用实例。在虚拟柔性制造系统(VFMS)、虚拟装配、虚拟加工过程仿真和板材成形仿真等方面详细介绍了作者的最新研究成果,其中也包括近几年来西北工业大学相关学科博士论文的部分内容。

本书由朱名铨、张树生组织编写并统稿。其中第 1 章、第 9 章由杨茂奎编写,第 2 章由朱名铨编写,第 3 章由张锋铭编写,第 4 章 4.4 节和第 5 章由张树生编写,第 4 章其余各节和第 6

章由黎永前编写,第7章由莫蓉编写,第8章由赵骥、朱名铨编写,第10章由刘笃喜编写,第11章由李建文编写,第9章9.4节由吴建军编写。

在本书编写过程中,张锋铭、乐清洪、马炳和、李建文等博士生在为本书搜集整理资料方面作了大量有益的工作,李建文、江月成为本书的绘图也付出了辛勤的劳动,在此一并表示感谢。

本书可供机械制造科学研究工作者及工程技术人员参考,也可用作机械制造及其自动化、航空宇航制造工程等有关专业研究生或者本科生教材。

由于虚拟制造正处于发展之中,尚未形成自己的完整体系,本书介绍的内容也还在不断地发展与完善。作者殷切希望本书的出版,能对我国虚拟制造研究的发展有所贡献,并进而促进我国制造业信息化的进程,欢迎广大读者对本书提出批评与改进意见。

编 者

2001年4月

目 录



第 1 章 绪 论	1
1.1 虚拟制造产生的时代背景	1
1.2 虚拟制造的概念	2
1.3 虚拟制造的相关技术及研究现状	6
1.4 虚拟制造与其他先进制造技术的关系	8
第 2 章 虚拟现实技术	13
2.1 概述	13
2.2 虚拟现实工具	17
2.3 虚拟现实建模技术	28
2.4 虚拟现实开发系统 VPL RB2	32
2.5 虚拟现实开发工具	37
附录 头盔显示器生产厂家及产品	45
第 3 章 虚拟制造系统的体系结构	50
3.1 虚拟制造系统的目标需求	50
3.2 虚拟制造系统模式	52
3.3 虚拟制造系统的体系结构	55
3.4 分布式虚拟制造系统	61
第 4 章 虚拟制造系统建模	66
4.1 概述	66
4.2 面向对象的建模方法	68
4.3 基于 Agent 的建模方法	71
4.4 Petri 网的建模方法	73
4.5 产品模型	81
4.6 设备资源模型	89
4.7 过程模型的建模技术	93
第 5 章 产品数据交换与建模语言	96
5.1 概述	96

5.2	STEP 产品模型数据交换标准	96
5.3	可扩展标记语言 XML	105
5.4	虚拟现实建模语言 VRML	112
5.5	Java 语言	117
5.6	CORBA 标准	118
5.7	产品数据交换技术在虚拟制造中的应用	121
第 6 章	虚拟产品开发与虚拟产品原型	126
6.1	现代产品设计方法概述	126
6.2	机床总体方案的虚拟设计	128
6.3	基于网络的虚拟协同设计	132
6.4	虚拟原型设计及应用实例	135
第 7 章	虚拟装配	139
7.1	虚拟装配建模	139
7.2	装配序列规划	148
7.3	装配路径规划	154
7.4	装配序列的评价	158
第 8 章	基于 Agent 的虚拟柔性制造系统及其实现	161
8.1	基于 Agent 的虚拟柔性制造系统	161
8.2	VFMS 的多 Agent 系统实现方法	168
8.3	系统行为及其表达方法	171
8.4	Agent 行为推理的 Petri 网模型	176
8.5	系统实现与运行	180
第 9 章	加工过程仿真	185
9.1	虚拟加工系统	185
9.2	虚拟加工建模	188
9.3	碰撞与干涉检测	192
9.4	板材成形及铸造过程仿真	195
9.5	加工过程分析中的有限元方法	201
9.6	磨削加工仿真	208
第 10 章	虚拟测试	212
10.1	概述	212
10.2	面向虚拟制造的虚拟测试技术	214
10.3	基于虚拟仪器技术的虚拟测试	220
10.4	虚拟坐标测量技术	228

10.5 虚拟传感器.....	235
第 11 章 虚拟制造系统实例	238
11.1 VirtualWorks 和 Open - VirtualWorks 系统	238
11.2 全生命周期设计虚拟试验平台 CSAT 系统	242
11.3 设计制造虚拟环境 VEDAM 系统	245
11.4 虚拟装配系统 VADE	246
11.5 数控铣床虚拟培训系统 VRTS	247
11.6 虚拟制造在微机械中的应用.....	248
参考文献.....	253

第 1 章 绪 论

1.1 虚拟制造产生的时代背景

虚拟制造是 20 世纪 90 年代提出的新概念,它是制造科学自身矛盾运动发展的必然,也是在激烈的市场竞争环境下产生的应对措施之一。同时,虚拟制造技术也是信息技术与制造科学结合的产物。

随着国际关系多极化、消费多样化、经济全球化和贸易自由化趋势的不断发展,以及对资源和环境的高度重视,世界各国重新审视制造业的生产方式,对制造业的发展提出了更高的要求 and 新的制约条件。21 世纪的制造业正面临着新的历史发展机遇和严峻挑战。

1.1.1 制造业经营策略的变迁

随着经济发展和市场日趋饱和,制造业实现了从卖方市场到买方市场的转变,远离物质匮乏的人们也对产品提出了更高的要求。产品消费节奏明显加快,新产品从投放市场到退出市场的时间由过去的十几年甚至几十年缩短到 2~3 年,甚至更短。同时求新求异的心理使消费个性化趋势日益增强,批量生产的产品逐渐为个性化、多样化的产品所取代。市场的动态多变化迫使制造业改变经营策略。

制造企业的战略变迁如图 1-1 所示。20 世纪 60 年代制造企业追求的是扩大生产规模;70 年代是降低生产成本;80 年代是提高产品质量;90 年代则将进一步加快市场响应速度列入企业追求的目标;而 21 世纪随着知识经济的到来,技术创新成为企业发展的灵魂。企业必须同时具备时间竞争能力、质量竞争能力、价格竞争能力和创新竞争能力才能赢得市场。改进产品功能、提高产品质量、缩短开发时间、降低生产成本、完善售后服务已成为制造业面临的共同任务。

经济全球化是当今世界经济发展

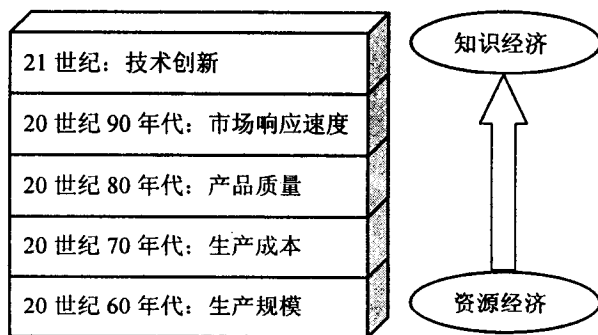


图 1-1 制造企业的战略变迁

的主要趋势。全球化是指资金、人才、技术等生产要素在全球范围内流动和优化配置。生产分工的专业化、国际化已成为当今社会生产发展的主要趋势和主要形式,为了利用当地廉价资源、降低生产成本、扩大生产规模,跨国公司将产品的零部件生产分布在多个国家进行。例如,美国波音公司生产的波音 747 飞机有 450 万个零件,分别由 62 个国家的 2 万多家企业生产;德国奔驰汽车的海外零件供应商有 5 万多家;IBM 公司的零部件 70% 来自海外。全球化趋势为制造业的优化配置提出了新的要求。

美国在 1995 年提出的“下一代制造(NGM, Next Generation Manufacturing)”项目认为:经济全球化是推动制造业变革的动力,顾客响应度、设备响应度、人力与组织响应度及全球的响应度是未来企业必须具备的属性。

1.1.2 信息科学推动了制造业的变革

近 20 年来,计算机科学和信息科学的迅速发展已经和正在促使人类生活、生产方式发生革命性的变化,全球正经历着由传统经济向知识经济、网络经济的转变。利用信息技术改造传统制造业已成为现代制造业发展的必由之路,信息技术已成为现代制造业的技术基础。

20 世纪 70 年代计算机技术的发展推动了计算机辅助设计(CAD)、计算机辅助工艺过程设计(CAPP)、计算机辅助制造(CAM)、物料管理规划(MRP)等工具与系统的开发与实现。80 年代初,以信息集成为核心的计算机集成制造系统(CIMS)的概念开始得到实施;80 年代末,以过程集成为核心的并行工程(CE, Concurrent Engineering)方法提出了在设计时考虑可制造性、可装配性的工作模式,并出现了产品数据管理(PDM)、工作流管理等业务流程的支持技术。进入 20 世纪 90 年代,虚拟现实技术的迅猛发展,促进了虚拟制造(VM, Virtual Manufacturing)的形成和发展,并进而推进了敏捷制造、虚拟企业等新概念的形成和实现。

美国拖拉机公司用虚拟设计方法代替常规设计方法,把原来从设计到定型所需的 6~9 个月时间缩短到不足 1 个月时间,而且允许用户在虚拟环境下观察试验(Field Test),并在 1993 年获得虚拟环境应用奖。

福特公司用“Ford Alpha Simulations Engineering”系统评价汽车装配,该系统把 CAD 系统所产生的文件送入 VR 系统进行装配(VR 系统包括 VPL 头盔显示器和数据手套)。

2001 年 9 月 7 日,一名美国纽约市的法国医生通过遥控机器人为远在大西洋彼岸的一名法国妇女成功地实施了腹腔手术。医生通过监视器,操纵两只装有内窥镜、手术刀和镊子等手术器械的机械臂,成功地切除了病变的胆囊组织。

1998 年 10 月,我国空军首次在由 126 台计算机组成的远程分布式网络系统上,成功地进行了一场高技术条件下的空对空战役对抗演习,从而实现了从“图上谈兵”到“网上演兵”的历史性跨越。

1.2 虚拟制造的概念

1.2.1 虚拟制造

虚拟制造(VM, Virtual Manufacturing)又称拟实制造,一些国外文献上也称为像素制造(Manufacturing on Pixels)或屏幕制造(Screen Manufacturing)。“虚拟”这个词目前在许多领

域不断被引用,从“虚拟存储器”发展到“虚拟现实”、“虚拟仪器”、“虚拟演播室”、“虚拟团队”等等。但什么是制造中的“虚拟”,目前还没有被广泛认同的定义,不同学者对虚拟制造概念的理解还有某些差异。

为了便于读者更准确地理解虚拟制造的各种定义,本书在给出定义译文的同时,特给出了定义的原文,以供读者对比参考。

1.2.2 日本学者 Onosato, Iwata 对虚拟制造的定义

Onosato 和 Iwata 是日本大阪大学(Osaka University)最早研究虚拟制造技术的学者,他们认为“虚拟制造是用模型和仿真代替真实世界中的实体及其操作的计算机化的制造活动的综合概念”(VM is a key concept that summarizes computerized manufacturing activities dealing with models and simulations instead of objects and their operations in the real world.)。他们把真实制造系统分解为真实物理系统(RPS, Real Physical System)和真实信息系统(RIS, Real Information System)两部分。

真实物理系统由实际存在的实体组成,例如材料、机床、工具、机器人、夹具、工件、产品、控制器、传感器等。真实信息系统包括有关信息处理和决策的全部活动,例如设计、规划、调度、控制、评价等,它不仅包括计算机,还包括制造系统中的人员。制造系统中真实信息系统的活动和真实物理系统中的实体有明显的物理界面,同时通过信息交换又相互关联。真实物理系统通过传感器、数据终端和其他通信渠道将状态报告传送给真实信息系统,信息系统将控制命令又返回真实的物理系统,以控制设备,即信息系统通过状态报告了解真实物理系统,通过控制命令驱动真实的物理系统。

Iwata 等提出:假如有一台计算机系统可以翻译解释来自真实信息系统的控制命令,并可以返回状态报告,其响应完全与真实物理系统的响应等价,那么,这台计算机系统就可称为虚拟物理系统(VPS, Virtual Physical System)。

同样,如果一个计算机系统可以模拟真实信息系统的功能,而真实物理系统中的机器甚至无法区分控制命令是来自真实信息系统还是来自计算机,那么该计算机系统可称为虚拟信息系统(VIS, Virtual Information System)。通过选择不同的物理系统和不同的信息系统,就可以得到以下4种类型的制造系统:

- (1) $RPS + RIS =$ 真实制造系统;
- (2) $RPS + VIS =$ 自动化制造系统;
- (3) $VPS + RIS =$ 虚拟制造系统(物理的);
- (4) $VPS + VIS =$ 虚拟制造系统(虚拟的)。

Onosato 将上述(3)、(4)种类型的系统称为虚拟制造系统,其共同特征是物理系统并非真实存在,而是一种虚拟模型。因此,虚拟制造系统是一种不消耗物质和能量,不产生真实产品,只产生信息的系统。虚拟制造系统应当是与真实制造系统等价的系统,虚拟物理系统是实现虚拟制造系统的关键。

由于 Onosato 等定义的真实信息系统中包括人,因此,对虚拟物理系统的评价也必然包括操作者的感受。真实感就成为虚拟物理系统与其他系统仿真模型的重要区别之一。

第(3)种类型虚拟制造系统中的信息系统是真实信息系统。也就是说,虚拟制造系统接受来自真实世界(包括操作者)的控制命令,又将动作后的状态信息返回真实世界,因而是半开放

(或半封闭)制造系统,与此相对应,可以将第(4)种类型的虚拟制造系统称为全封闭制造系统。

1.2.3 Hitchcock 等对虚拟制造的描述

Hitchcock 在 1994 年指出:虚拟制造是一个集成的、综合的制造环境,通过运行该制造环境可以提高制造企业中各个层次的决策和控制水平(VM is an integrated, synthetic manufacturing environment exercised to enhance all levels of decision and control in a manufacturing enterprise.)。这是目前引用较多的一个关于虚拟制造的定义。

Nahavandi 和 Preece 在 1994 年将虚拟制造更具体地描述为:虚拟制造可以认为是实际存在的或尚不存在的制造装置的仿真模型,它含有与制造过程、过程控制与管理以及产品规格数据有关的全部信息,它也可包括部分真实的和部分虚拟的制造企业(VM can be described as a simulated model of the actual manufacturing setup which may or may not exist. It holds all the information relating to the process, the process control and management and product specific data. It is also possible to have part of the manufacturing plant be real and the other part virtual.)。

Lin 在 1995 年将虚拟制造描述为利用计算机模型和制造过程仿真辅助产品设计和生产。

Kimura 提出了分析研究制造过程的方法与步骤,并将它称为虚拟制造:①在相关理论和已积累知识的基础上对制造知识进行系统化组织;②在以上分析活动的基础上,对工程对象和制造活动进行全面建模;③在建立真实制造系统前,采用计算机仿真来评估设计与制造活动;④由以上评估来消除不合理结果;⑤对模型进行日常维护来实现高质量的仿真。

佛罗里达大学(University of Florida)的 Glonra. J. Wiens 等人将虚拟制造定义为:虚拟制造是这样一个概念,即虚拟制造与实际制造一样,只是在计算机上执行的制造全过程,其中虚拟模型是在实际制造之前用于对产品的功能及可制造性等潜在问题进行预测。

从上述各种定义可以看出,虚拟制造涉及多个学科领域,它是对制造领域知识的综合继承与应用,是对制造过程中各个环节,包括产品设计、加工、装配,以及企业的生产管理与调度进行统一建模,形成一个可运行的虚拟环境,以实现对实际制造过程的动态模拟。但是,在上述各种定义中并未提到虚拟现实技术,由此可以看出,虚拟制造技术是制造科学本身矛盾运动的必然产物,它并不是虚拟现实技术的直接扩展。但是,虚拟现实技术为虚拟制造提供了新的表现手段,并为虚拟制造技术增加了新的内容和色彩。

1.2.4 虚拟制造的定义及特点

虚拟制造是实际制造过程在计算机上的本质实现,即利用计算机仿真和虚拟现实技术,在计算机上模拟出产品的整个制造过程,从而对产品设计、加工制造、性能分析、生产管理和调度、销售及售后服务作出综合评价,以增强制造过程各个层次的决策与控制能力。

可以看出,虚拟制造并不是真实的制造过程。它不产生真实产品,不消耗材料和能量,而是利用制造对象、制造资源和制造过程的模型实现制造的本质过程。

利用虚拟制造系统可以进行两方面的仿真。

(1) 产品全生命周期仿真: 仿真产品的生命全程。在设计阶段,通过性能仿真、装配过程仿真,评价产品的实用性、宜人性和可装配性;在制造阶段进行可制造性分析及工艺过程可行性分析;在使用阶段进行用户培训和维修性分析与评价。

(2) 企业行为仿真: 在真实制造过程发生之前, 对生产的组织过程进行仿真, 评价虚拟企业内各伙伴的可合作性。

与真实制造过程相比, 虚拟制造具有如下特征。

(1) 虚拟性: 基于计算机的虚拟制造环境进行产品的设计、制造和测试。设计人员和用户可进入虚拟环境, “直接”改变产品的尺寸形状、装配和结构, 并从不同的视点观察评价。观察者还可以和过去的、现在的、甚至未来的工厂设备进行交互, 通过对工厂或产品的全生命周期活动的预演, 对制造过程进行体验和构想。

(2) 数字化集成性: 虚拟制造系统实际上是一个各种仿真软件的公共通讯平台, 也是各种相互独立的制造技术(CAD, CAE, CAPP, CAM)的数字化集成环境, 实现各种相关技术的无缝连接。

(3) 分布性: 可使分布在不同地点、不同部门的不同专业人员在同一个产品模型上共同工作、相互交流, 实现信息共享, 减少大量的文档生成及其传递时间, 也减少了由此产生的相应误差, 从而加快了产品开发过程。

(4) 依赖性: 虚拟制造的运行及对制造过程的描述和评价是基于人们对真实物理过程的理解和认识, 因此虚拟制造的运行只是人类对制造过程认识的综合演练, 它不能产生关于实际物理过程的新知识, 其仿真的精度也不可能高于仿真模型与真实模型的近似程度。

美国原子能委员会在 1979 年 3 月关闭了 5 座核电站, 其原因是设计时选用的冷却水管道系统的数学模型不准确, 仿真结果不可靠, 使建造后的系统难以承受地震波的冲击。虚拟制造系统对制造系统的评价也存在类似的问题, 因此, 虚拟制造过程研究绝不能代替真实制造过程的试验研究。正如西安交通大学谢友柏院士指出的那样: “任何模型都是建立在已有知识基础上的。当我们把屏幕做得很漂亮, 输入输出做得很逼真, 色、香、味俱全时, 千万不要忘记: 创新面对的是未知世界, 而由已有知识构成的模型, 并不能完全反映这个世界。还要运用其他获取知识的途径, 如物理模型试验、样机试验、产品现场运行记录等等, 才能获取比较完整和真实的知识。”

1.2.5 虚拟制造与实际制造的关系

虚拟制造不是无源之水, 无本之木, 而是现实制造过程在计算机上的映射, 即采用计算机仿真与虚拟现实技术, 在高性能计算机及高速网络的支持下协同工作, 实现产品设计、工艺规划、加工制造、性能分析、质量检验, 以及企业各级管理与控制等产品的制造过程, 增强制造过程各级的决策与控制能力。该映射具有下述特性。

(1) 映射的定义域是实际制造过程, 值域是虚拟制造过程, 直接结果是全数字化产品, 映射的介质是网络计算机环境。

(2) 该映射是非线性迭代过程, 需要多次复合直到满足要求。

(3) 虚拟制造的结果千差万别, 难以预测, 因而可能是一个混沌的过程, 具有“蝴蝶效应”;

(4) 由于人是整个系统的主体, 将人的智能以控制参数的形式复合进去, 该映射在一定程度上也是可控的。由于不同的人其技术水平和经验不同, 因而控制参数具有模糊特性。

虚拟制造系统是通过实际制造系统进行抽象、分析、综合, 得到实际生产的全部数字化模型。虚拟制造的最终目标是指导实际生产。因此, 虚拟制造是实际制造的抽象, 实际制造是虚拟制造的实例。

虚拟制造 Meta 模型的自然语言;费用数据库及集成;VM 用户界面;VM 知识系统的方法学;VM 框架(指南、集成标准等);设计抽象的方法学;与概念设计及可能的制造方法有关的工具,以及与基于制造特征的工艺及费用估计有关的工具;制造工程自动化(基于知识的计算机应用到制造工程决策);仿真体系结构。

(2) 使能技术:制造过程的计算机特征化;广义工艺规划;基于物理工艺建模;多水平产品定义模型;基于三维表面的造型;模型部件互换;将动态的、分布的、合作的模型进行集成的能力;Meta 模型;将机床的矩阵信息映射到企业矩阵的技术;模型校验工具;显示技术;达到“最优设计”的冲突解决;将制造各阶段的信息集成和关联的 STEP 技术;工作流技术;决策效果的自动评价等决策支持工具;面向对象的、动态的、函数化语言和基于事件建模。

(3) 突破技术:制造过程的计算机特征化;体素、模型、数据交换及连接;安全性;密码技术;显示技术。

(4) 一般技术:知识表示方法学、协议、语法;大型集成数据库结构;面向对象的数据库;体素、子模型、顾客的数据模糊理论;重构性和模块化的软件;混沌理论;自治代理;计算机硬件性能,高性能计算;网络与通信。

1.3.2 虚拟制造的研究现状

从虚拟制造概念的提出到迄今为止,虽然只有短短的几年,但它已成为世界各国科技界、企业界研究的热点,它对制造业的革命性影响也已初现端倪。世界上许多国家都将虚拟制造看做是 21 世纪制造业变革的核心技术之一,纷纷从不同方向开展研究。

在美国,目前已形成了由政府、企业、大学组成的多层次、多方位的综合研究开发力量。其主要研究项目有:

(1) 美国国家技术标准研究所(NIST, National Institute of Standards and Technology)正在建立国家先进制造试验基地(NAMT, National Advanced Manufacturing Testbed)。该基地与马里兰大学、芝加哥大学、佛罗里达大学、俄亥俄大学、波音公司等 34 家单位合作,主要进行以下研究:①遥感显微镜及显微分析;②流量计遥校准;③电器标准远程校准与认证;④制造电子商务;⑤基于信息的金属成形的虚拟模具设计。

(2) DRPPA 的 MAVE(The Metrics for The Agile Virtual Enterprise)项目。

(3) 华盛顿州立大学(Washington State University)的 VRCIM 实验室的设计与制造虚拟环境(Virtual Environment of Design and Manufacturing)项目。

(4) 马里兰大学(University of Maryland)的虚拟制造数据库(Database of Virtual Manufacturing)项目等等。

在欧洲,许多大学如英国曼彻斯特大学(University of Manchester)、巴斯大学(University of Bath)、德国达姆斯特技术大学计算机图形研究所等等都确定以 VM 作为重点研究方向。

在日本,形成了以大阪大学为中心的研究开发力量,进行了大量 VM 系统体系结构的基础研究和系统开发。

近几年来,VM 技术也引起我国科技工作者的关注,已开展了很多研究工作,据不完全统计,目前全国已有 34 家科研机构、高等院校和企业正在开展 VM 技术方面的研究。国家 863/CIMS 主题也将“制造系统的可视化、虚拟建模与仿真”确定为研究重点。虚拟制造系统是一个复杂的系统,其理论基础和体系尚未形成,正处于研究探索阶段,研究工作面临的是多种学

科的交叉、多种高新技术的融合,需要研究和解决的问题很多,研究范围很广。但目前所见到的文献主要是从制造策略宏观角度出发,分析 VM 概念及其产生背景、应用前景,对 VM 体系结构进行研究,大多属于系统层次级的范畴。

1.4 虚拟制造与其他先进制造技术的关系

1.4.1 计算机集成制造系统与虚拟制造系统

1. 计算机集成制造(CIM)与计算机集成制造系统(CIMS)

计算机集成制造是由美国于 1973 年首次提出的制造系统模式,是一种组织企业的哲理和思想。美国 Harrington 博士认为集成制造(CIM)的核心内容是:制造企业中从市场预测、产品设计、加工制造、经营管理直至售后服务是一个不可分割的整体,需要统筹考虑。整个制造过程的实质是信息采集、传递和处理过程,最终生产的产品可看作是信息的物质表现。集成是 CIM 的核心,这种集成不仅是物理系统的集成,更主要的是以信息集成为特征的技术集成和功能集成,计算机是集成的工具,计算机和辅助单元技术是集成的基础,信息交换是桥梁,信息共享是关键。集成的目的在于制造企业组织结构和运行方式的合理化和最优化,以提高企业对市场变化的动态响应速度,并追求最高整体效益和长期效益。

计算机集成制造系统(CIMS)是 CIM 哲理的具体实现,它因企业和服务对象的不同而具有不同的结构形式。CIMS 的核心在于集成,对于企业来说是人、生产经营和技术这三者之间的集成,以便组成一个统一的整体,保证整个企业范围内的工作流、物质流、信息流畅通无阻。CIMS 通常由管理信息系统、工程设计自动化系统、制造自动化系统、质量保证系统、计算机网络系统和数据库系统 6 部分组成。

2. 计算机集成制造系统与虚拟制造系统的关系

CIMS 通过局域网和以计算机系统为中心的各个自动化子系统把企业的全部生产、经营和管理活动结合起来,实现制造资源的集成。CIMS 的集成是通过物理的、逻辑的联系将企业活动的各个“节点”连接在一起,以便在各节点之间传递信息。虚拟制造系统则是数字模型的集成,提供了有别于 CIMS 物理集成的虚拟集成方案,将相互孤立的 CAD,CAE,CAPP,CAM 等集成在一个统一的虚拟制造环境下,实现制造过程的模型化映射。虚拟制造系统的虚拟性、易创建性以及虚拟现实技术的应用,使虚拟制造系统又具有 CIMS 所不具备的优点。

CIMS 的研究为虚拟制造系统中的信息转换与传输提供了方便,虚拟制造系统为 CIMS 的实现提供了完备的仿真环境,为提高 CIMS 运行效率,消除设计缺陷提供了技术支持。

1.4.2 敏捷制造与虚拟制造

1. 敏捷制造的含义

20 世纪 80 年代美国通用汽车公司与里海(Lehigh)大学提出了敏捷制造(AM, Agile Manufacturing)的概念。它是以竞争力和信誉度为基础,选择合作伙伴组成虚拟公司,实现信息共享、分工合作,以增强整体竞争能力,对市场变化作出快速反应,满足用户的需要。敏捷制造的含义包括:①改变传统的大批量生产方式;②利用信息技术和先进制造技术来改进生产过程;③通过建立共同的基础结构、将同一公司的不同部门及不同公司的生产过程迅速集成为一