



可重入制造 系统的控制

张洁 吴立辉 翟文彬 著



科学出版社
www.sciencep.com

国家科学技术学术著作出版基金资助出版

可重入制造系统的控制

张 洁 吴立辉 翟文彬 著

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书主要从可重入制造系统的控制体系结构、控制方法和控制性能分析方法等角度对可重入制造系统控制问题进行介绍。重点介绍可重入制造系统的分层自适应控制体系结构、分层协同控制技术、重调度控制技术、预测控制技术、物流控制技术和基于 AOCTPN 模型的性能分析技术,并对可重入制造系统控制的实验验证平台和在企业车间的信息化系统进行介绍。实例验证表明,本书提出的方法和技术可以有效减少晶圆在制品库存,缩短晶圆产品交货期,提高半导体生产线的整体设备利用率,提高半导体企业的市场响应速度。

本书可以为从事可重入系统控制等领域研究的科研人员、半导体企业信息化咨询顾问和项目实施工程师等提供参考与帮助;也可以作为机械工程、工业工程、自动化、计算机工程、管理工程等相关专业的研究生和高年级本科生的教材和参考书。

图书在版编目(CIP)数据

可重入制造系统的控制/张洁,吴立辉,翟文彬著. —北京:科学出版社, 2009

ISBN 978-7-03-022636-5

I. 可… II. ①张…②吴…③翟… III. 半导体工艺—自动控制
IV. TN305

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 124702 号

责任编辑:吴凡洁 / 责任校对:陈玉凤

责任印制:赵 博 / 封面设计:耕者设计工作室

科 学 出 版 社 出 版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

新 蕾 印 刷 厂 印 刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2009 年 1 月第 一 版 开本:B5(720×1000)

2009 年 1 月第一次印刷 印张:19 1/4

印数:1—3 000 字数:373 000

定价:55.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换<新蕾>)

前 言

21 世纪是信息时代,社会信息化和互联网正在对人类社会的经济、科技和人们的日常工作生活产生着革命性的影响,信息产业成为世界经济中规模最大、发展最为迅猛的产业。随着信息产业的发展,作为信息时代的关键性基础产业——半导体制造业,已经成为当前的热点产业。在我国,半导体制造产业是政府重点推动、发展的战略性新兴产业。凭借巨大的市场需求、较低的生产成本、丰富的人力资源、稳定的经济发展和优越的政策扶持等众多有利条件,集成电路产业飞速发展,成为全球半导体产业关注的焦点。

半导体制造业是技术复杂、资金密集、收益高的高技术产业,在市场需求快速变化和全球化经济竞争加剧的情况下,如何采用性能优良的控制策略,提升半导体制造系统整体效率(overall equipment efficiency, OEE),如何有效提高生产系统的各方面性能指标,已经成为广大半导体制造企业、科研院所和高校研究的热点。

1993 年, Kumar 教授在研究半导体制造系统控制过程中,首次将半导体制造系统归结为可重入制造系统。可重入制造系统是继作业车间和流水车间之后发展起来的新型制造系统,具有可重入流、大规模、成批设备与单件加工设备并存、机器负载不均衡等不同于传统制造系统的特殊性和复杂性。同时,当前其生产模式从面向库存转为面向订单的代工生产方式。在这种形势下,可重入制造系统处于复杂而又突变的动态环境中,其控制系统是复杂的非线性系统,建立在传统的生产运作管理理论与运筹学基础上的生产调度和控制方法,已经不能满足其控制要求。本书在分析总结现有可重入制造系统的控制理论、研究方法和应用成果的基础上,提出了可重入制造系统的分层自适应控制的相关方法和技术,希望为半导体制造优化控制问题的解决提供参考和借鉴。

本书主要由张洁、吴立辉和翟文彬共同完成,同时张功、董义军、孙磊、田世勇、朱琼、程扬、华山、张得志、吴佳骏、李燕鸿和顾炜等研究生参加了部分工作,在此对他们表示衷心感谢。感谢国家自然科学基金项目“可重入制造系统的分层自适应控制的研究”(项目资助号:50575137)、国家 863 计划项目“复杂制造系统多态互补建模方法的研究”(项目资助号:2007AA04Z109)和华中科技大学数字制造装备与技术国家重点实验室开放基金项目“复杂制造系统基于 AOCTSPN 的性能分析模型研究”的资助,感谢上扬软件(上海)有限公司及公司副总裁吕凌志博士为本书

提供的企业应用案例及建议。书稿完成过程中参考了大量的文献,在此对书中所引文献作者表示衷心感谢。

可重入制造系统控制的相关理论、方法和应用处在迅速发展之中。本书是在作者多年对可重入制造系统控制研究成果的基础上总结而成的,但是由于作者的水平 and 能力有限,书中的疏漏之处在所难免,在此恳请广大读者批评指正。

张 洁

2008 年 10 月于上海交通大学

目 录

前言

第 1 章 绪论	1
1.1 制造系统	1
1.1.1 制造系统的概念	1
1.1.2 柔性化制造系统	2
1.1.3 敏捷制造系统	5
1.1.4 网络化制造系统	6
1.1.5 可重入制造系统	7
1.2 制造系统的信息化	8
1.2.1 信息化	8
1.2.2 制造系统信息化的定义与特点	9
1.2.3 制造系统的信息化模型	9
1.2.4 可重入制造系统的信息化模型	12
1.3 制造系统的控制	14
1.3.1 制造系统控制的目的及意义	14
1.3.2 制造系统的控制体系结构	15
1.3.3 制造系统的控制方法	17
1.3.4 制造系统控制的性能分析方法	20
1.3.5 可重入制造系统的控制	22
1.4 本书的主要内容	25
1.5 本章小结	26
参考文献	27
第 2 章 半导体制造系统介绍	31
2.1 概述	31
2.2 半导体制造产业的战略意义	31
2.3 半导体制造系统工艺	32
2.3.1 半导体单晶硅片制备工艺	33
2.3.2 半导体制造前道工艺	37
2.3.3 半导体制造后道工艺	43
2.3.4 可重入制造系统的工艺范围	44

2.4 半导体制造系统的组成及特点	45
2.4.1 半导体制造系统的构成	45
2.4.2 半导体制造系统的特点	47
2.5 可重入制造系统控制的需求	50
2.6 本章小结	53
参考文献	53
第3章 可重入制造系统的分层自适应控制体系结构	55
3.1 概述	55
3.2 可重入制造系统的控制体系结构研究现状	55
3.2.1 集中式控制体系结构	56
3.2.2 递阶式控制体系结构	56
3.2.3 分布式控制体系结构	57
3.3 可重入制造系统的分层自适应控制机制	57
3.3.1 可重入制造系统的控制功能	57
3.3.2 可重入制造系统的控制机制	59
3.4 可重入制造系统的分层自适应控制体系结构	61
3.4.1 可重入制造系统控制体系结构构成	61
3.4.2 可重入制造系统控制体系结构的特点	64
3.5 本章小结	65
参考文献	65
第4章 可重入制造系统控制方法基础	67
4.1 概述	67
4.2 运筹学	67
4.2.1 概述	67
4.2.2 运筹学在 RMS 中的应用	68
4.3 启发式规则	69
4.3.1 概述	69
4.3.2 启发式规则在 RMS 中的应用	73
4.4 人工智能方法	74
4.4.1 人工神经网络	75
4.4.2 模糊逻辑	78
4.4.3 基于 Agent 的方法	81
4.4.4 人工智能方法在 RMS 中的应用	83
4.5 计算智能方法	84
4.5.1 概述	84

4.5.2 遗传算法	84
4.5.3 计算智能方法在 RMS 中的应用	88
4.6 群体智能方法	89
4.6.1 概述	89
4.6.2 蚂蚁算法	90
4.6.3 群体智能方法在 RMS 中的应用	93
4.7 仿真方法	93
4.7.1 概述	93
4.7.2 仿真方法分类	94
4.7.3 仿真建模理论	95
4.7.4 仿真建模软件	96
4.7.5 仿真方法在 RMS 中的应用	97
4.8 本章小结	98
参考文献	98
第 5 章 可重入制造系统的分层协同控制技术	102
5.1 概述	102
5.2 系统层协同控制技术	102
5.2.1 系统层控制问题描述	103
5.2.2 系统层协同控制 Agent 模型	104
5.2.3 基于组合拍卖的协同控制算法	105
5.3 设备组层协同控制技术	108
5.3.1 设备组层控制问题描述	108
5.3.2 设备组层协同控制 Agent 模型	109
5.3.3 基于 GPGP-CN 的协同控制算法	112
5.4 实例分析	119
5.4.1 系统层协同控制实例分析	119
5.4.2 设备层协同控制实例分析	122
5.5 本章小结	124
参考文献	124
第 6 章 可重入制造系统的重调度控制技术	125
6.1 概述	125
6.2 重调度控制研究现状分析	125
6.3 重调度控制问题分析	126
6.3.1 干扰分析	126
6.3.2 重调度控制策略	127

6.3.3 重调度控制策略评价指标	128
6.4 基于 FNN 的重调度控制技术	129
6.4.1 FNN 的输入层变量描述	129
6.4.2 FNN 的结构	130
6.4.3 学习算法	132
6.5 实例分析	133
6.6 本章小结	134
参考文献	135
第 7 章 可重入制造系统的预测控制技术	136
7.1 概述	136
7.2 常用预测技术	137
7.2.1 自回归模型预测方法	137
7.2.2 混沌预测方法	141
7.3 可重入制造系统日产出预测问题	145
7.3.1 可重入制造系统日产出预测问题描述	145
7.3.2 可重入制造系统日产出预测系统框架	146
7.4 基于遗传小波神经网络的预测	147
7.4.1 基于遗传小波神经网络的预测模型	147
7.4.2 基于遗传小波神经网络的学习算法	148
7.4.3 预测算法评价指标	149
7.4.4 预测算法的实例分析	150
7.5 基于相空间重构和蚂蚁-神经网络的预测	151
7.5.1 基于相空间重构的神经网络预测模型	151
7.5.2 基于相空间重构的蚂蚁神经网络学习算法	153
7.5.3 预测算法的实例分析	154
7.6 预测控制机制	157
7.6.1 预测控制问题描述	157
7.6.2 基于产出量和 WIP 预测的控制机制	158
7.6.3 基于循环周期预测的控制机制	161
7.7 本章小结	164
参考文献	164
第 8 章 可重入制造系统的物流控制技术	166
8.1 概述	166
8.2 可重入制造系统中的物流系统	167
8.2.1 AMHS 系统概述	167

8.2.2 AMHS 的构成	168
8.2.3 AMHS 的布局结构	172
8.2.4 AMHS 的性能指标	174
8.3 可重入制造系统物流系统控制技术	176
8.3.1 可重入制造系统 AMHS 控制现状	176
8.3.2 AMHS 系统的 interbay 控制	178
8.3.3 AMHS 系统的 intrabay 控制	185
8.4 物流控制的支撑技术	194
8.4.1 数据采集技术	195
8.4.2 物流跟踪技术	201
8.5 本章小结	211
参考文献	211
第 9 章 可重入制造系统的性能分析技术	214
9.1 概述	214
9.2 常用可重入制造系统的性能分析模型	214
9.2.1 排队网络模型	214
9.2.2 Fluid 模型	218
9.2.3 Petri 模型	221
9.3 可重入制造系统建模的需求分析	226
9.4 基于 AOCTPN 的模型	226
9.4.1 面向 Agent 的有色赋时 Petri 网的定义	227
9.4.2 基于 AOCTPN 的可重入制造系统的物流网模型	229
9.4.3 基于 AOCTPN 的可重入制造系统的交互协议网模型	236
9.5 基于 AOCTPN 模型的性能分析	238
9.5.1 物流网模型的性能分析方法	238
9.5.2 交互协议模型的性能分析方法	239
9.5.3 可重入制造系统实例性能分析	241
9.6 本章小结	245
参考文献	245
第 10 章 可重入制造系统的试验平台	249
10.1 概述	249
10.2 试验平台实现技术	249
10.2.1 C/S 体系结构	249
10.2.2 .NET 软件开发平台	250
10.2.3 数据库系统平台	252

10.2.4 软件系统集成技术	254
10.3 可重入制造系统试验平台的体系架构	256
10.3.1 试验平台的逻辑架构	256
10.3.2 试验平台的体系架构	257
10.4 试验平台设计	259
10.4.1 对象模型管理	259
10.4.2 数据发布管理	261
10.4.3 时间管理	262
10.4.4 性能分析联邦	263
10.4.5 分层协同控制联邦	264
10.4.6 重调度及预测控制联邦	267
10.5 试验平台的协同仿真过程	268
10.6 本章小结	270
参考文献	270
第 11 章 半导体制造系统控制软件及应用	272
11.1 概述	272
11.2 半导体行业 MES 软件产品	272
11.2.1 国外 MES 产品	272
11.2.2 国内 MES 产品	277
11.3 myCIM 产品	280
11.3.1 myCIM 产品的功能	280
11.3.2 myCIM 产品的特点	283
11.3.3 myCIM 产品的支撑技术	284
11.3.4 myCIM 产品的应用范围	286
11.4 基于 myCIM 软件产品的半导体制造车间控制案例	286
11.4.1 某半导体制造车间的信息化现状	286
11.4.2 车间的管理控制需求	287
11.4.3 基于 myCIM 的信息化解决方案	288
11.4.4 实施效果	294
11.5 本章小结	295
参考文献	295

第 1 章 绪 论

1.1 制造系统

制造业在世界工业化进程中始终占据主导地位,为人们生产生活提供重要的物质基础,是各国推进工业化、实现国家现代化的根本推动力量。当今世界,知识经济和高科技的迅猛发展给制造业带来了前所未有的机遇和挑战,现代制造技术被赋予新的内涵和特征,它通过与其他学科交互融合发展,对传统的制造业产生了巨大的冲击。我国制造业只有采用先进制造技术并不断创新,才能在激烈的竞争中立于不败之地。

1.1.1 制造系统的概念

1) 制造

制造是把原材料变换成所希望的产品过程。这一过程应通过简单的低成本的手段来实现^[1]。

制造的定义有狭义和广义之分^[2]。狭义的制造是指传统的机械制造,重点是加工和装配环节。国际生产工程协会(International Academy for Production Engineering, CIRP)定义广义制造为制造是指产品设计、物料选择、生产计划、生产过程、质量保证、经营管理、市场销售和服务等生命周期中的一系列相关活动和工作的总称。

2) 系统

系统是人类历史上最古老的概念,它来源于人类长期的社会实践,在自然科学、人类社会、工程领域以及人类思维描述等领域被广泛使用^[1]。目前关于系统没有唯一的普遍接受的定义。

《辞海》中将系统定义为“自成体系的组织,相同或相类似的事物按一定的秩序和内部联系组合而成的整体”。

著名科学家钱学森给出的对系统的描述性定义为“系统是由相互作用和相互依赖的若干组成部分结合的、具有特定功能的有机整体”。

美国的《韦伯斯特字典》中,把系统定义为“一组按某种形式相互作用或相互关联的要素所形成的统一整体”。

在日本的 JIS(Japanese Industrial Standard)标准中,系统被定义为“许多组成要素保持有机的秩序向同一目的行动的集合体”。

综上所述,总体上系统具备“若干组成部分”、“组成部分相互关联和作用”和“形成有机整体”等特征。正是系统强调组成部分之间的联系与协调的观念,为人们全面地分析与归纳各种事物提供了必备条件。

3) 制造系统

在制造和系统概念的基础上,制造系统的定义为为了实现“把原材料变换成所希望的有用产品”这一目标而按照一定制造模式将制造过程涉及的各种相互关联、相互作用的有关要素组成有机整体,是一个复杂的、可辨识的动态实体。制造系统的整体活动能保持稳定性,并能适应市场变化等外界影响^[1]。

因此,从制造系统的结构特点来讲,它是一个包括人员、物质(设备、工具、物料及各种辅助装置等)、能源、信息(设计信息、工艺信息和制造信息等)的有机整体;从制造系统的系统特点来讲,它是一个输入物质、能源和信息,输出产品或半成品的多输入/输出系统;从制造系统的过程特点来讲,它包含了一个制造的全过程,包括市场预测、产品设计、工艺规划、物资供应、制造装备、质量检查、销售的售后服务,甚至包括废旧产品的回收和销毁等一个产品生命周期的全过程;从制造系统的范围来讲,它可以是一个制造单元、生产线、车间、整个工厂甚至跨国企业联盟等。

1.1.2 柔性化制造系统

随着科技和生产的不断进步、市场竞争的日趋激烈,以及人们生活需求的多样化,产品品种规格将不断增加,产品更新换代的周期将越来越短,无论是国际还是国内,多品种、中小批量生产的零件仍占大多数。为了解决机械制造业中多品种、中小批量生产的自动化问题,除了用计算机控制单个机床及加工中心外,还可借助计算机把多台数控机床连接起来组成一个柔性制造系统。

1) 柔性制造系统的定义

柔性制造系统(flexible manufacturing system, FMS)是由计算机控制的,以数控机床设备为基础和以物料储运系统连成的,能形成没有固定加工顺序和节拍的自动化程度高的制造系统。其中“柔性”是指时间和空间的灵活性,通过自动化是指将手工操作减至最低程度,乃至最终将其完全取消。自 1967 年英国 Molins 公司建造首条 FMS 以来,随着社会对多样化产品、低制造成本及短制造周期等需求日趋迫切, FMS 发展颇为迅速,而且微电子技术、计算机技术、通信技术、机械与控制设备的进步,亦促使柔性制造技术日臻成熟。20 世纪 80 年代后,制造业自动化进入一个崭新时代,即基于计算机的集成制造(computer integrated manufactur-

ing, CIM)时代, FMS已成为各工业化国家机械制造自动化的研制发展重点。从反映现代最高水平的国际三大机床博览会展出的状况看, FMS已从实验阶段进入实用阶段并已商品化, 而且已从起初单纯的机械加工领域向焊接、装配及无屑加工等综合性领域发展。

FMS的工艺基础是成组技术。它按照成组的加工对象确定工艺过程, 选择相适应的数控加工设备和工件、工具等物料的储运系统, 并由计算机进行控制, 故能自动调整并实现一定范围内多种工件的成批高效生产(即具有“柔性”), 并能及时地改变产品以满足市场需求。FMS兼有加工制造和部分生产管理两种功能, 因此能综合地提高生产效益。柔性制造系统中的柔性可以表述为两个方面: 第一个方面是系统适应外部环境变化的能力, 可用系统满足新产品要求的程度来衡量; 第二个方面是系统适应内部变化的能力, 可用在有干扰(如机器出现故障)情况下, 这时系统的生产率与无干扰情况下的生产率期望值之比衡量。“柔性”是相对于“刚性”而言的, 传统的“刚性”自动化生产线主要实现单一品种产品的大批量生产。刚性的大批量制造自动化生产线只适合生产少数几个品种的产品, 难以应付多品种、中小批量的生产。

2) 柔性制造系统的组成

FMS的组成随着待加工工件及其他条件而变化, 但系统的扩展必须以模块结构为基础^[3]。比如, 用于切削加工的FMS主要由如下几部分组成:

(1) 若干台数控机床。用以自动地完成多种工序的加工, 根据不同加工对象可设加工中心、车削中心或计算机数控(computer number control, CNC)车、铣床、磨床及齿轮加工机床等。

(2) 物料搬运系统。用以实现工件及工具夹的自动供给和装卸, 以及完成工序间的自动传送、调运及存储工作。该系统包括各种传送带、自动导引小车、工业机器人及专用起吊运送机等。

(3) 计算机控制系统。用以处理FMS的各种信息, 输出控制CNC机床、物料搬运系统等自动操作所需的信息, 通常采用多级分布式计算机系统。

(4) 系统软件。用以确保FMS有效地适应中小批量多品种生产过程的管理、控制及优化工作。一般包括设计规划软件、生产过程分析软件、生产计划调度软件与系统管理及监控软件。

3) 柔性制造系统的特点

(1) 高柔性。柔性制造系统具有较高的灵活性、多变性, 能在不停机调整的情况下, 实现多种不同工艺要求的零件加工和不同型号产品的装配, 满足多品种、小批量的个性化加工需求。

(2) 高效率。柔性制造系统能采用合理的切削用量实现高效加工,同时使辅助时间和准备终结时间减小到最低的程度。

(3) 高度自动化。多品种成组加工、装配、检验、搬运、仓库存取等使生产达到高度自动化;同时具有自动更换工件、刀具和夹具,实现自动装夹和输送、自动监测加工过程等功能。

(4) 经济效益好。柔性化生产可以大大减少机床数目,减少操作人员,提高机床利用率;可以缩短生产周期,降低产品成本,从而大大削减零件成品仓库的库存,大幅度地减少流动资金,缩短资金的流动周期,因此可取得较高的综合经济效益。

4) 柔性制造系统的分类

按 FMS 的规模大小可分为如下四类:

(1) 柔性制造单元(flexible manufacturing cell, FMC)。FMC 是由一两台加工中心、工业机器人、数控机床及物料运送存储设备构成的,具有适应加工多品种产品的灵活性。FMC 可视为一个规模最小的 FMS,是 FMS 向廉价化及小型化方向发展的一种产物,其特点是实现单机柔性化及自动化,迄今已进入普及应用阶段。FMC 能够加工多品种的零件,同一种零件数量可多可少,特别适合于多品种、小批量零件的加工。

(2) 柔性制造系统。通常包括四台或更多台全自动数控机床(加工中心与车削中心等),由集中的控制系统及物料搬运系统连接起来,可在不停机的情况下实现多品种、中小批量的加工管理。柔性制造系统主要应用的产品领域是汽油机、柴油机、机床、汽车、齿轮传动箱、武器等。加工材料中铸铁占的比例较大,因为其切屑较容易处理。

(3) 柔性制造线(flexible manufacturing line, FML)。柔性制造线是处于单一或少品种大批量非柔性自动线与中小批量多品种 FMS 之间的生产线。其加工设备可以是通用的加工中心、CNC 机床,亦可采用专用机床或 NC 专用机床,对物料搬运系统柔性的要求低于 FMS,但生产率更高。柔性制造线以离散型生产中的 FMS 和连续性生产过程中的分布式控制系统为代表,其特点是实现生产线柔性化及自动化,技术已日臻成熟,并进入实用化阶段。

(4) 柔性制造工厂(flexible manufacturing factory, FMF)。FMF 是将多条 FMS 连接起来,配以自动化立体仓库,用计算机系统进行联系,采用从订货、设计、加工、装配、检验、运送至发货的完整 FMS。它亦包括了计算机辅助设计(CAD)、计算机辅助工艺设计(CAPP)、计算机工程实施(CAE)和计算机辅助制造(CAM),并使计算机集成制造投入实际使用,实现生产系统柔性化,进而实现全厂范围的生产管理、产品加工及物料储运过程的全盘自动化。FMF 是自动化的最高水平,反映出世界上最先进的自动化应用技术。它将制造、产品开发及经营管理的

自动化连成一体,以信息流控制物质流的智能制造系统(intelligent manufacturing system, IMS)为代表,其特点是实现工厂柔性化及自动化。

柔性制造系统的投资建设成本较高,因此能否在短期内回收投资成本,是采用柔性制造系统进行决策的一个重要依据。目前,对 FMS 的经济效益的评估是一个重要的研究方向。国外主要采用模拟技术进行评估,在新系统建立(或旧系统的改造)之前,借助于计算机上的系统模拟,以便设计较优的系统构成方案。

1.1.3 敏捷制造系统

20 世纪 90 年代,信息技术突飞猛进,信息化的浪潮汹涌而来,许多国家制订了旨在提高自己国家在未来世界中的竞争地位、培养竞争优势的先进的制造计划。在这一浪潮中,美国走在了世界的前列,给美国制造业改变生产方式提供了强有力的支持,美国想凭借这一优势重建在制造领域的领先地位。在这种背景下,一种面向 21 世纪的新型生产方式——敏捷制造(agile manufacturing, AM)的设想诞生了。

敏捷性概念的提出为制造系统赋予了新的概念和特征。从系统工程的角度,可以把敏捷制造系统定义为:敏捷制造系统是由涉及的硬件(包括人员、生产设备、材料、能源和各种辅助装置)以及有关软件(包括敏捷制造理论、敏捷制造技术和信息技术等)组成的可以有效实现制造业敏捷性的一个有机整体。

敏捷制造的目的可概括为“将柔性生产技术中,有技术、有知识的劳动力与能够促进企业内部和企业之间合作的灵活管理(三要素)集成在一起,通过所建立的共同基础结构,对迅速改变的市场需求和市场实际做出快速响应”。从这一目标中可以看出,敏捷制造实际上主要包括三个要素:生产技术、管理和人力资源。

基于敏捷制造的理念,新产品投放市场的速度是当今企业中最重要竞争优势。推出新产品最快的办法是利用不同公司的资源和公司内部的各种资源,进行快速生产,这就需要企业内部组织的柔性化和企业间组织的动态联盟,把分布在不同地方的企业资源集中起来。敏捷制造企业必须具有高度柔性的动态组织结构。根据产品不同,采取内部团队、外部团队(供应商、用户均可参与)与其他企业合作或虚拟公司等不同形式,来保证企业内部信息实时沟通,并能保证迅速抓住企业外部的市场,而进一步做出灵敏反应。

具体来讲,敏捷制造系统的特征如下:

(1) 速度是敏捷制造系统(agile manufacturing system, AMS)的基本特征。统计表明如果产品的开发周期太长,导致产品上市时间推迟 6 个月,则利润要损失 30%,这充分说明了“速度”的重要性。AMS 中的速度包括市场反应速度、新产品开发速度、生产速度、信息传播速度、组织结构调整速度等。

(2) 全生命周期顾客满意度是 AMS 的直接目标。通过并行设计、质量功能配

置、价值分析、仿真等手段在产品整个生命周期内的各个环节使顾客满意。

(3) 灵活的动态组织机构是 AMS 的组织形式。企业内部将多级管理模式转变为扁平结构的管理方式;企业外部将企业之间的竞争变为协作。

(4) 开放的基础结构和先进制造技术是 AMS 的重要保证。敏捷制造要把全世界范围内的优势力量集成在一起,因此敏捷制造系统必须采取开放结构。

21 世纪衡量竞争优势的准则在于企业对市场反应的速度和满足客户的能力。在当今的激烈的市场竞争环境下,合作已成为各大公司解决某项关键技术时常用的手段。随着产品越来越复杂,在抢先进入市场的竞争下,任何一个企业不可能在较短的时间内独立完成产品的生产过程,或者一个产品的全部设计。为了快速响应市场需求,在敏捷制造企业间,竞争对手、合作方、供货方、买方的关系是随着项目经常变化的,这使得竞争和合作两者变得兼容。同时,敏捷制造企业还需要千方百计加大科研开发的投入,增强创新能力,扩大创新队伍。

1.1.4 网络化制造系统

网络化制造是网络经济的产物,随着信息技术和计算机网络技术的发展,世界经济正经历着一场深刻的“革命”,这场革命极大地改变着世界经济面貌,塑造着一种“新世界经济”,即“网络经济”。面对市场机遇,利用以因特网(Internet)为标志的信息高速公路,灵活而迅速地组织制造资源,把分散在不同地区的生产设备资源、智力资源和各种核心能力,按资源优势互补的原则,迅速地组合成一种超越空间约束的资源共享系统,将网络远程控制与连接手段联系在一起,集中管理与使用企业网络中心。

网络化制造是制造企业利用网络技术,开展产品设计、制造、销售、采购和管理等一系列活动的总称,是企业为应对知识经济和制造全球化的挑战而实施的以快速响应市场需求和提高企业(企业群体)竞争力为主要目标的一种先进制造模式^[4]。

网络化制造一般具有如下功能^[5]:

(1) 协同交互工作能力,如网络化信息协同工作管理系统。

(2) 运行、远程服务(什么地方需要服务,就在什么地方提供服务)能力,如联合图形工作站/服务器、数据管理中心和互联网联控信息发布中心组合成虚拟数据化企业,并且可以构成 WAN(wide area network)/VLAN(virtual local area network)的有线与无线的混合网络结构。

(3) 高速远程通信能力。网络化制造实现了企业活动在用户需求、计划、设计、制造、生产、质量、经营等方面实时、高速、跨地区地实现信息存储、交换和通信,而且设置方便。

网络化制造涉及协同、设计、服务、销售和装配等,由下述功能分系统构成:网