

协同制造

——e时代的制造策略与解决方案

Collaborative Manufacturing
——Manufacturing Strategy and Total Solution

于海斌 朱云龙 编著

Yu Haibin Zhu Yunlong



TUP
清华大学出版社



Springer

现代集成制造系统(CIMS)系列

协同制造——e时代的 制造策略与解决方案

于海斌 朱云龙 编著

清华大学出版社
北 京

Springer

内 容 简 介

本书探索了e时代制造环境下制造业的发展策略以及信息化技术对制造业的深远影响,并以此为线索,从协同的角度研究制造业在全球化制造网络环境下所面临的战略问题和相关的技术问题,以充分发挥网络企业的优势。首先,从战略协同的角度分析了网络企业间的业务协同关系模式、识别方法和相关的协同战略,确保企业间协同的成功实现;然后,从协同管理、协同设计、协同制造这三个层次讨论了企业间在战术层面上的协同问题,对各阶段的协同应采取的技术、策略进行了深入的分析;最后介绍了支持企业间协同的总体技术。

本书可作为企业决策者们实施协同制造的系统参考资料,也可作为计算机、自动化和机械制造等专业研究生学习协同制造的教材。

图书在版编目(CIP)数据

协同制造——e时代的制造策略与解决方案/于海斌,朱云龙编著. —北京:清华大学出版社,2004

(现代集成制造系统(CIMS)系列/吴澄主编)

ISBN 7-302-07924-2

I. 协… II. ①于… ②朱… III. 制造工业—发展战略—研究 IV. F407.4

中国版本图书馆CIP数据核字(2004)第000500号

出 版 者: 清华大学出版社

<http://www.tup.com.cn>

社 总 机: 010-62770175

地 址: 北京清华大学学研大厦

邮 编: 100084

客 户 服 务: 010-62776969

组稿编辑: 王一玲

文稿编辑: 田志明

印 装 者: 北京鑫海金澳胶印有限公司

发 行 者: 新华书店总店北京发行所

开 本: 175×245 印 张: 20.75 字 数: 366千字

版 次: 2004年4月第1版 2004年4月第1次印刷

书 号: ISBN 7-302-07924-2/TP·5750

印 数: 1~3000

定 价: 36.00元

本书如存在文字不清、漏印以及缺页、倒页、脱页等印装质量问题,请与清华大学出版社出版部联系调换。联系电话:(010)62770175-3103或(010)62795704

现代集成制造系统(CIMS)系列 丛书编委会

主 任：吴 澄

编 委：	李伯虎	肖田元	熊光楞
	刘 飞	薛劲松	曾庆宏
	孙家广	柳百成	范玉顺

责任编辑：王一玲

丛书序

振兴我国制造业是当今的热点问题。目前,我国制造业面临严峻的形势,总体水平与发达国家相比,有较大的差距,这已成为制约我国 21 世纪经济发展的关键。同时,国际化市场竞争越来越激烈,使我国相当多的制造企业遇到了前所未有的挑战。为了摆脱这一困难,运用现代信息技术改造和提升制造业,将信息化和工业化结合,进一步过渡到现代化,在较短时间内实现跨越式发展,是符合我国制造业国情的一条发展之路。

当今世界已进入信息时代,并迈向知识经济时代。以信息技术为主导的高技术为制造业的发展提供了极大的支持,并推动着制造业的变革与发展,计算机集成制造系统(Computer Integrated Manufacturing Systems,简称 CIMS)技术的应用及其产业化是其中最重要的组成部分。

CIMS 这一概念由美国的 Joseph Harrington 博士于 1973 年首次提出,而开始得到重视并大规模实施则是在十年之后。其背景是美国 20 世纪 70 年代的产业政策发生偏差,过分夸大了第三产业的作用,而将制造业,特别是传统产业,贬低为“夕阳工业”、“生了锈的皮带”。这导致美国制造业优势的衰退,并在 80 年代初开始的世界性石油危机中暴露无遗。此时,美国才开始重视制造业,并决心用其信息技术的优势夺回制造业的霸主地位,认为“CIMS, no longer a choice!”。

863/CIMS 主题结合国际上先进制造技术的发展,特别是基于该主题中 3000 多名人员十余年的实践,提出了“现代集成制造系统”(Contemporary Integrated Manufacturing Systems,简称 CIMS)的理念,在广度和深度上拓展

了传统 CIM 的内涵。

我国“现代集成制造系统”拓展了传统“计算机集成制造系统”的要点,细化了现代市场竞争的内容;提出了 CIMS 的现代化特征是数字化、网络化、虚拟化、集成化和绿色化;强调了系统的观点,扩展了系统集成优化的内容,包括信息集成、过程集成和企业间集成优化,企业活动中三要素(人、经营、技术)和三流(物流、信息流、资金流)的集成优化,以及 CIMS 相关技术和各类人员的集成优化;突出了管理与技术的结合,以及人在系统中的重要作用;指出了 CIMS 技术是基于制造技术、信息技术、管理技术、自动化技术、系统工程技术的一门发展中的综合性技术,其中,特别突出了信息技术的关键作用;扩展了 CIMS 的应用范围,包括离散型制造业、流程及混合型制造业。总之,“现代集成制造系统”的提法更具广义性、开放性和持久性。

现代集成制造系统是信息时代提高企业竞争力的综合性高技术。它应用于企业产品全生命周期(从市场需求分析到最终报废处理)的各个阶段。通过信息集成、过程优化及资源优化,实现物流、信息流、资金流的集成和优化运行,达到人(组织、管理)、经营和技术三要素的集成,以缩短企业新产品(P)开发的时间(T)、提高产品质量(Q)、降低成本(C)、改善服务(S)、有益于环保(E),从而提高企业的市场应变能力和竞争能力。

我国发展 CIMS,是为了提高企业的竞争力。在技术路线上,从国情出发,我们走了一条与美国有较大差别的创新发展之路。20 世纪 80 年代中期,以通用汽车(GM)为代表的美国制造业,把 CIMS 的重点放在车间层设备的信息集成上,以实现制造设备的互联和柔性自动化为目标,提出了耗资几十亿美元的 MAP 计划。而从我国的企业实际情况看,企业经营生产中的瓶颈是产品开发能力,特别是新产品的开发能力弱,管理粗放。因此,我国研究、应用和实施 CIMS 的重点放在加强产品的设计和企业管理上,车间层只能是适度自动化。因此,在此基础上实现信息集成应采用 TCP/IP,通过软件技术实现与 MAP 的集成。实践证明,这些技术决策避免了走大量投资而效果不大的弯路,并取得了很好的效果。

十多年来,我们以提高我国企业的竞争能力和创新能力作为技术发展的宗旨,以“企业真正取得效益、企业说好才是真好”作为技术成败的主要评价标准,走出了一条与我国企业紧密结合的道路。通过与机械、电子、航空、航天、轻工、纺织、石油、化工、冶金等行业的二百多家企业密切合作,取得了显著的经济效益和社会效益。这也为 CIMS 本身的技术创新提供了源泉。二者互相促进不断深化。我国 CIMS 研究的深度和广度、应用效果及其对国家的影响,在国际上是公认的。我国对 CIMS 技术内涵的丰富和发展,也得到国际同行的承认。清华大学、华中理工大学分别于 1994 年和 1999 年获得美国制造工程师学会(Society of

Manufacturing Engineers,简称 SME)的 CIMS“大学领先奖”(一般每年在世界范围内只评选一名),1995 年北京第一机床厂获 SME 的 CIMS“工业领先奖”。这使得我国成为除美国以外惟一获得过两个“大学领先奖”和一个“工业领先奖”的国家。我国在这一国际重要技术领域有了“一席之地”。

进入 20 世纪 90 年代以来,如何以最短的时间开发出高质量及价格能被用户接受的新产品已成为市场竞争的新焦点。基于企业动态联盟和网络化的敏捷制造(Agile Manufacturing)将成为 21 世纪的重要发展方向;网络的协同产品商务(CPC)将成为研究应用的一个具体热点;围绕提高新产品开发能力,新的工具软件迅速发展,建立在建模、仿真、虚拟现实技术基础上,以减少或取消制造原型机或原型系统的虚拟制造(Virtual Manufacturing)发展很快;用来加速新产品开发过程的并行工程(Concurrent Engineering)迅速得到推广;提高生产过程控制水平已成为企业投入少、见效快、挖潜增效的重要途径;面向中小企业的、经济实用的低成本综合自动化系统得到重视和发展;更多企业将采用大批量定制(Mass Customization Production)生产模式;合理开发利用资源,保护生态环境,实现经济—社会相互协调的可持续发展越来越受到重视;制造全球化已成为发展的必然趋势,因此,未来制造业信息化的发展趋势将是数字化、集成化、绿色化、智能化、敏捷化与网络化的融合,各种新的管理模式和管理思想不断出现,将导致全球化敏捷生产体系的形成。

在世纪之交,我们回顾过去,展望未来,组织编写现代集成制造系统(CIMS)系列丛书,其目的是,总结我们十多年来在国家高技术发展研究计划(863 计划)的支持下,用高技术改造传统产业,并加强新兴产业的丰富成果和认识;同时不断拓展 CIMS 理念和内涵,使 CIMS 技术持续发展。该丛书的题材都是作者多年来在现代集成制造技术领域中的最新研究成果,代表了我国在该领域的前沿方向。我们相信该丛书的出版必将在我国 CIMS 的研究、应用和发展中起到积极的推动作用。

实现我国制造业的信息化、现代化是一个很长的历史过程,需要几代人的努力。但是我们坚信:中国必将以一个制造强国、工业强国的面貌屹立于世界民族之林。



中国工程院院士

国家高技术计划自动化领域首席科学家

2000 年 5 月

代序

加入 WTO 以后,制造业作为我国新世纪的战略产业,面临着新的发展机遇和挑战,并将经历一场深刻的技术变革。在这场变革中,保证我国企业具有竞争力的关键之一就是利用信息技术提高企业间协同制造(协同管理、协同设计)的能力和水平。

e 制造,也称电子制造,是从电子定单(e-Order)开始,跨越产品整个生命周期的 e 活动组成的制造过程,它实现了价值网络环境中的伙伴协同。其目的是通过电子手段实现工作流程的驱动和核心制造竞争力的提升。e 制造具有相当高的柔性和快速响应能力,能满足客户和价值网络伙伴的期望,从而能在协同制造网络的支撑下协作和优化。全球化制造网络体系的快速形成,使得新型经济形态下的企业特征(数字化、全球化、虚拟化、智能化、集成优化和敏捷化)日益明显。在未来的几年里,如果企业不能成为 e 制造商(e-Manufacturer),就不能充分利用我国丰富的制造资源能力,参与经济全球化的市场竞争,发挥我国在世界舞台上制造中心地位的优势。为此,需要在各种先进制造模式的基础上,进一步研究由协同本身引发的诸多技术与管理问题,有效地指导企业实施电子制造战略,提升我国制造业的管理水平,实现制造业的跨越式发展。

因此,研究 e 制造模式和相关的协同机制不仅具有重要的理论价值,同时也具有现实的指导意义。目前迫切需要一本专著将有关协同管理模式、组织机制和协调方法有机地融合在一起,并给出企业实施协同制造的整体解决方案。本书的出版将为网络化制造做出重要贡献。

书中详细探讨了 e 时代的制造业特征,从战略、战术和运行三个方面,以

协同为基本出发点,系统地分析了企业间、企业与供应商间、企业与客户间的协同管理模式、协同机制和生产组织运行方式,信息系统的体系结构、建模方法。此外,还介绍了企业实施协同制造的整体解决方案,协同制造模式在企业中的应用实例。

本书内容新颖、论述精辟、博采众长,注重理论与实践的有机结合,具有很强的可读性。作为我国第一本介绍协同制造技术的书籍,全面客观地向读者阐明了协同制造中出现的新技术、新方法,总结归纳了在网络化制造领域中的研究成果与实践经验。我以一种无比兴奋与激动的心情阅读了本书,也希望本书的出版为我国的网络化制造战略的成功实施提供理论依据和实践指南。

熊有伦

中国科学院院士

2003年1月

前言

随着全球经济一体化的加深,市场竞争日趋激烈,信息技术的发展又加速了这一竞争态势,以电子业务(e-Business)为特征的全球化制造网络体系快速形成。以数字化、全球化、虚拟化、智能化和敏捷化为特征的新型经济形态下的企业特征已初见端倪。在这一背景下,以全面提高企业 T(时间)、Q(质量)、C(成本)、S(服务)、E(环境)等性能为宗旨的各种先进制造模式和管理思想被广泛地接受,如以简化为手段,以人为中心,追求尽善尽美的精良生产模式;以强调学习能力和责任感以及以自相似、自组织和自优化为目标的学习型制造、分形制造和整子制造;以企业间物流的高度集成化和共享机制的供需链管理模式和以强调跨企业、跨地域,以有效的协调方式响应用户需求,提高自己的应变能力,实现制造敏捷性为目标的敏捷制造模式等。从管理模式的发展历程来看,它分别从企业内部的组织管理优化、信息集成、功能集成和过程集成向企业间的集成方向发展,伴随着工业化步伐的改变而改变。

企业无论采用何种制造模式,作为全球制造链上的一个节点,敏捷性、协同性以及链条上业务过程的优化是其根本,主要表现为:

- 生产的敏捷性、快速性和动态性:要求企业能在复杂多变的内外部环境,快速响应制造链上下游节点以及客户的需要,组织生产,完成产品的生产加工,按时交货。
- 运行模式的协同性:要求链上的各个节点间相互协同作业。这种协同已由原来的同一业务类型的节点之间扩展到从低层设备到上层业务过程的全方位的协同,其协同的范畴将涉及与供应商的协同、与客户

及各种渠道的协同、与产品设计伙伴的协同、与生产伙伴的协同以及与生产设备制造商的协同,是一种多维的协同。这种一体化的协同从根本上改变了整个生产制造网络体系的运行模式,使制造系统、设计系统及业务系统围绕电子市场(e-Market)进行协同作业。

- 组织方式的过程化:要求企业适应客户化和产品个性化、多样性的需求,以客户/制造订单为对象进行生产活动和经营计划的制定、跟踪和管理,及时找出生产中存在的问题,使生产活动在运行过程中得到不断优化与改进。客户也能及时地掌握产品交货期、质量等所关心的问题,最大限度地满足客户的需要。

然而,现有各种先进制造管理模式不能有效地支持协同环境下的企业业务的需要,主要表现为:有的制造模式基本上局限于企业内部的信息集成和功能集成上,如现代集成制造系统(CIMS);有的主要涉及企业及车间,如智能制造(Intelligent Manufacturing)、整子制造(Holonic Manufacturing)、生物制造(Bionic Manufacturing)和分型制造(Fractal Manufacturing);有的只涉及相关的业务系统之间的协同,如供需链管理、并行工程等;还有的如敏捷制造(Agile Manufacturing)虽然涉及跨地区、跨区域以及实现全球化制造,强调以动态联盟的形式进行合作,也提出了相互之间的协同作业,但更多地表现在管理和设计层面上,忽略了制造系统与其他业务系统之间的关系,没有从系统、过程和技术角度全面地考虑全球化网络制造体系中的协同性,没有从组织、管理和生产运作等方面全面的分析,缺乏系统性和整体性。

随着 Internet 技术的迅猛发展和电子商务技术的应用,企业的信息化进程已由原来的企业集成向协同集成和随机性协同方向发展,形成以电子市场(e-Market)为基础,以电子商务为特征的协作化网络制造环境,企业与企业之间的竞争转变为制造价值链之间的竞争。企业如果不能有效地参与到制造网络体系中,不能在价值网络伙伴和客户之间建立一个透明的协同生产环境,就很难有所发展。

在工业界,跨国集团都在重新定位,围绕电子市场(e-Market)进行业务的展开和分工,以获取最大的市场利润。如 IBM、福特、通用、SIEMENS、FANUC 等公司纷纷调整其战略部署,改善其制造环境,以迎接 e 世界的到来。未来的企业如果不能将自身的业务有效地融入到全球化网络制造体系中,就将面临无业可务的境地。

自财富论坛传出的信息看,世界 500 强企业已决心要将自己的全程业务搬到网上。中国的制造企业在 e 时代的信息化程度将成为其融入国际经济秩序的关键因素,电子商务的快速发展已迫在眉睫。

可以说,Internet 和信息技术改变了企业的生产组织结构和运行方式,对

现有的各种管理模式提出了新的需求和挑战。如果说机械化、自动化的进程促使了福特生产模式的诞生,那么数字技术的应用必将引发协同制造模式的发展与应用,是全球化制造大背景下的企业新型管理模式,是对现有各种管理模式的丰富和发展。

本书力图探索在 e 时代制造环境下制造业的发展策略以及信息化技术对制造业的深远影响,并以此为线索,从协同的角度研究制造业在全球化制造网络环境下所面临的战略问题和相关的技术问题,以充分发挥网络企业的优势。在本书的编排上采取以下方式:首先,从战略协同的角度分析了网络企业间的业务协同关系模式、识别方法和相关的协同战略,确保企业间协同的成功实现;然后,从协同管理、协同设计、协同制造这三个层次讨论了企业间在战术层面上的协同问题,对各阶段的协同应采取的技术、策略进行了深入的分析;最后,对支持企业间协同的总体技术进行说明。

全书共分六部分:

第一部分网络企业协同战略篇,在指出网络企业在知识经济时代的优势的基础上,给出了网络企业的战略协同模型,以及网络企业间业务协同识别方法和网络化制造中的关键技术问题;

第二部分协同管理篇,主要对协同管理策略、协同伙伴策略、协同供需链及协同生产管理进行研究;

第三部分协同设计篇,首先给出了协同设计的体系结构,然后介绍了协同设计中的关键技术,并分析了协同项目管理的方法,最后给出了一个支持协同设计的 3C(CAD/CAPP/CAM)智能协作系统;

第四部分协同制造篇,在介绍数字制造与网络制造及协同生产组织策略的基础上,分析协同制造的业务特征,然后重点介绍协同制造中的关键技术,给出基于工作流的生产过程控制技术,最后介绍制造执行系统(MES);

第五部分总体技术篇给出了支持网络企业协同的总体技术,主要包括支持协同计算机应用的平台技术(如 .NET 框架平台与 J2EE 平台),支持协同制造的使能技术(如 workflow 技术、人机交互界面技术、XML 技术、信息安全技术)以及协同制造系统工程中的热点技术(如无线网络技术与蓝牙技术);

第六部分协同制造解决方案给出了支持网络化协同制造的各个层面的相关软件产品的解决方案。

本书在介绍理论知识的同时,也对世界上一些采用网络企业成功运作的案例进行了分析,具有很强的可读性。希望本书能够为企业领导者提供一些发展企业的新的思路,为那些愿意进行网络企业运作的企业决策者们提供实施协同制造的系统参考资料。同时也希望能够引起有关理论工作者的重视与研究兴趣,能够为有志于从事协同制造的研究人员全面了解协同制造技术提

供详细的科研资料,成为研究人员、工程技术人员深入开展研究应用的基础材料:

本书在撰写过程中,得到了以下与协同制造相关的研究项目和研究成果的支持。

- 国家自然科学基金重大基金
- 国家自然科学基金
- 辽宁省自然科学基金重大基金
- 中国科学院先进制造基地创新基金
- 沈阳市科委

谨以此书表示衷心的感谢!

在此,作者还要衷心感谢同事们和研究生们在协同制造研究开发上所做出的贡献和对本书的撰写所提供的支持,尤其要对陈静杰、王扶东、李兵、李莉和赖祥宇等博士在撰写过程中为本书付出的辛劳表示衷心的感谢。作为我国第一本全面介绍协同制造技术的书,作者力图客观系统地向读者介绍协同制造中出现的各种新思想、新技术。但由于网络企业的出现仅仅不到 10 年时间,新技术、新思想不断涌现,而笔者了解的情况和水平有限,本书在选题、选材及对各方面的评述意见等方面难免有不妥乃至错误之处,敬请读者给予批评斧正。

作 者

2003 年 1 月于中国科学院先进制造基地

目 录

第一篇 网络企业战略协同

第 1 章 网络企业管理	3
1.1 传统企业特征	3
1.2 21 世纪制造业面临的挑战	6
1.3 网络企业特征	8
1.3.1 网络企业的数字特征	8
1.3.2 网络企业的优势	11
1.4 网络企业与网络经济的关系	13
1.5 网络企业战略协同	15
1.5.1 经济学关于战略协同的论述	16
1.5.2 博弈论关于战略协同的论述	18
1.5.3 战略管理理论关于战略协同的论述	19
1.6 网络企业战略协同模型	21
1.6.1 协作型竞争战略	21
1.6.2 协作型竞争的模型分析	22
1.6.3 网络企业协作型竞争战略分析	23
1.6.4 网络企业的协调机制	24
1.7 网络企业中的核心技术问题	26
1.7.1 网络设计的核心问题	26

1.7.2	网络管理中的核心问题	27
1.7.3	应用层的标准化问题	29
1.7.4	应用层软件系统问题	29
第2章	网络企业间业务协同识别方法	32
2.1	关联的类型	32
2.1.1	有形关联	32
2.1.2	无形关联	35
2.1.3	竞争性关联	36
2.2	业务协同分析评价方法	37
2.2.1	产品—市场组合分析法	37
2.2.2	资源组合分析法	38
2.2.3	客户组合分析法	39
2.2.4	技术组合分析法	40
2.2.5	四分类组合分析法	40
第二篇 协同管理		
第3章	协同管理特征	45
3.1	电子业务和制造	46
3.2	协作企业特征	47
3.3	协同管理的基本要素	48
3.4	协同伙伴策略	55
3.4.1	协作伙伴选择策略	55
3.4.2	协作伙伴选择模型	59
3.4.3	虚拟协作能力管理	65
3.5	多目标协商策略	67
3.5.1	协作联盟中自治 agent 的协商模型	70
3.5.2	协商协议	71
3.5.3	协商决策模型	75
第4章	供需链管理	84
4.1	供需链管理的概念和内涵	84
4.2	供需链体系结构	86
4.3	供需链性能评价方法	92
4.3.1	供需链系统战略竞争性客户满意程度评价	94

4.3.2	供需链性能扩展的敏捷性评价	101
4.4	供需链管理中的关键技术	107
4.4.1	协同预测	107
4.4.2	协同库存技术	108
4.4.3	协同物流管理	109
4.4.4	协同供应计划	109
4.4.5	供需链信息支持技术	110
4.5	供需链管理的研究现状与趋势	112
4.5.1	关于供需链构建的研究	116
4.5.2	关于供需链生产计划与协调控制研究	117
4.5.3	关于供需链性能评价的研究	120
第5章	协同生产管理	124
5.1	协同生产管理模型	125
5.2	CPM 的主要功能特征	126
5.3	协同制造计划	128
5.3.1	市场需求模式与供需链生产计划运作方式	130
5.3.2	供需链多级生产计划	131

第三篇 产品协同设计

第6章	产品协同设计	141
6.1	协同设计的内涵	141
6.1.1	产品设计的发展历程	141
6.1.2	协同设计的定义及特征	142
6.1.3	协同设计的体系结构	144
6.1.4	协同设计的工作方式	145
6.2	协同设计中的关键技术	146
6.2.1	协同设计中的特征技术	146
6.2.2	协同产品定义模型	151
6.2.3	产品约束模型	154
6.2.4	协同设计中的信息传递与控制	157
6.2.5	协同产品开发中的协商法	159
6.2.6	协同开发项目管理	164
6.2.7	3C 智能协作系统	173

第四篇 协同制造过程

第7章 协同制造过程	177
7.1 数字制造与网络制造	177
7.2 数字制造的理论基础	178
7.3 协同生产组织策略	180
7.4 协同生产制造业务特征	182
7.5 协同生产制造的关键技术	185
7.5.1 协同生产制造中的信息与知识的处理	185
7.5.2 数字化表征与传递、建模与仿真	186
7.5.3 产品模型的可制造性与数字化分发	186
7.5.4 生产数据管理	186
7.5.5 workflow管理	186
7.5.6 计算机辅助工艺规划	187
7.5.7 生产业务流程重组	187
7.5.8 生产线的调度优化方法	187
7.5.9 远程设备监控技术	191
7.6 基于工作流的生产过程控制技术	194
7.6.1 生产过程链运作模式	195
7.6.2 生产过程控制结构模型	197
7.6.3 生产过程调度策略	199
7.7 制造执行系统——MES	201
7.7.1 制造信息系统的构成	201
7.7.2 制造执行系统的构成	203
7.7.3 可集成制造执行系统	205
7.8 生产制造协作系统的实施方法	210
7.9 网络制造的发展趋势	212

第五篇 总体技术

第8章 总体技术	217
8.1 支持协同计算机应用的平台技术	217
8.1.1 .NET 框架平台	217
8.1.2 J2EE 平台技术	221
8.2 支持协同制造的使能技术	226
8.2.1 workflow技术	226