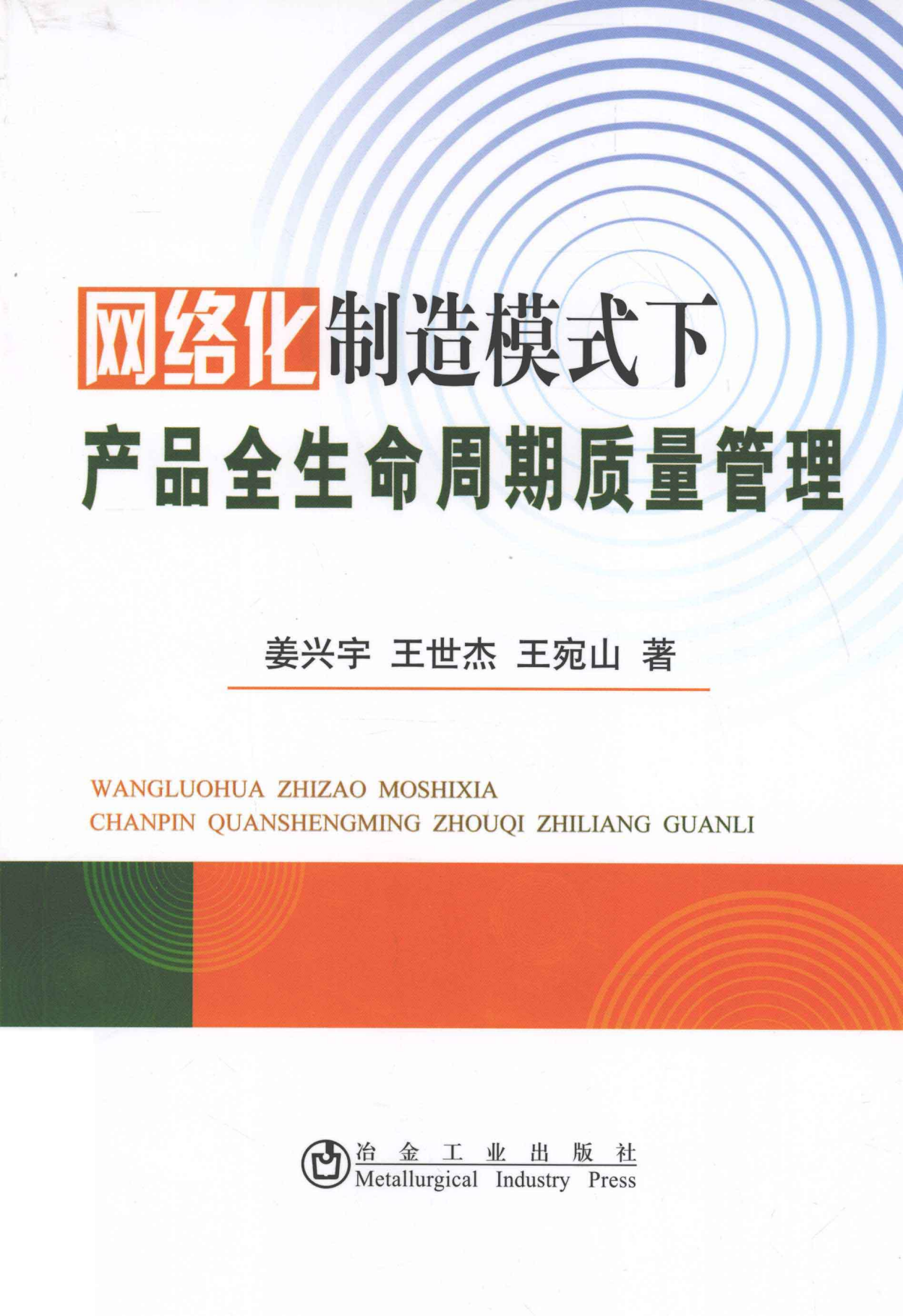




网络化制造模式下 产品全生命周期质量管理

姜兴宇 王世杰 王宛山 著

WANGLUOHUA ZHIZAO MOSHIXIA

CHANPIN QUANSHENGMING ZHOUQI ZHILIANG GUANLI



冶金工业出版社
Metallurgical Industry Press

网络制造模式下 产品全生命周期质量管理

周永平 王德胜 王明山 编

清华大学出版社 (Tsinghua University Press)

北京清华大学学研大厦A座 邮编 100084
http://www.tup.tsinghua.edu.cn

清华大学出版社
Tsinghua University Press

网络化制造模式下 产品全生命周期质量管理

姜兴宇 王世杰 王宛山 著

北 京
冶 金 工 业 出 版 社
2011

内 容 提 要

本书共分七章,内容包括网络化制造概述、产品全生命周期质量管理、网络化制造模式下产品全生命周期质量管理体系设计、基于计算机支持协同工作技术(CSCW)的协同质量设计、网络化制造模式下的动态工序质量控制技术、产品全生命周期质量综合评价体系、网络化制造模式下产品全生命周期质量管理原型系统开发。

本书可作为管理科学与工程、工业工程等专业本科生和研究生的教学参考书,也可供从事相关专业技术人员及企业管理人员参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

网络化制造模式下产品全生命周期质量管理/姜兴宇,王世杰,王宛山著. —北京:冶金工业出版社,2011.9

ISBN 978-7-5024-5711-2

I. ①网… II. ①姜… ②王… ③王… III. ①产品生命周期—质量管理 IV. ①F273.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 181269 号

出 版 人 曹胜利

地 址 北京北河沿大街嵩祝院北巷 39 号,邮编 100009

电 话 (010)64027926 电子信箱 yjcbbs@cnmip.com.cn

责任编辑 郭冬艳 美术编辑 彭子赫 版式设计 葛新霞

责任校对 石 静 责任印制 张祺鑫

ISBN 978-7-5024-5711-2

北京兴华印刷厂印刷;冶金工业出版社发行;各地新华书店经销

2011 年 9 月第 1 版,2011 年 9 月第 1 次印刷

169mm×239mm; 16.75 印张; 326 千字; 257 页

35.00 元

冶金工业出版社发行部 电话:(010)64044283 传真:(010)64027893

冶金书店 地址:北京东四西大街 46 号(100010) 电话:(010)65289081(兼传真)

(本书如有印装质量问题,本社发行部负责退换)

前 言

网络化制造是在经济全球化、制造企业生产模式和管理方法发生深刻变革的背景下产生和发展起来的先进制造模式。随着计算机网络通信、人工智能等技术的迅猛发展,网络化制造正朝着开放、智能、分布和协同的方向发展,以其敏捷性的全新制造组织模式,代表着制造模式未来的发展方向。

质量管理体系是网络化制造集成平台的重要组成部分。质量是企业占领市场最有力的战略武器,对企业生存和发展至关重要。因此,它的研究已经成为制造业研究的热点。在网络化制造模式下,质量的内涵已经由最终产品的质量扩展到贯穿于产品设计、采购、制造、销售、服务直到最后报废回收的生命周期全过程,由静态质量扩展到由时间决定的动态质量。面对网络化制造模式下质量内涵的新转变,传统的质量管理系统已经不能适应。因此,先进的质量管理方法与质量控制技术对于发展我国的网络化制造模式具有极为重要的意义。

本书在相关项目基金的资助下,在对网络化制造及质量管理研究综述的基础上,应用系统工程、控制理论、计算机仿真技术和智能算法等知识,介绍网络化制造模式下面向产品全生命周期的质量管理方法与质量控制技术,书中主要从以下几个方面进行论述:

(1) 介绍了网络化制造的基本概念、基本内涵、结构和功能、资源集成、关键技术、现状及发展趋势等。

(2) 介绍了产品生命周期、产品全生命周期质量管理的概念、质量管理的发展方向及存在的问题、网络化制造模式下面向产品全生命周期质量管理的技术手段。

(3) 在分析网络化制造模式下质量信息的特点基础上,针对传统质量管理的不足,详细介绍了质量管理系统的分析网络模型、功能模型和工作流程,实现网络化制造模式下质量管理功能设计。

(4) 以计算机支持协同工作(Computer-supported collaborative work, CSCW)技术作为构建协同环境的关键技术,构建基于CSCW质量设计平台,解决了网络化环境下产品异地质量设计问题,实现了质量信息的集成与质量知识的共享,从而支持复杂产品的多模式协同质量设计要求,以提高产品质量设计的智能化、协同化和实用化水平。

(5) 应用相似工序、Elman 神经网络、专家系统等理论, 构建集预防-分析-诊断-调整于一体的动态工序质量控制模型, 实现网络化制造企业多品种、变批量生产模式下工序质量的实时动态分析、诊断与调整, 以确保工序质量长期保持在稳定状态。

(6) 提出一种基于三角模糊数的层次分析法与模糊综合评价方法相结合的质量评价方法, 并用于产品全生命周期质量评价模型中, 使评价结果更客观、更精确, 并以定量化的数值表示评价结果。解决了模糊数学和经典数学应用在质量评价过程中难以克服的一些缺点, 改善了权重的客观性, 进而提高了评价结果的可信度。

(7) 运用 JSP、Servlet 等技术设计并开发网络化制造模式下产品全生命周期质量管理原型系统, 以双进双出磨煤机的全生命周期质量管理为例, 验证本书提出的理论模型与算法, 证明系统能够满足企业实施网络化制造的实际需求。

本书在编写过程中参考和借鉴了不少国内外的相关资料, 在此谨向文献作者表示深深的谢意! 本书得到辽宁省高等学校优秀人才支持计划(2009R45)、辽宁省博士启动基金(20101075)资助, 感谢东北大学王宛山教授对本书提出的宝贵意见和细心指导, 感谢沈阳工业大学机械工程学院王世杰教授、金嘉琦教授、张新敏教授和赵清教授对本书出版的大力支持。同时, 沈阳工业大学机械工程学院孙凤博士为本书第5章的编写做了大量的工作, 在此深表感谢!

由于网络化制造环境下产品全生命周期质量管理涉及面较广, 本书中还有许多内容尚需深入细致的研究, 加之作者水平所限, 书中不妥之处, 敬请读者批评指正。

作 者

2010 年 9 月于沈阳

目 录

1 网络化制造概述	1
1.1 网络化制造的内涵与特征	2
1.1.1 网络化制造的概念	2
1.1.2 网络化制造的内涵与特征	3
1.2 网络化制造系统的结构和功能	5
1.3 网络化制造的关键技术	7
1.3.1 总体技术	8
1.3.2 基础技术	8
1.3.3 集成技术	9
1.3.4 应用实施技术	9
1.4 网络化制造的国内外研究现状	9
1.4.1 国外网络化制造的研究现状	9
1.4.2 国内网络化制造的研究现状	11
2 产品全生命周期质量管理	13
2.1 产品生命周期的内涵与特征	14
2.1.1 产品全生命周期概念	14
2.1.2 产品全生命周期的内涵与特征	14
2.1.3 产品生命周期的意义	17
2.2 产品全生命周期质量管理	18
2.2.1 产品生命周期质量管理概念	18
2.2.2 面向产品全生命周期的质量管理的内涵与特征	19
2.2.3 产品全生命周期质量管理的必要性和作用	20
2.2.4 面向产品全生命周期质量管理的主要研究内容	21
2.3 网络化制造模式下面向产品全生命周期质量管理	22
2.3.1 网络化制造模式下面向产品全生命周期质量管理的特征	23
2.3.2 网络化制造模式下面向产品全生命周期质量管理的主要研究内容	23
2.4 面向产品全生命周期质量管理研究现状及发展趋势	24

2.4.1 面向产品全生命周期的质量管理的国内外研究现状	25
2.4.2 面向产品全生命周期的质量管理的发展趋势	32
2.5 本书的主要内容	33
2.5.1 研究背景	33
2.5.2 本书的主要内容	34
2.6 本书的主要贡献与展望	35
3 网络化制造模式下产品全生命周期质量管理体系设计	38
3.1 网络化制造模式下产品全生命周期质量管理体系 (NMPLCQMS)	38
3.1.1 网络化制造模式下质量信息的特点与分类	39
3.1.2 网络化制造环境下应用全生命周期质量管理体系产生的问题	41
3.1.3 网络化制造模式下产品生命周期质量管理体系	42
3.1.4 NMPLCQMS 系统与传统 PLCQMS 系统的比较	43
3.2 NMPLCQMS 系统的结构设计	44
3.2.1 NMPLCQMS 系统的网络结构模型	44
3.2.2 NMPLCQMS 系统模型的设计	46
3.2.3 NMPLCQMS 系统功能模型的设计	47
3.2.4 NMPLCQMS 系统工作流程设计	49
3.3 NMPLCQMS 系统的集成	50
3.3.1 组织与技术的集成	50
3.3.2 管理过程的集成	52
3.3.3 质量信息的集成	52
3.4 NMPLCQMS 系统的体系结构设计	54
3.4.1 NMPLCQMS 系统基本需求	54
3.4.2 NMPLCQMS 系统的体系结构	55
3.4.3 NMPLCQMS 系统结构层次分析	56
3.4.4 NMPLCQMS 系统结构特点	58
4 基于计算机支持协同工作技术(CSCW)的协同质量设计	59
4.1 产品的质量设计	59
4.1.1 质量设计与设计质量	59
4.1.2 质量设计的产生	61
4.1.3 面向用户的质量设计	62
4.1.4 网络化制造环境下的协同质量设计	66
4.2 计算机支持的协同工作技术 (CSCW)	70

4.2.1	CSCW 的概念	70
4.2.2	CSCW 协作理论	71
4.2.3	CSCW 系统的体系结构	76
4.2.4	CSCW 的关键技术	77
4.3	网络化制造模式下协同质量设计的工具	78
4.3.1	顾客需求 (VOC) 获取与分析	78
4.3.2	质量功能展开 (QFD)	80
4.3.3	故障模式与影响分析 (FMEA)	86
4.3.4	QFD 与 FMEA 综合分析	88
4.4	基于 CSCW 的协同质量设计平台	92
4.4.1	基于 CSCW 的协同质量设计平台框架结构	93
4.4.2	基于 CSCW 的协同质量设计平台功能	94
4.4.3	基于 CSCW 协同质量设计的工作流程	96
5	网络化制造模式下的动态工序质量控制技术研究	98
5.1	质量控制方法	98
5.1.1	统计过程控制	98
5.1.2	质量方法论	99
5.1.3	集成质量系统	99
5.1.4	面向质量的设计方法	100
5.1.5	虚拟环境下的质量控制	100
5.1.6	制造过程质量控制的自动化与智能化技术	100
5.2	工序质量控制	100
5.2.1	工序质量控制的主要内容	101
5.2.2	工序质量控制的方法	101
5.2.3	面向多品种、小批量的工序质量控制方法	104
5.3	网络化制造模式下的动态工序质量控制	107
5.3.1	网络化制造环境下动态工序质量控制的概念	107
5.3.2	网络化制造模式下动态工序质量控制的意义	108
5.3.3	动态工序质量控制的基本框架	108
5.3.4	工序质量预防	109
5.3.5	工序质量分析	109
5.3.6	工序质量诊断	116
5.3.7	工序质量调整专家系统	130
5.4	实例计算与分析	135

5.4.1 实例仿真计算	135
5.4.2 仿真计算结果分析	144
6 产品全生命周期的质量综合评价体系研究	145
6.1 产品全生命周期的质量综合评价模型建立的基本思想	145
6.1.1 产品质量评价概述	145
6.1.2 产品质量评价的意义	147
6.1.3 网络化制造环境下产品质量评价所面临的挑战	148
6.1.4 产品质量评价的基本思想	149
6.2 面向产品全生命周期的质量评价体系模型研究	151
6.2.1 面向全生命周期产品质量评价过程模型	151
6.2.2 面向全生命周期产品质量评价组织模型	155
6.2.3 面向全生命周期产品质量评价体系模型	157
6.3 面向产品全生命周期的质量评价方法	167
6.3.1 常用的评价方法	167
6.3.2 评价方法的对比分析	174
6.3.3 面向全生命周期产品质量评价方法	175
6.4 应用实例与分析	185
6.4.1 实例计算	185
6.4.2 计算结果分析	190
7 网络化制造模式下面向产品全生命周期的质量管理原型系统开发	192
7.1 系统应用背景与可行性分析	192
7.1.1 系统背景企业对 NMPLCQMS 的需求分析	192
7.1.2 系统 NMPLCQMS 的可行性研究	194
7.2 NMPLCQMS 系统设计	196
7.2.1 系统的总体目标	196
7.2.2 系统的主要任务	197
7.2.3 系统设计方法	198
7.2.4 系统结构设计	199
7.3 NMPLCQMS 系统功能设计	202
7.3.1 系统的功能模块的构成	202
7.3.2 系统的功能模块的设计	204
7.3.3 系统数据库设计	218
7.3.4 系统开发环境及编程语言	219

7.4 NMPLCQMS 系统实现与应用	221
7.4.1 NMPLCQMS 系统应用背景	221
7.4.2 双进双出磨煤机的市场需求调查	222
7.4.3 双进双出磨煤机的协同质量设计	224
7.4.4 双进双出磨煤机在生产过程中的质量控制	229
7.4.5 双进双出磨煤机的售后服务与维护质量管理	237
7.4.6 双进双出磨煤机的质量信息发布	237
7.4.7 双进双出磨煤机的质量评价	241
附录1 计量值控制图系数表	245
附录2 Java 程序调用 Matlab 编程代码	246
参考文献	248

1 网络化制造概述

在一种产品很容易从市场得到的情况下，顾客的需求便不断向多样化发展。顾客要买的不仅是高质量、高性价比的产品，而且产品还必须具有新的功能和令人感兴趣的特征。在这种新的市场形势下，制造企业的经营战略会发生很大的变化，时间效应和时间利润被提到日程上来了。

图 1-1 描绘了制造企业的战略变迁从 20 世纪 50 ~ 60 年代资源经济的“规模效益第一”，经过 70 ~ 80 年代“价格竞争第一”和“质量竞争第一”，发展到 90 年代的“市场响应速度第一”，以及面向 21 世纪知识经济的“技术创新第一”^[1]。在迈向知识经济的今天，每一个企业都企图以快速开发新产品、提高产品的科技含量和质量来提升产品的附加值和竞争能力。因此，技术创新越来越占有重要的地位。

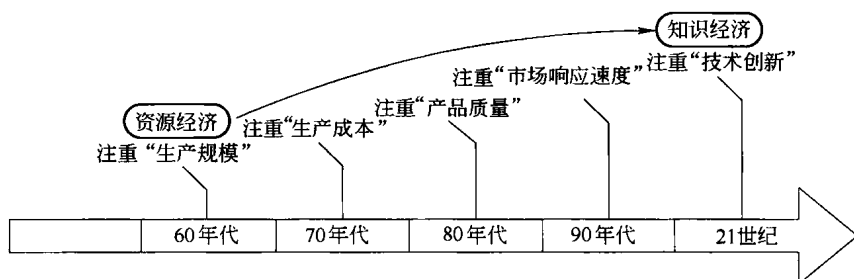


图 1-1 制造业企业的战略变迁^[3]

随着世界经济的发展和生活水平的提高，制造业所面临的市场环境发生了巨大的变化，制造业的竞争策略也发生了相应的变革。20 世纪初，产品生命周期很长，设计和开发费用不是产品成本的主要部分，美国制造业通过福特汽车创立的大批量刚性生产方式（Mass Production）^[2]，极大地提高了劳动生产率，大幅度降低了成本。

20 世纪 90 年代，随着因特网的迅速发展，一种新的经济模式——网络经济^[3]，正逐步成为现代经济中的重要组成部分。网络化将进一步促进经济全球化，并对传统市场产生巨大的影响。因特网改变了人们的工作和生活方式，也从根本上改变了现存的经济格局。由于因特网在经济领域中的普遍应用，使得信息和知识的获取和共享成本得以急剧下降，从而导致信息和知识替代了资本在经济中的主导地位，并最终成为核心经济资源，形成一种全新的全球化经济形态——

网络经济。

在网络经济下,全球化浪潮和高速发展的科技冲击着制造企业的经营、生产战略,使之呈现出集团化、多元化的发展趋势,世界制造业面临着新的分工和转移^[4]。这种全球化趋势随之带来了一个重要变化,即生产的整个过程开始需要高度协作、高度信息化的组织加以配合。不仅跨国企业、公司迫切需要及时跟踪各地分公司的生产经营活动,而且同一企业的不同部门,不同地区的员工之间也需要及时共享大量企业信息,甚至企业和用户之间以及企业与其合作伙伴之间也存在着大量的信息交流活动。这就必然要通过计算机网络的协调与操作,将分散在各地的制造企业连接成为一个整体,从而缩短产品开发周期,提高产品质量以及企业对市场的响应能力^[5]。

由此,网络化制造模式在市场需求旺盛、技术条件日趋成熟的情况下应运而生。它充分合理地利用了以信息技术为代表的高新科技,建立和实现了基于分布式网络的制造组织、生产和管理模式,能够迅速、灵活地组织和利用各种分布的、异构的制造资源,从而达到快速响应市场,降低成本,提高企业竞争力的目的。

1.1 网络化制造的内涵与特征

面对制造业的重大变革、各种先进制造理念的不断涌现,网络化制造已成为先进制造领域的研究热点。随着世界制造业向中国的转移,加剧了我国企业间的竞争与协作。为了支持这种竞争和协作,实施网络化制造已成为必然趋势。

1.1.1 网络化制造的概念

网络化制造(Networked Manufacturing, NM)的含义是指:面对市场需求与机遇,利用计算机网络,将其按照资源优势互补的原则,迅速地整合成网络联盟,灵活而快速地组织分散在各地的人力、设备、技术和市场等社会制造资源。网络联盟通过互联网与供应商、销售商及产品的最终用户紧密地联系起来,快速响应市场,迅速推出高质量、低成本的新产品和服务。同时,联盟成员随着市场和产品的变化而变化,具有动态特征。网络化制造的概念如图1-2所示。

与传统制造模式相比较,网络化制造是一种多种、异构、分布式的制造资源,以一定互联方式,利用计算机网络所组成的开放式的、多平台的、相互协作的、能及时灵活响应客户需求变化的制造模式。其基本目标是将现有的各种在地理位置上或逻辑上分散的制造企业连接到计算机网络中去,以提高企业间的信息交流与合作能力,进而实现制造资源的共享,为寻求市场机遇,及时、快速地响应和适应市场需求变化,赢得竞争优势,求得生存发展奠定了坚实的基础,同时

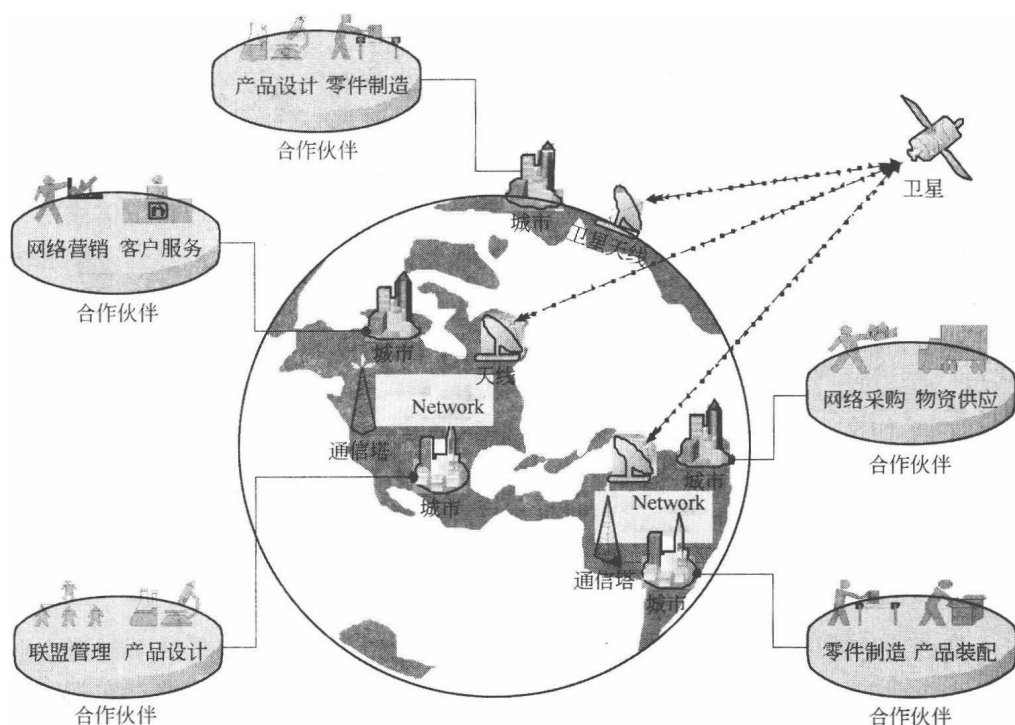


图 1-2 网络化制造的概念图

也为真正实现制造企业研发、生产、营销、组织管理及服务的全球化开辟道路。

网络化制造以敏捷化、分散化、动态化、协作化、集成化、数字化和网络化为基础特征。其中，敏捷化是快速响应市场变化和用户需求的前提，主要表现在组织结构上的迅速重组、性能上的快速响应、过程中的并行化以及分布式的决策。这就必然要求网络化制造采用分散化、动态化和协作化的运作形式来组织生产。而集成化、数字化和网络化作为网络化制造的存在基础和实现手段，保证了该模式从理论向实际应用的顺利转变。

1.1.2 网络化制造的内涵与特征

目前，网络化制造已成为先进制造领域的研究热点，国内外许多专家学者和企业技术人员针对网络化制造的概念与定义、基本特征、重大意义、总体技术、关键技术等方面开展了一系列研究^[6-12]。尽管研究者从不同的角度对网络化制造有不同的理解，至今尚未形成统一的概念和定义，但是其基本内涵是相同的。

文献[13]认为网络化制造是基于网络制造企业的各种制造活动及其所涉及的制造技术和制造系统的总称。其中，网络包括 Internet、Intranet 和 Extranet

等各种网络；制造企业包括单个企业、企业集团以及面向某一市场机遇而组建的虚拟企业等各种制造企业及企业联盟；制造活动包括市场运作、产品设计与开发、物料资源组织、生产加工过程、产品运输与销售和售后服务等企业所涉及的一切相关活动和工作。

文献[14]则强调了构建基于网络的制造系统来实现网络化制造过程：通过采用先进的网络技术、制造技术及其他相关技术，构建面向企业特定需求的基于网络的制造系统，并在系统的支持下，突破空间地域对企业生产经营范围和方式的约束，开展覆盖产品整个生命周期全部或部分环节的企业业务活动，如产品设计、制造、销售、采购和管理等，实现企业间的协同和各种社会资源的共享与集成，高速度、高质量、低成本地为市场提供所需的产品和服务。

文献[15]则强调了网络化制造的组织形式——动态联盟。网络化制造是指利用计算机网络，灵活而快速地组织社会资源，将分散在各地的生产设备资源、智力资源和技术资源等，按资源优势互补的原则，快速地整合成一种跨地域的、靠网络联系和统一指挥的制造、运营实体——网络联盟，以实现网络化制造。

从以上论述中可以总结出如下结论：网络化制造是网络经济形式下制造企业为提高企业的持续竞争能力所提出的一种先进制造模式、思想、战略。实现网络化制造的组织形式是虚拟企业，即动态联盟，技术手段是构建网络化制造系统，管理方法是一系列先进管理思想如精益生产、全面质量管理、ERP等等。

网络化制造具有丰富的内容，总结当前的研究成果，可以归纳出网络化制造具有如下特征：

(1) 网络化制造是基于网络技术的先进制造模式。它是在因特网和企业内外网络环境下，企业用以组织和管理其生产经营过程的理论与方法。

(2) 覆盖了企业生产经营的所有活动。网络化制造技术可以用来支持企业生产经营的所有活动，也可以覆盖产品全生命周期的各个环节。

(3) 以快速响应市场为实施的主要目标之一。通过网络化制造，提高企业的市场响应速度，进而提高企业的竞争能力。

(4) 突破地域限制。通过网络突破地理空间上的差距给企业生产经营和企业间协同造成的障碍。

(5) 强调企业间的协作与全社会范围内的资源共享。通过企业间的协作和资源共享，提高企业（企业群体）的产品创新能力和制造能力，实现产品设计制造的低成本和高速度。

(6) 具有多种形态和功能系统。结合不同企业的具体情况和应用需求，网络化制造系统具有许多种不同的形态和应用模式。在不同形态和模式下，可以构建出多种具有不同功能的网络化制造应用系统。

1.2 网络化制造系统的结构和功能

网络化制造系统是企业在网络化制造模式的指导思想、相关理论和方法指导下,在网络化集成平台和软件工具的支持下,结合企业的具体业务需求,设计实施的基于网络的制造系统,其组成如图 1-3 所示。这里指的制造,是大制造的概念,即包括传统的车间生产制造,也包括企业的其他业务。根据企业的不同需要和应用范围,设计实施的网络化制造可以具有不同的形态,每个系统的功能也会有差异,但是它们在本质上都是基于网络的制造系统,如网络化产品定制系统、网络化产品协同系统、网络化系统制造系统、网络化营销系统、网络化资源共享系统、网络化管理系统、网络化供应链管理系统、网络化设备监控系统、网络化售后服务系统、网络化采购系统等。

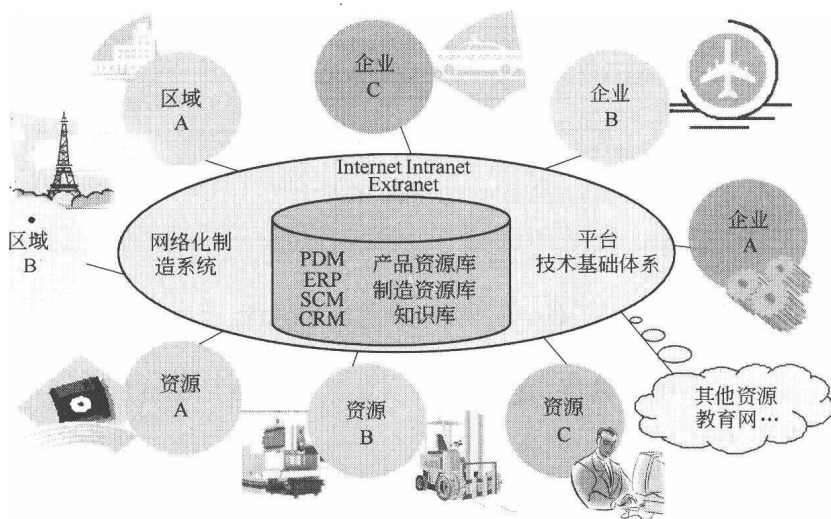


图 1-3 网络化制造系统的组成

网络化制造系统总体上可以分成两个部分,即企业用户以及支持它的一个网络化制造集成平台。网络化制造集成平台是一个基于网络等先进信息技术的企业间协同支撑环境,它为实现大范围异构分布环境下的企业间协同提供基础协议、公共服务、模型库管理、使能工具和系统管理等功能,并为企业间信息集成、过程集成和资源共享提供基于服务方式的透明、一致的信息访问与应用互操作手段,从而方便地实现不同企业间的人员、应用软件系统和制造资源的集成,形成具有特定功能的网络化制造系统。网络化制造集成平台又可以分成三层,自底向上分别是:基础层、应用与使能工具层、网络化制造应用系统层。因此,网络化

制造系统的体系结构一共分四层，如图 1-4 所示，各个层次的功能依次如下：

(1) 基础层：主要为实施网络化制造提供基础的支持，包括基础数据库、相关的技术基础、网络化制造相关标准与协议等。

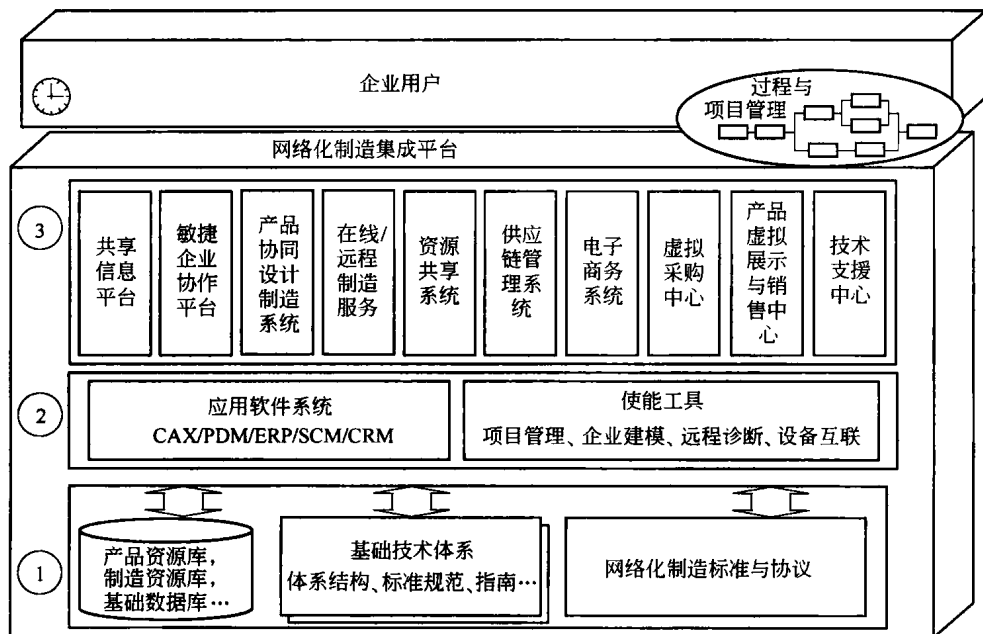


图 1-4 网络化制造系统的结构

(2) 应用与使能工具层：包括各种实施区域网络化制造所需要的应用软件系统和使能工具。

(3) 网络化制造应用系统层：它包含了企业实施网络化制造所需的最主要的功能，其具体功能如下：

1) 共享信息平台：为制造企业提供企业信息、产品信息和供求信息发布的机制，企业能方便地将自身的信息在区域/行业网络化制造平台上发布，供其他企业用户查询。提供信息检索、供求配对导航、智能信息代理服务，提供个性化服务。

2) 敏捷企业协作平台：产品工程图纸和技术资料的传送与在线浏览；产品的网上协同设计；设计生产任务的异地进度监控与信息的管理；虚拟会议室等。目的是提高企业间协作的效率，降低协作成本。

3) 产品协同设计制造系统：为企业开展异地产品协同设计制造提供支持，包括跨企业产品数据管理、跨企业产品的并行设计制造、产品的虚拟设计与制造、产品研制的项目与过程管理、跨企业的产品可视化系统等。