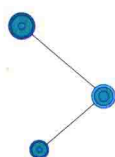




NEW GENERATION

UNDER THE NEW GENERATION OF INTERNET
TECHNOLOGY INTELLIGENT MANUFACTURING



互联网 + 智能制造

万荣 张泽工 高谦 周恢 编著



科学出版社

互联网+智能制造

万 荣 张泽工
高 谦 周 恢 编著

科学出版社

北 京

内 容 简 介

互联网+浪潮到来,将引起制造业的深刻变革。本书分析了制造业现状及发展趋势、各国先进制造理念及模式、智能制造及其核心要素和智能制造使能技术,并针对智能制造的典型应用案例进行剖析,总结出我国智能制造产业发展的分析建议。

本书适用于从事信息技术、制造业的从业人员,也适用于机械制造等专业的学生进行参考。

图书在版编目(CIP)数据

互联网+智能制造/万荣等编著. —北京:科学出版社, 2016

ISBN 978-7-03-048114-6

I. ①互… II. ①万… III. ①智能制造系统—制造业—产业发展—研究—中国 IV. ①F426.4

中国版本图书馆CIP数据核字(2016)第087637号

责任编辑:刘思佳 吴卓晶/责任校对:王万红

责任印制:吕春珉/设计制作:金舵手世纪

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>

三河市骏杰印刷有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2016年5月第 一 版 开本: B5 (720×1000)

2016年5月第一次印刷 印张: 19 3/4

字数: 397 000

定价: 80.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈骏杰〉)

销售部电话 010-62136230 编辑部电话 010-62135120-8009 (VZ02)

版权所有,侵权必究

举报电话: 010-64030229; 010-64034315; 13501151303



前言

Foreword

随着经济全球化和中国的改革开放，中国已经成为世界“制造中心”。先进制造业作为经济发展的支柱性产业和战略性产业，在国民经济中占有举足轻重的地位。在经济全球化的今天，先进制造业已经成为全球制造业竞争最为激烈的领域和发达国家控制国际分工体系的战略制高点，先进制造业核心竞争力已经成为决定一个国家在国际分工体系中地位的关键因素。

随着新一代互联网技术、现代信息技术和现代管理方式的引入，制造业已经发展为具有高知识性、高技术性的先进制造业。因此，深入探讨先进制造业核心竞争力问题，对于优化产业结构、转变发展方式、促进产业转型升级，对于我国从制造大国迈向制造强国具有重要的理论与现实意义。

当前先进制造业核心竞争力的影响因素较多，而现有相关研究仅采用少数几个成因加以解释，不够全面。对先进制造业核心竞争力的影响因素研究大多集中在定性层面分析，定量分析相对较少，实证依据不足，特别是每个特定因素对制造业竞争力的影响程度及其贡献率到底有多大，目前还不是很清楚。创新能力是先进制造业的核心能力，但是目前的相关研究对创新能力重视不够。

未来，互联网和信息通信技术必将深入工业制造业的研发、生

产、管理、销售等各个环节，实现生产和业务的信息协同，最终实现制造业的高度智能化。在新的工业革命进程中，智能化的生产、智能化的产品、智能化的流程、智能化的服务还会不断浮现。智能制造是新一代互联网技术下的制造业发展趋势，发达国家纷纷提出要以技术创新引领制造业升级，智能化、绿色化已成为制造业必然发展趋势，智能制造装备的发展也已成为世界各国竞争的焦点。

未来在整个制造过程中通过计算机将人的智能活动与智能机器有机融合，以便有效地推广专家的经验知识，从而实现制造过程的最优化、智能化和自动化。对于它的研究不仅是为了提高产品质量和生产效率及降低成本，而且也是为了提高制造业响应市场变化的能力和速度。

本书着重分析了制造业现状及发展趋势、各国先进制造理念及模式、智能制造及其核心要素和智能制造使能技术，并针对智能制造的典型应用案例进行剖析，总结出我国智能制造产业发展的分析建议。

由于作者水平有限，书中难免存在不足之处，恳请广大读者和专家不吝赐教。

编著者

2016年1月

目录

Contents

前言

绪论	1
----------	---

第1章 制造业现状及发展趋势	7
----------------------	---

1.1 传统制造业概念与内涵	7
1.2 传统制造业发展面临的形势与挑战	22
1.3 世界制造业发展历程及趋势	31
1.4 我国制造业发展现状及挑战	51
1.5 未来制造业内涵	65
1.6 本章小结	71

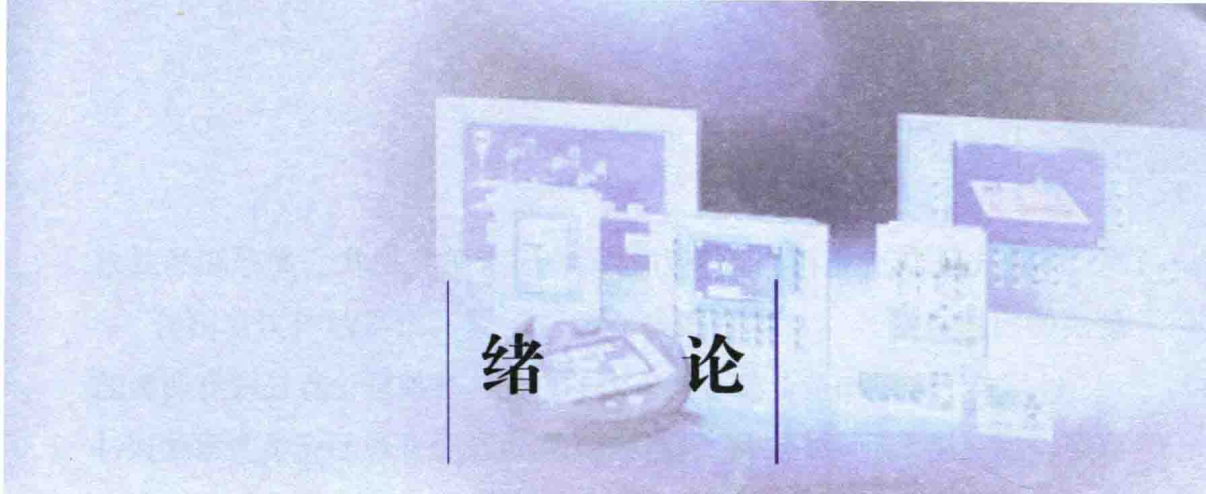
第2章 各国先进制造理念及模式	73
-----------------------	----

2.1 工业4.0	73
2.2 工业互联网	82
2.3 信息物理系统（CPS）	94
2.4 制造强国战略与中国制造2025	100
2.5 互联网+	124
2.6 本章小结	132

第3章 智能制造及其核心要素	134
----------------------	-----

3.1 智能制造概念	134
3.2 智能制造组成要素	136

3.3 本章小结	162
第4章 智能制造使能技术	164
4.1 云计算	164
4.2 物联网	184
4.3 大数据	195
4.4 移动互联	210
4.5 智能机器人	222
4.6 高档数控装备	229
4.7 增材制造	243
4.8 本章小结	256
第5章 智能制造典型应用案例	257
5.1 西门子成都生产研发基地	257
5.2 海尔冰箱智能互联工厂	265
5.3 东风汽车	271
5.4 中粮集团	274
5.5 德国博世洪堡工厂	279
5.6 德国巴斯夫化工集团凯泽斯劳滕工厂	283
5.7 中国石化九江石化智能工厂	284
5.8 本章小结	285
第6章 我国智能制造发展分析及建议	288
6.1 我国智能制造发展瓶颈	288
6.2 我国智能制造发展建议	294
6.3 本章小结	304
主要参考文献	305



绪论

1. 先进制造技术概述

随着经济全球化和中国的改革开放，中国已经成为世界“制造中心”。先进制造业作为经济发展的支柱性产业和战略性产业，在国民经济中占有举足轻重的地位。在经济全球化的今天，先进制造业已经成为全球制造业竞争最为激烈的领域和发达国家控制国际分工体系的战略制高点，先进制造业核心竞争力已经成为决定一个国家在国际分工体系中地位的关键因素。因此，深入探讨先进制造业核心竞争力问题，对于优化产业结构、转变发展方式、促进产业转型升级，对于我国从制造大国迈向制造强国具有重要的理论与现实意义。

就先进制造业的内涵而言，诸多学者对先进制造业的内涵存在着不同的解读，学者们纷纷从不同视角来定义先进制造业，理论界还没有形成统一的理论分析框架和研究结论。造成这种现象的原因可能是对先进制造业的产业边界认识不够清晰，目前学者们对先进制造业的探讨，似乎并没有突破传统制造业的角色定位，然而，随着现代信息技术和现代管理方式的引入，制造业已经发展为具有高知识性、高技术性的先进制造业。因此，如何吸收与借鉴现有研究成果，科学界定先进制造业的内涵具有重要的理论意义。

综观先进制造业核心竞争力的影响因素研究现状，尚存在的或未解决的问题有：

(1) 关于先进制造业核心竞争力的内涵，目前理论界还没有明确的界定，现有相关研究主要从产业竞争力角度或企业核心竞争力角度探讨其内涵，较少从先进制造业视角对先进制造业核心竞争力进行界定。

(2) 先进制造业核心竞争力的影响因素较多，而现有相关研究仅采用少数几个成因加以解释，不够全面。对先进制造业核心竞争力的影响因素研究大多集中在定性层面分析，定量分析相对较少，实证依据不足，特别是每个特定因素对制造业竞争力的影响程度及其贡献率到底有多大，目前还不是很清楚。

(3) 创新能力是先进制造业的核心能力，但是目前的相关研究对创新能力重视不够。

2. 新一代互联网技术

2013 年，美国通用电气公司（GE）发表了《工业互联网——打破智慧与机器的边界》报告，该报告审视了新一波生产力水平提高的潜在可能性。特别强调将工业革命的成果及其带来的机器、机组和物理网络，与近期的互联网的成果——智能设备、智能网络 and 智能决策融合到一起。并将此融合称作“工业互联网”。有证据表明，范围广泛的此次创新能给商业和全球经济带来巨大效益。我们相信，怀疑论者过于草率地下了结论。与工业革命非常类似，互联网革命也是动态的、层层展开的，而现在正处于一个转折点。

工业互联网将整合两大革命性转变之优势：其一是工业革命，伴随着工业革命，出现了无数台机器、设备、机组和工作站；其二则是更为强大的网络革命，在其影响之下，计算、信息与通信系统应运而

生并不断发展。

伴随着这样的发展，以下三种元素逐渐融合，充分体现出工业互联网之精髓。

智能机器：以崭新的方法将现实世界中的机器、设备、团队和网络通过先进的传感器、控制器和软件应用程序连接起来。

高级分析：使用基于物理的分析法、预测算法、自动化和材料科学，电气工程及其他关键学科的深厚专业知识来理解机器与大型系统的运作方式。

工作人员：建立员工之间的实时连接，连接各种工作场所的人员，以支持更为智能的设计、操作、维护以及高质量的服务与安全保障。

未来，互联网和信息通信技术必将深入工业制造业的研发、生产、管理、销售等各个环节，实现生产和业务的信息协同，最终实现制造业的高度智能化。在新的工业革命进程中，智能化的生产、智能化的产品、智能化的流程、智能化的服务还会不断浮现。

3. 智能制造：新一代互联网技术下的制造业发展趋势

智能制造（intelligent manufacturing, IM）是一种由智能机器和人类专家共同组成的人机一体化智能系统，它在制造过程中能进行智能活动，诸如分析、推理、判断、构思和决策等。

智能制造技术是制造技术、自动化技术、系统工程与人工智能等学科互相渗透、互相交织而形成的一门综合技术。其具体表现为：智能设计、智能加工、机器人操作、智能控制、智能工艺规划、智能调度与管理、智能装配、智能测量与诊断等。它强调通过“智能设备”和“自治控制”来构造新一代的智能制造系统模式。智能制造系统具有自律能力、自组织能力、自学习与自我优化能力、自修复能力，因

而适应性极强，而且由于采用虚拟现实系统（virtual reality, VR）技术，人机界面更加友好。因此，IM 技术的研究开发对于提高生产效率与产品品质、降低成本，提高制造业市场应变能力、国家经济实力和国民生活水平，具有重要意义。智能制造是制造系统柔性自动化和集成自动化的新发展和重要组成部分，因此未来智能制造将向智能集成的方向发展，未来智能制造的研究将着重于智能传感与检测（如智能传感器、智能传感与检测技术、光纤传感技术等）。

最近，工业发达国家纷纷提出要以技术创新引领制造业升级，智能化、绿色化已成为制造业必然发展趋势，智能制造装备的发展也已成为世界各国竞争的焦点。美国学者提出：“人工智能、机器人和数字制造技术相结合，将会引起一场制造业的革命。美国企业家即使在本土建厂，也能生产出价廉物美的各种各样的产品。这样，中国还如何能与我们竞争？美国注定要重新获得制造业的领导权，而很快就该轮到中国去担忧了。”美国学者提出的三大技术相结合的制造模式可称之为制造智能化，也可称之为智能制造。智能制造通过工况在线感知（看）、智能决策与控制（想）、装备自律执行（做大闭环过程，不断提升装备性能、增强自适应能力，是高品质复杂零件制造的必然选择。智能制造是一种由智能机器和人类专家共同组成的人机一体化智能系统，它在制造过程中能进行智能活动，诸如分析、推理、判断、构思和决策等。通过人与智能机器的合作共事，去扩大、延伸和部分地取代人类专家在制造过程中的脑力劳动。它把制造自动化的概念更新，扩展到柔性化、智能化和高度集成化。

智能制造在国际上尚无公认的定义。目前比较通行的一种定义是，智能制造技术是指在制造工业的各个环节，以一种高度柔性 with 高度集成的方式，通过计算机来模拟人类专家的制造智能活动。因此，

智能制造的研究开发对象是整个机械制造企业，其主要研究开发目标有以下两点：

(1) 整个制造工作的全面智能化，它在实际制造系统中首次提出了以机器智能取代人的部分脑力劳动作为主要目标，强调整个企业生产经营过程大范围的自组织能力。

(2) 信息和制造智能的集成与共享，强调智能型的集成自动化。目前的研究方向已从最初的人工智能在制造领域中的应用发展到今天的智能制造系统，研究的范围由最初仅一个企业内的市场分析、产品设计、生产计划、制造加工、过程控制、信息管理、设备维护等技术型环节的自动化，发展到今天的面向世界范围内的整个制造环境的集成化与自组织能力，包括制造智能处理技术、自组织加工单元、自组织机器人、智能生产管理信息系统、多级竞争式控制网络、全球通信与操作网等。

未来必然是以高度的集成化和智能化为特征的自动化制造系统，并以部分取代制造中人的脑力劳动为研究目标，而不同于在制造中的应用也是当代传统制造技术、新兴计算机技术、人工智能技术等发展的必然结果，即在整个制造过程中通过计算机将人的智能活动与智能机器有机融合，从而实现制造过程的最优化、智能化和自动化。不仅是为了提高产品质量和生产效率及降低成本，而且也是为了提高制造业响应市场变化的能力和速度。而且面向实际的制造业应用并促进其达到更高程度的集成，对于一般工业过程的自动化或精密生产环境均有潜在的应用价值。它的出现将使人们从一个完全崭新的角度去从事科学技术和制造领域的研究。在我国，虽然企业与技术转移问题目前尚不严重，但是发达国家一旦拥有相关技术，而我们又在这方面与之相差甚远的话，我们将面临失去更多与之竞争机会的危险。一方面，

它是实际的制造技术和系统，发达国家将不再“依赖”发展中国家的“廉价”劳动力；另一方面，专业技术人员和熟练技术工人数量缺乏的问题在我国尤其严重，企业生产中的各个环节相互脱节等现象也十分突出；第三，重复投资增大、企业生产的规范化及自动化程度低下等也是比较突出的问题。目前发达国家正在积极启动这一高新技术，并投巨资、集中大批优秀人才进行跨国合作研究与开发，我国也应当适度开展相应研究。因此，基于国外发达国家积极抢占这一国际制造业制高点的严峻形势，参照我国实情，我们认为当前应该系统深入地开展的基础理论研究和现有加工单元技术与机器设备的智能自动化研究。特别是开发出具有自身特色的，可以实现高精度易操作和无人管理的柔性制造系统，以满足我国制造业日益发展的需要。如果条件允许，还可以试点进行研究领域中的下一代设计过程、工厂及自主功能模块和虚拟制造系统等方面的前期实验研究工作。只有这样，方能在未来制造技术领域争得一席之地。



第1章 制造业现状及发展趋势

1.1 传统制造业概念与内涵

1.1.1 传统制造业概念

制造业是指对制造资源（物料、能源、设备、工具、资金、技术、信息和人力等）按照市场要求，通过制造过程，转化为可供人们使用和利用的大型工具、工业品与生活消费产品的行业。

在三次产业分类中，制造业属于第二产业，一般是指加工工业，它在国民经济各产业中占有举足轻重的地位。制造业一般可分为：制造各工业部门所需的装备制造业，如机械制造业，它为各个部门提供生产工具与手段；生产消费资料制造业，如家电制造业、纺织服装制造业等。

制造业分布广泛，对国民经济及人们生活很重要。可以说，没有制造业，就没有了生产的工具与设施，也就谈不上农业、建筑业、服务业。

作为隶属于制造业的一个分类范畴，“传统制造业”本身不是一个严格的产业类别概念，是为区别于高新技术产业而提出的。随着

国民经济发展的进程和产业技术进步的加快，其内涵将呈逐渐演变的趋势。因此，尽管传统制造业概念已被广泛应用多年，但比较规范的学科定义一直没有出现。传统制造业可以定义为：以劳动密集或资本密集为主要特征的，以传统、通用技术为主要生产手段的制造加工行业。传统制造业又包括食品、饮料、烟草、纺织、服装、皮革、木材、家具、造纸、印刷、文体用品及日用杂品等传统消费品制造业和化工、橡胶塑料、非金属矿物制品、设备制造、汽车、电气、仪器仪表等传统工业品制造业（图 1-1）。



图 1-1 传统制造业

1.1.2 传统制造业地位及其重要作用

随着经济全球化和新经济浪潮的兴起和不断扩散，世界经济增长的环境正发生着革命性的变化。为顺应这一变化，各国都正在加速进行产业结构调整、升级和经济结构的战略性转型，以取得在新一轮国际竞争大潮中的有利位置，而制造业是现代经济的重要基石，是推动一个国家实现工业化和现代化的关键性产业之一。制造业直接体现了

一个国家的生产力水平，是区别发展中国家和发达国家的重要因素，制造业在世界发达国家的国民经济中占有重要份额。

1. 对人类制造业的全新认识

不少人习惯于从制造业看制造业，那是“照镜子”，只能局限于制造业的细节。制造业从手工作坊、机器生产、机械化生产、流水线生产到自动生产线，发展到柔性生产，制造业的发展经历了两个世纪的发展历程。制造业在社会发展中所起的作用和所担任的角色随着科学技术的发展而逐步演变。站在人类发展的角度看，可将制造业所担任的历史使命概括为：满足人类生活基本需要→满足社会经济竞争需要→满足可持续发展需要→创造全新的人类文明形式。这种历史使命从根本上决定着制造业的体系环境和发展空间，决定着制造业会不会成为“夕阳产业”。

认为制造业的使命仅是完成产品制造和带动社会经济发展是十分狭隘的认识。在人类社会进入工业化初期，制造业的主要使命是进行需求产品的制造，而随着社会的发展，经济的因素起着越来越重要的作用。但是，在这种需求的驱动下，制造业处于被动而急切的发展态势之中，是一种不平衡的发展，导致资源的无节制消耗、环境的破坏污染，地球生态系统在人类经济的发展中却在遭受前所未有的厄运。在人类社会发展的高级阶段，制造业必将从被动的需求驱动生产的狭隘使命中解脱出来，成为恢复和重建地球甚至宇宙生态系统的参与者，主动建立更为完善的物质文明和精神文明的世界，并成为创造的主要动力之一，这才是制造业必然的归宿。

就目前而论，无论从制造技术还是从制造业运作模式的角度，都不得不对制造业刮目相看。诸如精良生产、智能制造、分散网络化制

造、虚拟制造、敏捷制造、清洁生产等概念和先进制造技术迅速发展起来，从而带来了制造模式在中心观念、生产结构、工作方式、组织形式和竞争策略五个方面发生了巨大转变和全面改观。从 20 世纪后半叶开始，制造业开始意识到在创造的同时必须避免资源耗竭、污染和破坏的发生，绿色制造理所当然应该成为制造业的主旋律。任何先进的制造都必将是具备绿色特性的制造，制造业本身必须具备可持续发展特性。地球作为一个生态系统的可持续发展，将越来越多地依赖于制造业的进步。单是从这个意义上说，制造业也正处于新的发展高潮的前期。

对制造业发展空间的认识不能停留在现有的水平上。制造业完全有可能突破传统的无机物、无生命制造对象的限制和目前人类生存空间范围的限制。例如，健康器官的来源是医学中器官移植技术面临的主要问题，人类从未放弃过对人造器官的梦想，现在人造骨骼已经移入人体，在将来，各种生物器官的制造完全有可能发展成制造业的一个专门行业；地球面临着庞大人口生存问题，在转基因工程和众多生物科学的推动下，粮食生产可能从现在传统的农业形式，转变成一种全新的制造业行业；能源工业现在不能算是制造业，但未来社会所需的主要能源也许将完全依赖制造业从太阳能、中子能等新能源“转制造”而来；人类对生存空间的探索将向海洋、地球内部以及空间发展，由于地球生存环境和资源的限制，可能引发向宇宙空间发展的制造业也是可能的。制造业所涵盖的内容和范畴可能远比我们目前所关心的丰富得多，如果仅仅从现有科学与经济背景看制造业，恐怕还是有一叶障目之嫌。

总之，制造业最终的目标是创造更为和谐与文明的世界，创造与人类工业社会 and 知识社会的现有模式相比更为完善、更具生命力的社