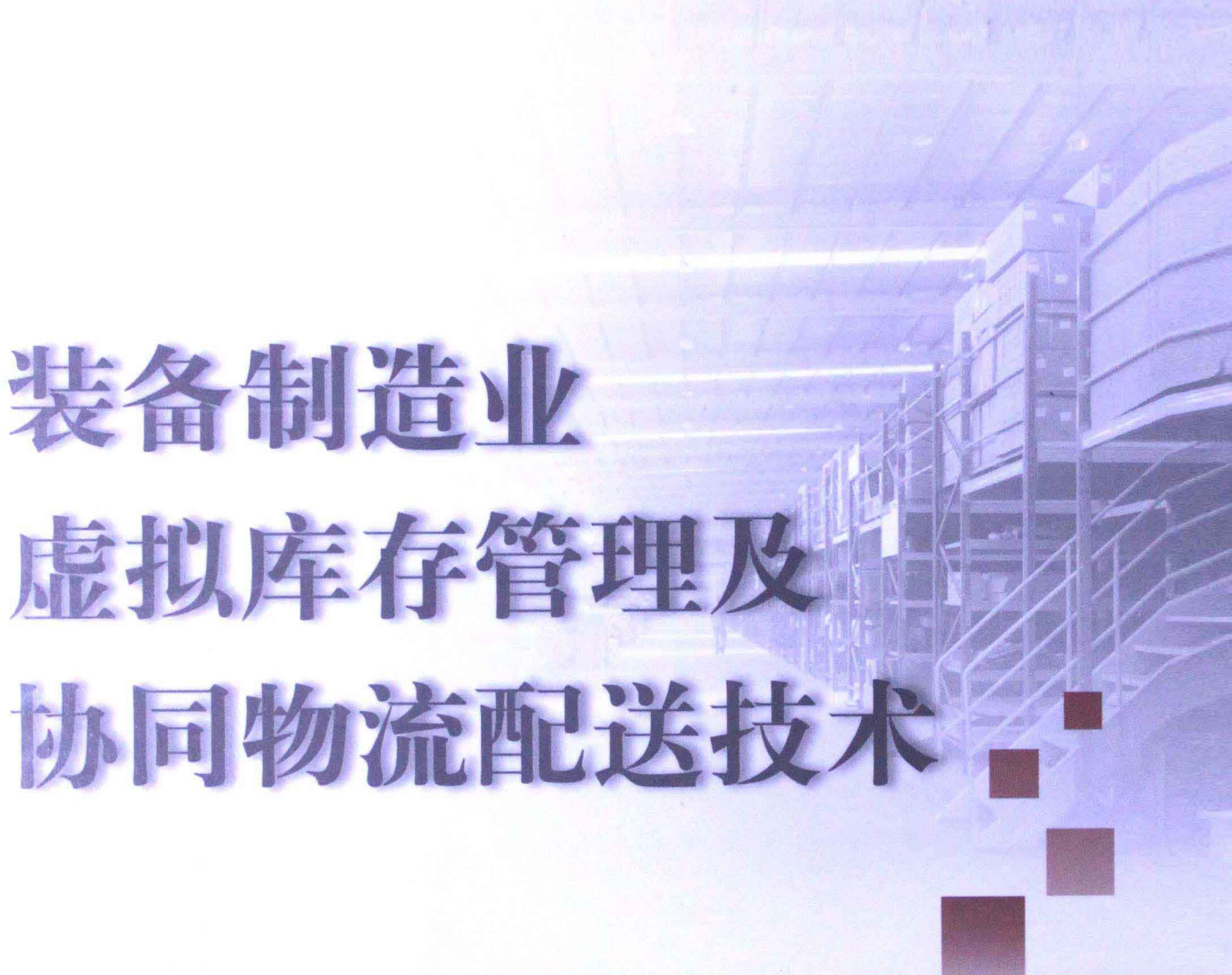




装备制造业 虚拟库存管理及 协同物流配送技术

黄有方 编著



科学出版社

装备制造业虚拟库存管理 及协同物流配送技术

黄有方 编著

科学技术部“863”项目 2007AA04Z105 资助

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书是装备制造业虚拟库存管理及协同物流配送技术的研究成果,主要包括装备制造业虚拟库存控制模型、协同物流配送优化方法、开发装备制造业虚拟库存管理及协同物流配送原型系统的关键技术等。此外,本书介绍了原型系统功能模块以及装备制造业虚拟库存管理和协同物流配送技术的发展前景。

本书在阐述基本概念与基本理论的同时,亦给出了具有实践可行性的原型系统。装备制造业虚拟库存管理及协同物流配送技术的研究,对物流库存管理和配送理论本身的完善与发展有一定的贡献,同时也影响到相关技术领域,如供应链协同规划及仿真优化技术、供应链过程监控技术等。

本书可作为管理科学、自动控制、制造自动化等专业的本科生与研究生辅助教材,也可作为有关领域工程科技人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

装备制造业虚拟库存管理及协同物流配送技术 / 黄有方编著. —北京: 科学出版社, 2014

ISBN 978-7-03-039247-3

I. ①装… II. ①黄… III. ①制造工业—库存—仓库管理—研究—中国 ②制造工业—物资配送—研究—中国 IV. ①F426.4 ②F252.2 ③F253.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 288463 号

责任编辑: 兰 鹏 / 责任校对: 王艳利
责任印制: 阎 磊 / 封面设计: 蓝正设计

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>

北京市文林印务有限公司 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2014 年 1 月第 一 版 开本: 720×1000 B5

2014 年 1 月第一次印刷 印张: 13 1/2

字数: 272 000

定价: 54.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)

前 言

装备制造业是国民经济社会发展的基础性、战略性产业。我国拥有全球最大的港口装备制造企业，装备制造业已成为我国赶超世界先进水平的重要领域之一。

我国海洋运输业的快速发展，对装备制造业的敏捷反应能力提出了更高的要求，装备制造企业必须提高库存管理水平和配送技术才能适应这种要求。鉴于采用按订单生产（make to order, MTO）模式的大型装备制造业具有自身特点，其库存管理、配送技术在世界范围内的研究与应用极少。为了提升我国装备制造业的先进制造水平，进行装备制造业虚拟库存管理及协同物流配送技术的研究与应用势在必行。本书的研究成果可为我国大型装备制造业的生产服务提供理论基础，对我国装备制造业占据世界领先水平、推进我国大型装备制造行业的发展具有重要的理论价值和实际意义。

关于装备制造业虚拟库存管理及协同物流配送技术的研究，对物流库存管理和配送理论本身的完善与发展有一定的贡献，同时也影响到了相关技术领域，如供应链协同规划及仿真优化技术、供应链过程监控技术等。本书的研究成果应用背景明确，直接为大型装备行业服务，为虚拟库存管理和协同物流配送技术开辟了重要的应用领域，同时地理信息系统（geographic information system, GIS）/全球定位系统（global positioning system, GPS）/通用无线分组业务（general packet radio service, GPRS）/无线射频识别（radio frequency identification, RFID）/陆地集群无线电（terrestrial trunked radio, TETRA）技术的应用为现代物流服务提供了必要的技术支持。

本书的研究成果广泛适用于订单型生产的大型装备行业，同时也适用于项目型生产企业。基于实时信息的优化方法和建立在 GIS/GPS/GPRS/RFID/TETRA 技术上的物流过程监控技术也适用于各种类型的生产企业和面向快速消费品的城市物流配送领域，能够有效地降低物流成本。另外，随着现代物流的发展，

现代物流园区、仓储运输企业、物流信息服务企业等，也可以应用本书研究成果。

本书由上海海事大学黄有方教授任主编，负责设计全书编写大纲以及全书的修改定稿工作；上海海事大学物流研究中心部分教师负责具体章节编写工作，主要包括丁以中、陈淮莉、杨斌、梁承姬、严伟、韩晓龙、孟燕萍、胡坚堃等。由于作者水平有限，书中难免存在不足之处，恳请各位同行和读者不吝赐教。

编者

2013年10月

目 录

前言

第一篇 概论

第 1 章 装备制造业及其物流	3
1.1 装备制造业的定义和特点	3
1.2 我国装备制造业现状及发展	5
1.3 装备制造业物流和研究意义	8
1.4 本章小结	11
第 2 章 虚拟库存管理	12
2.1 虚拟库存管理的产生	12
2.2 虚拟库存管理研究现状	12
2.3 虚拟库存管理对装备制造业的意义	14
2.4 本章小结	14
第 3 章 协同物流配送技术	17
3.1 协同配送技术的兴起	17
3.2 协同配送研究现状	18
3.3 协同配送对装备制造业物流的意义	20
3.4 本章小结	20
第 4 章 物流信息技术	22
4.1 物流信息采集与识别技术	22
4.2 物流信息交换与传输技术	23
4.3 物流信息存储与处理技术	23
4.4 物联网技术	24
4.5 云计算技术	25

4.6	TETRA 无线数字集群应用研究	26
4.7	基于 GIS 的物流信息技术的应用	27
4.8	本章小结	28

第二篇 库存

第 5 章	虚拟库存管理概述	33
5.1	几种库存管理模式	33
5.2	虚拟库存管理模式	36
5.3	建立虚拟库存	41
5.4	虚拟库存管理的一般成本模型	47
5.5	本章小结	48
第 6 章	基于虚拟库存的原材料动态补货批量模型	51
6.1	多周期动态批量问题	52
6.2	基于虚拟库存的原材料动态补货批量模型及求解方法	53
6.3	算例分析	56
6.4	本章小结	57
第 7 章	装备制造业虚拟库存管理下安全库存模型研究	59
7.1	虚拟库存管理下的安全库存	59
7.2	虚拟库存管理对安全库存的影响因素分析	62
7.3	虚拟库存管理下安全库存的 BP 神经网络模型	64
7.4	本章小结	73

第三篇 配送

第 8 章	装备制造业协同配送网络设计	77
8.1	装备制造业协同配送网络概述	77
8.2	装备制造业物流协同配送网络的构成	81
8.3	装备制造业物流协同配送网络的设计	85
8.4	装备制造业物流协同配送网络优化算例	90
8.5	本章小结	92
第 9 章	港口装备制造业的供应商选择	95
9.1	供应商选择的背景	95
9.2	供应商选择的指标体系	98
9.3	供应商选择的建模	100
9.4	实例验证	104
9.5	本章小结	107

第 10 章	确定条件下装备制造业协同配送优化	110
10.1	单一类型配送车辆的数量优化	110
10.2	多类型配送车辆的数量优化	114
10.3	带时间窗的车辆路径优化	117
10.4	车辆协同配送调度的 PSO 算法	124
10.5	本章小结	127
第 11 章	考虑随机因素的装备制造业协同配送仿真	129
11.1	考虑随机因素的装备制造业协同配送仿真研究背景	129
11.2	eM-Plant 仿真软件及其特点	130
11.3	考虑随机因素的协同配送数学模型	132
11.4	面向对象的仿真模型	133
11.5	本章小结	139

第四篇 信息系统

第 12 章	装备制造业虚拟库存管理及协同物流配送原型系统关键技术	143
12.1	支撑装备制造业虚拟库存及协同物流配送的无线定位与 通信技术	143
12.2	支撑装备制造业虚拟库存及协同物流配送优化的系统 实现技术	149
12.3	支撑装备制造业虚拟库存及协同物流配送的物流空间 信息技术	154
12.4	本章小结	158
第 13 章	装备制造业虚拟库存管理及协同物流配送原型系统开发	164
13.1	装备制造业虚拟库存管理及协同物流配送原型系统信息传输、 组织与分析	164
13.2	装备制造业虚拟库存管理及协同物流配送原型系统优化模型 空间可视化	172
13.3	装备制造业虚拟库存管理及协同物流配送原型系统框架设计	176
13.4	装备制造业虚拟库存管理及协同物流配送原型系统集成	181
13.5	本章小结	184
第 14 章	装备制造业虚拟库存管理及协同物流配送原型系统研发成果	185
14.1	销售管理模块	187
14.2	生产管理模块	191
14.3	采购管理模块	193
14.4	物流管理模块	197

14.5 本章小结..... 199

第五篇 发展前景

第 15 章 虚拟库存管理与协同配送技术的发展前景 203

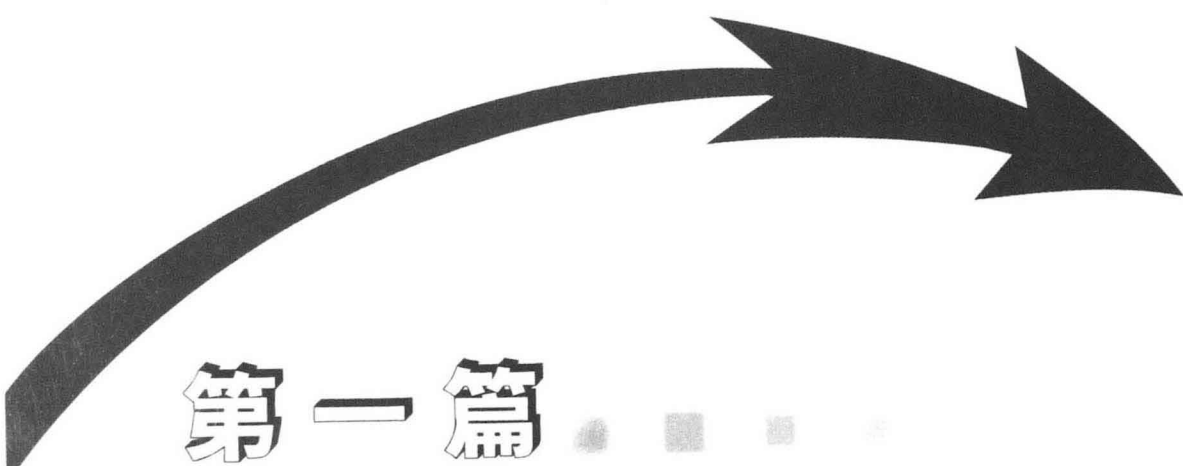
15.1 虚拟库存管理和协同配送技术研究成果..... 203

15.2 虚拟库存管理和协同配送技术研究展望..... 205

15.3 虚拟库存管理和协同配送技术应用前景..... 206

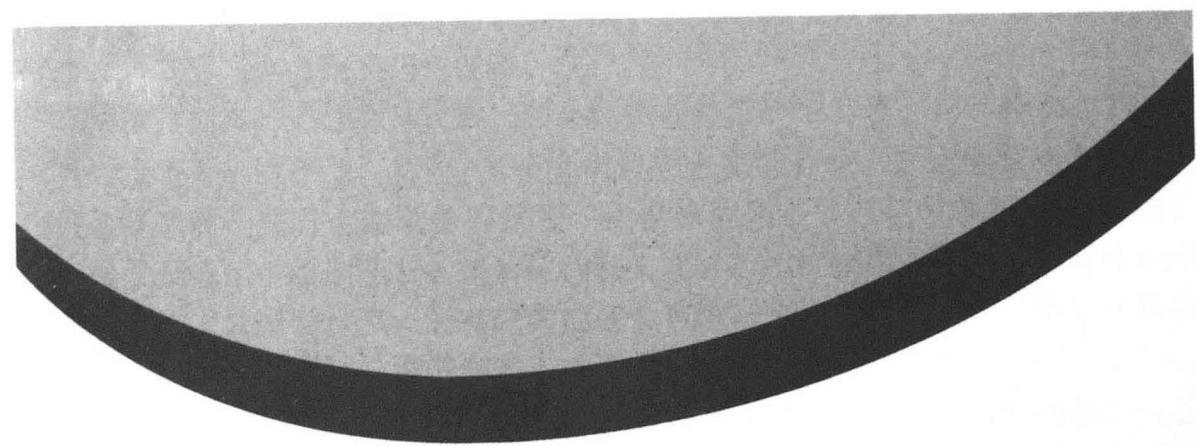
15.4 本章小结..... 207

缩略词表..... 208



第一篇

概 论



第 1 章

装备制造业及其物流

1.1 装备制造业的定义和特点

1.1.1 装备制造业定义

装备制造业是指为国民经济各部门简单再生产和扩大再生产提供技术装备的各制造工业的总称，其产业范围包括机械工业(含航空、航天、船舶和兵器等制造行业)和电子工业中的投资类产品。装备制造业包括通用设备制造业、专用设备制造业、航空航天器制造业、铁路运输设备制造业、交通器材及其他交通运输设备制造业、电气机械及器材制造业、通信设备计算机及其他电子设备制造业、仪器仪表及文化办公用品制造业等。

按国民经济行业分类与代码，装备制造业包括 8 个大类、46 个中类、178 个小类的投资类机电产品。其中，8 个大类包括金属制品业、普通机械制造业、专用设备制造业、交通运输设备制造业、武器弹药制造业、电气机械及器材制造业、电子及通信设备制造业、仪器仪表及文化办公用机械制造业。装备制造业的产业关联度大，带动性强，还有较大的就业容量，其发展水平反映了国家在科学技术、工艺设计、材料、加工制造等方面的综合配套能力。

按照装备功能和重要性的不同，装备制造业主要包括以下三方面内容：

一是重大的先进基础机械，即制造装备的基础机械，主要包括数控(number control, NC)机床、柔性制造单元(flexible manufacturing cell, FMC)、柔性制造系统(flexible manufacturing system, FMS)、计算机集成制造系统(computer intergration manufacture system, CIMS)、工业机器人、大规模集成电路及电子制造设备等。

二是重要的机械、电子基础件，主要包括先进的液压、气动、轴承、密封、

模具、刀具、低压电器、微电子和电力电子器件、仪器仪表及自动化控制系统等。

三是国民经济各部门(包括农业、能源、交通、原材料、医疗卫生、环保等)科学技术、军工生产所需的重大成套技术装备。例如,矿产资源的井采及露天开采设备,大型火电、水电、核电成套设备,超高压交、直流输变电成套设备,石油、化工、煤化工、盐化工成套设备,黑色和有色金属冶炼轧制成套设备,民用飞机、高速铁路、地铁及城市轨道车、汽车、船舶等先进交通运输设备,污水、垃圾及大型烟道气净化处理等大型环保设备,大江大河治理、隧道挖掘和盾构、大型输水输气等大型工程所需重要成套设备,先进适用的农业机械及现代设施农业成套设备,大型科学仪器和医疗设备,先进大型的军事装备,通信、航管及航空航天装备,先进的印刷设备,等等。

1.1.2 装备制造业特点

装备制造业主要具有以下特点^[1]:

(1)装备制造业范围广,门类多,技术含量高,与其他产业的关联度大,带动性强。装备制造业不仅涉及机械加工业,还涉及材料、电子和机械零配件加工等配套行业。装备制造业的发展将带动一大批相关产业的发展。装备制造业可以为各行业提供现代化设备,从农业生产的机械化到国防使用的武器装备,各行各业都离不开装备制造业。

(2)装备制造业是提高就业、节省资源的高附加值产业。装备制造业虽为技术密集和资本密集工业,但它不同于流程工业,它是组装式工业,同时具有劳动密集性质,有较大的就业容量,可以提供大量就业机会。装备制造业不仅直接吸纳大量劳动力,同时由于其前后关联度较高,对其投入也可带动其他工业的发展,增加相关工业的就业人数,解决就业问题,缓解就业压力,对保持社会安定团结具有至关重要的作用。

在资源日趋紧张、环保要求日趋严格的情况下,各国都在致力于优化产业结构,发展节省能源和节省资源的高技术密集型和高附加价值型产业。装备制造业是技术密集产业,产品技术含量高,附加价值大。随着装备制造业的不断吸纳高新技术,以及信息技术(information technology, IT)、软件技术和先进制造技术在装备制造业中的普及应用,技术装备日趋信息化,先进的装备制造业将有更多的产业及产品进入高技术产业范畴。

(3)装备制造业是事关国家经济安全及综合国力的战略性产业。装备制造业的发展水平反映出了一个国家在科学技术、工艺设计、材料、加工制造等方面的综合配套能力。特别是一些技术难度大、成套性强,需跨行业配套制造的重大技

术装备的制造能力,反映了一个国家的经济和技术实力。因此,装备制造业的发展有利于提高国民经济各行各业的技术水平和劳动生产率,从而提高国家竞争力。许多工业化国家,在工业化成熟阶段都把装备制造业作为主导产业。

(4)装备制造业呈现出全球化的发展趋势。由于现代技术革命与高新技术的出现和信息网络技术的广泛运用,装备制造业所涉及的概念和领域正在逐渐发生着巨大的转变和整合,装备制造业的技术研究、开发、生产以及销售的全球化合作日趋加强,装备制造业呈现出全球化的发展趋势。

■ 1.2 我国装备制造业现状及发展

1.2.1 我国装备制造业的现状

装备制造业是为国民经济和国防建设提供生产技术装备的制造业,是制造业的核心组成部分,是国民经济发展特别是工业发展的基础。装备制造尤其是高端装备制造的发展,将对上下游的钢铁、有色金属、石化、汽车、纺织等基础制造业产生强大的推动力。建立起强大的装备制造业,是提高我国综合国力、实现工业化的根本保证。党的十六大提出,“坚持以信息化带动工业化,以工业化促进信息化,走出一条科技含量高、经济效益好、资源消耗低、环境污染少、人力资源得到充分发挥的新型工业化路子”,并指出“用高新技术和先进适用技术改造传统产业,大力振兴装备制造业”。我国装备制造业经过多年的发展,已取得了令人瞩目的成就,形成了门类齐全、具有相当规模和一定水平的产业体系,成为我国经济发展的重要支柱产业。

“十一五”以来,我国装备制造业发展明显加快,重大技术装备自主化水平显著提高,国际竞争力进一步提升,部分产品技术水平和市场占有率跃居世界前列。主要体现在以下几个方面^[2]:

(1)机械工业产业规模跃居世界首位。根据中国机械工业联合会统计口径和数据,2010 年全行业工业增加值占全国国内生产总值(GDP)的比重超过了 9%;工业总产值从 2005 年的 4 万亿元增长到了 2010 年的 14 万亿元,年均增速超过 25%,占全国工业总产值的比重从 16.6%提高到了 20.3%;规模以上企业已达 10 万多家;资产总额已达到 10.4 万亿元。2009 年,我国机械工业销售额达到 1.5 万亿美元,超过了日本的 1.2 万亿美元和美国的 1 万亿美元,跃居世界第一位,成为全球机械制造第一大国。

(2)装备保障能力显著增强。“十一五”以来,在高速增长的需求拉动下,我国重大技术装备自主化成绩显著,机械产品水平取得长足进步。发电设备已能基本满足国内需求,技术水平和产品产量已经进入世界前列。1 000 千伏特高压交

流输变电设备和±800 千伏直流输电成套设备综合自主化率分别达到了 90%以上和 60%以上，我国成为世界上首个特高压输变电设备投入工业化运行的国家。1 000 万吨级钢铁企业常规流程成套设备、2 000 万吨级露天矿成套设备、日产 4 000~10 000 吨级熟料干法工艺水泥成套设备已能自主提供。30 万吨/年合成氨设备实现自主化，百万吨乙烯装置裂解气压缩机、丙烯压缩机和乙烯压缩机等关键“三机”研制成功。国产农业机械已基本满足国内农业需求。为数控机床配套的数控系统和功能部件自给率达到 60%，自主研发的数控系统可靠性平均无故障时间达到 2 万小时。60 万千瓦火电机组高中压转子国内市场满足率提高到 60%，超临界火电机组转子实现批量生产，百万千瓦级三代核电关键锻件技术攻关取得突破。“十一五”期间，机械产品国内市场占有率由 2005 年的 80%进一步提高到了 2010 年的 85%以上，对国民经济各行业的保障能力明显增强。

(3)结构调整取得重要进展。一是资本结构趋向多元化，行业发展内生活力不断增强。国有大型企业在重大技术装备研制和生产中继续发挥主力军作用；民营经济已经成为机械工业发展的重要力量，对机械工业增长的贡献率超过 50%，为机械工业应对国际金融危机的影响和冲击、实现平稳较快发展做出了重要贡献。二是主要行业产业集中度不断提高。哈尔滨电气集团公司、中国东方电气集团有限公司、上海电气集团股份有限公司三大集团发电设备产量行业占比达到 69%；华锐风电科技股份有限公司、金风科技股份有限公司、东方汽轮机有限公司风电设备产量占全行业的比重达到 70%；徐州工程机械集团有限公司、中联重科股份有限公司、三一重工股份有限公司、广西柳工机械股份有限公司、福建龙工集团有限公司、山推工程机械股份有限公司等工程机械企业已占据全行业市场销售总额的半壁江山。三是科技创新成果成为推动行业持续发展的强劲动力。机械工业新产品产值连续五年保持两位数增长，2010 年，新产品产值超过 2 万亿元，约占全国工业新产品产值的 40%。重大技术装备向大型化、高参数化发展，部分产品的效率已经接近世界先进水平，量大面广的通用机电产品效率也有很大提高。四是固定资产投资持续高速增长。“十一五”期间，机械行业累计完成固定资产投资 5.7 万亿元，年均增速达到 38%。全行业的装备水平和生产条件大为改善，行业固定资产的更新率由“十五”末的 61%提高到了 2009 年的 64%，一批行业排头兵企业的装备水平已经达到或接近世界同行业先进水平。

(4)国际竞争力显著增强。机械产品对外贸易规模持续扩大，结构不断优化，机械产品国际市场竞争力不断增强。“十一五”期间，我国机械工业连续五年实现贸易顺差。2006 年，机械工业历史上首次扭转了贸易逆差的局面，当年实现贸易顺差 7 亿美元。2008 年，实现贸易顺差 477 亿美元，达到历史最高水平。外贸结构不断优化，一般贸易额在外贸总额中的占比已由 2005 年的 46%提高到了 2010 年的 58%，加工贸易额占比则由 2005 年的 49%降低到了 2010 年的 31%。

出口产品结构进一步优化,出口产品保持成本优势的同时,技术水平和品牌知名度也不断提高。在常规发电设备、输变电设备、港口装卸机械、水泥成套设备等制造领域,我国已走在世界前列,工程机械、数控机床等技术含量较高的产品国际竞争力明显增强,出口增长迅速。例如,发电设备出口量已占到总产量的近15%。

(5)发展质量明显提高。“十一五”期间,机械工业万元工业增加值综合能耗逐年大幅下降,从2005年的0.65吨标准煤降至2009年的0.425吨标准煤,降幅达到34.6%,大幅超过“十一五”规划提出的单位GDP能源消耗降低20%的指标;材料利用率大幅提高,大中型企业万元工业增加值耗钢量从0.47吨降至0.38吨,降幅达19.1%。“十一五”期间,机械工业信息化进程加速。骨干企业已普遍使用三维设计,计算机辅助工程(computer aided engineering, CAE)、计算机辅助工艺(computer aided process planning, CAPP)、产品数据管理(product data management, PDM)的覆盖率已超过半数;财务管理信息化普及率达到90%以上;成本管理、采购管理、销售管理、库存管理、人力资源管理、主生产计划等信息化应用取得明显成效。产品开始向数字化、自动化、智能化方向发展。

虽然我国已经成为装备制造业大国,但产业大而不强、自主创新能力薄弱、基础制造水平落后、重复建设和产能过剩等问题依然突出。

1.2.2 我国装备制造业的发展

装备制造业是为国民经济发展和国防建设提供技术装备的基础性产业。大力振兴装备制造业,是党的十六大提出的一项重要任务,是树立和落实科学发展观、走新型工业化道路、实现国民经济可持续发展的战略举措。为加快装备制造业的振兴,国务院发布了《关于振兴装备制造业的若干意见》,提出要发展一批有较强竞争力的大型装备制造企业集团,增强具有自主知识产权重大技术装备的制造能力;依靠区域优势,发挥产业集聚效应,形成若干具有特色和知名品牌的装备制造集中地。由此可见,振兴装备制造业发展已上升到国家战略的高度。

综观我国装备制造业的发展,呈现出如下一些趋势^[3]:

(1)装备制造业朝着自动化、数字化、智能化方向发展。自动化、数字化和智能化是智能制造装备的重要发展趋势。信息技术与先进制造技术的融合,带来巨大的甚至是革命性的变化。传感技术、计算机技术、软件技术“嵌入”装备中,实现了装备的性能提升和“智能”。数字化技术和制造技术的融合,形成了数字化产品设计和数字化管理技术,实现了装备的自动化规划、调度、运行、监控、评价、维护、管理和服务。

数字化产品设计包括数字化产品设计方法与软件技术,如计算机辅助设计

(computer aided design, CAD)、CAE、CAPP、计算机辅助制造(computer aided manufacturing, CAM)、NET 单元技术及集成技术, 数控系统与数控机床、数字化仪表等。数字化管理技术是指利用计算机、通信、网络、人工智能等技术, 量化管理对象与管理行为, 实现计划、组织、协调、服务、创新等智能的管理。数字化管理技术研究推广包括基于先进管理模式的企业资源计划(enterprise resource planning, ERP)、物料需求计划(material requirement planning, MRP)、PDM 和电子商务系统, 支持整体解决方案的产品生命周期管理(product life-cycle management, PLM)系统, 支持制造协同、资源共享与集成服务的区域网络制造系统等。

(2)装备制造业“绿色化”前景广阔。我国装备制造业存在资源消耗大、环境污染严重、大量产品废弃物处理困难的问题, 某些装备的出口(如机电产品)还面临绿色贸易壁垒的严峻形势。“十一五”国家科技支撑计划提出, 通过“绿色制造关键技术与装备”重大项目的研究实施, 力促“中国制造”向“绿色制造”转变^[1]。

资源、能源的压力, 使我国装备制造业必须考虑从设计、制造、包装、运输、使用到报废处理的全生命周期中, 对环境负面影响极小, 资源利用率极高, 并使企业经济效益和社会效益协调优化。绿色制造是提高智能制造装备资源循环利用效率和降低环境排放的关键途径。某些装备近年来市场看好, 其关键因素之一就是在环保技术方面有了新突破, “绿色”机型是装备的发展潮流。

(3)建立和加强装备制造业服务支撑体系是必然趋势^[3]。现代装备制造服务业是基于信息和网络技术的生产性服务业。现代装备制造服务业的发展, 有利于装备制造业从做低附加值的加工装配环节向附加值较高的前端和后端延伸, 这将有损于我国装备制造业从价值链的低端逐渐走向高端, 从而使我国制造业实现转型和升级。加快发展装备制造服务业是实现装备制造业两化融合的重要途径。

紧紧围绕装备制造生产、加工、装配所开展的服务活动, 构成了现代装备制造服务产业体系。其主要内容可概括为: 设计、研发、管理咨询以及各类中介等制造的前端活动; 围绕制造过程的下料配送、维修、检测、备件配件供应、生产线的上线物流、供应链管理(supplier chain management, SCM)、设备改造等; 从单机提供到设备成套、工程总承包、交钥匙工程以及提供整体解决方案; 从产品全生命周期着眼的废旧产品的回收服务活动等。

■ 1.3 装备制造业物流和研究意义

1.3.1 我国装备制造业物流

装备制造业已经成为拉动国民经济快速增长的主要动力之一。装备制造服务