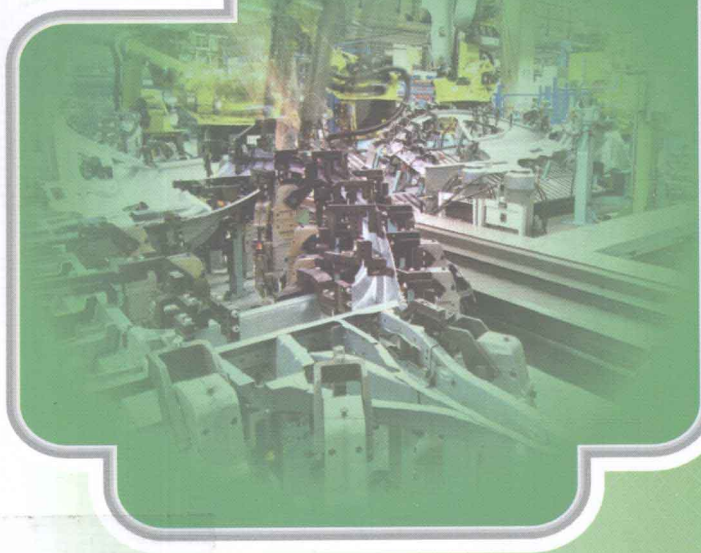


科院校机械类**创新型**应用人才培养规划教材

自动化制造系统

主 编 辛宗生 魏国丰
主 审 郭艳玲



适应卓越工程师教育培养计划
内容体系立足于入门和应用
实例源于生产, 具有示范意义



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

全国本科院校机械类创新型应用人才培养规划教材

自动化制造系统

主 编	辛宗生	魏国丰	
副主编	刘财勇	齐建家	
参 编	王晓宏	周 威	徐 莉
主 审	郭艳玲		



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

内 容 简 介

本书系统地介绍了自动化制造系统的基本知识,自动化制造系统的规划、设计、分析及其运行的基本理论和方法。本书共分11章,内容包括:自动化制造系统概论、加工设备自动化、制造系统物料储运自动化、加工刀具自动化、制造系统检测过程自动化、产品装配过程自动化、自动化制造的控制系统、自动化制造系统的总体设计、自动化制造系统的计算机仿真及优化、制造系统的设计自动化、制造系统的工艺自动化。

本书的结构体系完整,立足于入门和应用,尽量选用源于生产、具有示范意义的实例,语言通俗流畅,有较多图、例配合叙述,理论联系实际,追求实用性和先进性的完美结合。考虑到教学和自学的方便,每章后都附有一定数量的复习思考题。

本书可作为机械工程、工业工程等各类与制造技术有关的学科和专业的本科生的教材,也适合有关制造企业工程技术人员自学和参考。

图书在版编目(CIP)数据

自动化制造系统/辛宗生,魏国丰主编. —北京:北京大学出版社,2012.8

(全国本科院校机械类创新型应用人才培养规划教材)

ISBN 978-7-301-21026-0

I. ①自… II. ①辛…②魏… III. ①柔性制造系统—自动化—高等学校—教材 IV. ①TH164

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第164251号

书 名: 自动化制造系统

著作责任者: 辛宗生 魏国丰 主编

策 划 编 辑: 林章波

责 任 编 辑: 童君鑫

标 准 书 号: ISBN 978-7-301-21026-0/TH·0303

出 版 者: 北京大学出版社

地 址: 北京市海淀区成府路205号 100871

网 址: <http://www.pup.cn> <http://www.pup6.cn>

电 话: 邮购部 62752015 发行部 62750672 编辑部 62750667 出版部 62754962

电 子 邮 箱: pup_6@163.com

印 刷 者: 北京鑫海金澳胶印有限公司

发 行 者: 北京大学出版社

经 销 者: 新华书店

787毫米×1092毫米 16开本 19.5印张 446千字

2012年8月第1版 2012年8月第1次印刷

定 价: 37.00元

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究

举报电话: 010-62752024

电子邮箱: fd@pup.pku.edu.cn

前 言

自动化制造系统所涉及的内容十分广泛，其技术是一门跨学科的知识体系，包括机械设计、制造、控制、检测、管理、网络和信息处理等方面的内容。随着科学技术的不断进步，尤其是制造技术、计算机技术、控制技术、信息技术和管理技术的发展，自动化制造系统所涉及的内容也不断丰富和完善，它不仅包括传统意义上的加工过程自动化，而且还包括对制造全过程的运行规划、管理、控制与协调优化等的自动化。

制造自动化是人类在长期的社会实践中不断追求的主要目标之一。采用自动化技术和相关的思维策略，不仅可以大大降低劳动强度，而且还可以提高产品质量，改善制造系统适应市场变化的能力，从而增强企业的市场竞争力。

随着人类工业文明的不断进步，制造业已成为国家经济和综合国力的基础。它一方面直接创造价值，成为社会财富的主要创造者和国民经济收入的重要来源之一；另一方面，它为国民经济各部门，包括国防和科学技术的进步及发展提供了先进的手段和装备。制造业的发达与先进程度是国家工业化的标志与象征。制造自动化的任务就是研究制造过程的规划、管理、组织、控制和操作等方面的自动化。制造自动化代表着先进制造技术的水平，推动着制造业由劳动密集型产业向技术密集型乃至知识密集型产业转变，是制造业发展的尺度。

目前很多院校已启动实施“卓越工程师教育培养计划”，另有很多院校开展“CDIO 工程教育模式”的研究与实践。卓越工程师教育培养计划的实施强化了学生工程实践能力、工程设计能力与工程创新能力，加强了跨专业、跨学科的复合型人才培养；着力推动基于问题的学习、基于项目的学习、基于案例的学习等多种研究性学习方法，加强学生创新能力训练。

为适应“卓越工程师教育培养计划”及“CDIO 工程教育模式”教学改革的需要，按照应用型机械工程师培养的行业专业标准，本书对教学内容作了精心安排。一方面，重视基础知识的传授，使用了较多的自动化设备和系统示意图，图文并茂、通俗易懂，使学生自己能够阅读并初步运用有关资料，使教学形象、直观，有利于培养学生的逻辑思维能力；另一方面，着力做到各章内容既相互独立又相互衔接，既注重与工程应用相结合，又注意与当前科技发展的前沿相结合，逐步培养学生解决工程实际问题的能力。

本书由黑龙江工程学院辛宗生、魏国丰担任主编，刘财勇、齐建家担任副主编，全书由辛宗生、魏国丰统稿和定稿，由东北林业大学郭艳玲教授主审。全书共分为 11 章，其中第 1 章、第 8 章由刘财勇编写；第 2 章由魏国丰编写；第 3 章、第 6 章、第 10 章由辛宗生编写，第 4 章由徐莉编写；第 5 章由齐建家编写；第 7 章、第 11 章由周威编写；第 9 章由王晓宏编写。

由于编者水平有限，书中难免有欠妥之处，敬请读者批评指正。

编 者

2012 年 7 月

目 录

第 1 章 自动化制造系统概论 1

- 1.1 基本概念 2
 - 1.1.1 系统 2
 - 1.1.2 制造 4
 - 1.1.3 制造系统 5
 - 1.1.4 自动化的含义 10
 - 1.1.5 制造自动化 11
- 1.2 自动化制造系统基本内容 15
 - 1.2.1 自动化制造系统的定义 15
 - 1.2.2 自动化制造系统的组成 15
 - 1.2.3 自动化制造系统的生命周期 15
 - 1.2.4 自动化制造系统的分类及其特点 16
 - 1.2.5 自动化制造系统的适用范围 20
- 复习思考题 21

第 2 章 加工设备自动化 22

- 2.1 加工设备自动化的意义及分类 ... 23
 - 2.1.1 加工设备自动化的意义 ... 23
 - 2.1.2 自动化加工设备的分类 ... 23
 - 2.1.3 自动化加工设备的选择与布局 25
- 2.2 自动化加工设备的特殊要求及实现方法 29
 - 2.2.1 高生产率 29
 - 2.2.2 加工精度的高度一致性 ... 30
 - 2.2.3 自动化加工设备的高度可靠性 30
 - 2.2.4 自动化加工设备的柔性 ... 31
- 2.3 实现单机自动化的方法和方案 ... 32
 - 2.3.1 实现单机自动化的方法 ... 32

- 2.3.2 单机自动化方案 33
- 2.4 数控技术及数控机床 38
 - 2.4.1 概述 38
 - 2.4.2 NC 与 CNC 的定义 38
 - 2.4.3 数控机床系统的基本构成 39
 - 2.4.4 数控机床的分类 39
 - 2.4.5 数控机床的基本技术 40
- 2.5 加工中心 46
 - 2.5.1 加工中心的基本概念 46
 - 2.5.2 加工中心的技术特点、加工精度、类型与适用范围 47
 - 2.5.3 加工中心的典型自动化机构 48
 - 2.5.4 卧式加工中心的布局结构形式 50
 - 2.5.5 立式加工中心 50
 - 2.5.6 五面加工中心 51
- 2.6 刚性自动化生产线 52
 - 2.6.1 自动线的特征 52
 - 2.6.2 自动线的组成 52
 - 2.6.3 自动线的类型 53
 - 2.6.4 自动线的控制系统 54
- 2.7 柔性制造单元 55
 - 2.7.1 概述 55
 - 2.7.2 柔性制造单元的组成形式 55
 - 2.7.3 柔性制造单元的特点和应用 56
 - 2.7.4 柔性制造单元的发展趋势 56
- 2.8 柔性制造系统 57
 - 2.8.1 柔性制造系统的定义和组成 57
 - 2.8.2 系统柔性的概念 58

2.8.3 柔性制造系统的特点和应用	58	复习思考题	100
2.9 自动线的辅助设备	60	第4章 加工刀具自动化	102
2.9.1 清洗站	60	4.1 自动化机床的刀具和辅助工具 ...	103
2.9.2 去毛刺设备	60	4.1.1 对自动化机床刀具的要求	103
2.9.3 工件输送装置	61	4.1.2 刚性自动化刀具及辅具	104
2.9.4 自动线上的夹具	61	4.1.3 数控机床和柔性自动化加工用的工具系统	105
2.9.5 转位装置	62	4.1.4 刀具的快换及调整	107
2.9.6 储料装置	62	4.2 自动化换刀装置	109
2.9.7 排屑装置	62	4.2.1 刀库	110
复习思考题	62	4.2.2 刀具交换装置	111
第3章 制造系统物料储运自动化	63	4.2.3 换刀机械手	112
3.1 物料储运自动化概述	64	4.2.4 刀具识别装置	113
3.1.1 物料储运在制造系统中的地位	64	4.3 排屑自动化	116
3.1.2 物料储运的概念及其作用	65	4.3.1 切屑的排除方法	116
3.1.3 自动化物料储运系统的组成及其分类	65	4.3.2 切屑的搬运装置	117
3.1.4 自动化物料储运系统应满足的要求	66	4.3.3 切削液处理系统	119
3.2 刚性自动化物料储运系统	66	复习思考题	120
3.2.1 概述	66	第5章 制造系统检测过程自动化 ...	121
3.2.2 自动供料装置	67	5.1 概述	122
3.3 自动化输送系统	69	5.1.1 自动化检测的目的和意义	122
3.3.1 带式输送机	69	5.1.2 自动化检测的内容	123
3.3.2 滚筒式输送机	71	5.1.3 自动化检测装置的分类	125
3.3.3 链式输送机	79	5.1.4 实现检测自动化的途径	126
3.3.4 步伐式输送机	79	5.2 工件尺寸精度的检测和控制	126
3.3.5 悬挂式输送机	81	5.2.1 影响零件加工尺寸的因素	126
3.3.6 有轨导向小车	86	5.2.2 零件加工尺寸的测量方法与装置	128
3.4 柔性物料储运系统	86	5.3 刀具工作状态的检测和控制	137
3.4.1 柔性物料储运形式	87	5.3.1 刀具尺寸控制系统的概念	137
3.4.2 自动导向小车	88	5.3.2 刀具补偿装置的工作原理	138
3.4.3 搬运机器人及机械手	92		
3.4.4 托盘及托盘交换器	94		
3.4.5 自动化立体仓库	95		
3.4.6 柔性物流系统的运行控制策略	100		

5.3.3 刀具补偿装置的典型 机构与应用	139	6.5.2 基本形式及特点	169
5.4 自动化加工过程的检测和 监控	141	6.5.3 柔性装配系统应用 实例	170
5.4.1 刀具磨损和破损的 检测和监控	141	复习思考题	172
5.4.2 自动化加工设备的功能 监控与故障诊断	144	第 7 章 自动化制造的控制系	173
5.4.3 柔性制造系统的监控和 故障诊断	146	7.1 机械制造自动化控制系统的 分类	174
复习思考题	151	7.1.1 以自动控制形式分类	174
第 6 章 产品装配过程自动化	152	7.1.2 以参与控制方式分类	175
6.1 概述	153	7.1.3 以调节规律分类	177
6.1.1 装配自动化在现代 制造业中的重要性	153	7.2 顺序控制系统	178
6.1.2 装配自动化的发展 概况	154	7.2.1 固定程序的继电器控制 系统	178
6.1.3 实现装配自动化的 途径	156	7.2.2 组合式逻辑顺序控制 系统	179
6.2 自动装配工艺过程分析和 设计	157	7.2.3 可编程序控制器	180
6.2.1 自动装配条件下的结构 工艺性	157	7.3 计算机数字控制系统	181
6.2.2 自动装配工艺设计的 一般要求	158	7.3.1 CNC 机床数控系统的 组成及功能	182
6.2.3 自动装配工艺设计	159	7.3.2 实现开放式 CNC 数控 系统的途径	182
6.3 自动装配机	162	7.3.3 CNC 控制系统的 应用	183
6.3.1 单工位自动装配机	163	7.4 自适应控制系统	184
6.3.2 多工位自动装配机	163	7.4.1 自适应控制的含义	184
6.3.3 工位间传送方式	164	7.4.2 自适应控制的基本内容与 分类	184
6.3.4 装配机器人	165	7.4.3 自适应控制系统的 应用	186
6.4 自动装配线	166	7.5 DNC 控制系统	187
6.4.1 自动装配线的概念和 组合方式	166	7.5.1 DNC 的含义与概念	187
6.4.2 自动装配线对输送系统的 要求	166	7.5.2 DNC 系统研究国内外 进展	188
6.4.3 自动装配线与手工 装配点的集成	167	7.6 多级分布式计算机控制系统	190
6.5 柔性装配系统	169	7.6.1 分布式计算机控制系统的 产生与定义	190
6.5.1 柔性装配系统的组成	169	7.6.2 分布式计算机控制系统的 特点和结构体系	190
		7.6.3 第四代分布式控制 系统及其技术特点	192

复习思考题	193	9.4.2 通用仿真语言 GPSS 简介	227
第 8 章 自动化制造系统的总体 设计	194	9.4.3 主流制造系统仿真软件 简介	229
8.1 总体设计的步骤及内容	195	9.4.4 ProModel 仿真软件的 模型元素及其使用	234
8.2 零件族的选择及工艺分析	196	9.4.5 基于 ProModel 软件的 仿真应用案例	239
8.2.1 零件族的选择	197	复习思考题	252
8.2.2 零件工艺分析	199	第 10 章 制造系统的设计自动化	253
8.3 设备选择与配置和总体布局 设计	200	10.1 产品设计开发中的自动化 技术	254
8.3.1 设备选择与配置	200	10.2 产品设计开发过程分析	255
8.3.2 总体平面布局设计	205	10.3 数字化设计与制造系统	256
复习思考题	210	10.3.1 数字化设计与制造系统的 工作过程	257
第 9 章 自动化制造系统的计算机 仿真及优化	211	10.3.2 数字化设计与制造系统的 内涵	258
9.1 计算机仿真概述	212	10.3.3 数字化设计与制造系统的 组成	260
9.1.1 仿真的基本概念	212	10.3.4 CAD 系统的软硬件 选型	264
9.1.2 计算机仿真的发展 历程	214	10.3.5 CAD 系统的设计原则	266
9.1.3 计算机仿真的特点	215	10.3.6 数字化设计与制造系统的 特点	269
9.1.4 计算机仿真的意义	216	10.4 现代产品快速开发方法	270
9.1.5 自动化制造系统计算机 仿真的作用	216	10.4.1 产品开发集成快速设计 平台概述	270
9.2 计算机仿真的基本理论与 方法	217	10.4.2 虚拟产品开发与虚拟 环境技术	270
9.2.1 仿真建模的基本理论	217	10.4.3 产品虚拟原型技术	272
9.2.2 计算机仿真的一般 过程	219	10.4.4 反求工程	274
9.2.3 离散事件系统仿真的 基本技术	220	复习思考题	276
9.3 自动化制造系统仿真研究的 主要内容	223	第 11 章 制造系统的工艺自动化	278
9.3.1 总体布局研究	223	11.1 工艺自动化系统概述	279
9.3.2 动态调度策略的仿真 研究	223	11.1.1 工艺设计自动化的 意义	279
9.3.3 作业计划的仿真研究	224	11.1.2 CAPP 的基本概念	280
9.4 面向制造系统的仿真软件 介绍及其应用实例	225	11.1.3 CAPP 的结构组成	281
9.4.1 制造系统仿真语言与 支持软件概述	225		

11.1.4 CAPP 的基本技术	282	11.2.3 半创成式 CAPP 系统 ...	288
11.1.5 CAPP 系统应用的社会 经济效益	283	11.2.4 CAPP 专家系统简介 ...	290
11.2 计算机辅助工艺设计	284	11.3 CAPP 技术发展趋势	293
11.2.1 派生式 CAPP 系统	284	复习思考题	295
11.2.2 创成式 CAPP 系统	285	参考文献	297

第 1 章

自动化制造系统概论



本章教学要点

知识要点	掌握程度	相关知识
制造、制造系统和制造自动化的概念	掌握制造自动化的内涵； 了解制造与制造系统的概念	系统的特征； 自动化的含义
自动化制造系统的定义； 自动化制造系统的分类 和适用范围	熟悉自动化制造系统的分类 和适用范围； 了解自动化制造系统的定义	自动化制造系统的组成； 自动化制造系统的生命周期



导入案例

昆机 FMS 柔性制造系统通过专家鉴定

2010 年 12 月 30 日, 云南省科技厅组织省内外专家在省科技厅会议室对公司承担的云南省重点产业创新工程项目“FMS 柔性制造系统研究开发”(2008IC003)进行了科技成果鉴定。

该项目为公司自主创新研制的 FMS 柔性制造系统, 由 7 台双工位精密卧式加工中心、30 块最大承重为 8000kg 的工作台和物流线组成, 30 块工作台任意交换的重复定位精度达 $\pm 0.005\text{mm}$ 。可实现单机或群控运行模式, 具有 3 种工艺并行, 5 类零件混线加工的任意组线控制, 能满足大、中型精密箱体类、盘套类、板类等多品种复杂零件的单件或批量生产制造, 在工件一次装夹后, 可完成铣、钻、镗、铰、攻丝和轮廓、空间曲面的加工。

项目集光、机、电、液、气、信息、控制、网络的系统集成创新为一体, 充分体现了柔性制造系统的设备柔性、工艺柔性、产品柔性、维护柔性、生产能力柔性、扩展柔性、运行柔性的特点。经测试以及实际运用表明, 产品主要技术性能和安全指标达到设计要求, 符合有关标准规定, 主机精度优于国家标准。

项目实现了柔性线 FMS1600 一套、FMS1600 三台单机和 FMS1000 五台主机的销售。并通过应用 FMS 研发成果, 实现 FMS 主机及其模块化变形产品双工位精密卧式加工中心二十余台销售, 为公司增加销售收入上亿元, 取得了良好的社会效益和经济效益。

鉴定委员会认为, 该柔性制造系统技术先进、功能齐全完备、运行可靠稳定, 是国内规格最大、精度最高、结构最复杂的 FMS 柔性制造系统。项目的研发成功, 使我国在大、重型精密柔性制造系统的关键技术上实现了重大突破, 缩短了与国外产品的差距, 可替代同类产品的进口, 取得了良好的经济和社会效益。该柔性制造系统技术水平处于国内领先、国际先进, 一致同意项目通过鉴定。

资料来源: <http://www.c-cnc.com/mj/news/news.asp?id=32739>, 2011

1.1 基本概念

1.1.1 系统

1. 系统的定义

系统是指由相互联系、相互作用的若干要素构成的具有特定功能的有机整体。

2. 系统的特征

系统的特征是从各种具体的系统中抽象出来的系统的共性。明确系统的特征是正确认识系统的关键。作为一个系统, 一般具备五大特征。

1) 目的性

通常系统都具有某种目的。比如,经过改造的自然农田系统,目的是为了发展农业生产,增加粮食产量;一个技术系统的目的可能是实现某种技术要求,达到给定的性能、经济和进度指标。但明确系统的目的并非易事,必须经过严格的论证,并要求提出科学的书面报告。要实现系统目的,一般要制定具体目标。首先制定总目标及总功能,然后层层分解成各分目标并落实。另外,分目标之间可能是矛盾的,要注意整体平衡与协调。比如设计一个工厂,它的分目标可能有“基建费最低”、“运行费最小”、“可靠性最大”等等。显然,较低的基建投资往往导致较高的运行费,较高的安全可靠标准将使基建费和运行维修费都增加。因此,要获得全局最佳结果,就要在矛盾的分目标之间根据贡献大小寻找一个折中方案。

2) 整体性

系统是由相互联系的若干要素组成的,它作为一个有机整体存在于特定的环境之中。系统的整体性可以从以下几方面来理解。

首先,系统是一个集合,是由两个或两个以上相互区别的要素结合而成。

其次,系统整体联系的统一性。在系统中各个要素对整体的影响不是独立的,而是依赖于其他若干要素的协同作用。也就是说,系统要素的性质和行为并非独立地影响系统整体的功能或特征,而是相互影响、相互协调地来适应系统整体的要求,实现系统的功能。

再次,系统功能的非加和性。系统要素相互区别、相互作用构成了整体,但整体功能不等于各要素功能之和。即使每个要素是良好的,但组成的整体不一定具有良好整体功能。

由此可知,系统之所以产生整体性,是因为系统的各个组成部分服从系统的目的和要求,形成一种协同作用。只有通过协同作用,系统的整体功能才能显现。

3) 相关性

系统的各个组成要素是相互联系和制约的,这是系统内部的相关性。系统中某一要素变化,就意味着其他要素也要作相应的调整和改变。另一方面,系统的生存与运行几乎都要从外界环境输入,并向外界环境输出,输入与输出把系统要素与环境要素连接起来,因此,系统与环境之间也具有相关性。

研究系统的相关性主要为了弄清楚各个要素之间的相互依存关系,提高系统的延续性,避免系统的内耗,提高系统的整体运行效果。弄清楚各要素的相关性也是实现系统有机集成的前提。

4) 层次性

由于客观事物的复杂性,使系统具有多层次结构。即系统可以分解为若干子系统,每个子系统又可层层分解下去,分解为若干更低层次的子系统,最后分解成要素。要素是完成系统功能的最小单元。这种分解的基本标志是目标,一系列的目标要求产生一系列分系统。系统、分系统和系统要素构成了层次结构。在层次结构的底部,通常是一些结构和功能相对简单的子系统,越往上越复杂,占据顶层的则是结构和功能相当复杂的系统。对于中间层次的系统来说,它既是独立的,又与上下层系统有着密切的联系。相对上层,它处于被支配和被控制的地位;相对下层,它处于支配和控制地位。

系统的层次性体现了系统目标逐级的具体化和系统要素在系统结构中的位置和隶属关

系。将系统适当分层,是研究和设计复杂大系统的有力手段。

5) 环境适应性

系统适应外部环境的变化,以获取生存和发展能力的性质,就是系统的环境适应性。系统与环境的作用是相互的。一方面,系统不能脱离环境而存在。系统存在于环境之中,外界环境通过与系统进行物质、能量、信息的交换,对系统产生影响,使系统结构发生振荡。当环境变化超过了系统承受能力时,系统将解体,被新的适应环境要求的系统所代替。只有系统与环境保持最佳适应状态,才能对环境做出尽可能大的贡献。另一方面,系统又可以通过输出对环境施加影响,如人类不仅能够适应自然环境,还能够利用和改造自然环境,使其满足人类的需求。为了使系统不断适应变化的环境,需要不断调整系统的内部结构。

上述系统的5个基本特征是在处理系统问题时,应具备的主要观点。即从总体目标出发,着眼长远、整体优化的观点;从系统的内在联系分析问题的观点;考虑系统结构层次性的观点;考虑外界条件变化,使系统适应环境的观点等。在系统分析、设计、评价、决策时,这些基本观点是第一位的,离开这些基本观点,将会导致错误的结果。

1.1.2 制造

1. 制造

国际生产工程学会对制造的定义为:制造是一个涉及制造工业中产品设计、物料选择、生产计划、生产过程、质量保证、经营管理、市场销售和服务的一系列相关活动和工作的总称。在实际应用中,制造的概念有广义和狭义之分。狭义的制造是指生产车间与物流有关的加工和装配过程。广义的制造是包括市场分析、经营决策、工程设计、加工装配、质量控制、生产过程管理、销售运输、售后服务直至产品报废处理等整个产品生命周期内一系列相互联系的生产活动。



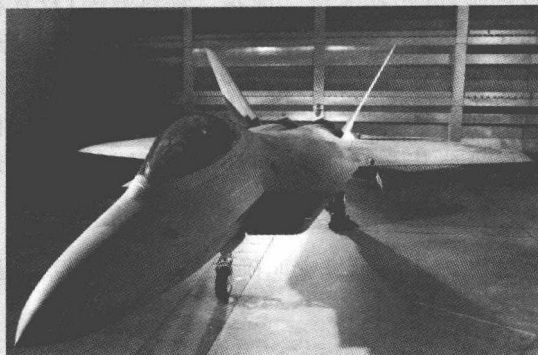
阅读材料

发达国家制造业发展战略

工业发达国家都把先进制造技术作为国家级关键技术和优先发展领域。尽管决定国家综合竞争力的因素有多种,但制造业的基础地位不能忽视。20世纪90年代以来,各发达国家,如美国、日本、欧共体、德国等都针对先进制造技术的研发提出了国家级发展计划,旨在提高本国制造业的国际竞争能力。如网络化制造作为未来的重要的制造模式,已经引起各国政府、研究机构和企业界的广泛重视。

20世纪90年代初,美国政府提出“先进制造技术”计划,将基于信息高速公路的敏捷制造作为美国21世纪的制造战略。1991年美国里海大学(Lehigh University)提出“美国企业网”(Factory American Net, FAN)计划,该计划的目的是研究如何利用信息高速公路,把美国的制造企业联系在一起。随后,美国相继开展了“敏捷制造使能技术”的研究(1994~1999),以敏捷制造和虚拟企业为核心内容的“下一代的制造”模式的研究(1995)、计算机辅助制造网(CAM Net)的研究(1996)、俄罗斯—美国虚拟企业网的研究(1997)等。为了支持中小企业技术创新,提高中小企业技术创新能力和效率,美国政府还帮助中小企业建立了信息网络,为中小企业免费提供广泛的信息服务。

2000年,美国洛克希德—马丁公司提出了F-22飞机研制的虚拟工厂概念,打通了从设计、生产到管理的全数字化信息流。2001年,该公司采用产品全生命周期管理(PLM)技术,为完成美国联合攻击战斗机(JSF)研制和采购项目,构建了全球虚拟企业,在整个飞机的生命周期内很好地保证了跨地区、跨企业的协同设计、协同制造和维护过程。



战斗机 F22

资料来源: http://www.gkzhan.com/Tech_news/Detail/21409.html, 2009

2. 制造业

制造业是将可用资源与能源,通过制造过程转化为可供人们使用或利用的工业品或生产消费品的行业。它涉及机械、电子、轻工、化工、食品、军工、航天等很多行业,是国民经济和综合国力的支柱产业。制造业一方面创造价值,产生物质财富和新的知识;另一方面为国民经济各个部门的进步和发展提供先进的手段和装备,对一个国家的经济地位和政治地位具有至关重要的影响。

3. 制造规模

制造企业的产品品种和生产批量大小是各不相同的,人们称之为制造规模。通常,可以将制造规模分为3种:大规模制造、大批量制造和多品种小批量制造。

年产量超过5000件的制造常称为大规模制造,例如标准件(螺钉、螺母、垫圈、销等)的制造、自行车的制造、汽车制造等。大规模制造常采用组合机床生产线或自动化单机系统,通常其生产率极高,产品的一致性非常好。

年产量在500~5000件之间的制造常称为大批量制造,如大型汽车制造、大型推土机制造等均属于大批量制造。大批量制造的自动化程度和生产率通常较低,实际中多使用加工中心和柔性制造单元。

年产量在500件以下的制造通常称为多品种小批量制造,如飞机制造、大型轮船制造等。随着用户需求的不断变化,机械制造企业的生产规模越来越小,正在向着多品种、单件化的方向发展,目前已成为机械制造业的主导方式。本书所介绍的自动化制造系统就主要针对多品种小批量制造规模。

1.1.3 制造系统

1. 制造系统的定义

相对于制造的广义和狭义的定义,制造系统也有广义和狭义之分。

广义的制造系统是包含从原材料供给到销售服务的所有制造过程及其所涉及的硬件和有关软件组成的一个具有特定功能的有机整体。其中,硬件包括人员、生产设备、材料、能源和各种辅助装置;软件包括制造理论、制造技术(制造工艺和制造方法等)和制造信息。对上面所给的制造系统的定义,可以从三个方面来理解。从制造系统的结构上看,制造系统是制造过程所涉及的硬件(包括人员、设备、物料流等)及其相关软件所组成的一个统一整体。从制造系统的功能上看,制造系统是一个将制造资源(原材料、能源等)转变为产品或半成品的输入输出系统。从制造系统的过程上来看,制造系统可看成是制造生产的全部运行过程,包括市场分析、产品设计、工艺规划、制造实施、检验出厂、产品销售等各个环节。狭义的制造系统通常指产品加工和装配相关的机械制造系统。

2. 制造系统的概念模型

制造系统的基本模型如图 1.1 所示。它明确地描述了制造系统最核心的功能,即资源转换功能,为社会创造财富。

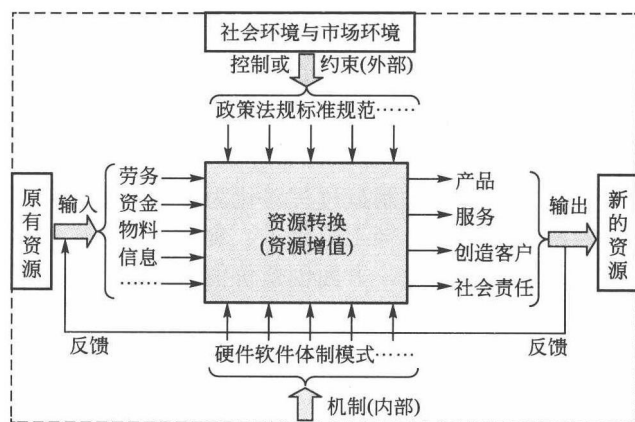


图 1.1 制造系统的基本模型

从系统基本模型可以看出,制造系统的发展主要由资源输入、资源输出、资源转换、机制和控制或约束五大要素决定。

1) 输入

资源输入是实现转换功能的必备和前提条件,传统的输入资源主要是指物质和能量资源,也有信息资源和技术资源,但不占主导地位。今天,要树立新的资源观,即面对信息时代和知识经济,信息、技术、知识等无形资源将逐渐占主导地位,成为企业系统可持续发展的主要资源。总的来看,资源输入有两大类。

(1) 有形资源。如土地、厂房、机器、设备、能源、动力、各种自然资源(包括稀缺的和富有的)、人力资源等。

(2) 无形资源。主要有管理、市场、技术、信息、知识、智力资源以及企业形象、产品品牌、客户关系、公众认可等。

2) 输出

输出是企业系统的基本要素,也是企业系统存在的前提条件。现代企业系统对社会环境的输出至少应包含以下 4 种类型。

(1) 产品。包括硬件产品和软件产品,这是常规的认识。实际上,现代产品已扩大到无形产品,如决策咨询、战略规划等。

(2) 服务。是指从一般的售前售后服务到高级的技术输出、人员培训、咨询服务等。

(3) 创造客户。企业的生存在于是否拥有客户,如何留住老客户、创造新客户,是企业系统一项基本任务,也是企业系统的重要业绩。

(4) 社会责任。企业系统的发展受所在社区环境的支撑,必须对社区和整个社会承担责任,如环境保护、公共建设、人文环境等。

3) 资源转换

这是企业系统最本质的功能。目前,资源转换只要是依据物理的或化学的原理,有关专家指出,基于遗传工程的生物学原理将成为新的资源转换方法。衡量转换优劣主要有五大指标,即时间短、质量优、成本低、服务好、环境清洁。

4) 机制

主要是支撑企业实现资源转换的各种平台,如硬件平台、软件平台、战略平台、知识平台、文化平台等。

(1) 硬件平台。主要指生产设施、设备和系统等,如生产线、设计系统、试验系统、信息网络等基础设施,是企业系统的最基本的物质平台。

(2) 软件平台。除计算机软件外,还泛指管理思想、管理模式、管理规范、政策法规、规章制度等。

(3) 战略平台。指采用的竞争战略、制造战略,如敏捷竞争战略及其相应的敏捷制造模式。

(4) 知识平台。在知识经济时代,企业更加重视人的作用,更加重视知识的生产、分配和使用,建立一套全新的知识供应链和知识管理系统十分重要。

(5) 文化平台。知识经济时代,企业间的较量更多地表现为企业的整体科技素质和更深刻的文化内涵上,企业文化建设的重要作用越来越凸现出来。

5) 控制或约束

主要是指企业系统的外部约束,如国家的方针政策、法律法规、规范标准以及其他的有关要求和约束,如环境保护、社区要求等。

3. 制造系统的特征

首先,一个制造系统必然具备“系统”的全部特征,即目的性、整体性、相关性、层次性和环境适应性。

其次,制造系统除具有上述一般系统的特征外,还具有以下3个显著特点。

(1) 制造系统是一个动态系统。制造系统的动态特性主要表现在:①制造系统总是处于生产要素(原材料、能量、信息等)的不断输入和产品的不断输出这样一个动态过程中;②制造系统内部的全部硬件和软件也是处于不断的动态变化之中;③为适应生存的环境,特别是在激烈的市场竞争中,制造系统总是处于不断发展、不断更新、不断完善的运动中。

(2) 制造系统在运行过程中无时无刻不伴随着物料流、资金流、价值流、信息流和工作流的运动。

(3) 制造系统具有反馈特性。制造系统在运行过程中,其输出状态,如产品质量信息

和制造资源利用状况，总是不断地反馈回制造过程的各个环节中，从而实现制造过程的不断调节、改善和优化。

4. 制造系统的“流”理论

1) 制造系统的“五流”理论

前已述及，资源转换是制造系统的本质功能，既然是转换，那一定是一个动态过程。在这个动态过程中，有 5 种要素流在流动，极大地影响着制造系统运行的质量和发展的活力，这就是信息流、物料流、资金流、价值流和工作流，如图 1.2 所示。

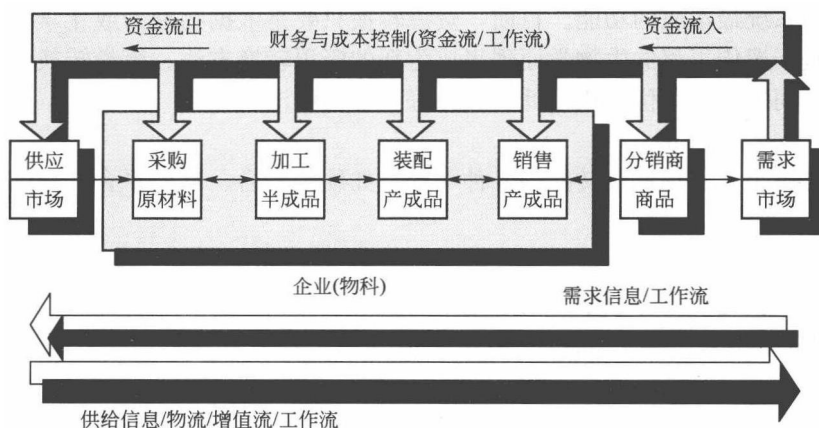


图 1.2 制造系统的“五流”示意图

(1) 信息流。根据类型将信息分为需求信息和供给信息。需求信息如客户订单、生产计划、采购合同等从需求方向供应方流动。而供给信息如入库单、完工报告单、库存记录、提货单等，同物料一起从供应方向需求方流动。

(2) 物料流。任何制造系统都是根据客户和市场的需求，开发产品，购进原料，加工制造成品，以商品的形式销售给客户并提供售后服务。物料从供应方开始，沿着各个环节向需求方移动。这是最显而易见的物质流动。

(3) 资金流。物料是有价值的，物料的流动引发资金的流动。企业系统的各项业务活动都会消耗一定的资源。消耗资源会导致资金流出，只有当消耗资源生产出产品出售给客户后，资金才会重新流回企业系统，并发生利润。一个商品的经营生产周期是以接到客户订单开始到真正收回货款为止。

(4) 价值流。从形式上看，客户是在购买商品和服务，但实质上客户是在购买商品和服务的价值。各种物料沿各环节移动，是一个不断增加其技术含量或附加值的增值过程。

(5) 工作流。信息、物料、资金都不会自己流动，物料的价值也不会自动增值，它们都要靠人的劳务来实现，要靠企业系统的业务活动——工作流来带动。工作流决定了各种流的流速和流量，企业系统的体制组织必须保证工作流畅通，对瞬息万变的环境做出响应，加快各种流的流速（生产率），在此基础上增加流量（产量），为企业系统谋求更大的效益。

2) 机械制造系统“三流”理论

狭义的制造系统——机械制造系统，在运行过程中，无时无刻不伴随着“三流”的