

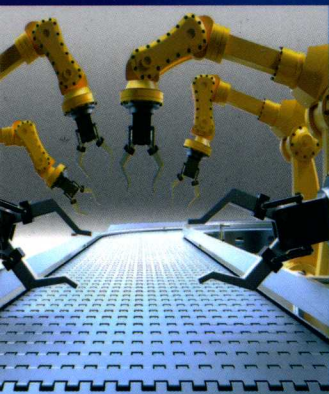


“十三五”国家重点出版物出版规划项目
现代机械工程系精品教材



“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材

普通高等教育“十一五”国家级规划教材



Automatic Manufacturing System

自动化制造系统

第④版

重庆大学 张根保 主编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

“十三五”国家重点出版物出版规划项目

现代机械工程系精品教材

“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材

普通高等教育“十一五”国家级规划教材

自动化制造系统

第4版

主 编 张根保

副主编 王立平 陈子辰 龚光容

参 编 郭 钢 桂贵生 潘晓弘

胡立德 邢预恩

主 审 邵新宇 陈心昭



机械工业出版社

自动化制造系统是智能制造的载体,是制造技术的主要发展方向之一,它对提高产品质量和劳动生产率、降低制造成本、减轻劳动强度、提高制造过程的适应性,进而提高企业的市场竞争能力具有极其重要的意义。

本书系统地介绍了自动化制造系统的基本知识,以及自动化制造系统的规划、设计、分析及其优化运行的基本理论和方法,介绍的重点是面向多种、小批量生产的柔性自动化制造系统,并将“人机一体化”和“适度自动化”的思想融合进本书中。本书的结构体系完整,编写手法新颖,理论联系实际,追求先进性和实用性的完美结合。考虑到自学的方便性,也便于学生抓住复习的重点,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有关的学科和专业的本科生教材或研究生的教学参考书,亦可供有关制造企业的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/张根保主编.—4版.—北京:机械工业出版社,2017.8

“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材 “十三五”国家重点出版物出版规划项目 现代机械工程系列精品教材

ISBN 978-7-111-57083-7

I. ①自… II. ①张… 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(2017)第131131号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

策划编辑:余 皞 责任编辑:余 皞 张珂玲

责任校对:潘 蕊 封面设计:张 静

责任印制:李 昂

北京宝昌彩色印刷有限公司印刷

2017年7月第4版第1次印刷

184mm×260mm·18.5印张·45千字

标准书号:ISBN 978-7-111-57083-7

定价:45.80元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

服务咨询热线:010-88379833

读者购书热线:010-88379649

网络服务

机工官网:www.cmpbook.com

机工官博:weibo.com/cmp1952

教育服务网:www.cmpedu.com

金书网:www.golden-book.com

封面无防伪标均为盗版

第4版前言

本书自2011年6月第3版出版至今已有多年时间，期间多次印刷，被国内很多高校都选作教材。在这期间，制造技术又有了不少新进展，特别是德国的“工业4.0”和中国的“中国制造2025”的发布，为自动化制造技术的研究和应用又增加了新内容，为自动化制造技术的发展指出了新方向，“智能制造”和“机器换人”已成为自动化制造的主流，推动自动化制造技术的研究和应用向着更加深入的方向发展，也使得本书的读者群不断扩大。

为了适应新的发展形势，再加上本书已被列入“十三五”国家重点出版物出版规划项目（现代机械工程系列精品教材），在客观上也要求对本书进行再修订。

在修订过程中，除了更正第3版书中存在的各种问题外，我们还根据制造技术的新进展强化了一些内容，如智能制造。

修订后的总体框架没有改变，只在内容上做了调整。参加本书修订工作的有：重庆大学张根保教授（第一章、第七章），重庆大学郭钢教授（第二章），合肥工业大学桂贵生教授（第三章），重庆大学胡立德教授（第四章），浙江大学陈子辰教授（第五章），清华大学王立平教授（第六章），南京理工大学李小宁教授（第七章），浙江大学潘晓弘教授（第八章），南京理工大学龚光容教授（第九章），内蒙古科技大学邢预恩教授（第十章）。全书由张根保教授进行策划、统稿并担任主编，王立平教授、陈子辰教授和龚光容教授担任副主编。华中科技大学邵新宇教授和合肥工业大学陈心昭教授仍担任本书主审。

在本书修订过程中，我们参考了国内外众多的同类教材和专著，也吸收了很多学者和读者提出的宝贵意见，在此一并致谢。限于编者的水平，书中的缺点错误在所难免，希望广大读者提出宝贵意见（E-mail: gen. bao. zhang@263. net），以利于本书的改进和提高，也利于本书在国内自动化制造人才培养和企业应用方面发挥更大作用。

编者

缩写术语表

AGV	Automated Guide Vehicle	GPSS	General Purpose Simulation System
AM	Agile Manufacturing	GT	Group Technology
AMS	Automatic Manufacturing System	ICAM	Integrated Computer Aided Manufacturing
APT	Automatically Programmed Tools	IDEF	ICAM Definition Method
ATC	Automated Tool Changer	IMS	Intelligent Manufacturing System
BPR	Business Process Reengineering	IRR	Internal Rate of Return
CAD	Computer Aided Design	JIT	Just In Time
CAM	Computer Aided Manufacturing	LP	Lean Production
CAPMS	Computer Aided Production Management System	LPT	Longest Processing Time
CAPP	Computer Aided Process Planning	LR	Longest Remaining Processing Time
CIM	Computer Integrated Manufacturing	LSOPN	Longest Subsequent Operation
CIMS	Computer Integrated Manufacturing System	MAS	Manufacturing Automation System
CMM	Coordinate Measuring Machine	MC	Machining Center
CNC	Computerized Numerical Control	MIS	Management Information System
CP	Process Capability Index	MOPNR	Most Operation Remaining
DBS	Data Base System	MRPII	Manufacturing Resources Planning
DFD	Data Flow Diagram	MTBF	Mean Time Between Failure
DNC	Distributed Numerical Control	MTTE	Mean Time To Failures
EDD	Earliest Due Date	NAV	Net Annual Value
E - R	Entity Relationship Model	NC	Numerical Control
EMS	Electric Manufacturing Simulator	NES	Network System
ERP	Enterprise Resource Planning	NPV	Net Present Value
ERR	External Rate of Return	NPVI	Net Present Value Index
FAL	Flexible Assembly Line	OEE	Overall Equipment Effectiveness
FAS	Flexible Assembly System	PERT	Program Evaluation and Review technique
FEMCA	Failure Mode Effects and Criticality Analysis	PLC	Programmable Logic controller
FIFO	First In First Out	QIS	Quality Information System
FTA	Failure Tree Analysis	QTC	Quick Tool Changer
FMC	Flexible Manufacturing Cell	RGV	Rail Guide Vehicle
FMECA	Failure Mode Effects and Criticality Analysis	RPN	Risk Priority Number
FML	Flexible Manufacturing Line	SA	Structured Analysis
FMS	Flexible Manufacturing System	SD	Structured Design
FOPNR	Fewest Operation Remaining	SLACK	Least Amount of Slack
		SLOPN	Least Ratio of Slack to Operation
		SPT	Shortest Processing Time
		SR	Shortest Remaining Processing Time
		TIS	Technical Information System

目 录

第4版前言

缩写术语表

第一章 自动化制造系统概论..... 1

第一节 基本概念..... 2

第二节 自动化制造系统的定义、组成及学科特点..... 5

第三节 自动化制造的意义及其发展历程..... 9

第四节 自动化制造系统的特点、适用范围及实现原则 14

第五节 自动化制造系统的评价指标 18

第六节 系统工程技术与自动化制造系统方法论 20

复习思考题 23

第二章 自动化制造系统的人机一体化设计与评价..... 24

第一节 自动化制造系统的人机一体化基本概念 25

第二节 自动化制造系统的人机一体化总体设计 31

第三节 自动化制造系统的人机一体化运行与维护 43

第四节 自动化制造系统设计的人机工程评价 47

复习思考题 50

第三章 自动化制造系统的组成 51

第一节 自动化制造系统的常见类型 52

第二节 自动化加工设备 61

第三节 工件储运系统 64

第四节 刀具准备及储运系统 72

第五节 工业机器人 75

第六节 质量控制和运行监控系统 77

第七节 辅助设备 87

第八节 控制与通信系统 92

复习思考题..... 101

第四章 自动化制造系统的总体设计 ... 102

第一节 系统的可行性论证..... 103

第二节 系统分析及系统类型的选择..... 109

第三节 总体设计的内容及步骤..... 110

第四节 零件族的确定及工艺分析..... 113

第五节 总体布局和设备配置设计..... 120

第六节 自动化制造系统的控制与生产管理..... 132

复习思考题..... 142

第五章 自动化制造系统各分系统的设计..... 143

第一节 加工设备选择..... 144

第二节 工件储运及其管理系统方案设计 ... 148

第三节 刀具储运及其管理系统方案设计 ... 153

第四节 作业计划与调度系统设计..... 158

复习思考题..... 165

第六章 自动化制造系统的可靠性分析与设计..... 166

第一节 可靠性分析的目的和意义..... 167

第二节 可靠性的相关概念..... 168

第三节 自动化制造系统可靠性分析的特点与一般要求..... 170

第四节 系统可靠性分析与设计的主要内容..... 171

第五节 自动化制造系统的可靠性分析指标..... 175

第六节 系统可靠性分析与设计的流程..... 177

第七节 系统可靠性分析与设计的基本方法..... 178

第八节 提高自动化制造系统可靠性的途径..... 192

复习思考题..... 193

第七章 自动化制造系统的计算机仿真及优化..... 195

第一节 计算机仿真的基本概念及意义..... 196

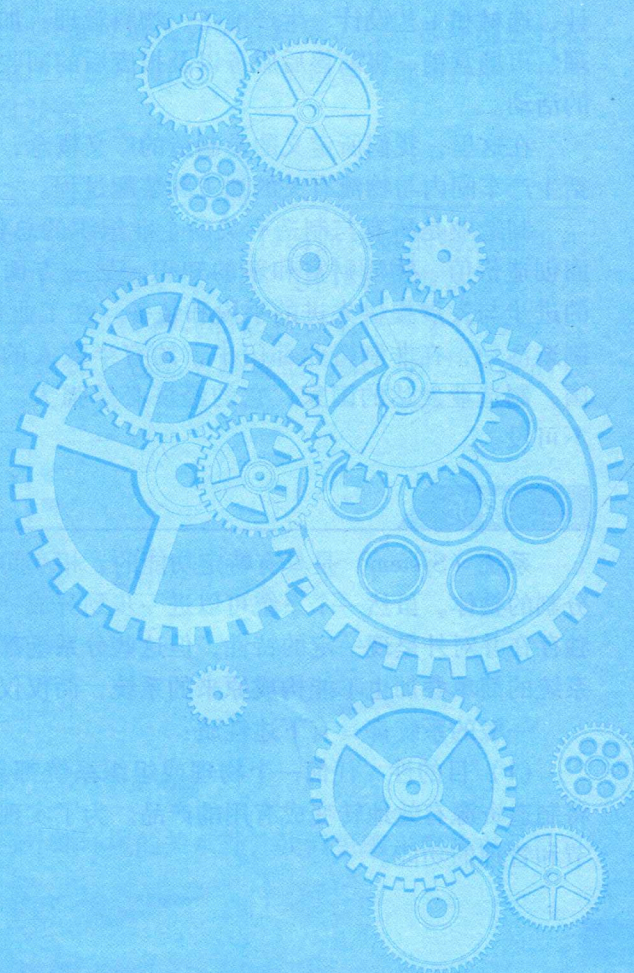
第二节 计算机仿真的基本理论及方法..... 199

第三节 自动化制造系统仿真研究的主要内容..... 206

第四节 通用仿真语言 GPSS 简介	211	第二节 自动化制造系统实例分析	250
第五节 FMS 仿真实例	213	复习思考题	261
复习思考题	217	第十章 先进生产模式与自动化制造系	
第八章 自动化制造系统的技术经济		统的发展趋势	262
分析	218	第一节 计算机集成制造系统 CIMS	263
第一节 自动化制造系统项目评价的内容、		第二节 精益生产 LP	266
特点与指标体系	219	第三节 敏捷制造 AM	268
第二节 技术性能评价	222	第四节 智能制造系统	271
第三节 经济性评价	224	第五节 网络化制造	276
第四节 效益分析	236	第六节 可重构制造系统	278
第五节 风险分析	237	第七节 增材制造技术	281
第六节 综合评价	242	第八节 低碳制造	283
复习思考题	245	第九节 自动化制造系统的发展趋势	286
第九章 自动化制造系统的实施及实例		复习思考题	288
分析	246	参考文献	289
第一节 自动化制造系统的实施过程	247		

第一章

自动化制造系统概论



自动化制造是人类在长期的生产活动中不断追求的主要目标。随着科学技术的不断进步,自动化制造的水平也越来越高。采用自动化制造技术,不仅可以大幅度降低操作者的劳动强度,而且还可以提高生产效率,改善产品质量,提高制造系统响应市场变化的能力,从而提升企业的市场竞争能力。

本章共包括6节内容:第一节给出与自动化制造系统有关的一些基本概念和定义;第二节讨论自动化制造系统的组成及其学科特点;第三节介绍自动化制造系统的意义及其发展历程;第四节讨论自动化制造系统的特点、适用范围及实现原则;第五节涉及自动化制造系统的评价指标;最后一节简单介绍系统工程技术及分析、设计自动化制造系统的方法。

第一节 基本概念

一、制造及制造业

制造(Manufacturing)是人类按照市场需求,运用主观掌握的知识和技能,借助于手工或可以利用的客观物质和工具,采用有效的方法,将原材料转化为最终物质产品并投放市场的全过程。因此,制造不是指单纯的加工和装配过程,而是包括市场调研和预测、产品设计、选材和工艺设计、生产准备、物料管理、加工装配、质量保证、生产过程和生产现场管理、市场营销、售前售后服务以及报废后的回收处理等产品寿命循环周期内一系列相互联系的活动。

在这里,我们所定义的是制造的广义概念,与传统的狭义制造概念不同,后者往往只包括生产车间内与物流有关的加工和装配过程。

制造业是所有与制造有关的企业组织的总称。制造业是国民经济的支柱产业,它一方面创造价值、物质财富和新的知识,另一方面为国民经济各个部门包括国防和科学技术的进步与发展提供先进的手段和装备。在工业化国家中,约有1/4的人口从事各种形式的制造活动,在非制造业部门中,约有半数人的工作性质与制造业密切相关。纵观世界各国,制造业发达的国家,它的经济必然强大。大多数国家和地区的经济腾飞,制造业功不可没。

二、系统

系统(System)是具有特定功能的、相互间具有有机联系的许多要素所构成的一个不可分割的整体。虽然一个系统可以进一步划分成一些更小的分系统,而且这些分系统也可以单独存在并对外呈现一定的特性,但这些分系统都不具备原有系统的整体性质。另外,这些分系统的简单叠加也不能构成原来的系统,而仅仅是一个分系统间的简单集合。

一般的系统都具有下述性质:

(1) 目的性 任何一个物理或组织系统都具有一定的目的。例如,制造系统的目的是将制造资源有效地转变成有用的产品。为了实现系统的目的,系统必须具有处理、控制、调节和管理的功能。

(2) 整体性 系统是由两个或两个以上可以相互区别的要素,按照系统所应具有的综合整体性构成的。系统的整体性说明,具有独立功能的系统要素以及要素间的相互关系是根据逻辑统一性的要求,协调存在于系统整体之中,对外呈现整体特性。系统的整体性要求应从整体协调的角度去规划整个系统,从整体上确定各组成要素之间的相互联系和作用,然后再去分别研究各个要素。离开整体性去研究系统的各要素,就失去了原来系统的意义,也就无法实现系统的功能。

(3) 集成性 任何系统都是由两个或两个以上的要素组成的,每个要素都对外呈现出自身的特性,并有其自身的内在规律。但这些要素都要通过系统的整体规划有机地集成为一个整体。因此,系统的集成性并不等于集合性,前者构成一个有机的整体,可以实现系统整体运行的最佳化;后者仅是各组成要素之间的简单叠加,不仅达不到最优,有时系统还会由于参数不匹配而无法运行。

(4) 层次性 系统作为一个相互作用的诸要素的总体,它可以分解成由不同级别的分系统构成的层次结构,层次结构表达了不同层次分系统之间的从属关系和相互作用关系。将系统适当分层,是研究和设计复杂大系统的有力手段。

(5) 相关性 组成系统的要素是相互联系、相互作用的,相关性说明了这些联系之间的特定关系。研究系统的相关性可以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。

(6) 环境适应性 任何系统都必然会受到外部环境的影响和约束,与外部环境进行物质、能量和信息的交换。一个好的系统应能适应外部环境的改变,能随着外部条件的变化而改变系统的内部结构,使系统始终运行在最佳状态。

三、制造系统

制造系统 (Manufacturing System) 是为了达到预定的制造目的而构造的物理或组织系统。作为一个系统,制造系统具有构成上述系统的一切特征。图 1-1 用黑箱方式表示制造系统及其与外部环境的关系。其中,信息、原材料、能量和资金作为系统的输入,成品作为系统的主动输出,废料以及其他排放物 (包括对环境的污染) 作为系统的被动输出。

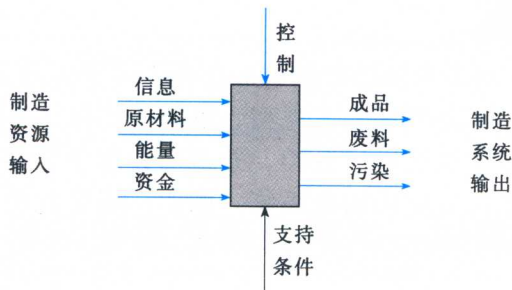


图 1-1 用黑箱方式表示制造系统

在研究制造系统时,除了要搞清楚系统与外部环境的关系外,我们更感兴趣的主要是它

的内部组织和结构。在系统内部包括很多与制造活动有关的因素：人员、设备、组织机构、管理方式、技术系统、资金等，简单地将这些因素相加，无法取得整体最优的效果，也不称其为系统。只有从系统的观点出发，运用系统工程的原理和技术去统筹规划各个要素，才能实现各要素之间的有机集成，使系统运行在最佳状态，以最经济有效的方式达到制造活动的目的。

四、制造自动化

根据本书给制造下的定义，广义制造过程包括很多内容。制造自动化（Manufacturing Automation）就是在广义制造过程的所有环节采用自动化技术，实现制造全过程的自动化。由于篇幅所限，本书将制造自动化的侧重点放在自动化物流及处理技术方面，所涉及的制造自动化仅局限在狭义制造范畴以内，即仅包括物流和物料处理的适度自动化和与物流有关的信息流处理自动化。

五、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，我们称之为制造规模（Manufacturing Scale）。通常，可以将制造规模分为三种：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、销子等）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，成本也较低。

年产量在 500 ~ 5000 件之间的制造常称为大批量制造，如重型汽车制造、大型工程机械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、机床制造、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，多品种、单件化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。

六、制造系统的分类

可以从不同的角度对制造系统进行分类。在图 1-2 中，我们从人在系统中的作用、加工对象的品种和批量、零件及其工艺类型、系统的柔性、系统的自动化程度及系统的智能程度等方面对制造系统进行了分类，并适当介绍了它们各自的特点。各种类型的不同组合，可以得到不同类型的制造系统。例如，刚性自动化离散型制造系统就是自动化程度、系统柔性和工艺类型三种分类方式的组合。它适用于离散型制造企业的大批量自动化制造。

限于篇幅，本书主要介绍人机一体化的、面向机械制造业的多品种、小批量生产的柔性自动化制造系统的系统分析及设计，这种类型的制造系统是制造自动化系统的主要发展方向。

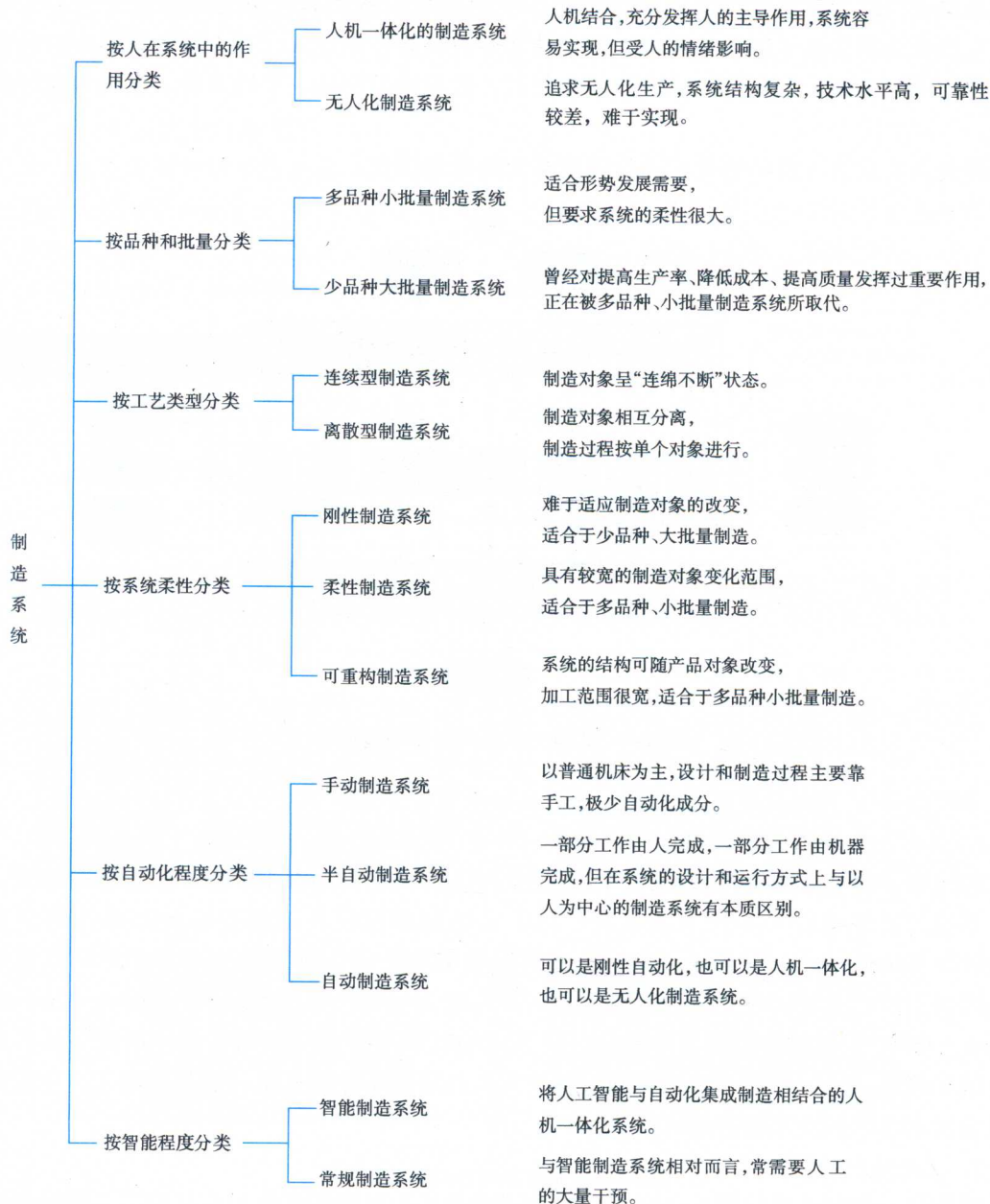


图 1-2 制造系统的分类

第二节 自动化制造系统的定义、组成及学科特点

一、自动化制造系统的定义

广义地讲,自动化制造系统 (Automatic Manufacturing System, AMS) 是由一定范围的被

加工对象、一定的制造柔性、一定自动化水平的各种设备和高素质的人组成的一个有机整体。它接受外部信息、能源、资金、配套件和原材料等作为输入，在人和计算机控制系统的共同作用下，实现一定程度的柔性自动化制造，最后输出成品、文档资料、废料和对环境的污染。

图 1-3 所示为人机一体化自动化制造系统的概念模式。

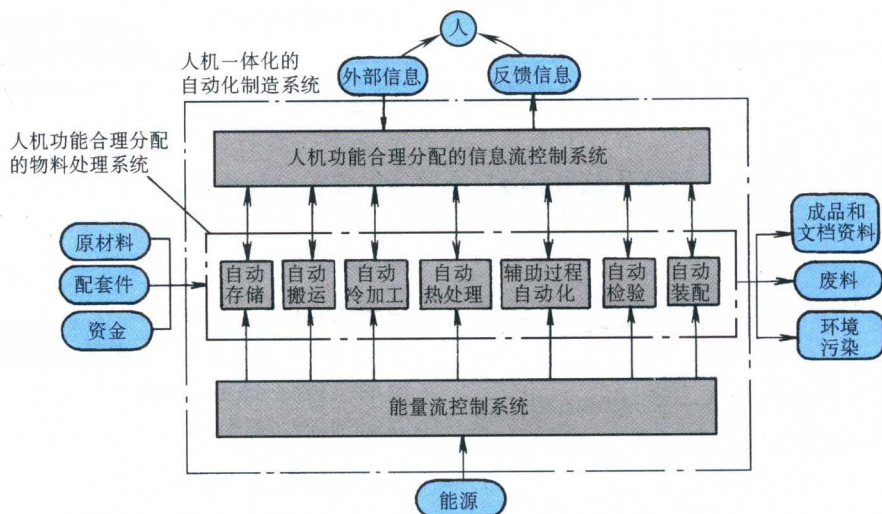


图 1-3 人机一体化自动化制造系统

可以看出，自动化制造系统具有五个典型组成部分：

1. 具有一定技术水平和决策能力的人

现代自动化制造系统是充分发挥人的作用的、人机一体化的柔性自动化制造系统。因此，系统的良好运行离不开人的参与。对于自动化程度较高的制造系统如柔性制造系统（Flexible Manufacturing System, FMS），人的作用主要体现在对物料的准备和对信息流的监视和控制上。对于物流自动化程度较低的制造系统如分布式数控系统（Distributed Numerical Control, DNC），人的作用不仅体现在对信息流的监视和控制上，而且还体现在要更多地参与决策和物流过程。总之，自动化制造系统对人的要求不是降低了，而是提高了，它需要具有一定技术水平和决策能力的人。

2. 一定范围的被加工对象

现代自动化制造系统能在一定的范围内适应被加工对象的变化，变化范围一般是在系统设计时就设定了的。现代自动化制造系统加工对象的划分一般是基于成组技术（Group Technology, GT）原理的。

3. 信息流及其控制系统

自动化制造系统的信息流控制着物流过程，也控制成品的制造质量。系统的自动化程度、柔性程度和与其他系统的集成程度都与信息流控制系统关系很大，应特别注意提高它的控制水平。

4. 能量流及其控制系统

能量流为物流过程提供能量，以维持系统的运行。在供给系统的能量中，一部分用来维

持系统运行，做了有用功；另一部分能量则以摩擦和传送过程的损耗等形式消耗掉，往往会对系统产生各种危害。所以，在制造系统设计过程中，要格外注意能量流系统的设计，以优化利用能源。

5. 物料流及物料处理系统

物料流及物料处理系统是自动化制造系统的主要组成部分，它在人的帮助下或自动地将原材料转化成最终产品。一般讲，物料流及物料处理系统包括各种自动化或非自动化的物料储运设备、储运设备、加工设备、检测设备、清洗设备、热处理设备、装配设备、控制装置和其他辅助设备。各种物流设备的选择、布局及设计是自动化制造系统设计的重要内容。

二、自动化制造系统的功能组成

自动化制造系统的功能组成可以用图 1-4 所示的树形结构图表示。

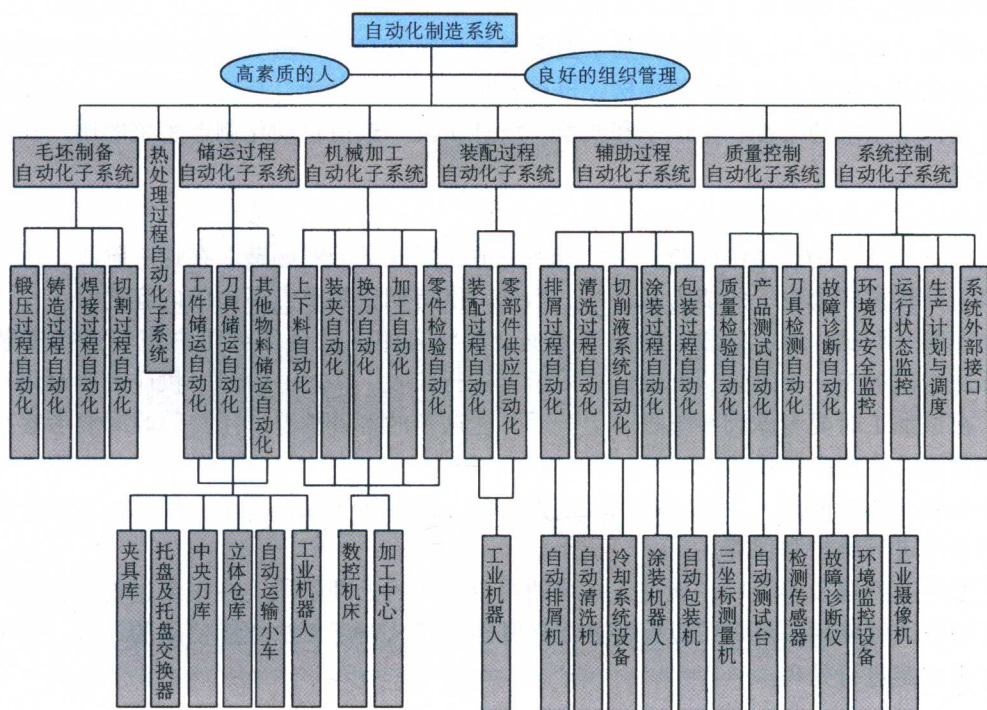


图 1-4 自动化制造系统的功能组成

可以看出，一个典型的自动化制造系统主要由以下子系统组成：毛坯制备自动化子系统、机械加工自动化子系统、储运过程自动化子系统、装配过程自动化子系统、辅助过程自动化子系统、热处理过程自动化子系统、质量控制自动化子系统和系统控制自动化子系统。人作为自动化制造系统的基本要素，可以与任何自动化子系统相结合。另外，良好的组织管理对于设计及优化运行自动化制造系统是必不可少的。本书中涉及的自动化制造系统主要是机械加工自动化系统，仅包括与机械加工有关的内容，并不包括热处理自动化子系统、毛坯制备自动化子系统及装配过程自动化子系统等。没有介绍装配过程自动化子系统的主要原因在于装配过程自动化要比机械加工自动化复杂得多，研究成果和实际应用比自动化机械加工

系统要少得多，目前主要采用工业机器人来实现。热处理过程自动化、毛坯制备自动化、涂装过程自动化和包装过程自动化亦不是本书介绍的主要内容。需要指出的是，分布式数控系统（Distributed Numerical Control, DNC）、柔性制造单元（Flexible Manufacturing Cell, FMC）、柔性制造系统（Flexible Manufacturing System, FMS）、柔性装配自动化系统（Flexible Assembly System, FAS）和柔性制造线（Flexible Manufacturing Line, FML）均由若干个子系统所组成，因此它们分别属于自动化制造系统的一种类型，所以没有将它们列入图中。

三、自动化制造系统的寿命周期

与任何系统一样，自动化制造系统也有它自己的寿命周期（Life Cycle），达到一定的服役年限后系统就得报废。通常将系统的设计、制造、安装、调试、验收、应用、维护、报废及回收处理这些过程的集合称为自动化制造系统的寿命周期。在寿命周期的各个阶段，人们对自动化制造系统关注的重点是不同的。

在系统的设计阶段，需要根据加工对象选择加工方法，采用成组技术将未来的加工对象进行分类成组，然后确定系统的结构，进行各组成部分的设计。在这一阶段，人们更注重从设计方面保证系统的柔性、生产率和质量。设计阶段一般由自动化制造系统的用户和供应商参与完成。

制造阶段是自动化制造系统本身的产生阶段，与一般的产品或系统不同，自动化制造系统的制造阶段主要是选择供应商，由供应商完成各组成部分的制造。在这一阶段，用户关心的是供应商提供成套设备的能力和价格。当然，供货期也是重点考虑的内容之一。

在安装、调试、验收阶段，供应商根据合同将各组成部分运到用户现场进行安装和调试，并进行试加工，在确认达到设计要求后再进行验收。在这一阶段，供应商要对用户进行培训，在试加工时要考虑到系统投入运行后可能遇到的各种情况。用户验收时要考察系统是否达到预期的生产率、质量和柔性。

在验收完成后就进入系统的应用和维护阶段，需要按照操作要求应用系统，并按照维护要求对系统进行维护和保养。

在系统达到服役年限后，就进入系统的报废及回收处理阶段。在报废过程中，如果有些设备还可以继续使用，就可予以保留并派作其他用场，对于无法继续使用的设备，则可按国家的有关规定进行处理。

四、自动化制造系统与企业其他系统的关系

自动化制造系统主要完成产品制造，属于企业生产运营的操作层，它只是企业各种应用系统的一部分，企业要进行正常的生产经营活动，还需要其他的应用系统，如设计系统、管理系统、信息系统等。在自动化制造系统的运行中，需要与企业的其他应用系统发生信息、能量和物质交换。

企业的技术系统主要完成产品的研发及设计、工艺设计和生产准备等活动。自动化制造系统需要从技术系统获取产品的设计信息、工艺信息（包括数控代码）和工装信息（包括刀具、夹具、量具等），自动化制造系统需要向技术系统反馈加工过程的各种状态信息（可加工性、可装配性、产品的实验信息等）。

企业的管理系统主要完成各种管理活动，包括质量管理、营销管理、物资供应管理、财

务管理、成本管理、生产计划管理、人力资源管理、设备管理、能源管理等。在其运行过程中,自动化制造系统需要从管理系统获取如下信息:生产计划和作业计划、质量控制要求、外购原材料和外协件信息、能源供应信息、刀夹量具准备信息和设备信息等。自动化制造系统需要向管理系统反馈的信息有:生产计划完成情况、物资消耗情况、废次品率、工废和料废情况、设备运行情况和能源消耗情况等。

信息系统是企业的神经系统,现代企业中的各种信息都是通过信息系统来传递、存储和处理的。企业的技术信息和管理信息需要通过信息系统传递给自动化制造系统的控制系统,来自自动化制造系统的信息也要通过信息系统传送到技术系统和管理系统中。

五、自动化制造系统的学科特点和学科体系

由自动化制造系统的定义可以看出,它所涉及的学科范围很宽,呈多学科交叉状态。它的核心是制造科学和技术,通过系统工程技术的纽带作用将现代制造科学及技术和以计算机为基础的自动控制技术结合起来,实现有关科学和技术的有机集成,从而形成一个人机结合的、多学科交叉的柔性自动化制造系统。图 1-5 所示为自动化制造系统的学科体系。

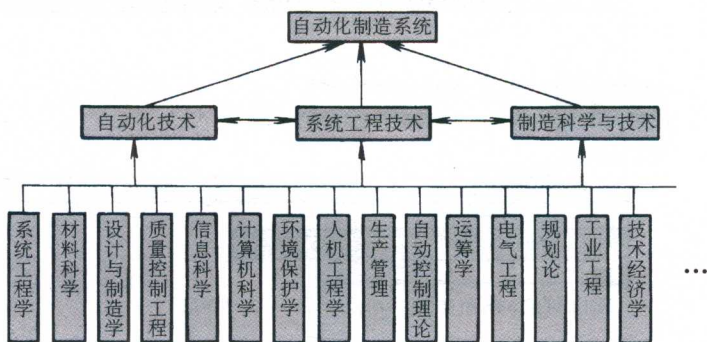


图 1-5 自动化制造系统的学科体系

第三节 自动化制造的意义及其发展历程

一、自动化制造的意义

制造过程的自动化是科学技术不断进步和生产力高度发展的产物,是人类早已向往且期待已久的理想生产形式。自动化制造系统的实现标志着人类进入了现代化文明生产的新纪元。自动化制造方式一经出现,立即得到人们的高度重视。其主要原因在于,采用自动化制造技术可以有效改善劳动条件,显著提高劳动生产率,大幅度提高产品的质量,有效缩短生产周期,并能显著降低制造成本。因此,制造自动化技术得到快速发展,并在生产实践中得到越来越广泛的应用。归纳起来,实现自动化制造系统具有下面的意义。

1. 提高生产率

制造系统的生产率表示在一定的时间范围内系统产出总量的大小,而系统的产出总量是

与单位产品制造所花费的时间密切相关的。采用自动化技术后，不仅可以缩短直接的加工制造时间，更可以大幅度缩短产品制造过程中的各种辅助时间，从而使生产率得以提高。

2. 缩短生产周期

现代制造系统所面对的产品特点是：品种不断增多，而批量却在不断减小。据统计，在机械制造企业中，单件、小批量的生产占 85% 左右，而大批量及大规模生产仅占 15% 左右。随着消费的不断个性化，单件、小批量生产占主导地位的现象目前还在继续发展，因此可以说，传统意义上的大批量生产正在向多品种小批量生产模式转换。据统计，在多品种小批量生产中，被加工零件在车间的总时间的 95% 被用于搬运、存放和等待加工中，在机床上的有效加工时间仅占 5%。而在这 5% 的时间中，又只有 30% 的时间用于切削加工，其余 70% 的时间又消耗于定位、装夹和测量的辅助动作上。因此，零件在车间的总时间中，仅有 1.5% 是有效的切削时间，如图 1-6 所示。采用自动化技术的主要效益在于可以有效缩短零件 98.5% 的无效时间，从而有效缩短生产周期。

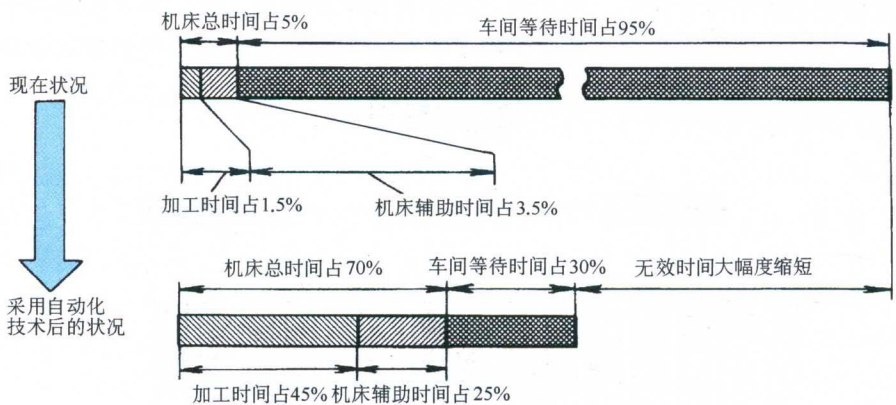


图 1-6 机械零件加工时间分配

3. 提高产品质量

在自动化制造系统中，由于广泛采用各种高精度的加工设备和自动检测设备，减少了工人情绪波动的影响，因而可以有效提高产品的质量，保证质量的一致性。

4. 提高经济效益

采用自动化制造技术，可以减少生产面积，减少直接参与生产的工人的数量，减少废品率，因而就减少了对系统的投入。由于提高了劳动生产率，系统的产出得以增加。投入和产出之比的变化表明，采用自动化制造系统可以有效提高经济效益。

5. 降低劳动强度

采用自动化技术后，机器可以完成绝大部分笨重、艰苦、枯燥甚至对人体有害的工作，从而降低了工人的劳动强度。

6. 有利于产品更新

现代柔性自动化制造技术使得变更制造对象更容易，适应的范围也较宽，十分有利于产品的更新，因而特别适合于多品种小批量生产。

7. 提高劳动者的素质

现代柔性自动化制造技术要求操作者具有较高的业务素质和严谨的工作态度，无形中就