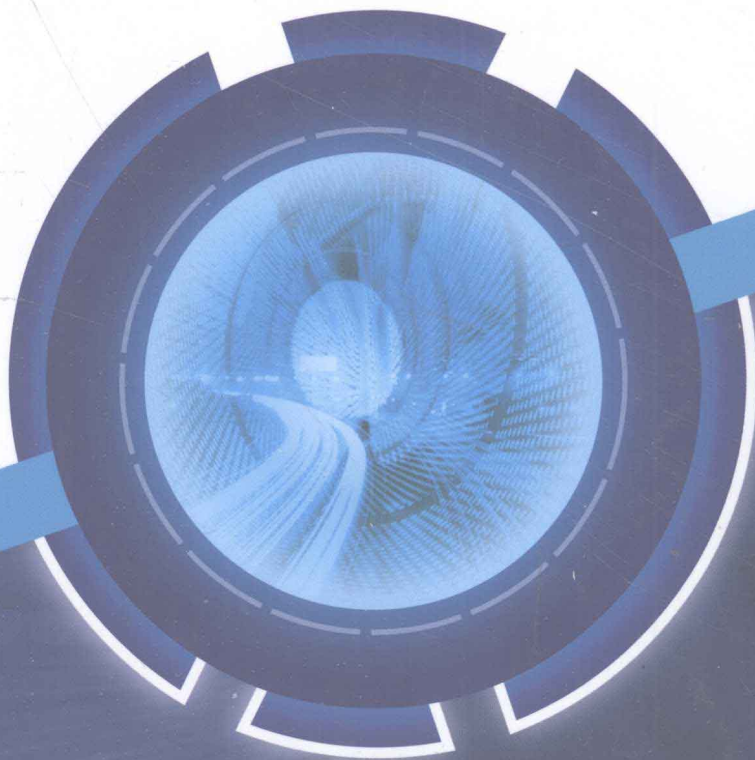


普通高等院校     系列规划教材

生产自动化

龙 伟 主编



科学出版社

普通高等院校工业工程系列规划教材

生 产 自 动 化

龙 伟 主编

科 学 出 版 社

北 京

内 容 简 介

生产自动化是生产机械化发展的高级阶段,是工业生产技术现代化的基本方向之一,现已成为大专院校工业工程、机电工程、机械制造及自动化等专业的一门重要课程。本书吸收了当前生产自动化领域的最新成果,全面介绍了工业生产自动化系统所涉及的基本理论与技术方法,重点从系统的角度阐述了产品设计自动化、工艺过程自动化、加工过程自动化、物料传输自动化、产品装配自动化、生产自动化检测技术等方面的理论知识、技术方法、系统结构与运行方式等。

本书不仅可作为工业工程及其相关专业的本科生、研究生的教材与教学参考书,也可供本技术领域的管理人员与工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

生产自动化/龙伟主编. —北京:科学出版社,
2011.6

(普通高等院校工业工程系列规划教材)

ISBN 978-7-03-031543-4

I. ①生… II. ①龙… III. ①生产自动化-高等学校
-教材 IV. ①TP278

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 113458 号

责任编辑:王鑫光 张丽花 / 责任校对:李 影
责任印制:张克忠 / 封面设计:迷底书装

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>

北京华正印刷有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2011 年 6 月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2011 年 6 月第一次印刷 印张:14 1/2

印数:1—4 000 字数:350 000

定价:29.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

《普通高等院校工业工程系列规划教材》
丛书编委会

顾 问

杨叔子 华中科技大学 中国科学院院士

主 任

王润孝 西北工业大学 教 授

副主任

郑 力	清华大学	教 授	高建民	西安交通大学	教 授
江志斌	上海交通大学	教 授	秦现生	西北工业大学	教 授
易树平	重庆大学	教 授	胡华强	科学出版社	编 审

委 员（按姓氏汉语拼音排序）

柴建设	首都经贸大学	教 授	孙树栋	西北工业大学	教 授
董 欣	东北农业大学	教 授	徐人平	昆明理工大学	教 授
方水良	浙江大学	副教授	徐学军	华南理工大学	教 授
韩可琦	中国矿业大学	教 授	许映秋	东南大学	教 授
黄洪钟	电子科技大学	教 授	闫纪红	哈尔滨工业大学	教 授
蒋祖华	上海交通大学	教 授	杨 育	重庆大学	教 授
刘大成	清华大学	副教授	查建中	北京交通大学	教 授
刘思峰	南京航空航天大学	教 授	张国军	华中科技大学	教 授
龙 伟	四川大学	教 授	张晓冬	北京科技大学	教 授
钱省三	上海理工大学	教 授	张晓坤	Athabasca 大学	教 授

秘 书

李 涛 西北工业大学 副教授

本书编委会

主 编	龙 伟		
参 编	胡晓兵	黄 劼	郑华林
	李 明	石宇强	徐 雷

丛 书 序

热烈祝贺“普通高等院校工业工程系列规划教材”的出版!

现代企业有句名言:“三分技术,七分管理。”管理是科学,也是哲学;是工作方法,也是思维方式。伴随工业生产的发展,并同工业生产实践不可分割而成长的工业工程学科本质上就是“管理”。

从弗雷德里克·泰勒创建与倡导的“科学管理运动”以来,工业工程学科发展迄今已经有近百年历史,作为一门融合自然科学、哲学社会科学、工程学与管理学等的交叉型学科,它的核心就是“用软科学的方法获得最高的效率和效益”。工业工程与工业生产实践联系非常紧密,它本身也是源于大工业生产的需求,随着人类社会的工业化文明进程不断发展、完善。在人类社会文明空前繁荣的20世纪,从欧美工业国家的经济发展、日本的战后崛起、亚洲“四小龙”的腾飞、“金砖四国”的高速发展中都能看到工业工程在社会生产中的应用。最初,工业工程主要应用在制造业,大工业时代使工业已成为社会各产业的结合,工业工程从制造业迅速发展 to 社会其他领域,包括现代农业、政府公共管理事业、服务业等。

我国在计划经济时代,工业工程无用武之地,错过了非常好的发展机会。改革开放后,我国市场经济飞速发展,特别是党中央提出了“以人为本”的科学发展观后,更为工业工程研究提供了极好的土壤和动力,工业工程在这三十年得到了突飞猛进的发展,工业工程技术也得到了非常广泛的应用,并且很多大型企业都设有工业工程方面的职位,社会对工业工程专业人才需求非常旺盛。工业工程的高等教育从1993年高等院校正式招收工业工程专业本科生开始,至今已有17年,最初招生只有两所院校,2000年以后,伴随着高等教育的蓬勃发展,开设工业工程专业的高等院校数量也快速增长,到目前约180多所。

在我国工业工程高等教育发展中,出版的高校教材也层出不穷,对工业工程教学水平的整体提高起到了非常重要的作用。但随着新理论、新领域、新技术、新产品的不断推出,企业、社会对人才的需求与对人才观认识的不断变化,工业工程的教学内容也有了很大变化,迫切需要出版一批适应新形势教学要求的教材。科学出版社历时2年时间,汇聚了国内众多工业工程的著名学者,在对国内外知名大学工业工程课程设置进行深入研究的基础上,主要面向全国高等院校工业工程及相关专业的本科生,编写了这套《普通高等院校工业工程系列规划教材》。

本系列教材主要有以下特点:

(1) 课程规范,体系完整。对国外工业工程专业名校(如佐治亚理工学院等)的课程体系、人才培养模式进行探讨,结合我国清华大学、上海交通大学、哈尔滨工业大学、西北工业大学等众多名校工业工程教学现状,梳理出了约20门专业核心课程及重要专业课,并明确了每门课程所包含的基本内容及其先修后续课程的衔接内容,形成了一套比较系统、完备的工业工程专业课程体系。

(2) 厚积薄发,培育精品。国内工业工程学科、专业发展时间虽短,但十几年的经济高速发展带来的工业工程经验也非常可观,特别是参与本套丛书的很多作者,在工业工程领域成果丰硕,相应的教材也将尽量体现学科发展及课程改革的最新成果,为培育精品教材奠定基础。

(3) 引进案例教学,重视工程实践。工业工程的应用领域广泛,其本身就是解决工业生产

实践的科学，而“实践是创新之根”，因此本系列教材在编写过程中，力求引进工程实际案例，引导学生拓宽视野，重视工程实践，培养解决实际问题的能力。

(4) 立体建设，资源丰富。本系列教材除了主教材外，还将逐步配套学习指导书、教师参考书和多媒体课件等，最终形成工业工程教学资源网，方便教师教学，同时有助于学生自学和复习。

随着工业工程学科、专业的发展，编者将对本系列教材不断更新，以保持其先进性与适用性；编者热忱欢迎全国同行以及关注工业工程教育及发展前景的广大读者对本系列教材提出宝贵意见和建议，以利于本系列教材的水平不断提高。

谨为之序。

杨占子

2010年7月

前 言

生产系统是一个极为宽泛的概念，我们可以对它从不同的角度进行分类。按照类别来分，有农业生产系统和工业生产系统两大类，工业生产又可分轻工业生产、重工业生产、军工生产等；按照行业来分，有食品生产系统、水产加工系统、轻纺生产系统、化工生产系统、冶金生产系统、医药生产系统、机械加工系统等；按照技术来分，有连续过程生产系统、离散过程生产系统、种植生产系统、饲养生产系统等。

因此，“生产自动化”也是一个很宽泛的概念。虽然上述不同类型的生产在“系统”这个层面上具有许多共同的地方，但在组织方式、生产模式及工艺过程等方面却完全不同。本书讲授的“生产自动化”，主要限定在工业生产的范围内，并重点针对离散加工生产系统，尤其是基于具有典型意义的机械制造系统来展开讨论。在这样一个范畴内，我们通常可以把它简称为“工业生产自动化”。

工业生产自动化是工业生产机械化发展的高级阶段，是工业生产技术现代化的基本方向之一。随着信息技术在工业生产自动化系统中的应用，现代工业生产自动化系统已经发展为一个复杂的机电与信息高度综合的生产组织。工业生产自动化作为制造学科和工业工程领域的一个重要的学科研究方向，它本身并不重点研究生产装置或加工系统的自动化技术，而是在了解这些技术方法的基础上，从系统的角度着重研究生产管理自动化、工艺过程自动化、加工过程自动化、物料传输自动化、产品装配自动化、仓储管理自动化等方面的理论方法、系统模式、组成结构、运行方式等。

本书正是基于对上述问题的理解，着重从工业工程的角度，吸收了当前生产自动化科学领域的最新成果，全面介绍了工业生产自动化系统所涉及的基本理论与技术方法，及其在实际生产系统中的应用。全书共有7章：第1章生产自动化绪论（四川大学龙伟教授），第2章设计自动化系统（四川大学徐雷副教授），第3章工艺自动化系统（西南石油大学郑华林教授），第4章设备自动化技术（四川大学胡晓兵教授），第5章生产物料搬运自动化技术（西南科技大学石宇强副教授），第6章装配自动化技术（西华大学李明副教授），第7章生产自动化检测技术（四川大学黄劭教授）。

本书主要作为工业工程专业的本专科学学生及研究生教材，也可作为机械制造及自动化、机械电子工程、材料成形与模具加工、化工设备及自动化、工业生产管理等专业的教材，以及相关领域的研究工作者与技术人员的参考书。

由于工业工程领域的生产自动化，是一门随着信息技术的大规模渗透而正在快速发展之中的技术学科，其理论技术体系正在进一步完善、丰富、发展之中，加之作者的水平有限，本书难免存在疏漏之处，敬请读者批评指正。

编 者
2011年4月

目 录

丛书序

前言

第 1 章 生产自动化绪论	1
1.1 生产自动化的基本概念	1
1.1.1 生产及其自动化	1
1.1.2 工业生产自动化	2
1.1.3 生产管理自动化	3
1.1.4 生产自动化的技术领域	4
1.2 生产自动化的发展历史	4
1.2.1 自动化技术的发展概述	4
1.2.2 生产自动化的发展历史	6
1.3 生产自动化的发展趋势.....	10
思考题	14
参考文献	14
第 2 章 设计自动化系统	15
2.1 产品开发中的自动化技术.....	15
2.2 产品开发过程分析.....	16
2.3 数字化设计与制造系统.....	17
2.3.1 数字化设计与制造系统的工作过程.....	17
2.3.2 数字化设计与制造系统的内涵.....	18
2.3.3 数字化设计与制造系统的组成.....	20
2.3.4 CAD 系统的软硬件选型	24
2.3.5 CAD 系统的设计原则	26
2.3.6 数字化设计与制造系统的特点.....	29
2.4 现代产品快速开发方法.....	29
2.4.1 产品开发集成快速设计平台.....	30
2.4.2 虚拟产品开发与虚拟环境技术.....	30
2.4.3 产品虚拟原型技术.....	32
2.4.4 反求工程.....	34
2.4.5 快速原型技术.....	36
思考题	37
参考文献	38
第 3 章 工艺自动化系统	39
3.1 工艺自动化系统概述.....	39
3.1.1 工艺设计自动化的意义.....	39
3.1.2 CAPP 的基本概念	40

3.1.3	CAPP 的结构组成	41
3.1.4	CAPP 的基础技术	42
3.1.5	CAPP 系统的类型	42
3.1.6	CAPP 系统应用的社会经济效益	43
3.2	成组技术	44
3.2.1	成组技术的基本原理	44
3.2.2	零件分类编码系统	45
3.2.3	零件分类成组方法	49
3.3	计算机辅助工艺设计	52
3.3.1	派生式 CAPP 系统	52
3.3.2	创成式 CAPP 系统	56
3.3.3	半创成式 CAPP 系统	61
3.3.4	CAPP 专家系统简介	63
3.4	CAPP 技术发展趋势	66
	思考题	67
	参考文献	67
第 4 章	设备自动化技术	68
4.1	数控技术及数控机床	68
4.1.1	概述	68
4.1.2	NC 与 CNC 的定义	68
4.1.3	数控机床系统的基本构成	69
4.1.4	数控机床的分类	69
4.1.5	数控机床的基本技术	70
4.1.6	数控机床中新技术的应用	74
4.2	加工中心的构成及基本工作原理	77
4.2.1	加工中心的基本概念	77
4.2.2	加工中心的技术特点、加工精度、类型与适用范围	78
4.2.3	加工中心的典型自动化机构	79
4.2.4	卧式加工中心的布局结构形式	80
4.2.5	立式加工中心	82
4.2.6	五面加工中心	83
4.3	柔性制造单元和柔性制造系统	83
4.3.1	FMC 和 FMS 的构成	83
4.3.2	FMS 应用的特点	84
4.3.3	FMS 的加工系统	84
4.3.4	FMS 中的物流管理	85
4.3.5	FMS 中的信息流管理	86
4.3.6	FMS 发展趋势	88
4.4	加工自动线	88
4.4.1	通用机床自动线	90
4.4.2	组合机床自动线	92
4.4.3	柔性自动线	93

4.5	机器人技术	94
4.5.1	机器人的基本概念	94
4.5.2	机器人的分类	94
4.5.3	机器人的组成	95
4.5.4	机器人的应用	98
4.5.5	机器人发展趋势	99
4.6	数控系统及其在机床应用中的发展趋势	99
4.6.1	高速数控机床	99
4.6.2	智能数控系统	100
4.6.3	开放式数控系统	102
4.6.4	基于 Internet 远程数控系统	103
4.6.5	特种加工数控系统	103
4.6.6	虚拟轴数控机床	105
	思考题	106
	参考文献	106
第 5 章	生产物料搬运自动化技术	107
5.1	生产物料搬运自动化概述	107
5.1.1	物料搬运在生产系统中的地位	107
5.1.2	物料搬运的概念与意义	107
5.1.3	物料搬运自动化系统及其组成、分类	107
5.2	自动线输送系统	108
5.2.1	传输线的分类	109
5.2.2	传输线运行及其特征	111
5.3	AGV 输运系统	112
5.3.1	AGV 的分类	113
5.3.2	AGV 的主要技术参数及评价	113
5.3.3	AGV 系统	114
5.4	自动化立体仓库	115
5.4.1	自动化立体仓库概述	115
5.4.2	自动化立体仓库的构成	117
5.5	柔性供料系统	118
5.5.1	FMS 物流输送形式	118
5.5.2	托盘及托盘交换器	120
5.6	物料输送系统分析	121
5.6.1	物料搬运中的图表技术	121
5.6.2	搬运车辆系统分析	122
5.6.3	传输带分析	124
	思考题	127
	参考文献	127
第 6 章	装配自动化技术	128
6.1	自动化装配的流程及工艺	128
6.1.1	自动化装配的流程	128

6.1.2	自动化装配的工艺	130
6.2	自动装配机的结构形式	135
6.2.1	单机装配自动化	136
6.2.2	自动装配流水线	138
6.2.3	柔性自动装配线	152
6.3	自动装配机的连接形式	152
6.3.1	连接的种类	152
6.3.2	传送设备	154
6.3.3	自动装配的工件托盘	157
6.3.4	物料储备仓	161
6.4	自动装配机的部件	162
6.4.1	运动部件	162
6.4.2	运动部件的驱动方式	166
6.4.3	夹紧和保持单元	171
6.4.4	定位机构	177
6.4.5	连接控制单元	179
6.4.6	校准单元	182
6.4.7	组合部件系统	182
	思考题	184
	参考文献	185
第7章	生产自动化检测技术	186
7.1	生产自动化的设备检测技术	186
7.1.1	数控机床的精度要求及检测方法	186
7.1.2	数控机床的精度检测及设备介绍	187
7.2	加工过程检测技术	189
7.2.1	零件加工尺寸在线检测	189
7.2.2	加工设备在线监测技术	193
7.2.3	加工过程的物理量检测	195
7.3	产品质量检测技术	208
7.3.1	厚度的测量	208
7.3.2	用于产品内部质量检测的无损检测方法	213
7.3.3	机械加工表面质量检测技术	216
	思考题	218
	参考文献	218

第 1 章 生产自动化绪论

1.1 生产自动化的基本概念

1.1.1 生产及其自动化

生产 (Production) 一词的概念,最初是指人们使用工具来创造各种生活用品和劳动资料的活动,后来“生产”一词发展为泛指人们创造物质财富的过程。经济学意义上的生产概念被定义为:将投入转化为产出的活动,或是将生产要素进行组合以制造产品的活动。所谓生产要素,就是人力、资金、工具设备、自然资源等。而现代生产管理学对生产的定义是,生产是一切社会组织将它的输入转化为输出的过程。可见,生产的基本概念包括人的活动、组织管理、工具设备、生产资料、生产资金等的基本要素。其中一个重要的概念,就是把生产活动作为一个“系统工程”,并引入“组织管理”的理念。《史记·货殖列传》就曾经十分形象地说:“吾治生产,犹伊尹、吕尚之谋,孙吴用兵,商鞅行法是也。”所以,我国在很早以前,就已经把管理的思想赋予“生产”活动之中。

自动化 (Automation) 一词的概念,是由美国福特公司的机械工程师 D. S. 哈德最先提出的,并用来描述发动机气缸的自动传送和加工的过程。所以,自动化的概念最初产生于工业生产。自动化的基本定义可以理解为:机器或装置在无人干预的情况下按规定的程序或指令自动进行操作或控制的过程,其基本的技术目标是能够稳定、准确、快捷地实现预先规定的动作。自动化作为一门科学技术,被广泛用于工业、农业、军事、科学研究、交通运输、商业、医疗、服务和家庭等各个方面。采用自动化技术,不仅可以把人从繁重的体力劳动、部分脑力劳动以及恶劣、危险的工作环境中解放出来,而且还能扩展人的器官功能,极大地提高劳动生产率,增强人类认识世界和改造世界的能力。因此,自动化是工业、农业、国防和科学技术现代化的重要条件和显著标志。

自动化是一门涉及学科较多、应用广泛的综合性科学技术。作为一个系统工程,它由五个单元组成:程序单元,决定做什么和如何做;作用单元,施加能量和定位;传感单元,检测过程的性能和状态;制定单元,对传感单元送来的信息进行比较,制定和发出指令信号;控制单元,进行制定并起调节作用单元的机构。自动化的研究内容,主要有自动控制和信息处理两个方面,包括理论、方法、硬件和软件等。从应用的观点来看,把自动化的理论、方法与技术应用于生产系统中,这就是生产自动化的研究内容。

生产系统是一个非常宽泛的概念,我们可以对它从不同的角度来分类:

按照类别来分,有农业生产系统和工业生产系统两大类,工业生产又分轻工业生产、重工业生产、军工生产等。

按照行业来分,有食品生产系统、水产加工系统、轻纺生产系统、化工生产系统、冶金生产系统、医药生产系统、机械加工系统等。

按照技术来分,有连续过程生产系统、离散过程生产系统、种植生产系统和饲养生产系

统等。

所以，生产自动化也是一个很宽泛的概念。虽然这些不同类型的生产，在系统这个层面上具有许多共通的地方，但在组织方式、生产模式、工艺过程等方面却完全不同。因此，本书所讨论的生产自动化，主要限定在工业生产的范围内，并重点针对离散加工的生产系统，尤其是基于具有典型意义的机械制造系统来展开讨论。在这样一个范畴内，我们可以简称为工业自动化。

工业自动化，是工业生产机械化发展的高级阶段，是工业生产技术现代化的基本方向之一。现在，工业自动化已经发展为制造学科和工业工程领域的一个重要的学科研究方向，它本身并不重点研究生产装置或加工系统的自动化技术，而是在了解这些技术方法的基础上，从系统的角度重点研究生产管理自动化、工艺过程自动化、加工过程自动化、物料传输自动化、产品装配自动化、仓储管理自动化等的理论方法、系统模式、组成结构、运行方式等。

1.1.2 工业自动化

工业自动化（Industry Production Automation），是在工业生产中广泛采用各种自动控制、自动检测、智能设计和生产管理的技术和理论方法，对生产过程进行自动测量、检验、控制、监视，以及对产品的自动设计、工艺处理和系统的运行进行管理。

工业自动化覆盖的范围很广，包括加工过程自动化、物料存储和输送自动化、产品检验自动化、装配自动化、产品设计及生产管理信息处理自动化等。在生产自动化的条件下，人的职能主要是系统设计、组装、调整、检验、监控调节生产过程、质量控制以及调整和检修自动化设备与装置。

机械工业生产是一个非连续性的离散过程，其生产自动化的方式，过去更多地依赖机械化的形式来实现。而化工、冶金、轻工等行业的生产，是一个连续不断的过程，其生产自动化的方式，过去更多地依赖过程控制的形式来实现。一般来讲，实现离散过程自动化的难度更大，因此也更具有典型的意义。传统的机械工业自动化，通常具有以下四种技术形式。

（1）单机自动化（Single Machine Automation）：借助具有半自动或全自动的机器装置，实现部分生产活动的自动化。传统的半自动机器装置可自动地完成生产工序的基本作业，当一工作周期结束时能自动停车。但重新开始另一工作周期时，必须由工人启动或借助部分辅助作业来操作。半自动装置启动时，操作工人可以离开设备去操作其他的机器，从而为实现多机看管创造了条件，也促使生产管理的方式发生改变。全自动机器装置是具有一定自我调节功能的工作机，除质量检验和整机调整外，它能自动实现加工循环的所有工作。

（2）自动生产线（Automatic Production Line）：由物料或工件传送装置将多台相同或不同的加工机器连接起来，并具有统一控制装置的连续生产的自动化系统。在自动生产线上，生产过程无须人参与操作。人的工作职能仅仅是监督和周期性地调整、更换加工工具（夹具或刀具）。自动生产线在机械工业的许多方面得到广泛应用，它不仅完成零件的机械加工，还可以完成毛坯加工、金属热处理、焊接、表面处理、产品装配和包装等生产过程。采用自动生产线能使离散的生产加工过程，成为高度连续的生产过程，从而显著地缩短生产周期，减少工序间在制品的数量和简化生产计划编制的工作，使工件的加工路径达到最短的限度。

（3）柔性生产线（Flexible Manufacturing Line）：可适应多品种、小批量生产形式的自动化生产系统，也称柔性制造系统。柔性生产系统主要运用成组技术，把特征近似（尺寸、工艺等）的零件合并为一组零件模式。这种零件模式可以用框图设计，并根据需要填上尺寸；也可

以利用电子计算机把图形变成数据存储起来，在设计时调出、修改后绘出图样，或直接把数据输入到机床的数控装置。如果把一组数控机床与相应的物料或工件传输装置，以及自动装配系统，连接成作业生产线，就可以根据需要把“设计→工艺→加工→装配”组成一个可编程序的自动生产化系统。当一组零件的生产批量结束时，只要改变或调用相应的软件程序，无须改变机械装置的结构就可以进行另一组零件的加工生产，使得同样的生产系统可以适应不同的零件加工，这就是所谓的柔性生产线。这种生产线既可适应产品更新换代快的特点，又可以利用流水线生产的高效率来降低生产成本。

(4) 自动化车间 (Automatic Workshop) 和自动化工厂 (Automatic Plant)：以自动生产线为主体的柔性制造系统，组成自动化车间，加上计算机信息管理和生产管理自动化，就形成了自动化工厂。我们也把这种形式称为集成制造系统 (Integrated Manufacturing System, IMS) 或计算机集成制造系统 (CIMS)。CIMS 是综合现代信息技术、自动化技术、先进制造技术、管理学方法等，由计算机控制的集成化自动工厂。CIMS 采用计算机辅助设计、数控加工中心、工业机器人、工厂数据集成系统、智能化检测系统等，全面实现计算机分级控制，用集成软件系统使工厂的各个生产单元、管理单元协调运行，从而简化工厂生产的复杂管理过程。这种生产模式是工业生产自动化的高级形式。

1.1.3 生产管理自动化

生产管理 (Production Management)，是对生产系统的设置和运行的各项管理工作的总称，也被称为生产控制。工业生产管理，是工业工程的最基本、最重要的内容之一，它主要由以下三大部分组成：

(1) 生产组织工作。生产组织工作包括选择厂址、布置作业间、组织生产线、实行劳动定额和劳动组织管理以及设计生产管理系统等。

(2) 生产计划工作。生产计划工作包括生产计划、生产技术准备计划、生产作业计划、物料计划和资源计划等。

(3) 生产控制工作。生产控制工作包括实时调度管理设备装置和生产工具，控制生产进度、生产库存、生产质量和生产成本等。

所以，工业生产管理的主要任务是：①通过生产组织工作，按照企业生产目标的要求，设置技术上可行、经济上合算、物质技术条件和环境条件允许的生产系统；②通过生产计划工作，制订生产系统优化运行的方案；③通过生产控制工作，及时有效地调控生产过程各个环节的进度，使生产系统的运行符合既定生产计划的要求，实现预期生产的品种、质量、产量、出产期限和生产成本的目标。生产管理的目的，就在于做到投入少、产出多、取得最佳经济效益。

生产管理自动化 (Production Management Automation)，就是通过自动化的技术与理论方法，对生产管理所涉及的主要内容和环节实现自动运行，改变传统手工操作的运行方式，从而提高生产管理的效率、减少人为失误、实现生产管理的标准化和自动化，以及能够方便地实现生产管理者提出的新思想、新理念和新生产管理新模式等。生产管理自动化是工业生产自动化的一个非常重要的研究内容，也是工业工程科学专业必须具备的知识点。尽管生产管理自动化是生产自动化的研究内容之一，但它几乎涵盖了生产自动化涉及的所有方面。也就是说，生产自动化的所有方面，都会涉及生产管理自动化的内容，这也是我们为什么在生产自动化的众多内容中要特别介绍生产管理自动化概念的原因。

现代生产管理自动化，主要借助于现代生产管理的理论方法、电子计算机信息技术（数据库、网络、软件）以及多媒体技术等，针对工业生产系统，在计划管理、采购管理、制造管理、品质管理、效率管理、设备管理、库存管理、人员管理及生产模式管理这九大模块实现自动化。所以，现代生产管理自动化技术，更注重吸收最新的科学理论和技术方法，更注重提高系统的自动化程度和智能性。

1.1.4 生产自动化的技术领域

现代工业生产自动化所涵盖的技术范围，已经大大超出了传统自动化的内容，形成了一个涉及自动化技术、生产管理学、工程控制、系统规划、制造技术、信息技术、物料管理、财务会计等多学科技术综合交叉的应用型学科领域。工业自动化作为一个应用学科领域，本身并不具体去研究这些学科领域的理论与技术，而是针对微观的工业生产系统综合运用这些学科领域的理论方法与技术，其最终目的是：在生产过程中减少人的劳动量，提升管理水平，提高生产效率，保障产品质量，降低生产成本，确保整个生产系统各环节的协调运行等。

综合起来，工业自动化主要涉及如表 1-1 所示的五大技术领域。这五大技术领域，构成了工业工程中生产自动化研究的基本内容，也是工业自动化所要解决的关键理论与技术方法。

表 1-1 生产自动化的主要技术领域

自动化技术	生产管理学	制造技术	信息技术	统筹与规划
设计自动化	生产财务管理	产品设计技术	产品数据库	生产系统规划
设备自动化	生产组织管理	生产工艺设计	车间局域网	生产作业计划
过程自动化	作业计划管理	加工制造技术	网络化制造	生产过程优化
检测自动化	生产过程管理	生产组织模式	可视化设计	作业计划统筹
装配自动化	生产物料管理	生产制造模式	可视化管理	作业计划调度
管理自动化	企业资源管理		可视化检测	
	产品数据管理		制造物联网	
	生产信息管理		瘦客机技术	

1.2 生产自动化的发展历史

1.2.1 自动化技术的发展概述

自古以来，人类就产生了创造自动装置以减轻或代替人劳动的想法。自动化技术的产生和发展经历了漫长的历史过程。古代中国的铜壶滴漏、指南车以及 17 世纪欧洲出现的钟表和风磨等，都是人类早期发明的自动控制装置，这些对自动化技术的形成起到了先导作用。

广义的自动化概念，是指在人类的生产、生活和管理的一切过程中，通过采用一定的技术装置和策略，使得用较少的人工干预甚至做到没有人工干预，就能使系统达到预期目的的过程，从而减少了人的体力劳动和代替了人的部分脑力劳动，提高了工作效率。可见，自动化涉及几乎人类活动的所有领域，因此自动化技术是人类自古以来永无止境的梦想和追求目标。

自动化技术的发展历史，从人类实施的系统规模来分，大致可以分为装置自动化、局部自动化和综合自动化三个时期；从技术发展的程度来分，大致可以分为工匠技能、技术化和理论化、数字化和智能化等几个阶段。

1. 工匠技能阶段

有许多历史记载和传说表明，人类很早就进行了简单的自动装置的探索，这是人类发展自动化技术的初始阶段。中国的指南车是我们比较熟知的古代发明之一，它大约诞生于西汉时期甚至更早，我们现在看到的只是复制品。但可能是由于自身的固有缺陷或是有了更为方便的指南工具，指南车并没有真正在实际中应用起来。除了指南车外，还有记里鼓车，古代科学家张衡发明的浑天仪、水运气象台，以及公元 3 世纪希腊人发明的水钟和 17 世纪欧洲的风磨控制装置等。据说，达·芬奇还为路易十二制造过供玩赏用的机器狮，这可以说是最简单的机器人。其实，直至 18 世纪中期之前，这些原始的自动装置大都是靠工匠的技能来实现的，在技术和理论上都没有得到真正的突破。

2. 技术化和理论化阶段

标志人类社会进步的工业革命，开始于英国机械师瓦特在 1788 年发明的蒸汽机，这也是自动化领域技术化和理论化阶段的开始。

有效的自动控制系统是瓦特蒸汽机得以成功的必要条件之一。在瓦特之前，虽然人们已经发明了各种各样的蒸汽机及相关的控制装置，但都没有真正地解决蒸汽机的转速控制问题，主要原因是原始蒸汽机的进气和排气是用手动来进行操纵的，其工作转速十分不稳定。瓦特的发明解决了蒸汽机的转速控制问题，从而把人类带入了机械动力的时代。图 1-1 和图 1-2 是典型的蒸汽机离心速度调节的示意图。

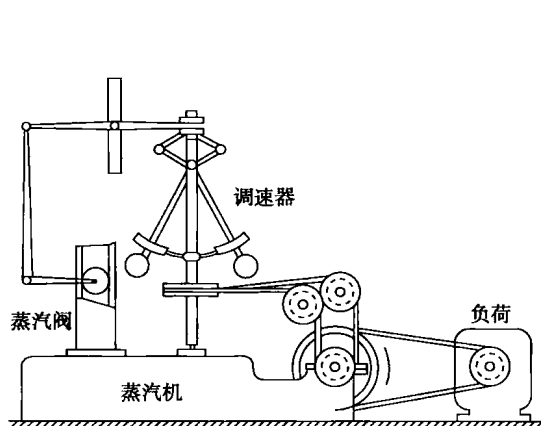


图 1-1 蒸汽机离心速度调节示意图之一

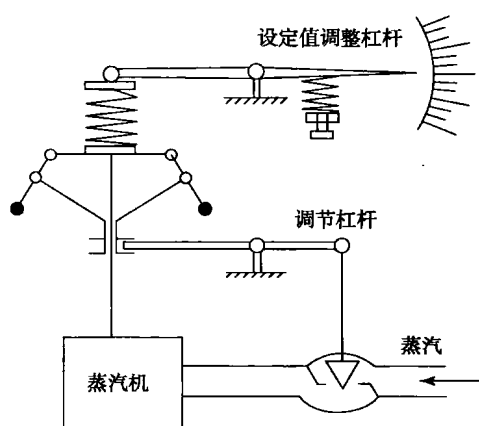


图 1-2 蒸汽机离心速度调节示意图之二

1765 年，俄国机械师波尔祖诺夫，发明了用于蒸汽锅炉水位自动控制的浮子阀门式水位调节器。1868 年，J. C. 麦克斯威尔发表了著名的关于调节器反馈理论的论文。与此同时，法国工程师 J. 法尔科发明了具有反馈作用自动调节器。到了 1920 年，由反馈理论产生的调节器，被广泛应用于电子放大器中。美国出现了 PID（比例积分微分）调节器，并应用到实际的连续流程生产系统，如化工和炼油生产过程中。

除了工业革命使自动化技术得到较为广泛的应用外，第一次和第二次世界大战极大地刺激了各工业国的军工生产的发展，这在某种意义上推动了自动控制技术与理论成熟的步伐。到了 1948 年，自动控制的经典理论，如控制系统的稳定性分析方法、根轨迹法、频率分析法等逐步成熟。特别是 1946 年，世界上第一台电子计算机 ENIAC 的问世，促使自动化向数字化和