

普通高等教育“十三五”规划教材



# 机械制造自动化技术及应用

JIXIE ZHIZAO ZIDONGHUA JISHU JI YINGYONG

■ 刘治华 主 编 ■ 王晓洁 肖献国 副主编

JIXIE ZHIZAO ZIDONGHUA  
JISHU JI YINGYONG



化学工业出版社

普通高等教育“十三五”规划教材

# 机械制造自动化技术及应用

刘治华 主 编  
王晓洁 肖献国 副主编



化学工业出版社

· 北京 ·

本书从机械制造自动化的基本概念出发,围绕机械制造的各个生产环节,系统地介绍了各个环节实现自动化的原理、技术、方法和实际应用。全书共分九章,主要介绍了机械制造自动化的基本概念、自动化制造系统技术方案、自动化加工设备、物料供输自动化、自动化加工刀具、检测过程自动化、装配过程自动化、自动化制造的控制系统及工业机器人等内容。为了便于学习和理解,在第三章~第九章每章增加一节自动化应用实例,以实例引导学生理解和掌握基本原理,初步具备自动化制造系统总体方案设计能力,同时这些实例也可以为工程技术人员进行自动化方案设计提供参考。

本书有配套的相关教学资源,可在化学工业出版社的官方网站上下载。

本书可作为高等工科院校机械设计制造及其自动化、机械工程、工业工程等机械类专业的教材,也可供从事机械设计与制造、自动化等相关专业的企业工程技术人员自学和参考。

## 图书在版编目(CIP)数据

机械制造自动化技术及应用/刘治华主编. —北京:化学工业出版社, 2018.7

普通高等教育“十三五”规划教材

ISBN 978-7-122-32186-2

I. ①机… II. ①刘… III. ①机械制造-自动化技术-高等学校-教材 IV. ①TH164

中国版本图书馆CIP数据核字(2018)第106023号

---

责任编辑:高钰

文字编辑:陈喆

责任校对:王素芹

装帧设计:刘丽华

---

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)

印装:北京市白帆印务有限公司

787mm×1092mm 1/16 印张16½ 字数401千字 2018年8月北京第1版第1次印刷

---

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

---

定 价:42.00元

版权所有 违者必究

近年来,随着中国经济的发展,制造业出现了劳动力短缺、用工成本高、技术工人队伍不稳定等问题。为应对劳动力危机,越来越多的企业开始将注意力转向提高生产过程的自动化水平,通过采用自动化加工设备、自动化的物料输送系统和机器人上下料及自动装配技术,从而减少用工,降低工人劳动强度,提高产品的质量和稳定性。就目前制造业状况而言,对于原有的工厂可以采用对既有设备进行自动化改造的方法来实现;而对于投资新建的工厂,可根据资金状况购买成熟配套的自动化制造系统或根据产品特点研发专用的自动化设备来实现。

机械制造自动化技术及应用针对机械制造的全过程,不仅包括机械制造整体方案的制订,还包括设备的布局、物料的输送与存储、控制与检测、自动装配及工业机器人等方面的内容。本书在内容编排上,既注重与工程应用实例相结合,又注重与当前科技发展的前沿相结合,着力做到各章内容相互独立,又相互衔接,以利于读者了解和掌握其基本概念和应用常识,逐步培养学生解决工程实际问题的能力。

通过学习,使学生了解机械制造自动化过程中的先进技术和装备,培养学生根据工厂实际生产状况和自动化水平,运用所学知识,进行自动化改造和设计的能力。

考虑到便于教学过程中的教与学,本书配套有相关教学资源,包括教学用PPT课件及书中部分实例的设计方案及图纸等,包括第三章最后一节实例的实物图片,相应的SolidWorks三维图;第四章最后一节实例1的视频、实例2的图片和两个实例相应的SolidWorks三维图;第五章最后一节实例的加工中心换刀视频;第六章最后一节实例的实物图、SolidWorks三维图与AutoCAD工程图;第八章最后一节实例2的伺服控制系统图、牵引力测量装置SolidWorks三维图及主要控制元器件(包括运动控制卡、力传感器、变速器、伺服电机及减速器等)的选择与介绍;第九章最后一节旋转负压机器人实例的视频和SolidWorks三维图等内容,并将免费提供给采用本书作为教材的院校使用。如有需要,请发电子邮件至cipedu@163.com获取,或登录www.cipedu.com.cn免费下载。

在编写过程中,我们参考了近些年出版的多种同类教材、论著、手册以及发表的相关论文,在此向有关的著作者表示衷心的感谢和诚挚的谢意。

本书由郑州大学机械工程学院刘治华任主编,王晓洁、肖献国任副主编,参加本书编写的还有王春丽。其中刘治华编写第一章、第六章、第八章及第九章并负责统稿,王晓洁编写第二章、第七章,肖献国编写第三章,王春丽编写第四章、第五章。在编写的过程中,北京航空航天大学机械学院郭伟教授对本书的编写提出了一些建设性的建议,研究生陶德岗、汤清、张天增、杨孟俭、戴骐隆等在绘图方面做了大量的工作,在此一并表示感谢!

本书由郑州大学李大磊主审,李大磊教授对本书进行了细致的审查并提出了许多宝贵意见。

由于编者水平有限,加之时间仓促,书中难免存在不足之处,敬请读者与同行批评指正。

编者

2018年3月

# 目录

## 第一章 概论

1

第一节 机械自动化的基本概念	1
一、机械化与自动化	1
二、制造与制造系统	3
第二节 机械自动化的内容和意义	3
一、自动化的内涵	3
二、机械自动化的主要内容	4
三、机械自动化的意义	4
第三节 机械自动化的途径	5
一、制造规模	5
二、机械自动化途径	6
第四节 机械自动化系统	8
一、机械自动化系统的定义	8
二、机械自动化系统的构成	9
三、机械自动化系统的分类	9
第五节 机械自动化的现状及发展	9
一、机械自动化的发展里程及现状	9
二、机械自动化的发展趋势	12
复习思考题	15

## 第二章 自动化制造系统技术方案

16

第一节 自动化制造系统技术方案的制订	16
一、自动化制造系统技术方案内容	16
二、确定自动化制造系统技术方案时需要注意的问题	16
第二节 自动化加工工艺方案涉及的主要问题	17
一、自动化加工工艺的基本内容与特点	17
二、实现加工自动化的要求	18
三、成组技术在自动化加工中的应用	18
第三节 工艺方案的技术经济分析	20
一、自动化加工工艺方案的制订	20
二、自动化加工工艺方案的技术经济分析	23

第四节 自动化加工切削用量的选择 .....	25
一、切削用量对生产率和加工精度的影响 .....	25
二、切削用量选择的一般原则 .....	27
复习思考题 .....	28

### 第三章 自动化加工设备

29

第一节 自动化加工设备 .....	29
一、加工设备自动化的意义 .....	29
二、自动化加工设备的分类 .....	29
三、自动化加工过程中的辅助设备 .....	31
第二节 自动化加工设备的选择与布局 .....	33
一、自动化加工设备的选择 .....	33
二、自动化加工设备的布局 .....	33
第三节 自动化加工设备的特殊要求及实现方法 .....	38
一、高生产率 .....	38
二、加工精度的高度一致性 .....	39
三、自动化加工设备的高度可靠性 .....	40
四、自动化加工设备的柔性 .....	41
第四节 单机自动化方案 .....	42
一、实现单机自动化的方法 .....	42
二、单机自动化方案 .....	44
第五节 数控机床及加工中心 .....	50
一、数控机床概述 .....	50
二、加工中心简介 .....	53
第六节 机械加工自动化生产线 .....	57
一、自动线的特征 .....	57
二、自动线的组成 .....	58
三、自动线的类型 .....	59
四、自动线的控制系统 .....	59
第七节 柔性制造单元 .....	60
一、概述 .....	60
二、柔性制造单元的组成形式 .....	61
三、柔性制造单元的特点和应用 .....	62
四、柔性制造单元的发展趋势 .....	62
第八节 柔性制造系统 .....	62
一、柔性制造系统的定义和组成 .....	63
二、系统柔性的概念 .....	63
三、柔性制造系统的特点和应用 .....	65
第九节 自动线的辅助设备 .....	66
一、清洗站 .....	66

二、去毛刺设备 .....	67
三、工件输送装置 .....	68
四、自动线上的夹具 .....	68
五、转位装置 .....	68
六、储料装置 .....	68
七、排屑装置 .....	69
第十节 长叉轴自动化加工生产线实例 .....	69
一、长叉轴加工工艺 .....	69
二、长叉轴加工生产线 .....	69
复习思考题 .....	72

#### 第四章 物料供输自动化

73

第一节 物流系统的组成及分类 .....	73
一、物流系统及其功用 .....	73
二、物流系统的组成和分类 .....	73
三、物流系统应满足的要求 .....	74
第二节 工件自动上下料系统 .....	74
一、概述 .....	74
二、自动供料装置 .....	74
三、机床自动供料典型装置 .....	82
第三节 自动线输送系统 .....	83
一、带式输送系统 .....	83
二、链式输送系统 .....	85
三、辊子输送系统 .....	85
四、步伐式输送机 .....	86
五、悬挂输送系统 .....	88
六、有轨导向小车 .....	89
第四节 柔性物流系统 .....	91
一、柔性物流输送形式 .....	91
二、托盘及托盘交换器 .....	92
三、自动导向小车 .....	93
四、自动化仓库 .....	97
第五节 物料输送系统应用实例 .....	102
一、机械手与平带输送相结合物料输送系统 .....	102
二、采用振动盘的滚针自动送料及双端面磨削系统 .....	104
复习思考题 .....	105

#### 第五章 自动化加工刀具

106

第一节 自动化刀具的类型及选用 .....	106
一、自动化刀具的特点 .....	106

二、自动化刀具的类型及选用 .....	107
三、刀具的快换及调整 .....	112
第二节 自动化刀具的换刀装置 .....	113
一、自动换刀装置 .....	113
二、刀库 .....	114
三、刀具尺寸预调 .....	118
第三节 排屑自动化 .....	120
一、切屑的排除方法 .....	120
二、切屑搬运装置 .....	121
三、切削液处理系统 .....	123
第四节 刀具自动化应用实例 .....	124
一、加工中心换刀机械手 .....	124
二、切屑及切削液处理装置 .....	125
复习思考题 .....	127
<b>第六章 检测过程自动化</b> .....	<b>128</b>
第一节 自动检测方法及其测量元件 .....	128
一、检测自动化的目的和意义 .....	128
二、自动检测的特征信号 .....	129
三、自动检测方法及其测量元件 .....	130
四、制造过程中自动检测的内容 .....	132
第二节 工件加工尺寸的自动测量 .....	132
一、长度尺寸测量 .....	132
二、形位误差测量 .....	135
三、表面粗糙度测量 .....	135
四、加工过程中的主动测量装置 .....	137
五、三坐标测量机和测量机器人 .....	139
六、工件尺寸在线光电检测装置 .....	141
第三节 刀具磨损和破损的检测与监控 .....	145
一、刀具磨损的检测与监控 .....	145
二、刀具破损的监控方法 .....	148
第四节 自动化加工过程的在线检测和补偿 .....	149
一、刀具尺寸控制系统的概念 .....	150
二、刀具补偿装置的工作原理 .....	150
三、镗孔刀具的自动补偿装置 .....	151
第五节 滚压力自动检测应用实例 .....	152
一、滚压装置构成 .....	152
二、滚压装置原理及滚压力检测 .....	152
复习思考题 .....	154



第一节 装配自动化的任务及基本要求 .....	155
一、装配自动化在现代制造业中的重要性 .....	155
二、装配自动化的任务及应用范围 .....	156
三、装配自动化的发展现状 .....	157
四、装配自动化的基本要求 .....	157
五、实现装配自动化的途径 .....	158
第二节 自动装配工艺过程分析和设计 .....	159
一、自动装配条件下的结构工艺性 .....	159
二、自动装配工艺设计的一般要求 .....	162
三、自动装配工艺设计 .....	163
第三节 自动装配机的部件 .....	166
一、运动部件 .....	166
二、定位机构 .....	167
三、连接方法 .....	168
四、位置误差的补偿设备 .....	173
第四节 自动装配机械 .....	174
一、单工位装配机 .....	174
二、多工位装配机 .....	175
三、工位间传送方式 .....	176
四、装配机器人 .....	176
第五节 自动装配线 .....	178
一、自动装配线的概念和组合方式 .....	178
二、自动装配线对输送系统的要求 .....	178
三、自动装配线与手工装配点的集成 .....	179
第六节 柔性装配系统 .....	180
一、组成 .....	180
二、基本形式及特点 .....	180
三、柔性装配系统应用实例 .....	182
第七节 装配自动化应用实例 .....	182
一、基于气动机械手的零件自动化柔性装配设备 .....	182
二、旋转式磁力片自动化装配系统 .....	184
复习思考题 .....	190

第一节 机械制造自动化控制系统的分类 .....	191
一、以自动控制形式分类 .....	191
二、以参与控制方式分类 .....	192
三、以调节规律分类 .....	194

第二节 顺序控制系统 .....	195
一、固定程序的继电器控制系统 .....	195
二、组合式逻辑顺序控制系统 .....	196
三、可编程控制器 .....	197
第三节 计算机数字控制系统 .....	202
一、CNC 机床数控系统的组成及功能原理 .....	202
二、CNC 装置硬件结构 .....	203
三、CNC 数控系统的软件结构 .....	205
四、开放式 CNC 数控系统 .....	205
五、CNC 控制系统举例 .....	206
第四节 自适应控制系统 .....	208
一、自适应控制的含义 .....	208
二、自适应控制的基本内容与分类 .....	209
第五节 DNC 控制系统 .....	211
一、DNC 的含义与概念 .....	211
二、DNC 系统研究国内外进展 .....	212
第六节 分布式计算机控制系统 .....	213
一、分布式计算机控制系统的产生与定义 .....	213
二、分布式计算机控制系统的特点和结构体系 .....	214
第七节 自动化制造控制系统应用举例 .....	215
一、基于 S7-300 的机械手控制系统 .....	215
二、基于 PCI-8253 的拉力伺服控制系统 .....	217
复习思考题 .....	220

## 第九章 工业机器人

221

第一节 工业机器人的组成及分类 .....	221
一、工业机器人的发展历史与现状 .....	221
二、机械手与工业机器人 .....	222
三、工业机器人的组成 .....	222
四、工业机器人的分类 .....	223
五、工业机器人技术的发展趋势 .....	225
第二节 机器人的机械结构、运动与驱动系统 .....	226
一、机械结构 .....	226
二、机器人机构的运动 .....	229
三、工业机器人的驱动系统 .....	229
第三节 工业机器人的控制技术 .....	232
一、概述 .....	232
二、机器人的位置、姿态和路径问题 .....	234
三、工业机器人的控制 .....	235
四、工业机器人的位置伺服控制 .....	235

五、机器人的先进控制技术 .....	237
第四节 工业机器人的传感器 .....	237
一、概述 .....	237
二、机器人内部传感器 .....	238
三、机器人外部传感器 .....	241
第五节 工业机器人应用实例 .....	245
一、搬运机器人 .....	245
二、装配机器人 .....	246
三、焊接机器人 .....	247
四、喷漆机器人 .....	248
复习思考题 .....	249

## 第一章

# 概论

制造自动化技术是现代制造技术的重要组成部分，也是人类在长期的社会生产实践中不断追求的主要目标之一。随着科学技术的不断进步，自动化制造的水平也越来越高。采用自动化技术，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，从而提高企业的市场竞争能力。

制造自动化是在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。制造自动化的任务就是研究如何实现制造过程的自动化规划、管理、组织、控制、协调与优化，以达到产品及其制造过程的高效、优质、低耗、洁净的目标。制造自动化是当今制造科学与制造工程领域中涉及面广、研究十分活跃的方向。

## 第一节 机械制造自动化的基本概念

### 一、机械化与自动化

人在生产中的劳动，包括基本的体力劳动、辅助的体力劳动和脑力劳动三个部分。基本的体力劳动是指直接改变生产对象的形态、性能和位置等方面的体力劳动。辅助的体力劳动是指完成基本体力劳动所必须做的其他辅助性工作，如检验、装夹工件、操纵机器的手柄等体力劳动。脑力劳动是指决定加工方法、工作顺序、判断加工是否符合图纸技术要求、选择切削用量以及设计和技术管理工作等。

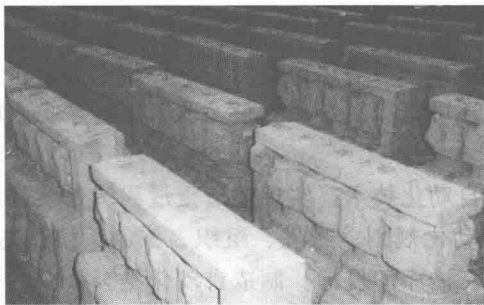
由机械及其驱动装置来完成人用双手和体力所担任的繁重的基本劳动的过程，称为机械化。例如：自动走刀代替手动走刀，称为走刀机械化；车子运输代替肩挑背扛，称为运输机械化。由人和机器构成的有机集体就是一个机械化生产的人机系统。

人的基本劳动由机器代替的同时，人对机器的操纵、工件的装卸和检验等辅助劳动也被机器代替，并由自动控制系统或计算机代替人的部分脑力劳动的过程，称为自动化。人的基本劳动实现了机械化的同时，辅助劳动也实现了机械化，这些机械化设备再加上自动控制系统所构成的有机集体，就是一个自动化生产系统。只有实现自动化，人才能够不受机器的束缚，而机器的生产速度和产品质量的提高也不受工人精力、体力的限制。因此，自动化生产是人类的理想方式，是生产率不断提高的有效途径。

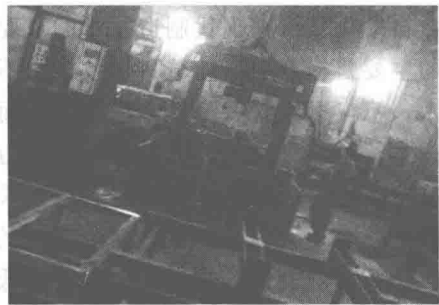
如对于发动机箱体浇注时所采用的型芯，为了提高其表面的强度和耐高温，需要在型芯

表面涂覆一层溶液，涂覆后的型芯如图 1-1 (a) 所示。过去型芯表面溶液的涂覆是人工采用刷子刷涂的方式，不仅效率低，而且溶液散发的有毒气体还会对人体造成伤害。随着技术的发展，车间已普遍采用机械化的方式，如图 1-1 (b) 所示。浸涂夹具上部通过钢丝绳连接于车间天车上，工人通过操纵天车将浸涂夹具移动到型芯上方后，夹持住型芯并通过天车将型芯移至浸涂箱上方进行溶液浸涂，浸涂完成后，夹具带动型芯旋转使溶液分布均匀，工人再操纵天车将型芯移放到指定位置。

目前，一些自动化程度较高的工厂已经采用自动搬运自动浸涂装置，如图 1-2 所示。自动制芯机将型芯制出后，搬运机械手将型芯夹持住并根据设定的运动轨迹将型芯搬运到指定位置进行组芯，组芯完成后由另一机械手搬运至浸涂机械手抓取工作台位置。浸涂机械手水平运动移动到型芯上料工位，夹取型芯后移动到浸涂箱上方，经过上下运动和旋转运动完成浸涂，浸涂完成后将型芯放入辊子输送系统，进入下道工序。

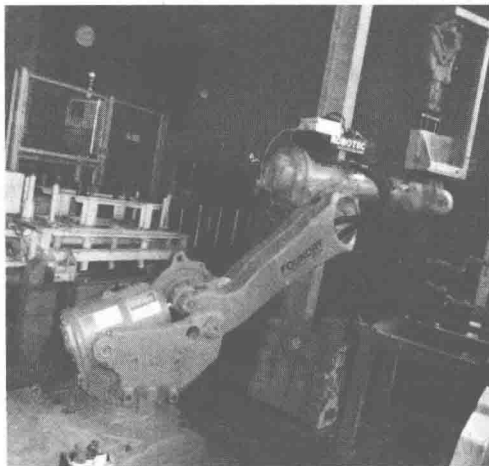


(a) 型芯

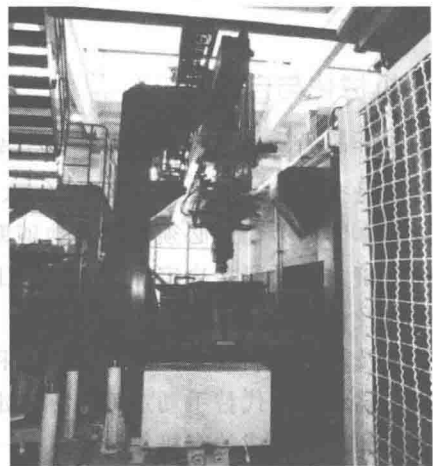


(b) 机械化涂覆方式

图 1-1 型芯表面涂覆机械化



(a) 搬运机械手



(b) 自动化涂覆方式

图 1-2 型芯搬运与浸涂自动化

在一个工序中，如果所有的基本动作都机械化了，并且使若干个辅助动作也自动化起来，工人所要做的只是对这一工序做总的操纵与监督，就称为工序自动化。

一个工艺过程（如机械加工工艺过程）通常包括若干个工序，如果每一个工序实现了工序自动化，并且把若干个工序有机地联系起来，则整个工艺过程（包括加工、工序间的检测

和输送)都自动进行,而操作者仅对这一整个工艺过程做总的操纵和监控,这样就形成了某一种加工工艺的自动生产线,这一过程通常称为工艺过程自动化。

一个零部件(或产品)的制造包括若干个工艺过程,如果每个工艺过程不仅都自动化了,而且它们之间是自动地、有机地联系在一起,也就是说从原材料到最终产品的全过程都不需要人工干预,这就形成了制造过程自动化。机械制造自动化的高级阶段就是自动化车间,甚至是自动化工厂。

## 二、制造与制造系统

制造是人类所有经济活动的基石,是人类历史发展和文明进步的动力。制造是人类按照市场需求,运用主观掌握的知识和技能,借助于手工或利用客观物质工具,采用有效的工艺方法和必要的能源,将原材料转化为最终物质产品并投放市场的全过程。制造也可以理解为制造企业的生产活动;即制造也是一个输入输出系统,其输入是生产要素,输出是具有使用价值的产品。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,相应的系统称为狭义制造系统;广义的制造则包括市场分析、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关联的生产活动,相应的系统称为广义制造系统。在当今的信息时代,广义制造的概念已被越来越多的人接受。

国际生产工程学会1990年将制造定义为: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工作的总称。

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。图1-3表示制造系统及其外部环境的关系。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。

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,还有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,如人员、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。

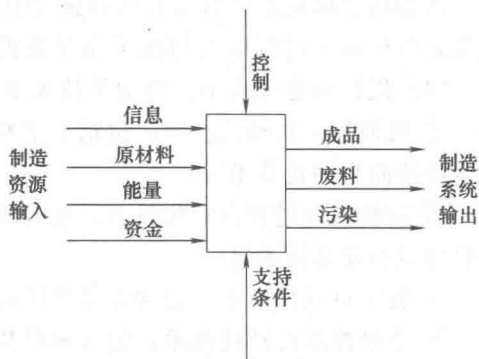


图 1-3 用黑箱方式表示制造系统

## 第二节 机械制造自动化的内容和意义

### 一、制造自动化的内涵

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。

其广义内涵可包括以下几点。

① 在形式上,制造自动化有3个方面的含义:代替人的体力劳动;代替或辅助人的脑力劳动;制造系统中人、机及整个系统的协调、管理、控制和优化。

② 在功能上,制造自动化代替人的体力劳动或脑力劳动仅仅是制造自动化功能目标体系的一部分。制造自动化的功能目标是多方面的,已形成有机体系。

③ 在范围上,制造自动化不仅涉及具体生产制造过程,而且涉及产品生命周期的各类活动——市场需求分析、产品定义、研究开发、设计、生产、支持(包括质量、销售、采购、发送、服务)以及产品最后报废、环境处理等。

制造自动化的概念是一个动态发展过程。在“狭义制造”概念下,制造自动化的含义是生产车间内产品的机械加工和装配检验过程的自动化,包括切削加工自动化、工件装卸自动化、工件储运自动化、零件及产品清洗及检验自动化、断屑与排屑自动化、装配自动化、机器故障诊断自动化等。而在“广义制造”概念下,制造自动化则包含了产品设计自动化、企业管理自动化、加工过程自动化和质量控制自动化等产品制造全过程以及各个环节综合集成自动化,以使产品制造过程实现高效、优质、低耗、及时和洁净的目标。

制造自动化促使制造业逐渐由劳动密集型产业向技术密集型和知识密集型产业转变。制造自动化技术是制造业发展的重要标志,代表着先进制造技术的水平,也体现了一个国家科技水平的高低。

## 二、机械制造自动化的主要内容

如前所述机械制造自动化包括狭义的机械制造过程和广义的机械制造过程,本书介绍的主要是机械加工过程以及与此关系紧密的物料储运、质量控制、装配等过程的狭义制造过程。因此机械制造过程中的自动化技术主要有:

① 机械加工自动化技术,包括上下料自动化技术、装卡自动化技术、换刀自动化技术和零件检测自动化技术等。

② 物料储运过程自动化技术,包含工件储运自动化技术、刀具储运自动化技术和其他物料储运自动化技术等。

③ 装配自动化技术,包含零部件供应自动化技术和装配过程自动化技术等。

④ 质量控制自动化技术,包含零件检测自动化技术、产品检测自动化和刀具检测自动化技术等。

## 三、机械制造自动化的意义

### 1. 提高生产率

制造系统的生产率表示在一定的时间内系统生产总量的大小,而系统的生产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,而大批量生产仅占15%左右。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,被加工零件在车间内的总时间的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。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,从而有效缩短了生产周期。

### 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,减少了工人因情绪波动给产品质量带来的不利影响,因而可以有效提高产品的质量和质量的一致性。

### 4. 提高经济效益

采用自动化制造技术,可以减少生产面积,减少直接生产工人的数量,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、烦琐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非常容易,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,这在无形中就提高了劳动者的素质。特别是采用小组化工作方式的制造系统中,对人的素质要求更高。

### 8. 带动相关技术的发展

实现制造自动化可以带动自动检测技术、自动化控制技术、产品设计与制造技术、系统工程技术等相关技术的发展。

### 9. 体现一个国家的科技水平

自动化技术的发展与国家的整体科技水平有很大的关系。例如,自1870年以来,各种新的自动化制造技术和设备基本上都首先出现在美国,这与美国高度发达的科技水平密切相关。

总之,采用自动化制造技术可以大大提高企业的市场竞争能力。

## 第三节 机械制造自动化的途径

### 一、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、汽车的制造等。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较大规模制造要低，时间中多使用加工中心和柔性制造单元。

年产量在 500 件以下的制造常称为多品种小批量制造，如飞机制造、大型轮船制造等。

## 二、机械制造自动化途径

产品对象（包括产品的结构、材质、重量、性能、质量等）决定着自动装置和自动化方案的内容；生产纲领的大小影响着自动化方案的完善程度、性能和效果；产品零件决定着自动化的复杂程度；设备投资和人员构成决定着自动化的水平。因此，要根据不同情况，采用不同的加工方法。

### 1. 单件、小批量生产机械化及自动化的途径

单件生产是指单个地生产不同结构和不同尺寸的产品，并且很少重复；例如重型机器制造、专用设备制造和新产品试制等。

据统计，在机械产品的数量中，单件生产占 30%，小批量生产占 50%。因此，解决单件、小批量生产的自动化有很大的意义。而在单件小批量生产中，往往辅助工时所占的比例较大。而仅从采用先进的工艺方法来缩短加工时间并不能有效地提高生产率。在这种情况下，只有使机械加工循环中各个单元动作及循环外的辅助工作实现机械化、自动化来同时减少加工时间和辅助时间，才能达到有效提高生产率的目的。因此，采用简易自动化使局部工步、工序自动化，是实现单件小批量生产自动化的有效途径，具体方法是：

① 采用机械化、自动化装置，来实现零件的装卸、定位、夹紧机械化和自动化。

② 实现工作地点的小型机械化和自动化，如采用自动滚道、运输机械、电动及气动工具等装置来减少辅助时间，并可降低劳动强度。

③ 改装或设计通用的自动机床，实现操作自动化，来完成零件加工的个别单元的动作或整个加工循环的自动化，以便提高劳动生产率和改善劳动条件。

对改装或设计的通用自动化机床，必须满足使用经济、调整方便、省时、改装方便、迅速以及自动化装置能保持机床万能性能等基本要求。

### 2. 中等批量生产的自动化途径

中等批量生产的批量虽比较大，但产品品种并不单一。随着社会上对品种更新的需求，要求中等批量生产的自动化系统仍应具备一定的可变性，以适应产品和工艺的变换。从各国发展情况看，有以下趋势：

#### (1) 建立可变自动化生产线

在成组技术基础上实现“成批流水作业生产”。应用 PLC 或计算机控制的数控机床和可控主轴箱、可换刀库的组合机床，建立可变的自动线。在这种可变的自动生产线上，可以加工和装夹几种零件，既保持了自动化生产线高生产率的特点，又扩大了工艺适应性。

对可变自动化生产线的要求：

① 所加工的同批零件具有结构上的相似性。

② 设置“随行夹具”，解决同一机床上能装夹不同结构工件的自动化问题。这时，每一夹具的定位、夹紧是根据工件设计的。而各种夹具在机床上的连接则有相同的统一基面和固