

普通高等教育机电工程类应用型本科规划教材

# 自动机与自动线 (第2版)

李绍炎 编著

清华大学出版社

普通高等教育机电工程类应用型本科规划教材

# 自动机与自动线 (第2版)

李绍炎 编著

清华大学出版社  
北京

## 内 容 简 介

本书结合目前国内自动机械行业的现状,从应用的角度系统介绍了自动机械的模块化结构及工作原理、设计选型方法、装配调试及维护要领等。主要内容包括:自动机械的结构组成、输送及自动上下料系统、分隔与换向机构、定位与夹紧机构、典型直线运动部件、典型传动系统、自动化专机及自动化生产线的节拍设计原理与方法。

本书在内容编排上遵循循序渐进、模块化的思路,各章内容既相对独立,又相互衔接,并配以大量的工程图片、工程案例、设计图纸、例题及复习思考题,同时,提供了从事自动机械设计及设备管理必不可少的各种部件国内外制造商的最新信息,不仅便于组织教学,而且有利于读者缩短课程学习与设计应用的距离,尽快具有从事实际技术工作的能力。

本书适于用作应用型本科院校和高职高专院校机械设计制造与自动化、机电一体化等机电类相关专业的师生的教材,也可供从事自动机械设计及其自动化设备管理的技术人员参考。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

### 图书在版编目(CIP)数据

自动机与自动线/李绍炎编著. —2版. —北京:清华大学出版社,2015

普通高等教育机电工程类应用型本科规划教材

ISBN 978-7-302-38659-9

I. ①自… II. ①李… III. ①自动机理论—高等学校—教材 ②自动生产线—高等学校—教材  
IV. ①TP301.1 ②TP278

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第283715号

责任编辑:孙 坚

封面设计:常雪影

责任校对:王淑云

责任印制:何 芊

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦A座 邮 编:100084

社总机:010-62770175 邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, [c-service@tup.tsinghua.edu.cn](mailto:c-service@tup.tsinghua.edu.cn)

质量反馈:010-62772015, [zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn](mailto:zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn)

印 刷 者:北京富博印刷有限公司

装 订 者:北京市密云县京文制本装订厂

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm 印 张:25.5 字 数:618千字

版 次:2007年2月第1版 2015年1月第2版 印 次:2015年1月第1次印刷

印 数:1~2500

定 价:45.00元

产品编号:059327-01

# 序言

制造业是国民经济的基础,而装备制造业更是基础中的基础,在国民经济的发展中起着举足轻重的作用,可以说,装备制造业是实现中国经济腾飞和提升国防实力的重要基础。统计结果表明,装备制造业的主要经济指标占全国工业的比重约为  $1/5 \sim 1/4$ ; 出口额占全国外贸出口总额的比重高达 25.46%; 从业人员平均人数占工业总人数的 21.91%。装备制造业担负着为国民经济建设提供生产装备的重任,其带动性强,波及面广,其产业技术水平的高低直接决定了国民经济其他产业竞争力的强弱以及今后运行的质量和效益。装备制造业对于国防安全建设也是不可缺少的重要基础,当今世界上的几个军事强国,无一不是装备制造业强国,因为任何先进的武器装备,必须要有高、精、尖的机器设备加工制造。在制造业蓬勃发展、世界制造业中心逐步向中国转移的今天,装备的自动化就成为保证制造业产品能够高品质、高效率、低成本、绿色生产的关键。

由于种种原因,目前自动机械的教学在国内普通高等教育及职业教育的教学体系中基本上处于空白状态,不仅适合上述院校教学使用的相关教材极为匮乏,而且即使是从事该行业的企业技术人员要找到一本适合初学者的自学指导教材也非常困难。我们惊喜地发现,作者在深谙制造业真谛的基础上,总结自己长期从事工业自动化装备设计开发、生产使用及教学的经验,通过对自动机械实际工程设计中的设计原则、应用规范、典型结构、应用实例、优缺点比较等进行系统的总结,编写成这样一本易学、易懂、易查的优秀教材。

本书最突出的特色为实用性极强。本书作者长期在自动化装备设计开发及生产使用相关企业第一线工作,因而本书不仅内容系统、全面,涵盖了自动机械结构设计的各个方面,如系统组成、输送系统、自动上下料机构(振盘与机械手等)、分度机构、辅助机构(工件的分隔与换向、定位与夹紧等)、直线运动系统、驱动与传动、节拍分析、总体方案设计等,而且教材的内容全部来源于实际工程第一线,系统介绍了从事自动机械结构设计、装配调试、使用维护等岗位工作所必须掌握的基本知识和基本技能。各章都结合实际的工程对象进行介绍,采用了大量的工程案例、工程图片、设计图纸、例题、分析总结等,为读者提供大量直观而且可以直接采用和模仿的技术方案。同时还提供了从事自动机械设计所必须掌握的大量最新国内外供应商信息,因此读者能够在一个与企业第一线完全同步的平台上进行学习,在熟悉和掌握这些对象、方法、技巧、信息的基础上,读者可以很快胜任自动机械的设计、生产制造、管理维护等工作岗位,缩短了教学与企业岗位技能需求的距离。

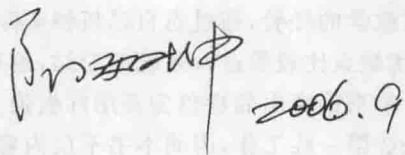
本书的第二个特色体现在它区别于传统教材的编写风格。作者在每一章都首先提出要

解决的问题,这就是通常所说的“**What?**”——是什么?做什么?要解决什么问题?然后告诉读者如何解决问题,这就是通常所说的“**How?**”——如何做?如何设计?如何计算?如何进行标准部件的选型?如何装配调试?最后还进一步解释为什么要这样做,给出进一步的理论依据,对不同的方法、方案进行优缺点比较,引导读者不仅知其然还要知其所以然,在此基础上进行创新思维和创新设计,这就是通常所说的“**Why?**”。这是一种广泛应用在各种工程设计中的非常有效的思维方法和学习方法,这不仅对于培养读者从事工程设计所必需的基本素质非常有帮助,而且文字简洁,层次清晰,使教材具有一看就懂、学完就能应用于实际的特点。

本书的第三个特色体现在教材内容的选材及章节的编排上。许多机械设计方面的教材首先是介绍总体方案设计,这与实际的学习过程是不相符的。本书作者则按照循序渐进的思路进行内容的组织,先基础后提高,先局部模块后系统集成。首先对自动机械的结构组成建立整体的概念,然后再逐章分别对组成自动机械的各种结构模块进行专门、深入的介绍,在此基础上最后再介绍总体方案设计,由各种结构模块进行系统集成组成自动化专机,由自动化专机及输送系统集成组成自动化生产线,这正是实际工程设计中初学者从陌生到熟练的学习过程。因此本教材非常适合初学者循序渐进地学习,同时各章内容既相互独立又相互衔接,方便教师在教学中根据实际情况对教学内容进行取舍和侧重。

在繁重的教学工作之余独立编写这样的实践性教材的确不是一件容易的事,本书的编写出版凝聚了作者大量的心血,体现了作者深厚的工程背景、严谨的工作风格和丰富的实践经验。这部教材不仅非常适合本科院校及高职高专机电一体化、机械设计制造及自动化等机电类专业在校学生使用,而且对于有志于从事自动化行业的初学者、有一定工作基础和经验的企业技术人员也是一本极好的指导教材,对于资深的自动化工程专家也具有一定的参考价值 and 收藏价值。

我相信,本书的编写出版不仅能填补自动机械在目前国内普通高等院校及高职高专机电类专业教学体系上的空白,而且将对自动机械在我国的应用和发展起到很好的促进作用。



2006.9

## 第2版前言

《自动机与自动线》第1版于2007年2月出版,当时该课程在高职院校和本科院校中还基本属于空白。2013年12月,Google公司在美国本土和日本连续集中收购了6家机器人公司。目前,国内学术界普遍认同中国已经到了刘易斯拐点,劳动力成本中长期都将持续上升,这将促进国内以机器人为代表的自动化装备产业需求爆发性发展,中国制造业已进入了“机器换人”的时代。随着我国高等教育和高等职业教育改革的逐步深入,该教材近年来得到了很多高等职业院校和应用型本科院校师生的广泛好评和积极选用,如山东理工大学、湖南大学、杭州职业技术学院等,相继采用本教材新开设了这门专业课,部分院校将它作为学生毕业设计的指导教材,直接采用其中的案例作为学生毕业设计题目。另一方面,教材的出版在企业读者中也引起了很大反响,很多读者在当当网的网购评价中给予了很高的评价,有读者留言为在大学期间既没有看到这样的教材也没开设这样的课程感到非常遗憾。还有不少读者留言称该教材帮助他们步入了一个全新的行业,成为他们工作中珍贵的入门指导资料。

由于教材主要面向在校学生,当初编写时力求详细、全面,但内容篇幅难免稍多一些,部分内容对在校学生不一定马上就能用得到,例如直线导轨、直线轴承、滚珠丝杠、分度器的选型计算等,但这些内容对企业技术人员却又是非常重要的。另外,目前国内高职院校和本科院校在前期课程“液压与气动技术”中基本没有介绍气缸的选型与安装设计,但这些内容无论对从事自动化设备设计、装配调试还是从事设备管理维护的技术人员而言,都是至关重要的,因此,增加这一部分内容能帮助读者更快地进入岗位技术工作。

为了兼顾学生读者和企业读者的需要,本次再版适当简化了篇幅,删减了凸轮分度器、直线导轨、滚珠丝杠的选型计算,企业读者可以参考上述部件供应商的技术手册,希望谅解。同时,增加了“气缸的选型与安装”一章,希望帮助读者更快地掌握气动技术实际动手能力。

在自动化机械结构的研发方面,编者认为企业技术工作实际上并不鼓励大量的机械结构创新,因为任何机械结构创新都要经过实际案例的使用验证并不断完善,是存在技术风险的,企业的技术工作实际上更着重成熟结构的模仿、借鉴使用,因为成熟的结构都已经过长期生产使用验证和完善,可以放心大胆地使用,教材中介绍可供读者直接模仿使用的大量实际成熟案例,就是基于这种思想。

最后,自动化装配涵盖的技术内容非常广泛,这本教材不是针对某一专门内容的专著,而是一本入门教材,帮助初学或初次从事这一行业的读者尽快入门,部分已经具有丰富实际工作经验的读者可以参阅更多的企业技术资料。编者学识有限,难免存在不足之处,欢迎读者通过邮件提出意见或进行交流,以便在下次修订中进一步修改完善。

编者邮箱:lishaoyan@szpt.edu.cn,512669209@qq.com。

李绍炎

2014年5月于深圳



# 第1版前言

工业发达国家早在 20 世纪就广泛实现了制造自动化,各种自动化装备的使用不仅使他们的产品以高性能、高质量一致性等优势在市场竞争中占据领先的地位,同时也大幅提高了他们的工业技术水平和国家综合实力,自动化装备的水平和制造能力代表了一个国家工业技术能力的最高水平。

改革开放以来,我国先后从国外引进了大量的自动化装备,但因为种种原因多年来我国没有能够像日本、韩国那样从引进、消化吸收中逐步发展形成自动化装备的自主创新能力。目前发达国家将制造业大量转移到我国转而输出技术和品牌,我国虽然已逐步发展成为世界制造业大国,但离制造业强国还有相当大的距离,除产品的自主开发创新能力较差外,自动化装备的自主设计开发能力也较差,不仅许多行业的关键设备仍然主要依靠进口,而且自动化装备的基础行业也几乎被国外产品所垄断。

国内在自动化装备这一先进制造技术领域的人才培养也严重滞后于制造业发展的需要,制造业急需大量熟悉先进自动化装备的设计与管理人才,但直至目前,国内高等院校及高职高专院校中只有极少数学院设置了相关的专业和课程,有关自动机械原理与设计的教材也极为匮乏,即使是企业的设计人员,要找到一本适合初学者的自学教材也非常困难。

深圳职业技术学院自 2001 年起即在国内率先设置了相关专业,专门从事自动化装备设计与管理人才的培养,这本教材就是作者在总结多年从事自动机械设计及工程应用经验的基础上编写而成的,其间以讲义的形式先后经过几届学生的教学使用,根据使用效果进行了多次修改完善。本教材的目的就是使一位从事自动机械学习和工作的初学者尽快掌握自动机械的典型结构组成、工作原理、结构设计方法、标准部件选型步骤及方法、装配调试与维护要领,同时对自动机械总体方案设计、设计制造流程及典型工程应用等有一般了解。

教材的编写按照循序渐进、模块化的思路,第 2 章介绍自动机械的典型结构组成与工作流程,第 3 章、第 4 章介绍自动机械的输送系统(皮带输送系统、链条输送系统、悬挂输送系统),第 5 章、第 6 章、第 7 章分别介绍自动上下料系统(振盘、机械手、间歇输送机构),第 8 章介绍自动机械中的一种特殊分度装置——凸轮分度器,第 9 章、第 10 章分别介绍自动机械中的分隔与换向、定位与夹紧等辅助机构。由于自动机械是典型的模块化结构,大量采用各种标准的基础部件,因此第 11 章、第 12 章、第 13 章分别介绍自动机械中的典型直线运动系统(直线导轨、直线轴承、滚珠丝杠)。由于各种自动机械中大量采用同步带传动及链传动,因此第 14 章介绍上述两种典型传动系统的设计与装配。在熟悉上述机械结构组成部分



的基础上,第16章介绍各种典型自动化专机及自动化生产线的节拍设计原理与方法,使读者初步掌握进行自动机械总体方案设计的过程与方法。为了使读者更容易理解,在此之前在第15章对手工装配流水线的设计过程进行专门介绍。全书的编写以实际应用为原则,对有关的理论仅作简单的介绍,重点介绍实际典型结构、具体的设计计算方法、部件选型步骤及方法、装配调试要点等,每一部分都尽量结合实际工程对象(包括编者从事过的设计与研究项目)进行介绍,配以大量的工程图片、工程案例和例题,为读者提供直观的模仿素材。

全书编写过程中,深圳职业技术学院的有关领导对本书的编写给予了大力支持,中国科学院阳如坤研究员对本书的编写提出了十分宝贵的意见,对全书进行了详细的审核并作序,深圳职业技术学院机电学院朱梅教授、钟健教授提出了许多很好的建议,湖南师范大学邹竹英副教授对全书作了详细的文字校对与修改。日本THK公司北京办事处、日本NSK公司深圳办事处、日本IKO公司深圳代表处、日本三共制作所深圳代表处、天津太敬机电技术有限公司等单位对于本书的编写也给予了大力支持,在此谨向他们表示衷心的感谢!

限于编者水平,加上本课程属于新课程,书中难免存在不妥甚至错误之处,希望有关专家及读者提出宝贵意见。

编者

2006年10月于深圳

# 目 录

<b>第 1 章 绪论</b> .....	1
1.1 实现制造自动化的意义 .....	1
1.2 国内外制造自动化的水平与现状 .....	5
1.3 本课程的主要内容 .....	7
1.4 本课程的学习方法.....	10
思考题与习题 .....	12
<b>第 2 章 自动机械的结构组成与工作流程</b> .....	13
2.1 自动机械分类.....	13
2.2 自动机械的典型结构组成.....	16
2.3 自动机械的典型工作流程.....	22
2.4 自动机械的设计制造流程.....	23
思考题与习题 .....	26
<b>第 3 章 皮带输送线结构原理与设计应用</b> .....	27
3.1 皮带输送线的特点及工程应用.....	27
3.2 皮带输送线的结构原理与实例.....	30
3.3 皮带输送线设计要点.....	33
3.4 皮带输送线负载能力分析.....	38
3.5 皮带输送线电机选型计算实例.....	41
3.6 皮带输送线的调整与使用维护.....	43
3.6.1 皮带打滑与跑偏现象及其调整 .....	43
3.6.2 皮带输送线的日常检查与维护 .....	46
思考题与习题 .....	46
<b>第 4 章 链条输送线设计原理与应用</b> .....	48
4.1 链条输送线主要类型及工程应用.....	48

4.2	倍速链输送线	49
4.2.1	倍速链的结构及工作原理	49
4.2.2	倍速链输送线的结构及工程应用	54
4.3	平顶链输送线	60
4.3.1	平顶链的结构与工作原理	60
4.3.2	平顶链输送线的结构及工程应用	63
4.4	悬挂链输送线	64
	思考题与习题	68
<b>第5章</b>	<b>振盘送料装置</b>	<b>69</b>
5.1	振盘的功能与特点	69
5.1.1	振盘的功能	69
5.1.2	振盘的应用场合	69
5.1.3	振盘的特点	70
5.2	振盘的结构与工作原理	71
5.2.1	振盘的力学原理	71
5.2.2	振盘的结构与工作原理	72
5.2.3	振盘的定向原理	74
5.2.4	振盘的派生产品——直线送料器	80
5.2.5	振盘的缓冲功能	82
5.3	振盘的出料速度要求	84
5.4	振盘的故障排除方法与维护	86
5.5	振盘工程应用实例	88
5.6	适合采用振盘送料的工件实例	90
5.7	面向振盘送料及自动装配的零件设计	91
	思考题与习题	94
<b>第6章</b>	<b>机械手结构原理与设计应用</b>	<b>95</b>
6.1	机械手的功能与工程应用	95
6.1.1	机械手的定义	95
6.1.2	机械手的功能	96
6.1.3	机械手的典型应用	97
6.2	机械手的典型运动及结构模式	98
6.2.1	单自由度摆动机械手	98
6.2.2	二自由度平移机械手	99
6.2.3	二自由度摆动机械手	100
6.2.4	三自由度机械手	102
6.3	机械手典型结构组成	105
6.3.1	三自由度机械手的典型结构	105

6.3.2 机械手的结构共性	108
6.4 机械手主要性能要求	116
6.5 机械手的缓冲结构	118
思考题与习题	124
<b>第7章 间歇送料装置</b>	<b>125</b>
7.1 间歇送料装置的功能与应用	125
7.2 槽轮机构的结构与应用	128
7.3 棘轮机构的结构与应用	133
7.4 棘爪机构的结构与应用	135
7.5 自动机械中的其他间歇送料机构	136
思考题与习题	138
<b>第8章 凸轮分度器原理与应用</b>	<b>140</b>
8.1 凸轮分度器的功能	140
8.2 凸轮分度器的工作原理	142
8.3 凸轮分度器典型工程应用	145
8.4 凸轮分度器的节拍分析	151
8.5 凸轮分度器的配套设计及装配调试	154
思考题与习题	160
<b>第9章 工件的分隔与换向</b>	<b>161</b>
9.1 工件的暂存与分隔	161
9.1.1 工件的暂存	162
9.1.2 工件的分隔	165
9.1.3 典型工件的分料机构	166
9.2 工件的定向与换向	177
9.2.1 工件的定向与换向	177
9.2.2 定向与换向的方法	179
思考题与习题	186
<b>第10章 工件的定位与夹紧</b>	<b>187</b>
10.1 工件的定位	188
10.1.1 定位的基本原理	188
10.1.2 定位的基本方法	191
10.1.3 自动机械中的定位机构设计	194
10.2 自动机械中的典型夹紧方法与机构	197
思考题与习题	205

<b>第 11 章 直线导轨机构原理与设计应用</b> .....	207
11.1 直线运动系统综述 .....	207
11.1.1 直线运动系统在自动机械中的作用 .....	207
11.1.2 直线运动系统的结构组成 .....	208
11.2 直线导轨机构结构与工作原理 .....	211
11.2.1 直线导轨机构的用途 .....	211
11.2.2 直线导轨机构的结构与工作原理 .....	212
11.2.3 直线导轨机构的特点 .....	213
11.3 直线导轨机构的使用方式 .....	215
11.4 直线导轨机构的装配调整与维护 .....	230
思考题与习题 .....	237
<b>第 12 章 直线轴承原理与设计应用</b> .....	239
12.1 直线轴承结构与工作原理 .....	239
12.1.1 直线轴承的用途 .....	239
12.1.2 直线轴承的结构与工作原理 .....	240
12.1.3 直线轴承的特点 .....	242
12.2 直线轴承的使用方式 .....	242
12.2.1 直线轴承的典型安装方式 .....	242
12.2.2 直线轴与直线轴承的相对运动方式 .....	246
12.2.3 同时使用的直线轴与直线轴承数量 .....	247
12.2.4 直线轴承的承载能力与载荷方向 .....	249
12.3 直线轴承的选型 .....	251
12.3.1 直线轴承的选型步骤 .....	251
12.3.2 直线轴承选型实例 .....	255
12.4 直线轴承配套件的设计 .....	256
12.5 直线轴承的装配调整与维护 .....	258
思考题与习题 .....	260
<b>第 13 章 滚珠丝杠机构原理与设计应用</b> .....	262
13.1 滚珠丝杠机构结构与工作原理 .....	262
13.1.1 滚珠丝杠机构的用途 .....	262
13.1.2 滚珠丝杠机构的结构与工作原理 .....	263
13.2 滚珠丝杠机构的端部支承设计 .....	275
13.2.1 滚珠丝杠机构的端部支承方式 .....	275
13.2.2 滚珠丝杠机构的装配附件及其选型 .....	281
13.3 滚珠丝杠机构的装配调整与维护 .....	284
13.3.1 滚珠丝杠机构的装配调整 .....	284

13.3.2 滚珠丝杠机构的使用维护·····	288
思考题与习题·····	290
<b>第 14 章 自动机械传动系统设计</b> ·····	<b>291</b>
14.1 同步带传动原理与设计应用·····	292
14.1.1 同步带传动在自动机械中的应用·····	292
14.1.2 同步带传动结构原理·····	293
14.1.3 同步带传动选型设计步骤与选型实例·····	296
14.1.4 同步带传动机构的安装调整与使用维护·····	302
14.2 链传动原理与设计应用·····	305
14.2.1 链传动在自动机械中的应用·····	305
14.2.2 链传动结构原理·····	306
14.2.3 链传动设计选型步骤与选型实例·····	309
14.2.4 链传动系统的安装调整与使用维护·····	314
思考题与习题·····	316
<b>第 15 章 手工装配流水线节拍分析与工序设计</b> ·····	<b>318</b>
15.1 手工装配流水线的基本结构·····	318
15.2 手工装配流水线节拍分析·····	323
15.3 手工装配流水线工序设计与工人数量计算·····	324
思考题与习题·····	331
<b>第 16 章 自动机械节拍分析与工序设计</b> ·····	<b>332</b>
16.1 由单个装配工作站组成的自动化专机节拍分析·····	333
16.2 间歇回转分度式自动化专机节拍分析与设计·····	341
16.2.1 间歇回转分度式自动化专机的节拍时间与生产效率·····	341
16.2.2 提高间歇回转分度式自动化专机生产效率的途径·····	345
16.2.3 电机的配套设计·····	345
16.2.4 节拍时间的变化与调整·····	346
16.3 连续回转式自动化专机节拍分析·····	347
16.4 自动化机械加工生产线结构组成及节拍分析·····	350
16.4.1 自动化机械加工生产线结构组成·····	350
16.4.2 自动化机械加工生产线节拍分析·····	353
16.5 自动化装配生产线结构组成及节拍分析·····	356
16.5.1 自动化装配生产线结构组成·····	356
16.5.2 自动化装配生产线节拍分析·····	358
16.6 自动化生产线工序设计·····	361
16.7 自动机械优化设计·····	367
思考题与习题·····	368



第 17 章 气缸的选型与安装 .....	370
17.1 气缸的选型及安装 .....	370
17.1.1 气缸系列的选定方法 .....	371
17.1.2 气缸缸径和行程的选定方法 .....	375
17.1.3 气缸安装形式及安装附件的选定方法 .....	379
17.1.4 气缸缓冲形式的选定方法 .....	383
17.2 气动手指的选型设计 .....	385
17.2.1 气动手指的选型 .....	385
17.2.2 夹板的设计方法 .....	388
思考题与习题 .....	391
参考文献 .....	392

## 绪 论

### 1.1 实现自动化的意义

#### 1. 制造自动化的定义

顾名思义,“制造自动化”首先与“制造”、“自动化”有关。人们一般传统地将“制造”理解为产品的机械加工过程或机械工艺过程。例如著名的 Longman 词典对“制造”(manufacture)的解释为“通过机器进行(产品)制作或生产,特别是适用于大批量生产”。

随着人类科学技术及生产力的发展,“制造”的概念和意义已经在“范围”和“过程”两个方面大大拓展。范围方面,制造所涉及的工业领域远非局限于机械制造,而是包括了机械、电子、电器、五金、化工、轻工、食品、医药、军工等国民经济的大量行业。

“自动化(automation)”是美国人 D. S. Harder 于 1936 年提出的。当时他在通用汽车公司工作,他认为在一个生产过程中,机器之间的零件转移不用人去搬运就是“自动化”。这实质上是早期制造自动化的概念。

过去,人们将制造自动化理解为以机械的动作代替人力操作,自动地完成特定的作业,这实质上是指用自动化代替人的体力劳动。随着电子和信息技术的发展,特别是随着计算机的出现和广泛应用,制造自动化的概念已扩展为用机器(包括计算机)不仅代替人的体力劳动而且还代替或辅助脑力劳动,以自动地完成特定的作业。

今天,制造自动化已远远突破了上述传统的概念,具有更加宽广和深刻的含义。制造自动化的含义至少包括以下几方面:

(1) 在形式方面,制造自动化包括 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、机器及整个系统的协调、管理、控制和优化。

(2) 在功能方面,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系统功能的一部分。制造自动化的功能是多方面的,已形成一个有机体系,可以用一个简称为 TQCSE 的模型来表示,其中 T 表示时间(time),Q 表示质量(quality),C 表示成本(cost),S 表示服务(service),E 表示环境友善性(environment)。

TQCSE 模型中的 T 有两方面的含义,一是指采用自动化技术,能缩短产品制造周期,产品上市快;二是提高生产率。Q 的含义是采用自动化系统,能提高和保证产品质量。C 的

含义是采用自动化技术能有效地降低成本,提高经济效益。S也有两方面的含义,一是利用自动化技术,更好地做好市场服务工作;二是利用自动化技术,替代或减轻制造人员的体力和脑力劳动,直接为制造人员服务。E的含义是制造自动化应该有利于充分利用资源,减少废弃物和环境污染,有利于实现绿色制造。上述 TQCSE 模型还表明,T、Q、C、S、E 是相互关联的,它们构成了一个制造自动化功能目标的有机体系。

(3) 在范围方面,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所有过程(包括服务)。

正因为制造的范围非常广,各种产品的制造过程按工艺性质的区别又可以分为机械加工、装配、检测、包装等各种工序,因此制造自动化又包括机械加工自动化、装配自动化、包装自动化等各种门类。

根据制造行业工艺性质的区别,不同的产品制造行业其制造自动化有各自的特点,例如:机械加工、机床、汽车、五金等行业主要为机械加工自动化;电子制造、仪表、电器等行业主要为装配自动化;医药、食品、轻工等行业主要为包装自动化,等等。

实际上许多产品的制造过程同时包括了加工、装配、检测、包装等多种工序,只是在不同的行业中上述工序各有侧重而已,而且实际上上述各种工序是互相联系的。其中装配自动化是整个制造自动化的核心内容,它是其他自动化制造过程的重要基础,只要熟悉了装配自动化,熟悉其他的自动化制造过程也就比较容易了。因此,本教材在内容上主要以装配自动化为基础进行介绍。

## 2. 制造自动化的优点

为了说明制造自动化的优点,下面以一个典型的工程实例对比来阐述制造自动化替代人工生产的意义。

在工程上很多产品都大量采用各种热塑性塑料制品,热塑性塑料制品的加工方法为注塑成型,通过注塑机及塑料模具将塑料颗粒原料注塑成所需要的工件。早期的注塑方法是注塑完成、模具分型后,由人工打开注塑机安全门,将成型后的塑料工件从模具中间取出,然后再人工关上机器安全门,机器开始第二次注塑循环,如图 1-1 所示。目前国内大部分企业仍然采用这种简单的人工操作生产方式。

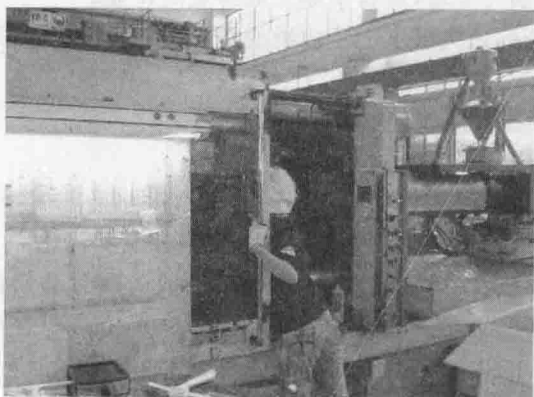


图 1-1 塑料注塑机人工取料