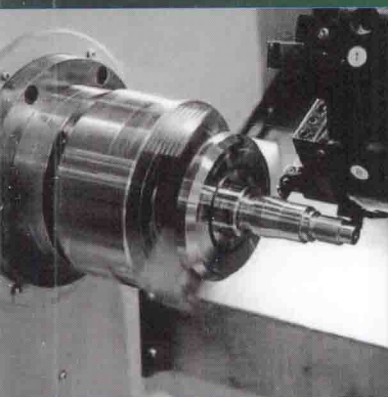




“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材  
普通高等教育机电类规划教材



# Automation Technology of Mechanical Manufacturing

# 机械制造自动化技术

第③版

周骥平 林岗 © 主编



机械工业出版社  
CHINA MACHINE PRESS

“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材  
普通高等教育机电类规划教材

# 机械制造自动化技术

第3版

主编 周骥平 林 岗  
参编 朱兴龙 汪通悦 魏孝斌 张有才  
主审 易 红



机械工业出版社

本书围绕机械制造全过程,系统地介绍了机械制造自动化的基本原理、技术、方法和实际应用,内容包括相关的基本概念、自动化控制方法与技术,以及加工设备自动化、物料供输自动化、刀具自动化、检测过程自动化、装配自动化和工业机器人等方面的技术、方法和应用。本书可满足机械制造专业学生系统地掌握有关机械制造自动化方面的基本原理,了解机械制造中各主要单元和系统的自动化方法以及各种自动化装置的结构原理和特点,并提高其应用管理能力的需要。本书在内容取舍上注重实用性和应用性,在内容编排上按照循序渐进的原则,努力做到深入浅出、详略有序,以利于读者了解和掌握基本概念和应用技术。全书各章内容相对独立,并附有复习思考题。考虑到各高校的教学需要,本书配套有一张辅助教学光盘。

本书可作为高等工科院校机械设计制造及其自动化、机械工程及其自动化等机械类专业的教材,或高等职业技术学院、职业技术学院等机械类专业的教学参考书,也可供从事机械制造、自动化技术的人员自学和参考。

## 图书在版编目(CIP)数据

机械制造自动化技术/周骥平,林岗主编.—3版.—北京:机械工业出版社,2014.5

“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材 普通高等教育机电类规划教材

ISBN 978-7-111-45978-1

I. ①机… II. ①周…②林… 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(2014)第034694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:刘小慧 责任编辑:刘小慧 王海霞 任正一

版式设计:霍永明 责任校对:闫玥红

封面设计:张静 责任印制:李洋

北京市四季青双青印刷厂印刷

2014年7月第3版第1次印刷

184mm×260mm·14.25印张·315千字

标准书号:ISBN 978-7-111-45978-1

ISBN 978-7-89405-436-4(光盘)

定价:36.00元(含1CD)

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心:(010)88361066

教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售一部:(010)68326294

机工官网:<http://www.cmpbook.com>

销售二部:(010)88379649

机工官博:<http://weibo.com/cmp1952>

读者购书热线:(010)88379203

封面无防伪标均为盗版

# 普通高等教育机电类规划教材编审委员会

- 主任：邱坤荣
- 副主任：左健民 周骥平 林 松  
戴国洪 王晓天 丁 坤
- 秘书：秦永法
- 委员：（排名不分先后）  
秦永法 朱龙英 余 皞  
叶鸿蔚 李纪明 左晓明  
郭兰中 乔 斌 刘春节  
王 辉 高成冲 侯志伟  
杨龙兴 张 杰 舒 恬  
赵占西 黄明宇

## 第3版前言

本书第2版自2007年3月出版以来,进一步扩大到在全国十余省份、近四十余所院校中使用,并于2012年11月通过教育部评审,入选为“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材。随着我国工业企业经过“十一五”到“十二五”的发展,制造自动化技术得到了进一步推广应用,对机械类专业人才的培养需求出现了新的变化。本书第2版中的部分知识、体例已不能适应以实践、应用能力培养为导向的卓越工程师素质人才培养的要求;加之经过这几年的教学实践,以及各使用该教材的院校所反馈的意见和建议,我们觉得有必要对第2版教材中存在的不足之处进行补充、完善,重新修订出版第3版。

本书是为了适应地方工科院校培养具有卓越工程师素质的应用型机械类专业人才的要求而编写的。这类人才的培养最根本的一条就是要坚持面向工程实际,面向应用技术,注重实践动手能力。作为制造业自动化主要组成部分的机械制造自动化,是企业实现自动化生产、参与市场竞争的基础。因此,本书的修订主要从一般地方工科应用型院校的实际出发,强调实际、实用、实践,加强技能培养,突出工程实践;同时考虑到这一层次本科学生的基本素质和对工程内容的理解能力,以及与其他专业课程内容之间的关系,教材内容作了进一步调整与简化,跟踪科技前沿,合理反映时代要求,注重实用、易学,以使本书的修订能更好地满足教与学两方面的需求。修订时注意与“机电传动控制”“机械制造装备”“机械制造技术”“液压传动与气动”“测试技术”“工业机器人”“控制工程基础”等课程内容的衔接和关系,围绕自动化技术的教学要求,注重从机构装置、控制方式、原理特点三个方面阐述各种自动化技术、方法及其实际应用,以利于学生了解和掌握基本概念和应用技术。为便于本书的学习和讲授,此次修订的同时还对配套光盘的内容和素材进行了调整和补充。

参加本书修订工作的有:第一章和第三章由扬州大学周骥平教授负责,第四章和第八章由河海大学林岗副教授负责,第二章由扬州大学朱兴龙教授负责,第五章由淮阴工学院汪通悦教授负责,第六章和第七章由扬州大学魏孝斌博士负责,附录由扬州大学张有才实验师负责。全书由周骥平、林岗统稿并任主编。东南大学的易红教授担任了本书的主审。

在本书修订过程中,江苏省地方一般工科院校机制专业教改协作组给予了指导和帮助,全国部分使用本书的高校老师提出了许多宝贵意见,在此表示衷心的感谢。此外,在修订过程中,参考并选用了近几年来国内出版的有关自动化方面的教材、论著和手册,博世力士乐传动与控制学院、胜赛思精密压铸(扬州)有限公司、扬州锻压机床股份有限公司、江苏金方圆数控机床有限公司等企业为我们提供了相关资料,在此特向有关的著作者及企业表示诚挚的谢意并希望得到他们的指教。

限于编者水平，以及机械科技的快速发展和高等教育人才培养需求的不断变化，修订后教材中的不足之处在所难免，恳请广大读者提出宝贵意见和建议，以利于本书的改进与提高。

本书的修订得到了扬州大学出版基金以及教育部、财政部职业院校教师素质提高计划——职教师资本科专业培养资源开发项目（VTNE017）的资助。

**编 者**

## 第2版前言

本书第1版自2001年9月出版以来已在全国十余省份的二十余所院校中使用。随着高等教育的改革与发展,对机械类专业应用型人才的培养已成为适应现代工业企业发展需求、满足社会经济建设需要的一项迫切任务。由于我们在该书编写之初的认识所限,以及经过这几年的教学实践,不难发现该书还存在许多不足之处,因此有必要对其进行重新修订。

《机械制造自动化技术》是为了适应地方工科院校培养应用型机械类专业人才的要求而编写的。机械类专业应用型人才的培养最根本的一条就是要坚持面向工程实际,面向岗位实务,注重创新精神、创业意识和创造能力。作为制造业自动化主要组成部分的机械制造自动化是企业实现自动化生产、参与市场竞争的基础。因此,本书的修订从一般地方型工科本科应用型院校的实际出发,强调实际、实用、实践,加强技能培养,突出工程实践,内容适度简练,跟踪科技前沿,合理反映时代要求。为使本书能更好地满足教与学两方面的需求,修订时注意与“机械制造技术”“机械制造装备”“先进制造技术”“液压传动与气动”“测试技术”“工业机器人”等课程内容的衔接和关系。同时,为便于本书的学习和讲授,此次修订将配套相应的光盘。该光盘主要汇集各章节的图、设备机构的图像资料及建议实验内容,并有相应各章的学习指导。

修订后的基本章节没有改变,只在内容上作了调整。参加本书修订工作的有:第一章和第二章由扬州大学周骥平负责,第三章和第七章由河海大学林岗负责,第四章和第六章由淮阴工学院汪通悦负责,第五章和第八章由扬州大学魏孝斌负责,附录由扬州大学张有才编写。全书由周骥平、林岗任主编。东南大学易红教授担任了本书的主审。

在本书的修订过程中,江苏省地方一般性工科院校机制专业教改协作组给予了指导和帮助,全国部分使用本书的高校老师提出了许多宝贵意见,在此特表示衷心的感谢。此外,在修订过程中,参考并选用了近几年来国内出版的有关自动化方面的教材、论著和手册,在此特向有关的著作者表示诚挚的谢意并希望得到他们的指教。

限于编者水平,由于本课程是新的体系,许多问题有待于探讨与实践总结。因此,书中的缺点与错误在所难免,恳请广大读者提出宝贵意见,以利于本书的改进与提高。

本书的修订得到扬州大学出版基金的资助。

编者

# 第1版前言

随着科学技术的不断进步,机械制造技术的水平在不断地提高,特别是随着机电一体化技术、计算机辅助技术和信息技术的发展,当今世界机械制造业已进入自动化的时代。采用自动化技术,可以大大降低劳动强度,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。作为制造业自动化主要组成部分的机械制造自动化是企业实现自动化生产、参与市场竞争的基础。对机械制造过程各个环节自动化技术的了解,即在熟悉掌握机械制造的基本理论和技术的基础上,了解掌握现代机械制造的新手段、新方法、新技术,即自动化的基本理念,是适应现代工业企业对机械类专业人才培养需求以及自身适应能力增强的必然需求。我们编写此书的目的是为了适应工科院校机械类专业人才培养的发展趋势,满足学生系统地掌握有关机械制造自动化方面的基本原理,了解机械制造中各主要单元和系统的自动化方法,以及各种自动化装置的工作原理和特点,并提高其应用管理能力的需要。

本书的编写主要是围绕机械制造全过程,系统地介绍各种自动化技术、方法和实际应用,包括设备、装置、手段、方式、过程和系统等。在课程内容取舍上注重其实用性和应用性,在课程内容的编排上遵照循序渐进的原则,努力做到深入浅出、详略有序,以利于读者了解和掌握其基本概念和应用常识。课程的各章内容尽量做到相对独立,以利于读者根据需要查阅使用。编写时注意与“机械制造技术”“机械制造装备”和“现代制造技术”等课程内容的衔接和关系。同时,为便于本书的学习和讲授,与本书配套制作了相应的CAI课件,该课件主要汇集相关过程的自动化技术图像资料。

本书第一章概述、第二章加工设备自动化由扬州大学工学院周骥平编写,第三章物料供输自动化、第七章工业机器人由河海大学机电学院林岗编写,第四章刀具自动化、第六章装配自动化由淮阴工学院汪通悦编写,第五章检测过程自动化、第八章集成制造系统由南京工程学院邱胜海编写。全书由周骥平、林岗任主编。东南大学易红教授担任了本书的主审。

在本书的编写中,江苏省地方一般工科院校机制专业教改协作组给予了指导和帮助,并提出了许多宝贵意见;编者所在学校的许多领导和老师在本书编写过程中也提供了不少帮助,在此一并表示衷心感谢。此外,我们在编写本书的过程中,参考并选用了近几年来国内出版的有关自动化方面的教材、论著和手册,在此向有关的著作者表示诚挚的谢意并希望得到他们的指教。

限于编者水平,由于本课程是新的体系,许多问题有待于探讨与实践总结,因此,书中的缺点与错误在所难免,恳请广大读者批评指正。

编者



# 目 录

第3版前言

第2版前言

第1版前言



## 第一章

### 概 论

- 第一节 基本概念 2
- 第二节 机械制造自动化的类型 5
- 第三节 机械制造自动化的发展  
历程及趋势 8
- 复习思考题 14



## 第二章

### 自动化控制方法与技术

- 第一节 自动化控制的概念 16
- 第二节 机械传动控制 19
- 第三节 液压与气动传动控制 21
- 第四节 电气传动控制 24
- 第五节 计算机控制技术 29
- 第六节 典型控制技术的应用 32
- 复习思考题 43



## 第三章

### 加工设备自动化

- 第一节 加工设备自动化概述 46
- 第二节 切削加工自动化 48
- 第三节 金属板材成形加工自动化 60
- 第四节 机械加工自动线 66
- 复习思考题 75



## 第四章

### 物料供输自动化

- 第一节 物料供输自动化概述 78
- 第二节 单机自动供料装置 80
- 第三节 自动线物料输送系统 89
- 第四节 柔性物流系统 97
- 复习思考题 110



## 第五章

### 刀具自动化

- 第一节 刀具的自动装夹 112
- 第二节 自动化换刀系统 117
- 第三节 排屑自动化 121
- 复习思考题 125



## 第六章

### 检测过程自动化



- 第一节 制造过程的检测技术 128
- 第二节 工件尺寸的自动测量 131
- 第三节 刀具状态的自动识别和  
监测 138
- 第四节 加工设备的自动监测 144
- 第五节 相关检测技术 148
- 复习思考题 155



## 第七章

### 装配自动化

- 第一节 基本概况 158

第二节	自动装配工艺过程分析	160	第三节	工业机器人控制技术	184
第三节	自动装配原理	164	第四节	工业机器人应用实例	188
第四节	自动装配机械	170	复习思考题		192
第五节	柔性装配系统	174			
	复习思考题	176			
 <b>第八章</b>			 <b>附 录</b>		
	<b>工业机器人</b>	177			193
第一节	工业机器人概述	178	实验一	自动换刀装置实验	194
第二节	工业机器人的机械与驱动系统	181	实验二	自动化装配实验	200
			实验三	自动化立体仓库的控制与使用	206
			参考文献		215

# 第一章

# 概 论



- ▶ 第一节 基本概念 2
- ▶ 第二节 机械自动化的类型 5
- ▶ 第三节 机械自动化的发展历程及趋势 8
- ▶ 复习思考题 14

制造自动化是人类在长期的社会生产实践中不断追求的目标。随着科学技术的不断进步,自动化制造的水平也越来越高。采用自动化技术,不仅可以大大降低劳动强度,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力。机械制造自动化是制造自动化的主要组成部分,它主要控制机械运动(如刀具、工件、毛坯等的运动)及可能变化的制造工艺,使整个生产处于优化状态。以机械加工和装配为主要代表的机械制造业要实现自动化,比其他制造业要困难得多,这主要体现在自动化机构上。由于机械制造中使用的材料、加工手段等较为复杂,要求对制造对象进行高精密、高准确性的定向、定位,且须具有可靠的识别装置、握持装置等。因此,需要制造各种各样的装料、卸料、定向整理、夹紧握持、运送、识别、测量等自动化机构。机械制造自动化就是在机械制造过程的所有环节中采用自动化技术,实现机械制造全过程的自动化。本书将侧重于机械制造过程的主要环节,包括加工、物料传输、检测与控制、刀具、装配等采用的自动化技术。

## ► 第一节 基本概念 ◀

### 一、机械制造系统的组成

一般的机械制造主要由毛坯制备、物料储运、机械加工、装配、辅助过程、质量控制、热处理和系统控制等过程组成。根据研究问题的角度不同,机械制造系统应具备以下特性:

(1) 制造系统的结构特性 制造系统是由制造过程所涉及的硬件(包括人员、设备、物料流、各种辅助装置等)及相关软件(包括制造理论、制造技术和制造信息等)组成的一个统一整体。

(2) 制造系统的功能特性 制造系统是一个将制造资源(原材料、能源、劳动力等)转变为成品或半成品的输入/输出系统。

(3) 制造系统的过程特性 制造系统是制造生产的运行全过程,包括市场分析、产品设计、工艺编制、制造实施、检验出厂、产品销售等多个环节。

由上述特性可知,机械制造系统由机床、夹具、刀具、被加工工件、操作人员、加工工艺等组成。机械制造系统输入的是制造资源(毛坯或半成品、能源和劳动力),经过机械加工过程制成产品或零件输出,这个过程就是制造资源向产品(成品)或零件转变的过程。一台正在制造产品的机床、生产线、车间和整个工厂都可看成是不同层次的制造系统;加工中心、柔性制造系统、计算机集成制造系统均是典型的制造系统。另外,开发一个新产品、技术改造项目、与制造有关的工程项目、科研课题以及它们所涉及的硬件和软件,从某种角度上也可被看成制造系统。

对于一个机械制造工厂而言,如果从系统的角度来研究,把一个工厂视为生产系统,一个车间视为机械制造系统,而将其中的一条机械加工生产线或生产单元视为机械加工系统。就系统的含义和内容而言,它们之间是没有多少差别的,都是由加工过程(物料流)、中间存储、运输、检验、加工、物质流要求等所确定的计划、调度、管理等信息(信息

流)和能量的消耗及其流程(能量流)所组成的综合系统。

从概念包含的范围来看,生产系统是包括制造系统的更高一级系统,而制造系统是包括相同工艺方法的多个加工系统的更高一级系统。制造系统是生产系统中比较重要的部分,加工系统是制造系统子系统中比较重要的部分。图 1-1 所示为机械制造系统各组成部分之间的关系图。

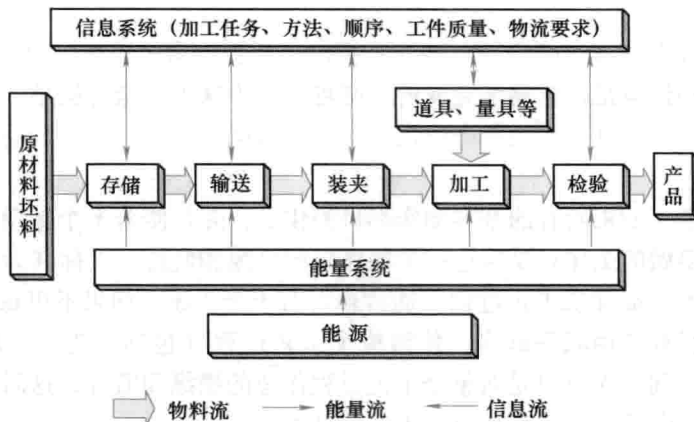


图 1-1 机械制造系统的组成

图 1-1 中“三流”的概念如下:

(1) 物料流 机械加工系统输入的是原材料或坯料(有时也包括半成品)以及相应的刀具、量具、夹具、润滑油、切削液和其他辅助物料等,经过输送、装夹、加工检验等过程,最后输出半成品或产品(一般还伴随着切屑的输出)。整个加工过程(包括加工准备阶段)是物料输入和输出的动态过程,这种物料在机械加工系统中的运动被称为物料流。

(2) 信息流 在机械加工系统中,必须集成各个方面的信息,以保证机械加工过程的正常进行。这些信息主要包括加工任务、加工工序、加工方法、刀具状态、工件要求、质量指标、切削参数等。这些信息又可分为静态信息(如工件尺寸要求、公差大小等)和动态信息(如刀具磨损程度、机床故障状态等),它们构成了机械加工过程的信息系统。这个系统不断地和机械加工过程的各种状态进行信息交换,从而有效地控制机械加工过程,以保证机械加工的效率和产品质量。这种信息在机械加工系统中的作用过程称为信息流。

(3) 能量流 能量是一切物质运动的基础。机械加工系统是一个动态系统,其动态过程是机械加工过程中的各种运动过程。这个运动过程中的所有运动,特别是物料的运动,均需要能量来维持。来自机械加工系统外部的能量(一般是电能)多数转变为了机械能,一部分机械能用以维持系统中的各种运动,另一部分通过传递、损耗而到达机械加工的切削区域,转变为分离金属的动能和势能。这种机械加工过程中的能量运动称为能量流。制造系统中的物料流、信息流和能量流之间相互联系、相互影响,组成了一个不可分割的有机整体。

## 二、自动化的基本概念

自动化一词的含义十分广泛,它是指采用能自动开停、调节、检测、加工和控制的机

器、设备进行各种作业，以代替人力来直接操作的措施。它是机械化的高级阶段。

在机械制造系统中，任何制造过程都是由若干个工艺过程组成的，一个工艺过程中又包含若干个工序。而在一个工序中，又包含着若干种基本动作，如传动动作、上下料动作、换刀动作、切削动作以及检验动作等。此外，还有操纵和管理这些基本动作的操纵动作，如开动和关闭传动机构的动作等。这些动作可以用手动来完成，也可以用机器来完成。

当执行制造过程的基本动作是由机器（机械）代替人力劳动来完成时称为机械化。若操纵这些机构的动作也是由机器来完成的，则可以认为这个制造过程是“自动化”了。自动化的原意就是设计一种控制设备来取代人力操作机械的动作，以达到各种机械自动、半自动运行的目的。

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实现了自动化，而工人所要做的工作只是对这一工序作总的操纵和监督，就称其为工序自动化。

一个工艺过程（如加工工艺过程）通常包含若干个工序，如果不仅每一个工序都自动化了，并且把它们有机地联系起来，使得整个工艺过程（包括加工、工序间的检验和输送）都自动进行，而工人仅只是对整个工艺过程作总的操纵和监督，这时就形成了某一种加工工艺的自动生产线，通常称其为工艺过程自动化。

一个零部件（或产品）的制造包括若干个工艺过程，如果不仅每个工艺过程都自动化了，而且它们之间是自动地有机联系在一起，也就是说从原材料到最终成品的全过程都不需要人工干预，这时就形成了制造过程的自动化。机械制造自动化的高级阶段就是自动化车间甚至自动化工厂。

### 三、机械制造自动化的主要内容

本书所涉及的是狭义的机械制造过程，主要是机械加工以及与此关系紧密的物料储运、质量控制、装配等过程。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，包含上下料自动化技术、装夹自动化技术、换刀自动化技术、加工自动化技术和零件检验自动化技术等。
- 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、产品检测自动化技术和刀具检测自动化技术等。

### 四、机械制造自动化的作用

机械制造中采用自动化技术可以显著提高劳动生产率，有效缩短生产周期，大幅度提高产品的质量，有效改善劳动条件，并能显著降低制造成本。因此，机械制造自动化技术得到了快速发展，并在生产实践中得到了越来越广泛的应用。概括而言，实现机械制造自动化具有如下的作用。

#### 1. 提高生产率

生产率是指在一定的时间范围内生产总量的大小。采用自动化技术后，可以大幅度缩

短制造过程中的辅助时间，从而使生产率得到提高。

### 2. 缩短生产周期

机械制造业按其产品特点可分为如下三类：大批生产；多品种、中小批生产；单件生产。在现代机械制造企业中，单件、小批量生产约占 85%，大批量生产则仅占 15%。而在多品种、小批量生产中，被加工零件处于储运、等待加工等的时间约占总生产时间的 95%，实际有效的加工时间仅占 1.5%，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。

### 3. 提高产品质量

由于自动化系统中广泛采用多种高精度的加工设备和自动检测设备，减少了人工因素的干扰，保证了零部件的加工、装配精度，从而可以有效提高产品的质量。

### 4. 提高经济效益

采用自动化技术可以减少生产面积，减少直接参与生产的工人数量，降低废品率，因而就减少了对生产的投入，提高了投入产出比，因此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

现代柔性制造自动化技术使得变更制造对象更为容易，适应范围也较宽，十分有利于产品的更新。

### 7. 提高劳动者的素质

采用自动化制造后，要求操作者具有较高的专业技术水平和严谨的工作态度，无形中就提高了劳动者的素质。

### 8. 带动相关技术的发展

实现机械制造自动化可以带动自动检测技术、自动控制技术、产品设计技术、系统工程技术等相关技术的发展。

## ▶ 第二节 机械制造自动化的类型 ◀

### 一、机械制造自动化系统的构成

从系统的观点来看，一般的机械制造自动化系统主要由以下四个部分构成。

#### 1. 加工系统

加工系统是指能完成工件切削加工、排屑、清洗和测量的自动化设备与装置。

#### 2. 工件支撑系统

工件支撑系统是指能完成工件输送、搬运以及存储功能的工件供给装置。

#### 3. 刀具支撑系统

刀具支撑系统包括刀具的装配、输送、交换和存储装置以及刀具的预调和管理系统。

#### 4. 控制与管理系统

控制与管理系统的的作用是对制造过程进行监控、检测、协调与管理。

## 二、机械自动化的分类

对机械自动化的分类目前还没有统一的方式。综合国内外各种文献资料,大致可按下面几种方式进行分类。

### 1. 按制造过程分

毛坯制备过程自动化、热处理过程自动化、储运过程自动化、机械加工过程自动化、装配过程自动化、辅助过程自动化、质量检测过程自动化和系统控制过程自动化。

### 2. 按设备分

局部动作自动化、单机自动化、刚性自动化、刚性综合自动化系统、柔性制造单元、柔性制造系统。

### 3. 按控制方式分

机械控制自动化、机电液控制自动化、数字控制自动化、计算机控制自动化、智能控制自动化。

## 三、机械自动化的特点和适用范围

不同的自动化类型有着不同的性能特点和应用范围,因此应根据需要选择不同的自动化系统。下面按设备的分类作一个简单的介绍。

### 1. 刚性半自动化单机

刚性半自动化单机是一种除上下料外,可以自动完成单个工艺过程加工循环的机床。这种机床采用的是机械或电液复合控制,如单台组合机床、通用多刀半自动车床、转塔车床等。从复杂程度讲,刚性半自动化单机实现的是加工自动化的最低层次,但是其投资少、见效快,适用于产品品种变化范围和生产批量都较大的制造系统。它的缺点是调整工作量大,加工质量较差,工人的劳动强度也大。

### 2. 刚性自动化单机

刚性自动化单机是在刚性半自动化单机的基础上增加自动上下料装置而形成的自动化机床。因此,这种机床实现的也是单个工艺过程的全部加工循环。这种机床往往需要定制或改装,常用于品种变化很小,但生产批量特别大的场合,如组合机床、专用机床等。其主要特点是投资少、见效快,但通用性差,是大批量生产中最常见的加工设备。

### 3. 刚性自动线

刚性自动化生产线(简称刚性自动线)是用工件输送系统将各种刚性自动化加工设备和辅助设备按一定的顺序连接起来,在控制系统的作用下完成单个零件加工的复杂大系统。在刚性自动线上,被加工零件以一定的生产节拍,顺序通过各个工作位置,自动完成零件预定的全部加工过程和部分检测过程。因此,刚性自动线具有很高的自动化程度,具有统一的控制系统和严格的生产节奏。与自动化单机相比,它的结构复杂、完成的加工工序多,所以生产率也很高,是少品种、大批量生产中必不可少的加工装备。除此之外,刚性自动线还具有可以有效缩短生产周期,取消半成品的中间库存,缩短物料流程,减少生产面积,改善劳动条件,便于管理等优点;它的主要缺点是投资大,系统调整周期长,更换产品不方便。为了消除这些缺点,人们发展了组合机床自动线,可以大幅度缩短建线周期,更换产品后只需更换机床的某些部件即可(如更换主轴箱),从而大大缩短了系统的



调整时间,降低了生产成本,并能收到较好的使用效果和经济效果。组合机床自动线主要用于箱体类零件和其他类型非回转件的钻、扩、铰、镗、攻螺纹和铣削等工序的加工。

#### 4. 刚性综合自动化系统

一般情况下,刚性自动线只能完成单个零件的所有相同工序(如切削加工工序),对于其他自动化制造内容,如热处理、锻压、焊接、装配、检验、喷漆、包装等,却不可能全部包括在内。包括上述内容的复杂大系统称为刚性综合自动化系统,它常用于产品比较单一,但工序内容多、加工批量特别大的零部件的自动化制造。刚性综合自动化系统结构复杂,投资强度大,建线周期长,更换产品困难,但生产效率极高,加工质量稳定,工人的劳动强度低。

#### 5. 数控机床

数控机床(Numerical Control Machine Tools)用来完成零件一个工序的自动化循环加工。它利用代码化的数字量来控制机床,按照事先编好的程序,自动控制机床各部分的运动,而且能控制选刀、换刀、测量、润滑、冷却等工作。数控机床是机床结构、液压、气动、电动、电子技术和计算机技术等各种技术综合发展的成果,也是单机自动化方面的一个重大进展。配备了适应控制装置的数控机床,可以通过各种检测元件将加工条件的各种变化测量出来,然后反馈到控制装置,与预先给定的有关数据进行比较,使机床及时进行相应的调整,这样,机床就能始终处于最佳工作状态。数控机床常用于零件复杂程度不高、精度较高、品种多变、批量中等的生产场合。

#### 6. 加工中心

加工中心(Machining Center, MC)是在一般数控机床的基础上增加刀库和自动换刀装置而形成的一类更复杂,但用途更广、效率更高的数控机床。由于具有刀库和自动换刀装置,就可以在一台机床上完成车、铣、镗、钻、铰、攻螺纹、轮廓加工等多个工序的加工。因此,加工中心机床具有工序集中、可以有效缩短调整时间和搬运时间、减少在制品库存、加工质量高等优点。加工中心常用于零件比较复杂,需要多工序加工,且生产批量中等的生产场合。根据所处理的对象不同,加工中心又可分为铣削加工中心和车削加工中心。

#### 7. 柔性制造单元

柔性制造单元(Flexible Manufacturing Cell, FMC)是一种由1~3台计算机数控机床或加工中心所组成,单元中配备了某种形式的托盘交换装置或工业机器人,由单元计算机进行程序编制及分配、负荷平衡和作业计划控制的小型柔性制造系统。柔性制造单元的主要优点是占地面积较小,系统结构不很复杂,成本较低,投资较小,可靠性较高,使用及维护均较简单。因此,柔性制造单元是柔性制造系统的主要发展方向之一,深受各类企业的欢迎。就其应用范围而言,柔性制造单元常用于品种变化不是很大、生产批量中等的生产场合。

#### 8. 柔性制造系统

一个柔性制造系统(Flexible Manufacturing System, FMS)一般由四部分组成:两台以上的数控加工设备、一个自动化的物料及刀具储运系统、若干台辅助设备(如清洗机、测量机、排屑装置、冷却润滑装置等)和一个由多级计算机组成的控制和管理系统。到目前为止,柔性制造系统是最复杂、自动化程度最高的单一性质的制造系统。柔性制造系统内