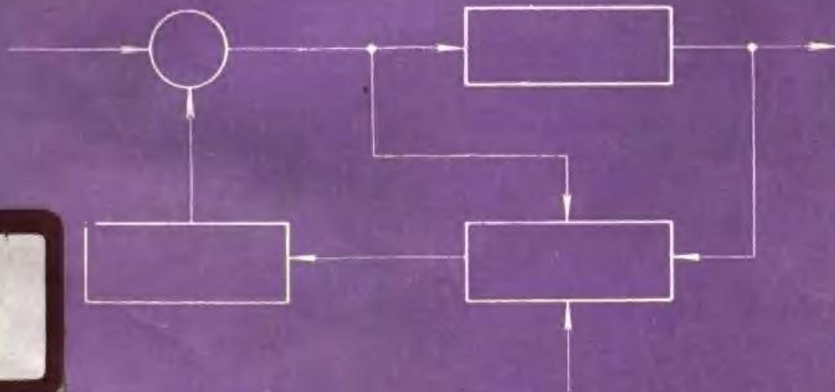


机械工业自动化技术丛书

# 机械加工自动化

卢庆熊 姚永璞 主编



机械工业出版社

本书是《机械工业自动化技术丛书》之一。全书共分八章，主要内容有：机床自动化、数控机床、机械加工自动线、断屑与排屑自动化、自动化加工用刀具、机械加工中的自动控制、装配自动化等。

本书可供机械工程技术人员、技术管理人员和其他有关人员阅读，也可供大专院校有关专业师生参考。

## 机械加工自动化

卢庆熊 姚永璞 主编

责任编辑：严蕊琪 责任校对：刘绍曾  
责任印制：张俊民 版式设计：吴静霞

机械工业出版社出版（北京阜成门外百万庄南街一号）  
（北京市书刊出版业营业许可证出字第117号）  
机械工业出版社京丰印刷厂印刷  
新华书店北京发行所发行·新华书店经售

开本787×1092<sup>1</sup>/<sub>32</sub>·印张13<sup>1</sup>/<sub>8</sub>·字数286千字  
1990年9月北京第一版·1990年9月北京第一次印刷  
印数00,001—2,880 定价：9.50元

ISBN 7-111-01965-2/TP·110

## 出版者的话

随着我国社会主义工业的发展，自动化技术在机械工业中的应用范围已由机械加工过程扩展到设计、生产准备、工艺准备、检验试验、装配及生产管理等各个方面，涉及到计算机应用、人工智能、现代控制理论和系统工程等许多领域。

为适应机械工业自动化技术飞速发展的需要，满足从事机械工业自动化的工程技术人员、管理干部知识更新的迫切要求，我们决定出版这套《机械工业自动化技术》丛书。

本丛书各分册书名分别为《机械工业自动化》、《机械加工自动化》、《热加工自动化》、《物料搬运自动化》、《计算机辅助电路分析》、《计算机辅助企业管理》、《自动化装置及其应用》、《工业机器人及其应用》、《微型计算机及其应用》、《图象识别技术及其应用》、《系统辨识技术及其应用》等，将陆续出版。

本丛书主要由机械工业自动化学会和机械工业自动化情报网共同组织，并得到中国机械工程学会和北京机械工业自动化研究所领导和有关同志的大力支持。

本丛书编委会对丛书的列选、组稿、审稿付出了辛勤劳动，还有不少单位对审稿工作给予了热情帮助，在此一并表示感谢。

由于组织出版这类丛书是初步尝试，缺点和错误在所难免，希批评指正。

机械工业出版社

## 编委会成员

主任委员：王良楣

副主任委员：严筱钧 顾绳谷 蔡福元

段扬泽

委员（按姓氏笔划序）：

刘兆新 卢庆熊 朱逸芬 阳舍和

吕林 李仁 李忠德 陈家彬

杜祥瑛 严蕊琪 周斌 季瑞芝

张岫云 张弟元 唐璞山 章以钧

裘为章

## 前 言

《机械加工自动化》一书是《机械工业自动化技术丛书》之一。

本书是为适应机械加工自动化技术飞速发展的需要，满足从事机械加工自动化的工程技术人员、管理人员和其他有关人员知识更新的迫切要求而编写的。

本书第一、七章由北京联合大学机械工程学院姚永璞编写，第二章由华中工学院段正澄编写，第三章和第六章的第二节由华中工学院孙泳洪编写，第四章由长春第一汽车制造厂陈家彬编写，第五章和第六章的第一、三节由南京金陵职业大学卢庆熊（原在吉林工业大学工作）编写，第八章由上海机电设计研究院张岱华编写。

本书主编为卢庆熊、姚永璞。

本书主审为西安交通大学杨含和。

参加本书审稿的有西安交通大学何钺、北京机械工业自动化研究所季瑞芝、北京机电研究院段扬泽、南京工学院吴天林等。在此，一并表示感谢。

限于编者水平，如有不妥和错误，敬请读者批评指正。

编 者

# 目 录

## 前言

<b>第一章 概述</b> .....	1
第一节 机械加工自动化的方式 .....	1
第二节 生产类型与自动化 .....	5
第三节 成组技术与自动化 .....	7
第四节 计算机与柔性自动化 .....	9
第五节 发展趋势 .....	10
<b>第二章 机床自动化</b> .....	12
第一节 概述 .....	12
一、机床自动化的意义 .....	12
二、机床自动化的构成 .....	13
三、实现机床自动化的途径 .....	14
四、自动化机床生产率的分析 .....	14
第二节 自动上下料装置 .....	16
一、自动上料装置的类型及特点 .....	16
二、料仓式上料装置 .....	17
三、料斗装置与自动定向方法 .....	23
四、装卸料机械手 .....	35
第三节 自动化专用机床 .....	43
一、设计和采用自动化专用机床的基本原则 .....	44
二、典型自动化专用机床 .....	44
<b>第三章 数控机床</b> .....	61
第一节 概述 .....	61
一、数控机床的经济评价和使用范围 .....	62
二、数控系统的分类 .....	63

三、数控机床发展的技术趋向 .....	65
四、数控系统的基本原理及其构成 .....	67
第二节 信息载体与输入装置 .....	70
一、穿孔带和代码 .....	70
二、光电阅读机 .....	74
三、编程简例 .....	75
第三节 信息输入控制器 .....	77
一、输入控制器工作过程 .....	77
二、文字寄存器和文字译码器 .....	79
三、辅助寄存器及其读入过程 .....	80
第四节 运算控制器 .....	83
一、移位减 1 运算控制器 .....	83
二、计数减 1 运算控制器 .....	85
三、直线插补运算控制器 .....	88
四、逐点比较法插补运算控制器 .....	91
第五节 输出控制器及驱动装置 .....	96
一、步进电动机 .....	97
二、环形分配器 .....	100
三、驱动线路 .....	101
<b>第四章 机械加工自动线</b> .....	<b>105</b>
第一节 概述 .....	105
一、自动线的主要特点 .....	105
二、自动线分类 .....	105
第二节 自动线工艺方案制定 .....	107
一、自动线工艺方案制定原则 .....	107
二、工件的几何形状和加工精度 .....	107
三、工件的定位夹紧与工艺尺寸链 .....	108
四、自动线的工艺过程与选用设备 .....	110
五、自动线的生产率 .....	111
六、自动线的经济性和可靠性 .....	113

第三节	典型零件加工自动线 .....	119
一、	箱体零件加工自动线 .....	119
二、	轴类零件加工自动线 .....	122
三、	盘套类零件加工自动线 .....	128
四、	叉臂类零件加工自动线 .....	138
第五章	断屑与排屑自动化 .....	143
第一节	概述 .....	143
一、	切屑控制及处理的意义 .....	143
二、	切屑的形状及分类 .....	144
第二节	切屑的流出、卷曲与折断 .....	148
一、	切屑的流出方向 .....	148
二、	切屑的卷曲 .....	151
三、	切屑的折断 .....	158
第三节	控制切屑卷曲与折断的方法 .....	164
一、	掌握和改变工件材料的切削性能 .....	164
二、	切削用量对断屑性能的影响 .....	167
三、	改变刀具切削部分的几何形状和参数 .....	170
四、	可转位刀片 .....	179
五、	特殊机构断屑法 .....	195
第四节	切屑的排除 .....	201
一、	从加工区域清除切屑 .....	201
二、	将切屑运出线外 .....	203
三、	从冷却润滑液中分离切屑 .....	207
第六章	自动化加工用刀具 .....	209
第一节	自动线刀具 .....	209
一、	对自动线刀具的要求 .....	209
二、	刀具磨损和尺寸耐用度 .....	210
三、	尺寸控制及补偿 .....	211
四、	刀具的快换与调整 .....	213
五、	刀具破损的自动检测 .....	217



第二节	自动换刀装置 .....	220
一、	自动换刀系统的构成 .....	221
二、	刀库-机械手-运刀器自动换刀装置 .....	227
三、	识刀装置 .....	233
第三节	工具系统 .....	236
一、	镗铣类数控机床的工具系统 .....	236
二、	车削类数控机床的工具系统 .....	237
<b>第七章</b>	<b>机械加工中的自动控制 .....</b>	<b>245</b>
第一节	基本要求与控制方式 .....	245
一、	自动控制系统的基本要求 .....	245
二、	自动控制系统的组成 .....	246
三、	自动控制方式 .....	247
第二节	程序控制 .....	252
一、	凸轮控制 .....	253
二、	凸块控制 .....	254
三、	矩阵插销板控制 .....	255
四、	靠模控制 .....	257
五、	图形棱边控制 .....	258
六、	录返控制 .....	258
第三节	自动化加工系统的控制 .....	259
一、	机械传动控制 .....	260
二、	电气-液压控制 .....	262
三、	气动控制 .....	263
四、	机械-液压控制 .....	264
五、	电气控制 .....	266
六、	顺序控制器控制 .....	276
第四节	计算机控制 .....	285
一、	普通数控机床 .....	285
二、	加工中心 .....	286
三、	计算机数控 .....	286

四、计算机群控 .....	286
五、适应控制 .....	289
六、多级计算机控制 .....	293
七、微型计算机的应用 .....	295
第五节 信息系统与数据库 .....	312
一、信息系统 .....	312
二、数据库的基本知识 .....	314
三、切削加工数据库 .....	316
四、切削加工优选系统 .....	318
第八章 装配自动化 .....	320
第一节 装配自动化的一般条件 .....	320
一、生产纲领大而稳定 .....	321
二、产品结构具有自动装配工艺性 .....	321
三、获得较好的技术经济效益 .....	329
第二节 自动装配工艺设计应注意的问题 .....	329
一、保证装配工作节拍同步 .....	330
二、避免或减少装配基件的位置变动 .....	330
三、合理选择装配基准面 .....	330
四、装配件分类与自动给料 .....	330
五、关键件和复杂件的自动定向 .....	331
六、易缠绕装配件的定量隔料 .....	335
七、精密配合副的分组、选配和储料 .....	335
八、自动检测系统 .....	335
九、装配自动化程度的确定 .....	336
十、自动装配技术的提高途径 .....	337
第三节 自动装配线设计 .....	338
一、自动装配线型式选择 .....	338
二、传送装置结构型式的选择 .....	345
三、自动装配作业 .....	355
四、自动装配装置的通用性要求 .....	365

五、自动装配线的控制系统 .....	365
第四节 装配中的自动检测 .....	371
一、设计中应注意的问题 .....	371
二、自动检测工作头 .....	375
三、自动分选机 .....	382
第五节 自动和半自动装配线 .....	388
一、接触器铁心自动装配线 .....	388
二、活塞连杆部件自动装配线 .....	397
三、小型电动机半自动装配线 .....	401
参考文献 .....	406

# 第一章 概 述

国内外机械加工总的发展趋势是逐步提高加工效率、加工质量和自动化程度，其中，自动化程度的高低，对前两项起着重要作用。在我国机械行业中，有不少企业早已采用了自动化装置、自动化机床、自动线、自动装配机、数控机床、加工中心和工业机器人等先进生产设备，而且由于微处理器和微型计算机的普遍应用，将大大提高企业的加工效率、加工质量，从而提高经济效益。

机械加工自动化在设备方面包括局部动作自动化、单机自动化和加工系统自动化；在内容方面包括切削加工自动化、工件装卸自动化、工件存放与传送自动化、产品检验与试验自动化、断屑与排屑自动化、装配自动化、故障诊断自动化、生产准备及生产管理自动化等。

## 第一节 机械加工自动化的方式

实现机械加工自动化的方式很多，可以根据生产批量大小、工件的形状和重量、工件材料、加工工艺、加工精度、工厂的技术与经济状况等来确定。

目前在机械加工中，用得最多的是通用机床。为了提高这些设备的加工效率，其方法之一就是对他们进行改装，开始可以从局部着手，使其局部动作自动化，例如自动装卸工件、工件自动定位和夹紧，自动检测，刀架自动转位等。如果需要，还可以进一步进行改装，使机床整个加工过

程自动化，这样，这台通用机床就变成了自动化单机。对通用机床进行自动化改装，技术上容易实现，并且投资较少。

有些半自动机床，例如多刀半自动车床、液压仿形车床、某些磨床及齿轮加工机床等，除了其本身不能自动装卸工件外，其它动作都能自动进行。如果，将这些机床再配置自动料仓和工件自动装卸装置等，就可以实现全部加工过程自动化。

根据特定工件或工件族的加工要求而设计制造的自动机床，例如单轴自动车床、多轴自动车床等，都能实现全部加工过程自动化。其中有些自动机床是只能加工单一品种的专用机床；有些机床经过适当调整，例如更换分配轴上的凸轮、改变矩阵板上插销的位置及数量，更换相应的刀具等，就可以改变加工品种。由于凸轮的设计与制造周期较长，因此，这种机床只适用于加工品种不经常变换的大批量生产。

实践证明，由为数较多的通用部件和少量专用部件组成的自动化组合机床，在实现加工过程自动化方面具有显著的经济效益，因此，得到了广泛的应用。例如机械加工自动线中所使用的机床，大部分为自动化组合机床。自动化组合机床可以分为只能加工单一品种的专用自动化组合机床及能够加工多品种的可变自动化组合机床。根据机床上加工工位多少，又可以分为单工位组合机床和多工位组合机床。在多工位组合机床上，工件在几个工位上顺次进行加工，工序集中程度较高。通常，需要多部位加工的中小型箱体类零件，利用这样一台机床就可以完成工件的全部加工内容。

数控（NC）机床具有更大的柔性和通用性，它是实现单件小批生产自动化的有力工具。用来加工外形比较复杂、精度较高，并有一定批量的工件，其经济效益比较显著。数

控机床是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，而且还能控制选刀、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、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。程序编制自动化是数控机床应用中的一个重要问题，程序编制的质量和周期都影响数控机床的使用效果和普及程度，为此，研制了各种高效能的编程语言，用计算机自动编程，来代替工作量繁重的人工编程工作。现在最常用的编程软件有APT、EXAPT等。我国研究应用了多坐标数控自动编程系统SKC、ZCX-3，CAM251等。实践证明：要推广应用数控机床，必须注意培养机床和数控装置的维护使用人员以及数控软件编程人员。

配备有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。

借助工件自动存放与传送装置，可以将多台自动化单机联接起来，组成机械加工自动线。在自动线上，被加工工件可由工人装卸，也可自动装卸。工件由传送装置从上一个工位传送到下一个工位，并依次在各工位完成对工件预定的加工内容。通常，它是按特定零件设计的专用加工系统，适用于大批量生产。自动线比机床局部动作自动化和单机自动化，具有更高的生产效率。

由计算机控制、能够自动更换刀具或自动更换主轴箱的加工中心(MC)，可以在一台机床上集中更多的加工工序，比普通数控机床具有更完善的自动控制功能，同时还简化了加工中工件的存放及传送等环节，进一步提高了生产率。在加

工中心上变换加工品种很方便，它是实现多品种成组加工的高效加工设备。如果加工品种长期不变，这时应该选用专用加工中心，这样，可以减少刀具、简化机床结构、降低加工成本。加工中心与机械加工自动线相比，在加工过程中工件不动，而由加工工具（即刀具）流动。

柔性加工系统或可变加工系统（FMS）是由加工中心或CNC机床及工件自动存放与传送装置等组成，并用计算机统一进行控制，用来加工一族零件，而且，在加工中能够自动改变加工品种。它综合利用了计算机技术、成组技术及自动控制技术等，是目前世界上自动化程度最高的机械加工系统，是实现无人化生产的基础。大多数机械产品是属于中、小批量生产类型的，即必须处理大量的、经常变换的生产项目。这种企业要实现自动化，就需要柔性加工系统。但是，柔性加工系统很复杂，技术要求较高，投资又大，因此一时尚难普遍推广应用。为了满足多品种生产实现自动化的要求，还可以选用可变自动线。在这种加工系统中，利用人工方法对加工设备和控制系统进行必要的调整，来改变加工品种。目前控制装置不一定都采用计算机，加工设备也不一定都采用加工中心。可变自动线要比柔性加工系统简单，可以利用现有技术，投资也较少。

在现代化生产中，装配工作是薄弱环节，自动化水平很低，特别是对于多品种小批量生产的自动装配尚未建立完善的技术基础。这是因为装配工作与其它工作相比，难于实现自动化，常常需要依靠人的感觉器官及调整能力。因此，目前装配自动化在总装配工作量中所占比例很小，主要还是靠人工来进行装配。

工业机器人主要用于自动装卸工件、自动传送工件、自

动装配机器及操纵各种工具，它还可以代替人在高温、有毒、有放射污染等有害环境中工作，是一种很有发展前途的自动化装置。

各种机床或加工系统实现自动化后，操作人员只要按一下电钮（手柄）或者用其它方式发出加工指令，加工设备就能按预定的加工程序自动地进行工作，在工作过程中无需操作人员直接介入。其中，自动控制系统是实现机械加工自动化的关键。自动控制装置类型繁多，应根据具体情况来选用。

由于近代电子技术、计算机技术、现代工程控制论、自动检测、机床结构设计等各种先进技术的发展，产生了自动化设计、自动化管理、自动诊断、自适应控制、自动换刀、自动传送等自动化手段，使自动化加工技术得到进一步提高，不仅能代替人的体力劳动，而且还能代替人的部分脑力劳动。

近几年微处理器和微型计算机的迅速发展和普遍应用，使自动控制领域发生了很大的变化。通过多级计算机控制，并应用各种自动显示技术，在信息管理自动化和生产过程自动化的基础上，可以使整个机械加工车间实现自动化，再进一步就有可能实现整个企业生产和管理的综合自动化。

## 第二节 生产类型与自动化

一种产品是否采用自动化生产，以及采用哪种自动化生产方式，这在很大程度上要由产品的生产类型来确定。

在大批量生产条件下，如果都由人工进行机床操作和工件的传送，则工人的劳动强度必然很大，而且由于长期重复地进行同样的操作，会使工人感到单调和厌烦，结果会影响



加工质量和生产效率。如果采用自动化生产,使加工过程能够自动进行,则将会大大改善加工条件。由于加工品种固定不变,所以要实现自动化比较容易。适用于大量生产类型的自动化加工设备有专用自动机床、专用自动化组合机床、机械加工自动线及专用加工中心等。

单件小批生产类型与大批量生产类型相反,在工作地点所要加工的零件品种很多,而每种零件的数量并不多,而且还很少重复。这时如果采用专用的自动化加工设备或加工系统来使单件小批生产实现自动化,显然是不合理的,即使在技术上可行,在经济上却是不允许的。数控机床的出现为单件小批生产实现自动化提供了方便。

根据国际生产工程协会(CIRP)对一些国家的调查统计,在机械制造业中就产品的产量而言,单件生产占35%左右,小批生产占50%左右,大批量生产占15%左右。也就是说,单件和小批生产占整个机械制造业产量的75~85%,而其产值占整个行业的60%。因此,目前有些国家对发展适用于单件小批生产类型的柔性自动化加工技术是很重视的。

通常在从事多品种中小批生产的企业中,原材料及在制品的运输和存放时间约占整个生产过程的95%,只有5%的时间花在机床上。然而,在这5%的在机时间里,其中有70%的时间消耗在工件定位、夹紧、换刀、对刀及测量等辅助操作上,实际用于切除金属的时间只占30%左右。这就是说,真正用于切削加工的时间只占生产过程总时间的1.5%,而绝大部分时间(98.5%)都花在工件的存放、运输及各种辅助工作上了。解决这一问题的主要措施之一就是采用自动化生产方式。

为了实现多品种中小批量生产自动化,首先应该利用成