




普通高等教育机械类专业规划教材
PUTONG GAODENG JIAOYU JIXIELEI ZHUANYE GUIHUA JIAOCAI

机械制造自动化技术

JIXIE ZHIZAO ZIDONGHUA JISHU

刘治华 李志农 刘本学 编
肖尧先 审

 郑州大学出版社



普通高等教育机械类专业规划教材
PUTONG GAODENG JIAOYU JIXIELEI ZHUANYE GUIHUA JIAOCAI

机械制造自动化技术

JIXIE ZHIZAO ZIDONGHUA JISHU

刘治华 李志农 刘本学 编

肖尧先 审



郑州大学出版社

定价: 30.00 元

书号: ISBN 978-7-2642-0139-7

内容简介

本书以机械制造的各个环节为出发点,系统地介绍了机械制造系统实现自动化的原理、技术、方法和实际应用,旨在使学生了解机械制造过程中的先进技术和设备,开阔知识面,培养学生根据工厂实际状况,结合所学知识,解决实际生产自动化的能力。全书共分十章,主要介绍了机械化与自动化的基本概念、机械制造自动化工艺方案的制订、加工设备自动化、物流供输自动化、刀具自动化、制造过程检测自动化、装配自动化、自动化制造的计算机控制、工业机器人及其他相关的先进制造技术等内容。

本书可作为机械工程、工业工程等各类与机械制造相关的学科和专业的高年级本科生教材,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/刘治华,李志农,刘本学编. —郑州:
郑州大学出版社,2009.9
普通高等教育机械类专业规划教材
ISBN 978 - 7 - 5645 - 0129 - 7

I. 机… II. ①刘…②李…③刘… III. 机械制造 - 自动化技术 -
高等学校 - 教材 IV. TH164

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 154628 号

郑州大学出版社出版发行

郑州市大学路 40 号

出版人:王 锋

全国新华书店经销

河南龙华印务有限公司印制

开本:787 mm × 1 092 mm

印张:18.75

字数:447 千字

版次:2009 年 9 月第 1 版

邮政编码:450052

发行电话:0371 - 66966070

1/16

印次:2009 年 9 月第 1 次印刷

书号:ISBN 978 - 7 - 5645 - 0129 - 7

定价:30.00 元

本书如有印装质量问题,由本社负责调换

前 言

QIANYAN

制造自动化是人类在长期的生产活动中不断追求的主要目标之一。制造自动化的概念最早是由美国人 D. S. Harder 于 1936 年提出的,其内容仅仅包括制造过程物料搬运自动化。在经历了一段时间的研究和发展之后,制造自动化实现了从毛坯投入生产开始到产品零件全过程的自动化。近 30 年来,随着科学技术的不断进步,尤其是制造技术、计算机技术、控制技术、信息技术和管理技术的发展,制造自动化技术的内容也不断丰富和完善,它不仅包括传统意义上的加工过程自动化,而且还包括对制造全过程的运行规划、管理、控制与协调优化等的自动化。

机械制造自动化技术是一门跨学科的内容体系,它不仅包括机械领域的设计和制造内容,而且还包括控制、检测、管理和信息处理等方面的内容,同时机械制造自动化技术又是一门不断发展的学科。因此,本书在内容编排上,既注重与工程应用相结合,又注意与当前科技发展的前沿相结合,着力做到各章内容既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。

在编写过程中,我们参考引用了近些年国内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们表示衷心的感谢和诚挚的谢意。

本书第 1、3、9、10 章由刘治华编写,第 2、4、5 章由刘本学编写,第 6~8 章由李志农编写,李志农对全书进行了统稿,肖尧先对全书进行了审核。在编写过程中,曾宇冬老师、王春丽老师以及研究生梁鹏、李

建鹏、赵匡、蒋静、员险峰、唐高松、范涛等人在文稿、绘图及其他方面做了大量的工作,在此表示万分感谢!谨向长期以来关心和支持我们工作的众多同仁致以衷心的感谢!

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

编者

2009年8月2日

目 录

MULU

第1章 概论	1
1.1 机械自动化的基本概念	1
1.2 机械自动化的内容和意义	3
1.3 机械自动化的途径	5
1.4 机械自动化的构成	7
1.5 机械自动化的现状及发展	11
第2章 自动化制造系统技术方案	17
2.1 自动化制造系统技术方案的制定	17
2.2 自动化加工工艺方案涉及的主要问题	19
2.3 工艺方案的技术经济分析	21
2.4 自动化加工设备的选择与布局	27
2.5 自动化加工切削用量的选择	32
第3章 自动化加工设备	36
3.1 加工设备自动化的意义及分类	36
3.2 自动化加工设备的特殊要求及实现方法	38
3.3 单机自动化方案	43
3.4 数控机床及加工中心	51
3.5 机械加工自动化生产线	58
3.6 柔性制造单元	61
3.7 柔性制造系统	63
3.8 自动线的辅助设备	68

第4章 物料供输自动化	73
4.1 概述	73
4.2 刚性自动化的物料储运系统	75
4.3 自动线输送系统	85
4.4 柔性物流系统	93
第5章 自动化加工刀具	108
5.1 自动化刀具的特点、类型及调整	108
5.2 自动化刀具的换刀装置	115
5.3 排屑自动化	122
第6章 检测过程自动化	129
6.1 概述	129
6.2 工件加工尺寸的自动测量	133
6.3 刀具磨损和破损的检测与监控	148
6.4 自动化加工过程的在线检测和补偿	154
第7章 装配过程自动化	161
7.1 概述	161
7.2 自动装配工艺过程分析和设计	167
7.3 自动装配机的部件	175
7.4 自动装配机械	185
7.5 自动装配线	189
7.6 柔性装配系统	192
7.7 微机器人与微装配	195
第8章 自动化制造的控制系統	209
8.1 机械制造自动化控制系统的分类	209
8.2 顺序控制系统	213
8.3 计算机数字控制系统	218
8.4 自适应控制系统	226
8.5 DNC 控制系统	228
8.6 分布式计算机控制系统	231
第9章 工业机器人	237
9.1 概述	237
9.2 机器人的机械结构、运动与驱动系统	243
9.3 工业机器人的控制技术	249

9.4 工业机器人的传感器	254
9.5 工业机器人应用实例	264
第10章 先进生产制造模式	269
10.1 计算机集成制造系统	269
10.2 精益生产	273
10.3 并行工程	277
10.4 敏捷制造	281
10.5 智能制造系统	283
10.6 快速原型制造技术	285
参考文献	290

第 1 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愈来愈高。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。

1.1 机械制造自动化的基本概念

1.1.1 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,称为运输自动化。由人和机器构成的有机集合体就是

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。人的基本劳动实现机械化的同时,辅助劳动也实现了机械化,再加自动控制系统所构成的有机集合体,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。

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,工人所要做的工作只是对这一工序作总的操纵与监督,就称为工序自动化。

一个工艺过程(如加工工艺过程)通常包括若干个工序,如果每一个工序都实现了工序自动化,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作总的操纵和监控,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。

1.1.2 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,相应的制造系统称为广义制造系统。在当今的信息时代,广义制造的概念已为越来越多的人接受。

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。

1.1.3 自动化制造系统

广义地讲,自动化制造系统(automatic manufacturing system, AMS)是由一定范围的被加工对象、一定的制造柔性和一定的自动化水平的各种设备和高素质的人组成的一个有机整体,它接受外部信息、能源、资金、配套件和原材料等作为输入,在人和计算机控制系统的共同作用下,实现一定程度的柔性自动化制造,最后输出产品、文档资料和废料等。

可以看出,自动化制造系统具有五个典型组成部分。

(1)具有一定技术水平和决策能力的人 现代自动化制造系统是充分发挥人的作用、人机一体化的柔性自动化制造系统,因此,系统的良好运行离不开人的参与。对于自动化程度较高的制造系统,如柔性制造系统(flexible manufacturing system, FMS),人的作用主要体现在对物料的准备和对信息流的监视和控制上,而且还体现在要更多地参与物流过程。总之,自动化制造系统对人的要求不是降低了,而是提高了,它需要具有一定技术水平和决策能力的人参与。目前流行的小组化工作方式不仅要求“全能”的操作者,还要求他们之间有良好合作精神。

(2)一定范围的被加工对象 现代自动化制造系统能在一定的范围内适应被加工对象的变化,变化范围一般是在系统设计时就设定了的。现代自动化制造系统加工对象的划分一般是基于成组技术(group technology, GT)原理的。

(3)信息流及其控制系统 自动化制造系统的信息流控制着物流过程,也控制产品的制造质量。系统的自动化程度、柔性程度以及与其他系统的集成程度都与信息流控制系统密切相关,应特别注意提高它的控制水平。

(4)能量流及其控制系统 能量流为物流过程提供能量,以维持系统的运行。在供给系统的能量中,一部分能量用来维持系统运行,做了有用功;另一部分能量则以摩擦和传送过程的损耗等形式消耗掉,并对系统产生各种有害效果。在制造系统设计过程中,要格外注意能量流系统的设计,以优化利用能源。

(5)物流及物料处理系统 物流及物料处理系统是自动化制造系统的主要运作形式,该系统在人的帮助下或自动地将原材料转化成最终产品。一般地讲,物流及物料处理系统包括各种自动化或非自动化的物料储运设备、工具储运设备、加工设备、检测设备、清洗设备、热处理设备、装配设备、控制装置和其他辅助设备。各种物流设备的选择、布局及设计是自动化制造系统规划的重要内容。

1.2 机械制造自动化的内容和意义

1.2.1 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。

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,代表着先进的制造技术水平,也体现了一个国家科技水平的高低。

1.2.2 机械制造自动化的主要内容

如前文所述,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,本书主要讲述的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,机械制造过程中主要有以下自动化技术。

(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。

1.2.3 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范围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,传统意义上的大批大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,被加工零件在车间的总时间的95%被用于搬运、存放和等待加工中,在机床上的加工时间仅占5%。而在这5%的时间中,仅有1.5%的时间用于切削加工,其余3.5%的时间又消耗于定位、装夹和测量的辅助动作上。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 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 and 严谨的工作态度,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,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。

1.3 机械制造自动化的途径

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。

1.3.1 单件、小批量生产机械化及自动化的途径

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的自动化的有效途径。具体方法如下。

(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,同时也可降低劳动强度。

(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。

1.3.2 中等批量生产的自动化途径

成批和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,要求成批和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的高生产

率特点,又扩大了其工艺适应性。

对可变自动化生产线的要求如下。

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联接则有相同的统一基面和固定方法。加工时,夹具连同工件一块移动,直到加工完毕,再返回原位。

3) 自动线上各台机床具有相应的自动换刀库,可以使加工中的换刀和调整实现自动化。

4) 对于生产批量大的自动化生产线,要求所设计的高生产率自动化设备对同类型零件具有一定的工艺适应性,以便在产品变更时能够迅速调整。

(2) 采用具有一定通用性的标准化的数控设备。对于单个的加工工序,力求设计时采用机床及刀具能迅速重调整的数控机床及加工中心。

(3) 设计制造各种可以组合的模块化典型部件,采用可调的组合机床及可调的环形自动线。

对于箱体类零件的平面及孔加工工序,则可设计或采用具有自动换刀的数控机床或可自动更换主轴箱,并带自动换刀库、自动夹具库和工件库的数控机床。这些机床都能够迅速改变加工工序内容,既可单独使用,又便于组成自动线。在设计、制造和使用各种自动的多能机床时,应该在机床上装设各种可调的自动装料、自动卸料装置、机械手和存储、传送系统,并应逐步采用计算机来控制,以便实现机床的调整“快速化”和自动化,尽量减少重调整时间。

1.3.3 大批量生产的自动化途径

目前,实现大批量生产的自动化已经比较成熟,主要有以下几种途径。

(1) 广泛地建立适于大批量生产的自动线 国内外的自动化生产线生产经验表明:自动化生产线具有很高的生产率和良好的技术经济效果。目前,大量生产的工厂已普遍采用了组合机床自动线和专用机床自动线。

(2) 建立自动化工厂或自动化车间 大批量生产的产品品种单一、结构稳定、产量很大、具有连续流水作业和综合机械化的良好条件。因此,在自动化的基础上按先进的工艺方案建立综合自动化车间和全盘自动化工厂,是大批量生产的发展方向。目前正向着集成化的机械制造自动化系统的方向发展。整个系统是建立在系统工程学的基础上,应用电子计算机、机器人及综合自动化生产线所建成的大型自动化制造系统,能够实现从原材料投入经过热加工、机械加工、装配、检验到包装的物流自动化,而且也实现了生产的经营管理、技术管理等信息流的自动化和能量流的自动化。因此,常把这种大型的自动化制造系统称为全盘自动化系统。但是全盘自动化系统还需进一步解决许多复杂的工艺问题、管理问题和自动化的技术问题。除了在理论上需要继续加以研究外,还需要建立典型的自动化车间、自动化工厂来深入进行实验,从中探索全盘自动化生产和规律,使之不断完善。

(3) 建立“可变的短自动线”及“复合加工”单元 采用可调的短自动线——只包含

2~4个工序的一小串加工机床建立的自动线,短小灵活,有利于解决大批量生产的自动化生产线应具有一定的可变性的问题。

(4)改装和更新现有老式设备,提高它们的自动化程度 把大批量生产中现有的老式设备改装或更新成专用的高效自动机,最低限度也应该是半自动机床。进行改装的方法是:安装各种机械的、电气的、液压的或气动的自动循环刀架,如程序控制刀架、转塔刀架和多刀刀架;安装各种机械化、自动化的工作台,如各种各样的机械式、气动、液压或电动的自动工作台模块;安装各种自动送料、自动夹紧、自动换刀的刀库、自动检验、自动调节加工参数的装置、自动输送装置和工业机器人等自动化的装置,来提高大量生产中各种旧有设备的自动化程度。沿着这样的途径也能有效地提高生产率,并且可以为进一步实现工艺过程自动化创造条件。

1.4 机械制造自动化的构成

1.4.1 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 即能完成工件的切削加工、排屑、清洗和测量的自动化设备与装置。
- (2)工件支撑系统 即能完成工件输送、搬运以及存储功能的工件供给装置。
- (3)刀具支撑系统 即包括刀具的装配、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 即对制造过程进行监控、检测、协调与管理的系统。

1.4.2 机械制造自动化系统的分类

对机械制造自动化的分类目前还没有统一的方式。综合国内外各种资料,大致可按下面几种方式来进行分类。

- (1)按制造过程分 分为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 分为局部动作自动化、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 分为机械控制自动化、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。
- (4)按生产批量分 分为大批量生产自动化、中等批量生产自动化、单件小批量生产自动化。

1.4.3 机械制造自动化设备的特点及适用范围

不同的自动化类型有着不同的性能特点和不同的应用范围,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。

1.4.3.1 刚性半自动化单机

除上下料外,机床可以自动地完成单个工艺过程加工循环,这样的机床称为刚性半自动化单机。如单台组合机床、通用多刀半自动车床、转塔车床等。这种机床采用的是机械或电液复合控制。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。其缺点是调整工作量大,加工质量较差,工人的劳动强度也大。

1.4.3.2 刚性自动化单机

这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,是大量生产中最常见的加工设备。

1.4.3.3 刚性自动化生产线

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、大量生产必不可少的加工装备。除此之外,刚性自动化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(例如可换主轴箱),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。

1.4.3.4 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、喷漆甚至包装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。刚性综合自动化系统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,工人劳动强度低。

1.4.3.5 数控机床

数控机床用于完成零件一个工序的自动化循环加工。它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。数控机床常用在零件复杂程度不高、精度较高、品种多变、批量中等的生产场合。

1.4.3.6 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。由于其具有刀库和自动换刀装置,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。

1.4.3.7 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。柔性制造系统内部一般包括两类不同性质的运动,一类是系统的信息流,另一类是系统的物料流,物料流受信息流的控制。

柔性制造系统的主要优点是:①可以减少机床操作人员;②由于配有质量检测和反馈控制装置,零件的加工质量很高;③工序集中,可以有效减少生产面积;④与立体仓库相配合,可以实现24 h连续工作;⑤由于集中作业,可以减少加工时间;⑥易于和管理信息系统(MIS)、工艺信息系统(TIS)及质量信息系统(QIS)结合形成更高级的自动化制造系统。

柔性制造系统的主要缺点是:①系统投资大,投资回收期长;②系统结构复杂,对操作人员要求较高;③结构复杂使得系统的可靠性较差。

一般情况下,柔性制造系统适用于品种变化不大,批量在200~2500件的中等批量生产。

1.4.3.8 柔性制造单元

柔性制造单元(flexible manufacturing cell, FMC)是一种小型化柔性制造系统, FMC和FMS两者之间的概念比较模糊。但通常认为,柔性制造单元是由1~3台计算机数控机床或加工中心所组成,单元中配备有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化柔性制造系统。与柔性制造系统相比,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规模中。

1.4.3.9 计算机集成制造系统

计算机集成制造系统(computer integrated manufacturing system, CIMS)是目前最高级别的自动化制造系统,但这并不意味着CIMS是完全自动化的制造系统。事实上,目前意义上CIMS的自动化程度甚至比柔性制造系统还要低。CIMS强调的主要是信息集成,而不是制造过程物流的自动化。CIMS的主要缺点是系统十分庞大,包括的内容很多,要在