

应用型本科精品规划教材

EEME



Excellent Electrical
& Mechanical Engineer

卓越机电工程师

数控加工工艺学

NUMERICALLY CONTROLLED MACHINING TECHNOLOGY

数控加工工艺与操作方法

TECHNOLOGICAL PROCESS AND PRACTICAL OPERATION

编著 汤胜常

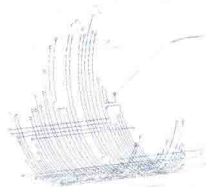
审校 陆勤



上海交通大学出版社

SHANGHAI JIAO TONG UNIVERSITY PRESS

应用型本科精品规划教材



Excellent Electrical
& Mechanical Engineer

卓越机电工程师

数控加工工艺学

(数控加工工艺与操作方法)

NUMERICALLY CONTROLLED MACHINING TECHNOLOGY
TECHNOLOGICAL PROCESS AND PRACTICAL OPERATION

编 著 汤胜常

审 校 陆 勤



上海交通大学出版社
SHANGHAI JIAO TONG UNIVERSITY PRESS

内容提要

本书以机械制造工艺学为基础,根据企业的生产条件、技术水平和工艺能力,介绍数控加工工艺与操作方法。内容包括:数控加工在机加工领域中的地位、作用与发展概况;数控加工中的基本工艺问题;数控车削加工;数控铣削加工;加工中心的加工工艺与操作方法;数控脉冲电火花切割加工工艺与操作方法等。书中每章的学习都包括4个环节:教学内容;应用实例;习题和思考题;实验。重在培养学生的自学能力和良好习惯,并逐步向培养创新意识方向发展。本书与《数控加工工艺学实验指导书和习题详解》配套使用。

图书在版编目(CIP)数据

数控加工工艺学(数控加工工艺与操作方法)/汤胜常编著. —上海:上海交通大学出版社,2016
ISBN 978-7-313-14498-0

I. ①数… II. ①汤… III. ①数控机床—加工—高等职业教育—教材 IV. ①TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 022818 号

数控加工工艺学

(数控加工工艺与操作方法)

编 著:汤胜常

出版发行:上海交通大学出版社

邮政编码:200030

出 版 人:韩建民

印 制:常熟市文化印刷有限公司

开 本:787 mm×1092 mm 1/16

字 数:354千字

版 次:2016年3月第1版

书 号:ISBN 978-7-313-14498-0/TG

定 价:48.00元

地 址:上海市番禺路951号

电 话:021-64071208

经 销:全国新华书店

印 张:15.75

印 次:2016年3月第1次印刷

版权所有 侵权必究

告读者:如发现本书有印装质量问题请与印刷厂质量科联系

联系电话:0512-52219025

《卓越机电工程师》系列教材

编写指导委员会成员

(排名不分先后)

何亚飞(上海第二工业大学)

胡 雄(上海海事大学)

李荣斌(上海电机学院)

王世明(上海海洋大学)

王朝立(上海理工大学)

鞠全勇(金陵科技学院)

夏妍春(上海第二工业大学)

薛士龙(上海海事大学)

王廷军(上海电机学院)

许晓彦(上海海事大学)

邬建江(上海电气集团上海电机厂有限公司)

沈尧荣(上海电气集团上海重型机器厂有限公司)

总 序

随着制造业将再次成为全球经济稳定发展的引擎,世界各主要工业国家都加快了工业发展的步伐。从美国的“制造业复兴”计划到德国的“工业 4.0”战略,从日本的“智能制造”到中国的《中国制造 2025》发布,制造业正逐步成为世界各国经济发展的重中之重。我国在不久的将来,将从“制造业大国”走向“制造业强国”,社会和企业对工程技术应用型人才的需求也将越来越大,从而也大大推进了应用型本科教育的改革。

本套“卓越机电工程师系列教材”的编辑和出版就是为了迎接制造业的迅猛发展对工程技术应用型人才培养所提出的挑战。同时,我们也希望它能够积极地抓住当前世界范围内工程教育改革和发展的机遇。

参加编写这套教材的教师无不在高等职业教育领域工作多年,尤其在工程实践和教学中饶有心得体会。首先,我们将教材的编写内容聚焦在“机电”工程领域。传统意义上讲,这似乎是两大机电类工程技术领域,但从今天“工业 4.0”意义上来讲,其内涵将会在机械制造理论与技术、机电一体化技术、电子与微电子技术、传感器与测量技术、高端装备制造与应用、智能制造技术、控制通讯与网络、计算机与软件及“云”服务技术等各个方面将融为一体。因此,这套“卓越机电工程师系列教材”将对于现在和未来从事于制造业的工程型、技术型人才来说是不可或缺的重要参考资料之一。

其次,我们要求教材的编写内容做到“必要、前沿、实用”。应用型人才也必须掌握相应领域的基础理论知识。因此,在这套教材中,我们要求涉及必要的基础理论,但以“够用”为度,重“叙述”少“推导”;为了适应时代发展的需要,应用型人才还必须掌握本领域的最新技术。在这套教材中,我们还要求介绍最前沿的发展技术和最新颖的机电产品,让学生了解现代制造业的发展态势;为了突出本科工程教育的应用型特点,我们要求本套教材内容的选择要面向工程、面向技术、面向实际、面向地区经济发展的需求。能让学生缩短上岗工作时间、快速适应以及胜任工作岗位的挑战应该是这套教材编写的特色和创新之所在。

本系列教材的编者们非常感谢上海交通大学出版社。感谢他们做了充分的策划和出版方面的支持。我们愿意和出版社一起,响应《关于加快发展现代职业教育的决定》号召,为“试点推动、示范引领”做出我们绵薄的贡献。鉴于编者们的学识,我们非常欢迎广大同仁们在使用后提出建议、意见和批评,我们一定会认真分析,不断提高这套教材的水平,为迎接应用型本科教育春天的到来提供正能量。

何亚飞

2015年12月6日于上海

前 言

(课程的性质、任务和学习方法)

数控加工工艺学是以机械制造工艺学为基础,将数控加工过程中的工艺问题作为研究对象的一门综合性实用专业技术课。根据本企业现有的生产条件、技术水平和工艺能力,基于产品或零件的生产规模,制订出切实解决生产过程中各种工艺问题的方法和措施。这些都必然由所制订的加工工艺规程所体现,因此,数控加工工艺规程的设计工作是数控加工过程前期一项不可缺少的重要且细致的工作,要求设计人员必须具备足够的生产实践经验和扎实的机械制造工艺学基本理论知识。

本书系统地阐述了数控加工工艺学问题,力求将要求学生掌握的问题,由浅入深系统地讲清楚,让已学过机械制图课,具有一定程度读图能力的学生或在职职工,通过在校或自学途径,理解并掌握本课程的理论知识与实践技能,有能力完全通晓本课程所阐述的数控加工工艺过程的相关知识。书中每章的学习过程都须经过四个环节:本章的教学内容、应用实例、习题和思考题、实验。重在培养学生的自学能力和良好习惯,四个环节依次相扣。在系统讲述了每一章的加工工艺和操作方法的基础上,列举了系统应用已讲述了的工艺设计知识的实例,供学生总结性地利用已学到手的知识,再经历一遍实际应用已学内容的演习过程。每章的教学内容着重于数控加工工艺的基本知识和基本理论及其应用的阐述和分析;每章的应用实例,就是本章内容的系统性总结和实际应用;课后学生独立自主地完成本章的习题和思考题,以进一步加深对本章内容的理解和巩固记忆;最后,在教师指导下,学生自主完成本书配套教学参考书中所列的各项实验。书中每一章都循序安排这四个环节,在不同教学形式和一步步逐渐提高的要求下,阶段性地反复运用本章教学内容,加深理解,巩固记忆。讲课时,面向全班级学生,仅能以统一的教学方法,概括性地系统讲解,而独立完成练习题和自主地做好实验,就明显地具有个性化和因材施教的差异性。逐步让学生学会自主学习,培养起由自学掌握知识和技能的习惯和能力,藉以引导学生逐步向个性化自学和培养创新意识方向发展。

在每章完成练习题后,有选择性地或全部做完列在本书配套教学参考书中的各项相应实验,是学习本课程的一个重要环节,也是培养学生独立思考和独立工作能力的环节。通过实验,能使学生更深刻地巩固和深化前已学过的相关教学内容,培养起创新意识和创新能力,为日后的工作奠定坚实的基础;学会进行实验和研究工程实际问题的方法和技术,掌握实验数据和结果的判别鉴定方法;还可在日后工作中,模拟运用这些典型应用实例,针对其他同类型工件,编制出相应的加工工艺规程及其相关解法,起着举一反三的教学效果。实验时,学生自主地完成每项实验的全过程,指导老师仅起辅导、解惑作用。因

此,学生必须预习本次所做实验的内容。进入实验室,指导老师先解答学生当堂提出的疑问;随后,由老师提问,都能正确解答后,学生开始自己做实验,指导老师按学生的要求予以帮助。学生所编的程序须经指导老师检查认可后,才输入数控系统。空运行通过后,再经指导老师复核认可,方可启动加工过程。

没有条件做实验时,必须让学生学完每章的内容后,完成好该章的习题、思考题。最后,独立完成该章相应项目的实验内容,包括工艺过程分析、节点坐标计算、刀具选择与安装、工件装夹、刀具卡、工艺过程卡编制等,依次系统完成在作业本上,交给老师批改。

本书共6章:第1章阐述了数控加工在机加工领域中的地位与作用,及其发展概况;第2章重点表述了数控加工中的基本工艺问题;第3章是数控车削加工,以零件加工工艺过程为载体,系统讲述了车削工艺过程诸方面问题的解法;第4章是数控铣削加工工艺与操作方法;第5章是加工中心的加工工艺和操作方法;第6章是数控脉冲电火花线切割加工工艺与操作方法。书中每章末都有实例,作为本章内容的系统总结。课后完成本章的习题与思考题,交给老师批改。另为本书各章的习题、思考题编著了《数控加工工艺学实验指导书和习题详解》,以备授课老师教学参考和学生自学自查之需,将另册发行。

对于具有实践经历的在职职工或学生,也能通过本课程的在校学习或系统自学,领会到许多过去在工作实践中碰到过的问题,如今通晓了它赖以存在的基本原理,印象深刻。如书中讲到的印花辊筒的设计特征与数控加工的技术要求;阀芯(Disc)与阀杆(Spindle)的加工工艺与设计要求;键槽数控加工时,立铣刀与键槽铣刀各自不同的加工工艺过程中进刀、退刀路径;又如数控加工中,常用瓷刀、涂层硬质合金刀具,甚至高速钢刀具,其切削用量的选用,也有深奥的学问。各种材料和不同几何参数的刀具,都有其特定的切削用量适用范围,尤其是切削速度(v_c)和进给量(f_z)的用量。当过大时,会造成高速性破损;而当选择得过小时,又会出现低速性破损。唯有选择在适当范围内时,才是最佳状态。诸如常用的奥氏体类不锈钢钢号 ZG0Cr18Ni12Mo2Ti (ASTM: CF - 8M)、1Cr18Ni9Ti (ASTM: 321)等,在数控机床上加工时,不宜沿用工序集中原则将粗、精加工放在同一工序中连续完成;即使在普通机床上加工时,也不宜将粗、精加工置于同一工序中一刀落完成光坯加工。必须在完成粗加工后,安排消除残余应力(去应力)处理工序,然后,再进行下一个工序,精加工。只有这样将粗、精加工工序分开,中间插入消应力处理工序,才能加工出合格的光坯。否则,其形位误差和尺寸精度,必将因粗加工后,内应力的释放,引起变形而致超差。所以,因材料而异辩证地选用工艺方法,尤为重要。这些工艺问题,都寓有让学生学习后有豁然开朗,幡然领悟的心得与感受,回味之余,发人深省。这些内容都是源于实际的实践总结。数十年来的教学经历,深知工艺问题是学生也是实际生产上最难解决好的问题,在本书编写过程中,始终赋予应有的重视。为适应我国当前工业生产发展现状和培养高层次创新型人才之需,为进一步提高教学质量,还相应地编写了各项实验。

本书由华东理工大学汤胜常编著,由上海工程技术大学陆勤审校。书中存在的不足之处和错漏,恳请读者批评指正。

编著者

2015年12月

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 数控加工技术发展概况	1
1.1.1 数控机床的加工过程	1
1.1.2 数控机床的加工特点	2
1.1.3 数控机床的适用范围	3
1.1.4 数控加工技术的发展	4
1.2 数控机床的分类和选用	4
1.2.1 按控制系统的功能特点分类	5
1.2.2 按伺服控制方式分类	5
习题	7
思考题	7
第 2 章 数控加工工艺基础	9
2.1 基本知识	9
2.1.1 生产过程和工艺过程	9
2.1.2 生产纲领和生产类型	12
2.2 数控加工工件的工艺分析	14
2.2.1 读图	14
2.2.2 适用数控机床加工的内容	17
2.3 数控加工工艺路线的设计	18
2.3.1 加工方法的选择	18
2.3.2 加工方法的选择举例	22
2.3.3 加工阶段的划分	24
2.3.4 工序的划分	25
2.3.5 工序顺序的安排	26
2.4 数控加工工序的设计	27
2.4.1 进刀路线和工步顺序	27
2.4.2 工件的安装	30

2.4.3	数控机床刀具的选择	38
2.4.4	切削用量的计算与选择	59
	习题	64
	思考题	65
第3章	数控车削加工工艺与操作方法	67
3.1	概述	67
3.1.1	数控车床的类型	67
3.1.2	数控车床的结构和主要技术参数	68
3.2	数控车床的对刀	72
3.2.1	名称和定义	73
3.2.2	对刀原理与方法	74
3.3	零件图的数学处理和编程尺寸设定值的计算	77
3.3.1	编程原点的选择	77
3.3.2	编程尺寸设定值的计算	78
3.4	数控车床的操作方法	80
3.4.1	安全操作规程	80
3.4.2	操作方法	81
3.5	典型零件工艺文件的制订	95
3.5.1	盘套类零件的数控车削	95
3.5.2	轴类零件的数控车削	99
3.6	数控车削的加工实例	100
3.6.1	零件图的图面分析	101
3.6.2	加工工艺分析	101
3.6.3	相关计算	101
3.6.4	数控加工工艺文件的制订	102
3.6.5	程序编制	102
	习题	106
	思考题	107
第4章	数控铣削加工工艺与操作方法	110
4.1	概述	110
4.1.1	数控铣床的类型	110
4.1.2	数控铣床的结构	112
4.1.3	加工对象与工艺路线	115
4.2	数控铣削加工的工序设计	120
4.2.1	夹具的选用	120

4.2.2	刀具的选用	121
4.2.3	铣削用量的选用	122
4.3	数控铣削加工的装刀与对刀	126
4.3.1	对刀点及其选择	127
4.3.2	对刀方法和对刀工具的选用	127
4.3.3	换刀点及其选择	130
4.4	数控铣床的操作方法	131
4.4.1	安全操作规程	131
4.4.2	操作方法	132
4.5	典型零件工艺文件的制订	137
4.5.1	平面槽形凸轮零件的数控铣削	137
4.5.2	箱盖类零件的数控铣削	140
4.6	数控铣削的加工实例	146
4.6.1	零件图的图面分析	147
4.6.2	加工工艺分析	147
4.6.3	相关的数学计算	147
4.6.4	数控铣削加工工艺文件的编制	149
4.6.5	程序编制	149
	习题	155
	思考题	156
第 5 章	加工中心的加工工艺与操作方法	158
5.1	概述	158
5.1.1	加工中心的类型	158
5.1.2	加工中心的结构和主要技术参数	159
5.1.3	加工工艺的特点	165
5.1.4	加工对象	165
5.2	加工中心上工件的安装、对刀与换刀	167
5.2.1	定位基准的选择	167
5.2.2	夹具的选择	168
5.2.3	对刀点和换刀点	170
5.2.4	对刀方法	170
5.3	加工中心的操作方法	173
5.3.1	FANUC-6ME 机床数控系统的控制面板和机床操作面板	173
5.3.2	操作方法	176
5.4	典型零件的加工工艺及工艺文件的制订和程序的编制	187

5.4.1	零件的加工工艺设计	187
5.4.2	程序的编制	195
	习题	198
	思考题	198
第6章	数控脉冲电火花线切割加工工艺与操作方法	201
6.1	概述	201
6.1.1	工作原理与特点	201
6.1.2	电火花线切割机床的基本结构	202
6.1.3	机床型号和技术参数	203
6.2	工艺参数的选用及其对加工质量的影响	204
6.2.1	切割加工的主要工艺指标	204
6.2.2	工件的精确定位安装	204
6.2.3	工具电极丝的选择及定位	204
6.2.4	加工工艺参数的选用	205
6.3	线切割机床的基本操作要领	209
6.3.1	控制和操作面板	209
6.3.2	线切割加工的操作步骤	210
6.3.3	典型零件的加工工艺与参数选择	212
6.3.4	故障分析与维护保养	214
6.4	工艺程序的编制	216
6.4.1	五指令 3B 程序格式	216
6.4.2	编程方法	218
6.5	五指令 3B 代码程序格式与 ISO 代码程序格式间的转换	225
6.5.1	3B 代码程序的直接输入和转换	225
6.5.2	ISO 代码程序的转换和输出	226
6.6	图标命令工艺程序的编制方法和切割操作工艺	226
6.6.1	编程及其操作方法	226
6.6.2	模拟切割和切割加工	228
	习题	229
	思考题	231
	参考文献	237

第1章 绪论

1.1 数控加工技术发展概况

随着社会需求的演变,销售市场对产品多样性、多品种和多规格的要求,制造企业势必力求使自己生产的产品,更新换代快、低成本、高生产率和高质量,以便满足市场的需求。

1.1.1 数控机床的加工过程

凭借科技的迅速发展,传统加工方法与生产模式不断发展并创新,涌现出新的先进生产模式和制造工艺,数控技术和数控机床也应时而生。

所谓数控,即数字控制(Numerical Control),利用数字指令对机械运动件的动作进行控制。所以,数控机床(Numerically Controlled Machine Tools)都是由数字指令实行控制的机床,其切削运动和辅助运动,都由输入数控装置的数字信息来控制 and 操纵的。图 1.1 为数控机床的加工工艺过程,其基本操作过程如下:

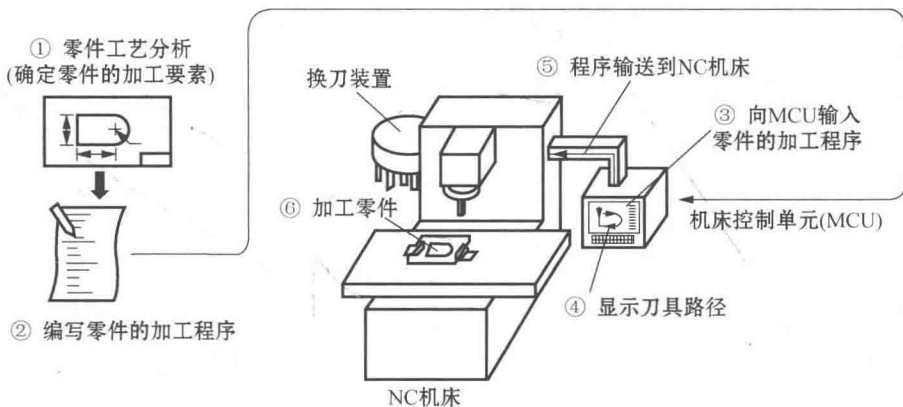


图 1.1 数控机床的加工工艺过程

1.1.1.1 读图:充分理解零件制造图的设计要求和加工特点,进行详细的逐项工艺分析,切实理解并掌握其尺寸精度、形位公差、表面粗糙度和机械性能等各方面的工艺要求。然后,确定其在现有加工条件下的具体加工方案、各项工艺参数和相应的调整数据。

1.1.1.2 编程:根据机床使用说明书规定的程序代码,即准备功能 G 指令和辅助功能 M 指令,及其相应的编程格式,手工编写该零件的加工程序单;或由自动编程软件编制

零件加工程序。

1.1.1.3 程序的输入:手工编程时,可由数控机床上的操作面板手工输入加工程序;自动编程时,由编程计算机通过其串行通信接口或通过其直接数控系统(Direct Numerical Control,DNC),将编程结果经网络电缆直接传送到机床的数控装置(Control Unit Of Machine Tool,MCU)中,而节省了程序输入的工作量。

1.1.1.4 试运行:起动机床,按所输入的加工程序,进行空行程试运行,并在 CRT(Charactron Tube,字码管)显示屏上,生成刀具运行路径,必要时,作适当修正。

1.1.1.5 生产加工:按修正后的正确程序,操纵机床进行运行,完成零件加工的整个过程。

1.1.2 数控机床的加工特点

与传统的通用普通机床相比,数控机床加工具有下列特点:

1.1.2.1 可以加工形状复杂的特种曲面工件。数控机床可以完成普通机床难以完成的复杂曲面零件的加工,如整体结构的变截面大梁、船体龙骨和复杂模具等的加工,因此,在宇航、造船、模具等加工业中,普遍采用数控机床。

1.1.2.2 加工精度高,产品质量稳定。数控机床按照预定的加工程序自动进行加工,工件的加工精度全由数控机床保证,消除了操作者的人为误差;还由于数控加工都采用了工序集中方式,减少了工件经多次装夹对加工精度的影响,所以工件的加工精度高、尺寸一致性好,产品质量稳定。

1.1.2.3 生产率高。数控机床主轴转速和进给量的调节范围大,可以按工件选择最适宜的切削用量,也可采用高速切削和强力切削,从而显著缩短了加工时间;在定位和调整运动时,均可选用减速或加速,而缩短了辅助时间;由于数控加工的工序集中,在一台机床上只需一次装夹就能完成多道工序的并行或顺序连续加工,节省了工序间的周转时间,显著提高了生产率。

1.1.2.4 改善了劳动条件。数控机床操作者的岗位任务,主要是输入加工程序、装卸工件、准备刀具夹具、观察加工过程、检验成品等。机床的加工过程都按所输入的程序自动完成,不需要人工操纵,大大降低了机床操作者的劳动强度;此外,机床加工时,是在全封闭状态下工作的,既安全,又清洁。

1.1.2.5 易于实现生产管理现代化。数控机床加工工件时,可预先准确估计出所需的加工时间,且其所用刀具和夹具,都可实行规范化、标准化和现代化管理模式。由于数控机床都用数字和标准代码作为控制信息,从而易于建立起标准化信息系统和多系统共用平台,通过网络化与其他相关设备结合,构成和建立起计算机辅助设计与制造(CAD/CAM)、柔性制造系统(Flexible Manufacturing System,FMS)(见图 1.2)和计算机集成制造系统(Computer Integrated Manufacturing System,CIMS)(见图 1.3、图 1.4),企业的生产制造、经营活动全部信息都进入覆盖整个企业的计算机信息网络数据库,实现生产制造过程和经营管理过程的现代化自动管理。例如法那科(Fanuc)公司的一条柔性制造系统生产线,由 60 台数控机床、52 位机器人、两台自动搬运车、一个自动化仓库组成,每月能够生产伺服电动机 10 000 台。

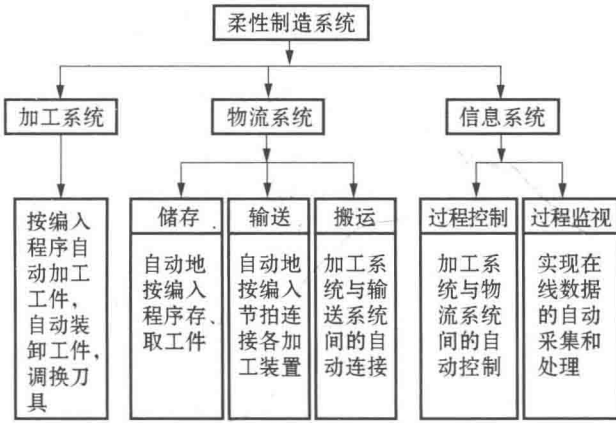


图 1.2 柔性制造系统的组成



图 1.3 计算机集成制造系统的功能

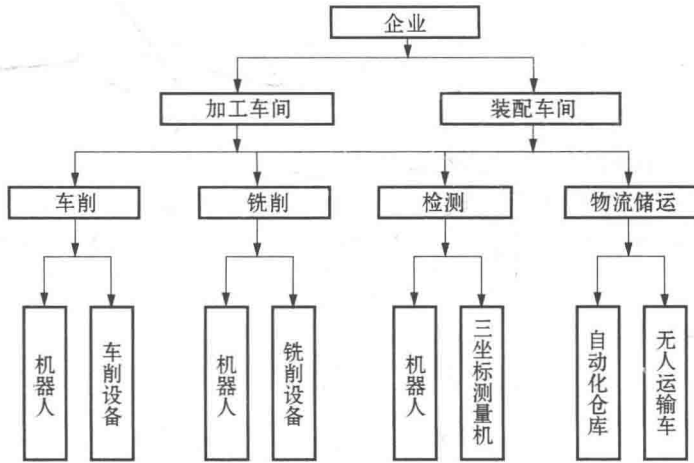


图 1.4 计算机集成制造系统的组成

1.1.3 数控机床的适用范围

数控机床是一种机电一体化的高度自动化机床,技术含量高、成本大,价格贵,日常维修保养费用高,对机床的管理者和操作者的工艺水平与技术素养,也有较高的要求。因此,应从技术经济核算的最佳方案出发,适当地选用数控机床,才能保证企业获得最佳的技术经济效益。其适用范围,大致归纳如下:

1.1.3.1 多品种、小批量、生产周期短,又需频繁改型的零件。

1.1.3.2 零件结构复杂、精度高、价格贵,又需结构一致性很高的零件。

图 1.5 为普通机床、数控机床和专用机床,加工各种批量工件时所耗费用的函数关系图。图 1.6 为加工件的结构复杂程度和批量大小,与最适宜选用的机床类别间的关系。

由此可知,数控机床与普通机床和专用机床的关系,绝非新旧交替、更新换代之意,而是各取所长、相辅相成,在不同生产条件下,可选用最适宜的关系,从而为企业获取生产上的最佳技术经济指标。

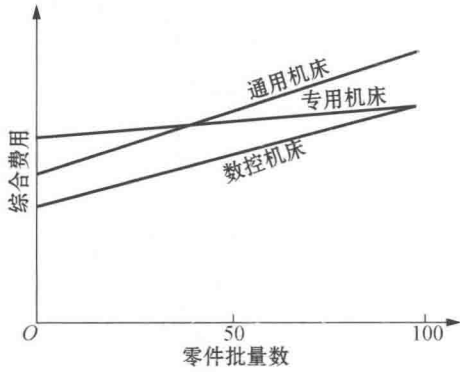


图 1.5 各类机床在不同批量下加工费用

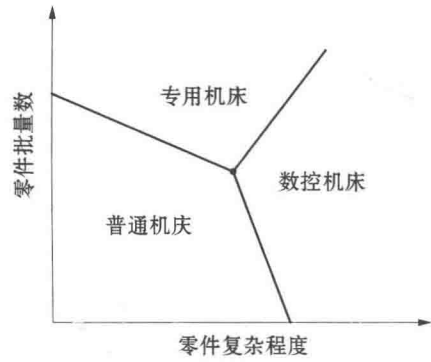


图 1.6 按工件结构复杂程度和批量选用机床

1.1.4 数控加工技术的发展

20 世纪中叶正是信息科学萌发的时代,工业企业由机械化时代,开始进入信息化产业的时期。任务的需要,推动着科学与技术的创新与拓展,早期计算机的运算速度低,不能适应机床加工过程的实时控制要求。1952 年,帕森斯(Parsons)公司与麻省理工学院(Massachusetts Institute of Technology, MIT)联合研制成第一台全电子管三坐标立式数控铣床。我国于 1958 年开始研究数控加工技术和数控机床。随着电子元器件的发展,1959 年出现了全晶体管数控机床,1965 年诞生了集成电路数控机床。所以,这一时期习惯上称为数控(NC, Numerical Control)时期;直至 1970 年以后,随着小型计算机的出现,运算速度大幅提高,从而成为机床数控系统的核心部件,由此开始进入计算机数控(CNC, Computer Numerical Control)时期。1971 年,Intel 公司把计算机的两个核心部件,运算器和控制器集成在一块芯片上,创制了计算机的中央处理单元(CPU, Central Processing unit)即微处理器(Micro Processor)。20 世纪 90 年代起,微机即 PC(Personal Computer)机成为机床数控系统的核心部件,即当今广泛使用着的微机数控系统。因此,这一时期,就称为计算机或电脑数控时期,即 1970 年开始的小型计算机数控机床,1974 年开始的微型计算机(微处理器)数控机床,至 1990 年开始的微机(PC 机)数控机床。

随着微电子技术和计算机科学的发展,数控技术也迅速发展,使数控加工在制造领域的重要性日益显现。数控机床是机电一体化的典型结构,数控加工是机械化和信息化的结合及其综合应用,是机械制造的先进加工技术,其广泛应用必将给机械制造业的生产方式、产品结构和产业结构,带来深刻变化,使制造业能在多品种、多规格、小批量生产条件下,实现自动化、柔性化和集成化生产,必将为制造业和国民经济创造显著的社会经济效益。

1.2 数控机床的分类和选用

数控机床种类繁多,用途各异,使用时,应按其技术经济指标正确选择。

1.2.1 按控制系统的功能特点分类

1.2.1.1 点位控制数控机床。点位控制数控机床的特点,是只要求刀具相对于工件上从一点移动到另一点精确定位,而对于该两点间的移动轨迹未作规定。各坐标轴的运动也没有要求。在移动和定位过程中,不进行加工。为了实现快速而正确的定位,通常先快速移动,当接近终点时再减速,慢慢接近以确保定位精度。

具有这种功能的机床,有数控钻床、数控冲床、数控镗床、数控点焊机、数控折边机等。其数控系统称为点位控制数控装置。

1.2.1.2 直线控制数控机床。直线控制数控机床的特点,是不仅具有精确的定位功能,还能实现平行于坐标轴方向,单轴或两轴同时移动构成斜线方向的直线切削加工,如图 1.7(b)所示为直线控制数控机床的加工方式。与点位控制数控机床相比,直线控制数控机床扩大了加工工艺范围。

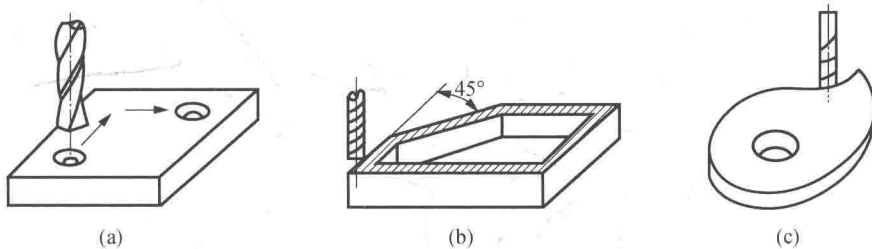


图 1.7 按数控系统功能特点分类的各型数控机床

(a) 点位控制数控机床 (b) 直线控制数控机床 (c) 轮廓控制数控机床

这类数控机床有简易数控机床、数控铣床、加工中心和数控磨床、数控镗床等。其所用数控系统称为直线控制数控装置。

1.2.1.3 轮廓控制数控机床。轮廓控制数控机床的特点,是能够对两个或两个以上的联动坐标轴,进行连续的切削加工控制。它不仅能控制机床运动部件的起始点和终点坐标,还能按需要严格控制刀具移动的轨迹,以加工出任意斜线、圆弧、抛物线及其他各种函数曲线或曲面,如图 1.7(c)所示。

属于这类数控机床的有数控车床、数控铣床、数控磨床、数控电火花线切割机床和加工中心等。其相应的数控系统,称为轮廓控制数控装置。

1.2.2 按伺服控制方式分类

1.2.2.1 开环控制数控机床。开环控制系统是指不带进给检测与反馈装置,常使用步进电机为伺服驱动电机的机床。输入的数据经过数控系统的运算,发出进给指令脉冲信号,通过脉冲分配器驱动电路,使步进电机转过相应的步距角,再经过齿轮减速装置,带动丝杆旋转,由丝杆-螺母机构转换为进给部件的直线位移。移动部件的移动速度与位移量,是由脉冲频率和脉冲数决定的(见图 1.8)。

这类机床结构简单,工作稳定,反应迅速,调试方便,维修简单,价格低廉。其精度主要取决于伺服驱动系统的性能。所以在精度和速度要求不高,驱动力矩不大的场合,应用较多。

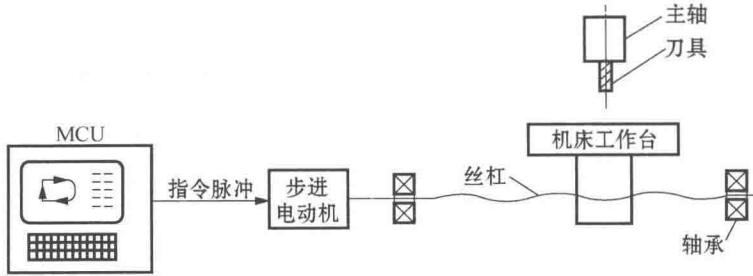


图 1.8 开环控制系统的工作原理

1.2.2.2 半闭环控制数控机床。在开环控制系统的伺服电机端部或丝杠上,装有角位移测量装置,通过检测丝杠的转角,间接地检测出进给部件的位移,然后反馈到数控装置中去,而不是检测工作台的实际位移或位置,所以机床大部分部件未包括在检测范围内,如进给丝杠的螺距累积误差、齿轮和同步带轮引起的误差等。因此,其结构简单,性能稳定。而机械传动环节的系统误差,可由误差补偿方法予以消除。因此,仍可获得满意的精度,目前大部分数控机床都采用半闭环控制装置。图 1.9 为半闭环控制系统的工作原理。

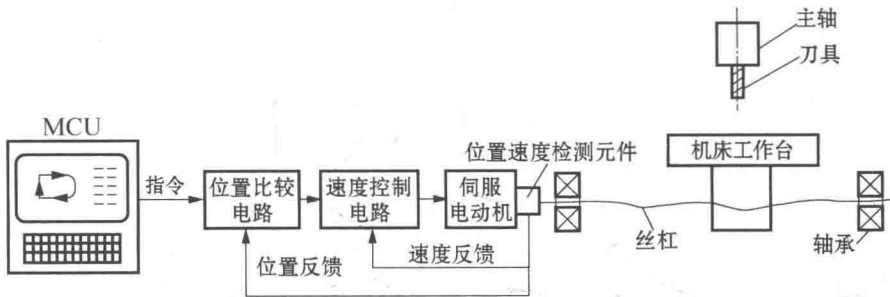


图 1.9 半闭环控制系统的工作原理

1.2.2.3 闭环控制数控机床。图 1.10 为闭环控制数控机床的控制系统工作原理,装在工作台一侧的检测装置,将加工过程中的工作台实际位移量,反馈给 CNC 装置,与位置指令进行比较并纠正,直至将误差值消除为止。由此可知,闭环控制系统可以消除机床整个传动系统的各种误差和工件加工过程中的随机误差,从而使加工精度大大提高;而速度检测装置的作用,是将伺服电机的实际转速转换成电信号,反馈给速度控制电路进行比较并纠正,以保证伺服电机的转速恒定不变。

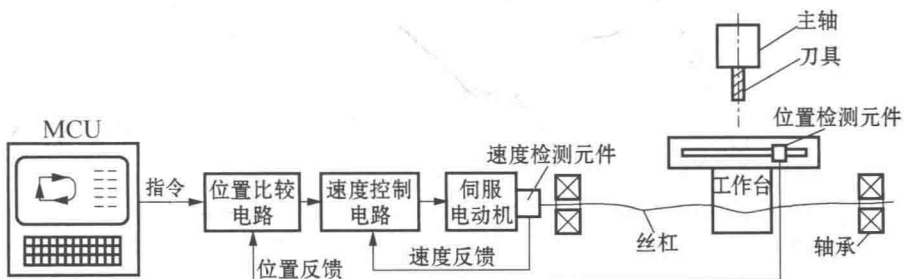


图 1.10 闭环控制系统的工作原理