



技能型人才培养教材

数控加工工艺 编程与操作实训

SHUKONG JIAGONG GONGYI BIANCHENG
YU CAOZUO SHIXUN

刘春利 罗云龙 主编



技能型人才培养教材

数控加工工艺 编程与操作实训

主 编 刘春利 罗云龙
副主编 弋晓康 陈 谔 刘胜永
参 编 马红英 李锦云 范庆林
 张文灼 李 宾 刘战涛
主 审 吴立勋



机械工业出版社

本教材以数控机床加工工艺、编程与操作实训为核心内容,基于目前学校和企业中广泛使用的 FANUC 数控系统,详细介绍了数控加工工艺方案设计、数控加工工艺参数的选择、数控加工程序编制、数控机床基本操作、数控机床自动编程软件和仿真软件的使用等。本教材还介绍了许多数控加工工艺编制诀窍、实用的数控编程技巧和数控机床操作技巧。本教材每章前设有学习目标,便于读者学习和掌握重点、难点;每章后设有思考练习题,便于读者归纳和总结。

本教材既可作为本科院校机电类专业和职业院校数控技术、机电一体化等专业的教材,也可作为数控加工人员岗位培训的实训指导书。

图书在版编目(CIP)数据

数控加工工艺编程与操作实训/刘春利,罗云龙主编.

—北京:机械工业出版社,2016.4

ISBN 978-7-111-53293-4

I.①数… II.①刘…②罗… III.①数控机床-加工
②数控机床-程序设计 IV.①TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 058281 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:赵磊磊 责任编辑:赵磊磊 宋亚东

责任校对:刘怡丹 刘 岚 封面设计:陈 沛

责任印制:常天培

北京京丰印刷厂印刷

2016 年 4 月第 1 版第 1 次印刷

184mm×260mm·15.25 印张·371 千字

0 001—3 000 册

标准书号:ISBN 978-7-111-53293-4

定价:35.00 元

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

服务咨询热线:010-88379833 机工官网:www.cmpbook.com

读者购书热线:010-88379469 机工官博:weibo.com/cmp1952

教育服务网:www.cmpedu.com

封面无防伪标均为盗版

金书网:www.golden-book.com

前 言

近年来,汽车、家电等产业的迅速发展,给我国制造业带来了前所未有的发展机遇,也带来了巨大的挑战。加快数控技术专业技能型人才的培养,已成为我国职业教育的重要任务。培养数控技术专业技能型人才,重在加强实践性教学环节,提高学生的动手能力。

本教材以“重视理论知识,提高动手能力”为宗旨,以数控机床加工工艺、编程与操作实训为核心内容,基于目前学校和企业中广泛使用的 FANUC 数控系统,详细介绍了数控加工工艺方案设计、数控加工工艺参数的选择、数控加工程序编制、数控机床基本操作、数控机床自动编程软件和仿真软件的使用等。

本教材将编程与操作实训紧密结合,强调内容的实用性、实践性和先进性,对所给程序段进行了必要、详细、清晰的注释说明,便于学生理解和学习。本教材根据技能型人才培养的需要和科学技术的发展,注重实际操作能力的培养。本教材编写的教学内容理论与实践衔接为一体,每个章节把理论知识和专业技能有机地融合为一体。本教材与职业技能鉴定要求相衔接,并以附录的形式给出了针对相关职业技能鉴定考核的实训练习题。本教材介绍了编者在生产和教学实践中积累的诸多数控加工工艺诀窍、实用的数控编程技巧和数控机床操作技巧。本教材内容丰富,简洁明了,图文并茂,通俗易懂。每章前设有学习目标,便于读者学习和掌握重点、难点;每章后设有思考练习题,便于读者归纳和总结。

本教材由河北师范大学职业技术学院刘春利、罗云龙任主编,塔里木大学机械电气化工程学院弋晓康、石家庄工程技术学校陈谡、河北师范大学职业技术学院刘胜永任副主编。具体编写分工如下:石家庄工程技术学校李锦云、河北师范大学职业技术学院刘胜永编写第1章,石家庄职业技术学院马红英、石家庄工程技术学校陈谡编写第2章,弋晓康编写第3章,弋晓康、刘春利编写第4章,刘春利、罗云龙编写第5章,石家庄科技信息职业学院刘战涛、石家庄工程技术学校陈谡编写第6章,河北工业职业技术学院张文灼编写第7章,石家庄信息工程职业学院李宾编写第8章,河北师范大学职业技术学院范庆林、刘胜永编写附录。全书由刘春利、罗云龙负责统稿与定稿,河北师范大学职业技术学院吴立勋担任主审。

在本教材编写过程中参阅了大量相关文献与资料,在此向有关作者表示感谢。

由于编写水平有限,书中难免有不足之处,敬请各位读者批评指正、不吝赐教。

编 者

目 录

前言

第1章 数控加工工艺基础	1
1.1 数控机床概述	1
1.1.1 数控机床的产生与发展	1
1.1.2 数控机床的组成及加工原理	2
1.1.3 数控机床的分类方法	4
1.1.4 数控机床的应用范围及特点	5
1.1.5 数控机床安全操作规程及日常维护	6
1.2 数控加工工艺概述	7
1.2.1 数控加工工艺的基本特点	8
1.2.2 数控加工工艺的主要内容	8
1.2.3 数控机床的合理选用	9
1.3 数控加工工艺分析与工艺设计	9
1.3.1 数控加工工艺分析	9
1.3.2 数控加工工艺设计	11
1.3.3 数控编程中的数值处理	23
1.3.4 数控加工工艺守则	26
1.3.5 数控加工工艺文件的编制	26
思考练习题	28
第2章 数控编程基础知识	29
2.1 数控编程概述	29
2.1.1 数控的基本概念	29
2.1.2 程序编制的内容	29
2.1.3 数控编程方法简介	30
2.2 数控编程几何基础	32
2.2.1 数控机床的坐标系及运动方向	32
2.2.2 数控编程的特征点	35
2.3 数控加工程序的结构与格式	36
2.3.1 零件加工程序的组成	36
2.3.2 程序正文结构	37
2.3.3 程序段格式	38
2.4 FANUC 系统编程基本指令	38
2.4.1 FANUC 数控系统的介绍	38
2.4.2 准备功能指令	39
2.4.3 辅助功能指令	45
2.4.4 其他功能指令	46
思考练习题	46

第3章 数控车床加工工艺与程序编制	47
3.1 数控车床加工工艺概述	47
3.1.1 数控车床加工工艺特点	47
3.1.2 数控车床加工工艺主要内容	48
3.1.3 零件图的数控加工工艺分析	49
3.1.4 图样分析	50
3.2 编程坐标系与数值计算	52
3.3 加工路线的选择与优化	53
3.4 加工刀具的选用与工件装夹	54
3.4.1 数控车削刀具的介绍与选用	54
3.4.2 数控车床零件的装夹	58
3.5 典型零件的数控车削工艺分析	60
3.5.1 轴类零件数控车削加工工艺分析	60
3.5.2 套类零件数控车削加工工艺分析	61
3.5.3 盘类零件数控车削加工工艺分析	64
3.6 数控车床的基本编程	65
3.6.1 准备功能指令	65
3.6.2 辅助功能指令	67
3.6.3 其他功能指令	67
3.6.4 一般移动指令	68
3.6.5 与坐标系相关的功能指令	72
3.6.6 内外圆加工单一固定循环指令	74
3.7 复合固定循环	77
3.7.1 内外圆复合固定循环	77
3.7.2 切槽用复合固定循环	80
3.7.3 复合固定循环加工编程实例	84
3.8 螺纹加工及其固定循环	86
3.8.1 普通螺纹的加工工艺	86
3.8.2 螺纹切削指令 (G32、G34)	91
3.8.3 螺纹切削单一固定循环 (G92)	94
3.8.4 螺纹切削复合固定循环 (G76)	96
3.8.5 螺纹与外形加工综合实例	100
3.9 刀尖圆弧半径补偿 (G40、G41、G42)	103
3.9.1 刀具偏移补偿	103
3.9.2 刀尖圆弧半径补偿应用	105
3.10 子程序	110
3.10.1 子程序的概念	110
3.10.2 子程序的调用	111
3.10.3 子程序调用编程实例	112
3.10.4 编写子程序时的注意事项	113
思考练习题	114
第4章 数控铣床 (加工中心) 加工工艺与程序编制	117
4.1 数控铣床 (加工中心) 加工工艺概述	117

4.1.1 数控铣床(加工中心)的特点	117
4.1.2 数控铣床(加工中心)使用的刀具及工艺特点	119
4.1.3 加工工艺分析	131
4.2 数控铣床(加工中心)基本指令	133
4.2.1 准备功能	134
4.2.2 辅助功能	135
4.2.3 其他功能指令	135
4.2.4 编程注意事项	136
4.2.5 一般移动指令	138
4.2.6 与参考点相关的功能指令	141
4.3 固定循环功能	143
4.3.1 固定循环的基本动作和格式	143
4.3.2 固定循环指令介绍	145
4.3.3 固定循环的重复使用	148
4.3.4 固定循环功能综合应用实例	149
4.4 刀具补偿指令	151
4.4.1 刀具半径补偿(G40、G41、G42)	151
4.4.2 刀具长度补偿(G43、G44、G49)	155
4.5 子程序	158
思考练习题	159
第5章 宏程序及其应用	161
5.1 FANUC Oi 系统 B 类宏程序基础知识	161
5.1.1 宏程序的概念	161
5.1.2 变量	161
5.1.3 算术和逻辑运算	163
5.1.4 控制语句	164
5.1.5 宏程序调用	166
5.1.6 宏程序语句的处理	168
5.1.7 宏程序的使用限制	168
5.2 FANUC Oi 系统 B 类宏程序应用实例	169
5.2.1 椭圆轮廓的铣削加工	169
5.2.2 方程曲线轮廓的数控车削精加工	172
5.2.3 椭圆轮廓的数控车削粗、精加工	173
5.2.4 螺纹铣削加工	175
5.2.5 外球面粗、精加工	176
思考练习题	179
第6章 数控机床的操作	182
6.1 FANUC 系统数控车床的操作	182
6.1.1 控制面板按钮及功能介绍	182
6.1.2 机床的基本操作	185
6.1.3 程序的编辑	185
6.1.4 对刀及刀具补偿	188
6.1.5 机床试运行和自动加工	190

6.2 FANUC 系统数控铣床(加工中心)的操作	192
6.2.1 系统操作面板及概念介绍	192
6.2.2 机床的基本操作	195
6.2.3 工件坐标系的建立及对刀	196
6.2.4 刀具补偿设定操作	199
思考练习题	199
第7章 数控机床自动编程	200
7.1 自动编程软件的优点及操作步骤	200
7.1.1 自动编程的定义及优点	200
7.1.2 自动编程的方法	200
7.1.3 自动编程操作步骤	200
7.1.4 自动编程软件介绍	201
7.2 CAXA 数控车自动编程软件及编程实例	202
7.2.1 CAXA 数控车介绍	202
7.2.2 CAXA 数控车自动编程实例	203
7.3 UG 数控铣(加工中心)自动编程软件及编程实例	206
7.3.1 UG 数控铣(加工中心)介绍	206
7.3.2 UG 数控铣(加工中心)自动编程实例	207
思考练习题	210
第8章 数控机床仿真软件操作	211
8.1 数控机床仿真软件的介绍	211
8.2 宇龙数控仿真软件及应用实例	211
8.2.1 宇龙数控仿真软件功能特点及界面	211
8.2.2 宇龙数控仿真软件加工实例	213
8.3 CIMCO Edit 仿真软件及实例运用	217
8.3.1 CIMCO Edit 仿真软件简介	217
8.3.2 CIMCO Edit 软件加工实例	218
思考练习题	220
附录	221
附录 A 数控车工技能实训练习题	221
附录 B 数控铣工/加工中心操作工技能实训练习题	229
参考文献	233

第 1 章 数控加工工艺基础

【学习目标】

了解数控机床的组成和加工原理，掌握数控机床的分类方法，掌握数控机床安全操作规程及日常保养，掌握数控加工工艺的特点和内容，掌握数控加工零件的工艺分析及工艺设计，掌握编程中的数值处理，学会编制数控加工文件。

1.1 数控机床概述

1.1.1 数控机床的产生与发展

1. 数控技术与数控机床

数控即数字控制 (Numerical Control, NC)，数控技术即 NC 技术，是用数字化信号发出指令并控制机械执行预定动作的技术。计算机数控 (Computer Numerical Control, CNC) 是指计算机按照储存在计算机内读写存储器中的控制程序执行并实现数控装置的一部分或全部数控功能。采用数控技术实现数字控制的一整套装置和设备称为数控系统。

数控机床就是装备有数控系统，采用数字信息对机床运动及其加工过程进行自动控制的机床。它用输入专用或通用计算机中的数字信息来控制机床的运动，自动将零件加工出来。

采用数控机床加工零件时，只需要将零件图形和工艺参数、加工步骤等以数字信息的形式，编成程序代码并输入到机床控制系统中，再由数控装置对输入的程序代码进行运算处理后转换成驱动伺服机构的指令信号，从而控制机床各部件协调动作，自动完成零件的加工。

2. 数控机床的产生和发展

数控机床主要是为了实现复杂多变零件的自动化加工而产生的，数控机床的发展依赖于电子技术、计算机技术、自动控制和精密测量技术的发展。自 1952 年美国麻省理工学院研制成功第一台数控铣床以来，先后经历了第一代电子管 NC、第二代晶体管 NC、第三代小规模集成电路 NC、第四代小型计算机 CNC 和第五代微型机 MNC 数控系统五个发展阶段。前三代系统是 20 世纪 70 年代以前的早期数控系统，它们都是采用专用电子电路实现的硬接线数控系统，因此称为硬件式数控系统，也称为普通数控系统或 NC 数控系统。第四代和第五代系统是 20 世纪 70 年代中期开始发展起来的软件式数控系统，称为现代数控系统，也称为计算机数控系统或 CNC 系统。软件式数控系统是采用微处理器及大规模或超大规模集成电路组成的数控系统，它具有很强的程序储存能力和控制功能，这些控制功能是由一系列数控程序（驻留系统）来实现的。软件式数控系统通用性很强，几乎只需要改变软件，就可以适应不同类型机床的控制要求，具有很大的柔性。目前微型机数控系统几乎完全取代了以往的普通数控系统。

我国早在 1958 年就开始研制数控机床，但没有取得实质性的成果。20 世纪 70 年代初期，我国曾掀起研制数控机床的热潮，但当时的控制系统主要采用分立电子元器件，性能不

稳定,可靠性差,不能在生产中稳定可靠地使用。从1980年开始,北京机床研究所从日本引进了FANUC5、7、3、6数控系统,上海机床研究所引进了美国GE公司的MTC-1数控系统,辽宁精密仪器厂引进了美国Bendix公司的Dynaph LTD10数控系统。在引进、消化、吸收国外先进技术的基础上,北京机床研究所又开发出了BS03经济型数控系统和BS04全功能数控系统,航天部706所研制出了MNC864数控系统。目前我国已能批量生产和供应各类数控系统,并掌握了3~5轴联动、螺距误差补偿、图形显示和高精度伺服系统等多项关键技术,基本上能满足全国各机床厂的生产需要。

如今,数控机床已经在机械加工中占据非常重要的地位。随着新材料和新工艺的出现,对数控机床的要求越来越高,数控机床的发展趋势是高速化、高精度、工序集约化、机床智能化和微型化等。

1.1.2 数控机床的组成及加工原理

1. 数控机床的组成

数控机床主要由以下几部分组成,如图1-1所示。

(1) 控制介质与程序输入输出装置

控制介质是记录零件加工程序的载体,是人与机床建立联系的介质。程序输入输出装置是数控装置与外部设备进行信息交换的装置,作用是将记录在控制介质上的零件加工程序传递并存入数控系统内,或将调试好的零件加工程序通过输出装置存放或记录在相应的介质上。

(2) 数控装置 数控装置是数控机床的核心,包括微型计算机、各种接口电路、显示器等硬件及相应的软件。数控装置的作用是接受由输入设备输入的各种加工信息,经过编译、运算和逻辑处理后,输出各种控制信息和指令,控制机床各部分,使其按程序要求实现规定的有序运动和动作。

(3) 伺服驱动及位置检测装置 伺服系统是数控装置和机床的联系环节,包括进给伺服驱动装置和主轴伺服驱动装置。进给伺服驱动装置由进给控制单元、进给电动机和位置检测装置组成,并与机床上的执行部件和机械传动部件组成数控机床的进给系统。主轴伺服驱动装置由主轴驱动单元(主要是速度控制)和主轴电动机组成。

(4) 辅助控制及强电控制装置 辅助控制及强电控制装置的主要作用是接受数控装置输出的开关量指令信号,经过编译、逻辑判别和运算,再经功率放大后驱动相应的电器,带动机床的机械、液压、气动等辅助装置完成指令规定的开关动作。这些控制包括主轴运动部件的变速、换向和起动停止,刀具的选择和交换,冷却、润滑装置的起动停止,工件和机床部件的松开、夹紧,分度工作台转位分度等开关的辅助动作。

(5) 机床本体 机床本体是数控系统的控制对象,是实现零件加工的执行部件。机床本体主要由主运动机构(主轴、主运动传动机构)、进给运动机构(工作台、拖板以及相应

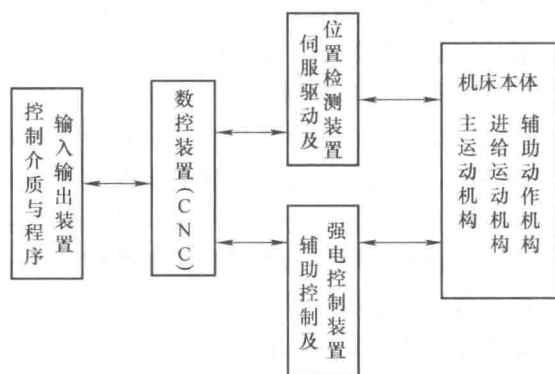


图 1-1 数控机床的组成

的传动机构)、支承件(立柱、床身等)以及特殊装置(自动换刀系统、工件自动交换系统)和辅助装置(如排屑装置等)组成。

与传统的普通机床相比,数控机床机械部件具有以下几个优点:

- 1) 采用了高性能的主轴及进给伺服驱动装置,机械传动装置得到简化,传动链较短。
- 2) 数控机床的机械结构具有较高的动态特性、动态刚性、阻尼精度、耐磨性以及抗热变性。
- 3) 较多地采用高效传动件,如滚珠丝杠螺母副、直线滚动导轨等。

2. 数控机床的加工原理

(1) 数控机床的加工过程(图1-2)

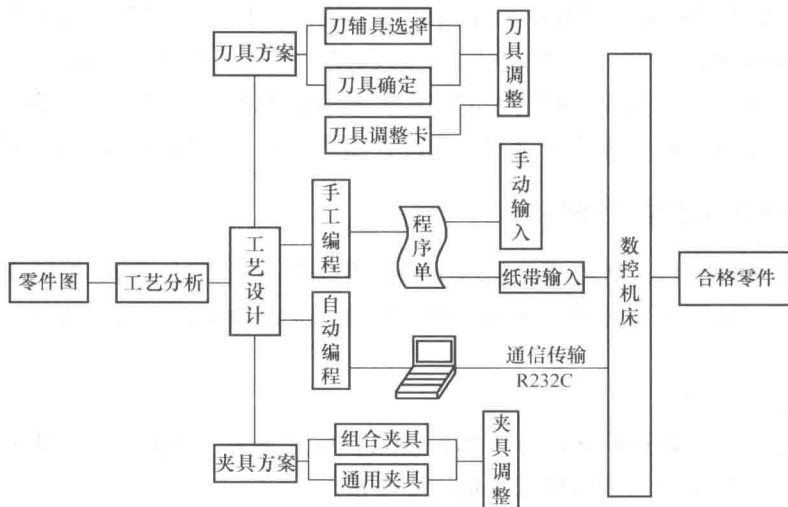


图1-2 数控加工过程

1) 根据加工零件的图样,确定加工工艺,根据加工工艺信息,用机床数控系统规定的代码和格式编写数控加工程序(对加工工艺过程的描述)。

2) 将加工程序储存在控制介质(穿孔带、磁带、磁盘等)上,通过信息载体将全部加工信息传给数控系统。若数控加工机床与计算机联网时,可直接将信息载入数控系统。

3) 数控装置将加工程序语句译码、运算,转换成驱动各运动部件的动作指令,在系统的统一协调下驱动各运动部件的实时运动,自动完成对工件的加工。

总之,数控机床就是将与加工零件有关的信息,用规定的文字、数字和符号组成的代码,按一定的格式编写成加工程序单,将加工程序通过控制介质输入到数控装置中,由数控装置经过分析处理后,发出各种与加工程序相对应的信号和指令控制机床进行自动加工。

(2) 数控转换与译码过程 CNC系统的数据转换过程如图1-3所示。

1) 译码。译码程序的主要功能是将用文本格式编写的零件加工程序,以程序段为单位转换成机器运算所要求的数据结构,该数据结构用来描述一个程序段解释后的数据信息。它主要包括X、Y、Z等坐标值,进给速度,主轴转速,G代码,M代码,刀具号,子程序处理和循环调用处理等数据或标志的存放顺序和格式。

2) 刀补运算。零件的加工程序一般是按零件轮廓和工艺要求的进给路线编制的,而数控机床在加工过程中所控制的是刀具中心的运动轨迹。不同的刀具,其几何参数也不相同。因此,在加工前必须将编程轨迹变换成刀具中心的轨迹,这样才能加工出符合要求的零件。

刀补运算就是完成这种转换的处理程序。

3) 插补计算。数控程序提供了刀具运动的起点、终点和运动轨迹,而刀具怎么从起点沿运动轨迹走向终点,则由数控系统的插补计算装置或插补计算程序来控制。插补计算的任务就是要根据进给的要求,在轮廓起点和终点之间计算出中间点的坐标值,把这种实时计算出的各个进给轴的位移指令输入伺服系统,实现成形运动。

4) PLC 控制。CNC 系统对机床的控制分为“轨迹控制”和“逻辑控制”。前者是对各坐标轴的位置和速度的控制,后者是对主轴的起停、换向,刀具的更换,工件的夹紧与松开,冷却、润滑系统的运行等进行的控制。这种逻辑控制通常以 CNC 内部和机床各行程开关、传感器、继电器、按钮等开关信号为条件,由可编程控制器(PLC)来实现。



图 1-3 CNC 系统的数据转换过程

1.1.3 数控机床的分类方法

随着数控技术的发展,数控机床的种类和规格越来越多,对当前数控机床如何分类,国家尚无统一标准。为了便于理解和分析,根据数控机床的功能和组成,按以下四种分类方法进行分。

1. 按工艺用途分类

按工艺用途分类,数控机床可分为数控钻床、数控车床、数控铣床、加工中心、数控磨床、数控雕刻机床等金属切削类机床,如图 1-4 所示。

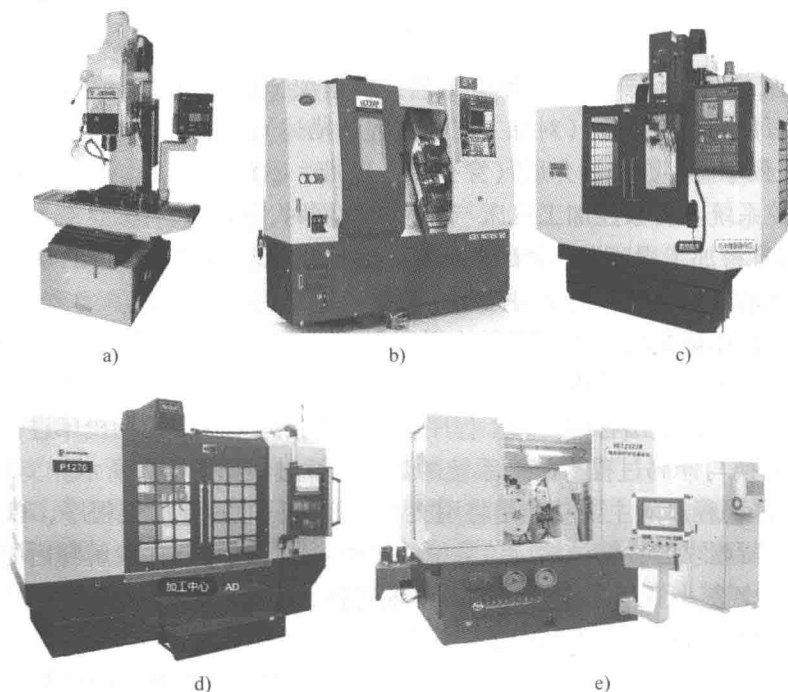


图 1-4 常用数控机床

a) 数控钻床 b) 数控车床 c) 数控铣床 d) 加工中心 e) 数控磨床

2. 按控制运动轨迹分类

按控制运动轨迹分类，常常将数控机床分为点位控制数控机床和轮廓控制数控机床。

(1) 点位控制 (Position Control) 数控机床 点位控制数控机床的特点是机床的运动部件只能够实现从一个位置到另一个位置的精确定位，在运动和定位过程中不进行任何加工工序。最典型的点位控制数控机床有数控钻床、数控坐标镗床、数控点焊机和数控弯管机等。

(2) 轮廓控制 (Contour Control) 数控机床 轮廓控制数控机床能够对两个或两个以上的坐标轴同时进行控制，它不仅能控制机床移动部件的起点与终点坐标值，而且能够控制整个加工过程中每一个点的速度与位移量，既要控制加工轨迹，又要加工出符合要求的轮廓。数控车床、数控铣床、数控磨床和各类数控线切割机床是典型的轮廓控制数控机床。

3. 按系统控制方式分类

数控机床按照被控量有无检测反馈装置可分为开环控制系统、半闭环控制系统和闭环控制系统三种。

4. 按数控系统的功能水平分类

按机床数控系统功能水平的不同，在我国通常分为低档、中档和高档数控机床。数控系统功能水平评定指标见表 1-1。

表 1-1 数控系统功能水平评定指标

功能水平	低档	中档	高档
分辨率/ μm	10	1	0.1
进给速度/(m/min)	<15	15~24	>24
联动轴数	2~3 轴	2~4 轴	5 轴或 5 轴以上
伺服类型	步进电动机，开环控制	直、交流伺服电动机，半闭环控制	直、交流伺服电动机，闭环控制
通信能力	无	RS232 或 DNC	RS232、DNC、MAP
主 CPU	8 位	16 位或 32 位	32 位及以上
显示功能	数码管或简单显示器	图形显示器及人机对话功能	三维图显、图形编程、自诊断

1.1.4 数控机床的应用范围及特点

1. 数控机床的应用范围

数控机床具有普通机床不具备的许多优点。随着数控技术的不断发展和提高，数控机床的应用范围也在不断扩大。尽管如此，由于经济、价格、技术等方面原因，目前数控机床还不能完全代替普通机床。数控机床比较适宜加工以下类型零件：

- 1) 单件及批量小而又多次重复生产的零件。
- 2) 几何形状复杂、加工精度要求较高的零件。
- 3) 价格昂贵的零件。
- 4) 需要频繁改型设计的零件。
- 5) 生产周期短的急需零件。
- 6) 需要进行多工序加工的零件。

2. 数控机床的加工特点

数控机床是生产工艺过程自动化的重要设备，与传统的加工方法相比，数控机床有如下

特点:

- 1) 适应性强, 特别适合单件小批量复杂零件的加工。
- 2) 零件加工精度高, 产品质量稳定。
- 3) 自动化程度高, 劳动条件好。
- 4) 生产准备周期短。
- 5) 加工生产率高, 经济效益好。
- 6) 易于建立计算机通信网络, 有利于实现生产管理现代化。
- 7) 设备投资大, 使用费用高。
- 8) 生产准备工作复杂, 对操作者的技能水平和管理人员的素质要求较高。
- 9) 设备维护修理困难, 修理成本高。

1.1.5 数控机床安全操作规程及日常维护

1. 数控机床安全操作规程

(1) 一般注意事项

- 1) 操作人员必须穿戴好工作服、工作帽与安全鞋。不得穿戴有危险性的服饰。
- 2) 机床周围环境要经常清理, 保持整洁。
- 3) 机床和控制面板应保持清洁, 不得取下防护罩而开动机床。经常清洁过滤器、风道及冷却风扇等通风散热处。

4) 经常检查主轴箱与伺服单元各部位紧固螺钉及紧固件是否松动; 检查系统内外电缆及接插件, 要完好不得松动; 各限位开关与挡块等不得松动或移位。

(2) 机床起动时的注意事项

- 1) 熟悉机床紧急停机的方法与机床的操作顺序。
 - 2) 安装好刀具与工件后, 要对各坐标数据和夹紧状况进行复查, 以防止发生碰撞事故。
 - 3) 确认运转程序与刀具加工顺序一致。
 - 4) 检查润滑油箱、齿轮箱内油量情况。
 - 5) 检查尾座、刀架和工作台等, 应该停放在合理位置。
- 在完成上述各项检查, 并确定准确无误后, 方可起动机床。

(3) 调整程序时的注意事项

- 1) 检查所选刀具, 确保使用刀具与程序刀具一致。
- 2) 不得进行超过机床加工能力的作业。
- 3) 要在机床停机状态下进行刀具调整和内部清理。
- 4) 确认刀具在换刀过程中不与其他部位发生碰撞。
- 5) 用过的刀具或工具不得放在机床工作台上, 尤其不能放在导轨上。
- 6) 调整好程序后, 必须再次检查。确认无误后, 方可实施加工。

(4) 机床运转中的注意事项

1) 机床起动后, 在自动连续运转前, 必须先监视其运转状态的平稳性、有无异常。对试加工样件更要注意, 右(左)手控制修调开关, 以控制机床运行速率, 如发现问题应及时按下程序停止按钮, 以确保加工安全, 绝不允许随意离开岗位。

2) 确认切削液输出通畅, 流量充足, 浇注位置正确。

3) 机床运转时, 不得进入机床进行测量、调整、清理及擦拭等工作, 这些操作必须停机进行。

4) 手不得靠近旋转的刀具或工件。

(5) 出现故障时的注意事项 发生故障时, 除非故障危及人身安全需要紧急断电, 否则不要立即关断整机电源, 而是应按下急停按钮, 系统在不断电的情况下, 保留故障现场, 从而保留 CNC 自诊断的内容以供分析。注意记录显示器上显示的故障出现时的工作方式、运转状况、坐标位置、程序段、报警信息以及各种误差检查结果等。

2. 数控机床的日常维护

1) 按机床和系统使用说明书的要求正确、合理地使用设备。并按要求进行日常维护工作, 有些部位需要每天清理, 有些部件需要定时加油和定期更换。

2) 防止数控装置过热。应经常检查数控装置上各冷却系统的工作是否正常。根据车间环境状况, 每半年或者一个季度检查清扫一次。

3) 定时监控数控系统的电网电压。数控系统允许的电网电压范围一般在额定值的 85% ~ 110%。如果超出此范围, 会造成重要电子元件损坏。因此, 要经常注意电网电压的波动。

4) 定期检查和更换直流电动机电刷。数控车床、数控铣床、加工中心等应每年检查一次。

5) 防止灰尘进入数控装置内。除了进行必要的检修外, 应尽量减少开电气柜门的次数。对电火花加工数控装备, 更应注意防止外部金属粉尘进入电气柜内部。

6) 存储器用电池应定期检查和更换。数控装置中部分 COMS 存储器中的数据在断电时靠电池供电保持, 当电池电压下降至一定值时就会造成数据丢失。因此, 当出现电池电压报警时, 应及时更换电池。更换电池时一般要在数控系统通电状态下进行, 这样才不会造成数据丢失。

7) 数控系统长期不用时的维护。当数控机床长期闲置不用时, 也应定期对数控系统进行维护保养。应经常给数控系统通电, 并让机床各转动、移动部件空运行一定时间。在空气湿度很大的雨季应天天通电, 利用电子元件本身发出的热量驱走电气柜内的潮气, 保证电子元件的性能稳定可靠。

8) 数控系统及机床的维护保养还应按机床自身的特殊要求进行。

1.2 数控加工工艺概述

合理确定数控加工工艺对实现优质、高效和经济的数控加工具有极为重要的作用。其内容包括选择合适的机床、刀具、夹具、加工路线及切削用量等, 只有选择合适的工艺参数及切削策略, 才能获得较理想的加工效果。从加工的角度看, 数控加工技术主要是围绕加工方法与工艺参数的合理确定及有关其实现的理论与技术。数控加工通过计算机控制刀具做精确的切削加工运动, 是完全建立在复杂的数值运算之上的, 能实现传统的机加工无法实现的合理、完整的工艺规划。

1.2.1 数控加工工艺的基本特点

数控加工工艺问题的处理与普通加工工艺基本相同,当设计零件的数控加工工艺时,首先要遵循普通加工工艺的基本原则和方法,同时还必须考虑数控加工本身的特点和零件编程的要求。以下为数控加工工艺的基本特点。

1. 内容明确而具体

数控加工工艺与普通加工工艺相比,在工艺文件的内容和格式上都有较大区别,如在加工部位、加工顺序、刀具配置与使用顺序、刀具轨迹、切削参数等方面都要比普通机床加工工艺中的工序内容更详细。数控加工工艺必须详细到每一次加工路线和每一个操作细节,即普通加工工艺通常留给操作者完成的工艺与操作内容(如工步的安排、刀具几何形状及安装位置等),都必须由工艺人员在编制工艺时予以预先确定,也就是说,在普通机床加工时本来由操作工人在加工中灵活掌握并通过适时调整来处理的许多工艺问题,在数控加工时必须由工艺人员事先具体设计和明确安排。

2. 工艺工作要求准确而严密

数控机床虽然自动化程度高,但自适应性差,它不能像普通加工时那样可以根据加工过程中出现的问题自由地进行人为的调整。例如,在数控机床上加工内螺纹时,数控机床并不知道孔中是否挤满了切屑,何时需要退一次刀,待清除切屑后再进行加工。所以,在数控加工的工艺设计中必须注意加工过程中的每一个细节,尤其是对图形进行数学处理、计算和编程时一定要力求准确无误,否则可能会出现重大机械事故和质量事故。

3. 采用多坐标联动自动控制加工复杂表面

对于一般简单表面的加工方法,数控加工与普通加工无太大的差别。但是对于一些复杂表面、特殊表面或有特殊要求的表面,数控加工与普通加工方法有着根本的不同。例如对于曲线和曲面的加工,普通加工是用划线、样板、靠模、钳工、成形加工等方法进行的,不仅生产率低,而且难以保证加工质量;而数控加工则采用多坐标联动自动控制加工方法,其加工质量与生产率是普通加工方法无法比拟的。

4. 采用先进的工艺装备

为了满足数控加工高质量、高效率和高柔性的要求,数控加工中广泛采用先进的数控刀具、组合夹具等工艺装备。

5. 采用工序集中

由于现在数控机床具有刚性大、精度高、刀库容量大、切削参数范围广及多坐标、多工位等特点,因此在工件的一次装夹中可以完成多个表面的多种加工,甚至可在工作台上装夹几个相同或相似的工件进行加工,从而缩短了加工工艺路线和生产周期,减少了加工设备、工装的数量和工件的运输工作量。

实践证明,数控加工中失误的主要原因多为工艺方面考虑不周和计算、编程粗心大意。因此,工艺和编程人员除必须具备较扎实的工艺知识和较丰富的实际工作经验外,还必须具有耐心、细致的工作作风和高度的工作责任感。

1.2.2 数控加工工艺的主要内容

根据实际应用需要,数控加工工艺主要包括以下内容:

- 1) 选择适合在数控机床上加工的零件, 确定数控机床加工内容。
- 2) 对零件图样进行数控加工工艺分析, 明确加工内容及技术要求。
- 3) 具体设计数控加工工序, 如工步的划分、工件的定位与夹具的选择、刀具的选择、切削用量的确定等。
- 4) 处理特殊的工艺问题, 如对刀点、换刀点的选择, 加工路线的确定, 刀具补偿等。
- 5) 编程误差分析及其控制。
- 6) 处理数控机床上部分工艺指令, 编制工艺文件。

1.2.3 数控机床的合理选用

从加工工艺的角度分析, 选用的数控机床功能必须适应被加工零件的形状、尺寸精度和生产节拍等要求。

1. 形状尺寸适应性

所选用的数控机床必须能适应被加工零件群组的形状尺寸要求。这一点应在被加工零件工艺分析的基础上进行, 如加工空间曲面形状的叶片, 往往要选择四轴或五轴联动数控镗铣床或加工中心。

2. 加工精度适应性

所选择的数控机床必须满足被加工零件群组的精度要求。为了保证加工误差不超差, 必须分析生产厂家给出的数控机床精度指标, 保证有 1/3 的储备量。但要注意不要一味地追求不必要的高精度, 只要能确保零件群组的加工精度就可以了。

3. 生产节拍适应性

根据加工对象的批量和节拍要求来决定是用一台数控机床来完成加工, 还是选择几台数控机床来完成加工; 是选择柔性加工单元、柔性制造系统来完成加工, 还是选择柔性生产线、专用机床和专用生产线来完成加工。

数控机床的最大特点是具有柔性化和灵活性, 最适合轮番生产和产品更新换代快的要求。如果产品生命周期较长且批量大, 选用专机、专线来保证生产率和生产节拍要求也许更为合理。

选用数控机床还要注意上下工序间的节拍协调一致, 要注意外部设备的配置、编程、操作、维修等支撑环境。如果它们都不能协调运行, 再好的数控机床也不能很好地发挥作用。

数控加工的缺点是设备费用较高。尽管如此, 随着数控技术的发展、数控机床的普及和对数控机床认识上的提高, 其应用范围必将日益扩大。

1.3 数控加工工艺分析与工艺设计

数控机床加工中所有工步的刀具选择、加工轨迹、切削用量、加工余量等都要预先确定好并编入加工程序。一个合格的编程员首先应该是一个很好的工艺员, 要对数控机床的性能、特点和应用、切削规范和标准工具系统等非常熟悉, 否则就无法做到全面、周到地考虑加工的全过程, 并正确、合理地编制零件的加工程序。

1.3.1 数控加工工艺分析

数控加工工艺分析涉及的内容很多, 在此仅从数控加工的必要性、可能性与方便性方面