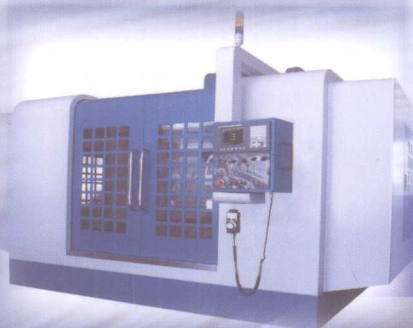




高职高专“十一五”规划教材

数控机床编程与操作

王立军 主 编
丁仁亮 主 审



化学工业出版社

高职高专“十一五”规划教材

数控机床编程与操作

王立军 主编

丁仁亮 主审

数控(CNC) 目录 附录 附图

2002.1 特别

数控编程“1+1” 数控编程

2002.1 特别

数控编程“1+1” 数控编程

2002.1 特别

2002.1 特别

数控编程“1+1”

2002.1 特别

2002.1 特别

2002.1 特别

2002.1 特别

2002.1 特别

2002.1 特别

2002.1 特别



化学工业出版社

2002.1 特别

北京

2002.1 特别

2002.1 特别

本书系统介绍了数控机床加工编程与机床操作的知识。全书共分 11 章,可分为五部分:第一部分介绍数控机床编程的基础知识;第二部分详细介绍数控车床编程,数控车床操作,数控车床典型零件加工;第三部分详细介绍数控铣床与加工中心编程,数控铣床与加工中心操作,数控铣床与加工中心典型零件加工;第四部分简要介绍了自动编程技术;第五部分介绍了数控机床安全操作与维护保养基本知识。本书第二、第三部分内容均以典型 FANUC 系统和相应的数控机床编程与操作为核心内容,意在体现明确清晰的知识技能体系。同时,简要介绍了 SIEMENS 系统数控机床编程的内容和特点。

本书内容全面,重点突出。在编写中兼顾了数控机床编程与操作知识的完整性与实用性,着力体现实际应用能力的培养。本书有配套电子课件,包括视频、动画等。

本书可作为高等职业技术学院相关专业的教学用书和教师参考书、数控加工技术培训教材,也可作为数控加工技术人员和数控操作工学习和参考用书。

数控加工技术

主编 王立军

审主 王立军

图书在版编目(CIP)数据

数控机床编程与操作 / 王立军主编. —北京: 化学工业出版社, 2009.2

高职高专“十一五”规划教材

ISBN 978-7-122-04646-8

I. 数… II. 王… III. ①数控机床-程序设计-高等学校-教材②数控机床-操作-高等学校-教材 IV. TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 008816 号

责任编辑: 韩庆利

装帧设计: 杨 北

责任校对: 王素芹

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 刷: 北京永鑫印刷有限责任公司

装 订: 三河市宇新装订厂

787mm×1092mm 1/16 印张 14¼ 字数 354 千字

2009 年 3 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686)

售后服务: 010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 25.00 元

版权所有 违者必究

前 言

机械制造业是国民经济的支柱产业，是反映一个国家经济实力和科学技术水平的重要标志。近年来随着计算机技术、电子技术的发展，制造业也朝着数字化方向飞速迈进，而数字化的核心就是数控技术。世界各工业发达国家通过发展数控技术、建立数控机床产业，促使制造业跨入一个新的发展阶段，给国民经济的结构带来了巨大的变化。

我国是机械制造业大国，近年来，数控机床的普及率得到了较快的提高。目前急需大批具有较强的数控专业理论知识和适度的机械基础理论知识，掌握数控设备的编程、操作、维护能力的高素质人才。为了适应国家职业技能培训的核心目标，培养高素质的数控应用型人才，组织编写了《数控机床编程与操作》这本教材。

全书共分 11 章，书中介绍了数控机床编程的基础知识；数控车床编程，数控车床操作，数控车床典型零件加工；数控铣床与加工中心编程，数控铣床与加工中心操作，数控铣床与加工中心典型零件加工；自动编程技术；数控机床安全操作与维护保养基本知识。

本书编写中均以典型 FANUC 系统及其数控机床为主线，介绍编程与操作常用知识，同时简要介绍 SIEMENS 系统数控机床编程的基本内容和特点。力求通过典型的实例，完整地体现相关知识技能的综合运用，力争达到较高的实际应用价值。

在本书编写中，始终贯彻以培养生产一线所需的数控机床编程与操作技能型人才为目标，突出编程与操作实际应用能力的培养。本书适用于数控技术类、机械制造类相关专业，可作为数控机床编程与操作课程的教科书，也可作为数控技术人员或数控操作工人的参考书和自学教材。

本书由王立军主编，参加本书编写的还有朱虹、姬彦巧、石磊等，全书由丁仁亮主审。本书在编写过程中，参考了一些教材和数控技术资料，得到了辽宁装备制造职业技术学院王长义、李运杰、史立峰等老师的大力协助，在此表示衷心的感谢。

本书有配套电子课件，可赠送给用本书作为教材的学校和老师，如有需要请发电子邮件至 hqlbook@126.com 索取。

由于编者水平有限，时间仓促，本书难免有不当之处，恳请读者和各位同仁提出宝贵意见。

编者

2009 年 1 月

目 录

第 1 章 数控加工编程基础	1
1.1 数控加工编程概念	1
1.1.1 数控加工的基本过程	1
1.1.2 数控编程概念	2
1.1.3 数控编程方法	2
1.1.4 数控编程的内容和步骤	3
1.2 数控机床的坐标系	4
1.2.1 机床坐标系的命名规定	4
1.2.2 机床坐标轴方向和方位的确定	4
1.3 数控加工工艺分析与工艺设计	6
1.3.1 数控机床的合理选用	6
1.3.2 工艺分析与工艺设计的内容	9
1.3.3 加工方法的选择与加工方案的确定	9
1.3.4 工序与工步的划分	12
1.3.5 零件的定位与夹具的选择	13
1.3.6 走刀路线的确定	14
1.3.7 数控加工刀具选择	15
1.3.8 切削用量的确定	16
1.3.9 数控加工工艺文件	17
1.3.10 数控加工工艺设计实例	20
1.4 数控加工程序的组成与结构	22
1.4.1 数控程序编制的标准	22
1.4.2 加工程序的组成结构	23
1.4.3 常用的程序字	24
1.5 数控机床的编程规则	27
1.5.1 绝对值编程和增量值编程	27
1.5.2 直径编程和半径编程	29
1.5.3 极坐标编程	29
1.5.4 小数点编程	30
1.6 数控编程的数学处理	31
1.6.1 数学处理的内容	31
1.6.2 基点计算实例	32

思考与练习题	35
第2章 FANUC 系统数控车床编程	37
2.1 数控车床坐标系	37
2.1.1 数控车床的坐标系设置	37
2.1.2 机床原点与机床坐标系	38
2.1.3 机床参考点与参考坐标系	38
2.1.4 工件原点与工件坐标系	38
2.1.5 刀位点、对刀点与换刀点	39
2.2 数控系统的主要编程功能	40
2.2.1 准备功能 (G 功能)	40
2.2.2 刀具功能 (T 功能)	41
2.2.3 主轴速度功能 (S 功能)	41
2.2.4 进给功能 (F 功能)	42
2.2.5 辅助功能 (M 功能)	42
2.3 数控车编程指令	42
2.3.1 设定工件坐标系	42
2.3.2 切削用量的单位设置	43
2.3.3 简单插补指令	44
2.3.4 暂停指令 G04	49
2.3.5 返回参考点指令 G27/G28	49
2.3.6 刀具补偿指令 G40/G41/G42	49
2.3.7 单一固定循环指令	54
2.3.8 复合固定循环指令	58
2.3.9 辅助功能编程指令	66
2.3.10 数控编程指令综合应用	66
思考与练习题	69
第3章 SIEMENS 系统数控车床编程	71
3.1 SIEMENS 系统数控车床编程概述	71
3.2 SIEMENS 系统数控车床编程指令介绍	73
3.2.1 定位系统	73
3.2.2 坐标轴运动	74
3.2.3 主轴运动	76
3.2.4 子程序	77
3.2.5 孔加工循环指令	77
3.2.6 固定循环指令	81
3.3 SIEMENS 系统数控编程指令综合应用	84
思考与练习题	85

第4章 数控车床操作	86
4.1 数控车床面板	86
4.1.1 数控车床面板组成	86
4.1.2 数控车床系统操作面板	86
4.1.3 数控车床控制面板	88
4.2 数控车床基本操作	90
4.2.1 开机与关机	90
4.2.2 手动操作	90
4.2.3 程序的编辑	92
4.2.4 MDI 操作	94
4.2.5 程序的运行	94
4.2.6 数据的输入/输出	95
4.2.7 设定和显示数据	96
4.3 对刀	98
4.3.1 试切法对刀	98
4.3.2 设置刀具偏移值对刀	100
4.3.3 多把刀具的对刀操作	101
思考与练习	101
第5章 数控车床零件加工综合实例	103
5.1 轴类零件的编程与加工	103
5.1.1 零件图纸及加工要求	103
5.1.2 工艺分析	103
5.1.3 基点坐标的计算及加工程序的编制	104
5.1.4 零件的数控加工	106
5.2 套类零件的编程与加工	107
5.2.1 零件图纸及加工要求	107
5.2.2 工艺分析	107
5.2.3 基点坐标的计算及加工程序的编制	108
5.2.4 零件的数控加工	111
思考与练习	111
第6章 FANUC 系统数控铣床与加工中心编程	112
6.1 数控铣床坐标系	112
6.1.1 数控铣床的坐标系设置	112
6.1.2 机床原点、参考点、机床坐标系、参考坐标系	112
6.1.3 工件坐标系与工件原点、编程原点	112
6.2 数控系统主要编程功能	113
6.2.1 准备功能(G 代码)	113

6.2.2	主轴速度功能 (S 功能)	115
6.2.3	进给功能 (F 功能)	115
6.2.4	辅助功能 (M 代码)	115
6.3	数控铣床编程指令	116
6.3.1	坐标系设定指令	116
6.3.2	绝对坐标编程指令和相对坐标编程指令 (G90、G91)	117
6.3.3	选择平面指令 (G17/G18/G19)	117
6.3.4	极坐标指令 (G16/G15)	118
6.3.5	英制/公制转换指令 (G20/G21)	118
6.3.6	切削指令 G00、G01、G02、G03	119
6.3.7	自动原点返回 G28	121
6.3.8	刀具半径补偿指令 (G40/G41/G42)	121
6.3.9	刀具长度补偿指令 (G43/G44/G49)	123
6.3.10	比例缩放指令 (G51/G50)	125
6.3.11	镜像指令 (G51.1/G50.1)	126
6.3.12	坐标系旋转指令 G68/G69	127
6.3.13	孔加工循环指令	127
6.4	子程序编程	139
6.4.1	子程序的含义	139
6.4.2	子程序的格式	139
6.4.3	子程序的调用	139
6.4.4	子程序举例	139
6.5	宏程序编程简介	140
6.5.1	用户宏程序概述	140
6.5.2	用户宏程序的变量	141
6.5.3	转移和循环	141
6.5.4	宏程序的调用	142
6.5.5	用户宏程序的应用实例	144
6.6	数控编程指令综合应用	145
	思考与练习题	147
第 7 章	SIEMENS 系统数控铣床与加工中心编程	150
7.1	SIEMENS 系统数控铣床与加工中心编程概述	150
7.2	SIEMENS 系统数控铣床与加工中心编程指令介绍	151
7.2.1	极坐标, 极点定义 (G110, G111, G112)	151
7.2.2	可编程的零点偏置 (TRANS, ATRANS)	151
7.2.3	可编程旋转 (ROT, AROT)	152
7.2.4	可编程的镜像 (MIRROR, AMIRROR)	152
7.2.5	固定循环指令	153
	思考与练习题	157

第8章 数控铣床与加工中心操作.....158

8.1 数控铣床面板.....158

8.1.1 数控铣床面板组成.....158

8.1.2 数控铣床系统操作面板.....158

8.1.3 数控铣床控制面板.....159

8.2 数控铣床操作.....162

8.2.1 开机与关机.....162

8.2.2 手动操作.....162

8.2.3 程序的管理.....163

8.2.4 程序的编辑.....164

8.2.5 MDI 操作.....165

8.2.6 程序运行.....166

8.2.7 偏置数据的输入.....167

8.2.8 设定和显示数据.....167

8.3 数控铣床对刀.....167

8.3.1 用寻边器和Z轴设定器对刀.....167

8.3.2 试切对刀.....170

8.3.3 用塞尺对刀.....171

8.3.4 用杠杆百分表对刀.....172

思考与练习题.....172

第9章 数控铣床与加工中心零件加工综合实例.....173

9.1 平面外轮廓的加工.....173

9.1.1 零件图纸及加工要求.....173

9.1.2 工艺分析.....173

9.1.3 基点坐标的计算.....173

9.1.4 数控加工程序.....174

9.1.5 零件的数控加工.....175

9.2 平面内轮廓的加工.....175

9.2.1 零件图纸及加工要求.....175

9.2.2 工艺分析.....176

9.2.3 基点坐标的计算.....176

9.2.4 数控加工程序.....177

9.2.5 零件的数控加工.....177

9.3 孔的加工.....177

9.3.1 零件图纸及加工要求.....177

9.3.2 工艺分析.....178

9.3.3 数控加工程序.....178

9.3.4 零件的数控加工.....179

9.4 复杂零件加工	179
9.4.1 零件图纸及加工要求	179
9.4.2 工艺分析	180
9.4.3 基点坐标的计算	180
9.4.4 数控加工程序	181
9.4.5 零件的数控加工	183
9.5 复杂零件加工	183
9.5.1 零件图纸及加工要求	183
9.5.2 工艺分析	183
9.5.3 基点坐标的计算	184
9.5.4 数控加工程序	185
9.5.5 零件的数控加工	187
思考与练习题	188
第10章 自动编程简介	189
10.1 自动编程概述	189
10.1.1 自动编程的基本步骤	189
10.1.2 常用的 CAD/CAM 集成数控编程系统简介	190
10.2 CAXA 数控车编程加工	192
10.2.1 CAXA 数控车界面	192
10.2.2 CAXA 数控车 CAD 功能	193
10.2.3 CAXA 数控车 CAM 功能	193
10.2.4 典型零件车削自动编程实例	194
10.3 CAXA 制造工程师的编程加工	198
10.3.1 CAXA 制造工程师界面	198
10.3.2 零件的加工造型	198
10.3.3 CAXA 制造工程师的数控加工	199
10.3.4 典型零件铣削自动编程实例	199
思考与练习题	203
第11章 数控机床安全操作与维护保养	204
11.1 数控机床的安全操作	204
11.1.1 数控车床安全操作规程	204
11.1.2 数控铣床安全操作规程	205
11.1.3 加工中心安全操作规程	205
11.2 数控机床的维护与保养	206
11.2.1 数控机床维护与保养的目的和意义	206
11.2.2 数控机床维护与保养的基本要求	207
11.2.3 数控机床维护与保养的点检管理	208
11.2.4 数控机床维护与保养的内容	209

11.2.5 机械部分的维护与保养	210
11.2.6 辅助装置的维护与保养	212
11.2.7 数控系统的使用检查	212
11.2.8 数控系统的维护与保养	213
11.2.9 数控机床强电控制系统的维护与保养	214
思考与练习题	215
参考文献	216

第1章 数控加工编程基础

1.1 数控加工编程概念

1.1.1 数控加工的基本过程

数控加工，就是泛指在数控机床上进行零件加工的工艺过程。数控机床是一种用计算机来控制的机床。用来控制机床的计算机，不管是专用计算机、还是通用计算机都统称为数控系统。数控机床的运动和辅助动作均受控于数控系统发出的指令。而数控系统的指令是由程序员根据工件的材质、加工要求、机床的特性和系统所规定的指令格式（数控语言或符号）编制的。所谓编程，就是把被加工零件的工艺过程、工艺参数、运动要求用数字指令形式（数控语言）记录在介质上，并输入数控系统。数控系统根据程序指令向伺服装置和其他功能部件发出运行或中断信息来控制机床的各种运动。当零件的加工程序结束时，机床便会自动停止。任何一种数控机床，在其数控系统中若没有输入程序指令，数控机床就不能工作。

机床的受控动作大致包括机床的启动、停止；主轴的启停、旋转方向和转速的变换；进给运动的方向、速度、方式；刀具的选择、长度和半径的补偿；刀具的更换，冷却液的开启、关闭等。在数控机床上加工零件所涉及的工作内容比较广泛，与相关的配套技术有密切的关系。合格的编程员首先应该是一个很好的工艺员，应熟练地掌握工艺分析、工艺设计和切削用量的选择，能正确地选择刀辅具并提出零件的装夹方案，了解数控机床的性能、特点及操作过程，熟悉程序编制方法和程序的输入方式。图 1-1 所示为数控机床加工过程流程图，从图中可以看出数控机床加工工件的基本过程，即从零件图到加工好零件的整个过程。

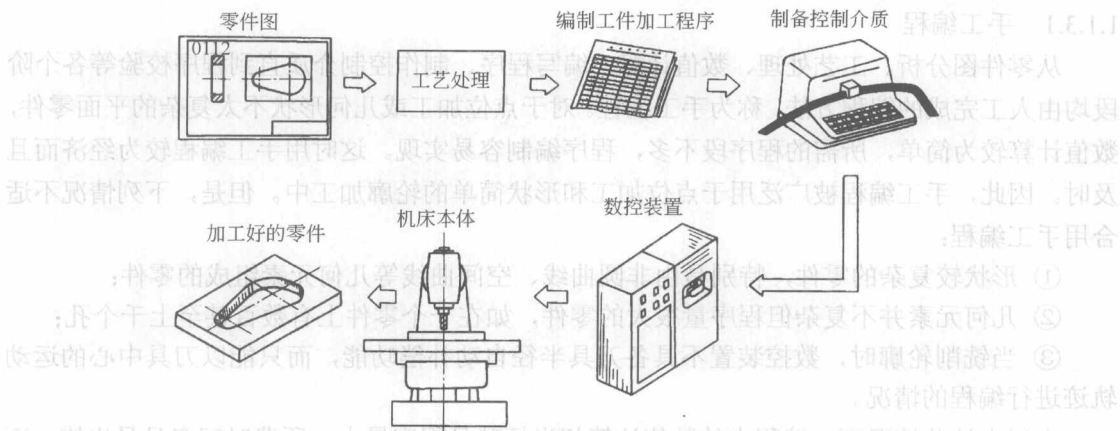


图 1-1 数控机床加工过程流程图

数控加工程序编制方法有手工（人工）编程和自动编程之分。手工编程即程序的全部内容是由人工按数控系统所规定的指令格式编写的。自动编程即计算机编程，可分为以语言和

绘画为基础的自动编程方法。但是,无论是采用何种自动编程方法,都需要有相应配套的硬件和软件。

可见,编程是实现数控加工的关键。但光有编程是不行的,数控加工还包括编程前必须要做的一系列工艺准备工作及编程后的善后处理工作。一般来说数控加工工艺主要包括的内容如下:

- ① 选择并确定进行数控加工的零件及内容;
- ② 对零件图纸进行数控加工的工艺分析;
- ③ 数控加工的工艺设计;
- ④ 对零件图纸的数学处理;
- ⑤ 编写加工程序单;
- ⑥ 按程序单制作控制介质;
- ⑦ 程序的校验与修改;
- ⑧ 首件试加工与现场问题处理;
- ⑨ 数控加工工艺文件的定型与归档。

1.1.2 数控编程概念

在数控机床上加工零件时,一般首先需要编写零件加工程序,即用数字形式的指令代码来描述被加工零件的工艺过程、零件尺寸和工艺参数(如主轴转速、进给速度等),然后将零件加工程序输入数控装置,经过计算机的处理与计算,发出各种控制指令,控制机床的运动与辅助动作,自动完成零件的加工。当变更加工对象时,只需重新编写零件加工程序,而机床本身则不需要进行调整就能把零件加工出来。

这种根据被加工零件的图纸及其技术要求、工艺要求等切削加工的必要信息,按数控系统所规定的指令和格式编制的数控加工指令序列,就是数控加工程序,或称零件程序。要在数控机床上进行加工,数控加工程序是必需的。制备数控加工程序的过程称为数控加工程序编制,简称数控编程(NC programming),它是数控加工中的一项极为重要的工作。

1.1.3 数控编程方法

1.1.3.1 手工编程

从零件图分析、工艺处理、数值计算、编写程序、制作控制介质直到程序校验等各个阶段均由人工完成的编程方法,称为手工编程。对于点位加工或几何形状不太复杂的平面零件,数值计算较为简单,所需的程序段不多,程序编制容易实现。这时用手工编程较为经济而且及时。因此,手工编程被广泛用于点位加工和形状简单的轮廓加工中。但是,下列情况不适合用手工编程:

- ① 形状较复杂的零件,特别是由非圆曲线、空间曲线等几何元素组成的零件;
- ② 几何元素并不复杂但程序量很大的零件,如在一个零件上有数百甚至上千个孔;
- ③ 当铣削轮廓时,数控装置不具备刀具半径自动补偿功能,而只能以刀具中心的运动轨迹进行编程的情况。

在以上这些情况下,编程中的数值计算相当烦琐且程序量大,所费时间多且易出错。而且,有时手工编程根本难以完成。为缩短生产周期,提高数控机床的利用率,有效地解决各种复杂零件的编程问题,必须采用自动编程。

1.1.3.2 自动编程

由计算机完成程序编制中的大部分或全部工作的编程方法,称为自动编程。

目前,由世界各国研制的自动编程系统已有上百种。按照加工信息输入方式的不同,自动编程系统可分为语言式系统和图形交互式系统两类。

早期的自动编程系统均为语言式系统。程序员需将全部加工内容用数控语言编写好零件源程序,输入计算机,计算机处理完毕后再输出可以直接用于数控机床的数控加工程序。由美国麻省理工大学在1955年研制成功的APT系统属于语言式系统。

随着微型计算机技术和数控编程技术的发展,出现了可以直接将零件的几何图形转化为数控加工程序的图形交互式系统,如美国CNC Software公司开发的MASTER CAM系统、EDS公司开发的UG系统等,程序员可利用自动编程系统本身的CAD功能,以人机对话的方式,很方便地在显示器上勾画出复杂的零件图形,从而完成了编程信息的输入。这种自动编程方法实现了CAM与CAD的高度结合,因此被纳入CAD/CAM技术。

自动编程可以大大减轻编程人员的劳动强度,将编程效率提高几十倍甚至上百倍。同时解决了手工编程无法解决的复杂零件的编程难题。因此,除了少数情况下采用手工编程外,原则上都应采用自动编程。但是手工编程是自动编程的基础,对于数控编程的初学者来说,仍应从学习手工编程入手。

1.1.4 数控编程的内容和步骤

数控机床是按照事先编制好的加工程序,自动地对被加工零件进行加工。使用数控机床加工零件时,程序编制是一项重要的工作。迅速、正确而经济地完成程序编制工作,对于有效地利用数控机床具有决定性意义。

一般说来,数控加工程序的编制有以下5个步骤。

(1) 工艺处理 在对零件图进行全面分析的基础上,确定零件的装夹定位方法、加工路线(如对刀点、换刀点、进给路线)、刀具及切削用量等工艺参数(如进给速度、主轴转速、切削宽度和切削深度等),确定机床坐标系、工件坐标系。

(2) 数值计算 根据零件图和所确定的加工路线,要计算出刀具中心运动轨迹。一般的数控装置具有直线插补和圆弧插补的功能。因此,对于加工由圆弧、直线组成的简单零件,只需计算出零件轮廓上相邻几何元素的交点或切点(基点)的坐标值,得出直线的起点、终点,圆弧的起点、终点和圆心坐标值。

当零件的形状比较复杂,并与数控装置的插补功能不一致时,需要作较复杂的计算。比如对非圆曲线或其他二次曲线,用仅有直线和圆弧插补功能的数控机床加工时,不仅需要计算基点,还要用直线段(或圆弧段)来逼近,在满足加工精度的条件下,再计算出曲线上各逼近线段的交点(节点)的坐标值。对于这种情况,大多要借助计算机来完成数值计算工作。

(3) 编写零件加工程序 根据所计算出的刀具运动轨迹坐标值和已确定的切削用量以及辅助动作,结合数控系统规定的指令及程序段格式,编写零件加工程序。

(4) 制作控制介质 程序编写好之后,需要制作成控制介质,以便将加工信息输入给数控装置。常用的记载加工程序的信息载体(即控制介质)有磁盘、磁带及U盘等。现在穿孔纸带已不用,多数采用磁盘的形式,利用数据传输软件(如DNC系统)通过数控机床的通信接口,将加工信息传给数控装置。

(5) 程序校验和零件试切 编制好的程序必须经过校验和试切才能正式使用。校验的方法是直接将控制介质上的内容输入到数控装置中,检查刀具的运动轨迹是否正确。在有CRT图形显示屏的数控机床上,可以用模拟工件切削过程的方法进行校验。否则可用笔代刀,用坐标纸代替工件,让机床运转,画出加工轨迹。

自上述这些方法只能检验刀具的运动轨迹是否正确,不能检查加工精度。因此,还应进行零件的试切。如果通过试切发现零件的精度达不到要求,则应进行程序的修改及采用误差补偿方法,直到加工出合格零件为止。

1.2 数控机床的坐标系

1.2.1 机床坐标系的命名规定

我国根据 ISO841 国际标准制定的 JB 3501—1982《数字控制机床坐标和运动方向的命名》的标准,对数控机床的坐标轴及运动方向作了明文规定。

标准规定,不论机床在加工中是刀具移动,还是被加工工件移动,都一律假定刀具相对于静止的工件移动。并且,将刀具与工件之间距离增大的方向作为坐标轴的正方向。

为了确定机床的运动方向和移动的距离,要在机床上建立一个坐标系,这个坐标系就是标准坐标系,也叫机床坐标系。在编制程序时,以该坐标系来规定运动的方向和距离。标准中规定数控机床的坐标系采用右手直角笛卡儿坐标系。如图 1-2 所示,右手笛卡儿坐标系中的 3 个直角坐标轴 X 、 Y 、 Z 与机床的主要导轨相平行, X 、 Y 、 Z 轴之间的关系及其正方向由右手定则规定。在图 1-2 中,大拇指的方向为 X 轴的正方向,食指的方向为 Y 轴的正方向,中指的方向为 Z 轴的正方向。

图 1-3 所示为数控机床的主轴以及工作台机床坐标系建立状况。3 个旋转坐标 A 、 B 、 C 相应表示其轴线平行于 X 、 Y 、 Z 的旋转运动,其正方向根据右手螺旋方法确定。

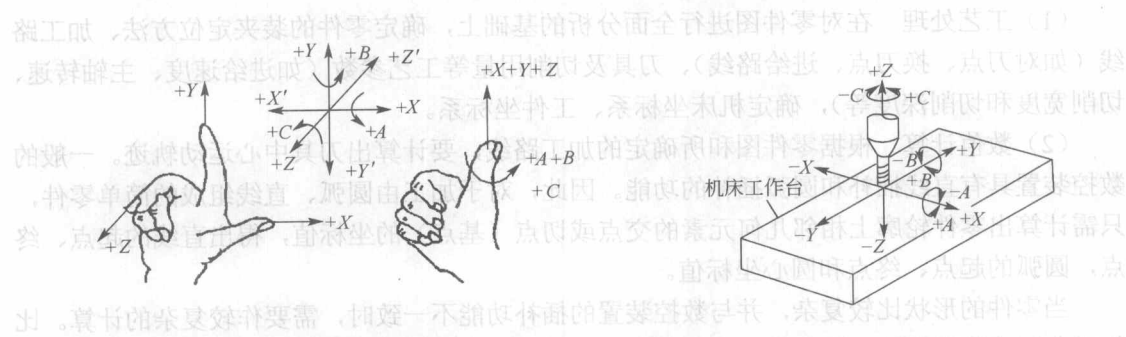


图 1-2 右手笛卡儿坐标系

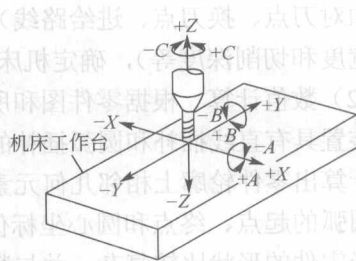


图 1-3 机床坐标系建立

编程时,一律假定工件不动而刀具运动,所以对于编程人员来说,即使不知道是刀具移近工件,还是工件移近刀具,也能编出正确的程序。

对于工件运动而不是刀具运动的机床,在坐标系命名时,在坐标系的符号上应加注标记“'”,如 X' 、 Y' 、 Z' 等,以示区别。

1.2.2 机床坐标轴方向和方位的确定

确定机床坐标轴时,一般先确定 Z 轴,再确定 X 轴、 Y 轴。

(1) Z 轴的确定 规定平行于机床主轴轴线的坐标轴为 Z 轴,并取刀具远离工件的方向为其正方向。如在孔加工中,钻入工件的方向为 Z 轴的负方向,而退出方向为 Z 轴正方向。如数控铣床主轴带动刀具旋转,与主轴平行的坐标即为 Z 坐标,如图 1-4 所示。

对于没有主轴的机床(如牛头刨床),则取垂直于装夹工件的工作台的方向为 Z 轴方向。如果机床有几个主轴,则选择其中一个与装夹工件的工作台垂直的主轴为主要主轴,并以它

的方向作为 Z 轴方向, 如图 1-5 所示。

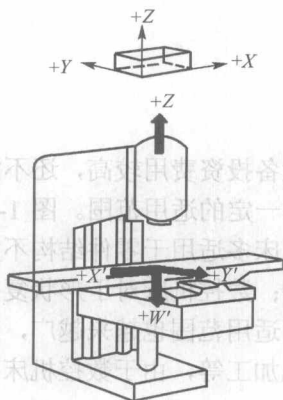


图 1-4 立式数控铣床坐标系

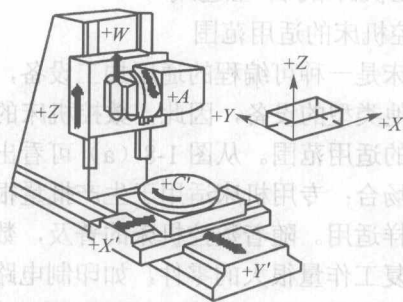


图 1-5 加工中心坐标系

(2) X 轴的确定 X 轴位于与工件定位平面相平行的水平面内, 且垂直于 Z 轴。

对于工件旋转的机床(如车床、外圆磨床等), 则 X 轴在水平面内且垂直于工件旋转轴线。安装在横向滑座上的刀具离开工件的方向为 X 轴的正方向, 如图 1-6 所示。

对于刀具旋转的机床, 若主轴是垂直的(如立式铣床、钻床等), 当从主轴向立柱看时, X 轴的正方向指向右方。若主轴是水平的, 如图 1-7 所示卧式数控铣床, 当从主轴向工件看时, X 轴的正方向指向右方。因此, 当面对机床看时, 立式数控铣床与卧式数控铣床的 X 轴正方向相反。

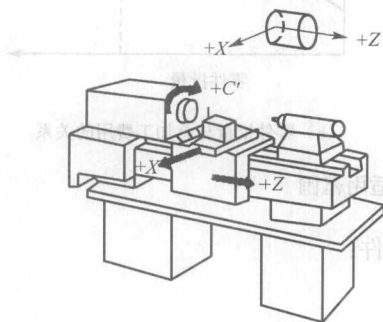


图 1-6 数控车床坐标系

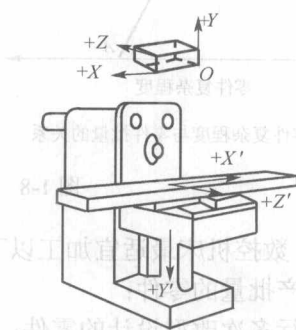


图 1-7 卧式数控铣床坐标系

对于无主轴的机床(如刨床), 则选定主要切削方向为 X 轴正方向。

(3) Y 轴的确定 Y 轴方向可根据已确定的 Z 轴、 X 轴方向, 用右手直角笛卡儿坐标系来确定。

(4) 回转轴 绕 X 轴回转的坐标轴为 A , 绕 Y 轴回转的坐标轴为 B , 绕 Z 轴回转的坐标轴为 C , 方向采用右手螺旋定则。如图 1-5 所示, 加工中心坐标系的回转轴 A 、 C' , 其中 C' 表示工件回转。

如果在第 1 组 A 、 B 、 C 做回转运动的同时, 还有平行或不平行 A 、 B 、 C 回转轴的第 2 组回转运动可命名为 D 或 E 。

(5) 附加坐标轴 如果机床除有 X 、 Y 、 Z 主要的直线运动坐标外, 还有平行于它们的坐标运动, 则应分别命名为 U 、 V 、 W 。如果还有第 3 组直线运动, 则应分别命名为 P 、 Q 、 R 。

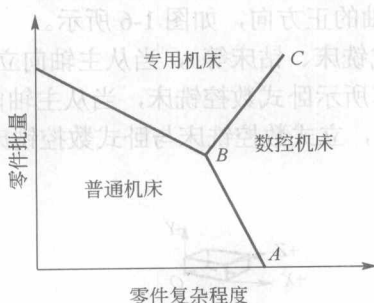
1.3 数控加工工艺分析与工艺设计

1.3.1 数控机床的合理选用

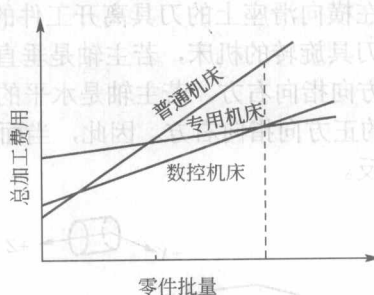
1.3.1.1 数控机床的适用范围

数控机床是一种可编程的通用加工设备,但是因设备投资费用较高,还不能用数控机床完全替代其他类型的设备,因此,数控机床的选用有其一定的适用范围。图 1-8 可粗略地表示数控机床的适用范围。从图 1-8 (a) 可看出,通用机床多适用于零件结构不太复杂、生产批量较小的场合;专用机床适用于生产批量很大的零件;数控机床对于形状复杂的零件尽管批量小也同样适用。随着数控机床的普及,数控机床的适用范围也越来越广,对一些形状不太复杂而重复工作量很大的零件,如印制电路板的钻孔加工等,由于数控机床生产率高,也已大量使用。因而,数控机床的适用范围越来越大。

图 1-8 (b) 表示当采用通用机床、专用机床及数控机床加工时,零件生产批量与零件总加工费用之间的关系。据有关资料统计,当生产批量在一定数量以下,用数控机床加工具有一定复杂程度零件时,加工费用最低,能获得较高的经济效益。



(a) 零件复杂程度与零件批量的关系



(b) 零件批量与总加工费用的关系

图 1-8 数控机床的适用范围

由此可见,数控机床最适宜加工以下类型的零件:

- ① 中小生产批量的零件;
- ② 需要进行多次改型设计的零件;
- ③ 加工精度要求高、结构形状复杂的零件,如箱体类,曲线、曲面类零件;
- ④ 需要精确复制和尺寸一致性要求高的零件;

⑤ 价值昂贵的零件,这种零件虽然生产量不大,但是如果加工中因出现差错而报废,将产生巨大的经济损失。

1.3.1.2 数控车床的加工对象

与传统车床相比,数控车床比较适合于车削具有以下要求和特点的回转体零件。

(1) 精度要求高的零件 由于数控车床的刚性好,制造和对刀精度高,以及能方便和精确地进行人工补偿甚至自动补偿,所以它能够加工尺寸精度要求高的零件。在有些场合可以以车代磨。此外,它能加工对母线直线度、圆度、圆柱度要求高的零件。

(2) 表面粗糙度好的回转体零件 数控车床能加工出表面粗糙度小的零件,不但是因为机床的刚性好和制造精度高,还由于它具有恒线速度切削功能。在材质、精车留量和刀具已