

高职高专

模具设计与制造专业 规划教材

模具数控 编程及加工

MUJU SHUKONG BIANCHENG JI JIAGONG

罗永新 主编



湖南大学出版社

高职高专模具设计与制造专业规划教材

模具数控编程及加工

主 编 罗永新

副主编 杨友才 钱 萍 李玉龙 雷云进

主 审 肖调生 邵建华

湖南大学 出版社

2008 年 · 长沙

内 容 简 介

本书根据模具零件的数控编程及加工这一教学培训主线,系统介绍了数控机床与编程的基础知识、数控铣削加工程序编制、数控车削加工程序编制、数控电火花线切割加工、数控机床的操作以及数控机床的仿真操作等内容。全书结合模具制造的典型例题,既解释了系统指令的实际应用,又讨论了实际生产的编程与工艺要求,内容层次感强,且较好地解决了数控编程指令教学与实际应用相结合的问题。

本书为高职高专模具设计与制造专业及相关专业的教材,也可作为数控机床培训教材或从事数控加工的工程技术人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

模具数控编程及加工/罗永新主编.

—长沙:湖南大学出版社,2008.10

(高职高专模具设计与制造专业规划教材)

ISBN 978-7-81113-478-0

I. 模... II. 罗... III. ①模具—数控机床—程序设计—高等学校:技术学校—教材

②模具—数控机床—加工—高等学校:技术学校—教材

IV. TG76

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 158916 号

模具数控编程及加工

Muju Shukong Biancheng ji Jiagong

主 编:罗永新

责任编辑:张建平 丁 莎

封面设计:张 毅

出版发行:湖南大学出版社

社 址:湖南·长沙·岳麓山

邮 编:410082

电 话:0731-8822559(发行部),8820006(编辑室),8821006(出版部)

传 真:0731-8649312(发行部),8822264(总编室)

电子邮箱:presszhangjp@hnu.cn

网 址: <http://press.hnu.cn>

印 装:湖南省地质测绘印刷厂

开本:787×1092 16 开

印张:13.25

字数:340 千

版次:2008 年 12 月第 1 版

印次:2008 年 12 月第 1 次印刷

印数:1~4 000 册

书号:ISBN 978-7-81113-478-0/TH·22

定价:26.00 元

版权所有,盗版必究

湖南大学版图书凡有印装差错,请与发行部联系

高职高专模具设计与制造专业规划教材 编写委员会

主 任:叶久新

总主编:汤猷则

副主任(以姓氏笔画为序):

马洪儒	邓子林	米久贵	汤长清	朱江峰	刘茂福
刘 胜	刘海渔	苏庆勇	李名望	李佳民	张君伟
李灶福	李建跃	陈 勇	张 勇	陈厚德	肖调生
张海筹	邱葭菲	张群生	吴解奇	欧阳中和	赵北辰
钟 波	徐友良	徐政坤	梁旭坤	董建国	曾谊晖
蔡超强					

委 员(以姓氏笔画为序):

万远厚	王立新	刘卫东	许孔联	朱爱元	杨友才
陈元华	邱玉平	张秀玲	沈言锦	李 奇	邵建华
张建卿	邵家云	杨晓红	陈艳辉	吴 敏	肖露云
范 云	罗永新	罗正斌	周 钢	周 虹	周春华
林章辉	林黄耀	徐石交	高作武	钱 萍	梁合意
黄朗宁	曾霞文	雷云进	谭赞良		

序

当今,高度发达的制造业和先进的制造技术已经成为衡量一个国家综合经济实力和科技水平的最重要标志之一。面对这一深刻的变化和严峻的形势,我们必须转变教育观念,坚持以邓小平同志提出的“三个面向”和胡锦涛同志提出的“构建和谐社会”的思想为指导,以持续发展为主题,以结构优化升级为主线,以改革开放为动力,以全面推进素质教育和改革人才培养模式为重点,以构建新的教学内容和课程体系为核心,努力培养素质高、应用能力与实践能力强、富有创新精神和特色的应用型复合人才。

教书育人,教材先行,教育离不开教材。为了认真贯彻中共中央、国务院以及教育部关于高职高专人才培养目标及教材建设的总体要求,根据高职高专的教学计划,湖南省模具设计与制造学会、湖南大学出版社组织部分教学经验丰富的普通高等学校、高职高专学校的老师编写了这套系列教材。

本套教材的编写以培养高职高专技能型人才为目标,在内容上突出了基础理论知识的应用和实践能力的培养。基础理论内容以应用为目的,以必需、够用为度,以讲清概念、强化应用为重点。专业内容加强了针对性和实用性,强化了实践教学。为了扩大使用面,在内容的取舍上也考虑到了电大、职大、业大、函大等教育的教学及自学需要。

这套教材具有以下特点:

科学定位。本套教材以高职高专技术教育教学中的实际技能要求为主旨,内容简明扼要,突出重点,主要适用于高职高专应用性人才培养。

突出特色。体现高职高专院校的教学特点。教材中编写有大量实例,符合一般高职高专学校的实际教学要求。注重技能性、实用性,内容覆盖了实验、实训、实习等实践环节。

强调适用。充分体现“浅、宽、精、新、用”。所谓“浅”,就是深浅适度;所谓“宽”,就是知识面宽;所谓“精”,就是少而精,不繁琐;所谓“新”,就是紧跟应用学科前沿,跟踪先进技术前沿,推陈出新,反映时代要求,反映新理论、新思想、新材料、新技术;所谓“用”,就是理论联系实际,学以致用。

以学生为本。本套教材尽量体现以学生为本、以学生为中心的教育思想,不为教而教。要有利于培养学生自学能力和知识扩展能力,为学生今后持续创造性学习打好基础;也要有利于学生在获得学历证书的同时,顺利获得相应的职业技能资格证书,以增强学生的就业竞争能力。

为了提高本系列教材的质量,在组织编写队伍时,采取了高职高专院校与普通高等院校相互协作编写并交叉审稿的方法,以利于实践教学和理论教学的相互渗透。

这套系列教材,以新体系、新面孔呈现在读者面前,不但能够满足当前高职高专教学的需要,而且将对高等职业技术教育的发展起到推动作用,为培养新世纪的高质量人才作出新的贡献。

叶久新

2007年8月于岳麓山

(序作者为湖南大学教授,湖南省模具设计与制造学会理事长,湖南省模具设计职业鉴定专家委员会主任)

前言

数控制造技术是现代制造技术的核心,也是模具制造技术现代化的标志。随着我国数控机床的占有率不断提高,在模具制造行业中数控机床的应用比例大大提升,数控机床操作人员的需求不断扩张,培养复合型、应用型的模具数控加工技能型人才,成了当前职业技能教育的一个热点,模具数控编程及加工正是在这样的背景下产生的一门技能课程。尽管模具制造中,数控加工程序多数是自动编程的,但是,对于数控机床操作者理解数控加工程序,发掘数控机床的潜能,更好地操作数控机床,学习手工编程是十分重要的、必不可少的,同时,学好手工编程也是应用自动编程的需要。考虑到职业院校普遍开设了 CAM 应用软件课程,所以本教材没有加入自动编程部分的内容。

在我国,数控系统种类繁多,主流系统品种也有不少,差别很大,但数控编程的原理与思路是一致的,分析和解决加工工艺问题的方法是相同的,所以,不管使用哪一种系统编程,编程的方法是相同的。但毕竟系统不同,指令格式有所区别,甚至功能有很大的区别,因而学习编写程序时扣住具体的系统也是必要的。出于这种考虑,本书在体现编程共性的同时,以 FANUC 系统为线索,来说明编程指令的编程方法。

本书分 6 章,主讲课时分分配 48~56 节。第 1 章数控机床与编程的基础知识(6 节),是数控编程入门时必须掌握的知识;第 2 章介绍模具数控铣削加工程序编制(14~16 节),以铣床编程为主,考虑到加工中心的编程与铣床编程差别不大,故把加工中心的编程融入到第 2 章之中;第 3 章介绍模具数控车削加工程序编制(10~14 节);第 4 章介绍数控电火花线切割加工编程(8~10 节);第 5 章介绍数控机床的操作(6 节),以介绍操作要领和基础方法为主;第 6 章介绍数控机床的仿真操作(4 节)。每章都配有适量的习题,供读者思考与练习。

本书内容由浅入深,层次分明,并注重了一定深度,适合高职院校机械加工类专业学生使用,中等职业学校、职业培训也可节选使用,也适合数控加工操作中级工培训参考。

本书由湖南工业职业技术学院罗永新主编并统稿,湖南科技职业技术学院肖调生、湖南工业职业技术学院邵建华任主审。第 1 章由湖南信息职业技术学院钱萍编写,第 2 章由怀化职业技术学院杨友才编写,第 3 章、第 5 章由湖南工业职业技术学院罗永新编写,第 4 章由湖南生物机电职业技术学院李玉龙编写,第 6 章由郴州职业技术学院雷云进编写。参加本书编写的还有湖南网络工程职业学院的许孔联老师。

由于作者水平有限,书中错误难以避免,恳求读者批评指正。

编 者

2008 年 2 月

目次

1 数控机床与编程的基础知识	1
1.1 数控机床的基本组成及其工作原理	1
1.1.1 数控机床的基本组成	1
1.1.2 数控机床的工作原理及加工特点	2
1.2 数控机床坐标轴的命名及工件坐标系的建立	3
1.2.1 数控机床坐标轴的命名及机床坐标系	3
1.2.2 编程中的数值计算	6
1.3 数控加工程序的结构	7
1.3.1 数控编程的概念及程序格式	7
1.3.2 常用程序功能字	10
1.3.3 数控加工程序的编制方法	11
1.4 数控编程加工工艺分析	12
1.4.1 模具零件的主要结构特点	12
1.4.2 主要模具零件加工工艺特点	13
1.4.3 起刀点、加工切入点、换刀点、对刀点及走刀路线的确定	14
1.4.4 工件的装夹与刀具的选择	16
1.4.5 数控加工的切削用量选择与余料处理	17
思考练习题	19
2 数控铣削加工程序编制	20
2.1 数控铣削加工的特点	20
2.1.1 数控铣削加工的机床特点	20
2.1.2 数控铣削模具加工的工艺特点	21
2.1.3 数控铣刀及其使用	22
2.2 数控铣削加工的基本指令	24
2.2.1 与坐标有关的基本指令	25
2.2.2 基本成形指令	26
2.2.3 铣削加工的刀具半径补偿指令	29
2.2.4 外形铣削程序编制	31
2.2.5 凹槽及简单内腔铣削程序编制	35
2.3 孔加工指令	37
2.3.1 孔加工指令基本格式	37
2.3.2 孔加工指令功能	39
2.3.3 刀具长度补偿指令	44
2.3.4 孔加工应用综合编程	45
2.4 手工编程简化的手段与指令	47

2.4.1	数控铣削加工的子程序	47
2.4.2	镜像功能指令	48
2.4.3	旋转功能指令	50
2.4.4	缩放功能指令	52
2.4.5	极坐标功能指令	54
2.5	数控铣削加工的宏指令及宏程序	55
2.5.1	变量与运算符、表达式	55
2.5.2	宏程序编制举例	57
2.6	数控加工中心机床程序举例	59
2.7	数控铣削加工程序综合举例	63
2.7.1	模具零件二维加工举例	63
2.7.2	有锥度模具零件加工举例	68
2.7.3	配合零件加工举例	71
2.8	国内主流数控系统的指令简介	76
	思考练习题	78
3	数控车削加工程序编制	82
3.1	数控车削加工的特点	82
3.1.1	数控车削加工的机床特点	82
3.1.2	模具零件数控车削加工的工艺特点	83
3.1.3	数控车削加工用刀具及其使用	85
3.1.4	车削用量及其选择	88
3.2	数控车削加工的基本指令	88
3.2.1	FANUC 0i 系统的功能和指令代码	88
3.2.2	外圆与端面加工指令	90
3.2.3	螺纹加工	95
3.2.4	孔加工	99
3.3	数控车削加工的固定循环	102
3.3.1	单一固定循环	102
3.3.2	复合固定循环	107
3.4	提高车削质量的方法	119
3.4.1	车刀刀尖圆弧半径补偿	119
3.4.2	恒线速度控制指令、恒转速控制指令及其应用	122
3.5	车削加工的子程序	122
3.6	数控车削加工综合举例	123
3.6.1	综合轴类零件的加工	123
3.6.2	配合件的加工	126
3.7	国内主流数控系统的指令简介	131
	思考练习题	132
4	数控电火花线切割加工	135
4.1	数控电火花线切割加工工艺	135

4.1.1	数控电火花线切割的加工原理	135
4.1.2	模坯准备	136
4.1.3	工件的装夹与调整	137
4.1.4	电极丝的选择和调整	139
4.1.5	加工工艺参数的选择	141
4.2	数控电火花线切割机床的编程指令	144
4.2.1	3B 格式编制程序	144
4.2.2	偏移补偿	147
4.2.3	ISO 代码编制程序	151
4.2.4	慢走丝线切割程序编制	156
4.3	计算机自动编制程序	156
4.4	数控电火花线切割加工编程应用举例	164
	思考练习题	169
5	数控机床的操作	171
5.1	数控机床操作概述	171
5.2	数控铣床的基本操作	177
5.3	数控铣床的对刀操作	182
5.4	数控车床的操作	184
5.5	数控机床的操作规程	186
	思考练习题	188
6	数控机床的仿真操作	189
	训练题	197
	参考文献	198

1 数控机床与编程的基础知识

社会需求的多样化与科学技术的现代化,使机械产品日趋精密复杂,特别是在宇航、造船、军工、模具及计算机工业中,零件精度高、形状复杂、批量小且频繁改型,使用普通机床加工困难,存在生产效率低、劳动强度大、精度难以保证、有时甚至不能加工等现象。如果使用数控机床,则很好地解决了这些问题。数控机床(Numerical Control Machine Tool, 简称为 NC 机床)是一种装有程序控制系统(数控系统)的高效自动化机床,它综合应用了计算机技术、自动控制技术、电子电气技术、伺服拖动技术以及测量技术机床结构等方面的最新成就,是一种高度机电一体化设备。

数控加工是指在数控机床上进行零件加工的一种机械加工方法。在数控机床上加工零件,事先将被加工零件的工艺过程、工艺参数、位移数据和辅助运动等加工工艺内容用数控机床规定的代码,以程序段格式记录在控制介质上,数控机床通过读取控制介质上的数控指令控制机床的运动,实现零件加工的全过程。

本章主要讲述数控机床的组成、数控编程坐标轴的建立、数控加工程序的编制及数控编程加工工艺分析的基础知识。

本章要点

- 数控机床基本组成与工作原理
- 数控机床坐标轴的建立与几何要素的数学处理
- 数控加工程序的基本结构与编制方法
- 数控编程加工工艺分析

本章难点

- 模具零件的数控编程加工工艺分析

1.1 数控机床的基本组成及其工作原理

1.1.1 数控机床的基本组成

数控机床通常由数控装置、进给伺服系统、控制介质和机床本体组成,如图 1.1 所示。

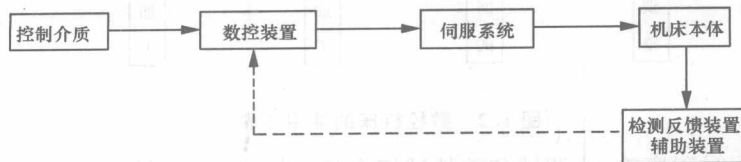


图 1.1 数控机床的组成

1. 数控装置

数控装置是数控机床的控制中心,主要由操作系统、主控制系统、可编程控制器、输入输出

接口等部分组成。其功能是对 NC 程序代码信息进行识别、贮存和插补运算并输出相应的指令脉冲以驱动进给伺服系统,进而控制机床动作。

2. 进给伺服系统

伺服系统包括进给伺服系统和主轴伺服系统。进给伺服驱动系统由伺服控制电路、功率放大电路和伺服电动机组成,是联接数控装置和机床本体之间的电传动环节。它接受来自数控系统发出的脉冲信号,转换为机床移动部件的运动,使工作台精确定位或按规定严格地相对运动,最后加工出符合图纸要求的零件。

常用伺服电动机有步进电动机、直流伺服电动机和交流伺服电动机。这些电机均带有光电编码器等位置测量元件和旋转变压器、测速电机等速度测量元件。步进电机驱动只在经济型简易 NC 机床上采用。相对于每个脉冲信号,机床移动部件的位移量叫做脉冲当量(用 δ 表示),它是数控机床的一个基本参数,常用的脉冲当量为 0.01~0.001 mm/脉冲。

数控机床的伺服系统按其控制方式分为开环控制系统、半闭环控制系统和闭环控制系统三大类。各类数控机床按照它们对加工精度、生产率和成本的要求可以选用相应的伺服系统。

3. 控制介质

人与数控机床之间建立某种联系的中间媒介物就是控制介质,又称为信息载体。现在常用的控制介质有磁盘、磁带和计算机硬盘等。

4. 机床本体

数控机床是高精度和高生产率的自动化加工机床,与普通机床相比不同之处是数控机床结构简单、刚性好,传动系统采用滚珠丝杠代替普通机床的丝杠和齿条传动,主轴变速系统采用简化了的齿轮箱,普遍采用变频调整和伺服控制。

1.1.2 数控机床的工作原理及加工特点

1. 数控机床的工作原理

数控机床加工零件时,首先要将零件图纸上的几何信息和工艺信息用规定的代码和格式编写成加工程序,然后将加工程序输入数控装置,经过计算机对程序代码识别、转换、分类存储等预处理,一方面对进给运动轨迹进行插补运算,发出控制脉冲指令,按各坐标轴的分量送到相应的驱动电路,经过转换、放大去驱动进给伺服电动机;另一方面按工艺要求去控制主轴、刀具、切削液、机床夹具等部分,使它们按程序规定的动作顺序、刀具运动轨迹和切削工艺参数来进行自动加工,直至零件加工结束。

数控机床的使用大致分为如下几个阶段,见图 1.2。

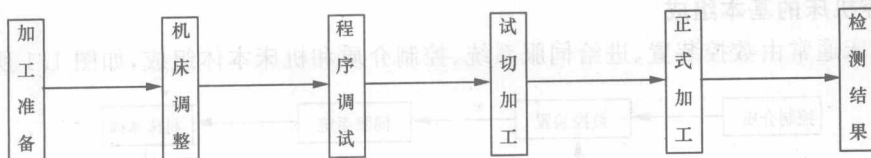


图 1.2 数控机床的使用步骤

当数控机床通过程序输入、调试和首件试切合格,进入正常批量加工时,操作者一般只要进行工件上下料装卸,再按一下程序自动循环按钮,机床就能自动完成整个加工过程。

2. 数控机床的加工特点

数控机床与普通机床相比较,主要有以下特点:

(1) 自动化程度高

数控机床对工件进行加工,首先是按图样要求编程,输入和调试程序,然后安装工件开始加工,观察和监视加工过程,最后卸除零件。除此之外,全部加工过程都由数控机床自动完成,不需要进行繁重的重复性手工操作,劳动强度和紧张程度大为减轻,改善了劳动条件。

(2)加工精度高且质量稳定

数控机床具有很高的加工精度,而且又是按程序自动加工,避免了人为操作误差,使同一批生产的零件尺寸一致性好,产品质量稳定。

(3)能加工形状复杂的零件

有的数控机床可同时控制 5 轴联动,可控制的轴数高达 31 个,能完成各种复杂形状零件的加工。

(4)对加工对象的适应性强

当加工对象改变时,除了调整刀具和工件装夹方式外,只需更换加工程序就能自动加工出新的零件,而不必对机床结构作任何调整。因此,数控机床可很快地实现加工各种不同零件的目的,对新产品的研制开发以及产品的改型提供了极大便利。

(5)生产效率高

数控机床在一次装夹中能够完成较多表面的加工,省去了如画线、多次装夹、检测等许多中间工序。一般只需进行首件检验,大大缩短了生产准备时间,而且选用很高的空行程速度进行加工,故生产率高。如采用带刀库和自动换刀装置的加工中心,在一台机床上实现了多道工序的连续加工,减少了半成品的转移时间,生产效率的提高就更加明显。不过,数控加工程序的编制需要较多的时间,有更高的知识性,有的还很复杂,因此,加工的准备工作 and 时间有所延长。

(6)良好的经济效益

使用数控机床加工零件时,分摊在每个零件上的设备费用相对普通机床加工来说要高得多,但其生产率高,加工精度高,质量稳定,废品率小,工艺装备费用低,使生产成本大为下降,特别是能比较方便地实现普通机床难以完成的复杂曲面的加工,从而可获得良好的经济效益。

(7)便于生产管理的现代化

利用数控机床加工,能准确地计算出零件的加工工时,并能有效地简化检验、工装夹具和半成品的管理工作,有利于使生产管理现代化。由于数控机床本身是与计算机技术紧密结合的,因而易于与计算机辅助设计和制造(CAD/CAM)系统连接,进而形成 CAD、CAM、CNC 相结合的一体化系统,在生产实践中易于构建计算机通信网络,建立 CIMS 系统。

虽然数控机床有很多优点,但价格昂贵、技术复杂、维修困难、加工成本高,并且要求管理人员素质较高,因此应综合平衡以使企业获得最佳的经济效益。

1.2 数控机床坐标轴的命名及工件坐标系的建立

1.2.1 数控机床坐标轴的命名及机床坐标系

1. 机床坐标轴的命名

在编写数控加工程序、操作数控机床的时候,首先要了解机床性能,辨明机床的坐标轴。数控机床的坐标轴是指进给驱动部分的动作方向,一个进给驱动动作方向就是一根轴。如立式铣 XK5032 机床工作台前后移动的动作,就是 Y 轴移动,铣头带着铣刀上下移动,就是 Z 轴

移动。显然,程序的编写与坐标轴的名称有关。为了准确地描述机床进给运动,简化程序的编制,使所编加工程序具有互换性,国际标准化组织已经统一了坐标轴的命名标准。据此,我国也制订了相应的 JB3051—82《数字控制机床坐标和运动方向的命名》标准,对数控机床的坐标和运动方向作了明确规定,简述如下:

(1) 规定

① 刀具运动,工件相对静止的运动原则;② 用标准右手直角坐标系表示 X, Y, Z 三个直线运动的方向,用右手螺旋定则确定旋转进给坐标轴的方向,如图 1.3 所示, A, B, C 分别是绕 X, Y, Z 坐标轴旋转运动;③ 移动轴的正方向为刀具远离工件的方向。

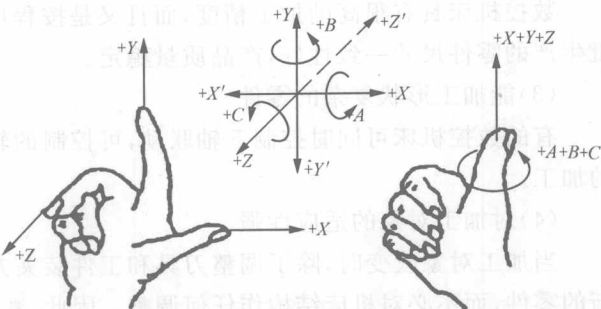


图 1.3 右手直角坐标系与右手螺旋定则

(2) 确定移动坐标轴的顺序

① 先确定 Z 轴。a. 主轴或与主轴平

行的轴为 Z 轴;b. 有多个主轴时,垂直于工件装夹平面的为主要主轴,平行于该轴方向的为 Z 轴;c. 无主轴时,垂直于工件装夹平面的方向为 Z 轴;d. 刀具远离工件的方向为 Z 轴正方向。

② 再确定 X 轴。a. 主轴(Z 轴)带动工件旋转的机床,如车床, X 轴分布在径向,平行于横向滑座,刀具远离主轴中心线的方向为正向;b. 主轴(Z 轴)带动刀具旋转的机床,如铣、钻、镗床, X 轴是水平的,或平行于工件的装夹平面;c. 主轴垂直布置,由主轴向立柱看, X 轴的正方向指向右;主轴水平布置,由主轴向工件看, X 轴的正方向指向右。

③ 最后按右手定则确定 Y 轴,按图 1.3 来确定。

(3) 如果把刀具看作静止,工件运动,则在坐标轴名上加',如 X' 。平行于 X, Y, Z 坐标轴的其他坐标轴叫副加轴,分别命名为 U, V, W 及 P, Q, R 。

2. 数控机床坐标系

以机床原点为坐标原点建立起来的 X, Y, Z 轴直角坐标系,称为机床坐标系。机床原点是机床上的一个固定点,也称机床零点,是数控机床设计制造的参考点。机床零点是通过机床参考点间接确定的,机床参考点也是机床上的一个固定点,其与机床零点间有一确定的相对位置,一般设置在刀具运动的 X, Y, Z 正向最大极限位置。在机床每次通电之后,工作之前,必须进行回机床零点操作,使刀具运动到机床参考点,其位置由机械行程挡块初定位,然后通过电机零位脉冲精确确定。这样,通过机床回零操作,确定了机床零点,从而准确地建立起机床坐标系,即在数控系统内部建立一个以机床零点为坐标原点的机床坐标系。机床坐标系是机床固有的坐标系,一般情况下,机床坐标系在机床出厂前已经调整好,不允许用户随意变动。图 1.4 列举了常见的机床坐标系。

对于数控钻、铣及铣削加工中心, X, Y, Z 轴一般在坐标系的正方向极限位置上,如图 1.5 所示。对于加工旋转体的车床,当回机床原点后,一般取卡盘端面法兰盘与主轴中心线的交点处,如图 1.6 所示。

3. 编程原点工件坐标系

编程原点是程序员根据加工零件图纸选定的编制程序的坐标原点,也称编程零点、程序原点、工件坐标系原点。程序员在选择设置编程原点时,应尽可能选择在零件的设计或工艺基准上,安装零件时尽可能使“定位基准”与“设计基准”重合。

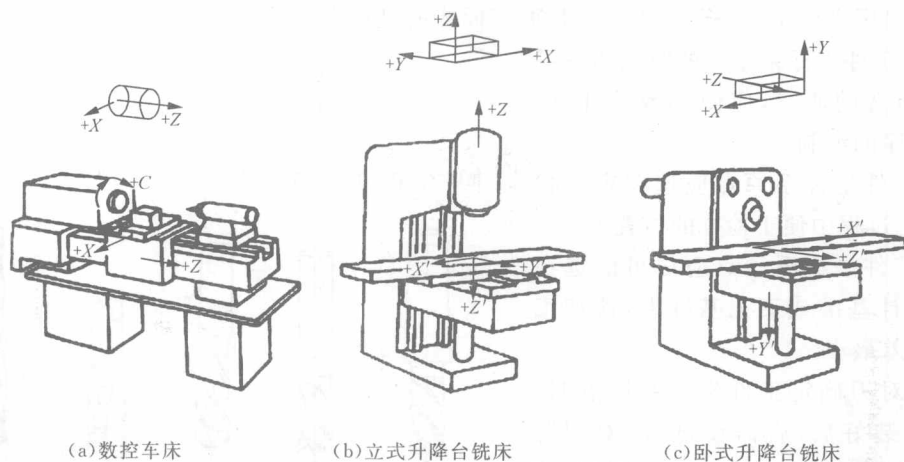


图 1.4 机床的坐标系举例

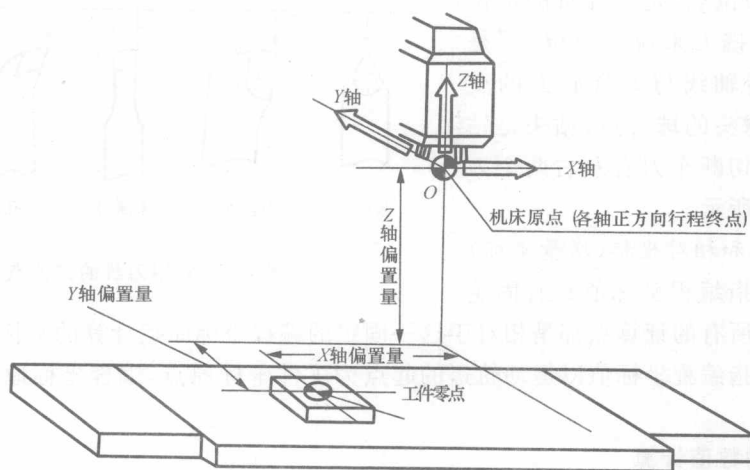


图 1.5 数控钻、铣床原点与工作零点

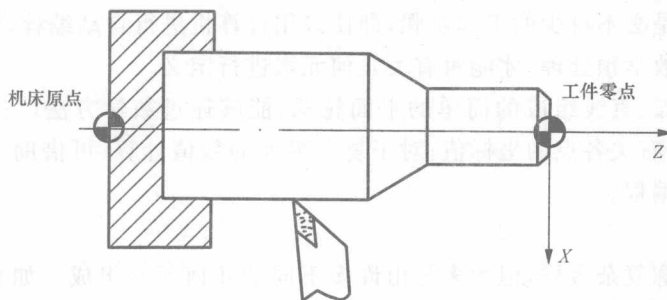


图 1.6 数控车床原点

在数控加工中,选择一个恰当的工件坐标系原点是非常重要的,因为工件坐标系原点是零件加工时刀具相对零件运动的“基准点”,这一点往往是加工过程中刀具运动的起点,有时也是刀具运动的终点。这一点可以设在被加工零件上,也可以设置在与零件定位基准有一定关联的夹具上。工件坐标系原点是工件安装好后,通过“对刀”找正确定下来的,所以有人又称这一点为“对刀点”。以编程原点建立的坐标系就称为工件坐标系,其坐标轴与机床坐标轴相对应,

相当于将机床坐标系“平移”到工件坐标原点而成的坐标系。

确定工件坐标系的原则如下：

(1)所选的原点,应便于数学计算,能简化程序的编制。

(2)工件坐标系原点应选在容易找正、在加工过程中便于检查的位置上。

(3)工件坐标系原点应尽可能选在零件的设计基准或工艺基准上,使加工引起的误差最小。

使用对刀确定工件坐标系原点时,在工件安装好后,就需要进行“对刀”。所谓“对刀”是指使“刀位点”与“对刀点”重合的操作。“刀位点”是指刀具的定位基准点。对于立铣刀来说,“刀位点”是立铣刀具的旋转轴线与刀具底面的交点;球头铣刀是球头的球心点;钻头是钻尖;车刀是刀尖;切断车刀有左右两个刀位点。如图 1.7 所示。

4. 绝对坐标和相对坐标(增量坐标)

绝对坐标是指编程坐标值具有固定的原点。工件上所有的计算点都是相对于这一固定的编程坐标原点计算的坐标。

相对坐标是指编程坐标值以运动轨迹的起点为工件坐标原点,编程坐标原点随刀具或工件移动而移动。

1.2.2 编程中的数值计算

根据零件图样,按照已确定的加工路线和允许的编程误差,计算编程时所需要的有关各点的坐标值,称为数值计算。对零件图形进行数学计算处理是编程前的一个关键性的环节。不但对手工编程来说是必不可少的工作步骤,即使采用计算机进行自动编程,也经常需要对工件的轮廓图形先进行数学预处理,才能对有关几何元素进行定义。

对于一些由圆弧、直线组成的简单的平面轮廓,能够通过数学方法(三角函数、解析几何等)手工计算出零件有关各点的坐标值;对于复杂零件的数值计算,可借助于计算机完成或直接采用计算机自动编程。

1. 基点

一个零件的轮廓复杂多样,但大多是由许多不同的几何元素组成。如直线、圆弧、二次曲线及列表点曲线等。各几何元素间的连接点称为基点。如两直线间的交点,圆弧的起点、终点、圆心点,直线与圆弧或圆弧与圆弧间的交点或切点,圆弧与二次曲线的交点或切点等。基点坐标是编程的重要数据。如图 1.8 所示,图中的 A, B, C, D, E 即为基点。

2. 节点

数控机床通常只有直线和圆弧插补功能,如要加工椭圆、双曲线、抛物线等曲线时,在满足允许的编程误差的条件下,用若干直线段或圆弧来逼近给定的曲线,逼近线段与被加工的曲线的交点或切点称为节点。如图 1.9 所示。

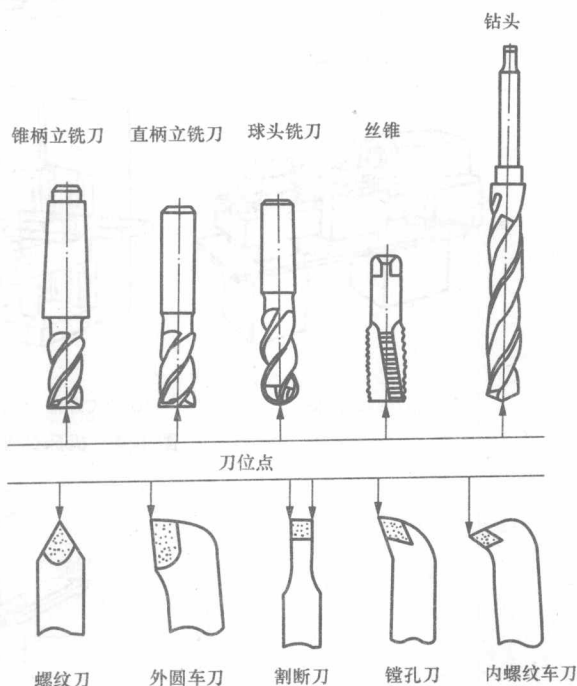


图 1.7 常用刀具的刀位点

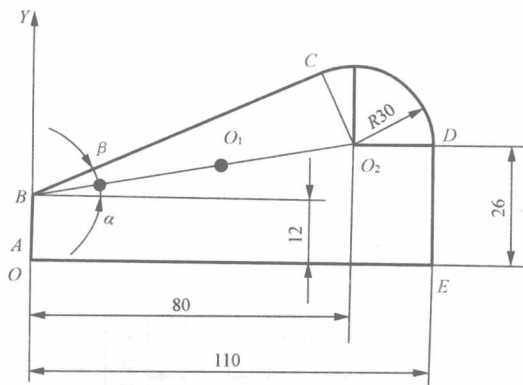


图 1.8 基点

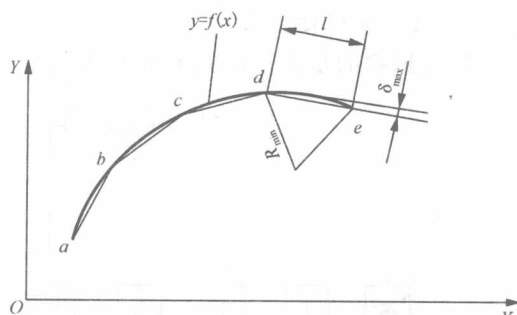


图 1.9 节点

3. 刀位点轨迹的计算

在数控加工程序中,假想把刀具看成一个点(刀位点),但由于实际刀具不是一个刀位点的形状,如按刀具刀位点来编写的程序运动轨迹(即编程轨迹)和零件轮廓并不完全重合。对于具有刀具半径补偿功能的数控机床,只要在编写程序时,在程序的适当位置写入建立刀具补偿的有关指令,就可以保证在加工过程中,刀位点按一定的规则自动偏离编程轨迹,达到正确加工的目的。对于没有刀具半径补偿功能的机床,编程时,依据零件轮廓和刀具切削刃形状,需对刀具的刀位点轨迹进行数值计算,按刀位点轨迹来编程,才能加工符合图样的零件来。

4. 辅助计算

辅助计算包括增量计算及辅助程序段的数值计算。辅助程序段是指刀具从对刀点到切入点或从切出点返回到对刀点而特意安排的程序段。切入点位置的选择应依据零件加工余量而定,适当离开零件一段距离。切入、切出点位置的选择,应避免刀具在快速返回时发生撞刀。使用刀具补偿功能时,建立刀补的程序段应安排在切入加工工件之前,工件轮廓的切削加工完成后应取消刀具补偿。某些轮廓加工,要求刀具“切向”切入和“切向”切出。以上程序段的安排,在绘制走刀路线时,即应明确地表达出来。数值计算时,才可按照走刀路线的安排,计算出各相关点的坐标。

1.3 数控加工程序的结构

1.3.1 数控编程的概念及程序格式

数控加工程序编制,就是把加工零件的工艺过程、工艺参数、刀具的运动轨迹、位移量、切削用量以及其他辅助动作(如换刀,切削液开、关与主轴正、反转等)按照数控机床规定的指令代码及程序格式编写成加工程序单,把这一程序单中的内容记录在存储介质上,输入到数控装置中,从而控制机床加工零件。这种从零件图的分析到制成控制程序的全过程称为数控程序的编制。

数控机床加工零件的能力和效率,在很大程度上取决于所编程序的优劣。理想的加工程序不仅要保证能加工出符合图样要求的合格零件,还应使数控机床得到充分、合理、优质、高效的使用。

1. 数控编程的内容

数控编程的主要内容有分析零件图样,确定加工工艺过程,数值计算,编写零件加工程序,

录入程序,校对程序及进行首件试切。

2. 数控编程的步骤

数控编程的步骤一般如图 1.10 所示。

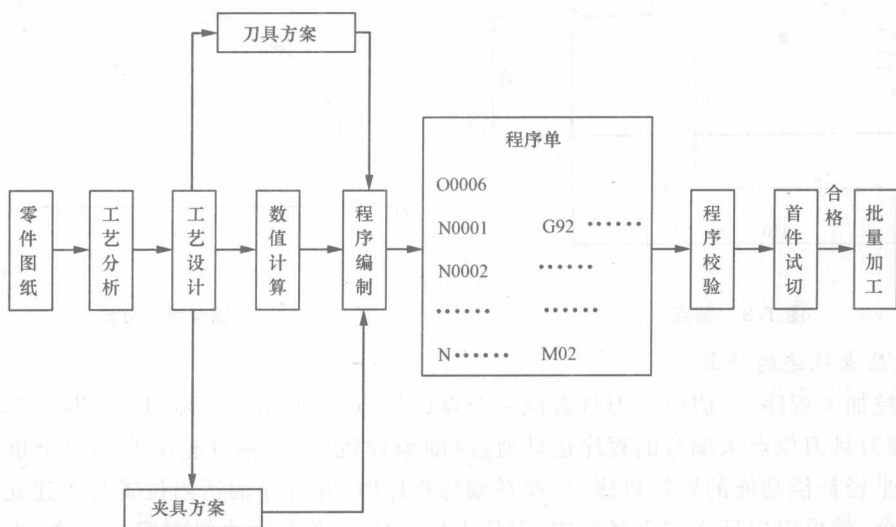


图 1.10 数控编程步骤示意图

(1) 分析零件图,确定加工工艺

编程人员首先要根据零件图纸,对零件的材料、形状、尺寸、精度和热处理要求等,进行加工工艺分析。合理地选择加工方案,确定加工顺序、加工路线、装夹方式、刀具及切削参数等;同时还要考虑所用数控机床的指令功能,充分发挥机床的效能;加工路线要短,正确地选择对刀点、换刀点,减少换刀次数。

(2) 数值计算

根据零件图的几何尺寸确定工艺路线及设定坐标系,计算零件粗、精加工运动的轨迹,得到刀位数据。对于形状比较简单的零件(如直线和圆弧组成的零件)的轮廓加工,要计算几何元素的起点、终点、圆弧的圆心、两几何元素的交点或切点的坐标值。

(3) 编写零件加工程序单

加工路线、工艺参数及刀位数据确定以后,编程人员根据数控系统规定的功能指令代码及程序段格式,逐段编写加工程序单。此外,还应附上必要的加工示意图、刀具布置图、机床调整卡、工序卡及必要的文字说明。

(4) 程序的录入

把程序单上的内容通过输入装置,输入到数控装置中。现代数控机床的程序录入方式很多,所有的计算机程序录入方式,数控系统都有应用。采用 RS232C 来传输数控加工程序,应用相当普遍。

(5) 程序校对与首件试切

现代数控系统都有程序的校对功能,对录入的加工程序进行逻辑和语法校验。经过校验的加工程序只能说明程序格式没有错误,但并不代表没有工艺问题,所以,还要对加工程序进行检验,只有通过了检验的程序才能算是正确程序,才能进入试切。程序的检验方法有:

①空运行:机床上不装夹工件,空运行程序,通过检查工件和刀具的轨迹、坐标显示值的变