

高职高专数控技术应用专业系列教材

数控车床编程 与操作

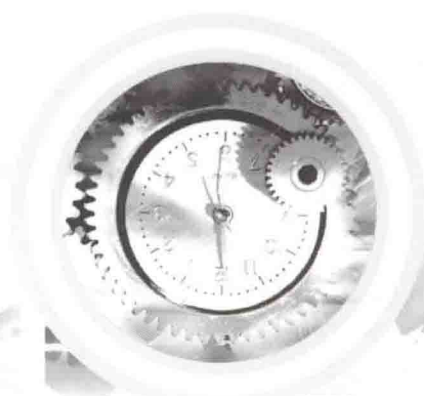
SHUKONG CHECHUANG BIANCHENG
YU CAOZUO

- 主 编 刘明玺
- 副主编 张秀红 姚芳芳
- 主 审 刘宏利



重庆大学出版社

<http://www.cqup.com.cn>



数控车床编程与操作

主 编 刘明玺
副主编 张秀红 姚芳芳
主 审 刘宏利

重庆大学出版社

内容提要

本书基于工作过程导向思想,把职业岗位工作内容融入各教学项目,将目前使用广泛的西门子系统和法那克系统进行对比介绍。主要项目包括:数控车床基础知识,阶梯轴类零件的编程与加工,盘套类零件的编程与加工,螺纹的编程与加工,复杂型面零件编程与加工,数控车削自动编程等。

本书可作为高等职业院校数控、模具、机电、机械制造等专业的教材,也可作为中级数控车床职业技能培训和职业技能鉴定的辅助教材,还可作为相关行业岗位培训教材或自学用书。

图书在版编目(CIP)数据

数控车床编程与操作/刘明玺主编. —重庆:重庆大学出版社,2013.1

高职高专数控技术应用专业系列教材

ISBN 978-7-5624-7207-0

I. ①数… II. ①刘… III. ①数控机床—车床—程序设计—高等教育—教材②数控机床—车床—操作—高等教育—教材 IV. ①TG519.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 006938 号

数控车床编程与操作

主 编 刘明玺

副主编 张秀红 姚芳芳

主 审 刘宏利

策划编辑:周 立

责任编辑:文 鹏 版式设计:周 立

责任校对:陈 力 责任印制:赵 晟

*

重庆大学出版社出版发行

出版人:邓晓益

社址:重庆市沙坪坝区大学城西路 21 号

邮编:401331

电话:(023)88617183 88617185(中小学)

传真:(023)88617186 88617166

网址: <http://www.cqup.com.cn>

邮箱: fxk@cqup.com.cn (营销中心)

全国新华书店经销

重庆东南印务有限公司印刷

*

开本:787×1092 1/16 印张:15 字数:374 千

2013 年 3 月第 1 版 2013 年 3 月第 1 次印刷

印数:1—3 000

ISBN 978-7-5624-7207-0 定价:28.00 元

本书如有印刷、装订等质量问题,本社负责调换

版权所有,请勿擅自翻印和用本书

制作各类出版物及配套用书,违者必究

前 言

如今,数控技术已成为先进制造技术的核心,数控机床在制造企业中得到越来越广泛的普及,已经成为机械工业生产的关键设备。企业现在正缺乏大量训练有素的数控机床技术应用型人才。

掌握现代数控技术知识是现代机电类学生必不可少的技能。本书根据国内数控车床的应用情况,针对高职院校学生的特点,突出数控车床的应用性和操作性,以《数控车工国家职业标准》四级(中级)考核要求为依据,根据数控车工的专业知识结构特点,通过实例与实践应用将工艺分析、定位装夹方法、刀具选择、编程方法、机床操作等教学内容有机联系,使理论知识与实践操作融为一体,注重细节,便于学习、易于掌握。

本书基于工作过程导向思想,把职业岗位工作内容融入各教学项目,将目前使用广泛的西门子系统和法那克系统进行对比介绍。主要项目包括:数控车床基础知识,阶梯轴类零件的编程与加工,盘套类零件的编程与加工,螺纹的编程与加工,复杂型面零件编程与加工,数控车削自动编程等。

本书由西安铁路职业技术学院刘明玺主编,刘宏利主审,张秀红、姚芳芳为副主编。书稿由五位老师合力完成,其中项目一由师利娟编写,项目二由张秀红编写,项目三和项目四由姚芳芳编写,项目五和项目六由刘宏利编写,项目七和附录由刘明玺编写。

本书可作为高等职业院校数控、模具、机电、机械制造等专业的教材,也可作为中级数控车床职业技能培训和职业技能鉴定的辅助教材,还可作为相关行业岗位培训教材或自学用书。

由于时间仓促和编者水平有限,书中疏漏之处恳请读者不吝赐教,以便进一步修改。

编 者

2013 年 1 月

目 录

项目 1 数控车床加工基本知识	1
任务 1 数控车床基本知识	1
任务 2 数控车削加工工艺及编程知识	24
项目 2 SIEMENS-802S 阶梯轴类零件的编程	29
任务 1 SIEMENS-802S 数控车床系统功能	29
任务 2 SIEMENS-802S 数控车床编程指令	33
任务 3 零件加工工艺分析与程序编制	38
项目 3 SIEMENS-802S 螺纹类零件的编程	45
任务 1 普通螺纹基本知识	45
任务 2 螺纹车削加工方法	46
任务 3 螺纹加工基本指令	49
任务 4 螺纹类零件加工程序编写	51
项目 4 SIEMENS-802S 复杂型面零件的编程	57
任务 1 分层车削零件的基本方法	57
任务 2 参数化编程的基本方法	60
任务 3 螺纹类零件的加工程序的编写	63
任务 4 使用增量坐标方式编写子程序	69
项目 5 SIEMENS-802S 数控车床操作	71
任务 1 SIEMENS-802S 数控车床基本知识	71
任务 2 CK0816 数控车床的程序编辑	79
任务 3 CK0816 数控车床新刀具建立及对刀操作	80
任务 4 CK0816 数控车床的安全操作及维护和保养	82
任务 5 SIEMENS-802S 系统数控车床零件加工	83
项目 6 FANUC 0i 系统数控车床操作	93
任务 1 FANUC 0i 系统功能指令	93
任务 2 FANUC 0i 系统程序结构	96
任务 3 单一固定循环指令	97



任务 4 多重复合循环	105
任务 5 子程序	119
任务 6 FANUC Oi 数控车床操作面板按键功能及作用	121
任务 7 FANUC Oi 系统数控车床开机步骤及回机床参考点	125
任务 8 FANUC Oi 系统数控车床手动控制运行方式	126
任务 9 FANUC Oi 系统数控车床的程序编辑	127
任务 10 CAK6150 数控车床新刀具建立及对刀操作	129
任务 11 FANUC Oi 系统数控车床零件加工	130
项目 7 CAXA 数控车削自动编程	138
任务 1 自动编程软件基本知识	138
任务 2 启动界面、菜单及图形绘制编辑指令	140
任务 3 刀具路径基本操作	158
任务 4 典型零件自动编程	171
附件 1 数控车床编程与操作职业技能鉴定理论试题	181
附件 2 各项目思考题及附件试题答案	214
参考文献	231

数控车床加工基本知识

与普通车床相比,数控车床加工零件的过程完全自动进行,可以加工更加复杂的零件,加工过程中人工不能干预,并且精度高、效率高,所以数控车床加工是未来加工技术发展的趋势。近年来,随着计算机、自动控制、精密机械以及机械制造技术的高速发展,数控车床加工发展更为迅速。目前,数控车床正朝着高速化、高精度化、高复合化、高工序集中化和高可靠性的方向发展。

要掌握数控车床,区分它和普通车床的不同,才能更好地使用数控车床。因此,作为数控编程人员、数控操作者或数控维修人员应具体了解数控车床相关知识与应用策略,做到心中有数。编程时,不论是手工编程还是计算机辅助编程,工艺设计都是数控编程中的十分重要的环节,即首先要根据待加工零件的图纸进行工艺分析,确定加工零件数控加工的工艺方案。数控加工与编程的实践表明,工艺方案的设计十分重要。如果工艺方面考虑不周,会导致加工过程效率不高甚至出现差错,从而造成人力、物力的浪费。数控加工程序只是记录工艺过程即工序内容的载体,有好的工艺思想才会有好的数控程序。

任务 1 数控车床基本知识

一、数控车床的特点与发展

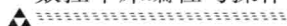
数控车床是一种高精度、高效率的自动化机床,也是使用数量最多的数控机床,约占数控机床总数的 25%。随着数控机床和编程技术的不断发展,数控机床加工方法获得了日益广泛的应用。与普通机床相比,数控机床的加工特点和优势越来越明显,这表现在以下方面:

1. 自动化程度高

在数控机床上加工零件,除了手工装夹毛坯外,全部加工过程都由机床自动完成,减轻了操作者的劳动强度,改善了劳动条件。某些数控机床配备完善的辅助装置后,更可以实现“无人化生产”。

2. 对加工对象的适应性强,可实现柔性生产

数控机床上加工零件一般不需要复杂的专用工装,当加工对象改变时,只需要更换刀具和加工程序,就可自动加工出新的零件。这给新产品的研制开发、产品改进、改型提供了捷径,同时也适合于多品种、小批量零件的加工,有利于企业进行激烈的市场竞争。



3. 加工精度高,加工质量稳定

数控加工的尺寸精度通常高于普通机床,且不受零件形状复杂程度的影响。数控加工消除了操作者的人为误差,提高了同批零件尺寸的一致性,使产品质量保持稳定。这为提高产品的装配质量和工作效率创造了有利条件,使零件废品率大为降低。

4. 具有高的生产效率

数控机床加工的效率,一方面是由于数控机床自动化程度较高,另一方面是加工过程中省去了画线、多次装夹定位、检测等工序,有效地提高了生产率。

5. 易于建立计算机通讯网络

由于数控机床使用数字信息控制,其控制器本身就相当于一台专用计算机。目前,大多数数控装置都具有通信接口,可以方便地与其他计算机进行联网。

6. 数控机床维护、操作和编程人员要求高

数控机床的价格昂贵、技术复杂,为了保证机床正常合理的运行、提高利用率,保持良好的经济效率,机床维护、操作和编程人员都应具有较高的技术水平和良好的职业素质。

随着数控系统、车床结构和刀具材料的技术发展,数控车床不断向高速化发展。随着主轴转速和换刀系统的速度的提高,工艺和工序更加复合化和集成化,数控车床将向多轴、多刀架及全自动化、精密化和简易化方向发展。

二、数控车床主要加工功能

数控程序控制。自动完成零件内外圆柱面、锥面、圆弧、螺纹等部位的切削加工,并进行切槽、钻、扩、铰孔等工作。近年来研制的数控车削中心和数控车铣中心,可在一次装夹中可以完成更多的加工工序,提高了加工质量和生产效率,因此得到了广泛应用。

数控车削的加工对象包括:

- ①精度要求高的零件;
- ②表面粗糙度好的回转体零件;
- ③轮廓形状复杂的零件带;
- ④一些特殊类型螺纹的零件;
- ⑤超精密、超低表面粗糙度的零件。

常见的数控车削零件如图 1.1 所示。

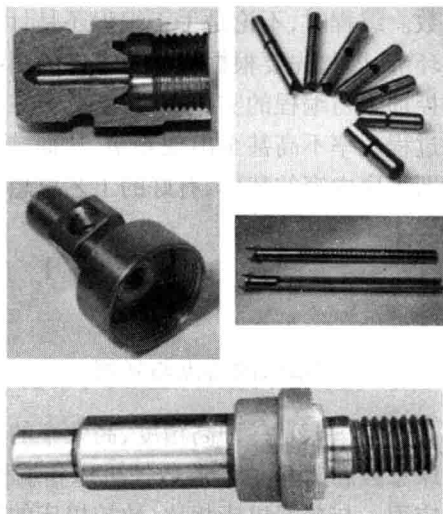


图 1.1 常见数控车削零件

三、数控车床组成及其作用

1. 主体

机床主体主要包括床身、主轴箱、床鞍、尾座、进给机构等机械部件。

2. 数控装置(CNC 装置)

数控装置是数控车床的控制核心,一般采用专用计算机控制,主要由显示器、键盘、输入和输出装置、存储器以及系统软件等组成。

3. 伺服驱动系统

伺服驱动系统是数控车床执行机构的驱动部件,它将 CNC 装置输出的运动指令信息转换成机床移动部件的运动,主要包括主轴驱动、进给驱动及位置控制等。

4. 辅助装置

辅助装置是指数控车床的一些配套部件,包括换刀装置、对刀仪、液压、润滑、气动装置、冷却系统和排屑装置等。

数控车床的典型结构如图 1.2 所示。

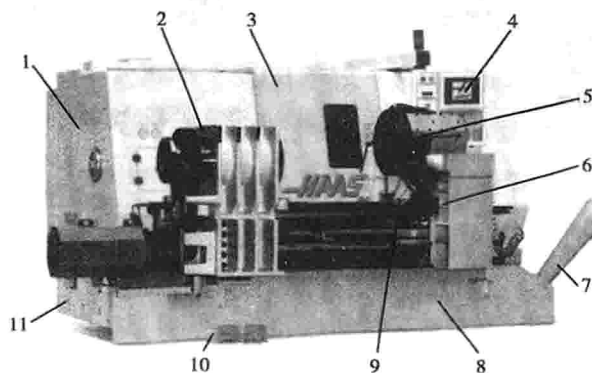


图 1.2 数控车床的典型结构

1—电气箱;2—主轴箱;3—机床防护门;4—操作面板;5—回转刀架;

6—尾座;7—排屑器;8—冷却液箱;9—滑板;10—卡盘踏板开关;11—床身

5. 数控车床组成结构特点

(1) 常采用全封闭或半封闭防护装置

数控车床采用封闭防护罩可防止切屑或切削液飞出,以减少给操作者带来的意外伤害。

(2) 采用自动排屑装置

数控车床自动化程度高,加工过程中人为干预少,常采用斜床身结构布局以便于采用自动排屑装置。

(3) 主轴转速高,工件装夹安全、可靠

数控车床常采用动力卡盘,夹紧力调整方便、可靠,同时也降低了操作工人的劳动强度。

(4) 可自动换刀

数控车床一般都采用了自动回转刀架,在加工过程中可自动更换刀具,实现连续完成多道工序的加工。

(5) 主、进给传动分离

数控车床的主传动与进给传动采用了各自独立的伺服电动机,使传动链变得简短、可靠。同时,各电动机既可单独运动,也可按要求实现多轴联动。

四、数控车床的分类

1. 按车床主轴位置分类

数控车床按车床主轴位置可分为立式数控车床和卧式数控车床,如图 1.3 所示。

(1) 立式数控车床

立式数控车床的车床主轴垂直于水平面,并有一个直径很大、供装夹工件用的圆形工作台。这类机床主要用于加工径向尺寸大、轴向尺寸相对较小的大型复杂零件。



(a) 立式数控车床



(b) 卧式数控车床

图 1.3 数控车床的种类

(2) 卧式数控车床

卧式数控车床分为数控水平导轨卧式车床和数控倾斜导轨卧式车床。倾斜导轨结构可以使车床具有更大的刚性,并易于排除切屑。

2. 按加工零件的基本类型分类

(1) 卡盘式数控车床

这类车床未设置尾座,适合车削盘类(含短轴类)零件。其夹紧方式多为电动或液动控制,卡盘结构多具有可调卡爪或不淬火卡爪(即软卡爪)。

(2) 顶尖式数控车床

这类数控车床配置有普通尾座或数控尾座,适合车削较长的轴类零件及直径不太大的盘、套类零件。

3. 按数控系统的功能分类

(1) 经济型数控车床(简易数控车床)

经济型数控车床一般用单板机、单片机进行开环控制,具有 CRT 显示、程序存储、程序编辑等功能,加工精度较低,功能较简单。机械部分多为在普通车床基础上改进而成。

(2) 全功能型数控车床

全功能型数控车床属于较高档次的数控车床,具有刀尖圆弧半径自动补偿、恒线速、倒角、固定循环、螺纹切削、图形显示、用户宏程序等功能,加工能力强,适宜于加工精度高、形状复杂、循环周期长、品种多变的单件或中小批量零件的加工。

(3) 精密型数控车床

精密型数控车床采用闭环控制,不但具有全功能型数控车床的全部功能,而且其机械系统的动态响应较快,在数控车床基础上还增加了其他附加坐标轴,适用于精密和超精密加工。

4. 其他分类方法

数控车床按不同控制方式分为直线控制数控车床、两主轴控制数控车床等;按工艺性能分为螺纹数控车床、活塞数控车床、曲轴数控车床等多种。此外,车削中心也列入这一类,分为立式和卧式车削中心两类。

五、数控车床的主要技术参数

数控车床主要技术参数如表 1.1 所示。

表 1.1 数控车床的主要技术参数

机床质量	重复定位精度
机床外形尺寸	刀架行程
允许最大工件回转直径	刀架转位数
最大车削直径	刀架装刀数
最大车削长度	刀具装夹尺寸
最大棒料尺寸	主轴头型式
主轴转速范围	主轴电机功率
X、Z 轴行程	进给伺服电机功率
X、Z 轴快速移动速度	尾座行程
定位精度	卡盘尺寸等

六、典型数控系统

数控系统是数控机床的核心。数控机床根据功能和性能要求,配置不同的数控系统。数控系统不同,其数控编程的指令代码也有差别。

1. 国外常用的数控系统

日本 FANUC 公司的 0-D 型(普及型)、0-TD 型数控系统用于车床,0-MT 型用于铣床和小型加工中心、0-GCT 型用于圆柱磨床,0-GST 型用于平面磨床,0-PT 型用于冲床等。德国 SIEMENS 公司的 802S 型数控系统用于车、铣床,可控制 3 个进给轴和 1 个主轴,适于步进电动机驱动;802C 型与 802S 型相似,但适于伺服电动机驱动,它具有数字的 I/O 接口;802D 型可控制 4 个进给轴和 1 个主轴,具有 PLC I/O 模块,控制更加智能;810D 型可控制 6 个进给轴、1 个主轴和 1 个辅助轴,具有紧凑型可编程 I/O;840D 型最大可控制 31 个坐标轴,适用于复杂机床等。此外,还有美国 ACRAMATIC 数控系统,西班牙 FAGOR 数控系统等。

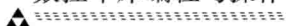
2. 国内数控车床系统

国内数控车床系统包括:北京机床研究所的 1060 系列;无锡数控公司的 8MC/8TC 数控系统;北京凯恩帝数控公司 KND-500 系列;北京航天数控集团的 CASNUC-901、902 系列;广州数控设备厂 GSK980T 系列;大连大森公司的 R2F6000 型;珠峰数控公司的 CME988(中华 I 型)系列;北京航天数控集团的 CASNUC-911MC(航天 I 型);华中数控公司的世纪星 21T;中科院沈阳计算所 LT8520/30(蓝天 I 型)等。

七、数控车削刀具

1. 选择数控车削刀具应考虑因素

- ①一次连续加工表面尽可能多;



- ②刀具在切削过程中不能与工件轮廓发生干涉;
- ③有利于提高加工效率和加工表面质量;
- ④有合理的刀具强度和耐用度。

2. 刀具材料的选择

数控车削的刀具常采用高速钢和硬质合金。高速钢通常实行批处理,韧性较硬质合金好,硬度、耐磨性和红硬性较硬质合金差,不适应切削硬度较高的材料,不适合高速切削加工。高速钢刀具使用前需生产者自行刃磨,适于各种特殊需要的非标准刀具。硬质合金刀片切削性能优异,在车削中广泛使用。此外还有硬度和耐磨性均超过硬质合金的刀具材料,如涂层硬质合金、陶瓷、立方氮化硼和金刚石。

硬质合金刀片按国际标准分为三大类:P——钢类,M——不锈钢类,K——铸铁类。

P:适于加工钢、铸铁、可锻铸铁;

M:适于加工奥氏体不锈钢、铸铁、高锰钢、合金铸铁;

M—S:适于加工耐热合金和钛合金;

K:适于加工铸铁、冷硬铸铁、短屑可锻铸铁、非钛合金;

K—N:适于加工铝、非铁合金;

K—H:适于加工沾硬材料。

3. 常用数控车削刀具类型

数控车削用刀具从形状上一般分为尖形车刀、圆弧形车刀以及成形车刀三类。

(1) 尖形车刀

它是以直线形切削刃为特征的车刀。这类尖形车刀的刀尖由直线形的主副切削刃构成,如90°内外车刀、左右端面车刀、车槽(切断)车刀及刀尖倒棱很小的各种外圆和内孔车刀。

尖形车刀几何参数(主要是几何角度)的选择方法与普通车削时基本相同,但应根据数控加工的特点(如加工路线,加工干涉等)进行全面的考虑,并应兼顾刀尖本身的强度。

(2) 圆弧形车刀

它是以一圆度或线轮廓度误差很小的圆弧形切削刃为特征的车刀。该车刀圆弧刃每一点都是圆弧形车刀的刀尖,因此,其刀位点不在圆弧上,而在该圆弧的圆心上。

圆弧形车刀可以用于车削内外表面,特别适合于车削各种光滑连接(凹形)的成形面。选择车刀圆弧半径时应考虑两点:一是车刀切削刃的圆弧半径应小于或等于零件凹形轮廓上的最小曲率半径,以免发生加工干涉;二是该半径不宜选择太小,否则不但制造困难,还会因刀具强度太弱或刀体散热能力差导致车刀损坏。

(3) 成形车刀

它也称样板车刀,其加工零件的轮廓形状完全由车刀刀刃的形状和尺寸决定。数控车削加工中,常见的成形车刀有小半径圆弧车刀、矩形车槽刀和螺纹刀等。数控加工中,应尽量少用或不用成形车刀。

数控车削常用车刀从刀具结构上可分为整体式车刀、焊接式车刀、机夹车刀和硬质合金可转位车刀。焊接式车刀如图1.4所示。硬质合金可转位车刀应用更广,如图1.5所示。硬质合金可转位车刀使用可转位的机加刀片,即把经过研磨的可转位刀片用夹紧组件夹紧在刀杆上。使用过程中,一旦切削刃磨钝后,通过刀片的转位就可用新的切削刃继续切削。这种刀具定位准确、夹紧可靠、换刀迅速,便于实现机械加工的标准化。

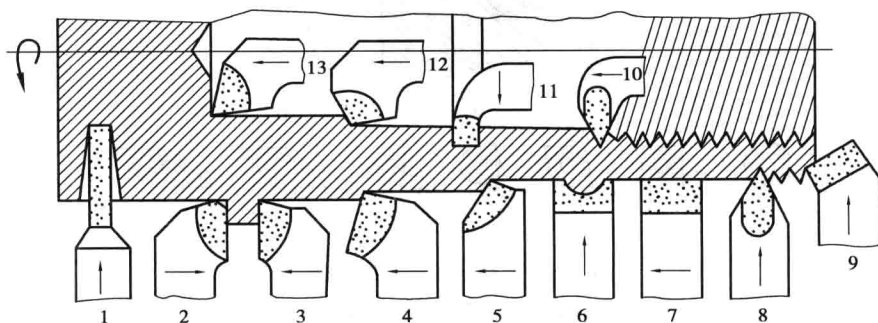


图 1.4 焊接式车刀

1—切断刀;2—90°左偏刀;3—90°右偏刀;4—弯头车刀;5—直头车刀;
6—成形车刀;7—宽刃精车刀;8—外螺纹车刀;9—端面车刀;10—内螺纹车刀;
11—内槽车刀;12—通孔车刀;13—盲孔车刀

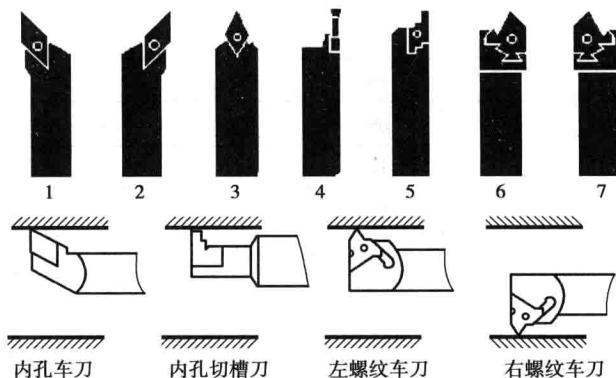


图 1.5 机夹可转位车刀

1—右端面外圆车刀;2—左端面外圆车刀;3—尖头外圆车刀;
4—切断刀;5—切槽刀;6—左螺纹车刀;7—右螺纹车刀

4. 刀片的形状

目前,数控机床上大多使用系列化、标准化刀具,对可转位机夹外圆车刀、端面车刀等的刀柄和刀头都有国家标准及系列化型号。

选择刀片形状主要依据被加工工件的表面形状、切削方法和刀具寿命等条件。图 1.6 列出了刀片形状及对应的代号:C、D、V 均为菱形,顶角分别为 88° 、 55° 、 35° ;R 为圆形;S 为正方形;T 为三角形;W 为六角形;K 为平行四边形,顶角也为 55° 。图中各刀片切削刃的长度如表 1.2 所示。刀尖角的大小决定了刀片的强度。在工件结构形状和系统刚性允许的前提下,选择尽可能大的刀尖角。通常这个角度为 $35^\circ \sim 90^\circ$ 。R 型圆刀片在重切削时具有较好的稳定性,但易产生较大的径向力。在机床刚性、功率允许的条件下,大余量、粗加工应选择刀尖角较大的刀片,反之选择刀尖角较小的刀片。

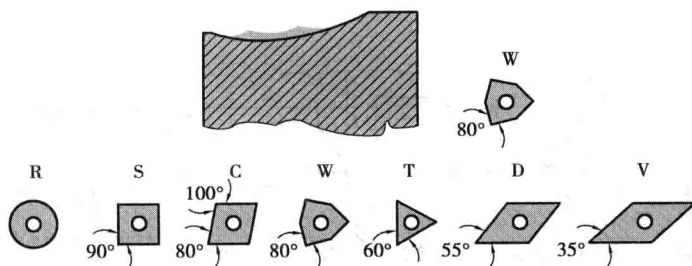


图 1.6 刀片形状及对应的代号

表 1.2 刀片切削刃长度

内切圆直径/mm	C 100° 80°	D 55°	R	S 90°	T 60°	V 35°	W 80°
3.97				06			
5.56				09			
6.35	06	07		11	11		
8.0			08				
9.525	09	11	09	09	16	16	06
10.0			10				
12.0			12				
12.7	12	15	12	12	22	22	08
15.875	16		15	15	27		
16.0			16				
19.05	19		19	19	33		
20.0			20				
25.0			25				
25.4	25		25	25			

5. 正型和负型刀片

刀片可分为正型和负型两种基本类型。

(1) 正型刀片

刀片后角不为零的刀具都称为正型刀具。正型刀片使刀体/刀杆的前角有为正值的可能性。正型刀具通常切削轻快,但经济性较差,同时由于刀片楔角相对减小,刃口强度也就不那么高了。对于内轮廓加工,小型机床加工,工艺系统刚性较差和工件结构形状较复杂应优先选择正型刀片。

(2) 负型刀片

刀片后角为零度的刀具称为负型刀具,其刀体/刀杆的前角是负的。这类刀具相对切削力较大,锋利性较差,但可以两面使用以提高经济性。对于外圆加工,金属切除率高和加工条件较差时应优先选择负型刀片。

6. 刀片的紧固方式

刀片的可靠夹紧对零件的加工质量有着重要的影响,因此不仅要求刀片的夹紧方式要确保刀具的定位精度和重复定位精度,而且还要求结构简单、排屑流畅和操作方便。常见的可转位刀片的夹紧方式结构如图 1.7 所示。在国家标准中,刀片紧固方式分为销孔夹紧、螺钉夹紧、上压与销孔夹紧三种。

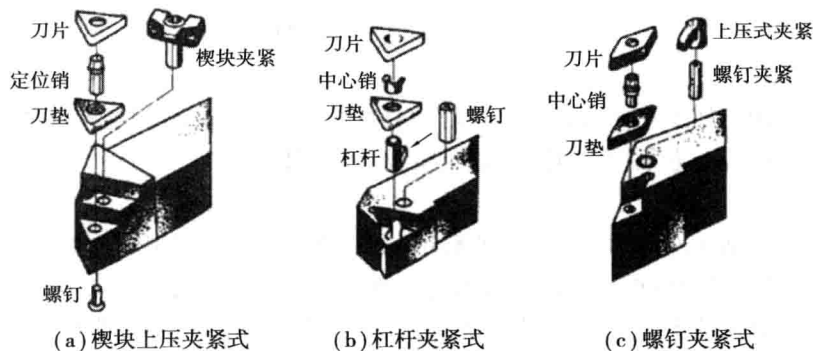


图 1.7 可转位刀片的夹紧方式的结构

刀具尤其是刀片的选择是保证加工质量、提高生产效率的重要因素。零件材质的切削性能、毛坯余量、工件尺寸精度和表面粗糙度、机床的自动化程序等都是选择刀片的重要依据。刀片的选择是根据零件的材料种类、硬度以及加工表面粗糙度要求和加工余量的已知条件来决定刀片的几何结构(如刀尖圆角)、进给量、切削速度和刀片牌号。具体选择时可参考切削用量手册。

数控车床在车削时能兼作粗、精车削。粗车时,要选强度高、耐用度好的刀具,以便满足车削时大背吃刀量、大进给量的要求;精车时,要选精度高、耐用度好的刀具,以保证加工精度的要求。此外,为减少换刀时间和方便对刀,应尽可能采用机夹刀片。

八、数控车床编程的方法和内容

数控编程是数控加工程序编制的简称,一般通过分析、规划和计算,将零件加工的工艺过程、工艺参数、刀具运动的轨迹和其他辅助动作按一定的顺序用数控机床规定的指令代码和程序格式编写加工程序,并通过校验试切得到合格加工程序的过程。简单地说,数控编程就是编写出加工程序所需的指令代码。但要编制出一个好的数控加工程序,它一般应包括零件分析、工艺设计、数值计算、编写程序清单、制备控制介质及程序校验首件试切等工作。

根据数控编程过程中所使用的手段不同,数控编程方法分为手工编程、计算机辅助编程以及蓝图编程(Blue Print Programing)等。

1. 手工编程

手工编程是指编程全部过程或主要工作由人工完成的编程方法。如图 1.8 所示为手工编程的一般工作过程。

(1) 零件分析

分析零件图纸,即要明确图纸上标明的材料、形状、尺寸、精度、热处理和技术条件等要求,确定零件是否合适在数控机床上加工,哪些表面适合在数控机床上加工以及具体在哪种数控机床上加工,并明确加工的内容和要求。

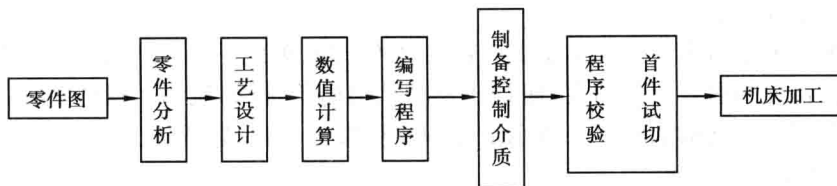


图 1.8 手工编程的工作过程

(2) 工艺设计

工艺设计即确定加工工艺过程。通过对零件图样的全面分析,确定零件的加工方法、加工步骤、加工刀具、装夹方案、编程原点、加工路线、切削用量等。

(3) 数值计算

数值计算是根据零件的形状尺寸和所确定的加工路线,计算加工程序中需要的与刀具轨迹有关的坐标、尺寸以及数控机床需要输入的其他数据等。如直线的端点坐标,圆弧的起点、终点、圆心坐标,圆弧的半径尺寸,用直线或圆弧逼近非圆曲线时的节点坐标,主轴的转速,进给量等。

(4) 编写程序

这是指根据已计算出的刀具运动轨迹的坐标值和确定的工艺参数、加工顺序、刀号以及辅助动作,按照数控系统规定的指令代码和格式,逐段编写零件加工程序。

(5) 制备控制介质

编写程序是产生程序的内容,但它必须被记录在纸、磁盘或其他介质上。只有可以被数控机床读取并记录有程序内容的特定介质才是控制介质。编写程序时,若记录程序内容的介质可以被数控机床读取,则可以省略此过程,否则应制备控制介质。

早期数控机床所使用的控制介质主要是穿孔纸带,也有用磁带的。随着数控系统越来越多地融入通用计算机技术,尤其是当数控机床与计算机实现联网后,所有计算机用于记录信息的载体都可以作为数控机床的控制介质,如硬盘、光盘等。

(6) 程序的校验与首件试切

数控加工程序必须保证完全正确的情况下才能用于生产加工。

程序被输入数控机床后,数控系统首先会自动对指令代码、程序格式的正误,数据是否完整和矛盾进行自检。自检不能通过的程序,机床不会去执行并会有出错提示。自检能通过的程序并不一定就是正确的程序。通过了自检但不正确的程序更加危险。因为一个错误而又可以被执行的程序若控制了机床的运行,后果可能是零件报废,严重的甚至损坏机床。因此,加工程序必须要进行严格的程序校验,对于批量生产或价值较高的零件还应进行首件试切。

程序校验可以利用数控机床空运行来进行,即不安装工件毛坯的情况下运行程序,以检查机床运动轨迹和动作的正确性。有时也可以用笔代替刀具在坐标纸上画出图形来检查机床运动轨迹的正确性。某些数控机床还可以利用数控系统所提供的图形仿真功能模拟刀具相对工件的运动来校验程序。这种方法更加简便,但一般只有高档的数控机床才具有此功能。利用专业的仿真软件也可以实现程序的校验,并且这类软件还提供有如程序优化等更高级的功能,某些软件甚至可以仿真出零件的加工误差和表面质量,从而减少和避免首件试切的检查。

一般的程序校验只能检验机床的运动轨迹和动作是否正确,不能检查出因刀具调整、编程计算等产生的加工误差。首件试切是为了进一步检查程序和刀具造成的加工误差而对首个零件进行的试切削,常采用较便宜、易切削的材料代替正式的毛坯进行加工。

手工编程适用于形状不太复杂、计算比较简单、程序段不多的零件,它比较容易实现,且经济及时。因此在点位加工和只由直线和圆弧组成的轮廓加工中,手工编程仍广泛采用。

2. 计算机编程

对于编程工作量大、几何形状复杂的零件,特别是具有非圆曲线、列表曲线和曲面的零件,由于编程时的数值计算工作相当烦琐,工作量大,容易出错,程序的校验困难,手工编程难以或无法完成。为了缩短生产周期、提高数控机床的利用率,有效解决复杂零件的加工问题,应使用计算机辅助编程。

计算机辅助编程是指在数控加工程序的编制过程中使用了计算机的数控编程。计算机编程不仅可以大大减轻编程人员的劳动量,减少程序出错的机会,还可以加快编程速度,提高编程的计算精度,甚至可以编制出手工编程无法实现的复杂零件加工程序。根据所使用软件不同,计算机编程又可以分为 APT (Automatically Programmed Tools) 系统编程和 CAD/CAM (Computer Aided Design/ Computer Aided Manufacturing) 系统编程。CAD/CAM 软件系统编程使用可视化的数字模型来描述零件的几何形状,形象、直观,易于理解,上手快,效率高,市场占有率逐渐扩大,在数控加工领域占有重要地位。CAD/CAM 系统数控编程过程示意图如图 1.9 所示。

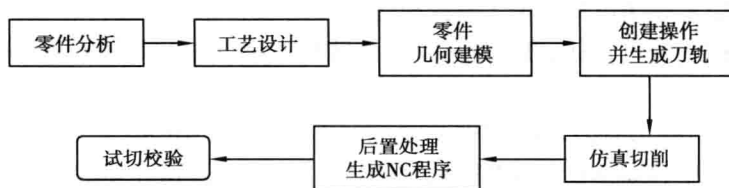


图 1.9 CAD/CAM 系统数控编程过程

(1) 零件分析与工艺设计

计算机辅助编程在零件分析和工艺设计阶段,除了与手工编程一样要考虑的问题外,还多了以下两点:几何建模分析,即根据零件的几何特点和所使用的软件,分析应使用何种数字模型和对哪些几何对象进行建模;刀具轨迹生成的方法分析,即根据零件的结构特征和所使用的软件,分析采用何种刀具轨迹的生成方法,更有利于生成合理、高效的刀具轨迹。

(2) 零件几何建模

利用 CAD 软件功能创建零件几何的数字模型称为零件的几何建模。常用的数字模型有线框模型、曲面模型、实体模型。对于要进行平面轮廓加工即两轴加工的零件,采用线框模型就可以了;对于具有空间曲面的零件,应进行曲面模型建模;而对于结构复杂的零件,最好采用实体模型建模。目前,许多 CAD/CAM 一体化软件在零件设计 CAD 模型时就生成了加工的数字模型。这样不仅提高了工作效率,更避免了重新建模过程中可能的错误,使编程人员不再考虑设计问题,专注于解决工艺和编程问题。

(3) 创建刀具路径

CAM 软件中的“操作”是指为生成某一条刀具路径而做的各种选择和参数输入的集合,