

职业教育实用教材

ZHIYE JIAOYU SHIYONG JIAOCAI

数控车削编程与操作训练

SHUKONG CHEXIAO BIANCHENG YU CAOZUO XUNLIAN

孟玲霞 主 编

赵慧欣 刘建民 副主编



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

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

职业教育实用教材

数控车削编程与操作训练

孟玲霞 主 编

赵慧欣 刘建民 副主编

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书主要介绍了数控车削编程基本知识、回转体类零件加工的编程方法、螺纹加工的编程方法、成形面零件加工的编程方法、典型数控车床的操作、数控车削编程与操作初级技能训练及数控车削编程与操作中级技能训练等内容。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。
版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

数控车削编程与操作训练/孟玲霞主编. —北京:电子工业出版社,2008.5

ISBN 978-7-121-06349-7

I. 数… II. 孟… III. ①数控机床:车床—车削—程序设计②数控机床:车床—车削—操作 IV. TG519.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 046988 号

责任编辑:李 影

印 刷:北京朝阳新艺印刷有限公司

装 订:北京朝阳新艺印刷有限公司

出版发行:电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本:787×1092 1/16 印张:14.00 字数:340 千字

印 次:2008 年 5 月第 2 次印刷

定 价:21.80 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题,请向购买书店调换。若书店缺货,请与本社发行部联系,联系及邮购电话:(010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zltz@phei.com.cn,盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线:(010) 88258888。

前 言

随着科学技术的迅猛发展,机械制造技术也随之飞速发展,传统的普通加工设备已经不能适应市场对产品高质量、高效率、多样化的要求。以数控技术为核心的现代化制造技术逐渐取代了传统的机械制造技术,成为现代产品的主要生产技术。数控制造技术是集机械制造技术、计算机技术、微电子技术、现代控制技术、网络信息技术和光机电一体化技术于一身的多学科、高新制造技术。衡量一个国家工业现代化情况的重要标准就是看这个国家数控技术水平及数控机床的拥有量。

目前,我国数控制造技术已经达到相当水平,但是能熟练掌握数控机床编程、操作和维修的一线技术员工十分紧缺。为了培养更多的一线员工,满足国内对数控专业知识人才的需求,编者参阅了大量相关书籍,并结合多年的实践经验编写了此书。

本书针对职业教育的教学特点,突出基础性、实用性、先进性和操作性,注重培养学生理论知识和实际操作相结合的能力。以讲解理论知识为主,结合实例来强化实际操作,将理论与实践紧密联系在一起。同时,各章配有相应的练习题,以帮助学生巩固本章知识,从而提升实际操作能力。

全书分为七章。第一章介绍了数控车削编程基本知识,内容包括数控车床概述、数控车削加工工艺基本知识及数控车削编程的基础知识;第二章介绍了回转体类零件加工的编程方法,内容包括常用指令和循环指令、轴类零件加工的编程方法、套类零件加工的编程方法、圆锥面类零件加工的编程方法和槽类零件加工的编程方法;第三章介绍了螺纹加工的编程方法,内容包括螺纹加工编程的基本知识、螺纹加工切削用量的选用以及螺纹加工的编程方法;第四章介绍了成形面零件加工的编程方法,内容包括成形面加工编程的基本知识、成形面加工的编程方法和成形面加工编程技能训练;第五章介绍了典型数控车床的操作,内容包括数控车床的分类及主要技术指标、典型数控车床操作面板介绍、典型数控车床操作以及数控车削安全操作规程;第六章为数控车削编程与操作初级技能实训;第七章为数控车削编程与操作中级技能实训。

本书由北京信息科技大学孟玲霞担任主编,赵慧欣和刘建民担任副主编。

由于编者水平有限,书中难免存在一些不足和缺点,恳请广大师生及读者不吝提出批评、指正和改进意见,在此深表谢意。

编 者

目 录

第一章 数控车削编程基本知识.....	1
第一节 数控车床概述.....	1
第二节 数控车削加工工艺基本知识.....	2
第三节 数控车削编程的基础知识.....	8
本章习题	15
第二章 回转体类零件加工的编程方法	17
第一节 常用指令和循环指令	17
第二节 轴类零件加工的编程方法	32
第三节 套类零件加工的编程方法	35
第四节 圆锥面类零件加工的编程方法	38
第五节 槽类零件加工的编程方法	46
本章习题	55
第三章 螺纹加工的编程方法	57
第一节 螺纹加工编程的基本知识	57
第二节 螺纹加工切削用量的选用	62
第三节 螺纹加工的编程方法	65
本章习题	79
第四章 成形面零件加工的编程方法	82
第一节 成形面加工编程的基本知识	82
第二节 成形面加工的编程方法	85
第三节 成形面加工编程技能训练	88
本章习题	99
第五章 典型数控车床的操作.....	101
第一节 数控车床的分类及主要技术指标.....	101
第二节 典型数控车床操作面板介绍.....	103
第三节 典型数控车床操作.....	106
第四节 数控车削安全操作规程.....	109
本章习题.....	110
第六章 数控车削编程与操作初级技能训练.....	111
第一节 初级技能训练 1——阶梯轴的车削	111
第二节 初级技能训练 2——圆锥面的车削	114
第三节 初级技能训练 3——G71、G70 指令的应用	118
第四节 初级技能训练 4——沟槽零件的车削	123
第五节 初级技能训练 5——套类零件的车削	127

第六节	初级技能训练 6——圆弧的车削	132
第七节	初级技能训练 7——轴件的车削	135
第八节	初级技能训练 8——轴类零件的车削	139
第九节	初级技能训练 9——套类零件的车削	142
第十节	初级技能训练 10——轴类零件的车削	148
第十一节	初级技能训练 11——螺纹的车削	152
第十二节	初级技能训练 12——G71 指令的应用	153
第十三节	初级技能训练 13——循环指令的应用	154
第十四节	初级技能训练 14——圆角的车削	154
第十五节	初级技能训练 15——不等距槽的车削	155
第十六节	初级技能训练 16——圆弧的车削	155
第十七节	初级技能训练 17——G71、G70 指令的应用	156
第七章	数控车削编程与操作中级技能训练	157
第一节	中级技能训练 1——螺纹轴的车削	157
第二节	中级技能训练 2——一般套类零件的车削	162
第三节	中级技能训练 3——复杂轴类零件的车削	167
第四节	中级技能训练 4——复杂圆弧的车削	172
第五节	中级技能训练 5——圆锥面的车削	176
第六节	中级技能训练 6——综合零件的车削	180
第七节	中级技能训练 7——长轴类零件的车削	185
第八节	中级技能训练 8——轴套配合类零件的车削	190
第九节	中级技能训练 9——圆弧的车削	201
第十节	中级技能训练 10——锥套配合类零件的车削	205
第十一节	中级技能训练 11——固定循环指令的应用	215
第十二节	中级技能训练 12——轴类零件的车削	215
第十三节	中级技能训练 13——综合零件的车削	216

第一章 数控车削编程基本知识

在机械制造工业中,数控车削加工是一种最基本、应用最广泛的加工方法。随着科学技术的发展,对零件加工的精度和表面质量的要求也越来越高。为了满足这一需求,当前数控车削加工正向高速切削等方向发展,加工精度也在不断地提高。



学习任务

1. 了解数控车床的组成、数控车削加工工艺的特点与内容、加工工序的划分原则、加工路线的确定、刀具及切削用量的选择等;
2. 掌握数控编程的方法、数控编程的内容与步骤、坐标系的建立及编程方式的选择、数控加工程序的组成与格式等。

第一节 数控车床概述

数控车床在数控机床中占有非常重要的位置,是切削加工的主要技术装备,几十年来一直受到世界各国的普遍重视并得到了迅速的发展,能够完成圆柱面、圆锥面、圆弧面、直螺纹和锥螺纹等零件的切削加工。

一、数控车床

数控车床是数字程序控制车床的简称,它集加工精度高的精密型车床、加工效率高的专用型车床和通用性好的万能型车床的特点于一身,其外形如图 1-1 所示。

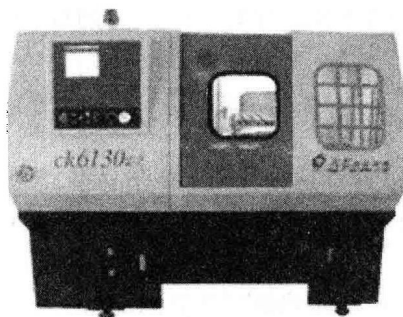


图 1-1 数控车床外形

1. 数控车床的型号代码

CKA6140 和 CJK6160 型数控车床型号代码的含义,如图 1-2 和图 1-3 所示。

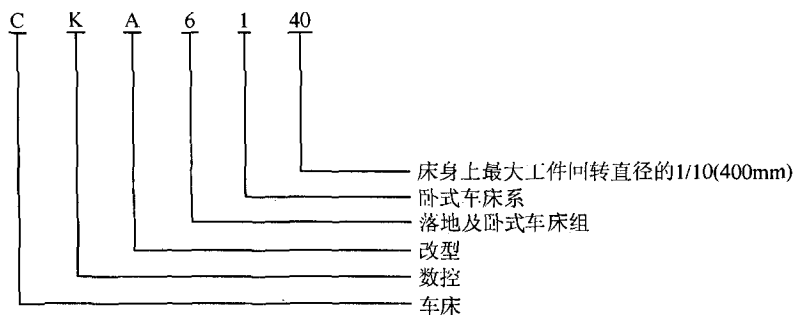


图 1-2 CKA6140 型数控车床型号代码的含义

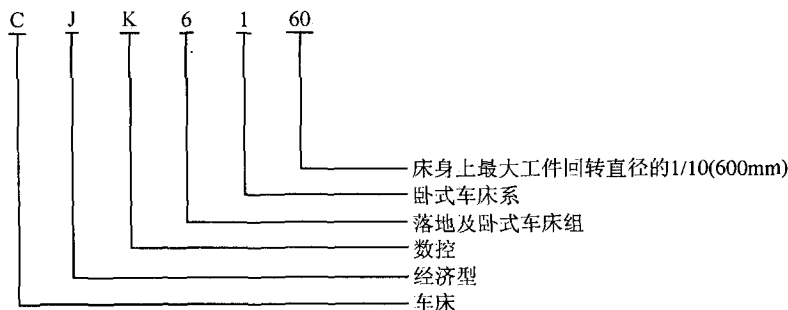


图 1-3 CJK6160 型数控车床型号代码的含义

2. 数控车床的组成

数控车床一般由以下几个部分组成。

- (1) 机床本体。一般包括床身、进给机构、刀架、尾座、主轴箱等,是数控车床的机械部件。
- (2) 伺服驱动系统。伺服驱动系统一般由伺服驱动装置和伺服驱动电路组成,主要用于实现主运动和进给运动,是数控车床切削工作的动力部分。
- (3) 数控装置。数控装置的主体是数控系统运行的一台计算机,主要包括存储器、CPU 等,是数控车床的控制核心。
- (4) 辅助装置。辅助装置是指数控车床的一些配套部件,包括气压装置,润滑系统,液压、冷却系统和排屑装置等。

二、数控车削的加工步骤

数控车削是通过计算机发出指令直接控制机床运转的。它的主要加工步骤为:

- (1) 根据零件图进行工艺分析和程序设计。
- (2) 编制加工程序单。
- (3) 通过输入装置将加工程序输入到数控装置内部。
- (4) 数控装置进行一系列运算和处理,将信号送入伺服机构。
- (5) 伺服机构带动机床运动部件,按程序规定进行自动加工。

第二节 数控车削加工工艺基本知识

编程人员在制定加工方案,确定零件的加工顺序,各工序所用刀具和切削用量等技术问题

时,应进行工艺分析,依据被加工工件的材料、轮廓形状、加工精度等来确定其加工工艺。

一、数控车削加工工艺的特点与内容

1. 数控车削加工工艺的特点

与普通车削相比,数控车削加工工艺的特点主要有:

(1)指导性文件不同。在普通车削加工中,工艺规程是工人在加工时的指导性文件,其走刀路线、切削用量、工序等往往都是由操作工人自行选定的。因此,在普通车床上用的工艺规程实际上只是一个工艺过程卡。

在数控车削加工中,程序是指导性文件。数控车削受控于程序指令,加工的全过程都是按程序指令自动进行的。因此,数控车床加工程序与普通车床工艺规程有较大差别。

(2)加工程序涉及的内容广。数控车床加工程序不仅要包括零件的工艺过程,而且包括走刀路线、切削用量以及车床的运动过程。因此,要求编程人员对数控车床的性能、特点、刀具系统以及工件的装夹方法等非常了解。

2. 数控车削加工工艺的内容

数控车削加工工艺的内容主要包括:

(1)选择适合在数控车床上加工的零件,确定工序内容,如具有封闭内成形面的壳体等难于控制尺寸的零件(如图 1-4 所示),在普通车床上是无法加工的,仅适合在数控车床上加工。

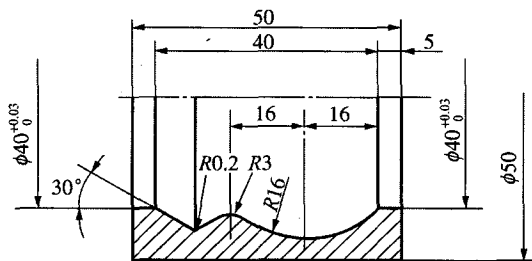


图 1-4 具有封闭内成形面的壳体

如图 1-5 所示的轴承内圈,适合在数控车床上加工。这样仅需要一次装夹即可完成内孔和滚道的车削,能满足较小的壁厚差要求,且加工质量稳定。如果采用液压仿形车床或液压半自动车床加工,因机床制造精度低,零件则需多次装夹,因而会造成较大的壁厚差,致使加工的零件达不到图纸要求。

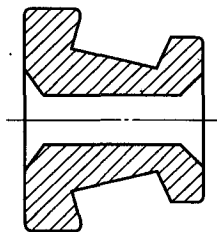


图 1-5 轴承内圈

(2)分析被加工零件的图纸及技术要求,确定加工内容。

(3)确定零件的加工方案,制定数控加工工艺路线。数控加工工艺路线的制定主要包括工序的划分、加工顺序的安排及与非数控加工工序的衔接等问题。

(4)选取零件的定位基准、确定其装夹方案,同时划分零件加工的工步、选择刀具和确定切削用量等。

(5)选取对刀点和换刀点,确定刀具补偿及加工路线等。

二、加工工序的划分原则

一般数控车削加工工序的划分原则主要有两种,即工序集中原则和工序分散原则。工序划分时主要考虑生产纲领、所用设备及零件本身的结构和技术要求等技术问题。

1. 工序集中原则

工序集中原则是指每道工序包括尽可能多的加工内容,从而使工序的总数减少。采用工序集中原则有利于提高生产效率,减少工件装夹次数、工序数目、机床数量、操作工人数和占地面积,缩短工艺路线。但生产准备周期较长,专用设备和工艺装备投资大、维修调整比较费时费力。

2. 工序分散原则

工序分散原则就是将工件的加工分散在较多的工序内进行,每道工序的加工内容很少。采用工序分散原则有利于选择合理的切削用量,减少机动时间。但所需设备多,工艺路线较长,占地面积大。

3. 集中原则和分散原则的选择

在数控车床上加工零件,一般应按工序集中原则划分工序,即在一次安装下尽可能完成大部分甚至全部表面的加工。但在批量生产中,常用下列两种方法划分工序。

(1)按粗、精加工划分。对加工精度要求较高和毛坯余量较大的零件,应将粗车和精车分开,划分成两道或更多的工序。将粗车安排在精度较低的数控车床上,将精车安排在精度较高的数控车床上。

(2)按零件加工表面划分。如图 1-6 所示的轴承内圈加工,精加工时划分成两道工序,用两台数控车床完成。第一道工序采用以大端面和大外径装夹的方案(如图 1-6(a)所示),加工内孔和小端面,这样就很容易保证内孔对小端面的垂直度等要求;第二道工序以内孔和小端面的装夹方案(如图 1-6(b)所示),以车削大外圆和大端面。

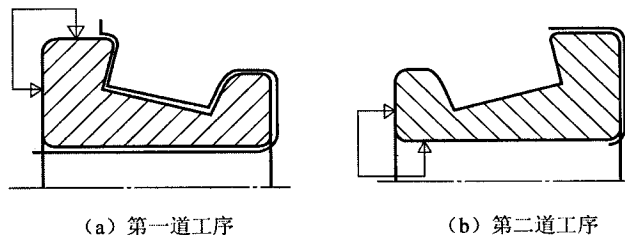


图 1-6 轴承内圈加工

三、加工路线的确定

数控车削加工路线的确定是编写程序的主要依据。在确定工序划分后,加工路线的主要内容就是合理安排加工工序的顺序。

零件的加工工序通常包括切削加工工序、热处理工序和辅助工序等,而这些工序的顺序直



接影响零件的生产效率、加工质量和加工成本。因此,在设计加工路线时,应合理安排工序的顺序。一般遵循下列原则:

1. 先近后远

在一般情况下,离对刀点近的部位先加工,离对刀点远的部位后加工,以便缩短刀具移动距离,减少空行程时间。如图 1-7 所示阶梯轴,当第一刀背吃刀量未超限时,应该按 $\phi 20_{-0.1}^0 \rightarrow \phi 22_{-0.1}^0 \rightarrow \phi 24_{-0.1}^0$ 的次序先近后远地安排车削顺序。

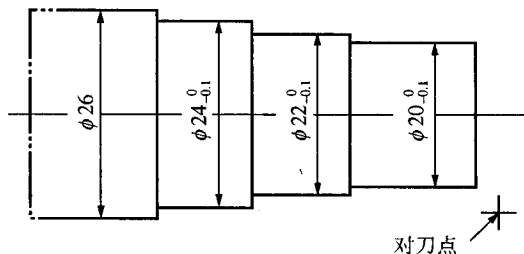


图 1-7 阶梯轴

2. 先粗后精

按照粗车(如图 1-8 所示的短轴中三点划线内的部分)一半精车一精车的顺序进行,逐步提高加工精度。

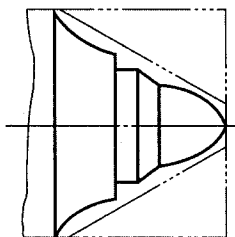


图 1-8 短轴

四、对刀点、刀位点、换刀点的确定

对刀点与刀位点重合的操作称为对刀。每把刀具的长度尺寸与半径都是不同的,刀具装在机床上后,应在控制系统中设置刀具的基本位置。

1. 对刀点的确定

对刀点是指通过对刀确定的刀具与工件相对位置的基准点。对刀点应选择在容易找正、便于确定零件加工原点的位置;应使程序编制简单;应在加工时检查方便、可靠;有利于提高加工精度。

2. 刀位点的确定

刀位点是指刀具的定位基准点,如车刀的刀位点是刀尖或刀尖圆弧中心点,如图 1-9 所示。



图 1-9 车刀的刀位点

3. 换刀点的确定

换刀点常常设置在被加工零件的轮廓之外,在刀具旋转时不与工件和机床设备发生干涉的一个安全位置。

五、刀具的选择

刀具的选择不仅影响零件的加工质量,而且影响机床的加工效率,是数控加工工艺中的一项重要内容。在选择刀具时,通常要考虑工序内容、工件材料、机床的加工能力等因素。与普通的加工方法相比,数控加工对刀具的要求更高,不仅要求其刚度好、耐用度高、精度高,而且要求尺寸稳定、安装调整方便。

数控车削用的车刀一般有以下几种:

1. 圆弧形车刀

圆弧形车刀属于一种特殊的数控加工用车刀,如图 1-10 所示。圆弧形车刀主切削刃的刀刃形状为圆弧,其圆度误差或线轮廓误差一般很小;同时,该圆弧刃每一点都是圆弧形车刀的刀尖,因此,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的成形面。

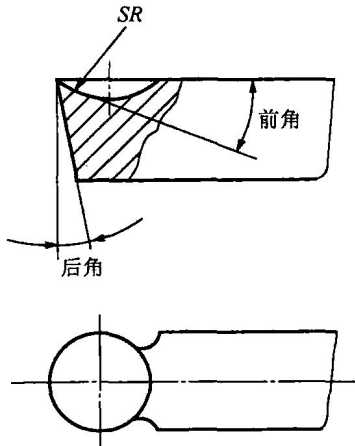


图 1-10 圆弧形车刀

2. 尖形车刀

尖形车刀一般是以直线形切削刃为特征的车刀。这类车刀的刀位点是由直线形的主、副

切削刃构成的,包括 90° 内外圆车刀、左右端面车刀、切断车刀以及刀尖倒棱很小的各种外圆和内孔车刀。

3. 成形车刀

数控车削加工中,常见的成形车刀有非矩形槽车刀、螺纹车刀和小半径圆弧车刀等。成形车刀加工零件的轮廓形状完全由车刀刀刃的形状和尺寸决定。在数控加工中,应尽量少用或不用成形车刀。

4. 机夹可转位车刀

为了方便对刀和减少换刀时间,在数控车削加工时,应尽量采用机夹可转位车刀,其形状如图1-11所示。

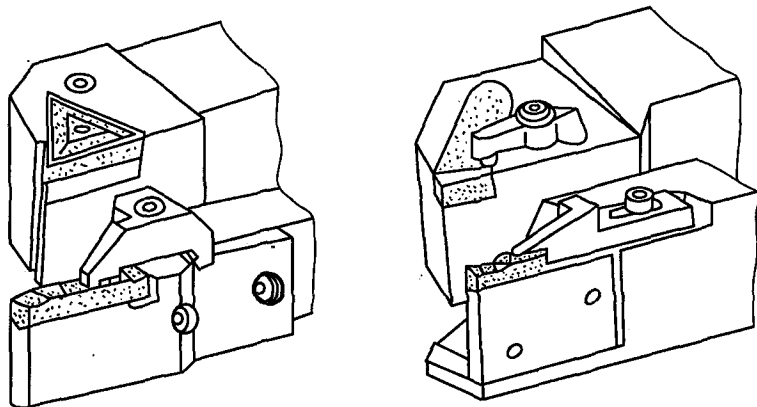


图1-11 机夹可转位车刀的形状

机夹可转位车刀的刀片材料主要有高速钢、硬质合金、涂层硬质合金、陶瓷、立方氮化硼和金刚石等,其中应用最多的是涂层硬质合金刀。常见可转位车刀的刀片形状及角度如图1-12所示。

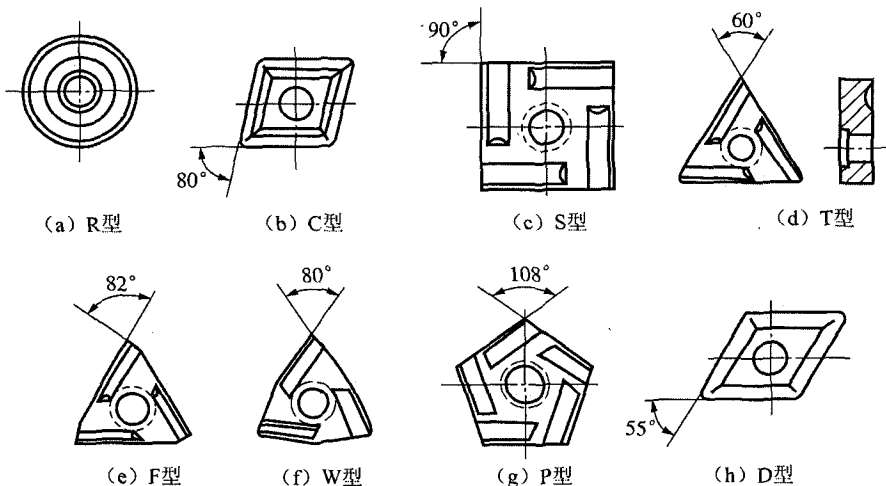


图1-12 常见可转位车刀的刀片形状及角度

六、切削用量的选择

数控车削中的切削用量是指主轴转速 n 、车削深度(背吃刀量) a_p 和进给量 f 。对于不同的加工方法,需要选择不同的切削用量。

1. 主轴转速 n 的选择

主轴转速的选择可根据生产实践,在机床说明书允许的切削速度范围内查阅有关切削用量手册选择;当切削速度 v 确定后,也可按下面的经验公式计算主轴转速 n :

$$n=1000v/\pi d$$

式中, n 为主轴转速, r/min ; v 为车削速度, m/min ; d 为工件直径, mm 。

2. 车削深度 a_p 的选择

在工艺系统刚度和机床功率允许的情况下,为了减少进给次数,应尽可能选取较大的车削深度。当零件精度要求较高时,则应考虑留出精车余量,其所留的精车余量一般比普通车削时所留余量小,常取 $0.1mm \sim 0.5mm$ 。

3. 进给量 f 的选择

进给量 f 在选择时,应该与主轴转速和车削深度相适应。粗车时,一般 f 取为 $0.3 \sim 0.8mm/r$;精车时 f 取为 $0.1 \sim 0.3mm/r$;切断时 f 取为 $0.05 \sim 0.2mm/r$ 。

综上所述,选择切削用量时,应遵循以下原则:粗加工时,一般以提高生产率为主,但也应考虑加工成本和经济性;半精加工和精加工时,应在保证加工质量的基础上,兼顾切削效率和经济性。

4. 数控加工工艺文件

数控加工工艺文件主要包括工序卡、刀具明细表和数控加工程序单等内容。

(1)工序卡。如果在数控机床上只加工零件的一个工步时,可以不填写工序卡;在工序加工内容不复杂时,可把零件草图反映在工序卡上。

(2)刀具明细表。数控加工对刀具的要求十分严格,所以刀具明细表应主要反映刀具名称、刀具编号、刀具数量和规格等内容。

(3)数控加工程序单。数控加工程序单主要包括:

- ①所用设备型号。
- ②工件相对于机床的坐标方向及位置。
- ③对刀点及允许的对刀误差。

第三节 数控车削编程的基础知识

在数控机床上加工零件时,首先要进行程序编制,简称编程。所谓数控编程就是将加工零件的工艺过程、工艺参数以及刀具位置等内容,按照数控机床的程序格式和能识别的语言记录在程序单上的全过程。

一、数控编程的方法

数控编程的方法可分为手工编程和自动编程。



1. 手工编程

手工编程即整个程序的编制过程均由人工完成,这就要求编程人员不仅要熟悉数控代码及编程规则,而且还必须了解机械加工工艺等知识。

对于几何形状较简单的零件,计算较简单,加工程序不多,采用手工编程较容易实现,但对于形状复杂的零件,计算相当繁琐,手工编程难以胜任,甚至无法编出程序,即使编出来,效率低,出错率高。

2. 自动编程

编制零件加工程序的全部过程主要由计算机来完成,此种编程方法称为自动编程。编程人员不需要繁琐的计算,不需要手工编写程序单及制备控制介质,因此可提高编程效率几倍甚至上百倍,解决了手工编程无法解决的难题。

二、数控编程的内容与步骤

1. 数控编程的内容

(1)加工工艺分析。编程人员首先要根据零件图纸,对零件的尺寸、精度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、刀具及切削参数等。

(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、精加工参数。

(3)编写零件加工程序单。加工路线、工艺参数确定以后,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。

(4)制备控制介质。将编制好的程序单上的内容记录在控制介质上,作为数控装置的输入信息。通过程序的手工输入或通信传输入数控系统。

(5)程序校对与首件试切。编写的程序单和制备好的控制介质,必须经过校验和试切才能正式使用。

2. 数控编程的步骤

数控编程的步骤如图 1-13 所示。

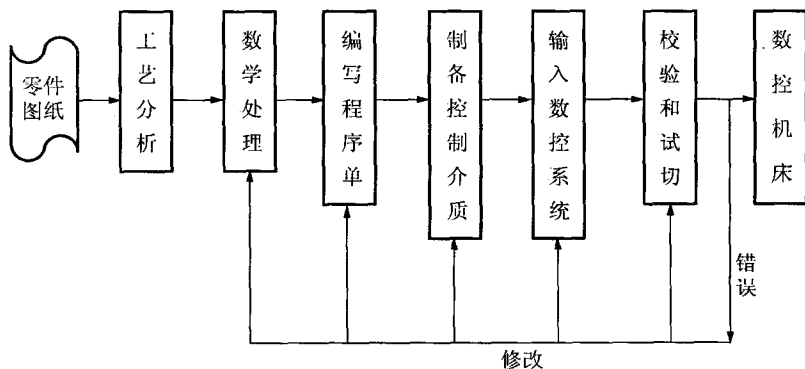


图 1-13 数控编程的步骤

三、坐标系的建立及编程方式的选择

1. 坐标系的建立

(1) 机床坐标系。为了确定机床的运动方向、移动的距离,要在机床上建立一个坐标系,这个坐标系就是机床坐标系。在编制程序时,应以该坐标系来规定运动的方向和距离。卧式车床的机床坐标系如图 1-14 所示。

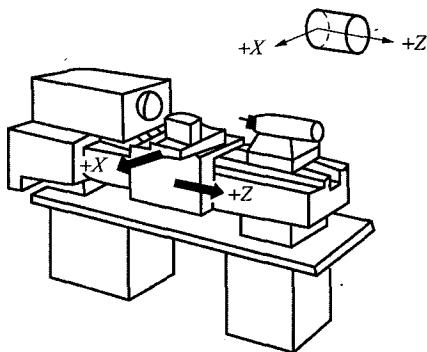


图 1-14 卧式车床的机床坐标系

数控机床上的坐标系是采用右手直角笛卡儿坐标系。大拇指的方向为 X 轴的正方向,食指为 Y 轴的正方向,中指为 Z 轴的正方向,如图 1-15 所示。

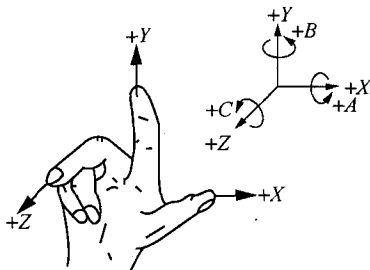


图 1-15 右手直角笛卡儿坐标系

(2) 参考点和参考坐标系。参考点是机床上的一个固定点,该点是刀具退离到一个固定不变的极限点,如图 1-16 所示的点 O' 。

以参考点为原点,坐标方向与机床坐标方向相同建立的坐标系叫做参考坐标系,在实际使用中通常以参考坐标系计算坐标值。

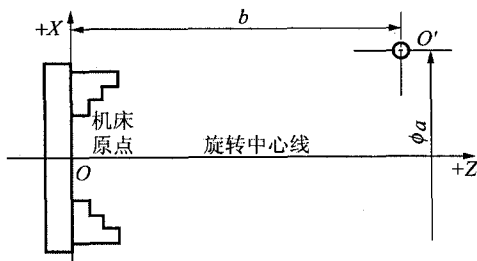


图 1-16 参考点

(3) 工件原点和工件坐标系。工件原点(程序原点)是人为设定的点;以工件原点为坐标原

点建立一个 Z 轴与 X 轴的直角坐标系, 则此坐标系称为工件坐标系。

在车床上工件原点可以选择在工件的左或右端面上, 工件坐标系是将参考坐标系通过对刀平移得到的, 如图 1-17 所示。

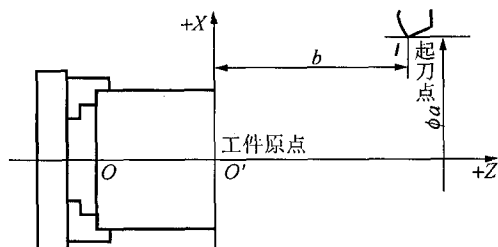


图 1-17 工件坐标系

2. 编程方式的选择

(1) 绝对编程与增量编程。确定轴移动的指令方法有绝对指令和增量指令。绝对指令是对各轴移动到终点的坐标值进行编程的方法, 称为绝对编程法。增量指令是用各轴的移动量直接编程的方法, 称为增量编程法。

例如, 当从点 I 移动到点 II (如图 1-18 所示), 两种编程方法如下:

绝对指令编程: G90 G01 X100 Z25;

增量指令编程: G91 G01 X40 Z-30;

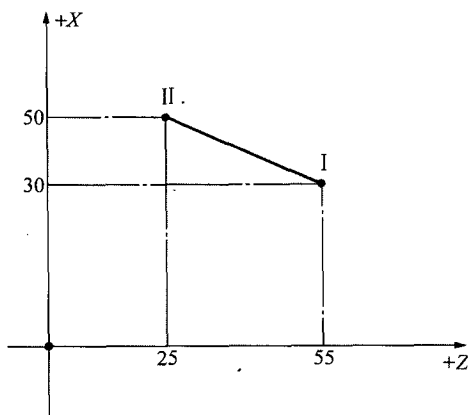


图 1-18 两种方法编程

(2) 直径编程和半径编程。当回转体类零件的横截面为圆形时, 尺寸有直径指定和半径指定两种方法。当用直径值编程时, 称为直径编程法; 用半径值编程时, 称为半径编程法。

四、数控加工程序的组成与格式

1. 数控加工程序的组成

一个完整的数控加工程序由程序号、若干个程序段、程序结束部分组成。下面是一个完整的数控加工程序。

O 1122

N05 G90 G00 X0 Z0;

程序号

程序段 1

