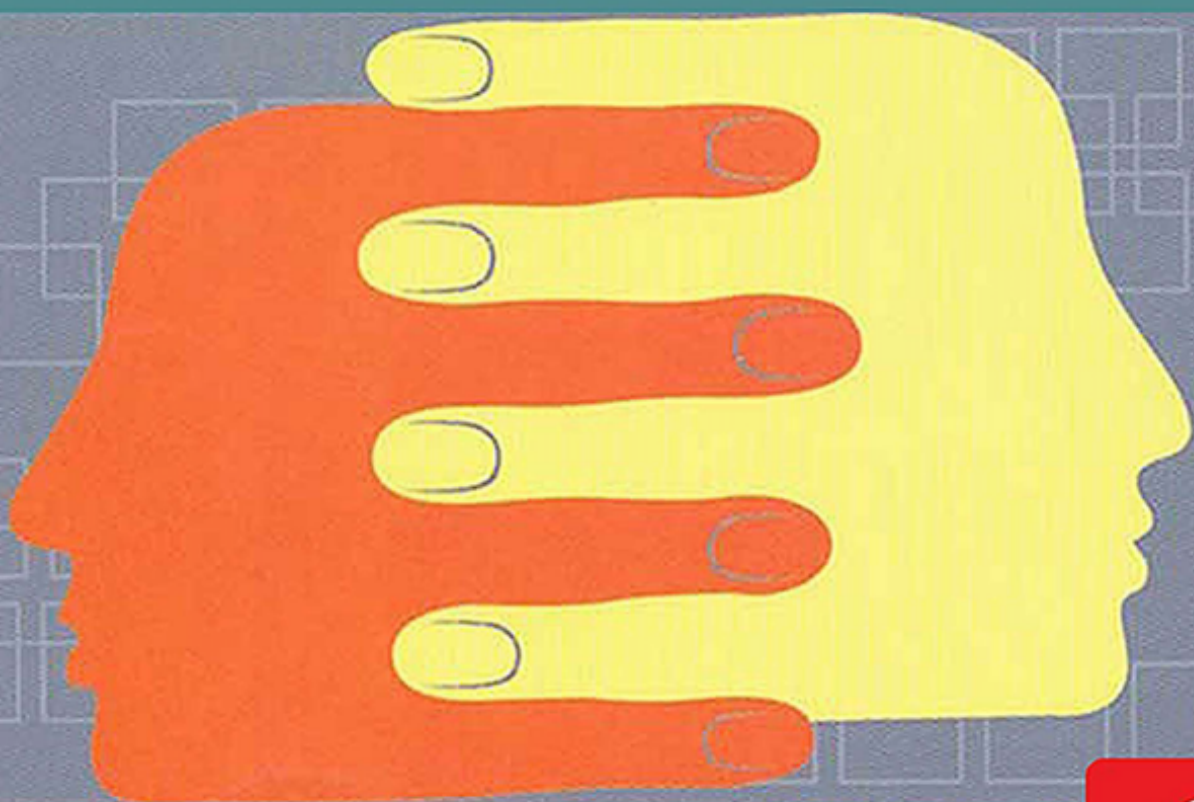


# 数控车削编程与操作

丁锦标 主编



江西高校出版社

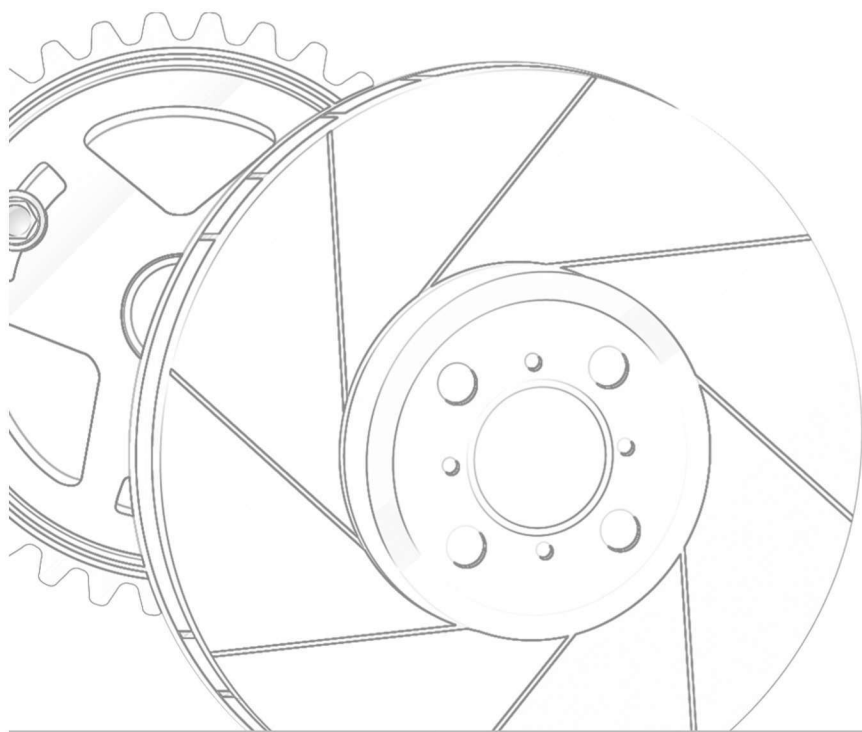


江西省安远县中等职业技术学校系列校本教材

# 数控车削

## 编程与操作

主 编 丁 锦 标  
副 主 编 胡 陆 峰  
编 委 陈 清 华  
邓 风 云  
欧阳金连  
刘 惟 勇  
郑 汉 荣



江西高校出版社

JIANGXI UNIVERSITIES AND COLLEGES PRESS

### 图书在版编目(CIP)数据

数控车削编程与操作/丁锦标主编. —南昌: 江西高校出版社, 2015.7

ISBN 978-7-5493-3599-2

I. ①数... II. ①丁... III. ①数控机床-车床-车削-程序设计-中等专业学校-教材 ②数控机床-车床-车削-操作-中等专业学校-教材 IV. ①TG519.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015) 第 166456 号

|         |                        |
|---------|------------------------|
| 出版发行    | 江西高校出版社                |
| 社 址     | 江西省南昌市洪都北大道 96 号       |
| 邮 政 编 码 | 330046                 |
| 总编室电话   | (0791) 88504319        |
| 销 售 电 话 | (0791) 88511422        |
| 网 址     | www.juacp.com          |
| 印 刷     | 南昌市光华印刷有限责任公司          |
| 照 排     | 江西太元科技有限公司照排部          |
| 经 销     | 各地新华书店                 |
| 开 本     | 787mm×1092mm 1/16      |
| 印 张     | 8.5                    |
| 字 数     | 196 千字                 |
| 版 次     | 2015 年 8 月第 1 版第 1 次印刷 |
| 书 号     | ISBN 978-7-5493-3599-2 |
| 定 价     | 19.50 元                |

赣版权登字-07-2015-564

版权所有 侵权必究

# 前 言

本书是根据国家中等职业教育改革发展示范学校建设人才培养模式改革、课程体系改革、教学模式改革的有关精神编写的,是中职数控技术应用专业的核心专业课学做、理实一体化教材。

本教材坚持以提高学生综合职业能力为根本,引进行动导向教学理念,优化教学组织形式,通过实施一个完整的项目在课堂教学中把理论和实践教学有机的结合起来,充分调动学生的学习主动性,提高学生解决实际问题的能力。全书共分 10 个教学项目,通过任务引领学生学习数控车床编程与操作的方法和技能。内容由浅入深,循序渐进,在完成任务的过程中达到知识与技能的融会贯通。

我们根据中等职业学校学生的认知规律及企业的岗位需求来开展编写工作,力求教材特色鲜明,主要体现在以下几点:

- 1.本教材具有实用性,切实体现工学结合的特色。理论知识以够用为原则,突出以实际操作技能为核心的知识体系。

- 2.本教材准确把握中等职业学校学生的知识水平和接受能力,力求结构完整、科学、合理,内容通俗易懂、图文并茂、由浅入深,使学生易于学习。

本教材由丁锦标任主编、胡陆峰任副主编,欧阳金连、尧章强、邓风云、姜铭、赖伟嶙、刘惟勇等参与了部分编写工作。

在此书编写过程中,江西理工大学逢启寿教授、江西环境工程职业技术学院熊杰教授、东莞骅国电子有限公司黄华华工程师给予了大力支持,提出了很多宝贵的建议,在此表示衷心感谢。尽管我们在编写过程中做出了许多努力,但由于编写水平有限,教材中存在一些疏漏和不妥之处,恳请读者多提宝贵意见。

编 者  
2014 年 10 月

# 目 录

|                       |     |
|-----------------------|-----|
| 项目一 数控车削加工基础 .....    | 1   |
| 项目二 数控车削编程与操作基础 ..... | 15  |
| 项目三 轴类工件的加工 .....     | 74  |
| 项目四 圆弧的加工 .....       | 85  |
| 项目五 三角螺纹的加工 .....     | 98  |
| 项目六 循环指令的应用 .....     | 111 |
| 项目七 调用子程序的编程 .....    | 118 |
| 项目八 综合应用 .....        | 121 |
| 项目九 配合件的加工 .....      | 126 |

## 项目一 数控车削加工基础

数控车床是目前使用最广泛的数控机床之一。数控车床主要用于加工轴类、盘类等回转体零件。通过数控加工程序的运行,可自动完成内外圆柱面、圆锥面、成形表面、螺纹和端面等工序的切削加工,并能进行车槽、钻孔、扩孔、铰孔等工作。车削中心可在一次装夹中完成更多的加工工序,提高加工精度和生产效率,特别适合于复杂形状回转类零件的加工。

### 【项目内容】

- 1.常见数控车床的型号及各代码的含义,数控车削的加工过程。
- 2.数控车削加工工艺的主要内容以及常用刀具和切削用量的选择方法。
- 3.数控机床常用夹具、量具。
- 4.数控机床维护保养常识。

### 【项目目标】

#### 知识目标:

- 1.知道数控机床的基本术语,了解数控机床的工作原理。
- 2.了解数控机床的参数与基本结构。
- 3.掌握车削加工工艺一般知识以及常用刀具和切削用量的选择方法。
- 4.知道数控机床维护保养知识。

#### 技能目标:

- 1.能对照数控车床讲述车床基本构造、部件功能及其工作原理。
- 2.会正确选用夹具、刀具。
- 3.会准确使用量具测量工件。
- 4.会进行数控机床维护保养常识。

## 【知识准备】

### 一、数控车床简介

#### 1. 数控车床

数控是数字控制( Numerical Control, NC) 的简称,是用数字化信号进行自动控制的技术,一般把用这种技术实现的数控车床称为 NC 车床。随着数控技术的发展,现代数控系统采用微处理器中的系统程序( 软件) 来实现逻辑控制,实现全部或部分数控功能,称为计算机数控( Com-puter Nuerical Control) 系统,简称 CNC 系统,具有 CNC 系统的车床称为 CNC 车床。目前人们提及数控车床一般是指 CNC 车床。



(a)



(b)



(c)

图 1-1 几种卧式数控车床外形图

#### 2. 数控车床型号代码的含义与技术参数

##### (1) 数控车床 CJK6132 各代码的含义说明



(2) 数控车床的技术参数:

①CJK6132 数控车床的技术参数:

床身上最大回转直径: 320mm。

刀架上最大回转直径: 170mm。

最大加工长度: 600mm。

主轴转速: 60~2100rpm(变频)。

主轴孔径: 38mm。

主电机功率: 4Kw。

主轴锥度: 莫氏 5#。

最大快移速度: 6000mm/min。

进给速度: 3000mm/min。

定位精度: 0.015mm。

重复定位精度: 0.01mm。

最小设定单位: 0.001mm。

尾座锥度: 莫氏 3#。

机床净重: 1200Kg。

②沈阳机床厂 CAK3665di 数控车床技术参数:

CAK 主轴可实现无级调速与恒速切削、中文液晶显示及图形轨迹显示。

CAK3665 床身上最大回转直径: 360mm。

滑板上最大回转直径: 180mm。

滑板上最大切削直径: 180mm。

最大加工长度: 650mm。

主轴通孔直径: 53mm。

主轴头型式: A2-6。

主电机功率(变频): 5.5kW。

主轴转速: 200~3000r/min(手卡 2000r/min)。

尾台套筒直径: 60。



尾台套筒行程: 140。

尾台套筒锥孔莫氏: 4 号。

X 轴最大行程: 220mm。

Z 轴最大行程: 660mm。

快移速度( X/Z 轴 ): 3.8/7.8m/min。

刀架刀位数: 4。

刀具安装尺寸: 20×20mm。

X/Z 轴重复定位精度: 0.007/0.001。

加工精度: IT6-IT7。

可选配系统: 大森 9i、大森 3i-h、FANUC 0i-Mate、GSK980TD、GSK980TD-1、SIEMENS 802C、华中 21T。

i 为全防护(j 为半防护)。

外形尺寸(长×宽×高 mm): 2180×1230×1700。

## 二、数控车削的加工过程

数控车削的加工过程如图 1-2 所示。其主要步骤是:

(1) 根据被加工零件的零件图所规定的零件形状、尺寸、材料及技术要求等,制定零件加工的工艺过程、刀具相对零件的运动轨迹、切削参数以及辅助动作顺序等。

(2) 按规定的代码和程序格式,用手工编程或计算机自动编程的方法,编写零件加工程序。

(3) 通过车床操作面板将加工程序输入数控装置,或通过接口传送。

(4) 数控车床启动后,装置根据输入的信息进行一系列的运算和控制处理,将结果以脉冲形式送入车床的伺服机构。

(5) 伺服机构驱动车床的运动部件,使车床按程序预定的轨迹运动,加工出合格的零件。

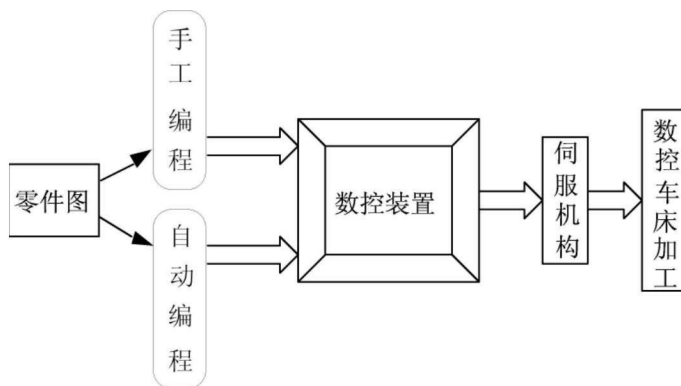


图 1-2 数控车削加工示意图

### 三、数控车削加工工艺

#### 1. 车削加工工艺的主要内容

- (1) 确定零件坯料的装夹方式与加工方案。
- (2) 刀具的选择。
- (3) 切削用量的选择。
- (4) 数控车削加工中对刀点与换刀点的确定。
- (5) 数控车削加工工艺技术文件的编写。

#### 2. 数控车削加工工序的划分原则

工序的划分可以采用两种不同的原则,即工序集中和工序分散的原则。

##### (1) 工序集中原则:

在一道工序中加工尽可能多的内容,使工序的总数量减少。这样不仅减少了夹具数量的零件装夹次数,而且还保证了各表面间的相互位置精度。

##### (2) 工序分散原则:

加工零件的过程分散在较多的工序中进行,每道工序的加工内容很少。优点是采用的加工设备结构简单,设备调整和维修方便,有利于选择合理的切削用量。

#### 3. 数控车削加工路线的确定

加工路线是刀具在整个加工工序中相对于零件的运动轨迹。它是编写程序的主要依据。加工顺序一般按先粗后精、先近后远的原则确定。先粗后精即按照粗车、半精车、精车的顺序进行,在粗加工中先切除较多毛坯余量。当粗车后所留任量的均匀性不满足精加工的要求时,则需安排半精车。一般精车要按图样尺寸一次切出零件轮廓,并保证精度要求。先近后远即离对刀点最近的部位加工,远的部位后加工。如图 1-3 所示精加工顺序依次是  $\Phi 40 \rightarrow \Phi 60 \rightarrow \Phi 100$ ,这种加工方法便于缩短刀具的移动距离,减少空行程。

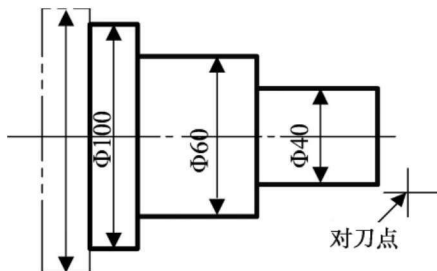


图 1-3 先近后远

#### 4. 数控车削刀具的选择

刀具的选择是数控车削加工工艺设计的重要内容之一。数控车削加工对刀具的要求较普通车床高,不仅要求其刚性好、切削性能好、耐用度高,而且安装调整方便。根据刀头与刀体的连接方式,车刀主要分为焊接式与机械夹紧(机夹)式可转位车刀两大类。

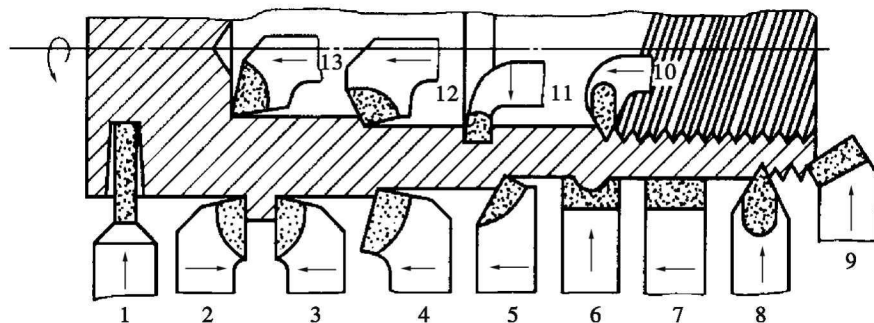


图 1-4 车刀种类

## (1) 数控车削刀具的类型:

数控车削是数控加工中应用最多的加工方法之一,而数控车刀是指数控车床上应用的各种刀具的统称,用于加工外圆、内孔、端面、螺纹、切槽等。

①按加工功能分类,其主要类型如图 1-5 所示。

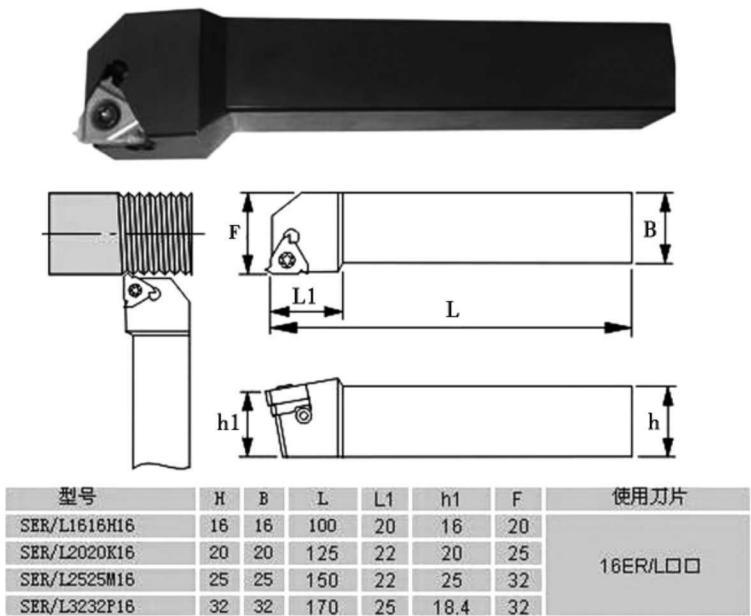


1—切槽刀 2—左偏刀 3—右偏刀 4—弯头车刀 5—直头车刀 6—成形车刀 7—宽刀精车刀  
8—外螺纹车刀 9—端面车刀 10—内螺纹车刀 11—内槽车刀 12—通孔车刀 13—盲孔车刀

(a) 车刀类型与用途



(b) 可转位数控车刀外形图



(c) 可转位数控螺纹车刀

图 1-5 数控车刀主要类型

②数控车刀按切削刃形状可分为尖形车刀、圆弧形车刀和成形车刀等三类。

A.尖形车刀。它是以直线形切削刃为特征的车刀。这类车刀的刀尖(同时也为其刀位点)由直线形的主、副切削刃构成,如 90 度内、外圆车刀,左右端面车刀,切断(切槽)车刀以及刀刃倒棱很小的各种外圆和内孔车刀。用这类车刀加工零件时,其零件的轮廓形状主要由一个独立的刀尖或一条直线形主切削刃位移后得到,它与另两类车刀加工时所得零件轮廓形状的原理是截然不同的。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,但应适合数控加工的特点(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。

B.圆弧形车刀。它是以一圆度误差或线轮廓误差很小的圆弧形切削刃为特征的车刀(如图 1-6 所示)。该车刀圆弧刃上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。

C.成形车刀。它是加回转体形表面的专用工具,它的切削刃形状是根据工件的轮廓设计的。用成形车刀加工,只要一切切削行程就能切出成形表面,操作简单,生产效率高。成形表面的精度与操作水平无关,取决于刀具切削刃的精度。

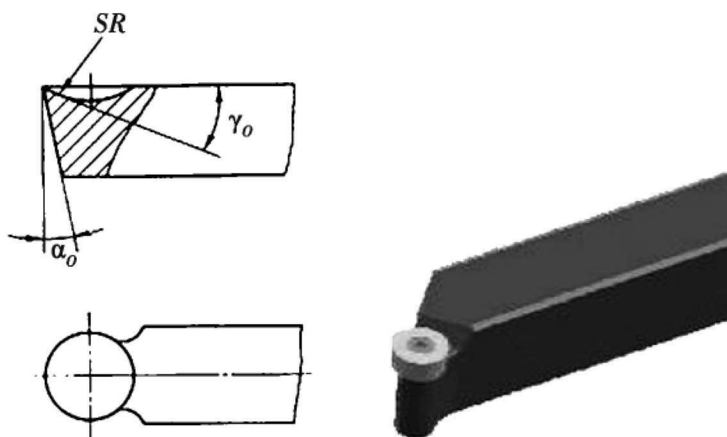


图 1-6 圆弧形车刀

(2) 机夹可转位车刀的选择:

①机夹可转位车刀刀杆的选择。选用刀杆时,首先应选用尺寸尽可能大的刀杆,以保证刚性,同时要考虑几个因素:夹持方式;切削层截面形状,即切削深度和进给量;刀柄的悬伸。

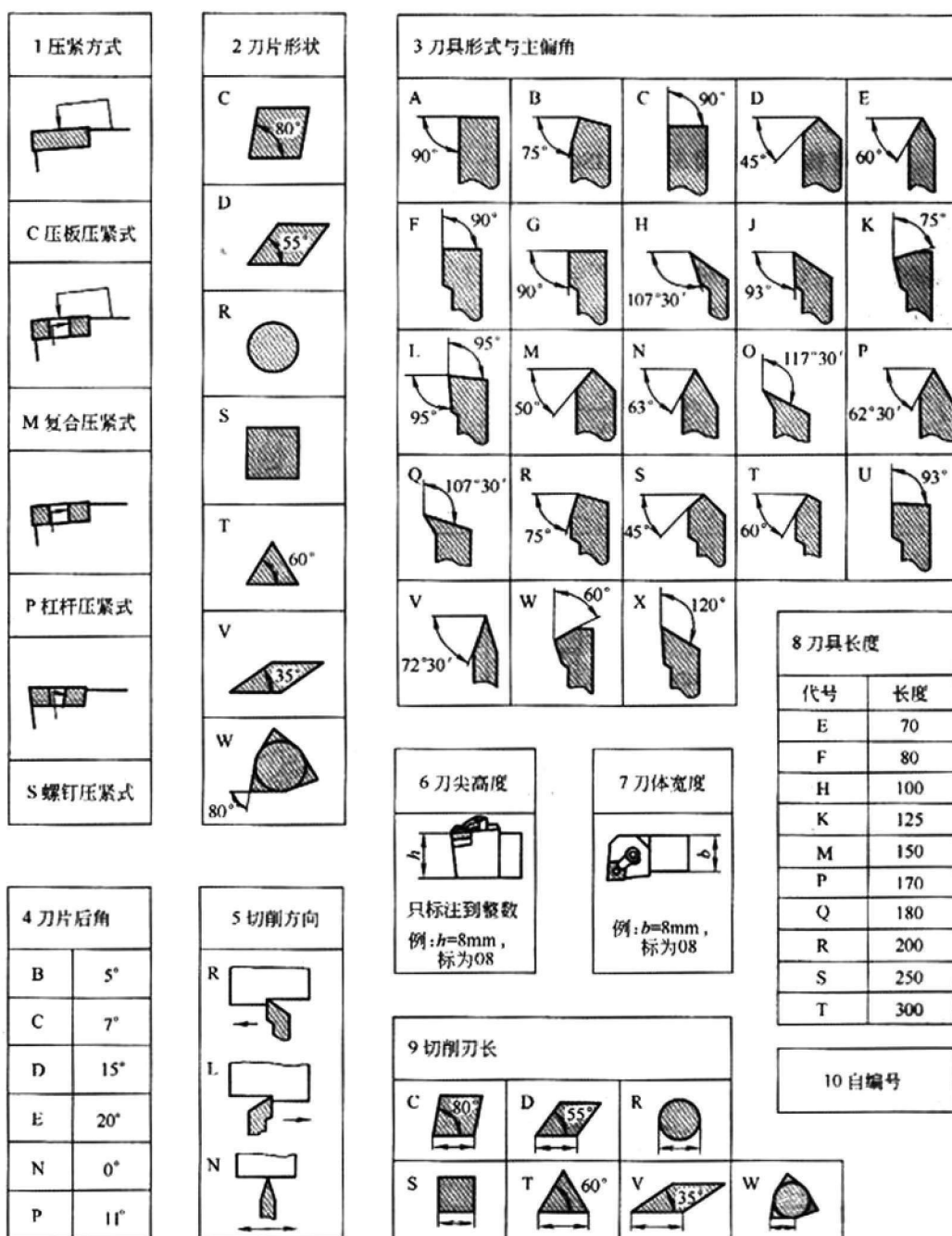
(3) 机夹可转位车刀刀片形状的选择。

刀片形状主要是根据被加工零件的表面形状、刀具寿命和刀片的转位次数等因素选取。被加工表面形状与适用的刀片,刀片型号组成见国家标准(GB/T 2076—1987《切削刀具可转位刀片型号表示规则》)。可转位外圆车刀型号规格的含义如图 1-7 所示,图中以 MTJNR2020K16 车刀说明。

|   |   |   |   |   |    |    |   |    |    |
|---|---|---|---|---|----|----|---|----|----|
| M | T | J | N | R | 20 | 20 | K | 16 |    |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6  | 7  | 8 | 9  | 10 |

|   |   |   |   |   |    |    |   |    |    |
|---|---|---|---|---|----|----|---|----|----|
| M | C | L | N | R | 25 | 25 | M | 12 | N  |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6  | 7  | 8 | 9  | 10 |



注: 第 10 位是制造商根据需要增加的编码

图 1-7 机夹可转位外圆车刀的 ISO 代码



图 1-8 MTJNR2020K16 外圆车刀

### 5. 数控车削切削用量的选择

选择切削用量的目的是在保证加工质量和刀具耐用度的前提下,使切削时间最短,生产率最高,成本最低。切削用量包括背吃刀量(切削深度) $a_p$ 、进给量 $f$ 和主轴转速 $n$ (切削速度 $v$ )。

#### (1) 背吃刀量(切削深度) $a_p$ 的确定:

零件上已加工表面与待加工表面之间的垂直距离称为背吃刀量。背吃刀量主要根据车床、夹具、刀具、零件的刚度等因素决定。粗加工时,要条件允许的情况下,尽可能选择较大的背吃刀量,以减少走刀次数,提高生产率;精加工时,通常较小的 $a_p$ 值,以保证加工精度及表面粗糙度。

#### (2) 进给量 $f$ 的确定:

进给量是切削用量中的一个重要参数。粗加工时,进给量在保证刀杆、刀具、车床、零件刚度等条件的前提下,选用尽可能大的 $f$ 值;精加工时,进给量主要受表面粗糙度的限制,当表面粗糙度要求较高时,应选择较小的 $f$ 值。

#### (3) 主轴转速 $n$ 的确定:

在保证刀具有耐用度及切削负荷不超过机床额定功率的情况下选定切削速度。粗加工时,背吃刀量和进给量均较大,故选较低的切削速度;精加工时,则选较高的切削速度。主轴转速要根据允许的切削速度 $v$ 来选择。

由切削速度 $v$ 计算主轴转速的公式如下:

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

式中: $d$ ——零件直径,mm; $n$ ——主轴速度,r/min; $v$ ——切削速度,m·min<sup>-1</sup>。

切削用量的具体数值可参阅机床说明书、切削用量手册,并结合实际经验而确定,表 1-1 是参考了切削用量手册并结合学生实习的特点而确定的切削用量选择参考表。

表 1 - 1 切削用量选择参考表

| 零件材料及毛坯尺寸                                                             | 加工内容               | 背吃刀量<br>$a_p/\text{mm}$ | 主轴转速<br>$n/(\text{r} \cdot \text{min}^{-1})$ | 进给量<br>$f/(\text{mm} \cdot \text{r}^{-1})$ | 刀具材料           |
|-----------------------------------------------------------------------|--------------------|-------------------------|----------------------------------------------|--------------------------------------------|----------------|
| 45 钢, 直径<br>$\Phi 20 \sim \Phi 60$ 坯料, 内孔直径<br>$\Phi 13 \sim \Phi 20$ | 粗加工                | 1 ~ 2.5                 | 300 ~ 800                                    | 0.15 ~ 0.4                                 | 硬 质 合 金 (YT 类) |
|                                                                       | 精加工                | 0.25 ~ 0.5              | 600 ~ 1000                                   | 0.08 ~ 0.2                                 |                |
|                                                                       | 切槽、切断( 切刀宽度 3 ~ 5) |                         | 300 ~ 500                                    | 0.05 ~ 0.1                                 |                |
|                                                                       | 钻中心孔               |                         | 300 ~ 800                                    | 0.1 ~ 0.2                                  | 高速钢            |
|                                                                       | 钻孔                 |                         | 300 ~ 500                                    | 0.05 ~ 0.2                                 | 高速钢            |

6. 数控加工工艺文件的编写

数控加工工艺文件既是数控加工、产品验收的依据, 又是操作者应遵守、执行的规程, 还为重复使用做必要的工艺资料积累。该文件主要包括数控加工工序卡、数控刀具卡、零件加工工程程序单等。

(1) 数控加工工序卡:

数控加工工序卡是编制加工程序的主要依据和操作人员数控加工的指导性文件。数控加工工序卡包括: 工步顺序、工步内容、各工步使用的刀具和切削用量等, 见表 1 - 2。

表 1 - 2 数控加工工序卡片

|      |      |    |         |     |                       |                                              |                                            |                         |       |
|------|------|----|---------|-----|-----------------------|----------------------------------------------|--------------------------------------------|-------------------------|-------|
| 单位名称 |      |    | 产品名称或代号 |     | 零件名称                  |                                              | 零件图号                                       |                         |       |
| 工序号  |      |    | 程序编号    |     | 夹具名称                  |                                              | 使用设备                                       |                         |       |
| 001  |      |    |         |     |                       |                                              | 车间                                         |                         |       |
| 工步号  | 工步内容 |    |         | 刀具号 | 刀具规格<br>$R/\text{mm}$ | 主轴转速<br>$n/(\text{r} \cdot \text{min}^{-1})$ | 进给量<br>$f/(\text{mm} \cdot \text{r}^{-1})$ | 背吃刀量<br>$a_p/\text{mm}$ | 备注    |
|      |      |    |         |     |                       |                                              |                                            |                         |       |
| 编制   |      | 审核 |         | 批准  |                       | 日期                                           |                                            | 共 1 页                   | 第 1 页 |

(2) 刀具卡:

数控加工对刀具的要求十分严格, 一般要在机外对刀仪上调整好刀具位置和长度。刀具卡主要反映刀具编号、刀具名称、刀具数量、刀具规格等内容, 见表 1 - 3。



表 1-3 数控加工刀具卡片

| 产品名称或代号 |     | 零件名称 |    | 零件图号 |                |             |       |
|---------|-----|------|----|------|----------------|-------------|-------|
| 序号      | 刀具号 | 刀具名称 | 数量 | 加工表面 | 刀尖半径<br>$R/mm$ | 刀尖方位<br>$T$ | 备注    |
|         |     |      |    |      |                |             |       |
|         |     |      |    |      |                |             |       |
| 编制      |     | 审核   |    | 批准   |                | 共 1 页       | 第 1 页 |

## (3) 数控加工程序单:

数控加工程序单是操作者根据工艺分析,经过数值计数,按照机床指令代码特点编制的。这是记录数控加工工艺过程、工艺参数、位移数据的清单,是手动数据输入(MDI)实现数控加工的主要依据。不同的数控机床和数控系统,程序单的格式是不一样的。

## 三、数控车床常用夹具

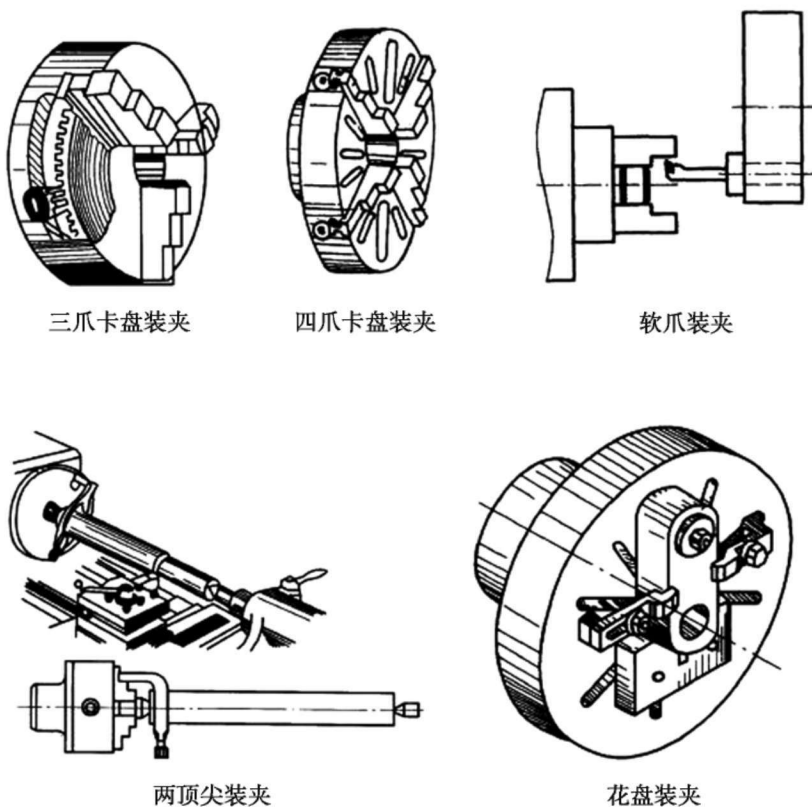


图 1-9 数控车床常用夹具