



全国高职高专数控专业(机电专业)教学通用教材

# 数控加工实训

## SHUKONG JIAGONG SHIXUN

主编 王栋臣 宋建国 杨琳 主审 韩鸿鸾



# SKJGSX



山东科学技术出版社  
[www.lkj.com.cn](http://www.lkj.com.cn)



中国机械工业教育协会 机械行业职业技能鉴定教材

# 数控加工实训

主编 王树凯 副主编 王树凯 王树凯

主审 王树凯 王树凯 王树凯 王树凯 王树凯 王树凯



中国机械工业出版社



中国机械工业出版社

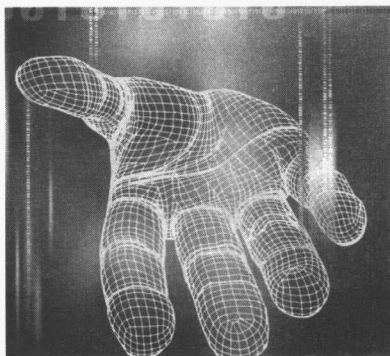


全国高职高专数控专业(机电专业)教学通用教材

# 数控加工实训

SHUKONG JIAGONG SHIXUN

主编 王栋臣 宋建国 杨 琳 主审 韩鸿鸾



山东科学技术出版社

## 图书在版编目(CIP)数据

数控加工实训/王栋臣,宋建国、杨琳主编. —济南:山东科学技术出版社,2005  
全国高职高专数控专业(机电专业)教学通用教材  
ISBN 7-5331-4161-X

I.数... II.①王...②宋...③杨... III.数控  
机床—加工—高等学校:技术学校—教材 IV.TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 095399 号

全国高职高专数控专业(机电专业)教学通用教材

## 数控加工实训

主编 王栋臣 宋建国 杨琳

---

出版者:山东科学技术出版社

地址:济南市玉函路 16 号

邮编:250002 电话:(0531)82098088

网址:www.lkj.com.cn

电子邮件:sdkj@sdpress.com.cn

发行者:山东科学技术出版社

地址:济南市玉函路 16 号

邮编:250002 电话:(0531)82098071

印刷者:山东旅科印务有限公司

地址:济南市市中区九曲路 8 号

邮编:250022 电话:(0531)82724814

---

开本:787mm×1092mm 1/16

印张:18

版次:2005 年 8 月第 1 版第 1 次印刷

---

ISBN 7-5331-4161-X

TH·49

定价:29.00 元



## 出版说明

为了贯彻《中共中央国务院关于深化教育改革全面推进素质教育的决定》和《面向 21 世纪教育振兴行动计划》，研究高职高专教育跨世纪发展战略和改革措施，整体推进高职高专教学改革，教育部决定组织实施《新世纪高职高专教育人才培养模式和教学内容体系改革与建设项目计划》(以下简称《计划》)。《计划》的目标是“经过 5 年的努力，初步形成适应社会主义现代化建设需要的具有中国特色的高职高专教育人才培养模式和教学内容体系。”《计划》的研究重点是人才培养模式的改革和教学内容体系的改革，先导是教育思想的改革和教育观念的转变。此外，教育部高等教育司颁发了《关于加强高职高专教育教材建设的若干意见》，提出了“力争经过 5 年的努力，编写、出版 500 种左右高职高专教育规划教材”的目标。

根据这一精神，有关院校和出版社积极组织编写和出版了一批“教育部高职高专规划教材”。这些高职高专规划教材是依据教育部组织制定的《高职高专教育基础课程教学基本要求》(草案)和《高职高专教育专业人才培养目标及规格》(草案)编写的。

教育部确定了普通高等教育国家级教材规划选题，将高职高专教育规划教材纳入其中。国家级规划教材的建设以“实施精品战略，抓好重点规划”为指导方针，处理好教材的统一性与多样化、基本教材与辅助教材、文字教材与软件教材的关系，在此基础上形成了特色鲜明、一纲多种、优化配套的高职高专教育教材体系。该套教材就是在这种情况下组织编写出版的。

该套教材的特点：在知识方面具有先进性、广泛性和实用性，尽量做到理论与实践的零距离；在应用上具有可操作性；在内容上具有正确性。

该套教材适用于高等职业学院、高等专科学校、成人高校及本科院校举办的二级职业技术学院、技术(技师)学院、高级技工学校、继续教育学院和民办高校数控专业和机电专业的师生使用，也可以作为其他专业及本科师生用书，还可以作为工厂中数控机床操作与维修人员的参考书。

# 前言

随着微电子技术、计算机技术、自动化技术的发展和普及,作为先进制造技术的数控加工技术也得到了飞速发展,在我国几乎所有的机床品种都有了数控机床,并且还发展了一些新的品种。数控加工机床总量的快速增加,导致了对数控技术应用型人才的大量需求,职业技术学院对于数控机床使用、维修人员的培养已成了当务之急。

针对数控实训教学涉及面广、缺乏贯穿实训教学始终的系统教材的情况,我们应职业技术教育界数控教学工作者的要求,编写了这本教材。

本书由王栋臣、宋建国、杨琳主编,韩鸿鸾主审。参加编写的人员有:黄善思、张同兴、徐明地、韩刚、宋建国、张所夏、罗涛、张永生、李灿军、孔凡宝、程慧、房玉胜、刘国通、刘娟、王栋臣、马宏杰、孙召瑞、段夕平等。本书在编写过程中得到了山东省各职业院校、技术院校及普通高等学校的大力支持,在此深表谢意。

由于编写时间仓促,再加上编者水平所限,书中缺陷乃至错误在所难免,恳请广大读者给与批评指正。

编 者



# 目 录

|                                    |            |
|------------------------------------|------------|
| <b>第一章 切削加工基本知识 .....</b>          | <b>1</b>   |
| 第一节 车削基本知识 .....                   | 1          |
| 第二节 车削加工基本操作 .....                 | 10         |
| 第三节 铣削加工的基本知识 .....                | 48         |
| 第四节 典型铣削加工工艺 .....                 | 61         |
| 思考与练习题 .....                       | 73         |
| <b>第二章 数控车床编程与操作 .....</b>         | <b>75</b>  |
| 第一节 数控车床概述 .....                   | 75         |
| 第二节 数控车床刀具的选择与装夹 .....             | 79         |
| 第三节 FANUC 系统数控车床编程 .....           | 83         |
| 第四节 数控车床的基本操作 .....                | 98         |
| 第五节 数控车床安全操作规程 .....               | 112        |
| 思考与练习题 .....                       | 113        |
| <b>第三章 数控加工中心的应用技术 .....</b>       | <b>115</b> |
| 第一节 数控加工中心概述 .....                 | 115        |
| 第二节 数控加工中心机床的常用刀具 .....            | 123        |
| 第三节 加工中心的机床坐标系与工件坐标系 .....         | 129        |
| 第四节 加工中心加工程序的结构及编程指令 .....         | 132        |
| 第五节 加工中心的基本操作与使用 .....             | 159        |
| 第六节 加工工艺分析实例 .....                 | 171        |
| 思考与练习题 .....                       | 176        |
| <b>第四章 数控电加工机床的基本操作与加工实例 .....</b> | <b>180</b> |
| 第一节 数控电加工成型机床的基本操作 .....           | 180        |
| 第二节 电火花成型机床的程序编制与加工实例 .....        | 187        |
| 第三节 数控线切割机床的基本操作 .....             | 192        |
| 第四节 线切割工艺分析与加工实例 .....             | 195        |
| 思考与练习题 .....                       | 206        |



---

|                                    |                |
|------------------------------------|----------------|
| <b>第五章 自动编程与仿真加工 .....</b>         | <b>208</b>     |
| 第一节 自动编程简介 .....                   | 208            |
| 第二节 CAXA 数控车 2000 编程实例 .....       | 211            |
| 第三节 数控铣(加工中心)自动编程 .....            | 225            |
| 第四节 仿真加工 .....                     | 232            |
| 第五节 数控车仿真加工实例 .....                | 237            |
| 第六节 加工中心数控仿真操作 .....               | 246            |
| 思考与练习题 .....                       | 255            |
| <br><b>第六章 数控机床的安装、调试与维护 .....</b> | <br><b>259</b> |
| 第一节 数控机床的安装、调试及验收 .....            | 259            |
| 第二节 数控机床的维护与保养 .....               | 273            |
| 思考与练习题 .....                       | 277            |
| <br><b>参考文献 .....</b>              | <br><b>278</b> |



# 第一章 切削加工基本知识

在机械制造业中,车床和铣床在金属切削机床的配置中约占 60%,应用尤其广泛。车床上可加工带有回转表面的各种不同形状的工件,如内外圆柱面、内外圆锥面、切断、切槽、特性面和螺纹面;铣床可以加工各种平面、成形面、沟槽及各种曲面等。通过本章的学习,使学生基本掌握常用车削和铣削加工操作的基本方法、生产技能,为今后的工作和学习奠定一定的基础。

## 第一节 车削基本知识

### 一、车 床

#### 1. 车床的用途及结构组成

(1)车削加工的范围:应用范围非常广,最基本的加工方式如图 1-1 所示。

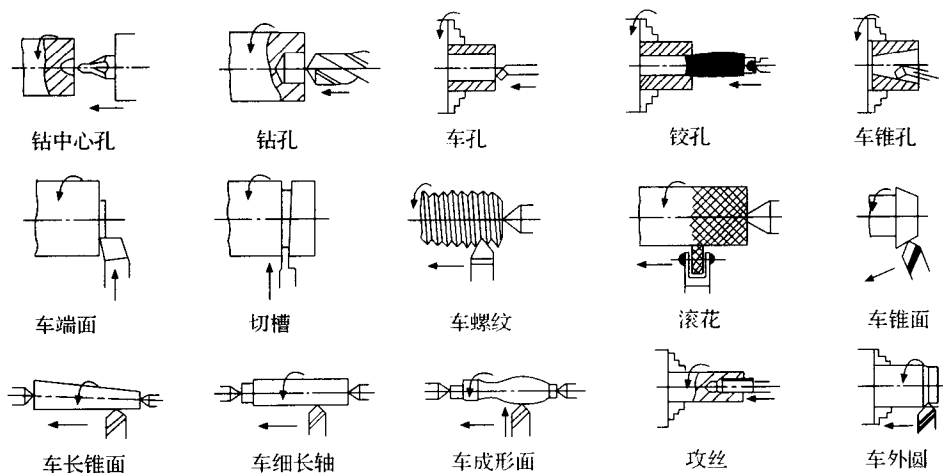


图 1-1 车削加工方式

(2)CA6140 型车床的主要组成(图 1-2):主要组成部分及各部分功用如表 1-1。

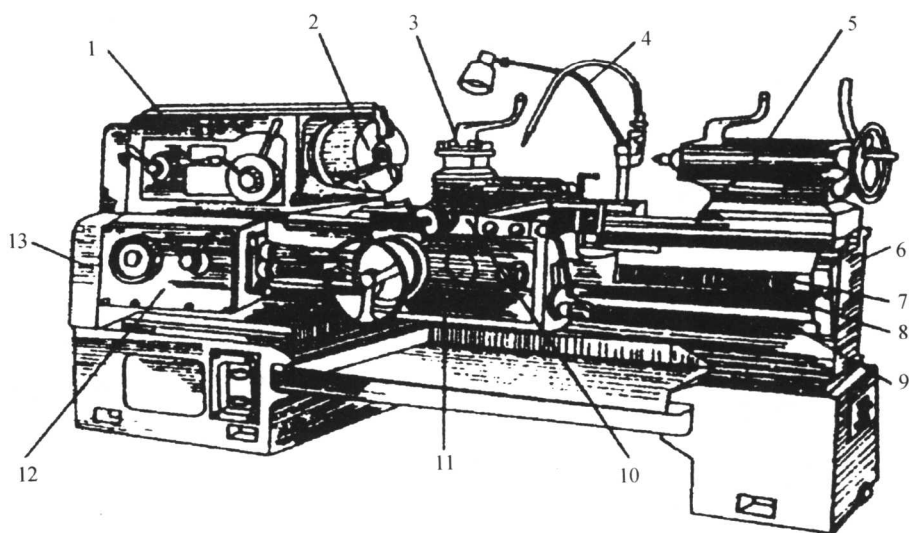


图 1-2 CA6140 型卧式车床

1. 主轴箱 2. 卡盘 3. 刀架 4. 照明灯和切削液管 5. 尾座 6. 床身 7. 长丝杠  
8. 光杠 9. 操纵杠 10. 床鞍 11. 溜板箱 12. 进给箱 13. 交换齿轮箱

表 1-1

CA6140 型车床各主要组成部分的功用

| 序号 | 零部件       | 功 用                                                       |
|----|-----------|-----------------------------------------------------------|
| 1  | 主轴箱       | 支承主轴,并将动力与运动传递给主轴,使主轴通过卡盘或顶尖等夹具带动工件转动,实现车床主运动             |
| 2  | 卡盘        | 夹持工件,带动工件做旋转运动                                            |
| 3  | 刀架(图 1-4) | 夹持刀具,并在床鞍带动下沿导轨直线移动,实现纵、横向进给运动                            |
| 4  | 照明灯、切削液管  | 照明,输送切削液                                                  |
| 5  | 尾座(图 1-5) | 安装顶尖支承工件,或安装孔加工刀具进行钻孔、扩孔、铰孔等加工                            |
| 6  | 床身        | 支承车床整体,内置油箱                                               |
| 7  | 跟刀架、中心架   | 跟刀架主要用于车削细长的光轴(与刀架一起移动)<br>中心架主要用于车削有台阶或需调头车削的细长轴(不随刀架移动) |
| 8  | 丝杠        | 车削螺纹                                                      |
| 9  | 光杠        | 用于机动进给                                                    |
| 10 | 操纵杠       | 控制主轴正、反转及停车                                               |
| 11 | 溜板箱       | 将进给箱传来的运动传递给刀架,实现进给运动或车削螺纹                                |
| 12 | 进给箱       | 改变进给量大小及螺纹导程大小                                            |
| 13 | 交换齿轮箱     | 将主轴的转动传给进给箱;调换不同齿轮可车削不同螺距的螺纹                              |

(3) CA6140 型车床的主要技术性能:

床身上最大工件回转直径:  $D = 400\text{mm}$ (图 1-3)。

最大工件长度:  $750\text{mm}$ 、 $1\,000\text{mm}$ 、 $1\,500\text{mm}$ 、 $2\,000\text{mm}$ 。

最大车削长度:  $650\text{mm}$ 、 $900\text{mm}$ 、 $1\,400\text{mm}$ 、 $1\,900\text{mm}$ 。

刀架上最大回转直径:  $D_1 = 210\text{mm}$ (图 1-3)。

主轴中心至床身平面导轨距(中心高):  $H = 205\text{mm}$ (图 1-3)。

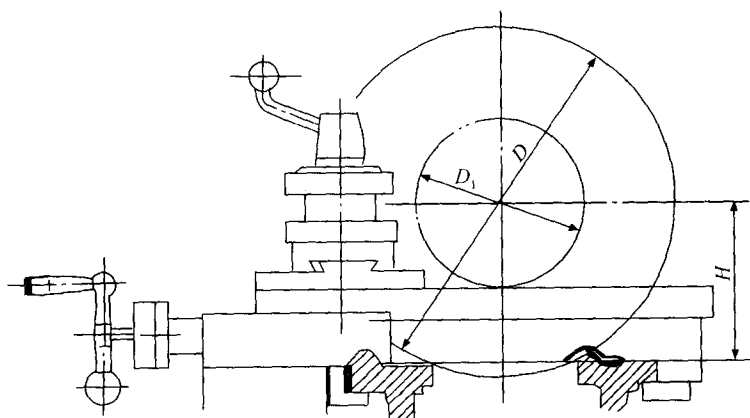


图 1-3 CA6140 型车床中心高及最大加工直径

主轴内孔直径:  $48\text{mm}$ 。

主轴孔前端锥度: 莫氏 6 号。

主轴转速: 正转 24 级,  $10 \sim 1\,400\text{r/min}$ 。

反转 12 级,  $14 \sim 1\,580\text{r/min}$ 。

进给量: 纵向及横向各 64 级。纵向进给时  $f_{\text{纵}} = 0.028 \sim 6.33\text{mm/r}$ ;

横向进给时  $f_{\text{横}} = 0.014 \sim 3.16\text{mm/r}$ 。

床鞍纵向快移速度:  $4\text{m/min}$ 。

中溜板横向快移速度:  $2\text{m/min}$ 。

车削螺纹范围: 米制螺纹 44 种,  $1 \sim 192\text{mm}$ ;

英制螺纹 20 种,  $2 \sim 24$  牙/in;

模数螺纹 39 种,  $0.25 \sim 48\text{mm}$ ;

径节螺纹 37 种,  $1 \sim 96$  牙/in。

主电机功率:  $7.5\text{kW}$ ,  $1\,450\text{r/min}$ 。

溜板快移电动机功率:  $0.25\text{kW}$ ,  $2\,800\text{r/min}$ 。

## 2. 车床的操作

### (1) 主轴箱的操作:

1) 启动: 将电源总开关顺时针旋转  $90^\circ$ , 按床鞍上的启动或停止按钮使主电动机启动或停止。将进给箱或溜板箱右侧面的操纵杆手柄向上提起, 主轴逆时针(正转)转动; 向下压, 主轴顺时针(反转)转动; 当操纵手柄打到中间位置, 对主轴进行制动。如主轴需较长时间不转动时, 必须按下停止按钮, 使主电动机断电。

2) 变速的操纵: 主轴转速可通过改变主轴箱正面右侧两个叠套的手柄位置进行调整。

前面的手柄在整个圆周上有 6 个挡位,每个挡位上有 4 级转速,由大手柄的位置确定选择哪一级转速。大手柄只有 4 个挡位,挡位所显示的颜色与前面手柄所处挡位上的转速数值字体的颜色相对应。主轴箱正面左侧的手柄是加工螺纹左右旋变换及加工加大螺距螺纹的操纵机构,有 4 个挡位,各挡位功用如表 1-2。

表 1-2 主轴箱左侧手柄各挡位功用

| 序 号 | 挡 位 | 功 用      |
|-----|-----|----------|
| 1   | 左上  | 右旋螺纹     |
| 2   | 右上  | 左旋螺纹     |
| 3   | 左下  | 右旋加大螺距螺纹 |
| 4   | 右下  | 左旋加大螺距螺纹 |

(2)进给箱的操作:进给箱正面左侧有一个手轮,手轮有 8 个挡位。右侧有两个叠套的手柄,前面的手柄有 A、B、C、D 4 个挡位,是控制接通丝杠或光杠的手柄;下面的手柄有 I、II、III、IV 4 个挡位配合手轮的 8 个挡位,可控制螺距和进给量的大小。各手柄桨手轮的位置可由进给箱油池盖上的螺纹和进给量调配表中查阅。

(3)溜板箱的操纵:

1)床鞍:加工时做纵向移动,是由溜板箱正面左侧的大手轮控制的。顺时针转动手轮,床鞍向右移动;逆时针转动手轮,床鞍向左移动。大手轮轴上的刻度盘分 300 格,每格 1mm,即刻度盘每转 1 周,床鞍纵向移动 300mm。

2)中溜板:加工时做横向移动或调整进刀量,由中溜板手柄控制。顺时针转动手轮,中溜板向远离操作者方向移动;逆时针转动手轮,中溜板向靠近操作者方向移动。中溜板刻度盘每转 1 周,刀架横向移动 5mm。

3)小溜板:加工时可做短距离的纵向或斜向移动,由小溜板手轮控制。手轮顺时针转动,小溜板向左移动;手轮逆时针转动,小溜板向右移动。小溜板刻度盘分 100 格,每转 1 周,纵向或斜向移动 5mm。小溜板的分度盘可以顺时针或逆时针转动 90°,使用时需松开螺母,将小溜板转过一定角度,用锁紧螺母固定,可加工短锥体零件。

(4)自动进给和快速移动的操作:溜板箱右侧有一个带十字槽的操作扳手,有 4 个挡位。沿槽的方向扳动控制手柄,可实现纵向进、退和横向进、退运动。操作扳手顶部有一个按钮,用于接通或断开快速电动机的按钮。按下按钮,快速电动机接通;松开按钮,电动机断电,用于快速进、退刀具。

(5)车螺纹的操作:首先将光杠的旋转运动转换成丝杠的旋转运动,然后把溜板箱正面右侧的开合螺母操纵手柄按下即可车削螺纹(机动走刀时则应将开合螺母抬起)。

(6)刀架的操作(图 1-4):刀架的转位与锁紧需操纵刀架上的手柄。顺时针转动刀架手柄,刀架被锁紧;逆时针转动手柄,刀架可转位。

(7)尾座的操作(图 1-5):转动尾座右

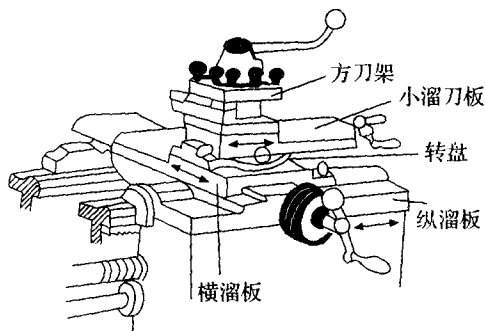


图 1-4 刀架

侧的大手轮可使尾座套筒做进、退移动。尾座架上两个手柄用于固定。左侧为尾座套筒固定手柄,可将套筒固定在某位置上;右侧为尾座快速紧固手柄,可将尾座快速固定于床身某位置上。为安全起见,尾座架上还有两个锁紧螺母,用于尾座与床身之间的固定。

(8)切削液的使用:先将切削液倒入盛液盘中,再将冷却泵开关顺时针转 90°,启动切削泵,调整切削液流量的大小,扳动切削液嘴对准需要切削的位置。

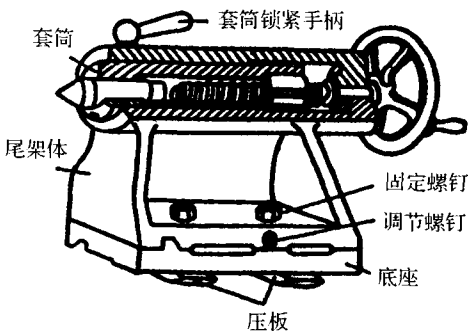


图 1-5 尾座

二、车床常用夹具及工件装夹方法

车床夹具按通用化程度可分为三种(表 1-3),车床常用装夹方式如表 1-4。

表 1-3 车床夹具分类

| 种类   | 夹具名称    | 图 标 | 用途与特点                     | 特 点                  |
|------|---------|-----|---------------------------|----------------------|
| 通用夹具 | 三爪自定心卡盘 |     | 装夹短棒料或盘类零件                | 精度低,效率低,对一般产品加工适应性较强 |
|      | 四爪单动卡盘  |     | 装夹方形、椭圆或不规则形状的工件,使用时应注意找正 |                      |
|      | 顶尖      |     | 支承较长或加工工序较多的轴类零件          |                      |



(续表)

| 种类           | 夹具名称         | 图 标                                                                | 用途与特点               | 特 点 |
|--------------|--------------|--------------------------------------------------------------------|---------------------|-----|
| 通用<br>夹<br>具 | 花盘           |                                                                    | 装夹形状复杂的零件,使用时应注意找正  |     |
|              | 角铁           |                                                                    | 辅助装夹元件              |     |
|              | V形架          |                                                                    | 辅助装夹元件              |     |
|              | 压板           |                                                                    | 辅助装夹元件              |     |
| 专用<br>夹<br>具 | 为某一工件的某一工序设计 | <p>加工支架的车床夹具</p> <p>1.平衡块 2.4.压板 3.定位销<br/>5.圆弧定位体 6.夹具体 7.止推钉</p> | 精度高,效率高,<br>有一定的局限性 |     |

(续表)

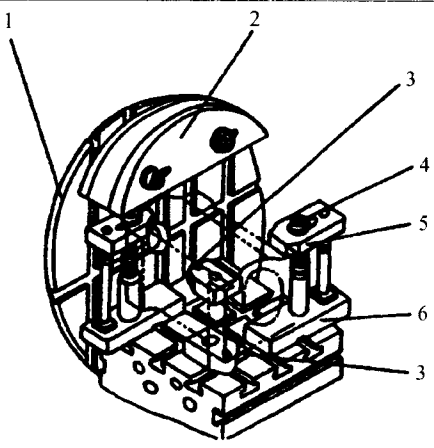
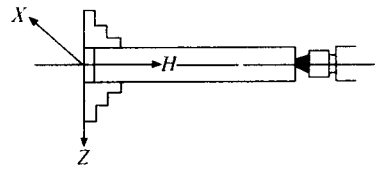
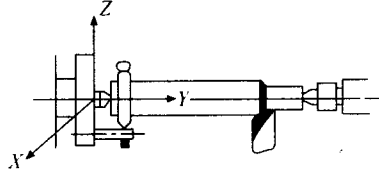
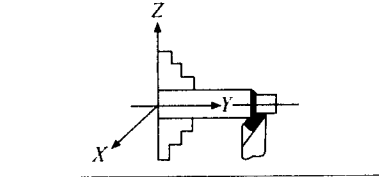
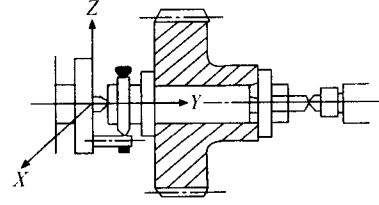
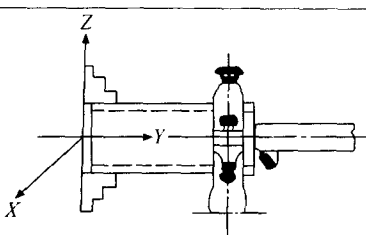
| 种类                   | 夹具名称 | 图 标                                                                                                                              | 用途与特点                                                      | 特 点 |
|----------------------|------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|-----|
| 可调整的<br>与多次利用的<br>夹具 | 组合夹具 |  <p>1.基础件 2.辅助件 3.定位件<br/>4.紧固件 5.压紧件 6.支承件</p> | 当加工对象改变时,只需稍做调整,可重复使用,亦可与早已预制好的标准件拼装成新的专用夹具。兼有通用夹具与专用夹具的优点 |     |

表 1-4

车床常用装夹方式

| 序号 | 工件安装图示                                                                              | 装夹方式 | 定位件          |
|----|-------------------------------------------------------------------------------------|------|--------------|
| 1  |   | 一顶一夹 | 床头顶尖与尾座顶尖    |
| 2  |  | 两顶尖  | 卡盘与床尾顶尖      |
| 3  |  | 三爪卡盘 | 卡盘           |
| 4  |  | 阶台心轴 | 心轴圆柱面与心轴阶台端面 |

(续表)

| 序号 | 工件安装图示                                                                            | 装夹方式   | 定位件    |
|----|-----------------------------------------------------------------------------------|--------|--------|
| 5  |  | 中心架与卡盘 | 卡盘与中心架 |

### 三、车 刀

**1. 刀具材料的切削性能** 车刀的使用寿命和生产效率取决于刀具材料的切削性能。其切削性能如下:

(1)冷硬性:常温下具有的硬度,也称耐磨性。

(2)热硬性:高温下仍可保持切削所要求的硬度。高温下所具有的硬度最高值称为“红热硬度”。

(3)坚韧性:切削部位的材料应具有足够的强度和韧性,以承受切削过程中产生的振动和冲击。

刀具材料的“三性”是相互关联的。如冷硬性和热硬性较高的材料,其坚韧性可能会较差;坚韧性好的材料,往往其硬度较低。选用刀具材料时应考虑工件材料的性能和切削要求,同时还要考虑刀具材料的工艺性能。刀具材料工艺性能包括:具有良好的高温塑性;便于制造;热处理变形小;脱碳层小和渗透性好;便于加工、刃磨和焊接;价格适中,购买方便。

**2. 常用刀具材料** 车刀切削部分的材料目前多用高速钢、硬质合金。

(1)高速钢(又称锋钢、白钢、风钢):是含有钨、铬、钒元素的合金钢,目前使用最多的有 W18Cr4V 和 W9Cr4V2 两种牌号的高速钢。高速钢刀具制作简单,刃磨方便,坚韧性较好,能承受较大的冲击力。常作为精加工车刀(宽刃大走刀车刀、梯形螺纹精车刀)以及成形车刀的材料,多用于加工冲击性较大、形状不规则的零件。但其热硬性较差( $500^{\circ}\text{C} \sim 600^{\circ}\text{C}$ ),不宜用于高速切削。高速钢淬火后的硬度为 HRC62 ~ HRC65。

(2)硬质合金(又称钨钢):是由一种或多种难熔金属的碳化物(碳化钨、碳化钛等)用粉末冶金方法制造而成的合金材料。硬质合金材料的硬度高仅次于金刚石,耐高温,热硬性好,在  $1\,000^{\circ}\text{C}$  高温下仍可保持良好的切削性能,耐磨损,耐腐蚀,切削速度是高速钢的 5 ~ 8 倍。但坚韧性差,较脆。通过刃磨合理的刀具切削角度可弥补其缺陷。硬质合金的种类繁多,应用范围广泛。

**3. 常用车刀的种类及用途**

(1)车刀种类:根据不同的车削加工要求,常用车刀的种类如图 1-6。

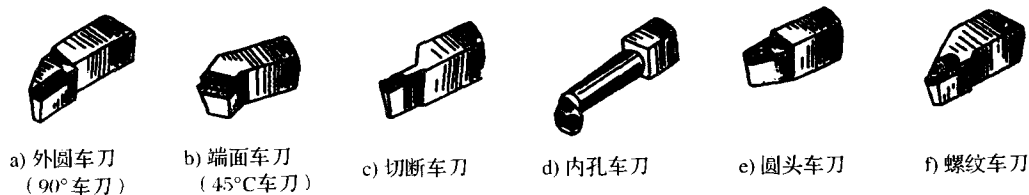


图 1-6 常用车刀种类



(2)车刀用途:如图1-7、表1-5。

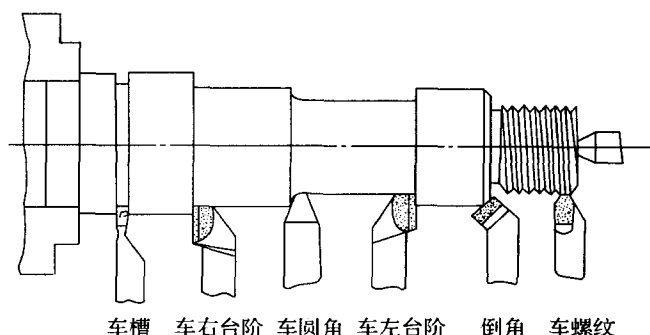


图1-7 常用车刀用途

表1-5

常用车刀的基本用途

| 种 类         | 用 途           |
|-------------|---------------|
| 90°车刀(偏刀)   | 车削工件的外圆、台阶和端面 |
| 45°车刀(弯头车刀) | 车削工件的外圆、端面和倒角 |
| 切断刀         | 切断工件或切槽       |
| 圆头刀         | 车削工件的圆弧面或成形面  |
| 内孔车刀        | 车削工件内孔        |
| 螺纹车刀        | 车削螺纹          |

(3)新型车刀简介:硬质合金可转位(不重磨)车刀,近几年得到广泛应用。这种车刀切削部位采用一个可拆卸刀片,刀片用机械夹固方式装夹在刀杆上。当刀片上的一个切削刃磨钝后,可将刀片转过一个角度,用新的切削刃继续切削。缩短了换刀和磨刀时间,刀杆还可重复使用,提高了车刀的利用率。

目前硬质合金可转位车刀已有不同形状和角度的刀片,可适用于各种切削的要求。

## 四、车床维护保养与操作规程

### 1. 车床的维护保养内容

(1)外观保养:清洗机床外观,保持车床外表清洁,无锈蚀,无油污,无切屑;清洗“三杠”,保证传动正常;检查并补齐机床所有附件。

(2)主轴箱:清洗滤油器;检查螺母有无松动,紧固螺钉是否锁紧;调整摩擦片间隙及制动器的松紧。

(3)溜板箱:调整好中、小溜板镶条间隙;清洗并调整中、小溜板丝杠螺母的间隙。

(4)挂轮箱:清洗齿轮、轴套并注入新油脂;调整各齿轮啮合间隙;检查轴套有无晃动现象。

(5)尾座:清洗尾座,保持内外清洁。

(6)切削润滑系统:清洗切削液泵、滤油器、盛液盘;清除贮液箱杂物;检查油质是否良好,油窗要洁净,油路、油孔应清洁畅通。

(7)电器部分:清扫电动机、电器箱;电器装置应固定完好,并保持清洁整齐。