

全国大学生复合型人才培养规划教材

现代制造技术 实训教程

主编 李志华 顾培民 主审 吴立群



浙江大學出版社

●全国大学生复合型人才培养规划教材

现代制造技术实训教程

李志华 顾培民 主编

吴立群 主审

浙江大學出版社

图书在版编目(CIP)数据

现代制造技术实训教程 / 李志华, 顾培民主编. — 杭州: 浙江大学出版社, 2005. 8

全国大学生复合型人才规划教材

ISBN 7-308-04381-9

I. 现... II. ①李... ②顾... III. 机械制造工艺—高等学校—教材 IV. TH16

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 087890 号

责任编辑 阮海潮

丛书策划 阮海潮

出版发行 浙江大学出版社

(杭州浙大路 38 号 邮政编码 310027)

(电话: 0571-88273163 88273761(传真))

(网址: <http://www.zjupress.com>)

(E-mail: zupress@mail.hz.zj.cn)

排 版 浙江大学出版社电脑排版中心

印 刷 杭州长命印刷有限公司

开 本 787mm×1092mm 1/16

印 张 12.75

字 数 326 千

版 印 次 2005 年 8 月第 1 版 2006 年 6 月第 2 次印刷

印 数 5001—7000

书 号 ISBN 7-308-04381-9/TH·074

定 价 19.00 元

内容简介

本书是根据国家教育部新颁布的非机械类“金工实习教学基本要求”和金工实习课程改革的精神、并结合培养复合应用型人才的实践教学特点编写的。

与以往金工实习教材相比,本书在内容和体系方面有较大的更新。主要内容包括传统加工技术、CAD/CAM 技术和数控加工技术。传统加工技术介绍了普通车削、铣削、刨削和钳工四部分内容;CAD/CAM 技术介绍了 Pro/ENGINEER 系统的二维草图绘制、三维实体造型、装配设计和自动数控编程等内容;数控加工技术介绍了数控车削、数控铣削和加工中心等内容。每章均附有本章要点和复习思考题。本书突出实用,注重对工程素质的培养,加大了现代设计、制造技术在金工实习中的比重。

本书可作为高等院校非机械类和近机械类本科生金工实习教材,也可供高职高专、成人教育和职大、电大、函大等同类专业选用。

前

言

金工实习是机械类和非机械类各专业学生必修的实践性很强的技术基础课。学生在金工实习过程中通过独立的实践操作,将有关机械制造的基本工艺知识、基本工艺方法和基本工艺实践等有机结合起来,进行工程实践综合能力的训练及创新精神的培养。

为适应现代制造业对人才培养的要求,各高校都不同程度地对传统金工实习课程进行了改革:

- (1)由传统的金工实习向现代工程实践教学方向转化;
- (2)由单机技能培训向局域网络条件下的集成技术培训方向转化;
- (3)由操作技能培训向技能与创新实践相结合的方向转化。

我们在认真总结多年来教学改革经验的基础上,根据国家教育部新颁布的非机械类“金工实习教学基本要求”,以及结合我国工业发展现状和当前高校教改的实际情况编写了这本教材;与以往金工实习教材相比,本书在内容和体系方面有较大的更新,本书突出实用,注重对工程素质的培养,加大了现代设计、制造技术在金工实习中的比重。

参加本教材编写的同志有:顾培民(第1、2、3章),李志华(第4、5、6、7章),潘益宁(第8章),于保华(第9、10、11、12、13、14章)。全书由李志华和顾培民主编,吴立群博士主审。

在编写过程中,得到了杭州电子科技大学金工实习基地、机电工程学院和教务处的大力支持,同时也得到了浙江大学出版社的大力支持,在此一并表示衷心的感谢!

由于编者水平和经验有限,又由于是一次改革尝试,书中难免有错误和不妥之处,敬请同行及广大读者批评指正。

编著者

目

录

第一篇 传统加工技术

第 1 章 普通车削加工	(3)
1.1 概 述	(3)
1.2 普通车床	(4)
1.3 车削时工件的装夹方法	(7)
1.4 车削基本工艺	(11)
1.5 综合练习题	(21)
第 2 章 铣削与刨削加工	(22)
2.1 铣床与铣削加工	(22)
2.2 刨床与刨削加工	(29)
2.3 综合练习题	(34)
第 3 章 钳 工	(35)
3.1 概 述	(35)
3.2 划 线	(36)
3.3 锯 削	(41)
3.4 锉 削	(43)
3.5 钻 削	(46)
3.6 综合练习题	(53)

第二篇 CAD/CAM 技术

第 4 章 Pro/Engineer 基础知识	(57)
4.1 Pro/Engineer 主要功能模块	(57)
4.2 Pro/Engineer 系统的特点及应用	(58)
4.3 Pro/Engineer 用户界面	(59)
4.4 文件的操作	(63)

目

录

第 5 章 Pro/Engineer 草图绘制	(64)
5.1 进入草图环境	(64)
5.2 绘制草图的基本命令	(65)
5.3 草图绘制实例	(67)
5.4 综合练习题	(68)
第 6 章 Pro/Engineer 三维实体造型	(70)
6.1 三维造型基础	(70)
6.2 三维造型的一般过程及拉伸特征	(72)
6.3 旋转(Revolve)特征	(75)
6.4 扫描(Sweep)特征	(76)
6.5 构造特征	(78)
6.6 特征的操作工具	(82)
6.7 三维造型实例	(85)
6.8 综合练习题	(92)
第 7 章 Pro/Engineer 装配设计	(94)
7.1 概 述	(94)
7.2 装配约束	(95)
7.3 创建装配模型的一般过程	(96)
7.4 装配体的分解状态	(98)
7.5 综合练习题	(100)
第 8 章 Pro/Engineer 数控编程	(101)
8.1 基础知识	(101)
8.2 操 作	(104)
8.3 实 例	(105)
8.4 综合练习题	(117)

第三篇 数控加工技术

第 9 章 数控加工基础知识	(121)
9.1 数控机床的特点	(121)
9.2 数控机床的分类	(122)
9.3 数控机床的组成	(125)
9.4 数控机床坐标系	(126)
9.5 数控加工安全操作规程	(127)
9.6 综合练习题	(128)
第 10 章 数控加工工艺	(129)
10.1 数控加工工艺分析	(129)
10.2 数控加工刀具系统	(134)
10.3 综合练习题	(135)
第 11 章 数控机床编程	(136)
11.1 数控机床编程基础	(136)
11.2 数控车床编程	(143)
11.3 数控铣床编程	(149)
11.4 综合练习题	(152)
第 12 章 数控车床与操作	(154)
12.1 数控车床组成	(154)
12.2 数控车床的操作	(156)
12.3 数控车床加工操作实例	(165)
12.4 综合练习题	(166)
第 13 章 数控铣床与操作	(167)
13.1 数控铣床组成	(167)
13.2 数控铣床的操作	(169)
13.3 数控铣床加工操作实例	(180)
13.4 综合练习题	(181)

目

录

第 14 章 加工中心与操作	(182)
14.1 加工中心概述	(182)
14.2 加工中心的操作	(185)
14.3 综合练习题	(192)
参考书目	(193)

第一篇 传统加工技术

本篇内容是根据现代工程训练发展的实际情况而编写的。由于传统加工技术是现代制造技术的基础,因此本篇内容保留了原金工实习中的普通车削、铣削、刨削及钳工这四部分最基本的内容,同时对这四部分内容作了一定的简化,以突出本书的主题。

在普通车削加工中,主要介绍普通车床的结构、原理及应用,车削时工件的装夹方法,以及车削的基本概念和基本工艺。在普通铣削和刨削加工中,主要介绍铣床和刨床的结构、原理、常用刀具、工件装夹,以及机床常用的一些附件。在钳工中,主要介绍钳工的基本工种,如划线、锯削、锉削、钻削以及攻丝等的基本方法和具体操作。

第 1 章

普通车削加工

【本章要点】 介绍普通车削加工的基本概念、基本工艺和基本方法;介绍普通车床的组成、结构及其传动系统。

1.1 概 述

车削是机械加工中的主要加工方法,使用范围很广。在金属切削机床中,各类车床约占机床总量的一半左右;无论在成批生产,还是在单件小批生产或机械维修方面,车削加工都占有重要的地位。

车削是利用工件的旋转运动和刀具的直线运动来加工工件的。就其基本工作内容来说,在车床上可以加工内外圆柱面、内外圆锥面、内外螺纹、成形面、端面、沟槽、钻孔、滚花和盘绕弹簧等,如果在车床上装上其他附件或夹具,还可以进行镗削、磨削、研磨、抛光以及加工各种复杂形状零件的外圆、内孔等。一般情况下,车床加工零件的精度为 IT10~IT8,表面粗糙度 $R_a=6.3\sim1.6\mu\text{m}$ 。

如图 1.1 所示为在车床上能完成的工件举例。

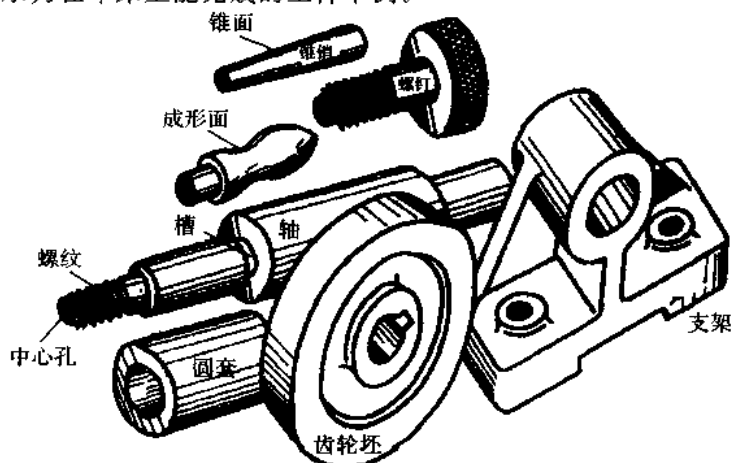


图 1.1 车床上完成的工件举例

车床的种类很多,有普通车床、六角车床、立式车床、多刀车床、自动及半自动车床、数控车床等。随着科技的不断发展,高效率、自动化和高精度车床不断出现,为车削加工提供了广阔的前景。普通车床是各类车床的基础。

在车床上最主要的运动为工件的旋转运动和刀具的直线运动。前者称为主运动,后者称为进给运动。

1.2 普通车床

1.2.1 普通车床的编号

机床编号的目的,是为了能用几个简单的符号和数字,表示出机床的系列、主要规格、性能和特征,便于组织生产,便于使用者选用及管理。目前的编号依据是1976年12月颁布的“金属切削机床型号编制方法”,采用汉语拼音字母与阿拉伯数字组成机床的型号,它们分别表示机床的类、组、型及基本参数。

例如,C6132普通机床,型号中的代号及数字含义如下:

C——类别代号,C是车床汉语拼音的第一个字母,属车床类(类别代号用汉语拼音字母表示,放在型号之首);

6——组别代号,属普通车床组(组、型代号以两位数字表示,第一位数字表示组,一般是机床的用途、性能、结构相近或有派生关系的为一组);

1——型别代号,属普通车床型(组、型代号中的第二位数字表示型);

32——基本参数的1/10,即安装在床身上的最大工件回转直径为320mm(型号中最后两位数字为机床的基本参数代号,或表示其基本参数的1/10、1/100等)。

又如,C616普通机床(与上述型号相同但表达不同)

C——类别代号,属车床类;

6——组别代号,属普通车床组(仅用1位数字代表);

16——基本参数(半径)的1/10,即安装在床身上最大工件回转直径为320mm。

1.2.2 普通车床的组成及功用

车床的种类很多,如图1.2所示为C616普通车床外形,它由下列几部分组成:

1. 床身

床身是机床的基础零件,用以连接各主要部件并保证各部件之间有正确的相对位置。床身上表面是供拖板和尾座移动的导轨。床身由床脚支撑并固定在地基上。

2. 主轴箱

主轴箱又称床头箱,用以支撑主轴并使之转动。主轴一端有外螺纹,用以连接卡盘等附件,内部有锥孔,用以安装顶尖,如图1.3所示。主轴是空心的,以便装夹细长棒料和用顶杆卸下顶尖。主轴是重要零件,精度要高,刚性要好。

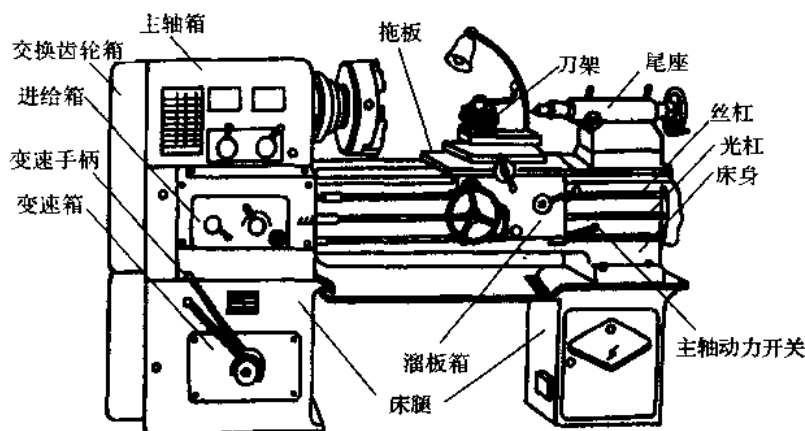


图 1.2 普通车床外形图

如图 1.2 所示的 C616 车床是分离传动结构,除具有一个主轴箱外,又设置一个单独的变速箱于床脚内,主要是依靠变速箱来改变转速,最后由皮带传到主轴箱,配合主轴箱的变速,使主轴得到若干种转速。

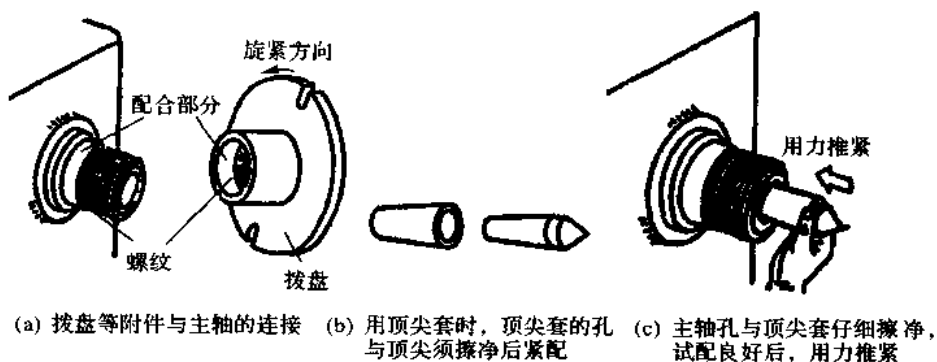


图 1.3 主轴头部结构及附件的安装

3. 进给箱

进给箱将主轴传来的旋转运动,通过其内部的齿轮机构,按一定速比传给光杠或丝杠。一般进给时,将运动传给光杠,使拖板和车刀按要求的速度作直线进给运动;车削螺纹时,将运动传给丝杠,使拖板和车刀按要求的速比作很精确的直线运动,加工出图纸要求螺距的螺纹。

4. 溜板箱

通过溜板箱中的传动机构,可使光杠的转动变为刀架的纵向或横向进给运动;亦可使丝杠转动,通过溜板箱的开合螺母,使刀架作纵向移动,以车削螺纹。

5. 拖板

拖板分大拖板、中拖板和小拖板(小刀架)3层,大拖板与溜板箱相连接,可沿床身导轨作纵向移动;中拖板可沿大拖板的导轨作横向移动;小拖板置于中拖板上,用转盘形式与中拖板连接,转盘上有导轨,小拖板可沿导轨作短距离移动。当转盘转动处于不同位置时,小拖板带动

刀架可作纵向、横向或斜向的移动。

6. 刀架

刀架用以装夹车刀。常用刀架为方型,方刀架最多可同时装4把车刀。扳开锁紧手柄即可转位,以选用所需的车刀。

7. 尾座

尾座也称尾架,安装在床身导轨上,可沿导轨移至所需位置,并可随时固定于所要求的位置。尾座筒内安装顶尖,可配合主轴箱支承工件;亦可安装钻头、扩孔钻或铰刀,在工件上钻孔、扩孔或铰孔。尾座分尾座体和底座两部分,尾座体内装有套筒,套筒中心是锥孔,可与顶尖或锥柄刀具相配合。当松开固定螺钉后,利用调节螺钉可调整尾顶尖的横向位置,如图1.4所示。

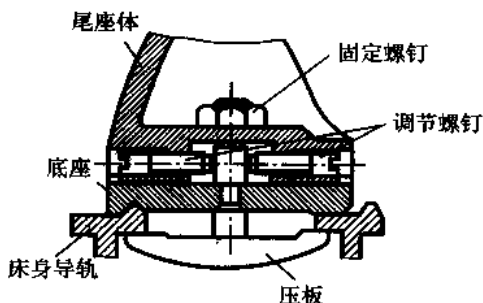


图 1.4 尾座的横向调节

1.2.3 普通车床的传动系统

1. 机床常用传动副及其传动关系

机床上的传动是由许多传动副组合而成的。机床上常用的传动副有皮带传动、齿轮传动、蜗杆传动、齿条传动和丝杠螺母传动等。

(1) 带传动。皮带传动主要有平皮带、三角皮带和圆皮带3种。机床中一般多用三角皮带传动。由图1.5可知,如不考虑皮带和皮带轮之间的滑动,其圆周速度应相等。通常皮带与皮带轮之间的滑动系数可考虑为0.98。皮带传动的特点是传动平稳,结构简单,可用于较大距离的轴间传动。但皮带和皮带轮之间有滑动,传动比不准确,而且摩擦损失大,传动效率较低。

(2) 齿轮传动。齿轮传动是目前机床中应用最多的一种传动方式。最常用的是直齿圆柱齿轮传动,如图1.6所示。齿轮传动的特点是结构紧凑,传动比准确,传递扭矩大,传动效率高。但当齿轮制造精度不高时,工作不够平稳,噪声也较大。

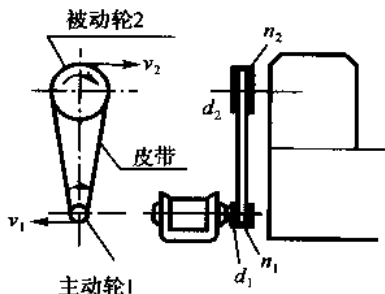


图 1.5 皮带传动

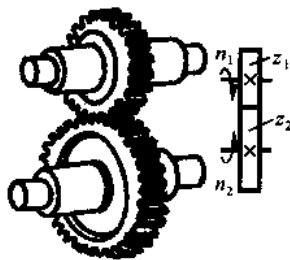


图 1.6 齿轮传动

(3) 蜗轮蜗杆传动。蜗轮蜗杆传动主要用于垂直交错轴之间的传动,而且蜗杆必须为主动,如图1.7所示。若蜗杆是单头螺纹,则它每转一圈时,蜗轮转过一个齿;若蜗杆为多头螺纹(假设头数为 A),则它每转一圈时,蜗轮转过 A 个齿。蜗杆传动可以获得较大的降速比,传动平

稳,无噪声,结构紧凑,常用于减速机构中。但蜗杆传动效率低,需要有良好的润滑和降温措施。

(4)齿条传动。齿条传动是将齿轮的旋转运动变成齿条(或齿轮本身)的直线运动,或将齿条的直线运动变为齿轮的旋转运动,如图 1.8 所示。齿轮与齿条传动效率很高。但制造精度不高时,传动平稳性和准确度较差。

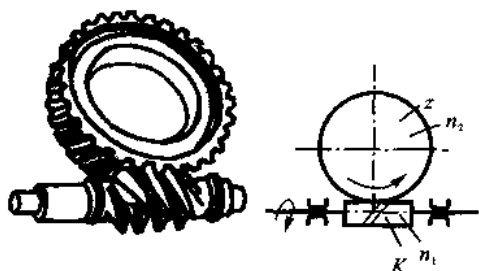


图 1.7 蜗轮蜗杆传动

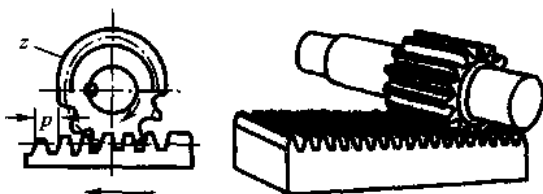


图 1.8 齿条传动

(5)丝杠螺母传动。丝杠螺母传动可以将丝杠的旋转运动变为螺母的直线运动,如图 1.9 所示。丝杠有单头螺纹和多头螺纹两种,单头螺纹转一圈,螺母和丝杠的相对移动量为一个螺距;若丝杠为多头螺纹,则螺母和丝杠的相对移动量为螺距乘上丝杠的头数。丝杠螺母传动工作平稳,无噪声,可以达到高的传动精度,但传动效率低。

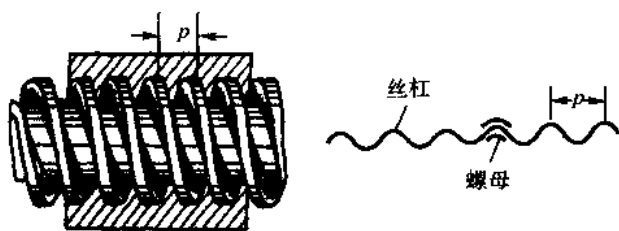


图 1.9 丝杠螺母传动

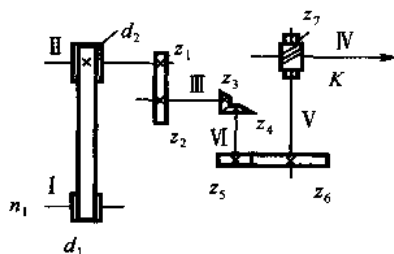


图 1.10 传动链图例

2. 传动链及传动速比

以上所述,都是单独的传动副传动。如果把某些传动副组合起来,即成为一个传动系统,也称为传动链。如果已知主动轴的转速,则传动链中任一根轴的转速就都可确定。在机床中电机轴为主动轴,若将传动链的总传动比定为被动轴与主动轴的转速之比,则对计算被动轴的转速较为方便。任何一段传动链的传动比,等于其各对传动副转速比的乘积。如图 1.10 所示的传动链,其总传动比 I_{Σ} 为:

$$I_{\Sigma} = d_1/d_2 \cdot z_1/z_2 \cdot z_3/z_4 \cdot z_5/z_6 \cdot K/z_7$$

即传动链的总传动比等于传动链中各传动副传动比的乘积。

1.3 车削时工件的装夹方法

车削时,须先把工件装夹在车床的夹具上,经校准后进行加工。根据工件的形状、尺寸、加

工精度要求以及加工批量等不同情况,采用不同的装夹方法。在选择装夹方法时,要注意简单方便,装夹牢固;此外,还要考虑工件的装夹部位,以提高生产效率和保证加工质量。车削时,工件常用的装夹方法有以下几种:

1. 三爪卡盘装夹工件

三爪卡盘的构造如图 1.11 所示。将夹紧扳手的方头插入小伞齿轮的方孔,使小伞齿轮带动大伞齿轮转动。大伞齿轮背后有平面螺纹(形状好似一盘蚊香),3 个卡爪的背面有螺纹与平面螺纹啮合。因此,当转动伞齿轮时,3 个卡爪在平面螺纹的作用下,同时作向心或离心方向移动,从而将工件夹紧或放松。用三爪卡盘夹持工件,一般不需要校正,3 个卡爪能自动定心,使用方便。但定位精度较低。

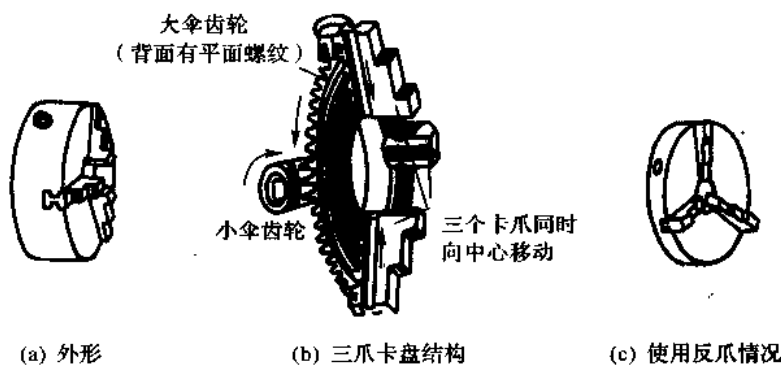


图 1.11 三爪卡盘的构造

由于三爪卡盘本身制造误差、卡盘装上主轴时的装配误差和卡盘使用较长时间后卡爪磨损引起精度逐渐下降等原因,使三爪卡盘 3 个卡爪定位面所形成的中心与车床主轴旋转中心不完全重合。因此,当被加工零件各加工面的位置精度要求较高时,应尽量在一次装夹中加工出来,以保证精度要求。

卡爪分正爪和反爪,当用正爪夹紧工件时,工件直径不能太大,一般卡爪伸出量不超过卡爪长度的一半,否则卡爪与平面螺纹只有 2~3 牙啮合,容易使卡爪的牙齿损坏。安装较大直径的工件时,可以改用反爪装夹,如图 1.11(c)所示。

三爪卡盘能自动定心,安装效率较高,但夹紧力没有四爪卡盘大。这种卡盘不能装夹形状不规则的工件,只适用于中小型规则工件的装夹,如圆柱形、正三角形、正六边形等工件。

2. 四爪卡盘装夹工件

四爪卡盘的构造如图 1.12 所示,它的 4 个卡爪与三爪卡盘不同,4 个卡爪互不相关,可以单独调整。每个爪的后面有一半瓣内螺纹,跟螺杆啮合,螺杆的一端有一方孔,当卡盘扳手的方头插入方孔转动螺杆时,就使这个卡爪作径向移动。由于四爪卡盘的 4 个卡爪各自移动,互不相连,所以不能自动定心。

为了使工件中心与车床主轴旋转中心相一致,装夹工件时,需对工件进行校正。如图 1.13 所示为用划针盘按工件划线进行校正。在四爪卡盘上校正精度要求较高的工件时,可用百分表代替划针盘来校正,如图 1.14 所示。用这种方法校正工件,径向跳动在百分表上显示出来,精度可达 0.01mm 以内。在校正外圆时,应先校正靠近卡盘的一端,再校正远离卡盘的一端。四