

巍巍交大 百年书香  
www.jiaodapress.com.cn  
bookinfo@sjtu.edu.cn



策划编辑 朱婉茜  
责任编辑 胡思佳  
封面设计 张瑞阳

# 现代夹具设计

高等职业教育机电系列精品教材

高等职业教育机电系列精品教材

现代夹具设计

主编 张 瓚 臧贻娟 王晓强

# 现代夹具设计

主编 张 瓚 臧贻娟 王晓强



上海交通大学出版社  
SHANGHAI JIAO TONG UNIVERSITY PRESS

免费提供

★★★ 精品教学资料包

服务热线: 400-615-1233  
www.huatengzy.com



扫描二维码  
关注上海交通大学出版社  
官方微信

ISBN 978-7-313-29791-4



9 787313 297914 >

定价: 53.00元

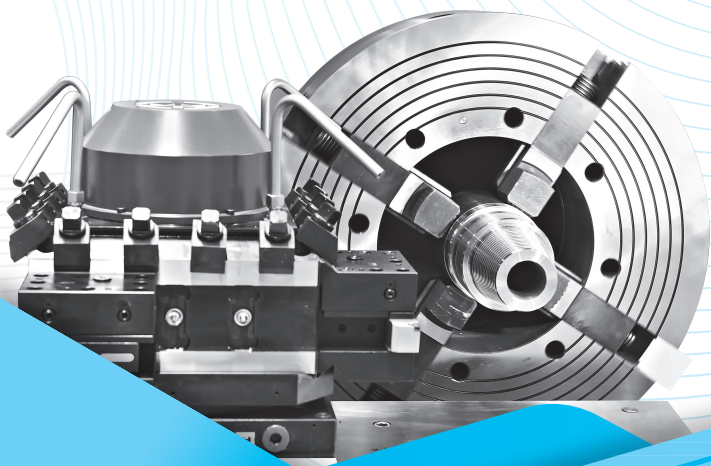


上海交通大学出版社  
SHANGHAI JIAO TONG UNIVERSITY PRESS

高等职业教育机电系列精品教材

# 现代夹具设计

主编 张 瓚 臧贻娟 王晓强



上海交通大学出版社  
SHANGHAI JIAO TONG UNIVERSITY PRESS

内容提要

本书主要内容包括现代夹具的功能、结构、现状和发展前景,机床夹具各组成部分的设计原理、方法、过程,以及智能制造夹具的结构及特点。

本书主要面向高等职业院校机械装备制造大类相关专业的学生,同时也适合企业机械制造技术人员进行机床夹具设计时参考。

图书在版编目(CIP)数据

现代夹具设计 / 张瓚, 臧贻娟, 王晓强主编. — 上海: 上海交通大学出版社, 2023

ISBN 978-7-313-29791-4

I. ①现… II. ①张… ②臧… ③王… III. ①机床夹具—设计 IV. ①TG750.2

中国国家版本馆 CIP 数据核字(2024)第 001622 号

现代夹具设计

XIANDAI JIAJU SHEJI

主 编:张 瓚 臧贻娟 王晓强

出版发行:上海交通大学出版社

邮政编码:200030

印 制:三河市骏杰印刷有限公司

开 本:787 mm×1 092 mm 1/16

字 数:312 千字

版 次:2024 年 7 月第 1 版

书 号:ISBN 978-7-313-29791-4

定 价:53.00 元

地 址:上海市番禺路 951 号

电 话:021-64071208

经 销:全国新华书店

印 张:16

插 页:1

印 次:2024 年 7 月第 1 次印刷

版权所有 侵权必究

告读者:如您发现本书有印装质量问题请与印刷厂质量科联系

联系电话:0316-3662258

智能制造是中国推进制造强国战略的主攻方向,机床夹具、智能工装是提升加工质量、提高制造业水平的关键。本书以机床专用夹具各部分结构的设计为主线,立足机床夹具设计核心工作岗位,以能力培养为重点,按照定位方式选择、定位元件选取、夹紧方案确定、夹具整体设计的工作流程组织教材内容。本书所涉内容以国家标准为依据,遵循设计规范,紧密贴合了企业生产现场的应用需求。

本书以总体设计为侧重思路,兼顾了设计原理分析、精度计算与力学分析等元素,同时注重技术规范的查阅和生产现场工作习惯的培养。本书的特色在于:从整体上力求知识体系的完整,使学生学习后的理论水平能够达到一定高度,在夯实理论基础的同时实现合理的创新设计;着眼细节,力求缜密,使学生在学习过程中养成做事严谨的职业习惯;从设计规范角度,力求实用,遵循夹具设计原则及规范,锻炼学生的职业能力,提高学生的工程思维和创新能力。

本书配备了视频、微课、动画等资源,扫二维码即可观看,以帮助学生理解教材中的重点及难点。

本书由山东职业学院张瓚、臧贻娟、王晓强担任主编,张瓚还负责统稿,参加编写的还有济南沃德汽车零部件有限公司胡庆林、王磊。第一、二、四、五、六章由张瓚编写,第三章由臧贻娟编写,第七章由胡庆林、王磊编写,第八章由王晓强编写。济南沃德汽车零部件有限公司的高级工程师王新峰参与了编写与校对工作,在此表示衷心的感谢。

由于编者水平有限,书中难免有疏漏之处,恳请广大读者批评指正。

编者





|            |                           |     |
|------------|---------------------------|-----|
| <b>第一章</b> | <b>机床夹具概述</b> .....       | 1   |
| 1          | 第一节 机床夹具简介 .....          | 1   |
|            | 第二节 机床夹具保证加工精度的原理分析 ..... | 10  |
|            | 第三节 机床夹具的现状与发展方向 .....    | 11  |
|            | 第四节 机床夹具的设计特点及设计要求 .....  | 13  |
| <b>第二章</b> | <b>机床夹具的定位设计</b> .....    | 16  |
| 2          | 第一节 工件定位的基本原理 .....       | 16  |
|            | 第二节 设计定位元件 .....          | 28  |
|            | 第三节 设计定位结构 .....          | 44  |
|            | 第四节 定位误差分析与计算 .....       | 49  |
|            | 第五节 定位设计 .....            | 56  |
| <b>第三章</b> | <b>机床夹具的夹紧设计</b> .....    | 69  |
| 3          | 第一节 夹紧装置的设计要求 .....       | 69  |
|            | 第二节 基本、常用夹紧机构 .....       | 76  |
|            | 第三节 夹紧动力装置 .....          | 100 |
|            | 第四节 夹紧装置设计实例 .....        | 106 |
| <b>第四章</b> | <b>机床夹具的夹具体设计</b> .....   | 118 |
| 4          | 第一节 夹具体设计的基本要求 .....      | 118 |
|            | 第二节 夹具体的结构类型 .....        | 120 |
|            | 第三节 夹具体的详细设计 .....        | 124 |

## 第五章

## 5

## 对刀及引导装置设计 ..... 129

## 第一节 铣床夹具对刀装置设计 ..... 129

## 第二节 钻床夹具引导装置设计 ..... 134

## 第六章

## 6

## 分度装置设计 ..... 143

## 第一节 分度装置概述 ..... 143

## 第二节 分度装置的详细设计 ..... 147

## 第三节 典型分度装置 ..... 157

## 第七章

## 7

## 机床专用夹具设计 ..... 163

## 第一节 铣床夹具设计 ..... 163

## 第二节 钻床夹具设计 ..... 171

## 第三节 车床夹具设计 ..... 184

## 第四节 机床专用夹具设计的要求、方法和步骤 ..... 193

## 第五节 机床专用夹具的精度设计 ..... 200

## 第六节 机床夹具的制造及工艺性 ..... 202

## 第八章

## 8

## 智能制造夹具 ..... 212

## 第一节 工业机器人的应用及机器人夹具概述 ..... 212

## 第二节 机器人夹具典型案例 ..... 215

## 第三节 机器人气爪 ..... 219

## 第四节 机器人真空吸盘 ..... 226

## 附录 ..... 230

## 参考文献 ..... 251



# 第一章 机床夹具概述



## 第一节 机床夹具简介



### 学习目标

- (1) 了解机床夹具是什么及其在机械加工中的应用。
- (2) 熟悉机床夹具在机械加工中的作用。
- (3) 熟悉机床夹具的分类。
- (4) 掌握机床夹具的结构组成。
- (5) 熟悉机床夹具各组成部分的功能。

夹具是一种装夹工件的工艺装备,种类很多。夹具广泛地应用于机械制造的切削加工、焊接、装配、检测、热处理等工艺过程中,如机床夹具、焊接夹具、检测夹具等。

### 一、机床夹具的定义

机械制造是国民经济和科学技术发展的基础。机械制造离不开金属切削机床,在金属切削机床上使用的夹具统称为机床夹具。在现代生产中,机床夹具是一种不可缺少的工艺装备,它直接影响着机械制造的加工精度、劳动生产率和产品的制造成本等,故机床夹具设计在企业的产品设计和制造以及生产技术准备中占有极其重要的地位。

### 二、机床夹具的功能

机床夹具的主要功能是装夹工件,使工件在夹具中定位、夹紧。夹具还要与机床连接,并在机床上相对定位,以完成切削成形的加工过程。除上述功能外,根据工艺要求,夹具还可具备对刀、导向、分度等功能。

#### 1. 定位

确定工件在夹具中占有准确位置的过程称为定位。定位是通过工件的定位基准面与夹具定位元件的定位面接触或相互配合实现的。准确的定位可以保证加工面的尺寸和表面之间的定位精度要求。



视频  
机床夹具的  
功能-gnbybr



## 2. 夹紧

夹紧是工件定位后将其固定,使其在加工过程中保持定位位置不变的操作。夹紧为工件提供了安全、可靠的加工条件。

## 3. 夹具在机床上的定位(连接)

夹具与机床连接,以确定夹具在机床上的位置,从而使工件与刀具的相对位置准确,保证加工出正确的工件。

## 4. 对刀

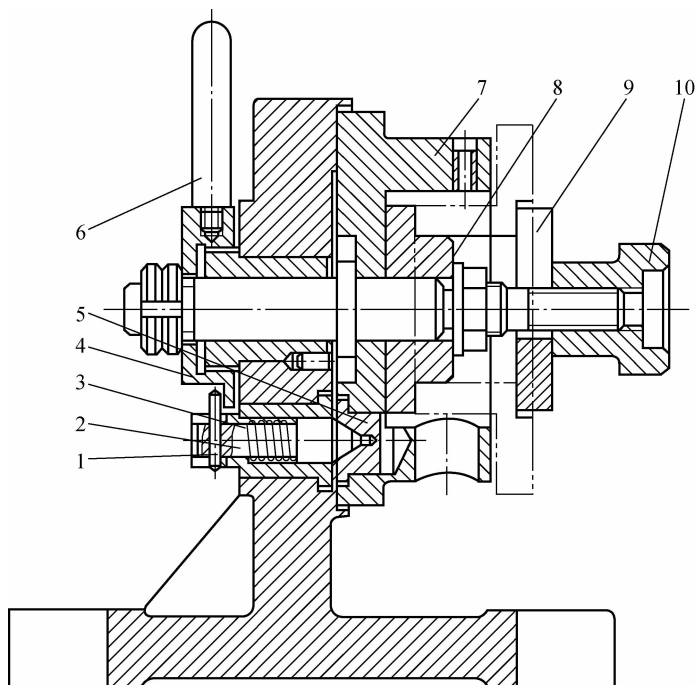
对刀就是调整刀具相对于工件或夹具的准确位置。如铣床夹具中的对刀块和塞尺,它们能迅速地确定铣刀相对于夹具的准确位置。

## 5. 导向

导向就是确定刀具相对于夹具的准确位置,并引导刀具进行切削。如钻床夹具中的钻模板和钻套,镗床夹具中的镗模支架和镗套,均起导向作用。

## 6. 分度

分度就是确定多个加工表面间位置的间距或角度。分度分为圆周分度和直线分度两大类。图 1-1 所示为带有分度装置的钻床夹具,用以保证在工件圆周上钻 4 个均布的孔。分度时,先转动手柄 6,经螺母 4、销 1,分度对定销 2 退出分度盘 5;然后将分度盘 5 分度转位;最后使分度对定销 2 再复位,即完成分度过程。



1—销; 2—分度对定销; 3—弹簧; 4—螺母; 5—分度盘; 6—手柄;  
7—钻模板; 8—定位轴; 9—快换垫圈; 10—夹紧螺母。

图 1-1 带有分度装置的钻床夹具

### 三、机床夹具在机械加工中的作用

机床夹具在机械加工中起着十分重要的作用,归纳起来,主要表现在以下几个方面。

#### 1. 保证加工精度,稳定加工质量

用夹具装夹工件,能稳定地保证加工精度,减少操作误差;还可以减少其对生产条件的依赖性,满足加工的技术要求。特别是在精密零件的加工中,广泛地使用夹具以保证加工精度。作为重要的工艺装备,夹具还是实现全面质量管理的一个重要手段。

#### 2. 缩短辅助时间,提高劳动生产率

使用夹具后,能使工件迅速地定位和夹紧,能够显著地缩短辅助时间和基本时间,提高劳动生产率。

#### 3. 降低对工人的技术要求,减轻工人的劳动强度,保证安全生产

用夹具装夹工件方便、准确、省力、安全,工件的位置精度依靠夹具精度保证,因而可以降低对工人的技术要求。当采用气压、液压、电动等夹紧动力装置时,可以减轻工人的劳动强度,改善劳动条件,保证生产安全。

#### 4. 降低生产成本

在批量生产中使用夹具,保证产品精度,大大降低废品率;由于劳动生产率的提高和允许技术等级较低的工人参与操作,故可明显地降低生产成本。

#### 5. 平衡生产节拍,保证工艺纪律

在生产加工过程中使用夹具可以确保产品制造过程顺畅。例如,夹具设计往往是工程技术人员解决高难度零件加工精度的主要工艺手段之一。使用夹具,可以满足对高难度零件的生产计划、调度等工艺秩序的要求。特别在自动化生产和流水线生产中,当某些工序所需工时特别长时,可以采用多工位或高效夹具等提高生产率,平衡生产节拍。

#### 6. 扩大机床的工艺范围,实现“一机多能”

在生产批量不大、工件种类和规格较多、机床品种有限的生产条件下,可以通过设计机床夹具来改变机床的工艺范围,实现“一机多能”。例如,在普通铣床上安装专用夹具铣削成形表面;在普通车床上或在摇臂钻床上安装镗模加工箱体孔系等。

不过,机床夹具的作用也存在一定的局限性,具体如下。

(1) 专用机床夹具的设计制造周期长。它往往是新产品生产技术准备工作的关键之一,对新产品的研制周期影响最大。

(2) 对毛坯质量要求较高。由于夹具需要长期使用,要求夹具的加工精度能长期保持,因此,对毛坯的金相组织、残余应力等要求较高。

(3) 机床专用夹具的制作常常是单件、小批生产,协作条件较差,而且精度要求较高,故夹具的制造成本较高,一般适用于工件的大批量生产。

(4) 专用机床夹具主要适用于生产批量较大、产品品种相对稳定的场合。专用机床夹具是针对某个零件、某道工序而专门设计制造的,一旦产品改型,专用夹具便无法使用。因此,当现代机械工业出现多品种、中小批量的发展趋势时,专用夹具往往成为开发新产品、改革老产品的难点,因而,对现代夹具的设计提出了新的要求。



视频

机床夹具的作用-eskl31

## 四、机床夹具的分类

机床夹具的种类很多,形状结构千差万别。为了设计、制造和管理的方便,往往按某一属性进行分类。

### 1. 按夹具的通用特性分类

这是一种基本的分类方法,主要反映夹具在不同生产类型中的通用特性,故也是选择夹具的主要依据。目前,我国常用的夹具有通用夹具、专用夹具、可调夹具、组合夹具和自动化制造系统的夹具五大类。



视频  
机床夹具的分  
类-ajnl0f

#### 1) 通用夹具

通用夹具是指结构、尺寸已标准化、规格化,且具有一定通用性的夹具。这类夹具大部分已商品化,可作为机床附件使用。也有一部分非商品化的通用夹具,可由企业按产品特点自行设计、制造。

商品化的夹具种类繁多,有顶尖、中心架、花盘、三爪自定心卡盘、电动三爪自定心卡盘、四爪单动卡盘、回转盘、矩形电磁吸盘、圆形电磁吸盘、正弦电磁吸盘、万能分度头、平口钳、精密平口钳、精密角铁、光学旋转工作台、精密数控旋转工作台等。其特点是适应性强,不需要调整或稍加调整即可装夹一定形状和尺寸范围内的各种工件。采用这类夹具可缩短生产准备周期,减少夹具品种,从而降低生产成本。其缺点是夹具加工精度有限,生产率也较低,且较难装夹形状复杂的工件,适用于单件、小批量生产。

#### 2) 专用夹具

专用夹具是针对某一工件、某一工序的加工要求而专门设计和制造的夹具。在产品相对稳定、批量较大的生产中,通常采用专用夹具,可获得较高的生产率和加工精度。特别在批量生产的制造企业中,专用夹具对稳定地保证重要零件的加工精度起到了至关重要的作用。专用夹具的特点是针对性极强,没有通用性,其设计制造周期较长。随着现代多品种、小批量生产的发展,专用夹具在生产准备周期、适应性和经济性等方面已产生许多问题。在小批量生产中,采用专用夹具的工艺成本较高。

#### 3) 可调夹具

可调夹具是针对通用夹具和专用夹具的缺陷而发展起来的一类新型柔性化夹具。对于不同类型和尺寸的工件,只需调整或更换原有夹具上的个别元件便可使用,扩大了加工范围,故在多品种、小批量生产中多使用这种夹具,具有较好的经济效益。

按可调夹具的结构特点,可调夹具又可分为通用可调夹具、专用可调夹具两种。通用可调夹具的通用范围比通用夹具更大;专用可调夹具则能扩大原专用夹具的加工范围。专用可调夹具按成组原理设计,可加工一组相似的工件,故专用可调夹具也称成组夹具。

#### 4) 组合夹具

组合夹具是一种模块化夹具。标准的模块元件有较高的精度和耐磨性。组合夹具已标准化、商品化,其可组装成各种夹具,用毕即可拆卸,留待组装新的夹具。由于使用组合夹具可缩短生产准备周期,元件又能重复使用,并具有可减少专用夹具数量等特点,因此,组合夹具在单件、中小批、多品种生产和数控加工中,是一种较经济的柔性化万能夹具。

同时,由于其可组装的特点,使得它存在体积较大、精度不高的缺点。

图 1-2 所示为用多个模块组装成的钻床组合夹具,用于装夹工件以钻削连杆上的孔。

这些模块分别构成了夹具体、定位元件夹紧机构和导向元件等,实现了机床夹具的功能要求。使用组合夹具可减少夹具制造时间 90%,缩短生产准备周期约 85%,减小夹具成本 80%,效果良好。

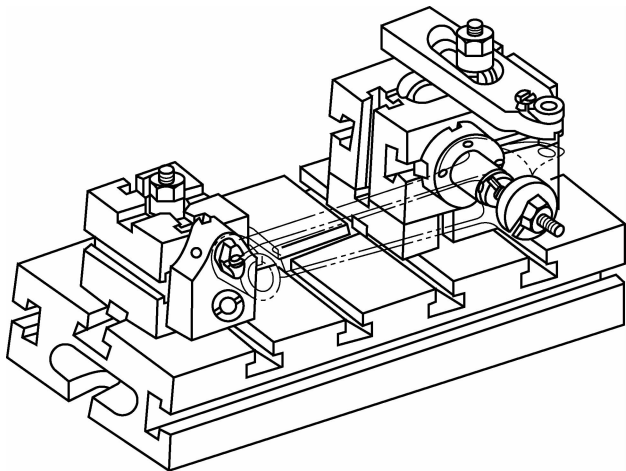


图 1-2 钻床组合夹具

#### 5) 自动化制造系统的夹具

自动化制造系统的夹具包括自动线夹具和数控机床夹具两种。自动线夹具有自动线固定式夹具、自动线随行夹具两种。

数控机床夹具主要包括柔性制造系统(flexible manufacturing system, FMS)、加工中心(machining center, MC)和数控(computer numerical control, CNC)机床等所使用的夹具。典型的柔性化夹具是拼装夹具和非标夹紧模块系统等。在现代机械制造中,夹具的低成本柔性化设计可降低工艺成本,缩短制品生产周期,故这类夹具的设计占有主导地位。

### 2. 按夹具所属的机床分类

按夹具所属的机床分类是专用夹具设计所用的分类方法,如车床夹具、铣床夹具、刨床夹具、钻床夹具、镗床夹具、磨床夹具、齿轮机床夹具、拉床夹具等。

#### 1) 车床夹具

图 1-3 所示为异形杠杆零件简图。在车床上加工  $\phi 10H7$  mm 的孔,工件要求控制孔的中心距尺寸为  $(50 \pm 0.01)$  mm,孔的轴线对  $\phi 20h7$  mm 外圆轴线的平行度公差为 0.02 mm。若单件、小批量生产,用四爪单动卡盘装夹,通过找正方法把工件放在正确的位置,需要很长时间,且精度难以保证。

若用图 1-4 所示的车床专用夹具,以  $\phi 20h7$  mm、 $\phi 24$  mm 外圆为定位基准面,分别在 V 形块 2、可调 V 形块 6 上定位,并用铰链螺旋压板 1 和两个螺钉 5 夹紧,工件的定位可满足上述加工精度要求,且操作者装夹较方便、快捷,使生产率较高,适用于大批量生产。车床夹具连接在车床主轴上。

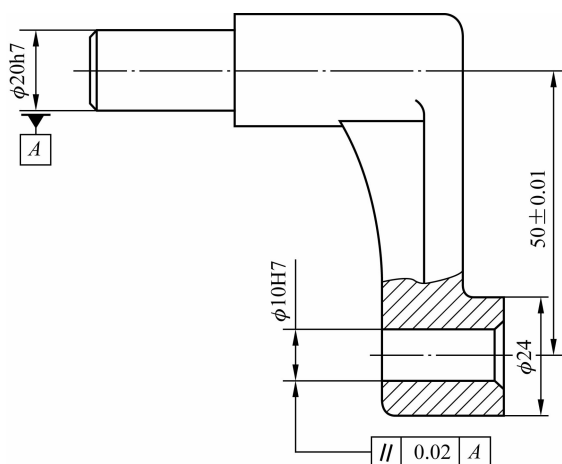
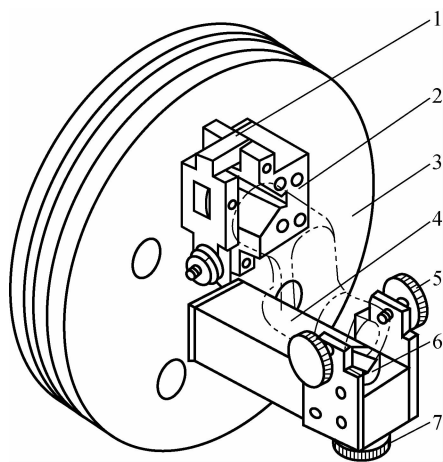


图 1-3 异形杠杆零件简图



1—铰链螺旋压板；2—V形块；3—夹具体；4—支架；  
5—螺钉；6—可调V形块；7—螺杆。

图 1-4 加工异形杠杆零件的车床夹具结构

## 2) 铣床夹具

图 1-5 所示为活塞套零件简图,在铣床上加工活塞套上端 6 mm 槽。若单件小批生产,可利用通用夹具(如万能分度头)通过找正的方法,保证加工精度,但需要耗费较多时间,且不易保证工件(上、下槽之间)的位置精度。

若大批量生产,则用图 1-6 所示的铣床夹具进行装夹,工件以  $\phi 60H7$  mm 孔、端面 A 及下端已加工的 6 mm 槽为定位基准,分别在定位轴 7、夹具体 12 的平面及键 11 上定位。夹紧由螺钉 1 推动滑柱 2,经介质(液性塑料)3、滑柱 4、框架 5、拉杆 6、钩 8、压板 9,将 6 个工件联动夹紧。铣刀的位置则可由对刀块 10 和塞尺调整。整个夹具是通过两个定位销及夹具的基面与铣床工作平台及 T 形槽配合而确定其在机床上的位置的。此夹具用于多件装夹,可获得较高的生产率,且容易保证加工精度。

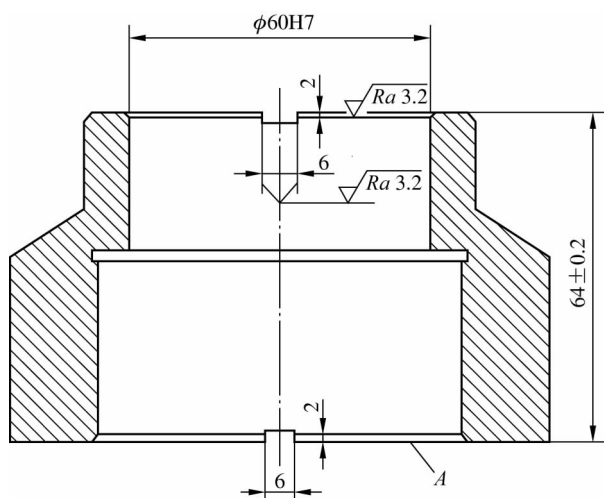
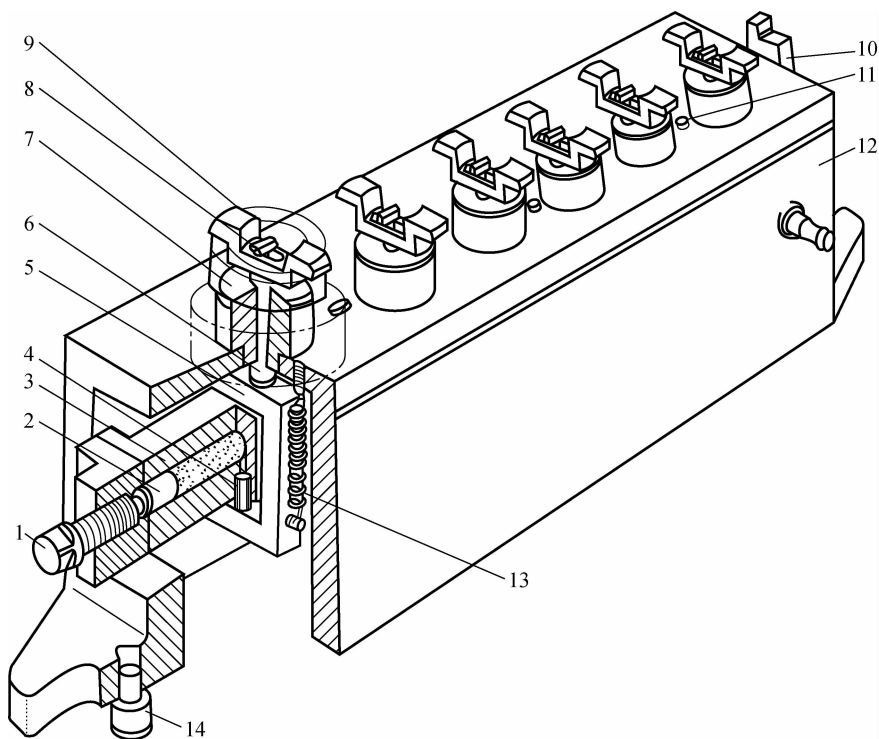


图 1-5 活塞套零件简图



1—螺钉；2、4—滑柱；3—介质(液性塑料)；5—框架；6—拉杆；7—定位轴；8—钩；  
9—压板；10—对刀块；11—键；12—夹具体；13—弹簧；14—定位销。

图 1-6 加工活塞零件的铣床夹具结构

### 3) 钻床夹具

图 1-7 所示为盖板零件简图,在钻床上钻  $9 \times \phi 5$  mm 孔,其钻床夹具结构如图 1-8 所示。工件以底面及两侧面分别与夹具体 5 的平面、圆柱销 4、菱形销 7、挡销 6 接触定位。钻模板 1 由圆柱销和菱形销相对定位并盖在工件上,用螺旋压板 3 夹紧;钻模板上的钻套 2 可以引导钻头钻孔,并控制孔的中心距尺寸。



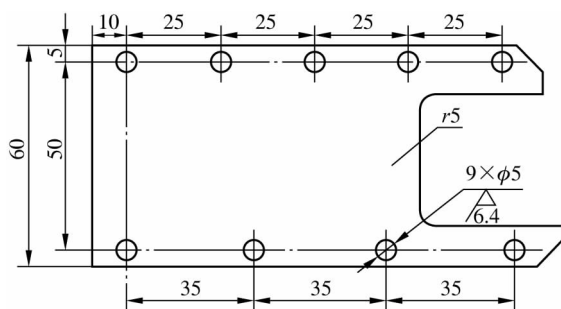
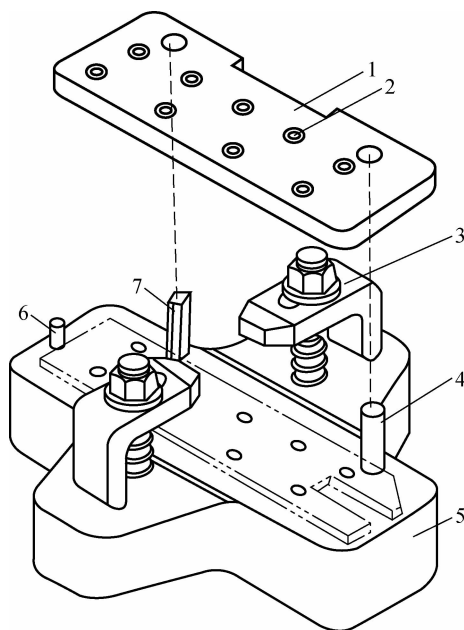


图 1-7 盖板零件简图



1—钻模板；2—钻套；3—螺旋压板；4—圆柱销；  
5—夹具体；6—挡销；7—菱形销。

图 1-8 加工盖板零件的钻床夹具结构

通过上述几种机床专用夹具的使用,可以发现专用夹具比通用夹具用起来方便、快捷,且较容易保证工件的加工精度。

### 3. 按夹具动力源分类

按夹具动力源可将夹具分为手动夹具和机动夹具两大类。为减轻劳动强度和确保安全生产,手动夹具应有扩力机构与自锁性能。常用的机动夹具有气动夹具、液压夹具、气液夹具、电动夹具、电磁夹具、真空夹具和离心力夹具等。

## 五、机床夹具的结构组成

虽然机床夹具的种类繁多,但它们的工作原理基本上是相同的。将各类夹具中作用相同的结构或元件加以概括,可知夹具一般具有以下几个组成部分,这些组成部分既相互独立又相互联系。

## 1. 定位元件

定位元件是夹具的主要功能元件之一。通常,定位元件按工件定位基准面的形状设计。

定位元件如图 1-4 中的 V 形块、可调 V 形块;图 1-6 中的定位轴、键和夹具体的(定位)平面;图 1-8 中的挡销、圆柱销、菱形销和夹具体的平面。当工件的定位基准面与定位元件的工作面接触配合时,就实现了工件的定位。定位元件的定位精度直接影响工件的加工精度。

## 2. 夹紧装置

夹紧装置也是夹具的主要功能元件之一。如图 1-4 中的铰链螺旋压板,图 1-6 中的由螺钉、滑柱、介质(液性塑料)、框架、拉杆、钩、压板组成的螺旋压板夹紧机构,图 1-8 中的螺旋压板,都是夹紧装置。

夹紧装置按需要设计,分为下列两个部分:

- (1)夹紧机构,如螺旋夹紧机构、偏心夹紧机构等。
- (2)夹紧动力装置,如液压力装置、气压动力装置、电动装置等。使用夹紧动力装置可实现工件的自动夹紧,达到较高的劳动生产率。

夹紧机构的结构类型很多,设计时应注意选择。

通常,夹紧装置的结构会影响夹具的复杂程度和性能。特别是在采用夹紧动力装置时应该多考虑该设计的经济效益和企业的制造环境。

## 3. 夹具体

夹具体是夹具的基体、骨架,通过它将夹具所有元件装配成一个整体。如图 1-4 中的件 3,图 1-6 中的件 12,图 1-8 中的件 5 等,都是夹具体。常用的夹具体为铸造结构、锻造结构,形状有回转体形和底座形等多种。定位元件、夹紧装置等分布在夹具体的不同位置上。

夹具体上的基面作为与机床的连接表面,使夹具连接在机床适当的位置上。

## 4. 连接元件

根据机床的工作特点,夹具在机床上的连接通常有下列两种形式:一种是连接在机床工作台上;另一种是连接在机床主轴上。连接元件用以确定夹具本身在机床上的工作位置,如车床夹具所使用的过渡盘,把夹具连接表面与机床主轴连接起来。铣床夹具除夹具体的连接表面外,还要使用连接元件,即定位键或定位销。

## 5. 对刀导向元件

对刀导向元件的功能是确定刀具的位置。

(1)在铣床夹具中常见对刀元件。用对刀块可调整铣刀加工前的位置。对刀时,铣刀不能与对刀块直接接触,以免碰伤铣刀的切削刃和对刀块的工作表面。通常,在铣刀与对刀块的对刀面间留有间隙,并用塞尺检查距离尺寸,以调整刀具,使其保持准确的位置。

(2)在钻床夹具、镗床夹具中常见导向元件。它们能确定刀具的位置,并引导刀具进行切削。钻床夹具的导向元件是钻套、钻模板;镗床夹具的导向元件是镗套、镗模支架。

## 6. 其他元件或装置

根据需要,有些夹具还分别采用分度装置、靠模装置、上下料装置、工业机器人、顶出器、手柄和平衡块等。这些元件或装置也需要专门设计。

按夹具的主要功能来分析,机床夹具的基本组成部分为定位元件、夹紧装置和夹具体三个部分,这也是夹具设计的主要内容。



视频  
机床夹具的组成-3p5ulp

## 第二节 机床夹具保证加工精度的原理分析

### 学习目标

- (1) 了解机床夹具对工艺系统误差的影响。
- (2) 理解机床夹具对工件加工精度的影响。
- (3) 理解机床夹具保证加工精度的原理。

### 一、机床夹具对工艺系统误差的影响

零件的加工过程是在由机床、夹具、刀具、工件组成的工艺系统中完成的。工艺系统的受力变形、受热变形以及工艺系统各组成部分的静态精度和磨损等,都会不同程度地影响工件的加工精度。然而,工件的机械加工精度主要取决于工件和刀具切削过程中的相互位置关系。造成表面位置加工误差的因素主要来源于以下三个方面。

(1) 与工件在夹具中安装有关的加工误差,即工件安装误差,包括工件在夹具中定位时所造成的加工误差( $\Delta_D$ )以及夹紧时工件变形所造成的加工误差( $\Delta_J$ )。

(2) 与夹具相对刀具和机床上安装夹具有关的加工误差,即夹具调整误差,包括夹具在机床上定位时所造成的加工误差( $\Delta_A$ )以及夹具相对刀具调整时所造成的加工误差( $\Delta_T$ )。如夹具体基面(连接表面)误差、对刀导向的位置误差、对刀导向的调整误差等。

(3) 与加工过程有关的加工误差,即过程误差,包括工艺系统的受力变形、受热变形、磨损等因素引起的加工误差( $\Delta_G$ )。

为了获得合格产品,必须使上述误差在工序尺寸方向上的总和小于或等于工序尺寸公差( $\delta_K$ ),可用下列加工误差不等式表示:

$$\Delta = f(\Delta_D, \Delta_J, \Delta_A, \Delta_T, \Delta_G) \leq \delta_K \quad (1-1)$$

由于工件和刀具分别安装在夹具和机床上,受到夹具和机床的制约,因而必须按照工艺系统整体的动态观点去研究加工误差,并从系统的加工误差中科学地分离出由夹具所产生的误差成分,进而了解夹具误差对工艺系统加工误差的影响规律,以及可能产生的互补作用,以便设计时进行控制,利用其误差互补作用对夹具元件误差进行修正,做到对工艺系统误差进行局部补偿。

### 二、机床夹具在工艺系统中的能动性

夹具不同于其他环节,它在工艺系统中具有特殊的地位,夹具的整体刚度对工件加工的动态误差产生着非常特殊的影响。当夹具的整体刚度远大于其他环节时,工件加工的动态误差基本上只取决于夹具的制造精度和安装精度。因此,设计夹具时,对夹具的整体刚度应给予足够重视。当因工艺系统其他环节的刚度不足而引起较大的系统动态误差时,可以采取修正夹具定位元件的方法进行补偿。生产实践中这方面的实例屡见不鲜,这就是夹具的

能动作用。

### 三、机床夹具保证加工精度的原理

从上述分析及前述的实例中,可归纳得到机床夹具保证加工精度的工作原理有以下三个方面。

#### 1. 工件在夹具中的准确定位

工件定位使工件在夹具中占有准确的加工位置。

#### 2. 夹具在机床上的准确定位

夹具在机床上的相对定位,是夹具的连接表面与机床连接,以确定夹具在机床主轴或工作台上的准确位置,实现对机床切削成形运动的定位。影响夹具对切削成形运动的定位精度的环节较多,其中有定位元件工作面对夹具体的连接表面间的定位误差、连接元件的连接误差等。夹具在机床上的准确定位,其本质是使定位元件的工作表面对机床切削成形运动准确定位,从而达到工件被加工表面对定位基准的位置和尺寸精度的要求。

#### 3. 刀具的准确位置

使刀具相对有关的定位元件工作面之间保持准确的位置关系,这就保证了刀具在工件上加工出的表面对工件定位基准的位置尺寸,从而达到加工精度要求。

在夹具设计时,把握以上三个原理,也就把握了夹具设计的精髓。满足加工精度要求,是检验夹具性能的第一标准。



## 第三节 机床夹具的现状与发展方向



### 学习目标

- (1) 了解现代机械工业的生产特点。
- (2) 了解机床夹具的现状。
- (3) 了解机床夹具的发展方向。

### 一、现代机械工业的生产特点

随着科学技术的进步和生产力的发展,国民经济各部门不断要求机械工业提供先进的技术装备,研制新的产品品种,以满足国民经济持续发展和人民生活水平不断提高的需要,这促使机械工业的生产形式发生显著的变化,即多品种、中小批量生产逐渐占据优势。国际生产研究协会的统计表明,目前中小批、多品种生产的工作品种已占工件种类总数的85%左右。现代生产要求企业所制造的产品品种经常更新换代,以适应市场的需求与竞争。于是,现代企业生产便面临以下问题。

(1) 通常小批量生产采用先进的工艺方法和专用工艺装备是不经济的,但对于高、精、尖产品而言,不采用这种手段又无法达到规定的技术要求。

(2) 现行的生产准备工作往往需要较长的时间,花费的人力、物力较大,赶不上产品更新

换代的步伐。

(3) 由于产品更新越来越快,使用传统的专用夹具势必造成积压浪费。

为此,除了在产品结构设计和产品生产工艺方面进行改革之外,在工艺装备方面也必须改革其狭隘的专用性,使之适应新的生产特点的需要。

## 二、机床夹具的现状

夹具最早出现在 18 世纪后期,随着科学技术的不断进步,夹具已从一种辅助工具发展成为门类齐全的工艺装备。

在批量生产中,企业都习惯于采用传统的专用夹具,一般在具有中等生产能力的工厂里,拥有数千甚至近万套专用夹具;在多品种生产的企业中,每隔 3~4 年就要更新 50%~80% 的专用夹具,而夹具的实际磨损量仅为 10%~20%,这些夹具往往留下来又很难得到重复使用,抛弃它们又实在可惜,因此造成很大的浪费。这些都是一直困扰企业的现实问题。

近年来,数控机床、加工中心、成组技术、柔性制造系统等新加工技术的应用,对机床夹具提出了如下新的要求:

(1) 能迅速而方便地装备用于新产品的工艺及设备,以缩短生产准备周期,降低生产成本。

(2) 能装夹一组具有相似性特征的工件。

(3) 能适用于精密加工的高精度机床。

(4) 能适用于各种现代化制造技术的新型机床。

(5) 采用以液压站等为动力源的高效夹紧装置,以进一步减轻劳动强度和提高劳动生产率。

(6) 提高机床夹具的标准化程度。

显然,这些都是摆在工艺技术人员面前的新课题、新任务。

## 三、机床夹具的发展方向

为了适应现代机械工业向高、精、尖方向发展的需要和多品种、小批量生产的特点,现代机床夹具的发展方向主要表现为标准化、精密化、高效化和柔性化四个方面。

### 1. 标准化

机床夹具的标准化与通用化是相互联系的两个方面。目前我国已有夹具零件及部件的国家标准以及各类通用夹具、组合夹具标准等。机床夹具的标准化有利于夹具的商品化生产,有利于缩短生产准备周期,降低生产总成本。

### 2. 精密化

随着机械产品精度的日益提高,对夹具的精度要求也相应提高了。精密化夹具的结构类型很多。例如,用于精密分度的多齿盘,其分度精度可达  $\pm 0.1''$ ;用于精密车削的高精度三爪自定心卡盘,其定心精度为  $5\ \mu\text{m}$ 。

### 3. 高效化

高效化夹具主要用来减少工件加工的基本时间和辅助时间,以提高劳动生产率,减轻工人的劳动强度。常见的高效化夹具具有自动化夹具、高速化夹具和具有夹紧力可调装置的夹



视频  
现代夹具发展  
方向-xv0sag



具等。例如,在铣床上使用电动虎钳装夹工件,效率可提高 5 倍左右;在车床上使用的高速三爪自定心卡盘,可保证卡爪在试验转速为 9 000 r/min 的条件下仍能牢固地夹紧工件,从而使切削速度大幅度提高。目前,除了在生产流水线、自动线上配置相应的高效、自动化夹具外,在数控机床上,尤其在加工中心出现了各种自动装夹工件的夹具以及自动更换夹具的装置,充分发挥了数控机床的效率。

#### 4. 柔性化

机床夹具的柔性化是指机床夹具通过调整、组合等方式,以适应工艺可变因素的能力。工艺的可变因素主要有工序特征、生产批量、工件的形状和尺寸等。具有柔性化特征的新型夹具种类主要有组合夹具、通用可调夹具、成组夹具、模块化夹具和数控夹具等。为适应现代机械工业多品种、中小批量生产的需要,扩大夹具的柔性化程度,改夹具的不可拆结构为可拆结构,发展可调夹具结构,是当前夹具发展的主要方向。

### 第四节 机床夹具的设计特点及设计要求

#### 学习目标

- (1) 了解机床夹具的设计特点。
- (2) 理解机床夹具的设计要求。

#### 一、机床夹具的设计特点

机床夹具设计与其他装备的设计有较大的差别,主要表现在以下几个方面。

(1) 要有较短的设计和制造周期,以满足企业生产的要求。市场环境使企业间竞争日益加剧,产品的更新换代加快,产品制造模式倾向于多品种、中小批量生产。多品种的市场竞争,导致企业不得不频繁改变产品品种及性能来满足客户要求。只有这样,才能在市场竞争中获得较大的销售额。但企业缩短制造周期很困难,因此,必须在夹具设计环节设法缩短生产准备周期。

(2) 夹具的低成本设计,以降低夹具成本。

(3) 夹具的柔性化设计,以提高夹具在现代机械制造(FMS、MC、CNC)中的适应性。

(4) 夹具的制造精度一般比工件的加工精度高 2~3 级。

(5) 夹具和操作工人的关系特别密切,要求夹具与生产条件和操作习惯密切结合。

(6) 在一般情况下,夹具是单件制造的,没有重复制造的机会。一般没有条件对夹具进行原理性试验和复杂的计算工作。通常要求夹具在投产时一次成功。

(7) 夹具的社会协作制造条件较差,特别是商品化的元件较少。设计者要熟悉夹具结构和夹具的制造方法,以满足设计要求。

目前,专用夹具已形成系统的设计原理。设计时,务必多参考有关设计资料与经验,以把夹具设计得更好。



## 二、机床夹具的设计要求

设计机床夹具时,应满足下列五项基本要求。

- (1) 夹具的设计、制造精度应满足某工序对工件的加工精度要求。
- (2) 保证工人操作方便、省力、安全。
- (3) 达到一定的劳动生产率要求。
- (4) 满足一定的使用寿命要求。
- (5) 满足设计的经济性要求。



### 思考与练习

#### 一、单选题

1. 下列选项哪个不是机床夹具的基本组成部分? ( )  
A. 定位元件      B. 夹紧装置      C. 夹具体      D. 对刀导向元件
2. 下列选项哪个不是机床夹具按通用特性的分类? ( )  
A. 通用夹具      B. 专用夹具      C. 可调夹具      D. 车床夹具
3. 下列选项哪个不是通用夹具? ( )  
A. 顶尖      B. 三爪自定心卡盘  
C. 中心架      D. 活塞套切槽专用夹具
4. 下列选项哪个是专用夹具? ( )  
A. 电动三爪自定心卡盘      B. 花盘  
C. 顶尖套筒铣槽夹具      D. 四爪单动卡盘

#### 二、多选题

1. 机床夹具的基本功能是什么?  
A. 对刀      B. 定位      C. 夹紧      D. 分度
2. 机床夹具的功能是什么?  
A. 对刀      B. 定位      C. 夹紧  
D. 分度      E. 导向
3. 机床夹具在机械加工中的作用是什么?  
A. 保证加工精度      B. 提高劳动生产率      C. 改善工人的劳动条件  
D. 降低生产成本      E. 保证工艺纪律      F. 获得良好的经济效益
4. 机床夹具的基本组成部分有哪些?  
A. 定位元件      B. 夹紧装置      C. 夹具体      D. 连接元件
5. 机床夹具按通用特性可分为哪几类?  
A. 通用夹具      B. 专用夹具      C. 可调夹具  
D. 组合夹具      E. 自动化制造系统的夹具
6. 下列选项哪些会影响加工误差?  
A. 定位误差      B. 夹具与机床的连接误差

C. 夹具磨损及刚度

D. 夹紧误差

### 三、判断题

1. 工件定位使工件在夹具中占有准确的加工位置。 ( )
2. 工件被夹紧后,它的位置固定了,所以工件就被正确定位了。 ( )
3. 夹紧工件后,工件的位置固定了,所以夹紧可以代替定位。 ( )
4. 分度是机床夹具的基本功能。 ( )
5. 定位是机床夹具的基本功能。 ( )
6. 通用夹具是指结构、尺寸已标准化、规格化,且具有一定通用性的夹具。 ( )
7. 满足加工精度要求,是检验夹具性能的第一标准。 ( )
8. 设计、制造机床专用夹具很麻烦,增加成本,因此在机械生产中使用专用夹具很不划算。 ( )
9. 钻套和镗套都是导向装置,可以引导刀具进行正确切削。 ( )
10. 对刀是为了迅速调整刀具相对于工件的正确位置。 ( )

### 四、问答题

1. 定位的定义是什么?
2. 夹紧的定义是什么?
3. 举例说明机床夹具的定位功能。
4. 对照实物模型,指出机床夹具由哪六个部分组成,每个组成部分有何功能。
5. 简述机床夹具保证加工精度的工作原理。
6. 简述机床夹具在机械加工中的作用。
7. 按夹具的通用特性可将机床夹具分为哪几类?
8. 设计机床夹具时,应满足哪五项基本要求?
9. 机床夹具应具备哪些功能? 其中哪些是主要功能?