

高等职业教育机电类专业规划教材

# 机床夹具设计

主 编 许大华  
副主编 李建松 戴有华  
参 编 余心明 李永康  
主 审 孙金海



机械工业出版社

机械工业出版社版权所有

本书是根据高等职业教育机械制造类专业人才培养目标的要求，由院校资深教师与长期工作在企业生产一线的工程技术人员合作编写而成的。

本书以项目引领，适应“教、学、做”合一的教学模式。本书包括九个项目：机床夹具的结构分析、定位元件的设计、夹紧装置的设计、夹具体的设计、专用夹具的设计、车床夹具的设计、铣床夹具的设计、钻床夹具的设计和镗床夹具的设计。本书突出生产实践过程在教材中的主线地位，所选项目具有可操作性。

本书可作为高等职业院校、高等专科学校、成人高校、民办高校机械制造类专业的教学用书，也可作为社会相关从业人员的业务参考书及培训用书。

本书配有电子课件，凡使用本书作教材的教师可登录机械工业出版社教育服务网（<http://www.cmpedu.com>），注册后免费下载。咨询电话：010-88379375。

## 图书在版编目（CIP）数据

机床夹具设计/许大华主编. —北京：机械工业出版社，2017.12

高等职业教育机电类专业规划教材

ISBN 978-7-111-59282-2

I. ①机… II. ①许… III. ①机床夹具-设计-高等职业教育-教材  
IV. ①TG750.2

中国版本图书馆CIP数据核字（2018）第039467号

机械工业出版社（北京市百万庄大街22号 邮政编码100037）

策划编辑：王英杰 责任编辑：王英杰 武晋

责任校对：潘蕊 封面设计：鞠杨

责任印制：

印刷厂印刷

2018年5月第1版第1次印刷

184mm×260mm·9.25印张·220千字

0001— 册

标准书号：ISBN 978-7-111-59282-2

定价： 元

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换

电话服务

服务咨询热线：010-88379833

读者购书热线：010-88379649

网络服务

机工官网：[www.cmpbook.com](http://www.cmpbook.com)

机工官博：[weibo.com/cmp1952](http://weibo.com/cmp1952)

教育服务网：[www.cmpedu.com](http://www.cmpedu.com)

金书网：[www.golden-book.com](http://www.golden-book.com)

封面无防伪标均为盗版

机械工业出版社版权所有

# 前 言

按照高职高专机械制造和数控应用技术专业人才培养的要求，本书以职业岗位能力培养为目标，以项目引领，以岗位需求和培养职业能力为核心，以工作过程为导向，以技术理论知识为背景，适应“教、学、做”合一的教学模式改革。

本书是根据高职高专人才的培养目标以及高等职业教育教学和改革的要求，并结合编者多年从事教学、生产实践的经验编写而成的。在内容安排上，本书突出了高等职业教育的特点，并贯彻最新国家标准。在项目选择上是根据企业的工作岗位，设计以工作过程为导向，具有工学结合的课程体系和明显的“职业”特色，将工作环境与学习环境有机地结合在一起。每一个项目首先以“工作任务”引入，然后介绍与工作任务相关的基础知识，最后给出任务实施结果，有利于学生掌握知识，提高解决生产实际问题的能力。为便于学生自学和巩固所学的内容，各项目均配有思考与练习题。

本书由徐州工业职业技术学院许大华任主编，徐州工业职业技术学院李建松和江苏农林职业技术学院戴有华任副主编，参加编写的还有徐州工业职业技术学院余心明和李永康。全书由徐州工业职业技术学院孙金海教授主审，项目中机床夹具的设计方案由徐州华东机械厂刘运启提供，在此向他们表示衷心的感谢！

由于编者水平所限，书中如有不足之处，敬请使用本书的师生与读者批评指正，以便修订时改进。如读者在使用本书的过程中有其他意见或建议，恳请向编者（xdh369@126.com）提出宝贵意见。

编 者

# 目 录

## 前 言

<b>项目一 机床夹具的结构分析</b> .....	1
任务一 钻床夹具结构的分析 .....	1
任务二 车床夹具结构的分析 .....	7
思考与练习题 .....	10
<b>项目二 定位元件的设计</b> .....	11
任务一 理解工件定位的基本原理 .....	11
任务二 工件定位方式的分析 .....	16
任务三 常用定位元件的选用 .....	19
任务四 工件以平面定位时定位误差的分析与计算 .....	33
任务五 工件以孔定位时定位误差的分析与计算 .....	36
任务六 工件以外圆定位时定位误差的分析与计算 .....	40
思考与练习题 .....	43
<b>项目三 夹紧装置的设计</b> .....	47
思考与练习题 .....	65
<b>项目四 夹具体的设计</b> .....	66
思考与练习题 .....	72
<b>项目五 专用夹具的设计</b> .....	73
任务一 夹具设计的基本要求和步骤 .....	73
任务二 夹具总体结构设计及尺寸标注 .....	82
思考与练习题 .....	90
<b>项目六 车床夹具的设计</b> .....	91
任务一 开合螺母底座加工的车床夹具设计 .....	91
任务二 拨叉零件加工的车床夹具设计 .....	99
思考与练习题 .....	101
<b>项目七 铣床夹具的设计</b> .....	102
任务一 推动架零件槽加工的铣床夹具设计 .....	102
任务二 铣双斜面铣床夹具的设计 .....	110
思考与练习题 .....	112
<b>项目八 钻床夹具的设计</b> .....	113
任务一 套类零件孔加工的钻床夹具设计 .....	113
任务二 摇臂零件孔加工的钻床夹具设计 .....	123
任务三 踏板零件孔加工的钻床夹具设计 .....	126
思考与练习题 .....	128
<b>项目九 镗床夹具的设计</b> .....	130
思考与练习题 .....	140
<b>参考文献</b> .....	141

# 项目一

## 机床夹具的结构分析

### 【项目描述】

能根据所给的夹具结构图，对夹具进行结构分析，判断出夹具的类型。

### 【技能目标】

1. 能对钻床夹具的结构进行分析。
2. 能对车床夹具的结构进行分析。
3. 能判断出夹具的类型。

### 【知识目标】

1. 掌握钻床夹具的结构。
2. 掌握车床夹具的结构。
3. 理解机床夹具在机械加工中的作用。
4. 了解机床夹具的分类。

### 任务一 钻床夹具结构的分析

#### 【任务描述】

根据图 1-1 所示的夹具结构图，分析夹具的结构，并能判断出夹具的类型。掌握夹具的使用方法。了解零件的精度是如何保证的。

#### 【任务分析】

图 1-2 所示为盖板零件简图，要求在工件上加工出 9 个  $\phi 5\text{mm}$  的孔，分析图 1-1 所示夹具结构图所表述的是哪种类型的夹具。

#### 【相关知识】

##### 1. 夹具的概念

夹具是一种装夹工件的工艺装备，用来固定加工对象，使其处于正确的位置，以接受加工、装配或检测。夹具广泛地应用于机械制造过程的金属切削加工、热处理、装配、焊接和检测等工艺过程中。

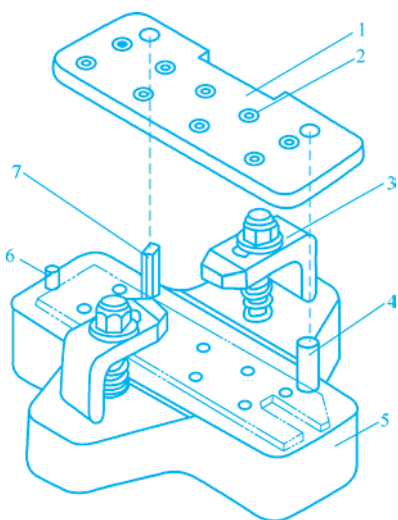


图 1-1 夹具结构图

- 1—钻模板 2—钻套 3—压板 4—圆柱销  
5—夹具体 6—挡销 7—菱形销

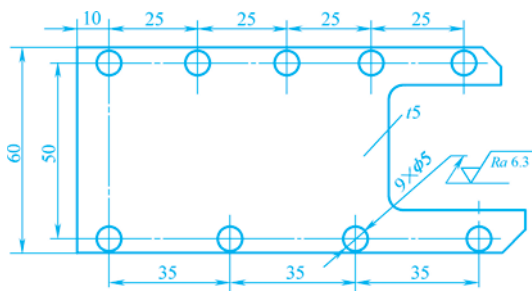
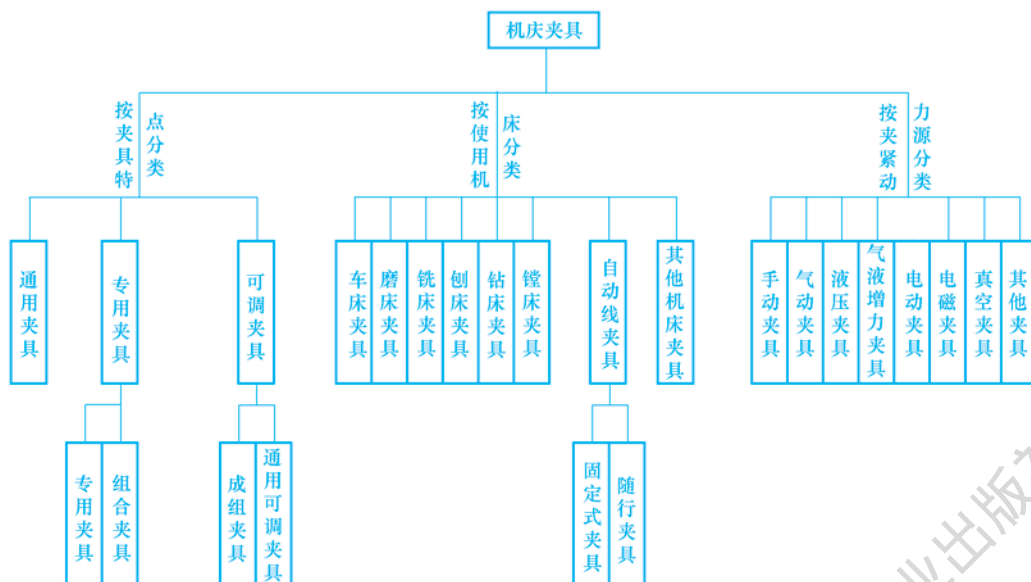


图 1-2 盖板零件简图

在金属切削机床上使用的夹具统称为机床夹具。机床夹具就是在机床上用于装夹工件（或引导刀具）的一种装置，其作用是将工件定位，以使工件获得相对于机床和刀具的正确位置，并把工件可靠地夹紧，保证待加工工件的加工精度。在现代生产中，机床夹具是一种不可缺少的工艺装备，它直接影响着工件的加工精度、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，机床夹具设计是一项重要的技术工作。

## 2. 机床夹具的分类

机床夹具的种类繁多，可以从不同的角度对机床夹具进行分类。机床夹具的分类如下：



机械工业出版社版权所有

### (1) 按夹具的使用特点分类

1) 通用夹具。已经标准化的,可加工一定范围内不同工件的夹具称为通用夹具。图 1-3 所示的自定心卡盘、单动卡盘,图 1-4 所示的机床用平口钳,图 1-5 所示的万能分度头和回转工作台等都属于通用夹具。这些夹具已作为机床附件由专门工厂制造供应,只需按规格选购即可。



图 1-3 卡盘

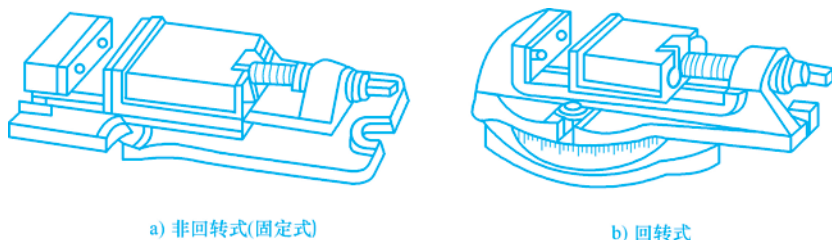


图 1-4 机床用平口钳

采用通用夹具的优点是:可缩短生产准备周期,减少夹具品种,从而降低生产成本;缺点是夹具的加工精度不高,生产率也较低,且较难装夹形状复杂的工件,故适用于单件小批量生产中。

图 1-6 所示为在车床上用单动卡盘安装工件进行找正加工。

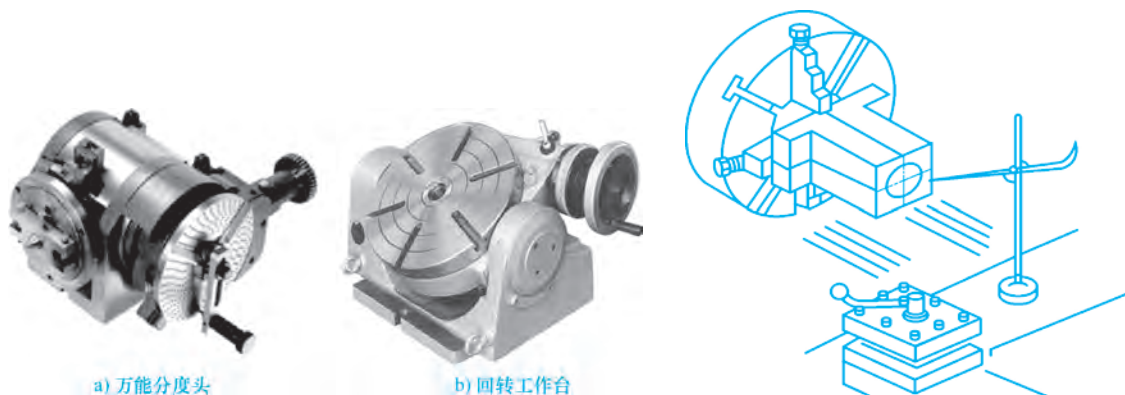


图 1-5 万能分度头和回转工作台

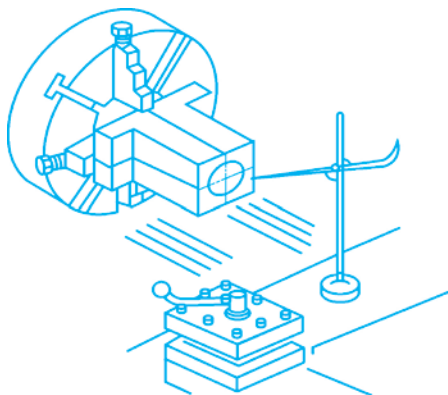


图 1-6 单动卡盘安装工件

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。例如图 1-1 所示的钻床夹具,只对盖板这个特定的零件的特定工序钻孔,其特点是针对性极强,没有通用性。在产品相对稳定、批量较大的生产中,常用各种专用夹具,可获得较高的生产率和加工精度,但是专用夹具的设计制造周期较长。

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夹具。对于不同类型和尺寸的工件,只需调整或更换原来夹具上的个别定位元件和夹紧元件即

可使用。可调夹具一般又分为通用可调夹具（图 1-7）和专用可调夹具（又称成组夹具）两种。前者的通用范围比通用夹具更大；后者则是一种专用可调夹具，它按成组原理设计并能加工一组相似的工件，故在多品种，中、小批生产中使用有较好的经济效果。

① 通用可调夹具。图 1-7 所示为在轴类零件上钻径向孔的通用可调夹具。

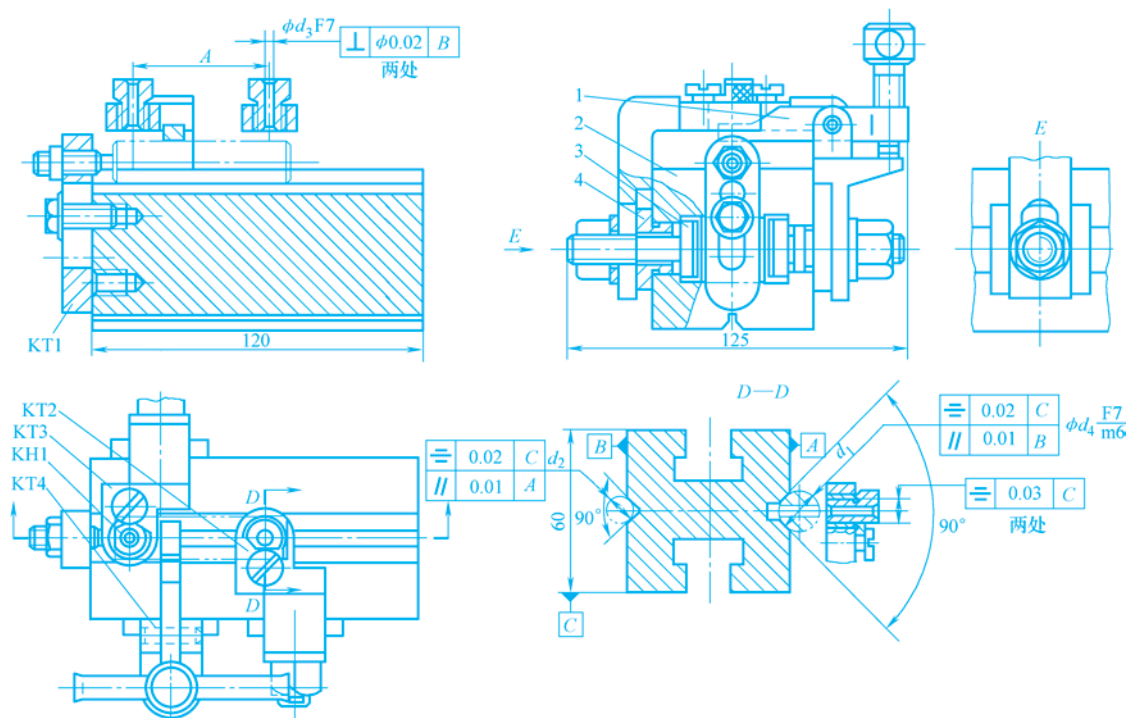


图 1-7 在轴类零件上钻径向孔的通用可调夹具

1—杠杆压板 2—夹具体 3—T形螺栓 4—十字滑块 KH1—快换钻套

KT1—支承钉板 KT2、KT3—可换钻模板 KT4—压板座

图 1-7 所示夹具可加工一定尺寸范围内的各种轴类工件上的径向孔，加工零件如图 1-8 所示。图 1-7 中夹具体 2 的上、下两面均设有 V 形槽，适用于不同直径工件的定位。支承钉板 KT1 上的可调支承钉用作工件的端面定位。夹具体的两个侧面都开有 T 形槽，通过 T 形螺栓 3、十字滑块 4，使可调钻模板 KT2、KT3 及压板座 KT4 做上、下、左、右调节，压板座上安装杠杆压板 1，用于夹紧工件。

② 专用可调夹具。图 1-9 所示为一种专用可调夹具，用于车削一组阀片的外圆。多件

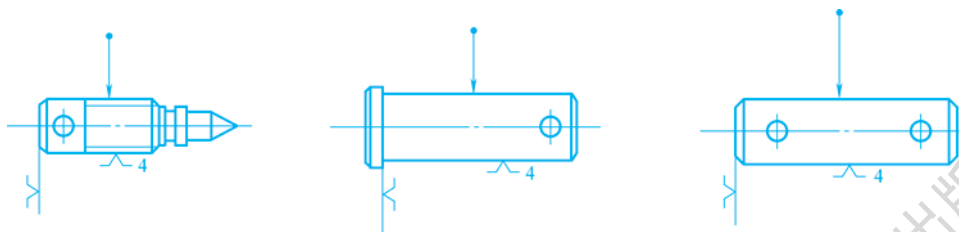


图 1-8 钻径向孔的轴类零件简图

机械工业出版社版权所有

阀片以内孔和端面为定位基准在定位套 4 上定位, 由气压传动拉杆, 经滑柱 5、压圈 6、快换垫圈 7 使工件夹紧。加工不同规格的阀片时, 只需更换定位套 4 即可。定位套 4 与心轴体 1 按 H6/h5 配合, 由键 3 紧固。

专用可调夹具的结构由基础部分和可调部分组成。基础部分包括夹具体、动力装置和控制机构等, 是一组工件共同使用的部分。因此, 基础部分的设计, 决定了成组夹具的结构、刚度、生产效率和经济效益。图 1-9 中的件 1、2、5 及气压夹紧装置等, 均为基础部分。可调部分包括可调整的定位元件、夹紧元件和导向、分度装置等。按照加工需要, 这一部分可作调整, 是成组夹具中的专用部分。图 1-9 中的件 3、4、6 均为可调整元件, 可调整部分是成组夹具的重要特征标志之一, 它直接决定了夹具的精度和效率。

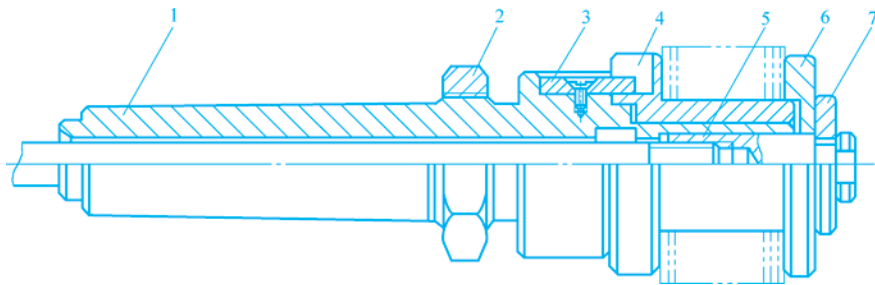


图 1-9 车床用可调夹具

1—心轴体 2—螺母 3—键 4—定位套 5—滑柱 6—压圈 7—快换垫圈

专用可调夹具的主要特点是: ①由于夹具适用于一组工件的多次使用, 因此可大幅度降低夹具的设计、制造成本, 降低工件的单件生产成本, 特别适合在数控机床上使用; ②缩短产品制造的生产准备周期; ③更换工件时, 只需对夹具的部分元件进行调整, 从而减少总的调整时间; ④对于新投产的工件, 夹具只需添置较少的调整元件, 从而节约了夹具的制造成本。

4) 组合夹具。组合夹具是一种模块化的夹具, 如图 1-10 所示, 标准的模块元件有较高的精度和耐磨性, 可组装成各种夹具, 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, 元件能重复多次使用, 并具有可减少专用夹具数量等优点, 因此组合夹具在单件, 中、小批多品种生产和数控加工中, 是一种较经济的夹具, 组合夹具也已商品化。

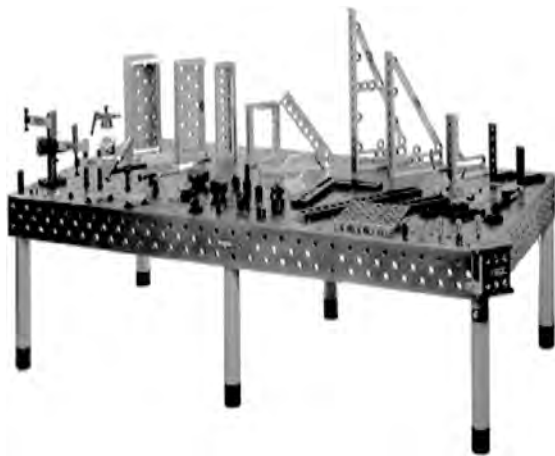


图 1-10 组合夹具

5) 自动化生产用夹具。自动化生产用夹具主要分自动线夹具和数控机床用夹具两大类。自动线夹具具有两种: 一种是固定式夹具; 另一种是随行夹具。数控机床夹具还包括加工中心用夹具和柔性制造系统用夹具。随着制造的现代化, 在企业中数控机床夹具的比例正在增加, 以满足数控机床的加工要求。数控机床夹具的典型结构是拼装夹具, 它是利用标准的模块组装成的夹具。

机床夹具按夹具的使用特点分类及其特点见表 1-1。

表 1-1 机床夹具按夹具的使用特点分类及其特点

分类	特 点
通用夹具	通用性强,被广泛应用于单件小批量生产
专用夹具	专为某一工序设计,结构紧凑、操作方便、生产效率高、加工精度容易保证,适用于定型产品的成批和大量生产
组合夹具	由一套预先制造好的标准元件组装而成的专用夹具
通用可调夹具	不对应特定的可加工对象,使用范围宽,通过适当的调整和更换夹具上的个别元件,即可用于加工形状尺寸和加工工艺相似的多种工件
组合夹具	专为某一组零件的成组加工而设计,加工对象明确,针对性强。通过调整可适应多种工艺及加工形状、尺寸

(2) 根据夹具使用的机床分类 这是专用夹具设计所用的分类方法,包括车床、铣床、刨床、钻床、镗床、磨床、齿轮加工机床、拉床等夹具。设计专用夹具时,机床的类别、组别、型别和主要参数均已确定。它们的不同点是机床的切削成形运动不同,故夹具与机床的连接方式不同,它们的加工精度要求也各不相同。图 1-11 所示为铣削连杆盖凹台面的专用铣床夹具图,图 1-12 所示为连杆盖零件的加工示意图。

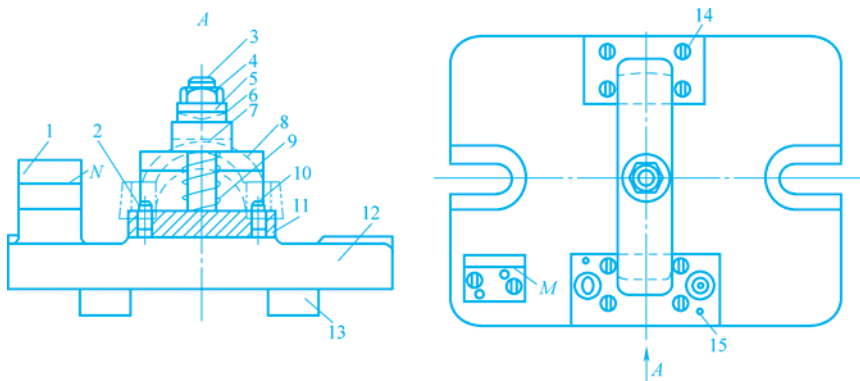


图 1-11 铣削连杆盖凹台面的专用铣床夹具

1—对刀块 2—菱形销 3—螺栓 4—螺母 5—球面垫圈 6—凹面垫圈 7—压板 8—支承板  
9—弹簧 10—圆柱销 11—定位板 12—夹具体 13—夹具定位键 14—螺钉 15—圆锥销

(3) 根据夹紧的动力源分类 根据夹具夹紧的动力源可分为手动夹具(图 1-13)、气动夹具(图 1-14)、液压夹具、气液增力夹具、电磁夹具以及真空夹具等。

### 【任务实施】

通过分析可知,图 1-1 所示的夹具结构图表示的是钻床夹具。

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 4 和菱形销 7 定位并放在待加工的盖板零件上,用

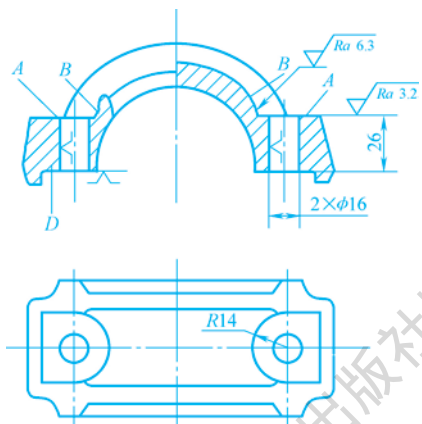


图 1-12 连杆盖零件的加工示意图

压板 3 并通过螺母旋紧后将工件夹紧。加工时, 首先用 T 形螺栓将夹具体固定在钻床的工作台上, 这样整个夹具便在钻床的工作台上有个确定的位置。然后在钻床的主轴上装上  $\phi 5\text{mm}$  钻头, 通过钻模板上的钻套 2 引导钻头钻孔, 只要控制好钻模板 1 上钻套间的位置及钻套孔与两对定孔的位置, 便能够保证  $9 \times \phi 5\text{mm}$  孔的尺寸与相互位置精度的要求。



图 1-13 手动夹具



图 1-14 气动夹具

## 任务二 车床夹具结构的分析

### 【任务描述】

分析图 1-15 所示夹具的结构, 判断出夹具的类型。掌握夹具的使用方法了解零件的精度是如何保证的。

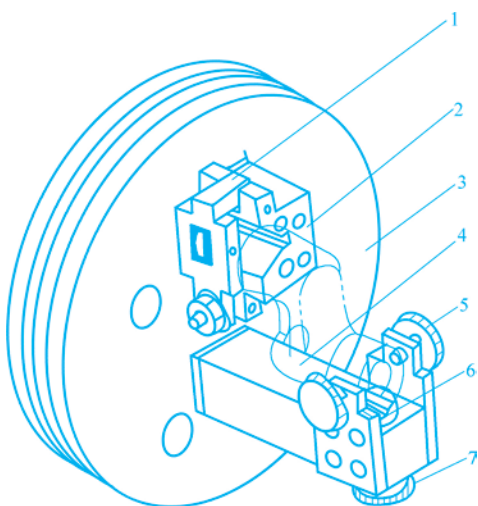


图 1-15 夹具结构图

- 1—铰链压板 2—V形块 3—夹具体 4—异形杠杆零件  
5—螺钉 6—可调V形块 7—螺杆

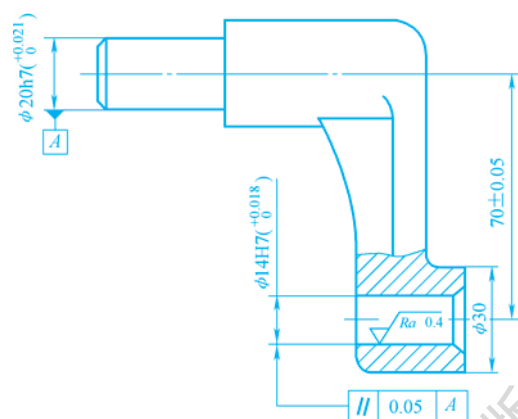


图 1-16 异形杠杆零件简图

### 【任务分析】

图 1-16 所示为异形杠杆零件简图，要求在工件上加工出  $\phi 14H7$  孔。分析图 1-15 所示夹具结构图所表述夹具的类型。夹具是由哪几部分组成的？

### 【相关知识】

#### 1. 机床夹具的组成

(1) 机床夹具的基本组成部分 虽然各类机床夹具的结构有所不同，但按主要功能加以分析，机床夹具的基本组成部分是定位元件、夹紧装置和夹具体三个部分。这也是夹具设计的主要内容。

1) 定位元件。定位元件是夹具的主要功能元件之一，它的作用是使工件在夹具中占据正确的位置。通常，当工件定位基准面的形状确定后，定位元件的结构也就基本确定了。如图 1-1 所示钻床夹具，夹具上的圆柱销 4、菱形销 7 和夹具体的上平面都是定位元件，通过它们使工件在夹具上占据正确的位置，定位元件的定位精度直接影响工件加工的精度。

2) 夹紧装置。夹紧装置也是夹具的主要功能元件之一，它的作用是将工件压紧，保证工件在加工过程中受到切削力作用时不离开已经占据的正确位置。如图 1-1 所示的钻床夹具，压板 3 和螺母及螺栓都属于夹紧装置。通常夹紧装置的结构会影响夹具的复杂程度和性能，它的结构类型很多，设计时应根据实际情况进行选择。

3) 夹具体。图 1-1 所示钻床夹具中的件 5 和图 1-15 所示车床夹具中的件 3 都是夹具体。定位元件、夹紧装置等通常安装在夹具体上，通过它将夹具的所有元件连接成一个整体，并连接到机床上。常用的夹具体为铸件结构、锻造结构、焊接结构和装配结构。

(2) 机床夹具的其他成部分 为满足夹具的其他功能要求，各种夹具还要设计其他的元件或装置。

1) 连接元件。根据机床的工作特点，夹具在机床上的安装连接常有两种形式：一种是安装在机床工作台上；另一种是安装在机床主轴上。连接元件用于确定夹具本身在机床上的位置。如车床夹具所使用的过渡盘，铣床夹具所使用的定位键等，都是连接元件。如图 1-1 中夹具体 5 的底面为安装基面，夹具体可兼作连接元件。

2) 对刀与导向装置。对刀与导向装置的功能是确定刀具的位置。

对刀装置常用于铣床夹具中，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工作表面。通常，在铣刀和对刀块的对刀表面间留有空隙，并且用塞尺进行检查，以调整刀具，使其保持正确的位置。

导向装置主要指钻模的钻模板、钻套和镗模的镗模支架、镗套。它们能确定刀具的位置，并引导刀具进行切削。图 1-1 中钻套 2 和钻模板 1 组成导向装置，确定了钻头轴线相对于定位元件的正确位置。

3) 其他元件或装置。根据加工需要，有些夹具分别采用分度装置、靠模装置、上下料装置、工业机器人、顶出器和平衡块等，这些元件或装置也需要专门设计。

#### 2. 机床夹具在机械加工中的作用

在机械加工中，机床夹具的主要功用是实现工件的定位和夹紧，使工件加工时相对于机床、刀具有正确的位置，以保证工件的加工精度。

机床夹具在零件的加工过程中其作用主要有以下五个方面：

(1) 保证加工精度 用夹具装夹工件时,能稳定地保证加工精度,并减少对其他生产条件的依赖性,故在精密加工中广泛地使用夹具,并且它还是全面质量管理的一个重要环节。

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

(3) 改善工人的劳动条件 用夹具装夹工件方便、省力、安全。当采用气压、液压等夹紧装置时,可减轻工人的劳动强度,保证安全生产。

(4) 降低生产成本 在批量生产中使用夹具时,由于劳动生产率的提高和允许使用技术等级较低的工人操作,故可明显地降低生产成本。

(5) 扩大机床工艺范围 这是在生产条件有限的企业中常用的一种技术改造措施。要镗削图 1-17 所示机体中的阶梯孔,如果没有卧式镗床和专用设备,可设计一夹具在车床上加工,其加工情况如图 1-18 所示。

夹具安装在车床的床鞍上,通过夹具使工件的内孔与车床主轴同轴,镗杆右端由尾座支承,左端用自定心卡盘夹紧并带动旋转。

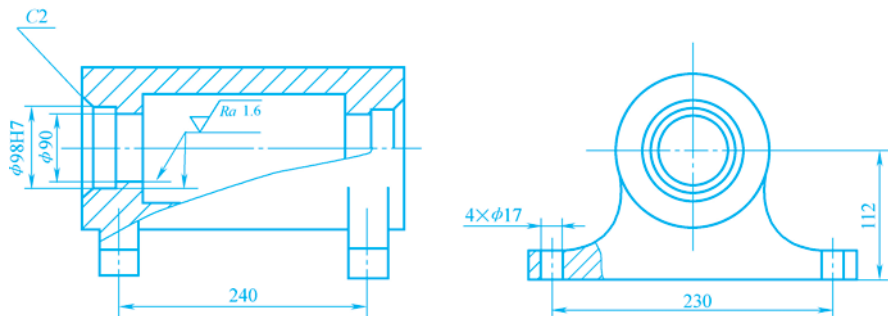


图 1-17 机体镗孔工序图

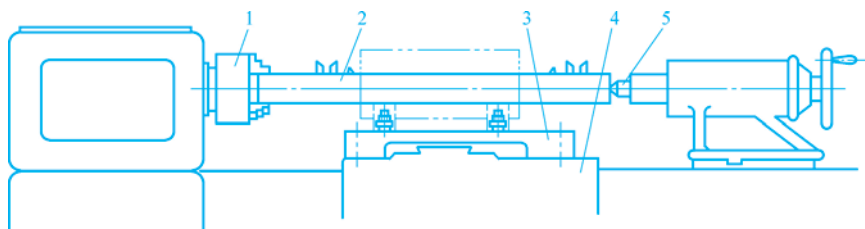


图 1-18 在车床上镗机体阶梯孔示意图

1—自定心卡盘 2—镗杆 3—夹具 4—床鞍 5—尾座



### 【任务实施】

通过分析,图 1-15 所示夹具结构图表示的是车床夹具,主要组成部分有定位元件 V 形块 2、可调 V 形块 6,夹紧装置铰链压板 1、螺钉 5 和螺杆 7,夹具体 3。

如图 1-16 所示,在车床上加工异形杠杆的  $\phi 14H7$  孔,要保证此孔的轴线与  $\phi 20h7$  外圆轴线距离尺寸为  $(70 \pm 0.05) \text{mm}$  及平行度公差为  $0.05 \text{mm}$ 。其车床夹具的结构如图 1-15 所示。工件以  $\phi 20h7$ 、 $\phi 30 \text{mm}$  外圆为定位基面,分别在 V 形块 2、可调 V 形块 6 上定位。并用铰链压板 1 和螺钉 5 夹紧。由图中可以看出,只要严格控制夹具上 V 形块 2 的位置和方向,就能够保证  $(70 \pm 0.05) \text{mm}$  及平行度公差  $0.05 \text{mm}$  的要求。

## 思考与练习题

1. 什么是夹具？什么是机床夹具？
2. 机床夹具在机械加工中有哪些作用？
3. 机床夹具按使用的特点分为哪几类？
4. 机床夹具按使用的机床分为哪几类？
5. 机床夹具的基本组成部分有哪些？各起什么作用？

6. 图 1-19 所示为夹具结构图，所加工的活塞套如图 1-20 所示，试分析：该夹具是何种类型的夹具？是由哪些部分组成的？夹具是如何使用的？

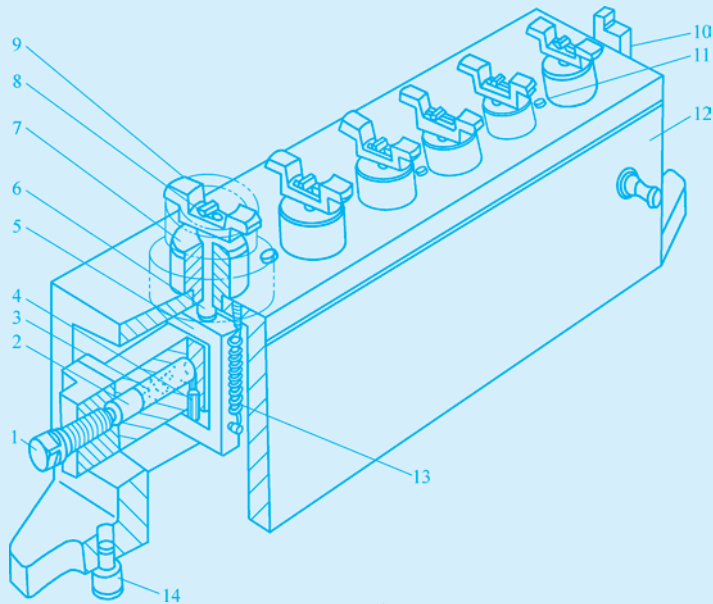


图 1-19 机床夹具图

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

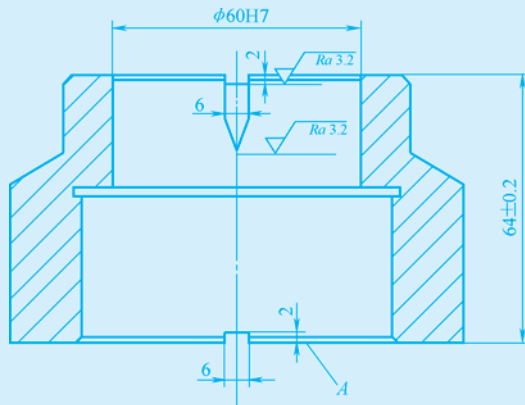


图 1-20 活塞套简图

## 项目二

# 定位元件的设计

### 【项目描述】

根据零件的加工要求,选择合适的定位方式,进行定位误差的计算,设计出能满足加工要求的定位元件。

### 【技能目标】

1. 能正确理解六点定位原则。
2. 能根据工件的技术要求,选择合适的定位方式。
3. 能进行正确的定位误差计算。
4. 能设计出满足加工要求的定位元件。

### 【知识目标】

1. 掌握常用定位元件的设计方法。
2. 掌握定位方式的选择。
3. 掌握定位误差的计算方法。
4. 理解六点定位原则。
5. 了解工件的自由度的概念。

## 任务一 理解工件定位的基本原理

### 【相关知识】

#### 1. 工件的自由度

由工程力学中刚体运动的规律可知,在空间中一个自由刚体有且仅有六个自由度。如图 2-1 所示,一个未定位的自由物体,在空间直角坐标系中,有六个活动的可能性,其中三个是移动,三个是转动。习惯上把这种活动的可能性称为自由度,因此空间任一自由物体共有六个自由度。

如图 2-1 所示,分别表示物体的六个自由度,同时还规定如下:

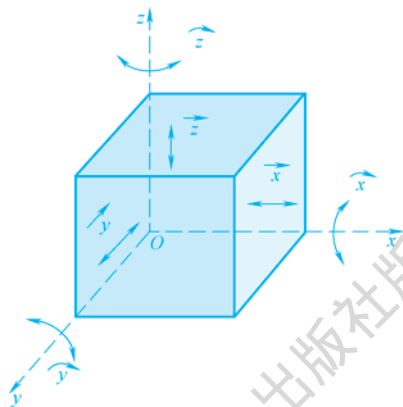


图 2-1 未定位工件的六个自由度

沿  $x$  轴移动, 用  $\vec{x}$  表示; 沿  $y$  轴移动, 用  $\vec{y}$  表示; 沿  $z$  轴移动, 用  $\vec{z}$  表示; 绕  $x$  轴转动, 用  $\hat{x}$  表示; 绕  $y$  轴转动, 用  $\hat{y}$  表示; 绕  $z$  轴转动, 用  $\hat{z}$  表示。

## 2. 六点定位原则

为了达到被加工工件表面的技术要求, 必须保证工件在加工过程中的正确位置。

夹具保证加工精度必须要满足三个条件: 一是一批工件在夹具中占有正确的位置 (工件的定位); 二是夹具在机床上的正确位置; 三是刀具相对夹具的正确位置。最终保证刀具相对工件的正确位置, 所以工件的定位是极为重要的一个环节。

工件的定位, 就是使得一批工件在夹具上占据一致的正确的位置, 工件定位的实质就是限制对工件加工有不良影响的自由度, 工件定位的任务就是根据加工要求限制工件的全部或部分自由度。工件安装时主要靠机床工作台或夹具上设置的六个固定点, 它的六个自由度即全部被限制, 工件便获得一个完全确定的位置, 用来限制工件自由度的固定点称为支承点。

在实际定位中, 定位支承点并不一定就是一个真正直观的点, 一般把以平面定位方式, 即面接触理解为三个点支承; 线接触的定位理解为两个点支承。在这种情况下, “三点定位”或“两点定位”仅是指某种定位中数个定位支承点的综合结果, 而非某一定位支承点限制了某一自由度。所谓“几点定位”仅指某种定位方式中的数个定位点的综合作用, 而非各定位点与被限制自由度之间一一对应的关系, 即不是一个定位点限制一个自由度。因此在实际生产时起支承作用的是有一定形状的几何体, 这些用于限制工件自由度的几何体即为定位元件。

如图 2-2 所示, 在空间直角坐标系的  $xOy$  面上布置三个支承点 1、2、3, 使工件的底面与三点保持面接触, 则这三个点就限制了工件的  $\vec{z}$ 、 $\hat{x}$ 、 $\hat{y}$  三个自由度。同样的道理, 在平面  $zOy$  上布置两个支承点与工件保持线接触, 就限制了工件的  $\vec{x}$ 、 $\hat{z}$  两个自由

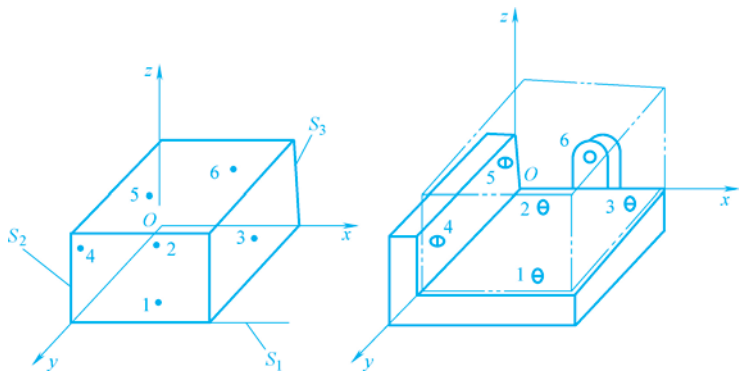


图 2-2 六个支承点分布图

度。在  $zOx$  面上布置一个支承点与工件保持点接触, 就限制了工件的  $\vec{y}$  一个自由度。

在分析工件定位时, 通常用一个支承点限制工件的一个自由度, 用合理分布的六个支承点限制工件的六个自由度, 使工件的位置完全确定的原则就是六点定位原则。六点定位原则是工件定位的基本法则, 可应用于任何形状、任何类型的工件。

应用六点定位原则时应注意五个主要问题:

- 1) 支承点分布必须适当, 否则六个支承点限制不了工件的六个自由度。
- 2) 工件定位面与夹具的定位元件的工作面应保持接触。
- 3) 工件定位后, 要用夹紧装置将工件紧固, 即先定位后夹紧。
- 4) 定位支承点所限制的自由度名称, 通常可按定位接触处的形态确定。
- 5) 有时定位点的数量及其布置不一定那样明显、直观, 图 2-3 所示的自动定心定位就

是这样。

图 2-3 所示为一个内孔为定位面的自动定心定位原理图。工件的定位基准为中心要素圆的中心线。从一个截面上看 (图 2-3b), 夹具有三个点与工件接触, 该夹具采用两段三个点即总共采用了六个接触点, 只限制工件长圆柱面的  $\vec{x}$ 、 $\vec{z}$ 、 $\vec{x}'$ 、 $\vec{z}'$  四个自由度, 因此在自动定心定位中应注意这个问题。

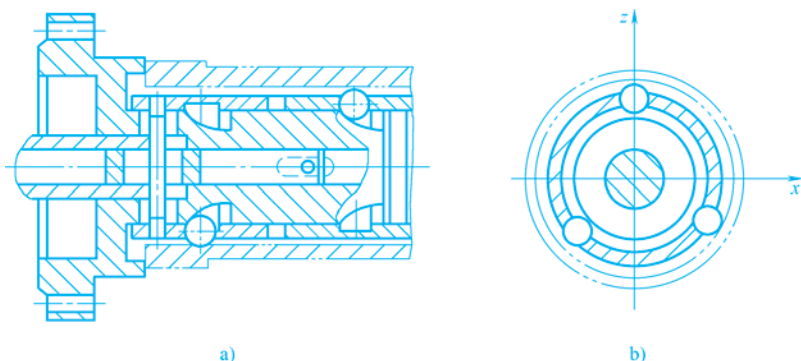


图 2-3 一个内孔为定位面的自动定心定位原理图

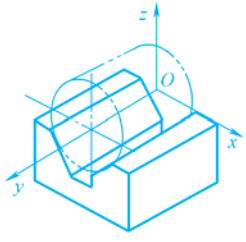
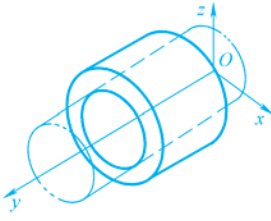
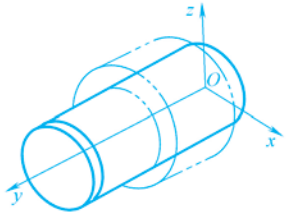
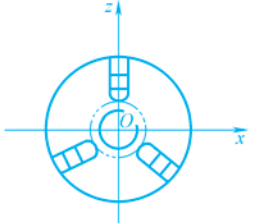
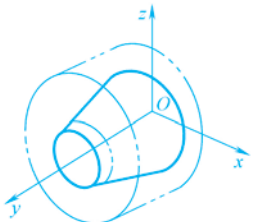
### 3. 常见定位元件所能限制的自由度

常用定位元件能限制的工件自由度见表 2-1。

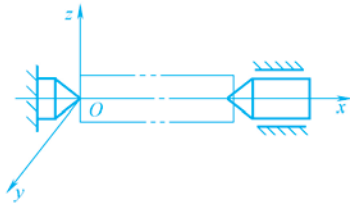
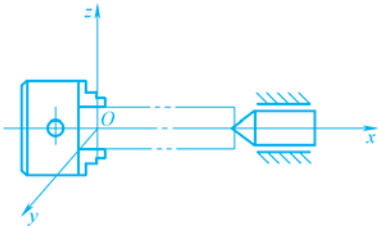
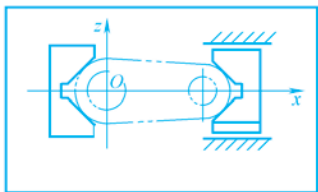
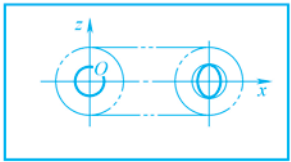
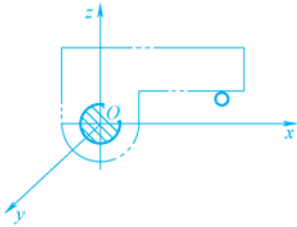
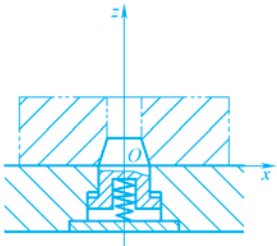
表 2-1 常用定位元件能限制的工件自由度

定位基准	定位简图	定位元件	限制的工件自由度
大平面		支承钉	$\vec{z}$ 、 $\vec{x}'$ 、 $\vec{y}'$
		支承板	$\vec{z}$ 、 $\vec{x}'$ 、 $\vec{y}'$

(续)

定位基准	定位简图	定位元件	限制的工件自由度
长圆柱面		固定式 V 形块	$\vec{x}, \vec{z}, \vec{y}, \vec{z}$
		固定式长套	
		心轴	
		自定心卡盘	
长圆锥面		圆锥心轴 (定心)	$\vec{x}, \vec{y}, \vec{z}$ $\vec{x}, \vec{z}$

(续)

定位基准	定位简图	定位元件	限制的工件自由度
两中心孔		固定顶尖	$\vec{x}, \vec{y}, \vec{z}$
		回转顶尖	$\vec{y}, \vec{z}$
短外圆与中心孔		自定心卡盘	$\vec{y}, \vec{z}$
		回转顶尖	$\vec{y}, \vec{z}$
大平面与两外圆弧面		支承板	$\vec{y}, \vec{x}, \vec{z}$
		短固定式 V 形块	$\vec{x}, \vec{z}$
		短活动式 V 形块 (防转)	$\vec{y}$
大平面与两圆柱孔		支承板	$\vec{y}, \vec{x}, \vec{z}$
		短圆柱定位销	$\vec{x}, \vec{z}$
		短菱形销 (防转)	$\vec{y}$
长圆柱孔与其他		固定式心轴	$\vec{x}, \vec{z}, \vec{x}, \vec{z}$
		挡销 (防转)	$\vec{y}$
大平面与短锥孔		支承板	$\vec{z}, \vec{x}, \vec{y}$
		活动锥销	$\vec{x}, \vec{y}$

#### 4. 定位与夹紧的关系

为了保证被加工工件的机械加工精度，必须要保证在加工过程中刀具与工件的位置正确。因此要做到三点：一是一批工件在夹具中占有正确的位置；二是夹具在机床上的位置正确；三是刀具相对于夹具的位置正确，最终保证刀具和工件的位置正确。

(1) 定位与夹紧的关系 定位与夹紧是装夹工件时两个有联系的过程。在工件定位以后，为了使工件在切削力等作用下能保持既定的位置不变，通常还需再夹紧工件，将工件紧固，因此它们之间是不相同的。若认为工件被夹紧后，其位置不能动了，所以也就定位了，这种理解是错误的。此外，还有些机构能使工件的定位与夹紧同时完成，例如自定心卡盘等。

(2) 工件在夹具中定位和夹紧的任务 工件的装夹包括定位和夹紧两个过程。

工件在夹具中定位的任务是：使同一工序中的所有工件都能在夹具中占据正确的位置。一批工件在夹具上定位时，各个工件在夹具中占据的位置不可能完全一致，但各个工件的位置变动量必须控制在加工要求所允许的范围之内。

将工件定位后的位置固定下来，称为夹紧。工件夹紧的任务是：使工件在切削力、离心力、惯性力和重力的作用下不离开已经占据的正确位置，以保证机械加工的正常进行。

装夹过程中，夹紧力不能过大，以防止工件变形。如果夹紧力必须大到使工件变形才能夹紧工件时，必须改变夹紧方式。

## 任务二 工件定位方式的分析

### 【任务描述】

试分析图 2-4 所示的定位元件各限制了哪几个自由度，属于什么定位方式。

### 【任务分析】

图 2-4 所示为铣床加工轴双键槽定位方式图，定位元件有 V 形块、防转销 6 和支承钉 3，分析各定位元件各限制了哪几个自由度，属于什么定位方式。

### 【相关知识】

#### 1. 完全定位

图 2-5 所示为在工件上铣键槽，图 2-5a 中为了保证加工尺寸  $Z$ ，需要限制  $\vec{z}$ 、 $\vec{x}$ 、 $\vec{y}$ ；为了保证加工尺寸  $Y$ ，还需限制  $\vec{y}$ 、 $\vec{z}$ ；为了保证加工尺寸  $X$ ，最后还需限制自由度  $\vec{x}$ 。工件在夹具体上六个自由度完全被限制，称为完全定位。当工件在  $x$ 、 $y$ 、 $z$  三个坐标方向上均有尺寸要求或位置精度要求时，一般采用这种定位方式。

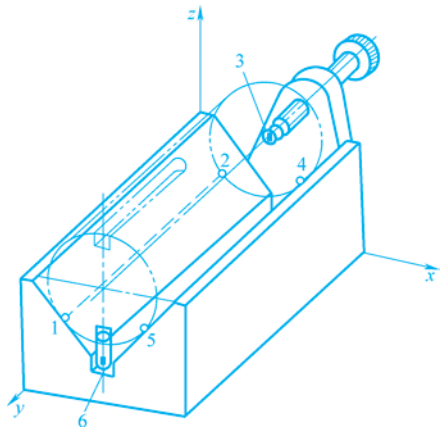


图 2-4 铣床加工轴双键槽定位方式图

1、2、4、5—支承点 3—支承钉 6—防转销

机械工业出版社版权所有

## 2. 不完全定位

图 2-5b 所示为在工件上铣通槽，为了保证加工尺寸  $Z$ ，需限制  $\vec{z}$ 、 $\vec{x}$ 、 $\vec{y}$  自由度；为了保证加工尺寸  $Y$ ，还需限制  $\vec{y}$ 、 $\vec{z}$  自由度，由于  $X$  轴向没有尺寸要求， $\vec{x}$  自由度不必限制。这种工件没有完全限制六个自由度，但仍然能保证工件加工要求的定位称为不完全定位。

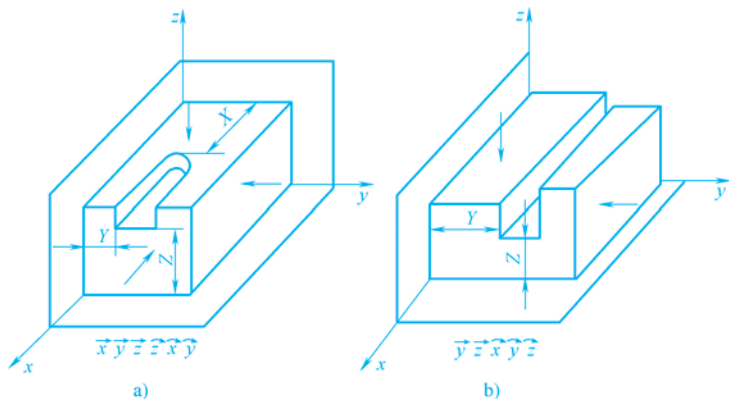


图 2-5 工件应限制自由度

在工件定位时，以下几种情况一般允许不完全定位：

- 1) 加工通孔或通槽时，沿贯通轴的位置自由度可不限制。
- 2) 毛坯（本工序加工前）是轴对称时，绕对称轴的角度自由度可不限制。
- 3) 加工贯通的平面时，除可不限制沿两个贯通轴的位置自由度外，还可以不限制绕垂直加工面轴的角度自由度。

## 3. 欠定位

在满足加工要求的前提下，允许采用不完全定位，但是应该限制的自由度，没有布置适当的支承点加以限制，这种定位称为欠定位。欠定位在实际生产中是不允许的。如图 2-6 所示，若不设防转定位销 A，则工件  $\vec{x}$  自由度不能得到限制，工件绕  $x$  轴回转方向的位置是不确定的，铣出的上方键槽无法保证与下方键槽的位置精度要求，即对称度要求。

## 4. 过定位（重复定位）

夹具上的定位元件重复限制工件的一个或几个自由度，这种重复限制工件自由度的定位称为过定位。

如图 2-7 所示，1、2 平面限制了  $\vec{x}$ 、 $\vec{y}$ 、 $\vec{z}$ ，3、4 平面限制了  $\vec{z}$ 、 $\vec{x}$ 、 $\vec{y}$ ，两个平面同时限制了  $\vec{y}$ ，所以这种定位方式就是过定位。

由图 2-7 可知，由于夹具上的定位元件同时重复限制了工件的一个或几个自由度，将造

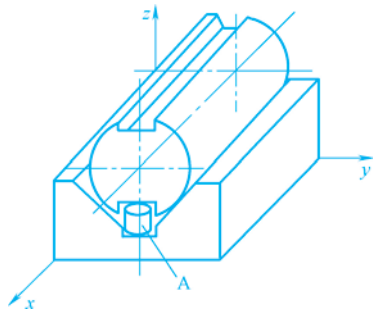


图 2-6 用防转定位销消除欠定位

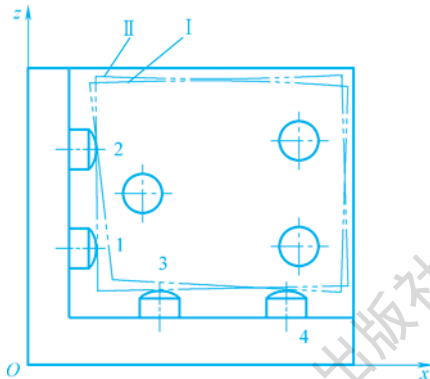


图 2-7 过定位简图

成工件定位不稳定，降低加工精度。因此，在确定工件的定位方案时，应尽量避免采用过定位。

一般情况下应当尽量避免过定位。但是，在夹具设计中，有时也可采用过定位的方案。在某些条件下，过定位的现象不仅允许，而且必要。

图 2-8 所示为滚齿时工件的定位。齿坯以平面和心轴来定位，平面支承限制了  $\vec{z}$ 、 $\vec{x}$ 、 $\vec{y}$ ，心轴限制了  $\vec{x}$ 、 $\vec{y}$ 、 $\vec{x}$ 、 $\vec{y}$ ，平面和心轴同时限制了  $\vec{x}$ 、 $\vec{y}$ ，这种定位方式为过定位，在生产实践中常常被采用。

当过定位方式影响零件的加工精度时，必须要消除过定位。消除或减小过定位所引起的干涉，一般有两种方法：

1) 提高定位基准之间以及定位元件工作表面之间的位置精度，以减少或消除过定位引起的干涉。图 2-8 中，当齿坯的端面和孔的轴线垂直度精度足够高时，可以满足齿轮的加工要求。

2) 改变定位元件的结构，使定位元件在重复限制自由度的部分不起定位作用。通常可采取下列措施来消除过定位：

① 减小接触面积。如图 2-9a 所示，零件的加工技术要求是加工工件的上平面对 A 面有垂直度要求。若用夹具的两个大平面（和 A 面相对的平面与和 B 面相对的平面）实现定位，即工件的 A 面被限制  $\vec{x}$ 、 $\vec{y}$ 、 $\vec{z}$  三个自由度，B 面被限制了  $\vec{z}$ 、 $\vec{x}$ 、 $\vec{y}$  三个自由度，其中  $\vec{y}$  自由度被 A、B 面同时重复限制，为过定位。由图 2-9 可见，当工件处于加工位置“Ⅰ”时，可保证垂直度要求；而当工件处于加工位置“Ⅱ”时则不能保证垂直度要求，不能满足零件的加工要求。消除过定位的措施是：把定位的面接触改为线接触，减去了引起过定位的自由度  $\vec{y}$ ，如图 2-9b 所示。

② 修改定位元件的形状，以减少定位支承点。图 2-10a 所示的定位中，支承板 2 和定位的圆柱销重复限制了工件的  $\vec{z}$  自由度，当工件的圆柱孔的轴线和底平面的尺寸误差过大时，可能出现工件不能装夹到夹具上的现象。如图 2-10b 所示，将圆柱定位销改为菱形销 1，使定位销在干涉部位（z 方向）上与工件不接触，消除了圆柱销限制的自由度  $\vec{z}$ ，这样就避免了过定位。

③ 设法使过定位的定位元件在干涉方向上能浮动，以减少实际支承点数目。如图 2-11 所示的可浮动的定位元件，图 2-11a 所示定位元件在  $\vec{z}$  方向上浮动的，图 2-11b 所示定位元件

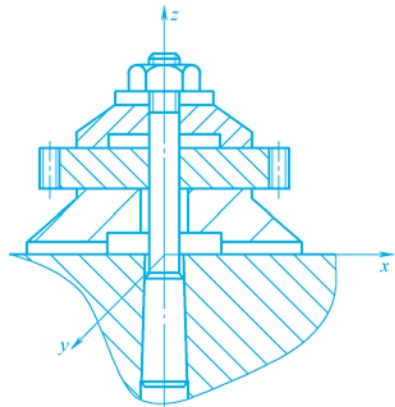


图 2-8 滚齿时工件的定位

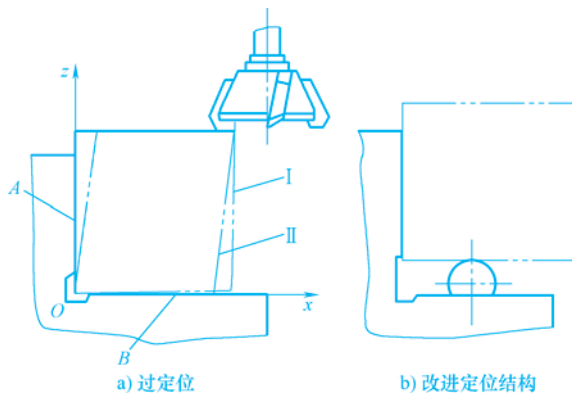


图 2-9 过定位及其消除方法示例之一

机械工业出版社 版权所有

在  $\vec{x}$  方向上浮动, 图 2-11c 所示定位元件在  $\vec{y}$ 、 $\vec{z}$  方向上浮动, 从而消除了过定位。

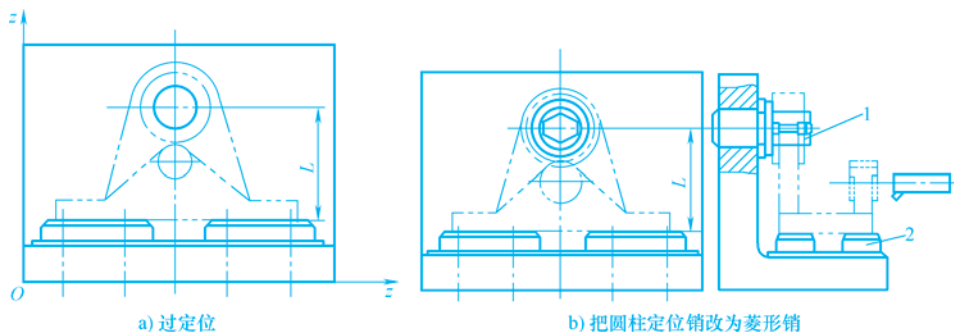


图 2-10 过定位及其消除方法示例之二

1—菱形销 2—支承板

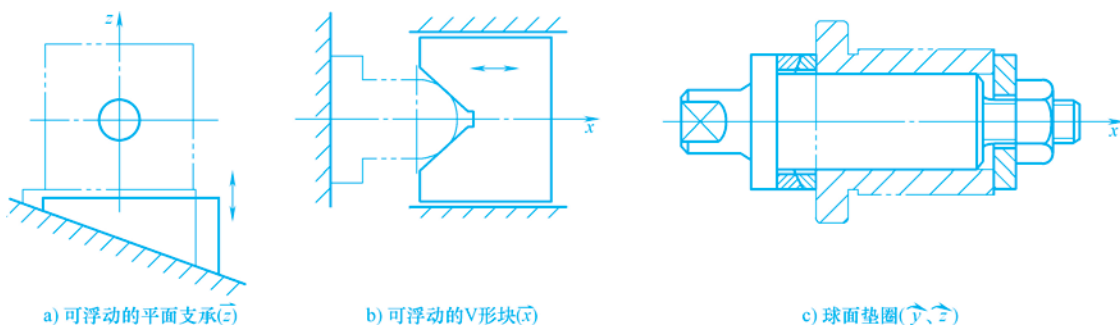


图 2-11 过定位及其消除方法示例之三

④ 拆除过定位元件。这种方法要特别注意可能会出现欠定位现象, 拆除过定位元件后要分析定位情况, 确保能满足零件的加工要求。

### 【任务实施】

长 V 形块与工件外圆面接触限制  $\vec{x}$ 、 $\vec{z}$ 、 $\vec{x}$ 、 $\vec{z}$ 。

定位支承钉 3 与工件端面接触限制  $\vec{y}$ 。

定位防转销 6 与工件槽面接触限制  $\vec{y}$ 。

综合结果: 限制了  $\vec{x}$ 、 $\vec{z}$ 、 $\vec{x}$ 、 $\vec{z}$ 、 $\vec{y}$ 、 $\vec{y}$ 。

六个自由度全部被限制的定位方式为完全定位。

## 任务三 常用定位元件的选用

### 【任务描述】

分析图 2-12 所示后盖零件钻径向孔的加工要求, 选用适当的定位元件, 以保证零件的加工精度。

### 【任务分析】

图 2-12 所示为后盖零件钻径向孔的工序图，要求在工件上加工出 M10 的螺纹，在用丝锥攻 M10 螺纹之前，要加工  $\phi 8.7\text{mm}$  的底孔，现在要保证加工  $\phi 8.7\text{mm}$  孔的轴线与  $\phi 5.8\text{mm}$  孔的轴线和  $\phi 30\text{mm}$  孔的轴线共面，应选择何种定位元件？

### 【相关知识】

#### 1. 定位设计的基本原则和对定位元件的基本要求

##### (1) 定位设计的基本原则

设计机床夹具时，为满足零件的加工要求，定位设计时应遵循以下三项原则：

1) 遵循基准重合原则。分析零件的加工要求，应选择本工序的工序基准作为定位基准，符合基准重合原则，以减少定位误差。在多工序加工时还应遵循基准统一原则，以提高机床夹具的精度。

2) 合理选择主要定位基准。尽可能选择具有较高的精度，并且有较大支承面的部位作为主要定位基准。

3) 便于工件的装夹和加工，并使夹具的结构简单。

##### (2) 对定位元件的基本要求

1) 要有足够的精度和良好的表面质量。通过定位误差的计算来确定定位元件的精度，以保证工件的加工精度，通常定位元件的精度要高于零件本身的加工精度。定位元件的精度高，表面质量也要高，定位表面的表面粗糙度值一般根据加工要求选择  $Ra1.6\mu\text{m}$ 、 $Ra0.8\mu\text{m}$ 、 $Ra0.4\mu\text{m}$ ，要求很高时就要选择  $Ra0.2\mu\text{m}$ 。

2) 应有较好的耐磨性。在使用机床夹具的过程中，工件的装卸会磨损定位元件的表面，导致定位精度下降。定位精度下降到一定程度时，就会影响零件的加工精度，定位元件必须更换，否则，夹具不能继续使用。为了延长定位元件的更换周期，提高夹具的使用寿命，定位元件应有良好的耐磨性。

定位元件常用的材料有：低碳钢，如 20、20Cr，工作表面经渗碳淬火加上低温回火，硬度可达到 62~66HRC；优质碳素结构钢，如 45、40Cr、65Mn、38CrMoAl，经过整体调质处理，工件再经过表面感应淬火，表面硬度可达到 50~55HRC；高级优质碳素工具钢，如 T8A、T10A，经过球化退火、淬火和低温回火，表面硬度可达到 58~62HRC。

3) 足够的强度和刚度。定位元件的设计通常是根椐待加工零件的尺寸大小来进行的，定位元件的尺寸只能根据工件的尺寸来确定。例如，设计定位元件轴时，外圆尺寸无法选

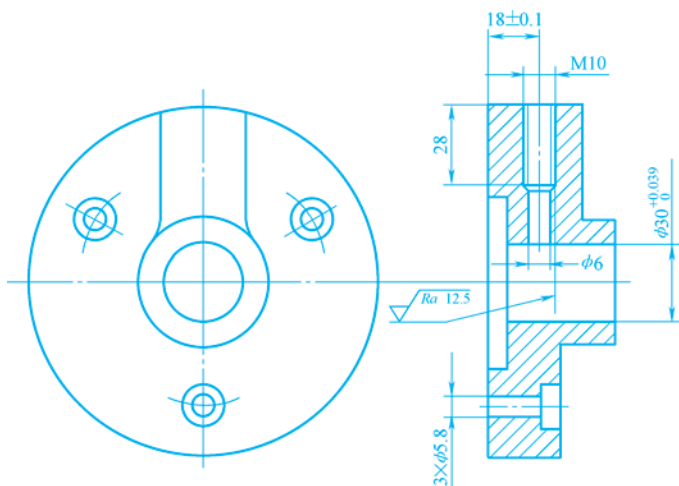


图 2-12 后盖零件工序图

择, 只能以工件上孔的尺寸来确定, 但是可通过选择材料来提高强度和刚度。所以一般情况下, 对定位元件的强度和刚度是不做校核的, 似乎违反了机械设计课程中所学的强度理论。这时就要求机床夹具设计人员要具备一定的实践经验, 可用经验法或类比法来保证定位元件的强度和刚度, 以缩短机床夹具设计的周期, 提高生产率。

4) 良好的结构工艺性。定位元件的良好结构是满足加工、装配、维修等工艺性要求的前提。设计定位元件时应考虑结构工艺性, 通常标准化的定位元件有良好的工艺性, 设计时应优先选用标准定位元件。在设计定位元件时, 还应处理、协调好与夹具体、夹紧装置、对刀或导向元件的关系, 必要时还需留出排屑空间。

## 2. 定位元件的设计

(1) 工件以平面定位 工件以平面作为定位基准时, 所用定位元件一般可分为基本支承和辅助支承两类。基本支承用来限制工件的自由度, 具有独立定位的作用。辅助支承用来加强工件的支承刚性, 不起限制工件自由度的作用。

1) 基本支承。基本支承分为固定支承、可调支承和自位支承三种形式。

① 固定支承。固定支承分为支承钉与支承板两种类型。

支承钉一般用于工件的三点支承或侧面支承。其结构有 A 型 (平头)、B 型 (球头)、C (齿纹) 三种, 如图 2-13 所示。

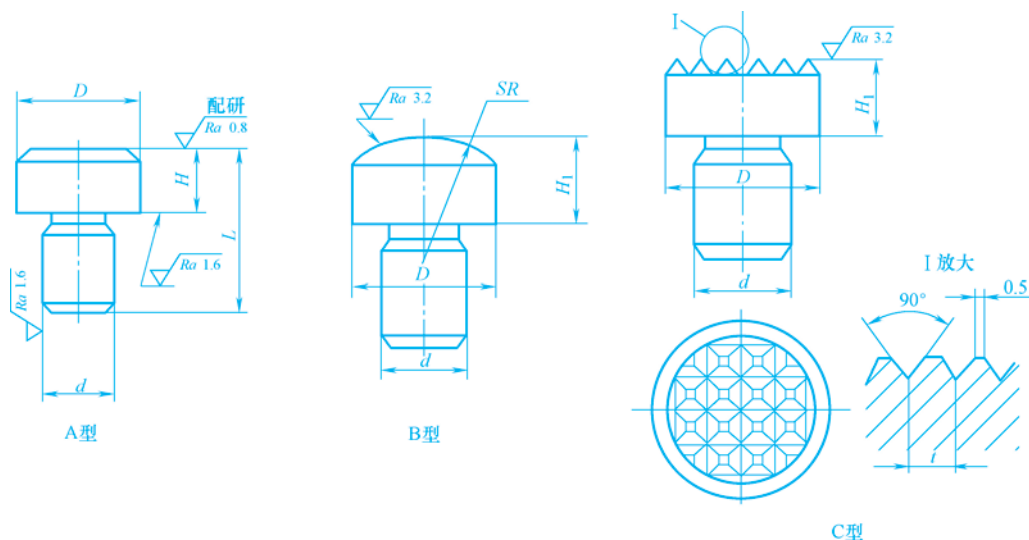


图 2-13 支承钉 (JB/T 8029.2—1999)

A 型支承钉与工件接触面大, 适用于精基准的平面定位。选用 A 型支承钉时, 通常是工件的半精加工阶段和精加工阶段, 定位面已经加工过。以已加工面定位, 一般用三个 A 型支承钉来定位, 在使用过程中, 要求这三个 A 型支承钉等高。由于加工误差, 这三个 A 型支承钉的高度有误差, 因此, 要求对这三个 A 型支承钉与工件接触的上表面进行配研, 如图 2-13 所示的 A 型支承钉。

B 型、C 型支承钉与工件接触面小, 通常是点接触, 适用于粗基准平面定位。C 型齿纹支承钉的缺点是齿纹槽中易积屑, 一般常用于侧面定位。

这类固定支承钉, 一般用碳素工具钢 T8 经球化退火、淬火和低温回火, 使表面淬硬至

58~62HRC。与夹具体采用 H7/r6 过盈配合，当支承钉磨损后，较难更换。若需更换支承钉应加衬套，如图 2-14 所示。衬套内孔与支承钉采用 H7/js6 过渡配合。

当工件的支承平面较大且是精基准平面时，通常选用支承板来定位。图 2-15 所示为支承板，分为 A、B 两种类型。

A 型支承板的结构比较简单，缺点是沉头螺钉清理切屑较困难，一般用于侧面支承。A 型支承板通常成对使用，安装时要求两块支承板等高，所以支承板在加工时必须配磨。

B 型支承板克服了 A 型支承板的缺点，设计成斜凹槽，在加工过程中排屑容易，一般作水平面支承。

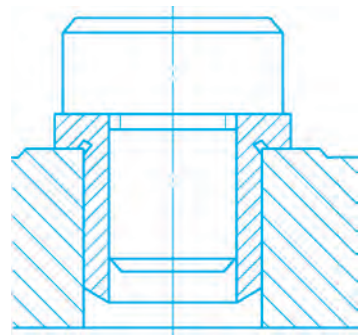


图 2-14 衬套的应用

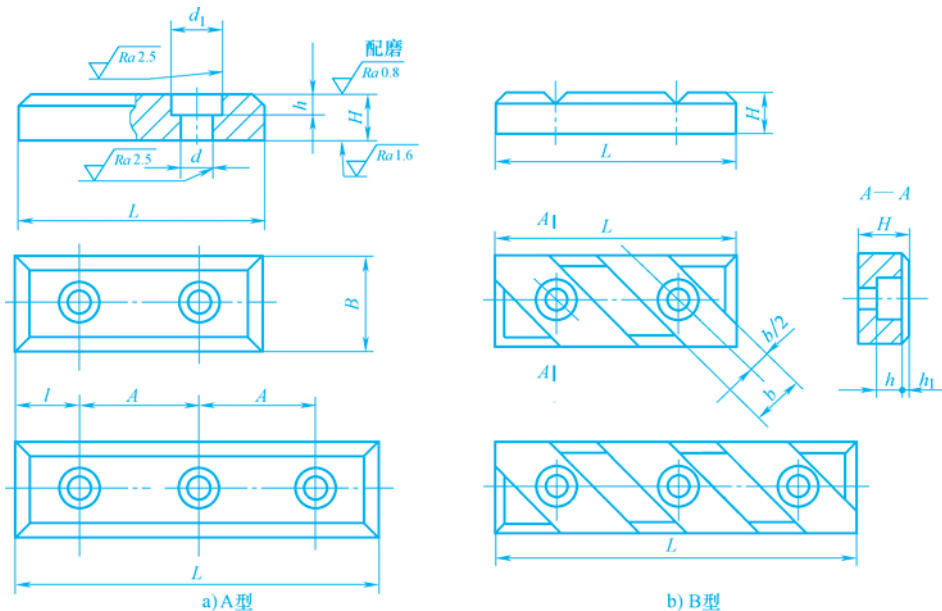


图 2-15 支承板 (JB/T 8029.1—1999)

支承板一般用 20 钢制造，经过渗碳（渗碳深度为 0.8~1.2mm）、淬火和低温回火将表面硬度提高到 58~62HRC。当支承板的尺寸较小时，也可用优质碳素工具钢 T8 制造。

工件以平面定位时，除采用上面介绍的标准支承钉和支承板之外，还可根据工件定位平面的不同形状，设计出相应的非标准支承板，如图 2-16 所示。

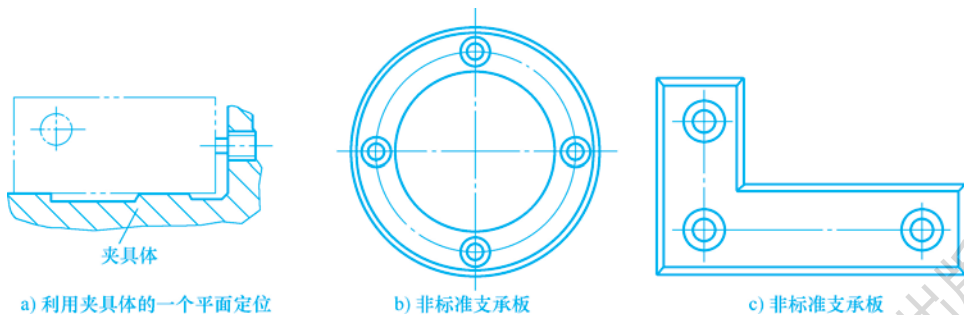


图 2-16 其他定位方法和元件

② 可调支承。在工件定位过程中，支承钉的高度需要调整时，采用图 2-17 所示的可调支承。

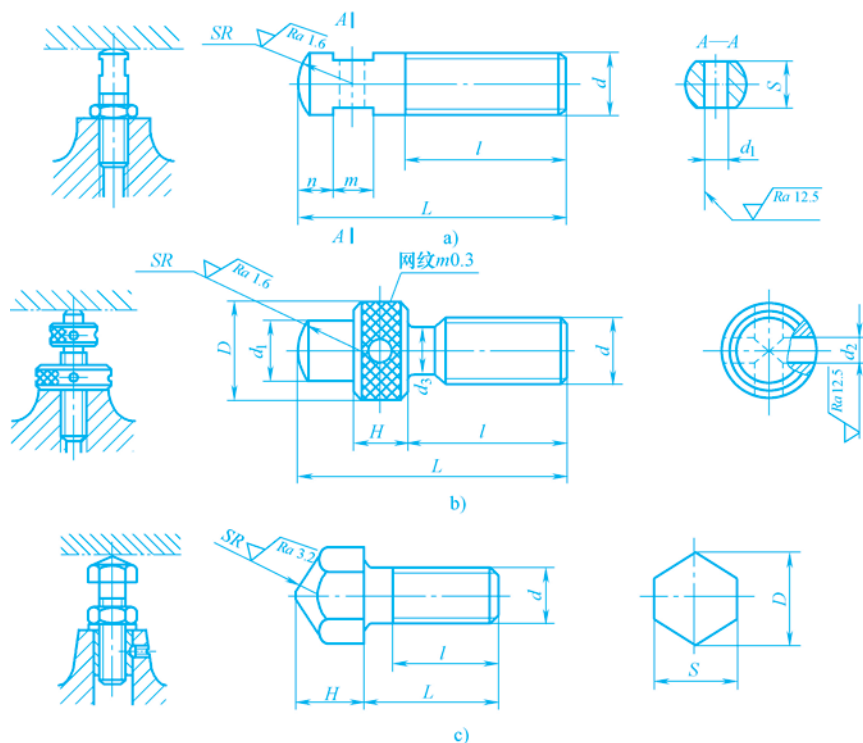


图 2-17 可调支承

③ 自位支承（浮动支承）。在工件定位过程中，能自动调整位置的支承称为自位支承，或称浮动支承。图 2-18a、b 所示为两点式自位支承，图 2-18c 所示为三点式自位支承。

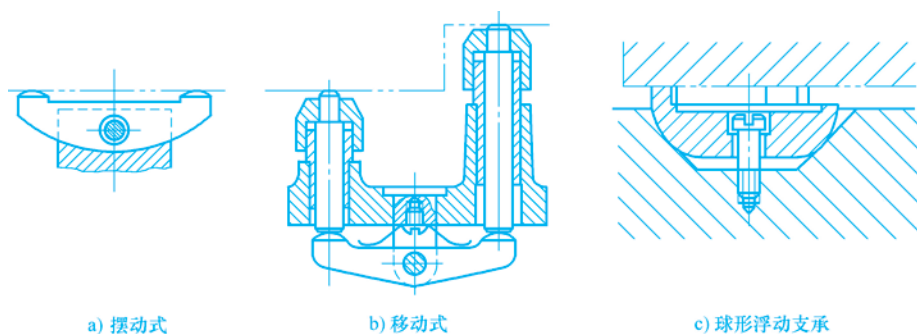


图 2-18 浮动支承

这类支承的工作特点是：支承点的位置能随着工件定位基面的不同而自动调节。

2) 辅助支承。辅助支承用来提高工件的装夹刚度和稳定性，不起定位作用。

如图 2-19 所示，工件以内孔及端面定位钻右端小孔。若右端不设支承，工件装夹好后，右边为一悬臂，刚性差。若在 A 处设置固定支承，属过定位，有可能破坏左端的定位。在这种情况下，宜在右端设置辅助支承。工件定位时，辅助支承是浮动的（或可调的），待工

机械工业出版社版权所有

件夹紧后再固定下来，以承受切削力。

(2) 工件以圆柱孔定位 工件以圆柱孔内表面作为定位基准时，常用以下定位元件：

1) 定位销。图 2-20 所示为定位销的结构。图 2-20a 所示为固定式定位销 (JB/T 8014.2—1999)，图 2-20b 所示为可换式定位销 (JB/T 8014.3—1999)。A

型称为圆柱销，B 型称为菱形销。定位销的有关参数可查夹具标准或夹具手册。

对不便于装卸的部位和工件以被加工孔为定位基准（自位基准）的定位中通常采用定位插销。如图 2-21 所示，A 型定位插销可限制工件的四个自由度，B 型（菱形）定位插销则限制工件的两个自由度。

2) 定位轴。通常定位轴为专用结构，其主要定位面可限制工件的四个自由度，若再设置防转支承等，即可实现完全定位。图 2-22 所示为钻模所用的定位轴。图 2-23a 所示为采用骑缝螺钉紧固联接；图 2-23b 所示用六角螺钉紧固联接的结构，有较高的强度；图 2-23c 所示的定位轴由圆柱销承受转矩，且便于维修。

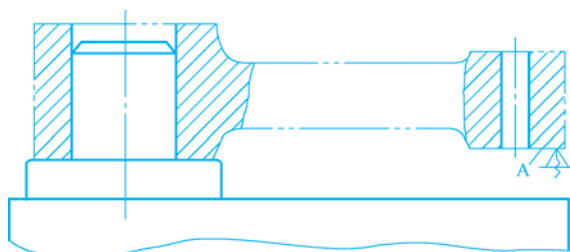


图 2-19 辅助支承的应用

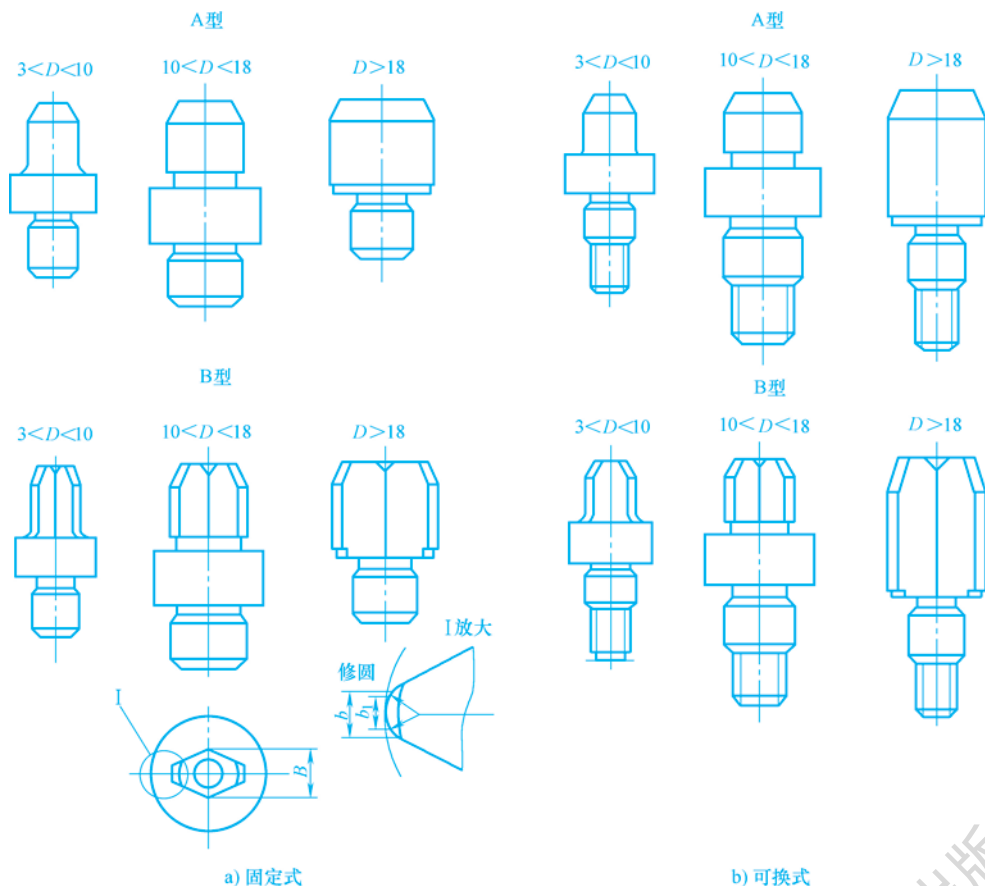


图 2-20 定位销

机械工业出版社版权所有

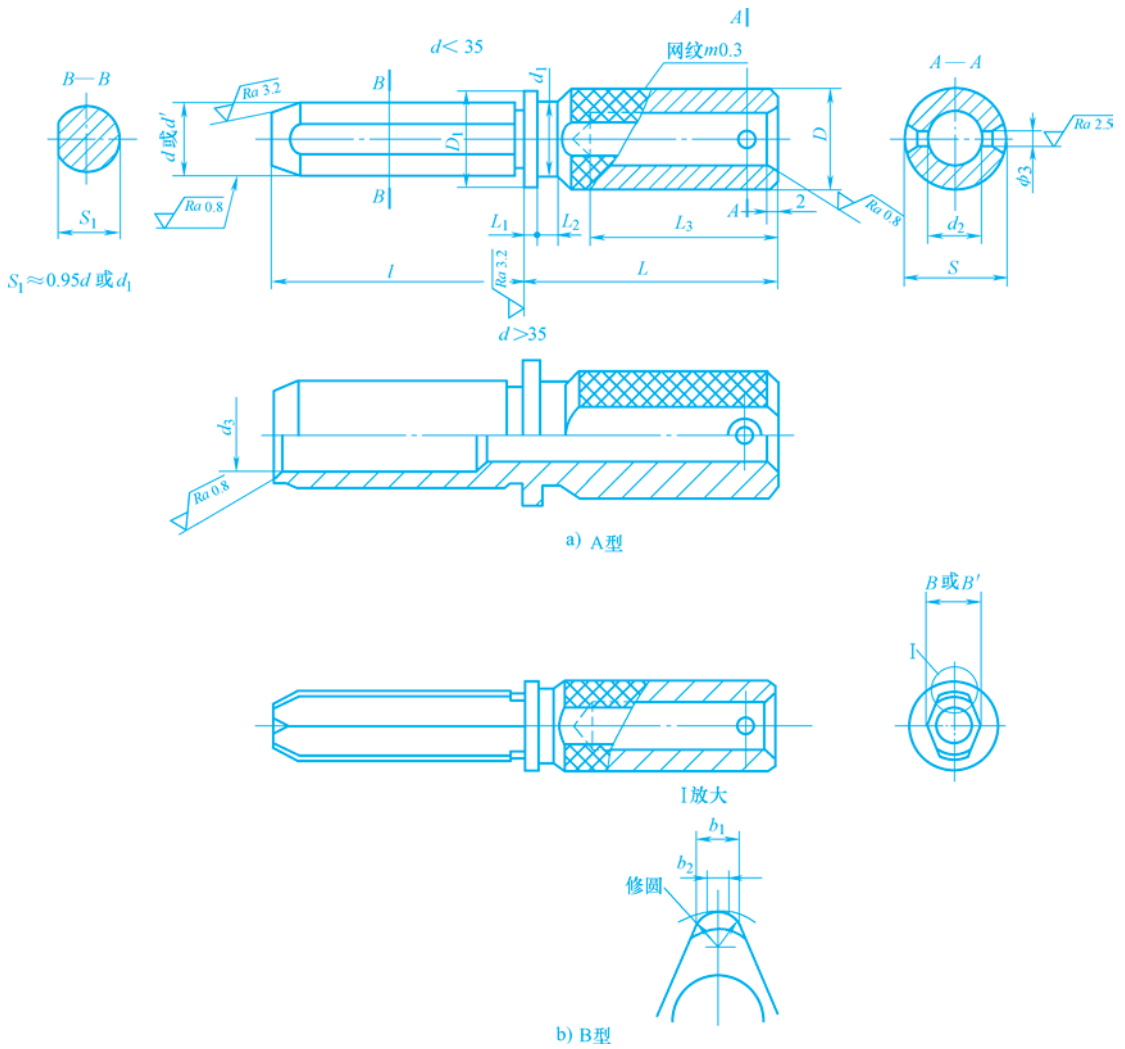


图 2-21 定位插销 (JB/T 8015—1999)

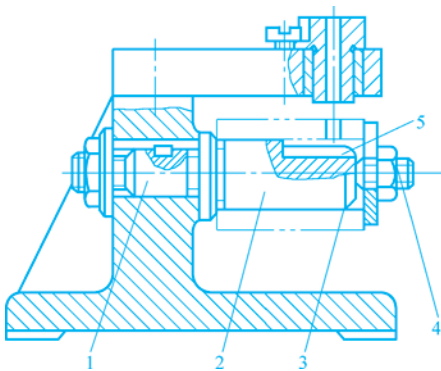


图 2-22 定位轴的结构

- 1—与夹具体联接部分
- 2—定心部分
- 3—引导部分
- 4—夹紧部分
- 5—排屑槽

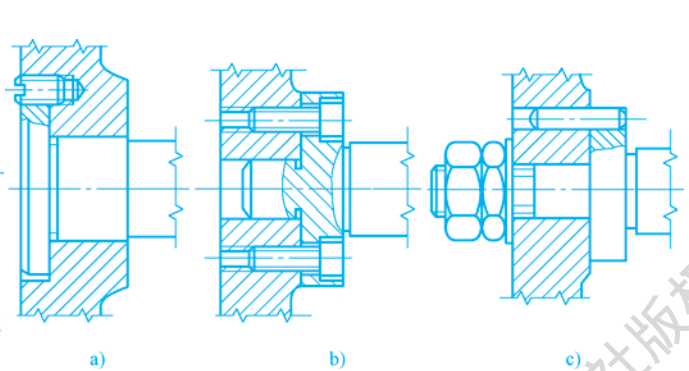


图 2-23 定位轴联接部分的设计

定位轴用碳素工具钢 T8A 制造，经热处理至 55~60HRC；也可用优质碳素结构钢 20 钢制造，经渗碳淬硬至 58~62HRC。

3) 圆柱心轴。图 2-24 所示为常用圆柱心轴的结构形式。

图 2-24a 所示为间隙配合心轴，其装卸工件方便，但定心精度不高。为了减少因配合间隙而造成的工件倾斜，工件常以孔和端面联合定位，因而要求工件定位孔与定位端面之间、心轴限位圆柱面与限位端面之间都有较高的垂直度精度，最好能在一次装夹中加工出来。

图 2-24b 所示为过盈配合心轴，由引导部分 1、工作部分 2 和传动部分 3 组成。引导部分的作用是使工件迅速而准确地套入心轴，其直径  $d_3$  按 e8 制造，

$d_3$  的公称尺寸等于工件孔的下极限尺寸，其长度约为工件定位孔长度的一半。工作部分的直径按 r6 制造，其公称尺寸等于孔的上极限尺寸。当工件定位孔的长度与直径之比  $L/d > 1$  时，心轴的工作部分应稍带锥度，这时，直径  $d_1$  按 r6 制造，其公称尺寸等于孔的上极限尺寸；直径  $d_2$  按 h6 制造，其公称尺寸等于孔的下极限尺寸。这种心轴制造简单、定心准确、不用另设夹紧装置，但装卸工件不便，易损伤工件定位孔，因此，多用于定心精度要求高的精加工。

图 2-24c 所示为花键心轴，用于加工以花键孔定位的工件。当工件定位孔的长径比  $L/d > 1$  时，工作部分可稍带锥度。设计花键心轴时，应根据工件的不同定心方式（外径定心或内径定心）来确定定位心轴的结构。

心轴在机床上常用的安装方式如图 2-25 所示。

图 2-25a 所示的安装方式用于磨床上，心轴的两端均有中心孔，与磨床的前后顶尖配合安装，一般适合于精加工阶段。

图 2-25b 所示的安装方式用于车床上，采用一夹一顶的方式安装，心轴的左端由车床的卡盘卡住，心轴的右端由车床的尾座顶尖顶住，这种定位方式的加工精度较低，一般适合于半精加工阶段。

图 2-25c 所示的安装方式也用于车床上，心轴的左端加工成莫氏锥度，与车床的主轴内孔锥度相配，心轴的右端也是由车床的尾座顶尖顶住。这种定位方式比图 2-25b 所示的一夹一顶的安装方式的加工精度要高。

图 2-25d 所示的安装方式用于滚齿机、插齿机上，心轴的外表面可以是圆柱面或者是外花键，与齿轮的内孔表面配合。这种定位方式要求齿轮的内孔轴线和齿轮端面的垂直度与心

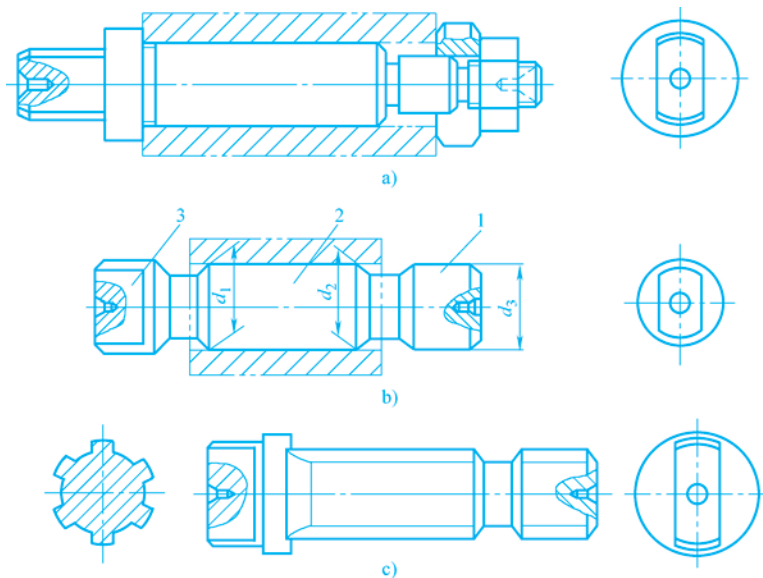


图 2-24 圆柱心轴

1—引导部分 2—工作部分 3—传动部分

机械工业出版社

轴的轴线和机床工作台平面的垂直度都要高。

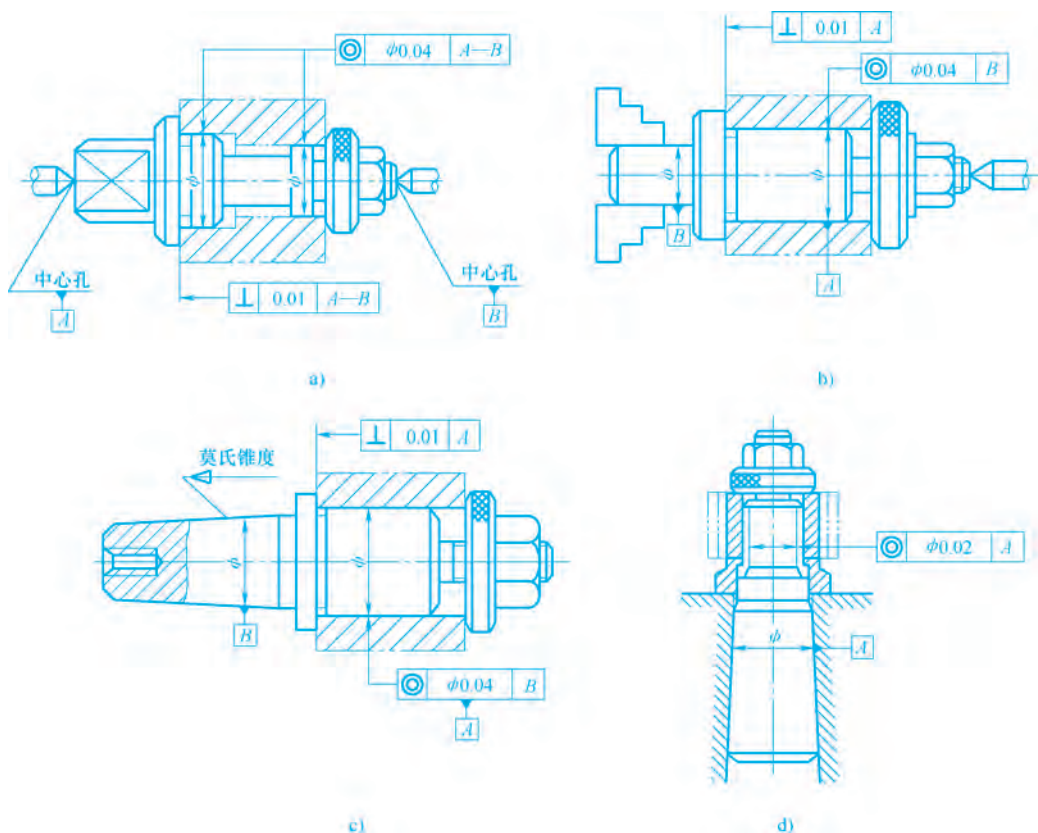


图 2-25 心轴在机床上常用的安装方式

4) 圆锥销。工件在单个圆锥销上定位容易倾斜，为此，圆锥销一般与其他定位元件组合定位，如图 2-26 所示。图 2-26a 所示为圆锥-圆柱组合心轴，锥度部分使工件准确定心，圆柱部分可减少工件倾斜。图 2-26b 以工件底面作主要定位基面，采用活动圆锥销，只限制  $\vec{x}$ 、 $\vec{y}$  两个自由度，即使工件的孔径变化较大，也能准确定位。图 2-26c 所示为工件在双圆锥销上定位，左端固定锥销限制  $\vec{x}$ 、 $\vec{y}$ 、 $\vec{z}$  三个自由度，右端为活动锥销，限制  $\vec{y}$ 、 $\vec{z}$  两个自由度。以上三种定位方

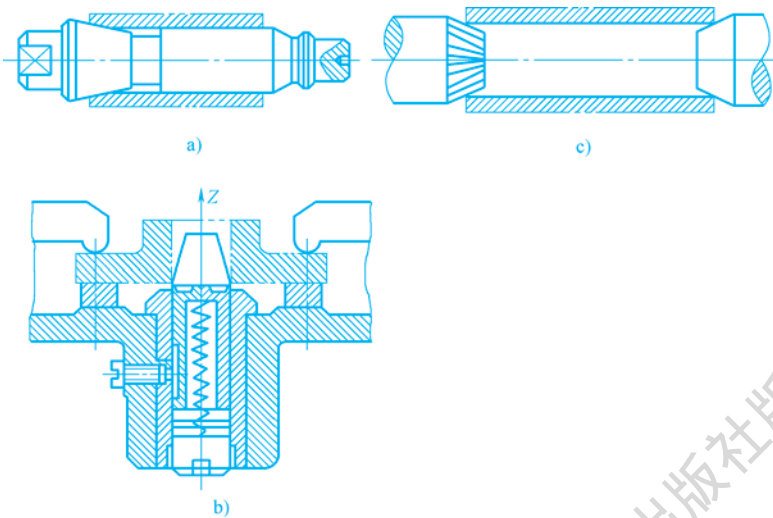


图 2-26 圆锥销组合定位

式均限制了工件五个自由度。

5) 锥度心轴。如图 2-27 所示, 工件在锥度心轴 (JB/T 10116—1999) 上定位, 并靠工件定位圆孔与心轴限位圆柱面的弹性变形夹紧工件。

### (3) 工件以外圆柱面定位

工件以外圆柱面作为定位基准面时, 工件的定位基准为中心要素, 最常用的定位元件有 V 形块、半圆套和定位套等。

1) V 形块。不论定位基准面是否经过加工, 不论是完整的圆柱面还是局部圆弧面都可以采用 V 形块定位。其优点是对中性好, 即能使工件的定位基准轴线对在 V 形块两斜面的对称平面上, 而不受定位基准直径误差的影响, 并且安装方便。因此, 当工件以外圆柱面定位时, V 形块是用得最多的定位元件。

图 2-28 所示为常用的 V 形块结构。图 2-28a 用于较短的精基准定位; 图 2-28b 用于较长的粗基准 (或阶梯轴) 定位; 图 2-28c 用于两段精基准相距较远的场合。如果定位元件直径与长度较大, 则 V 形块不必做成整体钢件, 而采用铸铁底座镶淬火钢垫, 如图 2-28d 所示。

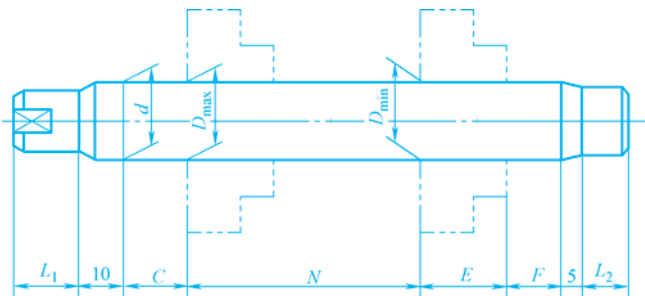


图 2-27 锥度心轴

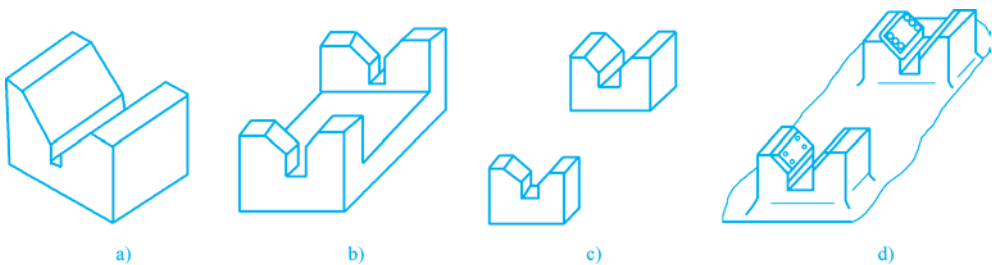


图 2-28 V 形块

V 形块的结构尺寸如图 2-29 所示。V 形块上两斜面间的夹角  $\alpha$ , 一般选用  $60^\circ$ 、 $90^\circ$  和  $120^\circ$ , 以  $90^\circ$  应用最广。 $90^\circ$  V 形块的典型结构和尺寸均已标准化。

V 形块有固定式与活动式两种。活动 V 形块的结构如图 2-30a 所示, 固定 V 形块的结构如图 2-30b 所示。固定 V 形块在夹具体上的装配, 一般采用 2~4 个螺钉和两个定位销连接, 定位销孔在装配调整后钻铰, 然后打入定位销。

如图 2-30c 所示, 活动 V 形块限制工件的  $Z$  自由度, 其沿 V 形块对称面方向的移动可以补偿工件因毛坯尺寸变化而对定位的影响, 同时兼有夹紧的作用。固定 V 形块限制工件的  $X$ 、 $Y$  自由度。

2) 定位套。图 2-31 所示为常用定位套的结构, 其内孔轴线是限位基准, 内孔面是限位基准面。为了限制工件沿轴向的自由度, 常与端面联合定位。

定位套结构简单、容易制造, 但定心精度不高。

3) 半圆套。如图 2-32 所示, 下面的半圆套是定位元件, 上面的半圆套起夹紧作用。这

机械工业出版社版权所有

种定位方式主要用于大型轴类零件及不便于轴向装夹的零件，半圆套的最小内径应取工件定位基面的最大直径。

4) 圆锥套。图 2-33 所示为通用的外拨顶尖。工件的端部在外拨顶尖的锥孔中定位，锥孔中有齿纹，以便带动工件旋转，顶尖体的锥柄部分插入机床主轴孔中。

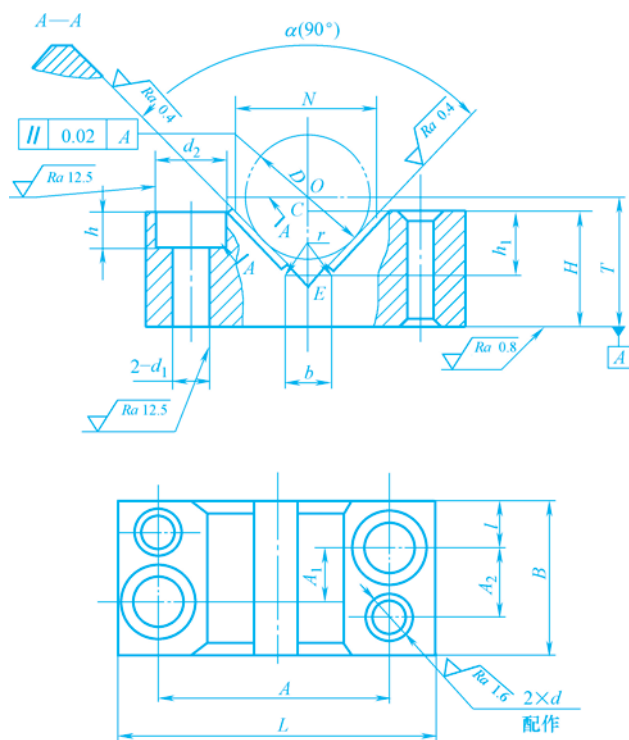
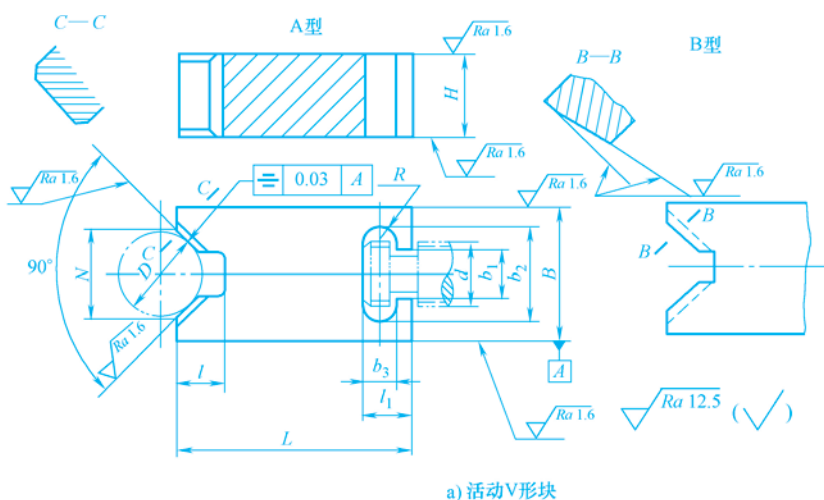


图 2-29 V 形块的结构尺寸



a) 活动V形块

图 2-30 活动 V 形块与固定 V 形块

机械工业出版社版权所有

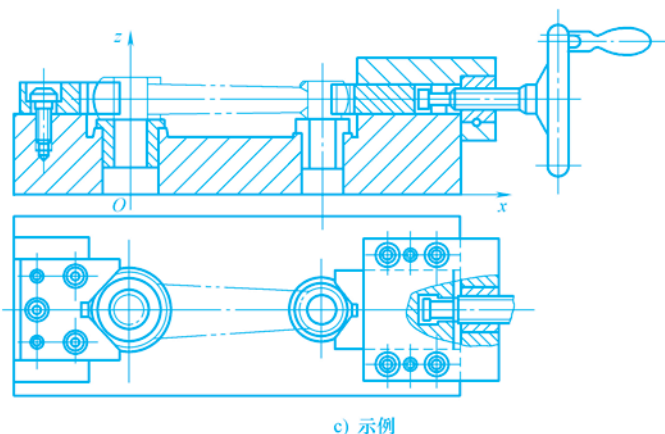
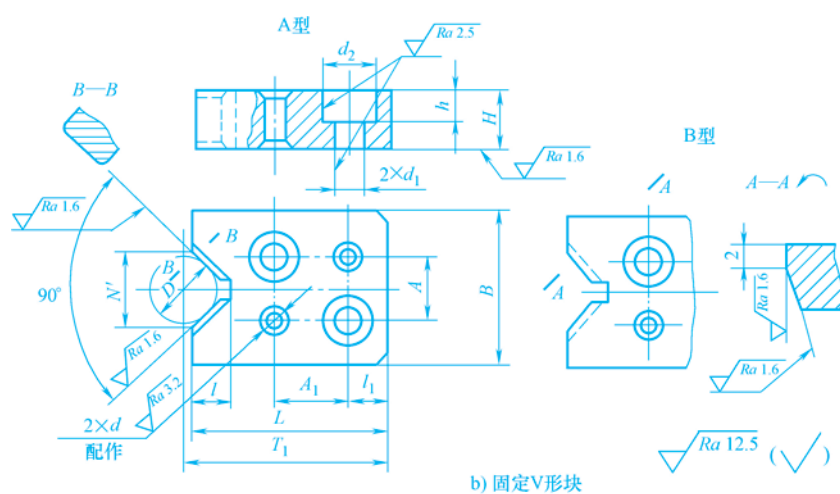


图 2-30 活动 V 形块与固定 V 形块 (续)

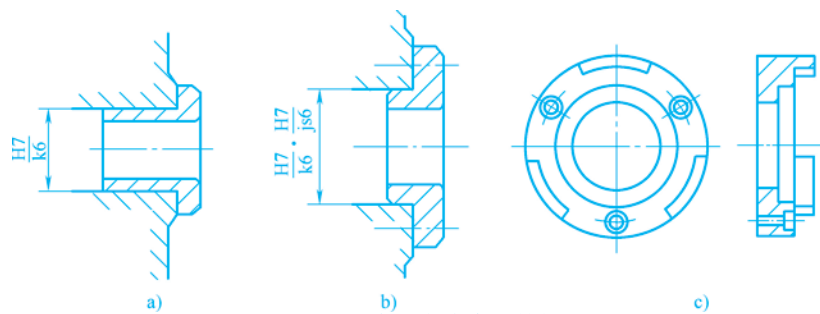


图 2-31 常用定位套的结构

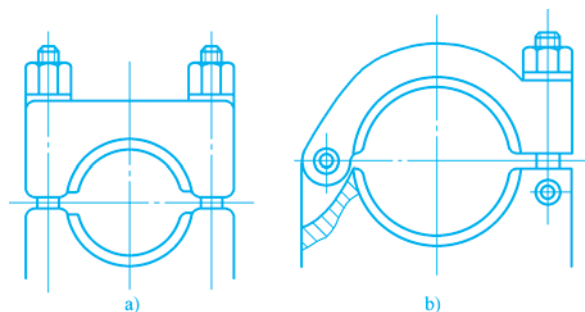


图 2-32 半圆套定位装置

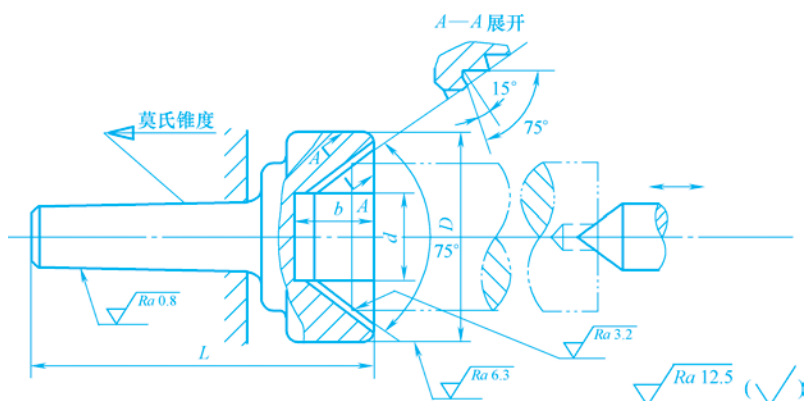


图 2-33 工件在外拔顶尖锥孔中的定位

(4) 工件以特殊表面定位 除了上述以平面和内、外圆柱表面定位外,有时还常遇到特殊表面的定位。下面介绍几种典型的特殊定位方法。

1) 工件以导轨面定位。图 2-34 所示为三种燕尾导轨定位的形式。图 2-34a 所示为镶有圆柱定位块的结构,图 2-34b 所示的圆柱定位块位置可以通过修配 A、B 平面达到较高的精度,图 2-34c 采用小斜面定位块,其结构简单。为了减少过定位的影响,工件的定位基面需经配制(或配磨)。

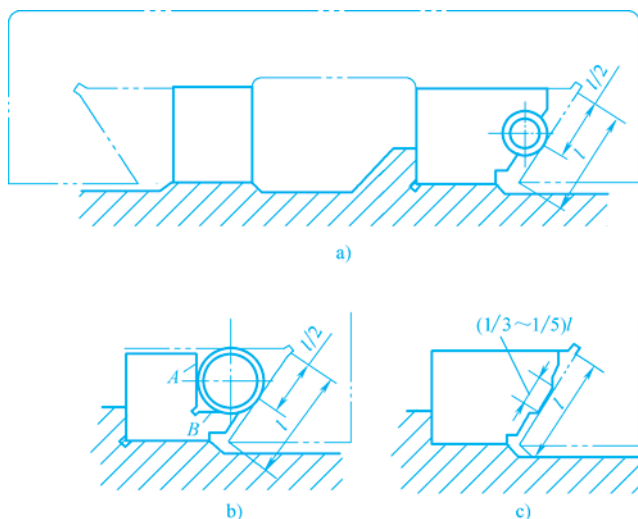


图 2-34 燕尾形导轨的定位

2) 工件以齿形表面定位。高精度齿轮的分度圆和安装齿轮的孔的同轴度要求非常高,齿轮在加工过程后期,齿面要通过热处理使表面硬度达到技术要求。而齿面通过表面热处理后,一定会发生变形,齿轮的分度圆和安装齿轮的孔的同轴度就会变差。

为了保证齿轮的加工精度,常采用互为基准的精基准选择原则来对齿轮进行加工。具体的做法是:以齿形表面(热处理后的齿轮表面)定位,在内圆磨床上磨削内孔,再以磨过的孔定位(用心轴作为定位元件),在磨齿机上进行磨削,这样同轴度就会提高。如果还达不到齿轮的加工要求,可以反复多次采用互为基准原则。

图 2-35 所示为用齿形表面定位,定位元件是滚柱 3,自动定心盘 1 通过卡爪 2 和滚柱 3 对齿轮 4 进行定位夹紧。

3) 工件以其他特殊表面定位。如图 2-36a 所示,心轴上有键 4,装在工件的键槽上进行定位。如图 2-36b 所示,工件以螺纹孔定位。图 2-36c 所示为花键心轴,通过花键孔进行定位。

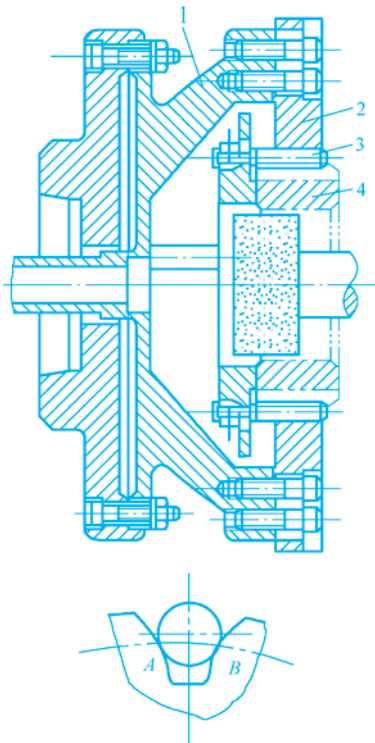


图 2-35 用齿形表面定位

1—自动定心盘 2—卡爪 3—滚柱 4—齿轮

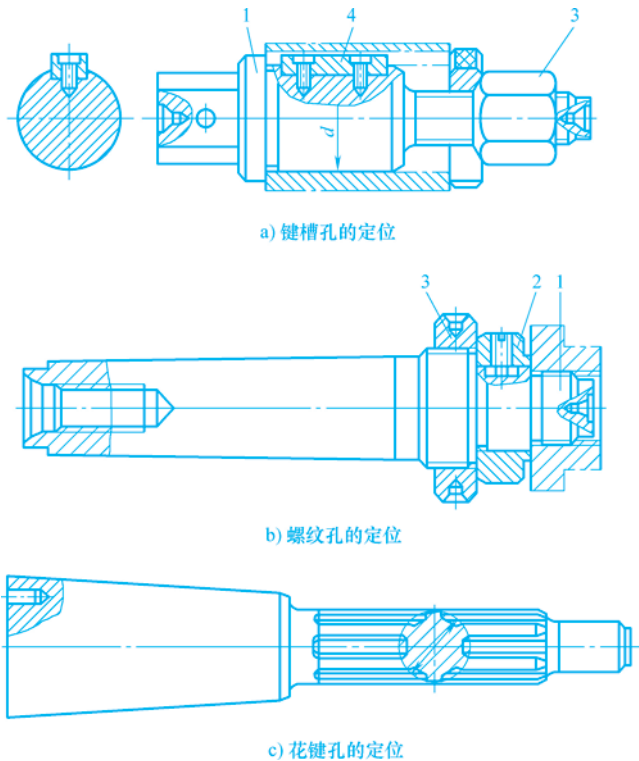


图 2-36 其他特殊表面的定位

1—心轴体 2—压环 3—夹紧螺母 4—键

### 【任务实施】

通过分析可知，图 2-37 所示为后盖钻床夹具结构图，定位元件为圆柱销 5、菱形销 9。

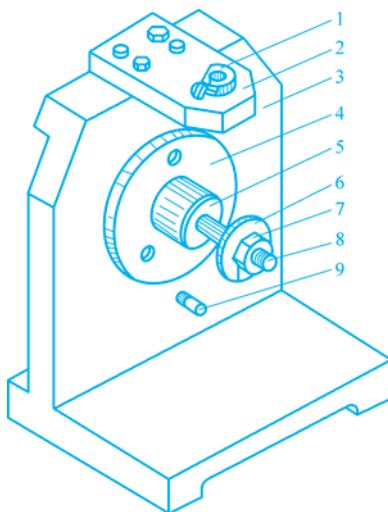


图 2-37 后盖钻床夹具结构图

1—钻套 2—钻模板 3—夹具体 4—支承板 5—圆柱销 6—开口垫圈 7—螺母 8—螺杆 9—菱形销

## 任务四 工件以平面定位时定位误差的分析与计算

### 【任务描述】

图 2-38 中,  $S = (40 \pm 0.14) \text{ mm}$ ,  $A = (20 \pm 0.15) \text{ mm}$  和  $B = (25 \pm 0.15) \text{ mm}$ , 采用图 2-38b 所示的定位方案, 试分析和计算其定位误差。

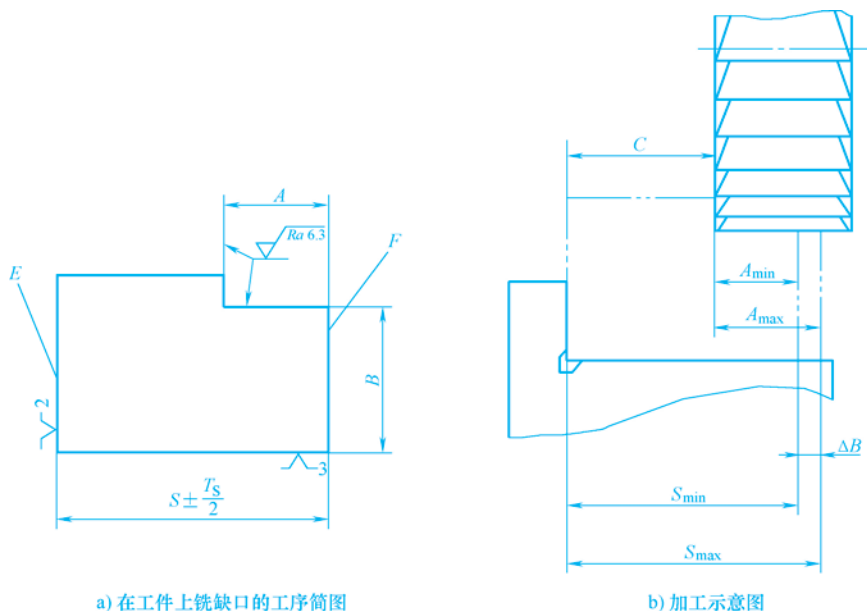


图 2-38 基准不重合误差计算

### 【任务分析】

如图 2-38 所示的台阶面, 采用三面刃铣刀在卧式铣床上加工, 保证尺寸  $A$  和  $B$  的加工精度, 工件以底平面和侧面  $E$  定位。  $B$  尺寸的工序基准是工件的底平面, 定位基准也是工件的底平面, 符合基准重合原则, 基准不重合误差为 0;  $A$  尺寸的工序基准是工件的  $F$  面, 定位基准是工件的侧面  $E$ , 基准不重合, 需要计算基准不重合误差值。

### 【相关知识】

#### 1. 基准的概念及选择

- (1) 基准 用来确定生产对象上几何要素间的几何关系所依据的点、线、面。
- (2) 工序基准 在工序图上用来确定本工序所加工表面加工后的尺寸、形状、位置的基准。
- (3) 定位基准 在加工中作定位用的基准。当工件以回转面（圆柱面、圆锥面、球面等）与定位元件接触（或配合）时，工件上的回转面称为定位基面，轴线称为定位基准。
- (4) 限位基准 工件以定位元件定位，当工件以回转面（圆柱面、圆锥面、球面等）

与定位元件接触（或配合）时，定位心轴的外表面称为限位基准，轴线称为限位基准。当工件以平面与定位元件接触时，工件上实际存在的表面是定位基准，它的理想状态是定位基准，定位元件上的限位平面就是限位基准（基准），如图 2-39 所示。

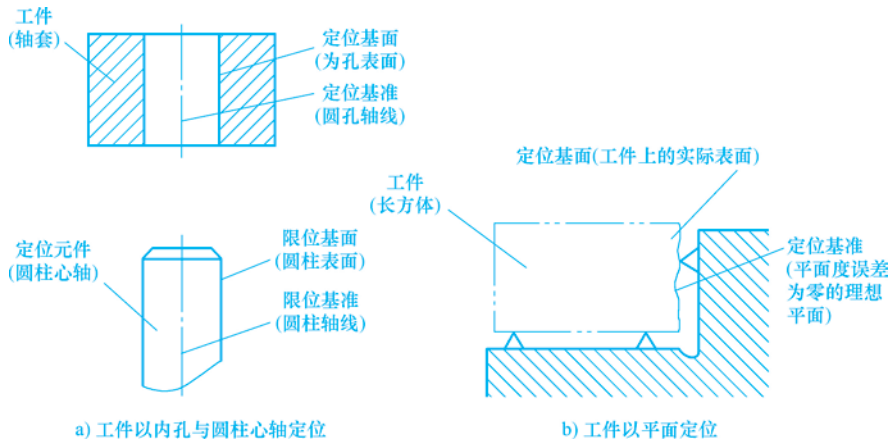


图 2-39 定位基准与限位基准示意图

(5) 定位基准的选择 定位基准的选择是定位设计的一个关键问题。工件的定位基准一旦被确定，则其定位方案也基本上确定，通常定位基准是在制订工艺规程时选定的。如图 2-40a 所示，平面  $A$  和  $B$  靠在支承元件上得到定位，以保证工序尺寸  $H$ 、 $h$ 。图 2-40b 所示为工件以素线  $C$ 、 $F$  为定位基准。定位基准除了是工件上的实际表面（轮廓要素面、点或线）外，也可以是中心要素，如几何中心、对称中心线或对称中心平面。当工件以回转面（圆柱面、圆锥面、球面等）与定位元件接触（或配合）时，工件上的回转面称为定位基准，轴线称为定位基准。如图 2-40c 所示，定位基准是两个与  $V$  形块接触的点  $D$ 、 $E$  的几何中心  $O$ ，这种定位称为中心定位。

设计夹具时，从减小加工误差考虑，应尽可能选用工序基准为定位基准，即遵循基准重合原则。当用多个表面定位时，应选择其中一个较大的表面为主要定位基准。

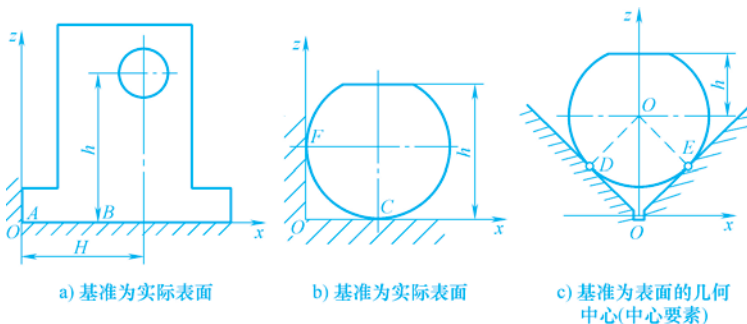


图 2-40 定位基准与工序基准示意图

## 2. 定位误差的分析与计算

(1) 定位误差的定义 一批工件逐个在夹具上定位时，由于工件及定位元件存在公差，使各个工件所占据的位置不完全一致，加工后形成的加工尺寸不一致，称为加工误差。这种由定位引起的同一批工件的工序基准在加工尺寸方向上的最大变动量，称为定位误差，以

$\Delta_D$  表示。

定位误差研究的主要对象是工件的工序基准和定位基准。工序基准的变动量将影响工件的尺寸精度和位置精度。

(2) 定位误差产生的原因 造成定位误差的原因有两个；一是定位基准与工序基准不重合，由此产生基准不重合误差  $\Delta_B$ ；二是定位基准与限位基准不重合，由此产生基准位移误差  $\Delta_Y$ 。

1) 基准不重合误差  $\Delta_B$ 。图 2-38a 所示为在工件上铣缺口的工序简图，加工尺寸为  $A$  和  $B$ 。图 2-38b 所示为加工示意图，工件以底面和  $E$  面定位。 $C$  是确定夹具与刀具相互位置的对刀尺寸，在一批工件的加工过程中， $C$  的大小是不变的。

加工尺寸  $A$  的工序基准是  $F$ ，定位基准是  $E$ ，两者不重合。当一批工件逐个在夹具上定位时，受尺寸  $S \pm (T_S/2)$  的影响，工序基准  $F$  的位置是变动的。 $F$  的变动直接影响尺寸  $A$  的大小，造成  $A$  的尺寸误差，这个误差就是基准不重合误差。

显然，基准不重合误差的大小应等于因定位基准与工序基准不重合而造成的加工尺寸的变动范围。由图 2-38b 可知

$$\Delta_B = A_{\max} - A_{\min} = S_{\max} - S_{\min} = T_S \quad (2-1)$$

$S$  是定位基准  $E$  与工序基准  $F$  间的距离尺寸，称为定位尺寸。

由此可知，当工序基准的变动方向与加工尺寸的方向相同时，这时基准不重合误差等于定位尺寸的公差，即

$$\Delta_B = T_S \quad (2-2)$$

当工序基准的变动方向与加工尺寸的方向不一致时，存在一夹角  $\alpha$  时，基准不重合误差等于定位尺寸的公差在加工尺寸方向上的投影，即

$$\Delta_B = T_S \cos \alpha \quad (2-3)$$

当基准不重合误差受多个尺寸影响时，应将其在工序尺寸方向上合成。

基准不重合误差的一般计算式为

$$\Delta_B = \sum_{i=1}^n T_i \cos \beta \quad (2-4)$$

式中， $T_i$  为定位基准与工序基准间的尺寸链组成环的公差 (mm)； $\beta$  为  $T_i$  的方向与加工尺寸方向间的夹角 ( $^\circ$ )。

图 2-38 所示加工尺寸  $B$  的工序基准与定位基准均为底面，基准重合，所以基准不重合误差  $\Delta_B = 0$ 。

2) 基准位移误差  $\Delta_Y$  由于定位基准的误差或定位支承点的误差而造成的定位基准位移，即工件实际位置对确定位置的理想要素的误差，称为基准位移误差，以  $\Delta_Y$  表示。

当定位基准的变动方向与加工尺寸的方向一致时，基准位移误差等于定位基准的变动范围，即

$$\Delta_Y = T_i \quad (2-5)$$

当定位基准的变动方向与加工尺寸的方向不一致时，若两者之间成夹角  $\alpha$ ，则基准位移误差等于定位基准的变动范围在加工尺寸方向上的投影，即

$$\Delta_Y = T_i \cos \alpha \quad (2-6)$$

图 2-38 所示工件均以平面定位，其定位基面与定位元件限位基面以平面接触，二者的

位置不会发生相对变化, 因此基准位移误差为零, 即工件以平面定位时  $\Delta_y = 0$ 。

### ▶ 【任务实施】

解: 1) 对于加工尺寸  $B = 25 \pm 0.15 \text{ mm}$ , 底面既是工序基准又是定位基准,  $\Delta_B = 0$ ; 工件又以平面定位,  $\Delta_y = 0$ 。所以  $\Delta_D = 0 \text{ mm}$ 。

2) 对于加工尺寸  $A = 20 \pm 0.15 \text{ mm}$ ,  $A$  尺寸的工序基准是工件的  $F$  面, 定位基准是工件的侧面  $E$ , 基准不重合,  $\Delta_B \neq 0$ , 需要计算基准不重合误差值, 误差值为工序基准与定位基准之间尺寸的误差值, 即尺寸  $S$  的误差值。

所以  $\Delta_B = +0.14 \text{ mm} - (-0.14) \text{ mm} = 0.28 \text{ mm}$ , 工件又以平面定位,  $\Delta_y = 0$ 。所以  $\Delta_D = 0.28 \text{ mm}$ 。

在定位误差分析和计算时, 应当注意以下点:

- ① 分析计算定位误差的前提是采用夹具来装夹加工一批工件, 并采用调整法加工。
- ② 某工序的定位方案可以对本工序的几个加工尺寸产生不同的定位误差, 应该对这几个加工尺寸逐个进行分析, 并计算其定位误差。
- ③ 分析计算得出的定位误差值是指加工一批工件时可能产生的最大定位误差范围, 而不是指某一个工件的定位误差的具体数值。
- ④ 定位误差移动方向与加工方向成一定角度时应折算。
- ⑤ 分析计算定位误差, 一般情况下, 夹具的精度对加工误差的影响较为重要, 此外, 分析定位方案时, 也要求先对其定位误差是否影响工序的精度有一个估计, 一般推荐在正常加工条件下, 定位误差占工序尺寸公差的  $1/3 \sim 1/5$ 。

当定位精度不能满足工件加工要求时, 应该提高定位元件的精度或重新选择定位基准。选择定位基准应尽可能与工序基准重合, 避免基准不重合产生的误差, 应尽可能选取精度高的表面作为定位基准。

## 任务五 工件以孔定位时定位误差的分析与计算

### ▶ 【任务描述】

如图 2-41 所示, 在支承盘上铣圆弧  $R5 \text{ mm}$ , 要求保证与内孔轴线的距离为  $h_1$  或与外圆下素线的距离为  $h_2$ 。若内孔与心轴为间隙配合, 孔为  $\phi 20^{+0.021}_0 \text{ mm}$ , 轴为  $\phi 20^{-0.007}_{-0.020} \text{ mm}$ , 试分析和计算工序尺寸  $h_1$  和  $h_2$  的定位误差。

### ▶ 【任务分析】

如图 2-41 所示, 在支承盘上铣圆弧  $R5 \text{ mm}$ , 保证尺寸  $h_1$  和  $h_2$  的加工精度, 工件以  $\phi 20^{+0.021}_0 \text{ mm}$  的孔定位。

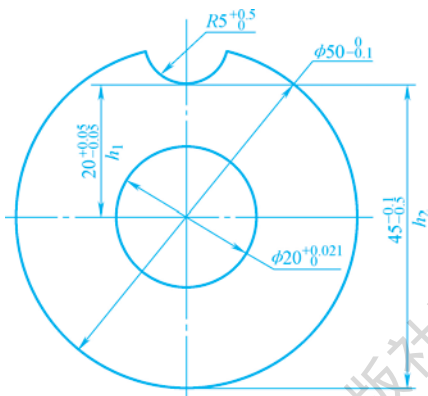


图 2-41 支承盘工序简图

尺寸  $h_1$  的工序基准是  $\phi 20^{+0.021}_0$  mm 孔的轴线，定位基准也是  $\phi 20^{+0.021}_0$  mm 孔的轴线，符合基准重合原则，基准不重合误差为 0。

尺寸  $h_2$  的工序基准是工件直径为  $\phi 50$  mm 外圆的最下面的素线，定位基准仍然是  $\phi 20^{+0.021}_0$  mm 孔的轴线，基准不重合，需要计算基准不重合误差值  $\Delta_B$ 。

内孔与心轴为间隙配合，存在着位移  $\Delta_Y$ ，所以需要计算位移误差值  $\Delta_Y$ 。



### 【相关知识】

#### 1. 以孔定位时位移误差的计算

在以工件孔定位的情况下，定位元件采用圆柱定位销或圆柱心轴进行定位，其定位基准为孔的中心线，定位基面为内孔表面。圆柱定位销、圆柱心轴与被定位的工件内孔的配合为过盈配合时，不存在间隙，定位基准（内孔轴线）相对于定位元件没有位置变化，则基准位移误差  $\Delta_Y = 0$ 。

如图 2-42 所示，当定位副为间隙配合时，由于定位副配合间隙的影响，会使工件上内孔中心线（定位基准）的位置发生偏移，其中心偏移量在加工尺寸方向上的投影即为基准位移误差  $\Delta_Y$ 。定位基准偏移的方向有两种可能：一种是在任意方向上偏移；另一种是只能在某一方向上偏移。

当定位基准在任意方向偏移时，其最大偏移量即为定位副直径方向的最大间隙，即

$$\Delta_Y = X_{\max} = D_{\max} - d_{0\min} = T_D + T_{d0} + X_{\min} \quad (2-7)$$

式中， $X_{\max}$  为定位副最大配合间隙（mm）； $D_{\max}$  为工件定位孔最大直径（mm）； $d_{0\min}$  为定位圆柱销或圆柱心轴的最小直径（mm）； $T_D$  为工件定位孔的直径公差（mm）； $T_{d0}$  为定位圆柱销或圆柱心轴的直径公差（mm）； $X_{\min}$  为定位所需的最小间隙（mm），由设计时确定。

当基准偏移为单方向时，其移动方向最大偏移量为半径方向的最大间隙，即

$$\Delta_Y = \frac{X_{\max}}{2} = \frac{D_{\max} - d_{0\min}}{2} = \frac{T_D + T_{d0} + X_{\min}}{2} \quad (2-8)$$

当工件用长定位轴定位时，定位的配合间隙还会使工件发生歪斜，并影响工件的平行度要求。如图 2-43 所示，工件除了孔距公差外，还有平行度要求，定位配合的最大间隙  $X_{\max}$  同时会造成平行度误差，即

$$\Delta_Y = (T_D + T_{d0} + X_{\min}) \frac{L_1}{L_2} \quad (2-9)$$

式中， $L_1$  为加工面长度（mm）； $L_2$  为定位孔长度（mm）。

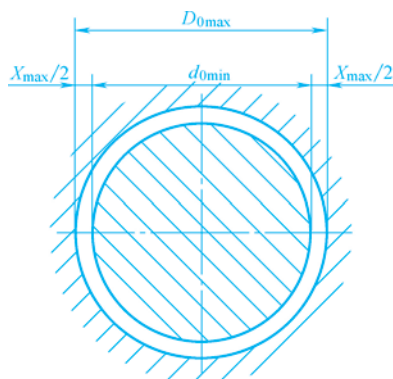


图 2-42  $X_{\max}$  对工件位置公差的影响

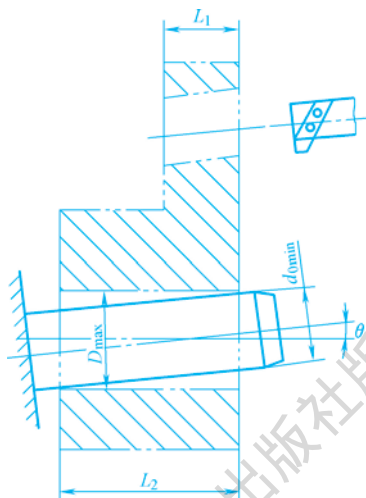


图 2-43  $X_{\max}$  对工件位置公差的影响

## 2. 误差合成

造成定位误差的原因是定位基准与工序基准不重合以及定位基准与限位基准不重合,因此,定位误差应是基准不重合误差与基准位移误差的合成。计算时,可先算出 $\Delta_B$ 和 $\Delta_Y$ ,然后将两者合成而得 $\Delta_D$ 。

(1) 工序基准不在定位基面上误差的合成 若工序基准不在定位基面上(工序基准与定位基面为两个独立的表面),即 $\Delta_Y$ 与 $\Delta_B$ 无相关公共变量,则

$$\Delta_D = \Delta_Y + \Delta_B$$

(2) 工序基准在定位基面上误差的合成 若工序基准在定位基面上,即 $\Delta_Y$ 与 $\Delta_B$ 有相关的公共变量,则

$$\Delta_D = \Delta_Y \pm \Delta_B$$

式中,“+”“-”号的确定方法如下:

- ① 定位基面尺寸由小变大(或由大变小)时,分析定位基准的变动方向。
- ② 当定位基面尺寸做同样的变化时,假设定位基准的位置不变动,分析工序基准的变动方向。
- ③ 两者的变动方向相同时,取“+”号,两者的变动方向相反时,取“-”号。



### 【任务实施】

解: 1) 工序尺寸 $h_1$ 的定位误差。尺寸 $h_1$ 的工序基准是 $\phi 20^{+0.021}_0$  mm孔的轴线,定位基准也是 $\phi 20^{+0.021}_0$  mm孔的轴线,符合基准重合原则,基准不重合误差为0。

工件以 $\phi 20^{+0.021}_0$  mm的孔定位,位移误差为

$$\begin{aligned} \Delta_Y &= T_D + T_{d_0} + X_{\min} \\ &= 0.021\text{mm} + 0.013\text{mm} + 0.007\text{mm} \\ &= 0.041\text{mm} \end{aligned}$$

由于工序基准在定位基面上,所以

$$\Delta_D = \Delta_Y + \Delta_B = \Delta_Y = 0.041\text{mm}$$

2) 工序尺寸 $h_2$ 的定位误差。尺寸 $h_2$ 的工序基准是工件直径为 $\phi 50$  mm外圆的最下面的素线,定位基准仍然是 $\phi 20^{+0.021}_0$  mm孔的轴线,基准不重合,需要计算基准不重合误差值 $\Delta_B$ 。

基准不重合误差 $\Delta_B$ ,即为 $z$ 轴方向支承盘外圆半径的误差:

$$\Delta_B = T/2 = 0.10/2\text{mm} = 0.05\text{mm}$$

工件以 $\phi 20^{+0.021}_0$  mm孔定位,位移误差为

$$\begin{aligned} \Delta_Y &= T_D + T_{d_0} + X_{\min} \\ &= 0.021\text{mm} + 0.013\text{mm} + 0.007\text{mm} \\ &= 0.041\text{mm} \end{aligned}$$

由于工序基准不在定位基面上,所以

$$\Delta_D = \Delta_Y + \Delta_B = 0.041\text{mm} + 0.05\text{mm} = 0.091\text{mm}$$

## 【知识拓展】

钻、铰图 2-44a 所示凸轮上的两小孔 ( $\phi 16\text{mm}$ )，定位方式如图 2-44b 所示。定位销直径为  $\phi 22_{-0.021}^0\text{mm}$ ，求加工尺寸  $100\pm 0.1\text{mm}$  的定位误差。

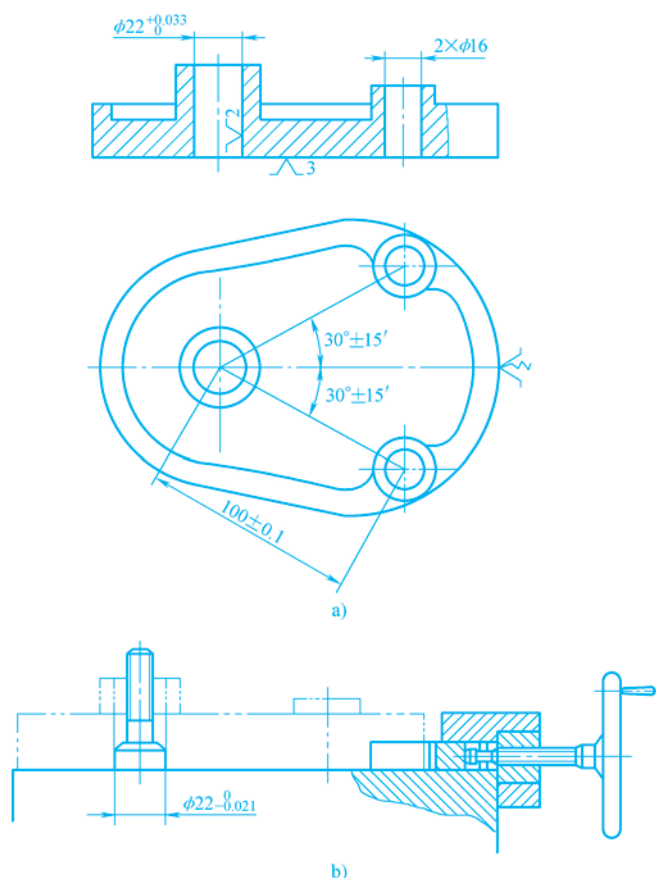


图 2-44 加工凸轮上两小孔的定位误差计算

解：1) 定位基准与工序基准重合， $\Delta_B = 0$ 。

2) 由于夹紧力的作用，定位基准相对限位基准单方向移动，定位基准移动方向与加工尺寸方向间的夹角为  $30^\circ \pm 15'$ 。根据式 (2-6) 和式 (2-8) 得

$$\begin{aligned}\Delta'_Y &= \frac{X_{\max}}{2} = \frac{D_{\max} - d_{0\min}}{2} = \frac{T_D + T_{d0} + X_{\min}}{2} \\ &= (0.033\text{mm} + 0.021\text{mm} + 0\text{mm}) / 2 = 0.027\text{mm} \\ \Delta_Y &= \Delta'_Y \cos\alpha = 0.027 \times \cos 30^\circ \text{mm} = 0.02\text{mm}\end{aligned}$$

3) 由于工序基准 (孔的轴线) 不在定位基面内孔圆柱面上， $\Delta_B$  与  $\Delta_Y$  无相关公共变量，所以

$$\Delta_D = \Delta_Y + \Delta_B = 0.02\text{mm} + 0\text{mm} = 0.02\text{mm}$$

机械工业出版社版权所有

## 任务六 工件以外圆定位时定位误差的分析与计算

### 【任务描述】

采用图 2-45 所示的定位方式在阶梯轴上铣槽，V 形块的夹角为  $90^\circ$ ，试计算加工尺寸  $(74 \pm 0.1)$  mm 的定位误差。

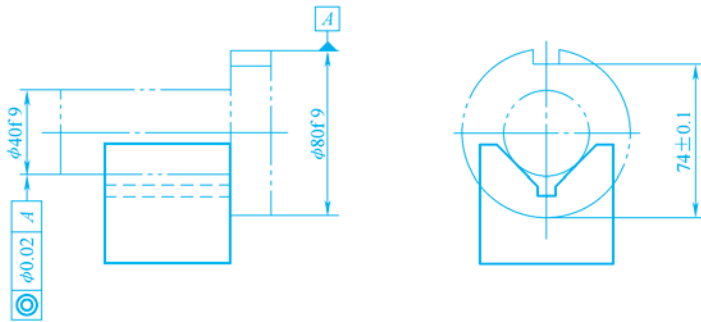


图 2-45 阶梯轴在 V 形块中定位铣槽

### 【相关知识】

工件以外圆柱面在 V 形块上定位时，其定位基准为工件外圆柱面的轴线，定位基面为外圆柱面。如图 2-46a 所示，若不计 V 形块的误差而仅有工件基准面的形状和尺寸误差时，其工件的定心中心会发生偏移，产生基准位移误差。由图 2-46b 可知，仅由于  $T_d$  的影响，使工件中心沿  $z$  向从  $O_1$  移至  $O_2$ ，即基准位移量为

$$\Delta_y = \delta_i = O_1 O_2 = \frac{d}{2 \sin \frac{\alpha}{2}} - \frac{d - T_d}{2 \sin \frac{\alpha}{2}} = \frac{T_d}{2 \sin \frac{\alpha}{2}} \quad (2-10)$$

式中， $T_d$  为工件定位基准的直径公差 (mm)； $\alpha/2$  为 V 形块的半角 ( $^\circ$ )。

V 形块的对中性好，即其沿  $X$  向的位移误差为零。

当  $\alpha = 90^\circ$  时，V 形块的位移误差可由下式计算：

$$\Delta_y = 0.707 T_d \quad (2-11)$$

### 【任务实施】

解：由查表可知

$$\phi 40f9 (\phi 40_{-0.087}^{-0.025} \text{ mm})$$

$$\phi 80f9 (\phi 80_{-0.104}^{-0.030} \text{ mm})$$

① 定位基准是小圆柱的轴线，工序基准在大圆柱的素线上，基准不重合误差

$$\Delta_B = T_{d大}/2 + i = 0.104/2 \text{ mm} + 0.02 \text{ mm} = 0.057 \text{ mm}$$

机械工业出版社版权所有

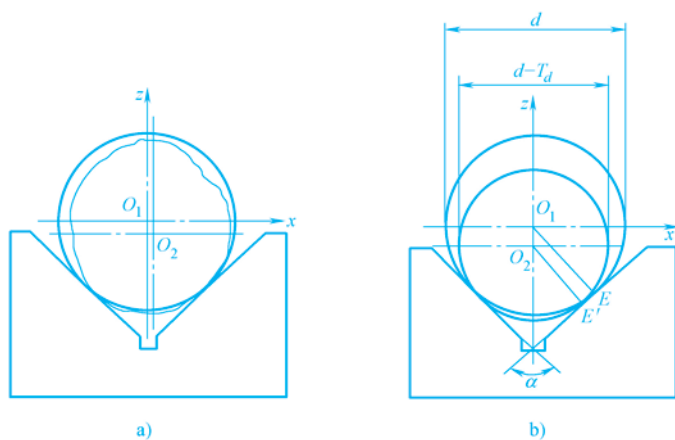


图 2-46 V 形块定心定位的位移误差

## ② 基准位移误差

$$\Delta_Y = \frac{T_{d小}}{2 \sin \frac{\alpha}{2}} = \frac{0.062}{2 \sin \frac{90^\circ}{2}} \text{mm} = \frac{0.062}{2 \times 0.707} \text{mm} = 0.044 \text{mm}$$

## ③ 工序基准不在定位基面上，则定位误差

$$\Delta_D = \Delta_Y + \Delta_B = 0.057 \text{mm} + 0.044 \text{mm} = 0.101 \text{mm}$$



## 【知识拓展】

铣图 2-47 所示工件上的键槽。如图 2-48 所示，工件以圆柱面  $d_{-Td}^0$  在  $\alpha = 90^\circ$  的 V 形块上定位，求加工尺寸分别为  $A_1$ 、 $A_2$ 、 $A_3$  时的定位误差。

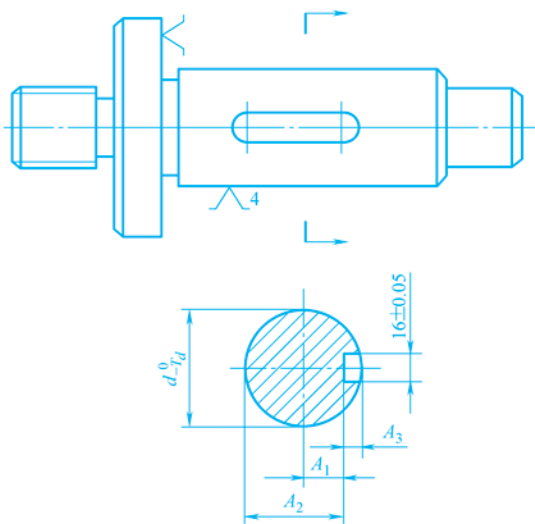


图 2-47 定位误差计算示例

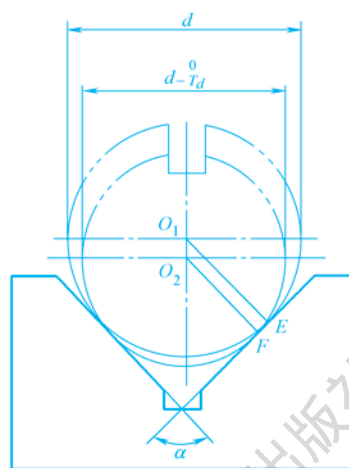


图 2-48 工件在 V 形块定位时的基准位移误差

解：1) 加工尺寸  $A_1$  的定位误差。

① 工序基准是圆柱轴线，定位基准也是圆柱轴线，两者重合

$$\Delta_B = 0$$

② 定位基准相对限位基准有位移， $T_i$  与加工尺寸方向一致，按式 (2-10) 得

$$\Delta_Y = T_i = O_1 O_2 = \frac{d}{2 \sin \frac{\alpha}{2}} - \frac{d - T_d}{2 \sin \frac{\alpha}{2}} - \frac{T_d}{2 \sin \frac{\alpha}{2}}$$

③ 由于工序基准（轴线）不在定位基面（圆柱面）上， $\Delta_B$  与  $\Delta_Y$  无相关公共变量，所以

$$\Delta_D = \Delta_B + \Delta_Y = 0 + \frac{T_d}{2 \sin \frac{\alpha}{2}} = \frac{T_d}{2 \sin \frac{\alpha}{2}} = 0.707 T_d (\alpha = 90^\circ \text{时})$$

2) 加工尺寸  $A_2$  的定位误差

① 由于工序基准是圆柱下素线，定位基准是圆柱轴线，两者不重合，定位尺寸

$$S = \left( \frac{d}{2} \right)^0 \frac{T_d}{-\frac{\alpha}{2}}$$

所以

$$\Delta_B = T_S = \frac{T_d}{2}$$

② 同理，按式 (2-10) 得

$$\Delta_Y = \frac{T_d}{2 \sin \frac{\alpha}{2}}$$

③ 定位误差的合成。工序基准在定位基面上，当定位基面直径由大变小时，定位基准朝下变动；当定位基面直径由大变小、定位基准不动时，工序基准朝上变动。两者的变动方向相反，取“-”号，故

$$\begin{aligned} \Delta_D = \Delta_Y - \Delta_B &= \frac{T_d}{2 \sin \frac{\alpha}{2}} - \frac{T_d}{2} = \frac{T_d}{2} \left[ \frac{1}{\sin \frac{\alpha}{2}} - 1 \right] \\ &= 0.207 T_d \quad (\alpha = 90^\circ \text{时}) \end{aligned}$$

3) 加工尺寸  $A_3$  的定位误差

① 同理，定位基准与工序基准不重合

$$\Delta_B = T_S = \frac{T_d}{2}$$

② 同理，按式 (2-10) 得

$$\Delta_Y = \frac{T_d}{2 \sin \frac{\alpha}{2}}$$

③ 定位误差的合成。工序基准在定位基面上，当定位基面直径由大变小时，定位基准朝下变动；当定位基面直径由大变小、定位基准不动时，工序基准也朝下变动。两者的变动

方向相同, 取“+”号, 故

$$\begin{aligned}\Delta_D = \Delta_Y + \Delta_B &= \frac{T_d}{2\sin\frac{\alpha}{2}} + \frac{T_d}{2} = \frac{T_d}{2} \left[ \frac{1}{\sin\frac{\alpha}{2}} + 1 \right] \\ &= 1.207T_d \quad (\alpha = 90^\circ \text{时})\end{aligned}$$

结论: 轴在 V 形块上定位时的基准位移误差为  $\Delta_Y = \frac{T_d}{2\sin\frac{\alpha}{2}}$ , 由于  $\Delta_B$  与  $\Delta_Y$  中均包含一个公共变量  $T_d$ , 所以需用合成计算定位误差, 根据两者的作用方向取代数和。

个公共变量  $T_d$ , 所以需用合成计算定位误差, 根据两者的作用方向取代数和。

## 思考与练习题

1. 简述六点定位原则。
2. 应用六点定位原则时应注意哪些问题?
3. 夹具保证加工精度必须要满足哪三个条件?
4. 简述定位与夹紧的关系。
5. 定位方式有哪几类? 哪种定位方式能满足加工要求? 哪种定位方式不能满足加工要求?
6. 采取哪些措施可以消除过定位?
7. 定位设计时应遵循哪三项原则?
8. 简述对定位元件的基本要求。
9. 如图 2-49 所示, 求加工尺寸 A 的定位误差。
10. 镗削如图 2-50 所示工件的孔  $\phi 15H7$ , 试求其定位误差。

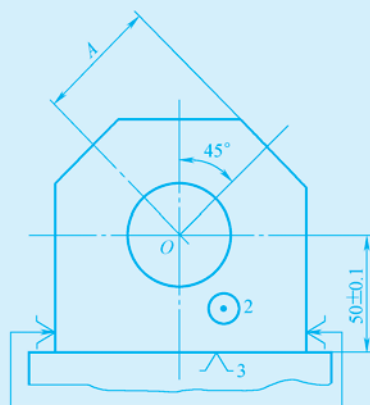


图 2-49 题 9 图

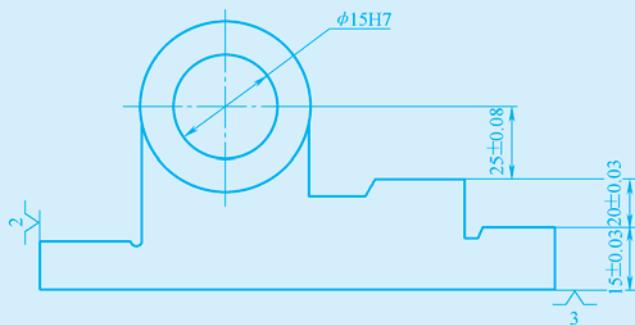


图 2-50 题 10 图

11. 如图 2-51 所示, 以 A 面定位加工  $\phi 20H8$  孔, 求加工尺寸  $(40 \pm 0.1)$  mm 的定位误差。

12. 图 2-52 所示为镗削  $\phi 30H7$  孔时的定位, 试计算定位误差。

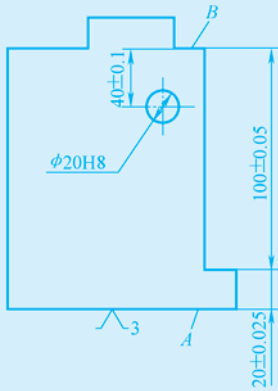


图 2-51 题 11 图

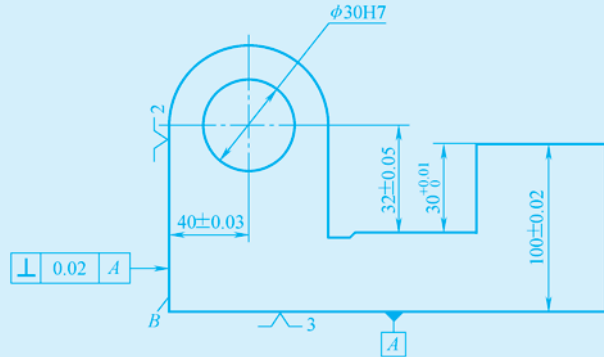


图 2-52 题 12 图

13. 钻、铰图 2-53 所示零件上  $\phi 10H7$  孔, 工件主要以  $\phi 20H7$  ( $^{+0.021}_0$ ) 孔定位, 定位轴直径为  $\phi 20_{-0.016}^{-0.007}$  mm, 求工序尺寸 ( $50 \pm 0.07$ ) mm 的定位误差和影响工件平行度的定位误差。

14. 如图 2-54 所示, 工件以小端外圆  $d_1$  用 V 形块定位, V 形块上两斜面间的夹角为  $90^\circ$ , 加工  $\phi 10H8$  孔。已知  $d_1 = \phi 30_{-0.01}^0$  mm,  $d_2 = \phi 55_{-0.056}^{-0.010}$  mm,  $H = (40 \pm 0.15)$  mm, 同轴度误差  $t = \phi 0.03$  mm, 求加工尺寸  $H = (40 \pm 0.15)$  mm 的定位误差。

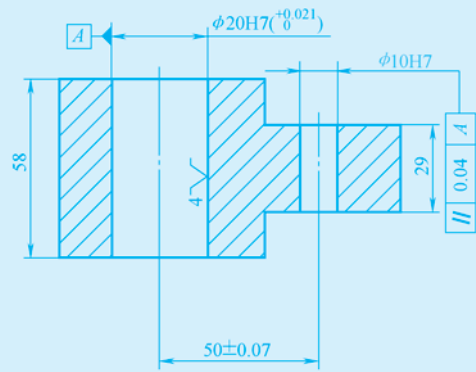


图 2-53 题 13 图

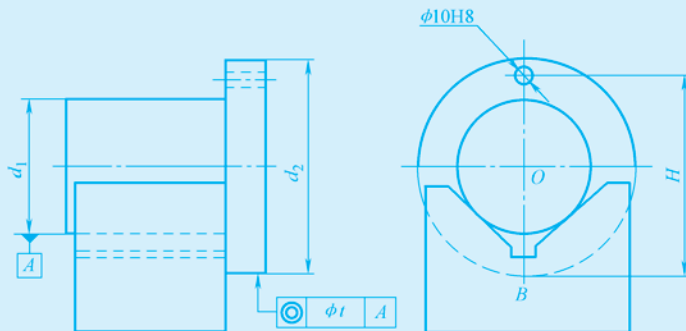


图 2-54 题 14 图

15. 用图 2-55 所示的定位方式在台阶轴上铣削平面, 工序尺寸  $A = 29_{-0.16}^0$  mm, 试计算其定位误差。

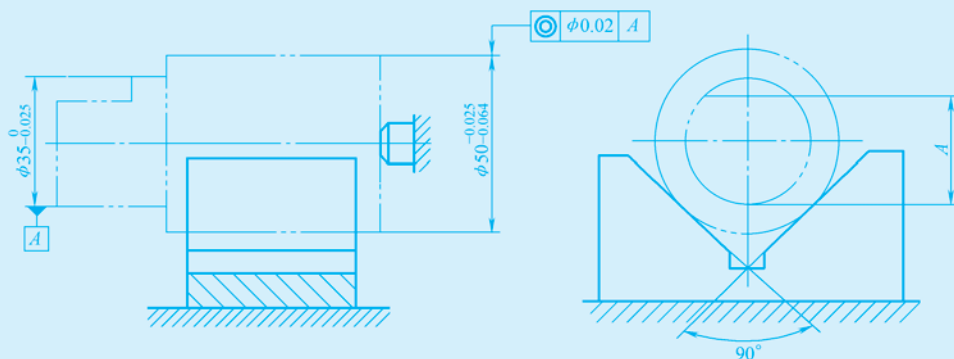


图 2-55 题 15 图

16. 如图 2-56 所示的方式定位, 已知  $d_1 = \phi 20_{-0.013}^0$  mm,  $d_2 = \phi 45_{-0.016}^0$  mm, 两外圆的同轴度误差为  $\phi 0.02$  mm, V 形块夹角  $\alpha = 90^\circ$ 。计算尺寸  $H$  的定位误差。

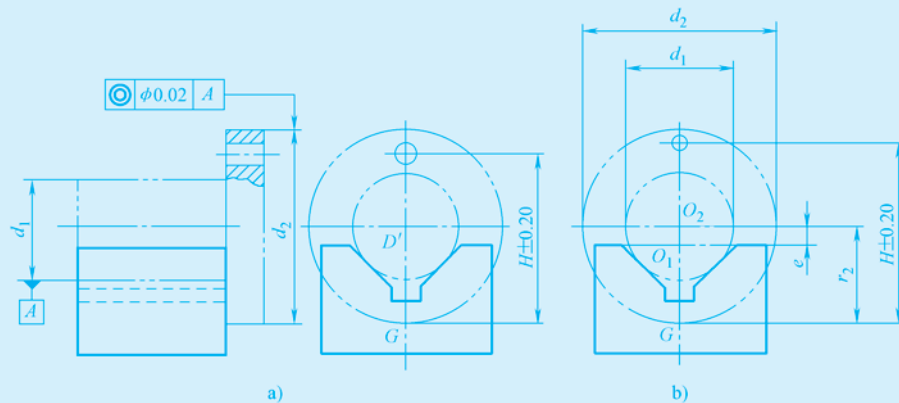


图 2-56 题 16 图

17. 如图 2-57 所示, 工件以孔  $D$  定位, 定位元件轴  $d$  的公差为  $T_d$ , 求加工尺寸  $A$ 、 $E$ 、 $H$  的定位误差。

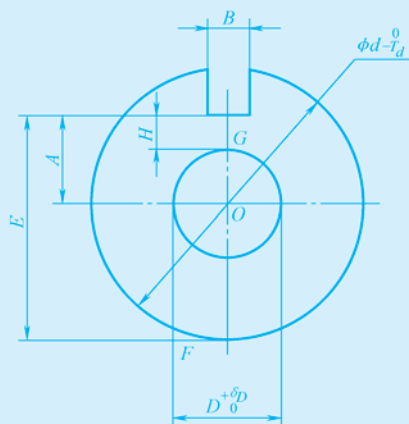


图 2-57 题 17 图

18. 如图 2-58 所示的垫圈零件, 在本工序中需钻  $\phi 1\text{mm}$  孔, 试计算被加工孔的位置尺寸  $L_1$ 、 $L_2$ 、 $L_3$  的定位误差, 如果定位不合理, 如何改进?

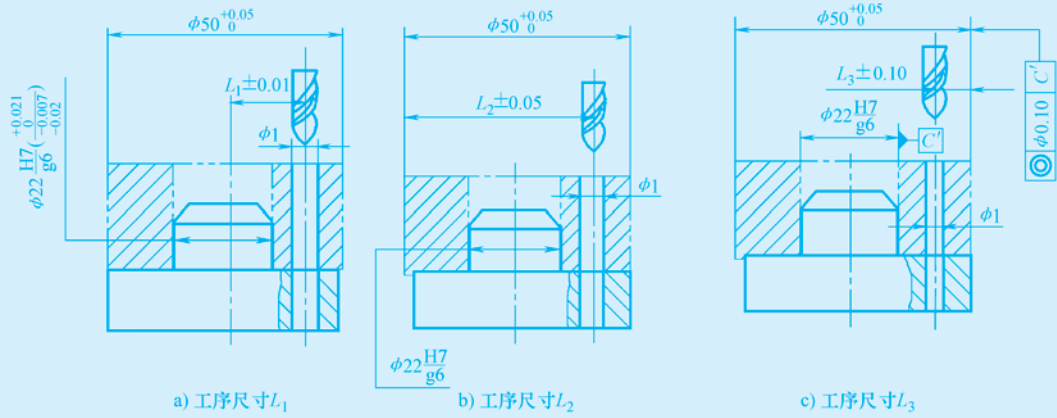


图 2-58 题 18 图