

高 职 高 专 机 电 类 规 划 教 材

机床夹具设计

张权民 主编

史朝辉 主审



科学出版社

www.sciencep.com

高职高专机电类规划教材

机床夹具设计

张权民 主编
史朝辉 主审

科学出版社
北京

内 容 简 介

本书内容包括机床夹具概论、工件在夹具中的定位、工件的夹紧、夹具的对定、各类机床夹具、专用夹具的设计方法、现代机床夹具、附录等。

本书结合作者多年从事高等职业教育的实践经验尤其是近年来课程改革的体会编写。全书贯穿专用夹具设计的主线,对夹具定位原理、定位误差分析、夹具对定、夹具尺寸、技术条件标注等内容提出了独到见解。

本书为高职高专机械制造专业及相关专业教材,亦可供有关工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

机床夹具设计/张权民主编. —北京:科学出版社,2006

高职高专机电类规划教材

ISBN 7-03-017610-3

I. 机… II. 张… III. 机床夹具-设计-高等学校;技术学校-教材
IV. TG750.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 075936 号

责任编辑:何舒民 李昱颖 / 责任校对:柏连海

责任印制:吕春珉 / 封面设计:耕者设计工作室

科学出版社 出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

铭浩彩色印装有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2006 年 9 月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2006 年 9 月第一次印刷 印张:11 1/4

印数:1—3 000 字数:255 000

定价:16.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈路通〉)

销售部电话 010-62136131 编辑部电话 010-62137026(VT03)

前 言

本书根据高等职业教育培养高技能应用型人才的要求而编写。

本书以专用夹具设计为重点,对工件在夹具中定位的“定义”赋予了新内容,对定位误差中基准不重合误差、基准位移误差产生的原因及合成规律、误差的分类、夹具的对定、夹具总图上尺寸、技术条件的标注等提出了独到见解。书中习题紧扣各章内容,练习目的明确,难易恰当。附录有助夹具设计查阅、参考。章节安排紧凑,前后联系紧密。

本书配有电子课件,可以从网站www.abook.cn 下载,如遇问题请与 kexuejianzhu@126.com 联系。该课件以幻灯片为载体,并穿插部分动画和录像,方便教学。

本书编写手法简明扼要,重点突出,侧重知识的应用,以适应职业教育的需要。本书由陕西国防工业职业技术学院副教授、高级工程师张权民编写,由高级工程师史朝辉审定。

由于作者水平有限,书中不足之处在所难免,恳请读者批评指正。

目 录

前言

第 1 章 概论	1
1.1 机床夹具的分类	1
1.1.1 按夹具的特点分类	1
1.1.2 按使用机床分类	2
1.1.3 按夹紧动力源分类	2
1.2 工件的装夹	2
1.2.1 找正法装夹工件	2
1.2.2 专用夹具装夹工件	3
1.2.3 工件装夹的目的	4
1.3 机床夹具的组成	4
1.3.1 基本组成	4
1.3.2 其他组成	5
1.4 机床夹具的工作原理及作用	5
1.4.1 机床夹具的工作原理	5
1.4.2 机床夹具的作用	5
1.5 工件加工误差的组成	5
1.5.1 装夹误差(ΔZJ)	5
1.5.2 对定误差(ΔDD)	6
1.5.3 过程误差(ΔGC)	6
习题	6
第 2 章 工件在夹具中的定位	7
2.1 概述	7
2.1.1 定位的概念	7
2.1.2 基准的概念	7
2.1.3 工件尺寸精度获得的方法	8
2.1.4 工件的自由度	8
2.1.5 定位副	8
2.2 工件定位的基本原理	8
2.2.1 定位基本原理	8
2.2.2 工件定位的几种情况	10
2.2.3 限制工件自由度数与工件加工要求的关系	10
2.2.4 定位元件的合理布置	11
2.3 定位单个典型表面的定位元件	11
2.3.1 定位平面的定位元件	11

2.3.2	定位圆孔的定位元件	14
2.3.3	定位圆锥孔的定位元件	17
2.3.4	定位外圆的定位元件	17
2.4	组合定位中各定位元件限制自由度分析	18
2.4.1	组合定位中各定位元件限制自由度分析	19
2.4.2	组合定位中重复定位现象的消除方法	20
2.4.3	一面两孔定位的设计计算	21
2.4.4	常见定位元件限制的自由度	25
2.5	定位误差的分析计算	28
2.5.1	定位误差及其产生的原因	28
2.5.2	Δj_b 与 Δd_b 的合成规律	30
2.5.3	定位单个典型表面时定位误差的分析计算	30
2.5.4	组合定位时定位误差的分析计算	35
2.6	定位方案设计定位误差分析示例	37
	习题	39
第3章	工件的夹紧	52
3.1	夹紧装置的组成和基本要求	52
3.1.1	夹紧装置的组成	52
3.1.2	夹紧装置的基本要求	52
3.2	设计夹紧装置的基本准则	53
3.2.1	与夹紧力方向有关的准则	53
3.2.2	与夹紧力作用点有关的准则	55
3.2.3	与夹紧力大小有关的准则	57
3.2.4	其他准则	57
3.3	基本夹紧机构	57
3.3.1	斜楔夹紧机构	57
3.3.2	螺旋夹紧机构	59
3.3.3	偏心夹紧机构	63
3.4	联动夹紧机构	65
3.4.1	单件联动夹紧机构	65
3.4.2	多件联动夹紧机构	67
3.4.3	与其他动作联动的夹紧机构	68
3.5	定心夹紧机构	69
3.5.1	定心夹紧机构的工作原理	69
3.5.2	常见的定心夹紧机构	70
	习题	73
第4章	夹具的对定	75
4.1	夹具对切削成形运动的定位	75
4.1.1	夹具与机床的连接形式	75
4.1.2	夹具对切削成形运动的定位分析	77

4.1.3	定位元件对夹具定位面的位置要求	78
4.1.4	夹具位置误差的分析	79
4.2	夹具的对刀	79
4.2.1	对刀装置	79
4.2.2	对刀装置的尺寸标注	80
4.2.3	对刀误差 Δjd 的计算	82
4.2.4	结论	82
4.3	分度装置	83
4.3.1	转角分度装置的基本形式	83
4.3.2	分度定位器的操纵机构	84
4.3.3	锁紧机构	85
4.3.4	圆柱销定位时分度误差计算	85
4.3.5	精密分度	86
	习题	87
第5章	各类机床夹具	89
5.1	车床夹具	89
5.1.1	轴类车床夹具	89
5.1.2	卡盘类车床夹具	90
5.1.3	花盘类车床夹具	90
5.2	铣床夹具	91
5.2.1	铣床夹具的主要类型	91
5.2.2	铣床夹具的设计要点	93
5.3	钻床夹具	94
5.3.1	钻模的结构形式及应用	95
5.3.2	钻模结构的设计要点	97
5.4	镗床夹具	101
5.4.1	镗模的组成	101
5.4.2	镗套	102
5.4.3	镗杆	105
5.4.4	镗模支架	106
5.4.5	镗模底座	107
	习题	107
第6章	专用夹具的设计方法	108
6.1	专用夹具设计的基本要求	108
6.2	专用夹具设计的方法步骤	108
6.2.1	已知条件	108
6.2.2	设计步骤	108
6.2.3	夹具结构总体设计主要过程(图 6.2~图 6.6)	109
6.2.4	设计夹具体,完全夹具总图(图 6.6)	111
6.3	夹具总图上尺寸、公差配合、技术条件标注	111
6.3.1	夹具总图上应标注的尺寸	111

6.3.2	夹具总图上公差配合的制订	113
6.3.3	夹具总图上技术条件的制订	115
6.4	夹具结构的工艺性	117
6.4.1	工艺孔	117
6.4.2	维修工艺	118
6.4.3	加工工艺性	119
6.5	夹具体	119
6.5.1	基本要求	119
6.5.2	夹具体的毛坯结构	120
6.5.3	夹具体外形尺寸的确定	120
6.5.4	夹具体的排屑结构	121
6.5.5	夹具体的吊装装置	121
6.5.6	夹具体的找正基准	121
	习题	121
第7章	现代机床夹具	124
7.1	自动线夹具	124
7.2	组合夹具	124
7.2.1	什么是组合夹具	124
7.2.2	组合夹具元件	126
7.2.3	组合夹具的组装	129
7.2.4	设立厂级或地区级组合夹具(出租)站	129
7.3	通用可调夹具与成组夹具	129
7.3.1	通用可调夹具与成组夹具的组成与工作原理	129
7.3.2	通用可调夹具与成组夹具的设计原理	129
7.4	数控夹具	129
7.4.1	数控机床夹具的设计要求	129
7.4.2	数控机床夹具的设计特点	131
	习题	131
	附录	132
	参考文献	170

第 1 章 概 论

本章重点讲解机床夹具的概念、分类、作用、工作原理及工件加工误差的组成。夹具、机床夹具和机械制造过程基本定义如下：

夹具与机床夹具：在机械制造过程中，用来固定加工对象，使之占有正确加工位置的工艺装备；在机床上固定加工对象的为机床夹具。本书中将机床夹具简称为夹具。

机械制造过程：机床切削、焊接、装配、检验等过程。

1.1 机床夹具的分类

机床夹具的几种分类见图 1.1。

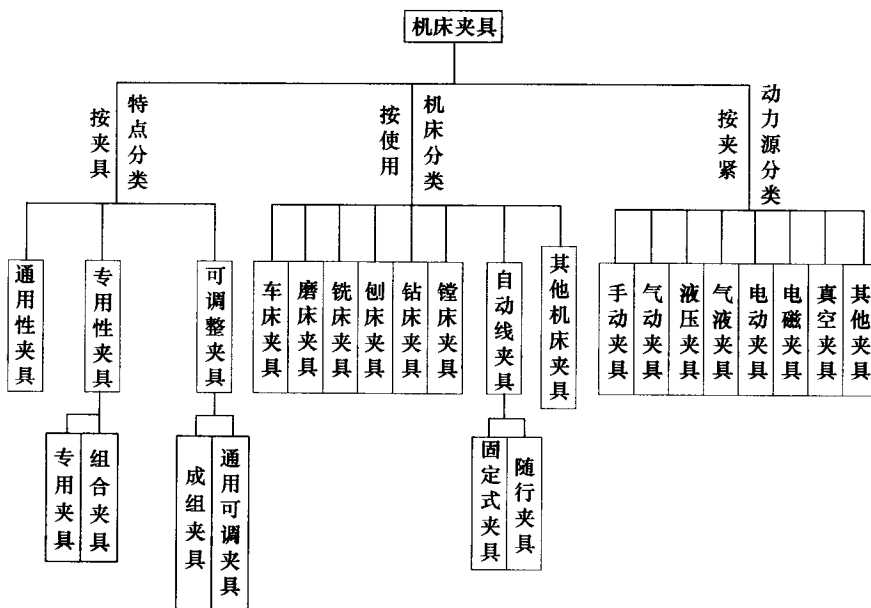


图 1.1 机床夹具的分类

1.1.1 按夹具的特点分类

(1) 通用性夹具

通用性夹具指结构、尺寸已标准化，且具有一定通用性的夹具，如三爪自动定心卡盘、四爪单动卡盘、台虎钳、万能分度头、顶尖、中心架、电磁吸盘等。其特点是适应范围大，已成为机床附件，但其生产率较低，适用单件小批量生产。

(2) 专用性夹具

专用性夹具指针对某一工件、某一工序的加工要求专门设计和制造的夹具。其特

点是针对性极强，没有通用性，常用于批量较大的生产，可获得较高的生产率和加工精度，但设计制造周期长。

(3) 可调整夹具

可调整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便可使用。

(4) 组合夹具

组合夹具是一种模块化的专用夹具。标准的模块元件有较高的精度和耐磨性，可组装成各种专用夹具，夹具用完后可进行拆卸，留待组装新的夹具。组合夹具用在单件，中、小批多品种生产和数控加工中，是一种较经济的夹具。

1.1.2 按使用机床分类

按使用机床分类可分为车床、铣床、刨床、钻床、镗床、磨床、自动线夹具等。

1.1.3 按夹紧动力源分类

按夹紧动力源分类可分为手动、气动、液动、电动等。

1.2 工件的装夹

装夹：加工前，工件被置于机床或夹具中某一正确加工位置，然后再予以压紧的过程。

1.2.1 找正法装夹工件

1) 以工件已有表面找正装夹工件。图 1.2 所示为在四爪卡盘上用划针找正装夹工件。

2) 以工件上事先划好的线痕迹找正装夹工件。图 1.3 所示为在虎钳上用划针找正装夹工件。

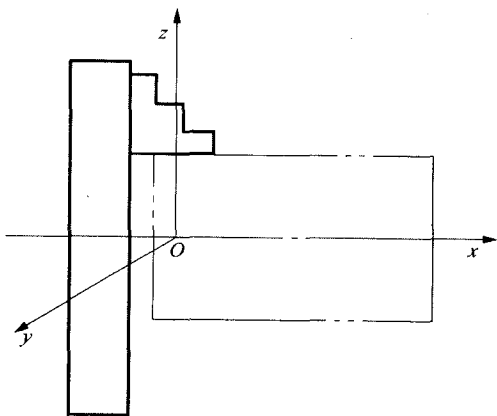


图 1.2 四爪装夹工件

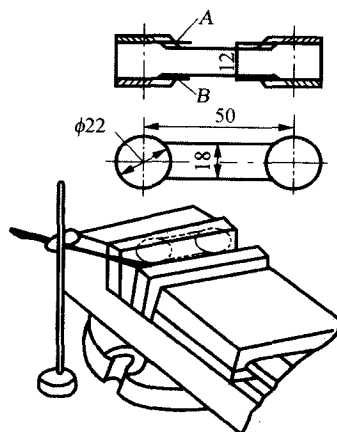


图 1.3 划针找正装夹工件

装夹过程为预夹紧→找正、敲击→完全夹紧。

可见，找正法装夹工件时，工件正确位置的获得是通过找正达到的，夹具只起到夹紧工件的作用。这种方法方便、简单，但生产率低，劳动强度大，适用于单件、小批量生产。

1.2.2 专用夹具装夹工件

1. 钻床夹具装夹工件

图 1.4 所示为在钻床夹具上加工套类零件上 $\phi 6H9$ 径向孔，工件以内孔及端面与夹具上定位销 6 及其端面接触定位，通过开口垫圈 4、螺母 5 压紧工件。把夹具放在钻床工作台上，移动夹具让钻套 1 导引钻头钻孔。因钻套内孔中心线到定位销 6 端面的尺寸及对定位销 6 轴线的对称度是根据工件孔加工位置要求确定的，所以能满足工件加工要求。

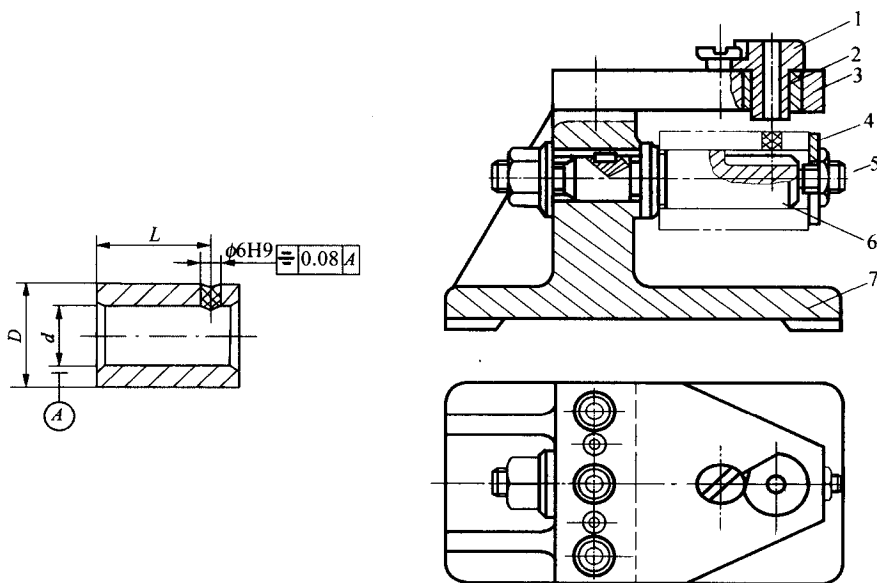


图 1.4 钻床夹具

1—钻套；2—衬套；3—钻模板；4—开口垫圈；5—螺母；6—定位销；7—夹具体

2. 铣床夹具装夹工件

图 1.5 所示为在铣床夹具上加工套类零件上的通槽，工件以内孔及端面与夹具上心轴 1 及端面接触定位，通过螺母 4、开口垫圈 5 压紧工件。在铣床上夹具通过底面和定位键 2 与铣床工作台面和 T 形槽面接触确定夹具在铣床工作台上的位置，通过螺栓压板压紧夹具，然后移动工作台，让对刀块 3 工作面与塞尺、刀具切削表面接触确定其相对位置加工工件，因对刀块工作面到定位销轴线的位置尺寸是根据工件加工要求确定，所以能满足工件加工要求。

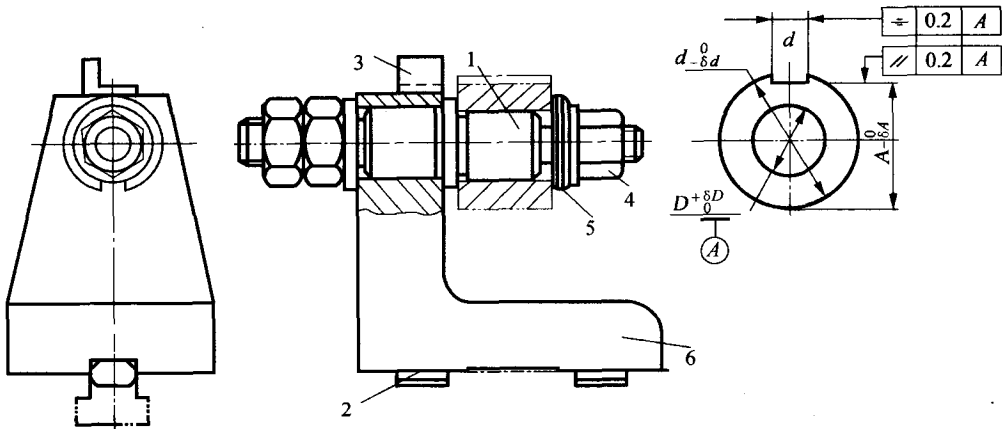


图 1.5 铣床夹具

1—心轴；2—定位键；3—对刀块；4—开口垫圈；5—螺母；6—夹具体

3. 专用夹具装夹工件的特点

- 1) 工件在夹具中定位迅速。
- 2) 工件通过预先在机床上调整好位置的夹具，相对机床占有正确位置。
- 3) 工件通过对刀、导引装置，相对刀具占有正确位置。
- 4) 对加工成批工件效率尤为显著。

1.2.3 工件装夹的目的

(1) 定位

定位即使工件获得正确的加工位置。

(2) 夹紧

夹紧为固定工件的正确加工位置。

一般先定位、后夹紧，特殊情况下定位、夹紧同时实现，如三爪自动卡盘装夹工件。

1.3 机床夹具的组成

如图 1.4、图 1.5 所示，机床夹具主要由以下几方面组成。

1.3.1 基本组成

(1) 定位元件

定位元件与工件定位基准（面）接触的元素，用来确定工件在夹具中的位置。

(2) 夹紧装置

夹紧装置即是压紧工件的装置，是由多个元件组合而成。

(3) 夹具体

夹具体即基本骨架，连接所有夹具元件。

1.3.2 其他组成

(1) 连接元件

连接机床与夹具的元件，用来确定夹具在机床中的位置。

(2) 对刀、导引元件

用来确定夹具与刀具相对位置的元件。

(3) 其他元件

起辅助作用的元件。

1.4 机床夹具的工作原理及作用

1.4.1 机床夹具的工作原理

机床夹具的工作原理如图 1.6 所示。工件通过定位元件在夹具中占有正确位置；工件和夹具通过连接元件在机床上占有正确位置；工件和夹具通过对刀、导引元件相对刀具占有正确位置，从而保证工件相对机床位置正确、工件相对刀具位置正确，最终保证满足工件加工要求。

1.4.2 机床夹具的作用

机床夹具的作用如图 1.6 所示。

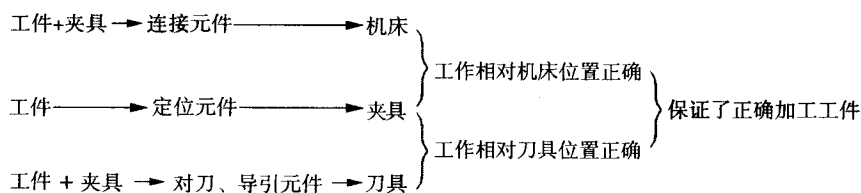


图 1.6 夹具工作原理分析

- 1) 保证加工精度。
- 2) 提高劳动生产率、降低成本。
- 3) 降低工人劳动强度。
- 4) 可由较低技术等级工人进行加工。
- 5) 扩大机床的使用范围。

1.5 工件加工误差的组成

工件加工误差由装夹误差、对定误差和过程误差组成。

1.5.1 装夹误差 (ΔZJ)

把工件装夹到夹具上，工件位置不准确在工件上产生的加工误差。

(1) 定位误差 (Δdw)

工件在夹具上定位不准确在工件上产生的加工误差。

(2) 夹紧误差 (Δjj)

工件夹紧变形在工件上产生的误差。当夹紧力方向、作用点、大小合理时近似为零。

1.5.2 对定误差 (ΔDD)

夹具在机床上安装位置不准确和夹具与刀具相对位置不准确在工件上产生的加工误差。

(1) 夹具位置误差 (Δjw)

夹具在机床上安装位置不准确在工件上产生的加工误差。

(2) 夹具对刀误差 (Δjd)

夹具与刀具对正不准确在工件上产生的加工误差。

1.5.3 过程误差 (ΔGC)

加工过程中的磨损、变形、振动等因素造成工件上产生的加工误差。属随机变量，无法量化。

误差可用误差不等式表示为

$$\Delta ZJ + \Delta DD + \Delta GC \leq T$$

式中： T 为工件允许的最大加工误差，即工件工序尺寸的公差。

为方便计算，一般人为地取 $\Delta ZJ \leq \frac{1}{3}T$ ， $\Delta DD \leq \frac{1}{3}T$ ， $\Delta GC \leq \frac{1}{3}T$ 。

忽略 Δjj ，则 $\Delta dw \leq \frac{1}{3}T$ ，满足此条件，认为满足要求。

习 题

- 1.1 什么是专用夹具？
- 1.2 什么是装夹？简述工件定位与夹紧的区别与联系。
- 1.3 机床夹具由哪几部分组成？
- 1.4 结合图 1.5 简述夹具的工作原理。
- 1.5 工件的加工误差有哪几大类？每类又含哪几项误差？

第2章 工件在夹具中的定位

本章属重点章节，要求重点掌握定位基本原理、定位误差分析。在定位基本原理部分，重点掌握：根据工件工序加工要求，分析应该限制哪些自由度；正确选择定位元件并合理布置限制应该限制的自由度。在定位误差分析部分，重点掌握基准不重合误差和基准位移误差的分析、计算与合成。要求一般掌握工件典型表面常用的定位元件及选择。

2.1 概述

2.1.1 定位的概念

本书研究的是专用夹具。定位就是专门研究一批工件在专用夹具中的定位。

下面由工艺课中所讲定位的概念来分析定位：

工件加工前，在机床或夹具中占据某一正确加工位置的过程



工件加工前，在夹具中占据某一正确加工位置的过程



指一批工件先后装到夹具中，都能占据一致正确加工位置的过程



（一致在坐标系中就是确定）

定位：工件加工前，在夹具中占据“确定”、“正确”加工位置的过程。

本章主要讲什么是“确定”、“正确”的加工位置。

2.1.2 基准的概念

基准是零件上用以确定其他点、线、面位置所依据的要素（点、线、面）。基准又分设计基准、工序基准、定位基准和对刀基准等。

(1) 设计基准

设计基准是在零件图上用以确定点、线、面位置的基准，由产品设计人员确定。

(2) 工序基准

工序基准是在工序图上用以确定被加工表面位置的基准。

工序基准查找方法如下：首先找到加工面，确定加工面位置的尺寸就是工序尺寸，其一端指向加工面，另一端指向工序基准。图 2.1 所示键槽为加工面， h 、 L 、 t 为三个方向的工序尺寸，三个方向上的中心线为工序基准。工序基准由工艺人员确定。

(3) 定位基准

定位基准是确定工件在夹具中位置的基准，即与夹具定位元件接触的工件上的点、线、面。当接触的工件上的点、线、面为回转面、对称面时，称回转面、对称面为定位基准，其回转面、对称面的中心线称定位基准。定位基准由工艺人员确定，是工序图上

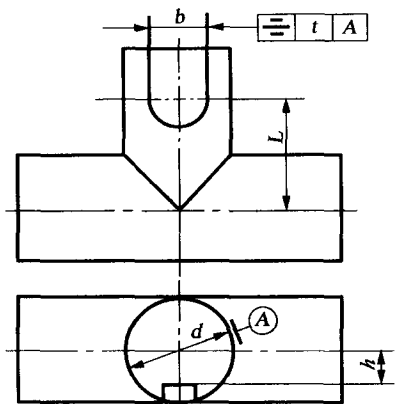


图 2.1 加工键槽的工序图

(3) 调整法

事先调整好刀具与工件（夹具）的相对位置，在加工一批工件过程中，刀具位置不变。本门课中涉及尺寸精度获得的方法一般为调整法。

(4) 自动控制法

通过自动控制机床、刀具的运动，达到尺寸精度的方法。

2.1.4 工件的自由度

工件空间位置不确定性的数目。如图 2.2 所示，工件有六个自由度，表示为： $\bar{X}\bar{Y}\bar{Z}\bar{Z}$ 。

2.1.5 定位副

把工件定位基面（准）和夹具定位元件工作面合称定位副，二者重合，称定位副设计、制造准确，反之称设计、制造不准确。

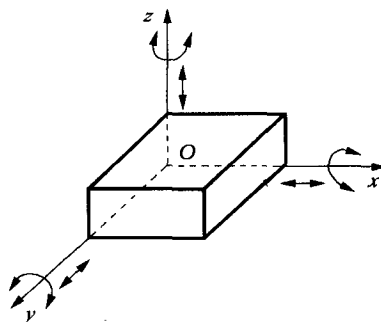


图 2.2 工件自由度

2.2 工件定位的基本原理

2.2.1 定位基本原理

1. 基本原理

1) 工件在夹具中定位可以归结为在空间直角坐标系中，用定位元件限制工件自由度的方法。

2) 工件定位时，应该限制的自由度数目主要由工件工序加工要求确定。

3) 一般情况下，工件定位所需限制自由度的数目 ≤ 6 个。

4) 各定位元件限制的自由度原则上不允许重复或干涉（见下面相关内容分析）。

标有“ \surd ”所示的基准（定位基准的标注形式见附表 1）。

(4) 对刀基准

确定刀具相对夹具（工件）位置的夹具上的基准，一般选与工件定位基准重合的夹具定位元件上的要素为对刀基准。

2.1.3 工件尺寸精度获得的方法

(1) 试切法

试切 \rightarrow 测量 \rightarrow 调刀，反复进行，直到达到要求，此法在工件单件加工时用。

(2) 定尺寸刀具法

由刀具尺寸确定加工要素尺寸的方法。

5) 限制理论上应该限制的自由度, 使一批工件定位位置一致。

2. 应用举例

【例 2.1】 铣图 2.3 (a、b) 所示工件上通槽, 保证槽宽和槽的上下、左右位置要求, 试确定定位方案。

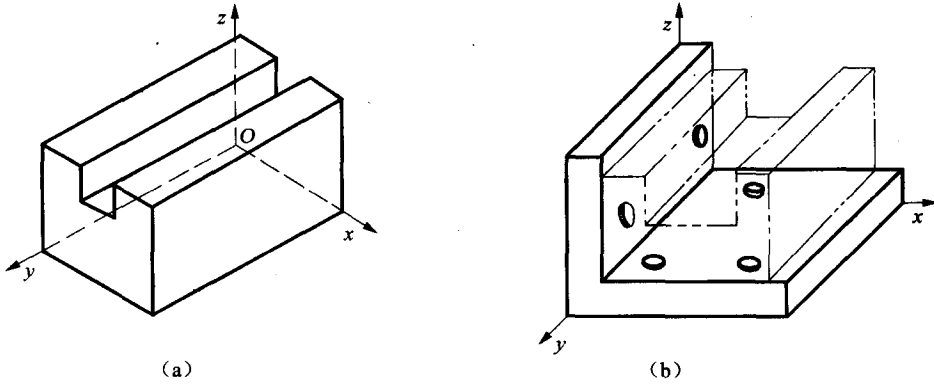


图 2.3 铣槽定位分析

【解】 1) 分析满足加工要求必须限制的自由度, 也称理论上应该限制的自由度, 简称理限。

保证槽的上下位置要求: 必须限制 $\bar{X}\bar{Y}\bar{Z}$ 。

保证槽的左右位置要求: 必须限制 $\bar{X}\bar{Y}\bar{Z}$ 。

槽宽由定尺寸刀具保证。

综合要求: 必须限制 $\bar{X}\bar{X}\bar{Y}\bar{Z}\bar{Z}$ 五个自由度。

2) 用“定位元件”限制理论上应该限制的自由度。

在与机床工作台面平行的平面上“合理”布置三个支承钉与工件底面接触, 限制了 $\bar{X}\bar{Y}\bar{Z}$ 三个自由度, 在与机床进给方向平行的平面上“合理”布置两个支承钉与工件侧面接触, 限制了 $\bar{X}\bar{Z}$ 两个自由度。

综合结果: 限制了 $\bar{X}\bar{X}\bar{Y}\bar{Z}\bar{Z}$ 五个自由度。

【例 2.2】 铣图 2.4 所示工件上的槽, 保证槽在三个方向上的位置要求, 试确定定位方案。

【解】 1) 分析满足加工要求必须限制的自由度 (理限)。

保证槽的上下位置要求: 必须限制 $\bar{X}\bar{Y}\bar{Z}$ 。

保证槽的左右位置要求: 必须限制 $\bar{X}\bar{Y}\bar{Z}$ 。

保证槽的前后位置要求: 必须限制 \bar{Y} 。

综合要求: 必须限制 $\bar{X}\bar{X}\bar{Y}\bar{Y}\bar{Z}\bar{Z}$ 六个自由度。

2) 用定位元件来限制理论上应该限制的自由度。

用长 V 形块与工件外圆面接触限制 $\bar{X}\bar{X}\bar{Z}\bar{Z}$ 。用定位支承钉与工件端面接触限制 \bar{Y} 。用定位销与工件槽面接触限制 \bar{Y} 。

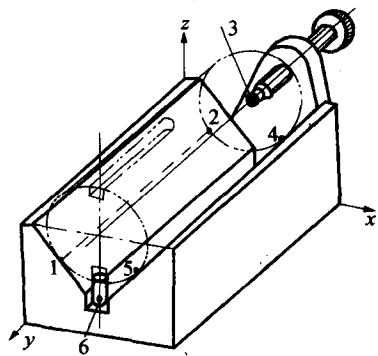


图 2.4 铣槽定位分析