

高职高专“十一五”规划教材

机械制造工艺与装备

王雪红 罗永新 主编
皮智谋 主审



化学工业出版社

· 北京 ·

本教材是为满足高职高专课程改革的需要,切实体现职业教育以能力为本位的人才培养要求进行编写的,在授课模式不做颠覆性调整的基础上,精心安排内容,将“机械制造工艺”、“金属切削原理和刀具”以及“机床夹具”三大部分进行了有机的整合,实现相关课程的交叉和重组,以适应实际教学在课程改革的过渡阶段的平稳衔接。

本教材共八章,内容包括:金属切削刀具的基本知识、机械加工工艺规程的制订、机械加工工序的设计、典型表面的加工方案与典型零件的加工、机床夹具基础知识、机械加工质量、机械装配工艺基础和现代制造技术等。内容丰富、实用,为不同情况院校的实际教学提供了较大的选择性和拓展性。

本教材可用作处于教学改革和课程调整过程中的高职高专院校机械及相关专业的教材,也可作为成人教育、继续教育以及工程技术人员自学的教材和参考书。

图书在版编目(CIP)数据

机械制造工艺与装备/王雪红,罗永新主编. —北京:
化学工业出版社,2008.7
高职高专“十一五”规划教材
ISBN 978-7-122-02910-2

I. 机… II. ①王…②罗… III. 机械制造工艺-高等
学校:技术学院-教材 IV. TH16

中国版本图书馆CIP数据核字(2008)第103617号

责任编辑:王金生 赵文应
责任校对:蒋宇

装帧设计:尹琳琳

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)

印刷:大厂聚鑫印刷有限责任公司

装订:三河市延风印装厂

787mm×1092mm 1/16 印张18 字数470千字 2008年9月北京第1版第1次印刷

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899

网址:<http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价:29.80元

版权所有 违者必究

前 言

高职高专的课程与教学内容一直是高职专业教改的核心，依据应用型人才培养为主旨和特征构建高职高专课程和教学内容，以教学内容为核心的改革层出不穷，使得教材的专业特色、地方特色、行业特色要求越来越高。课程综合化、专题化、技能化是课程建设的方向，教学内容的把握显得越来越有难度。机械制造工艺学便是这样的一门机械类专业课程。

为了体现应用型人才培养目标的要求，把传统的机械制造工艺学、金属切削原理与刀具、机床夹具三门课程内容有机地融合起来，并加入了现代制造技术等新内容，成为本教材编写的主旨。为了适应较大范围的选择性，教材基本上保留了上述三门课程的主要内容。

本教材建议总学时数为 112 学时，各章学时分配如下：

章 次	学 时	章 次	学 时
第 1 章	16	第 6 章	20
第 2 章	12	第 7 章	12
第 3 章	12	第 8 章	10
第 4 章	10	机动	4
第 5 章	16		

本书第 1 章由湖南工学院王桂良编写，第 2 章、第 3 章由湖南工业职业技术学院王雪红编写，第 4 章由贺建明编写，第 5 章由宁朝阳编写，第 6 章的第 1~4 节由龙华编写，第 6 章的第 5~7 节由黎永祥编写，第 7 章由蔡素玲编写，第 8 章由罗永新编写。全书由王雪红、罗永新任主编，皮智谋任主审，由王桂良、宁朝阳、蔡素玲任副主编。

由于编者水平有限，书中的缺点和错误恳请读者批评指正。

编者

2008 年 6 月

目 录

第 1 章 金属切削刀具的基本知识	1	2.1.1 生产过程和工艺过程	59
1.1 基本概念	1	2.1.2 生产纲领与生产类型	59
1.1.1 金属切削加工	1	2.1.3 工艺过程的组成	61
1.1.2 切削运动	1	2.1.4 工件的装夹与零件精度的获得	63
1.1.3 切削用量	2	2.2 制订机械加工工艺规程的基本要求和	
1.1.4 刀具的分类	2	步骤	65
1.1.5 刀具材料及合理选用	3	2.2.1 机械加工工艺流程的作用	65
1.2 车刀	8	2.2.2 制订机械加工工艺规程的基本	
1.2.1 刀具静止角度参考系及几何角度 ...	8	要求	66
1.2.2 焊接式车刀	10	2.2.3 制订机械加工工艺规程的原始	
1.2.3 机夹式车刀	11	资料	66
1.2.4 可转位车刀	12	2.2.4 制订机械加工工艺规程的步骤	66
1.2.5 成型车刀	15	2.3 工艺路线的制订	73
1.3 孔加工刀具	18	2.3.1 加工经济精度与加工方法的	
1.3.1 钻削加工特点与麻花钻	18	选择	73
1.3.2 扩孔钻与铰钻	20	2.3.2 加工阶段的划分	76
1.3.3 铰刀	21	2.3.3 工序的集中与分散	77
1.3.4 镗刀	24	2.3.4 定位基准的选择	77
1.3.5 圆孔拉刀	24	2.3.5 工序顺序的安排	83
1.4 铣刀	26	2.4 制订工艺路线实例	84
1.4.1 铣刀的几何参数	26	2.4.1 零件图的研究和工艺分析	86
1.4.2 铣刀的种类及结构	27	2.4.2 毛坯的制造形式	86
1.4.3 铣刀的改进与先进铣刀	33	2.4.3 加工方法的选择	86
1.5 齿轮刀具	34	2.4.4 加工阶段的划分	87
1.5.1 齿轮刀具的种类	34	2.4.5 工序的集中与分散	87
1.5.2 齿轮滚刀及其选用	38	2.4.6 定位基准的选择	87
1.6 磨具	42	2.4.7 热处理工序的安排	87
1.6.1 砂轮的结构要素	42	2.4.8 辅助工序的安排	87
1.6.2 砂轮的特性要素	44	思考与练习题	90
1.6.3 砂轮的形状、尺寸及代号	46	第 3 章 机械加工工序的设计	92
1.6.4 金刚石砂轮和立方氮化硼砂轮	46	3.1 加工余量、工序尺寸及公差的确定	92
1.7 数控机床刀具	48	3.1.1 加工余量的概念	92
1.7.1 数控机床刀具的特点、选用原则		3.1.2 加工余量的影响因素	93
及快换方式	49	3.1.3 加工余量的确定方法	94
1.7.2 数控机床常用刀具	52	3.1.4 工序尺寸及公差的确定	95
1.7.3 数控机床的工具系统	52	3.2 工艺尺寸链	95
1.7.4 数控机床刀具尺寸的预调		3.2.1 尺寸链的概述	95
(对刀)	56	3.2.2 尺寸链的基本公式	96
思考与练习题	57	3.2.3 工艺尺寸链封闭环的查找	97
第 2 章 机械加工工艺规程的制订	59	3.2.4 工艺尺寸链在工艺过程中的	
2.1 机械加工过程的基本概念	59	应用	97

3.3 数控加工工艺的工序设计	102	5.4.4 镗床夹具	193
3.3.1 数控加工工艺的基本特点	102	思考与练习题	197
3.3.2 数控加工工艺的主要内容	103	第6章 机械加工质量	200
3.3.3 数控加工工序的设计	104	6.1 概述	200
3.4 工艺过程的技术经济分析	107	6.1.1 机械加工精度	200
3.4.1 工艺成本的组成	107	6.1.2 机械加工表面质量	200
3.4.2 工艺成本的计算	107	6.2 工艺系统的几何误差对加工精度的影响	200
3.4.3 不同工艺方案的经济比较	108	6.2.1 加工原理误差	201
思考与练习题	109	6.2.2 工艺系统的几何误差	201
第4章 典型表面的加工方案与典型零件的加工	112	6.3 工艺系统受力变形对加工精度的影响	207
4.1 典型表面的加工方案	112	6.3.1 工艺系统刚度	207
4.1.1 外圆柱表面的加工方案	112	6.3.2 工艺系统的受力变形引起的加工误差	208
4.1.2 孔的加工方案	112	6.3.3 工件残余应力引起的变形	212
4.1.3 平面的加工方案	113	6.3.4 减小工艺系统受力变形的主要措施	214
4.2 轴类零件的加工	113	6.4 工艺系统的热变形对加工精度的影响	215
4.2.1 概述	113	6.4.1 概述	215
4.2.2 轴类零件加工工艺分析	116	6.4.2 工件热变形对加工精度的影响	216
4.2.3 轴类零件加工精度分析	122	6.4.3 刀具热变形对加工精度的影响	217
4.3 套类零件的加工	125	6.4.4 机床热变形对加工精度的影响	217
4.3.1 概述	125	6.4.5 减小工艺系统热变形的措施	218
4.3.2 套类零件加工工艺分析	127	6.5 工艺系统对加工表面粗糙度的影响	220
4.3.3 套类零件加工精度分析	129	6.5.1 机械加工表面质量的含义	220
4.4 箱体零件的加工	131	6.5.2 机械加工表面质量对机器使用性能的影响	221
4.4.1 概述	131	6.5.3 切削加工影响表面粗糙度的因素	222
4.4.2 箱体加工工艺分析	135	6.5.4 磨削加工影响表面粗糙度的因素	222
4.4.3 箱体的孔系加工	138	6.5.5 影响加工表面层物理力学性能的因素	222
4.4.4 箱体零件加工精度分析	142	6.6 加工误差综合分析	223
思考与练习题	146	6.6.1 加工误差的性质	223
第5章 机床夹具基础知识	150	6.6.2 加工误差的统计分析法	224
5.1 机床夹具概述	150	6.7 提高加工精度的途径	233
5.1.1 机床夹具的分类	150	6.7.1 直接消除法或减小误差法	233
5.1.2 机床夹具的组成	151	6.7.2 误差补偿法	234
5.1.3 机床夹具的作用	152	6.7.3 误差转移法	234
5.2 工件的定位	152	6.7.4 分组调整和均分误差法	235
5.2.1 六点定位原则	152	6.7.5 误差平均法	235
5.2.2 常用定位元件	155	6.7.6 就地加工法	236
5.2.3 定位误差的分析与计算	164	思考与练习题	237
5.3 工件的夹紧	173		
5.3.1 夹紧装置的组成和基本要求	173		
5.3.2 夹紧力的确定	173		
5.3.3 几种常用的夹紧机构	175		
5.4 典型机床夹具	184		
5.4.1 车床夹具	184		
5.4.2 铣床夹具	185		
5.4.3 钻床夹具	187		

第 7 章 机械装配工艺基础	241		
7.1 概述	241		
7.1.1 机器装配的基本概念	241		
7.1.2 装配内容	241		
7.1.3 装配精度的概念	242		
7.1.4 装配精度与零件精度的关系	243		
7.2 装配尺寸链	243		
7.2.1 基本概念	243		
7.2.2 装配尺寸链的建立	243		
7.2.3 装配尺寸链的计算	245		
7.3 保证装配精度的装配方法	250		
7.3.1 互换装配法	251		
7.3.2 选配装配法	251		
7.3.3 修配装配法	253		
7.3.4 调整装配法	254		
7.4 装配工艺规程的制订	255		
7.4.1 制订装配工艺规程的基本原则 与原始资料	256		
7.4.2 制订装配工艺规程的步骤	256		
思考与练习题	261		
第 8 章 现代制造技术	263		
8.1 现代制造技术概述	263		
8.2 自动化制造系统	266		
8.2.1 柔性制造系统	266		
8.2.2 计算机集成制造系统	268		
8.2.3 高速切削	270		
8.3 成组技术	271		
8.3.1 成组技术的基本概念	271		
8.3.2 零件编码	272		
8.3.3 成组夹具	275		
8.3.4 成组工艺过程设计	275		
8.3.5 CAPP 技术	277		
思考与练习题	278		
参考文献	279		

第5章 机床夹具基础知识

5.1 机床夹具概述

5.1.1 机床夹具的分类

在机械加工中，为了迅速、准确地确定工件在机床上的位置，从而正确地确定工件与机床、刀具的相对位置关系，并在加工中始终保持这个正确位置的工艺装备称为机床夹具。其作用是能较容易、较稳定地保证加工精度，提高劳动生产率，同时扩大机床的使用范围，并改善劳动条件、保证生产安全。

机床夹具的种类很多，通常有三种分类方法，即按通用特性、夹紧动力源和使用机床来分类。

(1) 按机床夹具的通用特性分类

① 通用夹具 通用夹具是指夹具的结构、尺寸已标准化、系列化，具有一定通用性的夹具。如三爪自定心卡盘、四爪单动卡盘、万能分度头、机用虎钳、顶尖、中心架、跟刀架、回转工作台、电磁吸盘等。其优点是适应性强，不需调整或稍加调整即可用来装夹一定形状和尺寸范围内的多种工件。其缺点是装夹时常需辅以人工找正工件位置，因而加工精度不高、生产效率低，适用于单件小批量生产。这类夹具大多作为机床附件生产。

② 专用夹具 专用夹具是针对某一工件某一道工序的加工要求而专门设计和制造的机床夹具。其优点是在产品相对稳定、批量较大的生产中可以获得较高的加工精度和生产率，对工人的技术水平要求也相对较低。其缺点是夹具的设计制造周期长、费用较高。这类夹具专用性强、操作迅速方便，适用于大批大量生产中。

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便可使用。其中在通用夹具上设置可调或可换元件构成通用可调夹具，其通用范围比通用夹具更大。

④ 组合夹具 这类夹具是用预先制造好的和系列化的一套标准零件和部件根据加工工序的需要拼装而成的，组装后可完成某工件的某一道工序的加工，加工完一批工件后再拆开、清洗和储存，以便多次重复使用的机床专用夹具。

组合夹具拼装周期短，可拼装成钻床、车床、铣床等机床夹具。由于可重复使用，所以装备成本降低。但需储备大量标准的零部件，而且夹具刚性一般也较机床专用夹具低。主要应用于单件、小批生产中。

⑤ 成组夹具 这类夹具可使用于一组同类（或结构相似）零件的加工。当从加工工件组中的某一种工件转为加工另一种工件时，只要调整（或更换）夹具中的个别元件（或专用调整件）即可进行装夹和加工。在多品种、中、小批量生产中采用成组加工时，大多采用成组夹具。

⑥ 自动线夹具 自动线夹具一般分为两种，一种为固定式夹具，它与专用夹具相似；另一种为随行夹具，使用中央具随工件一起在自动线上运动，将工件沿着自动线从一个工位移至下一个工位加工。

为便于快速、准确调整刀具的正确位置，根据不同加工情况，可在夹具上设置确定刀具（铣、刨刀等）位置或引导刀具（孔加工所用刀具）方向的对刀、导向元件。如钻床夹具上的钻套就是引导刀具方向的导向元件。又如如图 5-1 中的对刀块 2 就是确定铣槽刀位置的对刀元件。

(5) 夹具连接元件 机床夹具工作时应安装在机床上，为保证工序尺寸和位置公差要求，夹具相对于机床也必须保持正确位置。因此，在夹具上一般设置有定位和固定用的连接元件，以便可靠保持夹具在机床上的正确位置。如图 5-1 中的定位键 3，就是夹具与铣床工作台保持一定位置关系的连接元件。

(6) 其他装置或元件 根据工序的加工要求不同，有些夹具上还设有分度装置、靠模装置、工件顶出器、上下料装置以及标准化了的其他联接元件。

以上各组成部分，并不是每个夹具都必须完全具备的。一般来说，定位元件、夹紧装置和夹具这三部分是夹具的基本组成部分。

5.1.3 机床夹具的作用

(1) 提高劳动生产率 使用夹具后，工件的定位、夹紧能在很短的时间内完成，缩短辅助时间；如果夹具上采用高效的多件、多工位、快速或联动夹紧方式，则更能够显著地缩短辅助时间和基本时间，从而提高劳动生产率。

(2) 保证加工精度，稳定加工质量 工件经过在夹具上装夹，使得工件与机床、刀具之间获得了稳定且正确的相对位置和几何关系，因此可以较容易地保证工件的加工精度。另外，采用夹具装夹工件后，工件的定位不再受划线、找正等主、客观因素的影响，减少对其他生产条件的依赖，所以能稳定地保证一批工件的加工质量。

(3) 改善工人的劳动条件，降低对工人的技术要求 用夹具装夹工件，方便、省力、安全。当采用机动夹紧的夹紧装置时，可明显减轻工人的劳动强度。由于采用夹具装夹工件一般不需要复杂的划线、找正等工作，故可适当降低对工人的技术要求。

(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，故可明显降低生产成本。

(5) 扩大机床的工艺范围 根据机床的成型运动，附以不同类型的夹具，即可扩大原有机床的工艺范围。例如在车床的溜板上或摇臂钻床的工作台上装上镗模，即可进行箱体的镗孔加工。

5.2 工件的定位

在机械加工过程中，应使工件、夹具、刀具和机床之间保持正确的相互位置，才能加工出合格的零件。这种正确的相互位置关系是通过工件在夹具中的定位，夹具在机床上的正确安装，刀具相对于夹具的合理调整来实现的。一般来说，工件的定位基准一旦被选定，那么工件的定位方案也就基本确定了。

5.2.1 六点定位原则

在空间直角坐标系中的一个尚未定位的工件，其位置是不确定的，它具有六个方向活动的可能性，即沿三个坐标轴方向的移动，分别用符号 \vec{x} 、 \vec{y} 、 \vec{z} 表示，和绕三个坐标轴方向的转动，分别用符号 \widehat{x} 、 \widehat{y} 、 \widehat{z} 表示。习惯上把工件在空间坐标系中某个方向活动的可能性称为一个自由度，那么该工件共有六个自由度。如图 5-2 所示。

工件要正确定位就要限制工件的自由度，在夹具中通常用一个支承点限制工件的一个自

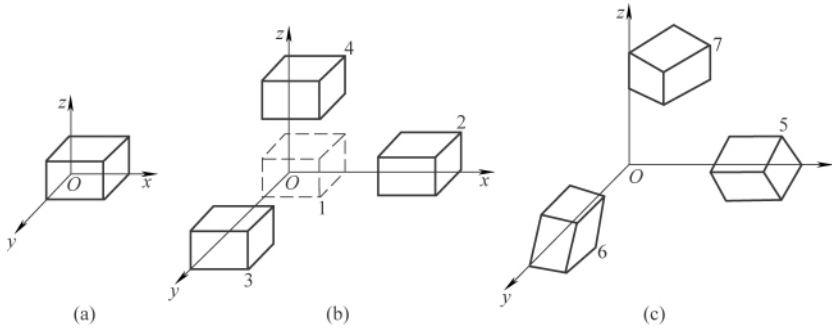


图 5-2 工件在空间的六个自由度

自由度，如图 5-3 所示设置六个支承点，长方体工件的三个面分别与这些点保持接触，它的六个自由度均被限制了。其中 XOY 平面上呈三角形分布的三点 1、2、3 限制了 \vec{z} 、 \widehat{x} 、 \widehat{y} 三个自由度； YOZ 平面内的水平放置的两个点 4 和 5 限制了 \vec{x} 、 \vec{z} 两个自由度； XOZ 平面内的一点 6 限制了 \vec{y} 一个移动自由度。这种用合理布置的六个支承点限制工件的六个自由度，从而使工件的位置完全确定的原则称为六点定位原则。

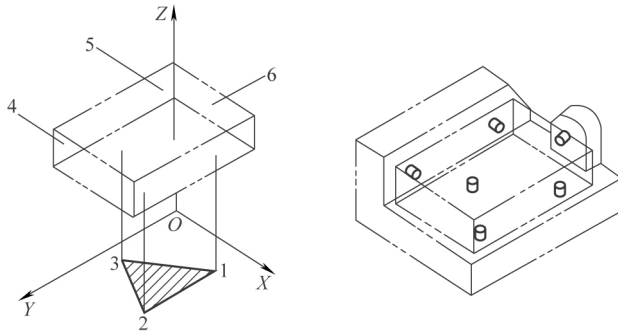


图 5-3 长方体工件的六点定位

工件定位时，影响加工精度要求的自由度必须限制，不影响加工精度要求的自由度可以限制也可以不限制。加工时工件的定位需要限制多少个自由度，完全由工件的加工精度要求所决定。例如图 5-4 所示在工件上铣槽，为保证槽底面与 A 面的距离尺寸和平行度要求，必须限制 \vec{z} 、 \widehat{x} 、 \widehat{y} 三个自由度；为确保槽侧面与 B 面的距离尺寸和平行度要求，必须限制工件 \vec{x} 、 \vec{z} 两个自由度。这时根据工件的加工要求，工件在定位时必须限制 \vec{x} 、 \vec{z} 、 \widehat{x} 、 \widehat{y} 、 \vec{z} 这五个自由度。

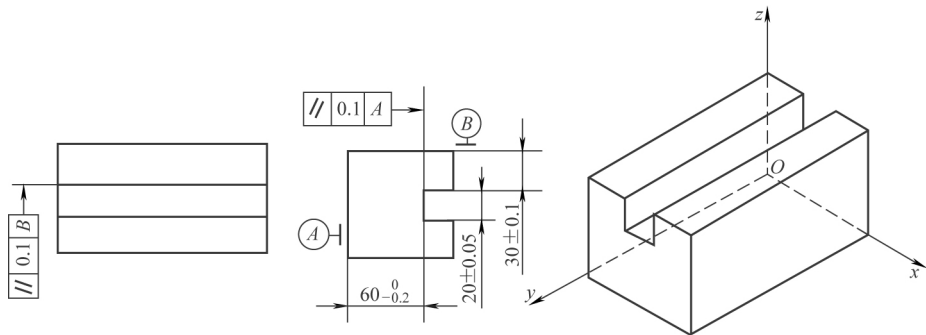


图 5-4 在工件上铣槽

工件定位中的四种情况如下。

(1) 完全定位 工件的六个自由度都被限制的定位称为完全定位。如图 5-3 中的长方体工件的定位为完全定位。当工件在 X 、 Y 、 Z 三个坐标轴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。

(2) 不完全定位 工件被限制的自由度少于六个，但能满足加工要求的定位称为不完全定位。如图 5-4 中工件铣槽工序的定位只需限制五个自由度即可，为不完全定位。

(3) 欠定位 根据工件的加工要求，应该限制的自由度没有完全被限制的定位，称为欠定位。欠定位无法保证加工要求，是绝对不允许的。如图 5-4 在工件上铣槽，如果 \hat{z} 没有被限制，就不能保证槽底面与 A 面的距离尺寸要求；如果 \hat{x} 、 \hat{y} 没有被限制，就不能保证槽底面与 A 面的平行度要求。

(4) 过定位 夹具上的两个或两个以上的定位元件，重复限制工件的同一个自由度，称为过定位，又叫重复定位。如图 5-5 所示为插齿时工件的定位，工件 4 以内孔在心轴 1 上定位，限制了工件 \hat{x} 、 \hat{y} 、 \hat{x} 、 \hat{y} 四个自由度，又以端面在支承凸台 3 上定位，限制了工件 \hat{z} 、 \hat{x} 、 \hat{y} 三个自由度，其中 \hat{x} 、 \hat{y} 被心轴和支承凸台重复限制，这就出现了过定位。由于工件内孔和心轴的间隙很小，当工件内孔与端面的垂直度误差较大时，工件端面与支承凸台定位面将不会良好接触，实际上只有一点相接触，会造成定位不稳定，而当工件一旦被夹紧，在夹紧力的作用下，还会引起心轴或工件变形，这样就会影响工件的安装和加工精度，所以这种过定位是不允许的。因此当出现过定位时，应采取有效措施消除或减小过定位的不良影响，一般有如下两种措施。

第一，改变定位元件的结构，使定位元件重复限制自由度的部分不起定位作用。如在图 5-5 中的工件与支承凸台之间增设球面垫圈，以消除 \hat{x} 、 \hat{y} 两个自由度的重复限制，避免了过定位的不良影响，如图 5-6 所示。

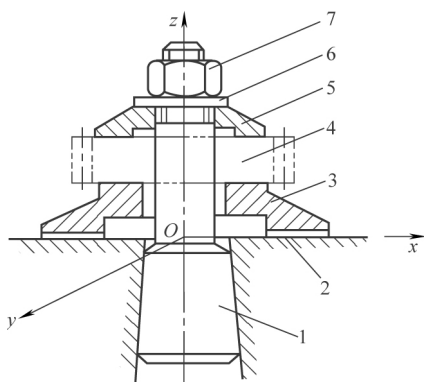


图 5-5 插齿时齿坯的定位

1—心轴；2—工作台；3—支承凸台；4—工件；
5—压垫；6—垫圈；7—压紧螺母

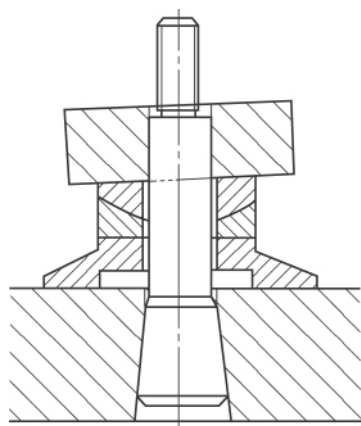


图 5-6 通过改变定位元件
结构避免过定位

第二，提高工件定位基准面之间以及定位元件工作表面之间的位置精度。这样也可消除因过定位而引起的不良后果，仍能保证工件的加工精度，而且有时还可以使夹具制造简单，使工件定位稳定，刚性增强。如图 5-5 中插齿时齿坯的定位出现了过定位，如果在齿坯加工时工艺上保证了作为定位基准用的内孔和端面具有很高的垂直度，夹具制造时定位心轴与支承凸台之间也保证了很高的垂直度，即使存在极小的垂直度误差，还可以利用心轴和工件内孔间的配合间隙来补偿，那么此时的过定位便可合理应用，且还能提高齿坯在加工中的刚性

和稳定性，有利于保证加工精度。

5.2.2 常用定位元件

为了保证同一批工件在夹具中占据一个正确的位置，必须选择合理的定位方法和设计相应的定位装置。在机械加工中，一般不允许将工件的定位基面直接与夹具体接触，而是通过定位元件上的工件表面与工件定位基面的良好接触来实现定位。工件上常用的定位基准（或基面）主要有平面、内圆柱表面、外圆柱表面、内锥面、外锥面及成型面如渐开线表面等。夹具中的定位元件是确定工件正确位置的重要零件，常用的定位元件主要有：支承钉、支承板、定位销（心轴）、定位套、V形块等。为了提高定位精度，延长夹具的使用寿命，对夹具的定位元件提出以下基本要求。

① 足够的精度 定位元件的制造精度直接影响被定位工件的加工精度。因此，对定位元件的尺寸及形位公差都提出了严格的要求。一般定位元件的尺寸及位置公差应当控制在被定位工件相应尺寸及位置公差的 $1/5 \sim 1/20$ 。

② 足够的强度和刚度 定位元件不仅限制工件的自由度，还有支承工件、承受夹紧力和切削力的作用，因此，还应有足够的强度和刚度，以免使用中变形和损坏。

③ 较高的耐磨性 工件的装卸会磨损定位元件工作表面，导致定位元件工作表面精度下降，引起定位精度的下降。当定位精度下降至不能保证加工精度时则应更换定位元件。为延长定位元件更换周期，提高夹具使用寿命，定位元件工作表面应有较高的耐磨性。

④ 良好的工艺性 定位元件的结构应力求简单、合理，便于加工、装配和更换。对于工件不同定位基面的形式，定位元件的结构、形状、尺寸和布置方式也不同。

5.2.2.1 工件以平面定位时的定位元件

工件以平面作为定位基准时常用的定位元件如下。

(1) 主要支承 主要支承用来限制工件自由度，起定位作用。

① 固定支承 固定支承有支承钉和支承板两种型式，如图 5-7 所示，在使用过程中它们都是固定不动的。当工件以粗糙不平的毛坯面定位时，采用球头支承钉 [见图 (b)]；齿纹头支承钉 [见图 (c)] 用在工件侧面，以增大摩擦因数，防止工件滑动；当工件以加工过的平面定位时，可采用平头支承钉 [见图 (a)] 或支承板。图 (d) 所示的支承板结构简单，制造方便，但孔边切屑不易清除干净，故适用于侧面和顶面定位；图 (e) 所示支承板便于清除切屑，适用于底面定位。

需要经常更换的支承钉应加衬套，如图 5-8 所示。支承钉、支承板均已标准化，其公差配合、材料、热处理等可查国家标准《机床夹具零件及部件》。一般支承钉与夹具体孔的配

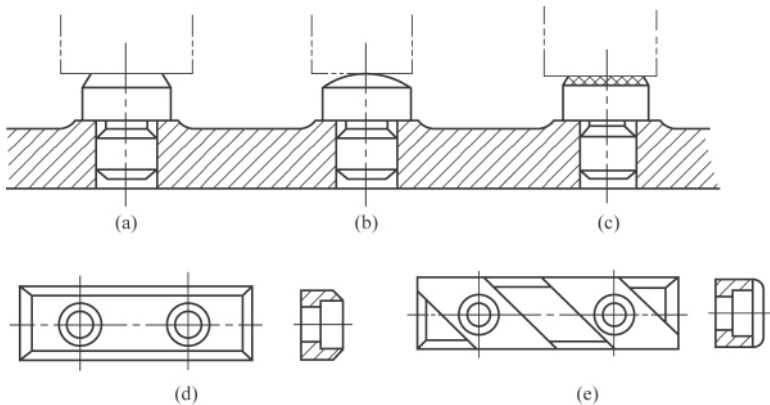


图 5-7 支承钉和支承板

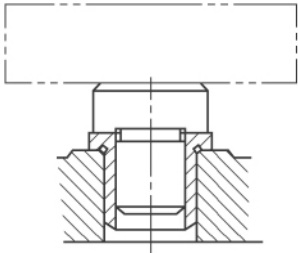


图 5-8 衬套的应用

合可取 $H7/n6$ 或 $H7/r6$ 。如用衬套则支承钉与衬套内孔的配合可取 $H7/js6$ 。

当要求几个支承钉或支承板装配后等高时，可采用装配后一次磨削法，以保证它们的工作面在同一平面内。

② 可调支承 可调支承就是支承高度可以调节的支承，其结构形式很多，如图 5-9 所示。它多用来支承工件的粗基准面。可调支承的可调性完全是为了弥补粗基准面的制造误差。一般每加工一批毛坯时，根据粗基准的误差变化情况，应加以相应的调整。

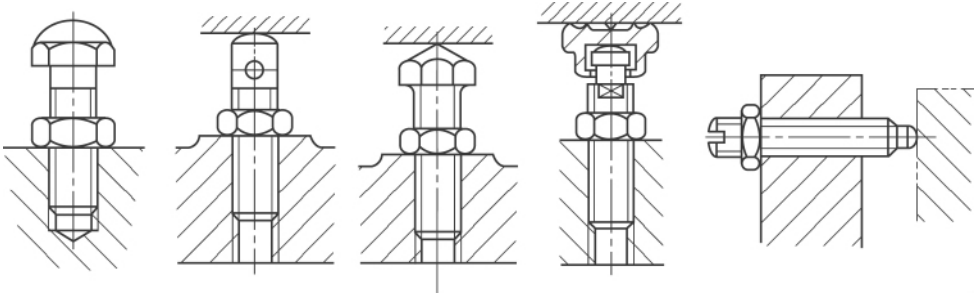


图 5-9 可调支承

在图 5-10 (a) 中，工件为砂型铸件，先以 A 面定位铣 B 面，再以 B 面定位镗双孔。铣 B 面时若用固定支承，由于定位基面 A 的尺寸和形状误差较大，铣完后的 B 面与两毛坯孔 [图 5-10 (a) 中的点划线] 的距离尺寸 H_1 、 H_2 变化也大，使镗孔时余量很不均匀，甚至可能导致余量不够。因此图 5-10 (a) 中应采用可调支承，定位时适当调整支承钉的高度，便可避免出现上述情况。对于中小型零件，一般每批调整一次，调整好，用锁紧螺母拧紧固定，此时其作用与固定支承完全相同。若工件较大且毛坯精度较低时，也可能每件都要调整。

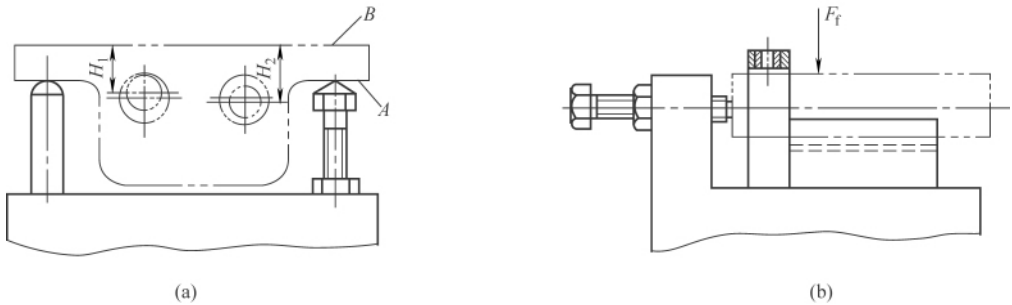


图 5-10 可调支承的应用

在同一夹具上加工形状相同但尺寸不同的工件时，可采用可调支承，如图 5-10 (b) 所示，在轴上钻径向孔，对于孔至端面的距离不等的工件，只要调整支承钉的伸出长度，便可进行加工。

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。自位支承的结构类型很多。图 5-11 所示为五种结构的自位支承。它们有一个共同特点，即与工件是多点接触（两点或三点），通过它们自身的浮动机构，实现对工件只起一个支承点的作用。所以自位支承只限制一个自由度。在有些定位系统中，既要求增加

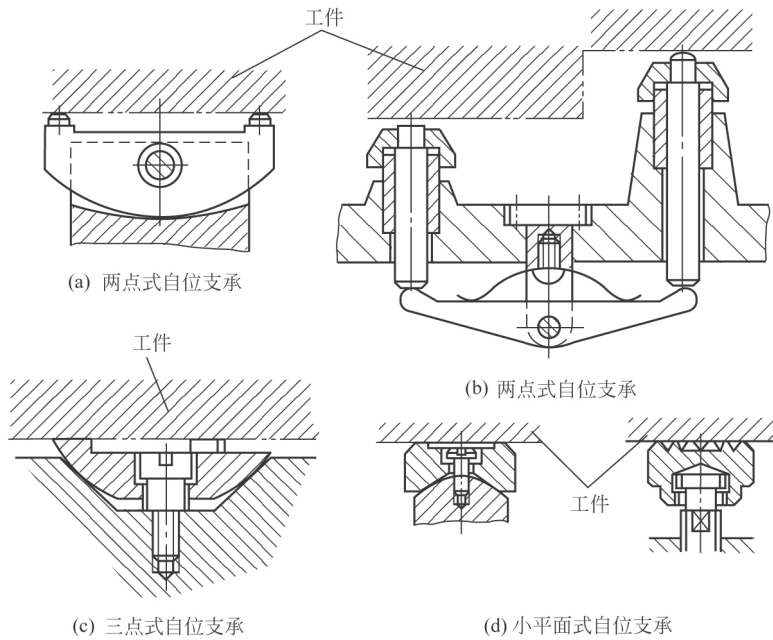


图 5-11 自位支承结构

支承点数目，以减少工件变形或减小接触应力，又要求只限制一个自由度时，可采用自位支承。自位支承适用于工件以毛坯面定位或定位刚性较差的场合。

(2) 辅助支承 辅助支承用来提高装夹刚度和稳定性，不起定位作用。如图 5-12 所示，被加工工件是轴承座，在加工其底平面时，以它的顶部剖分面为定位基准面，此时工件将有部分要悬空，显然刚性很差，加工时易产生变形和振动。因此，应该在它的悬空一端增加辅助支承，这样就提高了工件的刚性和稳定性。辅助支承一定要在工件装夹好以后再与工件接触起到辅助支承作用，否则，有可能破坏工件的正常定位。

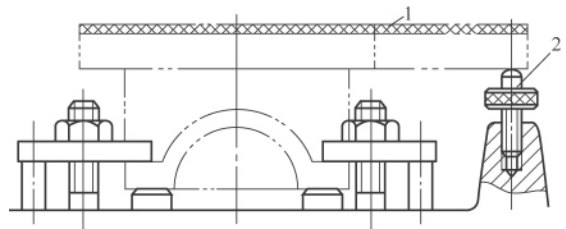


图 5-12 辅助支承应用
1—加工面；2—辅助支承

从工作过程来看，辅助支承与可调支承有点类似。但实际上是不相同的。首先，可调支承是起定位作用的，而辅助支承不起定位作用。其二，可调支承是加工一批工件调整一次，所以其上有高度锁定机构（锁紧螺母）；而辅助支承的高低位置必须每次都按工件已确定好的位置进行调节，其上有用于方便、快速调整和锁定高度的机构。

辅助支承的实际结构尽管很多，但按工作原理可分为以下三种类型。

① 螺旋式辅助支承 如图 5-13 (a) 所示螺旋式辅助支承的结构与可调式支承相近，但操作过程不同，前者不起定位作用，而后者起定位作用。

② 自位式辅助支承 如图 5-13 (b) 所示，弹簧 2 推动滑柱 1 与工件接触，用顶柱 3 锁紧，弹簧力应能推动滑柱，但不可推动工件。

③ 推引式辅助支承 如图 5-13 (c) 所示，工件定位后，推动手轮 4 使滑销 5 与工件接触，然后转动手轮使斜楔 6 开槽部分涨开锁紧。

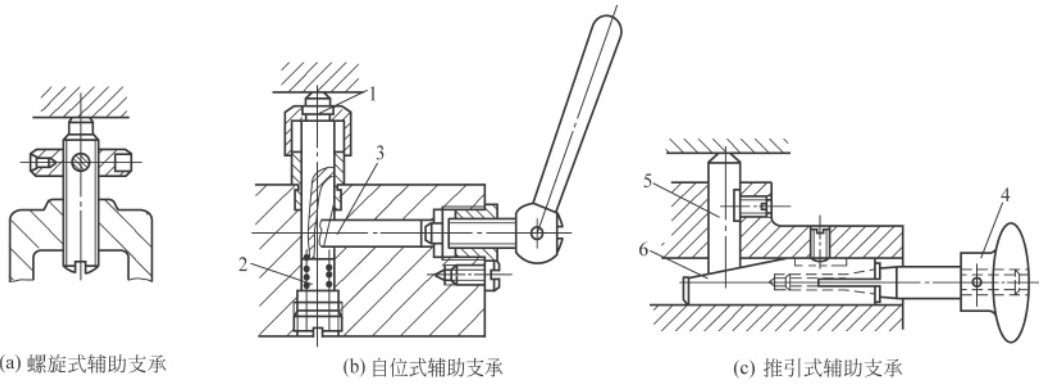


图 5-13 辅助支承

1—滑柱；2—弹簧；3—顶柱；4—手轮；5—滑销；6—斜楔

5.2.2.2 工件以内孔定位时的定位元件

工件以内孔表面作为定位基面时常用的定位元件有圆柱定位销、定位心轴和圆锥定位销等。现介绍如下。

(1) 圆柱定位销 如图 5-14 所示为常用圆柱定位销结构。当定位销直径 D 小于 3~10mm 时，为避免使用中折断或热处理时淬裂，通常将根部制成圆角 R 。夹具体上应有沉孔，使定位销的圆角部分沉入孔内而不影响定位。大批大量生产时，为了便于定位销的更换，可采用如图 5-14 (d) 所示的带有衬套的结构型式。为了便于工件装入，定位销头部有 15° 的倒角。此时衬套的外径与夹具体底孔采用 H7/h6 或 H7/r6 配合，而内径与定位销外径采用 H7/h6 或 H7/h5 配合。

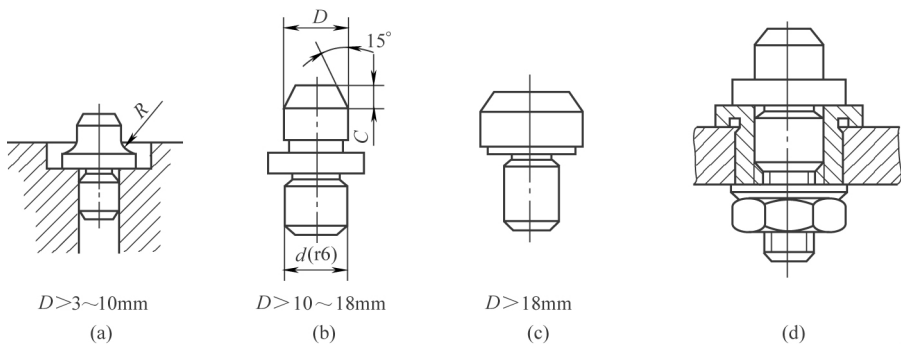


图 5-14 圆柱定位销

圆柱定位销与工件内圆柱面配合定位时，定位元件所能限制的自由度可根据定位面与定位元件的有效接触长度 L 与定位孔直径 D 之比而定。当 $L/D \geq 1$ 时，可认为是长圆柱定位销与圆孔配合，它们限制四个自由度，即限制除沿轴线的移动和转动以外的四个自由度；当 $L/D < 1$ 时，可认为是短圆柱定位销与圆孔配合，它限制两个自由度。

(2) 定位心轴 实际应用中的心轴结构形式很多，但按其与其孔的配合性质主要有三种典型结构。

① 圆锥心轴 如图 5-15 (a) 所示。圆锥心轴的锥度一般为 $1/1000 \sim 1/5000$ ，属于小锥度心轴。工件定位时，是依靠心轴的锥体定心和胀紧。圆锥心轴能限制五个自由度。小锥度既可以防止工件在轴上倾斜，又可以提高定位精度。

② 过盈配合圆柱心轴 如图 5-15 (b) 所示，由导向部分、定位部分和传动部分组成。

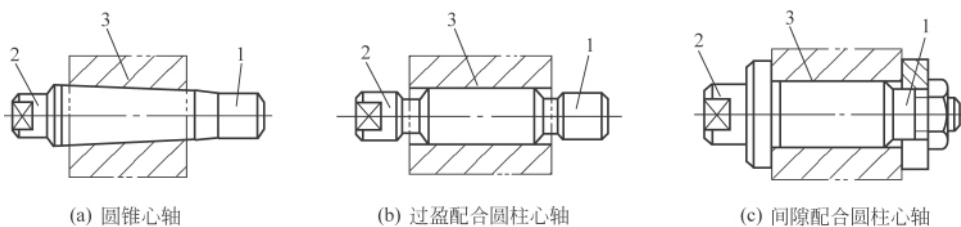


图 5-15 定位心轴结构

1—导向部分；2—传动部分；3—定位部分

心轴的定位部分 3 与工件的定位孔是过盈配合，工件须经压力机将其压入心轴的定位部分。一般最大过盈量不超过 $H7/r6$ ，以免压入工件的压力过大使工件变形而损坏。导向部分 1 的作用是使工件方便、迅速而准确地装配。心轴末端的传动部分 2，起带动心轴运动的作用。这种心轴定心精度较高，能传递一定扭矩，常用于车床精车盘套类零件。

③ 间隙配合圆柱心轴 如图 5-15 (c) 所示。心轴定位部分与工件定位孔是间隙配合，其配合间隙可按 $H7/h6$ 或 $H7/g6$ 或 $H7/f7$ 制造。装卸工件方便，但定心精度不高。为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、心轴定位圆柱面与定位平面之间都有较高的垂直度要求，最好能在一次装夹中加工出来。工件是靠心轴右端的螺母夹紧的。为装卸工件迅速，采用了开口垫圈。

当工件以圆锥孔作为定位基准面时，相应的定位元件为圆锥心轴 [参见图 5-15 (a)] 和顶尖等。在加工轴类或某些要求准确定心的工件时，在工件上专为定位加工出工艺定位面——中心孔，中心孔即为圆锥孔，中心孔与顶尖配合，即工件左端中心孔用轴向固定的前顶尖定位，右端中心孔用活动顶尖定位。中心孔定位的优点是定心精度高，还可实现定位基准统一。

定位心轴在机床上的安装如图 5-16 所示。

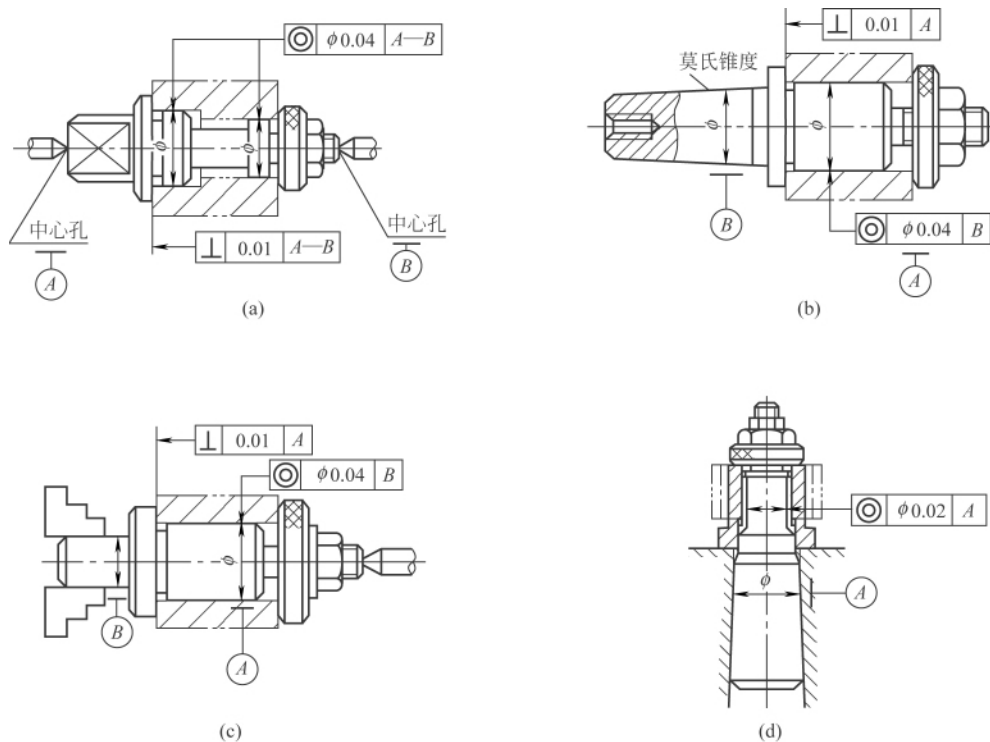


图 5-16 定位心轴在机床上的安装方式

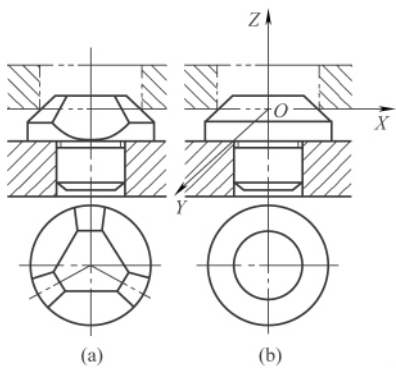


图 5-17 圆锥销定位

为了保证工件的同轴度要求，设计心轴时，夹具总图上应标注心轴各工作面、工作圆柱面与中心孔轴线或锥柄间的位置精度要求，其同轴度可取工件相应同轴度的 $1/2 \sim 1/3$ 。

(3) 圆锥定位销 如图 5-17 所示为工件以圆孔在圆锥销上定位，它限制了工件的 \vec{X} ， \vec{Y} ， \vec{Z} 三个移动自由度。其中图 (a) 所示用于未加工过的孔；图 (b) 所示用于已加工过的孔。

工件在单个圆锥定位销上定位容易倾斜，为此圆锥定位销一般与其他定位元件组合定位。如图 5-18 (a) 所示为圆锥—圆柱组合心轴，锥度部分使工件准确定位，圆柱部分可减小工件的倾斜。图 5-18 (b) 所示为工件以底面和活动圆锥销组合定位，限制工件五个自由度。图 5-18 (c) 所示为工件在双圆锥销上定位，限制工件的五个自由度。

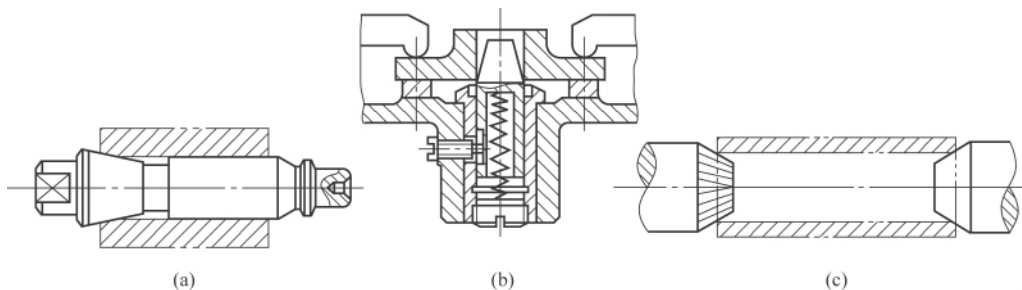


图 5-18 圆锥销组合定位

5.2.2.3 工件以外圆柱面定位时的定位元件

工件以外圆柱面定位是一种非常普遍的定位方式。常用的定位元件有 V 形块、定位套、半圆孔定位套、圆锥定位套等。现介绍如下。

(1) V 形块 如图 5-19 所示，V 形块主要参数如下。

d ——V 形块的标准心轴直径，即工件定位基面外圆直径的平均值；

α ——V 形块两工作面间的夹角，有 60° 、 90° 、 120° 三种，其中 90° V 形块应用最广；

H ——V 形块高度；

T ——V 形块的定位高度，即 V 形块的定位基准至 V 形块底面的距离；

N ——V 形块的开口尺寸。

设计 V 形块时，工件直径 d 是已知的，而 H 和 N 等参数均从国家标准《机床夹具设计手册》中查得，但 T 必须计算。由图 5-19 可知

$$T = H + OC = H + (OE - CE)$$

因

$$OE = \frac{d}{2 \sin \frac{\alpha}{2}}$$

$$CE = \frac{N}{2 \tan \frac{\alpha}{2}}$$