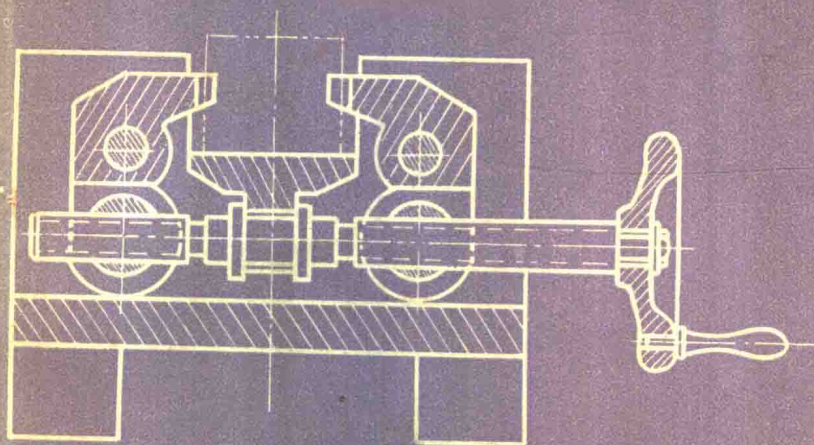


屈梁生等編



夾具設計原理

上海科学技术出版社

內 容 提 要

夹具是机械制造工业中用以便利或加快施工程序的一种工具。本书着重于论述机床夹具。

本书首先论述了夹具定位原理,夹紧原理和夹紧机构,以及夹具的传动部件和中间传动机构。其次,根据加工类型,分别论述钻床夹具、镗模、铣床夹具、车床及圆磨床夹具、拉床夹具、切齿机床夹具等,并论述了车床液压仿形装置、万能拼合夹具和檢驗夹具。最后讨论了夹具设计中的若干经济问题。

本书可作为大专学校的教学参考书,亦可供夹具设计人员参考之用。

夹 具 設 計 原 理

屈梁生 朱維洲 吳友傑 編

上海科学技术出版社出版

(上海瑞金二路450号)

上海市书刊出版业营业许可証出 093 号

新华书店上海发行所发行 各地新华书店經售

上海洪兴印刷厂印刷

开本 860×1168 1/32 印張 12 8/32 字數 322,000

1961年5月第1版 1961年5月第1次印刷

印數 1-3,000

統一書号: 15119·1570

定 价: (十二) 1.70 元

目 录

第一章 緒論	1
§1 机床夹具在机械制造生产中的作用	1
§2 夹具的分类和組成	4
§3 解放以来我国在夹具設計方面的进展和今后发展的方向	6
第二章 定位原理及原件	9
§1 六点定位規律	9
§2 对夹具定位原件的基本要求	12
§3 平面定位	14
§4 外圓柱面定位	22
§5 用平面及外圓柱面定位时的定位誤差、誤差不等式	24
§6 內孔定位——单孔及双孔定位	27
§7 其他定位方法	36
第三章 夹紧原理及夹紧机构	39
§1 夹紧工件的基本原則	39
§2 螺旋夹紧和螺釘压板夹紧机构	45
§3 偏心夹紧和偏心压板夹紧机构	55
§4 多位及多件夹紧机构	61
第四章 定心夹紧机构	67
§1 定心夹紧机构的作用	67
§2 斜面的定心作用	68
§3 薄壁夹紧件的定心作用	61
第五章 夹具的傳动部件	103
§1 气压傳动	103
§2 气-液压联动	131
§3 液压傳动	137
§4 电气傳动	142

§5 其他机械化夹紧方法	143
第六章 夹具的中间传动机构	148
§1 机械传动机构	148
§2 液压传动机构	154
第七章 钻床夹具	156
§1 钻套及钻模板	156
§2 盖板式钻模	160
§3 固定式钻模	163
§4 翻轉式钻模	167
§5 滑柱式钻模及其自鎖机构	169
§6 轉台及回轉式钻模	185
§7 移动式钻模	200
§8 多軸傳动头的典型結構	201
第八章 镗模	210
§1 镗模的基本类型及其特点	210
§2 镗模的典型結構	214
§3 镗孔用的輔助工具	219
§4 有关钻模和镗模精度的一些問題	220
第九章 銑床夹具	223
§1 銑床夹具的基本特点和分类	223
§2 銑床用的万能調整夹具	226
§3 直綫进給用的专用夹具	238
§4 圆周进給用的专用夹具	246
§5 銑床用的机械仿形裝置	250
§6 自动化銑床夹具	255
§7 多軸傳动头	259
第十章 車床及圓磨床夹具	264
§1 夹头	264
§2 加工軸类零件的夹具	276
§3 加工套筒及盘状和环状零件所用的夹具	287
§4 磨齒輪中心軸孔用的夹头	295
§5 快速及高精度的車磨夹具	300

第十一章 車床液压仿形裝置	307
§ 1 典型油路和結構	307
§ 2 控制滑閥的特性	314
§ 3 液压仿形裝置的精度問題	318
§ 4 有关靜力特性和動力特性的概念	321
第十二章 拉床夾具	326
§ 1 拉削內表面用的夾具	326
§ 2 拉刀與機床的連接方法	332
§ 3 拉削外表面用的夾具	334
第十三章 切齒機床夾具	337
§ 1 插齒機夾具	337
§ 2 刨齒機夾具	341
§ 3 滾齒機夾具	342
第十四章 萬能拼合夾具	347
§ 1 概述	347
§ 2 萬能拼合夾具的原件	348
§ 3 萬能拼合夾具的標準部件和萬能夾具	354
§ 4 萬能拼合夾具的使用範圍	357
第十五章 檢驗夾具	362
§ 1 對檢驗夾具的基本要求	362
§ 2 檢驗夾具的特殊原件	364
§ 3 各類檢驗夾具舉例	368
第十六章 夾具設計中的經濟問題	377
§ 1 各類夾具的年耗費	377
§ 2 使用夾具的經濟效果	380
§ 3 根據生產方式正確地選擇工藝裝備	381
參考文獻	383

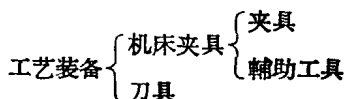
第一章 緒 論

夹具是机械制造业中用以便利或加快施工程序的一种工具。在切削加工、热处理、焊接、装配及檢驗等工作中都要用它；而用之最广泛的是机床夹具。它也是本书的主要对象。

机床夹具是根据工艺規程的要求，在机床上用来安装和夹持工件或刀具，以利于并加快加工过程的附属装置。

根据上述定义，机床夹具可以分为两大类。一类是用来安装并夹紧工件的附属装置，一般通称为夹具；另一类是用来安放和夹紧刀具的附属装置，一般通称为輔助工具。車床上的各种夹盘和心軸均属于前一类，而鉗用夹头、絲錐夹头等均属于后一类。

夹具、輔助工具与刀具三者合称为工艺装备。



什么是工艺規程的要求呢？我們知道，工艺規程除規定了工件在工序中的定位面、夹紧面以及所选用的机床外，还提出了这一工序所要求的加工質量及生产率。夹具的首要任务就在于保証質量和生产率。因此，設計夹具必須以工艺規程作为依据。

§ 1 机床夹具在机械制造生产中的作用

我們之所以非常重視机床夹具，是因为任何机械加工都不能离开它。任何一个新建的机械制造厂在其他車間投入生产以前，制造工夹具的工具車間就必須首先投入生产。具体地分析，机床夹具起着下面六个作用。

1. 沒有夹具就不能进行加工 例如車床，如果沒有頂尖、夹

盤、彈簧夾頭等等，就不能用來進行生產。其他機床也是一樣，沒有心軸，滾齒機和插齒機就不能工作；沒有鏜杆，就不能用鏜刀來鏜孔。因此，這類必須的夾具，大部分已經成為機床的標準附件。它們隨着所生產的機床一起出廠。

2. 擴大機床的工藝可能性(使用範圍) 統計目前機床的種數，包括通用機床和專用機床，類型極為繁多，但各種機器製造業中需要加工的零件種類更為繁雜。因此，就不能不使一些機床承擔額外的工作；這時就需要使用夾具。

此外，在工廠具體的情況下，設備有一定的限制，往往需要迫使一種機床代替另一種機床的工作，這時也不得不使用夾具。例如，在普通車床或銑床上加工成型表面，就需要附加仿形夾具；在車床上使用特殊的夾具可以代替拉床拉削鍵槽；在立式鉗床上攻螺紋，就需要用各種絲錐夾頭。這類例子是很多的。

3. 保證加工精度 機械加工中，保證零件的精度有三方面：尺寸精度、表面的幾何形狀精度和表面間相互位置的精度。而使用夾具的最大效用是保證零件上各表面間相互位置的精度。例如，我們知道，加工一般軸套類零件時，外圓與內孔的同心度是很重要的；用普通的夾盤夾外圓來加工內孔時，用劃針盤找正可保證振擺誤差小於 0.5 毫米；用千分表找正可保證小於 0.03 毫米；而用高精度的專用夾盤時，可保證振擺誤差小於 0.01 毫米。

當然，使用夾具並不單純可以保證工件各表面間相互位置的精度，它還可以消除劃綫工序，採用預先調整機床的方法來進行加工。這樣，可使產品的尺寸精度更易趨向穩定，並充分地保證了零件的互換性。

4. 提高機床生產率，降低生產成本 機床生產率是每小時機床生產出零件的個數，提高機床生產率也即是要降低零件加工的單件時間：

$$t_{\text{單件}} = t_{\text{基本}} + t_{\text{輔助}} + t_{\text{服務}} + t_{\text{自然震盪}}$$

式中： $t_{\text{基本}}$ ——切削所需時間；

$t_{\text{輔助}}$ ——輔助時間，包括裝卸、夾緊及松夾工件、開動機床換

速、进退刀及檢驗工件等一系列輔助操作所需的時間。

縮短基本時間最有效的方法是採用多位夾具，即在一个夾具中可以夾緊數個工件而用數把刀同時進行加工。在有些情況下，使用多位夾具還可以縮短切入時間。

但是，使用夾具的更主要方面是縮短輔助時間。隨著高速切削、強力切削的推廣，基本時間在整个單件時間內所占的比重已顯著降低，有時甚至遠遠低於輔助時間。這時，提高生產率的關鍵便是縮短輔助時間。

輔助時間中占比重最大的部分是夾緊及松夾所需的時間。因此，在現代的夾具設計中就廣泛使用了氣動夾緊、液壓夾緊等機械化的夾緊裝置。

加工小型零件時，裝卸工件的時間往往占有很大的比重，既費事、又費時。因此，在大批和大量生產中往往採用帶有自動裝料和自動卸料裝置的夾具。

至於檢驗所占的時間，有時可能占據很大的比重。因此，在生產上出現了各類檢驗工具，其中包括在加工過程中進行自動測量的裝置。

5. 保持生產的節奏性，平衡流水加工的节拍 首先，在加工中並不是每一道工序的工時都能做到絕對相等的，往往有所謂薄弱環節，即某一道工序遲緩於其他工序。這時就需要採取技術組織措施，使這一工序能趕上其他工序，達到各工序間的平衡；而使用高生產率的快速夾具、多位夾具便是有力的措施之一。

其次，在成批生產中，往往平均节拍很長，而有些操作的單件工時則又很短，要組織流水生產就要集中工序。否則，機床的負荷率過低而無法妥善地解決。依靠夾具就可以在一個工序中加工數個乃至數十個表面，妥善地解決這一問題。

6. 減輕工人體力勞動的強度，保證安全生產

夾具既然在生產上可以發揮如此巨大的作用，那麼問題是：
(1) 是不是在任何場合都能任意地設計和使用夾具？(2) 如何衡量夾具設計的質量？

对于第一个问题的回答是否定的，設計夹具必須适合現厂的生产方式；大量生产所用的夹具不能在成批生产中使用，至于单件生产，一般不使用夹具。这是因为：(1)設計和制造夹具需要較长的生产准备时间；(2)夹具本身需要一定的耗費，应考虑經濟上是否合算。

現厂中常常用工艺装备系数作为一个指标；所謂工艺装备系数是指工夹具、冲模的种数与产品中不同名称的非标准零件总数之比值，它等于

$$K = \frac{c}{n}$$

式中：c——工夹具、冲模的种数；

n——該产品中不同名称的非标准零件总数。

同一产品，在經濟上合算的条件下，工艺装备系数越高，标志着工艺过程越完善，生产率越高。苏联紅色无产者工厂生产 1A62 車床的工艺装备系数自 4.8 提高至 6.3 时，制造每台車床的劳动量由 625 台时降低到 357 台时，約为原有劳动量的 57%。

对第二个问题的回答是：(1)設計的夹具是否能保証产品的质量 and 要求的生产率；(2)使用夹具是否安全和方便，例如，笨重的夹具最好在有起重设备的車間使用，加工孔徑大于 10 毫米的钻模应設法固定在机床上，回轉的夹具应注意平衡問題等等；(3)經濟上是否合算。

§ 2 夹具的分类和組成

为了进一步研究和分析夹具，就需要对生产上成千上万的夹具加以科学的分类。前面已經可以看到，夹具可以分为两大类：紧固工件用的夹具和輔助工具；但是，夹具还可以按照下面一些分类方法来加以划分。

一、按使用夹具的工种：可分为車、銑、磨、钻、鏜等。

二、按夹具的使用范围可分为三种：

1. 专用夹具 它是为某一个工件特定的某一工序所设计的, 因此使用的面很狭; 在大量生产中使用较为广泛。在成批生产中, 由于产品种类多, 夹具的使用效率不高, 故很少使用这种专用夹具。

2. 通用夹具 通用夹具适用于某一类型的工件, 特别是形状相同只有尺寸不同的工件。使用时, 只要更换它的某些零件或加以适当的调节, 即可用来加工其他工件, 因此, 这类夹具适用于成批生产。

3. 组合夹具 这类夹具利用组合的原理, 将夹具中的某些部分制造成单独的通用部件(例如, 传动部件)。组合夹具中特别适合于小批生产和单件生产的一种是所谓万能拼合夹具。它利用搭积木的原理拼凑成各种夹具, 所用的零件在每次使用完后仍旧贮藏在夹具库中, 以备下次再用。为了保证所拼成夹具的精度, 它的零件一般需采用合金钢制造并保证严格的技术要求。

三、按夹紧力的来源可分为手力夹紧和机械化夹紧工件两类。到目前为止, 在夹具中使用了多种机械化夹紧工件的方法, 其中包括: 气动夹紧(利用压缩空气作为动力)、液压夹紧(利用高压油作为动力)和电气夹紧(利用电动机或电磁吸力夹紧工件); 此外, 也可以利用在加工时所产生的切削力来夹紧工件; 回轉的夹具还可以依靠重物的离心力来夹紧工件。

使用机械化传动时, 由于需要在夹具上附加一套传动部件和操纵装置, 所以结构比较复杂, 它的成本和制造周期比起手力夹紧的夹具来均有所增加。但由于使用机械化传动后可以大大节约辅助工时, 改善工人操作的条件, 使生产达到机械化和自动化。因此, 在大量、大批生产和成批生产中使用极为广泛。

至于组成夹具的原件和部件, 一般一个夹具应包括如下的一些:

1. 定位原件 规定工件在夹具内位置的原件和规定夹具本身在机床上位置的原件。

2. 夹紧机构 防止工件在加工过程中, 由于切削力、离心力

和本身重量的影响而使工件位置改变而将工件夹紧的机构。

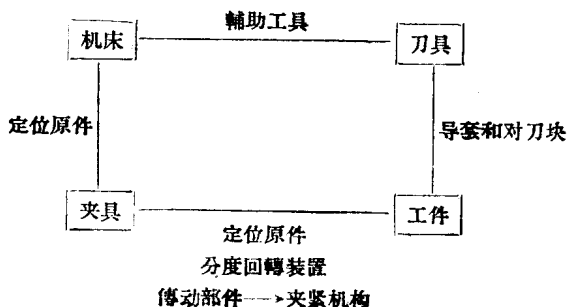
3. 傳动部件 机械化夹紧中的力源部件。

4. 分度回轉装置 在加工过程中,改变工件和刀具相对位置的装置。

5. 确定刀具方向和位置的原件 包括用于孔加工刀具导向用的导套和銑刨夹具中对刀用的对刀块。

6. 夹具体 将上述原件和机构連成一个整体的原件,称为夹具体。

从上面各种原件和机构的作用来看,可以看到:夹具把机床、刀具和工件連成一个完整的系統,这一系統称为机床-夹具-刀具-工件系統;机械制造工艺中的一系列基本問題都需要从整个系統出发来进行研究和分析。例如,加工精度問題,加工中的振动和表面质量問題,加工的刚度和加工的生产率問題等等,沒有一样是可以离开这一系統而可以孤立地加以解决的。



§3 解放以来我国在夹具設計方面的进展 和今后发展的方向

解放前我国的机械制造工业带着半殖民地的色彩,沒有独立完整的机械制造业。国内的机械厂一般是小型的修配厂,不能独立地生产机器,只能作帝国主义国家入口机器的修配工作。解放后,必須改变这种面貌,建立自己完整的机器制造业。

机器制造业要求操作的机械化，产品按一定的标准制造并达到要求的质量和互换性，能按计划、有组织地进行生产，而工夹具在机器制造业中占有一定的重要地位。

因此，随着机械制造工业的建立，工厂中工夹具的设计和使用的也从无到有，有了很大的发展。

(1) 在过去几年中，先进的厂矿推广了苏联的经验，例如各类快速夹具和高精度夹具等。1956年第一机械工业部工艺与生产组织研究院成立了夹具研究室，着手推广并研究新型的夹具。该院在1957年春并组织了工夹具学习班，交流了各厂先进夹具的设计经验。

(2) 由于技术革新、技术革命运动的广泛开展，各地工人创造了許多先进的夹具；它们大大地提高了生产率，解决了許多生产上的关键问题。历年来工业生产先进经验交流会上所展出的大量夹具，都充分说明了解放以来在党的正确领导下工人阶级显示了无比的智慧和劳动的热情。

(3) 过去几年中培养了比较完整的工艺大军，其中也包括掌握生产实际经验的工夹具设计人员。这是我国机械制造业由修配转变为正规生产的重要标志。

目前我们在工夹具设计方面的任务是：

(1) 为了满足机械制造厂小批多品种生产的要求，必须设计和推广组合夹具、万能拼合夹具，以缩短新产品的准备周期。

(2) 设计并推广高精度的夹具，以保证高精度产品的质量。

(3) 生产的机械化、半机械化、自动化、半自动化是技术革命的中心内容，大力地推广和使用机械化和自动化夹具以减少和消除繁重的体力劳动是机械制造中的重要问题。在大批、大量生产的企业中，有条件可以采用气动、液压等传动的专用夹具；在成批和小批生产的企业中，则必需推广机械化传动的通用和组合夹具。

目前，在我国的机械制造厂中，夹具使用还不是十分普遍的，还存在着大量的划线工序和钳工修配工序。减少和消除这类手工工序也是当前极为迫切的任务。在生产大跃进中，各地工人创造

了大量的工夹具，必須認真地加以總結和推廣。

(4) 为了尽量利用現有的設備，以便在目前的条件下制造出新的、更精密的产品来，必須注意和推廣扩大机床性能的夹具，如仿形裝置、改裝机床用的各类夹具等。

(5) 加强夹具原件和部件的标准化与規格化，这不但能加速生产准备周期，而且也使夹具的生产由单件轉为成批，降低夹具制造的成本。苏联汽車制造业中有 70~80% 的夹具零件都已經进行了标准化和規格化。因此，它是节约劳动力、加速生产准备的关键。

夹具設計原理是在生产实践中发展和充实起来的，它是实际生产經驗的科学总结。它的目的和任务可归纳如下：

(1) 分析夹具的典型原件和部件，并根据生产方式正确地加以选择；

(2) 分析和研究各类机械加工中的典型夹具；

(3) 分析夹具主要原件的强度和精度；

(4) 从經濟上判断使用夹具的合理性。

第二章 定位原理及原件

§1 六点定位規律

机床夹具的首要任务是保証工件加工时迅速地 和 机床、刀具保持一正确的相对位置,在加工后达到所需的精度。

要达到上述要求,在設計机床夹具时就应当考虑到,如何才能使工件正确地定位,在未夹紧工件以前就处于某一正确的位置。

一个物体在空間,它是一个自由体,具有六个自由度。如图 2-1 所示,沿三个直角坐标轴 X 、 Y 、 Z 移动的三个自由度,和繞此三軸轉动的三个自由度,因此,要使这物体在空間占有一定的位置,就必须要将这六个自由度全部去掉;也就是說,在夹具中,須用六个定位点,除掉工件六个自由度,才能将工件正确地定位。

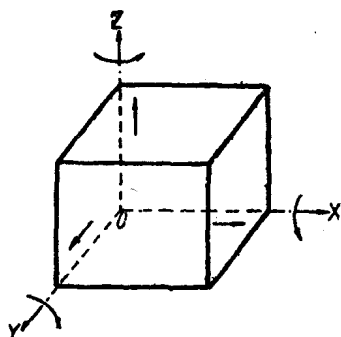


图 2-1 物体在空間的六个自由度

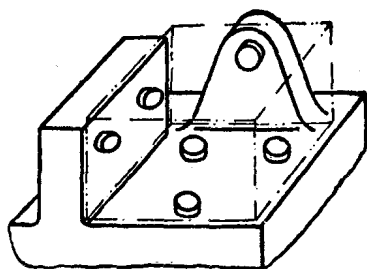


图 2-2 六点定位

一个工件,可以用六个定位点使其定位,称之为六点定位規律。

对于要加工的工件,常用它的三个表面作为坐标平面,夹具上的六个定位支承点应该这样分布(图 2-2):底面(定位面)上三点,垂直面(导向一面)上两点,另一垂直面(支承面)上一点。这样,每一个点限制一个

自由度，六个点限制了六个自由度。有人認為这时工件还有向相反的六个方向运动的可能，即还有相反方向的六个自由度沒有除去，因此認為工件的位置还是“不定”的，这样的理解是不对的。要使工件在相反的六个方向內不能运动，这是“夹紧”的事情，不在“定位”的範圍內。在这里一定要把定位和夹紧的概念区分开来。定位仅使工件占据某一正确的位置，而夹紧的作用是使工件不得再有位移。例如：在平面磨床上被磁鉄床面吸住的工件，从夹紧观点来看，它完全被固定不能移动；但从定位的观点来看，它仍有三个自由度沒有除去。由此可見，定位和夹紧是應該加以区别的。

由此可知，在定位时限制了工件六个自由度，工件就达到了“靜定”；当定位支承点少于六点时，显然在某些方向上工件的位置还没有被固定，但是，当定位支承点多于六点时，則就会“过定位”或“靜不定”。例如，在图 2-2 中，底面若有四个定位支承点，这时会有两种可能的情况发生：第一种情况是多余的那一点完全不起作用，它和底平面根本不相接触；因为三个支承点已决定一个平面，第四点的位置，不一定恰好在同一平面內，即使恰好在同一平面內，但被加工零件的表面不会是一个絕对的平面，因此实际上仍旧只有三个点接触；这就是为什么四脚椅子常会放不平而搖幌不定的道理。第二种情况是：加了夹紧力之后，或者工件被压变形，或者夹具定位部分变形，四点都同时接触，这样反而会引起加工誤差；此时，到底是由那三点来决定工件位置也分不清。

在考虑夹具的设计和工件的定位时，我們應該遵循六点定位的規律；但是，应当指出的是，实际生产中，在一定条件下，有时允許少于六个定位点，例如磨平面时常常只有一个平面（三点）定位；也允許有“过定位”，不过这时被加工工件的定位表面的精度必須相当高，表面亦应相当光洁，或者工件的加工要求不高时达到簡化夹具的目的。

下面分析两个实际例子：

例 1. 元宝鉄(V 形块)的定位作用

圓柱形工件(长軸)定位在元宝鉄(V 形块)上，要加工一个鍵

槽,此时 V 形块 1 限制了工件沿 X 、 Z 轴的平移,及绕 X 、 Z 轴的转动的四个自由度;另一支承 2 限制了工件沿 Y 轴平移的自由度(图 2-3 a),还留下一个绕 Y 轴转动的自由度(应与夹固后不能

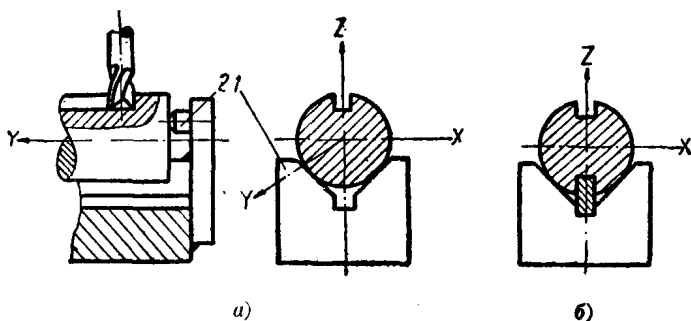


图 2-3 V 形块定位作用

转动的概念区分开来)。在图 2-3 a 中仅铣一个键槽,所以这个自由度并不需要除去,因为在轴的圆周上任何径向位置铣出键槽都是一样的。但若要在直径上铣两个键槽,则在第二次安装定位时,一定要去除绕 Y 轴转动的自由度,就如图 2-3 b 所示的定位法。

例 2. 连杆的定位

加工连杆时的定位方法,如图 2-4 a。平板 1 相当于三个支承点,短销 2 相当于两个支承点,支承 3 相当于一个支承点,恰好限制了工件六个自由度而使工件静定;在这里,以平板来作三点定位,只有在连杆端面经过加工很光洁才允许,否则会出现静不定。假如短销 2 换以长销时,则长销本身就限制了四个自由度,加上平板,底柱就会出现“静不定”,如底面一点接触、工件倾斜,或者长销歪倾等情况,以致引起加工误差。

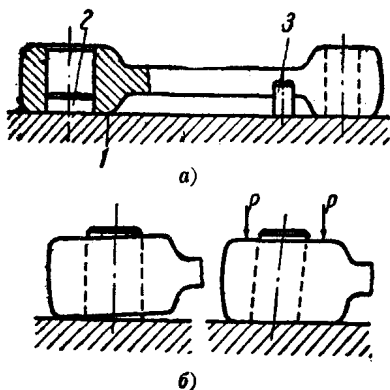


图 2-4 连杆的定位

实际生产上常用的定位原件,其限制自由度情况,大致可有下列結論:

- (1) 长圓柱銷——四点;
- (2) 短圓柱銷——二点;
- (3) 长圓錐銷——五点;
- (4) 短圓錐銷——三点;
- (5) 长V形块——四点;
- (6) 短V形块——二点;等等。

§ 2 对夹具定位原件的基本要求

定位原件是夹具上与工件的定位基面直接接触,并保証工件在整个加工过程中占有正确位置的原件。由于定位原件起着承托工件的作用,因此一般可簡称为支承。对定位原件(支承)的基本技术要求为: 1. 耐磨損; 2. 容易更換; 3. 保持清潔; 4. 面积小; 5. 要求穩定。

1. 耐磨損 由于支承的工作面直接与工件的定位安装基面接触,工件安装时要在上面移动,必須要求支承工作面在长期使用之后磨損极小,并能保持原有的尺寸精度及与夹具其他零件間的位置精度。所以定位原件一般采取 20 号鋼或 20X 号鋼制造,并經滲碳 0.8~1.2 毫米,淬硬至 $H_{RC} 58\sim 62$ 。

2. 容易更換 在夹具体上装上定位原件就是因为夹具体一般选用鑄鉄或低碳鋼,它們不耐磨損;夹具体一般大而重,形状复杂,不易修理。为了保护夹具体,必須考虑定位原件在損坏或磨損之后易于取下或更換,而不需把夹具送到工具車間去修理。

3. 保持清潔 如果在加工过程中經常有切屑或脏物落在定位原件的工作表面上,不易清除,則往往会使工件定位不准确,造成廢品和損伤定位原件工作表面,降低夹具的工作精度。

4. 面积小 当工件的基准面未經机械加工或只經粗加工时,支承的工作面与工件的基准面間的接触面积应尽量小。即使工