

(试用教材)

夹具设计

胡永生 选编



北京工业学院

1983, 4

前 言

夹具在机械制造的各个阶段，如毛坯制造、切削加工、冲压、热处理、表面处理、检验、焊接装配、机械装配等都有应用，其结构和工作原理差别甚大。就夹具需要的数量和复杂程度，以及对生产的作用来说，在金属切削加工中使用的机床夹具占有最重要的地位。机床夹具用于安装被加工的工件，它与刀具、量具一样是一类重要的工艺装备。它在保证加工质量、改善工人劳动条件、提高生产率和降低消耗等方面起着重要的作用。

本书仅限于讨论机床夹具的设计问题，具体内容分成七章。第一章为夹具设计概述，分析夹具的组成和作用。第二、三章说明夹具的主要设计原理一定位和夹紧，以及所用的元件和装置。第四章说明除定位、夹紧以外的其它一些装置。第五章为各类机床夹具的特点，第六章为随行夹具。第七章为可调整夹具。

《夹具设计》是高等工业学校一门工艺专业课程，它随机械制造工艺学课程之后讲授。先修课程有机械制图、力学、机械原理与零件、切削原理与刀具、以及机床等课程。

具体进行夹具设计时，除了学习本书阐述的理论以外，还需具备一定的生产实践知识，并参考夹具设计手册和图册以及有关的机械设计手册，吸取国内外的先进技术成就。

本书是在我院《夹具设计》教材（北京工业学院七三一教研室74年油印版、北京仪器厂工人学校73年油印版）基础上选编而成，78年在《机械加工工艺及工装设计》下册教材（国防工业出版社）中作为一篇出版。这次为介决教学急需，复制了这一篇，并增加了后二章。第六章内容选自《机床夹具设计》（哈尔滨工业大学葛鸿翰编写、上海科技出版社80年版），二者合印成册。希望使用这一教材的同志多提宝贵意见。

目 录

前言	1
第一章 夹具设计概述	
§ 1. 机床夹具的种类	3
§ 2. 专用夹具的组成	5
§ 3. 夹具的作用和设计中的一些问题	6
第二章 定位原理与定位元件	
§ 1. 工件的定位原理	8
§ 2. 定位误差	12
§ 3. 工件以平面作定位基准时的定位方法及定位元件	15
§ 4. 工件以外圆作定位基准时的定位方法和定位元件	18
§ 5. 工件以圆柱孔作定位基准时的定位方法和定位元件	21
§ 6. 双孔定位的定位方法和定位件	23
§ 7. 定位元件设计中的一些问题	28
第三章 夹紧原理和夹紧装置	
§ 1. 概述	30
§ 2. 夹紧原理	31
§ 3. 夹紧装置	35
§ 4. 多位夹紧装置	49
§ 5. 定心夹紧装置	53
第四章 夹具的其它装置	
§ 1. 气压传动装置	66
§ 2. 液压及气—液压传动装置	73
§ 3. 电磁夹紧装置和真空夹紧装置	76
§ 4. 扩力机构	77
§ 5. 分度装置	81
§ 6. 夹具体	86
§ 7. 夹具的联接件	88
第五章 各类机床夹具的设计特点	
§ 1. 车床类夹具	90
§ 2. 钻床类夹具	96
§ 3. 铣床类夹具	104
§ 4. 专用机床夹具	110
§ 5. 夹具设计过程及举例	112
第六章 随行夹具	
§ 1. 工件在随行夹具上的定位和夹紧	120
§ 2. 随行夹具定位和输送基面的设计	126
§ 3. 随行夹具在机床夹具上的夹紧	128
§ 4. 随行夹具的精度的提高措施	129
§ 5. 随行夹具的位置精度的检验	130
§ 6. 随行夹具的通用化	131
第七章 可调整夹具	
§ 1. 组合夹具	133
§ 2. 通用调整夹具或成组夹具	136
后语	142
夹具设计参考书	143

第一章 夹具设计概述

§1 机床夹具的种类

零件的机械加工工艺过程是按照一定的顺序,在不同的机床上依次进行的。要完成任何一道工序,除了需要有主要设备——机床以外,还必须有一些工具,如卡盘、车刀、卡尺、钻卡头等,这些工具统称为工艺装备。根据它们在加工中的具体功用,工艺装备可分为四类:切削刀具、机床夹具、测量工具和辅助工具。其中机床夹具用于装夹工件,以便确定工件相对于机床和刀具的位置。而辅助工具则为装夹刀具用的装置,它的原理与机床夹具有相似性。

机床夹具最常见的为卡盘、花盘、虎钳、分度头等,它们能装夹一定形状、尺寸范围内的工件,具有一定的通用性,因此称为通用夹具。这些夹具通常作为机床附件供应,与机床一起到货,不需要用户设计制造。通用夹具在单件、小批生产与机修工具车间应用最为普遍。

通用夹具并不是到处适用。例如在成批生产条件下要在图 1-1 中的工件上钻一孔(它是在“三七高”瞄准具的“叉身”零件上钻孔工序图),如果用虎钳、垫铁等通用夹具加工,则事先需要划线、打冲眼,装夹时要找平,显然效率很低,也很易出废品。如果尺寸 20 的公差不是 ± 0.2 而是 ± 0.05 ,那一般通用夹具就很难保证质量。

又如用车床加工“套箍”零件的细牙螺纹,见图 1-2。如用三爪和四爪卡盘都很难装夹,没有合适的夹具就无法加工,因此在生产中就出现了专用夹具。专用夹具是为了完成一道特定的工序而专门设计制造的夹具。它只能用于一个零件的一个工序,因此没有通用性。专用夹具既用于通用机床上,也用于专用机床上。通用机床加专用夹具是目前一些成批生产工厂的主要生产手段。

本书的内容主要是说明专用夹具的设计原理。

在生产中由于夹具数量很多,就有很多不同分类方法。例如根据工序的特性,分为车床类夹具、铣床类夹具、钻床类夹具、镗床类夹具等。按夹具夹紧动力的来源分为手动夹具、气动夹具、液压夹具、电动夹具等。按夹具本身的构形和加工使用情况,分为固定的、移动的、可翻转的、回转的等等。一般夹具装夹工件是靠工人操作的,也可是半自动化的或全自动的。

在通用机床上使用的夹具,除了前面提到的两种——通用夹具和专用夹具以外,还有适用于单件试制用的组合夹具,以及适用于多品种、小批量生产的可调整夹具(它是指通用夹具经过补充加工或补添零件的调整手续后可用于成组零件的加工)。

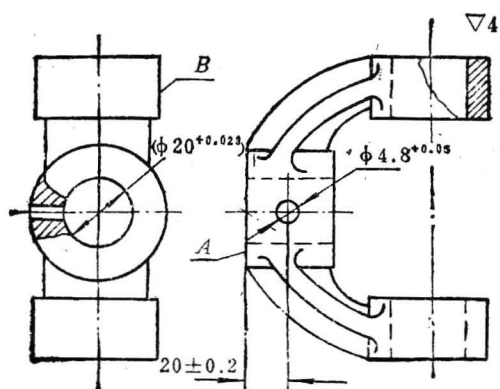


图 1-1 “叉身”钻孔工序图

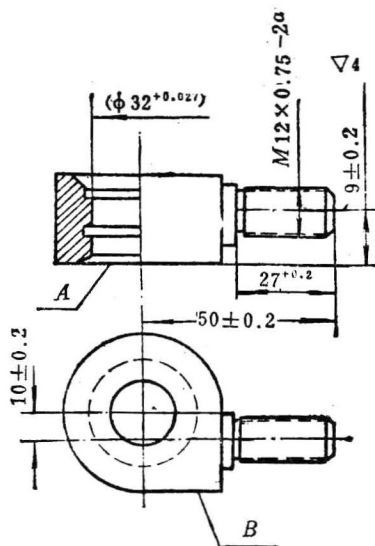


图 1-2 “套箍”车螺纹工序图

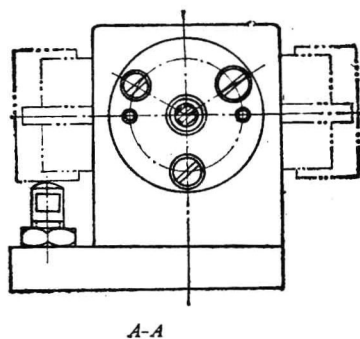
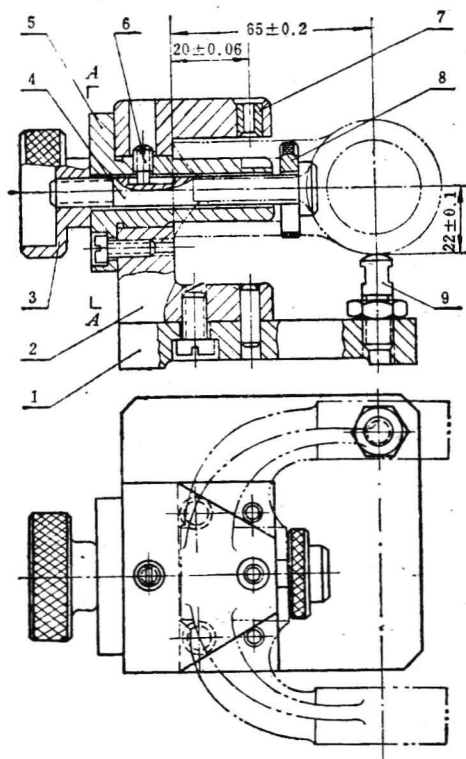


图 1-3 “叉身”钻孔用钻模

§2 专用夹具的组成

我们先看二个专用夹具的实例。

一、“叉身”钻孔用钻模

由图 1-1 可知, 本工序的任务是在指定的位置上钻一个 $\phi 4.8^{+0.05}$ 的孔, 要保证孔中心线到端面 A 的距离 20 ± 0.2 ; 要求孔中心线通过并垂直于工件对称中心线—— $\phi 20^{+0.023}$ 的中心线。图 1-3 即是所用的专用夹具。

基本结构: 底板 1 与体部 2 用螺钉及销钉 (各两个) 连成一体, 上面装有心轴 5、钻套 7、支柱 9。心轴内穿有螺杆 4。其左、右端分别装有滚花螺母 3 和开口垫圈 8。螺杆 6 使得螺杆只能沿心轴孔轴向移动而不能转动。

使用过程: 先取下开口垫圈 8, 然后将工件水平套在心轴 5 并支在支柱 9 上, 即通过图 1-1 的孔 $\phi 20^{+0.023}$ 、端面 A 及侧面 B 来确定工件的位置。待工件就位后再装上开口垫圈, 旋紧螺母 3 夹紧工件, 以保证工件不因加工受力而移动。沿钻床工作台平移钻模, 使钻套 7 对准并引导钻头进行加工。钻孔后按相反顺序卸下工件。

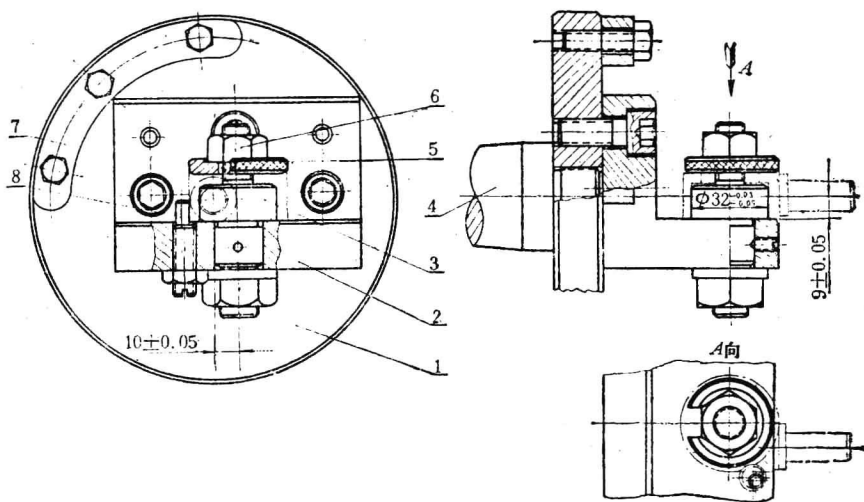


图 1-4 “套箍”车螺纹夹具

可见, 用此专用夹具钻孔, 既不划线又不找正, 孔的位置完全由夹具保证, 与通用夹具相比既方便又迅速。

二、“套箍”车螺纹夹具

工序图 1-2 标明了本工序的任务: 在图示的位置上车出细牙螺纹并保证所有工序尺寸。图 1-4 是所用的弯板式车床夹具, 其主要任务是保证螺纹对孔 $\phi 32^{+0.027}$ 及端面 A 的相对位置。

基本结构: 圆盘 1 与尾锥 4 先用螺纹拧紧再沿圆周焊成一体, 其端面用螺钉、销钉固定着弯板 2 和平衡配重 7。定位轴 3 和偏心螺杆 8 垂直安装在弯板水平面上, 并用螺帽固

5. 开口垫圈 5、夹紧螺帽 6 的作用与图 1-3 所用的相同。

使用过程：首先通过尾锥 4 把夹具装在车床主轴锥孔内，利用 5° 莫氏锥度和拉杆紧 1。然后抽下开口垫圈，将工件套在心轴 3 上，并按顺时针方向微转“套箍”使其侧面 B 住偏心螺杆 8，即利用图 1-2 标出的孔 $\phi 32^{+0.027}$ 、端面 A 及侧面 B 使工件定位。再插上开口垫圈 5、拧紧螺母 6。待加工完毕，只需稍松螺母 6 即可抽下垫圈、取下工件。

由于采用上述专用夹具，使得工件装夹方便，两个相互位置尺寸 (10 ± 0.2 和 9 ± 0.2) 由夹具本身保证。

以上二个专用夹具在结构形式上虽然差别很大，但其结构的各个局部所起的作用却有相同之处。为了便于对专用夹具进行研究，我们把夹具分成一些组成部分，这些具有相同作用的组成部分称为夹具元件(或装置)。一个夹具可以有以下一些元件组成：

1. **定位元件** 它与工件的定位基准相接触，以确定工件在夹具中的正确位置。如图 1-3 中的心轴 5，体部 2 的端面，支柱 9；图 1-4 中的心轴 3、偏心螺杆 8，以及弯板的上平面。

2. **夹紧装置** 用于夹紧工件。图 1-3 与图 1-4 中都用的是螺钉夹紧机构(有螺母、拉杆、开口垫圈等零件组成)。夹紧装置产生的夹紧力要使工件可靠地与定位元件接触，并在加工过程中不致产生移动或振动。

3. **夹具体** 它与机床相接合，并通过联接件把定位、夹紧等元件连结成一个整体的夹具零件。如图 1-3 中的底板 1 和体部 2；图 1-4 中的圆盘 1、尾锥 4、以及弯板 2 等件。

4. **其它一些元件** 有些夹具如三爪卡盘、弹簧夹头等定位、夹紧作用由一种元件完成，这类元件称为定心夹紧装置。

如工件不同部位要进行相同的加工，则在夹具的结构中应有分度装置使工件可获得不同的工位。

对图 1-3 中的夹具来说，它有钻套 7，这是一种导引刀具的元件。

某些夹具还具有靠模仿形装置。

另外一般夹具还都有一些辅助元件，如螺钉、销钉，图 1-4 中的配重 7 等都是。

专用夹具设计工作的内容，就是根据工件加工要求和具体生产条件，选择各个元件的结构，进行必要的分析计算，最后绘制夹具总图和零件图。

§3 夹具的作用和设计中的一些问题

在实际生产中，完成机械加工工作大多不能离开夹具。因为总是需要先把工件夹住才能进行加工。专用夹具的设计和使用是改进生产的重要工艺措施之一。采用了合适的夹具，不但能保证产品质量，提高生产率，而且可以使工人操作方便，大大减轻劳动强度。总体来说夹具起着以下一些作用：

1. **保证发挥机床的基本性能** 如车床没有卡盘、顶针，铣床没有虎钳、压板等就不能进行加工。

2. **扩大机床的工艺性能** 生产中有时由于设备的限制，没有某种加工所需要的机床，需要用另一种机床来代替，这就必须使用夹具。如无靠模铣床而只能用普通铣床加工成

形表面时，就要设计靠模夹具。

3. 保证加工精度 前面介绍的两种夹具就是为了保证加工表面的位置精度而设计的。

4. 提高生产率 采用专用夹具一般比通用夹具操作快得多。采用机动的快速夹紧装置，无疑能进一步的提高效率和降低成本。对于大批量生产，采用高效率夹具降低辅助时间可以大大提高生产率。

5. 减轻劳动强度，做到安全生产 使用专用夹具往往可减轻工人劳动强度，可降低对工人操作技术水平的要求，提高生产的安全性。

专用夹具在生产中的作用是很大的，所以在许多工厂得到了广泛的应用。但还要看到专用夹具也有其不足的一面，如制造周期较长，制造成本较高，当加工对象改变时一般就无法再用。因此大量生产用的夹具一般结构较复杂、完善，成批生产用的夹具则较简单，而单件生产、试制和修配单位一般都不用专用夹具。

根据夹具的作用，在设计中必须注意以下一些问题：

1. 保证工件的安装精度，这主要与夹具中的定位元件的设计有关，我们选择的定位方案应可靠地保证在加工后能得到被加工表面的位置尺寸精度。

2. 注意提高操作效率。为了缩短加工工件的辅助时间，在选择夹具的夹紧机构时应尽量选择夹紧或放松工件动作比较快的装置。有时采用的夹紧装置可同时夹紧多个工件，或安装工件的时间能与切削时间重合。

3. 正确解决设计与制造和使用的矛盾。设计的夹具本身必须易于制造，结构工艺性好。尽可能采用工厂的标准件和通用件。另外设计的结构要轻巧，操作要方便，使工人师傅乐于采用。

第二章 定位原理与定位元件

§1 工件的定位原理

一、工件位置的确定

专用夹具的作用是：保证工件在加工时对机床和刀具具有一个正确的相对位置，也就是说使工件在夹具上处于一个确定的位置。在上一章的两个实例（车、钻专用夹具）中我们看到，这个任务是通过正确的安置不同形状的定位元件来实现的。但是根据什么原则来选择、设计和安置定位元件呢？而各种工件的定位方式则又是多种多样的。为了找出工件在定位过程中的一般规律，以便更好的指导定位元件设计的实践，我们还必须从理性上对定位加以认识。

现在我们来分析如何确定图 2-1 所示工件的位置。这一工序任务是在立方体上铣一段键槽，工序尺寸为 A 、 B 、 C 、 D 。

我们把该工件看作空间的一个刚体。为找出确定其位置的方法，必先分析其运动的规律。为此，把它放到由 OX 、 OY 、 OZ 轴所确定的空间直角坐标系中去，见图 2-2。根据力学中运动分解的原理可知，刚体在空间的任何运动都可以分解为相对该坐标系的六种运动，即图 2-2 所示的三个移动和三个转动，也就是说刚体的任何运动都可以看成是相对于该坐标系的六种运动的合成。因此上述的三个移动和三个转动可以概括刚体在空间任何可能的运动，也就是说任何刚体（工件）在空间都有六个自由度。所谓自由度就是指刚体（工件）的运动或位置变化的可能性，只要能约束这六个自由度，则工件的位置就确定下来了。为此，我们在三个相互垂直的平面—— XOY 、 YOZ 、 ZOX 内安置六个支承点，见图 2-3。就把工件的六个自由度完全约束了。

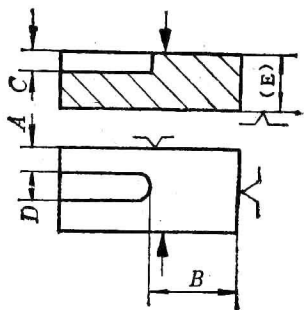


图2-1 铣键槽工序图

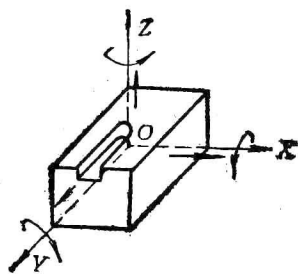


图2-2 工件在空间的六个自由度

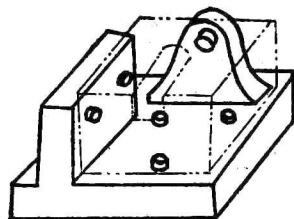


图2-3 六点定位示意图

在底平面 XOY 内的三个支承点约束了工件的三个自由度——沿 OZ 轴的移动和绕 OX 、 OY 轴的转动；在左侧面 YOZ 内的两个支承点约束了两个自由度——沿 OX 轴的移动和绕 OZ 轴的转动；在后面 XOZ 内的一个支承点约束了剩下的一个自由度——沿 OY 轴的移动。

有人可能觉得此时工件的位置仍未确定，因为它还可以向相反的方向运动，其实已确定了，因为夹具上还有相应的夹紧装置。夹紧元件的作用就是保证在整个加工过程中工件的定位基准与定位元件可靠接触，使工件不因受力而改变已确定下来的位置。所以定位与夹紧的概念必须分清。如被平面磨床的磁台吸住的工件，从夹紧的观点看来，工件的位置已经固定，但从定位的观点看来，则只约束了工件的三个自由度，还有三个自由度——两个移动和一个转动并没有约束。

这种用正确分布的六个支承点来约束工件的六个自由度，以确定工件在夹具中的位置的规律，称为六点定位原理。

利用图 2-3 的六个支承点把图 2-1 所示工件定位之后，经过夹紧和相应的对刀加工，就可以保证工序尺寸 A 、 B 、 C 、 D 。

二、六点定位原理的应用

应用六点定位原理可以分析现有夹具和设计新夹具。

1. 任何一种定位方式都可以应用六点定位原理来分析 现以图 1-3 为例分析工件的定位情况，定位心轴 5 约束了工件的四个自由度——两个移动和两个转动，体部 2 端面约束了工件的一个移动自由度，支柱 9 约束了工件的一个转动自由度。整个夹具约束了工件的六个自由度——三个移动和三个转动。可见确定工件位置的任务是由相互配合的三个定位元件完成的。心轴 5、体部 2 和支柱 9 分别相当于 4、1、1 个支承点。

这种通过适当的安置定位元件来约束工件的全部——六个自由度是常见的定位情况，一般称为完全定位。

生产实践中，针对具体情况，也可不采用完全定位的方案。如图 2-4。

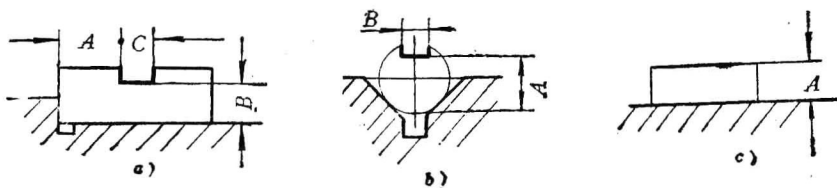


图2-4 不完全定位示意图

其中：a) 是在立方体上铣一个通槽。在此仅约束了工件的五个自由度（一个移动未约束）；b) 是用 V 形块定位，在轴上铣一直通键槽。这里只约束了工件的四个自由度（一个移动和一个转动未约束）；c) 是在平面磨上磨整个表面，在这里仅约束了工件的三个自由度（尚有一个转动和两个移动均未约束）。

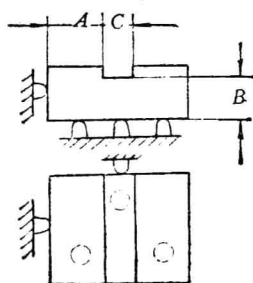
上述三种情况，从定位的观点看来，工件分别被约束了 5、4、3 个自由度——其对应的定位元件相当于 5、4、3 个支承点。此时工件的位置虽未确定下来，但仍能保证有关的工序尺寸。这种没有约束工件六个自由度的情况一般称为不完全定位。

2 六点定位原理用于选择定位方式 由图 2-4 可见，为了保证具体的工序尺寸，工件所必须约束的自由度数与工序尺寸的标注方向有关。一般说来：工件在三个坐标方向均有尺寸要求，则必须约束工件的六个自由度；工件在两个坐标方向有尺寸要求，则需约

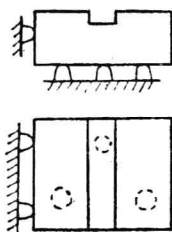
束工件的五个或四个自由度（如图 2-4a、b）；如果工件只有一个坐标方向有尺寸要求，则只需约束有关的三个自由度就够了（如图 2-4c）。

各种定位方式还须注意支承点的位置问题，即工件实际被约束的自由度必须与工序尺寸所需要约束的自由度相符合。否则，尽管支承点的数目足够，仍然会造成废品。如图 2-5 所示，由于左图的后支承点的位置不当，不可能保证工序尺寸 A。

一般说来，工件被约束的自由度数愈多，定位元件结构也愈复杂。所以采用不完全定位的主要目的是在保证加工要求的前提下简化夹具结构。但是在有些情况下，为了方便、准确的安放工件，提高生产效率等目的，在不需要约束六个自由度时也采用完全定位方案，这种情况也是常见的。如图 2-5b 中，为了使工件铣削过程中不致移动，可增加一后支承点。



a) 不正确



b) 正确

图 2-5 支承点的位置

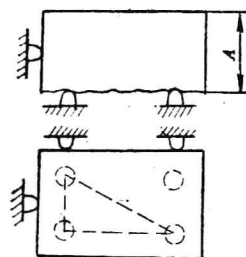


图 2-6 过定位示意图

3. 过定位问题 所谓过定位，是指当夹具上的支承点超过六个或者是支承点相互重复的定位情况。如图 2-6，其底面基准的支承点不是三个而是四个，连同另外三个支承点共有七个。所以说是过定位。又如图 2-7a，虽然其总支承点数未超过六个，但由于其侧面的支承点是相重复的，所以也叫过定位。可见，过定位的主要特征是定位点重复。

如何来评价过定位？过定位对确定工件位置有利还是有害？设计夹具时如何考虑？这需根据具体问题进行分析。

1) 一般应力求避免过定位。通常增加支承点有利于保证工件的位置精度，但是定位点过多且相重复时，却往往适得其反——工件变得不稳定甚至造成废品。通常，过定位的恶果是由于工件的定位基准和夹具的定位元件的误差（主要是相互位置误差）引起的。如图 2-6。由于底面的定位基准不平（毛面），四个支承点不可能同时接触，而且不知道是哪三点接触（三点决定一平面），使得工件的位置不稳定。这就和四脚橙子往往放不稳而摇晃的道理一样。如靠夹紧力使四点同时接触，则必然引起工件变形，造成夹紧误差，影响加工精度。

图 2-7 是几种过定位情况示意图及其纠正方案

其中 b) 是沿圆筒形工件的上侧铣一缺口。定位件为长销和一个平面，长圆柱销约束了工件四个自由度——两个移动和两个转动，平面则可约束工件三个自由度——一个移动和两个转动。由图可知，它们所约束的两个转动是相重复的。由于工件的基准孔与其端面的不垂直度，（或定位销的不垂直度）使定位时产生过定位而放不平，影响加工精度。如改成短销（只约束两个移动的自由度）和平面定位，则可避免过定位现象。见图 b'）。

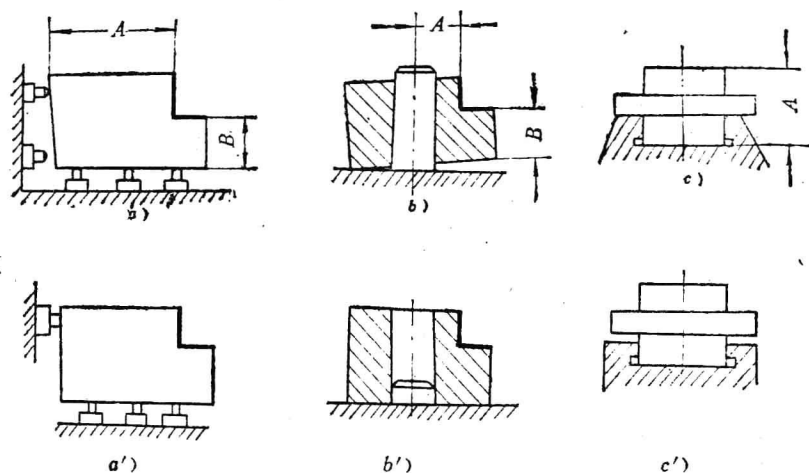


图2-7 过定位情况及其纠正方案

a、b、c—不正确；a'、b'、c'—正确。

其他几个图，道理相似。

2) 在某些情况下，过定位不仅是允许的而且是必须的。过定位的恶果主要是有关表面的制造误差造成的，所以随着这种误差的减小，过定位的恶果也将变小。与此同时过定位的好处——增加接触面、增大刚度等也就显示出来了。

图2-8是箱体工件的定位方案示意图。为增加接触面，这里不是用的支承销，而是用了七块长方形定位板来约束工件的六个自由度，这显然是过定位了。但是由于工件的定位平面是已加工的精基准，使得过定位的不良影响——不稳定大大降低了（它所造成的误差往往可忽略不计），而在增加刚性稳定性方面可收到明显的效果。

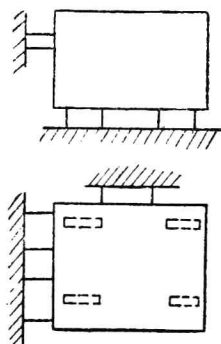


图2-8 箱体工件定位方案

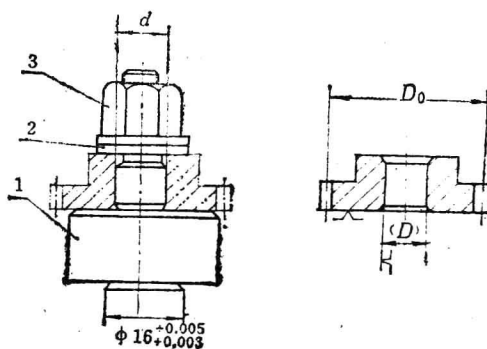


图2-9 过定位实例

图2-9是小模数齿轮滚齿用的夹具总图。

心轴1以轴颈 $\phi 16$ 与机床连接，螺帽3通过垫圈2压紧齿坯。由图可知这也是过定位方案。由于齿坯单薄，滚齿时会引起变形，影响精度，所以如何增大齿坯的刚度成了这里的主要矛盾。本例通过提高有关表面垂直度（工件定位基准之间和心轴定位表面之间）的途径，把过定位影响减少到允许的限度，而使工件的刚度得以提高。

这里也要说明，所谓过定位与不过定位之间并没有十分严格的界限，如定位销多长算

长销，多短算短销？面接触与点接触如何区分？这需根据实际情况分析，以不影响工件加工精度为准则。

§2 定位误差

六点定位原理帮助我们合理的解决工件的定位——在夹具中确定工件位置的问题。如图2-10,由工序图b)可知本工序的任务是：在垫圈形工件上钻一个孔(工序尺寸为 $\phi 5^{+0.05}$ 和 25 ± 0.15)；定位基准为 $\phi 20^{+0.023}$ 和下端面。因孔的位置尺寸仅有一个，所以可用不完全定位——约束五个自由度，应用短销可避免过定位。图a)为钻模的结构图。其中夹具体1兼起定位和夹紧件的作用，钻模板2兼起压板的作用，3是滚花螺母，4是固定钻套。可见这一夹具最大优点是结构简单，不足之处是装卸工件慢。应用它能否保证质量？这还是一个没有解决的问题，所以，我们必须分析定位过程中可能产生的误差。

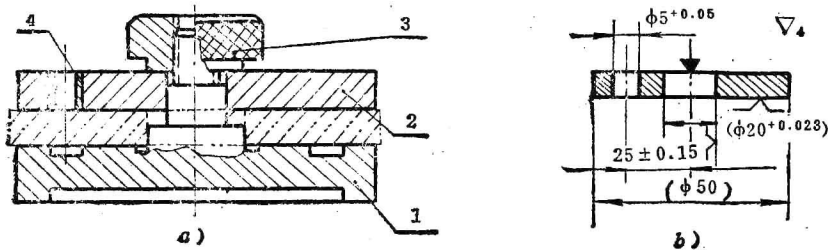


图2-10 钻模原理结构图

通过分析定位误差也可说明如何合理的选择夹具的有关公差。

所谓定位误差，就是指工件在定位时的位置误差。从分析工件加工误差的角度来说，定位误差就是由于工件的位置不准确在加工中所引起的工序尺寸的误差。按照引起定位误差的原因，可以归纳如下：

1. 基准不重合误差 即由于工件的定位基准和工序基准不重合(不一致)所引起的加工误差。这个问题在工艺学中已说明。此处仅举一例，如图2-1的尺寸C，其工序基准为上方平面，而定位基准为下方平面，因此，尺寸E的误差将会改变工序基准的位置，即影响尺寸C。图2-11a)就是其基准不重合影响的示意图。如果按照图b)改变定位基准，显然，尺寸E的误差对工序尺寸C将没有影响。可见，为了保证和提高加工精度，应尽量满足基准重合原则。

2. 工件定位基准的制造误差 一般包括基准本身的制造误差和基准间的相互位置误差(如垂直度、平行度等)。如图2-10,工件定位孔($\phi 20^{+0.023}$)的制造误差及其对定位端面的垂直度，都影响工件在夹具中的位置。基准的公差是由前工序决定的，一般无法改变。在实践中，有时特意提高定位基准的精度(高于设计图要求)，就是为了减少此项误差。

3. 夹具的制造误差 一般包括定位元件本身的制造误差、定位元件之间的相互位置误差和其他有关的夹具制造误差。如图2-10夹具体1上定位心轴的外径误差、定位心轴与安装钻模板的圆柱表面间的同轴度以及钻模板2的孔距误差等，也都影响工件的位置——影响工序尺寸 25 ± 0.15 。

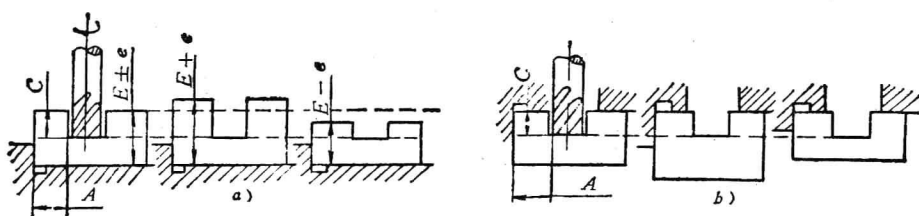


图2 -11 基准重合与不重合示意图

此外，在有些情况下，为了便于装卸工件，在定位元件和定位基准之间必须保证一定的间隙。如孔与轴配合、键与键槽配合等均应有一定的保证间隙。通常在确定有关的定位元件的公差时，就把必要的保证间隙考虑了进去（选取适当的动配合）。以保证在极限情况下，如下限尺寸的孔遇到上限尺寸的轴，工件装卸也不发生困难。

所谓分析某一工序尺寸的定位误差，就是找出该尺寸的工序基准在定位时可能产生的在该尺寸方向上的最大位移量。一般的分析方法是：首先根据具体的定位方式，画出（都用放大示意图）定位基准的极限位置；然后用几何、三角关系求出工序基准在工序尺寸方向上的最大可能的位移量。一般说来，定位误差分析既可进行正运算——分配公差，即由允许的定位误差定出有关的夹具公差；也可以进行反运算——验算误差，即验算已有夹具的定位精度。

在分析定位误差时，应注意以下几个问题：

- （1）分析误差项目要分清主次，对主要误差项目要不遗漏不重复。
- （2）确定误差数值，要联系生产实际，符合实际情况。
- （3）求总的定位（综合）误差时，根据误差项目多少，误差的大小和性质可采用不同的方法（极限法和均方根法）。通常是采用极限法求综合误差。
- （4）定位误差是指沿工序尺寸方向的误差数值，根据具体的定位方式，有时要经过必要的折算。

如图2 -12，设工件定位基准的尺寸为 $D_{\text{工}}^{\delta_{\text{工}}}$ 。求两种定位方式的定位误差（只求基准

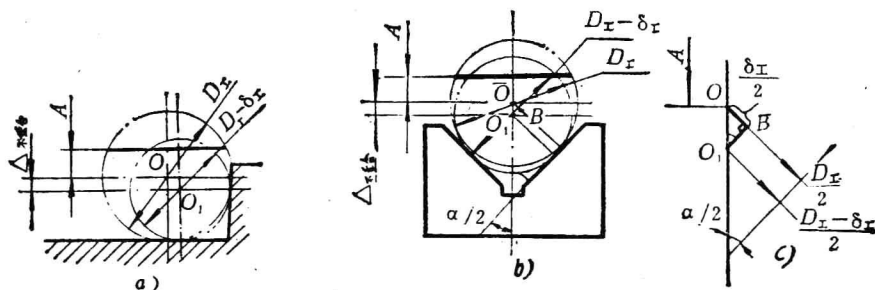


图2 -12 不同定位方式的定位误差

不重合误差)。由图 a)、b) 可知，工序尺寸 A 的工序基准都是抽象的中心线，而两者的定位基准都是外圆柱面，可见两者都有基准不重合误差——外圆柱面加工误差引起的中心线垂直位移。

$$\text{图2.-12 a} \quad \Delta_{\text{不重合}} = \frac{D_{\text{工}}}{2} - \frac{D_{\text{工}} - \delta_{\text{工}}}{2} = \frac{\delta_{\text{工}}}{2}$$

图2-12b: $\Delta_{\text{不重合}} = \overline{OO_1}$

由放大图c)的三角形 OO_1B 可知:

$$\frac{\overline{OB}}{\overline{OO_1}} = \sin \frac{\alpha}{2} \quad \text{即} \quad \overline{OO_1} = \frac{\overline{OB}}{\sin \frac{\alpha}{2}} = \frac{\delta_x}{2} \cdot \frac{1}{\sin \frac{\alpha}{2}}$$

$$\therefore \Delta_{\text{不重合}} = \frac{\delta_x}{2 \sin \frac{\alpha}{2}}$$

如 $D_{\text{工}}^{\delta_x} = \phi 50^{+0.1}$; $\frac{\alpha}{2} = 45^\circ$

则图2-12a $\Delta_{\text{不重合}} = \frac{0.1}{2} = 0.05$

图2-12b $\Delta_{\text{不重合}} = \frac{0.1}{2 \times \sin 45^\circ} = \frac{0.05}{0.707} = 0.07$

由此可见, 由于定位方式不同, 同样的基准误差所引起的定位误差也不同, 显然, 在这种情况下, 用平面定位比用V型块定位更精确些。

现在我们来验算图2-10的定位精度, 看能否保证工件质量。

(1) 由图2-10的工序图b)可知, 工序尺寸 25 ± 0.15 的工序基准是 $\phi 20^{+0.023}$ 孔的中心线, 而定位基准是 $\phi 20^{+0.023}$ 孔的内圆柱表面, 由于两个基准不一致, 所以必然有基准不重合误差。可见, 在该钻模中上述三类影响定位精度的因素 ($\Delta_{\text{不重合}}$ 、 $\Delta_{\text{基准}}$ 和 $\Delta_{\text{夹具}}$) 都存在。不过在这里基准不重合误差和基准制造误差是同一个数值, 计算时只能算一次。

图2-13是与工序尺寸有关的尺寸及公差示意图 (垂直度允差未标注出)。

由两处配合部分的公差数值可以看出, 已经把保证间隙考虑进去了。

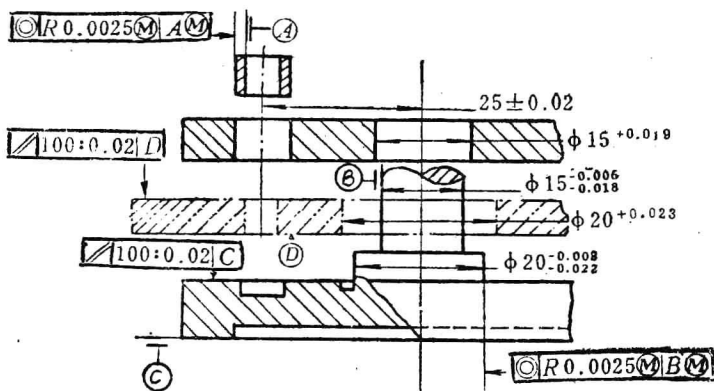


图2-13 误差分析示意图

(2) 由图2-13可见, 影响工件位置精度的因素很多, 从最不利情况出发 (取误差最大值), 按照误差的性质可以归纳为:

- 1) 配合间隙: 两处, 四项误差 (0.023、0.022、0.018、0.019)
- 2) 孔中心距误差: 一处 ($0.02 \times 2 = 0.04$)。
- 3) 同轴度: 两处 ($0.0025 \times 2 = 0.005$, $0.0025 \times 2 = 0.005$)。
- 4) 平行度: 3处 (0.005、0.02、0.02), (0.005为钻模板的平行度)。
- 5) 垂直度: 多处 (未画出)。

其中哪些是主要的呢? 前三种因素使得工件产生径向移动, 其误差方向与工序尺寸方向一致, 所以对定位精度有着直接的影响。后两种误差, 虽然对工序尺寸也有影响——引起工件和钻套孔歪斜, 使钻头走偏。但是由于它们的数值不大、工件较薄, 而且它们对工

序尺寸是间接产生影响的。所以相对前三种误差而言，可以忽略不计。

(3) 按极大极小法求总的(综合)定位误差。

$$\begin{aligned}\Delta_{\text{定位}} &= \Delta_{\text{重合}} + \Delta_{\text{基准}} + \Delta_{\text{夹制}} \\ &= 0.023 + 0.022 + 0.018 + 0.019 + 0.04 + 0.005 \times 2 \\ &= 0.023 + 0.109 = 0.132\end{aligned}$$

(4) 估算加工总误差。据制造工艺学允许的定位误差为

$$\Delta_{\text{定位}} \leq \delta_{\text{工件}} - \omega$$

由图2-10b可知 $\delta_{\text{工件}} = 0.15 \times 2 = 0.3$

考虑到固定钻套和钻头之间的间隙(钻套内径 $\phi 5^{+0.017}_{-0.004}$ ，钻头外径 $\phi 5_{-0.03}$)，以及钻头、钻套和两处动配合的磨损等其他误差因素，设 $\omega = 0.1$ 。将各项代入允许的 定位 误差 公式

则 $0.132 \leq 0.3 - 0.1 (=0.2)$ ， 此式成立。

可见，应用此钻模能够保证工序尺寸 25 ± 0.15 。

以上是定位过程中的两个最基本的问题——定位原理和定位误差。针对具体的工件合理的选择定位方法和设计定位元件，是我们下面几节的主要任务。

由于工件的种类繁多，基准的情况不一，我们只能讨论几种生产中最常见的有代表性的定位基准的定位方法和定位元件。

§3 工件以平面作定位基准时的定位方法及定位元件

定位基准状况是选择定位方法和设计、选择、布置定位元件的主要依据。

根据基准的精度(平面度和光洁度)，平面基准可分为粗、精二种。

粗基准(毛基准)是指锻、铸后经过了喷砂、酸洗的毛坯表面。由于其表面凹凸不平，为了使工件定位稳定防止过定位，一般应采用三个支承点来定位，如图2-14。显然，三个支承点的距离愈远(三点所决定的三角形面积愈大)愈稳定。必须指出三点支承的方法，也并不是在任何情况下都是合理的。如当工件的刚性不足，夹紧力和切削力没有作用在支承点上，采用三点支承会造成工件的变形。

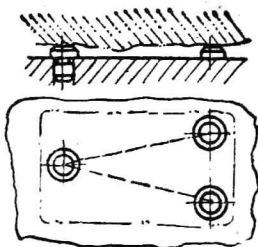


图2-14 用三个支承销定位

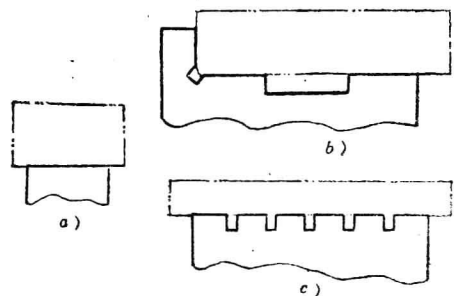


图2-15 平面精基准接触状况

精基准是指经过机械加工后的表面。由于基准平面的精度较高，为了增加工件的刚度和稳定性，可采用多点支承或平面支承。确定定位点多少或支承面大小，应考虑到工件的刚度、尺寸和基准平面的精度、硬度等。

图2-15为精密机械加工中常见的几种平面支承情况。其中：a) 为整个平面接触，

适用于尺寸小，刚度差的精基准；b) 为中段挖空的局部平面接触，多用于尺寸较大的精基准；对于精度高、刚度差的工件，为了增加接触面积、便于制造和清屑，常开出平行等距的通槽（图2-15c）。

对于尺寸、刚度较大的钢、铁箱体的精基准，常用四个定位板定位。而同样情况下的铝合金箱体，为了防止压伤基准平面，则必须采用较大的平面甚至用和基准同样大小的平面来定位，且一般用连续平面不开槽。

根据加工时采用定位基准平面的多少，可分为一个、两个和三个平面作定位基准的情况。前两种情况较少，常见的是以工件上三个相互垂直的平面同时作定位基准，以约束其六个自由度。此时需要合理的选出主要定位基准和正确的分配定位点。一般说来，应参照工序尺寸的方向和精度，根据基准重合和统一原则（几个工序用同一个基准），选择尺寸较大、精度较高的平面作主要基准。布置支承点应位置正确、适当拉开距离和防止过定位。

另外还需指出，定位方法和支承点的确定，还要考虑到整个夹具的布局，尤其要考虑到夹紧装置的位置——尽量使夹紧力朝向主要的定位元件。

工件以平面作定位基准时的定位元件，根据其结构特点和作用原理，一般可分为整体式定位件、组装式定位件、可调定位件、浮动支承件和辅助支承件。通常前一种是需要自行设计的非标准定位件，后几种有标准结构可参考，要合理选用。

1. 整体式定位件 通常与基准成面接触，适用于小尺寸工件的精基准定位。采用整体式定位件，可以简化夹具结构和增加工件刚度。为了提高其耐磨性，一般应采用较好的材料，具有较高的硬度和光洁度。

根据这类定位件与夹具体的联系，可分为与夹具体合成一体的和用连接件固定连接在夹具体上的两种。

有时把定位件和夹具体设计成一体，往往使夹具体结构复杂，不便于加工和修理，所以二者要分开制造。

2. 组装式定位件 根据其结构形式分为支承销和定位板，如图2-16，2-17所示。它们通常是成组使用的，即把几个支承销或定位板，按照需要的定位方式分别安装到夹具体上，以确定工件在夹具中的位置，其中每个定位件仅相当于1~2个支承点，约束工件的1~2个自由度。与整体式定位件相比，具有形状简单易制造、通用性广、便于维修更换等优点。适用于刚度、尺寸较大的工件。

图2-16是几种常见的支承销。平顶支承销适用于基准表面较光滑的工件，见a)图。

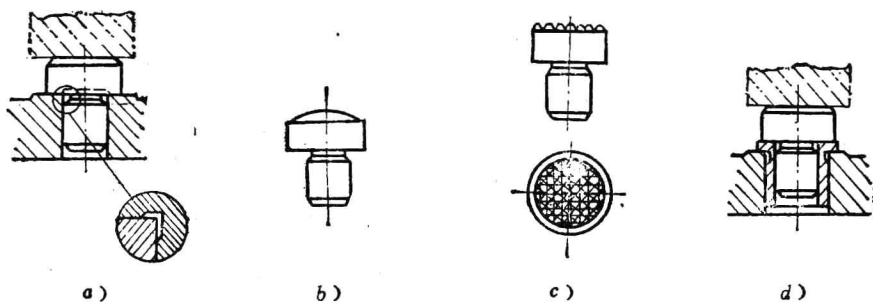


图2-16 几种支承销形式