CHAPTER 3

第3章

数控加工工件的定位与装夹

【学习目标】

(1) 学会看懂夹具零件图。

(2) 弄懂加工工艺装备设计方法。

(3) 知道如何选用数控加工夹具。

3.1 工件的定位与夹紧

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。

3.1.1 工件定位的基本原理

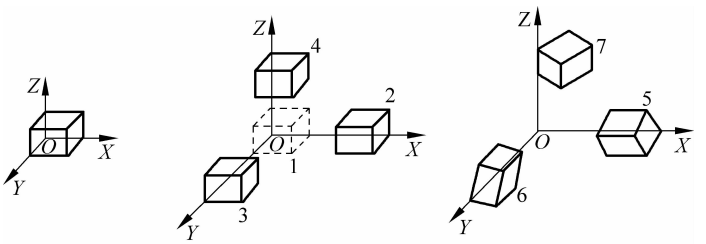
本课程研究的是专用夹具，所以重点研究在专用夹具中的定位，而专用夹具加工的是一批工件，所以实质是研究一批工件在专用夹具中的定位。定位的过程是工件加工前在夹具中占据“确定”、“正确”加工位置的过程。

1. 定位原理及过程

(1) 六点定则

工件在夹具中定位的目的，是使同一工序中的所有工件，加工时按加工要求在夹具中占有一致的正确位置(不考虑定位误差的影响)。怎样才能按加工要求使工件在夹具中保持一致的正确位置呢？要弄清楚这一点，先来讨论与定位相反的问题，即工件放置在夹具中的位置可能有哪些变化？如果消除了这些可能的位置变化，那么工件也就定位了。

任一工件在夹具中未定位前，可以看成空间直角坐标系中的自由物体，它可以沿 3 个坐标轴平行方向放在任意位置，即具有沿 3 个坐标轴移动的自由度$\vec{X}$、$\vec{Y}$、$\vec{Z}$；同样，工件沿 3 个坐标轴转角方向的位置也是可以任意放置的，即具有绕 3 个坐标轴转动的自由度 $\hat{X}$、$\hat{Y}$、$\hat{Z}$。因此，要使工件在夹具中占有一致的正确位置，就必须限制工件的$\vec{X}$、$\vec{Y}$、$\vec{Z}$，$\hat{X}$、$\hat{Y}$、$\hat{Z}$ 6 个自由度，如图 3-1 所示。



(a) 基本位置　(b) 移动　(c) 转动

图 3-1　工件的 6 个自由度

为了限制工件的自由度，在夹具中通常用一个支承点限制工件的一个自由度，这样用合理布置的 6 个支承点限制工件的 6 个自由度，使工件的位置完全确定，称为“六点定位规则”，简称“六点定则”。

使用“六点定则”时，6 个支承点的分布必须合理，否则不能有效地限制工件的 6 个自由度。

在具体的夹具结构中，所谓定位支承是以定位元件来体现的，如长方体的定位以 6 个支承钉代替 6 个支承点（见图 3-2），这种形式的六点定位方案比较明显。

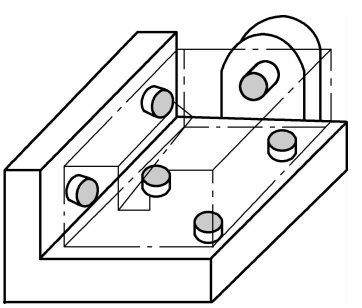


图 3-2　六点定位

（2）对定位的两种错误理解

理解工件在夹具中的定位时，容易产生两种错误的理解。一种认为：工件在夹具中被夹紧了，也就没有自由度可言，因此，工件也就定了位。这种把定位和夹紧混为一谈，是概念上的错误。我们所说的工件的定位是指所有加工工件在夹紧前要在夹具中按加工要求占有一致的正确位置（不考虑定位误差的影响），而夹紧是在任何位置均可夹紧，并不能保证各个工件在夹具中处于同一位置。

另一种错误的理解是认为工件定位后，仍具有沿定位支承相反的方向移动的自由度，这种理解显然也是错误的。因为工件的定位是以工件的定位基准面与定位元件相接触为前提条件的，如果工件离开了定位元件，也就不称其为定位，更谈不上限制其自由度了。至于工件在外力的作用下有可能离开定位元件，那是由夹紧来解决的问题。

（3）工件定位时应限制的自由度与加工要求的关系

工件的定位采用了 6 个支承点，限制了工件全部 6 个自由度，使工件在夹具中占有唯一确定的位置，称为完全定位。当工件在 X、Y、Z 三个方向都有尺寸精度或位置精度要求时，需采用这种完全定位方式。但是，并不是所有加工都必须设置 6 个支承点来限制工

件的 6 个自由度。若轴为没有键槽的光轴且油槽为通槽时，则只需限制$\vec{X}$、$\vec{Y}$、$\vec{Z}$、$\hat{Z}$ 4 个自由度，其他自由度只需用长 V 形架定位即可。

根据加工要求，工件不需要限制的、自由度没有被限制的定位，称为不完全定位。不完全定位在加工中是允许的。在考虑定位方案时，为简化夹具结构，对不需限制的自由度，一般不设置定位支承点。但也不尽然，如在光轴上铣通槽，按定位原理，轴的端面可不设置定位销，但常常设置一定位挡销，一方面可承受一定的切削力，以减小夹紧力，另一方面也便于调整机床的工作行程；在环状工件上钻通孔，Z 的自由度可不限制，但实际被短销限制了，若有意不限制，夹具的结构反而更难实现。

(4) 欠定位与过定位

根据工件的加工技术要求，应该限制的而自由度没有被限制的定位称为欠定位。欠定位不能保证本工序的加工技术要求，是不允许的。若在 X 方向上未设置定位挡销，孔到端面的距离尺寸就无法保证。

工件的同一自由度被两个以上不同定位元件重复限制的定位，称为过定位。

欠定位不能保证工件的加工要求，是不允许的。过定位在一般情况下，由于定位不稳定，在夹紧力的作用下会使工件或定位元件产生变形，影响加工精度和工件的装卸，也应尽量避免；但在有些情况下，只要重复限制自由度的支承点不使工件的装夹发生干涉及冲突，这种形式上的过定位，不仅是可取的，而且有利于提高工件加工时的刚性，在生产实际中也有较多的应用。

2. 工件的装夹方法

工件可以采用找正法或夹具进行装夹，这里主要简单介绍找正法进行装夹。

找正是用工具(或仪表)根据工件上的有关基准，找出工件在加工(或装配)时的正确位置的过程。用找正法装夹工件称为找正装夹。找正装夹又可分为直接找正法和划线找正法。

(1) 直接找正法

用划针、百分表等工具直接找正工件位置并加以夹紧的方法称为直接找正装夹法。此法生产率低，精度取决于工人的技术水平和测量工具的精度，一般只用于单件小批生产。

如图 3-3 所示，用四爪单动卡盘装夹工件要保证本工序加工后的 B 面与已加工过的 A 面的同轴度要求，先用百分表按外圆 A 进行找正，夹紧后车削外圆 B，从而保证 B 面与 A 面的同轴度要求。

(2) 划线找正法

如图 3-4 所示，划线找正法是用划针根据毛坯或半成品上所划的线为基准找正它在机床上的正确位置的一种装夹方法。划线找正法定位精度较低，一般在 0.2～0.5mm，因为划线本身有一定的宽度，划线又存在划线误差。

划线找正法广泛用于单件小批生产中，尤其适用于形状复杂而笨重的工件，或毛坯的尺寸公差很大、无法采用夹具装夹的工件。

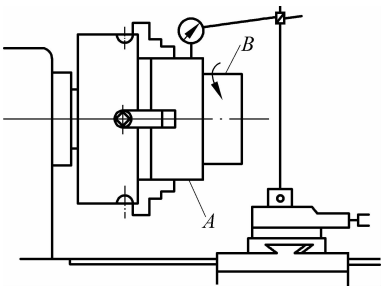


图 3-3 直接找正法

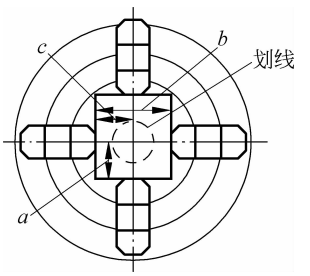


图 3-4 划线找正法

3.1.2 定位基准的选择原则

在定位的原理中已讲到，工件在夹具中的定位实际上是以工件上的某些基准面与夹具上的定位元件保持接触，从而限制工件的自由度。那么，究竟选择工件上哪些面与夹具的定位元件接触为好呢？这就是定位基准的选择问题。定位基准的选择是工艺上一个十分重要的问题，它不仅影响零件表面间的位置尺寸和位置精度，而且还影响整个工艺过程的安排和夹具的结构，必须十分重视。在介绍定位基准的选择原则之前，先介绍一些有关基准的知识。

1. 基准的概念及分类

基准的广义含义就是“依据”的意思。机械制造中所说的基准是指用来确定生产对象上几何要素间的几何关系所依据的那些点、线、面。根据作用和应用场合不同，基准可分为设计基准和工艺基准两大类，工艺基准又可分为工序基准、定位基准、测量基准和装配基准。

(1) 设计基准

零件图上用以确定零件上某些点、线、面位置所依据的相对基本的点、线、面。

(2) 工艺基准

零件加工与装配过程中所采用的基准，称为工艺基准。它包括以下几种。

① 工序基准，是工序图上用来标注本工序加工的尺寸和形位公差的基准。就其实质来说，与设计基准有相似之处，只不过是工序图的基准。工序基准大多与设计基准重合，有时为了加工方便，也有与设计基准不重合而与定位基准重合的。

② 定位基准，是加工中使工件在机床上或夹具中占据正确位置所依据的基准。如用直接找正法装夹工件，找正面是定位基准；用划线找正法装夹，所划线为定位基准；用夹具装夹，工件与定位元件相接触的面是定位基准。作为定位基准的点、线、面，可能是工件上的某些面，也可能是看不见摸不着的中心线、中心平面、球心等，往往需要通过工件某些定位表面来体现，这些表面称为定位基面。例如用三爪自定心卡盘夹持工件外圆，体现为以轴线为定位基准，外圆面为定位基面。

③ 测量基准，是工件在加工中或加工后测量时所用的基准。

④ 装配基准，是装配时用以确定零件在部件或产品中的相对位置所采用的基准。

上述各类基准应尽可能使其重合。如在设计机械零件时，应尽可能以装配基准作设

计基准以便直接保证装配精度。在编制零件加工工艺规程时，应尽量以设计基准作工序基准，以便直接保证零件的加工精度。在加工和测量工件时，应尽量使定位基准和测量基准与工序基准重合，以便消除基准不重合误差。

2. 定位基准的选择

定位基准有粗基准和精基准之分。零件开始加工时，所有的面均未加工，只能以毛坯面作定位基准，这种以毛坯面为定位基准的，称为粗基准，以后的加工，必须以加工过的表面作定位基准，这种以加工过的表面为定位基准的称为精基准。

在加工中，首先使用的是粗基准，但在选择定位基准时，为了保证零件的加工精度，首先考虑的是选择精基准，精基准选定以后，再考虑合理地选择粗基准。

（1）精基准的选择原则

选择精基准时，重点考虑的是如何减少工件的定位误差，保证工件的加工精度，同时也要考虑工件装卸方便，夹具结构简单，一般应遵循下列原则。

① 应尽可能选用设计基准作为定位基准，这称为“基准重合原则”。特别在最后精加工时，为保证加工精度，避免因基准不重合而引起的定位误差，更应注意选择该原则。

② 应尽可能在多道工序中采用同一组精基准为定位基准，这称为“基准统一原则”。采用该原则，可以保证各表面的相互位置精度，简化夹具的设计与制造，缩短生产准备时间。

③ 有些精加工工序要求加工表面余量小而均匀，则应选用该加工面为精基准，这称为“自为基准原则”。两个表面之间还可采用“互为基准、反复加工”的原则，逐步提高两个表面及其相互位置精度。

④ 当选用设计基准为定位基准有困难时，可以采用非设计基准作为定位基准。但应尽可能减少基准的转换，以减少基准不重合误差，这称为“最短路线原则”。

⑤ 所选的精基准应能保证定位准确、夹紧稳定可靠、夹具结构简单、操作方便。

以上介绍了精基准选择的几项原则，每项原则只能说明一个方面的问题，理想的情况是使基准既“重合”又“统一”，同时又能使定位稳定、可靠，操作方便，夹具结构简单。但实际运用中往往出现相互矛盾的情况，这就要求从技术和经济两方面进行综合分析，抓住主要矛盾，进行合理选择。

还应该指出，工件上的定位精基准，一般应是工件上具有较高精度要求的重要工作表面，但有时为了使基准统一或定位可靠，操作方便，人为地制造一种基准面，这些表面在工件的加工中并不起作用，仅仅在加工中起定位作用，如顶尖孔、工艺搭子等。这类基准称为辅助基准。

（2）粗基准的选择原则

选择粗基准时，重点考虑如何保证各个加工面都能分配到合理的加工余量，保证加工面与不加工面的位置尺寸和位置精度，同时还要为后续工序提供可靠的精基准。一般应遵循下列原则。

① 为保证工件上加工面与不加工面间的相互位置要求，则应该选不加工面为粗基准。若工件上有多个不加工面，则应选其中与加工面间相互位置要求较高的表面为粗基准，这通常称之为“相互位置要求原则”。

② 为保证工件上的重要表面加工余量均匀，则应选该表面为粗基准，这通常称之为“余

量均匀原则”。为保证各表面有足够的加工余量，应选择加工余量最小的表面为粗基准。

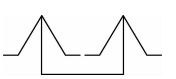
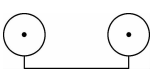
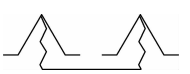
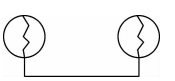
③ 粗基准一般只能使用一次，这称为“不重复使用原则”。

④ 选作粗基准的表面应尽可能平整和光洁，不能有飞翅（飞边）、浇口、冒口或其他缺陷，以便定位准确、夹紧可靠。

在制定数控加工工艺的过程中，基准的选择与拟定工艺路线是同时交叉进行的。在确定工艺路线的每一工序时，都应按上述的基准选择原则确定该工序的定位基准，并应选择合适的夹紧装置。确定后的定位、夹紧方案应按规定的符号标注在数控加工工艺规程的工序简图上。

GB/T 24740—2009 标准中规定，在工艺规程中允许采用定位、夹紧符号和装置符号混合标注。表 3-1、表 3-2 及表 3-3 为定位支撑、辅助支撑及夹紧符号。表 3-4 及表 3-5 为常用装置符号及定位、夹紧符号与装置符号综合标注示例。在工序简图中，应尽可能用最少的视图标全定位、夹紧符号。夹紧符号的标注方向应与夹紧力的实际方向一致。

表 3-1 定位支承符号（GB/T 24740—2009）

定位支承类型	符号			
	独立定位		联合定位	
	标注在视图轮廓线上	标注在视图正面[a]	标注在视图轮廓线上	标注在视图正面[a]
固定式				
活动式				

注：a 视图正面是指观察者面对的投影面。

表 3-2 辅助支承符号（GB/T 24740—2009）

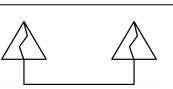
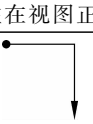
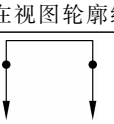
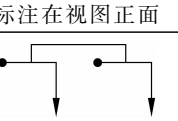
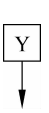
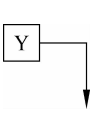
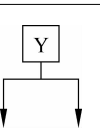
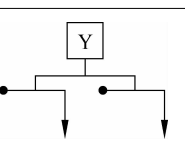
独立支承		联合支承	
标注在视图轮廓线上	标注在视图正面	标注在视图轮廓线上	标注在视图正面
			

表 3-3 夹紧符号（GB/T 24740—2009）

夹紧动力源类型	符号			
	独立夹紧		联合夹紧	
	标注在视图轮廓线上	标注在视图正面	标注在视图轮廓线上	标注在视图正面
手动夹紧				
液压夹紧				

续表

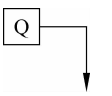
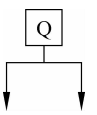
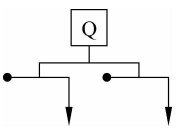
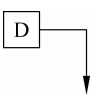
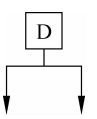
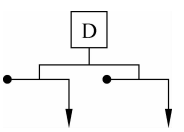
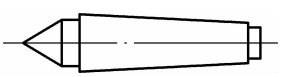
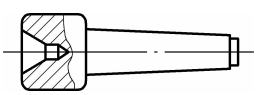
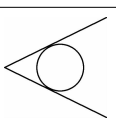
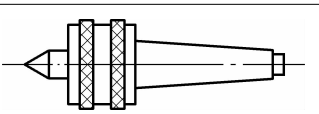
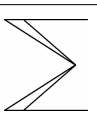
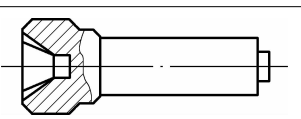
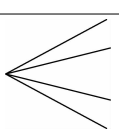
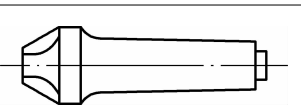
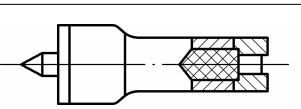
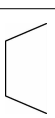
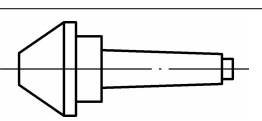
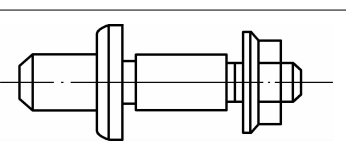
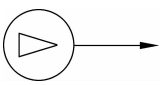
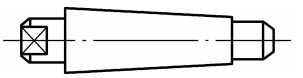
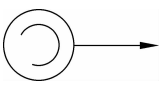
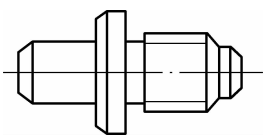
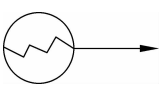
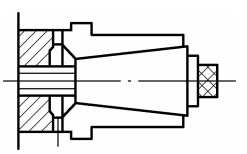
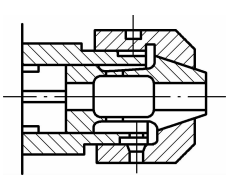
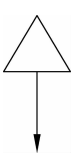
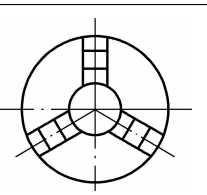
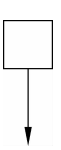
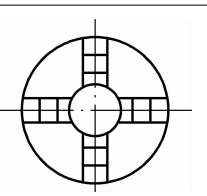
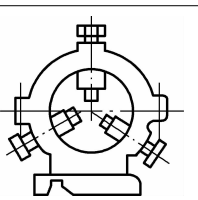
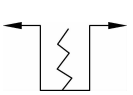
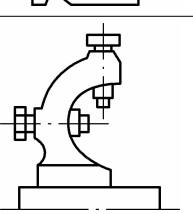
夹紧动力源类型	符　号			
	独立夹紧		联合夹紧	
	标注在视图轮廓线上	标注在视图正面	标注在视图轮廓线上	标注在视图正面
气动夹紧				
电磁夹紧				

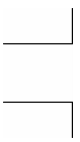
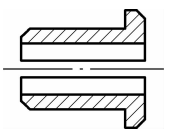
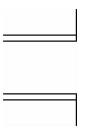
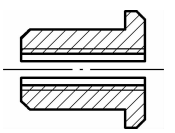
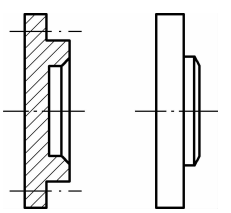
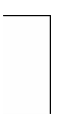
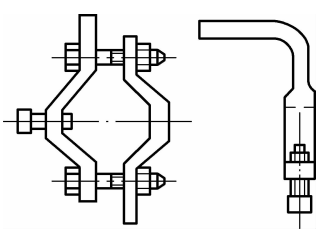
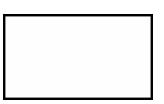
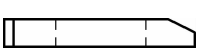
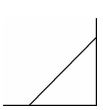
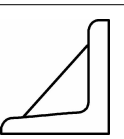
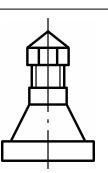
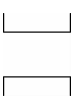
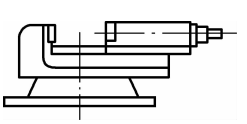
表 3-4　常用装置符号(GB/T 24740—2009)

序号	符　号	名　称	简　图
1		固定顶尖	
2		内顶尖	
3		回转顶尖	
4		外拔顶尖	
5		内拔顶尖	
6		浮动顶尖	
7		伞形顶尖	
8		圆柱芯轴	

续表

序号	符　　号	名　称	简　　图
9		锥度芯轴	
10		螺纹芯轴	 （花键芯轴也用此符号）
11		弹性芯轴	 （包括塑料芯轴）
		弹簧夹头	
12		三爪夹盘	
13		四爪夹盘	
14		中心架	
15		跟刀架	

续表

序号	符　号	名　称	简　图
16		圆柱衬套	
17		螺纹衬套	
18		止口盘	
19		拔杆	
20		垫铁	
21		压板	
22		角铁	
23		可调支撑	
24		平口钳	

续表

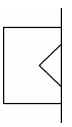
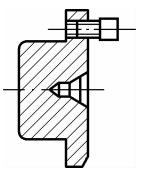
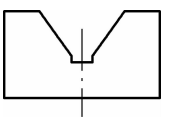
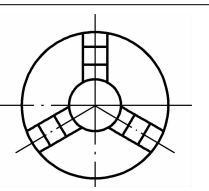
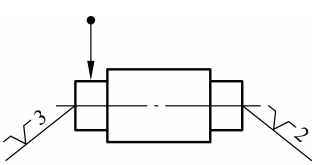
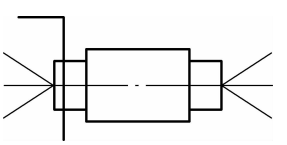
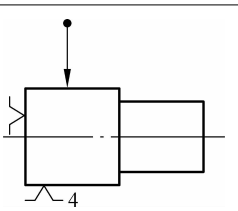
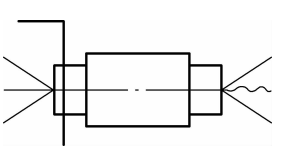
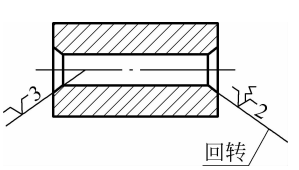
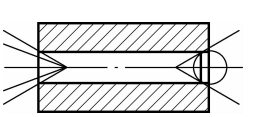
序号	符　　号	名　称	简　　图
25		中心堵	
26		V 形铁	
27		软爪	

表 3-5　定位、夹紧符号与装置符号综合标注示例

序号	说　　明	定位、夹紧符号 标注示意图	装置符号标注或与定位、 夹紧符号联合标注示意图
1	床头固定顶尖，床尾固定顶尖定位拔杆夹紧		
2	床头固定顶尖，床尾浮动顶尖定位拔杆夹紧		
3	床头内拔顶尖，床尾回转顶尖定位夹紧		
4	床头外拔顶尖，床尾回转顶尖定位夹紧	