

自动机构讲义

下 册

上海仪表局七·二一工人大学

上无十二厂七·二一工人大学

1976年8月

U399/

196-2

下 册 目 录

第五章 定位和夹紧机构	1
§ 5-1 概述	1
§ 5-2 定位机构	2
§ 5-3 夹紧机构	20
§ 5-4 自动线上的定位和夹紧机构	45
第六章 机械手简解	57
§ 6-1 概述	57
§ 6-2 机械手有哪些类型	58
§ 6-3 机械手有哪几个组成部分组成	63
§ 6-4 抓取机构	67
§ 6-5 机械手设计要点	86
第七章 其他机构	93
§ 7-1 联锁保护机构	93
§ 7-2 自动检验分类装置	97
§ 7-3 计算装置简解	113
第八章 气压自动化基础	116
§ 8-1 概述	116
§ 8-2 执行机构——气缸	120
§ 8-3 控制阀	128
§ 8-4 发讯装置反转换器	132
§ 8-5 气动三大件	135
§ 8-6 气动控制应用举例	138

第五章 定位和夹紧机构

§5-1 概 述

第三章中讲了自动送料机构。通过自动送料机构可以把工件送到工作的位置上，但要进行下一工序的加工则必须将工件固定在准确的位置上，这就是定位夹紧机构（即通常讲的夹具）所需解决的任务。由上述可知它包括两个方面，首先是使工件得到正确的位置，这个过程称定位。其次是要使工件在加工时保持定位所得的位置，即把工件紧固在定位时所得的正确位置上，这个过程称夹紧。

夹具在生产中具有很大的作用，它提高生产率，保证工件的加工精度，减轻工人劳动强度，操作安全、方便，扩大机床使用范围等多方面的优点，因而在生产中应用极广。

夹具的分类方法很多。根据夹紧工件的动力来源可分为：手工夹紧、机械夹紧、气动夹紧、液压夹紧及电磁夹紧等。若根据夹具与机床是否有相对运动可分为：固定式夹具、移动式夹具及随行夹具。固定式夹具在工作过程中与机床不作相对运动，用于单工位，且多用于只装一个零件的场合中。移动式夹具在工作过程中相对机床作间隙运动，用于多工位机床上，用以实现工件的移动工位，完成工件的多工序加工。随行夹具是一种移动式夹具，它用于自动线上，随行夹具在自动线的各个工位都需要定位与夹紧。

夹具的结构形式同要求生产率的高低；工件的大小、轻重、形状；工件材料的性能；作用在工件上外力的大小；送料方式；工件的加工精度、工艺过程；制造单位和使用单位的设备等情况有关。夹具的完善程度直接影响到工件加工自动化的程度，因而正确合理的设计夹具具有重大的作用。我们在设计夹具时必须考虑上述诸因素。

§5-2 定位机构

一、定位原理。

基准是指一些面、线或点，用它来确定工件上其它面、线或点的位置，基准也就是确定零件尺寸的计量起始点。基准可分为两大类：设计基准与工艺基准。

设计基准是在零件图上确定某—（或某些）面、线或点的位置所依据的基准，如图 5—1 中，平面 1 为平面 2、3 及孔 4 的设计基准，而孔 4 的中心线是孔 5 的设计基准。

图 5—1

工艺基准是在加工零件和装配时所采用的基准。工艺基准又可分为原始基准、定位基准、度量基准与装配基准，原始基准是在工艺文件中指定被加工面位置所用的基准。定位基准是工件在加工时定位所用的基准。度量基准是检验已加工表面位置时所依据的基准。一般情况下，度量基准与设计基准采用同一个基准。装配基准是装配时，用来确定零件或部件在产品中的位置所依据的基准。各种基准应尽可能重合，在设计中尽量以装配基准为设计基准，这样可直接保证装配的技术要求。在加工过程中则应尽量以设计基准或装配基准为原始基准，这样可便于直接测量加工质量能否满足设计要求，良

量基准尽量与原始基准，装配基准重合。这样可正确地反映加工的质量。

任意一刚体在空间对三个互相垂直的坐标平面而言，都有六个自由度，即沿 Ox 、 Oy 、 Oz 三个轴方向的移动及绕这三个轴的转动；要使工件在空间的位置完全确定下来，则必须消除这六个自由度。要消除六个自由度则必须使工件沿三个坐标平面靠在六个虚线的点上。其中 XOY 平面上的三个点可消除三个自由度，即沿 Oz 方向的移动，绕 Ox 、 Oy 轴的转动； YOZ 平面上的二个点可消除两个自由度，即沿 Ox 轴方向的移动及绕 Oz 轴的转动； XOZ 平面上的一个点可消除一个自由度，即沿 Oy 轴方向的移动。

用来加工工件时，三个坐标平面是工件表面而六个虚线的点常是定位元件，图 5—2 中， W_1 、 W_2 、 W_3 为夹紧力，它们保证工件在工作过程中与夹具中的支承点紧密接触。

图 5—2

由图 5—2 中可以看出，棱柱体工件以平面在夹具中定位时，其位置完全决定于它的三个方面：

1. 表面A有三个支承点，消除三个自由度，这个表面叫主要定位基准。如果把这三个支承点连接起来，就得到一个三角形，这个三角形越大，工件放得越稳定，越能保持工件表面间的位置精度，所以常用工件上最大表面作为主要定位基准。

2. 表面B有二个支承点，消除两个自由度，这个表面叫导向定位基准。常选工件上最长的表面作为导向面，因为长表面可使这两个支承点距离放远，使工件对侧坐标平面的位置准确可靠。

3. 表面C有一个支承点，消除最后一个自由度，这个表面叫做止推定位基准。常选工件上最短最狭的表面作为止推表面。

工件夹具中加工时所需的位置完全是由这六个点来决定的，这种定位称六点定则定位法。

圆柱体在夹具中定位时，用以消除工件六个自由度的支承点在三个坐标平面上的分布与柱体略有不同，圆柱体定位时六个支承点分布如图 5—3 所示，在圆柱面上的四个支承点，消除工件在 Ox 和 Oz 轴的移动和转动，端上一点消除工件在 Oy 轴上的移动，另外在键槽上的一点消除工件绕 Oy 轴的转动。

图 5—3

图 5—4

定位的支承点若超过六个，则由于工件表面不能绝对精确，反而会使工件位置不稳固。在特殊情况下，必须使用超过六个支承点的定位元件时，则多余的支承点必须是活动的、自动定位的或是可以调节的。在有些情况下工件在加工时，不需消除全部六个自由度，则当然也就不需六个支承点。

工件在夹具中定位时，由于所采用的定位基准与原始基准不重合，或由于工件定位基准与夹具上的定位元件本身有误差，都将引起原始尺寸的误差，这种误差称定位误差。

如图 5-4 所示，在加工前，刀具与支承板之间距离，事先已调整好，加工时始终保持不变，如平面③为平面①的原始基准，这时定位基准与原始基准重合，原始尺寸 B 就不存在定位误差。如平面②为平面①的原始基准，则由于平面②的位置是变化的，原始基准②沿原始尺寸 $A \pm \sigma_a$ 方向上存在一个位移量，因而此位移量即为定位误差。故从提高定位精度这个角度出发，在设计夹具时应尽量使定位基准和原始基准重合。

如图 5-5 所示，工件以孔为定位基准，安装在心轴上被加工平面①的原始基准为孔中心线“O”，原始尺寸为 $H \pm \sigma_h$ ，因孔与心轴本身存在误差，孔径为 $D + \sigma_D$ ，轴径为 $d - \sigma_d$ ，孔与轴之间的最小的间隙 $\Delta = D - d$ ，因而使原始基准“O”沿原始尺寸 $H + \sigma_h$ 方向产生位移，其位移量为定位误差。由此可见工件定位基准和夹具定位元件本身的制造精度是直接影

图 5-5

响定位精度的。在设计夹具时，应根据加工精度的要求，规定定位元件的制造精度。如工件的加工精度要求很高则定

位基准的制造精度也要求提高。

二、定位方法与定位原件

定位元件是夹具中与工件的定位基准面直接 $\leq$ 触，并规定工件在夹具中占有正确位置的元件和部件。由于定位元件起着支承工件的作用，所以它又称支承。为了保证工件在夹具中的定位精度，对定位元件提出如下要求：

1、适当的精度。以保证定位有足够的精确度；其制造公差一般可取工件相应公差的 $\frac{1}{2} \sim \frac{1}{5}$ 。

2、定位元件的工作表面需有高度的耐磨性，以便长期保持夹具的定位精度。所以定位元件常用的材料是：支承钉直径 D 小于 12 毫米的用 20Cr 或 T8A，淬火至 HRC53~58；直径 D 大于 12 毫米的用 20 号钢，经渗碳淬火处理，渗碳深度 0.8~1.2 mm，淬火至 HRC58~62。支承板则用 20 号钢，经渗碳淬火处理，渗碳深度 0.8~1.2 mm，淬火至 HRC58~62。

3、足够的刚度。以保证在夹紧力、切削力等力的作用下不产生较大的变形而影响工件的加工精度。

4、定位元件在磨损或损坏后，要易于更换和修理，以恢复夹具的定位精度。因而一般不允许将工件直接找正放在夹具体上。

5、为了使定位元件的工作表面保持清洁，以便和工件定位基准接触良好，定位元件的工作表面应尽可能地小，更不能和工件的定位表面全部接触。

6、为了使工件在加工时稳固可靠，定位元件的排列应使切削力和夹紧力落在支承点上或落在几个支承点的中间。支承与工件间的接触面积应尽量减少。

定位元件的结构形状，必须与工件定位基准的形状特点相适应，以下对几种常用的定位基准分别加以讨论。

1、工件以平面定位

工件以平面作为基准来定位时，又可分为定位基准是粗基准或精基准两种情况。

工件以粗基准定位时，由于定位基准面很粗糙，与夹具上定位平面同时接触的只有三点，所以实际多用三个定位点以使工件位置稳定，三点之间距离应尽可能远些，以增加其稳定，如图 5—6 所示。其定位元件用图 5—7 (b) (c) 所示的支承钉。

图 5—6

图 5—7

工件以精基准定位时，定位基准虽经加工，但不可能加工得完全平整。因此不用整体大平面来作定位元件，否则不易保证一批工件位置的稳定性。定位元件用图 5-7 (a) 所示的平头支承钉或图 5-8 所示的支承板。

若支承钉直接装在夹具体上，则支承钉与孔的配合采用第一、第二过渡配合。以便于装换，其孔一般采用通孔。有时也在夹具体的孔中压入淬硬的衬套，如图 5-7 (d) 中所示。支承钉和衬套的配合采用第四种过渡配合或第一种动配合。这样，在更换支承钉时，可防止损坏夹具体的孔。支承钉的高 H 按二级或一级精度第一种动配合制造。支承钉的头部直径大小在 6~40 毫米之间，高为 4~40 毫米，总长 10~76 毫米。

图 5-8

图 5-8 所示的支承板中，(a) 是最简单的支承板。但因螺钉头部落入细小切屑后不易消除，故宜用作侧面支承；(b) 因安装螺钉的孔不在工作表面，消除切屑容易，但所占地位较大；(c) 的结构紧凑，兼有 (a) 和 (b) 两种形式的特点。用作底面支承时，如夹具体面积较大，则采用 (b) 的形式较好；夹具体面积较小，则采用 (c) 的形式较好。一般的平面支承板，长度约为 50~150 毫米，宽 20~35 毫米，高 8~20

毫米。支承板一般采用 20Cr 制造，支承板的工作面需渗碳（渗碳层厚 0.8~1.1 毫米）淬火，硬度为 HRC ≈ 59。

平面定位的基本元件是支承钉或支承板。在有些特殊的情况下不能用时，可采用可调节支承和浮动式支承。

可调节支承主要用于粗基准，且它的本身加工余量对于不同批的工件来说并非相同或不同批的工件基准面有很大变化时。图 5—9 为可调节支承的基本形式。

图 5—9

浮动式支承主要用于粗基准定位。当工件刚度很差时，用浮动式支承可增加定位基准和定位元件的接触点，以防止工件的变形。浮动式支承仅用于三点定位的场合，图 5—10 为几种常用浮动支承的结构。图中 (a) 是两点自动定位支承；(b) 是三点自动定位支承。在螺杆反孔间都有较大的间隙，可以使支承能自由浮动；(c)(d) 是另外两种不同结构的自动定位支承。(c) 是采用小轴以得到支承的自由浮动；(d) 是得到支承的自由浮动。这种结构多用于两浮动点距离较大的场合。

当工件按六点定位原则完全定位后，若工件刚度很差，则在切削力和夹紧力的作用下，将发生变形。这时若增加一辅助支承就可解决问题。辅助支

图 5-10

承的结构型式很多,图 5-11 为常用的辅助支承结构形式。在自由状态下,由于弹簧 1 的作用,滑柱 2 高于其他主要支承。当工件放在主要支承上后,滑柱 2 便与工件保持接触。

图 5-11

2. 工件以外圆柱面定位

工件以外圆柱面为定位基准时,一般有三种定位方法。(1) 用 V 形块作为定位元件;(2) 用定位套筒作为定位元件(3) 定心夹紧机构(如三爪卡盘,弹簧夹头等)。

所谓 V 形块是指两个工作平面互成 90° 、 120° 或 60° 夹角的定位

元件。V形块的应用范围较广，不仅能用于精基准，也能用于粗基准，不仅能用于圆柱面，也能用于圆弧面。图5-12为二种常用V形块的典型结构。图中(a)用于较短的精基准；(b)用于较长的粗基准。中小型尺寸的V形块可用20Cr经淬火处理或用20号钢经渗碳淬火处理，硬度为HRC58~62。当V形块很大时，可以采用铸铁或焊接件，其工作面则须以淬火的支承板。V形块的两个工作面及底面必须精磨过。

图 5 — 12 棱槽块

如用几个V形块作为一根轴的支承件时，它们的工作面应最后一次磨出。

在V形块的工作图上应注明尺寸C、H、 h 。尺寸C用于划线或粗加工。尺寸H用于检验时放入标准心轴，以检验V形块的精度。尺寸H应根据工件直径D及C与 h 来决定。由图5-13中的几何关系可知：

$$H - h = OB - O_1B$$

$$OB = \frac{OA}{\sin \frac{\alpha}{2}} = \frac{O}{2 \cdot \sin \frac{\alpha}{2}}$$

$$O_1B = \frac{C}{2 \cdot \tan \frac{\alpha}{2}}$$

图 5 — 13

$$\therefore H - h = \frac{D}{2 \cdot \sin \frac{\alpha}{2}} - \frac{C}{2 \cdot \tan \frac{\alpha}{2}}$$

$$H = h + \frac{D}{2 \cdot \sin \frac{\alpha}{2}} - \frac{C}{2 \cdot \tan \frac{\alpha}{2}}$$

当 $\alpha = 90^\circ$ 时 $H = h + 0.707D - 0.5C$

当 $\alpha = 120^\circ$ 时 $H = h + 0.578D - 0.289C$

V形块的夹角 α 一般取 90° 或 120° ，其中 90° 用得较多，如 α 太大则定位不够稳定，而 α 太小则定位误差较大。V形块上的定位误差是由定位基准（外圆面）本身的公差和定位基准与起始基准不重合而引起的。

定位套筒只能用于精基准。一般用得较少。定位套筒的结构见图5-14。

图 5 - 14

定位套筒可用 25 号钢，经渗碳淬火处理，其硬度为 HRC55~60。

3. 工件以圆柱孔定位。

工件以圆柱孔作为定位基准时，常用的定位元件是定位销和心轴。

定位销的典型结构如图 5-15 所示。如果定位销不需要经常更换，可采用 (a) (b) 两种形式。定位销与夹头体采用二级精度第四种静配合。对于大批量生产中所用的定位销，因需常更换，宜采用 (f) (g) (h) 中装有淬硬套筒的结构。定位销与套筒采用二级精度第一种动配合。如工件搁在另外的支承上，不与定位销的圆台阶面接触，这时可采用 (d) (e) 所示的结构。其中 (e) 中所示结构形式的定位销，用在工件上孔很小（不超过 8 毫米）或作用在定位销上的力很大的情况下。当定位销一方面用来定位，同时又利用螺丝来夹紧工件时，应采用 (d) (f) 中带键的结构。如工件很重，夹紧力很大，则用于 (j) 的结构形式。在 (c) (i) (k)

图 5-15

(4) 四种结构中，如夹紧力和切削力很大，台阶面会比定位销的本身磨损得更快，因此用可换的垫圈来代替圆台阶。应用垫圈还有一个好处就是取出定位销后，可以把垫圈的工作面与其他支承一起磨成同一水平面，整块定位销的圆台阶就不能这样做了。在设计大型夹具时，应从圆台阶的那一面来固定定位销（如（f）（h）），而下从定位销的尾端来固定。这样，在修整夹具时就很方便，不需翻制整个夹具。如果定位销是装在夹具的垂直壁上，则这两种固定方法都可以使用。定位销（h）的特点是利用可换的垫圈来压住定位销。设计定位销时，应注意定位销头部承接部份的尺寸。为了使工件容易套入，侧角（ 45° ）的尺寸应尽可能大些。经验证明（g）所示的定位销，其工作部份的形状最合理，但加工费用较大。

当定位销直径 D 小于或等于 16 毫米时，定位销采用 T7A 或 T10A 制造。淬火后硬度为 HRC55~58；当定位销直径大于 16 毫米时，定位销采用 20 号钢，经渗碳淬火处理，渗碳层厚度 0.8~1.2 毫米，淬火硬度为 HRC55~58。

心轴的结构形式很多，应用范围也很广，常用在铣、齿刨加工等机

图 5-16

床上。图 5-16 为几种常用心轴的结构。图中 (a) 带有极小锥度

($\frac{1}{1500} \sim \frac{1}{2000}$)，将工件轻轻打入，依靠锥面将工件对中并夹紧；图中 (b) 为圆柱形，定位部分为第六种静配合，装卸时用压块抵心轴上 1 处的环槽以便从工件端面，2 为导向部分，其直径要略大于工件孔径，以保证工件用手自由套入心轴。(a) (b) 两种心轴只适用于定位孔本身精度很高，切削力较小时，一般情况下都用图中 (c) 所示结构。图中 (c) 亦为圆柱形，定位部分和工件孔有间隙，因而装卸方便，再用螺帽在端面压紧。

心轴通常用 45 号钢制成，经淬火后硬度为 HRC 40~50，定位表面磨削，表面光洁度不低于 $\nabla 8$ ，顶尖孔带保护锥。

用定位销和带间隙的心轴定位时，其定位误差表现为同心度误差，是由工件孔的公差 δ_D 、轴的公差 δ_d 和最小间隙 Δ 三者组成，图 5-17 所示。

$$\varepsilon_{\text{定位}} = \frac{1}{2} (\delta_D + \delta_d + \Delta)$$

4. 工件以双孔定位

以上介绍的定位方法都是以工件上的单个表面来定位的，但在实际生产中，常常同时用几个工件表面来定位（组合定位）。其中最广泛的是取工件上两个孔及与之相垂直的端面作为定位基准。这种双孔定位方法，普遍用于各种板形零件、壳体零件、杠杆零件、异形件、箱体等。双孔定位所用的定位元件是两个定位销和平面，如图

图 5-17

5-18 所示。这种定位方法使夹具结构简单，保证工艺过程中基准的统一，