

压缩机制造工艺学

(上册)

西安交通大学压缩机教研室編

1974.5.

前 言

遵照毛主席关于“教材要彻底改革，有的首先删繁就简。”的教导，我们组织了有工人教员和原有教员参加的三结合编写小组，以大批判开路，对旧教材进行了分析批判；与此同时，走出校门，深入西安、无锡、上海、南京等地专业工厂进行劳动实践和调查研究，向工人阶级学习，收集第一手资料，在此基础上进行编写。在编写中，力求理论联系实际，反映我国压缩机制造行业的生产、技术面貌和体现社会主义建设总路线的精神，同时力求贯彻在实践的基础上着重向理论方面学习和着重培养工农兵学员分析问题和解决问题的能力以及力求贯彻少而精、学以致用、由浅入深等原则。

为了便于工农兵学员自学和工作时参考以及讲授时根据情况进行选用，本教材有些章节内容编的稍为详细一些。由于工艺学实践性较强，在组织本教材教学或参考时，宜在初步参加压缩机制造实践的基础上进行或同时配合进行。本教材内容是压缩机专业教学内容的一部分，掌握制造工艺的是正确设计压缩机的重要条件，在组织本教材教学时，可根据整个专业教学计划特别是压缩机结构设计课程内容的需要进行安排。

本教材由工人教员焦兰云同志、张树伟同志，压缩机教研室朱其芳、邓定国、孙光三等同志以及机切教研室袁家骧同志等共同编写，最后由朱其芳、束鹏程等同志整理。

在编写过程中得到宝鸡永红机械厂、西安压缩机厂、无锡压缩机厂、上海压缩机厂、上海第三压缩机厂、上海第一压缩机厂、南京压缩机厂和华中工学院、沈阳气体压缩机厂工人大学、华东石油学院等许多单位的工人、技术员、教师和干部的大力支持和帮助，特此表示感谢。

本教材由于收集的资料很不全面；还未通过反复的教学实践；在编写中未有工农兵学员参加；注意自学方面不够等等，不当之处一定不少，欢迎读者提出批评和指正。

压缩机教研室

一九七四年四月

目 录

上 册

第一篇 压缩机制造工艺基础

第一章 机械制造工艺过程概述.....	1
第一节 机械制造工艺过程在生产过程中的地位及其组成.....	1
第二节 机械制造工艺过程的基本要求.....	4
第二章 工件的定位与基准.....	6
第一节 工件在机床上的安装.....	6
第二节 工件的定位及六点定位定律.....	7
第三节 定位基面的选择.....	10
第三章 机械加工的精度.....	13
第一节 基本概念.....	13
第二节 影响加工精度的工艺因素.....	14
第三节 机械加工的经济精度.....	25
第四章 机械加工的表面质量.....	27
第一节 表面质量及其对零件使用性能的影响.....	27
第二节 影响表面质量的工艺因素.....	32
第五章 多快好省进行生产的工艺途径.....	39
第一节 劳动生产率的含义及其组成.....	39
第二节 成本的组成.....	40
第三节 提高劳动生产率、缩短生产周期、降低成本的途径及其相互关系.....	40
第四节 从缩短单件时间来提高劳动生产率的某些工艺措施.....	41
第六章 机械加工工艺过程的制定.....	45
第一节 工艺规程的内容、作用及其制定的要求.....	45
第二节 制定工艺规程的步骤与方法.....	45

第一篇 压缩机制造工艺学基础

第一章 机械制造工艺过程概述

第一节 机械制造工艺过程在生产过程中的地位及其组成

将原材料或半成品转变为成品的全过程称之为生产过程（如表 1-1 所示）。化肥厂有化肥的生产过程，机械制造厂有机器的生产过程。

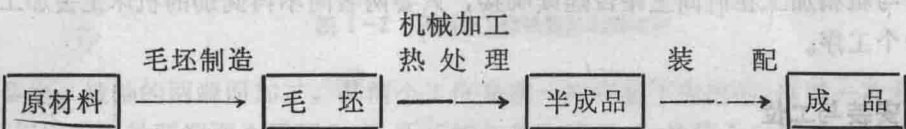


表 1-1 生产过程的流程简表

压缩机的生产过程也就是指由原材料到成品而进行的全部劳动过程，其中包括直接改变工件的尺寸、形状（如铸造、锻压、机械加工等）和材料性能（如热处理）等加工过程，也包括各种辅助生产过程（如零件的运输、保管、原材料及半成品的供应、质量检查和技术准备等等）。

工艺过程只是全部生产过程的一部分，它是指直接改变工件形态、尺寸和材料性能、或将零部件与机器装配起来的那部分生产过程（见表 1-2）。

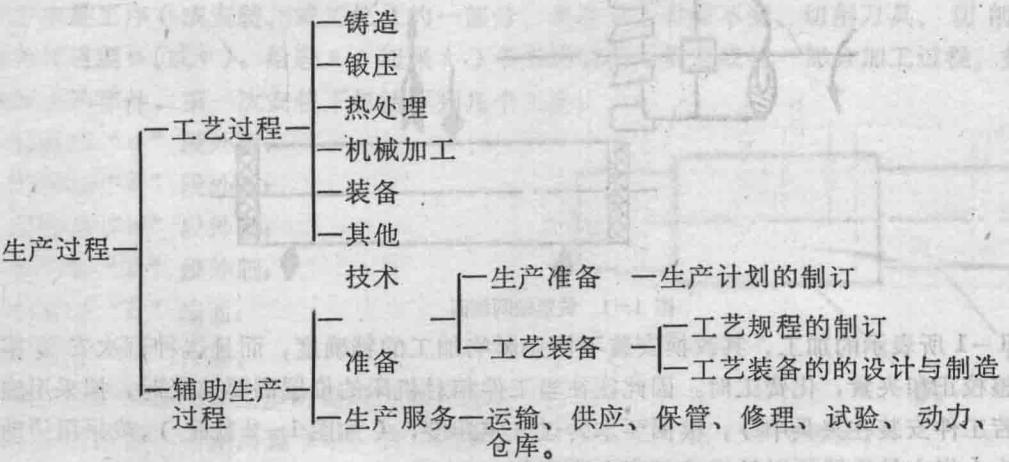


表 1-2 机械制造厂生产过程的组成及工艺过程在其中的地位

机械加工工艺过程是工艺过程中的一个组成部分，它是利用切削加工使毛坯转变成成为所要求的零件（或半成品）的过程。

装配工艺过程是把已制成的零件（或半成品）装置成合乎要求的机器（产品）的过程。

所谓机械制造工艺就是指机械加工工艺与装配工艺两部分。

本教材主要阐述机械加工工艺及装配工艺的基本原理以及压缩机典型零件的加工和装配，并适当地顾及热加工工艺与机械加工工艺之间的有机联系。

为方便计，在机械加工工艺过程的分析、研究中，有必要将零件的机械加工工艺过程分解成为一个个单元，也即所谓组成部分。可以有下述组成部分。

1. 工序

对机械加工而言，工序是工艺过程的直接组成部分，它是在同一个机床上（或工作地点上）对一个（或一批相同的）零件，按照一定的次序连续完成的那一部分工作过程。所谓连续是指零件在此加工的整个过程中不再到其他机床上进行加工。

譬如，对某零件，若先是在车床上加工，然后是铣床加工，因为换了另一种机床，显然应为二个工序；若原来是在一台 $\phi 620-1$ 车床上粗加工，然后到另一台 $\phi 620-1$ 车床上精加工，因为换了机床，则也属于二个工序。若粗、精加工都在同一台车床上加工，则不管该精加工是否与粗精加工在时间上是否连续衔接，只要两者间不再到别的机床上去加工，则此两者算成一个工序。

2. 安装与工位

安装是零件在机床上装卸一次之间所完成的那一部分工艺过程，是工序的必要组成部分，一道工序可以在一次或几次安装中完成。

图 1-1 所示的短轴，在大批、大量生产的条件下，可以在专用机床上同时用两把铣刀铣切两端面，这样的加工是在一个工序一次安装中完成的。如果（譬如在成批、单件生产的条件下），采取先加工一个端面，再掉动装夹，加工另一端面，则这样的加工是在一道工序两次安装下完成的。

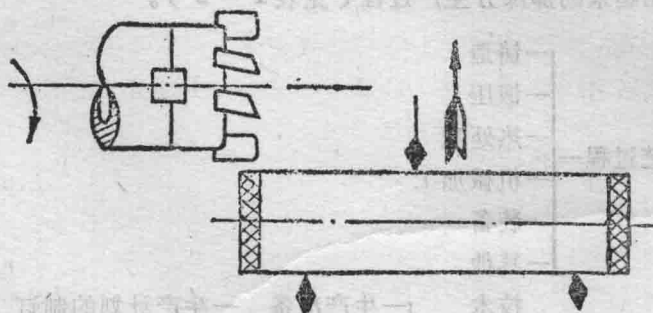


图 1-1 铣短轴两端面

图 1-1 所表示的加工，其改换安装不但会影响加工的精确度，而且这种再次安装零件又要调整校正和夹紧，化费工时。因此往往当工件相对机床的位置需要改变时，拟采用旋转夹具（若工件安装在夹具中），根据要求转过一定角度，（如图 1-2 就是），或采用转动机床主轴头（指主轴位置可以转动的机床）来变位。

图 1-1 所示的短轴若安装在回转夹具上加工的情况如图 1-2 所示。铣好工件的一个端面后，（见图 1-2, a）就松开定位销 2，使夹具中的转台 1 连同工件沿箭头 $\vec{A}$ 的方向一起转动 180° ，再用定位销 2 使转台 1 的位置固定下来，其零件的新位置如图 1-2, b 所示。

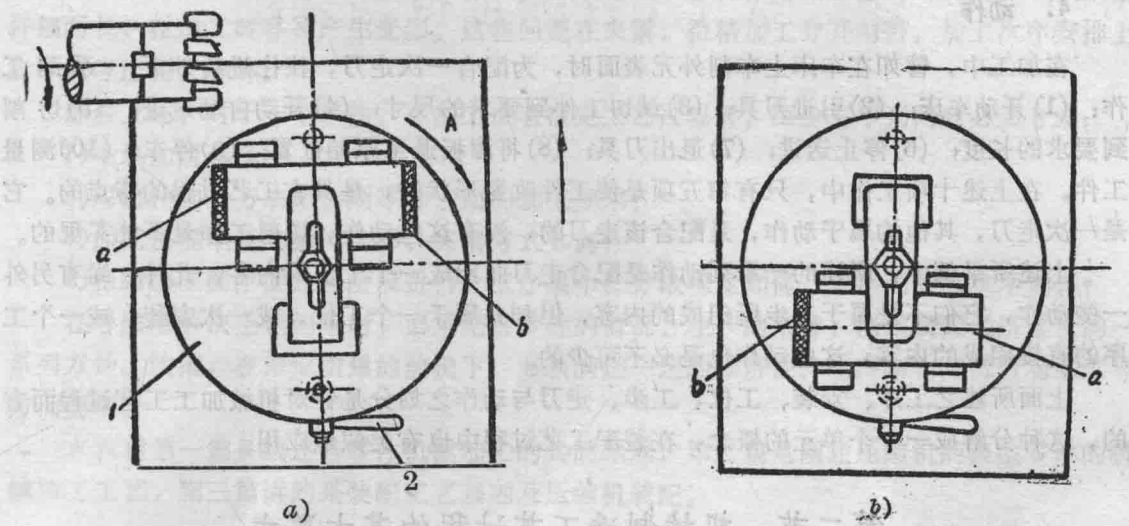


图 1-2 用两个工位铣短轴的两端面

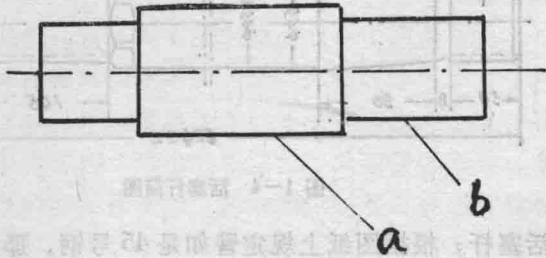
图 1-2 中，短轴的两端面加工，其两个工位是在一次安装下完成的，也即一次安装有两个工位，而同样的短轴两端面在用图 1-1 所示的加工方法时，其两个工位是在二次安装下完成的，也即每一次安装有一个工位。

这里所指的工位是就相对工件而言的。因此，除了上述所指工件在机床上的位置是变化算为工位改变外，刀具对机床的不同位置也认为是工位的改变（当工件在机床上不动时）。譬如，在六角车床上，刀具改变一个位置，即增加一个工位。目前有发展前途的“加工中心”机床的加工也是这种一次安装多个工位的运用。

3. 工步与走刀

工步是工序（或安装、或工位）的一部分，是在加工表面不变、切削刀具、切削用量（指切削速度 n （或 v ），给进 s ，切深 t ）不变的情况下所完成的一部分加工过程。如图 1-3 所示的零件，第一次安装下包括下列几个工步：

- 1) 粗车 “a” 段外圆；
- 2) 粗车 “b” 段外圆；
- 3) 精车 “a” 段外圆；
- 4) 精车 “b” 段外圆；
- 5) 精车 “b” 端面；
- 6) 精车 “a” 台肩。



从该例中可看出，工步的组成因素（加工表面、切削刀具、切削用量）中，有一改变，即成为另一新工步。

图 1-3 阶梯轴

在一个工步中，如需切出的金属层较厚，则可分成几次切削，每一次切削称为一次走刀，故走刀是指加工表面、切削刀具、切削用量均保持不变的情况下切去一层金属的那部分工艺过程。工步是机械加工工艺过程中最基本的组成部分。

4. 动作

在加工中，譬如在车床上车削外元表面时，为配合一次走刀，往往进行如下一系列工作：(1)开动车床；(2)引进刀具；(3)试切工件到要求的尺寸；(4)开动自动送进；(5)切削到要求的长度；(6)停止送进；(7)退出刀具；(8)将溜板退至原始位置；(9)停车；(10)测量工件。在上述十项工作中，只有第五项是使工件改变形状的，是具有工艺过程的特点的。它是一次走刀，其他均属于动作，是配合该走刀的，没有这些动作，切削工作是不能实现的。

上述所举例中，所述的一系列动作是配合走刀而组成一个工步的内容，此外，尚有另外一些动作，它们不是属于工步所组成的内容，但却是属于一个工位，或一次安装，或一个工序的直接组成的内容，这些动作也是必不可少的。

上面所述之工序、安装、工位、工步、走刀与动作之划分是针对机械加工工艺过程而言的，这种分解成一个个单元的概念，在装配工艺过程中也有类似地应用。

第二节 机械制造工艺过程的基本要求

无论是零件的机械加工工艺过程，或是机器的装配工艺过程，总的讲均须保证三个方面的基本要求：质量、生产率和经济性。不同零件，不同机器，这方面具体要求可有所不同，达到和满足这些要求的方法和条件也不一样，但都存在着一定的规律性，机械制造工艺学就是研究各种典型零件与机器在这些方面的规律性的东西。

譬如图 1-4 所示的某压缩机上的活塞杆简图，它和别种压缩机中的活塞杆零件有共同之处，和别的零件，如曲轴、活塞等也有共同存在的工艺问题。解决这些问题的方法虽然随着不同零件、不同的批量、不同的生产条件等情况有不同的解决方法，但是在一定的情况下有一定的共性，本书就是比较具体地研究这些共同存在的问题和解决的方法的。

对于如图 1-4 所示的活塞杆要研究那些工艺问题呢？该活塞杆 $\phi 45$ 表面是主要表面，因为在机器中工作时，它不仅与填函接触，而且还有相互运动，该面既是摩擦面，又是密封面，故该面有两级精度的尺寸公差要求，椭圆度、圆锥度与弯曲度也有一定要求。同时对该面的表面质量也有一定要求，如要求表面硬度达 $R_{\phi}52-62$ ，表面光洁度为 ∇_7 以上。这些要求用什么工艺措施来达到呢？首先对于该

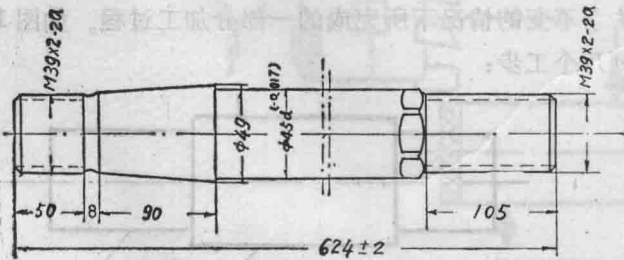


图 1-4 活塞杆简图

活塞杆，根据图纸上规定譬如 45 号钢，那末要进行毛坯选择，是用热轧优质钢锻造毛坯呢？还是冷拉钢作毛坯？为了达到如此高的硬度是用高频淬火呢，还是用氮化处理？表面渗碳行不行？为了达到如此精度与光洁度要求的外圆表面，是用车呢，还是磨？还是先车后

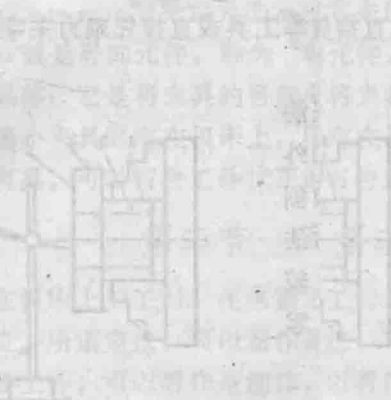
磨，还是拉？或者滚压加工？此外，在此活塞杆上有一带有1:10锥度的外圆锥台面，它是与活塞研配的，要求也很高，同时它与前面所指的 $\phi 45$ 元柱面间有一定的同心度的要求，这就要求在加工时（譬如车削 $\phi 45$ 圆柱面时）应该选择什么面作为加工工艺基准面为好？譬如，对于如此轴线方向对称的轴类零件，能否用两端中心孔作为工艺基准呢？另外，活塞杆细而长，在加工时容易产生变形，这些问题在夹紧，粗精加工分开与否，加工次序安排上应如何考虑呢？等等。

综合上述，对于一个零件，在加工或者拟定工艺过程时，至少有下列问题必须考虑：

- 1) 毛坯如何选择？
- 2) 用何种加工方法来达到零件表面的加工要求？
- 3) 加工过程中基准如何选择，夹紧方式如何？
- 4) 粗精加工要不要分开阶段进行？工序集中、分散程度如何，工序的先后次序如何？

在考虑与解决上述问题时，必须结合零件的情况，生产的条件，以及我国经济建设的一系列方针、政策，在保证质量的前提下，必须满足一定的经济性、生产率和降低劳动强度等方面要求。

本教材第一篇是阐述各零件机械加工的共同原理，第二篇是阐述压缩机的典型零件的机械加工工艺，第三篇讲的是装配工艺基础及压缩机装配。



第二章 工件的定位与基准

第一节 工件在机床上的安装

在机床上加工零件时，首先必须确定被加工零件（工件）在机床上应当占有的某一正确位置，这叫“定位”。工件定位之后，为了使它在加工过程中，始终保持其正确的位置，必须将它压紧夹牢，这就需要“夹紧”。这里，工件的定位与夹紧的整个过程叫“安装”。

工件安装的好坏直接影响加工质量和操作安全，也影响生产率。

根据定位方法不同安装方法可以分成下列几种：

1. 直接找正安装

用此法安装工件时，工人先利用划针、角尺、千分表等工具或直接凭眼力来找正工件在机床上的位置（即定位），然后将工件夹紧。

图 2-1 所示为在车床上加工法兰盘时，用直接找正法进行安装的实例。在安装时用划针检查法兰盘的端面 1 和外圆 2，使之分别与主轴旋转中心线垂直和同心。在铣床和刨床上加工简单零件时，也常用这种安装方法。这种安装方法的精度取决于工人的经验及应用的工具，找正所费时间较长，故一般只适用在单件小批生产中加工形状较简单的零件。

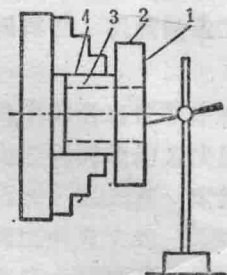


图 2-1 直接找正法安装

2. 按划线找正安装

预先根据零件图纸在毛坯上将待加工表面的轮廓线划出，然后用划针按照所划的线校正工件在机床上的位置并夹紧，这种安装方法称为按划线找正安装。

此法适用于单件小批生产形状复杂的铸件及尺寸和重量较大的铸件和锻件。这是因为，单件小批生产中，形状复杂的铸件毛坯精度不高、偏差较大。利用划线安装，就便于保证工件各待加工面上都有足够的加工余量。至于尺寸和重量均较大的铸件或锻件，即使形状较简单，亦因为通常是小批或单件生产，使用夹具既庞大又不经济。而为了使工件安装较为迅速可靠，就有必要按划线安装。此外通过划线还可预先检查毛坯上各待加工面是否有足够的加工余量，避免在加工过程中因工件上某些表面加工余量不够而报废。

按划线安装，实质上也是一种找正安装，不过不是按工件表面，而是按划线找正定位的。虽然比直接找正安装的操作要容易些，但同样存在某些缺点，首先这增加了划线工序，

同时按划线找正也要费很长时间。其次，安装精度也不高。按划线安装的经济精度一般为 $0.2 \sim 0.5$ 毫米。因为，划线本身就存在着一系列误差：在毛坯上进行度量的误差；划线线条的误差（因为线条本身就有一定的宽度）；冲中心眼的误差。而在按划线找正时，又有观察误差。

3. 用夹具直接定位安装

根据工件加工过程中某一工序的具体情况，设计专用夹具或使用通用夹具，在安装工件时可以迅速地将工件装夹在夹具中，无需进行找正，即可定位。工件对机床和刀具的正确位置完全是由夹具保证的。

图 2-2 所示为在轴上钻孔时所采用的一种夹具。它由下列各部分组成：

1) 定位元件：又称支承元件，用它来支承工件，确定工件对刀具的相对位置，图中的 V 形铁 2 和挡铁 1 就是定位元件， V 形铁的定位作用是保证了工件轴线方向的空间位置，挡铁的定位作用是保证钻孔的轴向距离。

2) 夹紧机构：用它来夹压工件，使工件在切削力和其他力作用下不发生偏移，图中 4 是夹紧机构。

3) 导向元件：用它来确定刀具位置，引导刀具运动方向，图中 3 就是导向元件，称为“钻套”。

4) 夹具体：它是将夹具的各部分联合起来成一体，并通过它使整个夹具固定在机床上，图中 6 就是夹具体。

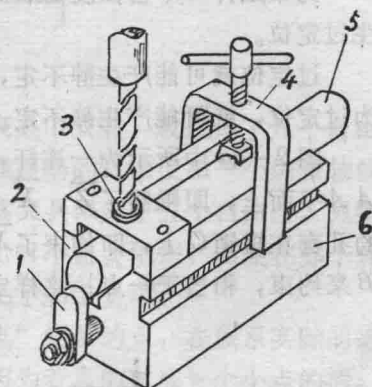


图 2-2 占床夹具

使用夹具，可以省去工件找正时间，提高生产率，在成批和大量生产中广泛使用。

第二节 工件的定位及六点定位定律

工件在机床上加工时，在夹紧之前，必须在机床或夹具中占有某一正确的位置，这就是说要先定位。所谓定位，可以看作是消除运动的自由度。

有很多工件，可以看作是刚体，对于刚体来讲，它在空间有六个运动自由度，即具有沿坐标轴 x 、 y 、 z 三个方向的移动和绕此三个轴的转动的自由度，（见图 2-3）所谓工件的定位就是说要限制它的自由度。

这六个自由度如何限制呢？

首先，我们把工件平放在 $X-Y$ 平面上，这个平面可以用三个点 1、2、3 来表示（三点决定一平面）它限制了 $\vec{z}$ 、 $\vec{x}$ 、 $\vec{y}$ 等三个自由度，* 也即工件不能沿轴移动并且不能绕轴 Y 和轴 X 转动了。

其次，当工件靠紧 $x-z$ 平面时，工件便不能沿 Y 轴移动和绕 z 轴转动了，这相当于两个点 4 和 5，限制了 $\vec{Y}$ 、 $\vec{Z}$ 两个自由度。

最后，当零件靠向 $Y-Z$ 平面时，工件便不能沿 X 轴移动，这相当于一一点 6，限制了 $\vec{X}$ 的自由度。

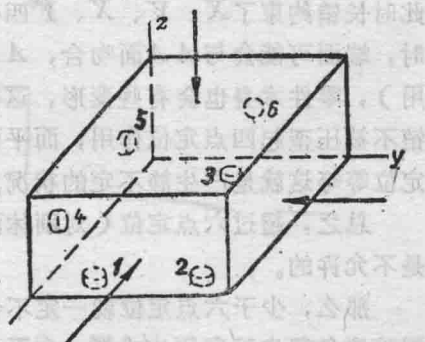


图 2-3 工件的六个自由度

* 本书中采用 “ $\rightarrow$ ” 表示移动方向，“ $\rightarrow$ ” 表示转动方向

至此，工件六个自由度已全被限制，从而在夹具上或机床工作台上准确地定位。每限制一个自由度，工件就与夹具（或机床）上的一个点接触，用六个点限制六个不同的自由度，这就是工件的六点定位定律。

在图 2-3 中，约束（限制）工件三个自由度的表面 $X-Y$ 平面，可以称为装置面，若此面的三个点相距愈远，则稳定性愈大，因而也愈能保持其相互位置精度，故常把面积最大的面选作装置面。

约束两个自由度的表面 $X-Z$ 平面，称为导向面，因为两点能确定工件的方向，为了提高方向精度，必须增大两点的距离，故应选择狭而长的面作导向面。

约束工件一个自由度的表面 $Y-Z$ 平面，称为止推面，应该采用短狭的面承担，以免产生过定位。

过定位就可能产生静不定，那些情况是属于过定位的呢？对于刚体，超过六点的定位即为过定位，就可能产生静不定。

图 2-4a 中所示为一连杆，其两端面及一孔均已加工，今欲加工另一端之孔，工件放在 AA 平面上，即限制了 $\vec{Z}$ 、 $\vec{X}$ 、 $\vec{Y}$ 三个自由度，故 AA 平面相当于三点，其次，工件已加工的孔套在短销 C 上，即约束了 $\vec{X}$ 、 $\vec{Y}$ 两个自由度，短销相当于两点。最后一个自由度由止销 B 来约束，相当于一。这样定位共六点，是正确的。

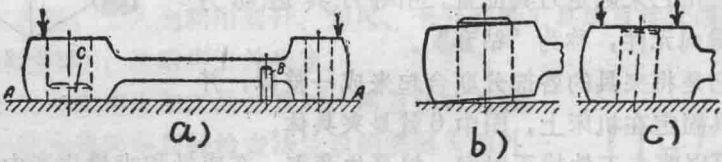


图 2-4 连杆的定位情况

假使不用短销而改用长销定位（见图 2-4，b）会产生怎样的情况呢？因为长销不但能确定孔的位置 $\vec{X}$ 、 $\vec{Y}$ 而且还能确定孔轴线的方向，这样，长销约束了 $\vec{X}$ 、 $\vec{Y}$ 、 $\vec{X}$ 、 $\vec{Y}$ 四个自由度，相当于四点，连同 AA 面的三点和止销 B 一点共八点，定位的点数共八点，超过六点就会产生过定位。这种过定位是由于 AA 面限制的自由度 $\vec{X}$ 、 $\vec{Y}$ 等和长销限制的自由度 $\vec{X}$ 、 $\vec{Y}$ 等有重复所致，这种情况，当待加工工件尺寸、形状有误差时，就会产生静不定。譬如该连杆，原已加工的孔的轴心线与端面不垂直，则另件在定位后会一端翘起（见图 2-4 b），此时长销约束了 $\vec{X}$ 、 $\vec{Y}$ 、 $\vec{X}$ 、 $\vec{Y}$ 四个自由度，平面 $A-A$ 只约束了一个自由度 $\vec{Z}$ ，夹紧零件时，端面可能会与 AA 面吻合， AA 平面上又相当于三点，长销被压歪（不起四点定位的作用），零件本身也会有些变形，这样的工件的定位是一种情况，也可是另一种定位情况，长销不被压歪起四点定位作用，而平面 AA 不起三点定位作用，也可能两者均不单独直接承担定位等等这就是产生静不定的状况。

总之，超过六点定位（对刚体而言）是过定位，可能产生静不定，这在设计夹具时一般是不允许的。

那么，少于六点定位就一定不会过定位吗？不然，当同一个自由度由不同的两个点来限制时就会产生过定位，或者一个平面由四点来定位时都会产生过定位。

上述所讲的是对刚体而言，对于某些工件，如曲轴，由于细而长，某些方向上的刚度较差，在这些方向上的定位数目可以超过上述的限制。

还须指出，工件的定位数目还取决于加工要求，也就是说有时可以少于六点，即可以是三、四、五点，也算是定好了位的，这要由加工的要求来决定的。

譬如，图 2-5 所示工件，其上下平面需进行磨削加工，工件安放在磁性工作台上，工作台的平面约束了工件的三个自由度 $\vec{Z}$ 、 $\vec{X}$ 、 $\vec{Y}$ 。由于加工表面是平面，其余三个自由度 $\vec{X}$ 、 $\vec{Y}$ 、 $\vec{Z}$ 没有约束的必要。该三点定位即完全满足了加工要求。

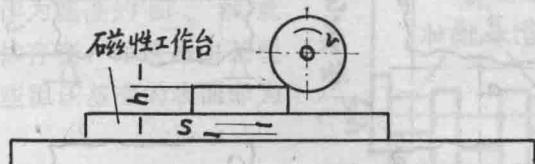


图 2-5 三点定位

再如，对于如图 2-2 所示的钻孔夹具，工件（轴）在夹具中安装，被限定了几个自由度呢？V 形铁 2 限制了四个自由度，只留下一个沿着工件轴线移动的自由度和一个绕该轴线旋转的自由度，而前一个移动自由度又被挡铁 1 所限定，故该夹具限定了五个自由度，只留下一个沿着工件轴线转动的自由度未限定，因为这情况下加工时不需要限定，随便在那个外圆面的径向方向上钻孔均可，这种情况下五点定位即完全满足了加工要求。

以上尚需补充说明一点，就是前面所讲“五点”或“六点”定位的点，在联系实际的运用时，事实上不是极小的点，而是一个小圆面或的小平面，因为若真的做成一个小点的活，则在夹紧时由于接触面太小，压应力极大而会把工件压陷，同时作为“点”的定位元件也会很快磨损。图 2-6a)、b) 表示的支承元件就是这种定位元件，其中平头钉支承(a)左边)和板支承(b))用于工件上已加工过的表面，圆头的钉支承用于未加工过的毛坯表面。

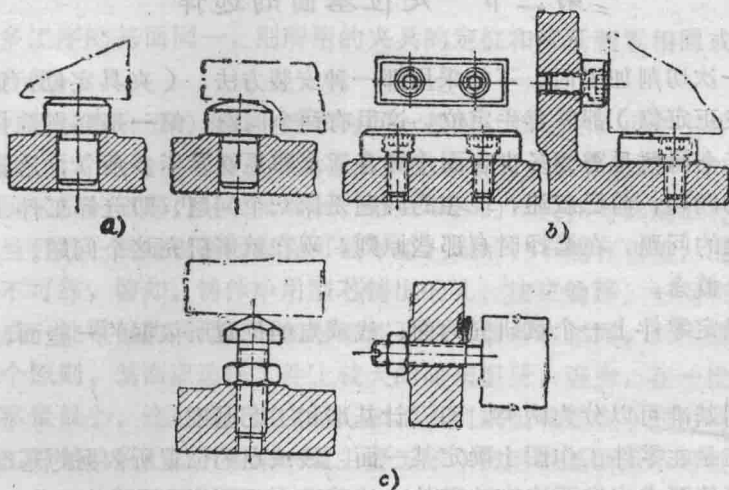
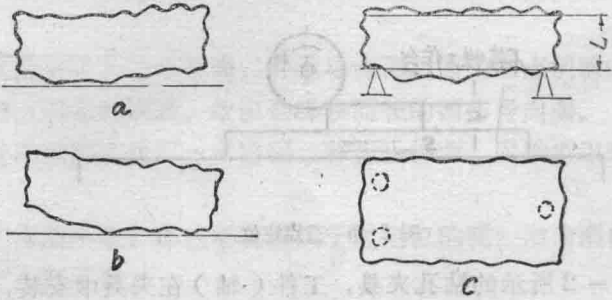


图 2-6 各种支承

对于粗糙的毛坯表面，若用平面（平头或板）支承来定位，则会由于毛坯表面形状不尽相同产生静不定。从图 2-7a、b 和 c 的比较即可看出，若采用三个尖点（圆头）支承来定位则定位是点接触是静定的，比较稳定的。

当以工件精加工面作定位基准时，则可以采用平头，板等面接触的支承。因为此时工件表面形状较统一，静不定的情况不显著，同时采用了面接触的支承，可使安装的刚度大大增加，可以减少夹紧时变形造成的加工误差。图2-5所示的加工，就是把工件安装在磁性工作平台上进行精磨平面时采用的面接触定位。



a、b 面接触定位时的不稳定情况 c 粗糙表面用点接触定位

图 2-7 点接触和面接触定位的情况

如前所述，对于毛基准面，用面接触是不稳定的，只好用点接触，但点接触则工件的定位安装刚度较差，为了增加定位时安装的刚度，则可采用可调节支承来增加支承点的数目，图2-6 c 表示了两种可调节支承。这种支承是不起定位作用的，我们叫它为辅助支承。对于起定位作用的支承叫基本支承。可调节支承之所以不起定位作用是因为它是在基本支承定位好了，并且夹紧工件之后，再通过对辅助支承的调节而和工件表面接触的，这样它可以增加工件的刚性，而不限制工件的自由度，故不会造成过定位的问题。

第三节 定位基面的选择

工件每进行一次切削加工时，不管采用那一种安装方法，（夹具定位，或者按划线找正定位，或按表面找正定位）都需要先定位，这里有两个问题，第一是究竟选择工件上的那些表面来定位，第二个问题是需要多少表面才算合适（即足够又不多余），这第二个问题是遵循六点定位定律的问题，前已叙述，现在的问题是第一个问题，即选择工件上那些表面作为定位基准面来定位的问题，在选择时有那些原则，现在就来研究这个问题。

首先明确几个概念。
基准 用来确定零件上一个被研究的面、线或点的位置所依据的一些面、线或点，称为基准。

根据作用不同基准可以分为两类，即设计基准和工艺基准。
设计基准 它是在零件工作图上确定某一面、线或点的位置所依据的基准，是根据产品的工作原理、性能等要求出发而决定的零件上的基准（见图2-8）。

工艺基准 它是在加工零件和装配机器时所采用的基准。按其用途不同，又可分为装配基准、度量基准和定位基准三种。

装配基准 在装配时，用来确定零件或部件在产品中的位置所依据的基准称为装配基准（如图2-8中所示）。

度量基准 检验已加工表面的位置时所依据的基准，称为度量基准，在加工过程中度量尺寸就是从度量基准量起的。见图 2-8 中所示。

定位基准 工件在机床上加工定位时所取用的基准叫定位基准，也就是根据这个基准确定了加工表面与机床刀具的相对位置。

基面 上面所述的作为基准的面、线或点，在工件上不一定具体存在，而常是由某些具体的表面来体现，这些担任基准的表面即为基面。

粗基面与精基面 所用的定位基面，若是毛坯上未经加工的表面叫粗基面，若是已经加工过的表面叫精基面。

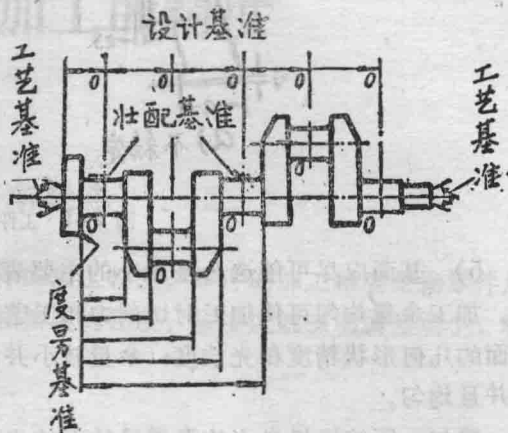


图 2-8 曲轴的基准

1) 定位基面应尽量与度量基面、设计基面、装配基面重合，特别是在最后精加工工序时更应如此，这可使定位误差等于零（关于定位误差详见第三章）。

2) 所选的这一个或这一组基面，应使尽可能多的表面加工时都共用它作定位基面（即基面同一原则）。

基面同一的好处在于：

(1) 多数表面用同一组基面定位加工，有利于保证其相互位置精度。此外还有可能在一次装夹中加工这许多表面，从而避免由于多次安装所带来的安装误差。且可缩短装卸工件所花费的时间。

(2) 由于许多工序的基面同一，则所用的夹具的定位和夹紧装置相同或相似，对夹具的设计、制造带来方便。

某些工件上可能没有合适的表面供选作为同一基面，必要时，可在工件上事先加工出一组专用定位面（这种面若不选作定位基面就不必如此加工的，这样的面叫辅助基面）。譬如，筒形活塞加工时所采用的裙部内环面和端面，轴类零件的顶尖孔等就是这种典型的例子。

3) 基面应当可靠，就是说基面应尽可能平整，光洁，不能有飞边，浇口、冒口或其他缺陷，否则定位不可靠，譬如，铸件中用型芯铸出的孔，往往偏移，一批相同的铸件中偏移量均不相同，造成一批零件的其他表面相对于该孔的位置各不相同，则用此孔定位造成定位不可靠。根据这个原则，基面应选择工件上较大的面来担任，因为，在一批工件中其他表面相对于该面的偏移量最小，这可减少出废品（加工不到或出现黑皮）的可能性。

鉴于零件加工开始阶段（即所谓第一道主要工序）使用粗基面是不可避免的，而粗基面总比光基面粗糙一些，故粗基面应尽可能只用一次就是这个道理。

4) 所选的基面应能保证工件在安装时有很好的稳定性，以免装夹不紧或因切削力的缘故而使工件产生位移。图 2-9 就表示了铣切次序不同，基面选的不同，工件的稳定性不同，得到的位置精度也不同。

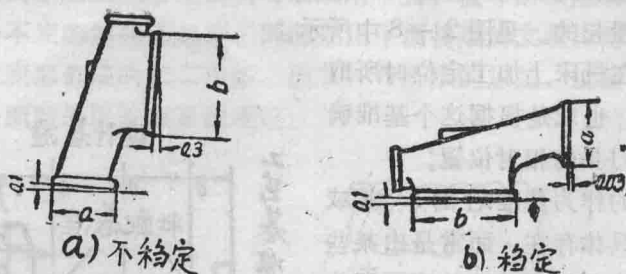


图 2-9 工件的安装的稳定与加工次序

5) 基面应尽可能选公差最小的主要表面担任, 这样可保证该面的加工余量均匀而且较小, 加工余量均匀可使加工时切削力和工艺系统弹性变形均匀, 不易产生振动, 有利于提高该面的几何形状精度和光洁度; 余量较小并均匀则表面层的金相组织均匀, 物理机械性能较高并且均匀。

譬如, 压缩机身上的滑道导轨面的光洁度、精度要求较高, 用此作基面就可保证此面的加工余量均匀, 余量也可小, 从而使表面层保留有较均匀细密的金相组织 (因为铸件表面冷却快, 组织较细密)。

6) 所选的基面, 应使加工安装时操作简单, 所用夹具结构简单。

以上六条对粗基面或精基面都是适合的, 此外, 对于第一道主要加工工序所采用的基准选择 (当然指粗基准, 而且如前所述粗基准最好只采用一次) 尚有下一条原则须遵循。

7) 因为以后所有各道工序所用的基面, 基本上是由第一道主要加工工序的基面决定的甚至就是由该基面定位直接加工出来的, 又由于每次加工出的面与其定位面必保持较高的相互间几何精度, 故第一道主要工序所择取的基面基本上确定了工件成品在原该工件毛坯原形中所处位置, 也就是说第一道主要工序的基面基本上确定了零件各个表面的加工余量的大小, 第一道工序的基面选择不同, 则其各个表面的加工余量的分配就不同。

第一道主要工序的基面选择不好甚至使有的加工表面上的加工余量本来可以是正值的地方而出现了负值, 也就是说出现了黑皮 (加工不到而产生废品) 或者出现某两个表面之间相互位置不正确 (譬如内外圆柱面不同心, 壁厚不均匀)。譬如, 对于工件上有某些表面不需加工, 这时, 若基面选择不当, 则会使该不加工的表面壁厚过厚或过薄。对于这种有某个表面不需加工的零件, 应选此不需加工的表面作为第一道主要工序的基面, 才能保证不加工表面与加工表面间的相互位置 (譬如距离) 变动最小。

譬如, 筒形活塞内壁表面不需加工, 应该选择内壁作为第一道主要工序的基面, 才能保证筒形活塞的壁厚均匀 (内外圆同心等等)。

有时, 零件上不加工的表面较多, 则应选择其中与加工表面有较高相互位置精度的表面作为第一道主要工序的基面, 以保证这些不加工表面与加工表面之间的相互位置变动最小。

尚须说明一点, 以上诸原则, 是直接适合于采用夹具安装 (直接定位) 和直接找正安装时定位基面的选择的, 而对于按划线找正安装时, 上述诸原则只可作为划线时所应依据的基面的选择原则。

第三章 机械加工的精度

第一节 基本概念

机器是由零件组成的。机器的精度取决于零件的加工精度。零件的加工精度是指零件加工后的尺寸形状与某一理想状况(尺寸和形状)相接近的程度,愈接近就说明误差愈小,精度愈高。

零件的精度有下列三方面内容:

1) 尺寸精度: 它是指零件的实际尺寸(如直径、长度、孔间距离等)与图纸规定的理想的公称尺寸的接近程度。

2) 几何形状精度: 它是指零件的表面与纯理想的表面之间在形状上的接近程度。如圆度、锥度、平面的平直度、等。

3) 相互位置精度: 是指各表面间的平行度、垂直度、同心度等等。

与上述相应的有三种加工误差的形式,即尺寸误差,几何形状误差和相互位置误差。

研究加工误差具有重要意义,要正确制订合理的工艺规程,以实现零件加工的所要求的精度,必须了解产生加工误差的原因,并掌握消除这些误差的方法。

产生误差的原因很多,因此同时这些因素的出现又和采取的加工方法、定位的方法、获得尺寸精度的方法等有关,研究这个问题需要了解机械加工时获得尺寸的几种方法,它有下列三种:

1) 一定尺寸刀具加工——使用定尺寸和形状的刀具进行加工,加工后的表面就具有所要求的尺寸和形状,如用钻头、铰刀、丝锥、拉刀进行孔的加工或拉花键孔、键槽等的加工,这种方法的加工精度决定于刀具的尺寸,形状,刃磨情况、切削用量等,一般讲以此法达到加工精度比较简单,生产率高,但刀具制造较复杂,它广泛用于孔、螺纹孔、成形表面等加工中。

2) 试切法加工——在加工时,先把刀具调整到某一个位置(一般总是使加工后的尺寸还可以修正),然后切削一小部分表面,测量切削后的工件尺寸,如还未达到规定的尺寸公差范围,再调整刀具的位置,如此进行数次逐步逼近,直到切削后的工件尺寸已处在规定的公差范围内。然后用刀具切削整个表面。在加工第二个工件时,又重复上述调整,试切和测量的步骤。很明显,这种方法很费时间,而且加工后的精度在很大程度上决定于操作人员的技术,特别是度量技术。这种方法用于单件、小批生产中,但在恰当地使用刻度盘时,这种方法也可用于成批生产中。

3) 定程法:——按照对刀块,标准样件或已加工好的零件调整刀具的位置,或用试切法调整刀具的位置,并固定之,然后分别切削同样的各个工件,在切削中不再试切或调整,这

种方法叫定程法。此法因不需要每加工一个工件调整一次刀具位置,故节省很多时间,生产率较高,在成批、大量生产中采用,此法的精度与调整的水平关系较大。

从上述三种获得规定尺寸的方法中,我们可以看出它们获得尺寸精度的方法是不同的,也就是说将误差控制到允许限度以内的方法是不同的。

第二节 影响加工精度的工艺因素

研究误差,必须了解各种加工方法中所产生的加工误差其共同的基本的原因,它的表现形式,场合和影响程度以及消除或控制误差的方法。

产生加工误差的工艺原因很多,主要有以下几方面:

1. 理论误差;
2. 机床和夹具的制造误差和磨损;
3. 刀具的制造误差和磨损;
4. 工件的安装误差;
5. 工艺系统的弹性变形;
6. 工艺系统的热变形;
7. 工件内应力的重新分布;
8. 调整误差、试切误差和度量误差。

一、理论误差

一般用精确的加工方式进行加工时,是不会有这种理论误差的。有时,为了简化加工有意采取了近似的加工方式,近似的传动方式或近似的刀具来代替理论上精确的加工方式或精确的刀具而产生的误差便是理论误差。

例如,用模数铣刀仿形切齿时,要想得到精确的齿形,从理论上讲,一定模数和一定齿数的齿轮都应当用专门的铣刀,实际上只有在大量生产同样的齿轮时才有可能这样去做。小批生产时,因齿轮种类多需要准备大量的铣刀,就不经济了。在生产中多半是对每种模数的齿轮用 8 把(15 把或 26 把)同一模数的铣刀组成的一套刀具来满足不同齿数(在一定范围内)的齿轮的加工,这样一套中的每把铣刀都是按照它们所能加工的范围内齿数最少的齿轮的齿形而设计制造的。这样,除了齿数最少的那个齿轮加工得到的齿形是正确的外,其余的都有误差,这就是理论误差。

在很多场合下,机床的传动方式只能近似地保证得到所需的表面。例如在车削螺纹时,如果螺距是带有几位小数,那么选挂轮时,由于车床所带的齿轮的齿数固定而且有限,因此往往只能得到近似的螺距,这也是理论误差。

理论误差可以用分析法或作图法设计。当包含理论误差在内的加工误差的总和不超过图纸规定的公差时,是可以采用的,尤其是当采用了近似加工方法能使加工过程简化,生产率提高而又经济时,更应采取。

二、机床和夹具的制造误差和磨损

1. 机床的制造误差与磨损;