

高等学校试用教材

压缩机制造工艺学

西安交通大学 金光焱 主编

GAO DENG XUE
XIAO JIAO CAI

机械工业出版社

高等学校试用教材

压缩机制造工艺学

西安交通大学 金光燕 主编

*

机械工业出版社出版(北京阜成门外百万庄南街一号)

(北京市书刊出版业营业许可证出字第117号)

机械工业出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

*

开本 $787 \times 1092 \frac{1}{16}$ · 印张12 · 字数 292千字

1986年6月北京第一版·1986年6月北京第一次印刷

印数 0,001—3,100 · 定价 2.10 元

*

统一书号: 15033·6439

前 言

本教材是根据1984年5月全国高等工业学校流体动力机械专业教材分编审委员会第二次委员（扩大）会议制订的教学大纲以及审定的编写大纲编写的。

本书内容包括容积式压缩机和离心式压缩机的制造工艺，着重讲述基础理论、典型零件的机械加工工艺和典型部件的装配工艺。针对我国压缩机制造业蓬勃发展的大好形势，本书还重点介绍了适用于中、小批生产的先进工艺理论、方法和装备。

鉴于篇幅有限，对典型零部件制造工艺部分的阐述比较简要。讲授时可根据实际需要，选择书末参考文献中开列的有关资料，作为学生课外补充材料。

全书共三篇十九章，由西安交通大学金光熹同志主编。其中，第一、二、四～七章由金光熹同志编写；第九～十三、十七、十八章由朱其芳同志编写；第八、十四～十六、十九章由冯卫国同志编写；第三章由熊则男同志供稿，金光熹同志补充、改写。

本书由西北工业大学任敬心同志主审，对原稿提出了许多宝贵意见，特此致谢。

本书是高等学校压缩机与风机专业教材，也可供有关专业师生、工程技术人员参考。

由于我们水平有限，加之时间仓促，书中难免有不少缺点和错误，恳请批评指正。

编 者

1985年2月



目 录

第一篇 压缩机制造工艺的基本原理

第一章 基本概念	1	影响	44
第一节 生产过程和工艺过程	1	第二节 影响零件表面质量的因素	46
第二节 压缩机制造工艺的特点	2	第三节 振动及其消除	48
第三节 生产类型及其对工艺过程的影响	3	第四节 表面粗糙度的选择及其获得的方法	52
第二章 工件在加工时的安装	5	第五章 提高劳动生产率的工艺途径	55
第一节 工件在机床上的安装	5	第一节 劳动生产率与时间定额	55
第二节 工件的六点定位原则	6	第二节 压缩机制造中提高劳动生产率的途径	55
第三节 基准及其选择原则	8	第三节 高生产率加工方法简介	58
第四节 工件安装时的误差及尺寸换算	11	第六章 机械加工工艺规程的制订	66
第五节 夹具	14	第一节 基本概念	66
第三章 机械加工精度	26	第二节 制定机械加工工艺规程的步骤	67
第一节 基本概念	26	第三节 工艺顺序	68
第二节 影响加工精度的因素及其分析	27	第四节 加工余量	70
第三节 加工误差的综合分析	38	第五节 切削用量	72
第四节 机械加工经济精度	41	第六节 机器结构的工艺性	73
第四章 机械加工的表面质量	44		
第一节 表面质量及其对零件使用性能的			

第二篇 压缩机典型零件加工

第七章 曲轴和螺杆转子加工	79	第十一章 活塞环加工	114
第一节 曲轴的技术要求及毛坯	79	第一节 活塞环结构与技术要求	114
第二节 曲轴的机械加工工艺过程	80	第二节 材料与毛坯	116
第三节 曲轴机械加工主要工序分析	81	第三节 活塞环的机械加工	116
第四节 螺杆转子的加工	83	第十二章 阀片加工	119
第八章 主轴和罗茨转子加工	89	第一节 阀片的作用与加工要求	119
第一节 主轴加工	89	第二节 阀片的材料与毛坯	120
第二节 罗茨转子加工	92	第三节 阀片的机械加工	120
第九章 连杆加工	95	第十三章 活塞式压缩机机体和气缸体加工	123
第一节 连杆的作用与加工要求	95	第一节 机体的加工	123
第二节 材料与毛坯	95	第二节 气缸体的加工	127
第三节 连杆的机械加工	96	第三节 气缸体、机体孔精加工方法	129
第十章 活塞加工	106	第十四章 离心式压缩机气缸加工	133
第一节 活塞材料、毛坯及热处理	106	第一节 概述	133
第二节 活塞加工的技术要求	106	第二节 机械加工	135
第三节 筒形活塞的加工	107		

第三节 水压试验	139	第三节 叶轮的铆接与装配	150
第十五章 叶片和叶轮加工	141	第十六章 隔板加工	153
第一节 叶片的制造	141	第一节 隔板的作用、结构与加工要求	153
第二节 叶轮的制造	145	第二节 隔板制造	154

第三篇 压缩机的装配工艺

第十七章 装配工艺基础	159	第二节 组件和部件装配	169
第一节 装配的作用与内容	159	第三节 总装配	173
第二节 装配精度与尺寸链解法	159	第十九章 离心式压缩机的装配	176
第三节 装配的组织形式	165	第一节 转子装配	176
第四节 装配工艺规程的制定	166	第二节 平衡	178
第十八章 活塞式压缩机装配	168	第三节 总装配	183
第一节 装配实例概述	168	参考文献	187

第一篇 压缩机制造工艺的基本原理

第一章 基本概念

第一节 生产过程和工艺过程

压缩机的生产与其他机械的生产过程相同，都是指将原材料变为成品的全部过程。生产过程包括下列各个阶段：

(1) 原材料与半成品的运输、验收和保管。

(2) 生产准备工作。其中包括生产计划、工艺规程的制订，设备、工艺装备、工具和动力的准备等。

(3) 毛坯的制造。如铸造、锻造、焊接、冲压及棒料切断等。

(4) 改变毛坯的形状、尺寸和材料性能的加工。如切削加工、无屑加工、热处理及表面处理等，其中还包括加工质量的检验。

(5) 将零件装配成部件或产品以及调试等工作。

(6) 产品的油漆、包装和运输。

工艺过程是生产过程的主要部分。其中，直接改变零件形状、尺寸和材料性能的部分称为机械加工工艺过程；将零件装成部件或产品的部分称为装配工艺过程。

机械加工工艺过程由下列基本单元组成：

(1) 工序。它是工艺过程的基本组成部分，亦是生产计划的基本单元。工序是指一个（或同时几个）工件在同一工作地由一个（或一组）工人连续完成的加工过程。所谓连续是指该工件在加工过程中未更换工作地，并在该工作地未更换工件。

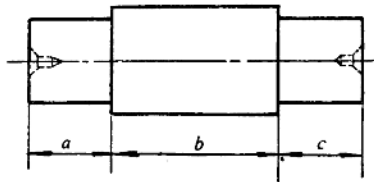


图1-1 小轴的加工

对于同一工件，由于加工方法不同，其工序数也不同。例如图1-1所示小轴，若在普通车床上先加工一个端面和中心孔，然后调头加工另一端面和中心孔，最后车外圆，则为一道工序。若先在中心孔机床上加工两端面及中心孔，然后在普通车床上加工外圆，则两道工序。若在同一机床上先加工完一批小轴的一个端面和中心孔，然后再依次加工另一端面及中心孔，最后加工外圆，则为三道工序。

(2) 安装。它是指工件在一次装夹中所完成的那部分工序。图1-1中小轴若先车a、b段外圆，然后调头车c段外圆，则此工序包括两次安装。

在每一工序中应尽量减少安装次数，以减少误差，缩短装卸工件的辅助时间。

(3) 工位。它是指工件在一次安装中，工件（或刀具）与机床的每一相对位置。工件装夹在回转夹具中依次加工，就有数个工位。当用回转刀架加工时，虽然工件在一次装夹中没有变更位置，但刀具每改变一个位置，亦作为一个工位。

(4) 工步。它是指加工表面、刀具和切削用量（仅指转速和走刀量）均不变时所完成的那部分工序。只要其中的一个因素改变，就成为一个新工步。

如图 1-2 中的小轴，若用一把刀具以同样的切削条件依次加工 b 、 c 段外圆时，由于加工表面不同，故构成两个工步。若这两段外圆用两把刀具同时切削，则构成一个复合工步，通常仍按一个工步处理。这是提高生产率的一个措施。

(5) 走刀。它是指在同一工步中，切去一层金属的那部分工序。如图 1-2 所示，在加工 c 段的第二工步中，因所需切去的金属很厚，需要分两次切削，则每一次切削就是一次走刀。

(6) 动作。这是指加工过程中所作的一些辅助性操作。例如：在一次走刀中开车、趋近、进刀、退刀和停车等各种操作都是一次动作。

在分析工艺过程时，一般只分为工序、安装和工步；而在计算时间定额时就需要细分为走刀和动作。

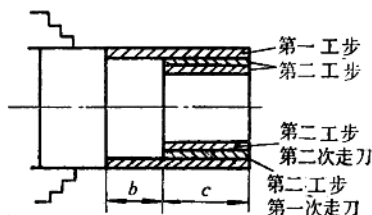


图1-2 工步与走刀

第二节 压缩机制造工艺的特点

压缩机制造工艺与一般机械制造工艺都是建立在相同的理论基础上的，但由于压缩机是在一定的压力、温度下工作的，密封性能要求又高，因而使其制造工艺具有某些特点。

(1) 锻、铸件应用较多。压缩机中主要零件的毛坯多数采用铸件，它们必须有一定的强度和耐磨性，能承受一定的冲击载荷。在每一台压缩机中，铸铁毛坯的重量约占总重量的70%左右，对于木模成型的毛坯，金属利用系数为0.8~0.85。较大铸件如机身、曲轴箱等通常采用灰铸铁，而曲轴、连杆等则采用球墨铸铁，活塞采用铸铝合金。在压缩腐蚀性强的气体时，气缸或主轴（离心式压缩机）需采用高镍铸铁、含铬铸铁等材料。由于铸件的加工余量大，内应力及内部组织的缺陷不易发现，因此在毛坯制造及粗加工后应安排热处理工序并加以严格检验。

离心式压缩机的主轴大多采用锻件，活塞式压缩机的连杆、曲轴有时也用锻件作为毛坯。压缩机中锻件有时可达30%。

(2) 加工精度要求较高。压缩机的主要零件如气缸、活塞、连杆、曲轴和主轴等配合表面的尺寸，均为6~7级精度；活塞与活塞销为5级精度。此外，这些零件的形状偏差过大，会影响配合的性质，从而影响到机器的密封性，造成泄漏和降压。相对位置偏差会影响机器的工作性能及使用寿命。

由于这些要求，在机械加工时，或在普通机床上采用专用夹具，或采用专用机床或组合机床，相互位置的测量应采用专用量具。有时为了保证配合要求，采用分组装配（如活塞销与活塞的装配），或按加工记录卡成对加工（如离心压缩机的工作轮与主轴的加工）。

(3) 表面质量的特殊要求。压缩机要求高度气密性，必然导致关键零件的表面粗糙度很细。如气缸工作表面的粗糙度为 $Ra0.8 \sim 0.05 \mu m$ ，常用精镗、研磨及珩磨等方法达到，阀片表面粗糙度为 $Ra0.2 \sim 0.1 \mu m$ ，需采用无磁同心磨削等方法加工。

除了粗糙度要求外，对于零件的金相组织及表面层的物理—机械性能亦有较高要求。如

气缸套应当是小片状索氏体或珠光体，并有均匀分布的小石墨片；气阀的密封表面应有特别细密的金相组织。至于表层的物理—机械性能，在很大程度上影响到零件的耐磨性及抗疲劳强度。因此，在热处理工序的安排上，以及加工余量及加工方法的选择方面均需仔细考虑。

(4) 生产方式的多样性。就整个压缩机来说，属于中、小批生产，象机体一类零件就是按这种类型组织生产的。但象气缸、活塞、活塞销、气阀等零件部件，一台有几个或几十个，因此往往带有大批生产的特征。随着生产的发展，各厂间专业化协作日益加强，象活塞一类零件，大多由活塞厂采用大批生产方式进行生产。至于生产方式不同所带来的工艺特点，下面将作介绍。

第三节 生产类型及其对工艺过程的影响

生产类型主要有单件生产、成批生产和大量生产三种。

单件生产。对结构和尺寸不同的零件单个制造，并且很少重复，这叫单件生产，例如重型机械及新产品试制等。

成批生产。周期性地成批制造相同零件的生产称为成批生产，按照每批零件数量的大小，成批生产又分为小批生产、中批生产和大批生产。压缩机的生产大多属于成批生产。

大量生产。当一种产品的生产量很大，大多数工作地点经常重复地生产某种零件的某个工序时，称为大量生产。如汽车、拖拉机和轴承等生产均属大量生产。

生产类型主要是根据产品或零件的年产量（生产纲领）决定的。每年所需制造产品的数量称为工厂的生产纲领；每一零件在一年中所需制造的数量称为车间或工段的生产纲领。

生产类型与生产纲领的关系见表 1-1。表中轻型零件是指 15kg 以下的零件，重型零件重量在 50kg 以上，而中型零件则介于两者之间。

由于生产类型不同，其生产方式、生产管理、车间布置、毛坯、工装设备及加工方法等都有很大差别。生产类型对工艺过程的影响见表 1-2。由于成批生产中的小批生产接近于单件生产，大批生产接近于大量生产，中批生产则介于两者之间，故表中对中批生产从略。

表1-1 生产类型与生产纲领（件）的关系

生 产 类 型		重 型	中 型	轻 型
单 件 生 产		少于 5	少于 20	少于 100
成批生产	小批	5~100	20~200	100~500
	中批	—	200~500	500~5000
	大批	—	500~5000	5000~50000
大 量 生 产		—	5000以上	50000以上

表1-2 各种生产类型的工艺特点

比较项目 \ 生产类型	单 件 或 小 批 生 产	大 批 或 大 量 生 产
工件的互换性	一般采用成对制造，无互换性，广泛采用钳工修配	完全互换，个别情况下采用选配

(续)

比较项目	生产类型	单 件 或 小 批 生 产	大 批 或 大 量 生 产
毛坯的制造方法		铸件用木模手工造型；锻件用自由锻	铸件用金属模机器造型；锻件用模锻
加工余量及切削用量		加工余量大，切削用量一般不作具体规定	加工余量小，切削用量严格规定
机 床		通用机床。按机床种类及大小采用“机群式”排列	广泛采用高生产率的专用机床、自动化机床。按流水线形式排列
夹 具		采用标准附件，靠划线及试切法达到尺寸要求	广泛采用高生产率夹具，靠夹具及调整法达到尺寸要求
刀具与量具		采用标准刀具和通用量具	采用高生产率的刀具和专用量具
工人的技术水平		需要技术熟练的工人	除调整工外，对操作工人技术要求较低
工 艺 规 程		一般仅制定工艺路线卡。小批生产时对关键零件制定工序卡	详细制定工艺规程

第二章 工件在加工时的安装

第一节 工件在机床上的安装

工件在加工之前，必须在机床上正确、可靠地安装好。这种使工件在机床上获得正确位置的过程称为定位。为使工件在加工过程中能保持其正确位置而把它压紧夹牢的过程称为夹紧。因此，安装就是使工件得到定位并将其夹紧的过程。

工件安装的好坏，是设计工艺规程的主要问题之一。工件安装得正确和可靠，可以减少废品，提高加工质量，保证生产安全；工件安装得迅速，就可以减少辅助时间，提高劳动生产率。

根据工件的批量、加工精度和形状大小，安装可分为下述三种：

1. 直接找正安装

对于形状简单的工件，可以直接放到机床上用划针、百分表找正其位置，然后夹紧。图2-1就是用百分表校正工件，使其端面与机床主轴回转中心垂直的例子。一般用划针找正的定位精度为 0.5mm 左右，用百分表找正的精度可达 0.02mm 左右。

这种找正方法的效率低，要求较熟练的操作工人。因此，仅适用于单件小批生产的加工车间、修理、试制及工具车间等。但在零件的精度要求很高，采用一般夹具已不能保证精度时，只能采用精密量具直接安装校正。

2. 按划线找正安装

对于形状复杂的零件，如果用上法找正，往往会顾此失彼。这时就有必要按照零件图在坯料上划出中心线、对称线及各待加工表面的加工线，并检查它们与各不加工表面的尺寸和位置。然后按划好的线找正工件在机床上的位置。划线找正的定位精度约为 $0.2\sim 0.5\text{mm}$ 。

此法增加了划线工序，需要技术高的划线工，并且非常费时。在压缩机制造中主要用于机体等形状复杂的铸件。通过划线可以保证各加工表面都有足够的加工余量，避免因余量不足而报废。

3. 用夹具直接定位安装

对于中小尺寸的工件，在批量较大时，都用专用夹具直接定位安装。专用夹具是根据某一工序的具体要求而设计的，具有定位和夹紧的装置。此时工件在机床上的正确位置是由夹具保证的，因此安装过程既快又精确。但制造专用夹具的费用高，又花费时间，在单件、小批生产时不宜采用。近年来随着组合夹具的发展，这个困难已可解决。此外，对于连杆、曲轴等零件，虽然批量不大，但为了达到特殊的加工要求，亦需采用夹具。

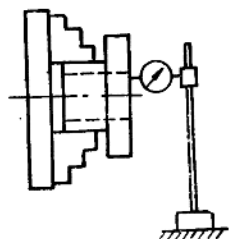


图2-1 直接找正安装

第二节 工件的六点定位原则

一、六点定位原则

任何刚体（工件可以看作是刚体）在空间都有六个自由度，即沿三个直角坐标轴移动的三个自由度和绕此三轴转动的三个自由度（图2-2 a）。所谓定位就是要使工件在夹具中的位置完全确定下来，因此必须把该工序中为保证加工精度而需要限制的自由度消除掉。根据两点决定一直线，三点决定一平面的原理，就可以简单地用六个点来限制工件的六个自由度。至于六个点位置的分布则随具体零件的形状而定。例如，图2-2 b所示的立方体，其六个自由度可以这样限制： XOY 平面上的三个点消除三个自由度，即沿 Z 轴的移动，绕 X 轴和 Y 轴的转动； ZOY 平面上的两个点消除两个自由度，即沿 X 轴的移动及绕 Z 轴的转动； XOZ 平面上的一个点消除了沿 Y 轴移动的最后一个自由度。

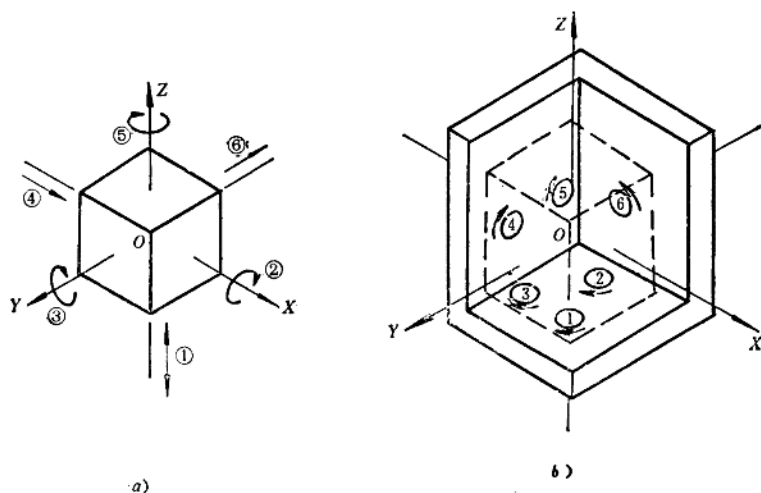


图2-2 工件在空间的自由度和定位

由此可知，一个任意形状的工件安放在夹具中，若已完全消除了六个自由度，则一定可以找出相应于六个点的定位元件。这样，每一个点限制一个自由度，恰当分布的六个点限制了六个自由度。这就是六点定位原则。

限制三个自由度的面称为装置面。此面面积越大，三点分布距离越远，其稳定性越好，在同样误差下对加工精度的影响越小。例如图2-3所示工件，尺寸 $b > a$ ，在同样的安装误差（0.1mm）时，由于基面大小不同，产生的加工误差亦不同（0.3与0.03mm）。因此，正确的加工次序应以 b 面为基准加工 a 面，再以 a 面为基准

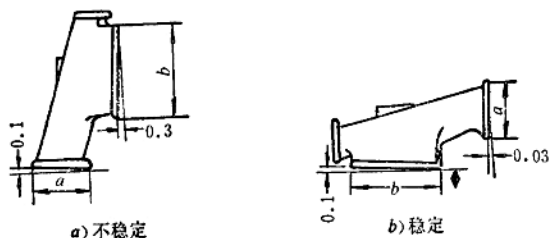


图2-3 装置面的选择与加工次序

加工 b 面。限制两个自由度的面称为导向面。显然，此面越长，两点距离越远，定位精度就越高。限制一个自由度的面称为支承面。通常选择尺寸较小的面作为支承面。

二、具体定位点数的分析

图 2-4 为各类常用定位表面。其中， a 为长圆柱内孔用圆柱销定位，此时圆柱销限制了工件沿 Y 、 Z 轴移动及绕 Y 、 Z 轴转动的四个自由度。 b 为以短的内圆柱孔定位，此时限制了工件沿 X 、 Z 轴移动的两个自由度。 c 为用 V 形块使圆柱体定位，此时工件有沿 Y 轴移动和绕自身轴线转动的自由度，故限制了四个自由度。 d 为用短 V 形块定位。此时仅限制了工件沿 X 、 Z 轴移动的两个自由度。当工件以锥孔定位时（图 e ）仅留下绕 X 轴旋转的自由度，故限制了五个自由度。但在用顶针孔定位时，由于圆锥面接触很短，故只消除了三个移动的自由度（图 f ）。

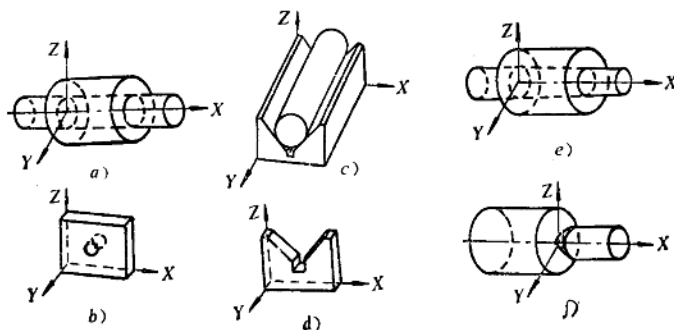


图 2-4 各类型定位面

在分析具体夹具的定位点数时，可按一个平面作为三点，一条线（狭长面积）作为两点，一个小面积作为一点来计算。例如，图 2-5 为加工连杆大、小头孔及端面的夹具。其中以两个下端面为装置面，限制三个自由度（1、2、3），以两端圆柱面的一部分为导向面，限制两个自由度（4、5），以一个圆柱面的另一部分为支承面，限制一个自由度（6），故为六点定位。

三、定位点少于六点的定位与过定位

当定位点少于六点时，在理论上讲工件的位置并未完全确定，但由于夹紧力及工件自重所产生的摩擦力，往往使工件仍能抵抗切削力的作用而不改变其位置，所以这种少于六点的定位，在实际工作中是允许的。另一方面，工件定位时限制的自由度越多，夹具就越复杂，因此在设计夹具时应遵循下述原则：只限制可能影响规定尺寸的自由度。如图 2-6 所示工件的加工，分为三个阶段，当第一阶段完成后，工件对 X 轴是对称的，因此在第二阶段钻孔“ A ”时无需限制该工件绕 X 轴转动的自由度。然而当钻出孔“ A ”后该工件不再对称，因此在第三阶段加工槽“ B ”时，就必须限制绕 X 轴旋转的自由度。

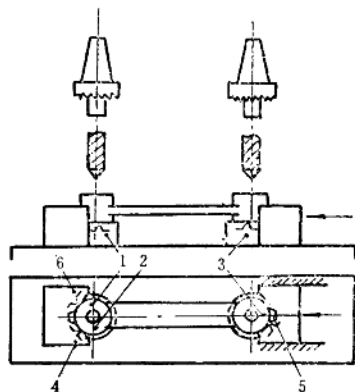


图 2-5 连杆加工的定位

当用一个以上的定位点来限制一个自由度时，即构成过定位。这时可能产生两种情况：

或是工件位置没有完全确定（如四脚椅子因四脚不一样而摇晃不定）；或是在夹紧力的作用下使工件或夹具变形，影响加工精度。过定位在一般情况下是不允许的。

图 2-7 所示连杆，其两端面及大头孔已加工出来，今欲加工小头孔，要求此孔与端面垂直，并与大头孔保持一定距离和平行度。此时定位平面 A 限制一个移动和两个转动的自由度，故相当于三点；短销 C 限制了两个移动的自由度，相当于两点；挡销 B 限制了一个转动的自由度，相当于一。因此，工件在夹具中有六点定位，这是正确的。

若上述夹具不用短销而改用长销，则限制了两个移

动及两个转动的自由度，相当于四点，因此工件在夹具中共有八点定位，与六点定位原则不符，产生过定位。这样，连杆的大头孔若与端面不垂直，就成图 2-7 b 所示情况，在夹紧力的作用下可能使长销弯曲（图 2-7 c ），加工后工件不符合要求。

对于大型工件，有时为了增加其刚性，采用活动的辅助支承。此种辅助支承可以调节，不影响工件的定位精度，故不作定位点计算。

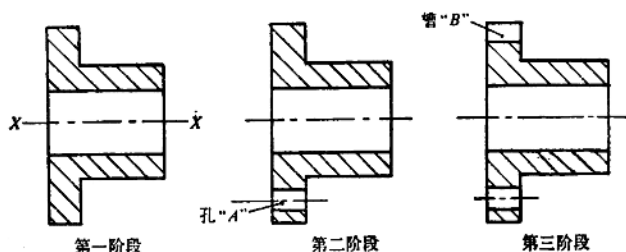


图 2-6 工件加工时自由度的限制

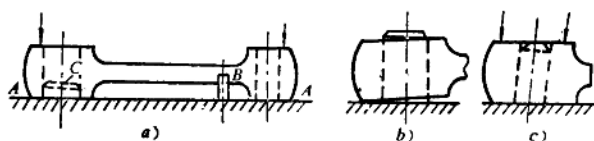


图 2-7 连杆的定位情况

第三节 基准及其选择原则

工件在进行切削加工时，无论采用哪种安装方法，都要考虑定位问题。工件的正确定位除了要遵守六点定位原则外，还要正确选择定位基准。为此，必须了解基准的基本概念和选择原则。

一、基准的概念

基准就是基础的意思。任何零件都是由各种面、线、点组成的，它们之间有一定的位置要求，在确定某一面、线、点的位置时，必须以另一面、线、点为基础。因此，所谓基准就是零件用来确定某被研究面、线、点的位置的那些面、线、点。例如， A 、 B 两点决定尺寸 L ，当研究 B 点时， A 点即为 B 点的基准。当以 O 为圆心， R 为半径形成一圆时，圆心 O 点即为此圆周的基准。若此圆为圆柱面的投影或截面，则轴线 $O-O$ 即为圆柱面的基准。

根据作用不同，基准分为设计基准和工艺基准两类。

设计基准是设计者根据产品的工作原理和性能选择的基准，它被用来在图纸上确定其他面、线、点的位置。设计基准可以是对称线、中心线等，属于假想基准；亦可以是真实基准。图 2-8 根据曲轴在压缩机中的作用，以曲柄销的对称线 $O-O$ 作为确定其轴向尺寸的设计基准。

工艺基准是加工和装配过程中所用的基准。按其用途不同,又可分为定位基准、度量基准和装配基准三种。我们把工件在机床(或夹具中)安装定位所用的基准称为定位基准。把测量工件某一尺寸所用的基准称为度量基准。装配时用来确定零、部件相互位置的基准即为装配基准。

图2-8中,加工主轴颈外圆时以两端中心孔定位,故中心孔为定位基准。在测量曲轴的轴向尺寸时,以左端法兰的内侧面为基准,故此面为度量基准。主轴颈外圆在装配时作为确定径向位置的基准,故属于装配基准。

若定位基准与装配基准重合,则为**主要基准**。若两者不重合,而在加工后该基准对零件工作又无用处,则这种基准称为**辅助基准**。在图2-8中,车削曲柄销外径时以柄端主轴颈定位,与装配基准重合,故主轴颈为主要基准。加工主轴颈时所用的中心孔在加工完毕后对零件的工作性能毫无影响,故为辅助基准。辅助基准虽然增加了加工量,但往往可以使一些复杂工件在加工时的定位问题得到妥善解决,因而值得注意。

在分析基准时要注意:象中心线 and 对称线等一类假想基准,在工件上并不具体存在,而常由圆柱面和平面等具体表面来体现。这些表面称为**基面**。如在车床上用三爪卡盘夹持一根短轴,实际定位表面(基面)是外圆柱面,而它所体现的定位基准是轴心线。

我们还把未经机械加工的基准面称为**粗基面**(或毛基面),把已加工过的基面称为**精基面**(或光基面)。

在分析基准时还要注意其方向性。同一面、线、点或其组合,在不同方向上的基准是不同的。图2-9所示零件,其孔的轴心线位置在水平方向基准为A面,在垂直方向的基准为B面。在加工凹槽时,内侧面C的定位基准是A面,底面D的定位基准是B面。

二、基面的选择

定位基面的选择与工艺过程的制订是密切相关的。因为定位基面选择得是否合理,对保证加工精度和工艺过程的顺利进行都有很大影响。

1. 粗基面的选择

当工件进入机械加工时,第一道工序总是采用毛坯表面作为定位基准。在选择粗基面时应考虑两个问题:(1)使需要加工的各表面都能得到一定的加工余量;(2)保证不加工表面相对于加工表面有一定的位置精度。其具体原则如下:

(1)选择工件上不需要加工的表面作为粗基面。这样可以使不加工表面与加工表面间距离变动最小。例如筒形活塞内壁表面不需加工,在结构允许的条件下,应选择此面作为粗基准。这样不但可以保证壁厚均匀,而且可以在一次装夹下加工较多的表面。

(2)若工件的每个面都需要加工,则应选择加工余量小的面作为粗基面,以免由于加工余量不足而造成废品。例如,铸造或锻造的轴套(图2-10)一般总是孔的加工余量大,外圆表面的余量小。这时就应以外圆表面作为粗基面来加工孔。

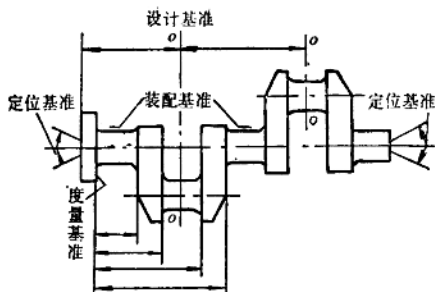


图2-8 曲轴上的各种基准

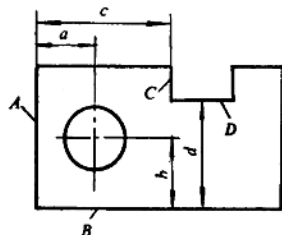


图2-9 基准的方向性

(3) 粗基面应尽量光滑平整, 不应有飞边 (锻件) 或浇冒口、分型面 (铸件)。这样不但可以减少定位误差, 而且能保证工件装夹可靠。

(4) 应选用在毛坯制造中尺寸和位置都较可靠的表面作为粗基面, 使加工后各加工表面对各不加工表面的尺寸、位置要求更容易保证。

(5) 粗基面只能使用一次。这是因为该种基面本身比较粗糙, 第二次装夹时会产生很大误差, 不能保证各表面间的相互位置精度。⁽¹⁾

2. 精基面的选择

用粗基面作第一道工序加工后, 就应选择已加工表面作为定位基面。用精基面定位时考虑的问题是尽量减少误差, 提高加工精度。其选择原则如下:

(1) 应尽可能满足基准重合的原则。定位基准应尽可能与设计基准重合, 这样可以避免由于基准不重合而产生的定位误差。如图 2-11 所示工件有一槽需加工, 要求保证此槽相对于孔中心的距离为 A 。若以工件底面定位 (图 2-11 a), 则尺寸 B 的误差就要反映到尺寸 A 中去, 多了一种由于基准不重合而产生的误差, 引起加工困难。若直接以孔定位 (图 2-11 b), 则尺寸 B 的误差就不会影响要求的尺寸精度。具体计算可参阅下节。

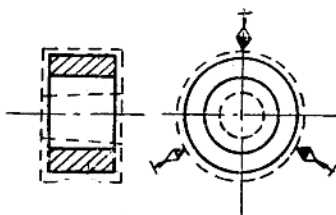


图2-10 轴套的粗基面

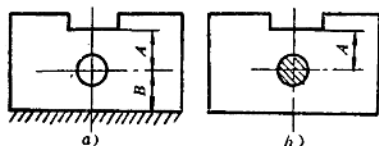


图2-11 定位误差

同理, 定位基准应尽量与装配基准、度量基准重合, 以减少定位误差。

(2) 应尽可能满足基准同一的原则。在同一基准下加工各表面, 有利于保证各加工表面的相互位置精度, 减少定位误差, 缩短辅助时间。但有时工件上找不到适当的面作为同一基准, 必要时可采用辅助基准。如曲轴的中心孔就是辅助基准, 以此定位时可以同时加工各主轴颈以及与主轴颈同心的其它轴颈。又如活塞裙部的内环面 B 及端面 A 亦属辅助基准 (图 2-12), 它以 A 、 B 面定位安装在各类夹具上加工外圆、顶面及活塞销孔等主要表面及其他次要表面。而在图示的车夹具中, 在一次安装下车削外圆、顶面、环槽, 既提高了生产率, 又能保证这些表面的相互位置精度。

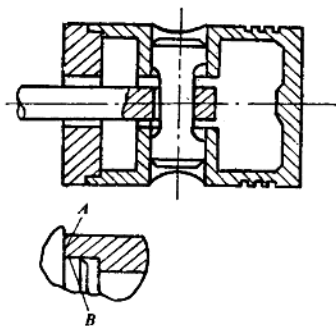


图2-12 活塞的辅助基准

应该指出的是, 上述两个原则有时是相互抵触的, 应视具体情况而定。

(3) 精基准应使工件在夹紧力和切削力作用下没有变形或变形最小。为此, 夹紧力作用的位置及基面的位置均应尽量接近加工表面。图 2-13 为加工连杆大、小头孔及端面时不正确的定位和夹紧方法。此时在 P 力作用下, 连杆产生变形, 加工完后夹紧力 P 除去, 连杆恢复原来形状, 破坏了两孔间的平行度和孔与端面间的垂直度。如采用图 2-5 所示定位夹紧方法, 则夹紧力与基面均靠近加工表面, 不会产生变形, 符合上述要求。

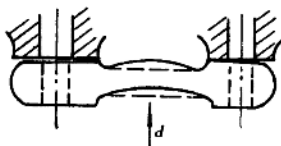


图2-13 连杆夹紧时的变形

此外,在选择基面时还要考虑到夹具结构的简易性,操作的方便性及使用的可靠性等。

第四节 工件安装时的误差及尺寸换算

一、工件安装时的误差

如上所述,工件的安装过程包括定位和夹紧两个步骤。因此安装误差应包括定位误差和夹紧误差两部分,在计算时,安装误差为上述两误差的向量和。

定位误差包括基准不重合误差,工件定位基面误差及定位元件误差。

当定位基准与设计基准不重合时,就会将前一道工序中有关尺寸的误差反映到本工序来,这样就产生了定位误差。例如筒形活塞(图2-14)根据设计要求应保证尺寸 A ,因此对顶面2而言,其设计基准为活塞销孔的中心线3-3。若在加工顶面时以底面1作为定位基面,则尺寸 A 是通过尺寸 B 、 C 间接保证的。这样,由于基准不重合,加工误差中除了本工序的加工误差 δ_c 外,还包括前一道工序加工销孔时所产生的尺寸 B 的误差 δ_b 。这项误差即为定位误差,在极端情况下,本工序尺寸 A 的误差为:

$$\delta_A = \delta_b + \delta_c$$

工件定位基面本身的误差所引起的定位误差,可根据具体定位方法,由几何关系求得(详见下节)。至于定位元件制造误差所引起的定位误差,可根据测量的结果,作为一常值而加以排除。

夹紧误差主要有:

(1) 工件在夹紧时的弹性变形。工件刚性较差时,由于夹紧变形所引起的加工误差常成为主要的工艺问题。例如,在三爪卡盘上镗气缸内孔,当每爪夹紧力为100N时,对于直径为95mm,厚度为6mm的气缸,弹性变形可达0.15mm。这样,镗孔后由于工件弹性恢复,使内孔呈三角形,产生了形状误差。

(2) 夹紧时工件产生位移或偏转,改变了原有的正确位置。图2-15所示工件,其靠向夹具上支承件的两相邻平面不垂直,夹角为 α 。在夹紧力矩 PL 作用下,工件偏转角为 $\beta = 90^\circ - \alpha$ 。

此时夹紧误差 $\Delta_{\text{夹紧}} = B \cos \alpha$ 。根据经验,定位面为粗基面时, $\beta = 1^\circ$,粗加工表面为 $\beta = 40'$;精加工表面为 $\beta = 20'$;磨削后表面 $\beta = 04'$ 。

(3) 在夹紧力或切削力作用下,工件的定位基面与夹具支承面之间的接触变形。

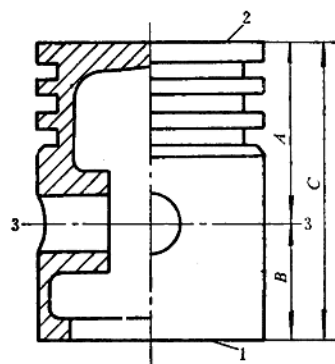


图2-14 活塞的基准

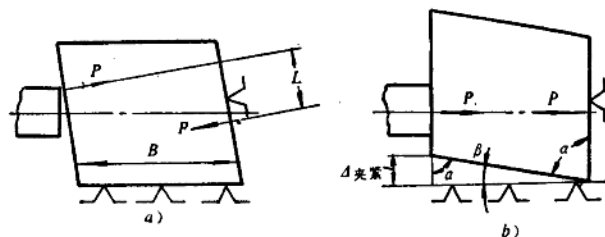


图2-15 夹紧时工件的偏转

a) 初始位置 b) 夹紧后位置

二、尺寸换算

图 2-14 所示活塞以底面 1 定位加工顶面 2 时, 由于设计基准与定位基准不重合而产生定位误差 δ_d 。这种额外误差的引入就需要我们在拟订工艺方案时考虑能否达到加工要求。若定位误差 δ_d 很大, 使 $\delta_d > \delta_s + \delta_c$, 则必须缩小 δ_s 和 δ_c , 使 $\delta_d \leq \delta_s + \delta_c$ 。这种根据工件上各尺寸间的关系来计算加工的尺寸和公差, 从而使加工满足要求的方法称为尺寸换算。

由于尺寸换算是根据尺寸链原理来计算的, 因此有必要介绍一下尺寸链的基本概念。

1. 尺寸链的基本概念

从图 2-16 可以看出, 活塞上尺寸 A 、 B 、 C 形成一个互相关联、并按一定顺序排列的封闭图形, 此即尺寸链。组成尺寸链的各个尺寸即为尺寸链的环。这些环又可分为:

封闭环——构成尺寸链的最后一环。在工件加工时, 最后得到尺寸的那个环 (即间接保证尺寸精度的那个环) 就是封闭环。一个尺寸链只有一个封闭环。决定该尺寸是否为封闭环, 需视具体情况而定。对于同一工件上的同一尺寸, 由于考虑问题不同, 可能是封闭环, 也可能是组成环。例如, 上述活塞的尺寸链, 设计时根据该零件的作用标注了尺寸 A 和 C , 而销孔到底面距离 B 则没有明确要求, 只要尺寸 A 和 C 合格, 尺寸 B 亦就符合要求。因此, 这个未标注的尺寸就是设计时的封闭环。但在加工时, 若先以底面定位加工活塞销孔得到尺寸 B , 然后以同一基面加工顶面得到尺寸 C , 则尺寸 A 是最后得到的尺寸, 故为封闭环。

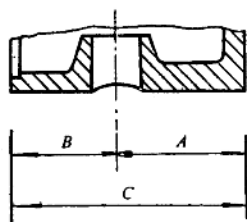


图 2-16 活塞的尺寸链

组成环——除封闭环以外的其他各环。根据组成环对封闭环的影响不同, 它又分为增环及减环两种。当其余各环不变, 而这个环的尺寸增大时, 封闭环亦增大, 称为增环, 用箭头“→”表示; 反之, 若这个环的尺寸增大时, 封闭环的尺寸减小, 则称为减环, 用“←”表示。在图 2-16 的尺寸链中, 若 A 为封闭环, 则 C 为增环 ($\vec{C}$), B 为减环 ($\overleftarrow{B}$)。

计算尺寸链可以用极大极小法或概率法。目前大多数是采用极大极小法, 其主要计算公式如下:

(1) 封闭环的基本尺寸等于各组成环基本尺寸的代数和:

$$A_z = \sum_{i=1}^m \vec{A}_i - \sum_{m+1}^{n-1} \overleftarrow{A}_i \quad (2-1)$$

式中 $\vec{A}_i$ ——增环的基本尺寸;

$\overleftarrow{A}_i$ ——减环的基本尺寸;

m ——增环的环数;

n ——包括封闭环在内的总环数。

(2) 封闭环的最大极限尺寸为各增环的最大极限尺寸之和减去各减环的最小极限尺寸

之和, 即:

$$A_{z_{\max}} = \sum_{i=1}^m \vec{A}_{i_{\max}} - \sum_{m+1}^{n-1} \overleftarrow{A}_{i_{\min}} \quad (2-2)$$

同理, 封闭环的最小极限尺寸为:

$$A_{z_{\min}} = \sum_{i=1}^m \vec{A}_{i_{\min}} - \sum_{m+1}^{n-1} \overleftarrow{A}_{i_{\max}} \quad (2-3)$$