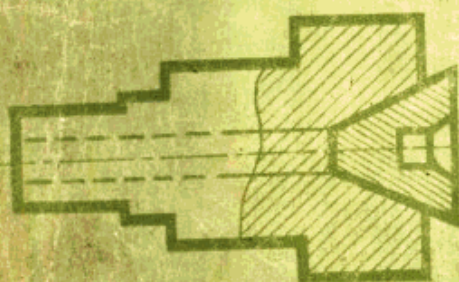


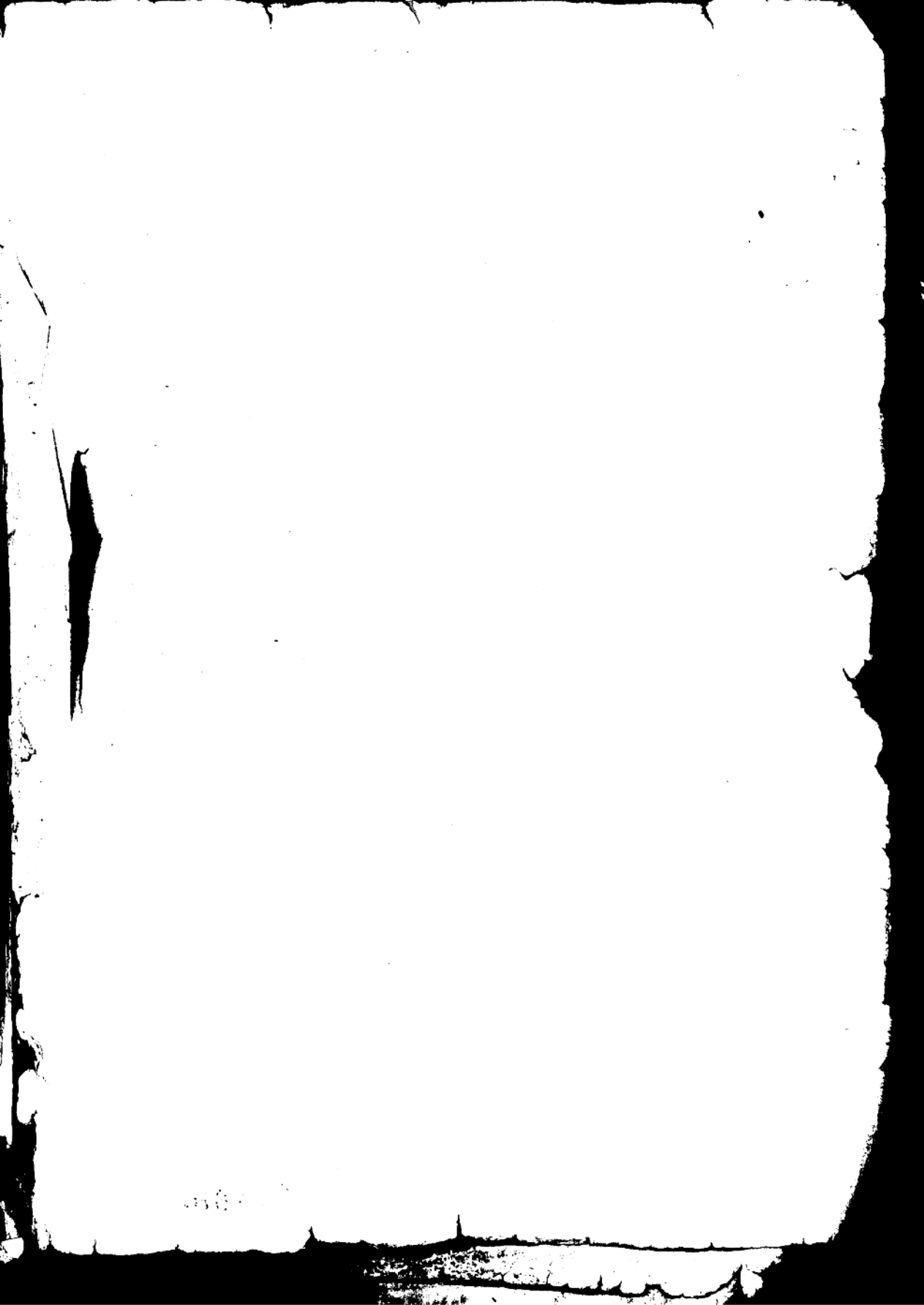
高等学校教学用书

矿山机械制造工艺学

张永忠 苏斯华 编



中国矿业大学出版社



Doc
Z-93

高等学校教学用书

矿山机械制造工艺学

张永忠 苏斯华 主编

中国矿业大学出版社

714680

内 容 提 要

本书包括机械加工工艺流程的基本概念、工件的安装和机床夹具设计基础、机械加工工艺规程的制订、机械加工质量、轴类零件加工、套简类零件加工、齿轮加工、箱体加工、机装配工艺基础、机械设计工艺性和特种加工，共十一章。每章后均附有习题。

本书加强了对工艺规程的制订、典型零件加工及设计工艺性等基础知识的阐述，并结合生产实例进行简明分析，使之重点突出，深入浅出，且便于自学。

本书可作为大专院校、职工大学、业余大学、电视大学、函授大学机械类专业的教材，可供有关工程技术人员参考。

责任编辑 安乃勇

技术设计 杜锦芝

责任校对 关湘雯

高等学校教学用书

矿山机械制造工艺学

张永忠 苏斯华 主编

中国矿业大学出版社 出版发行

江苏省新华书店经销 中国矿业大学印刷厂印刷

开本787×1092毫米 1/16 印张 29.625 插页1 字数 710千字

1989年10月第一版 1989年10月第一次印刷

印数：1—3000册

ISBN 7-81021-165-X

TD·50 (课)

定价：5.80元

前 言

《机械制造工艺学》是机械类专业的一门主要专业课程。本教材是在1975年煤炭高等院校协编教材《矿山机器制造工艺学》的基础上,参考目前试行的教学大纲,综合矿山机械和普通机械制造的特点,结合各兄弟院校多年来的教学和科研实践经验编写而成。

本书由中国矿业大学协同有关煤炭高等院校联合编写,并经充分讨论和反复修改而成稿。该书力求做到重点突出、内容精练、叙述简明、理论联系实际,注重渐进性、启发性、实用性和先进性,并加强加工工艺性和结构设计工艺性的内在联系,使制造和设计更加有机结合。结合教学需要,每章均提供有习题,以培养学生分析问题和解决问题的能力。书末附有各种加工方法的经济精度、毛坯和工序间加工余量等有关资料,供作业和课程设计参考。

全书共分十一章、第一、三章和附录由中国矿业大学张永忠、苏斯华编写,第十一章由中国矿业大学喻尊璞编写,第二章由山东矿业学院吴寿亮编写,第四章由阜新矿业学院辛韦聪编写,第五、八章由淮南矿业学院王振华编写,第六章由山西矿业学院续栋梁编写,第七章由焦作矿业学院武良臣编写,第九章由西安矿业学院税昌群编写,第十章由山西矿业学院徐立华编写。在编写过程中自始至终贯穿着交流经验、共同讨论、统一细纲、分头编写、认真审查和反复完善的精神。

本书由中国矿业大学张永忠、苏斯华同志主编,中国矿业大学魏任之教授主审。

在编审过程中,得到了安乃隽、邬文扬、赵钧、解中宁、董金、赵俊伟、王聚超等同志的帮助,提供了许多宝贵意见,谨此表示衷心感谢。

本书错误和不足之处,恳请读者批评指正。

编者 1988.8

机床设备及布置	通用设备, 按机群式布置	通用机床及部分高效专用机床, 按零件类别分工段排列	广泛采用高效专用机床及自动机床, 按流水线排列或采用自动线
夹具	多用通用夹具, 极少用专用夹具, 由划线试切法保证尺寸	专用夹具, 部分靠划线保证尺寸	广泛采用高效夹具, 靠夹具及定程法保证尺寸
刀具与量具	采用通用刀具及万能量具	较多采用专用刀具及量具	广泛采用高效专用刀具及量具
对工人技术要求	熟练	中等熟练	对操作工人技术要求一般, 对调整工人技术要求高
工艺流程	只编制简单的工艺过程卡	有较详细的工艺流程, 对关键零件有详细的工序卡片	详细编制工艺流程及各种工艺文件
生产率	低	中	高
成本	高	中	低
发展趋势	箱体类复杂零件采用加工中心加工	采用成组技术, 由数控机床或柔性制造系统等进行加工	在计算机控制的自动化制造系统中加工, 并可能实现在线故障诊断、自动报警和加工误差自动补偿

第四节 机械加工工艺流程

✓ 机械加工工艺流程是把零件加工的工艺路线、各工序具体的加工内容、切削用量、工时定额、所采用的设备和工艺装备等有关内容用技术文件的形式加以确定。它是指导生产的主要技术文件。

一、机械加工工艺流程的作用

机械加工工艺流程具有以下几方面的作用:

1. 工艺流程是指导生产的主要技术文件

合理的工艺流程是在总结生产实践经验的基础上, 依据工艺理论和必要的工艺试验而制订的。它不仅具有科学性, 而且还体现群众的智慧。所以生产中, 一般应严格执行既定的工艺流程, 以保证产品的质量、较高的生产效率和经济效益以及生产的按计划进行。但是, 工艺流程决不是固定不变的。必须在执行过程中, 及时地汲取国内外先进工艺技术和革新创造, 不断改进和完善, 以便更好地指导生产。

2. 工艺流程是生产组织和管理工作的基本依据

在生产管理和组织工作中, 原材料的供应、通用工艺装备的准备、专用工艺装备的设计和制造、作业计划的编排、动力的组织以及生产成本核算等工作都是以工艺流程作为基本依据的。

3. 工艺流程是新建或扩建工厂车间的基本资料

在新建或扩建工厂车间时, 只有根据生产纲领和工艺流程才能正确地确定: 生产所需

设备的种类、规格和数量；车间面积；设备的布局；生产工人的工种、等级和数量；辅助部门的安排等。

以上分析可以看出，工艺规程不仅是指导生产的主要技术文件，而且是机械制造厂最主要的技术文件之一。

二、机械加工工艺规程的形式

根据零件的复杂程度和生产类型的不同，常用的机械加工工艺规程有如下三种形式：

1. 综合工艺过程卡片

这种卡片主要列出整个零件加工所经过的工艺路线（包括毛坯制造、机械加工和热处理等工序）。它是编制其它工艺文件的基础。

这种卡片由于仅粗略地说明各工序的内容，故一般不能直接指导工人操作，主要供生产管理和调度使用。但是，在单件、小批生产中，通常不编制其它较详细的工艺文件，而是以这种卡片指导生产，在这种情况下，过程卡片应编制得比较详细。表 1-7 所示，为综合工艺过程卡片的一种格式。

表1-7 工艺过程综合卡片

工 厂	工艺过程 综合卡片	产品名称及型号		零件名称		零件图号		第 页	
		材 料	名 称	毛 坯	种 类	零件重量	毛 重		
			牌 号		尺 寸	kg	净 重		
			性能		每 台 件 数				每批件数
工序号	工 序 内 容	加工车间	设备名称及编号	工艺装备名称及编号			技术等级	时间定额, min	
				夹具	刀具	量具		单 件	准备终结

2. 机械加工工艺卡片

工艺卡片是对机械加工工艺过程的各个工序进行较详细说明的一种工艺文件。它记载了各工序、安装及工步的主要内容，以及所要达到的加工质量。它是用来指导工人生产和帮助车间管理干部及技术人员掌握整个零件加工过程的重要依据。它广泛用于成批生产零件和小批生产中的重要零件。表 1-8 所示，为机械加工工艺卡片的一种格式。

表1-9 机械加工工序卡片

工 厂	机 械 加 工 工 序 卡 片	产 品 名 称 及 型 号	零 件 名 称	零 件 图 号	工 件 名 称	工 序 号	第 页	共 页
			车 间	工 段	材 料 名 称	材 料 牌 号	机 械 性 能	
			同时加工件数	技 术 等 级		单件时间, min	准备结束时间, min	
			设备名称	设备编号	夹具名称	夹 具 编 号	冷 却 液	
			更 改 内 容					

工步号	工 步 内 容	计算数据, mm			走刀次数	切 削 用 量			工时定额, min	刀 具、量 具 及 辅 助 工 具							
		直径或长度	走刀长度	单边余量		进给量 (毫米/转)	每分钟转数	切削速度 m/min		基本时间	辅助时间	工作地点	工步号	工 具 名 称	规格	编 号	

表1-8 机械加

工 厂	机械加工 工艺卡片	产 品 名 称 及 材 料	零 件 名 称			零 件 图 号				第 页	
			毛 坯	种 类	尺 寸	零件重量 kg	毛 重				
								牌 号			净 重
工 序	安 装	工 步	工 序 内 容	加 工 车 间	设备名称 及 编 号	工 艺 装 备 号			技 术 等 级	工 时 定 额 , min	
						夹 具	刀 具	量 具		单 件	准 结
更 改 内 容											
编 制			校 对			审 核			会 签		

3. 机械加工工序卡片

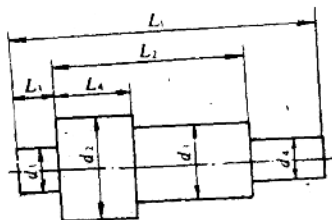
工序卡片是按每一个工序制订的，并绘有加工零件的工序草图。工序卡片中详细记载了该工序加工所必须的工艺资料，如工件的定位基准和安装方法、工步的详细内容、加工工序尺寸及公差、切削用量、工时定额、使用的刀具、量具等。它是用来具体指导工人进行操作，多用于大批量生产的零件和成批生产中的重要另件加工。表 1-9 所示，为机械加工工序卡片的一种格式。

制订工艺规程的传统方法是由工厂技术人员人工编制。随着电子计算机技术的发展,目前国内外愈来愈多地研究和采用计算机辅助编制工艺规程。它使繁琐、落后的工艺规程制订工作实现最佳化、系统化和现代化,这是一个值得进一步研究和推广的新方法。

习 题

1. 什么是生产过程？生产过程包括那些内容？
2. 什么是工艺过程？
3. 什么是机械加工工艺系统？它和机械加工工艺流程的关系？
4. 什么是工序？工步？走刀？

5. 什么是安装？什么是工位？并举例说明？
 6. 何谓生产纲领？如何计算？
 7. 简述生产类型与生产纲领的关系？
 8. 不同的生产类型，其工艺过程特点有什么不同？
 9. 什么是工艺规程？它有什么作用？
 10. 试述不同工艺规程形式的特点？
- 习题图1-1为一阶梯轴外形简图。



习题图1-1

已知条件：

(1) 当单件生产时，其粗加工步骤如下：

- 1) 夹外圆车左端面，打顶尖孔，普通车床
- 2) 夹右端，顶左端顶尖孔，粗车左端各台阶，普通车床
- 3) 夹已加工外圆车右端面，打顶尖孔，普通车床
- 4) 夹左端，顶右端顶尖孔，粗车右端各台阶，普通车床

[注]上述四步骤对一个零件是连续进行加工。

(2) 当中批生产时，其粗车步骤与单件生产时相同，但上述四步骤是按批在一台车床上进行加工。

(3) 当大批生产时，其粗加工步骤如下：

- 1) 铣左右两端面，同时钻两端顶尖孔，专用铣端面钻中心孔机床
- 2) 粗车左端各台阶，液压仿型车床
- 3) 粗车右端各台阶，液压仿型车床

试分析上述三种生产类型的粗加工步骤各由几道工序、工步和安装组成。用表格填写出来。

48

第二章 工件的安装和机床夹具设计基础

第一节 基准的概念及分类

基准是确定零件或部件上某些面、线、点位置所依据的该零件或部件上的那些面、线、点。根据基准的作用不同，可将它分成两大类，即设计基准和工艺基准。

一、设计基准

在零件图上，用以确定某一面、线、点位置所依据的那些面、线、点，称为设计基准。它是标注尺寸的起点。图2-1所示齿轮零件图，外圆表面 $\phi 180$ 、 $\phi 60$ 及内孔 $\phi 40H7$ 的设计基准为其中心线；尺寸35和75的设计基准是齿轮的右端面。

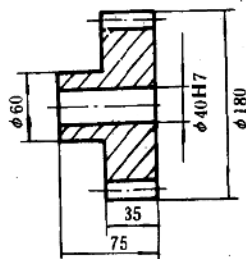


图2-1 设计基准

二、工艺基准

在机械加工和装配过程中所使用的基准称为工艺基准。

工艺基准按用途不同又分为定位基准、度量基准和装配基准。

1. 定位基准

工件加工时定位所用的基准，即工件在夹具上与定位元件直接接触的那些面、线、点。如图2-2，工件以A面与夹具中的定位元件直接接触，加工表面C，则表面A即为定位基准。

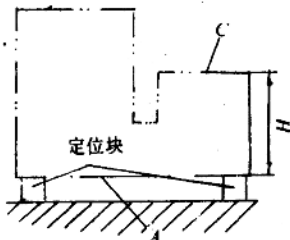


图2-2 定位基准

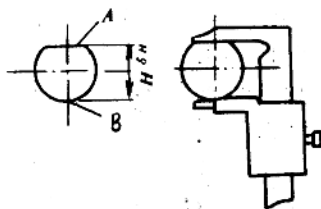


图2-3 度量基准

2. 度量基准

工件加工时或加工结束后进行测量用的基准。图2-3为用游标卡尺测量圆柱体上加工后的表面A，度量基准是下母线B。

3. 装配基准

在装配时用来确定零件或部件在机器中的位置所用的基准。如图2-1齿轮内孔以一定的配合精度安装在轴上，故齿轮的内孔为装配基准。

第二节 工件的安装和获得尺寸的方法

一、工件的安装方式

安装是指工件定位和夹紧的过程。机械加工中,由于生产批量、加工精度及工件尺寸的大小不同,安装方式也不同。一般有如下三种安装方式:

1. 直接找正安装

这种安装方法是利用百分表,划针或者目测来找正工件在机床上的正确位置,然后夹紧。如图2-4为加工套筒内表面B的安装,加工表面B与表面A有同轴度要求。用四爪卡盘先将工件轻轻夹住,用百分表以表面A找正,使其与机床迴转中心重合,然后夹紧再进行加工。

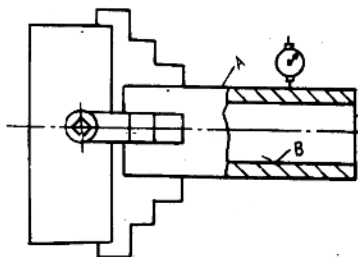


图2-4 直接找正安装法

直接找正安装,常用于单件、小批生产,精度取决于工人的技术水平,费时间,生产率低。

2. 按划线找正安装

在毛坯的待加工表面上划出轮廓线,安装时用划针按线找正工件在机床上的位置,然后夹紧。图2-5为曲柄轴零件图。加工时先在工件端面上划出 aa 、 bb “+”字线和找正辅助线 aa' 、 $b'b'$,沿线打土洋冲眼。安装过程如图2-5b,用四爪卡盘轻轻夹住工件,用划针按线或洋冲眼找正,使被加工表面曲柄中心线与机床主轴的回转中心线重合,然后夹紧进行加工。

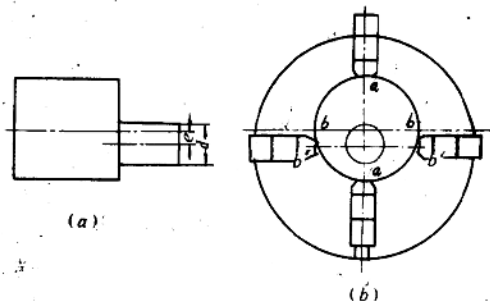


图2-5 按线找正安装法

按线找正安装方式,精度取决于划线和洋冲眼的准确程度及工人的技术水平。一般精度在 $0.2\sim 0.5\text{mm}$ 内。主要用于工件形状复杂的铸件、锻件及尺寸偏大而表面又粗糙的毛坯件,通常适用于小批量生产。

3. 用夹具安装

工件依靠定位基准与夹具中的定位元件相接触,使工件占有正确的位置,然后夹紧。这种方法,工件不需划线和找正,所以定位迅速、方便、可靠。但夹具的制造周期长,费用高,适于成批或大量生产。

二、获得尺寸精度的方法

上述安装方式解决了工件被加工表面间的位置精度,而没有解决加工表面本身的尺寸

精度，其尺寸精度的获得可用以下方法：

1. 试切法

试切法的过程是先将刀具与工件的相对位置作初步调整并试切一次，测量切削后的工件尺寸，然后根据所测尺寸与图纸尺寸之间的差值再调整刀具与工件的位置，进行第二次试切，这样反复几次直到符合图纸要求为止。

2. 定尺寸刀具法

是用定尺寸刀具的相应尺寸来保证加工表面尺寸。如钻头、扩孔钻、铰刀、拉刀和浮动镗刀等。

3. 调整法

先用试切法或对刀块，调整好刀具相对于机床或夹具的位置，加工同一批工件，在整个过程中这个相对位置保持不变。加工另一批工件时再进行调整。

4. 自动获得尺寸法

通过尺寸测量装置，刀具进给装置和控制装置组成自动控制加工系统，使加工过程中的测量、刀具补偿和切削加工等一系列工作自动完成，获得所要求的尺寸精度。

第三节 工件的定位原理

工件的定位就是工件在夹具中占有完全确定的加工位置。夹具又通过对定装置相对于机床和刀具也占有正确位置，从而保证了工件相对于机床和刀具具有正确位置。夹具的定位元件与工件的定位基准相接触实现工件的定位，不但使单个工件占有正确位置，而且能使同一批工件放入夹具中都能获得一致的正确位置。这就是工件在夹具中定位的实质。这样既保证了加工精度又保证了加工精度的稳定性。相反，如果由于定位基准选择不合理，工件得不到正确定位，造成工件定位不稳定，破坏了加工精度的一致性，因此工件定位正确与否是极其重要的。

一、六点定位原理

研究工件的定位，可以把工件作为刚体放在空间直角坐标系中来讨论。一个在空间处于自由状态下的刚体具有六个自由度，图2-6所示。工件沿 X 、 Y 、 Z 三个座标轴有三个移动自由度，以 $\vec{X}$ 、 $\vec{Y}$ 、 $\vec{Z}$ 表示；绕 X 、 Y 、 Z 三个座标轴有三个转动自由度，以 $\vec{X}$ 、 $\vec{Y}$ 、 $\vec{Z}$ 表示。通过对工件的六个自由度的限制，实现工件在夹具中的定位。

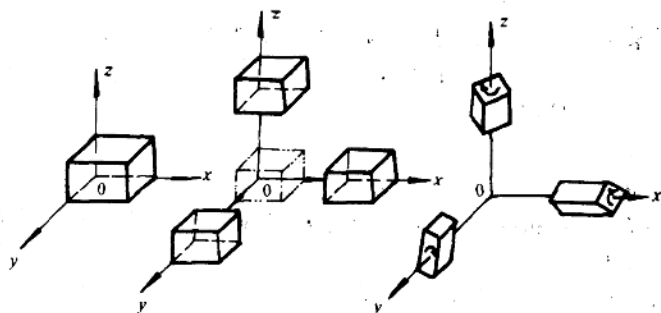


图2-6 刚体自由度数

以图2-7所示的立方体工件为例说明工件在夹具中定位时的情况。工件的底面设三个支承点，在侧面设二个支承点，后面设一个支承点。各定位表面所限制的自由度数分析如下。

工件的底面在 xoy 坐标平面内，三个支承点起限制 $\vec{X}$ 、 $\vec{Y}$ 、 $\vec{Z}$ 三个自由度的作用，此面称主定位面。

工件的左侧面处在 yoZ 坐标平面内，二个支承点起限制 $\vec{X}$ 、 $\vec{Z}$ 二个自由度的作用，此面称为导向面。

工件的后面处在 xoz 坐标平面内，一个支承点起限制 $\vec{Y}$ 自由度的作用，此面称为止推面。

从上述分析可知：要使工件在夹具中完全定位，可用合理分布的六个支承点限制工件的六个自由度，使工件在夹具中占有唯一正确的位置。这就是工件的六点定位原理。

二、完全定位和不完全定位

工件定位时，一般只限制那些影响加工精度的自由度，所以有完全定位和不完全定位之分。

1. 完全定位

工件定位时，需要六个自由度全部限制的称为完全定位。如图2-8所示，工件在夹具中定位铣槽，以保证尺寸 A 、 B 、 C 。

影响尺寸 A 的自由度为 $\vec{X}$ 、 $\vec{Y}$ 、 $\vec{Z}$ ，工件底面设置三个支承点加以限制，满足了尺寸 A 的要求，影响尺寸 B 的自由度为 $\vec{X}$ 、 $\vec{Z}$ ，在工件左侧面设两个支承点，加以限制，满足了尺寸 B 的要求，影响尺寸 C 的自由度为 $\vec{Y}$ ，在工件的后面设一个支承点加以限制，满足了尺寸 C 的要求。通过以上分析，六个自由度需要全部被限制，工件在夹具中才占有唯一正确的位置，则能保证零件的加工精度。

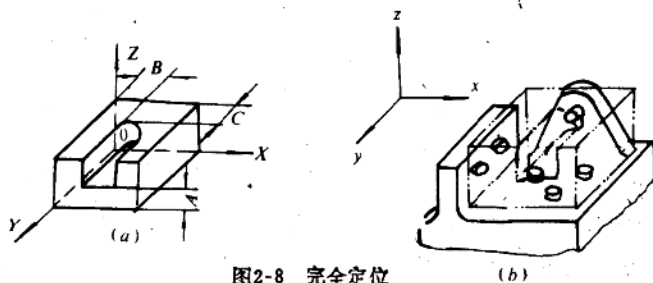


图2-8 完全定位

2. 不完全定位

只要满足加工精度要求，六个自由度不一定需要全部消除，只需限制部分自由度即可。如图2-9所示为磨平面，要求保证尺寸 A ，影响尺寸 A 的自由度是 $\vec{X}$ 、 $\vec{Y}$ 、 $\vec{Z}$ ，工件只

需用底面限制三个自由度就满足了尺寸 A 的加工要求。由此可见, 工件定位时只需满足加工要求而限制的自由度数少于六个就称为不完全定位。

三、欠定位和过定位

运用六点定位原理还可以判断定位支承点的数目是否合理。有下面两种违反六点定位原理的情况:

1. 欠定位

定位支承点的实际数目少于应限制的自由度的数目。若图 2-8 铣槽的例子在左侧面内, 少了一个

定位支承点, 就少限制一个自由度 Z , 结果使铣出的槽偏斜, 不但影响加工精度, 同时夹紧也不牢。因此欠定位是不允许的。

2. 过定位

定位支承点的实际数目多于应限制的自由度的数目。对于过定位要具体情况具体分析。如图 2-10 所示为滚切齿轮, 齿坯以内孔和一端面为定位基准, 内孔与心轴相配合定位, 如果孔的配合长度相对于孔径大得较多时, 则会限制 $\vec{X}$ 、 $\vec{Y}$ 、 $\vec{X}$ 、 $\vec{Y}$ 四个自由度, 齿坯的端面和定位盘的端面定位, 限制 $\vec{X}$ 、 $\vec{Y}$ 、 $\vec{Z}$ 三个自由度, 共限制了七个自由度, $\vec{X}$ 、 $\vec{Y}$ 被重复限制而产生过定位。如果齿坯的内孔和端面的垂直度不好, 心轴和定位盘端面的垂直度也不好, 还有心轴和齿坯内孔配合间隙小, 则工件安装后就会使心轴变形。如图 2-11 所示。从而不能保证加工精度。

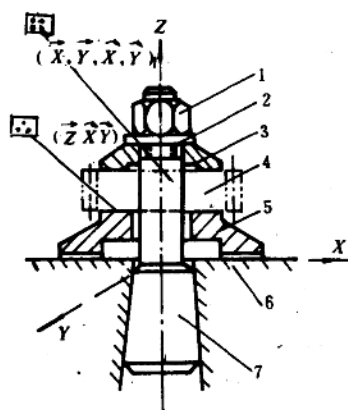


图2-10 过定位

1—螺母, 2—垫圈, 3—压板, 4—工件, 5—定位盘, 6—工作台, 7—心轴

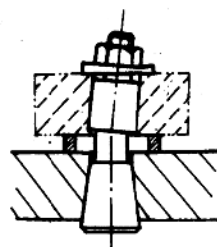


图2-11 过定位的不良后果

对图 2-10 所示的过定位, 采取一定的工艺措施仍然可以利用。首先齿坯内孔和端面在零件设计时给出合理的垂直度要求, 然后在齿坯加工时, 把作为定位基准的内孔和端面在一次装夹中加工出来, 保证图纸上的垂直度要求; 再则心轴和定位盘按夹具设计规定的精度制造, 保证夹具的上心轴和定位盘端面相互垂直。工件若按照上述要求加工, 加工精度则可保证, 所以这种过定位还是允许使用的。

又如图2-8所示铣槽的例子，在底面内多设一个定位支承点，即有四个定位支承点出现过定位。如四个支承点不在同一平面内将产生过定位，使工件定位不稳定，这是不允许的。若把四个支承点安装在夹具体上，并一次磨出或者用整个一次磨出的平面定位，不但允许，而且还能增加支持刚度。

过定位后若不采取一定的工艺措施，将会引起如下不良后果：

- (1) 使工件定位不稳定，增加了同一批工件在夹具中定位的不一致性；
- (2) 增加了工件和夹具的变形；
- (3) 导致部分工件不能与定位元件正确配合。

第四节 夹具的分类、作用和组成

在机床上加工工件时，能使工件相对于机床和刀具占有正确位置并使工件夹紧的工艺装备称为机床夹具。

一、机床夹具的分类

机床夹具的种类繁多，按使用场合不同可分为车床夹具、磨床夹具、铣床夹具、钻床夹具、镗床夹具等；按动力源可分为气动、液动、电动和无动力手动夹具等；按通用程度可分为下面几种夹具：

1. 通用夹具

能够较好地适应加工工序和加工对象变换的夹具。结构已经标准化，如三爪卡盘、四爪卡盘、平口虎钳、回转工作台面和万能分度头等，一般作为机床附件。主要适于单件小批量生产。

2. 专用夹具

是为某一工件的某道工序专门设计制造的夹具。如图2-13所示夹具是专为图2-12的轴上加工键槽工序设计的专用夹具。该夹具中的V形块3和螺钉8限制了工件的 $\bar{Y}$ 、 $\bar{Y}$ 、 $\bar{Z}$ 、 $\bar{Z}$ 、 $\bar{X}$ 五个自由度，满足加工要求。以夹具体的底平面、定向键2和对刀块10使工件相对于机床和刀具占有正确位置。转动手柄11，通过轴9、偏心轮6、杠杆5、拉杆7和压板4使工件得到夹紧。

专用夹具的特点是使用范围窄，当被加工对象改变时就报废。只适于大批量生产。

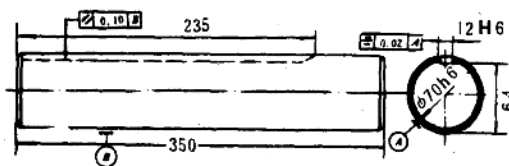


图2-12 铣槽工序简图

3. 成组夹具 (可调整夹具)

在产品品种多，生产批量小时，可以按工件形状、尺寸、材料和工艺的相似性分组，再为每组工件的某道工序设计组内通用的专用夹具。该夹具的特点是对部分元件进行调整或更换，便可加工组内的任何工件。