

高等学校教材

内燃机制造工艺学

(修订本)

天津大学 李厚生 编

NONG JI GAO DENG
XUE XIAO JIAO CAI

中国农业机械出版社

前 言

本教材是根据内燃机教材编审委员会制订的本课程教学大纲和本教材编写大纲,在《内燃机制造工艺学》第一版教材的基础上编写的。修订中贯彻了少而精的原则,加强了基础理论,注意了提高从事设计和工艺工作能力的培养。本书着重讲述了尺寸链的应用、加工误差分析、定位原则和定位精度分析、机械加工工艺规程的制定、各种加工方法和内燃机典型零件的加工工艺等内容,并密切结合内燃机实例进行分析或计算。内容侧重于大批量生产的中、小型内燃机制造工艺,反映了我国内燃机制造生产实际中的先进性,并适当反映了国外内燃机制造的新技术、新工艺、新发展及先进水平。本书采用我国的法定计量单位,贯彻了新的国家标准,如表面粗糙度、公差等级、形位公差和制图标准等。通过本书的学习,可使

学生逐步掌握内燃机设计和制造所需具备的工艺理论和工艺知识。

本书共分八章,除进行课堂集中讲授外,有部分章节内容在工艺实习中学习。鉴于内燃机专业的范围较广,各校的培养目标和专业侧重点也不同,所以教材要有一定的适应性,同时为了方便部分章节在实习中学习,本教材的深度、广度和篇幅可能偏深、偏广、偏大一些。在使用时,各校可根据需要对某些章节有重点地讲授。

本教材由天津大学内燃机教研室李厚生编写。由浙江大学马元骥教授进行了精心、仔细地审阅,为提高本教材质量作出了宝贵的贡献,谨此致以深切感谢。

由于编者水平所限,时间也较仓促,缺点和不妥之处在所难免,诚恳地希望广大师生和读者批评指正。

编者 1987年

目 录

第一章 机械制造工艺的基本概念	1	三、表层金属物理机械性能的变化	41
§ 1-1 生产过程和工艺过程	1	§ 2-5 加工质量对零件使用性能的影响	43
§ 1-2 机械加工工艺过程的组成	2	一、对零件耐磨性的影响	43
一、工序	2	二、对零件疲劳强度的影响	44
二、安装	2	三、对零件抗腐蚀性的影响	45
三、工位	2	四、对零件配合性质的影响	45
四、工步	3	§ 2-6 各种加工方法所能达到的经济精度和表面粗糙度	46
五、走刀	4	一、经济精度	46
§ 1-3 生产类型及工艺特点	4	二、表面粗糙度	46
一、单件生产	4	第三章 尺寸链的原理及其应用	52
二、大量生产	4	§ 3-1 尺寸链的基本概念	52
三、成批生产	5	一、尺寸链的概念与组成	52
§ 1-4 工件的安装方式	5	二、尺寸链计算的基本公式	55
§ 1-5 基准的概念及分类	7	§ 3-2 应用装配尺寸链保证装配精度的几种方法	61
一、设计基准	8	一、完全互换法	62
二、工艺基准	9	二、分组互换法	69
第二章 机械加工质量	12	三、调整法	70
§ 2-1 概述	12	四、修配法	72
一、机械加工质量的基本概念	12	§ 3-3 加工余量与工序尺寸	76
二、获得规定的加工精度的方法	14	一、加工余量的基本概念	76
§ 2-2 影响加工精度的工艺因素	15	二、影响工序余量的因素	77
一、加工原理误差	15	三、工序余量、工序尺寸和公差的确	78
二、机床、刀具及夹具的制造误差与磨损	15	§ 3-4 工艺尺寸链的应用	81
三、工件的安装误差	18	一、有关保证设计尺寸的工艺尺寸换算	81
四、工艺系统的受力变形	20	二、工艺尺寸计算	85
五、工艺系统的热变形	24	三、校验设计尺寸标注的合理性	88
六、工件内应力的影响	26	第四章 典型表面的加工方法	92
七、度量误差和调整误差	28	§ 4-1 外圆面的加工	92
§ 2-3 加工误差分析	28	一、外圆面的车削	92
一、加工误差的分类	28	二、外圆面的磨削	94
二、加工精度的统计分析法	29	三、外圆面的光整加工	99
§ 2-4 表面质量的形成及影响因素	35	§ 4-2 孔加工	100
一、表面不平度的形成原因	35	一、钻孔	100
二、影响表面不平度的工艺因素	37		

二、扩孔	100	§ 5-5 钻、镗类机床夹具及铣床 夹具	172
三、铰孔	101	一、钻、镗类机床夹具	172
四、铰孔	102	二、铣床夹具	177
五、拉孔	105	§ 5-6 夹具总图及零件图的绘制	179
六、研磨孔	106	一、夹具设计的步骤和方法	179
§ 4-3 平面的加工	107	二、夹具总图的绘制	180
一、铣平面	108	三、夹具零件图的绘制	181
二、拉平面	110	第六章 内燃机的结构工艺性	182
三、磨平面	111	§ 6-1 铸、锻件的结构工艺性	182
四、平面的光整加工	112	一、铸件的结构工艺性	182
§ 4-4 表面的冷压加工	112	二、锻件的结构工艺性	183
一、冷压加工的形式	112	§ 6-2 零件结构的机械加工工 艺性	183
二、曲轴轴颈圆角的滚压加工	114	一、正确标注尺寸、公差、表面粗糙 度及技术条件	183
§ 4-5 高效、自动化加工及成组 技术的基本概念	116	二、零件结构要便于提高生产率	184
一、组合机床及其自动线的概念	116	三、零件结构要便于加工	184
二、数控机床的概念	121	四、减少切削加工量	185
三、成组技术的概念	125	五、加强零件的刚性	185
第五章 机床夹具	129	§ 6-3 零、部件的装配工艺性	185
§ 5-1 机床夹具的基本概念	129	一、分为独立的装配单元	185
一、机床夹具的组成	129	二、装配基面的确定	186
二、机床夹具的作用	130	三、减少装配时的修配工作和机械加工	186
三、机床夹具的分类	131	四、要便于装配和拆卸	186
§ 5-2 工件的六点定位原则	133	五、减少装配尺寸链的环数	186
一、概述	133	第七章 机械加工工艺规程的制定	187
二、定位方式对自由度的限制	134	§ 7-1 机械加工工艺规程	187
三、限制自由度的实例	137	一、概述	187
四、欠定位与超定位	139	二、制定工艺规程的原始资料 and 程序	188
§ 5-3 工件的定位与定位元件	140	§ 7-2 零件图纸的工艺分析	190
一、工件的定位精度	140	一、零件图纸的审查	190
二、定位元件	144	二、零件加工工艺分析	191
三、工件的双孔定位	149	三、零件的结构工艺性分析	194
四、一般定位形式的定位误差示例	156	§ 7-3 毛坯的选择和毛坯图	194
五、夹具对机床、刀具对夹具的定位	156	一、选定毛坯制造方法及提出制造要求	194
六、工件加工允差的分配	160	二、毛坯制造方法的改进和毛坯精度 的提高	195
七、定位方案的设计示例	161	三、毛坯图	195
§ 5-4 工件的夹紧和夹紧机构	164	§ 7-4 工艺路线的制定	195
一、夹紧机构的组成及工作要求	164	一、表面加工方法的选择	196
二、夹紧力的选择	164		
三、夹紧机构	165		

二、定位基准的选择	201	二、连杆的机械加工工艺过程	214
三、工序的集中与分散	204	三、连杆的主要工序	217
四、加工阶段的划分	206	§ 8-2 曲轴的制造	223
五、加工顺序的安排	206	一、曲轴的主要技术要求	223
§ 7-5 生产率和时间定额	211	二、曲轴的机械加工工艺过程	224
一、时间定额	211	三、曲轴的主要工序	227
二、工艺过程的技术经济分析	212	§ 8-3 机体的制造	235
三、提高劳动生产率的基本途径	212	一、机体的主要技术要求	235
第八章 内燃机典型零件的制造	214	二、机体的机械加工工艺过程	236
§ 8-1 连杆的制造	214	三、机体的主要工序	239
一、连杆的主要技术要求	214	参考文献	244

第一章 机械制造工艺的基本概念

§ 1-1 生产过程和工艺过程

内燃机是由许多零、部件装配而成的，它的生产过程是一个复杂的过程。首先，要把各种原材料，如生铁和钢材等，在铸造、锻压等车间制成零件的毛坯，然后送到机械加工、热处理等车间进行切削加工和处理，制成零件，再把各种零、部件送到装配车间装配成一台内燃机，最后经过磨合、调整、试验等，达到规定的性能指标后正式出厂。上述与原材料（或半成品）改变为成品直接有关的过程是生产的主要过程。此外，还必须有生产过程的辅助过程，即与由原材料（半成品）改变为成品间接有关的过程，如原材料（半成品）的运输、保存和供应，生产工具的制造、管理和准备，设备的维修等。综上所述，由原材料到成品之间各个相互联系的劳动过程的总和称为生产过程。

上述生产过程中各个组成环节，应作为一个“系统”来进行科学的全面安排，才能得到良好的技术和经济效益。生产工艺、加工计划和管理等工作，作为整体的“生产系统工程”，借助于电子计算机进行分析和控制，这是当前应予重视的一门新兴学科。

工厂的生产过程，又可分为各个车间的生产过程。某个车间所用的原材料（半成品），可能是另一车间的成品。此外，现代化生产中，一台内燃机通常不可能由一个工厂全部自制，总有些半成品是由其它一些工厂进行协作生产。这样分工，有利于零、部件的标准化和专业化生产，便于组织多品种生产、提高产品质量、提高生产率及降低成本。因此，某工厂所用的半成品，就是其它一些工厂的产品。例如，内燃机制造厂（主机厂）就要利用许多协作厂的产品，如化油器、喷油泵、喷油器、火花塞、水泵、轴瓦、活塞、活塞环以及各种仪表等，而它所生产的内燃机又可能是某些工厂（如汽车厂、拖拉机厂、工程机械厂、机车制造厂、造船厂等）的半成品，所以，一个内燃机制造厂的全部生产过程是主机厂和协作厂生产过程的总和。

在生产过程中，直接改变工件的形状、尺寸及其材料物理性能而最终成为零件及将零、部件装配成内燃机的部分生产过程称为工艺过程，包括铸造、锻造、焊接、冲压、机械加工、热处理、表面处理和装配工艺过程等。

机械加工工艺过程是利用机械加工的方法，使毛坯逐步改变形状和尺寸而成为合格零件的全部过程（此外，还包括改变材料物理性能的工艺过程，如滚压加工、挤压加工等使用机械方法的表面强化工艺）。机械加工工艺过程在内燃机生产中占有较大的比重及重要的位置，其中绝大部分是应用金属切削机床进行加工。装配工艺过程是把零件及部件按一定的技术要求装配成合格产品的过程。

内燃机制造工艺学主要是研究内燃机零件机械加工工艺和装配工艺的一门科学。

§ 1-2 机械加工工艺过程的组成

机械加工工艺过程由一系列工序组成，每一工序又可分为若干个安装、工位、工步及走刀。将这些常用术语说明如下：

一、工序

零件的机械加工工艺过程一般是由一系列按一定顺序排列的工序组成的。为什么要划分为若干工序呢？一方面由于零件具有许多不同形状和不同精度等级的表面，而这些表面（或同一表面）的加工往往不是一台机床所能胜任的；另一方面，划分工序还可以提高生产率和降低成本。

工序是一个（或一组）工人在一台机床（或一个工作地点）上对一个工件（或几个相同工件）所连续完成的工艺过程的一部分。

图 1-1 所示为螺纹柱销的零件图，其机械加工工艺过程见图 1-2。

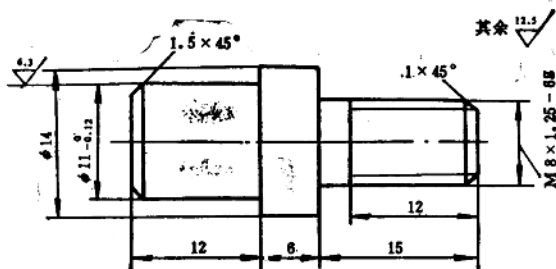


图 1-1 螺纹柱销零件图

在一台普通车床上，如图 1-2 a 所示，将工件安装在机床上，对工件进行 b、c、d、e、f 工步的加工；然后如图中 g 所示，将工件掉头，再安装在机床上，对工件进行 h、i、j、k、l 工步的加工。这样，整个工艺过程便只包括在一个工序内。如果按上述完成 f 工步的加工后，改为在另一台机床上将工件倒头，在 g 所示的安装情况下直到完成 l 工步的加工为止，这样的工艺过程便包括两个工序。一个工序包括的内容可能很复杂，也可能很简单，可能自动化程度很高，也可能只是简单的手工操作（例如去毛刺）。但只要改变了机床（或工作地点），就是改变了工序。

工件是按工序由一台机床送到另一台机床顺序地进行加工。工序是工艺过程的基本组成部分，是生产计划管理、经济核算的基本单元；也是计算设备负荷、确定生产人员数量、技术等级以及工具数量等的依据。

二、安装

安装是工件在机床上每装卸一次所完成的工序中的一部分。

在一个工序内可以包括一次或几次安装。图 1-2 中在一台车床上加工的情况，表明了一个工序中包括 a、g 两次安装。

应该注意，在每一个工序中，安装次数应尽量减少，以免影响加工精度和增加辅助时间。

三、工位

当应用转位（或移位）加工的机床或转位加工的夹具进行加工时，在一次安装中，工件（或刀具）相对于机床要经过几个不同的位置依次进行加工；在每一个工作位置上所完成工序中的一部分，称为工位。工位是用来区分复杂工序的不同工作位置的。

例如，在组合机床上加工 IT7 公差等级的孔（图 1-3），通常是在六工位的回转工作台上

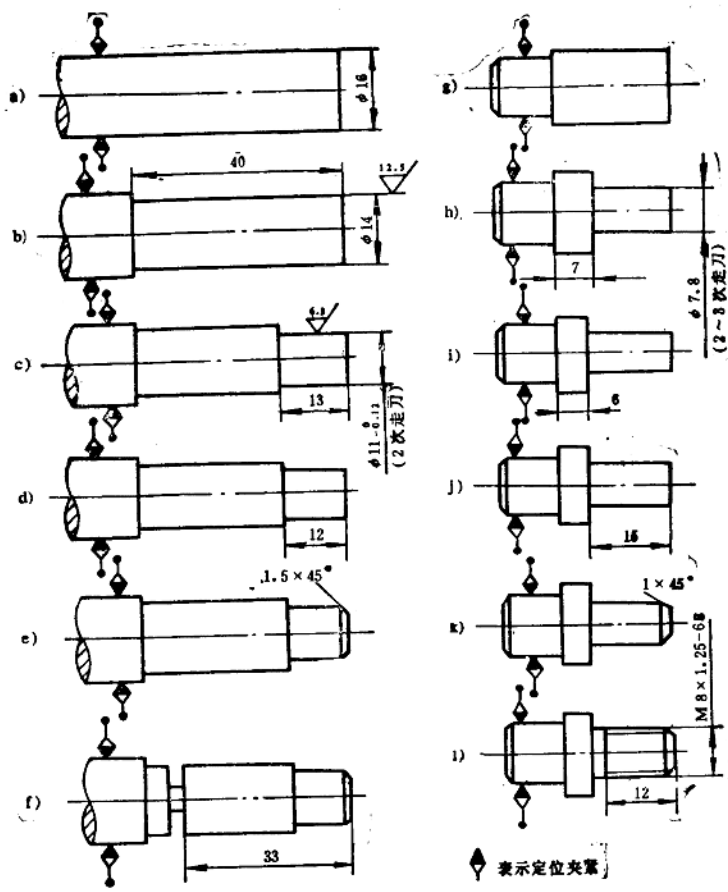


图1-2 螺纹柱销机械加工工艺过程示意图

加工。每个工位安装一个工件，与各工位相对应的钻、扩、铰等刀具则安装在多轴头上，定时完成进给和退刀运动。因此，除第一工位用来装卸工件以外，同时有五个工件加工。对一个工件来说，在一个工位上加工完毕后，工作台转位，再进行下一个工位的加工，这样经过六个工位（回转一圈）以后，加工完成。六个工位的工作依次是安装、预钻孔、钻孔、扩孔、粗铰及精铰。

由此可见，采用多工位加工可以减少工件的安装次数，从而减少多次安装带来的加工误差，并可以提高生产率。

四、工步

一次安装中，在不变动工件的加工表面、切削刀具和切削用量中的转速与进给量的情况下所完成的工

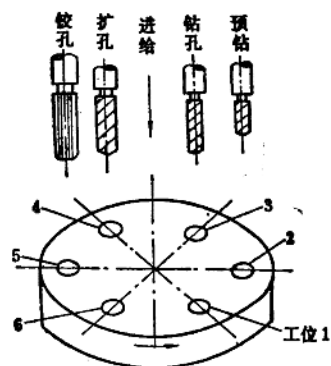


图1-3 在六工位回转工作台式组合机床上进行加工

序中的一部分，称为工步。如果其中有一个以上因素发生变化，就是另一个工步。

在图 1-2 中，按 a 安装时有 b、c、d、e、f 五个工步；按 g 安装时则有 h、i、j、k、l 五个工步。

有时为了提高生产率而把工步合并，采用复合工步。如图 1-4 所示，在六角车床上用前刀架进行横向运动来切端面 2、4 及用六角刀架车外圆 1、3 和镗孔 5，即为复合工步的例子。

生产中经常采用复合工步，如在组合机床上加工便多为复合工步。

五、走刀

在一个工步中，有时金属层要分几次切除。刀具对工件进行一次切去一层金属的相对运动，称为走刀。

在图 1-2 中，工步 b、d、e、f、i、j、k、l 均是一次走刀，而工步 c、h 又细分为 2~3 次切削用量相同的走刀（如每次走刀的切削用量不同，则每次走刀即为一个工步）。

由此可见，工位、工步、走刀都是为了说明一个复杂工序中各种工作的顺序而提出的。

一个零件从毛坯到加工为成品所采取的机械加工工艺过程，根据产量及生产条件等因素的不同，会是不同的；工序的划分及每一个工序所包含的加工内容也是不同的。

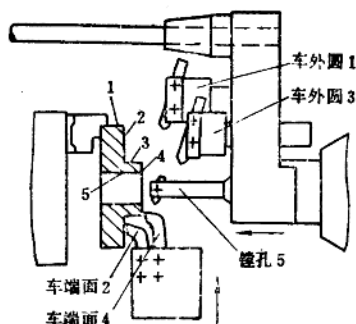


图1-4 复合工步示例

§ 1-3 生产类型及工艺特点

工厂每年需要生产的产品数量（即年产量），称为生产纲领。工厂的生产纲领，决定了工厂的生产规模和生产方式。生产方式可分为三种主要类型，即单件生产、大量生产和成批生产。

一、单件生产

单个或少量地制造不同结构和尺寸的产品，而不重复或较少重复制造的，称为单件生产。例如大型船用内燃机、大型固定式内燃机的制造，新产品试制，常以单件生产的方式进行。

单件生产的工厂，由于需要制造的产品品种多，而同一产品的数量又很少，所以在生产上应有较大的灵活性，车间的机床设备和工艺装备多采用通用的，以适应不同品种工件加工的需要，而且按照机床类型和规格的不同采取机群式布置。

二、大量生产

每年制造的产品数量很多，在每台设备（或工作地点）上经常重复某种工件的某一个工序，这种生产称为大量生产。例如，汽车拖拉机发动机制造厂、内燃机某些零件及附件的专业化厂、轴承厂等多数是以大量生产的方式进行。

大量生产中，广泛采用高生产率的专用设备（如自动机床、半自动机床、组合机床等）和高生产率的专用工艺装备（如高生产率的专用夹具、刀具、量具等），机床设备是按照各零件的工艺过程顺序布置流水生产线的。

大量流水生产中, 广泛采用各种自动生产线, 并发展成零件的全部工艺过程都在一条自动线完成的综合自动生产线, 这进一步提高了生产率、减轻了劳动强度并降低了制造成本。为了适应多品种零件加工, 应充分利用自动线上的各台设备, 以提高经济效益, 还应发展有适应多品种加工的自动线等。

三、成批生产

成批地制造相同的零件, 而且往往每隔一定时间又重复进行生产, 这种生产方式称为成批生产。例如, 中型内燃机及机床的制造, 多数是以成批生产的方式进行。成批生产的工厂, 一般是按零件的结构和工艺特点划分类型, 相同类型的零件在同一车间进行生产, 其工艺过程和所用机床设备也是同一种类型的。当某种零件制出一批以后, 机床、工艺装备等就要重新调整, 以便加工另一种零件。

成批生产中, 广泛采用通用机床及部分采用高生产率的机床和专用机床, 广泛采用专用夹具和通用夹具, 以及广泛采用专用和标准刀具及量具。

如果产品的品种较多, 而产量不大, 这种成批生产称为小批生产, 其生产组织形式及工艺特点接近于单件生产。如果品种不多, 而产量很大, 则称为大批生产, 也就是接近于大量生产。介于两者之间是中批生产。

在成批生产中, 为了尽可能采用更完善的大量生产的组织形式, 目前正向着适应多品种生产的工序高度集中的组合机床、可调整的流水线和成组技术流水线、以至自动生产线发展, 在中、小批生产中, 为了适应加工多品种零件, 除采用很多通用设备外, 目前也逐渐采用万能性和生产率较高的数控机床和自动换刀数控机床(“加工中心”机床)。

由上述可知, 不同生产类型的工厂, 它们的生产组织形式、所用的机床及工艺装备等都有很大的差别。

在一般情况下, 生产类型是根据产品的生产纲领和产品种类划分的。应该指出, 同一个工厂的各个车间或同一个车间的各个生产线也可能同时存在不同的生产类型, 例如制造大型内燃机的工厂是单件生产性质的, 但是有大量的小零件是按成批生产甚至大量生产的方式制造。因此, 要确定一个车间的生产类型, 主要是根据车间中占主要地位的多数生产线的生产类型确定。同样, 一个工厂的生产类型应根据主导的生产车间的生产类型确定。

§ 1-4 工件的安装方式

工件在切削加工以前, 必须先放在机床夹具上(或直接放在机床上), 使它相对于机床和刀具有一个正确的位置, 这个过程称为定位。工件确定了位置以后, 还不能进行加工, 因为加工过程中所产生的各种力(如切削力、离心力等)会使工件偏离已定好的位置。为了使它在加工过程中保持正确的位置, 还必须把它压紧夹牢, 这个过程称为夹紧。工件从定位到夹紧的整个过程称为安装。定位和夹紧有时是同时进行的。

工件安装好以后, 就决定了工件与刀具运动轨迹的相对位置, 从而决定了工件加工表面的形状和加工表面与其它表面之间的相对位置。安装是否正确会影响工件表面的尺寸精度、形状精度和加工表面与其它表面之间的位置精度等。工件装卸是否方便和迅速也是确定夹具复杂程度的一个因素。因此, 工件的安装是一个非常重要的问题。

工件在机床上加工时, 不同生产条件下的安装方法是不同的。按照工件定位的方法来

分,有直接找正安装、划线找正安装及使用专用夹具安装三种方式。

如图1-5所示的偏心环毛坯,在车床上加工与外圆A同心的孔C及D,安装时必须设法使A轴线与车床主轴轴线重合。可以采用三种不同的安装方式。

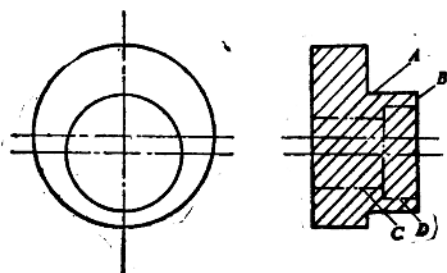


图1-5 偏心环毛坯

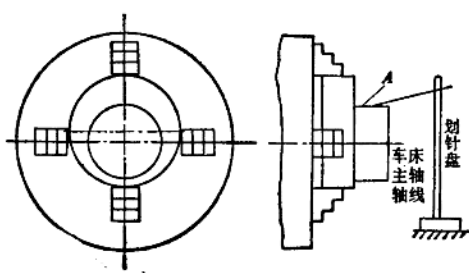


图1-6 直接找正安装

如图1-6所示,车床夹具为通用四爪卡盘,将工件轻夹在某一个位置上,然后用划针盘找正工件外圆面A,证实A确与车床主轴同心后,夹紧工件。这种方法是用工件的表面A作为找正定位的根据,故称直接找正安装。

如图1-7所示,车床夹具为通用四爪卡盘。先在工件端面B划出一个与外圆A同心的圆F。安装工件时,用卡盘将工件轻夹在某一个位置上,然后用划线盘找正圆F,证实F确与车床主轴同心后,夹紧工件。这种方法是用工件上的划线作为找正定位的根据,故称划线找正安装。

如图1-8(示意图)所示,车床夹具为专用夹具。此夹具具有两个相对于车床主轴轴线可以径向等距离同步移动的V形块(定心夹紧机构)。在安装工件时,两个V形块向中心移动,

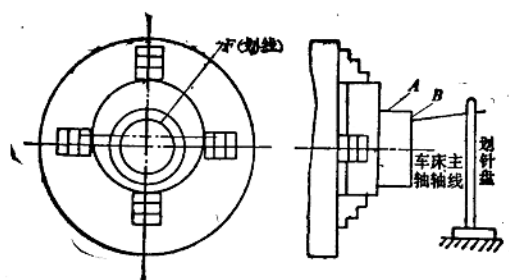


图1-7 划线找正安装

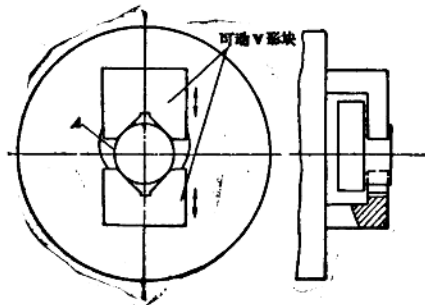


图1-8 使用专用夹具安装

使两个V形槽与工件的外圆A接触并夹紧。由于夹具是专为加工此工件该道工序设计制造的,两个V形块夹紧工件时,能使工件自动对中,可保证A与车床主轴同心。这种方法称为使用专用夹具安装。

这三种安装方式的工艺特点是:

1. 直接找正安装

如上例所述,这是根据工件上某些可供找正的表面,用工具(划线盘、千分表等)或用肉眼来找正工件的位置。它的安装精度取决于工人的经验、供找正表面的精度及所采用的找

正工具。在一般情况下,安装精度为 $0.1\sim 0.5\text{mm}$ (但有丰富经验的工人,当采用比较精确的千分表、并有精度高的供找正表面时,可达 0.01mm 或更小)。因此,它存在下列缺点:

- (1) 要求操作者工作细心和技术较熟练。
- (2) 找正工件位置所需时间长,往往比加工时间还长。
- (3) 工件要有可供找正的表面。

但是,由于这种安装方式无需专用夹具,所以在单件、小批生产或修理、试制车间等采用较多。此外,在对工件的安装精度要求很高(例如 $0.01\sim 0.005\text{mm}$ 或更小)而采用专用夹具不能保证时,用精密量具来直接找正是适宜的。

2. 划线找正安装

如上例所述,安装时根据在工件上划好的线采用划针找正工件的位置。

这种安装方式存在下列缺点:

- (1) 增加划线工序,而且要由技术较熟练的工人来划线,划线工时较多。
- (2) 划线会产生度量误差,线条具有一定的宽度,冲中心眼也会有误差,再加上找正时也要产生线里线外的误差。这些误差积累起来就造成安装精度较低(一般为 $0.2\sim 0.5\text{mm}$)。

- (3) 安装需要较多的时间,可能比加工时间还长,还要由技术较熟练的工人来操作。

因此,在大批、大量生产中不采用。即使在单件、小批生产中,如果可用直接找正安装,最好也不采用划线找正安装。

但是在单件、小批生产中,或生产大型件时,在采用专用夹具较为昂贵而又无可找正的表面的情况下,则应采用划线找正安装。虽有条件使用专用夹具,但毛坯制造误差很大、表面粗糙或是工件结构复杂(如机体、曲轴箱等),以致使用专用夹具安装不能保证工件加工面有足够和均匀的余量,以及不能保证加工面与不加工面之间的位置精度,也应采用划线找正安装保证之。此外,采用这种方式,通过划线还可以及时发现毛坯的缺陷(气孔、砂眼和余量不足等),以采取措施补救,减少加工工时的浪费。

复杂工件的划线,往往不能一次完成,而必须分为两次或多次进行,因为有时要在某些表面加工以后才能划线。

3. 使用专用夹具安装

如上例所述,工件安装在专用夹具上,由于采用了专用的定位元件和夹紧装置,所以能够保证工件和刀具之间的相对位置正确,并能快速地安装工件。

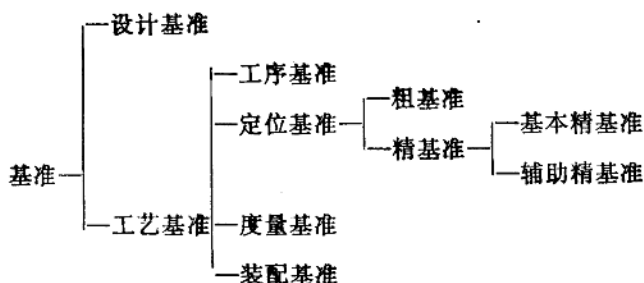
在成批、大量生产中,为了提高生产率、保证加工质量、减轻劳动强度、有利于安全生产以及可能由技术水平较低的工人来加工技术要求较高的工件,从而降低生产费用,所以使用专用夹具。同时,在单件、小批生产中,往往由于某些零件(如连杆、曲轴)的精度要求较高,不使用夹具就不容易保证质量,所以也要使用专用夹具。但是,设计制造专用夹具要增加成本及生产准备时间,所以在单件、小批生产中,使用专用夹具一般说来是不经济的。

§ 1-5 基准的概念及分类

基准是在确定零件上其它面、线或点的位置准确度时所依据的该零件上的面、线或点。在计算和度量某些面、线、点的位置尺寸时,基准就是计算和度量的起点。

在机械加工过程中,按不同要求选择哪些面、线或点作为基准是直接影响工件表面之间相互位置精度的主要因素之一。基准在制定零件工艺过程中具有重要地位。

基准的分类如下:



一、设计基准

设计基准是设计零件图时用以确定其它面、线或点的位置所依据的基准。

设计人员从零件在产品中的工作条件和性能要求出发,在零件图上用位置尺寸或相互位置关系(如平行度、垂直度、同轴度等)确定各表面的相对位置。

如图 1-9 所示的曲轴, A 面是 A' 、 B 、 D 、 F 和 H 面的设计基准; B 、 D 和 F 面分别是 C 、 E 和 G 面的设计基准; 轴线 $O-O$ 是轴线 $O'-O'$ 和 $O''-O''$ 的设计基准。

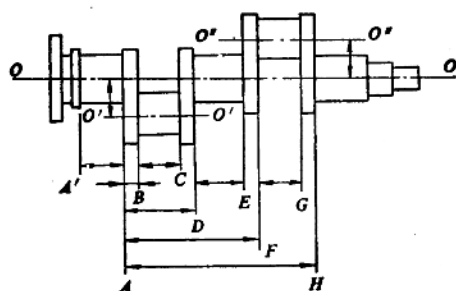


图1-9 曲轴的设计基准

又如图 1-10 a 所示的连杆,就尺寸 L 而言,大、小头孔轴线互为设计基准。在图 1-10 b 所示的阶梯轴中, C 面是 A 、 B 面的设计基准; 轴线是轴的圆柱面 ϕE 、 ϕF 的设计基准。故设计基准可以是实际的,也可以是假想的(如轴线等)。图中注有 ϕF 对 ϕE 的跳动量不大于 0.05mm , 因此 ϕE 是 ϕF 的设计基准。

对于整个零件来说,尽管有很多位置尺寸和相互位置关系的要求,但在每个方向上往往有一个主要设计基准。

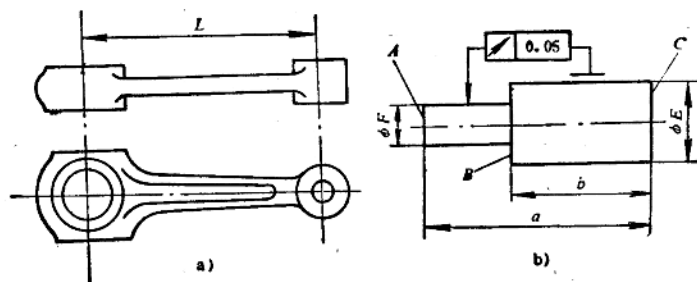


图1-10 连杆和阶梯轴的设计基准

二、工艺基准

在机械制造过程（包括加工、度量和装配）中采用的各种基准，总称工艺基准，也称制造基准。按用途的不同，又可分为工序基准、定位基准、度量基准及装配基准。

（一）工序基准

工序基准也称原始基准，是在工序卡片（或其它工艺文件）上用以确定被加工表面位置的基准。确定被加工表面位置的尺寸，称为工序尺寸。工序尺寸的起点就是工序基准。

图 1-11 所示为钻孔工序简图。这是被加工孔的工序基准的两种方案。工序基准不同，工序尺寸（ $20 \pm 0.1 \text{ mm}$ 和 $15 \pm 0.1 \text{ mm}$ ）也不相同。

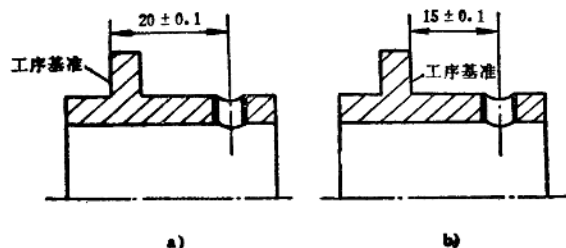


图 1-11 钻孔的不同工序基准

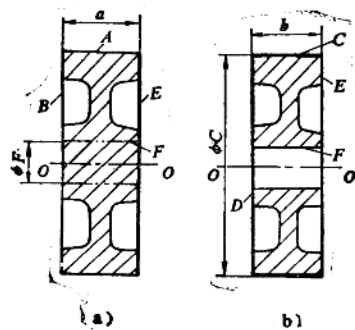


图 1-12 齿轮的加工

如图 1-12 a 所示，在加工齿轮毛坯的端面 E 及内孔 F 的工序中，B 面及轴线 O-O 是 E 及 F 的工序基准，尺寸 a 及 ϕF 是工序尺寸。在图 1-12 b 中，对于加工齿轮端面 D 及外圆 C 的工序来说，E 面及轴线 O-O 是 D 及 C 的工序基准，尺寸 b 及 ϕC 是工序尺寸。工序基准和工序尺寸可用于工艺过程的任一工序中。

（二）定位基准

定位基准是工件在夹具上（或直接在机床上）定位时，用以使工件在工序尺寸方向上相对于刀具得到确定位置的基准。

例如轴类零件的顶尖孔锥面就用来作为轴的车、磨工序的定位基准。

从图 1-12 a 可以看出，在加工齿轮端面 E 及内孔 F 的第一工序中，由于是以毛坯外圆面 A 及端面 B 确定工件在夹具上的位置，所以 A、B 面就是此工序的定位基准。图 1-12 b 是加工齿轮端面 D 及外圆 C 的工序，用 E 及 F 确定工件的位置，E 及 F 是此工序的定位基准。由于工序尺寸方向的不同，作为定位基准的表面也就不同。

图 1-13 为加工活塞的两个工序的情况。图 1-13 a 是加工底端面 E 及内止口 F 的工序，毛坯内圆 A 及内端面 B 是定位基准（在少部分生产中应用）。图 1-13 b 是加工上端面 C、外圆 D 及环槽 G 的工序，E 及 F 就是定位基准。

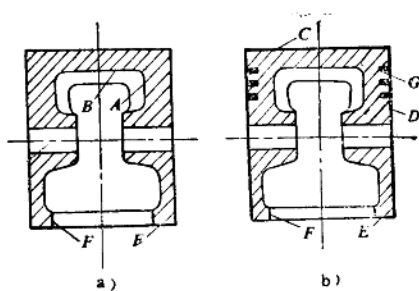


图 1-13 活塞的加工

由此可见，作为定位基准的表面有时是经过

加工的面,有时却是没有经过加工的面。没有经过加工的面称为粗基准(毛基准),如图1-12 a中的A、B面及图1-13 a中的A、B面;经过加工的面则称为精基准(光基准),如图1-12 b中的E、F面及图1-13 b中的E、F面。

精基准又可分为基本精基准和辅助精基准。用作精基准的表面,若在装配时也是作为装配基准的,称为基本精基准;图1-12 b的内孔F和端面E即属这类基准。辅助精基准则是指用作精基准的表面在装配和使用时无用处者;图1-13 b的内止口F和底端面E即属这类基准。

辅助精基准是考虑到零件加工工艺的需要而添加的加工面(工艺面),这些加工面的尺寸精度和位置精度应根据工艺要求而定。如曲轴的曲柄臂上铣出的小平台,就是在加工曲柄销等工序中进行圆周方向角度定位的辅助精基准;又如连杆大头螺栓孔外侧面铣(拉)削出的平面,也是加工连杆时定位所用的辅助精基准。如果这些添加的加工面不会影响零件的使用,一般可以保留在零件上,它有助于零件的修理,否则应予去除。

(三) 度量基准

度量基准是用以度量加工表面位置的基准。在工件进行加工或加工完毕进行检验时,常用度量基准。图1-14所示为用来检验加工平面位置的两种度量基准。

又如图1-15所示,图a为零件简图,图b为加工一个孔的工序简图,图c和图d表示检验已加工孔位置的两种方法,其工序基准与度量基准是不同的。

(四) 装配基准

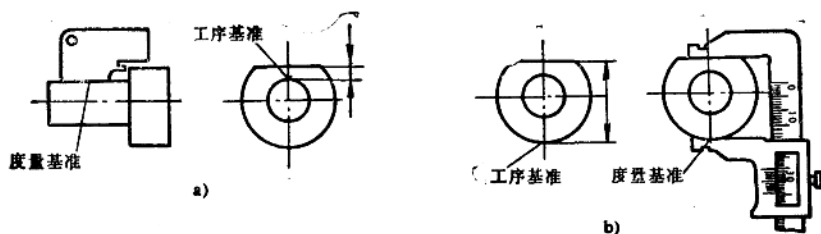


图1-14 度量基准

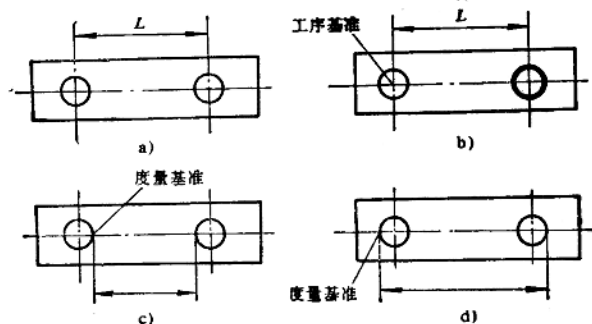


图1-15 工序基准和度量基准

装配基准是当零件装配成部件和机器时，用以确定零、部件在机器中位置的基准。例如，将曲轴装进机体，主轴颈上与主轴承孔接触的部位是曲轴的径向装配基准，它确定了曲柄销相对于机体的位置。曲轴上与机体的止推主轴颈两轴肩面（图 1-9 中的 A、A' 面）即为曲轴的轴向装配基准，它确定了曲轴轴向各表面与机体各有关表面之间的相互位置。

应该指出，作为工艺基准的面、线或点，在工件上并不一定具体存在（如轴线、基准中心平面等），而常由具体的表面体现，该表面称为基面。例如，齿轮孔的内表面可为齿轮的定位基面、度量基面和装配基面，它所体现的基准是孔的轴线。

同一个表面由于其作用的不同，基准的名称也不同，例如上述的齿轮孔。不同基准重合在一起的情况称为基准重合。上述各种基准，在可能的情况下应尽量重合。基准重合会带来某些好处。例如，设计零件图时，应尽量以装配基准作为设计基准，这样可直接保证装配精度。在制定工艺规程时，应尽量以设计基准作为工序基准，或以工序基准作为定位基准，否则，由于基准不重合产生基准不重合误差而提高了对工件加工精度的要求。同样，应尽量以工序基准作为度量基准，这样能直接反映加工精度。此外，在工件加工同一表面及各表面的各个工序中，应尽量采用相同的基准（基准统一），这样容易保证精度要求，并可提高生产率等，详细情况将在各有关章节中阐明。

第二章 机械加工质量

§ 2-1 概 述

一、机械加工质量的基本概念

机器零件机械加工后的质量是影响机器使用性能和寿命的一个很重要的因素。零件的机械加工质量包括加工精度和表面质量两个方面。

(一) 加工精度

机器是由零件组成的,机器的精度一般取决于零件的加工精度。随着对机器性能要求的不断提高,保证机器零件具有更高的加工精度就更显得重要。零件的加工精度是指零件在机械加工以后的尺寸、几何形状和各表面间的相互位置等实际数值与理想数值相接近的程度。

零件在加工过程中,由于存在刀具磨损、机床及夹具的制造误差、机床—夹具—刀具—工件系统(工艺系统)变形等一系列因素,不可能也没有必要使加工后的实际数值与理想数值完全相符,必然出现一定的误差,这种误差称为加工误差。只要这些误差的大小不影响机器的使用性能,就可以允许在一定的范围内变动,即允许有一定的误差存在。误差越小,精度越高。因此,研究精度的目的,就是研究如何把各种误差控制在允许的范围内,弄清楚各种因素的影响规律,找出减少加工误差、提高精度的途径。

零件的加工精度包括:

1. 尺寸精度

它指的是零件的直径、长度、表面间距离等尺寸的实际数值和理想数值的接近程度。新国家标准中规定,公差等级是公差的分级。公差等级可以表示零件加工精度的高低。标准公差的等级分 20 级,即 IT01、IT0、IT1 至 IT18,其中 IT01 精度最高,依次降低。它与旧国家标准不同,后者只分为 10 个精度等级。

2. 形状精度

它是指零件表面或线的实际形状与理想形状的接近程度。新国家标准中规定,评定形状精度的项目为:直线度、平面度、圆度、圆柱度、线轮廓度和面轮廓度。各项目形状公差,除圆度、圆柱度分 13 个精度等级外,其余均分为 12 个精度等级。1 级最高,12 级最低。

3. 位置精度

它是指零件表面或线的实际位置与理想位置的接近程度。新国家标准中规定,评定位置精度的项目为:平行度、垂直度、倾斜度、同轴度、对称度、位置度、圆跳动和全跳动。各项目的公差亦分为 12 个精度等级。

在规定零件精度时,应在满足零件使用要求的前提下,选取最经济的公差值。

(二) 表面质量

在机器的运转过程中,零件的损坏现象大多数是从最外层金属开始的,如磨损、剥落、腐蚀、断裂等。这些损坏现象与外界工作条件(速度、温度、压力等)有关,也取决于零件工作表面的质量等,因而它是一个关系机器使用质量和使用寿命的重要因素。随着内燃机向