

中等专业学校试用教材

# 机械制造工艺学

咸阳机器制造学校 主编

机械工业出版社

**机械制造工艺学**

咸阳机器制造学校 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 16 · 字数 388 千字

1979年7月北京第一版·1979年7月北京第一次印刷

印数 000,001—135,000 · 定价 1.20 元

\*

统一书号: 15033·4816

## 编 者 的 话

本书是根据1978年第一机械工业部中等专业学校机制专业教材会议所制定的《机械制造工艺学》教学大纲编写的，可作为中等专业学校教材。全书由机械加工工艺过程编制、典型零件加工和工艺过程综合分析三部分组成。

机械加工工艺规程编制部分，着重阐述有关定位基准选择、工艺尺寸链解算和拟定机械加工工艺路线等方面的基本理论知识。

典型零件加工部分，包括典型零件加工工艺过程的分析和典型表面加工方法两部分。

工艺过程综合分析部分，着重对零件的加工质量和劳动生产率进行综合分析。

本书在基本理论方面，加强了工艺尺寸链解算和加工质量分析等章节，增加了统计分析法研究加工精度的内容。在反映先进工艺技术方面，除了增加特种加工一章外，重点是典型零件加工部分的内容，着眼于成批与大量生产中的先进工艺技术。

本书由咸阳机器制造学校赵志修主编，参加教材编写工作的有咸阳机校惠元吉，上海机校冯冠大，山东机校赵元吉和湘潭电校朱正心等同志。本书初稿写成后，曾召开审稿会议，对初稿进行了认真的讨论。参加审稿和讨论的有：天津一机局七·二一工大徐天然、南京机校郑兆忠、沈阳冶金机校朱杭发、北京机校王庚新、吉林省工业学校王志忠和咸阳机校王承武、马幼祥等同志。本书在定稿的过程中又承徐天然和王承武两同志对全书进行了认真的审阅，谨此表示衷心地感谢。

由于我们水平不高，加之时间仓促，书中难免有不少缺点和错误，希望读者批评指正。

# 目 录

第一章 机械加工工艺规程的制定	1
§ 1-1 概述	1
§ 1-2 零件图的工艺分析	5
§ 1-3 毛坯选择	6
§ 1-4 定位基准选择	8
§ 1-5 工艺尺寸链	16
§ 1-6 工艺路线的拟定	23
§ 1-7 确定工序的具体内容	26
§ 1-8 工艺文件的格式及应用	33
第二章 轴加工	35
§ 2-1 概述	35
§ 2-2 轴类零件加工工艺分析	38
§ 2-3 轴类零件外圆表面的车削加工	44
§ 2-4 轴类零件外圆的磨削加工	47
§ 2-5 外圆表面光整加工	53
§ 2-6 花键加工	60
§ 2-7 轴类零件的检验	61
第三章 套筒加工	63
§ 3-1 概述	63
§ 3-2 套筒零件工艺过程分析	65
§ 3-3 套筒的内孔加工	67
§ 3-4 套筒内孔的光整加工	72
第四章 机体加工	77
§ 4-1 概述	77
§ 4-2 床身加工工艺过程分析	80
§ 4-3 机体平面加工	82
§ 4-4 导轨的加工和检验	85
第五章 箱体加工	95
§ 5-1 概述	95
§ 5-2 箱体加工工艺过程分析	100
§ 5-3 箱体的孔系加工	106
§ 5-4 箱体孔系加工精度分析	112
§ 5-5 箱体的检验	118
第六章 圆柱齿轮加工	121
§ 6-1 概述	121
§ 6-2 圆柱齿轮传动公差	122
§ 6-3 圆柱齿轮齿形加工概述	137

§ 6-4 滚齿 .....	138
§ 6-5 插齿 .....	148
§ 6-6 剃齿 .....	149
§ 6-7 珩齿、磨齿与挤齿 .....	152
§ 6-8 齿端加工 .....	155
§ 6-9 圆柱齿轮加工工艺过程分析 .....	155
§ 6-10 齿轮动态全误差测量新技术简介 .....	159
<b>第七章 机械加工质量分析 .....</b>	<b>165</b>
§ 7-1 加工精度的基本概念 .....	165
§ 7-2 工艺系统的几何误差 .....	165
§ 7-3 工艺系统的热变形 .....	171
§ 7-4 工艺系统的受力变形 .....	176
§ 7-5 工件内应力引起的变形 .....	184
§ 7-6 其他误差 .....	186
§ 7-7 保证和提高加工精度的途径 .....	187
§ 7-8 加工精度的统计分析法 .....	191
§ 7-9 机械加工的表面质量 .....	204
<b>第八章 保证产品装配精度的方法 .....</b>	<b>210</b>
§ 8-1 装配精度的概念 .....	210
§ 8-2 零件精度与装配精度的关系 .....	210
§ 8-3 保证装配精度的几种方法 .....	212
<b>第九章 提高机械加工生产率的工艺措施 .....</b>	<b>221</b>
§ 9-1 单件时间定额 .....	221
§ 9-2 提高生产率的工艺措施 .....	222
<b>第十章 特种加工 .....</b>	<b>228</b>
§ 10-1 概述 .....	228
§ 10-2 电蚀加工 .....	228
§ 10-3 电解加工 .....	233
§ 10-4 激光加工 .....	236
§ 10-5 超声波加工方法简介 .....	239
§ 10-6 电子束加工简介 .....	240
<b>附录 附表 1 ~ 附表 12 .....</b>	<b>241</b>

# 第一章 机械加工工艺规程的制定

## § 1-1 概 述

### 一、生产过程和工艺过程

生产过程是指原材料到成品之间各个相互关联的劳动过程的总和。对于机器生产而言，它包括：原材料的运输和保存、生产的准备工作、毛坯的制造、零件的机械加工与热处理、产品的装配、调试以及油漆和包装等。

机器的生产过程一般都比较复杂，为了便于组织生产和提高劳动生产率，现代机械制造的发展趋势，是组织专业化生产。即一种产品的生产（尤其是比较复杂产品的生产）是分散在许多工厂进行毛坯和零部件的加工，最后集中在一个工厂里制造成完整的机器产品。例如，汽车厂生产的汽车，其中轮胎、仪表、电器、发动机以至其它许多零部件都是在另外的工厂进行生产的。一个工厂按一定的顺序将原材料制成该厂的产品，这些过程的总和，即为该厂的生产过程。产品按专业化组织生产后，工厂的生产过程就比较简单，有利于提高生产率和降低成本。

机器的生产过程中，有一部分是与原材料变为成品直接有关的过程。例如：毛坯制造，机械加工，热处理与装配等，我们称之为工艺过程。机械加工工艺过程乃是指用机械加工方法直接改变毛坯的形状和尺寸，使之成为成品的那一部分生产过程。将比较合理的机械加工工艺过程确定下来，写作为施工依据的文件，即为机械加工工艺规程。

### 二、机械加工工艺过程的组成

机械加工工艺过程是由一个或若干个顺序排列的工序所组成，毛坯依次通过这些工序变为成品。

#### （一）工序

一个（或一组）工人在一个固定的工作地点（如机床和钳台等）对一个或几个工件所连续完成的工艺过程的一部分，称为工序。

划分工序的主要依据是零件加工过程中工作地是否变动。例如图 1-1 所示的阶梯轴，其工艺过程的划分见表 1-1。

工序是工艺过程的基本单元，也是生产计划的基本单元。

#### （二）安装与工位

工件加工前，使其在机床或夹具中占据一正确而固定位置的过程称为安装。在一个工序中，工件可能安装一次，也可能安装几次。例如表 1-1 中的工序 2，为车削全部外圆至少需两次安装。工件加工中应尽可能减少安装次数。因为安装次数愈多，安装误差愈多，而且安装工件的辅助时间也愈多。

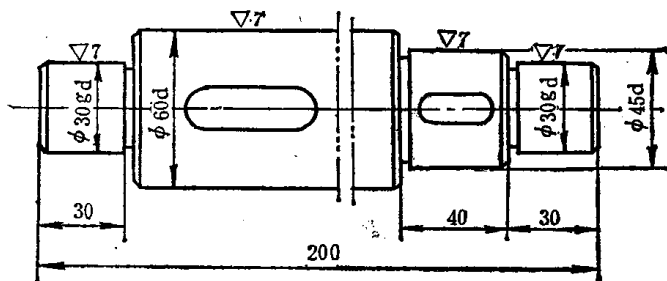


图1-1 阶梯轴

为减少安装次数，常采用各种回转夹具，使工件在一次安装中先后处于几个不同的位置进行加工。此时，工件在机床上占据的每一个加工位置称为工位。图 1-2 所示为一利用回转夹具在一次安装中顺次完成装卸工件、钻孔、扩孔和铰孔四工位加工的实例。采取多工位加工，可减少工件安装次数，缩短辅助时间，提高劳动生产率。

表1-1 阶梯轴加工工序

工序编号	工 序 名 称	工作地点
1	车端面、打中心孔	车 床
2	车外圆、切槽与倒角	车 床
3	铣键槽	铣 床
4	去毛刺	钳 工 台
5	磨外圆	外圆磨床

### (三) 工步

在一个工序内，往往需要采用不同的刀具和切削用量对不同的表面进行加工。为了便于分析和描述较复杂的工序，在工序内又细分出工步。当加工表面、切削刀具和切削用量中的转速和进给量都保持不变时所完成的那一部分工序，即称为工步。例如图 1-2 所示工件的孔需要进行钻孔、扩孔和铰孔，则加工孔的工序即可划分为三个工步。

构成工步的任一因素（加工表面、刀具或切削用量）改变后，一般即成为另一新的工步。但是对于那些连续进行的若干个相同的工步，为简化工艺，习惯上多看作一个工步。例如对于图 1-3 所示零件四个  $\phi 15$  孔的钻削，可写为一个工步——钻 4 个  $\phi 15$  孔。

为了提高生产率，采用复合刀具或多刀加工的工步称为复合工步。在工艺文件上，复合工步应视作一个工步。

### 三、生产类型及其工艺特征

在机器制造业中，根据企业产品品种和生产数量的多少，一般可分为三种生产类型：单件生产、成批生产和大量生产。

#### (一) 单件生产

生产的产品种类较多，而同一产品的产量很少，工作地点的加工对象经常改变，这种生产称为单件生产。如新产品试制和重型机械制造等即属此种生产类型。

#### (二) 大量生产

同一产品的生产数量很大，大多数工作地点经常按一定节拍进行一种零件的某一工序的加工，这种生产称为大量生产。如汽车拖拉机制造和一些专业化生产等即属此种生产类型。

#### (三) 成批生产

产品的种类较少，而同一产品的产量又较大并成批地进行制造，工作地点的加工对象周期性的进行轮换，这种生产称为成批生产。如机床制造和机车制造等即属此种生产类型。

成批生产中，每批制造的相同零件的数量，称为批量。根据批量的大小又可分为大批生产、中批生产和小批生产。小批生产的工艺特征接近单件生产，大批生产的工艺特征接近大

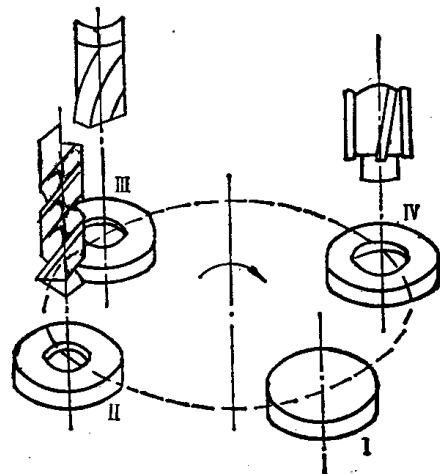


图1-2 一次安装四工位示意图

I、II、III、IV—工位

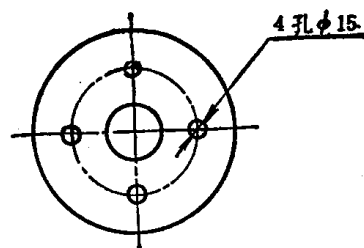


图1-3 包括四个相同加工表面的工步

量生产。

在制定工艺规程时，一般按产品同种零件的生产纲领（即年产量）来确定生产类型。零件的生产纲领可按下式计算：

$$N_{\#} = N \cdot n(1 + \alpha\%)$$

式中  $N_{\#}$ ——零件的生产纲领；

$N$ ——产品的生产纲领；

$n$ ——每台产品中该零件的数量；

$\alpha\%$ ——该零件的备品率。

各种生产类型的工艺特征见表 1-2。

表1-2 各种生产类型的工艺特征

特点类别	单件生产	成批生产	大量生产
1. 毛坯的制造方法	铸件用木模手工造型；锻件自由锻造法	铸件部分由金属模造型，锻件部分用模锻	铸件广泛用金属模及机器造型；锻件用模锻；广泛采用压铸等高生产率的毛坯制造方法
2. 零件的互换性	一般将相配合的零件成对地进行配对制造，没有互换性。广泛采用钳工修配	大部分零件有互换性，少数零件用钳工修刮和修配法	全部零件有互换性，某些精度较高的配合件用分组选择装配方法
3. 机床设备及其布置形式	采用普通万能机床，按机床类别和规格大小用“机群式”排列布置	采用部分万能机床和部分高生产率的专用机床；机床设备按加工零件的类别分“工段”排列布置	广泛采用高生产率的专用机床及自动机床，按流水线形式排列
4. 夹具	很少采用夹具，由划线及试切法达到尺寸要求	广泛采用夹具，部分靠划线进行加工	广泛采用高生产率的夹具及调整法达到尺寸要求
5. 刀具和量具	采用通用刀具和万能量具	较多采用专用刀具及专用量具	广泛采用高生产率的刀具和量具
6. 对操作工人的要求	需要技术熟练的操作工人	各工种需要一定熟练程度的操作工人	对专用机床调整工技术要求较高，对一般操作工人要求较低
7. 对工艺文件的要求	通常只有简单的工艺卡	除有较详细的工艺过程卡外，对零件的关键工序有详细说明的工序操作卡	有详细的工艺文件

#### 四、制定工艺规程的原则、方法和步骤

##### (一) 工艺规程的作用

工艺规程是反映比较合理的工艺过程的技术文件。它一般应包括下述内容：工件加工工艺路线及所经过的车间和工段；各工序的内容及所采用的机床和工艺装备；工件的检验项目及方法；切削用量；工时定额及工人技术等级等。

工艺规程具有以下几个方面的作用：

##### 1. 工艺规程是指导生产的主要技术文件

合理的工艺规程是在总结广大工人和技术人员的实践经验的基础上，依据科学理论和必要的工艺试验而制定的。它体现了一个部门的群众智慧。按照它进行生产，可以保证产品质量和较高的生产效率与经济性。因此，生产中一般应严格执行既定的工艺规程。实践表明不按照科学的工艺进行生产，往往会引起产品质量的严重下降，生产效率的显著降低，甚至使



生产陷入混乱状态。

但工艺规程并不是一成不变的。它应不断地反映工人的革新创造，及时地吸取国内外先进工艺技术，不断予以改进和完善，以便更好地指导生产。

### 2. 工艺规程是生产组织和管理工作的基本依据

由工艺规程所涉及的内容可知，在生产组织中，产品投产前原材料及毛坯的供应，机床负荷的调整，专用工艺装备的设计和制造，作业计划的编排，劳动力的组织以及生产成本的核算等，都是以工艺规程作为基本的依据的。

### 3. 工艺规程是设计新建或扩建工厂的基础

在新建或扩建工厂或车间时，只有根据工艺规程和生产纲领才能正确地确定：生产所需的机床种类和数量、车间的面积、机床的布置、生产工人的工种，等级和数量以及辅助部门的安排等。

因此，工艺规程是机械制造厂最主要的技术文件之一。

## (二) 制定工艺规程的原则和方法

制定工艺规程的原则，是在一定的生产条件下，以最快的速度、最少的劳动量和最低费用，可靠地加工出符合图样要求的零件。为此，必须正确地处理质量与数量、多与快、好与省、人与设备之间的辩证关系，在保证加工质量的前提下，选择最经济合理的加工方案。在制定工艺规程时，还应注意以下三个问题。

### 1. 技术上的先进性

在制定工艺规程时，要了解国内外本行业工艺技术的发展，通过必要的工艺试验，积极采用先进的工艺和工艺装备。

### 2. 经济上的合理性

在一定的生产条件下，可能会出现多个能够保证工件技术要求的工艺方案。此时应全面考虑，通过核算或评比选择经济上最合理的方案以便保证产品成本最低。

### 3. 有良好的劳动条件

我国社会主义制度的性质，决定了所编制的工艺规程必须保证工人具有良好而安全的劳动条件。因此，在工艺方案上应注意采用机械化和自动化等措施，将工人从某些笨重繁杂的体力劳动中解放出来。

制定工艺规程时，工艺人员首先必须认真研究原始资料，如产品图样、生产纲领、毛坯资料以及现场的设备和工艺装备的状况等，然后参照国内外同行业工艺技术发展情况，结合本部门已有的生产实践经验，进行工艺文件的编制。为了使所拟工艺符合生产实际，工艺人员要深入现场，开展调查研究，虚心听取工人师傅的意见，善于集中群众的智慧。对于先进工艺技术的采用，应先经过必要的工艺试验。

## (三) 制定工艺规程的步骤

编制工艺规程可按下述步骤进行：

1. 零件图的研究与工艺分析；
2. 确定生产类型；
3. 确定毛坯的种类和尺寸；
4. 选择定位基准和主要表面加工方法，拟定零件加工工艺路线；
5. 确定工序尺寸及其公差；

6. 选择机床、工艺装备、切削用量及时间定额；
7. 填写工艺文件。

## § 1-2 零件图的工艺分析

零件图是制定工艺的最基本的原始资料，在着手拟定工艺规程时，必须首先认真加以分析研究，以便深入了解零件的功用、结构特点，各表面的精度和光洁度要求，各主要面间的尺寸联系以及零件的材料和热处理要求等。分析工作通常可着重以下两个方面。

### 一、零件的结构分析

机械零件的结构，根据不同的使用要求设计成各种各样的形状和尺寸。但是，从形体上加以分析，各零件都是由一些基本的表面和特形表面组成的。基本表面有内外圆柱表面，圆锥表面及平面等；特形表面有螺旋面，渐开线齿形表面及其它一些成形表面等。

在研究具体零件的结构特点时，首先要分析该零件是由哪些表面组成。因为表面形状是选择加工方法的基本因素。例如：外圆表面一般是由车制和磨削形成；内孔是通过钻、扩、铰、镗和磨削等加工方法获得。除了表面形状外，表面尺寸对工艺也有着重要的影响。以内孔为例，大孔与小孔，深孔与浅孔在工艺上均有不同的特点，应采取不同的工艺措施。

在分析零件的结构时，不仅要注意零件的各个构成表面，而且还要注意这些表面的不同组合。正是这些不同的组合，才形成零件结构上的特点。例如，以内外圆为主的表面，既可组成盘、环类零件，也可构成套筒类零件。而对于套筒，既可是一般的轴套，亦可以是形体复杂的薄壁套筒。显然，上述不同结构的零件在工艺上往往有着较大的差异。在机械制造业中，通常按照零件加工工艺过程的相似性，对于结构形状异常复杂的各种零件，大体可分为轴类零件、套类零件、盘环零件、叉架类零件以及箱体等类零件。

在研究零件结构时，还需对零件的结构工艺性进行分析。结构工艺性问题比较复杂，它涉及毛坯制造，机械加工及装配各个方面。图 1-4 仅给出有关机械加工工艺性对比的几个实

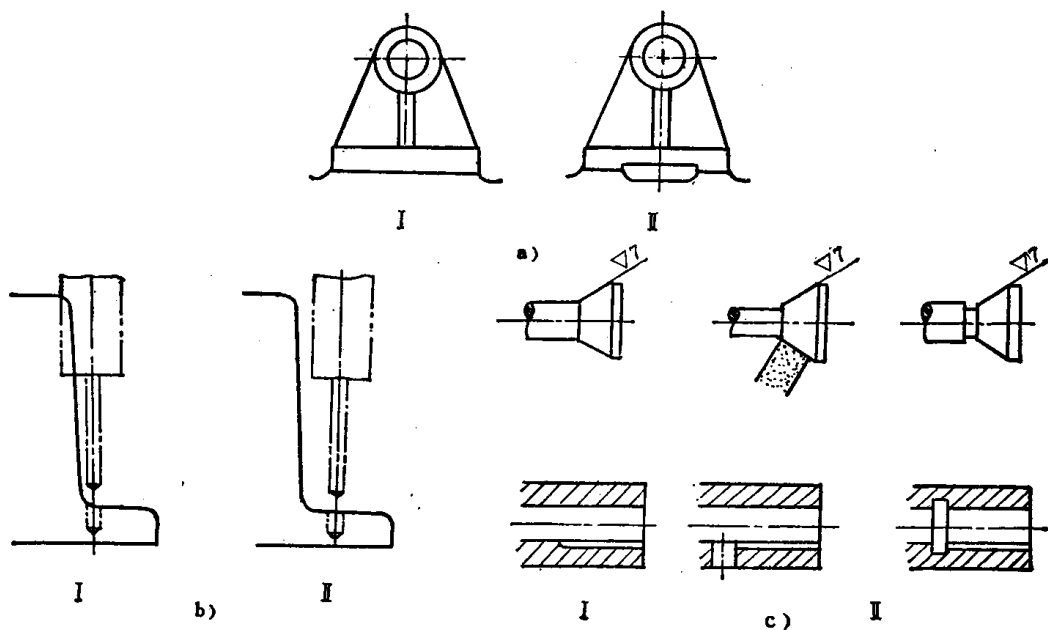


图1-4 零件结构工艺性改进实例

a) 减少加工表面面积 b) 使刀具易于接近加工面 c) 各种退刀结构 I—改进前 II—改进后

例。实际工作中必须根据具体的加工条件，通过实践不断地对产品结构的工艺性进行改进。

## 二、零件技术要求的分析

零件的技术要求包括下列几个方面：

1. 加工表面的尺寸精度、形状精度及表面质量；
2. 各加工表面之间的相互位置精度；
3. 热处理要求及其他要求，如动平衡，配重切削等。

根据零件结构特点，在认真分析了零件主要表面的技术要求之后，对零件加工工艺即可有一初步的轮廓。

首先，根据零件主要表面的精度及表面质量的要求，可初步确定为达到这些要求所需的最后加工方法以及相应的中间工序和粗加工工序所需要的加工方法。例如，对于尺寸不大的2级精度 $\nabla 8$ 的内孔，最后加工取精铰时，则精铰孔前通常需经过钻孔，扩孔和粗铰孔等加工。

加工表面之间相对位置要求，包括表面之间的距离尺寸联系和相对位置关系。认真分析零件图上尺寸的标注及主要表面的位置精度，即可初步确定各加工表面的加工顺序（详见§1-4与§1-6）。

零件的热处理要求，影响着加工方法和加工余量的选择，而且对零件加工工艺路线的安排亦有着一定的影响。例如，要求渗碳淬火的零件，热处理后会产生一定的变形，为此，工艺上要安排精加工（多为磨削方法）工序，因而须留有适当的工序余量。

## § 1-3 毛坯选择

在制定工艺规程时，正确选择毛坯有着重大的技术经济意义。选择不同的毛坯，不仅影响着毛坯制造的工艺、设备及制造费用，而且对零件机械加工工艺的工序数量、设备工具的消耗以及工时定额也都有着很大的影响。因此，为正确选择毛坯，常需要毛坯制造和机械加工两方面工艺人员的紧密配合，以兼顾冷热加工两方面的要求。

### 一、毛坯种类的选择

机械加工中常见的毛坯有铸件，锻件和各种型材。在选择毛坯的种类时，应全面考虑下述诸因素的影响。

#### （一）零件的材料及对材料组织和性能的要求

零件的材料选定后，毛坯的种类一般可大体确定。例如，材料为铸铁与青铜的零件，一般应选择铸件毛坯。至于钢质零件，还要考虑机械性能的要求。对于一些重要的零件，为保证良好的机械性能，不论结构形状简单或复杂，一般均须选择锻件毛坯，而不能选择棒料。

#### （二）零件的结构形状及外形尺寸

零件的结构形状是影响毛坯选择的重要因素。例如，常见的各种阶梯轴，如各台阶直径相差不大，可以直接选取圆棒料；如直径相差较大，为减少材料消耗和机械加工劳动量，则宜选择锻件毛坯。至于一些非旋转体的板条形钢质零件，一般则多为锻件。此外，零件外形尺寸对毛坯选择亦有较大的影响。对尺寸较大的零件，目前只能选取毛坯精度和生产率都都比较低的自由锻造和砂型铸造；而中小型零件，则可选择模锻、精锻，熔模铸造及压力铸造等先进的毛坯制造方法。

#### （三）生产纲领的大小

当零件年产量较大时,应采用精度与生产率都比较高的毛坯制造方法,这样用于毛坯制造的比较高的设备及装备费用,可以由材料消耗的减少和机械加工费用的降低来补偿。随着专业化生产的发展,专业的铸锻件生产厂逐步建立,即为扩大批量和采用先进的毛坯制造工艺创造了更有利的条件。

#### (四) 现有生产条件

选择毛坯种类时,要考虑现场毛坯制造的实际工艺水平及设备情况,否则是不现实的。但是也不能墨守成规,而应通过不断的技术改造逐步采用先进的毛坯制造工艺。

## 二、毛坯形状与尺寸的确定

现代机械制造业发展趋势之一,是通过毛坯精化使毛坯的形状与尺寸尽量与成品接近,力求实现少、无切屑,以减少机械加工的劳动量。但是,由于现有毛坯制造技术的限制,同时产品零件的精度也愈来愈高,所以毛坯上某些表面仍需留有一定的加工余量,以便通过机械加工达到要求的加工质量。毛坯制造尺寸与零件尺寸的差量称为毛坯余量,毛坯制造尺寸的公差称为毛坯公差。毛坯的余量及公差同毛坯的制造工艺技术有关,生产中可参照有关部门或企业的标准确定。

毛坯的余量确定后,毛坯形状与尺寸的确定除了将毛坯余量附加在零件相应的加工表面上以外,还要考虑到毛坯制造、机械加工以及热处理等许多工艺因素。下面仅从机械加工工艺角度来分析一下,在确定毛坯的形状与尺寸时应注意的问题。

(一) 为了加工时工件安装方便,有些铸件毛坯需要铸出必要的工艺搭子,如图 1-5 所示。工艺搭子在零件加工后一般均应切除。

(二) 在机械加工中,有时会遇到一些象磨床主轴的三块瓦轴承、平衡砂轮的平衡块以及车床走刀系统的开合螺母外壳(图 1-6)等零件。为了保证这些零件的加工质量,同时也为了加工方便,常将这些分离的若干零件做成一个整体毛坯,加工到一定阶段后再切割分离。

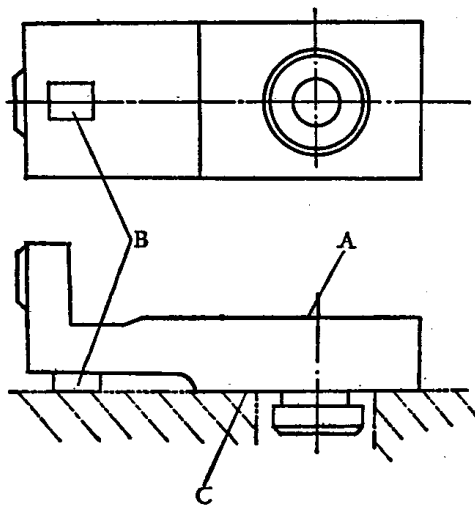


图1-5 具有工艺搭子的下刀架毛坯  
A—加工面 B—工艺搭子 C—定位面

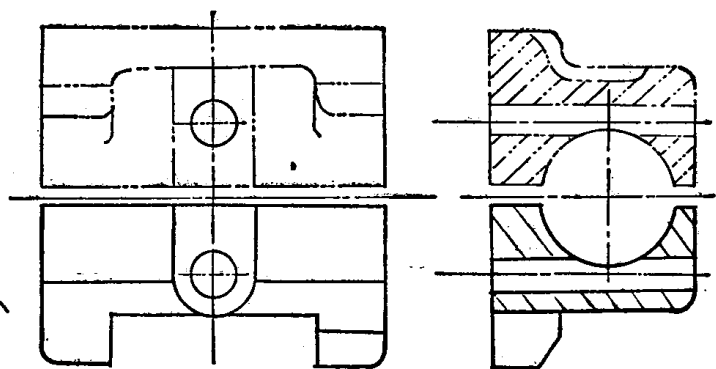


图1-6 车床开合螺母外壳示意图

(三) 为了提高零件机械加工的生产率,对于一些类似图 1-7 所示的需经锻造的小零件,可以将若干零件合锻为一件毛坯,经平面加工后再切割分离成单个零件。显然,在确定毛坯的长度( $L$ )时,应考虑切割零件所用锯片铣刀的厚度( $B$ )和切割的零件数( $n$ )。

生产中，对于许多短小的轴套、垫环和螺母等零件，在选择棒料、钢管及六角钢等毛坯时都可采用上述方法，采用较长的毛坯以提高机械加工的生产率。

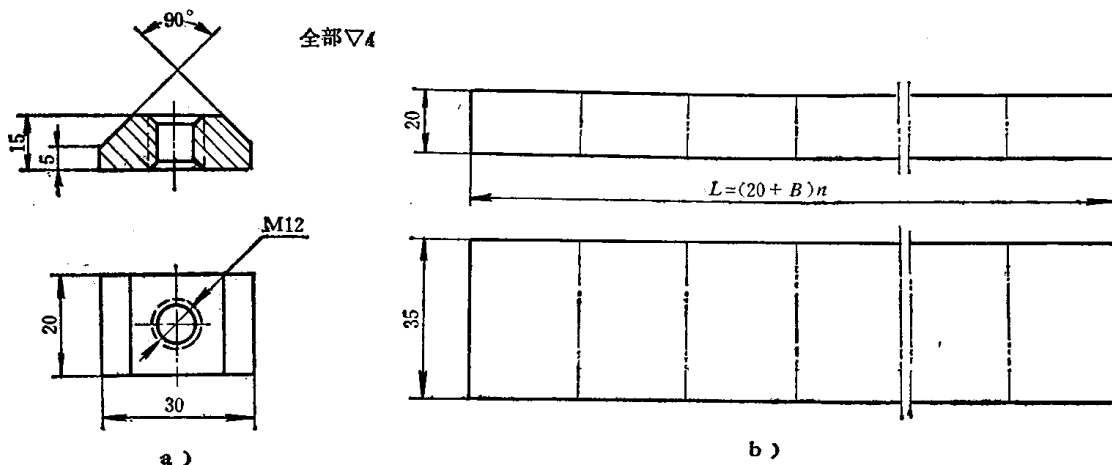


图1-7 滑键零件及毛坯图

a) 滑键 b) 毛坯

(四) 为了减少工件装夹变形，确保加工质量，对于一些薄壁环类零件，应考虑多件合铸成一个毛坯。图 1-8 为一薄环零件，毛坯为一长的管料。零件安装后，经过车外圆、切槽及套车分离成单件。整个加工过程中，零件变形很小，保证了加工质量。

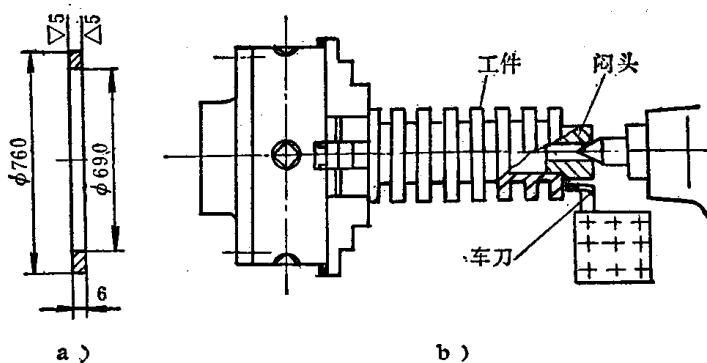


图1-8 薄环合铸毛坯

a) 薄片工件 b) 装夹方法

## § 1-4 定位基准选择

### 一、基准及其分类

机器零件是由若干个表面组成的。这些表面之间的相对位置包括两方面的要求：表面间的位置尺寸精度和相对位置精度（如不同轴度、不平行度、不垂直度和径向跳动等）如图 1-9 所示。

研究零件表面间的相对位置关系，是离不开基准的。不明确基准就无法确定表面的位置。基准就其一般意义来说，就是零件上用来确定其它点、线、面的位置所依据的点、线和面。根据基准的不同功用，基准分为设计基准和工艺基准两大类。

#### 1. 设计基准

在零件图上用以确定其它点、线、面位置的基准，称为设计基准。如图 1-9 a) 所示轴

套零件，各外圆和内孔的设计基准是零件的轴心线；端面 A 是端面 B、C 的设计基准；内孔表面 D 的轴心线是  $\phi 40 d$  外圆径向跳动的的设计基准。

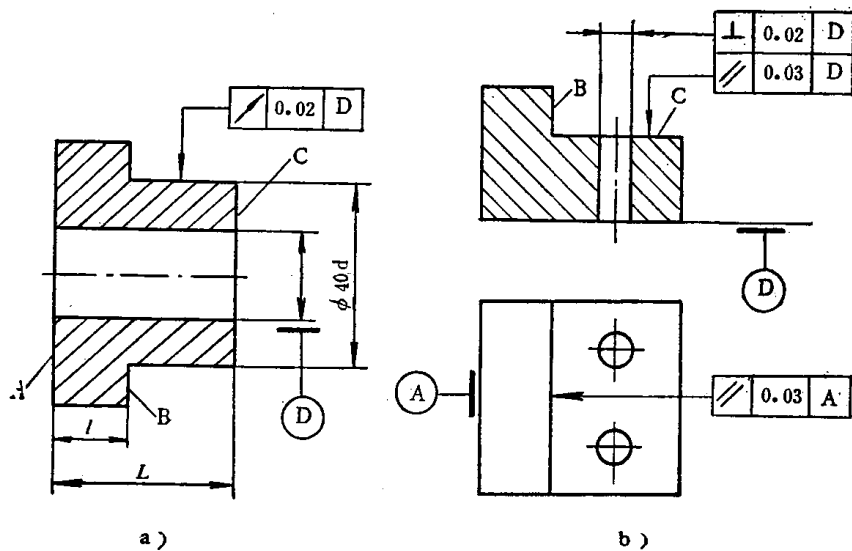


图1-9 零件位置精度示例

a) 轴套 b) 支承块

## 2. 工艺基准

零件在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，又分为装配基准、测量基准和定位基准。

### (1) 装配基准

装配时用以确定零件在部件或产品中位置的基准，称为装配基准。如图 1-9 a) 零件的内孔和图 1-9 b) 零件的底面 D 均属之。

### (2) 测量基准

用以检验已加工表面尺寸及位置的基准，称为测量基准。如图 1-9 a) 所示零件，内孔是检验表面 A 端面跳动和  $\phi 40 d$  外圆径向跳动的测量基准；表面 A 是检验长度尺寸  $L$  和  $l$  的测量基准。

### (3) 定位基准

加工时工件定位所用的基准，称为定位基准。

## 二、工件的定位和定位基准

### (一) 工件定位的概念

加工前，工件在机床或夹具中占据某一正确位置的过程，叫做定位。为了保证加工表面与其设计基准间的相对位置要求，工件的定位有以下两方面要求：

1. 为了保证加工表面与其设计基准间的相对位置精度，工件在机床（或夹具）上必须占据某一正确的位置。下面结合图 1-9 所示零件，对所谓“正确位置”的含意作一具体说明。

对于图 1-9 a) 所示零件，为了保证加工表面  $\phi 40 d$  对于设计基准的径向跳动要求，工件在机床上的位置必须使设计基准（内孔轴心线）与机床主轴的回转中心线的不同轴度符合一定要求。

对于图 1-9 b) 所示零件，为了保证加工表面 B、C 与其设计基准 A、D 间的平行度要求，工件在机床上的位置必须使设计基准 A、D 表面与机床工作台运动的轨迹相平行。为了

保证两个孔与其基准（表面D）的不垂直度要求，工件在机床上的位置，必须使表面D与机床主轴垂直。

通过上述分析可以看出，为了保证加工表面与其设计基准之间的相对位置精度，加工前，必须使加工表面的设计基准相对机床主轴或工作台的运动方向占有某一正确的位置，这就是工件定位的基本要求。

2. 为了保证加工表面与其设计基准间的位置尺寸精度，当采用调整法进行加工时，位于机床或夹具上的工件，相对刀具必须有一确定的位置。

在成批和大量生产中，加工表面的位置尺寸一般均采用调整法获得。调整法是一种按规定的尺寸，预先调整好刀具与工件的相对位置，并在一批工件加工的整个过程中始终保持这种位置不变的加工方法。因此，按调整法加工零件时，工件在机床或夹具中的定位，除了为保证位置精度应占据一正确位置外，为了保证加工表面的位置尺寸精度，一批零件中的任一零件相对刀具的位置必须是确定的（确定的原则与方法详见《夹具设计》）。图1-10为按调整法获得位置尺寸时工件定位的两个实例。图a)是通过夹具和挡铁确定工件与刀具的相对位置；图b)是通过夹具中的定位元件与导向元件的既定位置来确定工件与刀具的相对位置。

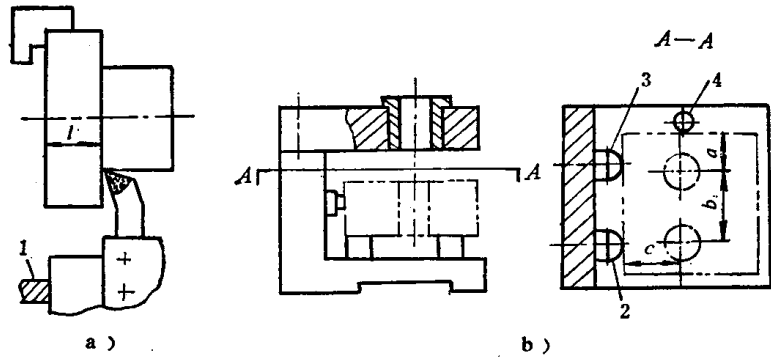


图1-10 按调整法获得位置尺寸示意图

1—挡铁 2、3、4—定位元件

显然，当采用试切法获取加工表面的位置尺寸时，工件相对刀具的位置必须确定这一条要求，即成为不必要的了。

## (二) 工件定位的方法

工件在机床上定位有以下三种方法：

### 1. 直接找正法

即通过在机床上直接找正工件而获得加工表面与其设计基准间的相对位置精度的方法。

例如，在磨床上磨削一个要求与外圆同心的内孔。加工前，通过四爪卡盘和百分表直接找正外圆，使工件获得正确位置（图1-11 a）；又如在牛头刨床上加工一个同工件底面与侧面均要求平行的槽，可通过百分表找正工件侧面使工件获得正确位置（图1-11 b），槽与工件底面的平行度要求，由机床的几何精度予以保证。

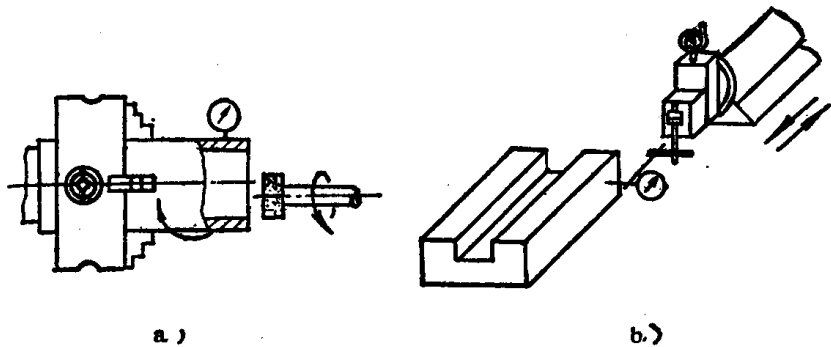


图1-11 直接找正法示例

a) 通过四爪卡盘和百分表找正 b) 通过百分表找正

直接找正法的定位精度和工作效率，取决于被找正表面的精度、找正方法和所用工具以

直接找正法的定位精度和工作效率，取决于被找正表面的精度、找正方法和所用工具以

及工人的技术水平。此法一般多用于单件小批生产和精度要求特别高的场合。

## 2. 划线找正法

即通过在机床上按毛坯或工件上所划的线找正工件以获得正确位置的方法（图 1-12）。此法由于受到划线精度的限制，定位精度比较低，多用于生产纲领较小毛坯精度较低以及大型零件等不便使用夹具的粗加工中。

## 3. 采用夹具定位（图 1-10 b）

即通过夹具上的定位元件使工件获得正确（有时是确定的）位置的方法。这种方法使工件定位迅速方便，定位精度较高，广泛用于成批和大量生产。

### （三）定位基准

工件定位时，使工件在机床或夹具上相对机床或刀具占有某一正确而确定位置的基准，称为定位基准。

分析定位基准时应注意以下几点：

1. 工件定位时，作为定位基准的线或点，往往是由某些具体的表面体现出来，这些表面称为定位基面。例如，在车床上用三爪卡盘夹持一个小轴，外圆表面为定位基面，它体现的定位基准则是轴的中心线。因此，选择定位基准的问题，常常就是选择定位基面的问题。

2. 工件定位时，往往是通过它的定位表面与机床台面或夹具的定位元件相接触而获得要求的位置的，此时定位表面也是支承面。但是，不能由此得出结论，任何情况下的支承面都是定位表面。例如，按划线找正法安装工件时（图 1-12），支承工件的底面并不起定位作用，真正起定位作用的是找正线或找正线所体现的表面，我们常把这种定位基准称作校正基准。

3. 工件定位时，究竟需要几个定位表面，这是要根据加工表面的具体位置要求来确定。例如，在平面磨床上磨削薄的垫圈类零件的端面时，一般只需要一个平面定位即可，而对于图 1-10 b）所示的钻削工序，则需要选取三个定位表面才能保证加工孔的位置要求（详见《夹具设计》）。

### 三、定位基准的选择

作为定位基准的表面，在第一道工序中只能选择未经加工的毛坯表面，这种定位表面称为粗基准。在以后各个工序的加工中就可采用已加工表面作定位表面，这种定位基面称为精基准。

#### （一）粗基准的选择

在第一道工序的加工中，粗基准选择的好坏，对以后各加工表面的余量分配以及工件上加工表面与不加工表面的相对位置都有着极大的影响。因此，必须重视粗基准的选择。

选择粗基准应考虑下列原则：

1. 对于具有不加工表面的工件，为保证不加工表面与加工表面间的相对位置要求，一般应选择不加工表面为粗基面。

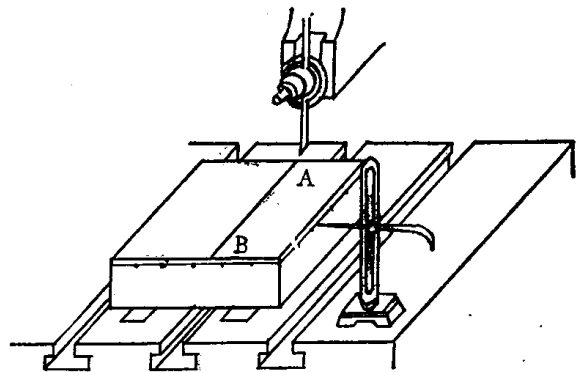


图1-12 划线找正法示例

A、B—毛坯上找正线



例如图 1-13 所示的套类零件，外圆表面 1 为不加工表面，为了保证镗孔后壁厚均匀（即内外圆表面偏心较小），应选择外圆表面 1 作粗基准。

又如图 1-14 a) 所示箱体零件，箱体内壁 A 面和 B 面均为不加工表面。为了保证装配时位于 II 孔轴心线上的齿轮外圆不同箱体内壁 A 面相碰，设计时已考虑留有间隙  $\Delta$  (图 1-14b)，并由尺寸  $a$ 、 $b$  予以保证。

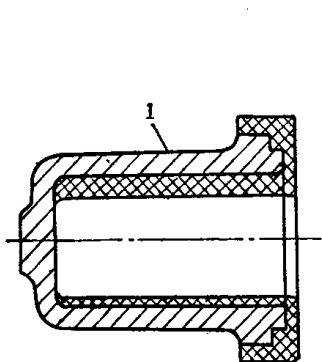


图1-13 套的粗基准选择

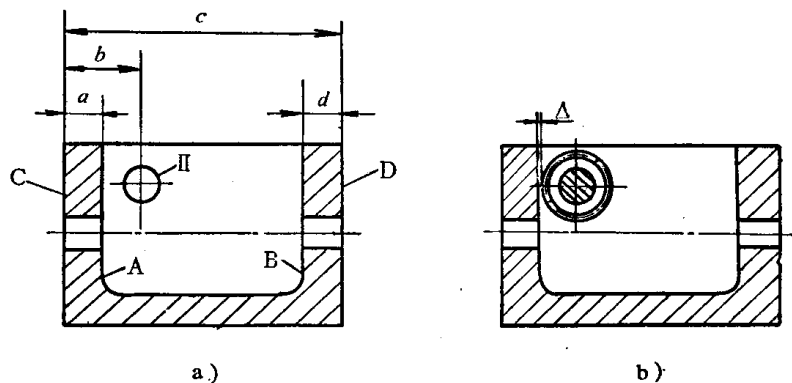


图1-14 箱体零件示意图

A、B—内壁面 C、D—端面 II—一孔

加工图 1-14 所示的箱体时，如果先选择 A 面为粗基准加工 C 面 (图 1-15 a)，然后以 C 面为精基准加工 II 孔 (图 1-15 b)，先后保证尺寸  $a$  与  $b$ ，则间隙  $\Delta$  即可间接获得，能保证齿轮外圆不与 A 面相碰。反之，如果先选择 B 面为粗基准加工 D 面，然后以 D 面为精基准加工 C 面，最后以 C 面定位加工 II 孔，先后顺次获得尺寸  $d$ 、 $c$  和  $b$ ，则尺寸  $a$  除了因尺寸  $d$  和  $c$  的加工误差而变化外，还将随着毛坯内壁 A、B 两面间的距离尺寸的变化而变化。由于毛坯尺寸误差一般较大，因此，尺寸  $a$  的误差亦随之较大。在尺寸  $b$  既定的情况下，当尺寸  $a$  大到间隙  $\Delta$  为负值时，则必然会使齿轮与 A 面相碰。显然，后面这一加工方案的粗基准选择是不正确的。这也说明，当零件上存在若干个不加工表面时，应选择与加工表面的相对位置有较高要求的不加工表面作为粗基准。

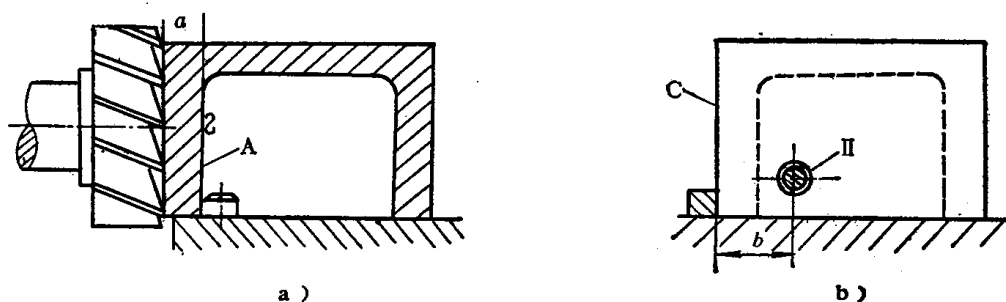


图1-15 箱体加工粗基准选择

不加工表面与加工表面间相对位置的具体要求是比较多的。除了上述两例中壁厚均匀和相邻零件不相碰外，诸如零件外形的对称美观，凸缘位置偏移要小等等亦均属之。生产中应结合具体零件进行具体的分析。

2. 对于具有较多加工表面的工件，粗基准的选择，应合理的分配各加工表面的加工余量。在分配余量时应注意以下各点：

(1) 应保证各加工表面都有足够的加工余量；