

# 农业机械制造工艺学

镇江农业机械学院 李崇豪 主编



中国农业机械出版社

高等院校试用教材

# 农业机械制造工艺学

镇江农业机械学院 主编



中国农业机械出版社

本书包括机械制造工艺基础、机器零件表面加工工艺、农机零件制造、机床夹具设计和冷冲压共五篇。

在选材方面，除加强基本理论外，对国内外的新工艺、新技术，如少无切削加工、特种加工、精密冲裁、成组加工、组合机床及其自动线加工等方面都作了适当的介绍；对工艺规程制订的原则、尺寸链原理和计算方法、工艺装备的设计原理和方法、零件的结构工艺性均作了详细的论述。此外，还以表格形式列出有关的设计资料与数据。

本书除用作高等院校农机设计制造专业的教材外，也可作为从事机械加工和冷冲压工艺的工程技术人员的参考书。

## 农业机械制造工艺学

镇江农业机械学院 主编

中国农业机械出版社出版

沈阳第二印刷厂印刷

787×1092 16开 22<sup>1</sup>/<sub>4</sub>印张 543千字

1981年11月北京第一版·1981年11月沈阳第一次印刷

印数：0,001—7,500 定价：2.30元

统一书号：15216·062

## 前 言

本书是根据1978年全国农机专业教材编写会议讨论确定的“农机制造工艺学教材编写大纲”编写的。全书共分机械制造工艺基础、机器零件表面加工工艺、农机零件的制造、机床夹具设计和冷冲压共五篇二十六章。由镇江农业机械学院主编，洛阳农业机械学院主审。

在选材方面，根据我国社会主义经济建设现代化的要求，除注意加强基本理论之外，并注意联系生产实际，对影响加工质量和生产率的因素、加工工艺中应遵循的原则、常用的计算原理及方法、零件的结构工艺性等均作了详细的论述；对工艺装备设计方面有关的数据列表介绍，以备选用；对国内外的先进加工工艺及其发展方向也作了适当的介绍。为了减少篇幅，做到少而精，对《机械制造基础》、《金属学及热处理》、《公差及技术测量》等前期课程中已讲授的内容，本书不予重复。

本书采用国际单位制，在单位换算中采用1牛顿约等于10公斤力的近似计算。有些表格中的数据引自有关标准和规范，它们是重力单位制，本书未加换算。

本书主要用作高等工科院校农机设计制造专业的教材，也可作为从事机械加工、冷冲压工作的工程技术人员的参考书。

参加本书编写的人员有：洛阳农业机械学院王炬（第一章～第五章），镇江农业机械学院李崇豪（第六章～第九章）、朱钦铨（第十章～第十三章）、朱金山（第十四章～第十六章）、陈嘉真（第十七章～第十八章）、王华冠（第十九章～第二十六章）。由镇江农业机械学院李崇豪主编，洛阳农业机械学院罗大金、王炬主审。

初稿完成后，在洛阳农业机械学院主持下召开了审稿会。参加会议的有北京农业机械化学院、内蒙古工学院、吉林工业大学、辽宁农机分院、武汉工学院、浙江农业大学、成都农业机械学院、新疆八一农学院和镇江农业机械学院等单位的代表。与会同志对书稿进行认真的审查，提出了不少宝贵的意见，使本书的质量有很大提高，特此表示衷心的感谢。

此外，一机部情报所、北京内燃机总厂、四平联合收割机厂、上海机械制造工艺研究所、上海内燃机厂、常州柴油机厂、常州拖拉机厂、常州齿轮厂等单位的同志，对本书也提供了不少宝贵的资料，编者在此一并致谢。

由于我们水平有限，错漏之处在所难免，殷切希望广大读者指教。

编 者

1980年2月

# 目 录

## 第一篇 机械制造工艺基础

第一章 机械制造工艺过程概述 ..... 1	七、工艺系统热变形所引起的误差.....19
§ 1-1 生产过程和工艺过程 ..... 1	八、度量误差.....20
§ 1-2 工艺过程的组成 ..... 1	§ 3-5 影响表面质量的因素及其控制方法.....20
§ 1-3 生产类型及其工艺特点 ..... 2	一、表面质量的概念.....21
一、单件生产..... 2	二、零件表面质量对其使用性能的影响.....21
二、成批生产..... 2	三、影响表面质量的因素及其控制方法.....21
三、大量生产..... 2	第四章 毛坯的选择和加工余量 .....27
第二章 工件的安装和基准 ..... 4	§ 4-1 毛坯的种类及其选择 .....27
§ 2-1 工件的安装 ..... 4	一、毛坯的种类.....27
一、工件的定位、夹紧和安装..... 4	二、毛坯的发展趋势.....28
二、安装方式..... 4	三、毛坯的选择原则.....28
§ 2-2 基准 ..... 5	§ 4-2 机械加工余量 .....28
一、基准的概念及其分类..... 5	一、工序余量及总余量.....28
二、定位基准的选择..... 6	二、影响加工余量大小的因素.....30
第三章 机械加工精度及表面质量 ..... 8	三、确定余量的方法.....31
§ 3-1 机械加工精度的基本概念 ..... 8	第五章 尺寸链原理及其应用 .....32
§ 3-2 获得规定加工精度的方法 ..... 8	§ 5-1 概述 .....32
一、试切法..... 8	一、尺寸链的基本概念.....32
二、调整法..... 9	二、尺寸链的解法.....33
三、用定尺寸刀具加工..... 9	§ 5-2 装配尺寸链的解法 .....38
§ 3-3 机械加工的经济精度 ..... 9	一、完全互换法.....39
§ 3-4 影响加工精度的因素分析 .....10	二、部分互换法.....43
一、加工原理误差.....10	三、选择装配法.....44
二、机床、夹具的制造误差和磨损.....11	四、调整装配法.....45
三、刀具的制造误差和磨损.....15	五、修配法.....47
四、工件的安装误差.....15	§ 5-3 工艺尺寸链 .....48
五、工件内应力所引起的误差.....15	
六、工艺系统弹性变形所引起的误差.....16	

## 第二篇 机器零件表面的加工工艺

第六章 典型表面的加工	51	生产率的因素	80
§ 6-1 零件表面的加工方法	51	六、电火花加工实例	81
一、液压仿形车削	51	§ 8-2 电解加工	82
二、高速磨削和强力磨削	52	一、电解加工原理	82
三、高速精镗	53	二、电解加工的设备	83
四、珩磨	54	三、影响电解加工生产率和 质量的因素	83
§ 6-2 少无切削加工	56	四、电解加工实例	85
一、热轧加工	56	§ 8-3 激光加工	86
二、冷轧加工	58	一、激光发生器的工作原理	86
三、冷打加工	61	二、影响激光打孔质量的因素	87
四、表面冷压加工	62	三、激光加工实例	88
第七章 齿轮加工	66	§ 8-4 超声波加工	88
§ 7-1 齿轮的技术要求	66	一、超声波加工原理	88
§ 7-2 圆柱齿轮加工的工艺过程	66	二、超声波加工装置	89
§ 7-3 圆柱齿轮的切齿工艺	67	三、影响超声波加工生产率和 精度的主要因素	90
一、滚齿加工工艺	67	四、超声波加工实例	90
二、插齿加工工艺	70	第九章 组合机床、自动线及 成组加工工艺	92
三、滚齿和插齿的比较及其 适用场合	71	§ 9-1 用组合机床及其自动线 加工的工艺	92
§ 7-4 圆柱齿轮的精加工	72	一、组合机床及其自动线的 工艺特点	92
一、剃齿	72	二、组合机床及其自动线加工 对工件结构的要求	93
二、珩齿	73	三、提高组合机床及其自动线 生产率的措施	94
三、磨齿	73	§ 9-2 成组加工工艺	94
§ 7-5 直齿圆锥齿轮加工	74	一、成组工艺的基本原理	94
一、刨齿	74	二、零件的分类编码—— 奥匹兹法	95
二、双刀盘铣齿	76	三、成组工艺的技术准备工作	95
第八章 特种加工	77	四、成组工艺的技术经济效果	98
§ 8-1 电火花加工	77		
一、电火花加工原理	77		
二、脉冲电源	77		
三、电极间隙自动调节装置	79		
四、工作液	80		
五、影响电火花加工质量和			

## 第三篇 农机零件的制造

第十章 机械加工工艺规程的 制订	99	§ 10-2 制订工艺规程的原始资料、 步骤	99
§ 10-1 制订工艺规程的基本原则	99	一、制订工艺规程的原始资料	99

二、制订工艺规程的步骤.....100	§ 11-5 曲轴加工工艺分析.....119
§ 10-3 加工零件的工艺分析.....100	一、曲轴结构、毛坯和技术要求.....119
§ 10-4 拟定工艺路线.....101	二、曲轴加工工艺路线.....120
一、加工方法的选择.....101	三、曲轴加工主要工序分析.....120
二、加工阶段的划分.....101	§ 11-6 轴类零件加工自动线的 发展概况.....124
三、工序集中与分散原则.....102	<b>第十二章 箱体零件加工</b> .....125
四、工序顺序的安排.....103	§ 12-1 箱体零件结构特点及其 技术要求.....125
§ 10-5 编写工艺文件.....105	§ 12-2 箱体毛坯及其对机械加 工的影响.....126
一、编写工艺规程卡.....105	一、箱体毛坯.....126
二、编写工艺文件中的几个问题.....105	二、毛坯质量对机械加工的影响.....126
三、其它工艺文件的编写.....106	§ 12-3 箱体零件工艺过程.....126
<b>第十一章 轴类零件加工</b> .....112	一、基准的选择.....126
§ 11-1 轴类零件分类及其技术要求.....112	二、工序的安排.....128
§ 11-2 轴的毛坯及材料选择.....112	§ 12-4 变速箱体工艺分析.....129
§ 11-3 轴类零件工艺过程分析.....113	一、变速箱体结构特点及其 技术要求.....129
一、定位基面的选择及其 加工要求.....113	二、变速箱体工艺分析.....131
二、外圆表面的车削加工.....114	<b>第十三章 结构工艺性</b> .....135
三、外圆表面的磨削加工.....115	§ 13-1 改善产品结构工艺性的 基本要求.....135
四、加工顺序的安排.....115	§ 13-2 机械加工对零件结构的要求.....136
§ 11-4 犁刀传动轴工艺分析.....115	
一、犁刀传动轴功用、结构和 主要技术要求.....115	
二、犁刀传动轴机械加工工 艺过程分析.....118	

## 第四篇 机床夹具设计

<b>第十四章 机床夹具概述</b> .....141	§ 15-2 定位元件.....148
§ 14-1 机床夹具的作用和组成.....141	一、工件以平面定位时的定 位元件.....149
一、夹具的作用.....141	二、工件以外圆柱面定位时 的定位元件.....151
二、夹具的组成.....141	三、工件以孔定位时的定位元件.....152
§ 14-2 夹具的分类.....142	§ 15-3 定位误差.....153
一、按使用夹具的工种分类.....142	一、平面定位时的定位误差.....153
二、按使用范围分类.....142	二、外圆定位时的定位误差.....154
三、按夹具的力源分类.....142	三、单孔定位时的定位误差.....156
<b>第十五章 工件的定位及定位元件</b> .....144	§ 15-4 双孔定位.....157
§ 15-1 六点定位规则.....144	一、菱形销的形成.....157
一、六点定位.....144	二、菱形销尺寸的确定.....158
二、常用定位元件所能限制 的自由度.....145	三、双孔定位时的定位误差.....159
三、欠定位和过定位.....145	

第十六章 工件的夹紧及夹紧机构 .....162	§ 17-2 分度机构.....184
§ 16-1 工件的夹紧力.....162	一、常用的分度机构.....184
一、夹紧力的方向.....162	二、齿盘式分度机构.....186
二、夹紧力的作用点.....162	三、钢球分度机构.....186
三、夹紧力的大小.....163	§ 17-3 夹具体.....188
§ 16-2 常用的夹紧机构.....164	第十八章 机床夹具设计 .....190
一、楔块夹紧机构.....164	§ 18-1 通用机床夹具.....190
二、螺旋夹紧机构.....166	一、钻床夹具.....190
三、偏心夹紧机构.....167	二、镗床夹具.....193
四、其它常用夹紧机构.....170	三、铣床夹具.....196
§ 16-3 气动与液压夹紧装置.....174	四、车床与圆磨床夹具.....198
一、气动夹紧装置.....174	§ 18-2 组合机床及其自动线夹具.....200
二、液压夹紧装置.....177	一、组合机床夹具.....200
第十七章 导向装置及其它.....178	二、随行夹具.....203
§ 17-1 导向装置.....178	§ 18-3 夹具设计的方法与步骤.....205
一、导向的配置型式.....178	一、夹具设计的方法与步骤.....205
二、导向的结构型式.....179	二、夹具公差与技术条件的制订.....206
三、导向装置主要参数的确定.....182	三、夹具设计举例.....208
四、钻模板与镗模支架.....184	

## 第五篇 冷 冲 压

第十九章 冷冲压用材料及其剪切 .....217	的计算.....237
§ 19-1 冷冲压用材料的要求、分类 及其机械性能.....217	§ 20-5 冲裁工作的排样.....238
一、对冲压用材料的要求.....217	一、排样的概念.....238
二、冲压用材料的种类和规格.....217	二、排样方法.....239
§ 19-2 冲压材料的剪切.....223	三、裁板法.....241
一、斜刃剪床上剪切.....223	§ 20-6 精密冲裁和整修.....241
二、圆盘剪床和振动剪床的剪切.....224	一、精密冲裁.....241
第二十章 冲裁 .....226	二、整修.....244
§ 20-1 冲裁变形过程分析.....226	第二十一章 冲裁模 .....247
§ 20-2 冲裁间隙.....227	§ 21-1 简单模.....247
一、冲裁间隙对冲裁件的断面质 量、尺寸精度和模具 寿命的影响.....227	§ 21-2 连续模.....249
二、合理间隙值的确定.....229	§ 21-3 复合模.....251
§ 20-3 凸模和凹模刃口尺寸的确定.....232	§ 21-4 简单模、连续模和复合模 的比较.....253
§ 20-4 冲裁力的计算.....235	§ 21-5 模具零件.....254
一、冲裁力的计算.....235	一、凸模.....254
二、降低冲裁力的方法.....236	二、凹模.....257
三、卸料力和推件力、顶件力	§ 21-6 模具压力中心的确定.....258
	§ 21-7 冲模的闭合高度.....259
	§ 21-8 冲模设计的一般介绍.....259



**第二十二章 弯曲** .....261

§ 22-1 弯曲变形过程的分析.....261

§ 22-2 弯曲件的弹性回跳.....263

一、影响回弹的因素.....263

二、回弹值的确定.....265

三、减小回弹的措施.....267

§ 22-3 最小弯曲半径.....268

§ 22-4 弯曲件坯料尺寸的计算.....270

§ 22-5 弯曲力的计算.....274

§ 22-6 弯曲模.....275

一、弯曲凸模和凹模主要尺寸的确  
定.....275

二、弯曲模结构设计要点.....277

三、弯曲模具结构介绍.....279

**第二十三章 拉延** .....284

§ 23-1 拉延变形过程的分析.....284

§ 23-2 拉延时的起皱和破裂.....286

一、圆筒形件拉延时的起皱.....286

二、拉延件的破裂.....288

§ 23-3 拉延件毛坯尺寸的计算.....288

§ 23-4 无凸缘圆筒形件的拉延系数和拉延次数.....290

§ 23-5 压边力、拉延力和拉延功的计算.....294

一、压边力的计算.....294

二、拉延力和拉延功的计算.....295

§ 23-6 拉延凸模和凹模工作部分尺寸的确  
定.....296

一、凸模和凹模的圆角半径( $r_c$ 和 $r_a$ ) .....296

二、拉延模的间隙.....297

三、凸模和凹模的尺寸及其公差.....298

§ 23-7 有凸缘圆筒形件的拉延.....298

§ 23-8 反拉延.....302

§ 23-9 盒形件的拉延.....302

一、盒形件拉延的特点.....302

二、盒形件毛坯尺寸的确定.....303

三、盒形件的拉延系数及工序制订.....306

§ 23-10 拉延模具结构 .....308

§ 23-11 拉延工作中的润滑、退火与酸洗.....311

一、润滑.....311

二、退火.....312

三、酸洗.....313

**第二十四章 成形** .....314

§ 24-1 翻边.....314

一、圆孔翻边.....314

二、非圆形内孔的翻边.....317

三、外缘翻边.....317

四、翻边模结构.....318

§ 24-2 胀形.....318

一、局部胀形.....318

二、空心毛坯的胀形.....319

§ 24-3 缩口.....320

§ 24-4 校平和整形.....322

一、校平.....322

二、整形.....323

§ 24-5 旋压.....323

**第二十五章 冷挤压** .....326

§ 25-1 冷挤压的基本概念.....326

§ 25-2 冷挤压力的计算.....328

一、影响冷挤压力的主要因素.....328

二、挤压力的计算.....330

§ 25-3 冷挤压的毛坯制备.....331

一、毛坯尺寸的确定.....331

二、毛坯的制备.....332

三、冷挤压毛坯的软化热处理.....332

四、冷挤压毛坯的表面处理与润滑.....332

§ 25-4 冷挤压模具结构.....335

**第二十六章 冲压工艺过程设计** .....399

§ 26-1 冲压件的结构工艺性.....399

一、冲裁件的结构工艺性.....399

二、弯曲件的结构工艺性.....342

三、拉延件的结构工艺性.....344

§ 26-2 工艺方案的确定.....346

§ 26-3 冲压设备的选择.....347

一、冷冲压的几种设备及其应用.....347

二、曲柄压力机的主要技术参数.....348

# 第一篇 机械制造工艺基础

## 第一章 机械制造工艺过程概述

### § 1-1 生产过程和工艺过程

一个机械制造厂的生产过程就是把原材料和半成品变为成品的一系列过程的总称。例如农业机械制造厂要生产一种新产品，必须进行一系列的工作，其中包括：产品设计；生产的组织准备和技术准备；原材料及外购件的供应；毛坯的制造；零件的机械加工和热处理以及装配等等。

在工厂的生产中占重要地位的是工艺过程。工艺过程，是指在产品的整个生产过程中，直接改变原材料或半成品成为成品的有关过程。它包括锻压、铸造、冲压、焊接、机械加工、热处理、装配、试验等等。

机械加工工艺过程：是指用机械加工方法逐步改变毛坯的状态（形状、尺寸和表面质量），使之成为合格的零件所进行的全部过程。

工艺规程：由于加工条件和加工方法等等的不同，任何零件的工艺过程是多种多样的。如果确定了其中最合理的一个工艺过程，将其有关内容用表格文字形式表达出来，就称为工艺规程。

### § 1-2 工艺过程的组成

机械加工工艺过程是由一系列的工序组合而成，毛坯依次通过这些工序而变为成品。而工序又可划为工步、安装和工位等。

工序 在一个工作地点上由一个工人（或一组工人）对一个零件（或一组零件）所连续完成的工艺过程的一部分，称为工序。在生产的组织工作中，工序是工艺过程的基本单元。

例如图 1-1 所示零件，其工艺过程一般分为两个工序。即工序一，在车床上镗孔（ $\phi 60^{+0.03}$ 毫米），车外圆（ $\phi 223$ 毫米）、车端面 A、B、C。工序二，在钻床钻出六个  $\phi 20$ 毫米的通孔。

在工序一中，是先车削工件的一端 A、B，然后接着调头车削另一端 C、外圆  $\phi 223$ 毫米及镗孔  $\phi 60^{+0.03}$ 毫米，再依同样的方法加工下一个工件，这样直到整批工件都车削好为

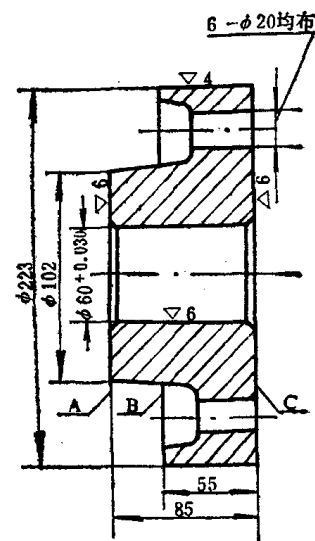


图1-1 被加工零件简图

止，这种加工是在一个工序内完成的。如果在加工时，先逐个车削出这批工件的一端，然后再又逐个地车削它的另一端及镗孔，那么这种加工对每一个工件而言就是在两个工序内完成的。

**工步** 是指在机床的转速和进给量不变的条件下，用一把刀具或同时用几把刀具加工工件的一个表面或几个表面时所完成的工序的一部分。

在上例中，用车刀车端面，车外圆，用镗刀镗孔，用麻花钻钻孔，都属于工步的例子。如果在工序二中，采用多头钻同时钻加工六个 $\phi 20$ 毫米的通孔，这称之为一个复合工步。

**安装** 它是装卸一次工件所完成工序的一部分。

在上述例子中，工序一就是在两次安装中完成的。在每一工序中，为了保证产品的质量和生产率，希望安装次数尽可能减少，这样可以减少多次安装所引起的安装误差，以提高加工精度。同时减少安装工件的辅助时间。

**工位** 工件在一次安装中借助于机构或夹具的作用，使工件相对于机床有几个不同的工作位置，每占据一个工作位置所完成的全部工作，叫做一个工位。例如如图1-2a就是利用夹具在两个工位上铣削工件的A面（图1-2b）。工件Ⅰ端的A面加工后，不必卸下工件，将夹具的转动部分旋转 $180^\circ$ ，使工件Ⅰ端占据Ⅱ端原来的位置，亦即使工件由第一工位转换成第二工位。为此，夹具的上部分应做成可转动的，它能与固定在机床上的夹具底座之间改变角向相对位置。

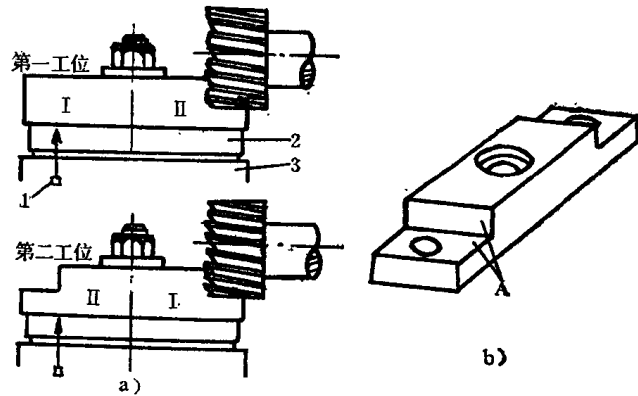


图1-2 一次安装两个工位  
1—定位销 2—转动部分 3—底座

### § 1-3 生产类型及其工艺特点

机械制造业中，根据生产规模的大小不同，一般可分为三种生产类型：即单件生产、成批生产和大量生产。

#### 一、单件生产

单个地制造不同结构和尺寸的产品，或者是数量很少，并且很少重复制造的生产。如农机修配厂的个别配件的制造。

#### 二、成批生产

成批地制造相同的零件的生产，称为成批生产。每批所制造的相同零件的数量称为批量。批量是根据零件年产量分成的批数计算出来的。一年分成的批数，是根据各种零件的具体情况而制定的。

按照产量的大小和产品的特征，成批生产又分为小批生产、中批生产和大批生产三种。小批生产在工艺上接近于单件生产，大批生产在工艺上接近于大量生产，中批生产介于单件生产和大量生产之间。

#### 三、大量生产

每年制造相同的产品，产品的数量很多，大多数工作地点经常是重复地进行一种零件的

某一工序，这种生产称为大量生产。

生产类型的不同，无论在生产组织、生产管理、车间布置、毛坯、设备、工具和加工方法等各方面的要求都有所不同。所以在设计工艺规程时，必须与生产类型相适应。

各种不同生产类型的工艺特点见表 1-1。

在同一种情况下，生产类型是根据零件的生产纲领（根据国民经济的需要，国家制定了产品的年产量，这就是生产纲领）和零件的特性划分的，表 1-2 列出了各种生产类型的范围。

表1-1 各种不同生产类型的工艺特点

类别	大量生产	成批生产	单件生产
产 品	产品品种少，数量很多，每台机床常年只干某一种零件的某一工序	产品品种多，数量较多，产品周期地成批投入生产	产品品种很多，而且数量很少，不重复或很少重复生产
使用的机床设备	机床多为高生产率的专用机床，如自动机床、组合机床及自动线等	部分高生产率的专用机床和通用机床	基本上是通用机床，少数专用机床
车间设备排列	按各零件的工艺过程顺序排列	按零件类别划分车间，机床考虑同类零件的工艺过程顺序排列	基本上是机群式排列，如车、铣、磨床群等
工艺装备	高效率的专用的刀具、夹具和量具等	专用和标准的刀具、夹具和量具等	多为标准工艺装备，必要时用专用工艺装备，组合夹具
机床调整法	工件在调整好的机床上加工	工件在调整好的机床上加工	基本上用试切法加工
零件互换性	互换	互换	尽量互换，少数修配
工艺文件	工艺文件详细，每道工序都有工序卡	一般有工艺过程卡，重点工序有工序卡	工艺过程卡简单，一般只有工艺过程卡

表1-2 各种生产类型的范围

生产类型	同种零件的生产纲领 (件/年)		
	重 型	中 型	轻 型
单件生产	5以下	10以下	100以下
小批生产	5~100	10~200	100~500
中批生产	100~300	200~500	500~5000
大批生产	300~1000	500~5000	5000~50000
大量生产	1000以上	5000以上	50000以上

## 第二章 工件的安装和基准

### § 2-1 工件的安装

#### 一、工件的定位、夹紧和安装

在机床上加工工件时，必须首先确定被加工工件在机床上应当占有的某一正确位置，这就是“定位”。工件定位以后，为了使它在切削力或其它力的作用下，始终保持其正确位置，还必须把它夹压牢固，这就是“夹紧”。工件从定位到夹紧的这一过程称为“安装”。

#### 二、安装方式

在不同的生产条件下，有不同的安装方法，总的来说有以下三种方式：

##### (1) 直接找正安装

直接找正安装是利用划针、角尺和千分表或者凭眼力来找正工件在机床上加工时的正确位置，然后将工件夹紧。

图2-1为加工套筒的情况，要求加工的内孔和已加工的外圆同心。工件安装时，用千分表根据其外圆来找正它的位置，这种安装方式的精度取决于工人的经验、技术以及所采用的工具。其缺点是在找正安装中所费的时间长，有时甚至比用于加工的时间还多。因此这种安装方式是不完善的，一般只用于单件小批生产中形状简单的零件。但是，如果工件的定位精度要求很高，即使采用特制的夹具，也因为夹具本身的制造误差而不能保证精度要求时，则只好采用精密量具来直接找正。

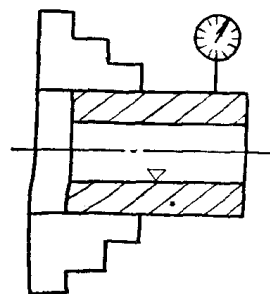


图2-1 直接找正安装

##### (2) 按划线找正安装

预先根据图纸上标注的尺寸要求，在毛坯上将待加工表面的轮廓线用划针划出，然后按照所划的线校正工件在机床上的位置并夹紧。这种安装方式称为划线找正安装。

此法适用于单件小批生产中形状较复杂的铸件及尺寸和重量均很大的零件。因为形状复杂的铸件，不易保证毛坯的精度，利用划线能使零件上各个待加工表面都有足够的加工余量；同时也能使不需加工的表面与其相关的加工表面之间保持相互位置要求。尺寸和重量都很大的零件，通常是大批生产或单件生产，使用专门设计的夹具是不经济的；有时甚至工件太大太重不能使用夹具，因此，这时就有必要按划线安装。

划线安装，虽然比直接找正安装的操作过程要容易些，但同样也存在着一定的缺点。首先是增加了划线工序，需要技术水平较高的划线工人。而且划线和按划线找正也很费时，生产率低。其次是安装精度也不高，因为划线时要产生度量误差，划线（线条本身有一定的宽度）、冲中心眼的误差，安装时校正零件位置的观察误差等等。这些误差积累起来，就使这种方法的精度较低。

##### (3) 用专用夹具安装

如果夹具是根据工件加工过程中某一工序的具体情况设计的，就可以按加工要求布置头具的定位元件和夹紧装置，加工时，也就可以迅速而可靠地保证工件对于机床和刀具的正确

的相对位置，不必进行找正了。但是必须增加夹具的费用，所以广泛应用于成批和大量生产以及不使用专用夹具就难于保证精度的零件的加工。

## § 2-2 基 准

### 一、基准的概念及其分类

“基准”就是根据的意思，它是指零件图纸上或实际零件上的点、线和面，根据它来确定零件上其他的点、线和面的位置。这些作为根据的点、线和面就称为基准。

根据基准的作用不同，可分为设计基准和工艺基准。

(一) 设计基准 是设计者在产品（包括零件）的设计图纸上确定某一点、线或面的位置所依据的基准。如图 2-2 所示平面 2、3 及孔 4 的上下位置是根据平面 1 决定的，故平面 1 是平面 2、3 及孔 4 的设计基准。孔 5 的上下位置是根据孔 4 的中心线（在投影图上是一点）决定的，故孔 4 的中心线是孔 5 的设计基准。

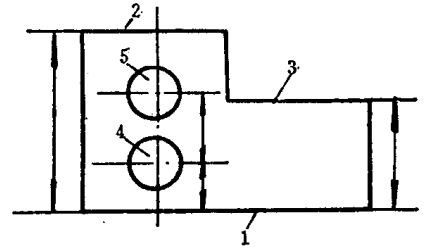


图2-2 零件的设计基准

(二) 工艺基准 在加工零件和装配机器时所采用的基准。按其用途不同，又可以分为定位基准、度量基准、装配基准和原始基准。

(1) 定位基准 机械加工时，工件在机床上确定被加工表面相对于机床、刀具的位置的基准，称为定位基准。如图 2-2，在加工孔 4 时，一般以底面 1 安装在夹具的支承板上，所以底面 1 是孔 4 的定位基准。

(2) 度量基准 用来度量工件各表面位置及尺寸的基准，称为度量基准。

(3) 装配基准 机器装配时，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。

(4) 原始基准（或称工序尺寸基准） 在工艺卡片中，用来决定被加工表面位置的基准，称为原始基准。用来连接被加工表面和原始基准的尺寸称为原始尺寸（或称工序尺寸）。

原始基准有时与设计基准可能重合，两者的区别在于应用场合不同，在零件图上用它作基准时称为设计基准，而在工艺卡片上用它作基准时则称为原始基准。

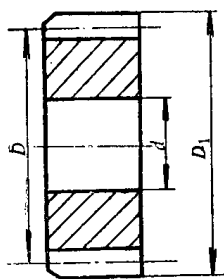


图2-3 齿轮基准简图

如图 2-3 的齿轮，在零件图上，中心线为齿轮的内孔  $d$ 、外圆  $D_1$  和分度圆  $D$  的设计基准。加工齿圈时，是以内孔和端面安装在心轴上，以保证加工出的齿圈与孔中心线同轴，与端面垂直。检验齿圈相对于中心线的径向跳动，也是把齿轮装在心轴上。在装配时，齿轮孔以一定的配合精度安装在心轴上。所以齿轮的中心线既是设计基准，也是原始基准。其内孔又为定位基准、度量基准和装配基准。

有时，为了便于加工和度量，原始基准就不能与设计基准重合，如图 2-4a 为一盘类零件的部分尺寸要求，图 2-4b 是加工外壳表面的最终工序图。对于端面  $D$  来说，设计基准是  $A$  面。如果选择  $A$  面作原始基准，这时原始基准与设计基准重合，原始尺寸则按零件图要求标注为  $63.6_{-0.2}$  毫米，但由于该工序径向是以  $\phi 588$  毫米的外圆定位，轴向以  $B$  面定位，并用轴向夹紧。如在该夹具上仍用表面  $A$  作为原始基准，则度量就较

困难，因此选择表面B为原始基准，这时，原始基准与设计基准不重合，零件图上没有直接与 $H_{\delta h}$ 的相应尺寸，而必须通过换算后求出（换算方法见第五章工艺尺寸链）。

## 二、定位基准的选择

在零件机械加工工艺过程的每一道工序中，选择工件上哪些表面作为定位基准，是影响加工精度和夹具结构设计的重要因素。

定位基准分为粗基准和精基准两种。凡是用未加工过的表面作为定位的基准，称为粗基准。凡是用已加工过的表面作为定位的基准，称为精基准。

### （一）粗基准的选择

在选择粗基准时，一般应遵循下述原则：

1. 若工件有不需加工的表面，则应选择这些表面中与加工表面间相互位置精度要求高的表面作为粗基准。如图2-5所示的零件，表面A、B、C均不需要加工，显然应采用A表面作为粗基准，因为这样可以保证 $\phi 90$ 毫米的孔对A表面的不同轴度最小，使加工后的壁厚均匀。

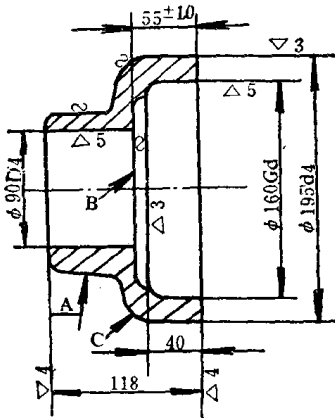


图2-5 具有几个不需加工表面的零件

如果零件上只有一个表面不需要加工，则应尽可能选这个不需要加工的表面作粗基准。这样，不仅可以使不加工表面与加工表面之间的距离变动最小，而且可以在不加工表面上夹紧，尽可能的把所需加工的表面在一次安装中全部加工出来。

2. 如果零件上的表面都需要加工时，则尽可能选主要表面作粗基准。这样，可以在加工主要表面时，有足够而均匀的加工余量。这个原则，在箱体类零件中表现比较突出，箱体类零件的轴承孔，精度要求比较高，加工余量必须均匀，所以常常以轴承孔为粗基准，加工上盖面或底面，然后以上盖面或底面为基准加工轴承孔。这样，能使轴承孔表面层保持均匀的金相组织，具有较高而又一致的物理机械性能。同时，由于余量均匀，加工时也不易产生振动，有利于提高它的几何形状精度和光洁度。

3. 粗基准表面应尽可能平整光洁，不能有飞边（当毛坯为锻件时）和浇口冒口（当毛坯为铸件时）或其他缺陷，否则将使定位不可靠。

4. 粗基准一般只能使用一次，尽量避免重复使用，因为粗基准表面是不准确的，重复使用时，会因定位误差过大而不能保证加工精度。

### （二）精基准的选择

选择精基准时，一般应遵循下述原则：

1. 尽可能选择原始基准作为定位基准，这称之为基准重合的原则。这样可以避免因基准不重合而引起的定位误差。如图2-6的工件加工情况，在工件图上，A和B尺寸为原始尺

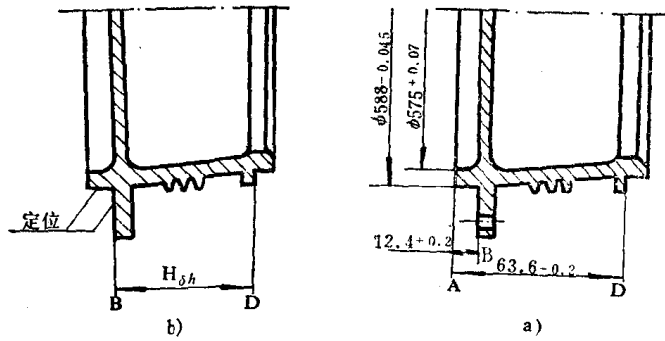


图2-4 原始基准与设计基准不重合情况

寸，可以认为M面为N面的原始基准，N面又为K面的原始基准。现在讨论K面的加工情况，如图上表明，N面是K面的原始基准，其原始尺寸为 $B\delta_b$ ，而刀具位置相对于定位面M按C尺寸调整好已固定不变。这时N面对刀具的位置却是变化的，因为A尺寸有 $\delta_a$ 的误差，这个误差会使B尺寸变化，变化值为 $\delta_a$ ，产生定位误差。这种定位误差就是因为原始基准与定位基准不重合而引起的。如果加工K面时，改用N面作定位基准，如图2-7，这时刀具位置是相对于定位基准面N来调整的，因此尺寸A的变化不影响尺寸B，也就是说不会产生上述的定位误差，所以一般应选取原始基准作为定位基准。但这个原则有时是不能实现的，例如限于零件的形状；或者为了夹紧方便可靠，不能选用原始基准作为定位基准，这时就应当计算一下定位误差的大小，如果定位误差超过允许范围，或使加工发生困难，就必须更改加工方式和工艺规程有关尺寸的公差，用提高加工精度的办法来弥补定位误差。

此外，按基准重合的原则还应当尽可能选择装配基准作为定位基准，这样，能保证零件在机器中的装配精度。

两个有相互位置精度要求的表面，常常是用“互为基准”的办法来进行反复加工。因为在互为基准的反复加工过程中，基面的精度越来越高，从而可以保证较高的相互位置精度。

2. 尽可能采用统一的基准，这就是零件在机械加工工艺过程中的每一道工序，尽可能采用同一的定位基准来加工零件上各个不同的表面，这也称之为基准统一的原则。

采用基准统一的原则，不仅可以简化工艺过程的制定及减少设计和制造夹具的时间和费用，而且可以避免因基准变换所带来的定位误差。

某些工件上可能没有合适的表面可选作统一基面，必要时可在工件上先加工出一组专供定位用的表面，而这些表面对零件在机器中的使用来说是没有用的，仅仅是为了定位用的，这种表面称为“工艺面”。最典型的例子是轴类零件两端的中心孔，此外还有发动机活塞的止口等。

3. 所选择的精基准，应能保证工件的安装可靠，在切削力和夹紧力的作用下变形最小。为此，作为定位基准面的表面应有较大的面积。同时，也是尺寸精度、几何形状精度及表面质量都比较高的表面，并尽可能使夹紧力和切削力正对着主要定位基面。如图2-8所示工件加工的两种定位情况，图b所选的定位基准面就比图a的情况稳定。

总之，选择定位基准，既要考虑零件的加工精度要求，又要考虑夹紧的位置和夹具的结构，而且还与工艺过程的安排有着密切的关系。上面讨论的一般原则，需要我们在应用中根据具体情况灵活地选择，在选择时，以解决主要问题为出发点，尽可能照顾一般。

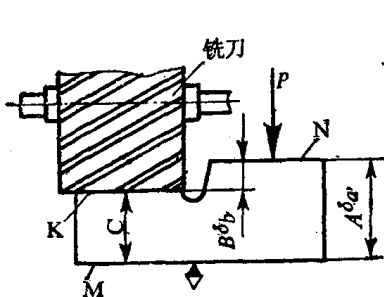


图2-6 定位基准与原始基准不重合的情况

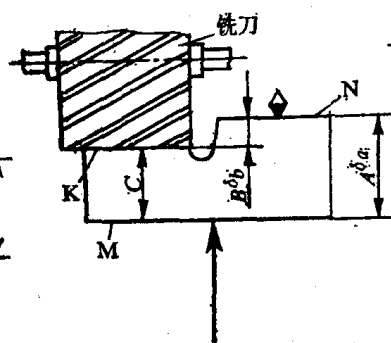


图2-7 定位基准与原始基准重合的情况

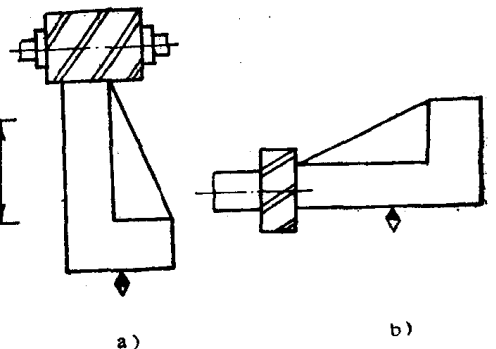


图2-8 定位基准面应有较大的面积



## 第三章 机械加工精度及表面质量

### § 3-1 机械加工精度的基本概念

机器零件的加工质量指标分为机械加工精度及加工表面质量两个方面。

**加工精度** 加工精度是指零件在加工以后的尺寸、几何形状以及各表面间相互位置等参数的实际数值与其理想数值相符合的程度。相符合的程度愈高，则加工精度愈高，也就是加工误差愈小；各参数的实际数值与理想数值相差愈大，则加工精度愈低，也就是加工误差愈大。

由于种种原因，不可能把零件做得绝对精确，就是说加工误差总是不可避免的。我们必须从实际出发，只要能够保证零件在机器中的功用，把零件的加工精度保持在一定的范围之内是完全允许的，没有必要把零件的尺寸、形状等做得绝对精确。而我们要解决的问题是：分析在各种具体情况下影响加工精度的各种主要的误差因素，以便采取相应的措施得到控制，来保证获得规定的加工精度。

**规定加工精度** 任何机器，为了保证它的使用质量，必须给它规定一定的制造精度。机器是由若干互相联系的零件装配而成的，对这些零件，也必须规定一定的加工精度，所以在零件图纸上都注明了对该零件所要求的加工精度，这就是所谓的规定加工精度，加工时必须予以保证。

加工精度包括下列几方面的内容：

(1) 零件各部分的尺寸精度。(2) 零件各表面的几何形状精度。(3) 零件各表面之间的相互位置精度。

与之相应，我们把上述三种参数的误差分别称为尺寸误差、几何形状误差和相互位置误差。

零件几何形状的允差，一般比其尺寸公差要小，所以当对椭圆度、锥度等几何形状允差无特殊要求时，在零件图上就不必再加注明了。

### § 3-2 获得规定加工精度的方法

在机械加工中，获得规定的尺寸精度，可以通过以下三种方法，即试切法、调整法以及用定尺寸刀具加工。

#### 一、试切法

例如在普通车床上加工轴的外圆，如图3-1a，为了按规定精度车出直径为 $d$ 、长度为 $L$ 的一段，先在轴端部一小段上进行试切。每试切一次即度量一次直径，直到直径上的尺寸符合公差要求时，即作纵向自动或手动走刀。当车到台肩 $T$ 附近时，停止走刀，又进行多次试切，直到长度 $L$ 符合公差要求为止，这种方法，称为试切法。

这种方法，所需工夹具较少，但生产率低，同时在试切过程中，每次进刀很小，操作紧张，而且操作技术要求也高，因此，试切法主要应用于单件小批生产。