

## 声 明

本电子书由中国轻工业出版社出版,相关权利归中国轻工业出版社所有。读者、著作权人和(或)依法可以行使著作权的权利人如有疑问,请与中国轻工业出版社联系:

地址:北京市东长安街6号

邮编:100740

电话:85119838

Email: [xnxtm@yahoo.com.cn](mailto:xnxtm@yahoo.com.cn)

中国轻工业出版社

中等专业学校轻工专业教材

# 机械制造工艺及夹具

周栋隆 主编

中国轻工业出版社

**图书在版编目 (CIP) 数据**

机械制造工艺及夹具/周栋隆主编.-北京:中国轻工业出版社,

1990.4(1998.9重印)

中等专业学校轻工专业教材

ISBN 7-5019-0782-X

I.机… II.周… III.①机械制造工艺-专业学校-教材 ②机床夹具-设计-专业学校  
教材 IV.TH16

中国版本图书馆CIP数据核字(96)第11476号

责任编辑:罗佳

责任终审:滕炎福 封面设计:赵小云 责任监印:崔科

出版发行:中国轻工业出版社(北京东长安街6号,邮编:100740)

印刷:北京市卫顺印刷厂

经销:各地新华书店

版次:1990年4月第1版 1998年9月第5次印刷

开本:787×1092 1/16 印张:18.5

字数:415千字 印数:19,001—22,000

书号:ISBN 7-5019-0782-X/TH·023 定价:28.00元

·如发现图书残缺请直接与我社发行部联系调换·

## 前 言

本书是根据1987年轻工业部教育司审定的轻工业机械制造专业指导性教学计划及1988年审定的“机械制造工艺及夹具”课程教学大纲而编写的。

除轻机制造专业以外，本书也适用于其他机械制造及机械装备类专业的中等专业学校和职工中等专业学校，并可作为从事机械制造及维修工作的中等技术人员的参考用书。

针对中专培养目标的要求，本书加强了典型零件的加工工艺，精简了一些偏深偏多的理论。根据大多数中小型机械制造企业多品种小批量生产的特点，本书以小批量生产的加工工艺为主。为了反映机械加工技术的发展，增编了“机械加工的自动化”章节。在附录中编入了习题，可供教师选用。

本书由轻工业部南京机电学校周栋隆主编，并编写第一、二、三、四、十二、十三章。王永康编写第五、六、七章。唐建设编写第一章第6、7节及第十一章。闻蕊瑛编写第八章及习题集。卢兵编写第十四~二十章。哈思元编写第九章。高国清编写第十章。

本书由上海轻工业专科学校杨世缙主审

由于编者水平有限，书中存在不少缺点和错误，恳请读者予以指正。

# 目 录

## 第一篇 机械制造工艺

<b>第一章 机械加工工艺规程的制订</b> .....	( 1 )
§1-1 概述.....	( 1 )
§1-2 零件图的工艺分析.....	( 8 )
§1-3 毛坯的选择.....	( 13 )
§1-4 工件的定位.....	( 16 )
§1-5 工艺路线的拟定.....	( 23 )
§1-6 加工余量的确定.....	( 25 )
§1-7 工艺尺寸的计算.....	( 26 )
§1-8 机床及工艺装备的选择.....	( 34 )
§1-9 机械加工工艺规程实例.....	( 34 )
<b>第二章 轴的加工</b> .....	( 39 )
§2-1 概述.....	( 39 )
§2-2 轴加工的定位基准及装夹.....	( 40 )
§2-3 外圆表面的加工方法.....	( 42 )
§2-4 键槽及花键的加工.....	( 44 )
§2-5 轴加工工艺流程实例.....	( 46 )
<b>第三章 套筒类零件的加工</b> .....	( 55 )
§3-1 概述.....	( 55 )
§3-2 孔的加工方法.....	( 56 )
§3-3 套筒类零件的加工工艺.....	( 82 )
<b>第四章 机体类零件的加工</b> .....	( 65 )
§4-1 概述.....	( 65 )
§4-2 床身加工工艺.....	( 68 )
§4-3 床身导轨的检验.....	( 74 )
<b>第五章 箱体的加工</b> .....	( 78 )
§5-1 概述.....	( 78 )
§5-2 箱体加工的定位基准.....	( 79 )
§5-3 箱体孔系的加工.....	( 81 )
§5-4 箱体次要表面的加工.....	( 88 )
§5-5 箱体加工工艺流程实例.....	( 89 )
§5-6 箱体的检验.....	( 94 )

<b>第六章 杆类及叉类零件的加工</b> .....	( 97 )
§6-1 概述.....	( 97 )
§6-2 杆类叉类零件的加工工艺.....	( 98 )
<b>第七章 齿轮的加工</b> .....	( 100 )
§7-1 概述.....	( 100 )
§7-2 齿轮的技术条件.....	( 101 )
§7-3 齿轮坯的加工.....	( 103 )
§7-4 齿形加工.....	( 104 )
§7-5 齿端加工.....	( 113 )
§7-6 圆柱齿轮加工工艺过程实例.....	( 113 )
§7-7 圆柱齿轮的检验.....	( 116 )
§7-8 蜗轮的加工.....	( 119 )
§7-9 圆锥齿轮的加工.....	( 121 )
<b>第八章 凸轮的加工</b> .....	( 123 )
§8-1 概述.....	( 123 )
§8-2 凸轮型面的加工.....	( 124 )
§8-3 凸轮的检验.....	( 129 )
<b>第九章 特种加工</b> .....	( 131 )
§9-1 电火花加工.....	( 131 )
§9-2 电解加工.....	( 133 )
§9-3 其他特种加工方法.....	( 134 )
<b>第十章 机械加工质量分析</b> .....	( 137 )
§10-1 概述.....	( 137 )
§10-2 影响加工精度的因素.....	( 137 )
§10-3 机械加工的表面质量.....	( 149 )
<b>第十一章 装配工艺</b> .....	( 153 )
§11-1 概述.....	( 153 )
§11-2 装配尺寸链.....	( 157 )
§11-3 保证装配精度的方法.....	( 163 )
§11-4 装配工艺规程的制订.....	( 168 )
<b>第十二章 机械加工的自动化</b> .....	( 172 )
§12-1 概述.....	( 172 )
§12-2 程控加工.....	( 174 )
§12-3 数控加工.....	( 177 )
<b>第十三章 工艺方案的技术经济分析</b> .....	( 182 )

## 第二篇 机床夹具设计

<b>第十四章 机床夹具概论</b> .....	( 187 )
--------------------------	---------

§14-1 机床夹具的分类.....	( 187 )
§14-2 机床夹具的组成.....	( 189 )
§14-3 机床夹具在生产中的作用.....	( 189 )
§14-4 采用专用夹具的经济分析.....	( 190 )
<b>第十五章 定位装置.....</b>	<b>( 194 )</b>
§15-1 工件以平面定位.....	( 194 )
§15-2 工件以圆孔定位.....	( 197 )
§15-3 工件以外圆定位.....	( 198 )
§15-4 组合表面定位.....	( 200 )
§15-5 定位装置设计示例.....	( 202 )
<b>第十六章 夹紧装置.....</b>	<b>( 204 )</b>
§16-1 夹紧力的确定.....	( 204 )
§16-2 常用夹紧机构.....	( 208 )
<b>第十七章 各类机床夹具的结构.....</b>	<b>( 218 )</b>
§17-1 钻床夹具.....	( 218 )
§17-2 车床夹具.....	( 221 )
§17-3 铣床夹具.....	( 222 )
§17-4 镗床夹具.....	( 226 )
<b>第十八章 机床夹具的精度分析.....</b>	<b>( 230 )</b>
§18-1 定位误差的计算.....	( 230 )
§18-2 夹具安装误差的计算.....	( 235 )
§18-3 加工方法误差的计算.....	( 237 )
§18-4 夹具精度分析举例.....	( 237 )
<b>第十九章 专用夹具设计实例.....</b>	<b>( 240 )</b>
<b>第二十章 组合夹具.....</b>	<b>( 244 )</b>
<b>附录一 习题.....</b>	<b>( 247 )</b>
<b>附录二 附表.....</b>	<b>( 267 )</b>

# 第一篇 机械制造工艺

## 第一章 机械加工工艺流程的制订

### §1-1 概 述

#### 一、生产过程和工艺过程

在机械制造中，把原材料或半成品转变为成品的全过程称为生产过程。它主要包括以下内容：

(1) 生产技术准备过程 产品投入生产以前的生产和技术的准备工作，包括：产品的试验研究和设计；市场需求情况的测算；工艺设计和专用工艺装备的设计与制造；生产资料的准备；生产计划的编制；原材料及配套件的采购等等。

(2) 毛坯的制造过程 如铸造、锻造和冲压等。

(3) 零件的各种加工过程如机械加工、热处理、焊接和表面处理等。

(4) 产品的装配过程、调试和油漆等。

(5) 各种生产服务活动 如原材料、外购件和工具的供应、运输、保管以及产品的包装和发运等。

一个工厂的生产过程又可分为若干个车间的生产过程。如铸造车间的产品是铸件，机械加工车间的产品是零件，装配车间的产品是装配成的机器。各车间完成其产品的全部劳动过程，称为车间的生产过程。

车间的生产过程由主要和辅助过程组成。直接改变生产对象的形状、尺寸和性质，使之成为成品或半成品的过程，是车间生产过程的主要部分，称为工艺过程。其中，用机械加工的方法，直接改变毛坯的形状、尺寸和表面质量，使之成为产品零件的过程，称为机械加工工艺过程。

辅助过程是与毛坯变为成品间接有关的过程，如检验、运输、刀具刃磨、机床维修等。

#### 二、机械加工工艺过程的组成

机械加工工艺过程由若干个按顺序排列的工序所组成。

##### 1. 工序

一个（或一组）工人，在一个工作地点（或一台机床），对一个（或同时几个）工件

所连续完成的那部分工艺过程，称为工序。

如果工作地点（或机床）变动，就成为另外一个工序。工序是工艺过程的基本单元，也是安排生产计划、配备工人、制定劳动定额和进行质量检验的基本单元。

## 2. 工步

在加工表面（或装配连接表面）和加工（或装配）工具不变的情况下所连续完成的那部分工序，称为工步。

图1-1为一阶梯轴。在小批生产的条件下，其加工工艺过程及工序、工步的划分如表1-1所示。

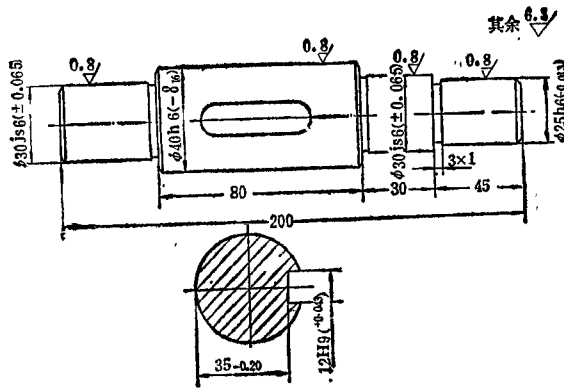


图 1-1 阶梯轴

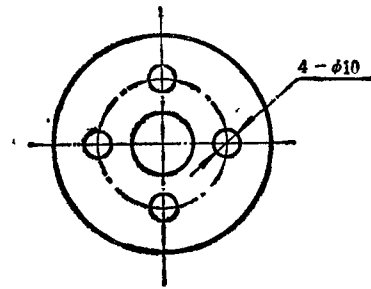


图 1-2 加工四个相同表面的工步

表 1-1 阶梯轴加工工艺过程

工序号	工序名称	安 装	工 步	工 序 内 容	设 备
1	车	I	1	车端面	车床No.1
			2	钻中心孔 $\phi 3$	
		II	3	车端面到总长200	
			4	钻中心孔 $\phi 3$	
2	车	I	1	车 $\phi 40h6$ 外圆放余量0.4	车床No.2
			2	车 $\phi 30js6$ 外圆放余量0.4，长度75	
			3	车 $\phi 25h6$ 外圆放余量0.4，长度45	
			4	切槽 $3 \times 1$	
			5	倒角	
		II	6	调头车 $\phi 30js6$ 外圆放余量0.4	
			7	切槽 $3 \times 1$	
			8	倒角	
3	铣		1	铣键槽12H9	铣床
4	磨	I	1	磨 $\phi 40h6$ 到尺寸	外圆磨床
			2	磨 $\phi 30js6$ 到尺寸	
		II	3	磨 $\phi 25h6$ 到尺寸	
			4	调头，磨 $\phi 30js6$ 到尺寸	

如果几个加工表面完全相同，所用刀具及切削用量亦不变，则可以把它们看作一个工步，如图1-2中，在工件上钻4个 $\phi 10\text{mm}$ 的孔，用一个钻头顺次进行加工，则可算作一个工步 钻4— $\phi 10$ 孔。

为了提高生产率，用几把刀具同时加工几个表面的工步，称为复合工步 在工艺规程上把复合工步看作一个工步(如图1-3所示)。

### 3. 走刀

在一个工步内，由于余量较大或其他原因，需用同一刀具分几次切削，刀具对工件每一次切削就称为一次走刀，或称为工作行程。

### 4. 安装

在一个工序中，有时需对零件进行几次装夹加工，每装夹一次称为一次安装。表1-1中工序1及2都需要两次安装，在磨削工序4中也需两次安装才能把各段外圆磨出。

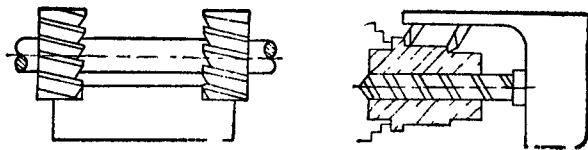


图 1-3 复合工步

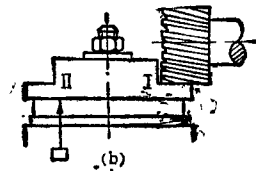
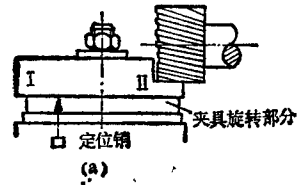


图 1-4 一次安装两个工位  
(a) 第一工位 (b) 第二工位

在每一道工序中，应尽量减少安装次数，因为多一次安装，就多产生一次安装误差，还增加了装卸工件的辅助时间。

### 5. 工位

工件在一次安装后，先后处于不同的位置进行加工，称为工位。图1-4所示为工件在回转夹具上加工台阶面，当铣完台阶面I后，不卸下工件，将夹具回转 $180^\circ$ ，再加工台阶面II。这道铣削工序只需一次安装，但有两个工位。

## 三、生产纲领和生产类型

企业在计划期内应当生产的产品产量和进度计划称为生产纲领。产品的生产纲领确定后，就可以根据各种零件在该产品中的数量、备品及允许的废品率来确定零件的生产纲领。根据车间具体情况，可以分批投产。每次投入或产出的产品（或零件）数量，称为生产批量。

生产纲领的大小对加工过程和生产组织起着重要的作用，它决定了各个工序所需的专业化和自动化的程度，决定了所选用的工艺方法和机床设备。

年生产纲领可按下列式计算，

$$N = Qn(1 + \alpha + \beta)$$

式中  $N$ ——零件的年生产纲领(件/年),  
 $Q$ ——产品的年产量(台/年),  
 $n$ ——每台产品中的零件数(件/台),  
 $\alpha$ ——备品的百分率(%),  
 $\beta$ ——废品的百分率(%).

根据生产纲领的大小及产品品种的多少,机械制造业的生产可以分为三种类型,即单件小批生产、中批生产及大批大量生产。

(1) 单件小批生产 每个产品只制造一个或数个。一个工作地点要进行多品种和多工序的加工,例如新产品试制、工夹模具制造、修配件生产、重型机械及轻工机械的制造,都属于这种类型。

(2) 中批生产 产品周期地成批投产。一个工作地点成批地制造相同的零件,而且周期地重复生产,例如一般机床及轻工机械的制造,都属于这种生产类型。

(3) 大批大量生产 产品数量很大。大多数工作地点经常重复地进行某一零件的某一道工序的加工,例如汽车、轴承、缝纫机及自行车等制造,多属于大批大量生产。

各种生产类型的工艺过程特点如表1-2所示。

影响生产类型的因素不仅是生产纲领,它还与产品的复杂程度有关,表1-3为年产量、产品复杂程度对生产类型的影响,可供确定生产类型时的参考。

表 1-2 各种生产类型的工艺过程特征

特 点	单件小批生产	中批生产	大批大量生产
毛坯的制造方法及加工余量	铸件用木模手工造型;锻件用自由锻。毛坯精度低,加工余量大	部分铸件用金属模;部分锻件用模锻,毛坯精度中等,加工余量中等	铸件广泛采用金属模机器造型;锻件广泛采用模锻,及其它高生产率的毛坯制造方法。毛坯精度高,加工余量小
机床设备及其布置形式	采用通用机床。机床按类别和规格大小采用“机群式”排列布置	采用部分通用机床和部分高生产率机床。机床按加工零件类别分段排列布置。	广泛采用高生产率的专用机床及自动机床,机床设备按流水线形式排列布置
夹具	多用标准附件,很少采用专用夹具,靠划线及试切法达到尺寸精度	广泛采用夹具,部分靠划线法达到加工精度	广泛采用高生产率夹具,靠夹具及调整法达到加工精度
刀具与量具	采用通用刀具,万能量具	较多采用专用刀具及专用量具	广泛采用高生产率刀具和量具
对工人的要求	需要技术熟练的工人	需要一定技术熟练程度的工人	对操作工人的技术要求较低对调整工人要求较高。
工艺文件	有简单的工艺路线卡	有工艺规程,对关键零件有详细的工艺规程	有详细的工艺文件

表 1-3

生产类型的划分

生产类型	同类零件的年产量 (件)		
	重 型 (零件重>2000kg)	中 型 (零件重100~2000kg)	轻 型 (零件重<100kg)
单件生产	<5	<20	<100
小批生产	5~100	20~200	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	>5000	>50000

#### 四、机械加工工艺规程

一个零件可以用几种不同的加工工艺来制造。在一定的生产条件下, 确定一种较合理的加工工艺, 将它写成技术文件来指导生产, 这类文件称为工艺规程。它包括以下内容:

- (1) 零件的加工工艺顺序;
- (2) 各道工序的具体内容;
- (3) 工序尺寸及切削用量;
- (4) 各道工序采用的设备及工艺装备;
- (5) 工时定额, 等等。

机械加工工艺规程是机械制造厂最重要的技术文件之一。它是指导生产的主要依据, 工人必须遵照它进行生产, 才能保证产品质量的稳定、较高的生产率和较好的经济效果。工艺技术人员也应采取先进的、经济的加工技术, 总结工人的革新, 不断改进和提高工艺, 使制定出来的工艺规程能更好地指导生产。

工艺规程也是组织生产和管理工作的主要依据。生产计划部门将根据工艺规程中对毛坯种类、规格及数量的要求, 制定原材料及毛坯的供应计划; 根据工艺规程中各道工序需用的设备的规定, 调整安排机床的负荷; 根据工艺规程中的工时定额, 安排生产计划及组织劳动力。工艺装备部门将根据工艺规程中对工装的要求, 安排专用工装的设计及制造。财务部门将根据工艺规程进行产品成本的核算。

把上述工艺规程的内容填写在一定格式的卡片上, 即成为工艺文件。目前, 工厂中常用的工艺文件有以下几种卡片:

##### 1. 机械加工工艺过程卡片

机械加工工艺过程卡片包括零件加工过程的全部工序。每个零件编制一份。每道工序只写出其名称、应用设备、工装及工时定额, 而不写工序的详细内容。它只供生产管理部门应用。在单件小批生产中, 需将工艺过程卡片填写得详细些(也称为机械加工工艺卡片), 需写出各工序的具体内容, 包括定位装夹、工序尺寸及检验要求等。它具有指导生产的作用。机械加工工艺过程卡片的格式见表1-4。

表 1-4

机械加工工艺过程卡片

材料牌号		毛坯种类		毛坯外形尺寸		产品型号		零(部)件图号		共 页		
						产品名称		零(部)件名称		第 页		
材料牌号		毛坯种类		毛坯外形尺寸		每毛坯件数		每台件数		备注		
工序号	工序名称	工 序 内 容				车间	工段	设备	工 艺 装 备		工 时	
											准终	单件
								编 制 (日期)	审 核 (日期)	会 签 (日期)		
标记	处数	更改 文件号	签字	日期	标记	处数	更改 文件号	签字	日期			

## 2. 机械加工工序卡片

机械加工工序卡片是指导机械加工工人进行操作的工艺文件。它用于大批大量生产中或中批生产中的重要零件。每一道工序编写一张工序卡片。它的内容包括该工序的定位基准选择、工件安装方法、工序尺寸及公差、工序加工简图、切削用量、采用的机床、工装及工时定额等。机械加工工序卡片的格式见表1-5。

机械加工工艺规程的制定，可以按下列步骤进行：

- (1) 计算生产纲领，确定生产类型；
- (2) 研究分析零件图纸；
- (3) 确定毛坯种类、结构及尺寸；
- (4) 拟定工艺路线，选择定位基准和加工方法；



(8) 填写工艺文件。

## §1-2 零件图的工艺分析

工艺技术人员在编制零件的机械加工工艺规程之前，必须研究零件图及装配图，了解零件在产品中的作用及其工作条件，从加工制造的角度来分析审查零件的结构、尺寸精度、形位精度、表面粗糙度、材料及热处理等技术要求是否合理，是否便于加工和装配。往往改善了零件的结构工艺性，可以大大减少加工工时，简化工装并降低成本。如果是新产品的图纸，则更须经过工艺分析和审查，如发现问题，可以和设计人员商量作出修改。其次，工艺人员通过工艺分析后对零件有更深入的了解，才可能制订出合理的工艺规程。

零件的工艺分析和审查，主要包括以下内容：

(1) 分析审查零件选用的材料是否便于加工。如图1-5中圆柱凸轮的槽部(12H11)需淬硬，材料为45号钢。但距离槽部不远处有一 $\phi 8$ 配作锥肖孔，必须在装配时配作。若在淬火前钻出孔，淬火后发生变形，配铰也有困难。若在淬火后加工孔，又因硬度高而加工不动。若采用槽部局部高频淬火，因零件尺寸小， $\phi 8$ 孔离槽部很近，也会被淬硬。

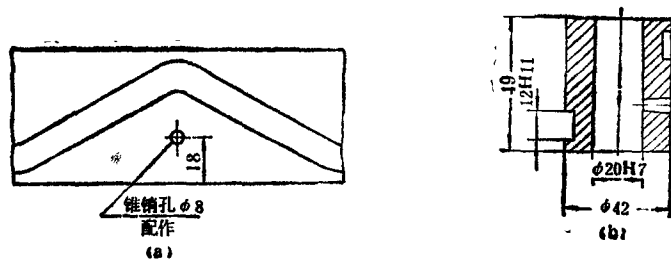


图 1-5 圆柱凸轮  
(a) 展开图 (b) 剖面图

可以把材料改为20或20Cr钢，工艺路线如下：

车外圆(放余量)——铣槽——渗碳——车去外圆渗碳层及加工内孔——钻 $\phi 8$ 孔——淬火回火——装配配作 $\phi 8$ 孔

这样，因 $\phi 8$ 孔处系低碳钢淬不硬，可以进行配作加工。

在满足零件工作性能要求的前提下，还应注意降低零件的成本。材料的选择应结合我国国情，多采用来源充足的材料，不随意选用贵重钢材及贵金属。表1-6中列举了一些常用金属材料的相对价格。

(2) 分析审查零件图上的尺寸精度、形状精度、表面粗糙度等技术要求是否齐全和合理，结合现有的生产条件能否达到规定要求，应采取什么技术措施。有无要求过高而影响加工的经济性及生产率之处。

表 1-6

常用材料的相对价格

材 料	种 类 名 称	相 对 价 格
铸 件	灰铸铁铸件	1
	碳钢铸件	2
	铜合金、铝合金铸件	8~10
热轧圆钢	A3钢	1
	优质碳素结构钢	1.5~1.8
	合金结构钢	1.7~2.5
	弹簧钢	1.7~3.0
	滚动轴承钢	3.0
	合金工具钢	3.0~20

(3) 分析审查零件的结构工艺性。铸件在机器零件中应用较广，铸件结构工艺性主要应避免由于结构不合理而引起铸造缺陷以及使铸造工艺复杂化。因此对铸件结构的工艺分析应注意以下几点：

① 铸件形状要尽量简单，以便于模型制造。内腔形状应尽量用直线轮廓，减少泥芯数量，以简化造型及造泥芯的操作。

② 铸件的垂直壁及筋都应有拔模斜度，内表面的斜度大于外表面，以便取出模型和泥芯。

③ 铸件的最小允许壁厚与铸造合金、浇注温度和铸件大小等因素有关。在一般生产条件下，常用几种铸造合金在砂型铸造时的最小允许壁厚如表1-7所示。

表 1-7

砂型铸造时铸件最小允许壁厚

(单位: mm)

铸件尺寸	铸 钢	灰铸铁	球 铁	可锻铸铁	铝 合 金	铜 合 金	镁 合 金
200 × 200 以下	6~8	5~8	6	4~5	3	3~5	—
200 × 200~500 × 500	10~12	6~10	12	5~8	4	6~8	3
500 × 500 以上	18~25	15~20	—	—	5~7	—	—

注：在改善铸造条件的情况下，灰铸铁的最小允许壁厚可 $\leq 3\text{mm}$  其他合金也可减小

铸件也不应设计得太厚，否则会造成铸件中心部份晶粒粗大，机械性能降低及出现缩孔、缩松等缺陷。受力较大的铸件不应以单纯增加壁厚的方式来增加铸件的强度。

图1-6为铸件壁厚应均匀的几个实例。

图1-7为起模方向应有斜度的实例。

图1-8为改进妨碍起模的铸件结构实例。

图1-9为减少大水平平面，便于杂质和气体排除，并减少内应力的实例。图中铸出孔的轴线方向应与起模方向一致。

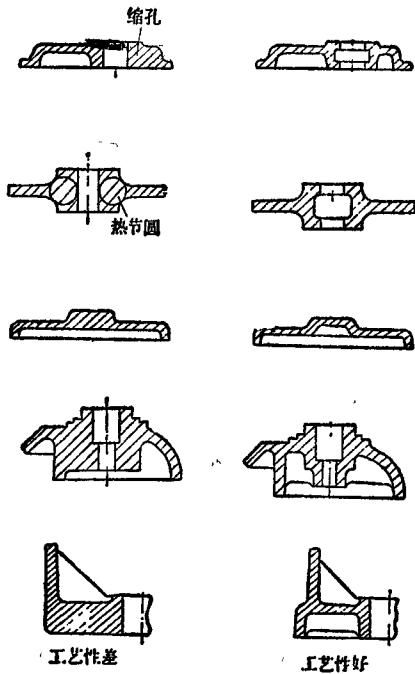


图 1-6 壁厚要均匀的实例

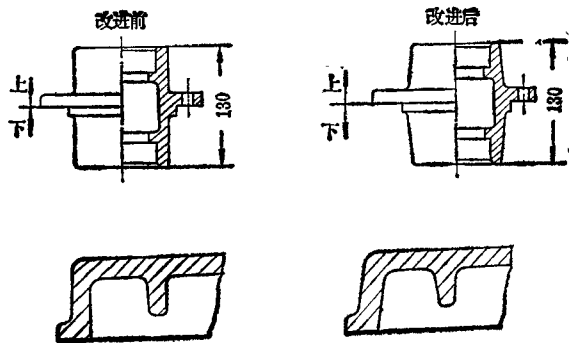


图 1-7 起模方向要有斜度

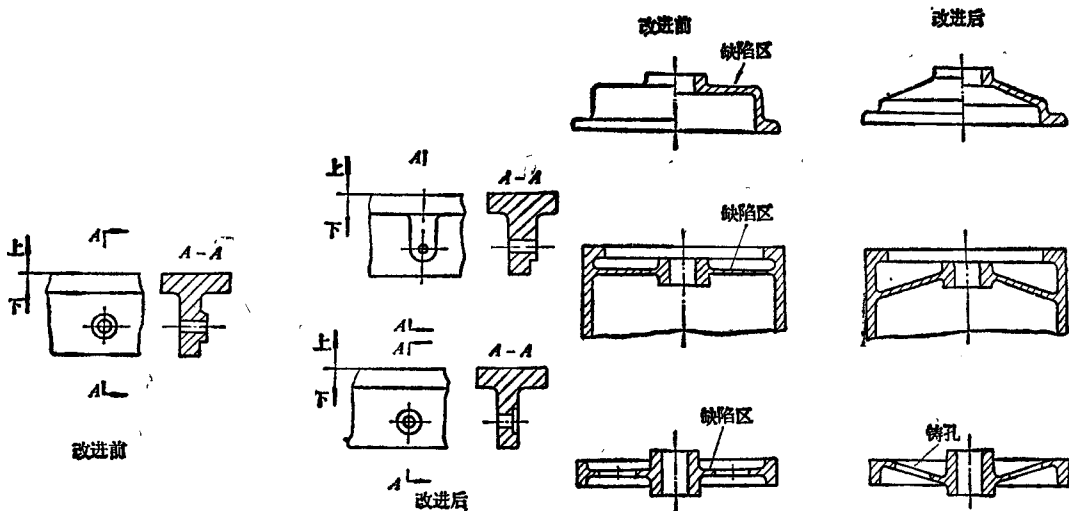


图 1-8 改进妨碍起模的铸件结构

图 1-9 减少大水平平面的实例

锻件包括自由锻和模型锻的锻件，它们的结构应注意到以下几个方面：

自由锻造由于只能使用简单、通用的工具，因而锻件的形状复杂程度受到很大限制，在设计自由锻造锻件的形状结构时，应考虑到自由锻能否锻出，特别是不需切削加工的表面。图1-10(a)中的锥面、斜面、非平面的相交结构、加强肋及凸台等形状结构，