


第2篇

零 部 件 结 构 工 艺 性



主编单位 天津大学

编写单位 厦门电视大学
南京市机械研究所
天津大学
天津大学机电分校

主 编 张纪锁

编写人 张纪锁 钱天江 王秀文 李映铠
杨世俊 陈志强

主 审 林汉元



第 1 章 概 论

1 结构工艺性的概念

随着工业生产的发展,对机械产品提出了越来越高的要求。这些要求主要有:

- (1) 能适应现代化的技术水平。
- (2) 使用性能好,经济,方便。
- (3) 在一定的生产批量和制造能力条件下,能用最经济的方法制造出来。

符合上述要求的机械设计,称具有设计工艺性。机器及其零部件的设计工艺性在结构设计中的体现,称结构工艺性。

结构工艺性具有综合性属性,可从两个方面说明:

(1) 结构工艺性的保证应该是无条件的,设计人员在产品及其零部件设计的各个阶段,如拟定技术任务书、简图设计、技术设计等,都要考虑结构工艺性问题,同时还应该重视工艺人员在这方面的职责,从简图设计开始就应当对图样进行工艺性检查。

(2) 结构工艺性是一个完整的概念,设计时要考虑到生产的全过程。在毛坯制造、热处理、切削加工、装配以及维修等各个阶段都要考虑工艺性问题,以使整个生产过程劳动投入最小和费用最低。

结构工艺性也具有相对性属性,所谓相对性是指结构工艺性会受到诸多因素的影响。其主要影响因素有:

(1) 生产类型。生产类型是影响结构工艺性的首要因素。同样的结构,其工艺性随生产批量的不同而变化,在单件小批生产中具有良好工艺性的结构,在批量生产的流水线上并不一定好,在大量生产的自动线上甚至可能变得很不好。因此零部件的结构必须与生产类型相适应。以内燃机用的大型锻造曲轴毛坯为例,在单件小批生产时多采用自由锻造,曲轴拐的形状应便于进行加工,见图 2-1-1a;在中等批量生产时,曲轴可采用全纤维锻造,曲拐不再加工,形状可设计成椭圆形,见图 2-1-1b。

(2) 制造条件。零部件结构还必须与生产厂的制造条件相适应。例如,装备有数控机床的单件生产车间,与仅有普通机床的单件生产车间相比,它们的制造能力及工艺水平会有明显的差异。设计零件结构时就

应有相应的变化。

(3) 工艺技术的发展。先进工艺和新加工技术的不断涌现是促进零部件结构变化的又一重要因素。精密铸造、精密锻造、精密冲压、挤压、镦锻以及轧制成形等工艺,使毛坯趋近于成品;真空技术、离子氮化和镀渗工艺等在热处理工序中广泛采用,大大改善了零件的表面质量;电火花加工、电解加工、激光加工、电

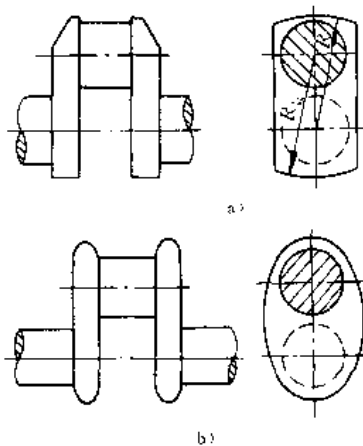


图 2-1-1 自由锻造与弯曲锻的曲轴结构
a) 自由锻造 b) 弯曲锻

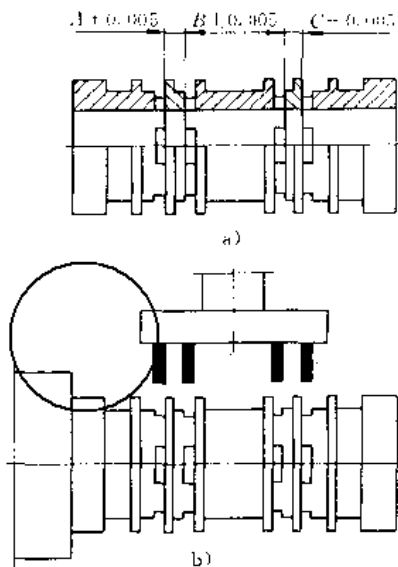


图 2-1-2 电液伺服阀的阀套结构
a) 组合结构 b) 整体结构



子束加工和超声加工等技术的发展,使复杂型腔、异形微孔以及工业陶瓷材料等的精密加工变得较为容易和方便。例如,电液伺服阀的阀套精密方孔的加工,为了保证方孔之间的尺寸精度($\pm 5\mu\text{m}$),原先将阀套分成五部分,分别加工后联结起来再进行研磨,见图2-1-2a。由于电火花加工精度的提高,原有的组合结构可改为整体结构,见图2-1-2b。

2 结构工艺性对产品结构的基本要求

(1) 机器的总体布局和整体结构应尽可能简单,且能划分为若干个子系统,以便于分别进行加工、检验、装配和维护;

(2) 整机的基础件需有合适的基准,且应设置必要的环节或装置(如定心装置、定位装置以及补偿调节装置等),以确保各子系统之间的精度和其他的技术要求;

(3) 为提高整机的可靠性和安全性,设计时应尽量采用经过实践考验过的零部件结构;

(4) 提高部件与组件的通用性和零件的互换性,尽量采用标准件,以缩短生产周期,降低产品成本;

(5) 在满足工作性能的前提下,尽量减少部件中的零件数目,零件结构应由标准化和规格化的结构要素组成,并应合理地规定零件的技术要求;

(6) 结合生产类型和制造条件,应合理地确定毛坯,使之尽量趋近零件的形状与尺寸,减少切削加工的劳动量;

(7) 合理地选择材料和正确地标注尺寸。

3 结构工艺性的评价

3.1 评价结构工艺性的范畴和原则

结构工艺性是一种结构特性,因此在评价时应首先明确其评价范畴:其一是,应该把结构工艺性与“经济设计”区分开来,所谓经济设计是根据产品的特点和使用条件,选择最佳经济技术指标的过程;其二是,由于影响产品成本的因素很多,故在进行评价时,必须分清哪些是仅与结构有关的因素。

评价结构工艺性的目的是在性能上等价的诸多方案中,选取制造成本最低的结构。在进行分析时应查明:

- (1) 用已有的工艺方法获得所设计形状的可能性;
- (2) 达到给定精度与表面粗糙度的可能性;

- (3) 进行各种加工的方便程度;
- (4) 加工时需要的工艺装备(工具、夹具、量具、模具等)的复杂程度及其寿命;
- (5) 加工时的安全可靠;
- (6) 采用企业现有典型工艺的可能性;
- (7) 采用成组技术的可能性。

3.2 结构工艺性的评价过程和评价方法

结构工艺性的评价过程,见图2-1-3。

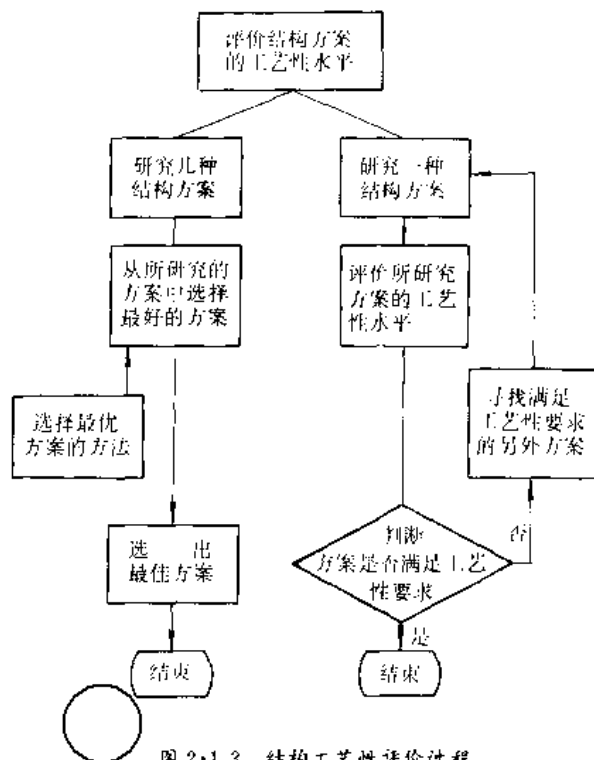


图2-1-3 结构工艺性评价过程

评价的方法有:

(1) 定性指标评价,它又可分为:

- 1) 按二元性标度,即某一结构是工艺性结构,抑或非工艺性结构;
- 2) 按相对标度,即某一结构的工艺性较好或较差。

(2) 定量指标评价,这种评价方法是对满足工作要求的各个结构的工艺性水平值与基准参数进行比较,确定一种或几种数值指标。依据这些客观数值指标,选取最优的结构方案。

提高结构工艺性水平的直接效益有:

- (1) 减少了制造产品的劳动投入;
 - (2) 降低了材料和劳动资源的消耗;
 - (3) 缩短了新产品的开发周期。
- 统计表明,改善工艺性能使产品成本下降5%~



10%,对于个别零部件可能会有更大的收益。因此,从某种意义上讲,改进结构工艺性带来的技术经济效益,并不亚于企业管理的科学化和生产过程的机械化、自动化。设计人员应较全面地具备这方面的知识,与工艺人员通力合作,设计出符合当代工艺水平的零部件结

构,以适应生产技术的发展。

本篇将扼要地介绍零件结构的铸造工艺性、锻造工艺性,冲压工艺性,热处理工艺性,切削加工工艺性和常用工程塑料件与粉末冶金件的结构工艺性以及零部件的装配工艺性。

第2章 零件结构的铸造工艺性^{[1][2]}

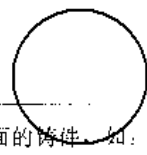
零件结构的铸造工艺性是根据合金种类、生产批量、铸造方法和经济性进行综合分析后确定的。为便于制造、防止产生铸造缺陷,应优化铸件结构,这对保证铸件质量、提高劳动生产率和经济效益,均是十分重要

的。

1 常用合金铸件的结构要点及应用 (表 2-2-1)

表 2-2-1 常用合金铸件的结构要点及应用

类别	材料性能	结构要点及应用
灰铸铁件	流动性好、体收缩和线收缩小 综合力学性能低,抗压强度比抗拉强度高2~3倍。减振性好。弹性模量较低。强度和硬度对铸件的厚度变化敏感大	结构可以复杂,且允许不对称。如发动机的气缸体,筒套;各种机床的床身、底座、平板、平台等铸件
球墨铸铁件	与灰铸铁相比,其流动性稍优,体收缩大而线收缩小,故易产生缩孔、缩松;内应力大,易冷裂 综合力学性能较高,弹性模量高,耐磨性、冲击韧性及疲劳强度均优于灰铸铁;减振性能差	一般多设计成均匀壁厚;对于厚大截面件,可采用空心结构,如球墨铸铁曲轴轴颈部位
蠕墨铸铁件	流动性好,线收缩与灰铸铁相近;但收缩前膨胀值比灰铸铁大。体收缩比球墨铸铁小 力学性能介于灰铸铁与球墨铸铁之间。强度和硬度适中,有一定的塑韧性、耐磨性、较高的热导率和致密性	适用于较薄的和中等截面的铸件,如:玻璃模具,气缸套,排气管、变速箱体、气缸盖、泵、阀门、带导轨面的重型机床件等
可锻铸铁件	流动性差,体收缩大,易形成缩孔、缩松。退火后,最终线收缩很小,退火前,很脆,毛坯易损坏 综合力学性能稍次于球墨铸铁,冲击韧度比灰铸铁大3~4倍	由于铸态要求白口,一般是薄壁均匀件,常用厚度为5~16mm。为增加其刚性,截面形状多为I字形、T字形或箱形,避免十字形截面;零件突出部分宜用肋条加固
碳素结构钢件	流动性差,体收缩、线收缩和裂纹敏感性都较大 综合力学性能高;抗压强度与抗拉强度几乎相等。减振性差	结构应具有最少的热节点,并创造顺序凝固的条件。相邻壁的联接和过渡更应圆滑;铸件截面宜采用箱形和槽形等近似封闭状的结构;一些水平壁应改成斜壁或波浪形;整体壁改成带窗口的壁。窗口形状最好为椭圆形或圆形,窗口边缘须做出凸台,以减少产生裂纹的可能



(续)

类别	材料性能	结构要点及应用
抗磨高锰钢件	流动性较好, 线收缩大, 导热性差, 热应力较大, 易产生裂纹 具有加工硬化性质, 在经受强烈的冲击或挤压时, 表面层强度和硬度大为提高	壁厚要求均匀, 且尽量采用同时凝固方案。适用于制造承受冲击或挤压条件下的抗磨零件。如挖掘机的抓斗前壁和抓斗齿、拖拉机和坦克的履带板、球磨机衬板等
高速工具钢件	体收缩大, 易形成缩孔; 导热性差, 易产生裂纹; 为细化晶粒和防止偏析, 浇注温度要低 具有很高的红硬性、耐磨性及硬度, 故有良好的切削能力	类似碳素结构钢件 适用于制造各种刀具
锡青铜和磷青铜件	结晶温度范围宽, 流动性差, 易产生缩松和反偏析。体收缩率小 高温力学性能差, 易脆。强度随截面增大而显著下降。耐磨性好	壁厚不得过大; 零件突出部分应用较薄的加强肋加固, 以免热裂; 形状不宜太复杂
无锡青铜和黄铜件	收缩较大, 结晶范围小, 易产生集中缩孔; 流动性好 耐磨、耐腐蚀性好	类似碳素结构钢件
铝-硅系合金件	流动性好, 无热裂倾向, 线收缩小, 气密性高, 良好的耐腐蚀性。吸气倾向大, 易形成集中缩孔 强度对铸件壁厚变化的敏感大	壁厚不能过大; 形状可以复杂。适用生产活塞、缸体、油泵壳体、仪器零件等
镁-铝-锌系合金件	流动性好, 热裂倾向小 有一定的耐腐蚀性	壁厚尽量均匀, 避免尖角。用于较高载荷的结构件, 如飞机机舱连接框、电机壳体及发动机零件等
钛及其合金件	比强度高, 强度接近钢, 具有优良的耐腐蚀性能、高温性能和低温性能。弹性模量低。铸态为粗晶组织	多为均匀薄壁件。常用石墨型铸造。适用于制造电站凝汽器和化工工程零部件等

2 铸件的结构要素

2.1 最小允许壁厚

最小允许壁厚与合金种类、铸造方法、铸件尺寸大小、形状等因素有关。为了防止金属液浇注不足, 铸件

壁厚不能太小。砂型铸造时, 各类铸件的最小允许壁厚的参考数值见表 2-2-2。金属型铸造时, 各类铸件的最小允许壁厚的参考数值见表 2-2-3。

设计零件时, 不应单纯以增加铸件壁厚作为提高刚度和强度的唯一方法, 改变截面形状有时可以更经济有效地提高刚度和强度。

表 2-2-2 砂型铸造最小允许壁厚

(mm)

铸造合金	铸件平均轮廓尺寸						
	<200	200~400	400~800	800~1250	1250~2000	>2000	
铸铁	灰铸铁	4~6	5~8	6~10	7~12	8~16	10~20
	球墨铸铁	5~7	6~10	8~12	10~14	—	—
	可锻铸铁	3~5	4~6	5~8	—	—	—
铸钢	碳素钢	5~6	6~8	8~10	10~12	12~16	15~20
	低合金结构钢	6~8	8~10	10~12	12~16	16~20	20~25



(续)

铸造合金		铸件平均轮廓尺寸					
		<200	200~400	400~800	800~1250	1250~2000	>2000
铸钢	高强度钢	8~10	10~12	12~16	16~20	20~25	—
	不锈钢	8~10	10~12	12~16	16~20	20~25	—
	耐热钢	8~10	10~12	12~16	16~20	20~25	—
铸造铜合金	锡青铜	3~5	5~7	6~8	—	—	—
	无锡青铜	≥6	≥8	—	—	—	—
	黄铜	≥6	≥8	—	—	—	—
	特殊黄铜	硅黄铜	≥4		—	—	—
		其他	≥6		—	—	—
铸造铝合金		3~5	5~6	6~8	8~12	—	—
铸造镁合金		4~6	5~7	—	—	—	—
铸造锌合金		≥3	—	—	—	—	—

注：1. 结构复杂的铸件及灰铸铁牌号较高时，选取偏大值。
2. 若有特殊需要，在改善铸造条件的情况下，灰铸铁最小允许壁厚可≤3mm。

表 2-2-3 金属型铸造最小允许壁厚 (mm)

铸件平均轮廓尺寸	最小允许壁厚					
	铸钢	灰铸铁	可锻铸铁	铝合金	镁合金	铜合金
<70	5	4	2.5~3.5	2~3	—	3
70~150	—	5	3.5~4.5	4	2.5	4~5
>150	10	6	—	5	—	6~8

2.2 铸件壁的联接与过渡

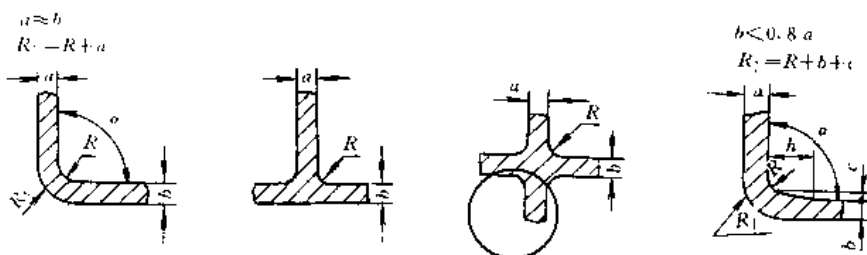
铸件壁的联接部分易形成热节点，并产生较大的铸造应力，出现裂纹、缩孔、缩松和粘砂等缺陷。故联

接部分应圆滑过渡，避免热节过大，转弯部分要做成圆角。

2.2.1 铸造内圆角半径及过渡尺寸 (表 2-2-4)

表 2-2-4 铸造内圆角半径 R 值及过渡尺寸 (mm)

$\frac{a+b}{2}$	内圆角 α											
	≤50°		51°~75°		76°~105°		106°~135°		136°~165°		>165°	
	钢	铁	钢	铁	钢	铁	钢	铁	钢	铁	钢	铁
≤8	4	4	4	4	6	4	8	6	16	10	20	16
9~12	4	4	4	4	6	6	10	8	16	12	25	20



此星公司制作 请尊重作者版权



(续)

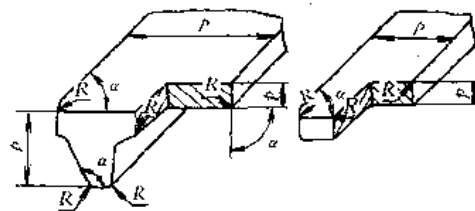
$\frac{a+b}{2}$	内圆角 α											
	$\leq 50^\circ$		$51^\circ \sim 75^\circ$		$76^\circ \sim 105^\circ$		$106^\circ \sim 135^\circ$		$136^\circ \sim 165^\circ$		$> 165^\circ$	
	钢	铁	钢	铁	钢	铁	钢	铁	钢	铁	钢	铁
13~16	4	4	6	4	8	6	12	10	20	16	30	25
17~20	6	4	8	6	10	8	16	12	25	20	40	30
21~27	6	6	10	8	12	10	20	16	30	25	50	40
28~35	8	6	12	10	16	12	25	20	40	30	60	50
36~45	10	8	16	12	20	16	30	25	50	40	80	60
46~60	12	10	20	16	25	20	35	30	60	50	100	80
61~80	16	12	25	20	30	25	40	35	80	60	120	100
81~110	20	16	25	20	35	30	50	40	100	80	160	120
111~150	20	16	30	25	40	35	60	50	100	80	160	120
151~200	25	20	40	30	50	40	80	60	120	100	200	160
201~250	30	25	50	40	60	50	100	80	150	120	250	200
251~300	40	30	60	50	80	60	120	100	200	160	300	250
>300	50	40	80	60	100	80	160	120	250	200	400	300
过渡尺寸 c 和 h 值	b/a		< 0.4		$0.5 \sim 0.65$		$0.66 \sim 0.8$		> 0.8			
	$\approx c$		$0.7(a-b)$		$0.8(a-b)$		$a-b$		—			
	$\approx h$	钢	$8c$						铁			
		铁	$9c$									

注：对于高锰钢铸件，内圆角半径 R 值应比表中数值增大 1.5 倍。

2.2.2 铸造外圆角半径 (表 2-2-5)

表 2-2-5 铸造外圆角半径 R 值

(mm)



表面的最小边尺寸 p	外圆角 α					
	$\leq 50^\circ$	$51^\circ \sim 75^\circ$	$76^\circ \sim 105^\circ$	$106^\circ \sim 135^\circ$	$136^\circ \sim 165^\circ$	$> 165^\circ$
≤ 25	2	2	2	4	6	8
$> 25 \sim 60$	2	4	4	6	10	16
$> 60 \sim 160$	4	4	6	8	16	25
$> 160 \sim 250$	4	6	8	12	20	30
$> 250 \sim 400$	6	8	10	16	25	40



(续)

表面的最小边尺寸 P	外圆角 α					
	$\leq 30^\circ$	$31^\circ \sim 75^\circ$	$76^\circ \sim 105^\circ$	$106^\circ \sim 135^\circ$	$136^\circ \sim 165^\circ$	$> 165^\circ$
$> 400 \sim 600$	6	8	12	20	30	50
$> 600 \sim 1000$	8	12	16	25	40	60
$> 1000 \sim 1600$	10	16	20	30	50	80
$> 1600 \sim 2500$	12	20	25	40	60	100
> 2500	16	25	30	50	80	120

注：如按上表可选出不同的圆角半径 R 值时，应尽量减少或只取一适当的 R 值，以求统一。

2.2.3 壁的联接形式与尺寸 (表 2.2-6)

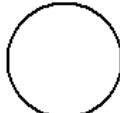
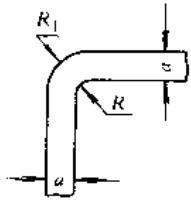
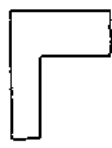
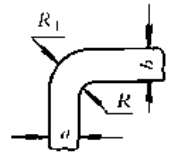
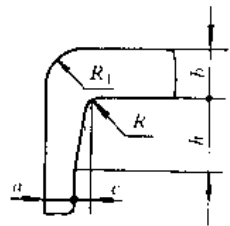
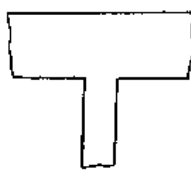
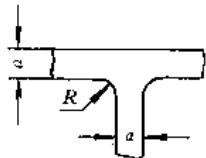
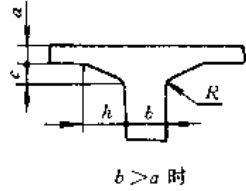
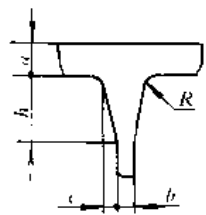
表 2.2-6 壁的联接形式与尺寸 (mm)

形式	图 例		联接尺寸
	改进前	改进后	
两壁斜向相联 ($\alpha < 75^\circ$)			$b = a$ $R = \left(\frac{1}{3} \sim \frac{1}{2} \right) a$ $R_1 = R + a$
			$b > 1.25a$, 铸铁 $h = 4c$ $c = b - a$, 铸钢 $h = 5c$ $R = \left(\frac{1}{3} \sim \frac{1}{2} \right) \left(\frac{a+b}{2} \right)$ $R_1 = R + b$
两壁斜向相交 ($\alpha < 75^\circ$)			$b \approx 1.25a$ $R = \left(\frac{1}{3} \sim \frac{1}{2} \right) \left(\frac{a+b}{2} \right)$ $R_1 = R + b$
			$h \approx 1.25a$, 铸铁 $h = 8c$ $c = \frac{b-a}{2}$, 铸钢 $h = 10c$ $R = \left(\frac{1}{3} \sim \frac{1}{2} \right) \left(\frac{a+b}{2} \right)$ $R_1 = R + \frac{a+b}{2}$

铸造公司制作 请尊重作者版权



(续)

形式	图 例		联接尺寸
	改进前	改进后	
两壁垂直相联		 <p>两壁相等时</p>	$R \geq \left(\frac{1}{3} \sim \frac{1}{2}\right) a$ $R_1 \geq R + a$
		 <p>$a < b < 2a$ 时</p>	$R \geq \left(\frac{1}{3} \sim \frac{1}{2}\right) \left(\frac{a+b}{2}\right)$ $R_1 \geq R + \frac{a+b}{2}$
		 <p>$b > 2a$ 时</p>	$b \geq a + c$, 铸铁 $h \geq 4c$ $c \approx 3\sqrt{b-a}$, 铸钢 $h \geq 5c$ $R \geq \left(\frac{1}{3} \sim \frac{1}{2}\right) \left(\frac{a+b}{2}\right)$ $R_1 \geq R + \frac{a+b}{2}$
两壁垂直相交		 <p>三壁相等时</p>	$R \geq \left(\frac{1}{3} \sim \frac{1}{2}\right) a$
		 <p>$b > a$ 时</p>	$b \geq a + c$, 铸铁 $h \geq 4c$ $c \approx 3\sqrt{b-a}$, 铸钢 $h \geq 5c$ $R \geq \left(\frac{1}{3} \sim \frac{1}{2}\right) \left(\frac{a+b}{2}\right)$
		 <p>$h < a$ 时</p>	$a \geq b + 2c$, 铸铁 $h \geq 8c$ $c \approx 1.5\sqrt{a-b}$, 铸钢 $h \geq 10c$ $R \geq \left(\frac{1}{3} \sim \frac{1}{2}\right) \left(\frac{a+b}{2}\right)$


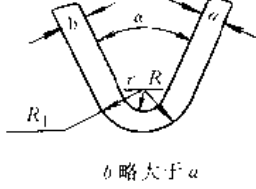

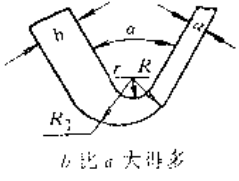
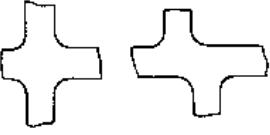
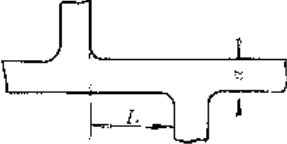
此星公司制作 请尊重原作者版权

村以并下

117



(续)

形式	图 例		联接尺寸
	改进前	改进后	
其他		 <p>b 略大于 a</p>	$a < 90^\circ$ $r = 1.5a$ $R = r + a$ $R_1 = 1.5r + a$
		 <p>b 比 a 大得多</p>	$a < 90^\circ$ $r = \frac{a+b}{2}$ $R = r \cdot a$ $R_1 = r \cdot b$
		 <p>$L > 3a$</p>	

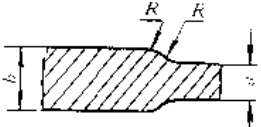
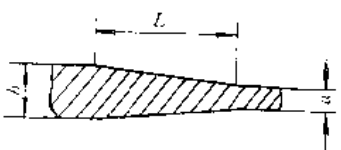
注：1. 圆角半径标准数列为：2、4、6、8、10、12、16、20、25、30、35、40、50、60、80、100mm。

2. 当壁厚大于 50mm 时， R 取公式中系数的小值。

2.2.4 壁截面的过渡形式与尺寸 (表 2.2.7)

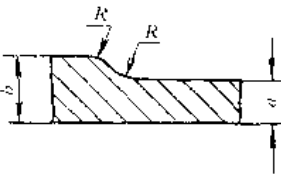
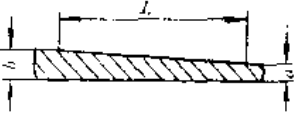
表 2.2.7 壁截面的过渡形式与尺寸

(mm)

图 例	过 渡 尺 寸												
	$R \geq \left(\frac{1}{3} \sim \frac{1}{2} \right) \left(\frac{a+b}{2} \right)$												
	$b \leq 2a$	铸铁	$\frac{a+b}{2}$	< 12	12~16	16~20	20~27	27~35	35~45	45~60	60~80	80~110	110~150
		铸钢 可锻铸铁 非铁合金	R	6	8	10	12	15	20	25	30	35	40
	铸铁	$L \geq 4(b-a)$											
	铸钢	$L \geq 5(b-a)$											



(续)

图 例	过 渡 尺 寸	
	$b \leq 1.5a$	$R \geq \frac{2a+b}{2}$
	$b > 1.5a$	$L = 4(a+b)$

2.3 加强肋

加强肋的种类、尺寸、布置和形状见表2.2-8。两壁之间肋的联接形式见表2.2-9。

2.4 法兰铸造过渡斜度

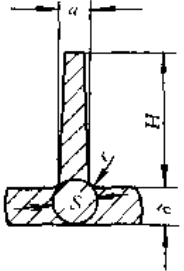
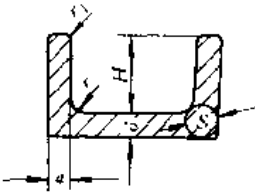
法兰铸造过渡斜度一般适用于减速器壳体、机盖、联接管、气缸等联接法兰的铸铁和铸钢件的过渡部分，

其尺寸参考数值见表2.2-10。

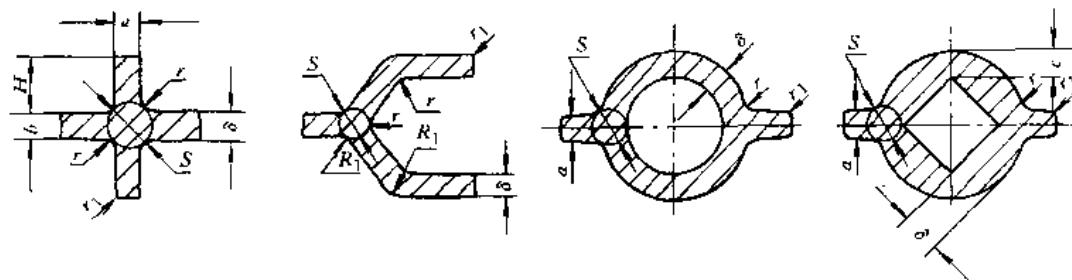
2.5 结构斜度（铸造斜度）

为便于起模，在铸件内外侧面顺铸型分型面垂直的方向上，应具有一定的斜度（即结构斜度）。为了避免上下边绝对尺寸相差过大，铸件越高，其结构斜度应相对减小，见表2.2-11。

表 2.2-8 加强肋的种类、尺寸、布置和形状

中部的肋		两边的肋	
	$H \leq 5\delta$ $a = 0.8\delta$ (若是铸件内部的肋, 则 $a \approx 0.6\delta$) $S = 1.3\delta$ $r = 0.5\delta$		$H \leq 5\delta$ $a = \delta$ $S = 1.25\delta$ $r = 0.3\delta$ $r_1 = 0.25\delta$

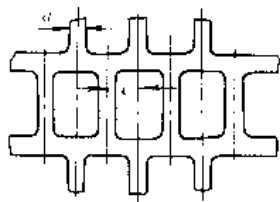
带有肋的截面的铸件尺寸比例



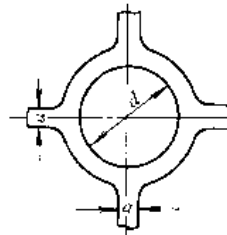
(续)

(δ的倍数)								
截面	H	a	b	c	R ₁	r	r ₁	S
十字形	3	0.6	0.6	—	—	0.3	0.25	1.25
叉形	—	—	—	—	1.5	0.5	0.25	1.25
环形肋	—	0.8	—	—	—	0.5	0.25	1.25
环形肋, 中间为方孔	—	1.0	—	0.5	—	0.25	0.25	1.25

肋 的 布 置

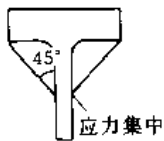


中小铸件用
 $c=2a$

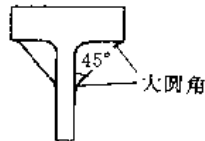


大铸件用
 $d=4a$

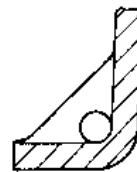
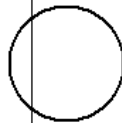
肋 的 形 状



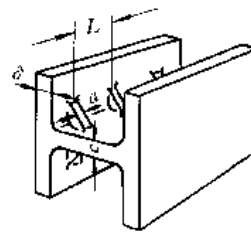
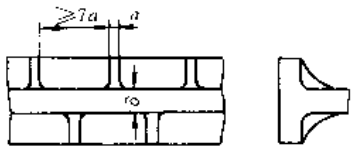
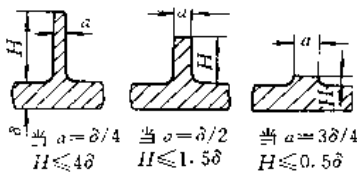
不合理



合理



中空的结构



$5 \leq a < \delta$
 $c = 2\delta/3$
 $L \geq 3\delta$

表 2-2-9 两壁之间肋的联接形式

序号	简 图	说 明	序号	简 图	说 明
1		抗弯性和抗扭曲性最差	3		较序号2的抗弯性和抗扭曲性稍高
2		仅在一个方向上有抗弯能力			



(续)

序号	简图	说明	序号	简图	说明
4		在两个方向上均有抗弯能力	8		较序号2的抗弯性和抗扭曲性稍高
5		较序号2的抗弯性稍高	9		
6			抗弯性较高	10	
7		11			

注：抗弯性和抗扭曲性大致按序号顺序递增。

表 2-2-10 法兰铸造过渡斜度

(mm)

简图	尺寸													
	ϕ	10~15	>15~20	>20~25	>25~30	>30~35	>35~40	>40~45	>45~50	>50~55	>55~60	>60~65	>65~70	>70~75
	k	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
	h	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75
	R	5	5	5	8	8	10	10	10	10	15	15	15	15

表 2-2-11 结构斜度

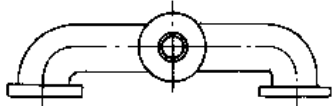
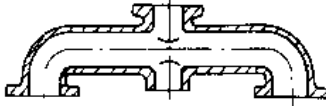
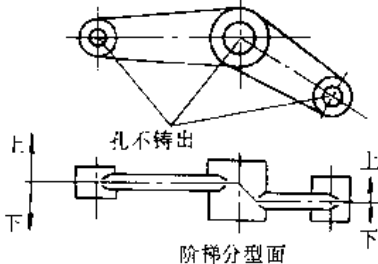
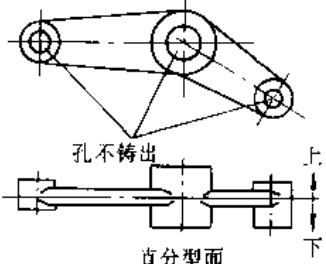
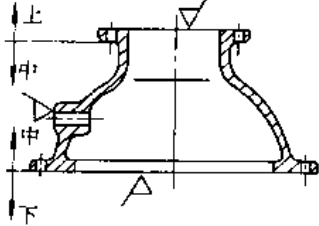
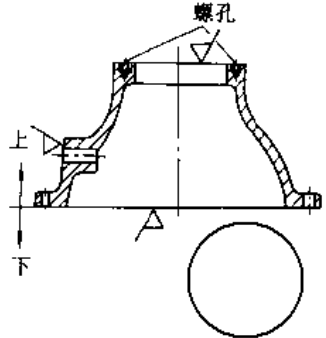
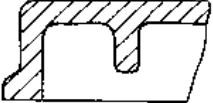
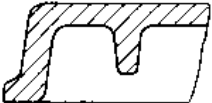
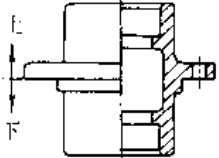
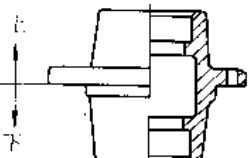
图例	斜度 $a:h$	角度 β	应用范围
	1:5	11°30'	$h < 25\text{mm}$ 时钢和铁的铸件
	1:10 1:20	5°30' 3°	$h = 25 \sim 500\text{mm}$ 时钢和铁的铸件
	1:50	1°	$h > 500\text{mm}$ 时钢和铁的铸件
	1:100	30°	非铁合金铸件

注：当设计不同壁厚铸件时，在转折点处的斜角最大还可增大到 30°~45°。



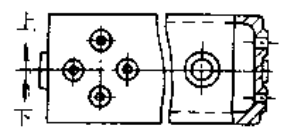
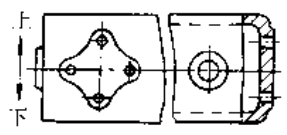
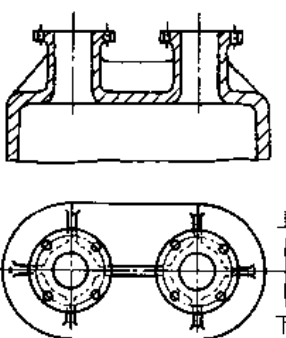
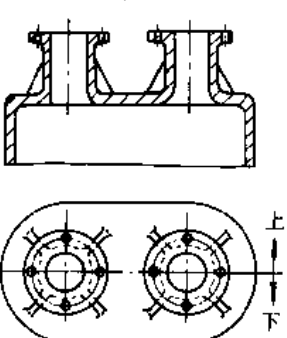
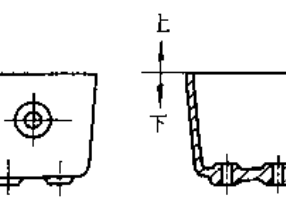
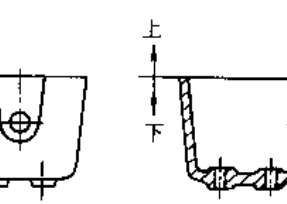
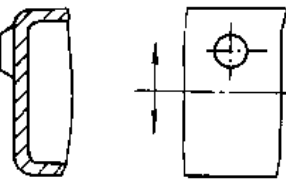
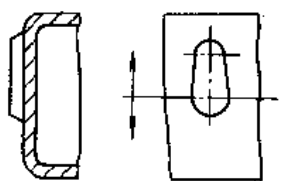
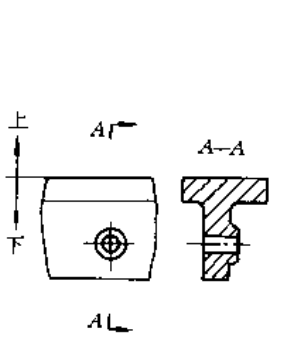
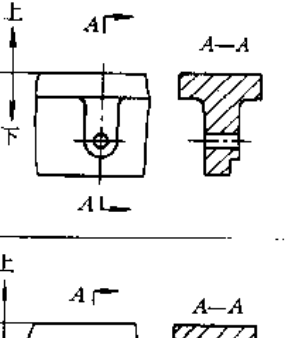
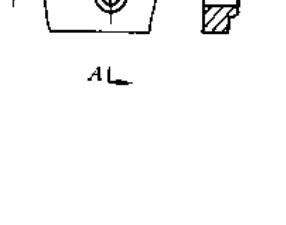
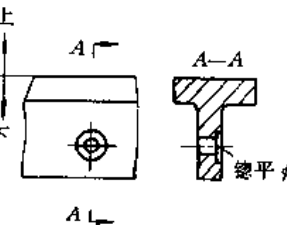
3 铸件结构与铸造工艺 (表 2-2-12)

表 2-2-12 铸造工艺对铸件结构的基本要求和示例

基本要求	图 例		说 明
	改 进 前	改 进 后	
造型方便			铸件外形应使分型方便,如三通管在不影响使用的情况下,各管口截面最好在一个平面上
			尽量避免出现阶梯分型面
			分型面应尽量减少,改进后,将小头法兰改成内法兰,使三箱造型变为两箱造型。大头法兰内孔加大,便于制造砂胎。为保证法兰强度,其厚度应稍增大
			在起模方向留有结构斜度(包括用砂胎形成的内腔)
			

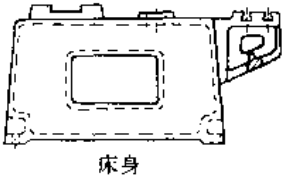
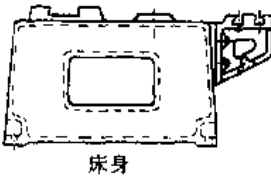
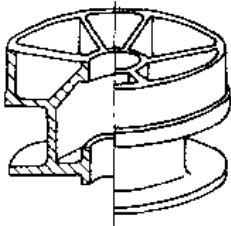
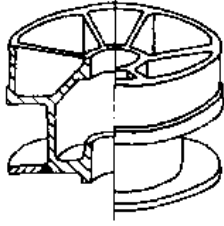
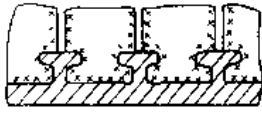
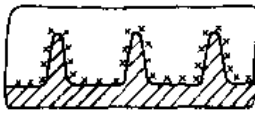
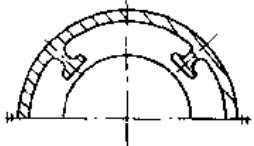
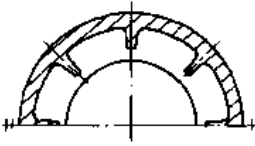
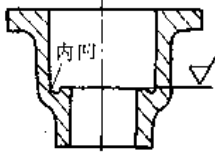
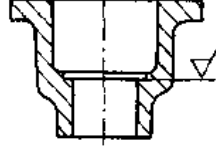
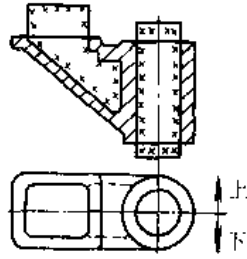
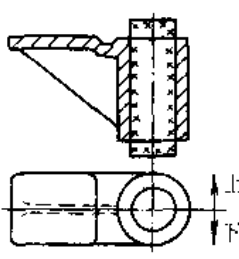


(续)

基本要求	图 例		说 明
	改 进 前	改 进 后	
造型方便			铸件外壁的相邻凸台应连成一片
			合理布置加强肋, 便于起模
			改进后, 较适合于机器造型、成批生产
			将凸台延长到分型线, 避免用活块, 简化操作, 适用成批生产
			为避免采用活块, 或少用型芯, 可将凸台加长, 延伸至分型面。若结构允许, 也可不设凸台, 采用铲平工艺
			

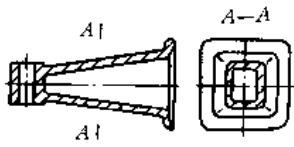
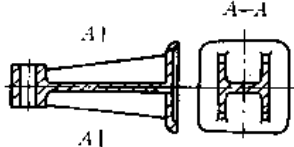
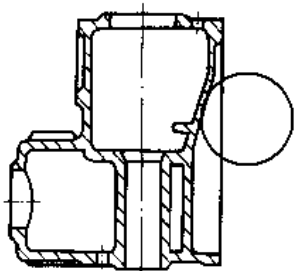
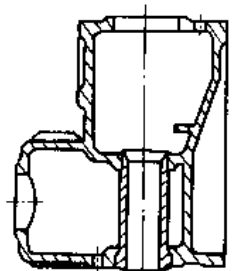
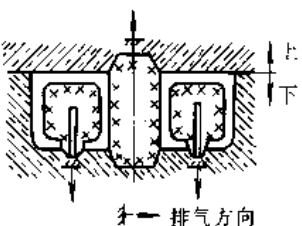
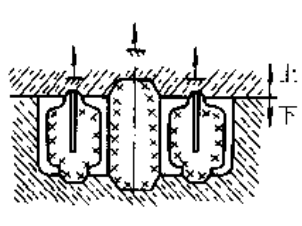
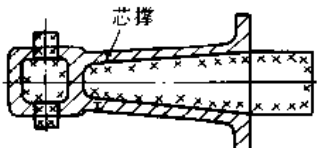
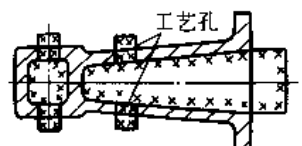
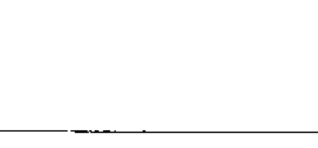
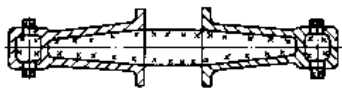
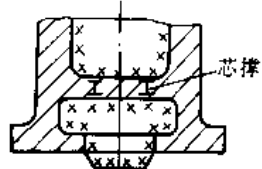
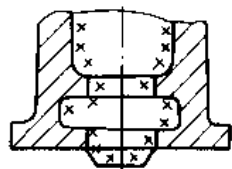
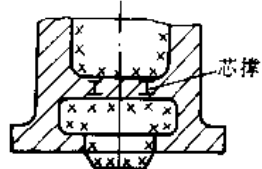
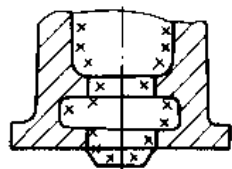


(续)

基本要求	图 例		说 明
	改 进 前	改 进 后	
造型方便	 <p>床身</p>	 <p>床身</p>	对于大型复杂件,为简化铸件结构,在不影响其精度、刚度及强度要求的情况下,可分成几个铸件,如床身由整铸改为分铸,然后用螺栓联接;鼓轮型铸钢件的法兰改成焊接组合
			
制芯方便			铸件内腔形状应尽量简单;减少型芯数量,并简化芯盒结构
			
	 <p>内凹</p>		
	 <p>上 下</p>	 <p>上 下</p>	

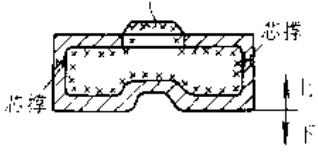
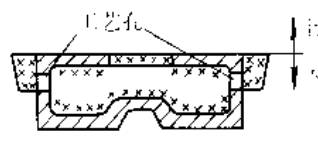
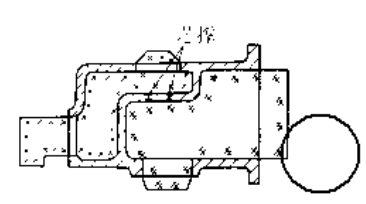
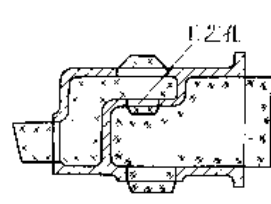
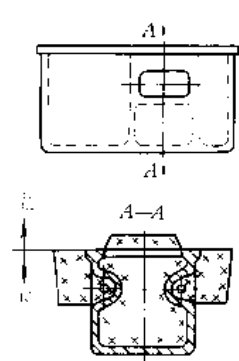
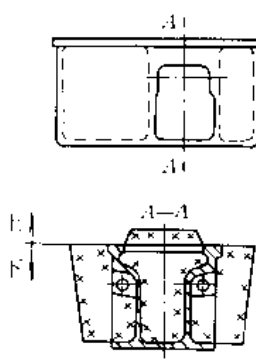


(续)

基本要求	图 例		说 明
	改进前	改进后	
制芯方便			<p>将箱形结构改为肋骨形结构,可省去型芯。但刚性和强度比箱形结构略差</p>
			<p>大型铸件改为组合结构后,既可简化型芯形状,又有利于型芯的固定。从而保证了铸件的壁厚</p>
合箱、下芯和排气方便			<p>改进后,有利于型芯的固定和排气</p>
			<p>尽量避免采用悬臂芯。可连通中间部分。若不允改变结构,则可设工艺孔,不用芯撑,使型芯的固定牢靠和排气通畅,或采取一箱浇两件的工艺</p>
			
			
			<p>改进后,用一个型芯,不用芯撑,有利于型芯的固定和排气</p>

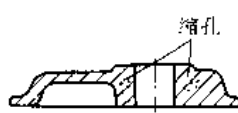
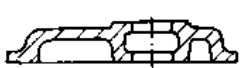
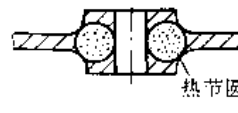
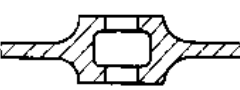


(续)

基本要求	图 例		说 明
	改 进 前	改 进 后	
合箱、下芯和排气方便			避免采用用芯或芯撑。改进后，使操作简便，也易保证铸件壁厚。
			在两型芯间，开一个工艺孔，把一个芯头插入另一个型芯里，可避免使用芯撑，并有利于型芯的固定和排气通畅。
			改进前，下芯十分不便，需先放入中间芯，用芯撑固定后，再从侧面放入两边型芯，芯头处需用干砂填充；改进后，两边型芯可先放入，不妨碍中间型芯的安放。

4 铸件结构与铸件缺陷 (表 2·2-13)

表 2·2-13 铸件结构与铸件缺陷间的关系和示例

铸件缺陷形式	图 例		说 明
	改 进 前	改 进 后	
缩孔、缩松			壁厚力求均匀，减少厚大断面，以利于同时凝固。改进后，将孔径中部适当加大，使壁厚均匀。
			



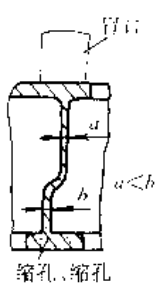
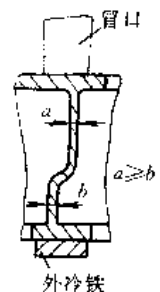
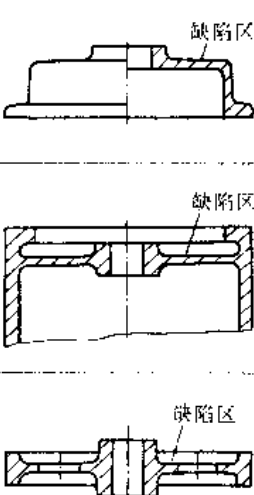
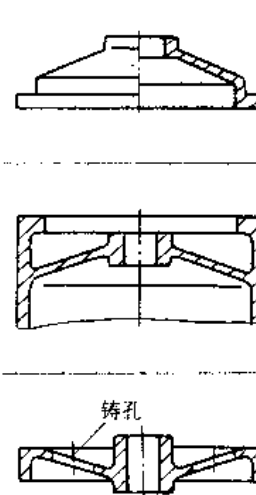
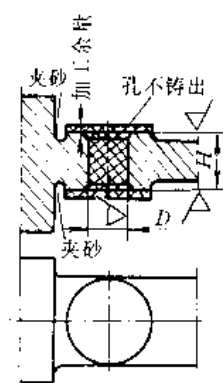
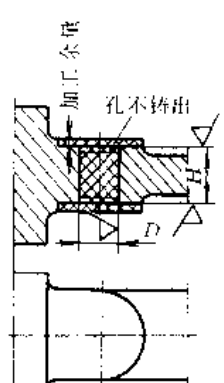
(续)

铸件缺陷形式	图 例		说 明
	改 进 前	改 进 后	
缩孔、缩松			局部厚壁处减薄
			厚壁处减薄加肋, 保持刚度和强度
			易产生缩松处难以安放冒口, 故增加与该处连通的壁厚, 加大补缩通道
			图示一铸钢件, 冒口放在凸台上。原设计凸台不够大(直径310mm), 补缩不良。凸台放大到直径410mm后, 才消除了缩孔
			考虑顺序凝固, 以利逐层补缩, 缸体壁设计成上厚下薄
		图示为高强度铸铁套截面, 通过增加顶冒口尺寸和加大A处的截面厚度来消除底下凸台处的缩孔和缩松	

铸造公司制作 请尊重作者版权

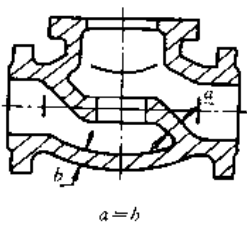
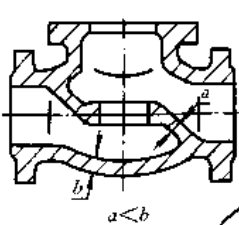
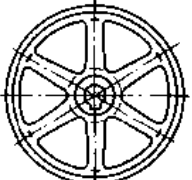
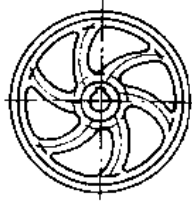
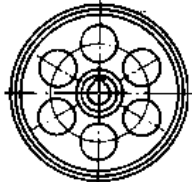
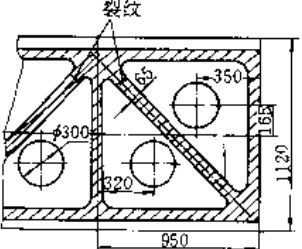
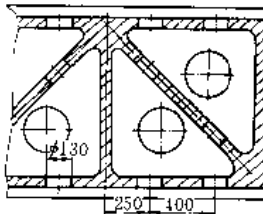
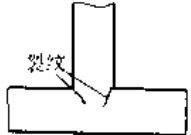
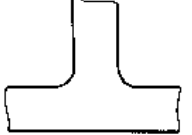


(续)

铸件缺陷形式	图 例		说 明
	改进前	改进后	
缩孔、缩松			<p>对于两端壁较厚的铸钢件截面, 为创造顺序凝固条件, 应使 $a \geq b$, 并在底部设置外冷铁, 造成下冷上热的温度梯度, 有利于顺序补缩, 消除底部厚壁处的缩孔和缩松</p>
气孔、渣眼、夹砂			<p>尽量减少相对浇注位置而言的较大的水平平面, 尽可能采用斜平面, 便于金属中夹杂物和气体的上浮而排除, 并减少内应力</p> <p>斜平面上的铸孔轴线应与起模方向一致</p>
			<p>改进前, 小凹槽容易掉砂, 造成铸件夹砂</p>


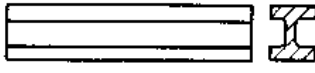
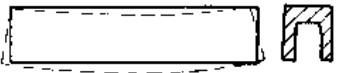
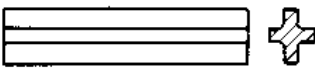
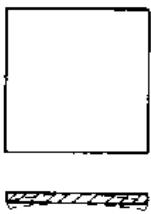
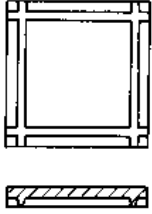
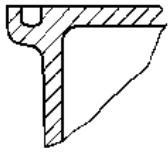
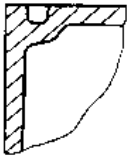
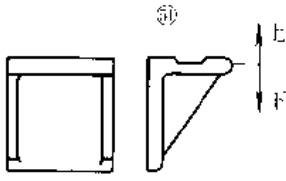
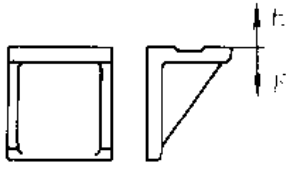
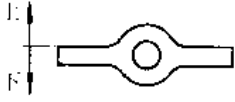
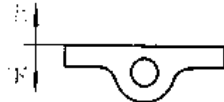


(续)

铸件缺陷形式	图 例		说 明
	改进前	改进后	
裂纹	 <p style="text-align: center;">$a=b$</p>	 <p style="text-align: center;">$a < b$</p>	铸件内壁的厚度 a 应略小于铸件外壁的厚度 b , 使整个铸件均匀冷却
			铸件结构应避免因阻碍收缩而产生裂纹, 较大的飞轮、带轮、齿轮的轮辐可做成弯曲的辐条或带孔的辐板
			
			图示为大型箱体铸钢件的俯视图。改进前, 仅在底面留有直径 300mm 的圆孔, 斜肋板处应力大, 易产生裂纹。改进后, 在内、外侧壁的每条肋板上均增加两个直径 130mm 的通孔, 减少了斜肋板上的应力。同时便于合箱时型芯的定位和排气, 清理时取出型芯和芯骨
			铸件的转角处, 要留铸造圆角, 以免应力集中, 产生裂纹



(续)

铸件缺陷形式	图 例		说 明
	改进前	改进后	
变形			为防止细长件和大的平板件在收缩时挠曲变形, 应正确选择零件的截面形状(如对称截面)和合理地设置加强肋
			
			
损伤			尽量避免大铸件有薄的突出部分, 防止清理过程中被损坏
错箱			尽量使铸件在一个铸型中形成, 以避免因错箱而造成尺寸误差和影响外形美观
			

5 熔模铸件结构的设计原则

(1) 减小热节, 壁厚均匀。熔模铸造尽量不用冒口, 而通过内浇口利用直浇口补缩, 故更应尽量减少热节, 注意壁厚的均匀性, 其示例见表 2-2 14。

当铸件热节处不适宜设置内浇口时, 则应改变结

构(包括局部增加壁厚), 以创造顺序凝固的条件, 其示例见表 2-2 15。

(2) 整铸代替分制。熔模铸造可以铸出很复杂的铸件, 为减少加工和装配工时, 提高生产率, 可用整铸代替分制, 将几个零件合并为一个熔模铸件。



表 2-2-14 减小热节、壁厚均匀的示例

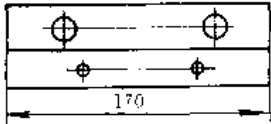
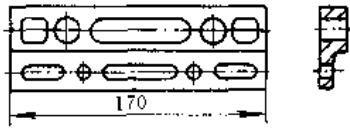
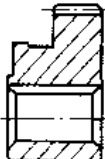
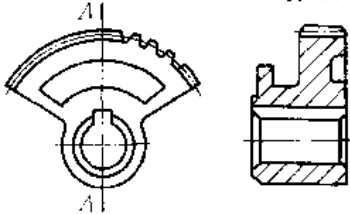
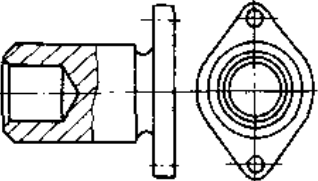
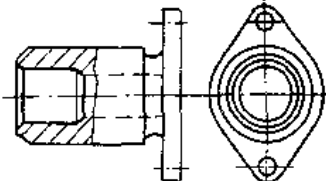
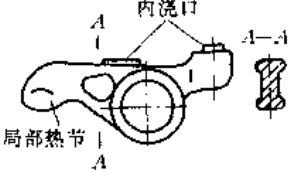
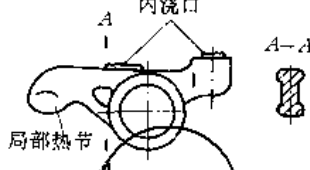
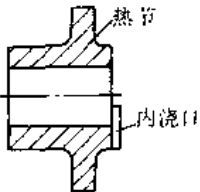
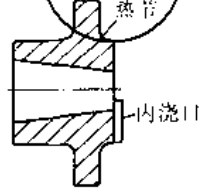
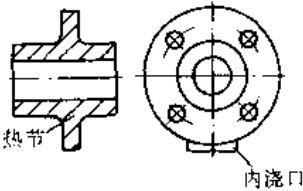
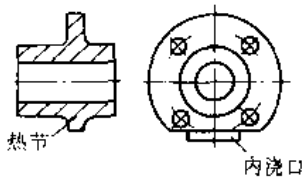
零件名称	改进前 (锻件、切削加工件)	改进后 (熔模铸钢件)
压板		
扇形齿轮		
支 座		

表 2-2-15 改变结构, 保证铸件顺序凝固的示例

铸钢件名称	改 进 前	改 进 后
气门摇臂		
法 兰		
		

注: 改进前, 热节处均得不到补缩, 内部有缩孔, 改进后, 可铸出致密铸件。



6 压铸件结构的设计

等。其示例见表 2-2-16。

6.2 压铸件设计的基本参数

6.1 压铸件结构的设计原则

一般应保证铸件能顺利地
从模具型腔中取出、壁厚
尽量均匀、尽量消除尖角、以及使压铸型加工方便

压铸件设计的基本参数,除与合金种类有关外,还与铸件大小、结构复杂程度等有关,其参考值见表 2-2-17。

表 2-2-16 压铸件结构的设计示例

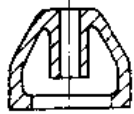
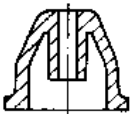
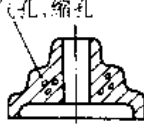
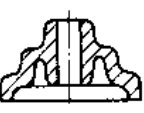
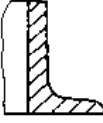
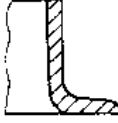
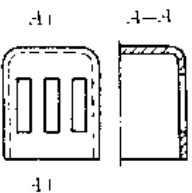
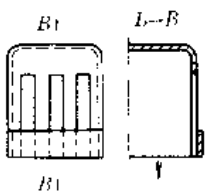
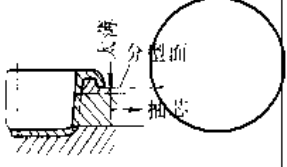
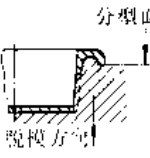
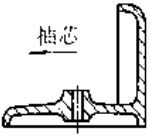
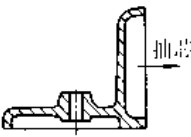
基本要求	图 例		说 明
	改 进 前	改 进 后	
消除内凹			内凹铸件型芯不易取出
壁厚均匀			壁厚不均,易产生气孔、缩孔
消除尖角过渡圆滑			充填良好,不产生裂纹
简化压铸型结构			尽量避免横向抽芯,否则使压铸型结构复杂;改进后抽芯方向与开型取件方向一致,简化压铸型结构
改善压铸型结构			便于压铸型制造
			



表 2-2-17 压铸件设计的基本参数参考值

合金	壁厚 (mm)		最小孔径 (mm)	孔深尺寸 (孔径的倍数)		螺纹尺寸 (mm)				因最小模数	斜度		线收缩率 (%)	加工余量 (mm)	
	适宜的范围	正公差范围		盲孔	通孔	最小螺距	最小外径		最大长度 ¹⁾		内侧	外侧			
							外螺纹	内螺纹	外螺纹						内螺纹
锌合金	0.5~2.0	1.5~2.5	0.8	1~6	8~12	0.75	6	10	8	5	0.3	0°45'~2°30'	30'~1°15'	0.3~0.5	0.1~0.5
铝合金	0.8~2.5	2.0~3.5	2.0	3~4	6~8	0.75	8	14	6	4	0.5	1°45'~4'	1'~2'	0.4~0.8	0.1~0.8
镁合金	0.8~2.0	2.0~3.0	1.5	1~5	8~10	0.75	10	14	6	4	0.5	1°45'~2'	1'~2'	0.5~0.8	0.1~0.8
铜合金	0.8~2.5	1.5~3.0	2.5	2~3	3~5	1.0	12	-	6	-	1.5	1°30'~5'	15'~2°30'	0.6~1.0	0.3~1.0

- 1) 指形成孔的型芯在不受弯曲力的情况下。
- 2) 最大长度的数值为螺距的倍数。

6.3 镶嵌件

镶嵌件是压铸特有的优点，借此可满足铸件某些

部位的特殊要求，如提高强度、增加耐磨性、导电性、绝缘性等，从而扩大了压铸的应用范围，其基本结构形式见图 2-2-1。

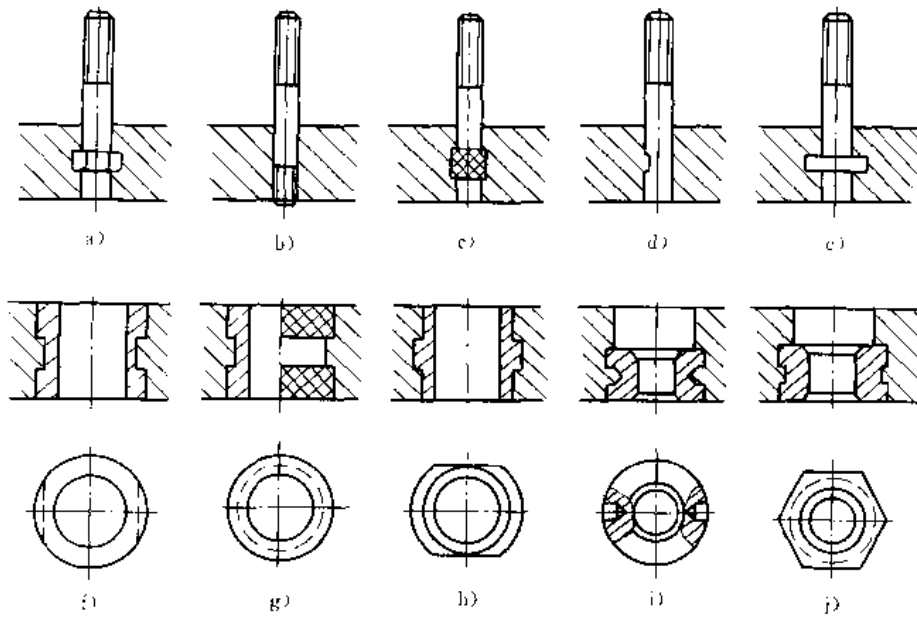


图 2-2-1 镶嵌件基本结构形式



第3章 零件结构的锻造工艺性^{[3][4]}

1 锻造方法对锻件结构的要求

采用不同的锻造方法对同一种零件进行锻造,对锻件的结构形状有不同的要求。以连杆为例,图2·3-1a为采用模锻方法的连杆结构形状,图2·3-1b为采用辗锻方法的连杆结构形状。

因此设计锻件时,应根据生产批量、锻件的形状和尺寸要求、以及具备的生产条件,选择技术上可行、经济上合理的锻造方法,见表2·3-1,然后按所选用的锻造方法的工艺性要求,对锻件进行结构设计。

采用精密锻造、粉末锻造、多向模锻、辗锻、墩锻、挤压等成形工艺,可以锻出各种形状复杂、少切削甚至无切削的大小锻件,例如燃气轮机的叶片、阀门壳体、带轴或不带轴的锥齿轮和圆柱齿轮、实心或空心的阶梯轴、环形件、螺栓螺母、麻花钻头、钢球等。这些工艺应用于大批量生产时,必须按零件的形状、尺寸、精度及表面状态等具体要求,由设计人员和锻压工艺人员共同研究和决定工艺方案,并对锻件进行具体的结

构设计。

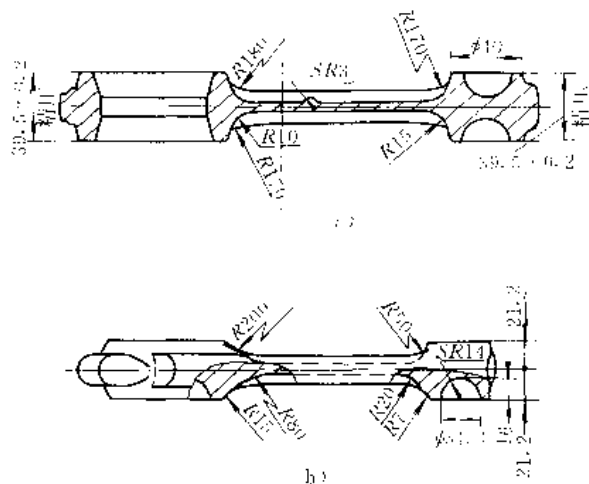


图2·3·1 模锻和辗锻的连杆形状

- a) 模锻连杆——过渡处圆弧小
- b) 辗锻-整形连杆——过渡处圆弧大

表2·3·1 各种锻造方法的应用范围

锻造方法	自由锻	胎模锻	锤上模锻	压力机上模锻	平锻机上模锻
示意图					
锻件形状	只能锻出简单形状,精度低、表面状态差。除要求很低的尺寸和表面外,零件的形状和尺寸需通过切削加工来达到	可锻出复杂的形状(压力机上模锻最优,锤上模锻次之,胎模锻最次)。尺寸精度较高,表面状态较好。在零件的非配合部分,可以保留毛坯面(黑皮)。黑皮部分的尺寸精度要求,不应超过规定标准。形状(模锻斜度、圆角半径、肋的高宽比、腹板厚度等)应适应工艺要求	用来锻造带实心或空心头部的杆形零件,尺寸精度较高,表面状态较好		



(续)

锻造方法	自由锻	胎模锻	锤上模锻	压力机上模锻	平锻机上顶锻
锻造范围	50kN自由锻锤可锻出350~700kg的钢锻件 12000kN自由锻造水压机可锻出150t以上的钢锻件	一般可锻造50kg以下的钢锻件 用大型自由锻造水压机可锻出重达500kg的钢胎模锻件	50kN模锻锤可锻投影面积达1250cm ² 的钢模锻件 160kN模锻锤可锻投影面积达4000cm ² 的钢模锻件 1000kN无砧模锻锤可锻投影面积达10000cm ² 的钢模锻件	40MN热模锻压力机可锻投影面积达650cm ² 的钢模锻件 120MN压力机可锻投影面积达2000cm ² 的钢锻件	10000kN平锻机可顶锻直径140mm的钢棒料 31500kN平锻机可顶锻直径270mm的钢棒料
适用批量	单件、小批	中、小批	大、中批		大批

2 不同材料对锻件结构形状的影响

各种金属材料的成形性能有着很大的差别, 应尽量选用成形性能(主要是热塑性)好的材料, 如低、中

碳钢、低合金结构钢、铝合金、镁合金以及铜合金等。若选用成形性能较差的材料时, 锻件的结构形状应尽量简单, 以利锻件成形。常用金属材料热锻时的成形特性见表2·3-2。

表2·3-2 常用金属材料热锻时的成形特性

序号	材料类别	热锻工艺特性	对锻件形状的影响
1	C的质量分数≤0.65%的碳素钢及低合金结构钢	塑性高, 变形抗力比较低, 锻造温度范围宽	锻件形状可复杂, 可以锻出较高的肋, 较薄的腹板和较小的圆角半径
2	C的质量分数>0.65%的碳素钢, 中合金的高强度钢, 工具模具钢、轴承钢, 以及铁素体或马氏体不锈钢等	有良好塑性, 但变形抗力大, 锻造温度范围比较窄	锻件形状尽量简化, 最好不带薄的腹板、高的肋, 锻件的余量、圆角半径、公差等应加大
3	高合金钢(合金的质量分数高于20%)和高温合金、莱氏体钢等	塑性低, 变形抗力很大, 锻造温度范围窄, 锻件对晶粒度或碳化物大小分布等项指标要求高	用一般锻造工艺时, 锻件形状要简单, 截面尺寸变化要小; 最好采用挤压、多向模锻等提高塑性的工艺方法, 锻压速度要合适
4	铝合金	大多数具有高塑性, 变形抗力低, 仅为碳钢的1/2左右, 变形温度在350~500℃	与第1组相近
5	镁合金	大多数具有良好塑性, 变形抗力低, 变形温度在500℃以下, 希望在速度较低的液压机和压力机上加工	与第1组相近
6	钛合金	大多数具有高塑性, 变形抗力比较大, 锻造温度范围比较窄	与1、2组钢锻件相近; 由于热导率低, 锻件截面要求均匀, 以减少内应力
7	铜与铜合金	绝大部分塑性好, 变形抗力较低, 变形温度低于900℃, 但锻造温度范围窄, 工序要求少(因温度容易下降), 除青铜和高锌黄铜外, 其余多在速度较高的设备上锻造	可获得复杂形状的锻件

3 锻件的设计原则

自由锻造的锻件，一般都要经过切削加工来获得零件的最终尺寸和形状。因此，这类锻件的结构设计应主要考虑其切削加工的工艺性。为了减少锻造困难，锻件形状应尽量简单，尽可能减少附加的工艺余块，且留有必要的加工余量。

模锻和顶锻的锻件常可保留一些勿需切削加工的部位，例如内燃机连杆的工字形杆、曲轴的曲柄、常用的螺栓螺母等。这类锻件的非加工部位须按照锤上模锻件单边余量和高度公差^[3]和后面论述的结构要素的要求进行设计，以避免加大锻件余量，而增加切削加工量。例如经切削加工后的腹板厚度小于锻造最小值加余量，虽然是减少了零件的质量，却增加了切削加工的劳动量，金属的消耗量也没有减少。

在批量大、材料昂贵、切削加工困难的情况下，可以提高模锻件的尺寸和形状精度，必要时也可采用少无切削的精锻工艺。这应由设计和工艺人员根据本厂或外协单位的生产条件，共同研究决定采用何种锻造工艺。

对于各种形状的锻件，其模锻的难易程度有很大差别。从锻件总体来说，不论采用何种锻造方法（模锻、顶锻、辊锻、墩锻等），模锻件成形的难易程度一般用锻件形状复杂系数 s 表示

$$s = \frac{m_1}{m_2}$$

式中 m_1 —— 锻件质量；

m_2 —— 锻件外轮廓包容体积的质量，见图 2-3-2。

图 2-3-2a 为圆形锻件外轮廓包容体积的质量

$$m_2 = 0.785d^2h\rho$$

图 2-3-2b 为非圆形锻件外轮廓包容体积的质量

$$m_2 = lbh\rho$$

式中 ρ —— 密度（钢为 $7.85\text{g}/\text{cm}^3$ ）。

锻件复杂系数 s 值见表 2-3-3。

表 2-3-3 锻件复杂系数 s 值

系数	数值范围	难易程度
s_4	≤ 0.16	复杂
s_3	$0.16 \sim 0.32$	较复杂
s_2	$0.32 \sim 0.63$	一般
s_1	$0.63 \sim 1.0$	简单

特例：当锻件为薄圆盘或法兰件时（图 2-3-3），若

圆盘厚度与直径之比 $e/D \leq 0.2$ ，可不必计算，而直接采用复杂系数 s_1 。

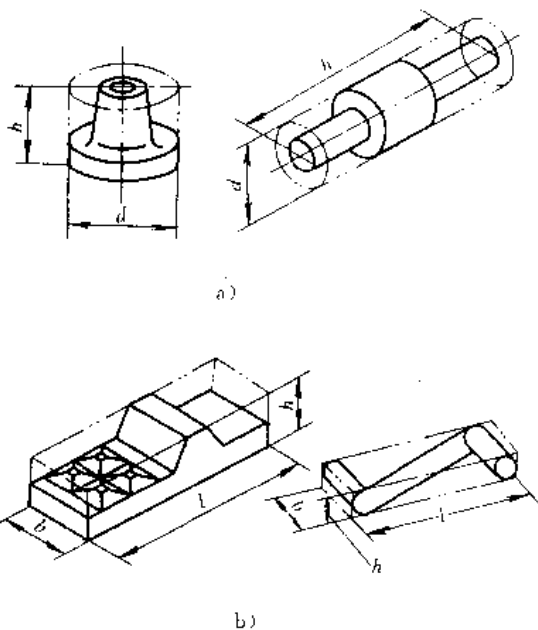


图 2-3-2 锻件轮廓尺寸所包容的体积

a) 圆形锻件 b) 非圆形锻件

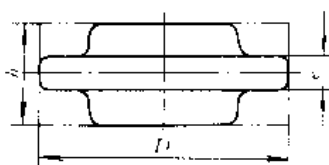


图 2-3-3 薄形圆盘件

3.1 自由锻件的设计原则

由于自由锻件主要是靠人工操作来成形的，所以锻件的精度低，且难以锻出如锥度、锥面、加强肋、工字形断面等复杂形状，因此设计时应使锻件的结构形状尽量简单。自由锻件的设计原则见表 2-3-1。如锻件必须有锥度、工字形断面或其他复杂结构形状时，锻件可加工艺余块，锻后将其切除。

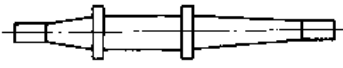
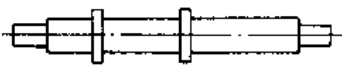
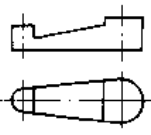
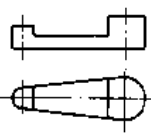
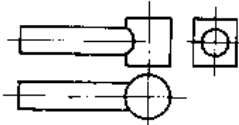
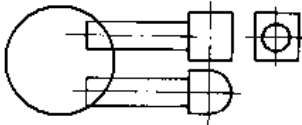
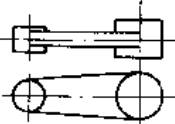
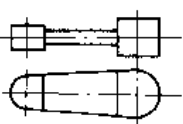
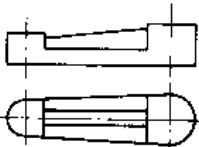

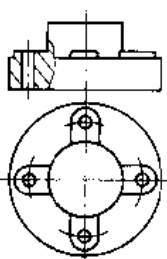
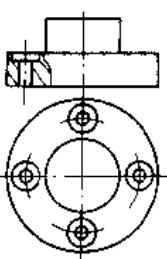
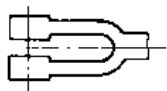

3.2 锤和压力机上模锻件的设计原则

(1) 为了有利于金属在型腔内流动，充满型腔，提高锻模的强度和使用寿命，锻件应设计有内、外圆角，尽量避免有过薄的腹板，以及过高过窄和过密的肋与凸台。在条件许可时，腹板厚度和圆角半径应选用较大数值，而肋的高宽比应选用较小数值。

(2) 为了使锻件顺利地型腔取出，与分模面相垂直方向的平面或曲面应设计有模锻斜度。



表 2-3-4 自由锻件的设计原则

图 例		说 明
改 进 前	改 进 后	
		避免锥形和楔形
		
		圆柱形表面与其他曲面交接时, 应力求简化
		
		避免有加强肋、工字形截面等复杂形状
		避免形状复杂的凸台及叉形件的内凸台
		

(3) 锻件分模面的选择应与锻件截面形状相适应, 所选择的分模面应使锻件便于脱模, 模具制造简单, 容易发现错移, 形状较复杂部分尽量安排在上模。选择分模面的原则见表 2-3-5。

(4) 锻件的金属流线方向, 必须考虑到零件在实际工作中的受力状态, 主要受力方向应与金属主要流线方向相平行, 若零件的受力是多向的, 应设法造成多向流线。金属流线遭割断会使零件的力学性能下降, 选

择正确的锻件分模面可使金属流线的分布符合要求。分模面位置对锻件金属流线的分布影响见图 2-3-4。

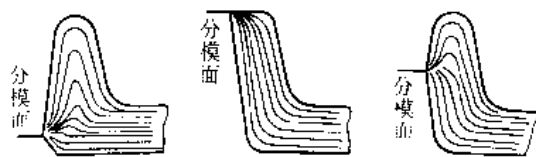
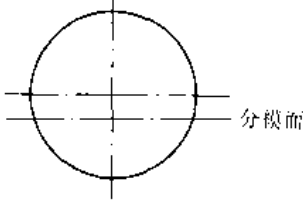
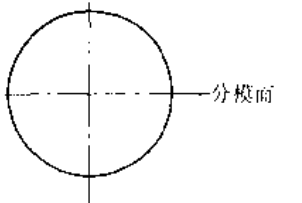
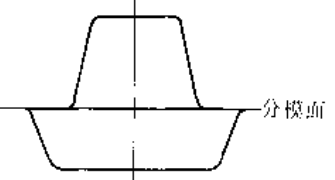
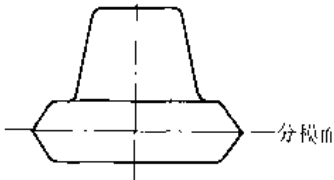
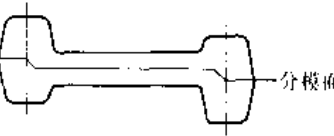
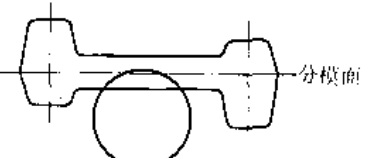
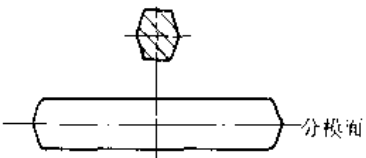
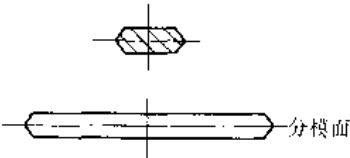
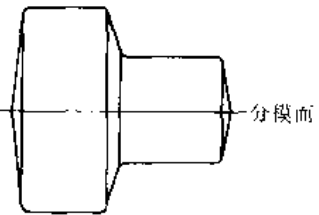
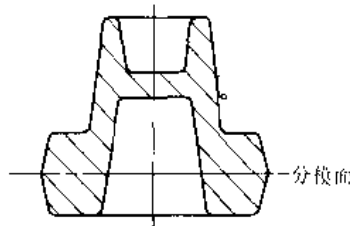
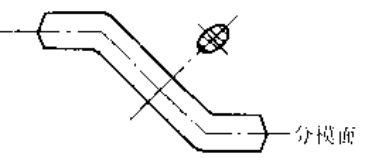
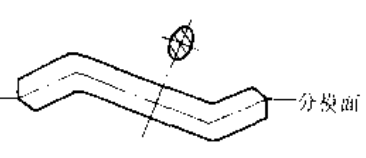


图 2-3-4 分模面位置对金属流线的分布影响



表 2-3 5 选择分模面的原则

图 例		说 明
改 进 前	改 进 后	
		必须保证锻件从模膛中顺利取出
		便于检查上下模的相对错移
		选择平分模面, 简化模具制造
		利于坯料充满模膛
		节约金属材料, 便于模具加工
		平衡侧向力, 减小错移量

(5) 设计锻件结构形状时, 应考虑到后继工序的方便, 如钻孔处应留有平面, 夹紧处应留有平面、圆柱面或斜度很小的面。

3.3 胎模锻件的设计原则

胎模锻主要适用于中、小批量的锻件生产, 虽然生



率较低，劳动强度大，但模具结构比较灵活，可以翻转压出锻件，也可采用并分式套模，制坯可以灵活多样。有些胎模锻件的结构形状，采用锤和压力机上模锻就无法锻出。胎模锻件的设计原则除参考锤上模锻外，还有以下特点：

(1) 分模面的选择比模锻锤和压力机上模锻更灵活多样：

1) 同一胎模内可采用多向分模方法，见图 2-3-5。

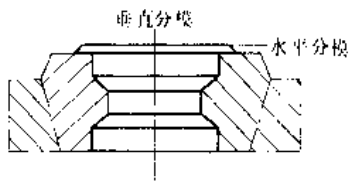


图 2-3-5 多向分模胎模锻件

2) 可锻出具有侧向凹档的锻件，见图 2-3-6。

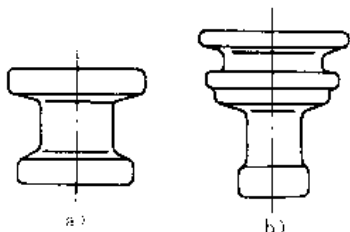


图 2-3-6 具有侧向凹档的胎模锻件

3) 可以采用深模膛锻造，而不把分模面置于锻件的最大投影面上，可锻出用锤上模锻难以锻出的长杆锻件，使其形状更接近零件形状，见图 2-3-7。

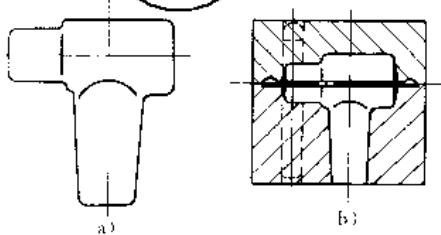


图 2-3-7 深模膛胎模锻件
a) 锻件 b) 胎模

(2) 可以采用单冲头冲挤成形，见图 2-3-8a，或多冲头分级冲挤成形，见图 2-3-8b。

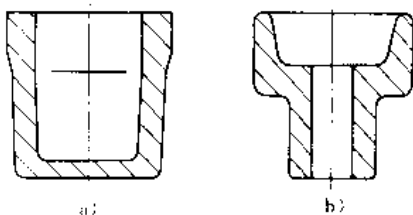


图 2-3-8 冲挤带孔胎模锻件

a) 单冲头冲挤胎模锻件 b) 多冲头分级冲挤胎模锻件

(3) 模具可以翻转，锻件从模膛取出不受顶出力限制，锻件的相应部位可不带斜度，见图 2-3-9。

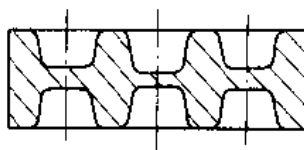


图 2-3-9 局部不带斜度的胎模锻件

(4) 可采用类似自由锻、模锻复合工艺，如镗头、叉杆等锻件，见图 2-3-10。

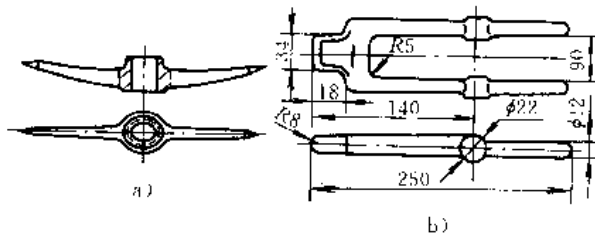


图 2-3-10 叉杆形胎模锻件

3.4 平锻机上模锻件的设计原则

(1) 模锻件分模面的位置应选择最大轮廓处，便于检查错移，也能获得较好的同轴度，满足切削加工的定位要求，见图 2-3-11。

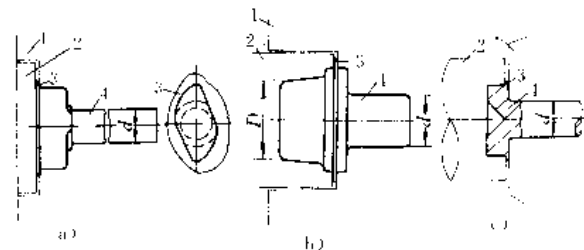


图 2-3-11 锻件分模面的位置

a) 分模面设在锻件最大轮廓前端面 b) 分模面设在锻件最大轮廓中间 c) 分模面设在锻件最大轮廓后端面
1—凹模 2—凸模 3—飞边 4—锻件

(2) 模锻部分应是轴对称形状，若尺寸和形状相差较小的非对称件也可以模锻，勿需模锻的杆部应是圆形截面。

(3) 需锻粗部分长度 L 与棒料直径 D 不能相差很大，应按局部锻粗规则进行。局部锻粗第一规则见图 2-3-12。此外，局部锻粗与冲头形状有关，见表 2-3-6。

可正常局部锻粗而不产生折叠的第二、第三规则条件，见表 2-3-7。



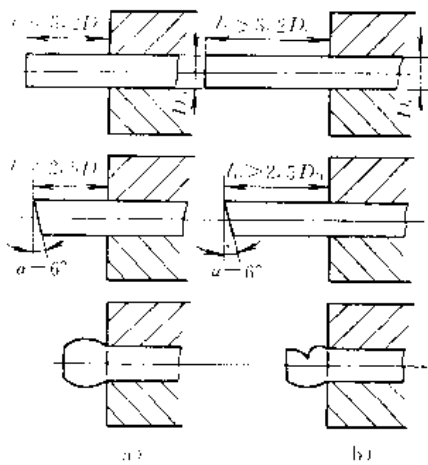


图 2-3-12 局部锻粗第一规则
a) 无折皱 b) 有折皱

表 2-3-6 局部锻粗第一规则条件

冲头形状	一次行程局部锻粗条件	说明
平冲头	$\psi = \frac{l_0}{D_0} = 2 + 0.01D_0 \leq 1$	坯料端面斜度 $\alpha < 2^\circ$ (锯床下料、精密下料、已锻坯料)
平冲头	$\psi = 1.5 + 0.01D_0 \leq 1$	坯料端面斜度 $\alpha = 2^\circ \sim 6^\circ$ (一般剪床下料、平锻机切断模切断)
带凸台冲头	$\psi = 1.5 + 0.01D_0 \leq 1$	坯料端面斜度 $\alpha < 2^\circ$
带凸台冲头	$\psi = 1.0 + 0.01D_0 \leq 1$	坯料端面斜度 $\alpha = 2^\circ \sim 6^\circ$

① 在第二次及以后的锻粗工步中,用 $\frac{d+D}{2}$ 代替式中的 D_0 。

表 2-3-7 局部锻粗第二、第三规则条件

图 例	锻粗直径 D_1, D	凹模外料长 A	说 明
	$D_1 = 1.5D_0$ $D_1 = 1.25D_0$	$A \leq D_0$ $A \leq 1.5D_0$	D_0 —棒料直径 l —凹模深度 l_0 —锻粗长度 d —锥形模小头直径
	$D = 1.5D_0$ $D = 1.25D_0$	$A \leq 2D_0$ $A \leq 3D_0$	

(4) 不应把杆部的中间凹档和尾部设计成较长的锥形,见图 2-3-13。过渡锥形的长度应小于 $1.5D_0$,最大不超过 100mm,见图 2-3-14。

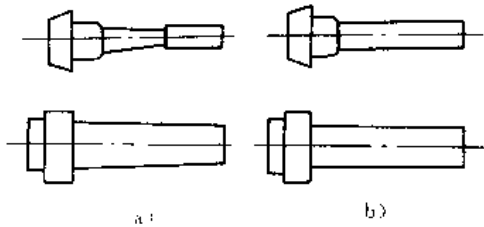


图 2-3-13 凹档和尾部带锥形的锻件形状
a) 改进前 b) 改进后

小,以免影响金属流动,见图 2-3-16。

(7) 平锻件各种模锻斜度值见表 2-3-8。

(8) 圆角半径可参照模锻件的圆角半径确定。

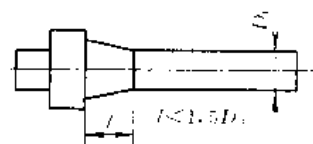


图 2-3-14 过渡锥形的限制

(5) 内孔的直径变化不应阻碍冲头退出。
(6) 带孔锻件的最小壁厚不应小于该处外径的 0.15 倍,见图 2-3-15。

锻件横截面尺寸不应在轴向朝冲头方向逐渐缩

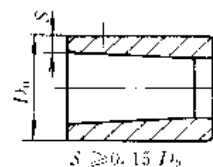


图 2-3-15 最小壁厚的限制



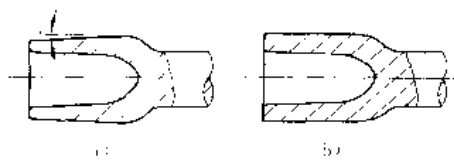


图 2-3-16 平底带孔锻件截面变化
a) 改进前 b) 改进后

表 2-3-8 平锻件各种模锻斜度数值

冲头内成形模锻斜度 α		H/d	≤ 1	$>1 \sim 3$	$>3 \sim 5$
	α		$0^\circ 15'$	$0^\circ 30'$	$1^\circ 00'$
内孔模锻斜度 γ		H/d	≤ 1	$>1 \sim 3$	$>3 \sim 5$
	γ		$0^\circ 30'$	$0^\circ 30' \sim 1^\circ 00'$	$1^\circ 30'$
凹模成形内模锻斜度 β		Δ	≤ 10	$>10 \sim 20$	$>20 \sim 30$
	β		$5^\circ \sim 7^\circ$	$7^\circ \sim 10^\circ$	$10^\circ \sim 12^\circ$
	θ		$3^\circ \sim 5^\circ$	$3^\circ \sim 5^\circ$	$3^\circ \sim 5^\circ$

4 锤和压力机上模锻件的结构要素

模锻件的结构要素主要包括模锻斜度、圆角半径、允许的最小腹板厚度、肋的允许最大高宽比值、孔腔与连皮的尺寸等。

4.1 模锻斜度

锻件收缩时与模壁脱开处的斜度称为外斜度 α ，收缩时与模壁黏紧处的斜度称为内斜度 β ，见图 2-3-17。

模锻斜度是按锻件各部分的高度与宽度之比值 H/B 及长度与宽度之比值 L/B 确定的（图 2-3-17）。

模锻件外斜度 α 数值见表 2-3-9。

胎模锻件及各种有色合金锻件的模锻斜度请参阅

有关手册。

表 2-3-9 锤上锻件外模锻斜度 α 数值表

L/B	H/B	H/B				
		≤ 1	$>1 \sim 3$	$>3 \sim 4.5$	$>4.5 \sim 6.5$	>6.5
≤ 1.5	α	5°	7°	10°	12°	15°
>1.5	α	5°	5°	7°	10°	12°

注：1. 内模锻斜度 β ，可按表中数值加大 2° 或 3° 。
2. 上下模膛深度不等时，按较深模膛计算，见图 2-3-17。

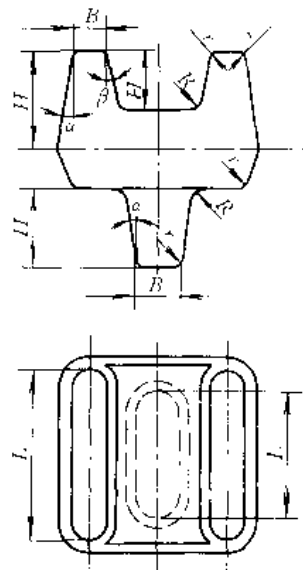


图 2-3-17 锻件的内、外模锻斜度

4.2 圆角半径

模锻件的内圆角半径 R 和外圆角半径 r 见图 2-3-18a。

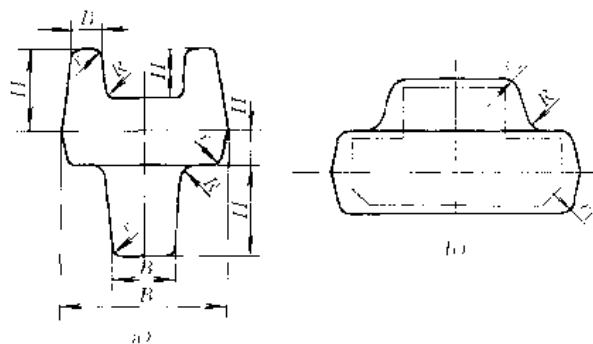


图 2-3-18 内、外圆角半径

圆角半径的数值计算见表 2-3-10，比值 H/B 按图 2-3-18 锻件各部分的高度与宽度确定之。



表 2·3 10 圆角半径计算表 (mm)

$\frac{H}{B}$	r	R
≤ 2	$0.05H \pm 0.5$	$2.5r \pm 0.5$
$> 2 \sim 4$	$0.06H \pm 0.5$	$3.0r \pm 0.5$
> 4	$0.07H \pm 0.5$	$3.5r \pm 0.5$

为保证锻件凸角处的最小余量 (图 2·3-18b), 取圆角半径 r_1 为:

$$r_1 = \text{余量} - \text{零件倒角值}$$

若无倒角, 取圆角半径 r_1 为:

r_2 —余量

为了便于模具制造时所用刀具的标准化, 圆角半径应按圆角半径系列数值选用: 1.0, 1.5, 2.0, 2.5, 3.0, 4.0, 5.0, 6.0, 8.0, 10.0, 12.0, 15.0, 16.0, 20.0, 25.0, 30.0, 40.0, 50.0, 60.0, 80.0, 100.0mm.

各种有色合金锻件的圆角半径, 请查阅有关手册。

4·3 腹板厚度

根据锻造时金属流向的难易程度, 腹板可分为两

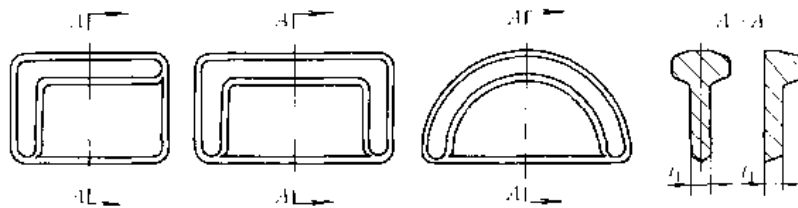


图 2·3-19 无限制腹板

类: 腹板金属在锻造过程中能较自由地流向飞边的腹板, 称为无限制腹板 (或称开式腹板), 见图 2·3-19; 被肋完全包围, 或虽未被完全包围, 但开 Γ 较小的腹板, 称为有限制腹板 (或称闭式腹板), 见图 2·3 20。

腹板若太薄, 金属难以流向飞边, 不易成形, 所需锻压设备吨位大, 因此腹板厚度不能太薄。

腹板的最小允许厚度与锻件材料、投影面积、腹板宽度、设备吨位等有关, 其最小厚度值见表 2·3-11。

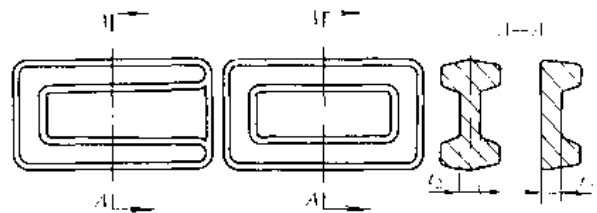


图 2·3 20 有限制腹板

表 2·3-11 腹板最小厚度参考值

(mm)

模锻件在分模面上的投影面积 (cm ²)	钢、合金钢及钛合金		铝 合 金		镁 合 金			
	无限制腹板 t_1	有限制腹板 t_2	无限制腹板 t_1	有限制腹板 t_2	MB2		MB1..	
					无限制腹板 t_1	有限制腹板 t_2	无限制腹板 t_1	有限制腹板 t_2
≤ 25	3	1	1.5	2	1.5	2	1.5	2
25~50	4	5	2	2.5	2	2.5	2	3
>50~100	5	6	3	3	2.5	3	3	4
>100~200	5	8	4	4	3	4	4	5
>200~400	8	10	5	6	4	5	5	6
>400~800	10	12	6	8	6	6	6	8
>800~1000	12	14	8	8	8	8	8	10
>1000~1250	14	16	8	10	8	10		
>1250~1600	16	18	9	11				
>1600~2000	18	20	10	12				
>2000~2500	20	22	11	14				



4.1 肋的高宽比

肋在锻造时的高宽比是决定肋成形的主要因素，

其上限值见表2-3-12。

平行肋之间的距离应大于肋的高度，圆环形肋或方环形肋的内径或内边长应大于1.33h，见图2-3-21。

表 2-3-12 肋高宽比的上限值

肋的高度 (mm)	h/b	
	钢、钛合金	铝合金
≤6	<2	<3
>6~10	2~3	3~4
>10~18	3~5	4~6
>18	4~5	5~6

注：对于钢、钛合金，肋的宽度h不小于3mm，对于铝合金，h不小于2mm，对其他各种材料，h不小于覆板厚度。

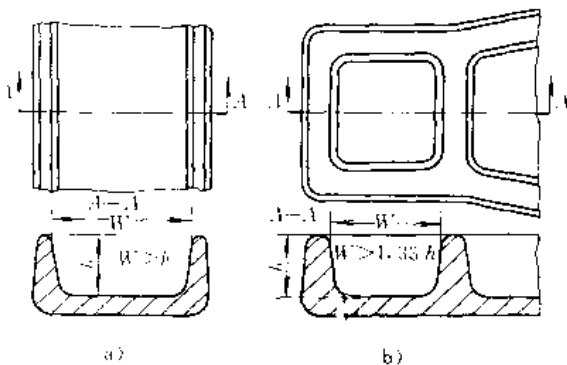


图 2-3-21 肋的最小距离
a) 平行肋 b) 环圆肋

4.5 凹孔与连皮

凹孔直径小于25mm（锤上模锻）或小于20mm（压力机上模锻）时，一般均不锻出。凹孔深度的限制见表2-3-13。表中无斜度锻件是在压力机上采用挤压方法成形的。

从两个方向锻造凹孔时，必须在孔内保留一定厚度的连皮，见图2-3-22中的S，然后在切边压力机上冲除。

对钢锻件，最常用的平底连皮厚度可根据图2-3-22确定。也可以根据锻件的孔直径D和孔深度h，按下式计算求得

$$S = \frac{9}{20} \sqrt{D} - \frac{h}{4} - 3 \sqrt{\frac{h}{D}} + \frac{3}{5} h \quad (\text{mm})$$

有色金属锻件的平底连皮厚度S值见表2-3-14。

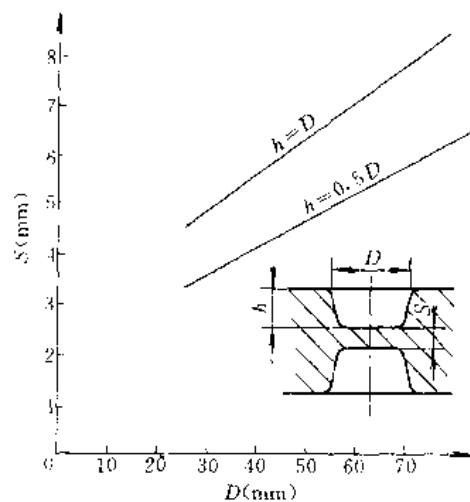


图 2-3-22 平底连皮厚度确定

表 2-3-13 凹孔深度比值的限制

锻件型式	h/W 的最大值			
	铝合金与镁合金		钢与钛合金	
	L=W	L>W	L=W	L>W
有斜度	1	2	1	1.5
无斜度	2	3	-	-



表 2-3-14 有色金属锻件平底连皮厚度 (mm)

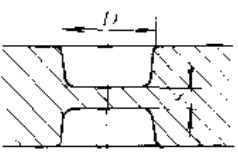
	D	< 50	50~80	80~120	120~150	150~200
	S	4	6	8	10	12

表 2-3-15 腹板上冲孔的限制条件 (mm)

限制条件	铝合金 镁合金	钢	钛合金
冲孔的腹板最小厚度	3	3	6
圆形孔的最小直径	12~25	25	25
圆孔之间最小距离	$2 \times$ 腹板 厚度	$2 \times$ 腹板 厚度	$2 \times$ 腹板 厚度
非圆形孔的垂直圆角 半径	≥ 6	≥ 6	≥ 6

锻件的其他连皮型式,如斜底连皮、带仓连皮、拱底连皮等,请参见锻造工艺及模具设计资料。

为了减小投影面积,减轻锻件质量,或根据结构要求,可在腹板上冲出通孔。冲孔的限制条件见表 2-3-15。

5 模锻件结构与锻造缺陷的关系

1. 折叠 锻件的圆角半径和局部尺寸(如腹板厚度)太小,分模面设置不合理,模锻最后阶段流向飞边的金属产生穿流等,是产生折叠的主要因素,见图 2-3-23。

2. 凹缩 锻件的中间肋或杆的底部,因金属流动激烈且流速不均,最容易产生凹缩,见图 2-3-24。

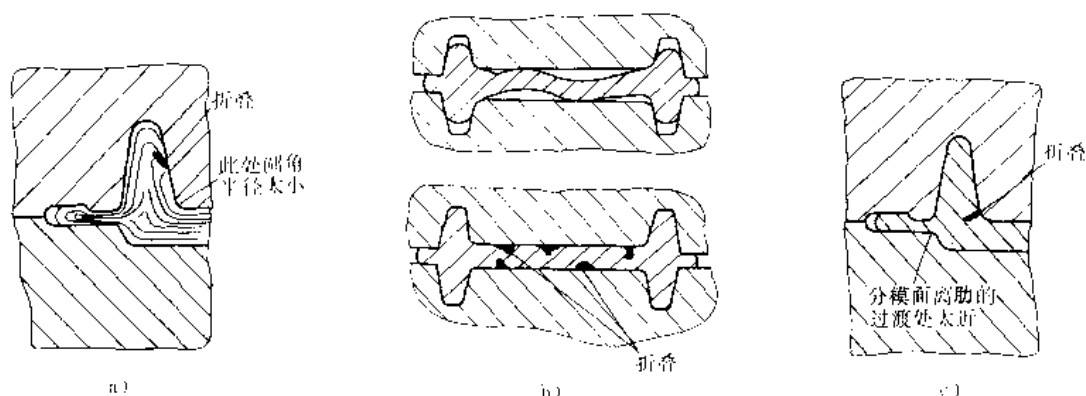


图 2-3-23 锻件产生折叠示例

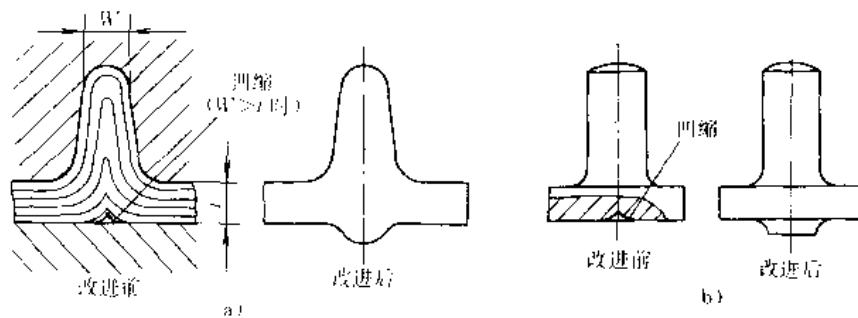


图 2-3-24 锻件上产生凹缩示例

a) 中间肋产生凹缩 b) 桥压杆部时产生凹缩



3. 充不满 锻件的圆角半径太小、肋过高且窄、腹板较薄等不宜金属流动的结构形状,是造成金属充不满的主要原因。

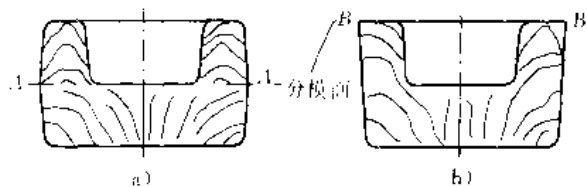


图 2-3-25 分模面对金属流线的影响

a) 流线受剪切 b) 流线连续

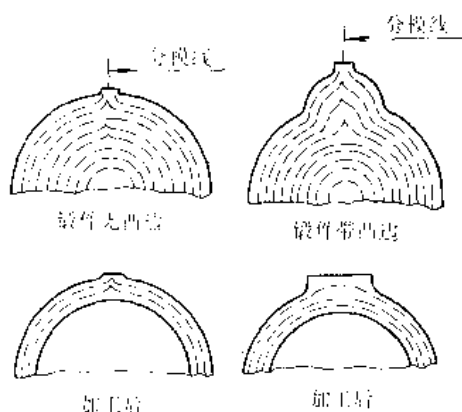


图 2-3-26 改善分模面处零件的性能

4. 裂纹 金属的塑性较低,内圆角半径太小,会使锻件表面出现裂纹。

5. 流线切断 有金属流线要求的零件,分模面的选取要考虑零件在工作中的受力状态,见图 2-3-25,该锻件的 A-A 处在工作中受剪切应力,因此,应选取 B-B 作为分模面。或在有高应力的分模面处增设工艺凸边(切削加工时去除),可使流线被切断的面积和应力集中明显减小,见图 2-3-26。

6. 错移 分模面应便于检查上下模的错移,见图 2-3-27,或采用折线分模面,使错模力互相平衡,避免锻件产生错模缺陷,见图 2-3-28。

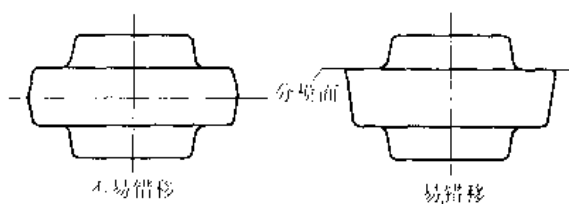


图 2-3-27 锻件分模面

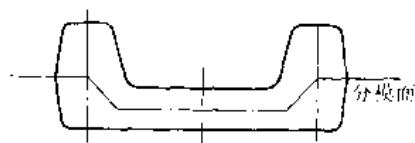


图 2-3-28 折线分模面

第4章 零件结构的冲压工艺性^{[5][6]}

设计冲压件时,应考虑冲压工艺的特点,一般应注意以下几个方面:

(1) 正确选用材料,所选用的材料应具有良好的冲压工艺适应性;

(2) 零件结构便于冲压成形,形状应力求简单、对称;

(3) 在拟订冲压件的尺寸公差时,应考虑冲压工艺所能达到的经济精度。

冲压件的工艺性与具体生产条件有关。在大批生产条件下,最重要的是要减少原材料消耗,提高模具耐用度和工艺稳定性,降低成本,确保产品质量。还应考虑后继工序的要求,如在冲压件上压制出凸台,以便焊接;或在冲压件上冲出工艺孔,以便浸漆时排出空气或多余的漆液。

1 冲压件材料的选用

1.1 选用原则



(1) 对拉深件及复杂弯曲件,应选用成形性能好的材料。材料的成形性能与其化学成分、力学性能、金相组织、板料表面质量、加工硬化程度等因素有关。

(2) 对于弯曲件应考虑材料的纤维方向。

(3) 在保证产品性能质量的前提下,尽量用价格较低的材料代替较昂贵的材料;用薄料代替厚料,并充分利用边脚余料,以提高材料利用率,降低成本。

(4) 考虑后继工序的要求。如冲压后需焊接、涂漆或进行镀膜处理,则应选用酸洗钢板。



1.2 对选用材料的要求

各种类型冲压件对材料的要求见表2-4-1。适于精冲的材料见表2-4-2。

表 2-4-1 一般冲压件对材料的要求

冲压件类别	材料力学性能			常用材料 举 例
	抗拉强度 σ_b (MPa)	伸长率 δ (%)	硬度 HRB	
平板冲裁件	<650	1~5	84~96	Q195、电工 硅钢
冲裁件 弯曲件(以圆角半 径 $R > 2t$ 作垂直于 轧制方向的 90° 弯 曲)	<500	4~11	76~83	Q195, 16 15, 65Mn
浅拉深件 成形件 弯曲件(以圆角半 径 $R > 0.5t$ 作垂直 于轧制方向的 90° 弯 曲)	<420	13~27	64~74	Q215-A Q235 A 15, 20
深拉深件 弯曲件(以圆角半 径 $R < 0.5t$ 作任意 方向 180° 弯曲)	<370	24~36	52~64	08, 08F, 10, 10F
复杂成形件 弯曲件(以圆角半 径 $R < 0.5t$ 作任意 方向的 180° 弯曲)	<330	33~45	48~52	05F, 08Al, 08F

注：t 为板料厚度。

表 2-4-2 适于精冲的材料

黑色金属	有色金属
普通碳素结构钢： Q195~Q275	黄铜：H162, H168, H170, H75, H80, 锡青铜, 铝青铜, 镍黄 铜
优质碳素结构钢： 05, 08, 10~60 (碳的质 量分数超过 0.4% 的碳钢须 经球化退火)	青铜：锡青铜, 铝青铜, 铍 青铜
低合金钢与合金钢： 经球化退火后 $\sigma_b <$ 600MPa 的均可精冲。不锈 钢及经球化退火的合金工具 钢也可精冲	纯铜：T1, T2, T3, T4 无氧铜：TU1, TU2, TU3 纯铝：L1~L6 防锈铝：LF2~LF6, LF10 等, 须经淬火时效处理, 在 时效期内可精冲

2 冲压件的尺寸精度

2.1 冲裁件

普通冲裁件断面均有光亮带与剪裂带两部分, 无论冲孔件还是落料件在图纸上标注的尺寸或实际测量的尺寸, 均系指光亮带部分的尺寸, 见图 2-4-1。

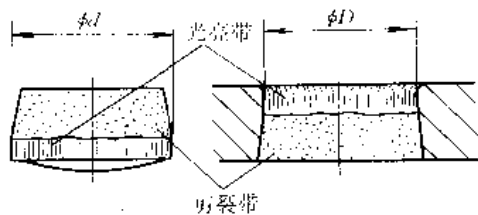


图 2-4-1 冲裁件的断面

如要求冲裁件侧面光洁平直, 一般可采用整修、精冲或其他方法加工。此时应在图纸上注明要求。

2.1.1 落料件外形尺寸精度

成批生产条件下, 落料件外形尺寸公差见表 2-4-3。

表 2-4-3 落料件外形尺寸公差

(mm)

料 厚	普通精度落料				较高精度落料			
	工件尺寸				工件尺寸			
	<10	10~50	>50~150	>150~300	<10	10~50	>50~150	>150~300
0.2~0.5	0.08	0.10	0.11	0.2	0.027	0.03	0.05	0.08
>0.5~1	0.12	0.16	0.22	0.3	0.03	0.04	0.06	0.10
>1~2	0.18	0.22	0.30	0.5	0.04	0.06	0.08	0.12
>2~4	0.24	0.28	0.40	0.7	0.06	0.08	0.10	0.15
>4~6	0.30	0.35	0.50	1.0	0.10	0.12	0.15	0.20

冲压工艺学 冲压工 冲压工 冲压工



2.1.2 冲孔的尺寸精度

冲孔的孔径尺寸公差见表2.4.4, 同时冲出的两孔中心距偏差见表2.4.5, 孔中心至工件边缘的尺寸偏差见表2.4.6。

2.1.3 精冲件

1. 精冲件剪切面的表面粗糙度 精冲件剪切面的表面粗糙度与精冲模刃口硬度、表面粗糙度及刃口

圆角大小有关, 此外还与精冲件的材料厚度、强度、表面质量及模具的润滑条件有关。一般说来, 材料愈厚、强度愈高, 剪切面表面粗糙度 R_a 值愈大。

一般精冲件剪切面表面粗糙度 R_a 值为 $0.2 \sim 3.2 \mu\text{m}$ 。

2. 精冲件的尺寸公差 一般精冲件的内形剪切面较外形光洁、平直, 因此一般精冲件内形公差数值较外形公差数值小, 精冲件可以达到的尺寸公差等级见表2.4.7。

表 2.4.4 冲孔的孔径尺寸公差 (mm)

料 厚	普通精度冲孔			较高精度冲孔		
	孔径尺寸			孔径尺寸		
	<10	10~50	>50~150	<10	10~50	>50~150
0.2~1	0.05	0.08	0.12	0.02	0.04	0.08
>1~2	0.05	0.10	0.16	0.03	0.06	0.10
>2~4	0.08	0.12	0.20	0.04	0.08	0.12
>4~6	0.10	0.15	0.25	0.06	0.10	0.15

表 2.4.5 同时冲出的两孔中心距偏差 (mm)

料 厚	普通精度冲孔			较高精度冲孔		
	孔距尺寸			孔距尺寸		
	<50	50~150	>150~300	<50	50~150	>150~300
<1	±0.10	+0.15	±0.20	±0.03	+0.05	±0.08
>1~2	+0.12	±0.20	±0.30	±0.04	+0.06	±0.10
>2~4	±0.15	+0.25	+0.35	±0.06	±0.08	+0.12
>4~6	±0.20	±0.30	±0.40	±0.08	±0.10	±0.15

表 2.4.6 孔中心至工件边缘尺寸偏差 (mm)

工件尺寸	复 合 模		带导正销的连续模		无导正销的连续模		用外形定位冲孔	
	普通精度	较高精度	普通精度	较高精度	普通精度	较高精度	普通精度	较高精度
	<30	±0.02	+0.015	±0.10	±0.05	±0.20	±0.10	±0.15
30~100	±0.03	±0.020	±0.15	+0.10	+0.30	±0.15	±0.20	±0.12
>100~200	±0.04	±0.025	±0.20	+0.12	±0.40	±0.25	±0.30	±0.18

表 2.4.7 精冲件可达到的尺寸公差等级

材料厚度 (mm)	抗拉强度至 600MPa			材料厚度 (mm)	抗拉强度至 600MPa		
	内 形	外 形	孔 距		内 形	外 形	孔 距
	IT	IT	IT		IT	IT	IT
0.5~1	6~7	7	7	5~6.3	8	9	8
1~2	7	7	7	6.3~8	8~9	9	8
2~3	7	7	7	8~10	9~10	10	8
3~4	7	8	7	10~12.5	9~10	10	9
4~5	7~8	8	8	12.5~16	10~11	10	9



表 2-4-8 精冲件的平面度 (mm)

料 厚	1	2	4	5	8	10	12	15
100mm×100mm 范围内	0.06~0.14	0.05~0.12	0.01~0.10	0.04~0.09	0.03~0.07	0.02~0.06	0.02~0.06	0.01~0.05

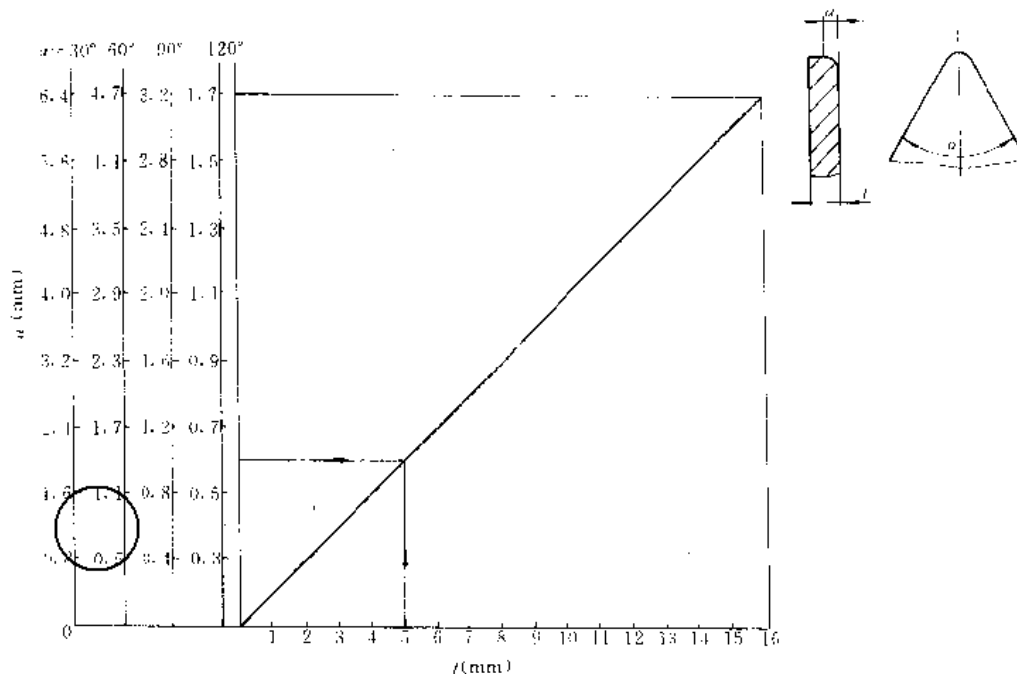


图 2-4-2 精冲件的塌角

3. 精冲件的平面度 表 2-4-8 列出精冲件在一般情况下, 每 100mm×100mm 范围内平面度的数值。精冲件材料强度低取接近下限值, 材料强度高则取接近上限值。

4. 塌角 精冲件与普通冲裁件一样带有塌角。精冲的塌角要较普通冲裁为小。塌角的大小与工件的几何形状、材料的强度与厚度有关。图 2-4-2 给出了材料抗拉强度在 450MPa 以下, 最小允许圆角处的塌角最

大值 a 。

2-2 弯曲件

2-2-1 弯边高度的极限偏差 (表 2-4-9)

2-2-2 弯曲件弯曲角度的极限偏差 (表 2-4-10)

表 2-4-9 弯边高度的极限偏差 (mm)

弯边高度 (h)		≤10	>10~18	>18~30	>30~50	>50~120	>120~250	>250
材料厚度 (t)	≤2	+0.6 -0.4	+0.8 -0.5	+1.0 -0.6	+1.3 -0.7	+1.6 -0.8	+1.9 -1.0	+2.2 -1.2
	>2	+0.8 -0.5	+1.0 -0.6	+1.3 -0.7	+1.6 -0.8	+1.9 -1.0	+2.2 -1.2	+2.5 -1.4

此星公司制作 请尊重作者版权

100
200
300
400
500
600
700
800
900
1000



表 2·4-10 弯曲件弯曲角度的极限偏差

(mm)

角度短边长度 L	≤ 30	$>30 \sim 50$	$>50 \sim 80$	$>80 \sim 120$	>120
极限偏差角度值	$\pm 2^\circ$	$\pm 1'15''$	$\pm 1'30''$	$\pm 1'15''$	$\pm 1'$
极限偏差线性值	$\pm 0.0349L$	$\pm 0.0305L$	$\pm 0.0262L$	$\pm 0.0218L$	$\pm 0.0175L$

2·3 拉深件

表 2·4-11 圆筒拉深件直径的极限偏差

(mm)

2·3·1 圆筒拉深件直径的极限偏差 (表 2·4-11)

2·3·2 圆筒拉深件高度的极限偏差

无凸缘圆筒拉深件高度的极限偏差见表 2·4-12。

带凸缘圆筒拉深件高度的极限偏差见表 2·4-13。

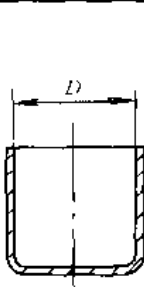
2·4 其他成形件

1. 翻边高度和加强窝深度的极限偏差 (表 2·4-14)

11)

表 2·4-12 无凸缘圆筒拉深件高度的极限偏差

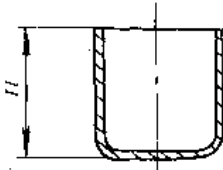
(mm)



料厚	拉深件高度 H				
	≤ 18	$>18 \sim 30$	$>30 \sim 50$	$>50 \sim 80$	$>80 \sim 120$
≤ 1	± 0.5	± 0.6	± 0.7	± 0.9	± 1.1
$>1 \sim 2$	± 0.6	± 0.7	± 0.8	± 1.0	± 1.3
$>2 \sim 3$	± 0.7	± 0.8	± 0.9	± 1.1	± 1.5
$>3 \sim 4$	± 0.8	± 0.9	± 1.0	± 1.2	± 1.8
$>4 \sim 5$	—	± 1.0	± 1.2	± 1.5	± 2.0
$>5 \sim 6$	—	—	± 1.5	± 1.8	± 2.2

表 2·4-13 带凸缘圆筒拉深件高度的极限偏差


(mm)



料厚	拉深件高度 H				
	≤ 18	$>18 \sim 30$	$>30 \sim 50$	$>50 \sim 80$	$>80 \sim 120$
≤ 1	± 0.3	± 0.4	± 0.5	± 0.6	± 0.7
$>1 \sim 2$	± 0.4	± 0.5	± 0.6	± 0.7	± 0.8
$>2 \sim 3$	± 0.5	± 0.6	± 0.7	± 0.8	± 0.9
$>3 \sim 4$	± 0.6	± 0.7	± 0.8	± 0.9	± 1.0
$>4 \sim 5$	—	—	± 0.9	± 1.0	± 1.1
$>5 \sim 6$	—	—	—	± 1.1	± 1.2

表 2·4-14 翻边高度和加强窝深度的极限偏差

(mm)



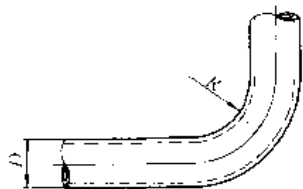
翻边高度, 加强窝深度 h	≤ 6	$>6 \sim 10$	$>10 \sim 18$	>18
极限偏差	± 1.0	± 1.5	± 2.0	± 3.0
	± 0.5	± 1.0	± 1.0	± 1.0

2. 管子弯曲半径的极限偏差 (表 2·4-15)

3. 管子弯曲处的圆度公差 (表 2·4-16)

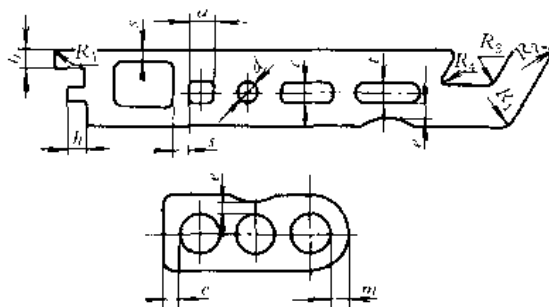
表 2·4-15 管子弯曲半径的极限偏差

(mm)



弯曲半径 R	管子外径 D			
	≤10	>10~18	>18~30	>30
≤30°	±1	±2	—	—
>30~80	±2	±3	±4	—
>80~180	±3	±4	±5	±6
>180~250	±4	±5	±6	±8
>250	±5	±6	±8	±10

表 2·4-17 冲裁件的最小尺寸



材 料	结 构 要 素							
	b	h	a	s, d	c, m	e, l	R ₁ , R ₂ α ≥ 90°	R ₃ , R ₄ α < 90°
钢 σ _s > 900MPa	≥ 1.9t	≥ 1.6t	≥ 1.3t	≥ 1.4t	≥ 1.2t	≥ 1.1t	≥ 0.8t	≥ 1.1t
钢 σ _s = 500~900MPa	≥ 1.7t	≥ 1.4t	≥ 1.1t	≥ 1.2t	≥ 1.0t	≥ 0.9t	≥ 0.6t	≥ 0.9t
钢 σ _s < 500MPa	≥ 1.5t	≥ 1.2t	≥ 0.9t	≥ 1.0t	≥ 0.8t	≥ 0.7t	≥ 0.4t	≥ 0.7t
黄铜、铜、铝、锌	≥ 1.3t	≥ 1.0t	≥ 0.7t	≥ 0.8t	≥ 0.6t	≥ 0.5t	≥ 0.2t	≥ 0.5t

注: 1. t 材料厚度。

2. 若冲裁件结构无特殊要求, 应采用大于表中所列数值。

3. 当采用整体凹模时, 冲裁件轮廓应避免清角。

2. 精冲件的最小圆角半径 精冲件的轮廓不应有尖角, 否则尖角处材料易产生撕裂, 并使该处的凸模产生崩裂。因此精冲件的尖角处应具有适当的圆角。精冲件的最小圆角半径与工件的轮廓角度、材料的力学性能及厚度有关。表 2·4-18 为材料抗拉强度低于

表 2·4-16 管子弯曲处的圆度公差

(mm)

管子外径 D	管子弯曲半径 R	
	≤3D	≥3D
≤10	0.6	0.4
>10~18	1.0	0.6
>18~30	1.6	1.0
>30	2.5	1.6

注: 表中所列公差数值系采用两点法检测, 所测得的直径差最大值应不大于表中所列数值的两倍。

3 冲压件的结构要素

3.1 冲裁件

1. 冲裁件的最小尺寸 为了保证模具寿命和工件质量, 冲孔的尺寸、孔间距离、孔边距离和冲裁件轮廓的圆角半径均不宜过小。其合理尺寸见表 2·4-17。

450MPa 的精冲件最小圆角半径。强度高于此值的材料, 最小圆角半径按比例增大。

3. 精冲件最小孔径、孔边距与孔心距 精冲件最小孔径 d_{min} 、孔边距 b_{min} 、孔心距 a_{min} 的极限值均较普通冲裁小。表 2·4-19 列出当冲孔凸模的许用压应力为



(200~1100MPa)时,精冲件最小孔径 d_{min} 、孔边距 b_{min} 、孔心距 a_{min} 的极限值。

4. 精冲件最小槽宽与槽边距 表2·4-20为抗拉强度低于450MPa的材料精冲最小槽宽 e_{min} 和最小槽边距 f_{min} 。当材料抗拉强度高于450MPa时,其数值按比例增大。

3·2 弯曲件

1. 弯曲件的最小弯曲半径 冲制弯曲件时,在弯曲圆角处的材料产生塑性变形,如弯曲圆角半径过小,会导致圆角部分出现裂纹或折断。弯曲件的最小弯曲半径取决于各种材料外层纤维的极限变形量。表2·4-21列出各种材料的最小弯曲半径,当弯曲件结构无特殊要

求时,其弯曲半径应选取较表2·4-21所列值稍大些

表2·4-18 精冲件的最小圆角半径 (mm)

料厚	工件轮廓角度 α			
	30°	60°	90°	120°
1	0.6	0.25	0.20	0.15
2	1.0	0.5	0.30	0.20
3	1.5	0.75	0.45	0.35
4	2.0	1.0	0.60	0.45
5	2.3	1.1	0.70	0.55
6	2.9	1.4	0.90	0.65
8	3.9	1.9	1.2	0.90
10	5	2.5	1.5	1.00

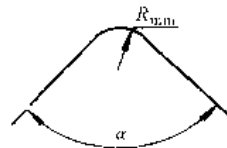
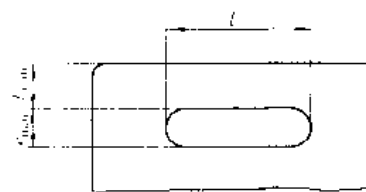


表2·4-19 精冲件最小孔径 d_{min} 、孔边距 b_{min} 及孔心距 a_{min} 的极限值

材料抗拉强度 σ (MPa)			
150	$(0.3 \sim 0.4) t$	$(0.25 \sim 0.35) t$	$(0.2 \sim 0.3) t$
300	$(0.45 \sim 0.55) t$	$(0.35 \sim 0.45) t$	$(0.3 \sim 0.4) t$
450	$(0.65 \sim 0.7) t$	$(0.5 \sim 0.55) t$	$(0.45 \sim 0.5) t$
600	$(0.85 \sim 0.9) t$	$(0.7 \sim 0.75) t$	$(0.6 \sim 0.65) t$

注:薄料取上限,厚料取下限,t—料厚。

表2·4-20 精冲件最小相对槽宽 e_{min}/t (mm)



料厚 t	槽长 l												
	2	4	6	8	10	15	20	40	60	80	100	150	200
1	0.69	0.78	0.82	0.84	0.88	0.94	0.97						
1.5	0.62	0.72	0.75	0.78	0.82	0.87	0.90						
2	0.58	0.67	0.70	0.73	0.77	0.83	0.86	1.00					
3		0.62	0.65	0.68	0.71	0.76	0.79	0.92	0.98				
4		0.60	0.63	0.65	0.68	0.74	0.76	0.88	0.94	0.97	1.00		
5			0.62	0.64	0.67	0.73	0.75	0.86	0.92	0.95	0.97		
8				0.63	0.66	0.71	0.73	0.85	0.90	0.93	0.95	1.00	
10						0.68	0.71	0.80	0.85	0.87	0.88	0.93	0.96
12							0.70	0.79	0.84	0.86	0.87	0.92	0.95
15							0.69	0.78	0.83	0.85	0.86	0.9	0.93

注:最小槽边距 $f_{min} = (1.1 \sim 1.2) e_{min}$ 。



表 2-4-21 弯曲件最小弯曲半径 (mm)

材 料	退火或正火状态		冷作硬化	
	弯曲线位置			
	垂直于 轧制方向	平行于 轧制方向	垂直于 轧制方向	平行于 轧制方向
08, 10, Q215-A	0	0.4t	0.4t	0.8t
15, 20, Q235-A	0.1t	0.5t	0.5t	1.0t
25, 30, Q255-A	0.2t	0.6t	0.6t	1.2t
35, 40	0.3t	0.8t	0.8t	1.5t
45, 50	0.5t	1.0t	1.0t	1.7t
55, 60, 65Mn	0.7t	1.3t	1.3t	2.0t
铝	0.1	0.3t	0.3t	0.8t
紫铜	0.1	0.3t	1.0t	2.0t
H62 黄铜	0.1	0.3t	0.4t	0.8t
软杜拉铝	1.0t	1.5t	1.5t	2.5t
硬杜拉铝	2.0t	3.0t	3.0t	4.0t

注: 1. t —材料厚度 (mm).

2. 当弯曲线与轧制纹路成一定角度时, 视角度大小可采用中间数值。
3. 对冲裁或剪裁后未经退火的窄料, 弯曲时应按照冷作硬化的情况选用弯曲半径。
4. 在弯曲厚板时 (板厚 8mm 以上), 弯曲半径应选用较大数值。

2. 弯曲件弯边最小高度 在直角弯曲时, 为保证弯角质量, 弯边高度一般应大于料厚的二倍, 即 $H > 2t$ 。

如弯曲件结构上不允许增加弯边高度 H , 则应压制出工艺槽后再弯曲, 或弯曲后再将多余高度切去, 见图 2-4-3。

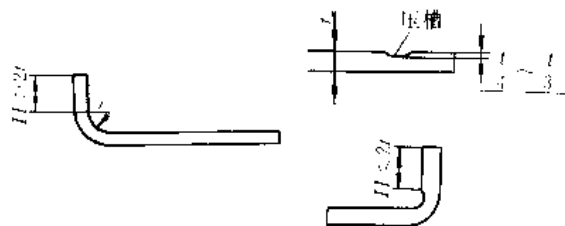


图 2-4-3 弯边最小高度

3.3 成形件

1. 拉深件底部圆角半径 拉深件底部圆角半径应取适当大小, 一般为料厚的 3~5 倍。如结构需要, 其最小圆角半径应大于或等于板厚, 最大圆角半径应小于或等于板厚的 8 倍。即 $r_1 \approx (3 \sim 5)t$; $r_{1min} \geq t$; $r_{1max} \leq 8t$, 见图 2-4-4。

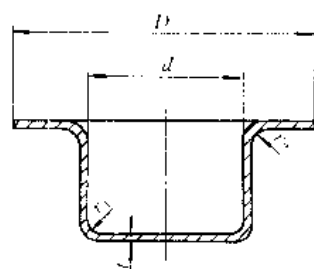


图 2-4-4 拉深件的圆角

2. 拉深件凸缘圆角半径 拉深件凸缘根部圆角半径一般取为料厚的 5~8 倍。如结构需要, 其最小圆角半径应大于或等于料厚的 2 倍。最大圆角半径应小于或等于料厚的 8 倍。即 $r_2 \approx (5 \sim 8)t$; $r_{2min} \geq 2t$; $r_{2max} \leq 8t$, 见图 2-4-4。

3. 圆筒形拉深件高度与直径之比 圆筒形无凸缘拉深件一次成形时, 高度 h 和直径 d 之比应小于或等于 0.4, 即 $h/d \leq 0.4$ 。见图 2-4-5。

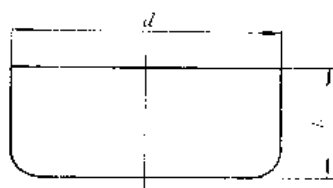


图 2-4-5 圆筒形无凸缘拉深件

表 2-4-22 内孔一次翻边的参考尺寸 (mm)

翻边直径 (中径) D	根据结构确定
翻边圆角半径 R	$R \geq 1 \sim 1.5t$
翻边系数 K $K = \frac{d_0}{D}$	软钢 $K \geq 0.70$ 黄铜 H62 ($t = 0.5 \sim 6$) $K \geq 0.68$ 铝 ($t = 0.5 \sim 5$) $K \geq 0.70$
翻边高度 H	$H = \frac{D}{2} (1 - K) + 0.43R + 0.72t$
翻边孔至外缘的距离 a	$a > (7 \sim 8)t$

注: 1. t —材料厚度。

2. 若翻边高度较高, 一次翻边不能满足要求时, 可采用拉深、翻边复合工艺。
3. 翻边后孔壁变薄, 如减薄量有特殊要求, 应予注明。



4. 内孔翻边的参考尺寸 在内孔翻边时, 材料的允许变形程度与其力学性能、料厚、翻边前预冲孔的加工质量及模具工作部分的形状等因素有关。内孔一次翻边的参考尺寸见表 2·4-22。

5. 卷边直径 卷边直径的参考尺寸见表 2·4-23。

6. 压肋的参考尺寸

- a. 平面肋 压制平面肋的参考尺寸见表 2·4-24。
- b. 加强窝的间距及其至外缘的距离 (表 2·4-25)
- c. 角部加强肋 (表 2·4-26)

表 2·4-23 卷边直径 d (mm)

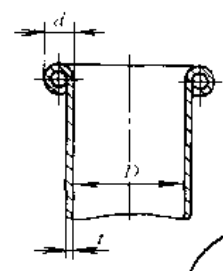
	工件直径 D	材料厚度 t				
		0.3	0.5	0.8	1.0	2.0
	~50	≥ 2.5	≥ 3.0			
	>50~100	≥ 3.0	≥ 4.0	≥ 5.0		
	>100~200	≥ 4.0	≥ 5.0	≥ 6.0	≥ 7.0	≥ 8.0
	>200	≥ 5.0	≥ 6.0	≥ 7.0	≥ 8.0	≥ 9.0

表 2·4-24 平面肋的参考尺寸

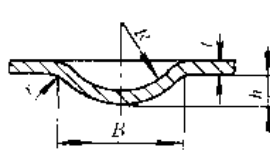
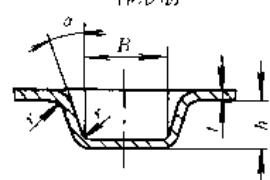
肋的形式	R	h	B	r	α
半圆肋 	$(3\sim 4)t$	$(2\sim 3)t$	$(7\sim 10)t$	$(1\sim 2)t$	
梯形肋 		$(1.5\sim 2)t$	$\geq 3h$	$(0.5\sim 1.5)t$	$15^\circ\sim 30^\circ$

表 2·4-25 加强窝的间距及其至外缘的距离 (mm)

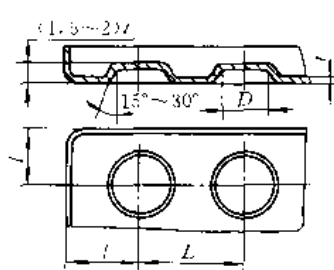
	D	L	t
	6.5	10	6
	8.5	13	7.5
	10.5	15	9
	13	18	11
	15	22	13
	18	26	16
	24	34	20
	31	44	26
	36	51	30
	43	60	35
	48	68	40
55	78	45	

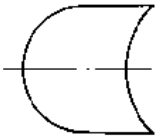
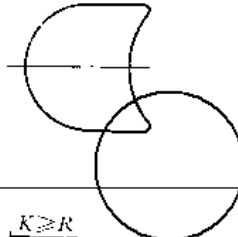
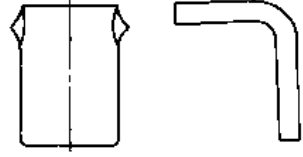
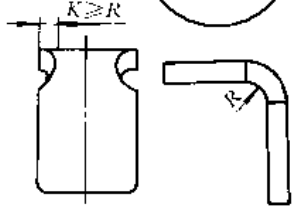
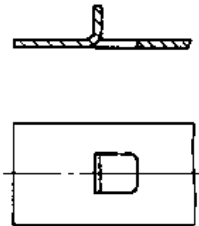
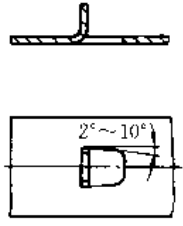
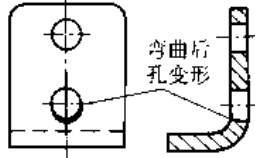
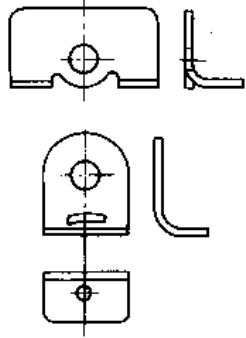
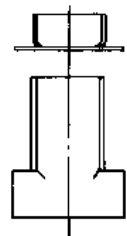
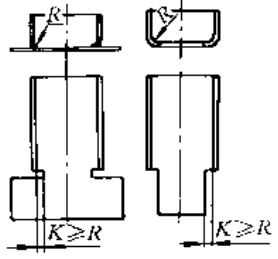
表 2·4-26 角部加强肋的参考尺寸 (mm)

L	型式	R_1	R_2	R_3	H	M (参考)	肋间距
12.5	1	6	9	5	3	18	65
20	1	8	16	7	5	29	75
32	2	9	22	8	7	38	90



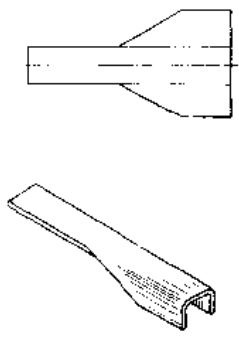
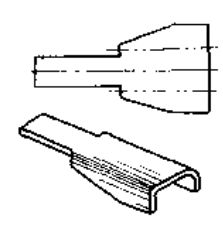
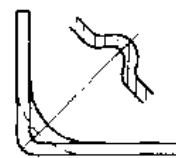

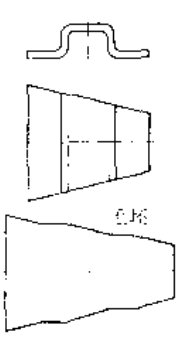
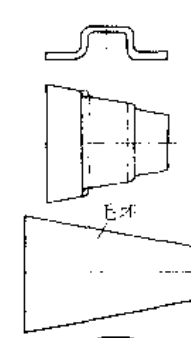
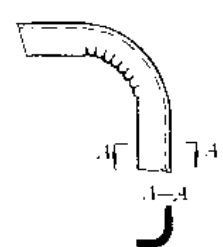
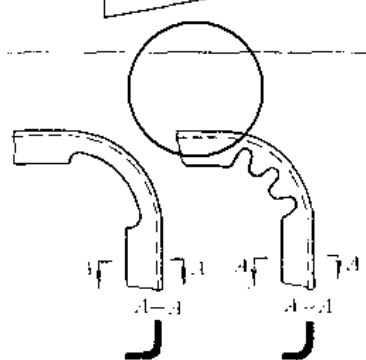
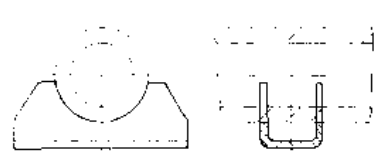
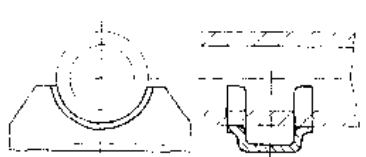
4 冲压件的结构示例 (表 2·4-27)

表 2·4-27 冲压件结构示例

图 例		说 明
改 进 前	改 进 后	
		冲裁件轮廓应避免尖角, 否则易产生毛刺或塌角
		用窄料作小半径弯曲, 且宽度要求严格时, 应在弯曲处切口, 以免弯曲处变宽
		局部切口且带压弯的零件, 为了避免工件从凹模中退出时, 舌部与凹模内壁摩擦, 舌部应带有斜度
		弯曲带孔的毛坯时, 如孔在弯曲线附近, 为避免弯曲时孔产生变形, 可在零件上预冲出月牙槽或圆孔
		仅有局部弯曲的弯曲件, 应在交接处切槽或将弯曲线移出一定距离, 以免在交界处产生撕裂

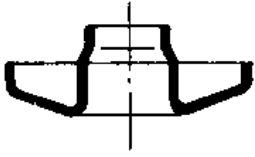
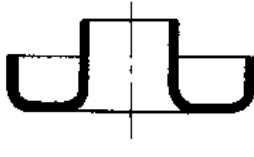
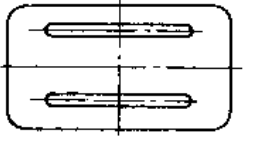
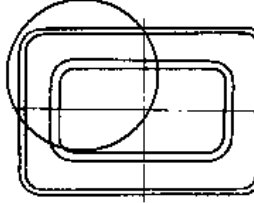
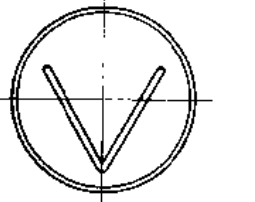
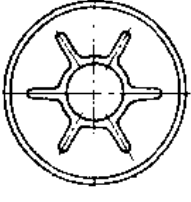
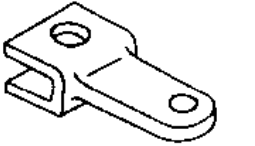



(续)

图 例		说 明
改 进 前	改 进 后	
		<p>仅有局部弯曲的弯曲件，应在交接处切槽或将弯曲线移出一定距离，以免在交界处产生撕裂</p>
		<p>弯曲件在弯曲部分压肋可增加刚度，并可减小弯角部分的回弹，提高尺寸精度</p>
		<p>弯曲件外形应尽量有利于简化展开料的形状</p>
		<p>带竖边的弯曲件，为避免在弯曲处起皱，可切去弯角处部分竖边</p>
		<p>弯曲件两侧的支承孔，为了保证弯曲后同轴，应在弯曲时同时翻出短边</p>



(续)

图 例		说 明
改 进 前	改 进 后	
		拉深件形状要尽量简单、对称。
		压肋的形状应力求与零件外形相近或对称, 否则由于变形不均匀, 易使工件产生翘曲。
		
		利用冲压件代替锻件或铸件。

第5章 零件结构的热处理工艺性

1 影响零件结构热处理工艺性的因素

机械零件失效大多是因设计不当, 忽视零件的结构工艺性, 或设计的零件承载能力不够; 材料选择不合理, 不能满足使用要求; 加工工艺不正确; 安装、使用不当等因素造成的。只有结构设计、材料选择和热处理三者配合得当, 才能确保零件的质量, 充分发挥材料潜力。

影响零件结构热处理工艺性的因素主要有:

(1) 零件材料的选择;

(2) 零件的几何形状和刚度;

(3) 零件的尺寸;

(4) 零件的表面状态。

1.1 零件材料的选择

零件材料选择的基本原则是: 满足零件使用性能的要求, 防止事故的发生; 满足零件工艺性能的要求, 提高成品率; 符合经济原则, 降低成本, 获得高的经济效益。

不同的钢种可以通过不同的热处理工艺获得相近



的力学性能,也可以通过不同的表面处理得到相同耐磨、耐腐蚀的性能,能用较低级较易得的材料就不用更高级的;能用简单的、不增加上下道工序工作量和困难的加工工艺就不用复杂的等等。要辩证地全面地考虑,作出最优化的选择。

1.1.1 钢的热处理性能

钢的热处理性能是指材料接受热处理的能力,包括淬硬性、淬透性、淬火变形开裂倾向、过热敏感性、回火脆性、氧化脱碳倾向等等。

1. 淬硬性 淬硬性就是钢淬火后能获得的最大硬度。钢的含碳量是影响淬硬性的主要因素,合金元素的影响较小。钢中碳的质量分数 w_c 、马氏体的体积分数 ϕ_M 和淬火能获得的最大硬度的关系见图 2-5-1,淬硬性随碳含量的增加而提高,但增到一定值后,便逐渐趋向稳定。所以过共析钢和共析钢淬火硬度差不多。实际生产中,淬火硬度还受到截面尺寸的影响。表 2-5-

1所列硬度值是整体淬火的经验数据,设计时要求的硬度应小于最低值,不然就需改选材料来满足高的要求。

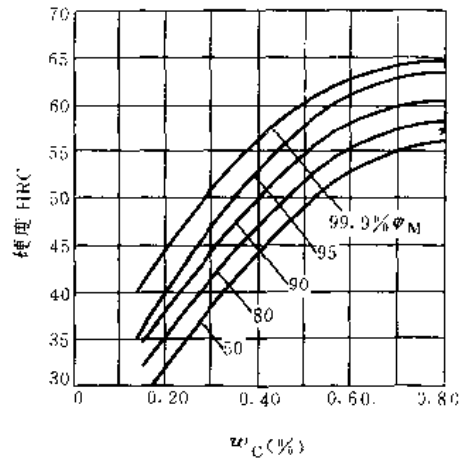


图 2-5-1 钢中碳的质量分数、马氏体的体积分数和淬火最高硬度的关系

表 2-5-1 几种常用钢材、不同截面尺寸的淬火硬度 (HRC)

材 料	截 面 尺 寸 (mm)						
	≤3	>3~10	>10~20	>20~30	>30~50	>50~80	>80~120
15 渗碳淬火	58~65	58~65	58~65	58~65	58~62	50~60	
15 渗碳淬油	58~62	40~60					
35 淬水	45~50	45~50	45~50	45~50	35~45	30~40	
45 淬水	54~59	50~58	50~55	48~52	45~50	40~45	25~35
45 淬油	40~45	30~35					
T8 淬水	60~65	60~65	60~65	60~65	56~62	50~55	40~45
T8 淬油	55~62	≤41					
20Cr 渗碳淬油	60~65	50~55	60~65	60~65	56~62	45~55	
40Cr 淬油	50~60	48~53	50~55	45~50	40~45	35~40	
35SiMn 淬油	48~53	48~53	48~53	45~50	40~45	35~40	
65SiMn 淬油	58~64	58~64	50~60	48~55	45~50	40~45	35~40
GCr15 淬油	60~64	60~64	60~64	58~63	52~62	48~50	
CrWMn 淬油	60~65	60~65	60~65	60~64	58~63	56~62	56~60

钢的强度和硬度都主要由钢的组织所决定。由于硬度检验简单快速而又基本无损,常用以代替全面的性能检验。

淬火、表面淬火、渗碳淬火都可获得马氏体组织,提高零件硬度,改善耐磨性。耐磨性的改善有以下几种情况:

- (1) 显微组织中若含有铬、钼、钨及钒等元素的碳化物,则可显著提高其耐磨性;
- (2) 低碳钢经塑性变形获得的加工硬化,虽然可

提高硬度,但不能改善耐磨性;

- (3) 高锰钢 Mn13 制成的零件,在冲击载荷作用下,表面产生加工硬化,硬度增到 500~600HBW,可提高耐磨性。

钢制零件经不同热处理工艺处理,其硬度变化范围如下:

- (1) 中碳钢经淬火回火,零件硬度可达 53~55HRC;
- (2) 高碳钢经淬火低温回火,硬度可达 60~



62HRC;

(3) 低碳钢经渗碳、淬火回火,零件表面硬度可达58~62HRC;

(4) 氮化处理零件,表面硬度可达950~1100HV(相当于65~72HRC)。

提高表面硬度,应注意最终加工时最合适的加工余量(特别是磨削加工)。过大的加工余量,对降低成本不利,如果加工余量过小,则热处理变形不能完全去掉,造成废品。零件形状、尺寸、热处理方法等情况不同,加工余量的大小也不同。

2. 淬透性 淬透性是表示钢件能获得淬硬层的深度,主要决定于钢的合金成分和奥氏体化温度。淬透性不好的碳钢,截面稍大就不能淬透,经调质处理后,其力学性能随深度的增加而迅速降低。当截面较大时,其心部可能仍处于正火状态。如45钢直径100mm经调质处理仅获得抗拉强度 σ_b 值610MPa,正火处理也能达到 σ_b 值600MPa,此时调质处理就毫无意义了。这种由于截面尺寸而使性能降低的现象叫做钢的热处理尺寸效应。它与钢材成分有密切关系,淬透性愈大的钢种,尺寸效应愈不明显,所以查阅材料手册对所载力学性能数据进行选材时,必须注意获得数据的热处理状态(退火、正火、调质)和截面尺寸。在设计时,需要根据零件的受力状况对钢的淬透性提出要求。零件承受单向拉伸应力,要求零件全截面淬透;承受反复扭转或弯曲应力的零件,不需要淬透,一般要求距表面 $1/2 \sim 1/4$ 半径厚度就足够。渗碳零件的心部硬度要求与钢的淬透性也有关系。如汽车齿轮规定齿的心部硬度33~45HRC,当钢的淬透性过高,将使齿的心部硬度超过此值,容易发生断齿。

在设计中要解决强度、质量等问题,把碳素钢换成合金钢,铸铁换成铸钢时,一定要注意随着应力增加,变形也在增大。例如,承受单纯拉伸载荷,由于铬镍合金钢经调质处理后的抗拉强度是普通碳素钢的两倍,所以截面积可减小 $1/2$ 。但是由于两者的弹性系数几乎相同,对于同样应力的伸长,碳素钢为铬镍钢的 $1/2$ 。因此,当零部件以强度要求为主时,采用合金钢对减轻质量有利;当以变形要求为主时,从经济上考虑采用碳素钢是有利的。

3. 淬火变形开裂倾向 钢的变形开裂是由于零件结构设计不够合理,材料选择不当以及热处理后内应力集中等原因造成的。含碳量较高的碳素结构钢、高碳工具钢,变形开裂倾向大。当淬火采用水冷以获得较高的硬度、强度时,容易变形开裂。形状复杂的零件,

要求高硬度,应采用低合金钢淬油较为安全。

4. 钢的回火脆性 锰钢、硅锰钢、铬硅钢、铬锰钢、铬镍钢等,淬火后在某一温度范围回火后,钢的韧性降低,脆性转变温度提高。为了避免这种回火脆性,回火后应迅速冷却(水冷或油冷)。如果零件形状复杂,还应考虑改用含有钼或钨等元素的无回火脆性倾向的钢种。

5. 专用钢种 有些钢种是专门为适应某些热处理工艺而研制的。如低淬透性钢适用于高频淬火;氮化钢适用于氮化;渗碳钢适用于渗碳。采用这些热处理工艺以满足零件性能要求时,必需同时选择与之相适应的钢种。专用钢也常作其他热处理,如渗碳钢20SiMnMoV制成的石油钻井吊环,经淬火低温回火后,强度提高,比原用35钢正火处理的吊环,质量可减少到原来的 $1/4 \sim 1/5$ 。

1.1.2 钢的型号、规格和热处理状态

选择钢材时,除了决定钢的种类外,还要根据零件的特点,提出热处理技术条件等要求,充分利用经过冷轧、冷拉、正火、调质等改进了性能的轧材,减少或完全免除加工后的热处理工序,是改善零件热处理工艺性的最好方法。例如采用经等温淬火或油淬回火的钢丝、用冷卷法制造小弹簧,就不需要在卷簧后淬火、回火(最多进行一次消除应力处理)、校形和硬度检验。又如高速钢钻头、铣刀是将毛坯进行淬火回火后磨制而成。再如,采用经调质的热轧棒料车削成高强度螺杆等。既提高劳动生产率、降低成本,又保证了质量。

1.2 零件的几何形状和刚度

为避免热处理变形、开裂,或降低热处理质量(如硬度不足、软点、强度低、化学热处理渗层薄或不均匀等),零件的几何形状应尽可能简单、对称;长径比要小,截面均匀,无锐边尖角,避免盲孔与配作孔;拼焊的零件,焊缝处应尽量避免淬火;一般不允许设计成中空密封结构,还应考虑在热处理过程中便于输送、吊挂和装夹。

此外,零件结构对热处理设备的选择、装炉方法、加热与保温时间以及冷却方式方法等,均有一定影响。细长的零件应采用井式炉吊挂加热,加热和保温时间主要依据零件形状尺寸的有效厚度来确定。淬火冷却时,更要结合零件形状来考虑;细长和圆筒形零件或套类零件,应轴向垂直淬入淬火液;圆盘形的零件,则应径向淬入并横向左右移动;薄片形长刀片,应使刃口同



时淬入淬火液：带各种孔眼、凹槽的零件，应选择使淬火液易于对流的方向淬火。设计时必须使零件结构与所需进行的热处理工艺互相适应。在零件结构形状无法满足热处理的工艺要求时，通过与设计者协商，适当修改零件结构形状。

1.3 零件的尺寸

钢材标准中所列的热处理后力学性能，除另有说明者外，都是小尺寸试样（一般为 $\phi 10$ ）的试验数据。由于钢的热处理尺寸效应，这些数据不能作为大截面零件的设计依据。几种常用结构钢的尺寸效应范围见表 2-5-2。零件尺寸在所列范围之内，可以参照钢材标准所列的力学性能选择钢材和进行设计计算。设计大截面零件时，参见工程材料卷第 4 篇第 10 章。

表 2-5-2 几种常用结构钢的尺寸效应范围
(能达到规定力学性能的最大直径)

(mm)					
钢号	水冷	油冷	钢号	水冷	油冷
30	30		20Cr	45	35
35	32		40Cr	65	40
40	35		12CrNi3	60	40
45	37		20CrMo	60	45
50	40		35CrMo	80	60
55	42		30CrMnSi		60

1.4 零件的表面状态

零件切削加工后，若切削刀痕过深，使零件表面粗糙，易于造成应力集中，淬火时容易沿刀痕方向形成淬火裂纹。表面愈光洁，淬火气膜愈不易附着，使冷却均匀，变形减少，所以淬火零件（包括表面淬火）的表面粗糙度不应高于 $R_a 2.5 \sim 5 \mu m$ 。氮化零件的表面粗糙，则脆性增加，硬度测量不准确，所以一般要求 $R_a 0.08 \sim 1.25 \mu m$ 。渗碳零件表面粗糙度不高于 $R_a 5 \sim 10 \mu m$ 。

零件表面质量对疲劳强度影响很大。表面粗糙，例如微细的刀具刻痕或压延皮膜等，都会造成应力集中，导致疲劳强度降低。钢的表面粗糙度对疲劳强度下降率的影响见图 2-5-2。抗拉强度越高，疲劳强度下降率越大。

如果将钢制零件进行表面渗碳、氮化、高频淬火、表面滚轧、喷丸等处理，则可增加表层的强度，加上采取防止外伤、磨损、腐蚀等措施，可使疲劳强度提高。

对处理前表面有切口和刻痕的处理，提高率更显著。铸件表面引起的疲劳强度的降低程度，一般来说，铸铁为 10%，铸钢为 30%。

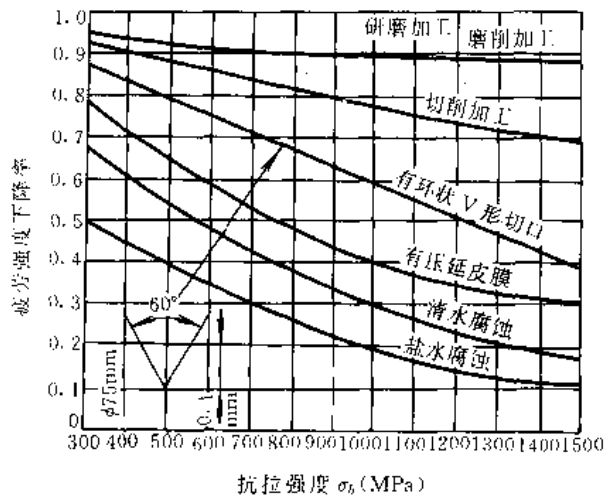


图 2-5-2 钢的表面粗糙度和疲劳强度的关系

零件表面脱碳，如 40 钢脱碳层厚度为 0.2mm 时，疲劳强度就能降低 30%。钢材在硬度、强度相同条件下，经调质处理比正火处理有更好的疲劳强度。

2 热处理对零件结构的要求

零件设计时要考虑零件的结构形状，还要重视热处理工艺对结构的要求，否则会给热处理带来不便，以及引起淬火变形或开裂，导致零件报废。

热处理对零件结构的要求主要有：

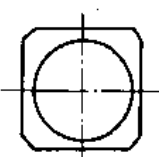
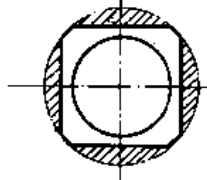
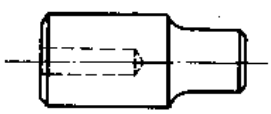
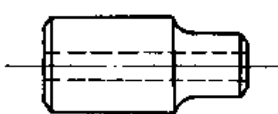
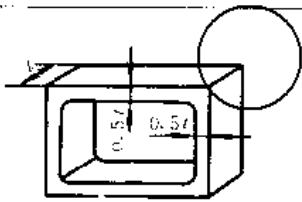
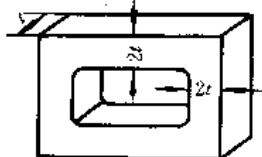


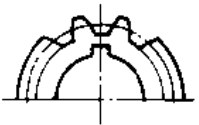
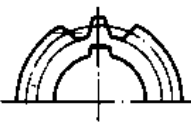
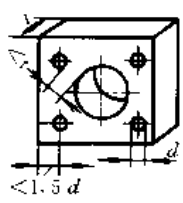
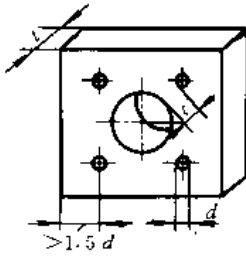
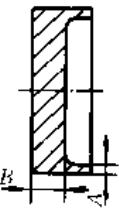

- (1) 几何形状力求简单，尽可能对称；
- (2) 尽量使零件截面均匀，避免截面突变、厚薄悬殊。必要时可开工艺孔或工艺槽，并合理分布其位置和数量；
- (3) 避免锐边尖角，应将其倒钝或改成圆角，且圆角半径应尽可能大；
- (4) 轴类零件的长径比不可太大；
- (5) 改盲孔为通孔；
- (6) 提高零件结构的刚性，必要时可附设加强肋；
- (7) 形状特别复杂，或者不同部位有不同性能要求时，可改成组合结构（如机床床身的镶钢导轨）。封闭型焊接结构要求淬火时，应开通气孔；
- (8) 尽量避免配作孔、局部渗碳、局部氮化等。

改变零件结构以改善热处理工艺性的示例见表 2-5-3。

高频表面淬火对零件结构要求的示例见表 2-5-4。


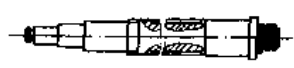
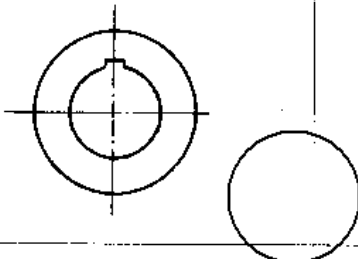
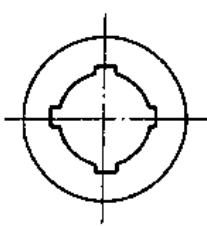


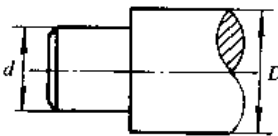
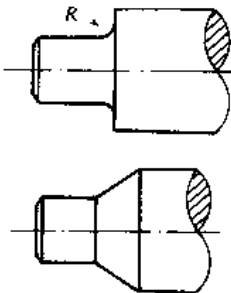
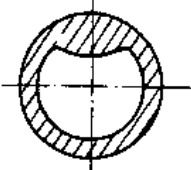
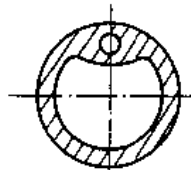
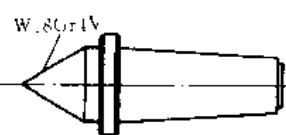
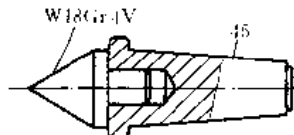
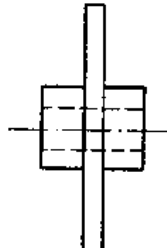
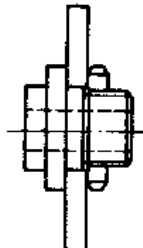


表 2-5-3 改变零件结构以改善热处理工艺性的举例

类型	图 例		说 明
	改 进 前	改 进 后	
			避免危险尺寸或太薄边缘。当零件要求必须是薄边时，应在热处理后成形（加工去掉多余部分）
			变盲孔为通孔
			凹模的合理壁厚
截 面 均 匀			避免截面突变，尽量使截面匀称
			键槽位置应避免形成薄壁
			结构厚度应与孔的尺寸和位置相适应
			凹坑边缘厚度应合理



(续)

类型	图 例		说 明														
	改 进 前	改 进 后															
结 构 对 称			磨床主轴，一侧键槽，淬火变形大。在对称部位加开一工艺性槽，变形大大减少														
			几何形状力求对称，使变形减小或变形有规律，上图为T611A 镗床的氮化摩擦片，下图为坐标镗床精密刻线尺														
																	
截 面 过 渡 缓 和			<p>阶梯轴粗加工圆角 R (mm)</p> <table border="1"> <tr> <td>$D-d$</td> <td><10</td> <td>$11\sim15$</td> <td>$16\sim50$</td> </tr> <tr> <td>R</td> <td>2</td> <td>5</td> <td>10</td> </tr> </table> <table border="1"> <tr> <td>$D-d$</td> <td>$51\sim125$</td> <td>$126\sim300$</td> </tr> <tr> <td>R</td> <td>15</td> <td>20</td> </tr> </table> <p>氮化零件轴肩圆角 $R \geq 0.5mm$</p>	$D-d$	<10	$11\sim15$	$16\sim50$	R	2	5	10	$D-d$	$51\sim125$	$126\sim300$	R	15	20
$D-d$	<10	$11\sim15$	$16\sim50$														
R	2	5	10														
$D-d$	$51\sim125$	$126\sim300$															
R	15	20															
开 工 艺 孔			加开工艺孔，使零件截面均匀														
组 合 结 构			此件两部分工作条件不相同，设计成组合结构，不同部位用不同材料，既提高工艺性，又节约高合金钢材料														
			截面不均，形状又复杂或不对称的零件，可采用组合结构														



(续)

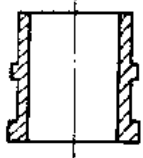
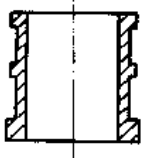

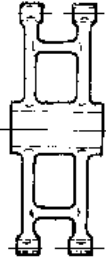
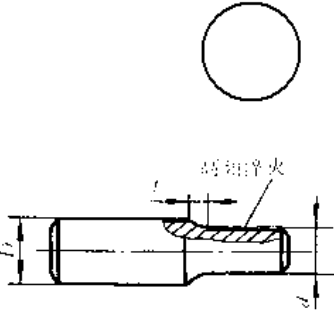
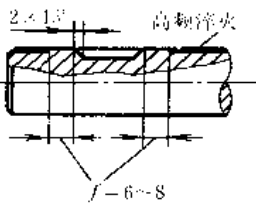
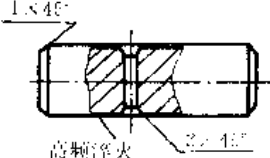
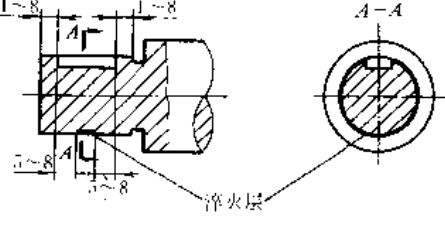
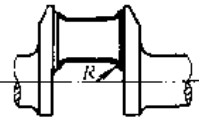
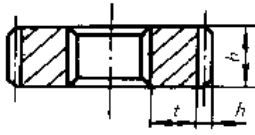
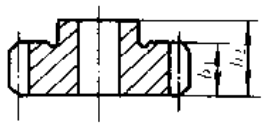
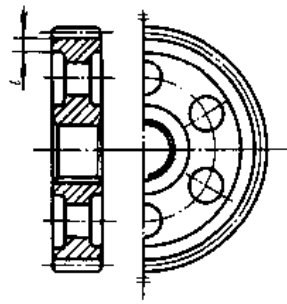
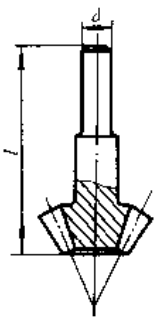
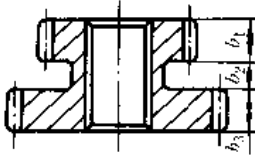
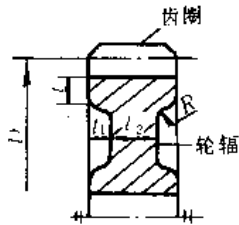
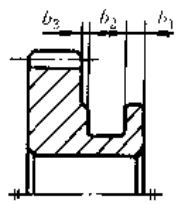
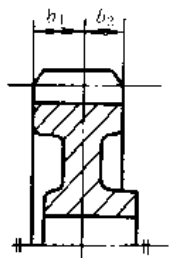
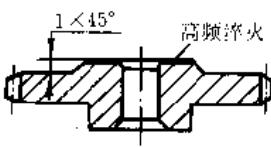
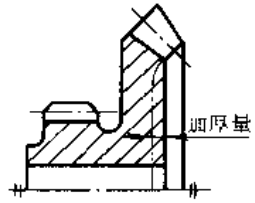
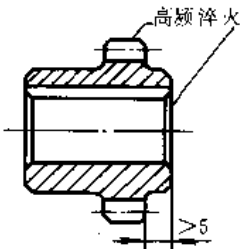
类型	图 例		说 明
	改进 前	改进 后	
加 工 艺 肋			一端有凸缘的薄壁套类零件氮化后变形成喇叭口,在另一端增加凸缘后,变形大大减小
			杠杆为铸件,其杆臂较长,铸造时及热处理时均易变形。加横梁后,使变形减少

表 2-5-4 高频表面淬火零件热处理工艺性示例

图 例	说 明	图 例	说 明
	阶梯轴从小端至大端过渡处,不淬火带的宽度 f 由 $(D-d)$ 来确定 (mm)		防止键槽端部高频淬火时过热或熔化,必须留 6~8mm 宽的不淬火带。不淬火带硬度值范围
	直径差 $(D-d)$		(HRC)
	<15		钢 号 硬 度
	10~20		35 25~30
	>20		45 30~33
			40Cr 33~36
	轴端与孔的边上应有倒角,防止高频淬火时过热,甚至熔化		键槽端部距轴端或退刀槽较近(1~8mm)时,淬火部分长度应比键槽短 10~16mm

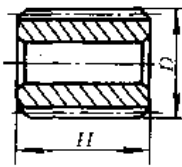
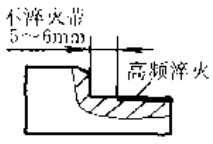
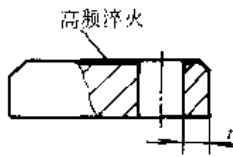
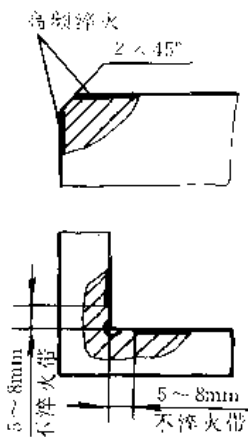
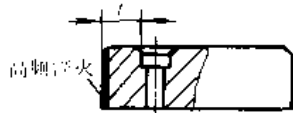
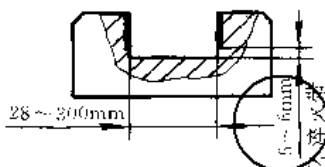


(续)

图 例	说 明	图 例	说 明
	增大曲轴轴颈的圆角, 而且必须规定淬硬要包括圆角部分, 否则曲轴的疲劳强度显著降低		全部齿一次加热, 高频淬火时, t 要足够大, b 不宜太大, 一般 $t \geq 2.5h$, $b \leq 55$
	b_1 和 b_2 要相当, b_1 、 b_2 相差愈大, 变形愈大		渗碳齿轮加开工艺孔, 增厚 t , 以减少变形
	l/d 不要太大		双联齿轮或三联齿轮高频淬火, 齿部两端面间距离 $b_2 \geq 8n.m$, b_1 和 b_3 要相近
	l/D 不要太小 (一般在 0.1~0.2 以上), l_2 不要太小 (约为 l_1 二倍为好), R 要大		带拨叉槽齿轮高频淬火: $b_1 \geq 5mm$ $b_2 \geq 12mm$ $b_3 \geq 1 \times 45^\circ$
	b_1 和 b_2 不宜相差太大		齿轮要求端面淬火时, 淬火部位应凸起, 不小于 1mm, 并有倒角
	为了减少渗碳时的变形, 在结构上可以加厚		齿轮及端部均要求淬火时, 则端面与齿部距离不应小于 5mm



(续)

图 例	说 明	图 例	说 明
	<p>一般不宜设计齿宽大于齿轮直径的圆柱齿轮, 因淬火容易变形, 硬化层分布也不理想</p>		<p>平板上有高台, 靠近高台处应有 5~6mm 不淬火带</p>
	<p>平板高频淬火, 要求平板厚度不应小于 15mm, 平板上不允许有尖锐的棱角, 带孔平板的壁厚、钢件壁厚 t 不应小于 5mm, 铸铁件不应小于 9mm</p>		<p>二平面交角处应有较大的倒角或圆角, 并有 5~8mm 不淬火带</p>
	<p>带孔平板的侧面要求淬火时, 厚度 t: 钢件不小于 8mm, 铸铁件不小于 12mm</p>		<p>槽两侧需高频淬火时, 距槽底应留有 5~6mm 不淬火带, 槽宽应在 28~300mm 范围内</p>

第 6 章 零件结构的切削加工工艺性 [7]~[12]

1 金属切削加工对零件结构的要求

对于需要进行切削加工的零件, 设计时除能满足使用性能外, 还应考虑以下几个方面:

- (1) 不需要加工的毛面或要求不高的表面, 不要设计成加工面或高精度的加工表面;
- (2) 加工表面的几何形状尽量简单, 尽可能布置在同一平面或同一轴线上;

(3) 有相互位置精度要求的零件各表面, 最好能在一次装夹中加工完毕;

(4) 形状结构复杂的零件最好能有一个统一的基面, 便于加工和输送, 或依据基准重合原则安排工艺;

(5) 零件结构应便于装夹和易于测量;

(6) 尽量采用标准刀具和通用量具, 以减少专用刀具和专用量具的设计和制造;

(7) 零件结构应尽量与工厂设备条件相适应。



2 评价零件切削加工工艺性的基本原则

零件的结构是按其性能要求设计的,评价零件设计是否合理和完善,除能满足使用性能外,还应考虑是否能够制造或便于制造,即是否具有良好的切削加工工艺性。

评价零件切削加工工艺性应遵循以下原则:

(1) 有利于提高加工零件的精度

1) 工件应便于在机床或夹具上装夹(表2·6-1)。

2) 相互位置精度要求高的工件表面应在一次装夹中加工(表2·6-2)。

(2) 便于提高切削加工的效率

1) 应减少工件的装夹次数(表2·6-3)。

2) 尽量减少刀具的调整与走刀次数(表2·6-4)。

3) 减少刀具切削时的空行程(表2·6-5)。

4) 采用标准刀具,减少刀具的种类(表2·6-6)。

(3) 便于切削加工

1) 尽量避免内凹面及内表面的加工(表2·6-7)。

2) 加工时便于进刀、退刀和测量(表2·6-8)。

3) 减少加工表面数量和缩小加工表面的面积(表2·6-9)。

4) 合理地采用组合件或组合表面(表2·6-10)。

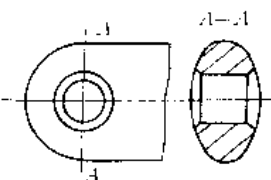
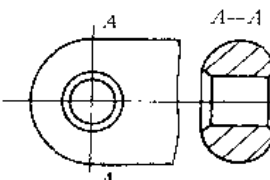
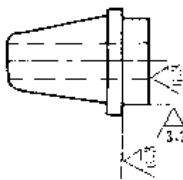
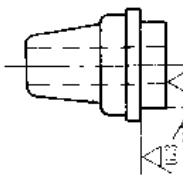
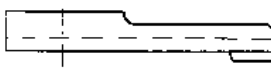


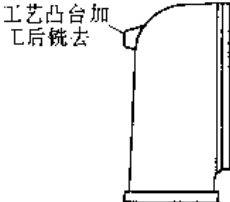
(4) 增强刀具和工件的刚度

1) 改善刀具的工作条件(表2·6-11)。

2) 尽量减少加工量(表2·6-12)。

3) 增强工件的刚性(表2·6-13)。

表 2·6-1 工件在机床或夹具上装夹示例

图 例		说 明
改进前	改进后	
		将圆弧面改成平面,便于装夹
		零件的锥形部分应作出装夹工艺面
		车床小刀架作出工艺凸台,便于装夹加工下部燕尾导轨面
		为加工立柱导轨面,在斜面上设置工艺凸台,便于装夹



(续)


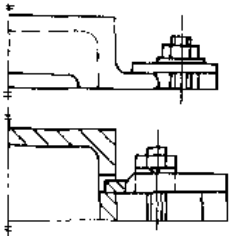
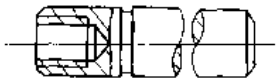
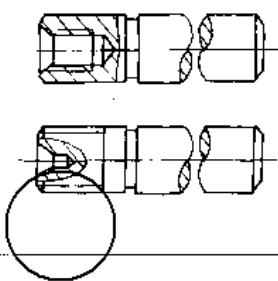
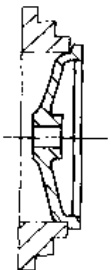
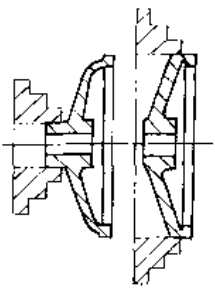
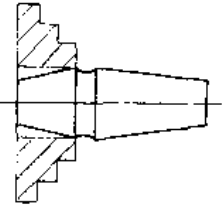
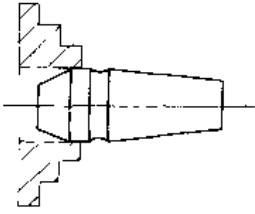
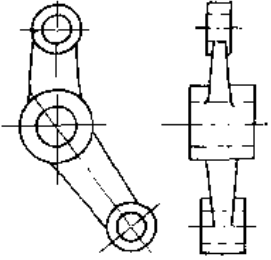
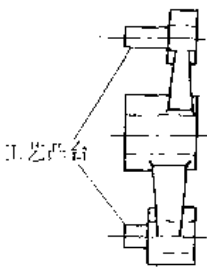
图 例		说 明
改 进 前	改 进 后	
		增加零件夹紧边缘或夹紧孔
		将轴端内螺纹增加倒棱或改为外螺纹，以便精加工时装夹在顶尖上
		改进后，工件与卡爪的接触面积增大，装夹可靠
		
		改进后不仅右端面处于同一平面上，而且还设计了两工艺凸台，其直径分别小于被加工孔，孔钻通时，凸台脱落



表 2-6-2 在一次装夹中加工具有相互位置精度要求的工件示例


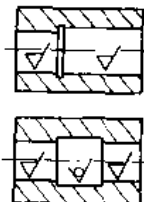
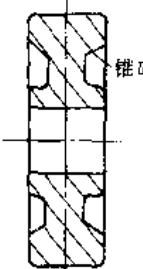
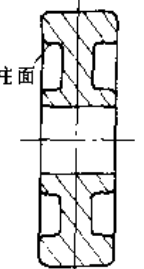
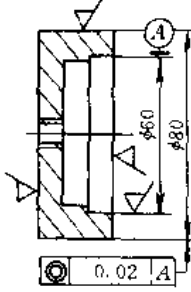
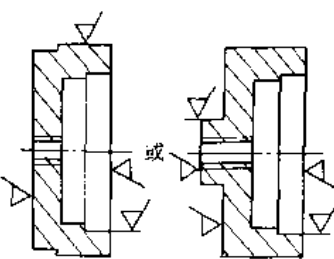
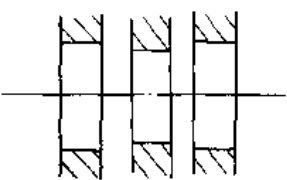
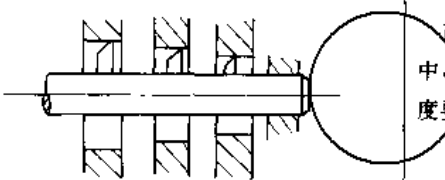
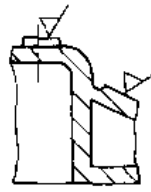
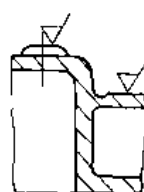
图 例		说 明
改进前	改进后	
		改进后可保证在一次装夹中同时加工两个孔
		齿轮毛坯在一次装夹中加工外圆、一个端面及内孔
		工件外圆与内孔有同轴度要求, 改进后可在一次装夹中加工
		改进后可实现在一次装夹中, 同时加工 3 个孔, 保证同轴度要求

表 2-6-3 减少装夹次数的结构示例

图 例		说 明
改进前	改进后	
		尽量避免倾斜的加工面



(续)

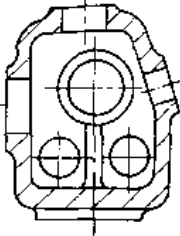
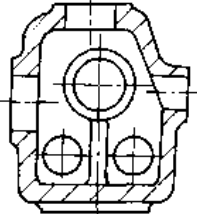

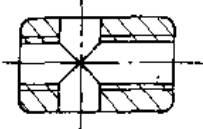
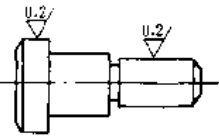
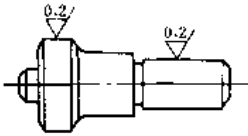
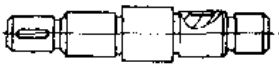
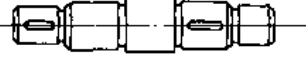
图 例		说 明
改进前	改进后	
		尽量避免倾斜的加工面
		改进后为通孔, 可减少装夹次数
		改进后只需一次装夹即可磨削完毕
		改进后, 铣削两键槽只需装夹一次

表 2-6-4 减少刀具调整与走刀次数的示例

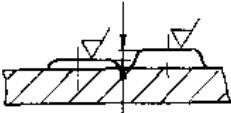
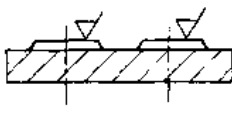
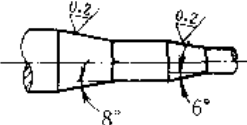
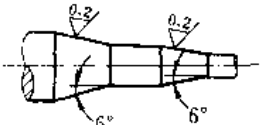
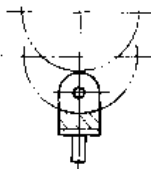

图 例		说 明
改进前	改进后	
		被加工表面尽量设计在同一平面上, 可进行一次走刀加工, 缩短调整时间
		锥度相同只需作一次调整
		底部为圆弧形, 只能单件垂直进刀加工, 改成平面, 可多件同时加工



表 2-6-5 减少刀具切削空行程的示例

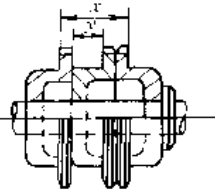
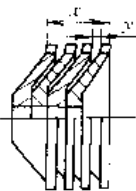
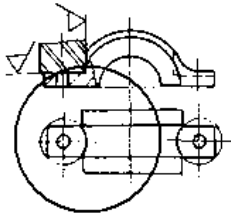
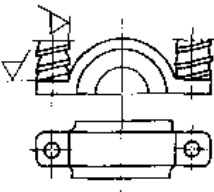
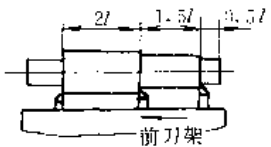
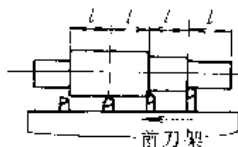
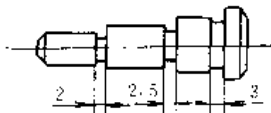
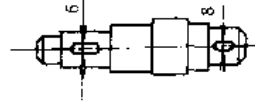
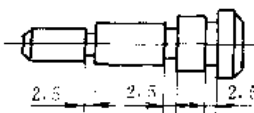
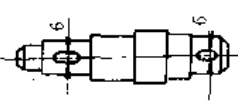
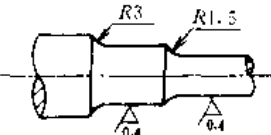
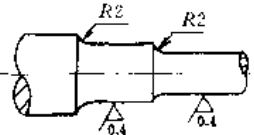
图 例		说 明
改进前	改进后	
		改进后, 在相同的有效行程 x 内, 可加工更多链轮, 缩短了空行程 y
		改进前安装螺母的平面必须逐个加工。改进后, 可将毛坯排列成行连续加工。
 <p>前刀架</p>	 <p>前刀架</p>	需多刀加工的零件, 各段长度应相近 l 的整数倍, 车刀按 l 的间距设置, 刀架移动 l 即可

表 2-6-6 采用标准刀具、减少刀具种类的示例

图 例		说 明
改进前	改进后	
 	 	轴的沉割槽或键槽的形式与宽度应尽量一致
		磨削或精车时, 轴上的过渡圆角应尽量一致



(续)

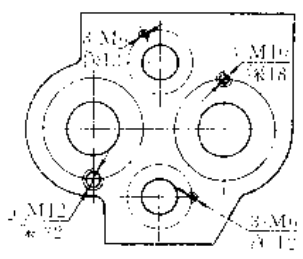
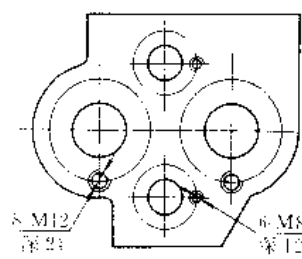
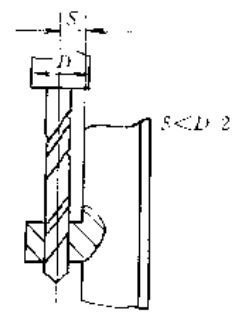
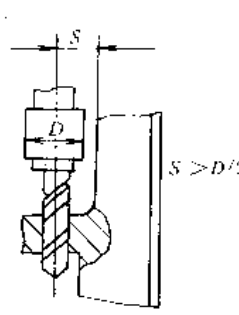
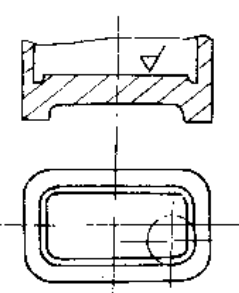
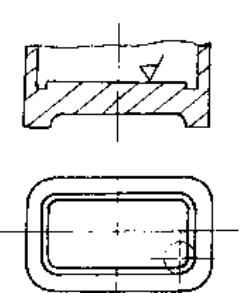
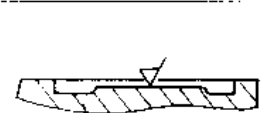

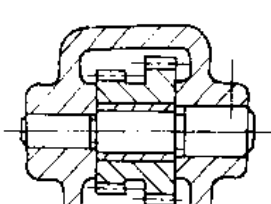
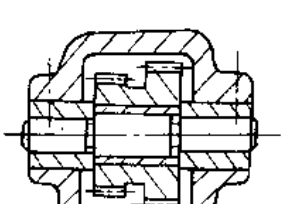
图 例		说 明
改进前	改进后	
		<p>箱体上的螺孔应尽量一致或减少规格</p>
		<p>尽量不采用接长钻头等非标准刀具</p>
		<p>工件圆角半径应与标准刀具规格尺寸相一致</p>

表 2-6-7 尽量避免内凹面及内表面加工示例

图 例		说 明
改进前	改进后	
		<p>避免将加工面设置在低凹处</p>
		<p>改进后采用轴套, 箱体内端面不与齿轮端面接触, 避免箱体内端面加工</p>



(续)

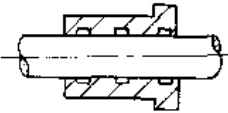
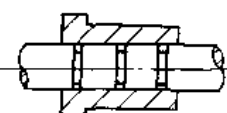
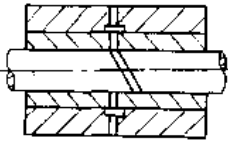
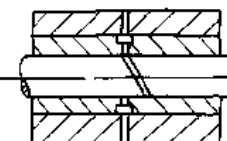
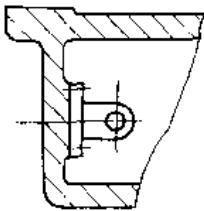
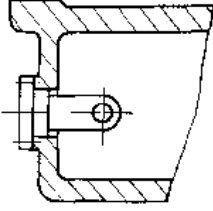
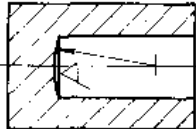

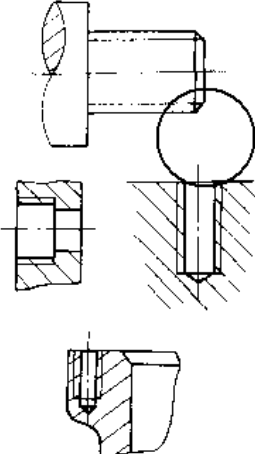
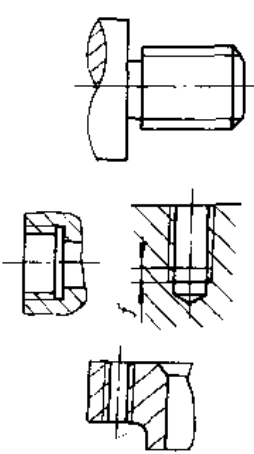
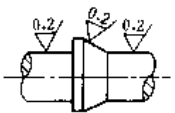
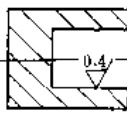
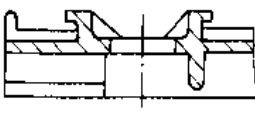
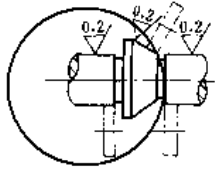
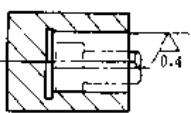
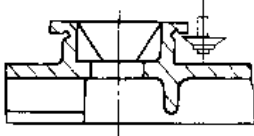
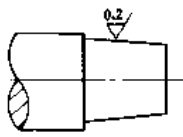
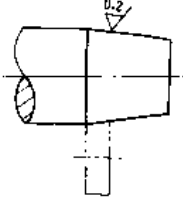
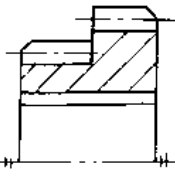
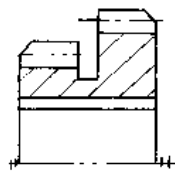
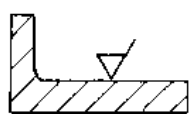
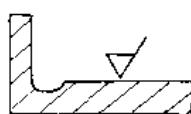
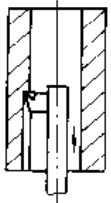
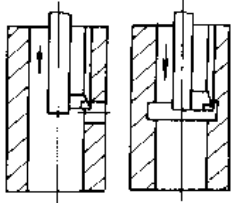
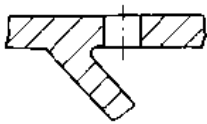
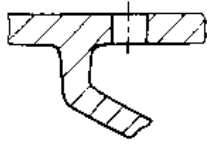
图 例		说 明
改进前	改进后	
		加工阀杆沟槽要比加工阀套沉割槽方便, 且精度易保证
		将加工外套的内表面, 换成加工套筒的外表面
		箱体类零件的外表面比内表面容易加工, 其零件的安装配合表面, 应尽量设计在外表面上
		工件孔底圆弧表面不易加工, 改成两件后, 外圆弧面加工方便

表 2-6-8 加工时便于进刀、退刀和测量

图 例		说 明
改进前	改进后	
		加工螺纹时, 应留有退刀槽, 不通的螺纹孔应有退刀槽或螺纹尾扣, 最好改成通的螺纹孔



(续)

图 例		说 明
改进前	改进后	
  	  	<p>磨削时各表面间的过渡部位, 应设计出越程槽, 保证砂轮自由退出和加工空间</p>
		<p>改进前, 磨削锥度部位时, 由于轴肩关系, 使走刀量减小, 生产率低</p>
		<p>加工多联齿轮时, 应留有退刀槽</p>
		<p>刨削时, 在加工平面的前端, 必须留有让刀部位</p>
		<p>在套筒上插键槽时, 宜在键槽前端设置一孔或作出空刀环槽, 以利让刀</p>
		<p>留有较大空间, 保证快速钻削</p>



(续)

图 例		说 明
改进前	改进后	
		<p>由于工件端面凸台只有5mm无法测量,改进后,如结构允许将凸台加长,若结构不允许,测量后切削掉</p>
		<p>增加工艺凸台,便于平行度的测量</p>

表 2-6-9 减少加工表面数量和缩小加工表面面积的示例

图 例		说 明
改进前	改进后	
		<p>将每个孔的总平面改为端面车削,可减少加工表面数</p>
		<p>将底面改成台阶支承面</p>
		<p>铸出凸台,减少加工表面面积</p>
		<p>中间部位直径应大些,以减少精车长度</p>



(续)

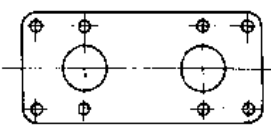
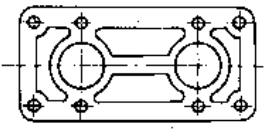
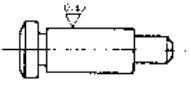
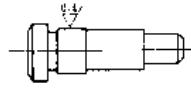
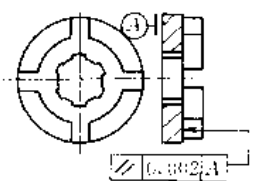
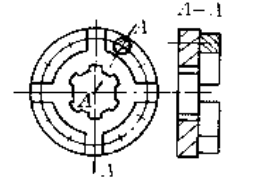
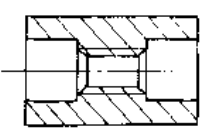
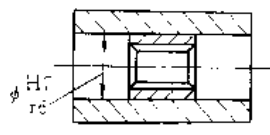
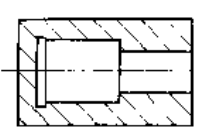

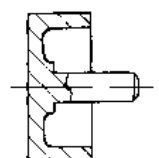
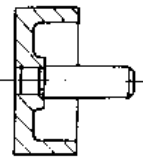
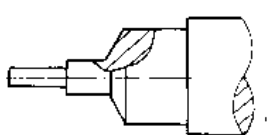
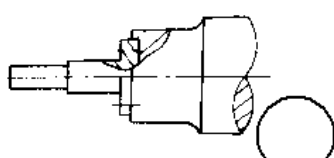
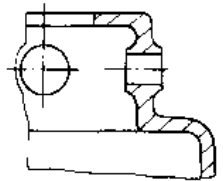
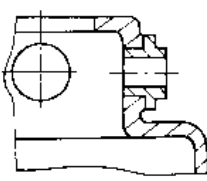
图 例		说 明
改进前	改进后	
		减少大面积的磨削加工面
		若轴上仅有一段较高精度要求, 其轴应为阶梯状

表 2-6-10 合理地采用组合件或组合表面的示例

图 例		说 明
改进前	改进后	
		改进后, 槽底和底面的平行度要求易得到保证
		改进前, 加工花键很困难, 改进后, 零件采用套筒和拉削后的中间体组合而成
		改进前, 孔越深加工越困难, 又难以保证内部大孔的尺寸精度和表面粗糙度要求
		改为组合件后, 便于加工并保证精度和粗糙度
		细小轴端部加工较困难, 且易碰弯, 应改为装配式
		大箱体的轴承座宜采用装配式



(续)

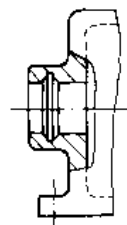
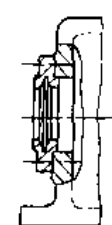
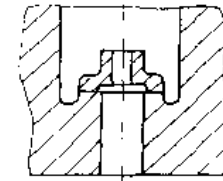
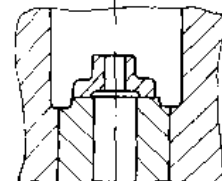
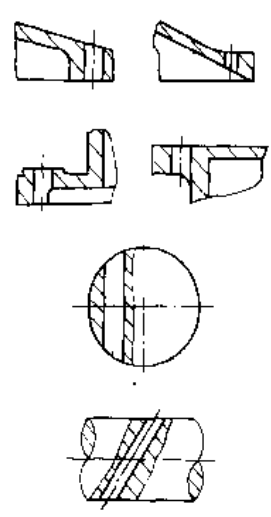
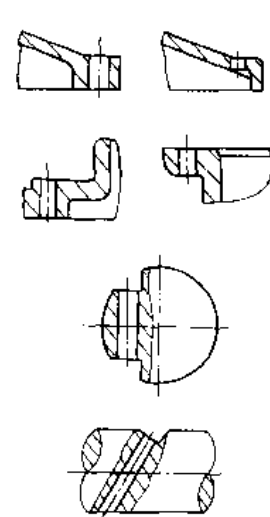
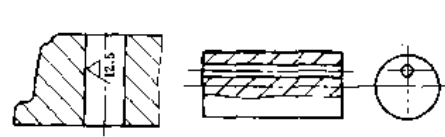
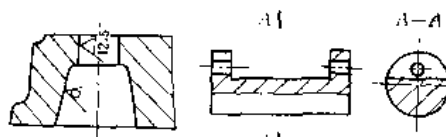
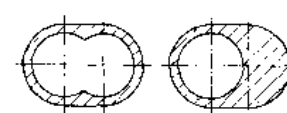
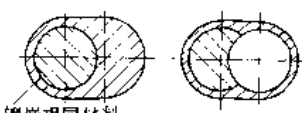
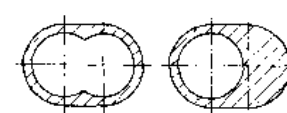
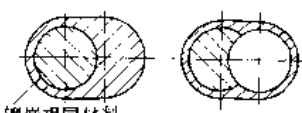
图 例		说 明
改进前	改进后	
		箱体内的密封槽改为装配式的较易加工。
		

表 2-6-11 改善刀具工作条件的示例

图 例		说 明
改进前	改进后	
		应避免在斜面上钻孔和钻头单刃切削,以防止刀具损坏和造成加工误差
		
		钻深孔时,排屑困难,钻头易折断,且孔易偏斜,应尽量避免,若深孔要求不高,可钻成阶梯孔
		钻眼镜孔时,加工一个孔后镶嵌相同材料,再加工另一孔



(续)

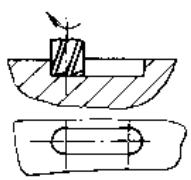
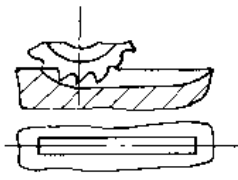
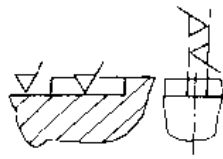
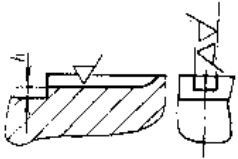
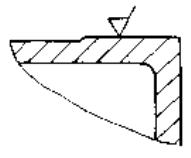
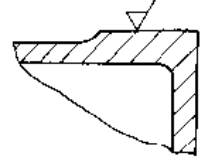
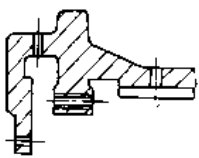
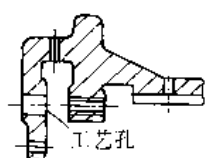
图 例		说 明
改进前	改进后	
		避免用指状立铣刀加工封闭窄槽, 改善刀具工作条件
		槽面不应与其他加工表面平齐, 以改善刀具工作条件
		凸起平面应有足够的高度, 以便于加工
		设计出工艺孔, 便于钻孔和攻丝

表 2-6-12 尽量减少加工量的示例


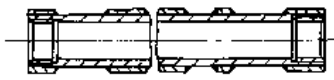
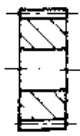
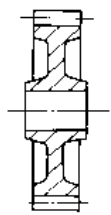
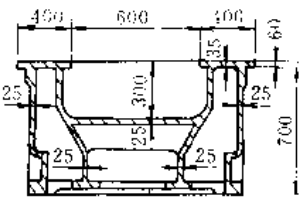
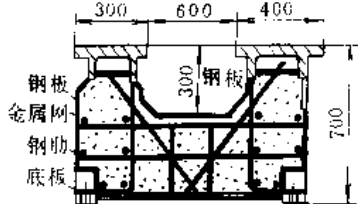
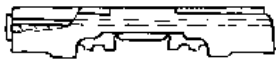
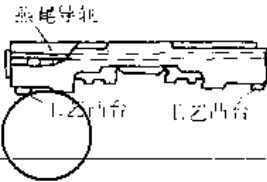
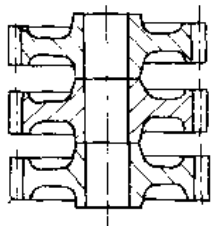
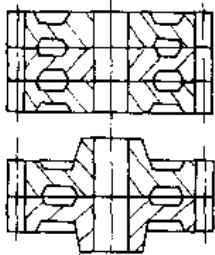
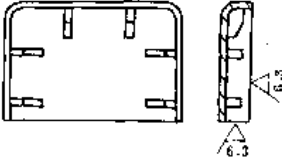
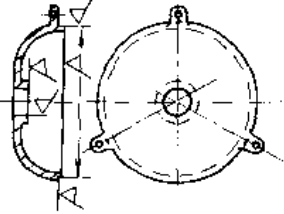
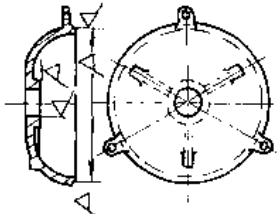
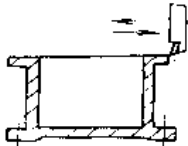
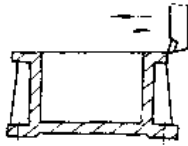
图 例		说 明
改进前	改进后	
		改进前, 用实心毛坯必须深孔加工, 改用无缝钢管, 外缘焊上套环, 可减少加工量
		成批生产的齿轮, 其齿轮坯料用精密锻造即节约原材料又减少加工量
		大型设备的床身, 由铸铁改为钢板混凝土结构, 缩短了制造周期, 提高抗振、阻尼效果



表 2-6-13 增强工件刚性的示例

图 例		说 明
改进前	改进后	
		增设支承用工艺凸台, 提高刚性且装夹方便
		改进后的结构, 可提高加工时的刚性
		对较大的薄壁件, 应增设加强肋板
		为减少工件的装夹变形, 在端盖弧面上均布三个凸台
		设置肋板增加工件刚度, 减少加工变形

3 数控机床加工对零件结构的要求

数控机床的问世, 使机械加工水平跃上了一个新台阶, 随之涌现了许多新工艺、新方法。过去用传统切削加工方法很难、甚至根本无法加工的零件结构, 采用数控机床加工能够顺利实现。

数控机床因能实现多坐标联动, 可加工带各种曲

面的零件结构, 更适合加工形体复杂、加工面多且相互位置精度高的各类零件。

不同类型的数控机床加工对零件结构的要求如下。

3.1 数控车床(车削中心)加工对零件结构的要求 (表 2-6-14)



表 2-6-14 数控车床 (车削中心)
加工对零件结构要求的示例

零件结构示例	说 明
	数控车床最宜加工具有各种回转曲面和各种牙型的多头螺纹结构的零件
	数控车床刀架安装刀具数量有限 (通常 4~12 把), 被加工零件的结构要素应与之相适应
	大圆弧宜采用圆弧插补方式加工, 要求不高的小圆弧可用刀具的刀尖圆弧直接加工

3-2 加工中心加工对零件结构的要求 (表 2-6-15)

表 2-6-15 加工中心加工对零件结构要求的示例

零件结构示例	说 明
	加工中心最宜加工各种箱体类零件, 应在一次装夹中加工出最多的表面
	箱体内部不宜有加工孔, 若必需此结构, 其至外壁距离应在刀杆有效范围之内
	零件最低形体位置不宜太低, 避免产生干涉
	加工沉割槽时, 采用小于孔径的产锐刀, 以圆弧插补方式加工最为方便

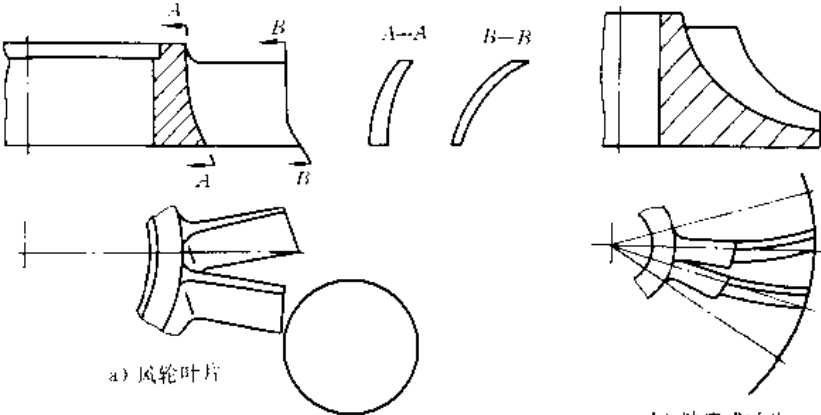
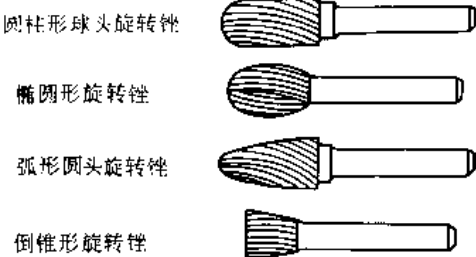
3-3 数控铣床加工对零件结构的要求 (表 2-6-16)

表 2-6-16 数控铣床加工对零件结构要求的示例

零件结构示例	说 明
	数控铣床最宜加工任意曲面。零件的圆角半径应与机床具备的刀具半径相符

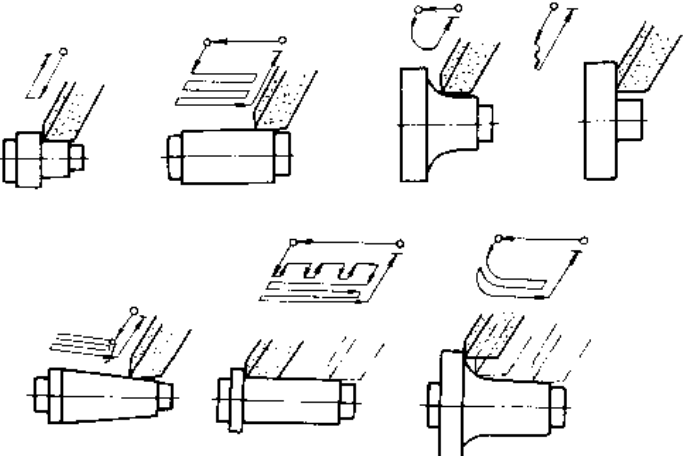
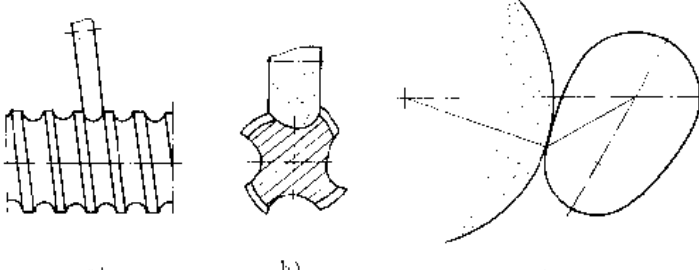


(续)

零件结构示例	说明
 <p>a) 风轮叶片</p> <p>b) 轴流式叶片</p>	<p>各类叶片宜采用5轴联动数控铣床加工,但叶片的高度须小于刀具的切削部分</p>
 <p>圆柱形球头旋转锉</p> <p>椭圆形旋转锉</p> <p>弧形圆头旋转锉</p> <p>倒锥形旋转锉</p>	<p>旋转锉是模具制造的必备工具,由于齿形为形状各异的空间曲线,过去一直难于加工,采用5轴联动数控铣削,问题迎刃而解</p>

3.4 数控磨削加工对零件结构的要求 (表 2.6-17)

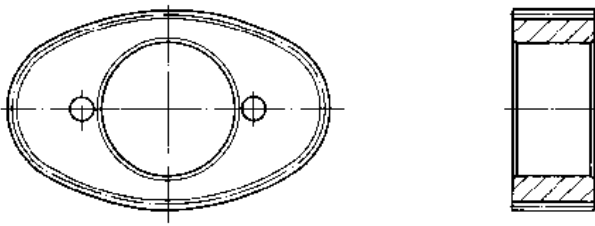
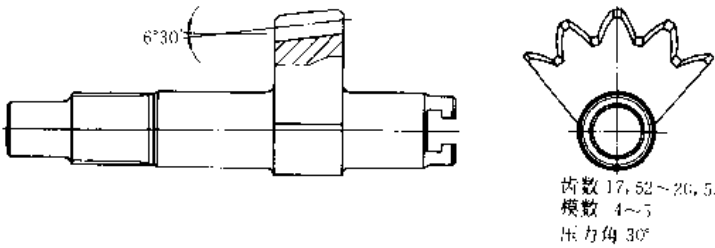
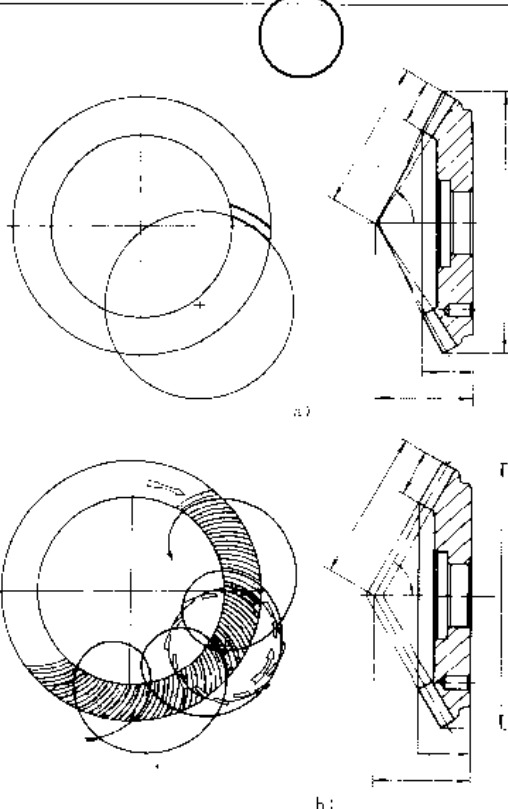
表 2.6-17 数控磨削加工对零件结构要求的示例

零件结构示例	说明
	<p>数控磨床可以加工具有各种回转曲面的轴类零件</p>
 <p>a)</p> <p>b)</p> <p>c)</p>	<p>数控磨床亦可进行成型磨削,磨削时砂轮应及时修整且补偿尺寸,加工时需强力冷却</p>



3.5 数控齿轮机床加工对零件结构的要求 (表 2.6-18)

表 2.6-18 数控齿轮机床加工对零件结构要求的示例

零件结构示例	说 明
	<p>非圆齿轮过去一直属难加工零件, 采用数控插齿机不但提高了加工精度, 而且也大大提高了生产率</p>
 <p>齿数 17, 52 ~ 20, 55 模数 4~5 压力角 30°</p>	<p>用数控插内机加工齿形变模齿扇最为相宜</p>
	<p>格利森切齿机床能加工圆弧渐缩齿锥齿轮 a), 奥利康切齿机床能加工摆线等高齿锥齿轮 b), 若采用数控曲线齿锥齿轮铣床以上两种弧齿锥齿轮均可加工</p>

此星公司制作 请尊重作者版权

01B

01B



第7章 常用工程塑料零件的结构工艺性^{[13][14]}

现代科学技术日益发展在机械工程及其他领域中, 非金属材料的应用日趋广泛。

目前常用的非金属材料主要有: 工程塑料、橡胶、木材、陶瓷、水泥、胶粘剂及复合材料等。这些非金属材料各有其优良的性能, 如良好的化学稳定性、绝缘性、耐磨性、耐腐蚀性和耐高温性等, 有些性能是黑色金属所不具备的。

由于非金属材料的种类繁多, 不同材料的零件结构特点又相差甚远, 故本章主要介绍应用最广泛的热塑性工程塑料零件的结构要素和结构特点, 对热固性工程塑料及其他材料零件的相关内容, 请参阅有关专业手册。

1 工程塑料零件的结构要素

1.1 壁厚

常用热塑性塑料件的壁厚推荐值见表 2-7-1。

表 2-7-1 常用热塑性塑料件壁厚推荐值
(mm)

材 料	小型件	小型件	中型件	大型件
	最小壁厚	推荐壁厚	推荐壁厚	推荐壁厚
聚乙烯	0.60	1.25	1.60	2.4~3.2
聚丙烯	0.85	1.45	1.75	2.4~3.2
聚苯乙烯	0.75	1.25	1.60	3.2~5.4
改性聚苯乙烯	0.75	1.25	1.60	3.2~5.4
聚氯乙烯(硬)	1.15	1.60	1.80	3.2~5.8
聚氯乙烯(软)	0.85	1.25	1.50	2.4~3.2
聚酰胺	0.45	0.75	1.50	2.4~3.2
聚甲醛	0.80	1.40	1.60	3.2~5.4
聚苯醚	1.20	1.75	2.50	3.5~6.4
聚碳酸酯	0.95	1.80	2.30	3.0~4.5
聚砒	0.95	1.80	2.30	3.0~4.5
氯化聚醚	0.90	1.35	1.80	2.5~3.4
醋酸纤维素	0.70	1.25	1.90	3.2~4.8
乙基纤维素	0.90	1.25	1.60	2.4~3.2
有机玻璃(372)	0.80	1.50	2.20	4.0~6.5
丙烯酸类	0.70	0.90	2.10	3.0~6.0

1.2 脱模斜度

塑料件沿脱模方向的内表面和外表面, 应设计有

合理的脱模斜度, 见图 2-7-1。脱模斜度值一般可根据塑料性能、塑料件的大小和几何形状来确定。对于精度要求较高、尺寸较大的塑料件应采用较小的脱模斜度, 而形状复杂、塑料收缩率大、壁厚较厚的塑料件应采用较大的脱模斜度。不同材料塑料件常采用的脱模斜度值见表 2-7-2。

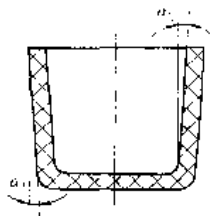


图 2-7-1 脱模斜度

表 2-7-2 塑料件脱模斜度

材料名称	型腔 α_1	型芯 α_2
聚酰胺(普通)	20'~40'	25'~40'
聚酰胺(增强)	20'~50'	20'~40'
聚乙烯	25'~45'	20'~45'
聚甲醛	35'~1°30'	30'~1°
聚醚醚	25'~45'	20'~45'
聚碳酸酯	35'~1°	30'~50'
聚苯乙烯	35'~1°30'	30'~1°
有机玻璃	35'~1°30'	30'~1°
ABS塑料	40'~1°20'	30'~1°

1.3 支承面

如果塑料件用底平面作为支承面, 必须考虑支承面所采用的形式, 一般应设计成凹面形、凸边或设置加强肋比较合理, 见图 2-7-2。

1.4 加强肋

有些塑料件在适当的位置应设置加强肋, 目的是保证塑料件有足够的强度和防止翘曲变形。所设置的加强肋必须合理、均匀, 并与料流方向一致。否则会给塑料件带来缩孔、凹痕, 以及因收缩不均而造成的变形或开裂等缺陷。加强肋的尺寸参数见图 2-7-3。



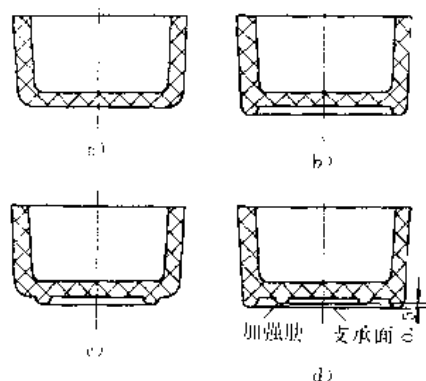


图 2-7-2 支承面的形式
a) 改进前 b)、c)、d) 改进后

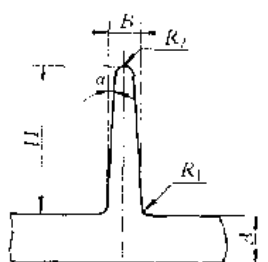


图 2-7-3 加强肋的尺寸参数

$$B = \frac{A}{2} \quad H = 3A \quad R_1 = \frac{A}{8} \quad R_2 = \frac{A}{4} \quad \alpha = 2^\circ \sim 5^\circ$$

1.5 圆角

塑料件除有特殊的工艺要求必须保留尖角外，其余内外表面各转角处都应用圆角过渡。尖角处很容易造成应力集中，使塑料件开裂，并影响熔融塑料在模腔内流动而不易充满模腔。圆角半径尺寸见图 2-7-4。

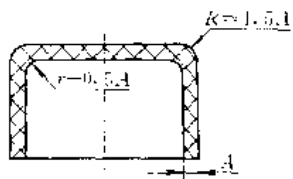


图 2-7-4 圆角半径

R: 外圆角半径 r: 内圆角半径 A: 壁厚

1.6 孔

根据不同需要塑料件常设置各种形状的孔，如通孔、盲孔、螺纹孔等。这些孔的设置应以不影响塑料件本身的强度，不增加模具制造困难为原则，故孔与孔之间，孔与边壁之间应留有一定间距。孔间距、孔边距与孔径的关系见表 2-7-3。

表 2-7-3 孔间距、孔边距与孔径的关系

(mm)	
孔径 D	孔间距、孔边距 b
<1.5	0.8~1.2
1.5~3	1.2~1.5
3~6	1.5~2.3
6~10	2.3~3
10~18	3~3.7
18~30	3.7~5.4

孔深与其直径的关系见表 2-7-4。

表 2-7-4 孔深与其直径的关系

成形方法	通孔	盲孔
压塑	横孔	2.5D
	竖孔	5D
挤塑、注射	10D	(2~5) D

注：D 为孔的直径。

1.7 螺纹

塑料件上的螺纹，在设计时应考虑留有无螺纹段，以保证螺纹端面有足够的强度，防止开裂。内螺纹的设计形状见图 2-7-5。外螺纹的设计形状见图 2-7-6。螺纹始末端尺寸见表 2-7-5。

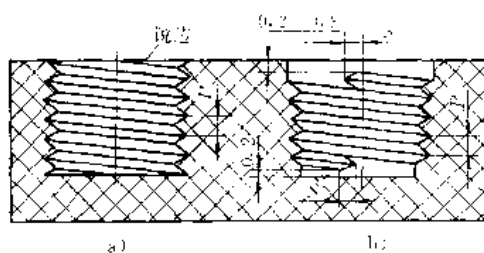


图 2-7-5 内螺纹的设计形状

a) 改进前 b) 改进后

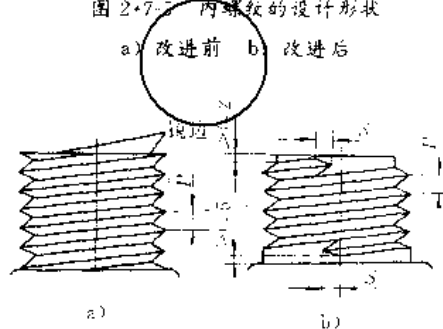


图 2-7-6 外螺纹的设计形状

a) 改进前 b) 改进后



表 2-7-5 螺纹始末端尺寸 (mm)

螺纹直径	螺距 p			
	<0.5	$>0.5 \sim 1$	$>1 \sim 2$	>2
	始末端尺寸 s			
≤ 10	1	2	3	4
$>10 \sim 20$	2	3	4	5
$>20 \sim 30$	2	4	6	8
$>30 \sim 40$	3	6	8	10

1.8 嵌件

因应用需要塑料件上常设置有各种嵌件。圆柱类嵌件尺寸见图 2-7-7。

金属嵌件周围及顶部塑料厚度见表 2-7-6 及图 2-7-7。

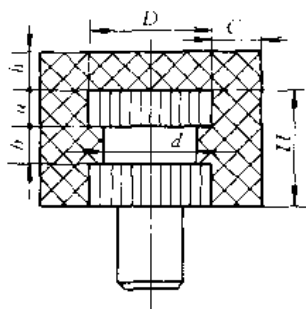


图 2-7-7 圆柱类嵌件尺寸

$H = D \quad a = 0.3H$

$b = 0.3H \quad d = 0.75D$

在特殊情况下, H 值最大不超过 $2D$

表 2-7-6 金属嵌件周围及顶部塑料厚度

嵌件直径 D	(mm)	
	周围最小厚度 C	顶部最小厚度 h
<4	1.5	1.0
$>4 \sim 8$	2.0	1.5
$>8 \sim 12$	3.0	2.0
$>12 \sim 16$	4.0	2.5
$>16 \sim 25$	5.0	3.0

1.9 文字与标志

有些塑料件因装饰或应用上的需要, 常在其表面设置有装饰花纹、文字及标志等, 其形式有凸字、凹字或把凸字设置在凹坑内, 见图 2-7-8。

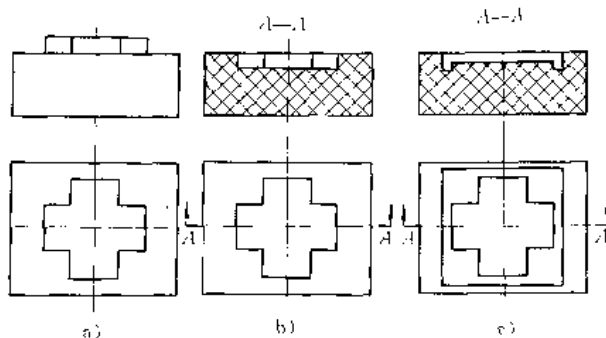


图 2-7-8 文字标志的形式

a) 凸字 b) 凹字 c) 凸字在凹坑内

文字或标志的凸出高度一般大于 0.2mm , 线条宽度大于 0.3mm , 以 0.8mm 为最佳, 线条之间相距不小于 0.4mm , 脱模斜度在 $5^\circ \sim 10^\circ$ 之间。

2 工程用塑料零件的常见结构 (表 2-7-7)

表 2-7-7 常见工程用塑料件结构示例

类型	图 例		说明	类型	图 例		说明
	改进前	改进后			改进前	改进后	
壁厚均匀			增加孔、槽, 改变塑料件几何形状, 使塑料件的壁厚均匀	壁厚均匀			增加孔、槽, 改变塑料件几何形状, 使塑料件的壁厚均匀



(续)

类型	图 例		说 明	类型	图 例		说 明
	改进前	改进后			改进前	改进后	
转折过渡			尖角部位易产生应力集中, 应采用圆角过渡	嵌件			直形嵌件中间应设置凸榫或凹槽, 以防拔脱
			内凸缘应设计成外凸缘				
简化模具结构			内侧孔应设计成外侧孔	嵌件			整体式嵌件不易拔脱
			壁厚过厚的塑料件, 可采用薄壁与加强肋结构				
加强肋			加强肋的设置方向应与料流方向一致, 肋条应交错排列, 防止变形翘曲	嵌件			嵌件中间应设置凹槽, 以防拔脱
			较大直径的筒形件, 应设置凸缘、凸面或凹面, 提高强度, 防止变形				
提高强度			较大直径的筒形件, 应设置凸缘、凸面或凹面, 提高强度, 防止变形	嵌件			嵌件若用六角形或其他复杂形状作定位面, 不易保证模具的加工或定位精度, 应改为圆形定位
			较大直径的筒形件, 应设置凸缘、凸面或凹面, 提高强度, 防止变形				
				嵌件			外螺纹金属嵌件, 须留有一段无螺纹区h, 以防物料渗入模内



第8章 粉末冶金零件的结构工艺性^[15]

1 粉末冶金零件的结构要素

1.1 压制件的形状要求

粉末冶金压制件烧后可直接使用的较少，绝大部分压制件的形状都要整形，烧结后再经过进一步加工才能使用。

根据零件的形状设计出合理的压制件形状十分重要。这不仅有利于压制件成形后的顺利脱模，而且对大批量生产，实现自动化脱模有着密切关系。在压制件中，常见的锐棱、尖角、倒锥、阶梯、螺纹、肋、垂直于压制方向的孔、槽等都对压制件的成形及脱模有重要影响，设计时必须予以特别注意。

1.2 压制件密度

压制件的断面尺寸差、轴向尺寸与径向尺寸比、压制方向的尺寸过大，是造成压制件密度不均匀，降低压制件强度的几个尺寸方面的重要因素。所以，在设计时应防止压制件密度分布不均的缺陷出现。避免压制件密度分布不均示例见表2-8-1。

1.3 压制件的尺寸精度

确定压制件的尺寸精度时应从两方面考虑：其一是经济性，在不影响零件使用的条件下，某些部位应适当降低精度要求，以利降低成本；二是工艺性，必须保证零件有精度要求的部位，应采取各种有利措施。难以

达到精度要求的部位，应留有加工余量，对其做必要的后加工处理。

表 2-8-1 避免压制件密度分布不均示例

图 例	说 明
	$\frac{2H}{D_1 - D_2} > 25$ 中段密度低 $\frac{2H}{D_1 - D_2} < 25$ 可压制 $\frac{2H}{D_1 - D_2} < 6 \sim 10$ 密度均匀
	$\frac{2H}{D_1 - D_2} > 8$ 密度不均匀 $\frac{2H}{D_1 - D_2} < 3$ A段密度低 $3 < \frac{2H}{D_1 - D_2} < 8$ 适于压制
	$\frac{H_1}{H_2} > 0.6$ 可压制 $\frac{H_1}{H_2} > 0.8$ 密度均匀

1.3.1 径向尺寸精度

压制件的径向尺寸精度一般比较容易达到。烧结后压制件的径向尺寸精度见表2-8-2。整形后压制件的径向尺寸精度见表2-8-3。

表 2-8-2 烧结后压制件的径向尺寸精度

材 料	密 度 (g/cm ³)	公 差 (mm)			
		10~18	18~30	30~50	50~80
纯铁	5~5.8	0.12	0.14	0.17	0.20
	5.8~6.4	0.07	0.084	0.10	0.12
	>6.4	0.035~0.07	0.045~0.084	0.05~0.10	0.06~0.12
铁 碳	5.6~6.5	0.12	0.14	0.17	0.20
	>6.5	0.07	0.084	0.10	0.12



(续)

材 料	密 度 (g/cm ³)	公 差 (mm)			
		10~18	18~30	30~50	50~80
铁-铜-碳	5.8~6.4	0.07	0.084	0.10	0.12
	>6.4	0.035~0.07	0.045~0.084	0.05~0.10	0.06~0.12
铜	6.5~8	0.07~0.12	0.084~0.14	0.10~0.17	0.12~0.20
6-6-3 青铜	6.3~7.5	0.24~0.43	0.28~0.52	0.34~0.62	0.40~0.74

表 2-8-3 整形后压制件的径向尺寸精度

整形方式	公 差 (mm)			
	10~18	18~30	30~50	50~80
只整外径	0.027~0.035	0.033~0.045	0.039~0.050	0.046~0.060
只整内径	0.027~0.035	0.033~0.045	0.039~0.050	0.046~0.060
整内、外径	0.019~0.027	0.023~0.033	0.027~0.039	0.030~0.046
全整形①	0.011~0.019	0.013~0.023	0.015~0.027	0.018~0.030

① 全整形只适用于轴向尺寸较小的零件

1-3-2 轴向尺寸精度

压制件轴向尺寸精度的控制比较困难。自动压制时，轴向尺寸偏差约为±0.10~±0.15mm。手动压制时，也可以达到这个精度，但不稳定。比较经济的轴向偏差，可控制在±0.20~±0.25mm 范围内。在冲床上对小压制件进行自动全整形（包括复压），轴向偏差约为±0.03~±0.05mm。

1-3-3 位置精度

1. 同轴度 对轴套类压制件，自动压制时，同轴度在 0.02~0.04mm 范围内。精度较差的自动模和手动模，压制件的同轴度在 0.04~0.05mm 范围内。

2. 平行度 有平行度要求的零件，一般都需要进

行整形，其精度主要取决于整形模和压力装置的精度及整形方式。压制件侧面的平行度公差见表 2-8-4。压制件端面的平行度公差见表 2-8-5。

3. 垂直度 压制件的垂直度和压力机导轨与工作台面的垂直度、模具制造的精度以及装粉的均匀性等有关。压制件垂直度公差见表 2-8-6。

1-4 压制件的表面粗糙度

压制件的表面粗糙度，主要取决于模具相应表面的模壁粗糙度。模具粗糙度电火花加工 R_a 为 1.5~0.8 μ m，磨削加工 R_a 为 0.8~0.4 μ m，研磨加工 R_a 可达到 0.1~0.05 μ m。

压制件的表面粗糙度一般 R_a 为 1.6~0.4 μ m，经整形后 R_a 可达到 0.4~0.1 μ m，即使是低精度要求的

表 2-8-4 压制件侧面的平行度公差 (mm)

公称尺寸	≤10	>10~16	>16~25	>25~40	>40~63	>63~100
公差	0.012~0.020	0.015~0.025	0.020~0.030	0.025~0.040	0.030~0.050	0.040~0.060

表 2-8-5 压制件端面的平行度公差 (mm)

公称尺寸	≤10	>10~16	>16~25	>25~40	>40~63	>63~100
公差	0.03~0.05	0.04~0.06	0.05~0.08	0.06~0.10	0.08~0.12	0.10~0.15

表 2-8-6 压制件垂直度公差 (mm)

公称尺寸	≤10	>10~16	>16~25	>25~40	>40~63	>63~100
公差	0.03~0.05	0.04~0.06	0.05~0.08	0.06~0.10	0.08~0.12	0.10~0.15

冶金工业出版社



压制件，一般 R 也不应低于 $3.2\mu\text{m}$ 。

应小于 2mm 。

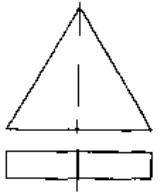
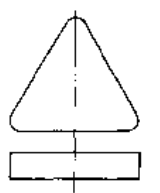
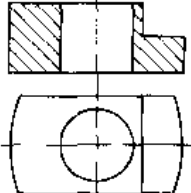
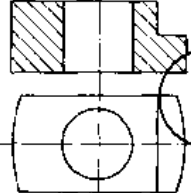
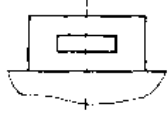
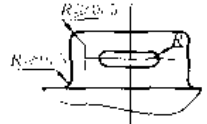


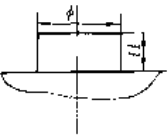
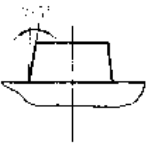
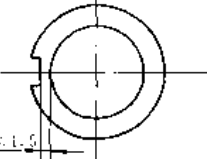
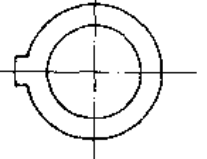
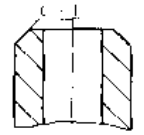
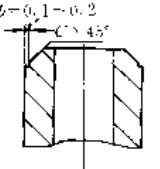
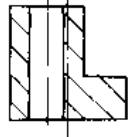
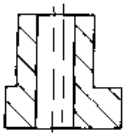
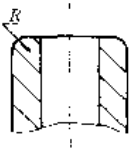
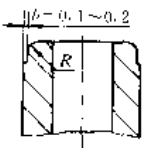
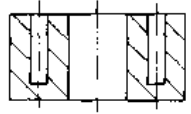

1.5 压制件的壁厚

压制件的最小壁厚与粉末密度的均匀性、模具强度和烧结变形有关。一般压制件的径向与轴向厚度不

2 粉末冶金零件的结构特点

采用粉末冶金材料压制成形的压制件结构示例见表 2-8-7。

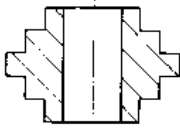
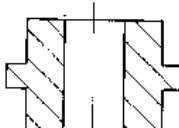
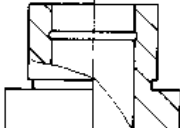
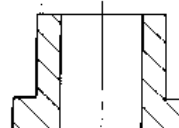
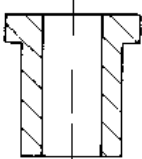
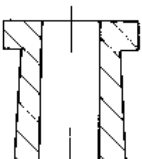
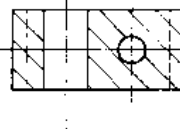
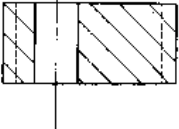
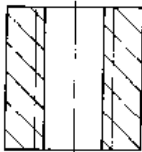
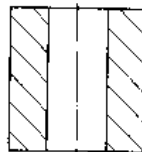
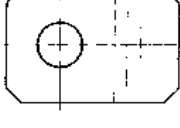
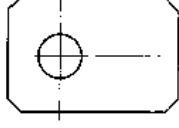
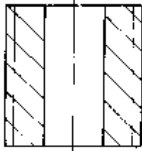

表 2-8-7 压制件的结构示例

图 例		说 明	图 例		说 明
改进前	改进后		改进前	改进后	
		尖角处应改为圆角， $R \geq 0.5\text{mm}$			薄壁和薄板处应增大厚度
					
		圆柱处改为圆锥，斜度 $> 5^\circ$ ，或改为圆角， $R = H$			键槽处改为凸键或平面结构
		倒角 C 处和圆角 R 处应加平台 b ， $b = 0.1 \sim 0.2\text{mm}$			避免相刃
					凹槽深度应减小

此星公司制作 请尊重作者版权



(续)

图 例		说 明	图 例		说 明
改 进 前	改 进 后		改 进 前	改 进 后	
		多台阶压制时, 密度不易均匀, 成形困难			垂直于压制方向的孔、槽, 需机加工完成
		倒锥不能直接压制成形, 需机加工完成			内、外螺纹需加工成形
		垂直于压制方向的孔、槽, 需机加工完成			
					

第9章 零部件结构装配工艺性^[16]

1 对零部件结构装配工艺性的基本要求

(1) 零部件装配结构应力求简化, 部件能分解成若干独立的装配单元, 并能达到预定的装配质量;

(2) 在装配过程中应尽量减少或避免采用复杂工艺装备;

(3) 各部件或装配单元的联接方式, 应保证能快速装配和拆卸, 并便于调整和维修;

(4) 较重的装配单元应有吊装的结构;

(5) 减少产品及部件的外观修整, 注重工业艺术造型;

(6) 应便于装配作业的机械化和自动化。

2 评价零部件结构装配工艺性的基本原则

零部件结构装配工艺性和零件切削加工工艺性

样, 是评价机器或零部件设计好坏的重要标志之一。装配过程的难易、成本高低以及整机质量的优劣, 很大程度取决于其本身的装配工艺性。

因此, 评价零部件结构装配工艺性的基本原则有以下几方面。

(1) 应有正确的装配基面。装配时, 相配零件要有正确的装配基面, 可使它们之间的相互位置关系明确, 装配质量也易得到保证, 见表 2-9-1。

(2) 尽量组成单独的部件或装配单元。设计机器时, 其总体布局应简单明快, 并将其分为若干独立的装配单元, 以便按组件或部件进行平行装配, 然后再进行总体装配, 其优点是:

1) 可实施平行的装配作业, 缩短装配周期, 提高装配效率;

2) 机器有关组件、部件可预先进行调试, 减少总



装后的调整工作量,有利保证产品质量,提高可靠度和一次成品合格率:

3) 有利于对机器的局部结构进行改进或维修。

组成单独的部件或装配单元的示例见表2·9-2。

(3) 应考虑装配结构的合理性。装配结构的合理

性是保证能否顺利的进行装配、拆卸、维修的重要方面,在设计时应予以注意,见表2·9-3。

(4) 保证装配的可能性和方便性。零部件的结构设计应保证能正常、方便地进行装配,以缩短装配周期,保证装配质量,见表2·9-4。

表 2·9-1 应有正确装配基面的示例

图 例		说 明
改进前	改进后	
		两个零件相联接有同轴度要求时,应有装配基面
		改进前,气缸盖与缸体用螺纹联接,不能保证气缸盖孔与缸体孔的同轴度,活塞杆易产生偏移,改进后,设置了基面
		交换齿轮两轴的轴向,应在同一箱体壁上定位,以保证齿轮啮合的正确位置
		为保证锥齿轮啮合,支架2不应是游动的,应有装配定位基面,使之调整方便



表 2·9-2 组成单独的部件或装配单元的示例

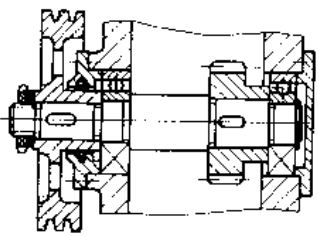
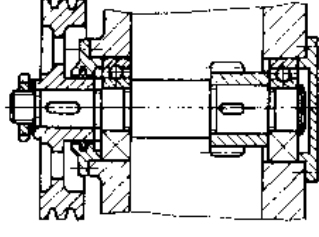
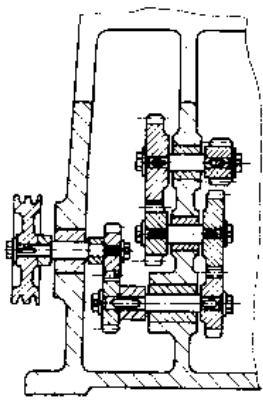
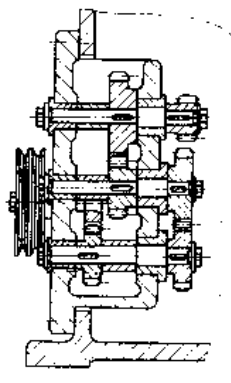
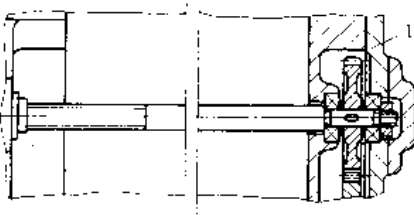
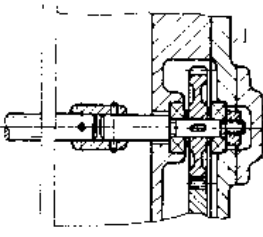
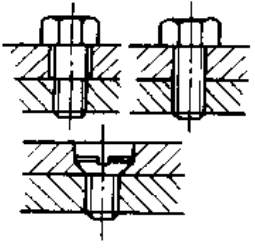
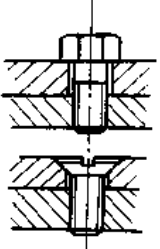
图 例		说 明
改进前	改进后	
		改进前轴上齿轮大于轴承孔、需在箱内装配、改进后、轴上各零件可组装后再装入箱体
		将传动齿轮组成单独的齿轮箱，便于调整和装配
		转塔车床加速行程轴一端紧固在机身上的箱内，不便装配，改进后，将加速行程轴用联轴器联接，箱内成为单独的装配单元

表 2·9-3 装配结构合理性示例

图 例		说 明
改进前	改进后	
		改进前，不易将两件紧固



(续)

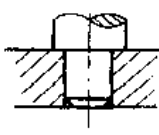
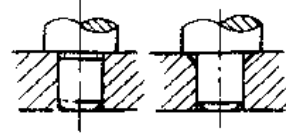
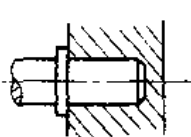
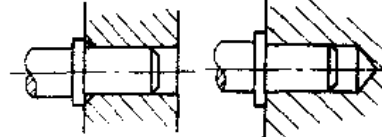
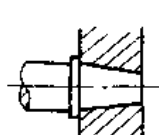
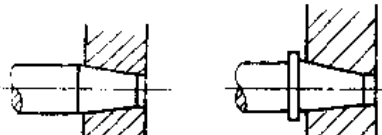
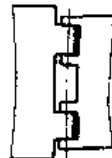
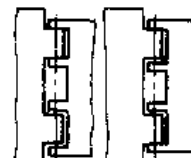
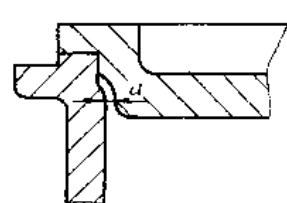
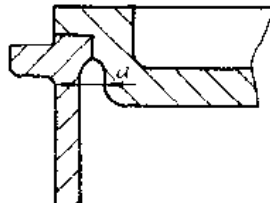
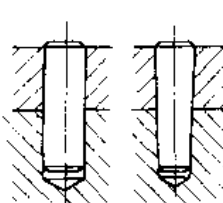
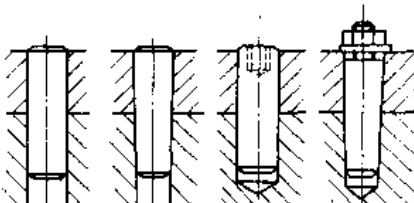
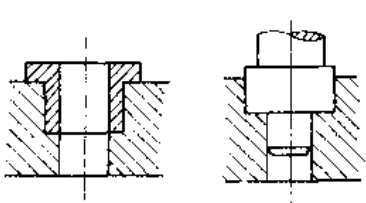
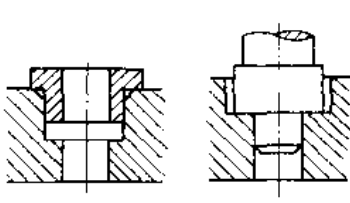
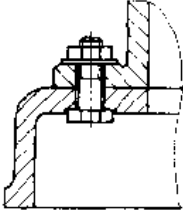
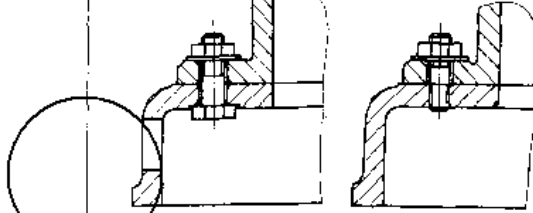
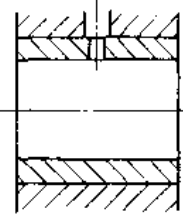
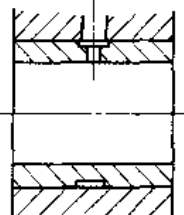
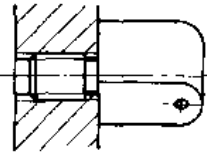
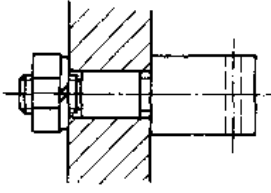
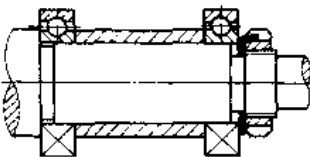
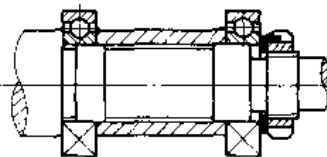
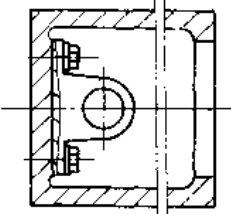
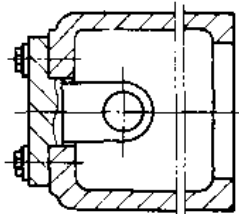
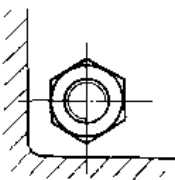
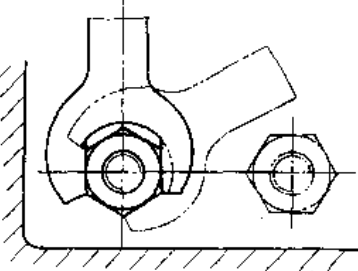
图 例		说 明
改进前	改进后	
		改进前, 由于两零件的圆角不可能一致, 故端面难于贴紧
		改进前, 很难保证轴、孔之间的轴向相对位置, 应将盲孔改为通孔, 或将孔加深
		圆锥面和轴肩不能同时起轴向定位作用, 宜用锥面定位, 或轴肩与锥孔端面留有间隙
		要求不高的多齿槽配合, 只用两个限制平面即可
		两零件无配合处 a 的间隙应足够大, 以免产生干涉
		定位销孔最好钻成通孔, 便于拆卸, 若结构不允许, 则应采用易拆销
		相配合的零件在同一方向的接触不能超定位

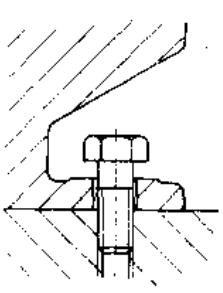
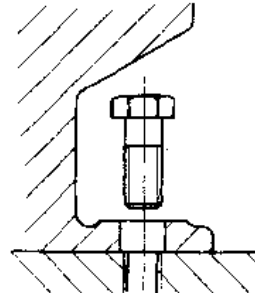
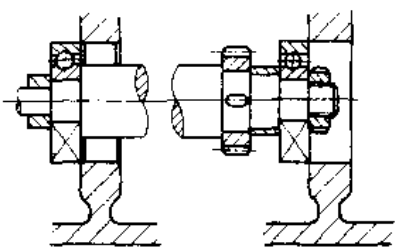
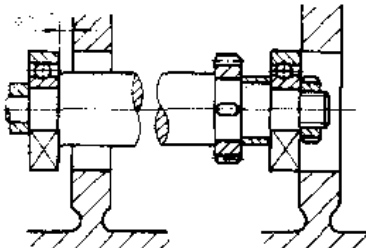


表 2-9-4 保证装配可能性和方便性示例

图 例		说 明
改 进 前	改 进 后	
		改进前，螺栓装配困难，改进后便于装配
		在轴套上加工出环形槽，装配时勿需找正油孔
		有方向性要求的零件，应有合适的相应结构
		装配轴承时，轴承与轴的接触面不应过长
		改进后，便于装配和调整
		应留出足够的扳手活动空间



(续)

图 例		说 明
改进前	改进后	
		改进前, 放置螺钉高度空间不够, 改进后, 便于螺钉的装卸
		为保证装配方便, 改进后右轴承进入孔3~5mm后, 左轴承才进入箱体孔中

(5) 应便于拆卸。机器使用一段时间, 需进行检查及定期维修, 要对机器进行局部或全部拆卸。因此, 设计零部件结构时, 必须考虑便于拆卸, 见表 2-9-5。

(6) 应便于修配。任何机器都有薄弱环节, 机器在使用过程中, 有些易损零件需多次更换。因此, 机器零部件具有良好的维修工艺性, 见表 2-9-6。

(7) 选择合适的调整补偿环。零部件装配时, 其相对位置需调整, 相对位置精度要求较高时, 应设置调整环节, 以补偿尺寸链的误差, 保证装配质量, 简化装配工作, 见表 2-9-7。

(8) 采用弹性挡圈, 简化装配结构。弹性挡圈可以简化零件的结构设计, 装配也比较方便, 见表 2-9-8。

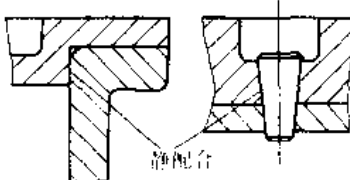
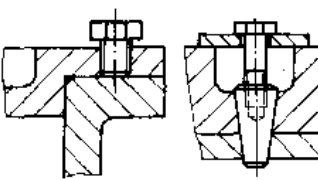
(9) 合理地进行密封件的装配。密封件在机器液压系统中占有重要位置, 装配不当, 不但密封件容易损坏, 而且密封的效果大大降低, 见表 2-9-9。

(10) 修整外观缺陷, 注意艺术造型。在装配过程中应尽量避免切削加工、钳工修配, 以及减少外观修整工作量, 以免延长装配周期, 影响外观质量。

机器的外观结构形式直接影响产品的形象, 合理的结构能促进外观质量的提高, 获得结构性能好, 造型美观的效果, 见表 2-9-10。

(11) 便于吊装。设计零部件时, 特别是中、大型零部件一定要考虑起吊问题, 以便于装配、输送, 见表 2-9-11。

表 2-9-5 便于拆卸的示例

图 例		说 明
改进前	改进后	
		为便于静配合零件的拆卸, 应设计出拆卸螺孔



(续)



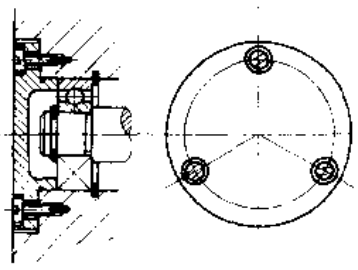
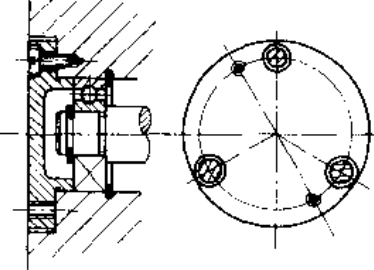
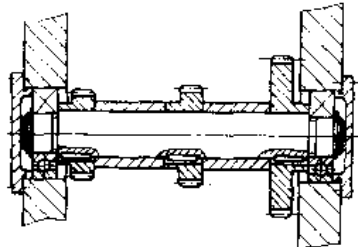
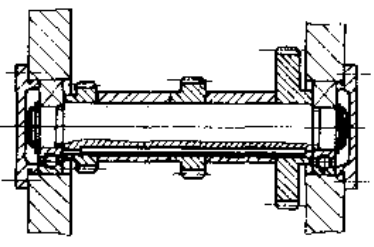
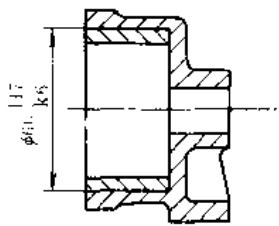
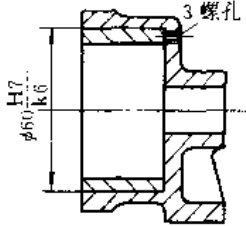
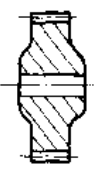
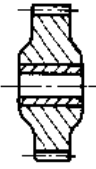
图 例		说 明
改 进 前	改 进 后	
		为便于轴承拆卸, 套筒 (或轴承座) 孔台肩处的直径, 应大于轴承外环内径
		轴承压盖端面应有工艺螺孔, 以便于拆卸
		轴上隔套做出键槽便于装配、拆卸
		为便于拆卸泵体中镶嵌的衬套, 在泵体上设置三个螺孔

表 2-9-6 便于修配的示例

图 例		说 明
改 进 前	改 进 后	
		改进前, 齿轮孔未加套, 磨损后不易修配, 改进后加套, 便于更换



(续)

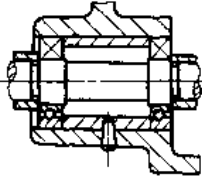
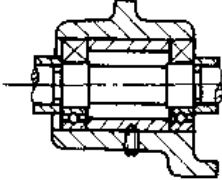
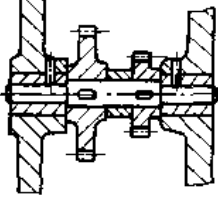
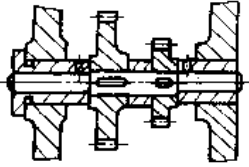
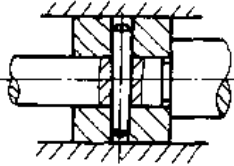
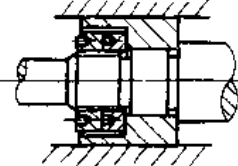
图 例		说 明
改进前	改进后	
		将中间套筒径向销改为用螺钉定位, 便于维修、拆卸
		改进前润滑油孔在箱体内壁凸缘上, 不便加工与装配, 改进后润滑油孔在套上便于维修、注油
		活塞与活塞杆由锥销改用圆螺母联接, 便于拆卸与维修

表 2-9-7 选择合适的调整补偿环示例

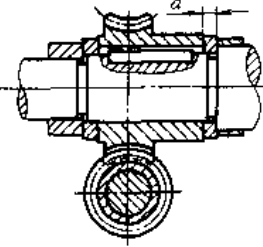
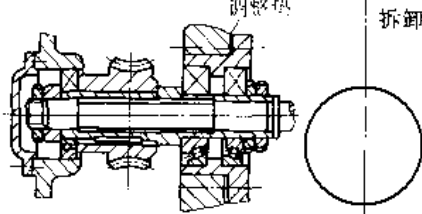
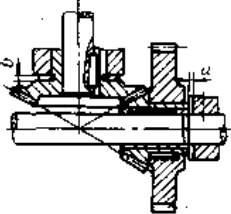
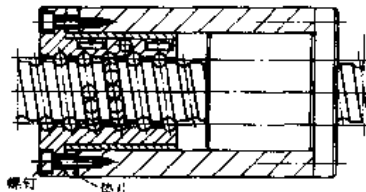
图 例	说 明	图 例	说 明
	蜗杆传动装配时, 需保证蜗杆轴线与蜗轮齿冠的中线重合, 设计时, 用调整垫作为补偿环, 以保证蜗轮、蜗杆啮合精度		调整垫应设在易拆卸的部位
	靠修配调整两垫片 a、b 的厚度, 保证两锥齿轮的正确啮合		垫片调隙式滚珠丝杠副, 以调整垫片的厚度使螺母产生轴向位移, 达到消除间隙和产生预紧拉力的目的



表 2·9·8 采用弹性挡圈、简化装配结构示例

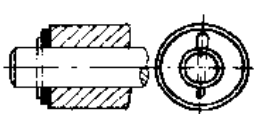
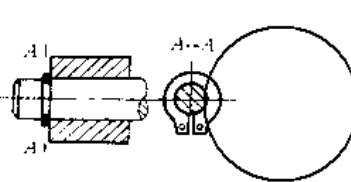

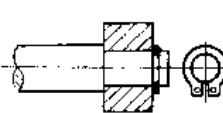
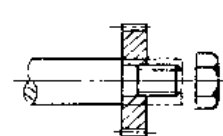
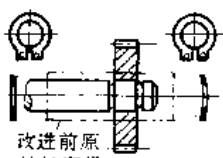
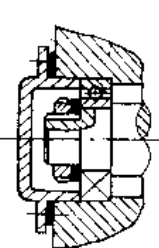
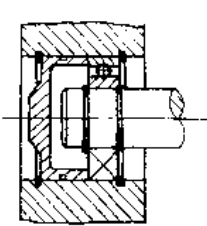
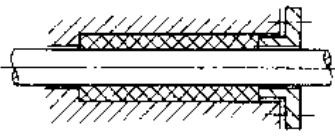
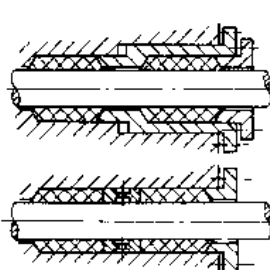
图 例		说 明
改进前	改进后	
		用弹性挡圈代替开口销和垫圈
		弹性挡圈可代替螺钉和垫圈
		平面形挡圈代替轴肩，曲面形挡圈可限制齿轮轴位置
		弹性挡圈代替法兰、螺母和轴肩

表 2·9·9 合理地进行密封件装配的示例

图 例		说 明
改进前	改进后	
		改进前，过深的填料不易压紧，改进后，填料中间加一个压盖或压圈，使其均匀压紧



(续)

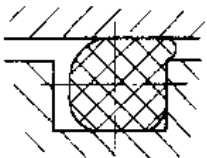
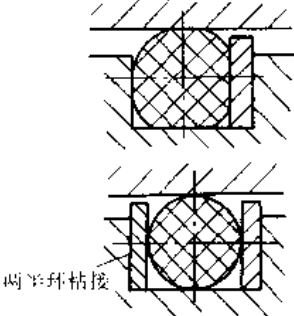
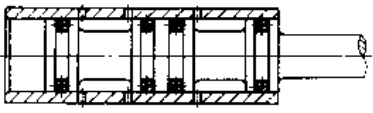
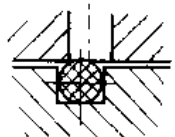
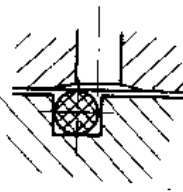
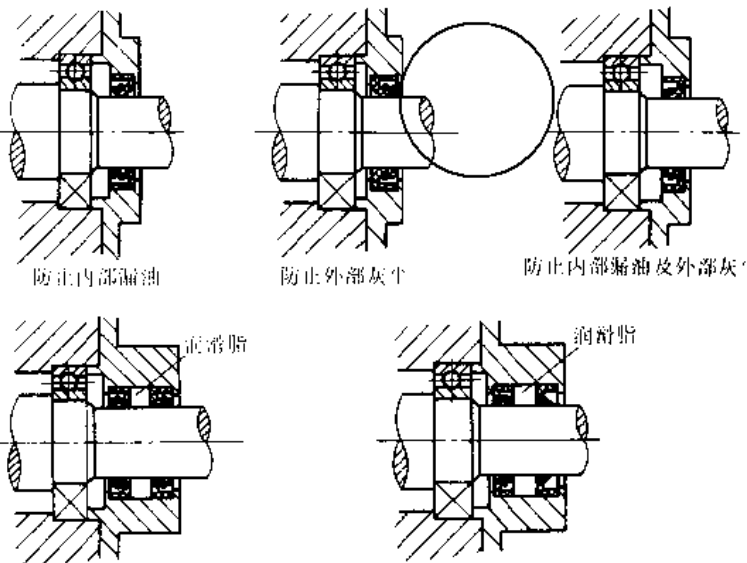
图 例		说 明
改进前	改进后	
	 <p>两半环粘接</p>	<p>为保证高压时O形密封圈不变形,应增加两半环粘接而成的保护垫圈</p>
 		<p>换向阀中的O形密封圈,通过阀体出入口时,易被损坏,应在出入口处加倒角</p>
 <p>防止内部漏油</p> <p>防止外部灰尘</p> <p>防止内部漏油及外部灰尘</p> <p>润滑脂</p> <p>润滑脂</p> <p>更有效地防止内部泄漏及外部灰尘</p> <p>防止外部泥砂</p>	<p>密封圈装配形式对密封效果有决定性影响,应按其用途选择装配形式</p>	



表 2-9-10 修整外观缺陷, 注意艺术造型的示例

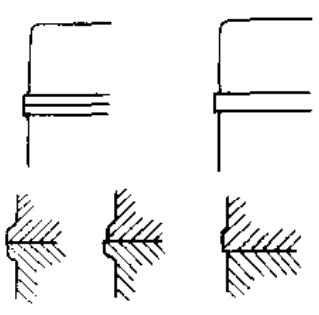

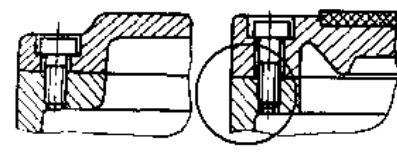
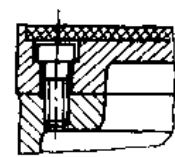
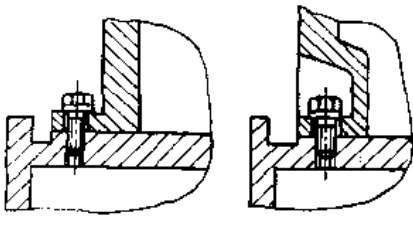
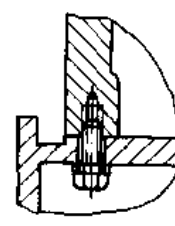
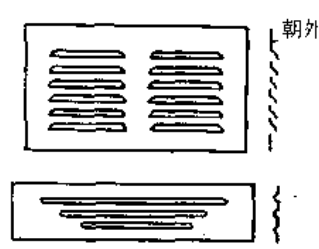
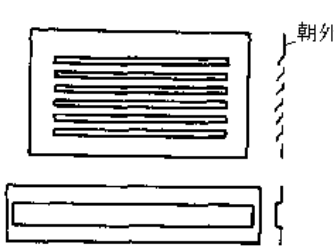
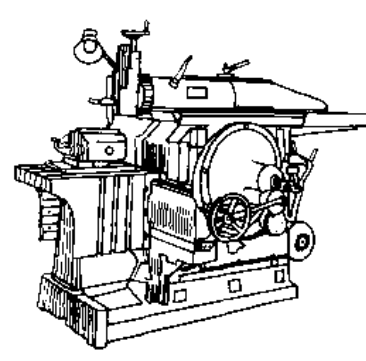
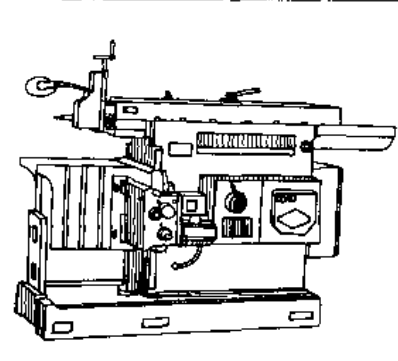
图 例		说 明
改 进 前	改 进 后	
		<p>铸件在分型面处易产生外观缺陷, 装饰性凸缘既起到装饰作用又减少外观的修整</p>
		<p>改进前箱体与端盖侧面, 由于不需加工, 易出现错位现象, 改进后, 盖向外凸出, 端面平整, 线型整齐美观</p>
		<p>改进前, 采用外凸缘螺钉联接, 外观不齐, 改进后的联接形式, 外观效果好</p>
 <p style="text-align: right;">朝外</p>	 <p style="text-align: right;">朝外</p>	<p>用薄板制作的罩盖, 其线型不应过于零碎, 把凸起部分置于内侧, 外观效果好</p>
		<p>牛头刨床进给机构外露, 影响操作且外观零乱, 改进后, 将进给机构封闭, 外观整齐, 线型协调, 艺术造型效果好</p>



表 2-9-11 便于起吊的示例

图 例		说 明
改进前	改进后	铸出吊装孔，便于起吊，也便于夹紧
		装配时，用吊环螺钉起吊上盖；运输整机时，用预先铸出的吊耳起吊

3 自动装配对零件结构的要求

(1) 要实现自动装配作业，其零件结构必须简单、形状规则对称。零件不对称的应扩大其不对称性，以便于定向；

(2) 零件尺寸能完全互换并易于定位，对定位困难的零件（如电子元件）可粘在一起或以带式联接起来；

(3) 零件的组装方向尽可能一致，以便从一个方向完成装配作业；

(4) 装配基面和主要配合面形状应规则，有利保证装配质量、便于装入，并减少不必要的装配零件数量；

(5) 尽量减少螺纹联接，多采用粘接及焊接等联接方法；

(6) 避免采用易缠结或易套在一起的零件结构；

(7) 应尽量减少装配中的调整工作，并应有有助于减少工艺装备、便于识别、储存和输送。

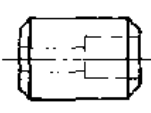
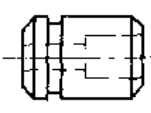
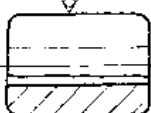

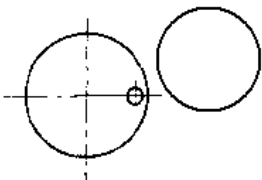
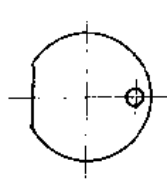
3-1 零件结构简单、易于定位 (表 2-9-12)

表 2-9-12 零件结构简单、易于定位的示例

图 例		说 明
改进前	改进后	零件改为对称型，便于确定正确位置，避免错装

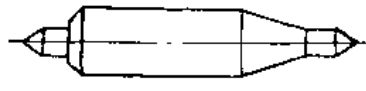
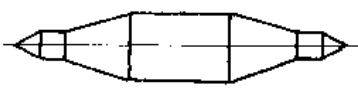


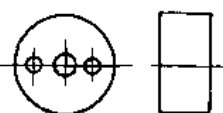
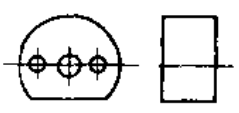


(续)

图 例		说 明
改进前	改进后	
		孔径不同, 宜在相对于小孔径处切槽或倒角, 以资识别
		自由装配时, 宜将夹紧处车削为圆柱面, 使与内孔同心
		改进后, 加一小平面, 以保证偏心孔的正确位置

3.2 应易于定向 (表 2·9-13)

表 2·9-13 易于定向的示例

图 例		说 明
改进前	改进后	
		完全对称的零件最理想, 如球、圆柱体类零件经常处于一种定向状态, 形状不对称的零件, 尽量使其对称
		形状或质量有明显极性特征的零件, 差异越大就越易定向
		无明显定向特征的零件, 应增加定向标志面



3.3 从一个方向完成装配 (表 2.9-14)

表 2.9-14 从一个方向完成装配示例

图 例	图 例
<p>说明: 自动装配发电机时, 采用自下而上一个个地装入零件, 避免工件翻转, 大大简化装配工艺, 保证装配质量</p>	<p>说明: 用工业机器人进行零部件装配, 保证装配质量, 提高装配的可靠性</p>

3.4 便于输送 (表 2.9-15)

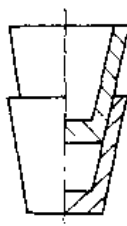
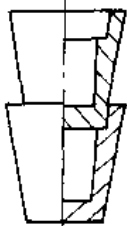
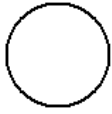
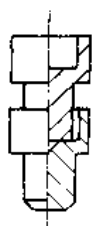
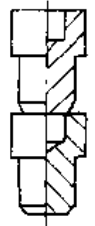
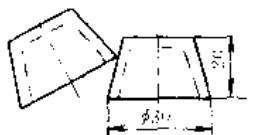
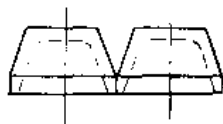
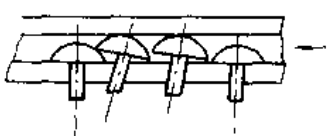
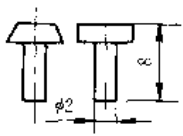
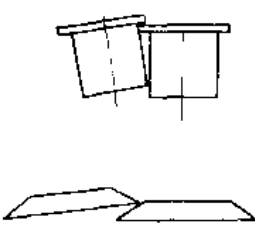
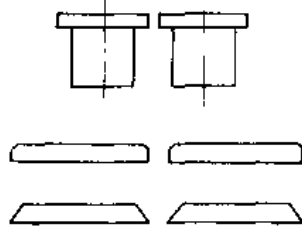
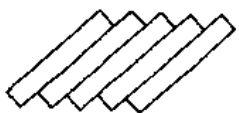

表 2.9-15 便于输送的示例

图 例	图 例
<p>说明: 为保证自动装配, 零件形状必须便于自动输送</p>	<p>说明: 单个半导体器件不易实现自动输送, 可将其装在金属(塑料)带上</p>



3.5 避免零件相互缠结、错位 (表 2.9-16)

表 2.9-16 避免零件相互缠结、错位的示例

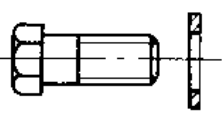
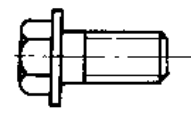
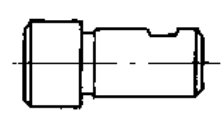
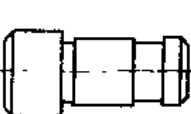
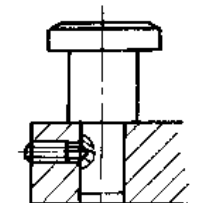
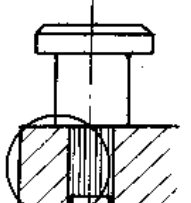
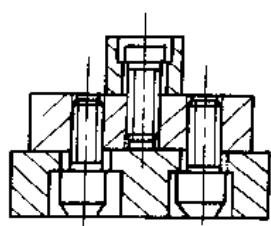
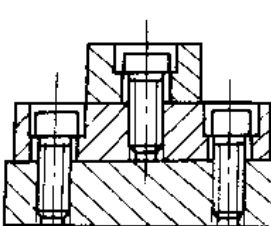
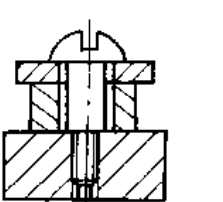
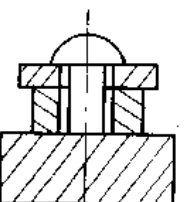
图 例		说 明
改 进 前	改 进 后	
		使两相邻零件内外推不等 
		使相邻零件的外径大于孔径
		改进前, 零件易重叠, 改进后, 零件底部设计成圆柱形, 防止零件重叠及堵塞
		半圆头零件比圆柱 (圆锥) 头零件更容易搭叠
		易相互错位的零件, 可加大接触面积或增大接触处的角度
		易搭叠的零件应增加相邻零件接触表面的厚度或改变零件的形状

此图公司制作 请尊重作者版权



3.6 简化装配 (表 2·9-17)

表 2·9-17 简化装配的示例

图 例		说 明
改 进 前	改 进 后	
		螺钉与垫圈成一体, 可简化送料机构
		改进后, 环形槽简化了装配时的径向调整机构
		轴一端滚花与其他件作为过盈配合效果好
		统一装配方向, 减少部件的翻转
		用铆、焊代替螺钉联接, 简化自动装配

参 考 文 献

[1] 施廷藻主编. 铸造实用手册. 沈阳: 东北工学院出版社, 1988

[2] Walton C. F, Opar T. J. 铸铁件手册. 北京: 清华大学出版社, 1990

[3] 李尚健主编. 锻造工艺及模具设计资料. 北京: 机械工业出版社, 1991

[4] 张志文主编. 锻造工艺学. 北京: 机械工业出版社, 1983

[5] 精冲编写小组编. 精冲. 北京: 国防工业出版社, 1982

[6] 郑可焯. 实用冲压模具设计手册. 北京: 宇航出版社, 1990

[7] (日)阿武芳郎编. 生产性设计. 王信义, 姜文



- 炳,陈传梁译,北京:机械工业出版社,1988
- [8] (日)渡边彬著,机械设计概论,机械设计概论翻译组译,北京:机械工业出版社,1985
- [9] 徐灏等主编,机械设计手册(3卷),北京:机械工业出版社,1991
- [10] 孟少农主编,机械加工工艺手册(第1卷),北京:机械工业出版社,1991
- [11] (日)土井康弘等编著,NCシステム事典,朝倉書店,1983
- [12] 高敏编著,机械产品艺术造型基础,北京:学
术书刊出版社,1989
- [13] 塑料模设计手册编写组编著,塑料模设计手册,北京:机械工业出版社,1982
- [14] 马金骏编,塑料模具设计,北京:轻工业出版社,1984
- [15] (美)豪斯纳 H. H 著,粉末冶金手册,北京粉末冶金研究所译,北京:冶金工业出版社,1982
- [16] (美)国防技术情报中心主编,产品设计生产性指南,张纯正等译,北京:航空工业出版社,1990

