

# 第一章 塑料制品的结构设计

塑料制品的结构设计又称塑料制品的功能特性设计或塑料制品的工艺性。

## § 1.1 塑料制品设计的一般程序和原则

### 1.1.1 塑料制品设计的一般程序

- 1、详细了解塑料制品的功能、环境条件和载荷条件
- 2、选定塑料品种
- 3、制定初步设计方案，绘制制品草图（形状、尺寸、壁厚、加强筋、孔的位置等）
- 4、样品制造、进行模拟试验或实际使用条件的试验
- 5、制品设计、绘制正规制品图纸
- 6、编制文件，包括塑料制品设计说明书和技术条件等。

### 1.1.2 塑料制品设计的一般原则

1、在选料方面需考虑：(1) 塑料的物理机械性能，如强度、刚性、韧性、弹性、吸水性以及对应力的敏感性等；(2) 塑料的成型工艺性，如流动性、结晶速率，对成型温度、压力的敏感性等；(3) 塑料制品在成型后的收缩情况，及各向收缩率的差异。

2、在制品形状方面：能满足使用要求，有利于充模、排气、补缩，同时能适应高效冷却硬化（热塑性塑料制品）或快速受热固化（热固性塑料制品）等。

3、在模具方面：应考虑它的总体结构，特别是抽芯与脱出制品的复杂程度。同时应充分考虑模具零件的形状及其制造工艺，以便使制品具有较好的经济性。

4、在成本方面：要考虑注射制品的利润率、年产量、原料价格、使用寿命和更换期限，尽可能降低成本。

## § 1.2 塑料制品的收缩

塑料制品在成型过程中存在尺寸变小的收缩现象，收缩的大小用收缩率表示。

$$S = \frac{L_0 - L}{L_0} \times 100\%$$

式中 S——收缩率；

$L_0$ ——室温时的模具尺寸；

L——室温时的塑料制品尺寸。

影响收缩率的主要因素有：

(1) 成型压力。型腔内的压力越大，成型后的收缩越小。非结晶型塑料和结晶型塑料的收缩率随内压的增大分别呈直线和曲线形状下降。

(2) 注射温度。温度升高，塑料的膨胀系数增大，塑料制品的收缩率增大。但温度升高熔料的密度增大，收缩率反又减小。两者同时作用的结果一般是，收缩率随温度的升高而减小。

(3) 模具温度。通常情况是，模具温度越高，收缩率增大的趋势越明显。

(4) 成型时间。成型时保压时间一长，补料充分，收缩率便小。与此同时，塑料的冻结取向要加大，制品的内应力亦大，收缩率也就增大。成型的冷却时间一长，塑料的固化便充分，收缩率亦小。

(5) 制品壁厚。结晶型塑料(聚甲醛除外)的收缩率随壁厚的增加而增加，而非结晶型塑料中，收缩率的变化又分下面几种情况：ABS 和聚碳酸酯等的收缩率不受壁厚的影响；聚乙烯、丙烯腈—苯乙烯、丙烯酸类等塑料的收缩率随壁厚的增加而增加；硬质聚氯乙烯的收缩率随壁厚的增加而减小。

(6) 进料口尺寸。进料口尺寸大，塑料制品致密，收缩便小。

(7) 玻璃纤维等的填充量。收缩率随填充量的增加而减小。

表 2-1、表 2-2、表 2-3 为常用塑料的成型收缩率。

表 2-1 热塑性塑料的成型收缩率

分类	材 料	特 性		成型收缩率 (%)	
		非增强	增 强	非增强	增 强
非结晶型	ABS	6.0-9.3	2.9-3.6	0.4-0.9	0.1-0.2
	SAN (AS)	6.0-8.0	3.7-3.8	0.2-0.7	0.1-0.2
	聚苯乙烯 (PS)	6.0-8.0	1.8-4.5	0.1-0.6	0.1-0.3
	聚苯乙烯 (耐冲击型)	3.4-21.0	0.2-0.6	0.2-0.6	
	醋酸纤维素 (CA)	0.8-16.0		0.3-0.6	
	醋酸丁酸纤维素 (CAB)	11.0-17.0		0.2-0.5	
	乙基纤维素 (EC)	10.0-20.0		0.5-0.9	
	聚碳酸酯 (PC)	6.6	1.7-4.0	0.5-0.7	0.1-0.3
	聚砜 (PSF)	5.2-5.6	2.5	0.7	0.2
	丙烯酸酯	5.0-8.0		0.4-0.3	

(续)

分 类	材 料	特 性 玻璃纤维		线膨胀系数/( $10^{-5}^{\circ}\text{C}^{-1}$ )		成型收缩率(%)	
		非增强	增 强	非增强	增 强	非增强	增 强
非结晶型	聚氯乙烯 (H-PVC)			0.5~18.5		0.1~0.5	
	聚氯乙烯 (S-PVC)			7.5~25.0		1.0~5.0	
	聚偏氯乙烯 (PVDC)			19		0.5~2.5	
结 晶 型	聚乙烯 (HDPE)			11.0~13.0		2.0~5.0	
	聚乙烯 (中密度)			14.0~16.0		1.5~5.0	
	聚乙烯 (LDPE)			10.0~20.0		1.5~5.0	
	聚丙烯 (PP)			5.8~10.2	2.9~5.2	1.0~2.5	0.4~0.8
	聚酰胺 (PA6)			8.3	1.5~2.0	0.6~1.4	0.4
	聚酰胺 (PA66)			8.0	1.5~2.0	0.3~1.5	0.5
	聚酰胺 (PA610)			9.0	7.3	1.2	0.4
	聚酰胺 (PA12)			10.0	7.5	1.2	0.3
	聚甲醛 (均聚体、POM)			8.1	3.6~8.1	0.3~1.5	1.3~2.8
	聚甲醛 (共聚体、POM)			8.5		2.0~3.5	0.2~0.6
	PBT			6.0~9.5	1.1~6.1	2.0	0.2~0.8
PET				2.5	1.5~2.0	0.35	

表 2-2 热固性塑料的成型收缩率

	成 型 材 料		线膨胀系数 /( $10^{-5}^{\circ}\text{C}^{-1}$ )	成型收缩率 (%)	热变形温度/ $^{\circ}\text{C}$
	树脂名称	填充材 (增强材)			
热 固 性 树 脂	酚醛树脂	木炭棉	3.0~4.5	0.4~0.9	127~171
	酚醛树脂	石 棉	0.8~4.0	0.05~0.4	149~204
	酚醛树脂	云 母	1.9~2.6	0.05~0.5	149~177
	酚醛树脂	玻璃纤维	0.8~1.0	0.01~0.4	149~316
	尿素树脂	$\alpha$ 纤维素	2.2~3.6	0.6~1.4	127~143
	三聚氰胺	$\alpha$ 纤维素	4.0	0.5~1.5	210
	脲 酯	玻璃纤维	2.0~5.0	0~0.2	
	脲 酯	预混合	2.5~3.3	0.2~0.6	7205
	硅素树脂	玻璃纤维	0.8	0~0.05	7483
	二烯丙基邻苯树脂	玻璃纤维	1.0~3.6	0.1~0.5	
	环氧树脂	玻璃纤维	1.1~3.5	0.1~0.5	204~260

表 2-3 树脂的成型条件、壁厚的成型收缩率

(%)

树脂 名称	成 型 条 件				壁厚 3mm 以下		壁厚 3~6mm		壁厚 6mm 以上		摘 要
	注射 压力 /MPa	树脂 温度/ $^{\circ}\text{C}$	模具 温度 / $^{\circ}\text{C}$	成 型 时 间 /min	流动方向	垂直方向	流动方向	垂直方向	流动方向	垂直方向	
聚丙烯 树脂	105~ 140	225~ 230	80~88	35~60	0.4	0.3	0.4	0.3	0.5	0.4	流动方向 的值大,壁厚 越厚,值越大
酚醛纤 维素	70.5~ 140	170~ 265	21~82	10~150	0.2~0.7	0.2~0.7	0.2~1.5	0.2~1.5	0.4~2.5	0.4~2.4	壁厚越 厚,值越大
尼龙 6	84.5~ 170	235~ 295	21~93	15~120	0.8~1.5	0.8~1.5	1.5~1.7	1.5~1.7	1.7~2.2	1.7~2.2	壁厚越 厚,值越大
尼 龙 66	105~ 210	275~ 315	21~93	30~60	1.5~2.0 <sup>②</sup>	1.5~2.0 <sup>③</sup>	2.0~3.0 <sup>②</sup>	2.0~3.0 <sup>③</sup>	3.0~4.0 <sup>②</sup>	3.0~4.0 <sup>③</sup>	壁厚越 厚,值越大
中密度 聚乙烯	35~ 210	175~ 340	13~93	10~120	1.8~4.0	1.5~4.0	1.8~5.0	1.5~5.0	1.8~6.0	1.5~6.0	流动方向 的值大,壁厚 越厚,值越大

(续)

树脂名称	成型条件				壁厚 3mm 以下		壁厚 3~6mm		壁厚 6mm 以上		摘要
	注射压力 /MPa	树脂温度 <sup>①</sup> /℃	模具温度 /℃	成型时间 /min	流动方向	垂直方向	流动方向	垂直方向	流动方向	垂直方向	
聚丙烯	56~210	205~285	16~104	6~120	1.0~2.5	1.0~2.0	1.0~2.5	1.0~2.0	1.2~3.0	1.2~2.5	流动方向的值大,壁厚越厚,值越大
普通聚苯乙烯	70~140	175~315	32~65	4~150	0.2~0.8	0.2~0.8	0.2~1.5	0.2~1.5	0.4~2.5	0.4~2.5	壁厚越厚,值越大
丙烯腈-苯乙烯	70~140	220~290	38~83	10~150	0.2~0.8	0.2~0.8	0.2~1.5	0.2~1.5	0.4~2.5	0.4~2.4	壁厚越厚,值越大
AES	105~210	205~245	38~93	30~75	0.3~0.5	0.3~0.5	0.3~0.5	0.3~0.5	0.3~0.5	0.3~0.5	
硬聚氯乙烯	70.5~140	155~175	43~60	30~240	—	—	1.0~3.0	1.0~3.0	0.4~0.6	0.4~0.6	壁厚越厚,值越大
软聚氯乙烯	70.5~140	155~175	43~60	30~60	1.0~3.0	1.0~3.0	—	—	—	—	
聚碳酸酯	105~210	290~325	83~121	20~60	0.5~0.8	0.5~0.8	0.5~0.8	0.5~0.8	0.5~0.8	0.5~0.8	
聚甲基	105~140	215~225	66~121	30~60	壁 2.3	1.6mm 2.3	壁 2.6	3mm 2.6	壁 2.7	6mm 2.7	壁厚越厚,值越大

① 树脂温度是料筒温度;

② 退火处理过的情况;

③ 退火试验时的情况。

## § 1.3 脱模斜度

脱模斜度:为便于脱模,塑料制品壁在出模方向上应具有倾斜角度,其值以度数表示(参见表 2-4)。

### 1.3.1 脱模斜度确定要点

- (1) 制品精度要求越高,脱模斜度应越小。
- (2) 尺寸大的制品,应采用较小的脱模斜度。
- (3) 制品形状复杂不易脱模的,应选用较大的斜度。
- (4) 制品收缩率大,斜度也应加大。
- (5) 增强塑料宜选大斜度,含有自润滑剂的塑料可用小斜度。
- (6) 制品壁厚大,斜度也应大。

(7) 斜度的方向。内孔以小端为准,满足图样尺寸要求,斜度向扩大方向取得;外形则以大端为准,满足图样要求,斜度向偏小方向取得。一般情况下脱模斜度。可不受制品公差带的限制,高精度塑料制品的脱模斜度则应当在公差带内。

脱模斜度 值可按表 2-4 选取。

表 2-4 脱模斜度的推荐值

材 料	脱模斜度 $\alpha$
PE、PP、PVC (软)	$30' - 1'$
ABS、PA、POM、PPO	$40' - 1'30'$
PC、PSF、PS、AS、PMMA	$50' - 2'$

由表中可以看出，塑料硬脆、刚性大的，脱模斜度要求大。

具备以下条件的型芯，可采用较小的脱模斜度：

- (1) 顶出时制品刚度足够。
- (2) 制品与模具钢材表面的摩擦系数较低。
- (3) 型芯表面的粗糙度值小，抛光方向又与制品的脱模方向一致。
- (4) 制品收缩量小，滑动摩擦力小。

### 1.3.2 制品脱模斜度设计

#### 1、箱体与盖类制品 (图 2-1)

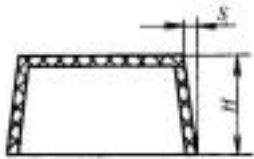


图 2-1 箱体类制品

当  $H \leq 50\text{mm}$  时， $S/H=1/30 \sim 1/50$

当  $50 < H \leq 100\text{mm}$  时， $S/H = 1/60$

#### 2、格子板形制品 (图 2-2)

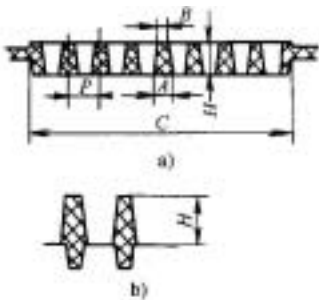


图 2-2 格子板形制品

当格子的间距  $P \geq 4\text{mm}$  时，脱模斜度  $\alpha = 1/10P$ 。格子  $C$  尺寸越大，脱模斜度越大。

当格子高度  $H$  超过  $8\text{mm}$ ，脱模斜度不能取太大值时，可采用图(b)的形式，使一部分进入动模一侧，从而使脱模斜度满足要求。

3、带加强筋类制品 (图 2-3)

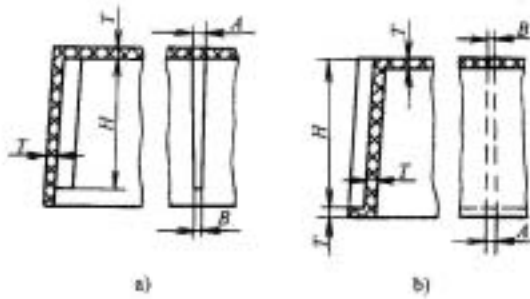


图 2-3 加强肋类制品

$$\alpha = \arctg \frac{A-B}{2H} = \arctg(1/500 \sim 1/200)$$

$$A=(1.0\sim 1.8)T \text{ mm} ; B=(0.5\sim 0.7)T \text{ mm}$$

4、底筋类制品 (图 2-4)

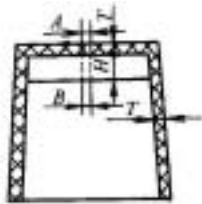


图 2-4 底筋类制品

$$\alpha = \arctg \frac{A-B}{2H} = \arctg(1/150 \sim 1/100)$$

$$A=(1.0\sim 1.8)T \text{ mm} ; B=(0.5\sim 0.7)T \text{ mm}$$

5、凸台类制品 (图 2-5、表 2-5)

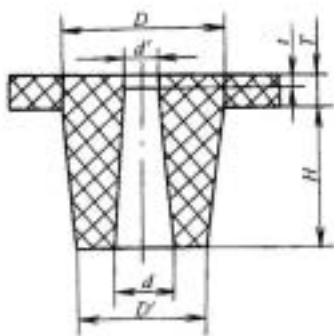


图 2-5 凸台类制品

表 2-5 凸台尺寸 (用于 3mm 自攻螺纹)  
(mm)

T	0.5~0.3	3.5
D	7      7	8
D'	6      6.5	7
t	T/2 或 1.0~1.5	
d	2.6	
d'	2.3	

$$\alpha = \arctg \frac{D-D'}{2H} = \arctg(1/30 \sim 1/20)$$

高凸台制品 (H > 30mm) 的脱模斜度:

$$\text{型芯} : \alpha = \arctg \frac{d - d'}{2H} = \arctg(1/50 \sim 1/30)$$

$$\text{型腔} : \alpha = \arctg \frac{D - D'}{2H} = \arctg(1/100 \sim 1/50)$$

型芯的脱模斜度应大于型腔。

#### 6、最小脱模斜度 (表 2-6)

脱模斜度影响制品的脱出情况。如果脱模斜度很小,脱模阻力增大,顶出机构就会失去作用。在一般情况下,不能小于最小脱模斜度,以防止制品留模。

表 2-6 最小脱模斜度

项 目	最小脱模斜度/ (°)		项 目	最小脱模斜度/ (°)	
	一般情况	特殊情况		一般情况	特殊情况
一般情况	3	2	格子、孔 皮革纹	5	4
脱模斜度不能太大时	1/2	1/4		6	4
突出部位	5	4			

## § 1.4 制品壁厚

确定合适的制品壁厚是制品设计的主要内容之一。

### 1.4.1 制品壁厚的作用

- (1) 使制品具有确定的结构和一定的强度、刚度,以满足制品的使用要求。
- (2) 成型时具有良好的流动状态(如壁不能过薄)以及充填和冷却效果(如壁不能太厚)
- (3) 合理的壁厚使制品能顺利地 from 模具中顶出。
- (4) 满足嵌件固定及零件装配等强度的要求。
- (5) 防止制品翘曲变形。

### 1.4.2 制品壁厚的设计

基本原则——均匀壁厚。即:充模、冷却收缩均匀、形状性好、尺寸精度高、生产率高。

- (1) 在满足制品结构和使用要求的条件下,尽可能采用较小的壁厚。
- (2) 制品壁厚的设计,要能承受顶出装置等的冲击和振动。
- (3) 在制品的连接固紧处、嵌件埋入处、塑料熔体在孔窗的汇合(熔接痕)处,要具有足够的厚度。

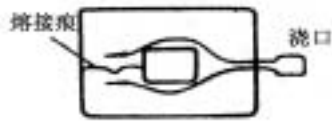


图 9-17 制品上的熔接痕

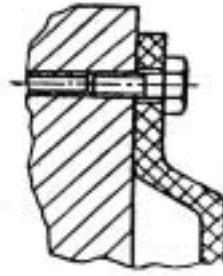


图 9-18 承受紧固力

(4) 保证贮存、搬运过程中强度所需的壁厚。

(5) 满足成型时熔体充模所需壁厚，既要避免充料不足或易烧焦的薄壁，又要避免熔体破裂或易产生凹陷的厚壁。

制品上相邻壁厚差的关系(薄壁：厚壁)为：

热固性塑料：压制 1：3，挤塑 1：5

热塑性塑料：注塑 1：1.5(2)

当无法避免不均匀的壁厚时，制品壁厚设计可采用逐步过渡的形式（图 2-6，图 2-7），或者改制成两个制品然后再装配为一个制品（图 2-8）等方法。

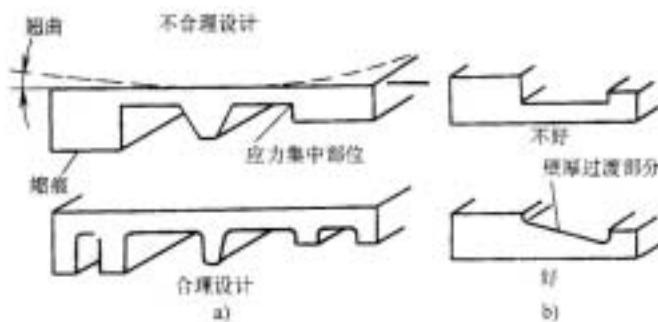


图 2-6 壁厚设计

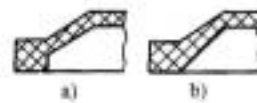


图 2-7 壁厚逐渐变化



图 2-8 改制成两个制品

制品壁厚的设计可参照表 2-7~表 2-11。



表 2-7 塑料制品的最小壁厚及常用壁厚推荐值

(mm)

塑料材料	最小壁厚	小型制品壁厚	中型制品壁厚	大型制品壁厚
尼龙	0.45	0.76	1.5	2.4~3.2
聚乙烯	0.6	1.25	1.6	2.4~3.2
聚苯乙烯	0.75	1.25	1.6	3.2~5.4
高抗冲聚苯乙烯	0.75	1.25	1.6	3.2~5.4
聚丙烯	1.2	1.6	1.8	3.2~4.8
有机玻璃	0.8	1.5	2.2	4.0~6.5
聚丙烯	0.85	1.45	1.75	2.4~3.2
氯化聚醚	0.9	1.35	1.8	2.5~3.4
聚碳酸酯	0.95	1.80	2.3	3~4.5
聚苯醚	1.2	1.75	2.5	3.5~6.4
醋酸纤维素	0.7	1.25	1.9	3.2~4.8
乙基纤维素	0.9	1.25	1.6	2.4~3.2
丙烯酸类	0.7	0.9	2.4	3.0~6.0
聚甲醛	0.8	1.40	1.6	3.2~5.4
聚砜	0.95	1.80	2.3	3~4.5

表 2-8 热固性塑料成型制品壁厚尺寸

塑料	最小壁厚/mm	推荐壁厚/mm	最大壁厚/mm
醇酸树脂-玻纤填充	1.0	3.0	12.7
醇酸树脂-矿物填充	1.0	4.7	9.5
呋喃二烯丙酯 (DAP)	1.0	4.7	9.5
环氧树脂-玻纤填充	0.76	3.2	25.4
三聚氰胺甲醛树脂-纤维素填充	0.9	2.5	4.7
氨基塑料-纤维填充	0.9	2.5	4.7
酚醛塑料 (通用型)	1.3	3.0	25.4
酚醛-棉短纤填充	1.3	3.0	25.4
酚醛-玻纤填充	0.76	2.4	19.0
酚醛-织物填充	1.6	4.7	9.5
酚醛-矿物填充	3.0	4.7	25.4
硅酮-玻纤填充	1.3	3.0	6.4
聚酯预浸物	1.0	1.8	25.4

表 2-9 各种成型树脂的成型条件与壁厚

树脂名称	树脂温度/℃	注射压力/(kgf·cm <sup>-2</sup> ) <sup>①</sup>	模具温度/℃	壁厚/mm
聚乙烯	150~300	600~1500	40~60	0.9~4.0
聚丙烯	160~260	800~1200	55~65	0.6~3.5
尼龙	200~320	800~1300	80~120	0.6~3.0
聚甲醛	180~220	1000~2000	80~110	1.5~5.0
聚苯乙烯	200~300	800~2000	40~60	1.0~4.0
丙烯酸-苯乙烯共聚物	200~260	800~2000	40~60	1.0~4.0
ABS	200~260	800~2000	40~60	1.5~4.5
聚丙烯酸酯	180~250	1000~2000	50~70	1.5~5.0
硬质聚氯乙烯	180~210	1000~2500	45~160	1.5~5.0
聚碳酸酯	280~320	400~2200	90~120	1.5~5.0
聚酰胺	160~250	600~2000	50~60	1.0~4.0
聚酰胺纤维	160~250	600~2000	50~60	1.0~4.0

①  $1\text{kgf/cm}^2 = 9.8067 \times 10^4 \text{Pa}$ 。

表 2-10 壁厚  $T$  与流程  $L$  关系公式

(mm)

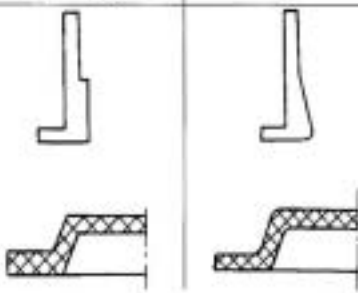
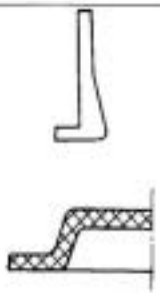

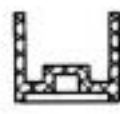


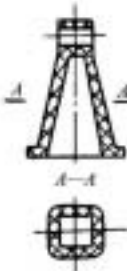
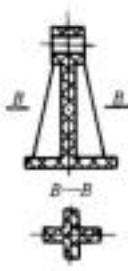
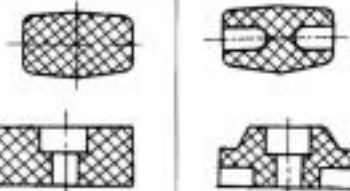
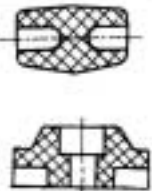




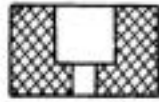

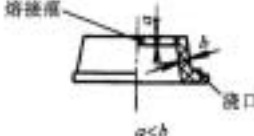
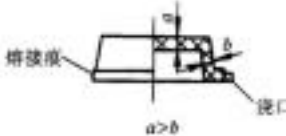
塑料品种	$T-L$ 计算公式
流动性好 (如: PE, PA)	$T = \left( \frac{L}{100} + 0.5 \right) \times 0.6$
流动性中等 (如: PMMA, POM)	$T = \left( \frac{L}{100} + 0.8 \right) \times 0.7$
流动性差 (如: PC, PSF)	$T = \left( \frac{L}{100} + 1.2 \right) \times 0.9$

表 2-11 制品厚度设计

不良	良	不良	良

说明: 左图壁厚过厚, 在成型过程中会产生缩孔或塌坑, 改进后因壁厚较均匀, 可避免上述缺陷

说明: 左图壁厚与底部厚度不均匀, 而将引起收缩不一致, 使制品变形并产生内应力, 容易产生气痕、塌坑, 改进后可避免这些缺陷

不良	良	不良	良
			
<p>说明：当制品结构必须有厚度不均匀时，则应使其平缓过渡避免突变，否则易变形。壁厚不均会引起制品变形，其壁厚不均匀度有一定限度。一般热固性塑料连接处厚度比为：压塑：1:8；挤塑1:5；热塑性塑料：1:1.5~1:2</p>		<p>说明：以掏空的方式达到壁厚均匀</p>	
			
<p>说明：在直角处壁厚太厚会引起制品产生缩孔</p>		<p>说明：支承架制品，若按左图结构，塑料用料多，塑料在型腔内流动也较困难，型腔较深模具抽芯时也较困难。右图结构可以避免上述缺点</p>	
			
			
<p>说明：左图壁厚不均匀，改进后壁厚均匀，不易产生气泡及缩孔，并且塑料制品不易变形</p>		<p>说明：改善壁厚变化的形状</p>	
<p>说明：左图壁厚不均匀，改进后壁厚均匀，不易产生气泡及缩孔，并且塑料制品不易变形</p>			
<p>说明：左图壁厚不均匀，改进后壁厚均匀，不易产生气泡及缩孔，并且塑料制品不易变形</p>		<p>说明：对于平底形制品，采用侧浇口进料时，为了避免平面上留有熔接痕，必须保证平面进料通畅，故 <math>a &gt; b</math></p>	

## § 1.5 加强筋(含凸台、角撑)

### 1.5.1 加强筋的作用

- (1) 在不加大制品壁厚的条件下，增强制品的强度和刚性，以节约塑料用量，减轻重量，降低成本。
- (2) 可克服制品壁厚差带来的应力不均所造成的制品歪扭变形。
- (3) 便于塑料熔体的流动，在塑料制品本体某些壁部过薄处为熔体的充满提供通道。

### 1.5.2 加强筋的形状及尺寸

塑料制品上加强筋和凸台的形式和应用如图 2-9，图 2-10 所示。



图 2-9 制品上的肋和凸台 (一)



图 2-10 制品上的肋和凸台 (二)

加强筋尺寸参数如图 2-11，图 2-12 所示。

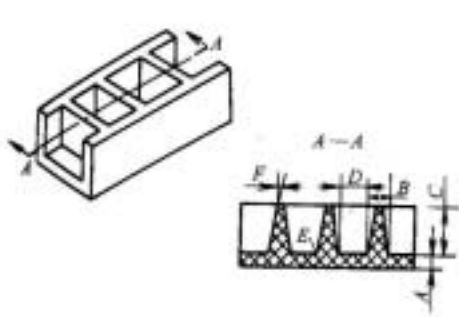


图 2-11 热塑性塑料制品肋的尺寸

A—制品壁厚 B=0.8A  
 C=3B (如果制品强度要求高  
 可增加肋的条数) D=2B  
 E= (0.1~0.15) A F—斜度 (1.5°~2°)

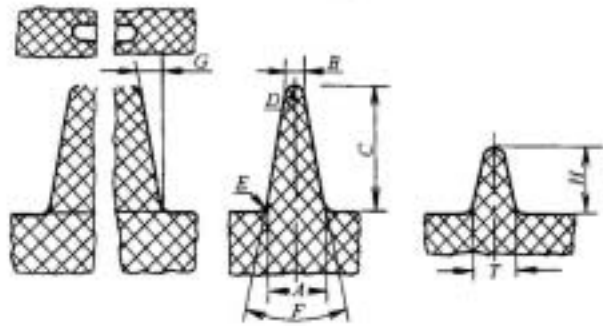


图 2-12 热固性塑料制品肋的尺寸

A—肋在底面上的宽度 B=A/2 C=3A  
 D=A/4 E=A/4 F=10° G=5°  
 如果 T<1.6mm 时, H<2T。  
 对于小尺寸肋, A 的尺寸按经验确定。

凸台的形状及尺寸参数如图 2-13~图 2-15 所示。

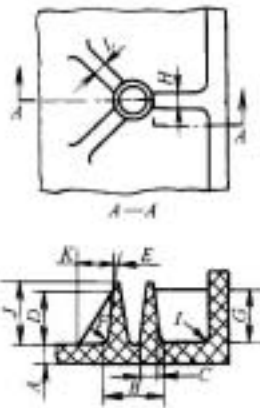


图 2-13 靠近侧壁的凸台

A—制品壁厚 B—凸台在底面上的直径  
 C=0.8A D=2B E=1°~2° F= (0.1~0.15) A  
 G=D H=0.8A I=A/4 J=2B  
 K=J (最大) 或 0.3J (最小) L=0.8A

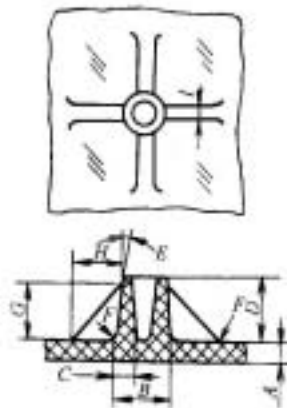


图 2-14 远离侧壁的凸台

A—制品壁厚 B—凸台在底面上的直径  
 C=0.8A D=2B E=1°~2°  
 F= (0.1~0.15) A G=0.95D (最大)  
 H=C (最大) 或 0.3G (最小) I=0.8A

角撑位于制品边缘, 支撑制品壁面, 以增加强度及刚度, 尺寸参数如图 2-16 所示。

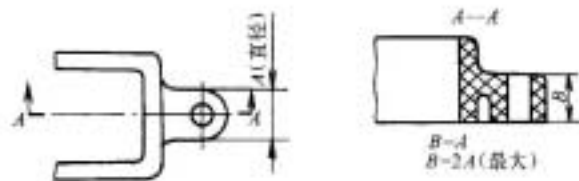


图 2-15 制品的外侧凸台

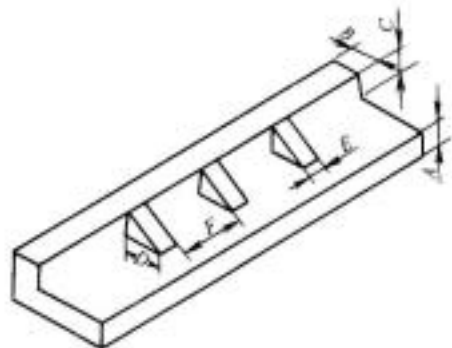


图 2-16 塑料制品的角撑

A—制品壁厚 B=A C=B  
 D=2B E=0.8A F=2E

### 1.5.3 加强筋的设计要点

(1) 用高度较低、数量稍多的筋代替高度较高的单一加强筋，避免厚筋底冷却收缩时产生表面凹陷(图 2-17、图 2-18)。当筋的背面出现凹陷影响美观时，可采用图 2-19 所示的装饰结构予以遮掩。

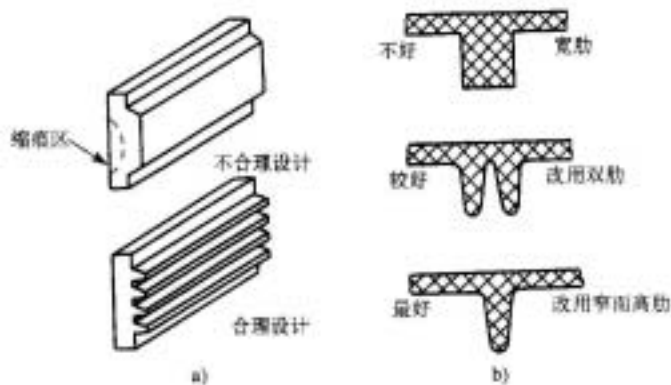


图 2-17 制品肋的合理设计

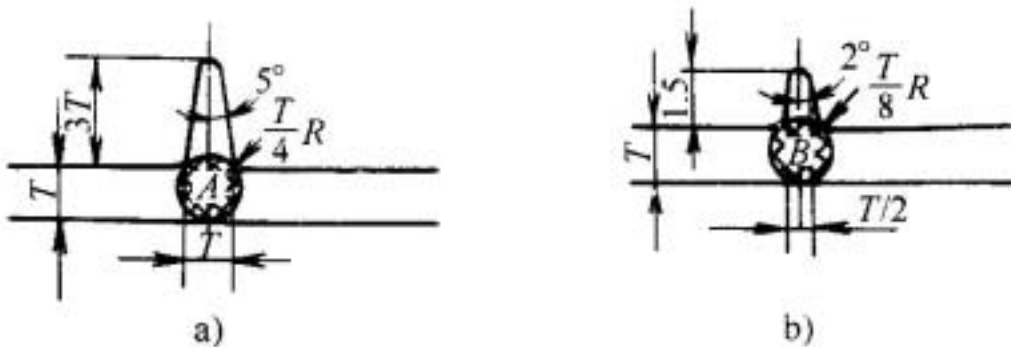


图 2-18 肋的各部分尺寸

- a) 肋根部厚度与基础壁厚相同时，  
A 部面积比基础面积增加 50% 而产生缩孔
- b) 肋根部厚度为基础壁厚 1/2 时，  
B 部面积比基础面积只增加 20%，不会产生缩孔

- (2) 筋的布置方向最好与熔料的充填方向一致(见表 2-12 中示例)。
- (3) 筋的根部用圆弧过渡，以避免外力作用时产生应力集中而破坏。但根部圆角半径过大则会出现凹陷。
- (4) 一般不在筋上安置任何零件。
- (5) 位于制品内壁的凸台不要太靠近内壁，以避免凸台局部熔体充填不足(图 2-20)。

加强筋在防止制品变形、增加制品刚性方面的应用如图 2-21~图 2-22 所示。

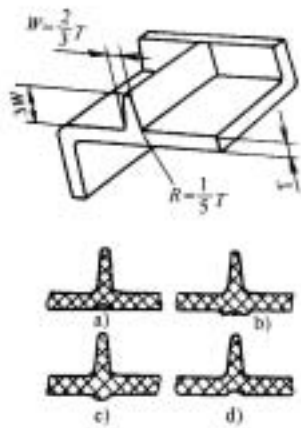


图 2-19 凹陷遮掩设计

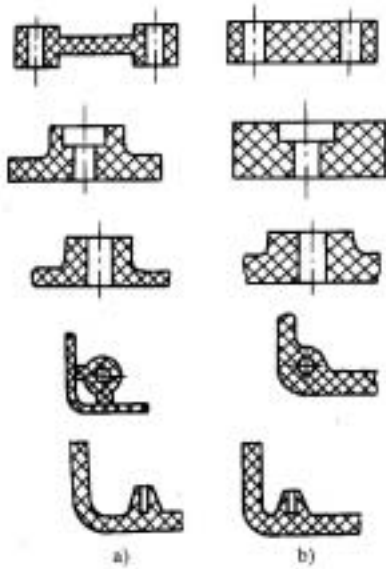


图 2-20 制品的内壁凸台  
a) 良 b) 不良

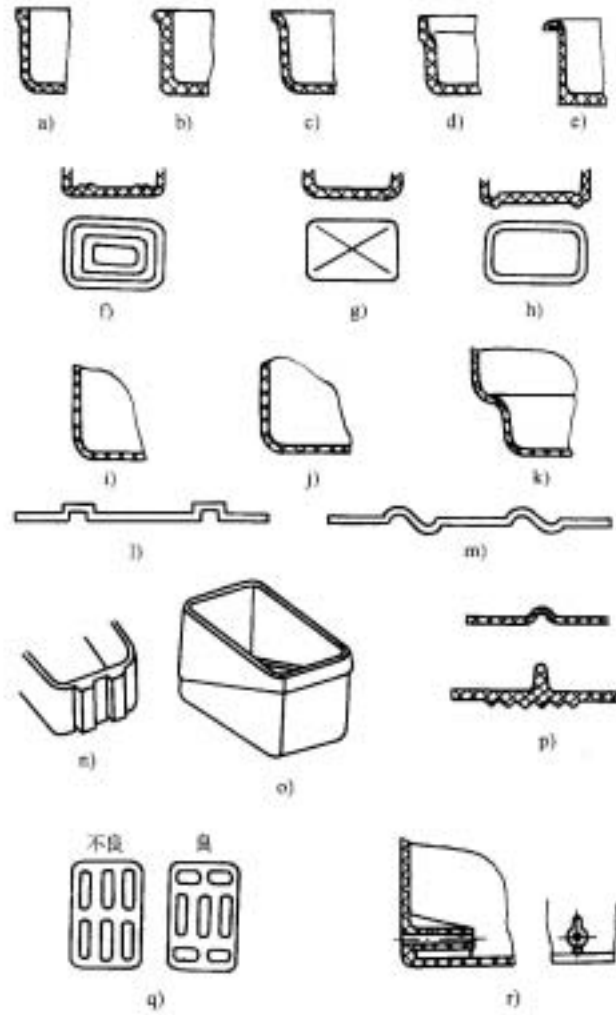


图 2-21 防止制品变形、增加刚性的结构设计  
a)、b)、c)、d)、e) 边缘加强 f)、g)、h) 底面加强  
i)、j)、k)、l)、m) 平面加强 n) 带形加强 o) 侧壁加强  
p) 防止塌坑的加强 q) 底面交叉设计 r) 轴孔增强设计

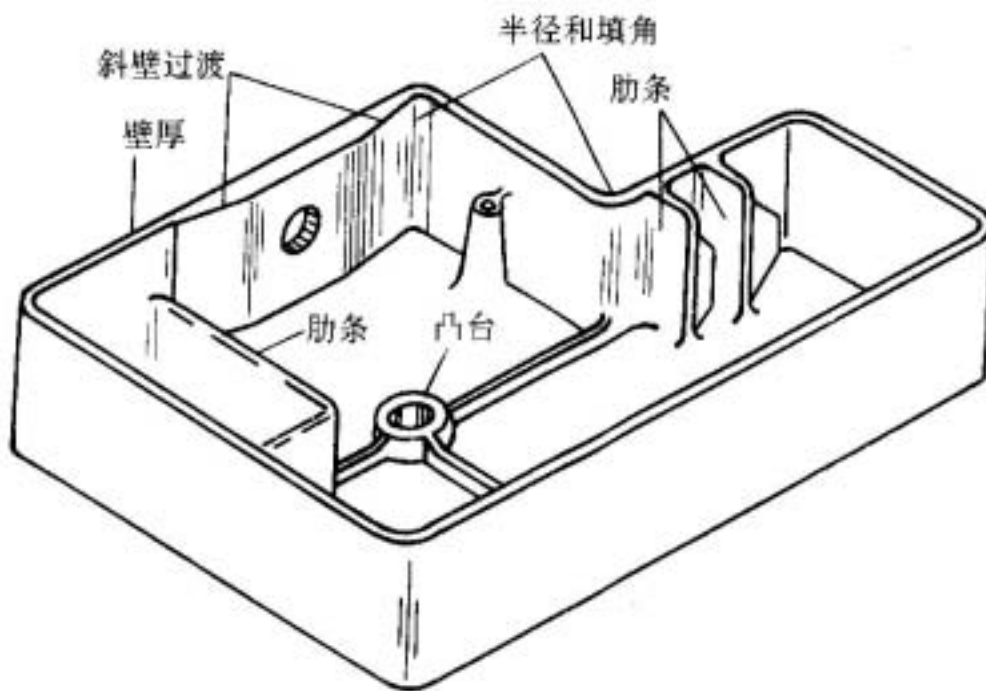


图 2-22 加强肋、凸台、圆角综合利用范围

加强筋设计注意的问题参见表 2-12。

表 2-12 加强筋设计注意事项

不良	良	不良	良
	<p>说明：如采用加强肋的尺寸大于图 2-11、图 2-12 时，塑料制品就容易产生缩孔。为了保证塑料制品强度，可采用两个或两个以上的加强肋。</p>	<p>说明：左图制品强度低、易变形，成型时又不便于料的流动，增设加强肋后，不但提高了制品强度又改善了料流情况。</p>	
	<p>说明：当必须采用较高的加强肋时，在容易形成缩孔的部位可以设计花纹，来遮掩缩孔。</p>	<p>说明：为了避免急剧过渡，设置加强肋增加制品强度。</p>	
		<p>说明：在设计制品时也应考虑到料流方向，加强肋应与料流方向一致，否则会使料流受到搅乱，这会降低制品的刚性。</p>	
<p>说明：当肋的厚度超过制品壁厚时易产生缩孔。</p>		<p>说明：为保证制品基面平整，加强肋的端面不应与制品的支承面相平，应有大于 0.5mm 的间隙。</p>	



## § 1.6 支承面

制品的支承面不能是整个底面，而应采用凸边或凸起支脚类结构，如三点支承、边框支承等，如图 2-23~图 2-26 所示。

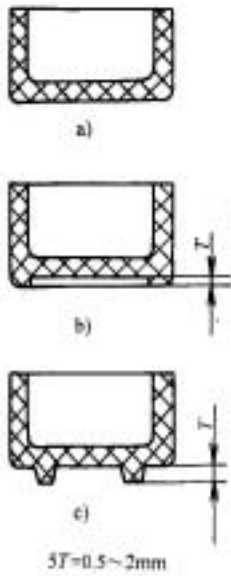


图 2-23 底脚或凸边支承面  
a) 不合理 b) 合理 c) 合理

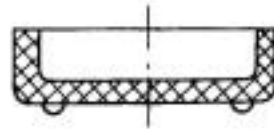


图 2-24 支承面与加强肋的关系

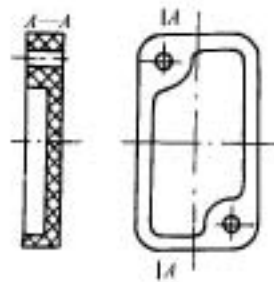


图 2-25 内框支承面

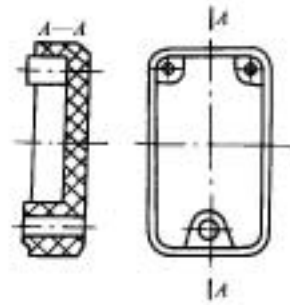


图 2-26 支脚支承面

## § 1.7 圆角

制品的两相交平面之间尽可能以圆弧过渡，避免因锐角而造成应力集中等弊病（参见图 2-27~图 2-30）。制品圆角的作用有：

- (1) 分散载荷，增强及充分发挥制品的机械强度。
- (2) 改善塑料熔体的流动性，便于充满与脱模，消除壁部转折处的凹陷等缺陷。
- (3) 便于模具的机械加工和热处理，从而提高模具的使用寿命。

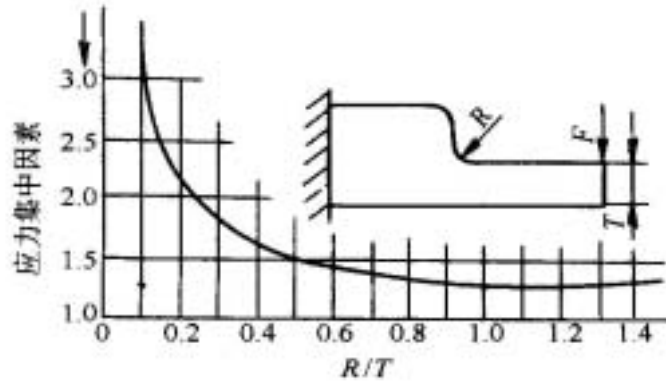


图 2-27 壁厚与圆角半径的关系

$F$ —负荷  $R$ —圆角半径  $T$ —厚度  
合理的圆角半径： $1/4 \leq R/T \leq 3/5$  或  $R_{\min} \geq 0.4\text{mm}$

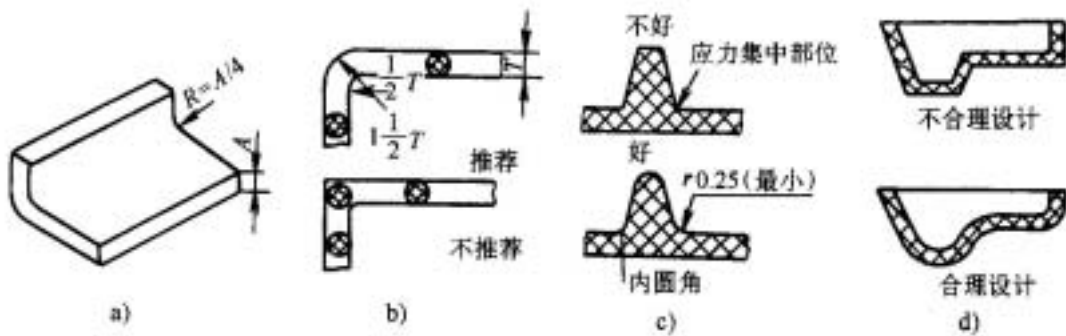


图 2-28 制品转角半径

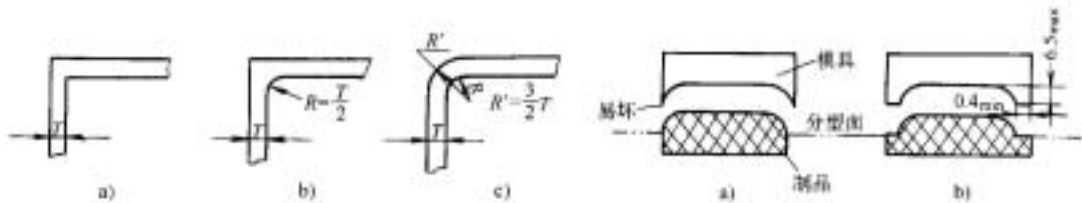


图 2-29 制品的内外圆角  
a) 不好 b) 较好 c) 好

图 2-30 模具上的尖角及其改进结构  
a) 不好 b) 好

## § 1.8 孔

### 1.8.1 制品孔的形式及成型方法

孔的形式很多，主要可分为圆形孔（图 2-31、图 2-32）和非圆形孔两大类。

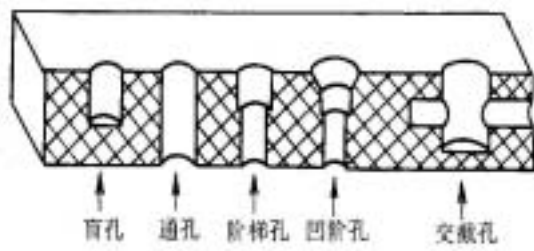


图 2-31 成型孔的分类

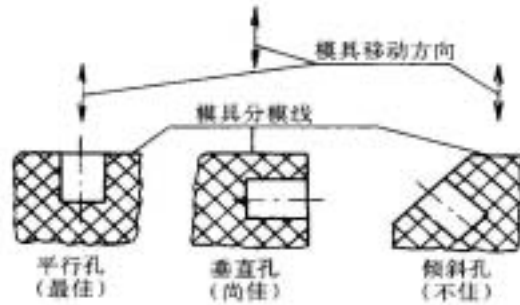


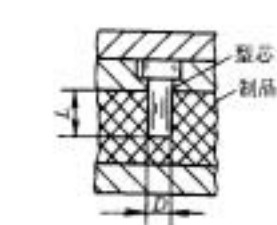
图 2-32 成型孔轴线与模具的移动方向

根据孔径与孔深度的不同，孔可用下述方法成型：

- (1) 一般孔、浅孔，模塑成型。
- (2) 深孔，先模塑出孔的一部分深度，其余孔深用机械加工（如钻孔）获得。
- (3) 小径深孔（如孔径  $d < 1.5\text{mm}$ ），机械加工。
- (4) 小角度倾斜孔、复杂型孔，采用拼合型芯成型，避免用侧抽芯。
- (5) 薄壁孔、中心距精度高的孔（孔系），采用模具冲孔，以简化塑模结构。

## 1.8.2 孔的模塑成型

### 1、盲孔成型（型芯一端固定，参见图 2-33、图 2-34）



D/mm	L/mm
$D < 1.6$	D
$D > 1.6$	2D

孔深大于 4 倍孔径应采用通孔  
图 2-33 盲孔的模型成型

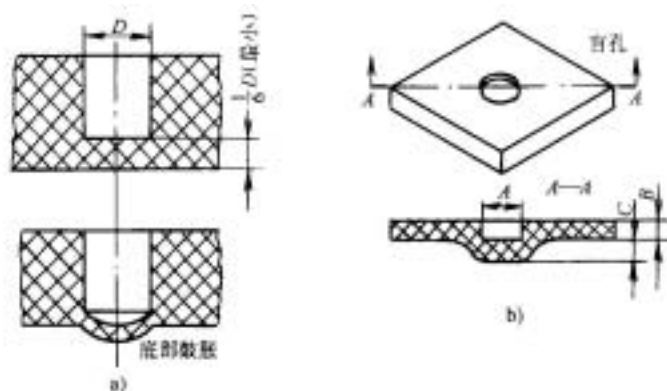


图 2-34 盲孔模型的底部厚度  
A—孔径 B=A, 当  $A < 1.5\text{mm}$  B=2A, 当  $A > 1.5\text{mm}$  C=B

图中，D——孔径、L——孔深

注射、传递模塑  $D \leq 1.5\text{mm}$ ， $L = D$

$D > 1.5\text{mm}$ ， $L = (2 \sim 4)D$

压缩模塑  $L = (2 \sim 2.5)D$

### 2、通孔的成型（图 2-35~图 2-38）

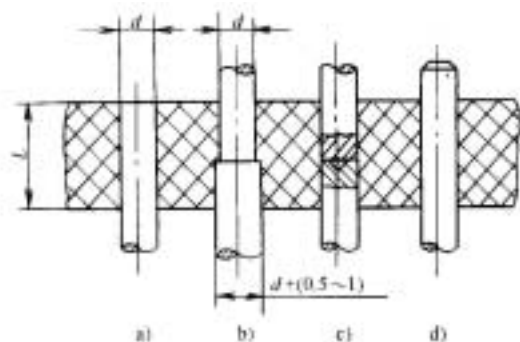


图 2-35 通孔的成型

- a) 型芯一端固定 b) 两个一端固定的型芯  
c) 有锥面配合的两型芯 d) 一端固定, 另一端有导向支撑的型芯

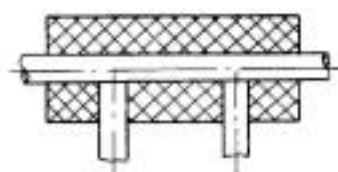


图 2-36 通孔型芯的支承

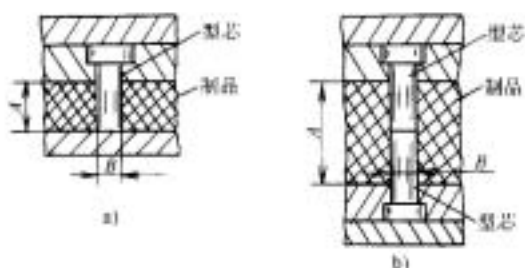


图 2-37 不同模塑方式的型芯长度

- a) 单根型芯 压缩模塑  $A=2B$  传递模塑  $A=6B$  注射模塑  $A=6B$   
b) 两根型芯 压缩模塑  $A=6B$  传递模塑  $A=15B$  注射模塑  $A=15B$

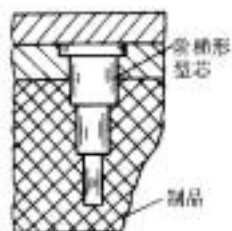


图 2-38 通孔过长时改为  
阶梯孔或盲孔

3、复杂型孔的成型 (图 2-39)

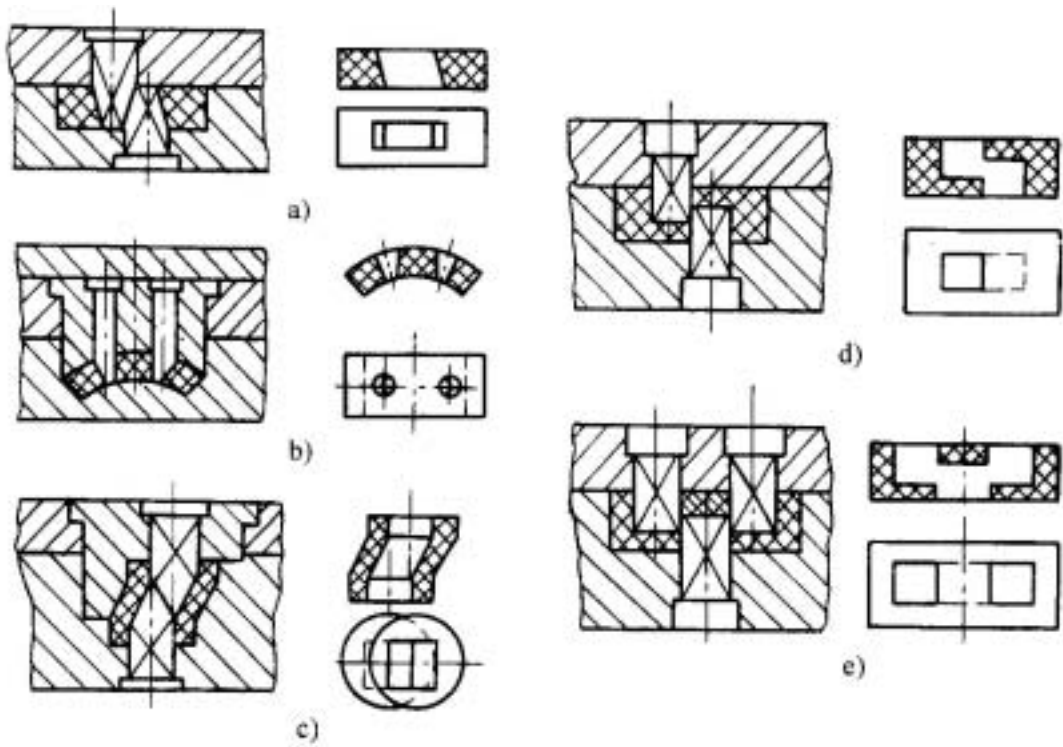


图 2-39 用拼合型芯成型复杂型孔

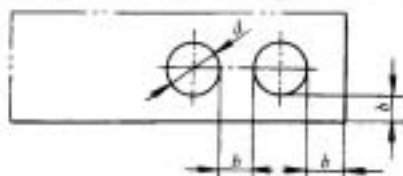
4、孔的成型尺寸参数 (表 2-13~表 2-15)

表 2-13 孔径与孔深的关系

孔的形式 成型方式		孔的深 度	
		通 孔	不 通 孔
压 塑	横 孔	$2.5d$	$<1.5d$
	竖 孔	$5d$	$<2.5d$
挤 塑 或 注 射		$10d$	$(4-5)d$

注：1.  $d$  为孔的直径；  
2. 采用纤维状塑料时，表中数值乘系数 0.75。

表 2-14 孔间距、孔边距与孔径的关系 (mm)



孔径 $d$	$<1.5$	$1.5-3$	$3-6$	$6-10$	$10-18$	$18-30$
孔间距、孔边距 $b$	$1-1.5$	$1.5-2$	$2-3$	$3-4$	$4-5$	$5-7$

注：1. 增强塑料取上限值；  
2. 两孔径不一致时，以小孔径查表。

表 2-15 孔的极限尺寸推荐表 (mm)

成型方法	塑料名称	孔的最小直径	最大孔深		最小孔边壁厚 $b$
			不通孔	通孔	
压制与铸压成型	压塑粉	3	压制时： $2d$	压制时： $4d$	$1d$
	纤维塑料	3.5	铸压时： $4d$	铸压时： $8d$	
	碎布压塑料	4			
注射成型	尼 龙	0.2	$4d$	$10d$	$2d$
	聚 乙 烯				$2.5d$
	软聚氯乙烯				$2.5d$
注射成型	有机玻璃	0.25			$2.5d$
	氯化聚醚	0.3	$3d$	$8d$	$2d$
	聚 甲 酯				
	聚 苯 酯				
	硬聚氯乙烯	0.25			
	改性聚苯乙烯	0.3			
	聚碳酸酯	0.35	$2d$	$6d$	$2.5d$
聚 丙 酮	$2d$				

### 1.8.3 孔的设计要点

(1) 孔与孔的中心距应大于孔径（两者中的小孔）的 2 倍，孔中心至边缘的距离为孔径的 3 倍。热塑性和热固性塑料制品的孔心距、孔边距还可参见图 2-40 和表 2-16。

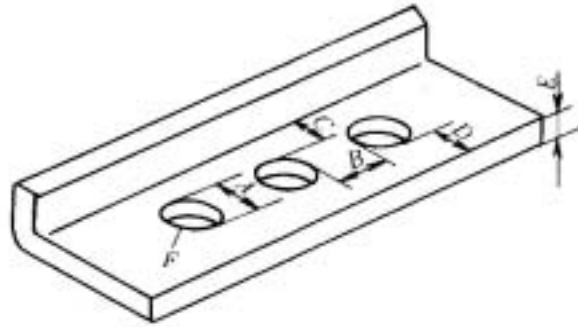


图 2-40 热塑性塑料制品的孔心距和孔边距

A—孔径 B=A C=A D=2A  
E—壁厚 F—孔的最小直径 0.12mm

表 2-16 热塑性制品的孔心距、孔边距

孔径/mm	孔边距/mm	孔心距/mm
<1.5	2.5	3.5
2.5	3.0	5.0
4.5	4.0	6.0
5.0	5.5	8.0
6.0	6.0	10.0
8.0	8.0	14.0
10.0	8.0	22.0
12.0	10.0	22.0

注：两孔径不等时，按小孔孔径查表。

(2) 孔周边的壁厚要加大，其值比与之相装配件的外径大 20%~40%，以避免收缩应力所造成的不良影响。

(3) 制品壁上的孔（即孔轴线与开模方向相垂直），为避免侧向抽芯，可用图 2-41 中的侧壁凹槽代替。但图中的 m-n 面的加工难度加大。

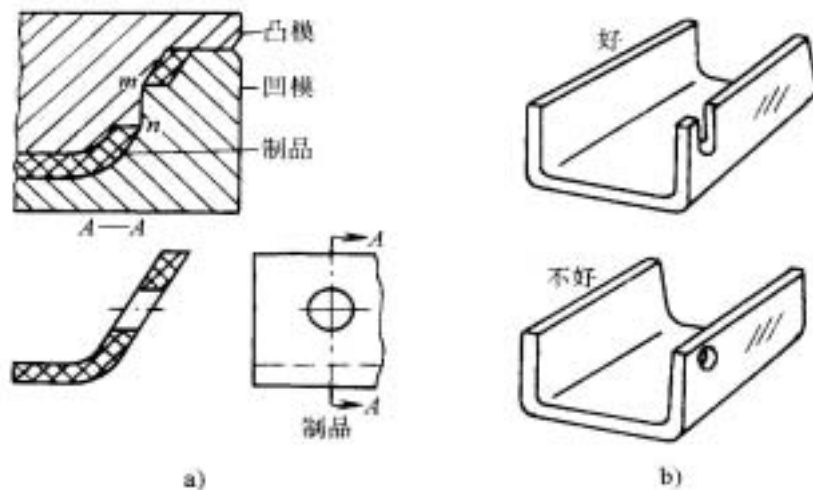


图 2-41 制品侧壁孔的设计

(4) 塑料熔体围绕型芯流动汇合而形成塑料制品孔时，会在孔的边缘熔体汇合处形成熔接痕（图 2-42），熔接痕的存在削弱了制品的强度。解决的措施有：

1) 孔与孔之间应适当加大距离，以避免熔接痕的重合连接（图 2-42）。

2) 型孔按盲孔设计，留有  $1/3$  壁厚的连皮，以便让熔体从型芯头上越过，使之不出现熔体汇合的熔接痕。最后钻（冲）掉孔的连皮（图 2-43）。

3) 热塑性塑料和层压酚醛塑料的薄壁孔形件（如散热器窗），可用冲裁模冲压成型孔。

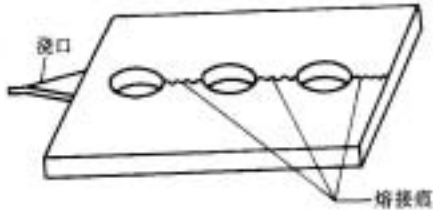


图 2-42 孔与孔之间的熔接痕

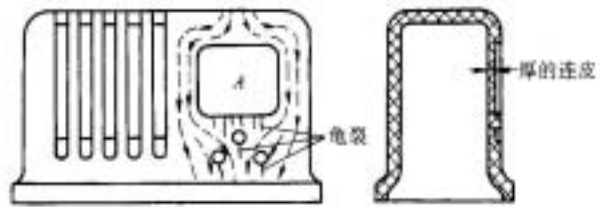


图 2-43 孔周围的熔接痕及连皮加工

(5) 需要钻孔的制品，模塑孔时应做出钻头的定位或导向部分的形状（图 2-44 和图 2-45）。

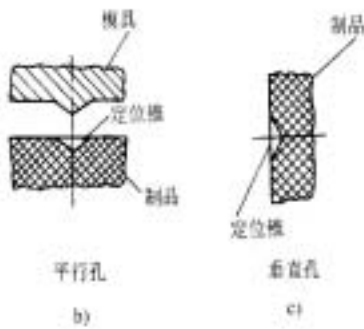
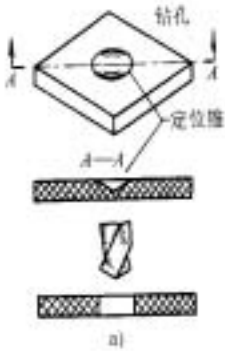


图 2-44 钻孔的定位

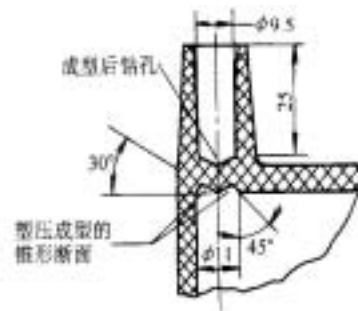


图 2-45 供钻孔定位的模型锥形孔

(6) 自攻螺纹孔、沉头螺钉孔的锥面孔，为防止孔表面破裂，锥面始端距表面应不小于  $0.5\text{mm}$ （图 2-46）。

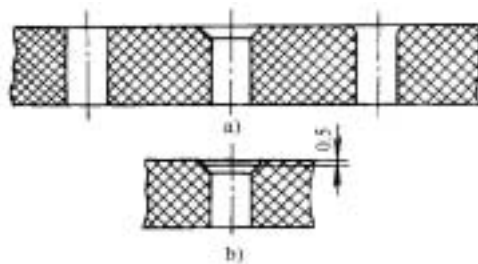



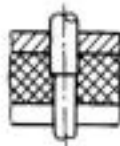

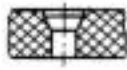
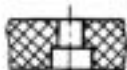

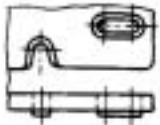


图 2-46 特殊型孔的结构

a) 不合理 b) 合理

表 2-17 中列出了常见孔的设计注意事项。



表 2-17 一般常见孔设计的注意事项

不良	良	不良	良
			 说明：固定孔一般不采用埋头螺钉孔形式。如必须采用埋头螺钉孔时，必须采用上图形式，便于模具上设置型芯  说明：固定孔建议采用沉头螺钉孔形式
(续)			
			
说明：在特殊情况下固定孔的孔间距与孔边距，必须小于表 2-14 的规定时，在制品允许的情况下，将孔设计成右图的形式，固定孔的边缘应有一凸台		说明：互相垂直的孔或斜交的孔，在挤塑或注射成型时可采用。在压塑成型时应尽量避免。在采用这种孔时应注意，若两孔型杆互相直接嵌合时则不能成型孔，改变设计后，小孔型芯从两边抽芯后，再抽大孔型芯则可成型	

## § 1.9 侧面凸凹和侧孔

### 1.9.1 制品的侧凸凹

制品侧壁上局部的凸出或凹缺部分称为侧凸凹，形式见图 2-47。

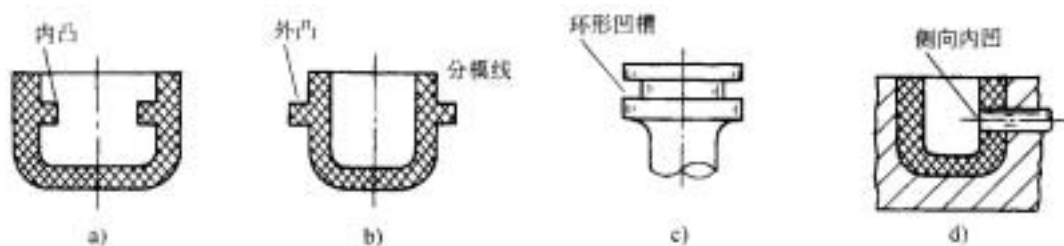


图 2-47 制品上侧凸凹的形式

侧凸凹制品成型中的不利点：

- (1) 模具结构复杂，需采用对开式型腔、伸缩式型芯、侧向抽芯等结构。

- (2) 模具制造费用加大，制造周期加长。
- (3) 制品模塑周期加长，生产成本增加。
- (4) 模具分型面缝隙溢料机会增多，制品的飞边大。

## 1.9.2 侧凸凹的设计与成型方法

(1) 制品形状成型准则：各部分都能顺利地、简单地从塑模中取出来，力求避免带有侧抽芯机构成型的侧凸凹形状。表 2-18 为制品侧凸凹设计示例。

表 2-18 制品有侧面孔或侧面凸凹时的设计示例

不良	良	不良	良
<p>说明：原制品结构必须采用侧面抽芯机构。改进后可避免侧面抽芯</p>		<p>说明：左图出模困难，模具必须采用特殊结构，才能脱模。改进后模具简化易脱模</p>	
<p>说明：左图制品成型后无法或很难脱模，改进后大大简化了脱模工艺</p>		<p>说明：当制品内壁有几个小侧面凸起时，可采用厚度小于 1mm 的圆形凸起，这样在脱模时可采用其它措施强行脱模。注意这种方法不适用于热固性塑料或脆性热塑性塑料</p>	
<p>说明：左图抽芯困难，改进后横向抽芯容易保证</p>		<p>说明：对于外表面有凸凹纹的手轮或手柄等制品，应使凸凹纹的条纹与脱模方向一致，以便于模具制造和脱模</p>	
<p>说明：左图侧壁有孔，成型时需要侧面抽芯。改进后，不但避免了侧面抽芯还增加了脱模斜度，易于脱模</p>		<p>说明：左图成型后分型面处的飞边不易清除，改进后分型面处形状为一圆形飞边，清除容易</p>	

(2) 消除制品侧凸凹的设计 (图 2-48)。

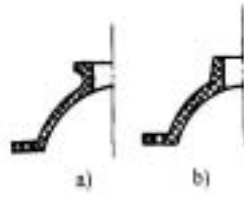


图 2-48 消除制品侧凸凹的设计  
a) 有侧面凸凹 (不合理)  
b) 消除侧面凸凹 (合理)

(3) 采用拼合及活动型芯成型侧凸凹 (图 2-49)。

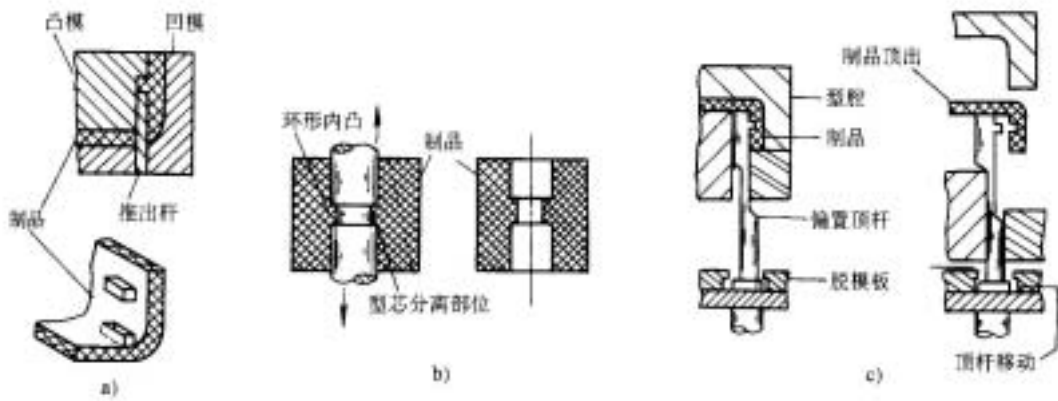


图 2-49 制品的侧面内凹及模具结构

(4) 弹性制品侧面凸凹的强制脱模 (图 2-50~图 2-52)。利用塑料的弹性变形和凸凹深度尺寸不大的特点，强制性地将从模中脱出。

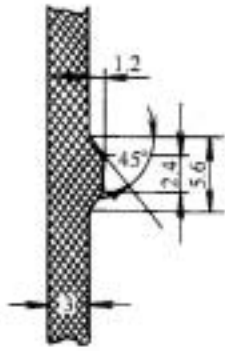


图 2-50 弹性塑料侧向凸凹强制脱模的结构

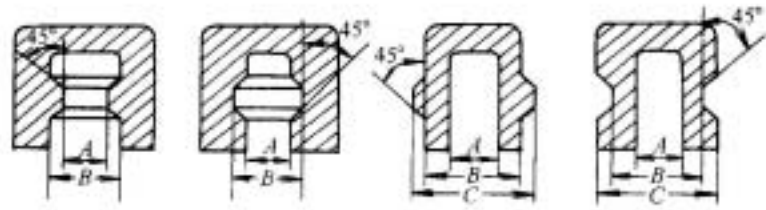
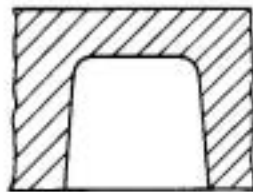


图 2-51 弹性塑料强制脱模的最大尺寸 (脱模时的模温 70℃)  
 内侧侧向凹凸  $\frac{B-A}{B} \times 100\%$  尺寸界限  
 外侧侧向凹凸  $\frac{C-B}{C} \times 100\%$  尺寸界限

高密度聚乙烯	6%
尼龙 66	9%
丙烯腈	5%
聚甲醛	5%

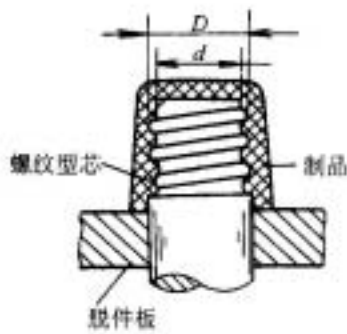


$$\text{应变率} = \frac{\text{螺纹外径} - \text{螺纹内径}}{\text{螺纹内径}} \times 100\%$$

计算实例

螺纹外径 32mm, 螺纹内径 30mm

$$\text{应变率} = \frac{32 - 30}{30} \times 100\% \approx 7\%$$



塑料名称	65℃时应变率 (%)
ABS	8
AS	不宜用
PS	不宜用
聚甲醛	5
丙烯酸塑料	4
尼龙	9
LDPE	21
HDPE	6
PP	5
PC	不宜用

图 2-52 可强制脱模的圆弧形螺纹及极限脱模应变率

(5) 侧面凸凹在成形后经组合而得,或采用机械加工方法加工而成。图 2-53 为模塑后钻出侧孔的一例。

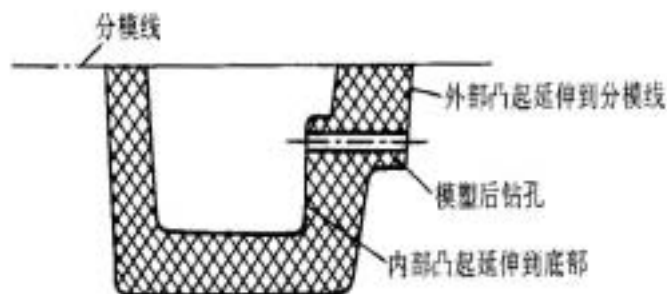


图 2-53 模塑后钻出侧孔的制品

## § 1.10 螺纹和齿轮

### 1.10.1 塑料制品螺纹的类型与选用(图 2—54)。

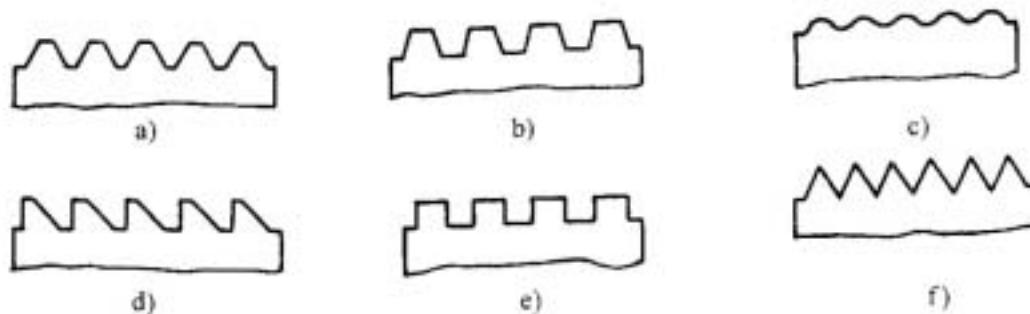


图 2-54 塑料制品的螺纹形式

a) 标准螺纹 b) 梯形 c) 瓶形 d) 锯齿形 e) 方形 f) V形

(1) 标准螺纹。标准螺纹是制品的模塑螺纹和攻制螺纹常用的结构形式。这类螺纹装拆简便、快速，广泛用于联接与紧固。

(2) 方形螺纹。方形螺纹联接强度高，用于管件制品的联接。

(3) 梯形螺纹。梯形螺纹联接强度高，成型较方形螺纹容易，用于泵壳等处高强度联接。

(4) 锯齿形螺纹。这种螺纹具有方形螺纹的联接效率和 V 形螺纹的强度，沿轴向有较高的应力。用于单向受力及软质瓶口联接，应用面较窄。

(5) 圆弧形螺纹（瓶口螺纹）。由玻璃瓶口螺纹移植而来，螺纹根部不产生应力集中，旋出旋入十分方便。成型时还可采用强制脱出法脱模。

(6) V 形螺纹（三角形螺纹）。V 形螺纹联接强度低，螺纹牙尖部分难于充满成型，小螺距（ $< 0.7\text{mm}$ ）螺纹不宜模塑。

### 1.10.2 塑料制品螺纹的模塑成型方法

这是塑料螺纹成型的主要方法，用于螺纹外径大于 3mm、配合长度短（ $< 30\text{mm}$ ）、精度低的螺纹。

方法一：采用螺纹型芯（螺纹型环）成型。需要有旋转退出制品或模具的机构及工具。配合长度大的螺纹及收缩大的制品不宜用。

方法二：瓣合模具成型。螺纹轴向可能产生飞边（见图 2-55），因而影响旋合性。

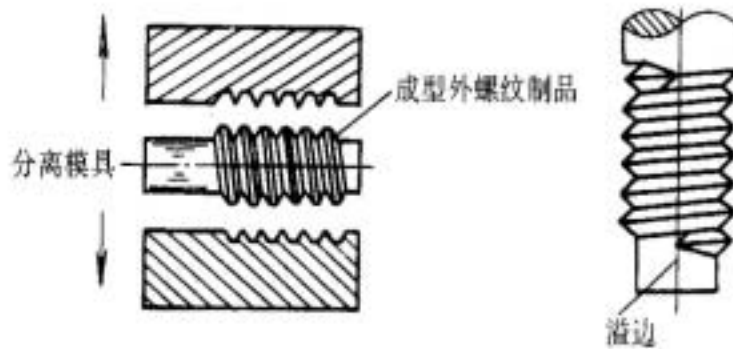


图 2-55 瓣合模具成型外螺纹

方法三：整体型芯（型环）成型，成型后强制脱模。用于软质塑料成型（图 2-56）。

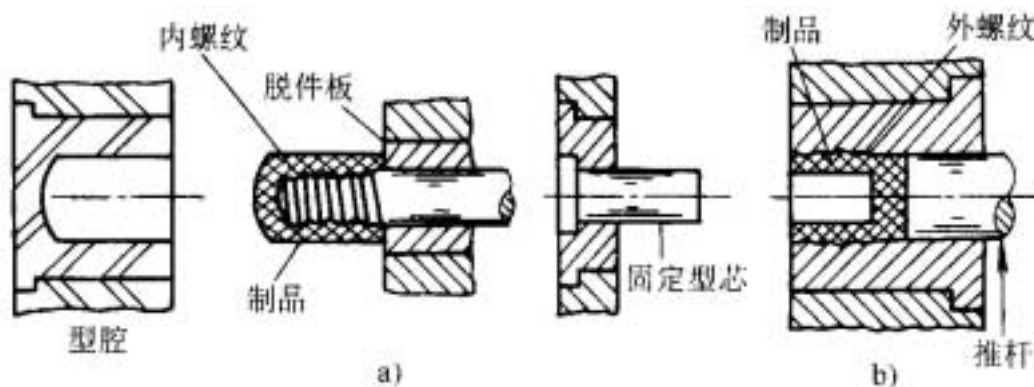


图 2-56 内外螺纹的强制脱模

### 1.10.3 塑料制品螺纹设计要点

(1) 为使螺纹牙尖充填饱满、便于脱模以及在使用中有较好的旋合性，模塑螺纹的螺距应  $0.75\text{mm}$ ，螺纹配合长度  $12\text{mm}$ ，超过时宜采用机械加工。

(2) 塑料螺纹与金属螺纹，或与异种塑料螺纹相配合时，螺牙会因收缩不均互相干涉，产生附加应力而影响联接性能。解决的办法有：

- 1) 限制螺纹的配合长度，其值小于或等于 1.5 倍螺纹直径。
- 2) 增大螺纹中径上的配合间隙，其值视螺纹直径而异，一般增大的量为  $0.1\sim 0.4\text{mm}$ 。

(3) 塑料螺纹的第一圈易碰坏或脱扣，应设置螺纹的退刀尺寸（参见图 2-57、图 2-58 和表 2-10）。

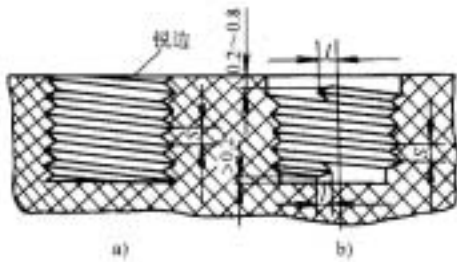


图 2-57 塑料制品内螺纹的始末形状  
a) 错误 b) 正确

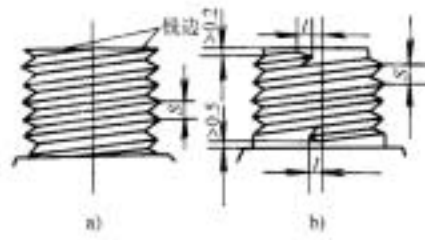


图 2-58 塑料制品外螺纹的始末形状  
a) 错误 b) 正确

表 2-19 型芯、型腔上螺纹成型部分的退刀尺寸 (mm)

螺纹直径 $d_0$	螺 距 $S$			螺纹直径 $d_0$	螺 距 $S$		
	$\leq 1$	$>1-2$	$>2$		$\leq 1$	$>1-2$	$>2$
	退 刀 尺 寸 $l$				退 刀 尺 寸 $l$		
$\leq 10$	2	3	4	$>20-30$	4	6	8
$>10-20$	3	4	5	$>30-40$	6	8	10

(4) 为了便于脱模，螺纹的前后端都应有一段无螺纹的圆柱面（图 2-59、图 2-60），其长度为  $h_1$  和  $h_2$ ，前端直径  $d$  小于螺纹小径，后端直径  $D$  大于螺纹的大径。图 2-61 为此种结构的应用举例。

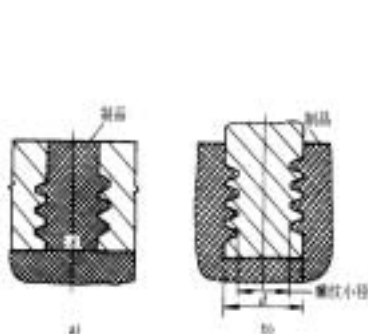


图 2-59 成形内、外螺纹的不合理设计

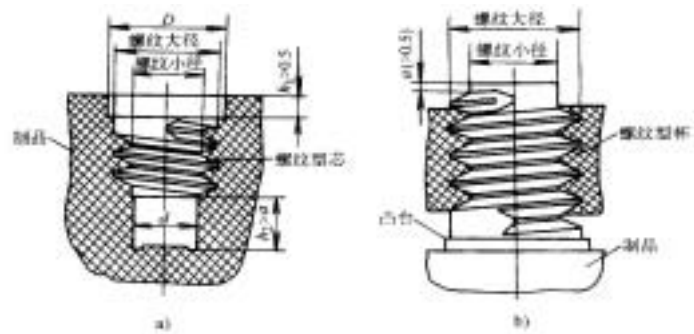


图 2-60 模塑螺纹的正确结构和尺寸

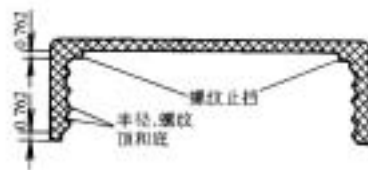


图 2-61 制品内螺纹设计举例

(5) 同一制品上前后两段螺纹的螺距应相等，旋向相同，目的是便于脱模（见图 2-62a）。若不相同，其中一段螺纹则应采用组合型芯成型（图 2-62b）。



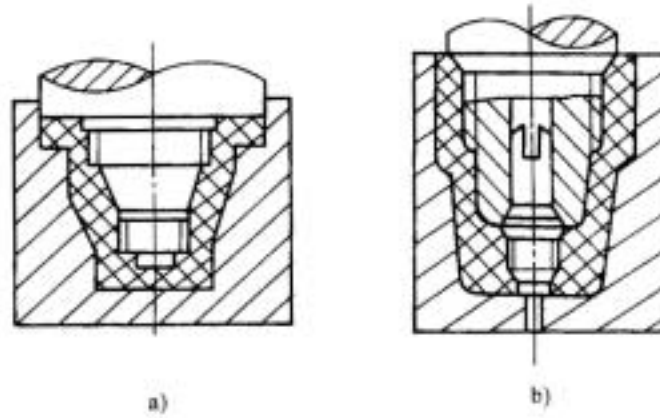


图 2-62 两段螺纹的成型

(6) 塑料制品瓶口螺纹的结构及尺寸见表 2-20~表 2-23。图 2-63 和图 2-64 为软质塑料所用的锯齿形螺纹。

表 2-20 圆弧瓶口螺纹 (玻璃瓶收口 No. 400)

(mm)

公称尺寸	$T$	$E$	$H$	$S$
18	$17.63 \pm 0.25$	$15.50 \pm 0.25$	$9.04^{+0.04}_{-0.03}$	$0.86^{+0.03}_{-0.02}$
20	$19.63 \pm 0.25$	$17.50 \pm 0.25$	$9.04^{+0.04}_{-0.03}$	$0.86^{+0.03}_{-0.02}$
22	$21.64 \pm 0.25$	$19.50 \pm 0.25$	$9.04^{+0.04}_{-0.03}$	$0.86^{+0.03}_{-0.02}$
24	$23.62 \pm 0.25$	$21.49 \pm 0.25$	$9.78^{+0.04}_{-0.03}$	$1.17^{+0.04}_{-0.03}$
28	$27.35^{+0.04}_{-0.03}$	$24.92^{+0.04}_{-0.03}$	$9.78^{+0.04}_{-0.03}$	$1.17^{+0.04}_{-0.03}$
30	$28.30^{+0.04}_{-0.03}$	$25.91^{+0.04}_{-0.03}$	$9.86 \pm 0.25$	$1.17^{+0.04}_{-0.03}$
33	$31.80^{+0.04}_{-0.03}$	$29.41^{+0.04}_{-0.03}$	$9.86 \pm 0.25$	$1.17^{+0.04}_{-0.03}$
38	$36.98 \pm 0.51$	$34.60 \pm 0.51$	$9.86 \pm 0.25$	$1.17^{+0.04}_{-0.03}$
43	$41.50 \pm 0.51$	$39.12 \pm 0.51$	$9.86 \pm 0.25$	$1.17^{+0.04}_{-0.03}$

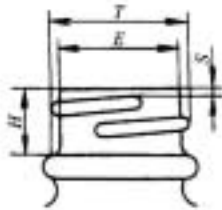
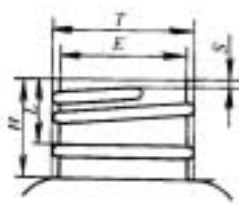


表 2-21 圆弧瓶口螺纹 (玻璃瓶收口 No.410)

(mm)



公称尺寸	T	E	H	S	$L_{\min}$	螺纹圈数
18	$17.63 \pm 0.25$	$15.50 \pm 0.25$	$12.90^{+0.20}_{-0.18}$	$0.86^{+0.33}_{-0.30}$	8.76	$1 \frac{1}{2}$
20	$19.63 \pm 0.25$	$17.50 \pm 0.25$	$13.70^{+0.20}_{-0.18}$	$0.86^{+0.33}_{-0.30}$	8.76	$1 \frac{1}{2}$
22	$21.64 \pm 0.25$	$19.50 \pm 0.25$	$14.50^{+0.20}_{-0.18}$	$0.86^{+0.33}_{-0.30}$	9.14	$1 \frac{1}{2}$
24	$23.62 \pm 0.25$	$21.49 \pm 0.25$	$16.0^{+0.20}_{-0.18}$	$1.17^{+0.41}_{-0.38}$	10.69	2
28	$27.35^{+0.33}_{-0.30}$	$24.92^{+0.33}_{-0.30}$	$17.60^{+0.20}_{-0.18}$	$1.17^{+0.41}_{-0.38}$	10.29	$1 \frac{1}{4}$

表 2-22 圆弧瓶口螺纹 (玻璃瓶收口 No.415)

(mm)



公称尺寸	T	E	H	S	$L_{\min}$
13	$12.85^{+0.20}_{-0.18}$	$11.33^{+0.20}_{-0.18}$	$11.10^{+0.20}_{-0.18}$	$0.86^{+0.33}_{-0.30}$	7.37
15	$14.55^{+0.20}_{-0.18}$	$13.03^{+0.20}_{-0.18}$	$13.77^{+0.20}_{-0.18}$	$0.86^{+0.33}_{-0.30}$	8.43
18	$17.63 \pm 0.25$	$15.50 \pm 0.25$	$15.29^{+0.20}_{-0.18}$	$0.86^{+0.33}_{-0.30}$	10.49
20	$19.63 \pm 0.25$	$17.50 \pm 0.25$	$18.47^{+0.20}_{-0.18}$	$0.86^{+0.33}_{-0.30}$	11.18
22	$21.64 \pm 0.25$	$19.50 \pm 0.25$	$20.88^{+0.20}_{-0.18}$	$0.86^{+0.33}_{-0.30}$	13.46
24	$23.62 \pm 0.25$	$21.49 \pm 0.25$	$23.93^{+0.20}_{-0.18}$	$1.17^{+0.41}_{-0.38}$	13.84
28	$27.35^{+0.33}_{-0.30}$	$24.92^{+0.33}_{-0.30}$	$27.10^{+0.20}_{-0.18}$	$1.17^{+0.41}_{-0.38}$	16.23

表 2-23 圆弧瓶口螺纹 (玻璃瓶收口 No.430)

(mm)

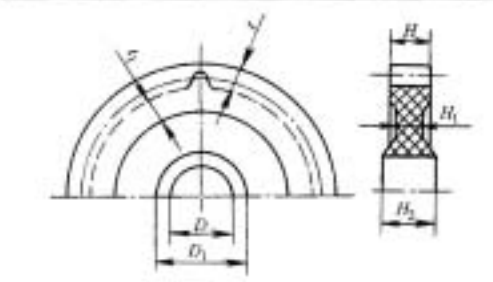


公称尺寸	T	E	H	S
18	$17.63 \pm 0.25$	$15.50 \pm 0.25$	$15.34 \pm 0.25$	$7.32^{+0.30}_{-0.18}$
20	$19.63 \pm 0.25$	$17.50 \pm 0.25$	$15.34 \pm 0.25$	$7.32^{+0.30}_{-0.18}$
22	$21.64 \pm 0.25$	$19.50 \pm 0.25$	$15.34 \pm 0.25$	$7.32^{+0.30}_{-0.18}$
24	$23.62 \pm 0.25$	$21.49 \pm 0.25$	$16.43 \pm 0.25$	$8.10^{+0.30}_{-0.18}$
28	$27.35^{+0.33}_{-0.30}$	$24.92^{+0.33}_{-0.30}$	$18.39^{+0.33}_{-0.30}$	$8.92^{+0.30}_{-0.18}$
30	$28.30^{+0.33}_{-0.30}$	$25.91^{+0.33}_{-0.30}$	$19.30^{+0.33}_{-0.30}$	$9.58^{+0.30}_{-0.18}$
33	$31.80^{+0.33}_{-0.30}$	$29.41^{+0.33}_{-0.30}$	$19.69^{+0.33}_{-0.30}$	$9.58^{+0.30}_{-0.18}$
38	$37.11 \pm 0.38$	$34.72 \pm 0.38$	$24.03 \pm 0.38$	$14.02 \pm 0.25$

## 1.10.4 塑料齿轮

(1) 塑料齿轮用于精度及强度不太高的传动系统, 其噪声低, 自润滑性好, 结构尺寸见表 2-24。

表 2-24 塑料齿轮的形状及尺寸

	轮缘宽度 $t_1$	$\geq 3t$ ( $t$ 为齿高)
	辐板厚度 $H_1$	$\leq H$
	轮缘厚度 $H_2$	$\geq H$
	轮毂外径 $D_1$	$\geq (1.5-3) D$

(2) 结构上应减少或避免尖角，避免截面的剧烈变化，以防止应力集中和冷却收缩不均（图 2-65）。

(3) 装配时轴与孔间应采用过渡配合，避免过紧的配合（如过盈配合）所产生的装配应力（图 2-66）。

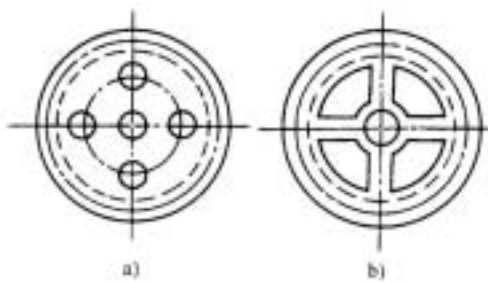


图 2-65 塑料齿轮辐板形式  
a) 不好 b) 好

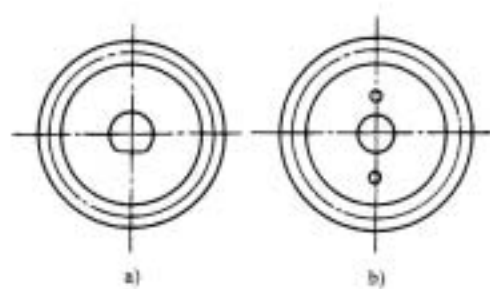


图 2-66 塑料齿轮与轴的装配  
a) 好 b) 不好

(4) 塑料的收缩会影响啮合性能，故只宜用于收缩率相同的塑料齿轮的传动。

## § 1.11 塑料制品中的嵌件

塑料成型过程中所埋入的或成型后压入的螺栓、接线柱等金属或其它材质零件，统称为塑料制品中的嵌件。嵌件可增加制品的功能或对制品进行装饰。

嵌件的模塑使操作变繁，周期加长，生产率降低（带有自动装夹嵌件的机械手或自动线不在此列）。

### 1.11.1 嵌件的结构形式

1、常见的金属嵌件（图 2-67）

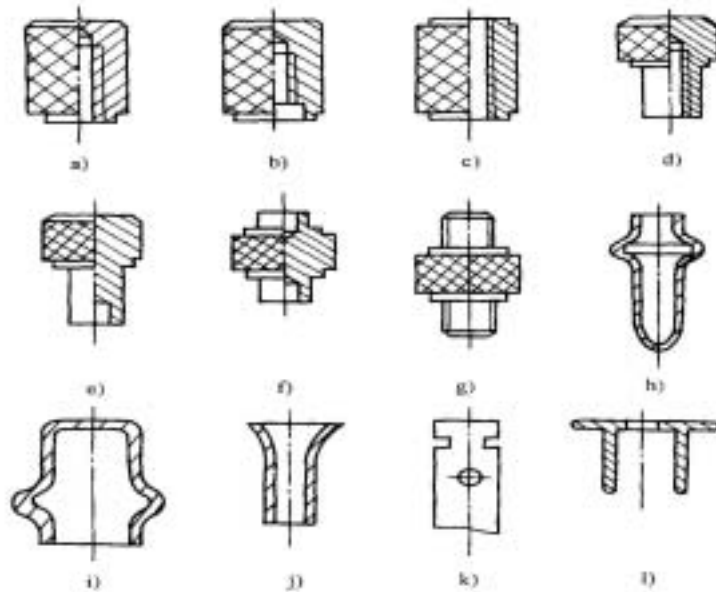


图 2-67 常见的金属嵌件形式

a) 盲孔 b) DL 头盲孔 c) 通孔 d) 外伸型盲孔 e) 外伸型孔眼 f) 双头外伸孔眼 g) 双头外伸型螺纹 h) 冲制细孔心杆 i) 冲制壳柱 j) 扩口型冲制件 k) 标牌嵌件 l) 孔眼嵌件

## 2、嵌件的形状及结构要求

(1) 金属嵌件采用切削或冲压加工而成，因此嵌件形状必须有良好的加工工艺性。图 2-68 为常用嵌件的标准形式。

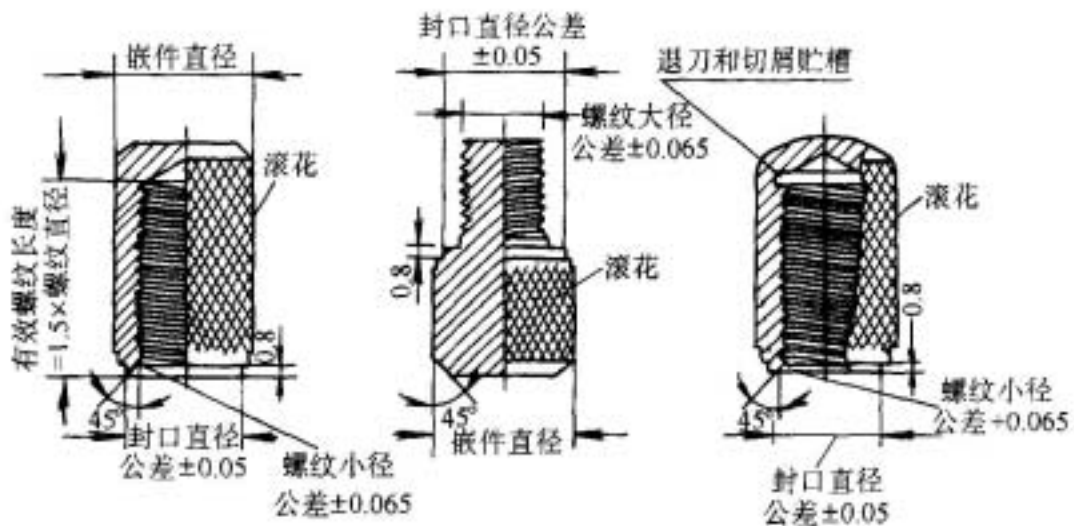


图 2-68 常用嵌件的标准形式

(2) 具有足够的机械强度（材质、尺寸）。

(3) 嵌件与塑料基体间有足够的结合强度，使用中不拔出、不旋转。嵌件表面需有环形沟槽或交叉花纹（参见图 2-68）；嵌件不能有尖角，避免应力集中引起的破坏；尽可能采用圆形或对称形状的嵌件，保证收缩均匀。

(4) 为便于在模具中安放与定位，嵌件的外伸部分（即安放在模具中的部分）应设计成圆柱形，因为模具加工圆孔最容易（图 2-69）。

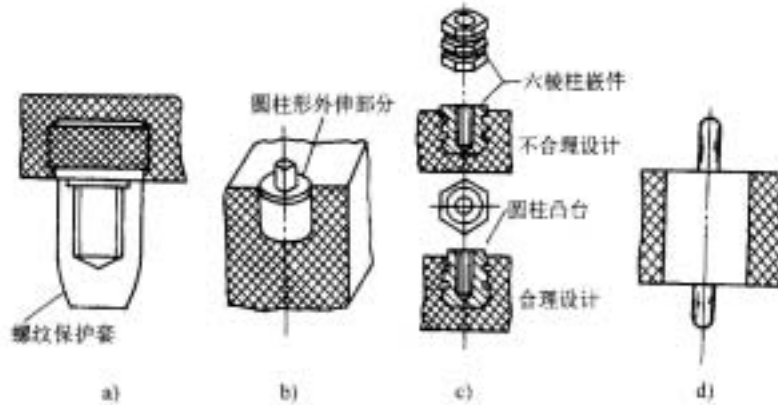


图 2-69 嵌件外伸部分设计

a)、b) 圆柱形部分伸入模具中 c) 外伸部分的合理设计与不合理设计举例 d) 模具两端轴心可能不重合，少用

(5) 模塑时应能防止溢料，嵌件应有密封凸台等结构（图 2-70）。

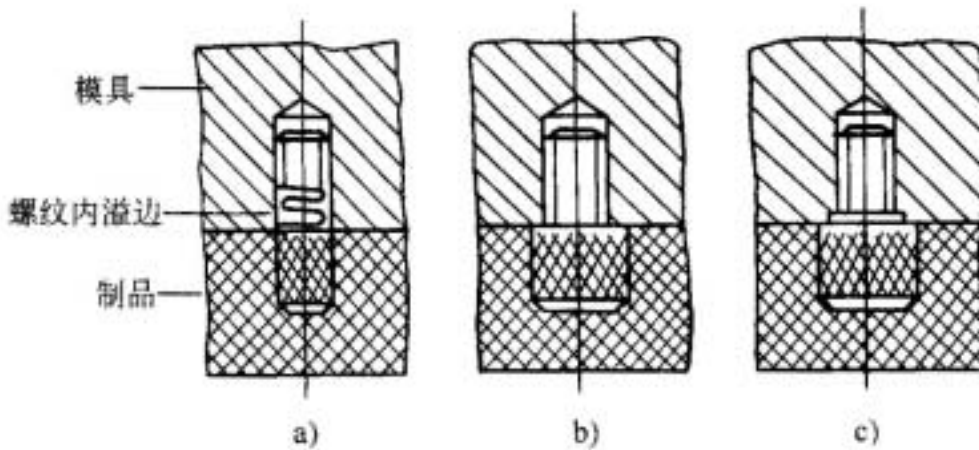


图 2-70 嵌件密封凸台结构

a) 无密封凸台（差） b) 单密封凸台（尚可） c) 双密封凸台（最好）

(6) 便于模塑后嵌件的二次加工，如攻螺纹、端面切削、翻边等。图 2-71a 即为模塑后再翻边的嵌件结构。

(7) 特殊嵌件的结构参见图 2-71。

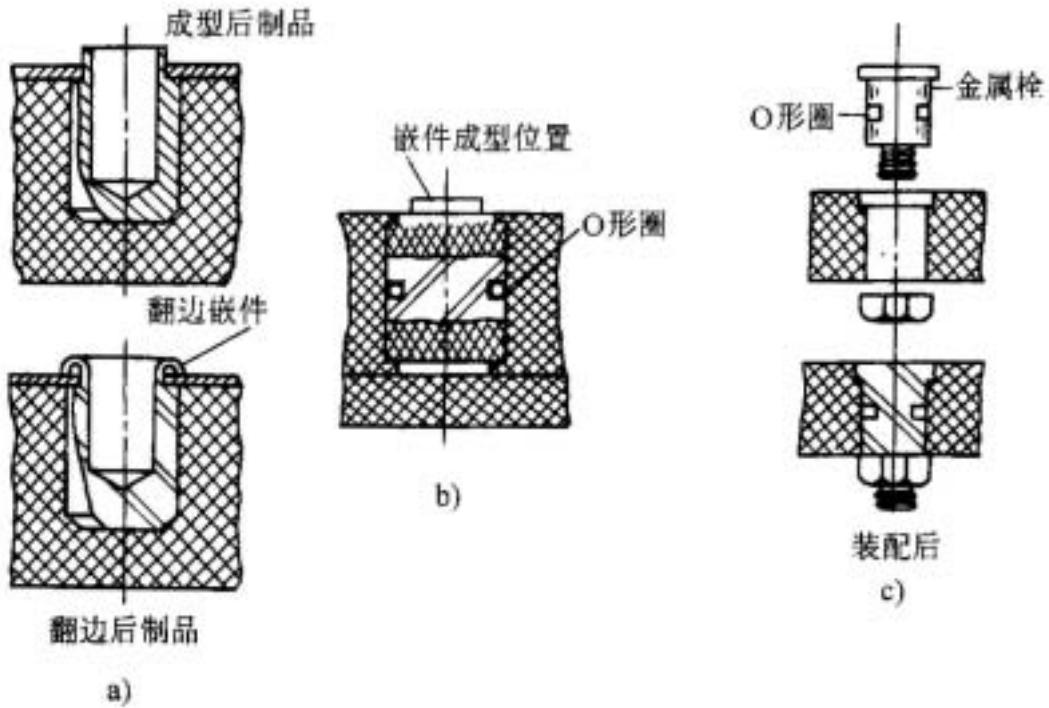


图 2-71 特殊嵌件的结构

a) 嵌件的翻边 b) 不能更换密封圈的嵌件 c) 可更换密封圈的嵌件

### 3、嵌件材料

铜、铝、钢、硬质异种塑件、陶瓷、玻璃等都可作为嵌件材料，其中，黄铜不生锈、耐腐蚀、易加工且价格适中，是嵌件的常用材料。

## 1.11.2 嵌件在塑料制品中的固定

(1) 为避免制品底部过薄出现波纹形缩痕而影响外观及强度，应取嵌件底面距制品壁面的最小距离  $T > D/6$  (图 2-72)。

(2) 嵌件与制品侧壁的间距不能过小，以保证模具有一定的强度 (图 2-73)。

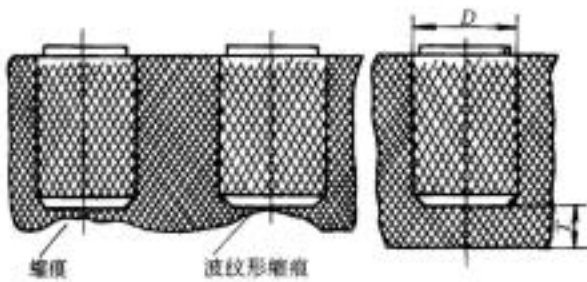


图 2-72 嵌件底面离制品壁面的距离

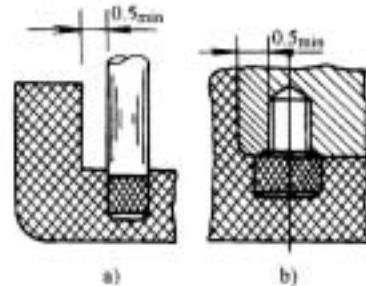


图 2-73 嵌件与制品侧壁的间距

(3) 凸台中设置嵌件时，为保证嵌件结合稳定以及塑料基体的强度，嵌件应伸入到凸台的底部（需保证最小底厚），嵌件头部作成圆角（图 2-74）。

(4) 小型圆柱形嵌件可用中间开槽或表面菱形滚花结构植于塑料基体之中（图 2-75），滚花槽深 1~2mm。

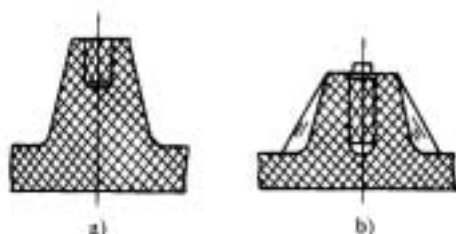


图 2-74 制品凸台中的嵌件  
a) 不合理 b) 合理

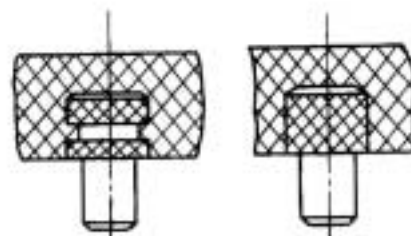


图 2-75 小型圆柱形嵌件的固定

(5) 板、片状嵌件可用孔窗固定法固定，但薄形嵌件（厚度小于 0.5mm）宜用切口或打弯的方法固定（图 2-76）。

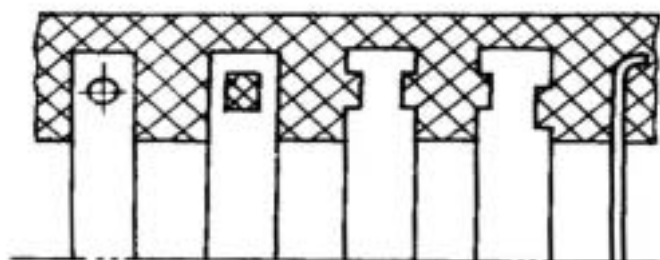


图 2-76 板、片状嵌件的固定

(6) 杆形嵌件可用将头部打扁、冲缺、压弯、劈叉等形式固定（图 2-77），也可用将圆杆的中间部分压扁的方法固定（图 2-78）。

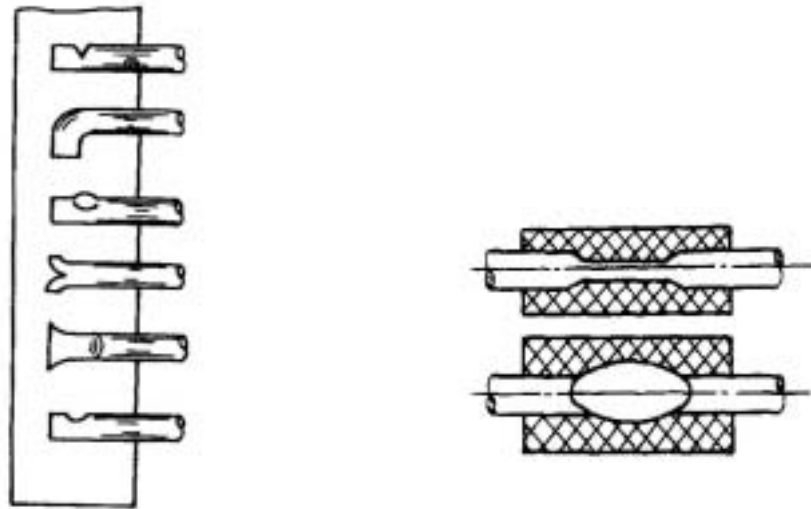


图 2-77 杆形嵌件的固定（头部变形） 图 2-78 杆形嵌件的固定（中部变形）

(7) 管形冲压嵌件，可在冲压时加工出膨凸部分，用以增强紧固力（图 2-79）。

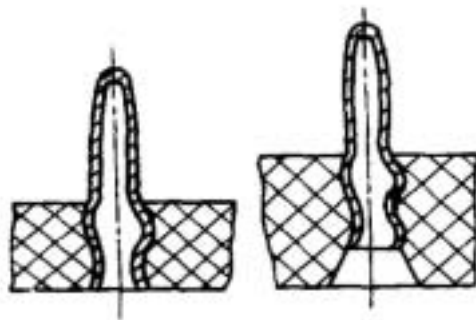


图 2-79 管形冲压嵌件的固定

### 1.11.3 嵌件在模具中的安放与定位

#### 1、嵌件的安放、定位要求

- (1) 不能因设备的运动或振动而松动甚至脱落。
- (2) 在高压塑料熔体的冲击下不产生位移和变形。
- (3) 嵌件与模具的配合部分应能防止溢料，避免出现毛刺，影响使用性能。

#### 2、轴类嵌件的安放定位（图 2-80）



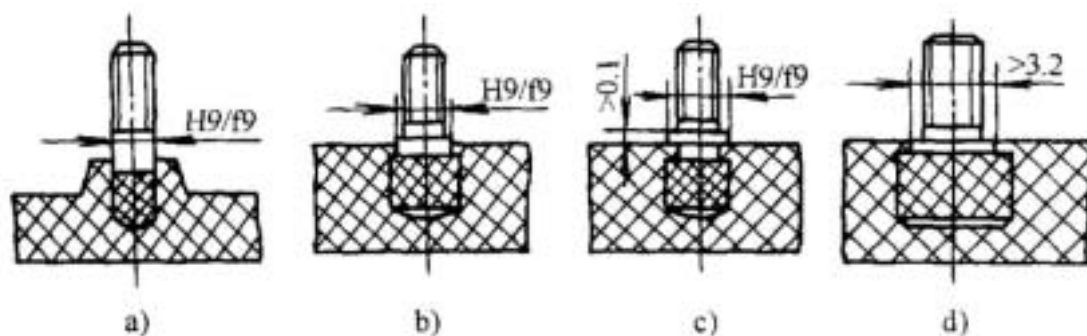


图 2-80 轴类嵌件的安放定位

a) 光杆与模具配合 b) 凸肩配合 c) 圆环配合 d) 凸肩配合

3、孔类嵌件的安放定位 (图 2-81~图 2-83)

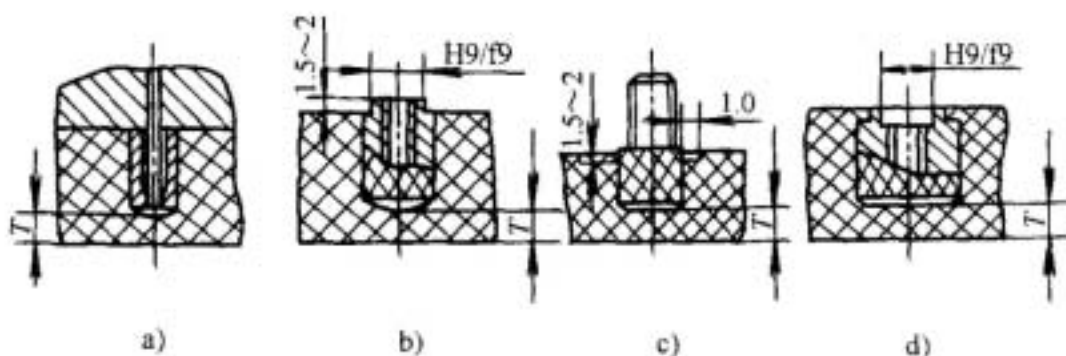


图 2-81 孔类嵌件的安放定位

a) 盲孔嵌件套在模具光轴上的安放定位 (有少许熔体流入)  
b)、c)、d) 为嵌件的凸台与模具配合 (H9/f9) 方式的安放定位

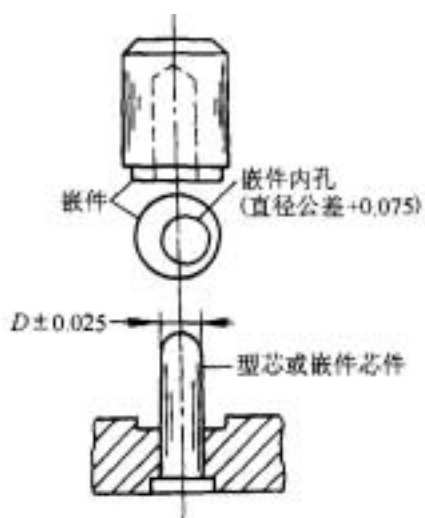


图 2-82 通孔嵌件的定位

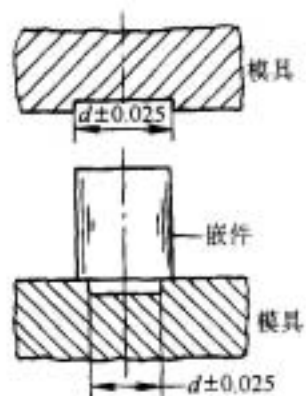


图 2-83 盲孔嵌件的定位

#### 4、细长嵌件的安放定位

细长嵌件的轴线与料流方向垂直时，易产生弯曲变形，需用销轴等支承，以增加其刚性（图 2-84）。注意，附加的支承孔不应影响制件的使用。

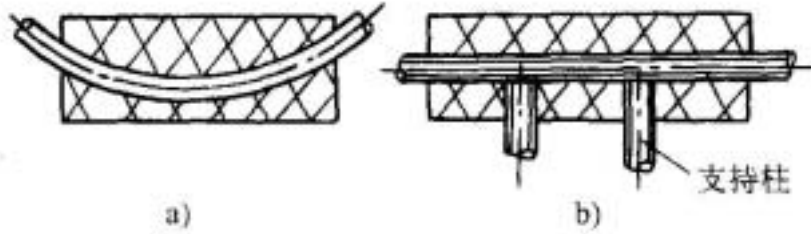


图 2-84 细长嵌件的支承

a) 错误 b) 正确

### 1.11.4 嵌件周围塑料的裂纹和联接强度

#### 1、裂纹产生的原因

(1) 塑料收缩的内应力和自然老化（图 2-85）。

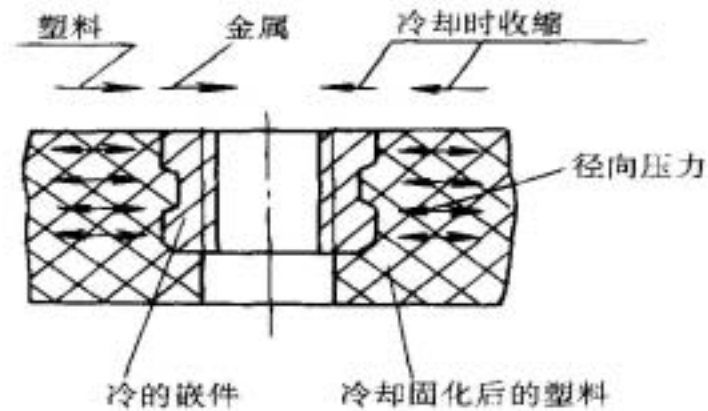


图 2-85 带嵌件的制品冷却受力模型图

(2) 嵌件的结构和安放位置不合理（图 2-86）。

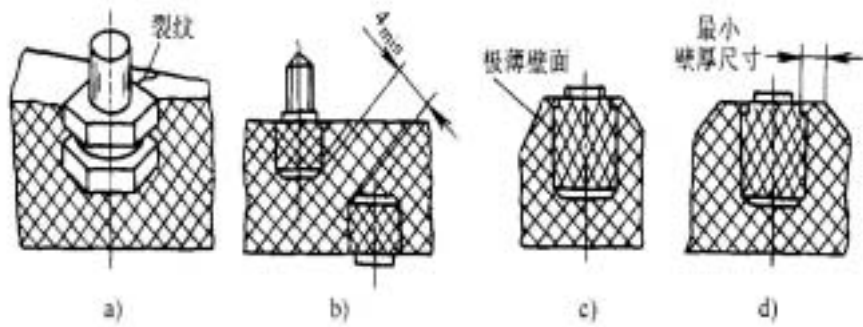


图 2-86 不合理的嵌件结构和位置

a) 嵌件有锐边 b) 嵌件间距过小 c)、d) 嵌件周围塑料壁过薄

2、保证连接强度的必要条件——最小壁厚（表 2-25）

表 2-6 最小脱模斜度

项 目	最小脱模斜度 / (°)		项 目	最小脱模斜度 / (°)	
	一般情况	特殊情况		一般情况	特殊情况
一般情况	3	2	格子、孔	5	4
脱模斜度不能太大时 突出部位	1/2	1/4	皮革纹	6	4

1.11.5 装配式嵌件（制品模塑后再装入嵌件）

(1) 钣金加工（装配）法，如铆接（图 2-87）、折弯（图 2-88）。

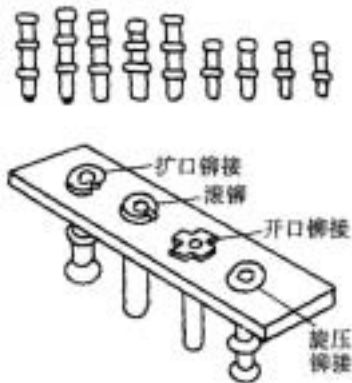


图 2-87 嵌件与塑件的铆接装配

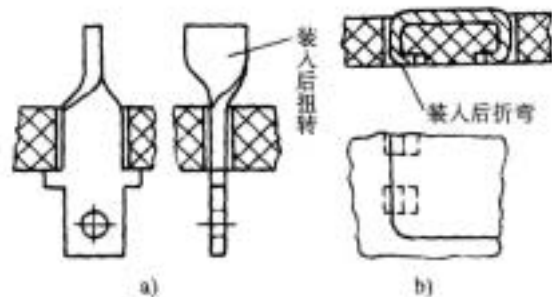


图 2-88 制品成型后再装配嵌件

(2) 用工具将嵌件压入或旋入制品中（图 2-89、图 2-90）。

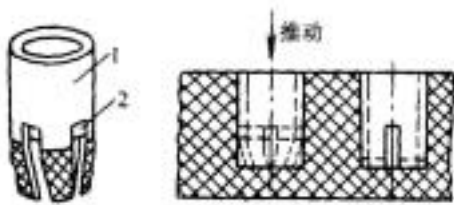


图 2-89 压入嵌件

1—内螺纹黄铜套 2—十字形零件

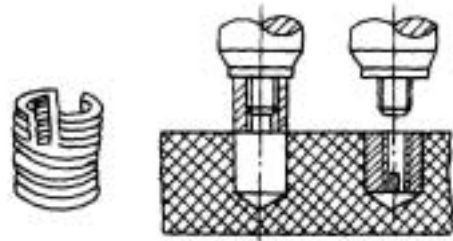


图 2-90 旋入嵌件

(3) 热插法。热固性塑料制品出模时，在热态下将嵌件插入，冷却后即牢固地结合在一起（图 2-91）。塑料收缩量应在其弹性范围内，否则塑料会裂开。

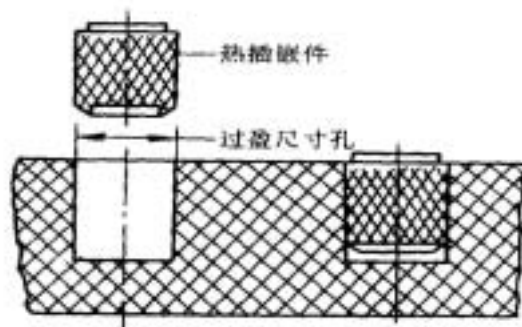


图 2-91 热插嵌件

(4) 其它装配方法。 粘结：热固性塑料用环氧树脂粘结，热塑性塑料用溶剂类粘结剂粘结。 超声波装配：热塑性塑料软化后压入。

### 1.11.6 塑料嵌件（嵌件的外插注射模塑）

在金属条料、卷料等已冲压零件的型孔内，模塑出小型塑料零件，使两者成为不可拆卸的组合件。这时，金属冲压件是主要零件，塑料件则是嵌件。

常见的塑料嵌件为齿轮、凸轮、短轴等（图 2-92）。

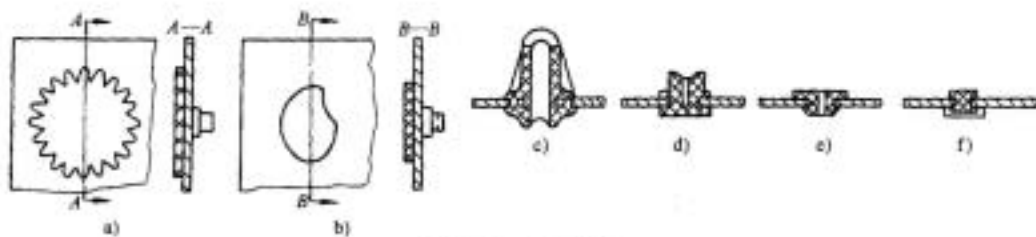


图 2-92 塑料嵌件

a) 齿轮 b) 凸轮 c) 短柱 d) 轴承 e) 衬套 f) 凸台

外插注射模塑模具为三板式或点浇口的热流道模（图 2-93）。

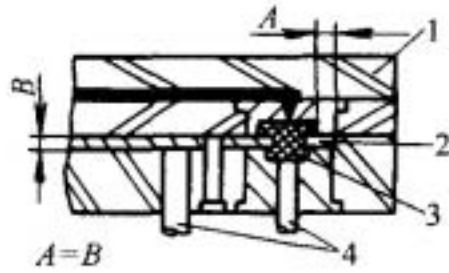


图 2-93 外插注塑模具 (局部)

1—三板模 2—嵌件金属板 3—制品 4—顶杆

## § 1.12 塑料制品的凸凹纹 (滚花)

凸凹纹的作用：

- (1) 增大接触面积，防止使用中的滑动。
- (2) 装饰或掩盖制品的某些部位。
- (3) 增加装配时的结合牢固性。

凸凹纹的设计要点：

- (1) 凸凹纹的条纹方向应与脱模方向一致，便于脱模 (图 2-94a、b)。
- (2) 条纹的间距应尽可能大些，便于模具制造及制品脱模，一般为 3mm，最小不小于 1.5mm，参见图 2-94c 中的 S 值。凸凹纹的宽度 (图中的  $R_1$ ) 不应小于 0.3~0.5mm，高度(h)不应超过其宽度 ( $h = 3/4R_1$ )。

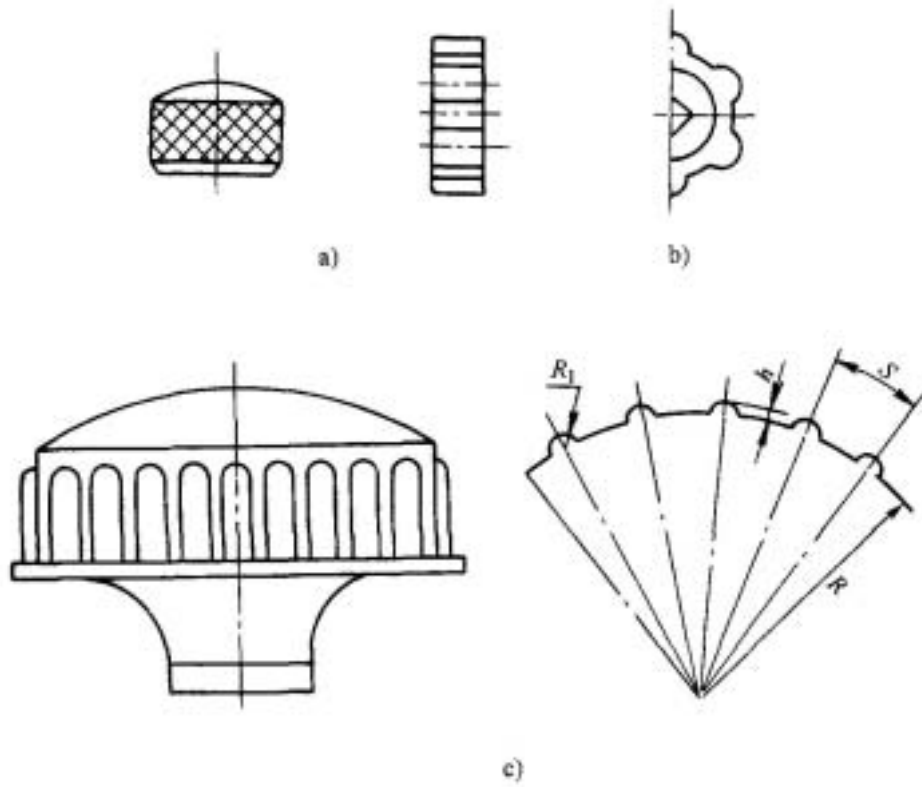


图 2-94 塑料制品的凸凹纹

a) 不正确, 不能垂直顶出 b) 正确 c) 最常用的滚花侧面 ( $S=(4\sim6)R_1$ ,  $h=3/4R_1$ )

(3) 凸凹纹截面形状多为半圆形, 少数采用平顶的梯形 (图 2-95)。

(4) 为了不削弱模具分型面的强度, 以及便于修整制品飞边, 设计凸凹纹时需要留出图 2-96 所示的 0.8mm 宽的平直部分。

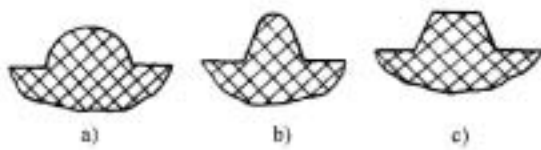


图 2-95 凸凹纹截面形状

a) 半圆形 b) 三角形 c) 梯形

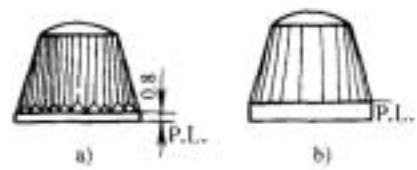


图 2-96 旋扭凸凹纹设计

a) 正确 b) 不正确 P.L.—分型面代号

(5) 表 2-26 和表 2-27 是凸凹纹各部设计的推荐尺寸, 供参考。

表 2-26 较细的凹凸纹相关尺寸

(mm)

塑料制品的直径 $D$	凹凸纹的距离	
	间距 $S$	半径 $R$
$\leq 18$	1.2~1.5	0.2~0.3
$> 18 \sim 50$	1.5~2.5	0.3~0.5
$> 50 \sim 80$	2.5~3.5	0.5~0.7
80~120	3.5~4.5	0.7~1

表 2-27 较粗的凹凸纹相关尺寸

(mm)

制品的直径 $D$	凹凸纹的距离		
	半径 $R$	间距 $S$	高度 $h$
$\leq 18$	0.5~1	4R	0.8R
$> 18 \sim 50$	0.5~4		
$< 50 \sim 80$	1~5		
$> 80 \sim 120$	2~6		

## § 1.13 标记、符号

塑料制品上的文字或符号的表现形式有：

(1) 制品上为凸字（模具上为凹字）。便于用机械加工的方法加工模具，制模方便。但制品的凸字易碰坏（图 2-97a）。

(2) 制品上为凹字（模具上为凸字）。采用电火花、电铸、冷挤压等方法加工模具，制模费事。但制品上的凹字不易碰坏，还可在凹字内涂色（图 2-97b）。

(3) 文字、符号处单独做成镶块，便于更换（图 2-97c）。文字、符号的尺寸参数见表 2-28。

透明制品上有凹入的文字时，塑料熔体流经模具上相应的凸出文字后会产生影响制品外观的熔接痕（图 2-98）。消除措施是控制文字的深度，即

$$\text{字深} : \text{制品壁厚} = 1 : 3$$

## § 1.14 制品的尺寸精度

### 1.14.1 尺寸精度的组成及影响因素

制品尺寸误差构成：

$$\Delta = \Delta_s + \Delta_z + \Delta_c + \Delta_a$$

式中  $\Delta$ ——制品总的成型误差；

$\Delta_s$ ——塑料收缩率波动所引起的制品误差；

$\Delta_z$ ——模具成型零件制造精度所引起的制品误差；

$\Delta_c$ ——模具磨损后所引起的制品误差；

$\Delta_a$ ——模具安装、配合间隙所引起的制品误差。

一般有  $\Delta_s = 1/3$ ， $\Delta_z = 1/3$ ， $\Delta_c = 1/6$ 。

影响制品尺寸精度的因素很多，彼此间又形成交叉影响：

(1) 成型材料。影响制品尺寸精度的材料方面的因素有收缩率波动值，原料水分及挥发物含量，原料的配制工艺，原料的生产批号，分子量分布，结晶形态，保存方法和时间。

(2) 成型条件。见图 2-99。影响制品尺寸精度的成型条件有：料筒温度、模具温度，注射量、注射速度，注射压力，保压时间、冷却时间，成型方式（注射、压制）。

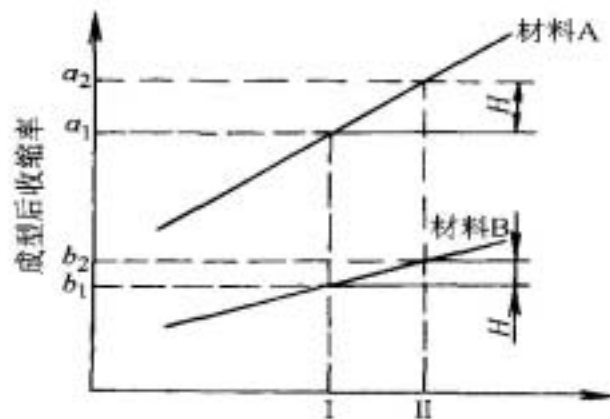


图 2-99 成型条件误差与成型收缩误差的关系

$H$ —成型条件变化引起的收缩误差

(3) 制品的形状和尺寸。形状复杂则收缩不均；壁厚变化大则收缩不均；大尺寸制品收缩总量大；斜度大则精度低。

(4) 模具结构。图 2-100 中由模具直接决定的尺寸  $D_1$ 、 $D_3$ ，其误差受模具制造精度、模



具磨损量的支配；图 2-101 中模具间接决定的尺寸  $H_1$ 、 $H_2$ 、 $T_1$ 、 $T_2$ ，误差除受模具制造精度、磨损量的影响外，还受模具安装精度、设备状态的影响（见表 2-29）。另外进料口尺寸大，收缩小；与料流方向平行的尺寸收缩大，与料流方向垂直的尺寸收缩小；分型面决定毛边的位置和方向，影响垂直于分型面的尺寸精度。模具装配，如型芯、顶杆的固定方法，模具的拼合，模具的加工等直接影响制品尺寸精度。模具的磨损，如型腔、型芯的磨损直接影响制品的精度。

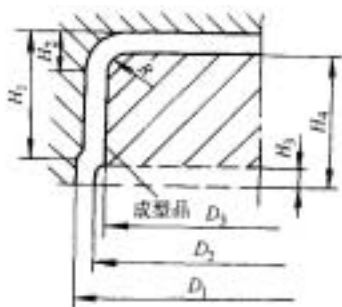


图 2-100 模具直接决定的尺寸

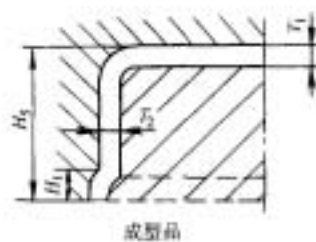


图 2-101 模具间接决定的尺寸

表 2-29 成型制品的尺寸分类

种	类	举 例
模具直接确定的尺寸	一般尺寸 曲率半径	箱壳的内外纵模尺寸，筒的内外径，转角处圆角（所谓 R）
	中心间距	成型制品原尺寸； 模具成型尺寸
模具间接确定的尺寸	开模方向的尺寸， 侧壁厚度及类似尺寸， 合模确定的中心距	箱壳、筒等的外部高度或者底厚，根据动静模或侧型芯确定的尺寸
其它尺寸	平行度和偏心， 弯曲、翘曲和扭曲， 角度	中空圆筒内外中心线的偏移、同心圆的偏移，度盘的刻度倾角、倾斜部分的角度

(5) 制造误差。模具制造误差将直接反映在制品上。

(6) 成型后的条件。主要是指测量误差和存放误差。测量误差主要是由测量工具、测量方法、测量时间等因素造成的；存放方式不当致使制品弯曲、扭曲，存放温度、湿度不当使制品发生形状及尺寸变化。

## 1.14.2 塑料制品尺寸公差

塑料制品尺寸公差目前国际上尚无统一标准，我国也未制订出国家标准。现就常用的几种尺寸公差标准介绍如下。

我国部分行业塑料制品尺寸公差标准，（见表 2-30~表 2-32）。

表 2-30 塑料制品尺寸公差

(mm)

公称尺寸范围	适用范围 等级	热固性塑料制品			热塑性塑料中收缩率大的塑料制品		
		精密级	中 级	自由尺寸级	精密级	中 级	自由尺寸级
<6		0.06	0.10	0.20	0.08	0.14	0.24
6~10		0.08	0.16	0.30	0.12	0.20	0.34
10~18		0.10	0.20	0.40	0.16	0.26	0.44
18~30		0.16	0.30	0.50	0.24	0.38	0.60
30~50		0.24	0.40	0.70	0.36	0.56	0.80
50~80		0.36	0.60	0.90	0.52	0.70	1.20
80~120		0.50	0.80	1.20	0.70	1.00	1.60
120~180		0.64	1.00	1.60	0.90	1.30	2.00
180~260		0.84	1.30	2.10	1.20	1.80	2.60
260~360		1.20	1.80	2.70	1.60	2.40	3.60
360~500		1.60	2.40	3.40	2.20	3.20	4.80
>500		2.40	3.60	4.80	3.40	4.50	5.40

- 注：1. 表中数据的测量条件：相对湿度为 65%，温度为 20℃，放置时间为出模后 24h，制品和量具温度 20℃。
2. 每种塑料可按此表选取其中三个等级，即高精度、一般精度和低精度。一般制品精度为 7~8 级，当模具精度高，塑料收缩率波动小时可为 6 级，制品单项尺寸可达 4 级，1、2 级精度高，目前一般不用。
3. 塑料制品图样上无公差要求的自由尺寸，建议用表中的自由尺寸级精度。
4. 公差数值分配：孔类尺寸取表中数值冠以“+”号；轴类尺寸取表中数值冠以“-”号；中心距尺寸取表中数值冠以“±”号。
5. 模具活动部分影响大的尺寸（如压制件高度尺寸），其公差还应加上附加值：2 级精度，附加值 0.05mm；3~5 级精度，附加值 0.1mm；6~8 级精度，附加值 0.2mm。

表 2-31 精度等级的选用

类别	塑料品种	建议采用的精度等级	类别	塑料品种	建议采用的精度等级
1	聚苯乙烯 丙烯腈-丁二烯-苯乙烯共聚物 (ABS) 聚甲基丙烯酸甲酯 聚碳酸酯 聚 砜 聚 苯 醚 酚醛塑料 氨基塑料 30%玻璃纤维增强塑料	3 4 5	2	聚酰胺 6、66、10、9、1010 氯化聚醚 聚氯乙烯(硬)	4 5 6
	3		聚 甲 醇 聚 丙 烯 聚乙烯(高密度)	5 6 7	
	4		聚氯乙烯(软) 聚乙烯(低密度)	6 7 8	

- 注：1. 表中未列入的其它材料，可根据收缩率和尺寸稳定性从表中相近者选取；
2. 选用精度等级时应考虑脱模斜度的影响。

表 2-32 塑料制品公差值

(mm)

公称尺寸 /mm	公差等级							
	TG1	TG2	TG3	TG4	TG5	TG6	TG7	TG8
~1.5	0.005	0.008	0.012	0.015	0.018	0.024	0.038	0.043
1.5~3	0.006	0.010	0.015	0.019	0.024	0.034	0.052	0.061
3~6	0.008	0.013	0.020	0.025	0.030	0.045	0.067	0.080
6~10	0.010	0.016	0.026	0.038	0.050	0.072	0.11	0.13
10~18	0.015	0.024	0.038	0.058	0.078	0.11	0.16	0.20
18~30	0.019	0.030	0.048	0.086	0.12	0.18	0.25	0.31
30~50	0.030	0.048	0.076	0.14	0.20	0.29	0.38	0.52
50~80	0.050	0.08	0.12	0.23	0.33	0.46	0.61	0.83
80~120	0.071	0.11	0.18	0.35	0.50	0.69	0.94	1.26
120~180	0.098	0.16	0.25	0.51	0.73	1.04	1.41	1.89
180~250	0.15	0.24	0.38	0.75	1.07	1.49	2.02	2.69
250~315	0.19	0.30	0.48	0.97	1.39	1.96	2.66	3.54
315~400	0.23	0.36	0.59	1.20	1.65	2.45	3.34	4.44
400~500	0.29	0.46	0.74	1.50	2.16	3.06	4.22	5.56
500~630	0.35	0.63	1.13	1.60	2.50	3.30	4.50	6.20
630~800	0.45	0.81	1.46	2.10	3.20	4.20	5.60	7.80
800~1000	0.54	0.97	1.75	2.60	4.00	5.40	7.20	9.80

- 注：1. 表中数据的测量条件：相对湿度为 65%，温度为 20℃，放置时间为出模后 24h，塑料制品和量具温度为 20℃。
2. TG1、TG2 为精密级，TG3、TG4 为高精度级，TG5、TG6 为普通精度级，TG7、TG8 为低精度级。自由尺寸采用 TG7、TG8。
3. 公差数值分配：孔类尺寸，取表中数值冠以“+”号；轴类尺寸，取表中数值冠以“-”号；中心距尺寸，取表中数值冠以“±”号。

# 附录一：塑料的基本概念及其常用工程塑料的性能特点

## 一、塑料的定义

塑料是一种以合成或天然的高分子化合物为主要成分，在一定的温度和压力条件下，可塑制成一定形状，当外力解除后，在常温下仍能保持其形状不变的材料。

## 二、塑料的组成和分类

塑料的主要成分是树脂，约占塑料总量的40%~100%。

1、热塑性塑料：树脂为线型或支链型大分子链的结构。

聚乙烯(PE)、聚丙烯(PP)、聚苯乙烯(PS)、聚氯乙烯(PVC)、聚甲醛(POM)、聚酰胺(俗称尼龙)(PA)、聚碳酸酯(PC)、丙烯腈-丁二烯-苯乙烯共聚物(ABS)、聚甲基丙烯酸甲酯(俗称有机玻璃)(PMMA)、丙烯腈-苯乙烯共聚物(A/S)、聚对苯二甲酸乙二醇酯(PETP)

2、热固性塑料

酚醛树脂(PF)、环氧树脂(EP)、氨基树脂、醇酸树脂、烯丙基树脂、脲甲醛树脂(UF)、三聚氰胺树脂、不饱和聚酯(UP)、硅树脂、聚氨酯(PUR)

3、通用塑料

聚氯乙烯、聚苯乙烯、聚乙烯、聚丙烯、酚醛树脂、氨基树脂

4、工程塑料

广义：凡可作为工程材料即结构材料的塑料。

狭义：具有某些金属性能，能承受一定的外力作用，并有良好的机械性能、电性能和尺寸稳定性，在高、低温下仍能保持其优良性能的塑料。

通用工程塑料：聚酰胺、聚碳酸酯、聚甲醛、丙烯腈-丁二烯-苯乙烯共聚物、聚苯醚(PPO)、聚对苯二甲酸丁二醇酯(PBTP)及其改性产品。

特种工程塑料(高性能工程塑料)：耐高温、结构材料。聚砜(PSU)、聚酰亚胺(PI)、聚苯硫醚(PPS)、聚醚砜(PES)、聚芳酯(PAR)、聚酰胺酰亚胺(PAI)、聚苯酯、聚四氟乙烯(PTFE)、聚醚酮类、离子交换树脂、耐热环氧树脂

5、功能塑料(特种塑料)

具有耐辐射、超导电、导磁和感光等特殊功能的塑料。氟塑料、有机硅塑料

6、结晶型塑料

分子规整排列且保持其形状的塑料。PE、PP、PA

7、非结晶型塑料

长链分子绕成一团(对热塑性塑料)或结成网状(对热固性塑料)，且保持其形状的塑料。PS、PC、ABS

### 三、塑料的性能

### 四、塑料的用途

- 1、 工业
- 2、 农业
- 3、 交通运输
- 4、 国防尖端工业
- 5、 医疗卫生
- 6、 日常生活

### 五、塑料工业的发展

### 六、国内外常用工程塑料商品名称和性能特点

#### (一) ABS 塑料

ABS 塑料的主体是丙烯腈、丁二烯和苯乙烯的共混物或三元共聚物，是一种坚韧而有刚性的热塑性塑料。苯乙烯使 ABS 有良好的模塑性、光泽和刚性；丙烯腈使 ABS 有良好的耐热、耐化学腐蚀性和表面硬度；丁二烯使 ABS 有良好的抗冲击强度和低温回弹性。三种组分比例不同，其性能也随之变化。

#### 1、性能特点

ABS 在一定温度范围内具有良好的抗冲击强度和表面硬度，有较好的尺寸稳定性、一定的耐化学药品性和良好的电气绝缘性。它不透明，一般呈浅象牙色，能通过着色而制成具有高度光泽的其它任何色泽制品，电镀级的外表可进行电镀、真空镀膜等装饰。通用级 ABS 不透水、燃烧缓慢，燃烧时软化，火焰呈黄色、有黑烟，最后烧焦、有特殊气味，但无熔融滴落，可用注射、挤塑和真空等成型方法进行加工。

#### 2、级别与用途

ABS 按用途不同可分为通用级(包括各种抗冲击级)、阻燃级、耐热级、电镀级、透明级、结构发泡级和改性 ABS 等。通用级用于制造齿轮、轴承、把手、机器外壳和部件、各种仪表、计算机、收录机、电视机、电话等外壳和玩具等；阻燃级用于制造电子部件，如计算机终端、机器外壳和各种家用电器产品；结构发泡级用于制造电子装置的罩壳等；耐热级用于制造动力装置中自动化仪表和电动机外壳等；电镀级用于制造汽车部件、各种旋钮、铭牌、装饰品和日用品；透明级用于制造度盘、冰箱内食品盘等。

#### (二) 聚苯乙烯(PS)

聚苯乙烯是产量最大的热塑性塑料之一，它无色、无味、无毒、透明，不孳生菌类，透湿性大于聚乙烯，但吸湿性仅 0.02%，在潮湿环境中也能保持强度和尺寸。

#### 1、性能特点

聚苯乙烯具有优良的电性能，特别是高频特性。它介电损耗小( $1 \times 10^{-5} \sim 3 \times 10^{-5}$ )，体积电阻和表面电阻高，热变形温度为  $65 \sim 96$ ，制品最高连续使用温度为  $60 \sim 80$ 。有一定的化学稳定性，能耐多种矿物油、有机酸、碱、盐、低级醇等，但能溶于芳烃和卤烃等溶剂中。聚苯乙烯耐辐射性强，表面易着色、印刷和金属化处理，容易加工，适合于注射、挤塑、

吹塑、发泡等多种成型方法。缺点是不耐冲击、性脆易裂、耐热性和机械强度较差，改性后，这些性能有较大改善。

## 2、级别用途

聚苯乙烯目前主要有透明、改性、阻燃、可发性和增强等级别。可用于包装、日用品、电子工业、建筑、运输和机器制造等许多领域。透明级用于制造日用品，如餐具、玩具、包装盒、瓶和盘，光学仪器、装饰面板、收音机外壳、旋钮、透明模型、电讯元件等；改性的抗冲阻燃聚苯乙烯广泛用于制造电视机、收录机壳、各种仪表外壳以及多种工业品；可发性用于制造包装和绝缘保温材料等。

### (三) 聚丙烯(PP)

聚丙烯是六十年代发展起来的新型热塑性塑料，是由石油或天然气裂化得到丙烯，再经特种催化剂聚合而成，是目前塑料工业中发展速度最快的品种，产量仅次于聚乙烯、聚氯乙烯和聚苯乙烯而居第四位。

#### 1、性能特点

聚丙烯通常为白色、易燃的蜡状物，比聚乙烯透明，但透气性较低。密度为  $0.9\text{g}/\text{cm}^3$ ，是塑料中密度最小的品种之一，在廉价的塑料中耐温最高，熔点为  $164\sim 170$ ，低负荷下可在  $110$  温度下连续使用。吸水率低于  $0.02\%$ ，高频绝缘性好，机械强度较高，耐弯曲疲劳性尤为突出。在耐化学性方面，除浓硫酸、浓硝酸对聚丙烯有侵蚀外，对多种化学试剂都比较稳定。制品表面有光泽，某些氯代烃、芳烃和高沸点脂肪烃能使其软化或溶胀。缺点是耐候性较差，对紫外线敏感，加入炭黑或其它抗老剂后，可改善耐候性。另外，聚丙烯收缩率较大，为  $1\sim 2\%$ 。

#### 2、用途

可代替部分有色金属，广泛用于汽车、化工、机械、电子和仪器仪表等工业部门，如各种汽车零件、自行车零件、法兰、接头、泵叶轮、医疗器械(可进行蒸汽消毒)、管道、化工容器、工厂配线和录音带等。由于无毒，还广泛用于食品、药品的包装以及日用品的制造。

### (四) 聚乙烯(PE)

由乙烯聚合而成的聚乙烯是目前世界上热塑性塑料中产量最大的一个品种。它为白色蜡状半透明材料，柔而韧，稍能伸长，比水轻、易燃、无毒。按合成方法的不同，可分为高压、中压和低压三种，近年来还开发出超高分子量聚乙烯和多种乙烯共聚物等新品种。

#### 1、高压聚乙烯

高压聚乙烯又称低密度聚乙烯，密度为  $0.91\sim 0.94\text{g}/\text{cm}^3$ ，是聚乙烯中最轻的一个品种。分子中支链较多、结晶度较低( $60\sim 80\%$ )，优点是具有优良的电性能和耐化学药品性能，在柔软性、伸长率、耐冲击性和透明性等方面均比中、低压聚乙烯好。缺点是易透气、透湿，机械强度比中、低压聚乙烯稍差，主要用作电线、电缆包皮、各种注射品、薄片、薄膜和涂层等方面。

#### 2、中、低压聚乙烯

中、低压聚乙烯又称高密度聚乙烯。

##### (1)中压聚乙烯

中压聚乙烯密度为  $0.95\sim 0.98\text{g}/\text{cm}^3$ ，是各种聚乙烯中最重要的一种。分子中支链较少，结晶度高达  $90\%$ ，耐热性和机械性能均优于其它聚乙烯，比高压和低压聚乙烯难透气、透湿，还具有优良的电性能及化学稳定性。主要用作电绝缘材料、汽车零件、管道、医用和日用瓶子、各种工业用板材和鱼网等。

##### (2)低压聚乙烯

低压聚乙烯密度为  $0.94\sim 0.96\text{g}/\text{cm}^3$ ，分子中支链较高压聚乙烯少，接近或略高于中压聚乙烯，结晶度达  $80\sim 90\%$ ，机械强度和硬度介于中、高压聚乙烯之间，最高使用温度为

100℃，制品可进行煮沸消毒；耐寒性好，在-70℃仍有柔软性；耐溶剂性比高压聚乙烯好，比高压聚乙烯难透气和透湿；在高温下几乎不被任何溶剂侵蚀，并耐各种强酸(除浓硝酸等氧化性酸外)和强碱的作用；吸湿性很小，有良好的绝缘性能。

### 3、超高分子量聚乙烯

分子量为 300~600 万，机械强度、抗冲性和耐磨性极佳，加工成型难，一般采用压缩与活塞挤出成型，主要用作齿轮、轴承、星轮、汽车燃料槽及其它工业用容器等。

## (五) 聚酰胺(PA)

聚酰胺塑料商品名称为尼龙，是最早出现能承受负荷的热塑性塑料，也是目前机械、电子、汽车等工业部门应用较广泛的一种工程塑料。

### 1、性能特点

聚酰胺有很高的抗张强度和良好的冲击韧性，有一定的耐热性，可在 80℃以下使用；耐磨性好，作转动零件有良好的消音性，转动时噪音小，耐化学腐蚀性良好。

### 2、各品种的特性

聚酰胺品种很多，主要有聚酰胺-6、-66、-610、-612、-8、-9、-11、-12、-1010 以及多种共聚物，如聚酰胺-6/66、-6/9 等。

#### (1)聚酰胺-6

聚酰胺-6 又名聚己内酰胺，具有优良的耐磨性和自润滑性，耐热性和机械强度较高，低温性能优良，能自熄、耐油、耐化学药品，弹性好，冲击强度高，耐碱性优良，耐紫外线和日光。缺点是收缩率大，尺寸稳定性差。工业上用于制造轴承、齿轮、滑轮、传动皮带等，还可抽丝和制成薄膜作包装材料。

#### (2)聚酰胺-66

聚酰胺-66 又名聚己二酰己二胺，性能和用途与聚酰胺-6 基本一致，但成型比它困难。聚酰胺-66 还能制作各种把手、壳体、支撑架、传动罩和电缆等。

#### (3)聚酰胺-610

聚酰胺-610 又名聚癸二酰己二胺，吸水性小，尺寸稳定性好，低温强度高，耐强碱强酸，耐一般溶剂，强度介于-66 和-6 之间，密度较小，加工容易。主要用于机械工业、汽车、拖拉机中作齿轮、衬垫、轴承、滑轮等精密部件。

#### (4)聚酰胺-612

聚酰胺-612 又名聚十二烷二酰己二胺，其性能与-610 相近，尺寸稳定性更好，主要用于精密机械部件、电线电缆被覆、枪托、弹药箱、工具架和线圈架等。

#### (5)聚酰胺-8

聚酰胺-8 又名聚辛酰胺，性能与-6 相近，可做模制品、纤维、传送带、密封垫圈和日用品等。

#### (6)聚酰胺-9

聚酰胺-9 又名聚壬酰胺，耐老化性能最好，热稳定性好，吸湿性低，耐冲击性好，主要用作汽车或其它机械部件；电缆护套、金属表面涂层等。

#### (7)聚酰胺-11

聚酰胺-11 又名聚十一酰胺，低温性能好，密度小、吸湿性低、尺寸稳定性好、加工范围宽，主要用于制作硬管和软管，适于输送汽油。

#### (8)聚酰胺-12

聚酰胺-12 又名聚十二酰胺，密度最小、吸水性小、柔软性好，主要用于制作各种油管、软管、电线电缆被覆、精密部件和金属表面涂层等。

#### (9)聚酰胺-1010

聚酰胺-1010 又名聚癸二酰癸二胺，具有优良的机械性能，拉伸、压缩、冲击、刚性等

都很好，耐酸碱及其它化学药品，吸湿性小，电性能优良，主要用于制造合成纤维和各种机械零件等。

#### (六) 聚碳酸酯(PC)

聚碳酸酯是六十年代初发展起来的一种热塑性工程塑料，通过共聚、共混和增强等途径，又发展了许多改性品种，提高了加工和使用性能。

##### 1、性能特点

聚碳酸酯有突出的抗冲击强度和抗蠕变性能，较高的耐热性和耐寒性，可在+130~-100℃范围内使用；抗拉、抗弯强度较高，并有较高的伸长率及高的弹性模量；在宽广的温度范围内，有良好的电性能，吸水率较低、尺寸稳定性好、耐磨性较好、透光率较高并有一定的抗化学腐蚀性能；成型性好，可用注射、挤塑等成型工艺制成棒、管、薄膜等，适应各种需要。缺点是耐疲劳强度低，耐应力开裂差，对缺口敏感，易产生应力开裂。

##### 2、用途

聚碳酸酯主要用作工业制品，代替有色金属及其它合金，在机械工业上作耐冲击和高强度的零部件、防护罩、照相机壳、齿轮齿条、螺丝、螺杆、线圈框架、插头、插座、开关、旋钮。玻纤增强聚碳酸酯具有类似金属的特性，可代替铜、锌、铝等压铸件；电子、电气工业用作电绝缘零件、电动工具。外壳、把手、计算机部件、精密仪表零件、接插元件、高频头、印刷线路插座等。聚碳酸酯与聚烯烃共混后适合于做安全帽、纬纱管、餐具、电气零件及着色板材、管材等；与ABS共混后，适合作高刚性、高冲击韧性的制件，如安全帽、泵叶轮、汽车部件、电气仪表零件、框架、壳体等。

#### (七) 聚甲醛(POM)

聚甲醛是六十年代出现的一种热塑性工程塑料，有均聚和共聚两大类，是一种没有侧链的、高密度、高结晶性的线型聚合物，用玻纤增强可提高其机械强度，用石墨、二硫化钼或四氟乙烯润滑剂填充可改进润滑性和耐磨性。

##### 1、性能特点

聚甲醛通常为白色粉末或颗粒，熔点153~160℃，结晶度为75%，聚合度为1000~1500，具有综合的优良性能，如高的刚度和硬度、极佳的耐疲劳性和耐磨性、较小的蠕变性和吸水性、较好的尺寸稳定性和化学稳定性、良好的绝缘性等。主要缺点是耐热老化和耐大气老化性较差，加入有关助剂和填料后，可得到改进。此外，聚甲醛易受强酸侵蚀，熔融加工困难，非常容易燃烧。

##### 2、用途

聚甲醛在机电工业、精密仪表工业、化工、电子、纺织、农业等部门均获广泛应用，主要是代替部分有色金属与合金制作一般结构零部件，耐磨、耐损耗以及承受高负荷的零件，如轴承、凸轮、滚轮、辘子、齿轮、阀门上的阀杆、螺母、垫圈、法兰、仪表板、汽化器、各种仪器外壳、箱体、容器、泵叶轮、叶片、配电盘、线圈座、运输带和管道、电视机微调滑轮、盒式色磁带滑轮、洗衣机滑轮、驱动齿轮和线圈骨架等。

#### (八) 聚砜(PSU)

聚砜是六十年代出现的一种耐高温、高强度热塑性塑料，被誉为“万用高效工程塑料”。它一般呈透明、微带琥珀色，也有的是象牙色的不透明体，能在限宽的温度范围内制成透明或不透明的各种颜色，通常应用染料干混法而不能用颜料干染。

聚砜可用注射、挤塑、吹塑、中空成型、真空成型、热成型等方法加工成型，还能进行一般机械加工和电镀。

##### 1、性能特点

(1)耐热性能好，可在-100~+150℃的温度范围内长期使用。短期可耐温195℃，热变形温度为174℃(1.82MPa)；



- (2)蠕变值极低，在 100 、 20.6MPa 负荷下，蠕变值仅为 0.5%；
- (3)机械强度高，刚性好；
- (4)优良的电气特性，在-73 ~ +150 的温度下长期使用，仍能保持相当高的电绝缘性能。在 190 高温下，置于水或湿空气中也能保持介电性能；
- (5)有良好的尺寸稳定性；
- (6)有较好的化学稳定性和自熄性。

## 2、成型和使用上缺点

- (1)成型加工性能较差，要求在 330 ~ 380 的高温下加工；
- (2)耐候及耐紫外线性能较差；
- (3)耐极性有机溶剂(如酮类、氯化烃等)较差；
- (4)制品易开裂。

加入玻纤、矿物质或合成高分子材料，可改善成型和使用性能。

## 3、用途

聚砜主要用作高强度的耐热零件，耐腐蚀零件和电气绝缘件，特别适用于既要强度高、蠕变小，又要耐高温、高尺寸准确性的制品，如作精密、小型的电子、电器、航空工业应用的耐热部件、汽车分变速器盖，电子计算机零件、洗涤机零件、电钻壳件、电视机零件、印刷电路材料、线路切断器、电冰箱零件等。此外，还可用作结构型粘接剂。

### (九) 聚苯醚(PFO)与氯化聚醚(CPS)

#### 1、聚苯醚

聚苯醚机械特性优于聚碳酸酯、聚酰胺和聚甲醛，一般呈琥珀色透明体，在目前生产的热塑性塑料中玻璃化温度最高(210 )、吸水性最小，室温下饱和吸水率为 0.1%。

##### (1)性能特点

使用温度范围宽。长期使用温度范围为-127 ~ +121 ，在无负荷条件下、间断使用温度可达 205 ，当有氧存在时，从 121 起到 438 左右逐渐交联，基本上为热固性塑料；

具有突出的机械性能，抗张强度和抗蠕变性、尺寸稳定性最好；

耐化学腐蚀性好。能耐较高浓度的无机酸、有机酸及其盐类的水溶液，在 120 水蒸气中可耐 200 次反复加热；

优良的电性能。在温度和频率变化很大的范围内，绝缘性能基本保持不变；

耐污染、耐磨性好，无毒、难燃、有自熄性。

##### (2)缺点

熔融粘度大、流动性差，成型加工比一般工程塑料困难；

制品内应力大、易开裂。

通过与共聚物共混、玻纤增强、聚四氟乙烯填充等多种途径进行改性，可改善其内应力及加工性能。

##### (3)掺混机械接枝改性方法

改性方法通常是聚苯醚树胎的嵌段、接枝共聚、增塑、掺混机械接枝等，以掺混机械接枝最能符合各方面的要求。实例如下：

聚苯醚粉( = 0 . 51)	300g
聚苯乙烯	300g
顺丁橡胶	33g
聚乙烯	6g
二氧化钛	12g

以上物料预混后，在开启式塑炼机上进行塑化拉片，然后切粒放料。

##### (4)用途

聚苯醚主要用于制造电子工业中的绝缘件、耐高温电器结构零部件、并可代替有色金属和不锈钢做各种机械零件和外科手术用具，如绝缘支柱、高频骨架、各种线圈架、配电箱、电容器零件、变压器零件、无声齿轮、轴承、凸轮、运输设备零件、泵叶轮、叶片、水泵零件、水箱零件、海水蒸发器零件、高温用化工管道、紧固件、连接件、电机电极绕线芯、转子、机壳等。此外，它还可作耐高温的涂层与粘合剂。

## 2、氯化聚醚(聚氯醚)

氯化聚醚是五十年代末出现的一种具有突出化学稳定性的热塑性工程塑料，通常呈草黄色半透明状，机械性能处于聚乙烯和尼龙之间，电性能类似于聚甲醛，耐腐蚀性仅次于聚四氟乙炔、难燃、可注射、挤出、吹塑和压制加工成各种制品，有较好的综合性能。

### (1)性能特点

除化学稳定性很突出之外，还有优异的耐磨性和减摩性，比尼龙、聚甲醛好；

吸水率小。在室温下 24h 的吸水率仅 0.01%；

玻璃化温度较低，制品内应力能自消，无应力开裂现象，适用于金属嵌件与形状复杂的制品；

有较好的耐热性，可在 120℃ 下长期使用。

缺点是刚性和抗冲强度较差。

### (2)用途

氯化聚醚可代替部分不锈钢和氟塑料，应用于化工、石油、矿山、冶炼、电镀等部门作防腐涂层、贮槽、容器、反应设备衬里、化工管道、耐酸泵件、阀、滤板、窥镜和绳索等，代替有色金属与合金作机械零件、配件和仪表零件等，还可用作导线绝缘材料和电缆包皮。

## (十) 聚对苯二甲酸丁二醇酯(PBTP)

聚对苯二甲酸丁二醇酯是国外七十年代发展起来的一种具有优良综合性能的热塑性工程塑料。它熔融冷却后，迅速结晶，成型周期短，厚度达 100 μm 的薄膜仍具高度透明性。

### 1、性能特点

成型性和表面光亮度高，韧性和耐疲劳性好，适宜注射薄壁和形状复杂制品；摩擦系数低、磨耗小，可做各种耐磨制品。

吸水率低、吸湿性小，在潮湿或高温环境下、甚至在热水中，也能保持优良电性能。

耐化学药品、耐油、耐有机溶剂性好，特别能耐汽油、机油和焊油等。能适应粘合、喷涂和灌封等工艺。

用玻纤增强可提高机械强度、使用温度和使用寿命，可在 140℃ 以下作结构材料长期使用。

可制成阻燃产品，达到 UL—94V—0 级，在正常加工条件下不分解、不腐蚀机具、制品机械强度不下降，并且使用中阻燃剂不析出。

### 2、用途

电子工业中主要用于电视机行输出变压器、调谐器、接插件、线圈骨架、插销、小型马达罩、录音机塑料部件等。

## (十一) 丙烯腈—苯乙烯共聚物(AS)

AS 是丙烯腈(A)、苯乙烯(S)的共聚物，也称 SAN。

### 1、性能特点

(1)粒料呈水白色，可为透明、半透明或着色成不透明。AS 呈脆性，对缺口敏感，在 -40 ~ +50℃ 温度范围内抗冲强度没有较大变化；

(2)耐动态疲劳性较差，但耐应力开裂性良好，最高使用温度为 75 ~ 90℃，在  $1.82 \times 10^6$  pa 下热变形温度为 82 ~ 105℃；

(3)体积电阻  $> 10^{15} \Omega \cdot \text{cm}$ ，耐电弧好，燃烧速度 2cm / min，燃时无滴落；

(4)具中等耐候性，老化后发黄，但可加入紫外线吸收剂改善。AS 性能不受高湿度环境的影响，能耐无机酸碱、油脂和去污剂，较耐醇类而溶于酮类和某些芳烃、氯代烃；

(5)粒料在加工前需在 70~85℃ 下预干燥，在 230℃、49N 载荷下熔体指数为 $(3\sim 9)\times 10^{-3}\text{Kg}/10\text{min}$ 。注射成型温度 180~270℃、注射模温 65~75℃、收缩率 0.4~0.7%、挤塑温度 180~230℃，能吹塑，片材也能进行小拉伸比的热成型。

## 2、用途

AS 制品能用作盘、杯、餐具、冰箱部件、仪表透镜和包装材料，并广泛应用于制作无线电零件。

# 附录二：塑料的成型工艺

## 一、塑料成型加工方法

塑料工业包括树脂生产和塑料制品生产两大系统。

塑料制品生产主要由成型、机械加工、修饰和装配四个过程组成。

通用热塑性塑料的产量几乎占塑料总产量的 80%，这些塑料的加工都是物理加工技术，例如注射、挤出、压延等，通过加热熔融、冷却等过程而成制品。

## 二、注射成型原理与特点

注射成型(也称注射模塑，简称注塑)是指将注射用原料(粒状或粉状塑料)置于能加热的料筒内，受热、塑化后用螺杆或柱塞施加压力，使熔体经料筒末端的喷嘴注入到所需形状的模具中填满模腔，经冷却定型后脱模，即得到具有要求形状的制品。这一过程是通过注射机和模具来实现的。通常，我们把塑料、注射机和模具称为注射成型三要素、而把成型压力、成型温度和成型周期称为注射成型的三原则。在评价其重要性时，前者为 30%，而后者占 70%，也就是说控制工艺条件是最重要的。

注射成型三要素：塑料、注射机、模具。重要性占 30%。

注射成型三原则：成型压力、成型温度、成型周期。重要性占 70%。

1. 注射成型基本原理 对注射用塑料的要求是在热、压作用下能熔融流动的，因而热塑性塑料和热固性塑料中的绝大多数可适用注射成型工艺。但由于热塑性塑料和热固性塑料的性能不同。因此其注射成型原理也有区别。现仅以热塑性塑料为例简述其注射成型原理。

将树脂通过料斗进入热料筒中。料筒中设有由注射油缸带动的柱塞或螺杆，将物料送到料筒的加热区，物料在加热区软化并被加热到要求温度。在柱塞或螺杆推移下，热塑性塑料熔体被注入闭合的模具中。注模系统固定在注射机的装模板上。锁模系统保证注模的闭合，并提供注射机必要的锁模力。注射机装有时间调节系统，可以控制注射周期的操作程序。注

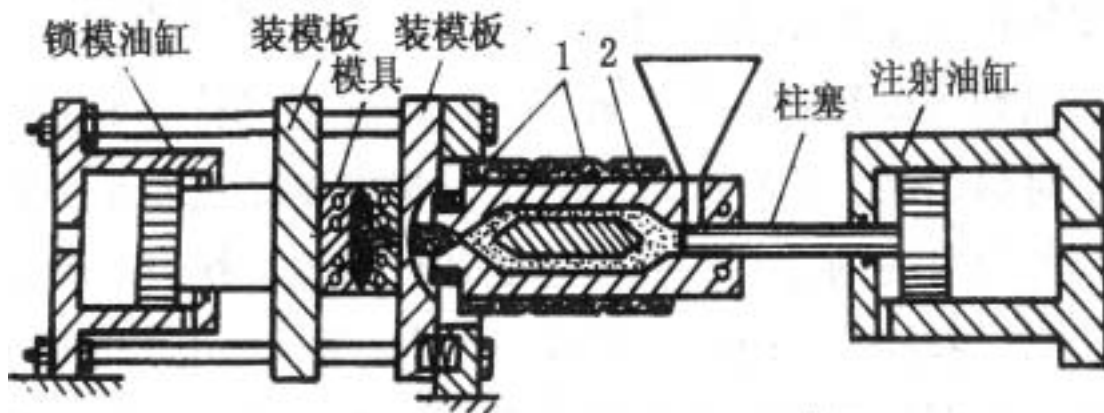


图 1-1 注射机的原理图

1—电加热器 2—加热料筒

射机原理见图 1-1。

2. 注射成型的特点 注射成型周期从几秒钟到几分钟不等。周期的长短取决于制品的壁厚、大小、形状、注射机的类型以及所采用的塑料品种和工艺条件等。

注射成型制品的质量从一克到几十千克不等，视需要而定。

注射成型具有生产周期短，生产效率高，能成型形状复杂、尺寸精确或带嵌件的制品，具有良好的装配性和互换性，因而，可以使制品规格化、系列化、标准化；注射机操作简便易行，模具更换方便，制品翻新快，可多腔成型；对各种塑料的成型适应性强，在注射成型过程中易于实现自动化，高速化生产，经济效益好等特点，因此，注射成型是一种比较先进的成型工艺。

### 三、注射成型在塑料加工中的位置

注射成型是目前塑料加工中最普遍采用的一种重要的成型方法。注射模塑制品约占塑料制品总量的 20% ~ 30%。

根据表 1-1 及注射成型的原理与特点、注射成型是目前塑料加工中最普遍采用的一种重要的成型方法。它是根据压铸原理从 19 世纪末、20 世纪初发展起来的。除极少数塑料外，几乎所有的热塑性塑料和部分热固性塑料都可采用此法成型，采用这种方法可以在高生产率下成型各种形状、满足各种要求的高精度、高质量制品。因此，注射成型在塑料制品成型中占有很大的比重，注射模塑制品约占塑料制品总量的 20%—30%，尤其是塑料作为工程结构材料的出现，注射模塑制品的用途已从民用扩大到国民经济各个领域，并将逐步代替传统的金属和非金属材料制品。用注射成型方法制造的制品主要是各种工业配件、仪器仪表的零件和壳体，如各种齿轮、螺钉、螺帽、轴承、手柄、密封环、阀件、活门、纱管、开关、接线柱、管道、管接头、容器等。在发展尖端科学技术中，是不可缺少的。总之，注射成型在塑料加工中也将占有重要位置。