

## 第 3 章

# 塑料成型制件的结构工艺性

塑料制件主要根据使用要求进行设计。要想获得合格的塑料制件,除考虑充分发挥所用塑料的性能特点外,还应考虑塑件的结构工艺性,在满足使用要求的前提下,塑件的结构、形状应尽可能地做到简化模具结构,且符合成型工艺特点,从而降低成本,提高生产效率。在塑件结构工艺性设计时,应考虑以下几方面的因素:

a. 塑料的各项性能特点,如物理性能(如力学性能、电性能、耐化学腐蚀和耐热性能等)、成型工艺性能(流动性和收缩率等)等。

b. 在保证各项使用性能的前提下,塑件的结构形状力求简单,且有利于充模流动、排气、补缩和高效冷却硬化(热塑性塑料制件)或快速受热固化(热固性塑料制件)。

c. 模具的总体结构应使模具零件易于制造,特别是抽芯和脱模机构。

合理的塑件结构工艺性是保证塑件符合使用要求和满足成型条件的一个关键问题。塑料制件结构工艺性设计的主要内容包括塑件的尺寸和精度、表面粗糙度、形状、壁厚、脱模斜度、加强肋、支撑面、圆角、孔、螺纹、齿轮、嵌件、铰链、标记、符号及文字等。

### 3.1 尺寸和精度

塑件尺寸的大小受塑料流动性的影响,在注射成型和压注成型中,流动性差的塑料(如布基塑料、玻璃纤维增强塑料等)和壁薄的制件尺寸不能设计得过大,否则容易造成充填不足或形成冷接缝,从而影响制件的外观和强度。因此,在设计塑件尺寸时应考虑塑料的流动距离比等方面进行校核。另外,注射的塑件尺寸要受到注射机的注射量、锁模力和模板尺寸的限制,压缩成型塑件的尺寸要受压机最大压力和压机台面最大尺寸的限制。

塑件的尺寸精度是指所获得的塑件尺寸与产品要求尺寸的符合程度,即所获塑件尺寸的准确度。影响塑件尺寸精度的因素十分复杂,首先是模具制造的精度和塑料收缩率的波动,其次是模具的磨损程度。另外,在成型时工艺条件的变化、塑件成型后的时效变化、塑件的飞边等都会影响塑件的精度。因此,塑件尺寸精度的确定应该合理选择,尽可能选用低精度等级。

很多资料认为,在引起塑件尺寸的误差中,模具制造公差和成型收缩率波动引起的误差各占1/3。实际上,对于小尺寸塑件,模具的制造公差对塑件尺寸精度影响相对要大一些,而对于大尺寸塑件,收缩率波动则是影响塑件尺寸精度的主要因素。

目前,我国已颁布了塑料模塑件尺寸公差的国家标准 GB/T 14486—2008(表 3.1)。模塑件尺寸公差的代号为 MT,公差等级分为 7 级,每一级又可分为 A、B 两部分,其中 A 为不受模具

表 3.1 塑件公差尺寸数值表 (GB/T 14486—2008)

mm

公差等级	公差种类	基本尺寸																									
		>0 ~3	>3 ~6	>6 ~10	>10 ~14	>14 ~18	>18 ~24	>24 ~30	>30 ~40	>40 ~50	>50 ~65	>65 ~80	>80 ~100	>100 ~120	>120 ~140	>140 ~160	>160 ~180	>180 ~200	>200 ~225	>225 ~250	>258 ~280	>280 ~315	>315 ~355	>355 ~400	>400 ~450	>450 ~500	>500 ~630

标注公差的尺寸公差值

MT1	A	0.07	0.08	0.09	0.10	0.11	0.12	0.14	0.16	0.18	0.20	0.23	0.26	0.29	0.32	0.36	0.40	0.44	0.48	0.52	0.56	0.60	0.64	0.70	0.78	0.86	0.97	1.16	1.39
	B	0.14	0.16	0.18	0.20	0.21	0.22	0.24	0.26	0.28	0.30	0.33	0.36	0.39	0.42	0.46	0.50	0.54	0.58	0.62	0.66	0.70	0.74	0.80	0.88	0.96	1.07	1.26	1.49
MT2	A	0.10	0.12	0.14	0.16	0.18	0.20	0.22	0.24	0.26	0.30	0.34	0.38	0.42	0.46	0.50	0.54	0.60	0.66	0.72	0.76	0.84	0.92	1.00	1.10	1.20	1.40	1.70	2.10
	B	0.20	0.22	0.24	0.26	0.28	0.30	0.32	0.34	0.36	0.40	0.44	0.48	0.52	0.56	0.60	0.64	0.70	0.76	0.82	0.86	0.94	1.02	1.10	1.20	1.30	1.50	1.90	2.20
MT3	A	0.12	0.14	0.16	0.18	0.20	0.22	0.26	0.30	0.34	0.40	0.46	0.52	0.58	0.64	0.70	0.78	0.86	0.92	1.00	1.10	1.20	1.30	1.44	1.60	1.74	2.00	2.40	3.00
	B	0.32	0.34	0.36	0.38	0.40	0.42	0.46	0.50	0.54	0.60	0.66	0.72	0.78	0.84	0.90	0.98	1.06	1.12	1.20	1.30	1.40	1.50	1.64	1.80	1.94	2.20	2.60	3.20
MT4	A	0.16	0.18	0.20	0.24	0.28	0.32	0.36	0.42	0.48	0.56	0.64	0.72	0.82	0.92	1.02	1.12	1.24	1.36	1.48	1.62	1.80	2.00	2.20	2.40	2.60	3.10	3.80	4.60
	B	0.36	0.38	0.40	0.44	0.48	0.52	0.56	0.62	0.68	0.76	0.84	0.92	1.02	1.12	1.22	1.32	1.44	1.56	1.68	1.82	2.00	2.20	2.40	2.60	2.80	3.30	4.00	4.80
MT5	A	0.20	0.24	0.28	0.32	0.38	0.44	0.50	0.56	0.64	0.74	0.86	1.00	1.14	1.28	1.44	1.60	1.76	1.92	2.10	2.30	2.50	2.80	3.10	3.50	3.90	4.50	5.60	6.90
	B	0.40	0.44	0.48	0.52	0.58	0.64	0.70	0.76	0.84	0.94	1.06	1.20	1.34	1.48	1.64	1.80	1.96	2.12	2.30	2.50	2.70	3.00	3.30	3.70	4.10	4.70	5.80	7.10
MT6	A	0.26	0.32	0.38	0.46	0.52	0.60	0.70	0.80	0.94	1.10	1.28	1.48	1.72	2.00	2.20	2.40	2.60	2.90	3.20	3.50	3.90	4.30	4.80	5.30	5.90	6.90	8.50	10.60
	B	0.46	0.52	0.58	0.66	0.72	0.80	0.90	1.00	1.14	1.30	1.48	1.68	1.92	2.20	2.40	2.60	2.80	3.10	3.40	3.70	4.10	4.50	5.00	5.50	6.10	7.10	8.70	10.80
MT7	A	0.38	0.46	0.56	0.66	0.76	0.86	0.98	1.12	1.32	1.54	1.80	2.10	2.40	2.70	3.00	3.30	3.70	4.10	4.50	4.90	5.40	6.00	6.70	7.40	8.20	9.60	11.90	14.80
	B	0.58	0.66	0.76	0.86	0.96	1.06	1.18	1.32	1.52	1.74	2.00	2.30	2.60	2.90	3.20	3.50	3.90	4.30	4.70	5.10	5.60	6.20	6.90	7.60	8.40	9.80	12.10	15.00

未注公差的尺寸公差允许偏差

MT5	A	±0.10	±0.12	±0.14	±0.16	±0.19	±0.22	±0.25	±0.28	±0.32	±0.37	±0.43	±0.50	±0.57	±0.64	±0.72	±0.80	±0.88	±0.96	±1.05	±1.15	±1.25	±1.40	±1.55	±1.75	±1.95	±2.25	±2.80	±3.45
	B	±0.20	±0.22	±0.24	±0.26	±0.29	±0.32	±0.35	±0.38	±0.42	±0.47	±0.53	±0.60	±0.67	±0.74	±0.82	±0.90	±0.98	±1.06	±1.15	±1.25	±1.35	±1.50	±1.65	±1.85	±2.05	±2.35	±2.90	±3.55
MT6	A	±0.13	±0.16	±0.19	±0.23	±0.26	±0.30	±0.35	±0.40	±0.47	±0.55	±0.64	±0.74	±0.86	±1.00	±1.10	±1.20	±1.30	±1.45	±1.60	±1.75	±1.95	±2.15	±2.40	±2.65	±2.95	±3.45	±4.25	±5.30
	B	±0.23	±0.26	±0.29	±0.33	±0.36	±0.40	±0.45	±0.50	±0.57	±0.65	±0.74	±0.84	±0.96	±1.10	±1.20	±1.30	±1.40	±1.55	±1.70	±1.85	±2.05	±2.25	±2.50	±2.75	±3.05	±3.55	±4.35	±5.40
MT7	A	±0.19	±0.23	±0.28	±0.33	±0.38	±0.43	±0.49	±0.56	±0.66	±0.77	±0.90	±1.05	±1.20	±1.35	±1.50	±1.65	±1.85	±2.05	±2.25	±2.45	±2.70	±3.00	±3.35	±3.70	±4.10	±4.80	±5.95	±7.40
	B	±0.29	±0.33	±0.38	±0.43	±0.48	±0.53	±0.59	±0.66	±0.76	±0.87	±1.00	±1.15	±1.30	±1.45	±1.60	±1.75	±1.95	±2.15	±2.35	±2.55	±2.80	±3.10	±3.45	±3.80	±4.20	±4.90	±6.05	±7.50

活动部分影响尺寸的公差,B 为受模具活动部分影响尺寸的公差(例如,由于受水平分型面溢边厚薄的影响,压缩件高度方向的尺寸)。该标准只规定了标准公差值,上、下极限偏差可根据塑件的配合性质来分配。

塑件公差等级的选用与塑料品种有关,见表 3.2。

表 3.2 精度等级的选用 (GB/T 14486—2008)

材料代号	塑料品种		公差等级		
			标注公差等级		未注公差
			高精度	一般精度	
ABS	(丙烯腈-丁二烯-苯烯酸酯塑料)共聚物		MT2	MT3	MT5
CA	乙酸纤维素		MT3	MT4	MT6
EP	环氧树脂		MT2	MT3	MT5
PA	聚酰胺	无填料充填	MT3	MT4	MT6
		30%玻璃纤维充填	MT2	MT3	MT5
PBT	聚对苯二甲酸丁二酯	无填料充填	MT3	MT4	MT6
		30%玻璃纤维充填	MT2	MT3	MT5
PC	聚碳酸酯		MT2	MT3	MT5
PDAP	聚邻苯二甲酸二烯丙酯		MT2	MT3	MT5
PEEK	聚醚醚酮		MT2	MT3	MT5
PE-HD	高密度聚乙烯		MT4	MT5	MT7
PE-LD	低密度聚乙烯		MT5	MT6	MT7
PESU	聚醚砜		MT2	MT3	MT5
PET	聚对苯二甲酸乙二酯	无填料充填	MT3	MT4	MT6
		30%玻璃纤维充填	MT2	MT3	MT5
PF	苯酚-甲醛树脂	无机填料充填	MT2	MT3	MT5
		有机填料充填	MT3	MT4	MT6
PMMA	聚甲基丙烯酸甲酯		MT2	MT3	MT5
POM	聚甲醛	≤ 150mm	MT3	MT4	MT6
		> 150mm	MT2	MT5	MT6
PP	聚丙烯	无填料充填	MT4	MT5	MT7
		30%无机填料充填	MT2	MT3	MT5
PPE	聚苯醚;聚亚苯醚		MT2	MT3	MT5
PPS	聚苯硫醚		MT2	MT3	MT5
PS	聚苯乙烯		MT2	MT3	MT5
PSU	聚砜		MT2	MT3	MT5
PUR-P	热塑性聚氨酯		MT4	MT6	MT7

续表

材料代号	塑料品种		公差等级		
			标注公差等级		未注公差
			高精度	一般精度	
PVC-P	氯化聚氯乙烯		MT5	MT6	MT7
PVC-U	未增塑聚氯乙烯		MT2	MT3	MT5
SAN	(丙烯腈-苯乙烯)共聚物		MT2	MT3	MT5
UF	脲-甲醛树脂	无机填料充填	MT2	MT3	MT5
		有机填料充填	MT3	MT4	MT6
UP	不饱和树脂	30%玻璃纤维充填	MT2	MT3	MT5

对孔类尺寸可取表中数值冠以(+)号,对轴类尺寸可取表中数值冠以(-)号,对中心距尺寸可取表中数值之半冠以(±)号。

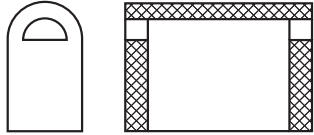
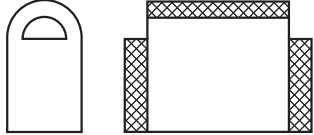
### 3.2 表面粗糙度

塑料制件的表面粗糙度,除了在成型时从工艺上尽可能避免冷疤、云纹等疵点外,主要取决于模具成型零件的表面粗糙度。一般模具的表面粗糙度值要比塑件的低1~2级,塑料制件的表面粗糙度  $Ra$  值一般为  $1.6\sim 0.2\ \mu\text{m}$ ,在模具使用中,由于型腔磨损而使表面粗糙度值不断加大,应随时给以抛光复原。透明制件要求型腔和型芯的表面粗糙度相同,而不透明制件则根据使用情况而定,非配合表面和隐蔽面可取较大的表面粗糙度值,除塑件外表面有特殊要求以外,一般型腔的表面粗糙度值要低于型芯的。此外,塑件的表面粗糙度与塑料的品种有关。

### 3.3 形 状

塑件的形状在满足使用要求的前提下,应使其有利于成型,特别是应尽量不采用侧向抽芯机构,因此塑件设计时应尽可能避免侧向凹凸形状或侧孔。因为,侧向分型与抽芯机构的模具结构不但提高了模具设计与制造成本,而且还会在分型面上留下飞边,增加后加工的工作量。某些塑件只要适当地改变其形状,即能避免使用侧向抽芯机构,使模具结构简化。表3.3为改变塑件形状以利于成型的几个例子。

表 3.3 改变塑件形状以利于成型的几个例子

序号	不合理	合理	说明
1			将制件侧壁通孔改为右图侧凹形状,避免了侧抽芯成型结构

序号	不合理	合理	说明
2			增加制件侧壁斜度后,可采用组合型芯成型,避免了侧抽结构
3			将制件侧壁横孔改成垂直竖孔,可免去侧抽结构
4			将制件表面的菱形花纹改为直条花纹,即可从型腔中顺利脱出,避免了瓣合结构

塑件的内、外侧凸凹形状较浅并允许带有圆角(或梯形斜面)时,可以采用强制脱模方式脱出塑件。这时,塑件在脱模温度下应具有足够的弹性(如聚乙烯、聚丙烯、聚甲醛等塑料),如图 3.1a 所示的塑件,强制脱模应该满足  $(A-B)/B \leq 5\%$ ; 而图 3.1b 所示塑件则应该满足  $(A-B)/C \leq 5\%$ 。多数情况下,塑件的侧凹凸不可能强制脱模,此时应采用侧向分型抽芯等结构。

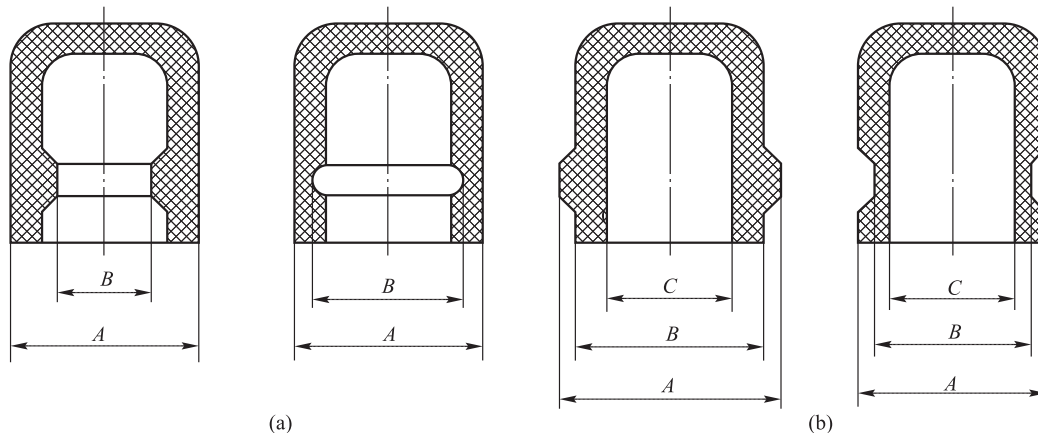


图 3.1 可强制脱模的侧向凸、凹形状

### 3.4 斜 度

塑件在模具型腔中的冷却收缩会使它紧紧包裹住模具的型芯或其他凸起部分。因此,为了便于从成型零件上顺利脱出塑件,必须在塑件内、外表面沿脱模方向设计足够的斜度,称为脱模

斜度。如图 3.2 所示,塑件斜度大小与塑料的收缩率,塑件的形状、结构、壁厚及成型工艺条件都有一定的关系,一般斜度取  $30' \sim 1^{\circ}30'$ 。

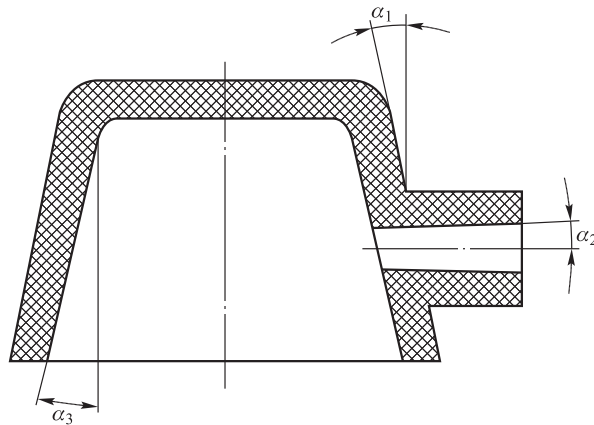


图 3.2 脱模斜度

塑件脱模斜度的选取应遵循以下原则。

- (1) 塑料的收缩率大,壁厚,斜度应取偏大值,反之取偏小值。
  - (2) 塑件结构比较复杂,脱模阻力就比较大,应选用较大的脱模斜度。
  - (3) 当塑件高度不大(一般小于 2 mm)时,可以不设斜度;对型芯长或深型腔的塑件,斜度取偏小值。但通常为了便于脱模,在满足制件的使用和尺寸公差要求的前提下可将斜度值取大些。
  - (4) 一般情况下,塑件外表面的斜度取值可比内表面的小些,有时也根据塑件的预留位置(留于凹模或凸模上)来确定制件内、外表面的斜度。
  - (5) 热固性塑料的收缩率一般较热塑性塑料的小一些,故脱模斜度也相应取小一些。
- 一般情况下,脱模斜度不包括在塑件的公差范围内。表 3.4 为常用塑料的脱模斜度。

表 3.4 常用塑料的脱模斜度

塑料名称	脱模斜度	
	型腔	型芯
聚乙烯 (PE)、聚丙烯 (PP)、软聚氯乙烯 (SPVC)、聚酰胺 (PA)、氯化聚醚 (CPT)	$25' \sim 45'$	$20' \sim 45'$
硬聚氯乙烯 (HPVC)、聚碳酸酯 (PC)、聚砜 (PSU)	$35' \sim 40'$	$30' \sim 50'$
聚苯乙烯 (PS)、有机玻璃 (PMMA)、ABS、聚甲醛 (POM)	$35' \sim 1^{\circ}30'$	$30' \sim 40'$
热固性塑料	$25' \sim 40'$	$20' \sim 50'$

### 3.5 壁 厚

塑件壁厚的设计与塑料原料的性能、塑件结构、成型条件、塑件的质量及其使用要求都有密

切的联系。壁厚过小,会造成充填阻力增大,特别对于大型、复杂制件将难于成型。塑件壁厚的最小尺寸应满足以下要求:具有足够的刚度和强度,脱模时能经受脱模机构的冲击,装配时能承受紧固力。塑料制件规定有最小壁厚值,表 3.5 为根据外形尺寸推荐的热固性塑件壁厚值,表 3.6 为热塑性塑件最小壁厚及常用壁厚推荐值。壁厚过大,不仅浪费原料,还会延长冷却时间,降低生产效率,另外也容易产生表面凹陷、内部缩孔等缺陷。一般而言,在满足使用要求的前提下,制件壁厚尽量取小些。

表 3.5 热固性塑件壁厚推荐值

mm

塑料名称	塑件外形高度		
	~50	>50~100	>100
粉状填料的酚醛塑料	0.7~2.0	2.0~3.0	5.0~6.5
纤维状填料的酚醛塑料	1.5~2.0	2.5~3.5	6.0~8.0
氨基塑料	1.0	1.3~2.0	3.0~4.0
聚酯玻璃纤维填料的塑料	1.0~2.0	2.4~3.2	>4.8
聚酯无机物填料的塑料	1.0~2.0	3.2~4.8	>4.8

表 3.6 热塑性制件的最小壁厚及常用壁厚推荐值

mm

塑料名称	50 mm 流程最小壁厚	小型塑件推荐壁厚	中型塑件推荐壁厚	大型塑件推荐壁厚
聚乙烯	0.6	1.25	1.6	2.4~3.2
聚丙烯	0.85	1.45	1.75	2.4~3.2
硬聚氯乙烯	1.2	1.6	1.8	3.2~5.8
聚苯乙烯	0.75	1.25	1.6	3.2~5.4
改性聚苯乙烯	0.75	1.25	1.6	3.2~5.4
尼龙	0.45	0.76	1.5	2.4~3.2
聚甲醛	0.8	1.4	1.6	3.2~5.4
聚碳酸酯	0.95	1.8	2.3	3~4.5
氯化聚醚	0.9	1.35	1.8	2.5~3.4
有机玻璃	0.8	1.5	2.2	4~6.5
丙烯酸类	0.7	0.9	2.4	3~6
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
聚砜	0.95	1.8	2.3	3~4.5

塑件壁厚设计的另一基本原则是同一塑件的壁厚应尽可能均匀一致,否则会因冷却和固化速度不均产生附加应力,引起翘曲变形,热塑性塑料会在壁厚处产生缩孔,而热固性塑料则会因未充分固化而鼓包或因交联度不一致而造成性能差异。通常塑件壁厚的不均匀容许在一定范围内变化,对于注射及压注成型塑件,壁厚变化一般不应超过 1:3。为了消除壁厚的不均匀,设计

时可考虑将壁厚部分局部挖空或在壁面交界处采用适当的半径过渡以减缓厚薄部分的突然变化,如图 3.3 所示。

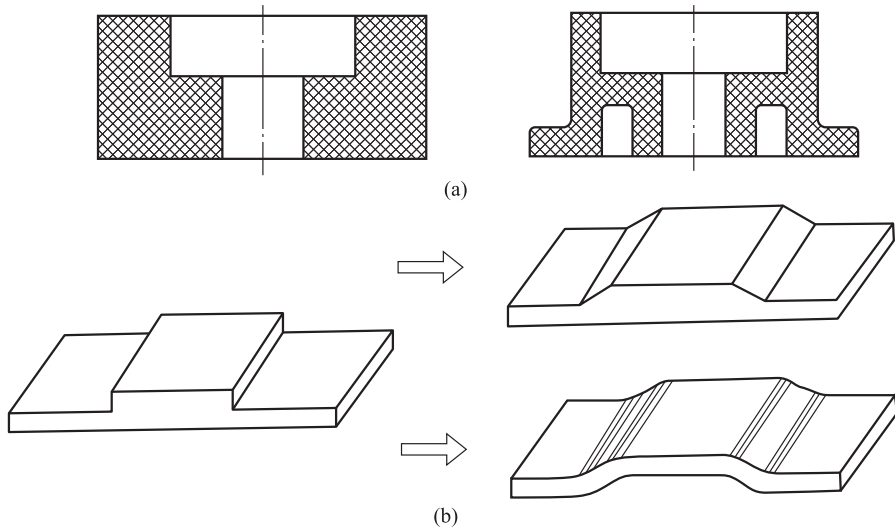


图 3.3 壁厚不均的改善

### 3.6 加强肋及其他增强防变形结构

由于多数塑料的弹性模量和强度较低,受力后容易变形甚至破坏,单纯采用增加塑件壁厚的方法来提其刚度和强度是不合理,也是不经济的。所以,通常在塑件的相应位置设置加强肋,从而在不增加壁厚的情况下,达到提高塑件刚度和强度,避免翘曲变形的目的,沿着料流方向的加强肋还能改善成型时塑料熔体的流动性,避免气泡、缩孔和凹陷等缺陷的形成。图 3.4a 所示为因壁厚不均而可能产生的缩孔;图 3.4b 中加强肋方向的改变可降低熔体的充模阻力,也避免了可能产生的翘曲变形。加强肋的典型结构如图 3.5 所示。在其尺寸设计时应注意加强肋不宜

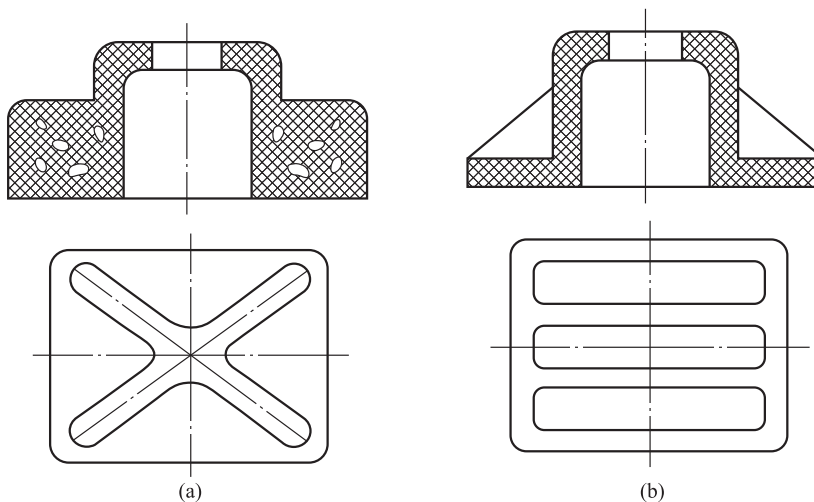


图 3.4 加强肋实例



过厚,  $b \leq t$ , 否则其对应壁上容易产生凹陷; 加强肋设计不应过高 ( $h \leq 3t$ ), 否则在较大弯矩或冲击负荷作用下会受力破坏; 加强肋必须有足够的斜度,  $\alpha = 2^\circ \sim 5^\circ$ , 肋的顶部应为圆角, 底部也应呈圆弧过渡 ( $R \geq 0.25t$ ); 加强肋之间的中心距应大于  $3t$ 。

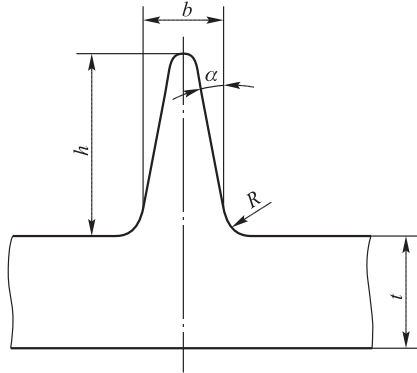


图 3.5 加强肋尺寸

加强肋的布置应考虑到其方向尽量与熔体充模流动方向一致, 以避免熔体流动干扰、影响成型质量。加强肋的设置应避免或减少塑料局部集中, 否则会产生缩孔、气泡等缺陷, 如图 3.6 所示。图 3.6b 的结构比图 3.6a 合理。

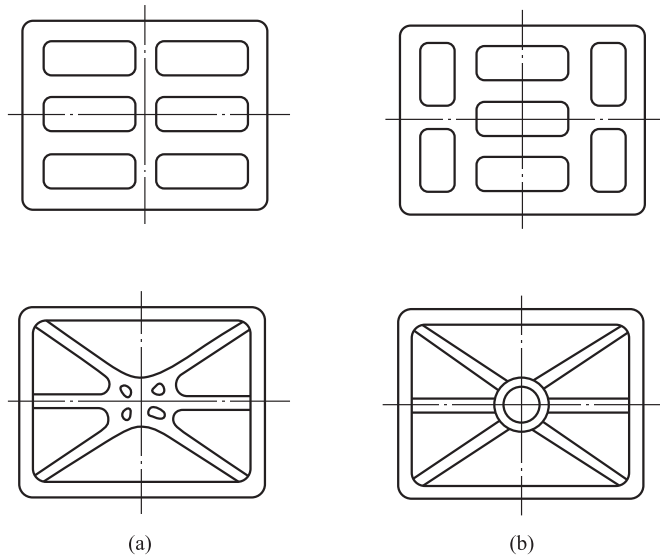


图 3.6 加强肋的布置

除了采用加强肋外, 对于薄壁容器或壳类件, 可以通过适当改变其结构或形状达到提高其刚度、强度和防止变形的目的。图 3.7 所示为容器底与盖的加强, 图 3.8 所示为容器边缘的加强。

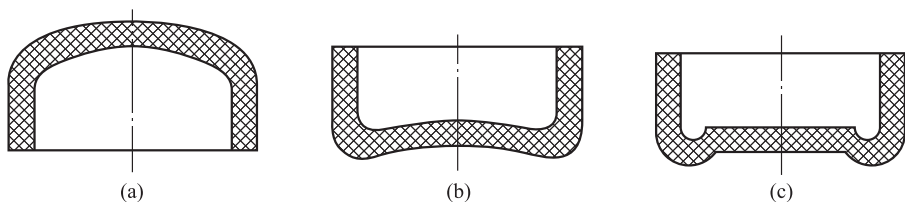


图 3.7 容器底与盖的加强

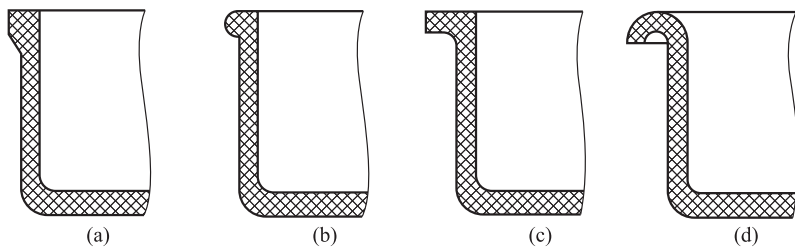


图 3.8 容器边缘的加强

### 3.7 支 承 面

支承面是用于放置物体的平面,要求物体放置后平稳。图 3.9a 所示的塑件以整个底面作为支承是不合理的,因为塑件稍有翘曲变形就会使底面不平。通常采用的是以凸出的边框支承或底脚(三点或四点)支承,如图 3.9b、c 所示。

当塑件底部有加强肋时,应使加强肋与支承面至少相差 0.5 mm 的高度,如图 3.9d 所示。

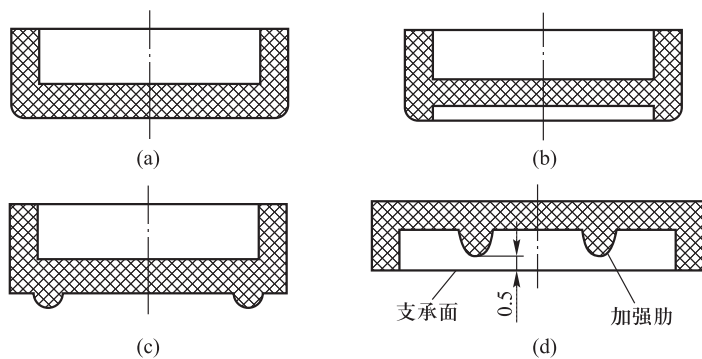


图 3.9 支承面的结构

### 3.8 圆 角

带有尖角的塑件,在成型时往往会在尖角处产生局部应力集中,在受力或冲击下会发生开裂。为避免这种情况的出现,除塑件使用上要求尖角外,其余转角处均应尽可能采用圆弧过渡。

采用圆弧过渡可增加塑件的美观程度和塑件的强度,也大大改善了充模流动特性。另外,塑件的圆角对应于模具也呈圆角,这样增加了模具的坚固性,在一定程度上减少了模具热处理或使用后因应力集中而导致开裂现象的出现。

图 3.10 所示为塑件受力时应力集中系数与圆角半径的关系。由图 3.10 中可以看出,理想的内圆角半径应为壁厚的 1/3 以上。通常塑件内壁圆角半径应是壁厚的一半,而外壁圆角半径可为壁厚的 1.5 倍,一般圆角半径不应小于 0.5 mm,壁厚不等的两壁转角可按平均壁厚确定内、外圆角的半径。对于塑件的某些部位(如在分型面、型芯与型腔配合等处)不便制成圆角的,则只能采用尖角。

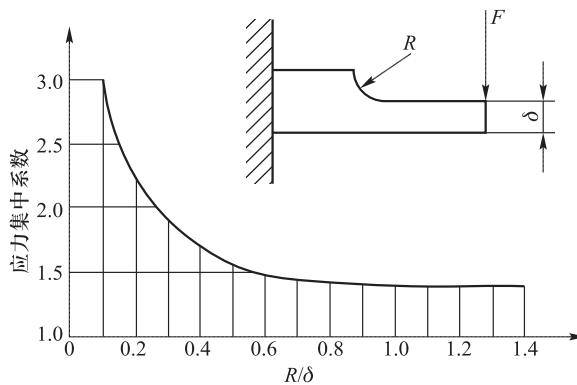


图 3.10  $R/\delta$  与应力集中系数的关系

### 3.9 孔的设计

塑件上常见的孔有通孔和盲孔两类,孔的断面形状有圆孔、矩形孔、螺纹孔及特殊形状的孔等。孔的位置应设置在不易削弱塑件强度的地方。在孔之间和孔与边缘之间应留有足够的距离。塑件上孔间距和孔与边壁的最小距离见表 3.7。一般孔与孔的边缘或孔边缘与制件外壁的距离应不小于孔径。塑件上固定用孔和其他受力孔的周围可设计一个凸台来加强,如图 3.11 所示。

表 3.7 热固性塑料孔与边壁最小距离

mm

孔径	孔与边壁最小距离	孔与孔之间剩下的净距离	孔径	孔与边壁最小距离	孔与孔之间剩下的净距离
1.6	2.4	3.6	6.4	6.4	11.1
2.4	2.8	4.8	8.0	8.0	14.3
3.2	4.0	6.4	9.5	8.7	18.2
4.8	5.5	8.0	12.8	11.1	22.2

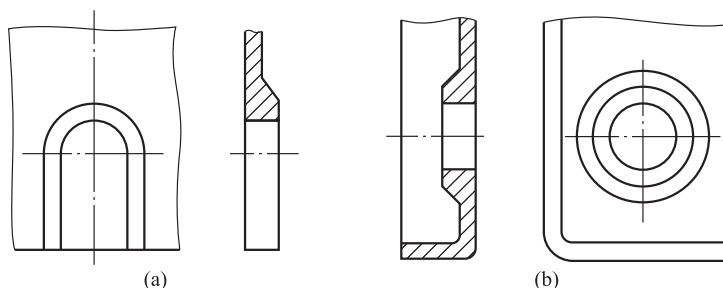


图 3.11 孔的加强

## 1. 通孔

通孔的成型通常有三种方法,如图 3.12 所示。图 3.12a 所示是用由一端固定的型芯来成型,这时孔的一端容易产生横向飞边,且由于型芯相当于悬臂梁的单支点固定,当孔径较小或孔较深时,会因受成型时熔体的冲击,容易发生弯曲变形甚至折断等现象。所以,该法一般用于成型孔的直径较大和深度较浅的场合。图 3.12b 由一端固定的两个型芯来成型,同样在两型芯接合处容易产生横向飞边。该结构与图 3.12a 相比,增加了单个型芯的稳定性和强度,但由于不能很好地保证两孔的同轴度,所以为了满足安装和使用上的要求,常常将两个型芯直径尺寸设计成相差  $0.5 \sim 1 \text{ mm}$ 。该方法可用于成型较深而轴向精度要求不高的通孔。图 3.12c 由一端固定、另一端导向支撑的双支点型芯来成型。该结构大大提高了型芯的刚度、强度和孔的同轴度,但当导向部分磨损后,会在导向口处出现纵向飞边。该法可用于成型较深且有轴向精度要求的通孔。

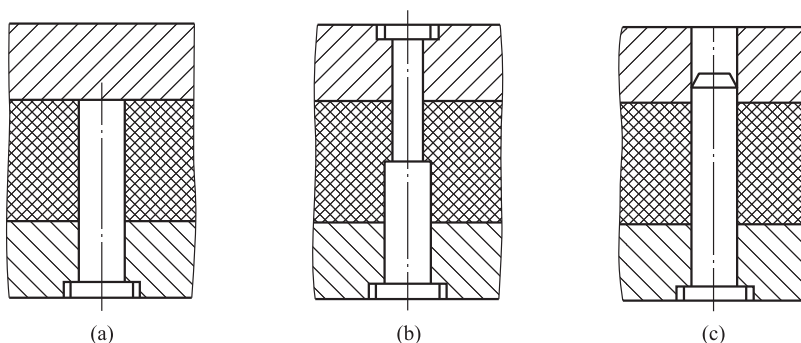


图 3.12 通孔的成型方法

## 2. 盲孔

盲孔只能用一端固定的单支点型芯来成型,因此其深度应浅于通孔。注射成型或压注成型时,孔深应不超过孔径的 4 倍;压缩成型时,孔深应更浅些:平行于压缩方向的孔深一般不超过孔径的 2.5 倍,垂直于压缩方向的孔深不超过孔径的 2 倍。如塑件上确实需要较深且垂直于压缩方向的盲孔时,为防止型芯弯曲,可在型芯下面设置支承柱。一般情况下,对于直径小于  $1.5 \text{ mm}$  的孔或深度太大的孔最好用成型后再机加工的方法获得。如成型时能在钻孔的位置上压出定位

浅孔,则会给后续加工带来很大的方便。

### 3. 特殊孔

对于斜孔或形状复杂的特殊孔可以采用相应的拼合型芯来成型,以避免侧向抽芯,图 3.13 为常见的例子。在塑件设计时应尽量避免形状过于复杂的孔,因为这会造成模具制造的困难及其成本的提高。

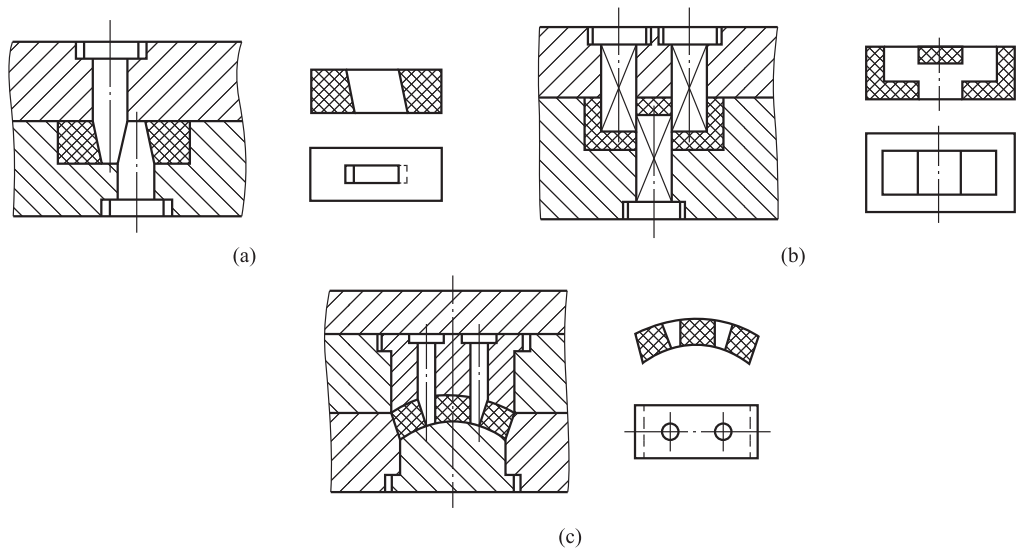


图 3.13 特殊孔型芯的拼合形式

## 3.10 螺纹的设计

塑件上的螺纹可以直接用模具成型,也可以用后续的机加工成型,在经常装拆和受力较大的地方,则通常采用金属螺纹嵌件。塑件上螺纹的设计应注意以下几点。

(1) 由于塑料螺纹的强度仅为金属螺纹强度的  $1/10 \sim 1/5$ ,所以塑件上螺纹应选用螺牙尺寸较大者,螺纹直径小时不宜采用细牙螺纹(参见表 3.8),否则会影响其使用强度。另外,塑料螺纹的精度也不能要求太高,一般低于 3 级。

(2) 塑料螺纹在成型过程中,由于螺距容易变化,因此一般塑料螺纹的螺距不应小于  $0.7 \text{ mm}$ ,注射成型螺纹直径不得小于  $2 \text{ mm}$ ,压缩成型螺纹直径不得小于  $3 \text{ mm}$ 。

(3) 当不考虑螺纹螺距收缩率时,塑件螺纹与金属螺纹的配合长度不能太长,一般不大于螺纹直径的 1.5 倍(或 7~8 牙),否则会降低与之相旋合螺纹间的可旋入性,还会产生附加应力,导致塑件螺纹的损坏及连接强度的降低。

(4) 为增加塑件螺纹的强度,防止最外圈螺纹可能产生的崩裂或变形,应使其始末端留出一定距离,如图 3.14 所示。同时,始末端不要突然开始和结束,须留有一定的过渡段  $l$ ,其数值按表 3.9 选取。

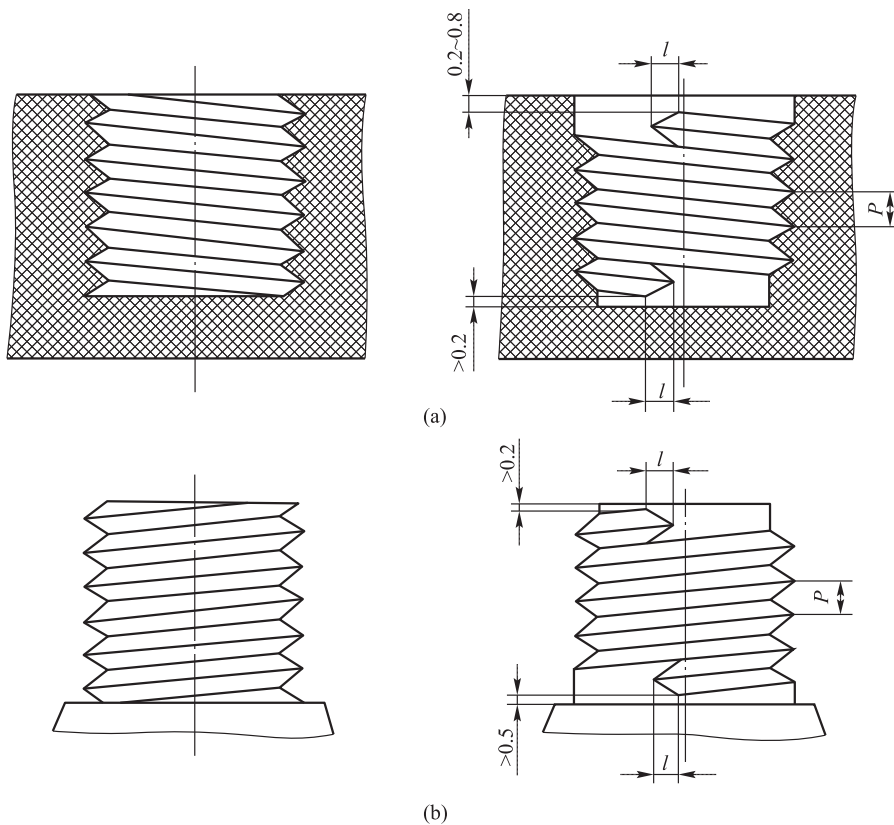


图 3.14 塑件螺纹的正误形状

(5) 在同一螺纹型芯或型环上有前后两段螺纹时,应使两段螺纹的旋向相同,螺距相等,以简化脱模。否则需采用两段型芯或型环组合在一起的形式,成型后再分段旋下。

表 3.8 塑件螺纹选用范围

螺纹公称直径/mm	螺纹种类				
	公制标准螺纹	1级细牙螺纹	2级细牙螺纹	3级细牙螺纹	4级细牙螺纹
<3	+	-	-	-	-
3~6	+	-	-	-	-
6~10	+	+	-	-	-
10~18	+	+	+	-	-
18~30	+	+	+	+	-
30~50	+	+	+	+	+

注:表中“+”号表示能选用螺纹。

表 3.9 塑件螺纹始末端的过渡长度

mm

螺纹直径	螺距 $P$		
	$<0.5$	$0.5 \sim 1.0$	$>1.0$
	始末端的过渡长度 $l$		
$\leq 10$	1	2	3
$10 \sim 20$	2	3	4
$20 \sim 34$	2	4	6
$34 \sim 52$	3	6	8
$>52$	3	8	10

注:始末端长度相当于车制金属螺纹型芯或型腔时的退刀长度。

### 3.11 齿轮设计

由于塑料齿轮具有重量轻、弹性模量小、在同样制造精度下比钢和铸铁齿轮传动噪声小等特点,因此近年来在机械电子工业中得到越来越广泛的应用,目前主要用于精度和强度要求不太高的传动机构中。常用于塑料齿轮的塑料有尼龙、聚碳酸酯、聚甲醛和聚砜等。为了使塑料齿轮适应注射成型工艺,保证轮辐、腹板和轮毂有相应的厚度,对齿轮的各部分尺寸有一定的要求,如图 3.15 所示。轮缘宽度  $t$  至少为全齿高  $h$  的 3 倍;腹板厚度  $H_1$  应等于或小于齿宽厚度  $H$ ;轮毂厚度  $H_2$  应大于或等于齿宽厚度  $H$ ,并相当于轴孔直径  $D$ ;轮毂外径  $D_1$  最小应为轴孔直径  $D$  的 1.5~3 倍。

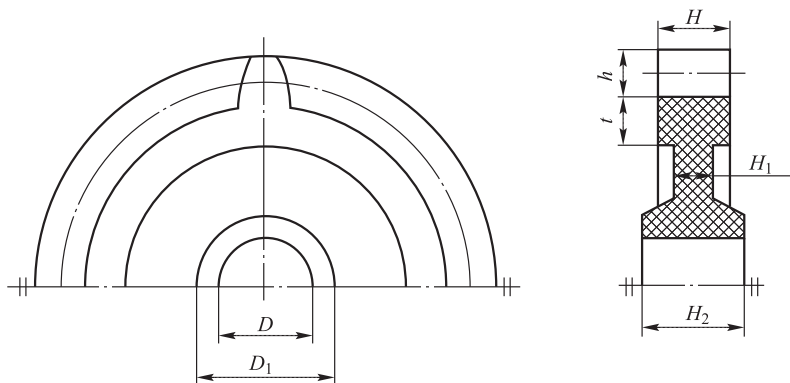


图 3.15 塑料齿轮的尺寸

另外还应注意,为减小塑料齿轮尖角处的应力集中和成型时应力的影响,应尽量避免截面尺寸的突然变化或出现尖角,尽可能加大各表面相接或转折处的圆角及过渡圆弧的半径。同时,为避免装配时产生应力,轴与孔应尽可能不采用过盈配合,而采用销钉或半月形孔配合的形式,如图 3.16 所示。

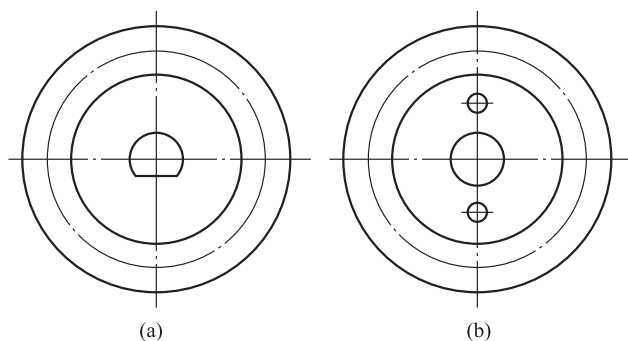


图 3.16 塑料齿轮的固定形式

对于薄壁齿轮,壁厚不均会引起齿型歪斜,采用无轮毂无轮缘的结构可以很好地改善这种情况。但在腹板上有如图 3.17a 所示的大孔时,因孔在成型冷却时很少向中心收缩,会使齿轮歪斜,对此可采用如图 3.17b 所示的腹板结构。

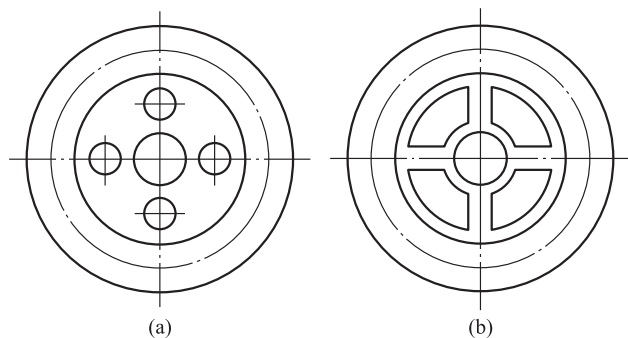


图 3.17 塑料齿轮腹板和轮辐结构

## 3.12 嵌件和自攻螺钉孔设计

### 1. 嵌件的用途及形式

注射成型时,镶嵌在塑件内部的金属或非金属件(如玻璃、木材或已成型的塑料等)称为嵌件。镶入嵌件的目的是为了提髙塑件的局部强度,满足某些特殊的使用要求(如导电、导磁、耐磨和装配连接等),以及保证塑件的精度、尺寸形状的稳定性和等。但是,采用嵌件往往会增加塑件的成本,使模具结构复杂,并带来注射时间延长,且难于实现生产自动化等问题。因此,塑件设计时应慎重合理地选择嵌件,并尽可能避免使用嵌件。

常见的嵌件形式如图 3.18 所示。图 3.18a 为圆筒形嵌件;图 3.18b 为带螺纹孔的嵌件,它常用于经常拆卸或受力较大的场合以及导电部位的螺纹连接;图 3.18c 为带台阶的圆柱形嵌件;图 3.18d 为片状嵌件;图 3.18e 为细杆状贯穿嵌件。

### 2. 嵌件的设计

1) 嵌件与塑件应牢固连接 为了使嵌件牢固地固定在塑件中,防止嵌件受力时在塑件内转



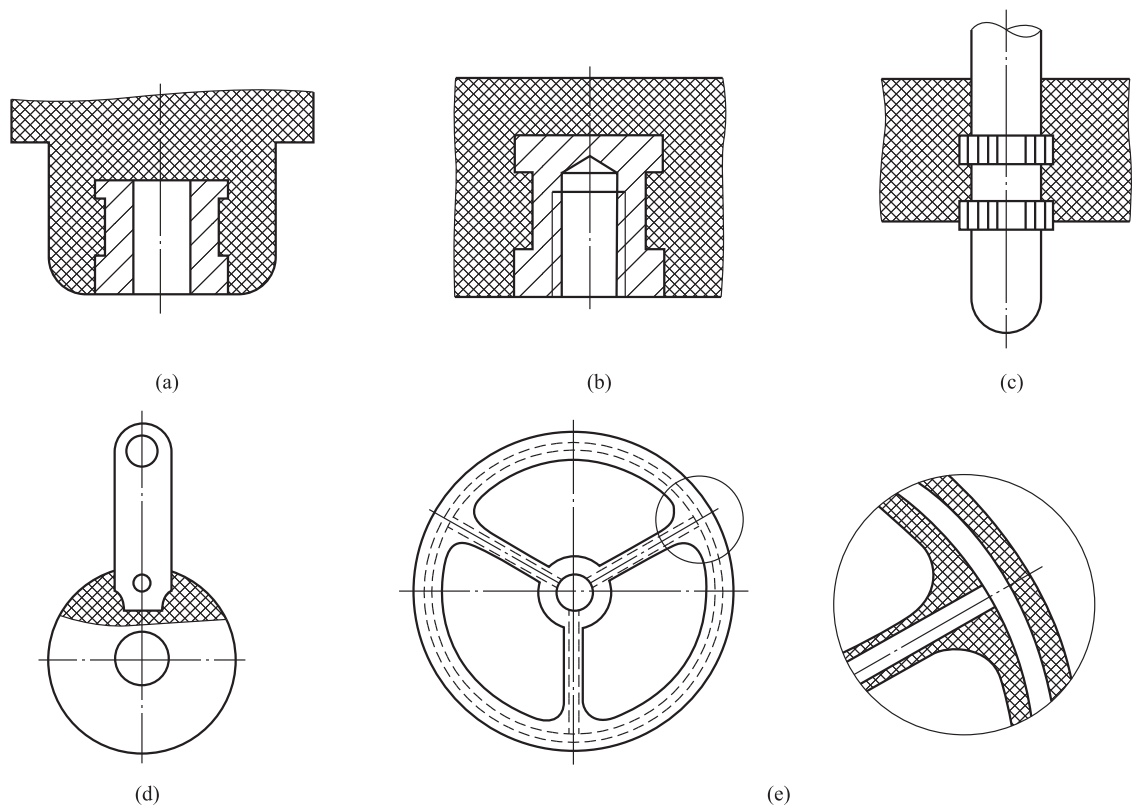


图 3.18 常见嵌件形式

动或轴向移动,嵌件表面必须设计成适当的起伏形状。菱形滚花是最常用的,如图 3.19a 所示,其抗拉和抗扭的力比较大。在受力大的场合可以在嵌件上开设环状沟槽,小型嵌件上沟槽的宽度应不小于 2 mm,深度为 1~2 mm。采用直纹滚花嵌件,如图 3.19b 所示,可降低轴向应力,但必须开设环形沟槽,以免受力轴向移动。薄壁管状嵌件可采用边缘翻边固定,如图 3.19c 所示。片状嵌件可以用切口、孔眼或局部折弯来固定,如图 3.19d 所示。针状嵌件可采用砸扁其中一段或折弯等办法来固定,如图 3.19e 所示。

2) 嵌件应在模具内有可靠定位和配合 为避免嵌件在成型过程中受高压高速的塑料流冲击而可能发生位移或变形,同时也防止塑料挤入嵌件上预留的孔或螺纹中影响其使用,安放在模具内的嵌件必须有可靠定位和配合。图 3.20 中所示为外螺纹嵌件在模内的固定形式。图 3.20a 是利用嵌件上的光杆部分和模具配合;图 3.20b 是利用凸肩的形式与模具配合,既增加了嵌件的稳定性,又可以阻止塑料流入螺纹中;图 3.20c 是采用的凸出圆环,可在成型时被压紧在模具上形成密封环,阻止了塑料的溢入。

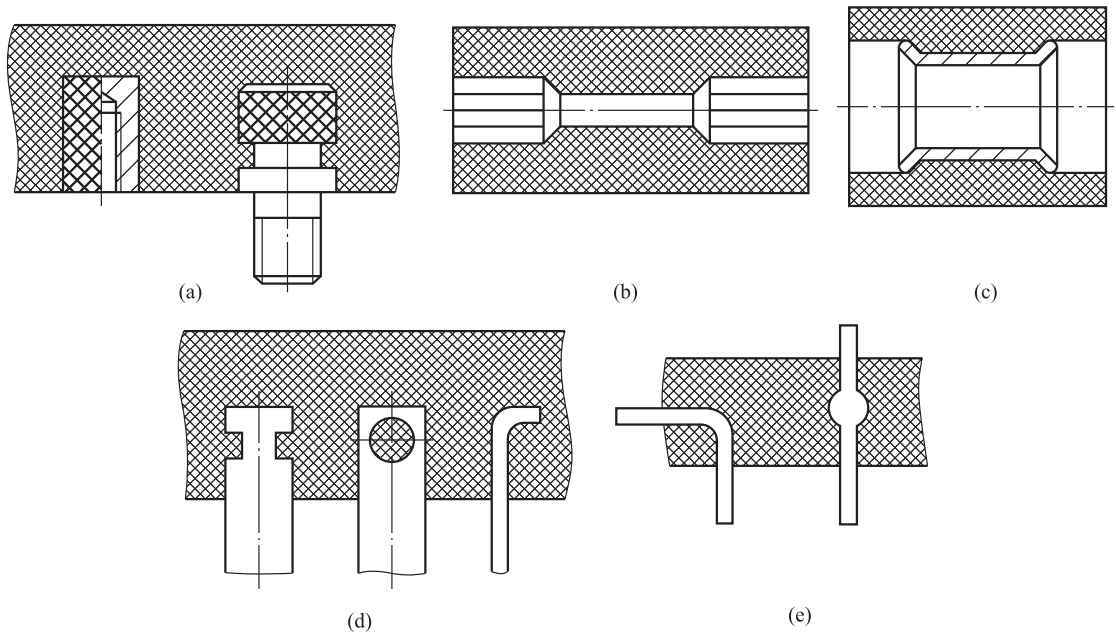


图 3.19 嵌件在塑件内的固定

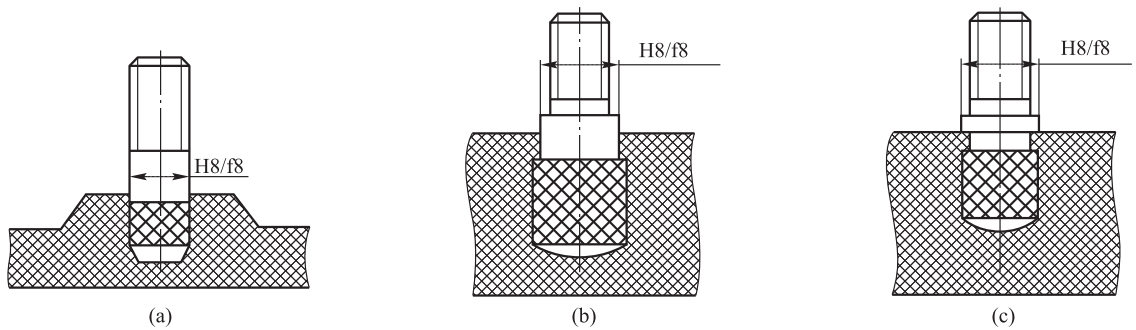


图 3.20 外螺纹嵌件在模内的固定形式

图 3.21 中所示为内螺纹嵌件在模内的固定形式。图 3.21a 为嵌件直接插在模内的光杆上；图 3.21b 为以一凸出的台阶与模具上的孔相配合，增加了定位的稳定性和密封性；图 3.21c 为以模具上的凸出圆环和内螺纹嵌件相配合的形式；图 3.21d 是采用内部台阶与模具上的插入杆配合。对于通孔螺纹嵌件，多采用将嵌件拧在具有外螺纹杆件上再插入模具的方法，当注射压力不大且螺牙很细小（M3.5 mm 以下）时也可直接插在模具的光杆上，此时，塑料可能挤入一小段螺纹牙缝内，但不会妨碍多数螺纹牙。

嵌件与模具内安装孔的配合为 H8/f8。

3) 细长或片状嵌件的防变形措施 在注射成型过程中，塑料的压力会使嵌件发生位移或变

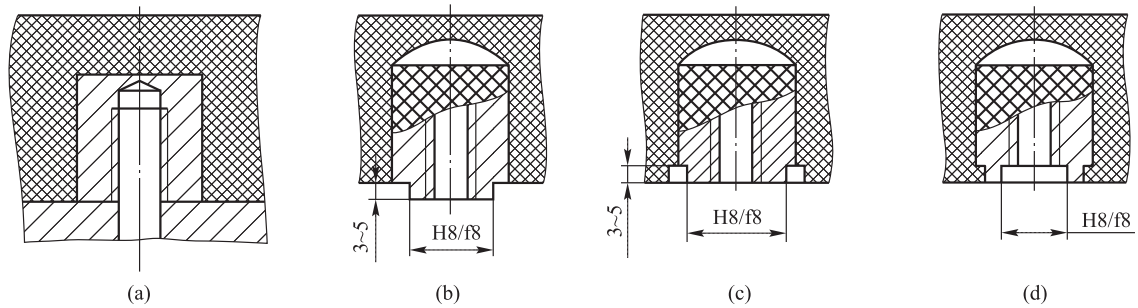


图 3.21 内螺纹嵌件在模内的固定形式

形,所以在嵌件设计时,无论杆形或环形嵌件,其高度不宜超过其定位部分直径的两倍。当嵌件过高或呈细长或片状时,应在不影响塑件使用下,于模具上设置支柱,如图 3.22a 所示。对于薄壁状嵌件,可在塑料流动的方向上打孔以减小嵌件的受力,如图 3.22b 所示。

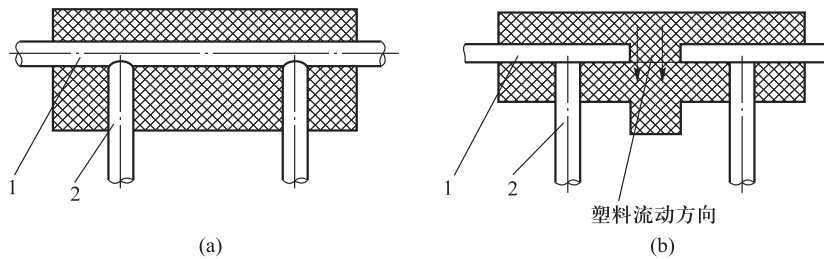


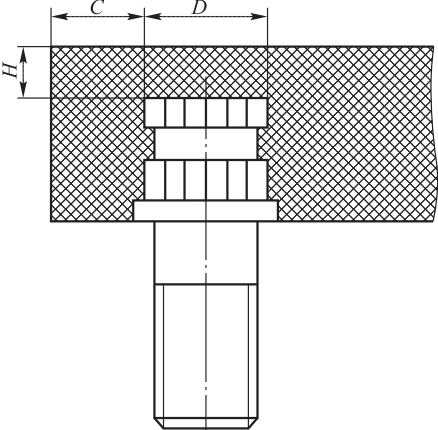
图 3.22 细长嵌件在模内的支撑固定

1—嵌件;2—支柱

4) 嵌件的周围有足够的塑料层厚度 由于金属嵌件冷却时尺寸的变化值与塑料的热收缩值相差很大,致使嵌件周围产生较大的应力,甚至造成塑件的开裂。对某些刚性强的工程塑料更甚,而对于弹性大的塑料则应力值较低。因此,一方面应尽量选用与塑料线膨胀系数相近的金属作嵌件,另一方面应使嵌件的周围塑料层具有足够的厚度。对于酚醛及相类似的热固性塑料,嵌件周围塑料层厚度可参照表 3.10 选取。同时,嵌件不应带尖角,以减少应力集中。热塑性塑料注射成型时,应将大型嵌件预热到接近于物料温度。对于应力难以消除的塑料,可先在嵌件周围被覆一层高聚物弹性体或在成型后通过退火处理来降低应力。嵌件的顶部也应有足够厚的塑料层,否则嵌件顶部塑件表面会出现鼓包或裂纹。

表 3.10 金属嵌件周围塑料层厚度

mm

图例	金属嵌件 直径 $D$	周围塑料层 最小厚度 $C$	顶部塑料层 最小厚度 $H$
	$\leq 4$	1.5	0.8
	$> 48$	2.0	1.5
	8~12	3.0	2.0
	12~16	4.0	2.5
	16~25	5.0	3.0

### 3. 自攻螺钉孔

塑件上各种螺纹连接的结构要求是大量采用嵌件的重要原因,目前对塑件上装拆次数不多的螺纹通常采用自攻螺钉的形式,即用光孔代替内螺纹嵌件,从而大大提高了模塑效率。

自攻螺钉孔有两种形式:切割螺纹螺钉孔和旋压螺纹螺钉孔。切割螺纹螺钉孔适用于硬度、刚性较大的材料(如 PS、ABS 等)和承受载荷、振动较小的场合,这种螺钉孔的侧面开有沟槽,成锋利的切削刀状,螺钉旋入时像攻螺纹一样在光孔内一面旋入一面切削出螺纹槽,孔的深度要比螺钉长,以便存储切屑。旋压螺纹螺钉孔常用于弹性较好的塑料(如 PE、PP 等)和装拆次数要求较多的场合,由于旋压螺纹螺钉在旋入时会产生很大的侧向压力,故应用于弹性模量大的材料(如 PS、ABS、PC 等)时,应避免可能发生的应力开裂。

自攻螺钉孔设计时,对于切割螺纹的螺钉孔,其孔径等于螺钉的中径;旋压螺纹螺钉孔的孔径等于螺钉中径的 80%。为保证足够的连接强度,螺钉旋入的最小深度必须等于或大于螺钉外径的 2 倍。自攻螺钉的孔一般设计成圆管状,为承受旋压产生的应力和变形,圆管外径约为内径的 3 倍,高度为圆管外径的 2 倍,孔深应超过螺钉的旋入长度。以自攻螺钉 M3 的孔为例,其底孔支座尺寸如表 3.11 所示。

表 3.11 自攻螺钉底孔支座典型尺寸

图例	固定部分尺寸/mm			脱模斜度/(°)	
	$T$	2.5~3.0	3.5	$\frac{0.5(D'-D)}{H} = \frac{1}{30} \sim \frac{1}{20}$	
	$D'$	7	7		8
	$D$	6	6.5		7
	$t$	$T/2$ 或 1.0~1.5			
	$d$	2.6			
	$d'$	2.3			

注： $H$  以小于 30 mm 为宜。

### 3.13 铰 链

利用某些塑料(如聚丙烯)的分子高度取向的特性,可将带盖容器的盖子和容器通过铰链结构直接成型为一个整体,这样既省去了装配工序,又可避免金属铰链的生锈。常见铰链截面形式如图 3.23 所示。铰链的设计要点如下:

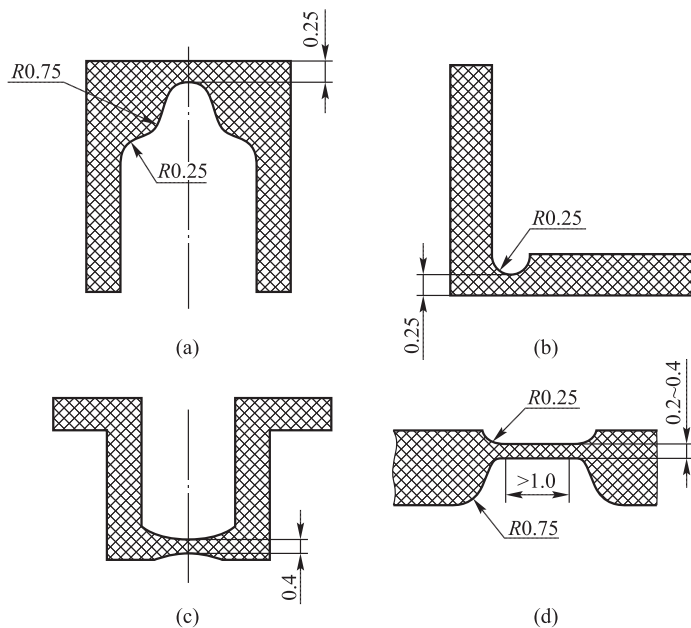


图 3.23 常见塑料铰链

(1) 铰链部分厚度应减薄,一般为 0.2~0.4 mm,且其厚度必须均匀一致,壁厚的减薄处应以圆弧过渡。

(2) 铰链部分的长度不宜过长,否则折弯线不在一处,影响闭合效果。

(3) 在成型过程中,熔体流向必须垂直于铰链轴线方向,以使大分子沿流动方向取向,脱模后立即折弯数次。

### 3.14 标记、符号、文字

塑件上的标记、符号有凸形和凹形两种。当塑件上的标记、符号为凸形时,模具上就相应地为凹形,如图 3.24a 所示,它在制模时比较方便,可直接在成型零件上用机械或手工雕刻或电加工等方法成型。当塑件上的标记、符号为凹形时,模具上就相应地为凸形,如图 3.24b 所示,它在制模时要把标记符号周围的金属去掉,很不经济,制造也比较困难。当标记、符号为凸形时,为了便于成型零件表面的抛光及避免标记、符号的损坏,一般尽量在有标记、符号的地方于模具上镶上相应的镶块,为避免镶嵌的痕迹可将镶块周围的结合线作为边框,如图 3.24c 所示。塑件上标记的凸出高度不小于 0.2 mm,线条宽度一般不小于 0.3 mm,通常以 0.8 mm 为宜。两条线的间距不小于 0.4 mm,边框可比字高出 0.3 mm 以上,标记的脱模斜度可大于  $10^\circ$ 。

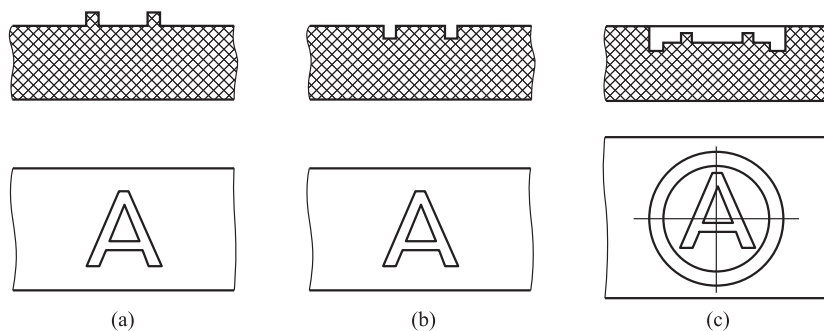


图 3.24 塑料制件上的标记符号

### 思考题

1. 影响塑件尺寸精度的主要因素有哪些?
2. 什么是塑件的脱模斜度? 脱模斜度选取应遵循哪些原则?
3. 绘出有台阶的通孔成型的三种形式的结构简图。
4. 塑料螺纹设计要注意哪些内容?
5. 何谓嵌件? 嵌件设计时应注意哪几个问题?
6. 为什么设计塑料制件时壁厚应尽量均匀?