

电器显示屏防尘盖模具设计



项目内容描述

如图 1-1 所示, 该产品是某企业生产的电器显示屏防尘盖, 作用是防尘、保护内部构件。塑料件要求表面质量一般, 不能有波浪纹、气泡、银丝、熔接痕与推杆痕迹, 要求尺寸精度高, 不能有错位、飞边等, 壁厚为 1.5mm。产品使用寿命不能低于 10 年, 生产批量为 110 万件, 根据上述要求, 为该产品选择塑料原料并设计一套注射模具。

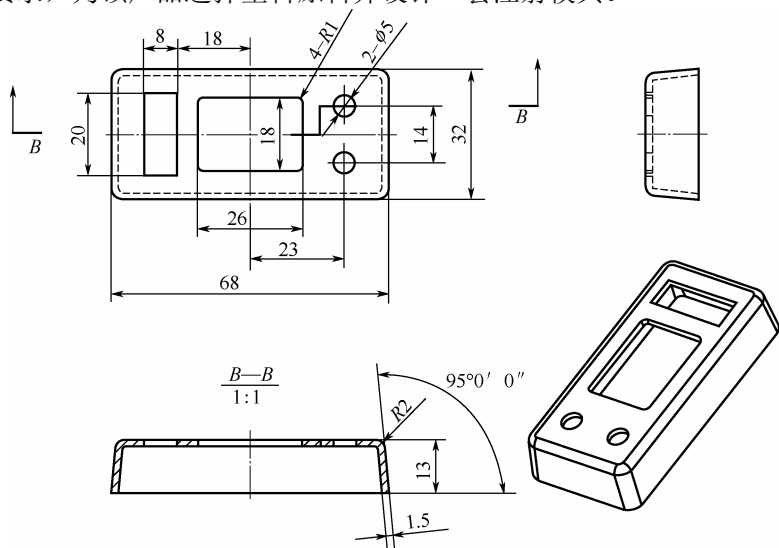


图 1-1 电器显示屏防尘盖产品图

任务 1 认识并选用合适的塑料



知识目标

1. 塑料的组成及性能。
2. 塑料的分类。
3. 塑料的工艺特性。



能力目标

1. 认识常见塑料。

2. 合理选用塑料。



相关知识

塑料是指以树脂为主要成分，并加入其他添加剂的高分子聚合物，它在一定的温度和压力条件下具有流动性，可以被成型为一定几何形状和尺寸，并在成型固化后能保持其既得的形状。塑料颗粒如图 1-2 所示。



图 1-2 塑料颗粒

高分子聚合物是指由成千上万个含有反应功能团的一种或几种结构的单体通过加聚或缩聚反应的具有链状分子结构的高分子链，其相对分子质量一般可自几万至几十万、几百万，甚至几千万。而一般的低分子（小分子）物质仅为几十至几百。例如，一个水分子含有一个氧原子和两个氢原子，水的相对分子质量为 $16+2\times 1=18$ ，石灰石的相对分子质量为 100，焦糖的相对分子质量为 324。

高分子聚合物的原子之间具有很强的作用力，分子之间的长链会卷曲缠绕，这些缠绕在一起的分子即可相互吸引又可相互排斥，所以使塑料产生了弹性。高分子聚合物在受热时不像一般低分子物质那样有明显的熔点，这是因为从长链的一端加热到另一端需要一定的时间，即需要经历一段软化的过程，因此塑料便具有了可塑性。

高分子聚合物没有精确、固定的相对分子质量，因为同一种高分子聚合物所含的相对分子质量也并不一样，因此只能采用平均相对分子质量来表述。例如，低密度聚乙烯（LDPE）的平均相对分子质量为 25 000~150 000；高密度聚乙烯（HDPE）的平均相对分子质量是 70 000~300 000；天然橡胶为 400 000。同一种高分子聚合物的相对分子质量不同，其材料的性能将存在很大的差异。

一、塑料的组成及性能

1. 塑料

塑料是由树脂为主要成分并添加一定量的添加剂而组合成的高分子聚合物。

2. 树脂

树脂受热时通常有转化或熔融范围，转化时受外力作用具有流动性，常温下呈固态或半固态或液态的有机聚合物，它是塑料最基本的，也是最重要的成分，决定塑料的类型和基本性能。其作用是胶粘其他成分材料，赋予塑料可塑性和流动性。树脂分为天然树脂和合成树脂两

大类。

(1) 天然树脂是指由自然界中动植物分泌物所得的无定形有机物质, 有从树木分泌出来的脂物, 如松香、琥珀; 有热带昆虫的分泌物, 如虫胶; 有从石油中得到的, 如沥青等。

(2) 合成树脂是用人工合成的方法, 将简单有机物经化学合成或某些天然产物经化学反应而得到的树脂产物, 如环氧树脂、聚乙烯、聚氯乙烯、酚醛树脂、氨基树脂等。如图 1-3 所示是聚乙烯链节。

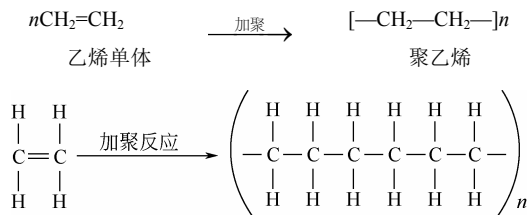


图 1-3 聚乙烯支链节

链节是高分子化合物中重复出现的结构单元, 如聚乙烯的结构单元是 $-\text{CH}_2-\text{CH}_2-$ 。

因为天然树脂产量有限, 性能较差, 远远不能满足目前工业生产的需要, 所以在生产中, 一般都是采用合成树脂。各种合成树脂都是人工将低分子化合物单体通过合成方法生产出的高分子化合物, 它们的相对分子质量一般都大于 1 万, 有的甚至可以达到百万级, 所以化学上也常将它们称为聚合物或高聚物。

也可以认为, 塑料是一种由聚合物和某些助剂结合而成的高分子聚合物。助剂有填充剂、增塑剂、润滑剂、着色剂、硬化剂、发泡剂、稳定剂、抗氧化剂等。

注意 我们可以这样简单认为: 塑料=树脂+添加剂。

3. 添加剂的分类及作用

(1) 增塑剂: 提高塑性、流动性和柔软性; 降低刚性和脆性; 改善塑料的工艺性能和使用性能。常用的增塑剂是液态或低熔点固体有机物, 主要有甲酸酯类、磷酸酯类和氯化石蜡等。

(2) 稳定剂: 凡能阻缓材料变质的物质称为稳定剂, 分为热稳定剂、光稳定剂、抗氧化剂等。它的主要作用就是抑制或防止树脂在加工或使用过程中受热而降解。

(3) 润滑剂: 为防止塑料在成型过程中黏模, 减少塑料对模具的摩擦, 改善塑料的流动性, 提高制件表面的光泽度而加入的添加剂。

(4) 着色剂: 起装饰美观的作用, 某些着色剂还能提高塑料的光稳定性、热稳定性和耐候性。着色剂分为颜料和染料两类。颜料又分为无机颜料和有机颜料两类。

无机颜料: 着色能力、透明性、鲜艳性较差, 但耐光性、耐热性、化学稳定性较好, 不易褪色。

染料: 色彩鲜艳, 颜色齐全, 着色能力、透明性好, 性能与无机颜料相反。

有机颜料的特性介于无机颜料和染料之间。

(5) 填充剂: 是重要的但非必不可少的成分, 其作用是为了降低塑料中树脂的使用量, 以便降低制件成本; 其次是为了改善塑料的加工性能和使用性能, 如塑料的硬度、刚度、冲击强度、电绝缘性、耐热性、成型收缩率等。填充剂按化学性能可分为有机填料和无机填料; 按形状可分为粉状、纤维状、层状(片状)。常见的填充剂有木粉、云母、石英和石棉、滑石粉、石墨粉等。

(6) 增强剂：用于改善塑料制件的机械力学性能，如玻璃纤维、石棉纤维、亚麻纤维、碳纤维等。

(7) 固化剂：在热固性塑料成型时，有时要加入一种可以使合成树脂完成交联反应而固化的物质，如六甲基四胺、乙二胺、顺丁烯二酸酐等。

(8) 其他辅助剂：有阻燃剂、发泡剂、静电剂、导磁剂、相溶剂等。

4. 塑料的特性及用途

(1) 密度、质量小。密度为 $0.83 \sim 2.3 \text{g/cm}^3$ ，但多集中在 $1.0 \sim 1.423 \text{g/cm}^3$ 。若采用发泡工艺生产泡沫塑料，则塑料的密度将会更小，其数值可以小到 $0.01 \sim 0.5 \text{g/cm}^3$ 。

(2) 比强度高。按单位质量计算的强度称为比强度，由于塑料的密度小，所以其比强度比较高。例如，一般钢材的拉伸比强度约为 160MPa ，而用玻璃纤维增强的塑料拉伸比强度可高达 $170 \sim 400 \text{MPa}$ 。碳纤维增强塑料可用于制造卫星、火箭、导弹上的零件。

(3) 绝缘性能好、介电损耗低。它可用于制作插头、插座、开关、手柄、电视机外壳等。

(4) 化学稳定性高。对酸、碱和许多化学药物都具有良好的耐腐蚀能力，其中聚四氟乙烯塑料的化学稳定性最高，它的抗腐蚀能力比黄金还要好，可以承受“王水”（强酸）的腐蚀，所以称为“塑料王”。它可用于制作各种管道、密封件和换热器等。

(5) 减摩、耐磨性能好。可用于制作齿轮、刹车块、自润滑轴承、密封圈等。

(6) 减振、隔音性能好。因为聚合物高分子的柔韧性和弹性，当其遭到频繁的机械冲击和振动时，内部将产生黏性内耗，这种内耗可以把塑料从外部吸收进来的机械能量转换成内部热能，从而也就起到了吸振和减振的作用。它可用于制作保险杆、内装饰板等。

注意 塑料的缺陷是不耐热，容易在阳光、大气、压力和某些介质作用下老化。

二、塑料的类型与应用

1. 根据塑料受热后所表现的性能可分为两大类

(1) 热塑性塑料：是指在特定温度范围内能反复加热软化和冷却硬化的塑料，其分子结构从开始到结束始终是线型或支链型结构，如图 1-4 所示。

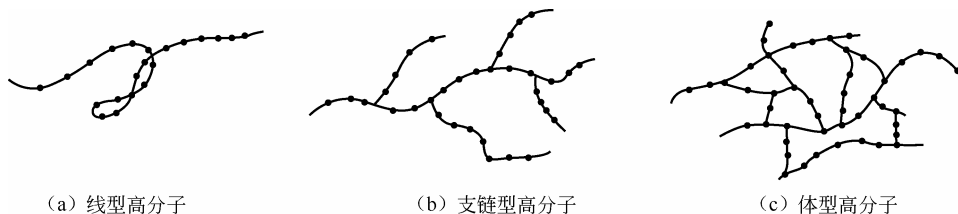


图 1-4 高分子聚合物链状结构

属于热塑性塑料的有：聚乙烯（PE）、聚丙烯（PP）、聚氯乙烯（PVC）、聚苯乙烯（PS）、丙烯腈-丁二烯-苯乙烯共聚物（ABS 塑料）、聚甲基丙烯酸甲酯（PMMA 有机玻璃）、聚酰胺（PA 尼龙）、聚甲醛（POM）、聚碳酸酯（PC）、热塑性的聚酯、聚砜（PSU）、聚苯醚（PPO）、聚四氟乙烯、聚三氟乙烯、聚全氟乙丙烯、氯化聚醚等。

(2) 热固性塑料：是指在受热或其他条件下能固化成不熔、不溶性物质的塑料，其分子结构受热前是线型结构，受热后交联固化成支链型结构，最终为体型结构，如图 1-4（c）所示。因此热固性塑料不能重复性使用。

属于热固性塑料的有：酚醛塑料（PF）、氨基塑料（AF）、环氧塑料（EP）、聚邻苯二甲酸二烯丙酯（PDAP）、有机硅塑料、硅酮塑料等。

2. 按塑料的性能及用途，可分为三种

（1）通用塑料：是指产量大、用途广、价格低的塑料。聚乙烯（PE）、聚丙烯（PP）、聚氯乙烯（PVC）、聚苯乙烯（PS）、酚醛塑料（PF）、氨基塑料（AF）等品种属于通用塑料。

（2）工程塑料：是指在工程技术中作为结构材料的塑料。这类塑料的力学性能、耐磨性、耐腐蚀性、尺寸稳定性等均较高。由于它既有一定的金属特性，又有塑料的优良性能，所以在机器制造、轻工、电子、日用、宇航、导弹、原子能等工程技术部门得到广泛应用，如聚酰胺、ABS、聚碳酸酯、聚甲醛、热塑性的聚酯、聚苯醚、聚砒、聚苯硫醚、聚酰亚胺等。

（3）增强塑料：是指在塑料中加入玻璃纤维、碳纤维等作为增强材料，以进一步改善塑料的力学、电学性能的塑料。增强塑料分为热固性增强塑料和热塑性增强塑料，热固性增强塑料又称玻璃钢。

注意 热塑性塑料、热固性塑料和通用塑料、工程塑料、增强塑料是按不同的分类依据而分类的，第一种分类与第二种分类可相互重叠。例如，聚乙烯（PE）按第一种分类就属于塑性塑料，而如果按第二种分类又属于通用塑料。

3. 塑料的应用

塑料的应用非常广泛，日常生活、轻工行业、重工行业都离不开它。特别是在日常生活中，随处可见塑料的踪影，如早上起来刷牙用的牙刷、漱口用的塑料杯、脚上穿的塑料拖鞋、装早餐的塑料饭盒、塑料袋等。



（a）PE 管件



（b）聚氨酯轮子



（c）PP 塑料瓶



（d）PP 塑料齿轮链条

图 1-5 塑料产品

三、塑料的主要成型方法

塑料的成型是指将配制好的塑料原料（粉料、粒料、溶液或分散体）在一定的工艺装备和工艺条件下塑制成所需形状、尺寸的塑料制品的过程。

根据塑料在不同温度与压力条件下的热力学特性，主要有下面六种成型方法。

1. 注射成型

注射成型又称注射模塑或注塑成型，几乎所有的热塑性塑料（除氟塑料外）及部分热固性皆可经注射成型而获得各种形状的塑料制品，其应用覆盖了国民经济的各个领域。

注射成型的过程是将粒状或粉状的塑料从注射机料斗加入塑化料筒内，经受热（电加热或加上螺杆的剪切摩擦热）而熔融塑化成黏流状态，然后熔融塑料在柱塞或螺杆的推动下经料筒前端喷嘴及模具的浇注系统而被注射进模具型腔，经过一定时间的保压及冷却，待制件在模具型腔内固化定型后，注射机锁模机构动作，打开模具，推出机构推出制件。

注射成型周期短，能在短时间内一次成型外形复杂、尺寸精确、带有金属或非金属嵌件的塑料制品，还是获得中空塑料制品型坯的重要工艺方法。注射成型对各种塑料的适应性强，生产效率高，易于实现全自动化生产，是目前塑料产品的主要成型方法。但注射成型的设备价格及模具制造费用较高，不适合单件及批量较小的塑料制品的生产，一般都批量生产。

2. 压缩成型

压缩成型的原理是将粉状、粒状、纤维状或经预压的块状塑料定量地加入处于成型温度下的模具型腔中，然后闭模及加压、加热，塑料在型腔内受热、受压，熔融塑化并向型腔各部位充填，待塑料充分固化定型后，卸压开模即得模压制件。

压缩成型主要用于热固性塑料的成型，也可用于热塑性塑料的成型。

3. 压注成型

压注成型又称传递成型，它是结合注射模塑的特点，在改进压缩成型的基础上发展起来的一种热固性塑料的成型方法。

压注成型原理是将热固性塑料置于高温的模具加料腔内，使其受热熔融塑化成黏流态，并在压柱的压力作用下，通过模具的浇注系统注射入闭合的模腔中；熔融塑料在此继续受热、受压，经交联固化而定型；最后打开模具获得所需形状的制件。

4. 挤出成型

挤出成型原理是借助于转动的螺杆，将料斗中粒状或粉状的塑料送入加热料筒中，料筒内的塑料在受到料筒外的电加热和螺杆的剪切摩擦热的作用而逐渐熔融塑化成黏流状态，与此同时，塑料还受到螺杆的搅拌而均匀分散，并不断推向前进；最后，塑化均匀的熔体通过具有一定形状的挤出模具并在定型、冷却、牵引和切断等一系列的辅助装置的作用下，成型为具有一定截面形状连续型材。

5. 中空成型

中空成型的原理是先通过挤出或注塑的成型方法生产出高弹态的塑料型坯；再把塑料型坯放入处于打开状态的瓣合式吹塑模具内，闭合模具；然后向型坯内吹入压缩空气，使高弹态塑料型坯胀开并紧贴在模腔表壁，经冷却定型后，获得与模具型腔一致的中空制件。

6. 固相成型

固相成型是指使塑料在黏流温度或熔点以下的固体状态下成型。

固相成型过程有板材的夹持、板材的加热、施压成型、冷却和脱模五个基本步骤。

四、塑料的工艺特性

塑料的性能包含使用性能和工艺性能两个方面。

使用性能体现了塑料的使用价值,包括塑料的物理性能、化学性能、力学性能、热性能、电性能等,这些性能都可用一定的指标来衡量并可以用一定的试验方法测定。

工艺性能体现了塑料的成型特性,包括塑料的收缩特性与收缩率、塑料状态与加工性、流动性、热敏性和水敏性、应力开裂与熔体破裂、热性能、吸湿性和水性、硬化特性。

1. 成型收缩率

制件从塑料模具中取出冷却到室温后,制件的各部分尺寸都比原来在塑料模具中的尺寸有所缩小,这种性能称为收缩性。

成型收缩率俗称“缩水率”,可用下式表达:

$$S_{\text{实}} = (A - B) / B \quad (1-1)$$

$$S_{\text{计}} = (C - B) / C \quad (1-2)$$

式中 $S_{\text{实}}$ ——实际收缩率(%)；

$S_{\text{计}}$ ——计算收缩率(%)；

A ——制件在成型温度时的单向尺寸(mm)；

B ——制件在室温下的单向尺寸(mm)；

C ——塑模在室温下的单向尺寸(mm)。

收缩又可分为线尺寸收缩和后收缩。

线尺寸收缩是指由于热胀冷缩、制件内部的物理或力学变化等原因,导致制件脱模冷却到室温后,发生的尺寸缩小现象。

后收缩是指塑料制件脱模后,因各种残余应力的松弛将会产生时效变形,由时效变形引起制件尺寸缩小的现象。

1) 导致塑料成型收缩的因素

- (1) 塑料材料的热胀冷缩。
- (2) 制件脱模后的弹性恢复。
- (3) 方向性收缩。

2) 影响制件收缩的主要因素

(1) 塑料品种。不同的塑料具有不同的收缩率。不同的塑料由于树脂的相对分子质量、填料及配方比等不同,收缩率及各向异性也不同。例如,树脂的相对分子质量高,填料为有机物,树脂含量较多,则塑料的收缩率就大。

(2) 制件结构。制件的形状、尺寸、壁厚、有无嵌件、嵌件数量及其分布对收缩率的大小都有影响。例如,制件形状复杂、壁薄、有嵌件、嵌件数量多且分布均匀对称,收缩率就小。

(3) 模具结构。模具的分型面、浇口形式、尺寸及其分布等都直接影响料流方向、密度分布、保压补缩作用及成型时间。例如,采用直接浇口和大截面的浇口,可减少收缩,但方向性强;采用的浇口宽且短,则方向性小,距浇口近的或与料流方向垂直的部位收缩大。

(4) 成型工艺条件。模具温度高,熔料冷却慢,则制件密度低,收缩大。尤其对于结晶塑料,因结晶度高,体积变化大,所以收缩更大。模温分布、制件内外冷却和密度均匀性也有关系,会直接影响各部位收缩量的大小及方向性。另外,成型压力和保压时间对收缩也有较大影响,压力高、时间长,则收缩小,但收缩的方向性会增加。注射压力高,制件密度增大,所以收缩变小。熔料温度对收缩的影响是两个因素叠加的结果:一方面料温升高,则塑料的热收缩增大;另一方面,料温升高后熔体黏度会降低,压力传递效果好,有利于型腔内熔料的压实,从而使收缩变小。因此在成型时适当调整模温、压力、注射速度及冷却时间等因素也可改善制

件收缩情况。

影响塑料收缩率变化的因素很多,而且相当复杂。不同品种的塑料,其收缩率各不相同,即使同一品种而不同批号的塑料,或同一制件的不同部位,其收缩率往往也不同。因此,收缩率不是一个固定值,而是在一定范围内变化的,这个波动范围越小,制件的尺寸精度就越容易保证,否则就难以控制。在模具设计时应根据以上因素综合考虑选取制件的收缩率。

注意 缩水率在一套模具中尤其重要,如果不了解缩水率或者取错了数,则整套模具所有的加工都将出错,那么整套模具将只能报废,损失最为惨重。

2. 塑料的加工适应性

塑料在恒定压力下,随着加工温度的变化,存在以下三种状态,如图 1-6 所示。

1) 玻璃态

处于玻璃态的树脂是坚硬的固体,它受外力作用有一定的变形能力,其变形是可逆的,即外力消失后,其变形也随之消失。这种状态下不宜进行大变形量的加工,但可以进行车、铣、钻、刨等加工。

2) 高弹态

处于高弹态的树脂是橡胶状态的弹性体。这时变形能力显著增大,但变形仍具有可逆性质。这种状态下可进行真空成型、压延成型、中空成型、冲压、锻造等加工。

玻璃化温度(T_g)是大多数聚合物成型加工的最低温度,也是选择和合理应用材料的重要参数。在 T_g 以下某一温度,材料受力容易发生断裂破坏,所以 T_g 也称为脆化温度,它是塑料使用温度的下限。

3) 黏流态

处于黏流态的树脂是黏性流体,通常把这种液体状态的聚合物称为熔体。这种状态下成型加工具有不可逆性质,一经成型和冷却后,其形状就保持下来了。在这种状态下可进行注射、吹塑、挤出等成型加工。

3. 塑料的可挤压性

塑料的可挤压性是指塑料在受到挤压作用时,获得形状和保持这种形状的能力。

通常条件,塑料在固体状态下不能采用挤压成型,只有当塑料处于黏流态时才能借助于挤压获得宏观的形变。在挤压过程中,塑料熔体主要受到剪切作用,故塑料的可挤压性主要取决于熔体的剪切黏度。大多数塑料熔体的黏度随剪切力或剪切速率的增大而降低。

如果在挤压过程中塑料的黏度很低,虽然流动性很好,但保持形状的能力较差;反之,若塑料的黏度很高,则会造成流动性差、成型困难。

4. 塑料的可模塑性

塑料的可模塑性是指在一定的温度和压力作用下,塑料在模具中模塑成型的能力,也称为可塑性。

可模塑性主要取决于塑料的流变性、热性质和其他物理力学性质,热固性塑料的可模塑性还与聚合物的化学反应性有关。

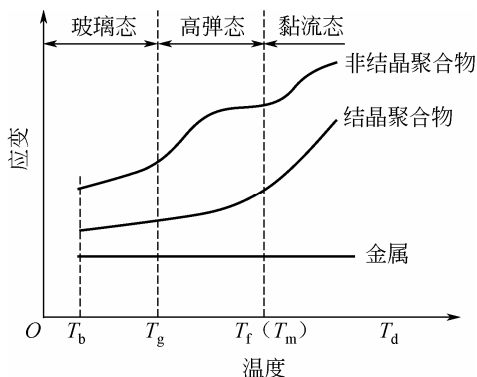


图 1-6 聚合物的物理状态与温度的关系

5. 流动性

流动性即指可挤压性与可成型性。塑料在一定温度与压力下填充型腔的能力称为流动性。

1) 影响流动性的主要因素

(1) 温度。料温高则流动性增大, 但不同塑料也各有差异。

(2) 压力。注塑压力增大则熔融料受剪切作用大, 流动性也增大。

(3) 模具结构。凡促使熔融料降低温度、增加流动性阻力的, 则流动性就会降低。

2) 常用塑料按流动性分类

(1) 流动性好的塑料: 聚酰胺、聚乙烯、聚苯乙烯、聚丙烯、醋酸纤维素和聚四甲基戊烯等。

(2) 流动性中等的塑料: 改性聚苯乙烯(如 ABS 和 AS)、聚甲基丙烯酸甲酯、聚甲醛和氯化聚醚等。

(3) 流动性差的塑料: 聚碳酸酯、硬聚氯乙烯、聚苯醚、聚砒、聚芳砒和氟塑料等。

6. 热敏性和水敏性

有些塑料对热较为敏感, 在高温下受热时间较长或进料口截面过小、剪切作用大时, 料温增高易出现变色、降解、分解的倾向, 这种性能称为热敏性。

有的塑料(如聚碳酸酯)即使含有少量水分, 在高温、高压下也会发生分解, 这种性能称为水敏性。

7. 应力开裂与熔体破裂

有些塑料对应力比较敏感, 成型时容易产生内应力, 质脆易裂, 当制件在外力作用下或在溶剂作用下即发生开裂, 这种现象称为应力开裂。

当一定熔融指数的聚合物熔体在恒温下通过喷嘴孔时, 当流速超过某一数值, 熔体表面即发生横向裂纹, 这种现象称为熔体破裂。

8. 吸湿性和吸水性

吸湿性和吸水性是指塑料对水分的亲疏程度。亲水的常用塑料有聚酰胺、聚碳酸酯、ABS、聚苯醚、聚砒。疏水的常用塑料有聚乙烯、聚丙烯。

凡是具有吸湿或黏附水分的塑料, 当水分含量超过一定的限度时, 会导致材料降解, 成型后制件将出现气泡、银丝与斑纹等缺陷。因此, 塑料在加工成型前, 一般都要经过干燥处理, 使水分含量控制在 0.2% 以下。在加工过程中还应防止重新吸湿。

9. 相容性

相容性是指两种或两种以上不同品种的塑料, 在熔融状态下不产生相分离现象的能力。

五、塑料成型过程中的物理和化学变化

1. 聚合物的结晶

1) 定义

所谓结晶现象是指塑料由熔融状态到冷凝时, 分子由独立移动(完全处于无次序状态)变成分子停止自由运动, 按略微固定的位置, 并有使分子排列成为正规模型倾向的一种现象。

一般结晶型塑料为不透明或半透明, 非结晶型塑料(无定形料)为透明(如有机玻璃等)。但是也有例外的, 例如, 聚四甲基戊烯为结晶型塑料, 却有高透明性。

聚合物的结晶和低分子物质的结晶有很大区别, 它的结晶速度慢、结晶不完全、晶体不整

齐。由于结晶不完全，结晶型聚合物就不像低分子结晶化合物那样具有明确的熔点，而是有一段熔化温度区域。

聚合物结晶的不完全性，通常用结晶度来表示，一般聚合物的结晶度为 10%~60%。结晶度越高，则密度、强度、硬度、刚度、熔点、耐热性、耐化学性、成型收缩率等都将增大，而弹性、伸长率、冲击强度、透明性等将降低。

2) 常用结晶体与非结晶体

常用结晶型塑料有：聚乙烯、聚丙烯、聚四氟乙烯、尼龙等。

常用非结晶型塑料有：聚苯乙烯、ABS、有机玻璃、聚砒、聚碳酸酯。

3) 注意事项

结晶型塑料在模塑成型时应注意以下几点。

(1) 塑化时需要更多的热量，应选择塑化能力强的设备。

(2) 冷凝结晶时放出的热量多，模具应加强冷却。

(3) 成型收缩大，易发生缩孔和气泡。

(4) 制件各向异性显著，内应力大，易产生翘曲与变形，成型后应进行适当的热处理。

2. 聚合物的取向

1) 定义

取向是指塑料成型时大分子链在外力（如剪应力或拉应力）的作用下，沿着受力方向做平行排列的现象。

2) 分类

聚合物的取向分为流动取向和拉伸取向两种。

(1) 聚合物的流动取向

塑料熔体在流道或模腔内流动属于剪切流动，其流率在流道中心处最大，在流道表壁处为零。

(2) 聚合物的拉伸取向

塑料在玻璃态温度与黏流温度之间进行拉伸时，聚合物高分子链将沿拉伸方向做整齐排列，形成拉伸取向。通常，拉伸温度越低（不得低于玻璃化温度），拉伸速度越大，拉伸比越大，则取向程度越高。

无论是拉伸取向还是流动取向，都会导致制件上材料性能的各向异性，其结果都将导致翘曲、裂纹等缺陷的发生，所以其取向程度是越低越好。

为了改善聚合物分子取向对塑料制件质量的影响，可在成型后进行定向热处理，或适当提高模具温度，以减少取向。

3. 聚合物的交联

聚合物的交联是指热固性塑料在成型过程中，其聚合物分子由线型结构转变为体型结构的化学反应过程，通常也称为“硬化”或“固化”。

从热固性塑料制件的物理力学性能来看，其成型过程中的交联反应有一个最适宜的程度，交联不足或交联过度，都会导致制件质量的下降。

4. 聚合物的降解

聚合物在热、力、辐射及水、氧、酸、碱等因素的作用下所发生的相对分子质量减小、分子结构变化的现象，称为降解。

成型过程中的降解主要是热降解，其次是力、氧、水引起的降解，但它们也能通过温度对聚合物的降解起重要影响。

所谓热降解是指某些聚合物在较高温度下受热时间过长或温度超过一定限度时，发生变色

和分解等现象。

降解的产生将导致熔体的黏流动性发生变化,制件物理——力学性能下降,出现气泡、流纹,制件带色甚至焦化变黑,制件表面粗糙、无光泽,生成分解产物使成型难以顺利进行等。

六、常用塑料品种性能与用途

1. 聚乙烯 (PE)

1) 基本性能

聚乙烯塑料由乙烯单体经聚合而成,是塑料中产量最大的品种。按聚合时采用的生产压力的高低可分为高压、中压和低压聚乙烯三种。但目前主要按密度不同对聚乙烯进行分类。

(1) 高密度聚乙烯 (HDPE) 又称低压聚乙烯,其分子中支链短且很少、相对分子质量大、结晶度高 (85~95%)、密度高 ($0.941\sim 0.965\text{g/cm}^3$),所以具有较高的刚性、强度和硬度,但柔韧性、透明性较差。

(2) 低密度聚乙烯 (LDPE) 又称高压聚乙烯,其相对分子质量小,分子链中含有较多且较长的支链、结晶度低 (45%~65%)、密度小 ($0.910\sim 0.925\text{g/cm}^3$),所以具有较好的柔软性、耐寒性、耐冲击性;但耐热、耐光、耐氧化能力差,易老化。

聚乙烯无毒、无味,呈乳白色的蜡状半透明状,柔而韧,比水轻,有一定的机械强度,但与其他塑料相比机械强度偏低、表面硬度差。聚乙烯的绝缘性能优异,介电性能稳定;聚乙烯的化学稳定性好,能耐稀硫酸、稀硝酸及其他任何浓度的酸、碱、盐的侵蚀;除苯及汽油外,聚乙烯一般不溶于有机溶剂;聚乙烯的透水气性能较差,而透氧气、二氧化碳及许多有机物质蒸气的性能好;聚乙烯的耐低温性能较好,在 -60°C 下仍具有较好的力学性能,但其使用温度不高,一般 LDPE 的使用温度在 80°C 左右,HDPE 的使用温度在 100°C 左右。

2) 主要用途

(1) 高密度聚乙烯可用于制造塑料管、塑料板及承载力要求不高的零件,如齿轮、轴承等;

(2) 低密度聚乙烯常用于制造塑料薄膜、软管、塑料瓶及电气工业的绝缘零件和包覆电缆等。

3) 成型特点

(1) 收缩率大,在流动方向与垂直方向上的收缩差异大,且注射方向的收缩率大于垂直方向的收缩率,易产生变形和缩孔。

(2) 冷却速度慢,必须充分冷却。

(3) 聚乙烯质软易脱模,制件有浅的侧凹时可强行脱模。

2. 聚丙烯 (PP)

1) 基本特性

聚丙烯是由丙烯单体经聚合而成的,无味、无毒,外观似聚乙烯,呈白色的半透明蜡状,是通用塑料中最轻的聚合物,其相对密度仅为 $0.89\sim 0.91\text{g/cm}^3$,结晶度为 50%~70%,具有明显的熔点 ($164\sim 170^\circ\text{C}$)。

聚丙烯具有优良的耐热性、耐化学腐蚀性、电性能和力学性能。屈服强度、抗拉强度、抗压强度、硬度、刚度及弹性、韧性、延伸性比聚乙烯好,特别是经定向后的聚丙烯具有极高的抗弯曲疲劳强度,可制作铰链。聚丙烯可在 $107\sim 121^\circ\text{C}$ 下长期使用,在无外力作用下,使用温度可达 150°C 。聚丙烯是通用塑料中唯一能在水中煮沸且在 135°C 蒸气中消毒而不被破坏的塑料。

但是,聚丙烯的低温特性不如聚乙烯,脆化温度仅为 $-30\sim -10^\circ\text{C}$,低温冲击强度低,抗氧化能力低,其制件在光、热及氧的作用下易老化,故聚丙烯塑料中应添加适量的抗氧化添加剂。

2) 主要用途

(1) 可用作各种机械零件,如法兰、接头、泵叶轮、汽车零件和自行车零件等。

(2) 可用作冷热水、蒸气、各种非强酸、碱等的输送管道，化工容器和其他设备的衬里、表面涂层等。

(3) 可制作各种绝缘零件及自带铰链的盖体合一的箱壳类制件。

3) 成型特点

(1) 成型收缩范围大，易发生缩孔、凹痕及变形。

(2) 聚丙烯热容量大，注射成型模具必须设计能充分冷却的冷却回路。

(3) 聚丙烯成型的适宜模温为 80°C ，温度过低会造成制件表面光泽差或产生熔接痕等缺陷，温度过高会产生翘曲现象。

3. 聚氯乙烯 (PVC)

1) 基本特性

聚氯乙烯为白色或浅黄色粉末，密度为 $1.4\text{g}/\text{cm}^3$ ，有较好的电绝缘性能，可以用作低频绝缘材料，化学稳定性也较好，但聚氯乙烯的热稳定性较差，长时间加热会导致分解，放出氯化氢气体，使聚氯乙烯变色。聚氯乙烯应用温度范围较窄，一般在 $-15\sim 55^{\circ}\text{C}$ 。

2) 主要用途

聚氯乙烯可用于制造防腐管道、管件、输油管、离心泵、鼓风机等；由于电气绝缘性能优良而在电气、电子工业中用于制作插座、插头、开关、电缆；在日常生活中用于制造凉鞋、雨衣、玩具、人造革等。

3) 成型特点

聚氯乙烯在成型温度下容易分解放出氯化氢，所以必须加入稳定剂和润滑剂，并严格控制温度及熔料的滞留时间；聚氯乙烯耐热性差，用一般的注射机加热到 $166\sim 193^{\circ}\text{C}$ 时会引起分解，应采用带预塑化装置的螺杆式注射机，模具浇注系统应粗短，应有冷却系统。

4. 聚苯乙烯 (PS)

1) 基本特性

聚苯乙烯无色、无味、无毒、透明，密度为 $1.05\text{g}/\text{cm}^3$ ，易燃烧，燃烧时带有很浓的黑烟，并有特殊气味。

聚苯乙烯化学稳定性较好，光学性能优良，透光率为 $88\%\sim 92\%$ ，易于着色，电学性能良好，尤其是高频绝缘性。但热变形温度低，一般在 $70\sim 98^{\circ}\text{C}$ 之间，质地硬而脆，并具有较高的热膨胀系数。

2) 主要用途

聚苯乙烯在工业上可制造仪器仪表零件、灯罩、透明模型、绝缘材料、接线盒、电池盒等；在日用品方面，它可用于制造包装材料、装饰材料、各种容器、玩具等。

3) 成型特点

聚苯乙烯流动性和成型性优良，成品率高，但易出现裂纹，成型制件的脱模斜度不宜过小，顶出要均匀；由于热膨胀系数高，制件中不宜有嵌件，否则会因两者的热膨胀系数相差太大而导致开裂。聚苯乙烯易用高料温、低注射压力成型并延长注射时间，以防止缩孔及变形，但料温过高，容易出现银丝。聚苯乙烯因流动性好，模具设计中大多采用点浇口形式。

注意 在现实工作中，一些常用塑料的其他名称：

ABS (ABS 胶)、ABS+PC (要定做调配)、PP (百折胶)、PVC (PVC 粗、幼粉)、PMMA (亚克力、透明料)、POM (赛钢、也称为塑钢)、PA66 (尼龙 66)、PC (防弹胶)、PS (硬胶)。



任务实施

根据客户提供的资料可以知道，此产品为电器显示屏防尘盖，作用是用来遮盖电器显示屏，防尘保护。产品使用寿命不能低于 10 年，售卖价位要符合大众化的要求。所以，对材料要求主要是具备一定的强度和硬度即可，价钱要便宜，综合考虑如下。

(1) 由于产品尺寸不大，外轮廓尺寸为 32mm×68mm×13mm，可采用注射成型工艺成型。

(2) 常用材料价位较低的塑料：聚乙烯（PE）为 9200 元/吨左右、聚丙烯（PP）为 9500 元/吨左右、聚氯乙烯（PVC）为 7800 元/吨左右等。

(3) 聚乙烯（PE）硬度相对较差，所制作产品容易变形。聚丙烯（PP）、聚氯乙烯（PVC）则硬度较好，特别是聚丙烯（PP）抗冲击性能较佳。

(4) 聚氯乙烯（PVC）流动性能较差，而聚乙烯（PE）、聚丙烯（PP）则较好。

综合上述考虑，我们可选择塑料聚丙烯（PP）作为电器盖的制造材料。



任务拓展

塑料产品在我们生活中的地位越来越重要，但是废弃塑料带来的“白色污染”也越来越严重，如果我们大家都能了解详细塑料的分类，不仅能帮助我们科学地使用塑料制品，也有利于塑料的分类回收，并有效控制和减少“白色污染”。

目前，市面上塑料产品常出现的一些标志符号如图 1-7 所示。



(a) 可回收再生利用



(b) 不可回收再生利用



(c) 含可回收再加工利用塑料

图 1-7 塑料产品标志符号

而在上述三种标志符号中最常见到的是图 1-7 (a)，根据不同的使用环境要求又分为以下几种：



聚酯（Poly Ethylene Terephthalate, PET），全称是聚对苯二甲酸乙二醇酯

“1 号” PET 常用于矿泉水瓶、碳酸饮料瓶等。

特点：它只能耐热至 70℃，易变形。只适合装暖饮或冻饮，装高温液体、或加热则易变形，并放出对人体有害的物质。人们还发现，1 号塑料品使用了 10 个月，可能释放出致癌物 DEHP，对睾丸具有毒性。

注意 饮料瓶不能循环使用装热水；不能放在汽车内晒太阳；不要装酒、油等物质。

因此，饮料瓶等用完了就应该丢掉，不要再用来作为水杯，或者用来作为储物容器乘装其他食品，以免引发健康问题。



高密度聚乙烯 (High Density Poly Ethylene, HDPE)

“2号”HDPE 常用于清洁用品、沐浴产品的包装。

特点：这种材料的容器可在小心清洁后重复使用，但这些容器通常不好清洗，容易残留原有的清洁用品，变成细菌的温床，因此最好不要循环使用，更不要再用来作为水杯，或者用来作为储物容器装其他物品。

注意 HDPE 材料的容器因很难彻底清洁，建议不要循环使用。



聚氯乙烯 (Poly Vinyl Chloride, PVC)

“3号”PVC 常用于常见雨衣、建材、塑料膜、塑料盒等，很少用于食品包装。

特点：这种材料可塑性优良，价钱便宜，故使用很普遍，但只能耐热 81℃，高温时容易产生有害物质，甚至连制造的过程中都会释放有毒物，若随食物进入人体，可能引起乳癌、新生儿先天缺陷等疾病。这种材料的容器已经较少用于包装食品，如果使用，千万不能让它受热。这种材料的容器难清洗易残留，不要循环使用，若装饮品请不要购买。

注意 PVC 材料的容器不可用于食品的包装。



低密度聚乙烯 (Low Density Poly Ethylene, LDPE)

“4号”LDPE 常用于保鲜膜、塑料膜等。

特点：这种材料耐热性不强，通常，合格的 PE 保鲜膜在遇温度超过 110℃ 时会出现热熔现象，会留下一些人体无法分解的塑料制剂。食物中的油脂也很容易将保鲜膜中的有害物质溶解出来。因此，食物放入微波炉，先要取下包裹着的保鲜膜。高温时产生有害物质，有毒物随食物进入人体后，可能引起乳腺癌、新生儿先天缺陷等疾病。

注意 用微波炉加热，别用保鲜膜包裹食物。



聚丙烯 (Poly Propylene, PP)

“5号”PP 常用于微波炉餐盒，还用于豆浆瓶、优酪乳瓶、果汁饮料瓶等。

特点：这种材料的容器熔点高达 167℃，是唯一可以安全放进微波炉的塑料盒，可在小心清洁后重复使用。需要注意，有些微波炉餐盒，盒体以 5 号 PP 制造，但盒盖却以 1 号 PE 制造，由于 PE 不能抵受高温，故不能与盒体一并进微波炉。

注意 有些微波炉餐盒放入微波炉时，把盖子取下。



聚苯乙烯 (Poly Styrene, PS)

“6 号” PS 常用于碗装泡面盒、快餐盒。

特点：这种材料的容器又耐热又抗寒，但不能放进微波炉中，以免因温度过高而释出化学物质。并且不能用于盛装强酸（如柳橙汁）、强碱性物质，因为会分解出对人体不好的苯乙烯，容易致癌。因此，要尽量避免用快餐盒打包滚烫的食物。

注意 别用微波炉煮碗装方便面。



聚碳酸酯 (Poly Carbonate, PC)

“7 号” PC 常用于水壶、水杯、奶瓶。

特点：PC 的热变形温度为 135℃，所以 PC 常用于制造盛装热水的器皿，如水壶、水杯、奶瓶等。百货公司常用这种材料的水杯作为赠品，加热时它很容易释放出有毒的物质双酚 A，对人体有害，所以使用时尽量不要加热，不要在阳光下直晒。

由于制造聚碳酸酯时要添加双酚 A，而双酚 A 作为一种化工原料，2008 年 4 月 18 日已经被加拿大联邦政府正式认定为有毒物质，并严禁在食品包装中添加，所以聚碳酸酯的安全性是值得注意的问题。欧盟认为含双酚 A 奶瓶会诱发性早熟，从 2011 年 3 月 2 日起，禁止含生产化学物质双酚 A (BPA) 的婴儿奶瓶。中国卫生部等部门发布公告称，2011 年 9 月 1 日起禁止进口和销售聚碳酸酯婴幼儿奶瓶和其他含双酚 A 的婴幼儿奶瓶，由生产企业或进口商负责召回。

温馨提示：塑料产品使用方便、价钱低廉、携带便利，为人们喜欢，但由于塑料的制作过程中会添加各种添加剂，使用时间久了，或是使用不当（如温度过高等），塑料里面的添加剂会缓慢渗透出来，导致使用者慢性中毒，而且有些不法商家为了节省成本，会使用较低廉的回收塑料和添加剂，导致危害更大。因此，如若可以，尽量少用塑料产品。

任务 2 确定型腔数量、布置及制件分型面



知识目标

1. 型腔数量的确定及布置。
2. 分型面的类型。



能力目标

1. 确定型腔布局 and 数量。
2. 确定分型面。



相关知识

一、型腔数量的确定及布置

1. 型腔数量的确定

模具型腔数目的确定和诸多因素相关,如制件结构特点、精度、批量大小、模具制造难度、浇注方式、浇注平衡、模板尺寸、顶出系统结构、冷却系统等。一般来讲,设计人员会根据自己公司标准、经验及客户的要求等快速地确定型腔数目及排布,如若采取直接浇口、环形浇口、轮辐式浇口等浇口类型时,一般只能采用一模一腔。另外,对于大型薄壁或深型腔的产品也通常采用一模一腔结构。下面以算法来说明型腔数目的确定。

1) 根据锁模力确定型腔数目

$$n = (\frac{Q}{P} - A_2) / A_1 \quad (1-3)$$

式中 Q ——注射机的锁模力 (N);

P ——型腔内熔体的平均压力 (MPa);

A_2 ——每一个制件在分型面上的投影面积 (mm^2);

A_1 ——浇注系统在分型面上的投影面积 (mm^2)。

2) 根据最大注射量确定型腔数目

$$n = (0.8G - m_2) / m_1 \quad (1-4)$$

式中 G ——注射机的最大注射量 (g);

m_1 ——单个制件的质量 (g);

m_2 ——浇注系统的质量 (g)。

3) 根据经济性确定型腔数目

$$n = \sqrt{\frac{NY_T}{C_2}} \quad (1-5)$$

式中 N ——制件的生产批量总数 (个);

Y ——单位时间的加工费用 (元/min);

T ——成型周期 (min);

C_2 ——每一个型腔所需费用 (元)。

4) 根据注射机的合模力确定型腔数目

$$N \leq \frac{F - PA_2}{PA_2} \quad (1-6)$$

式中 F ——注射机的额定合模力 (kN);

N ——型腔数目 (个);

P ——塑料熔体对型腔的平均压力 (MPa);

A_1 ——浇注系统在分型面上的投影面积 (cm^2);

A_2 ——单个产品在分型面上的投影面积 (cm^2)。

通常情况下,浇注系统在分型面上的投影面积可近似等于产品在分型面上投影面积的0.2~0.5倍。另外,注射机的最大注射量利用系数为0.8。

5) 根据注射机的最大注射量确定型腔数目

$$N \leq \frac{0.8V - V_1}{V_2} \quad (1-7)$$

式中 V ——注射机的最大注射量 (cm^3/g);

V_1 ——浇注系统凝料量 (cm^3/g);

V_2 ——单个产品的体积或质量 (cm^3/g)。

通常情况下, 浇注系统凝料量为产品的 0.6 倍。

6) 根据制件的精度确定型腔数目

$$N \leq \frac{2500\varphi}{\Delta L} - 24 \quad (1-8)$$

式中 φ ——产品的尺寸公差, 对称标注 (mm);

ΔL ——单型腔模具加工时, 可能达到的尺寸公差 (mm)。

根据经验, 每增加一个型腔, 产品的尺寸精度降低 4%。对于高精度制件, 通常最多只能采用一模四腔的模具。

7) 根据经济要求确定型腔数目

$$N \leq \sqrt{\frac{N_{\text{总}} Y T}{60 C_1}} \quad (1-9)$$

式中 $N_{\text{总}}$ ——需要成型产品总数 (个);

Y ——单位时间加工费用 (元);

T ——成型周期 (min);

C_1 ——与型腔数目成比例的每一个型腔所需费用 (元)。

除综合考虑上述计算公式外, 还要注意多型腔模具的型腔数目应为 2 的倍数, 以便平衡浇注系统。

2. 型腔的布置

型腔的布置主要是指在一副模具内确定型腔的位置及数目、浇口位置、冷却管道的布置等。

1) 单腔模

当采用一模一腔时, 为了保证注射压力均衡, 型腔一般放在模具中心, 其中又可分为下面三种情况。

(1) 制件在定模, 如图 1-8 (a) 所示。

(2) 制件在动模, 如图 1-8 (b) 所示。

(3) 制件分别在动、定模, 如图 1-8 (c)、(d) 所示。

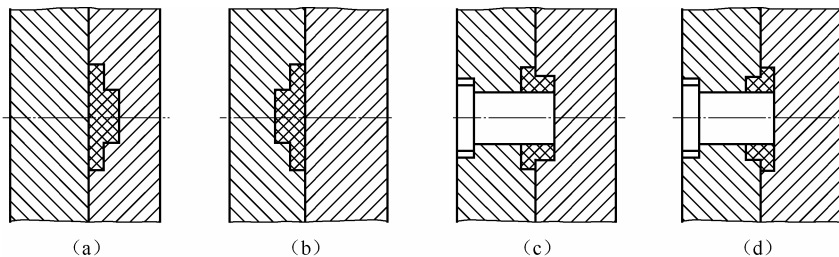


图 1-8 制件在单腔模中的位置

2) 多型腔排列一般原则

(1) 从注射工艺角度考虑

① 流动长度: 各种塑料流动长度不同, 超出时则制件不会充满型腔。

② 流道废料: 在满足各型腔充满的前提下, 流道长度和横截面尺寸应尽量小, 以保证流动废料最少。

③ 浇口位置: 先确定浇口位置, 再排位。

④ 进料平衡。

- a. 若一套模具内成型产品一致时，按平衡式排位，如图 1-9 (a)、(b) 所示。
- b. 若一套模具内成型产品不一致时，按大制件靠近主流道，小制件远离主流道的方式排位，如图 1-9 (c) 所示。

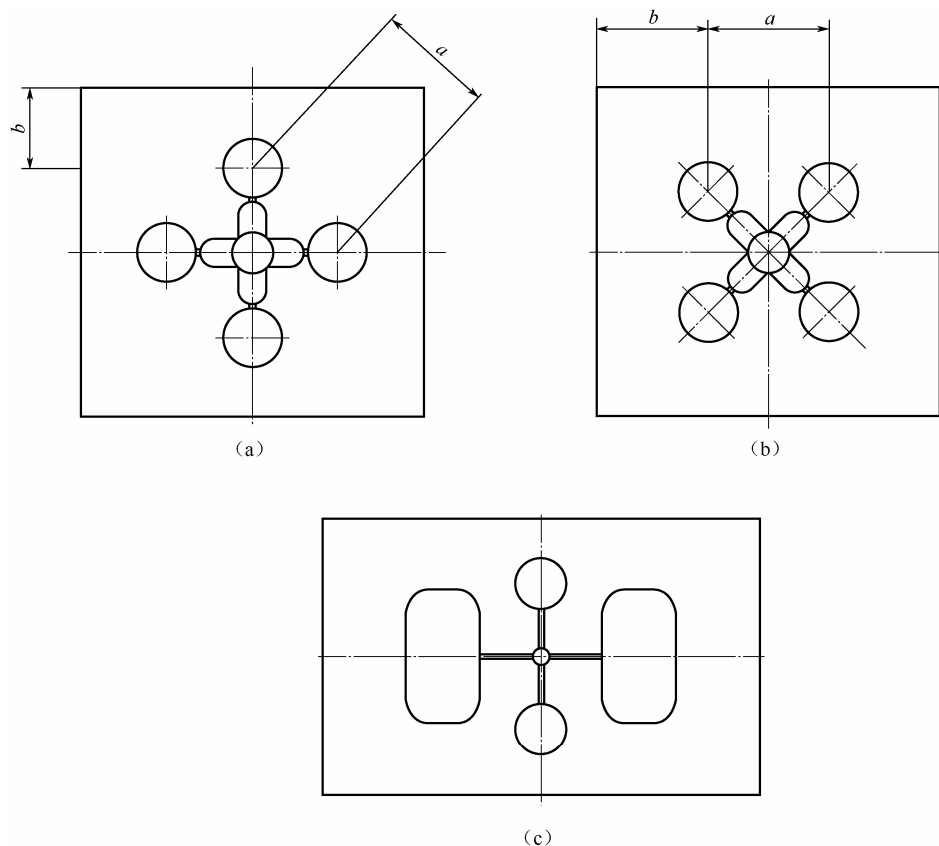


图 1-9 型腔布置

(2) 从模具结构角度考虑

- ① 满足封胶要求。排位时应保证流道、浇口套距定模型腔边缘有一定的距离，以满足封胶要求。
- ② 满足模具结构空间要求。排位时应满足模具结构件（如楔紧块、滑块、斜推杆等）的空间要求，同时应保证以下几点。
 - a. 模具结构件有足够强度。
 - b. 有运动件时，行程须满足脱模要求，有多个运动件时，要注意相互之间不能产生干涉。
 - c. 考虑螺钉、冷却水及推出装置的空间要求，使模具能达到较好的冷却效果。
 - d. 模具长宽比例是否协调。
 - e. 与其他模架零件无干涉。

通常采用圆形排列、H 形排列、直线形排列等，如图 1-10 所示。