

第 1 章 概 论

1.1 概述

模具技术的进步，不但关系到机械产品，还影响到化工、电子、仪表、汽车、家用电器等新产品新技术的开发和应用，特别是大型注塑模的设计与制造技术更为突出。在这些大型产品的开发和应用过程中，碰到的最大困难是模具设计问题多、制造周期长、成本费用高和使用寿命短。国外大型注塑模主要靠专业模具厂设计和制造，如德国的 LAPPLE（雪甫莱）公司、HASCO（哈期考）公司，美国的 DME 公司，日本的池上金型株式会社等，都是世界上有名的模具制造公司。池上金型株式会社专门生产 2~30t 的大型模具，雪甫莱公司生产的垃圾箱注塑模达 110t，为世界之最。但由于专利的限制和经营竞争的激烈，大型注塑模的设计技术彼此绝对保密，因而要想从国外获得这方面的任何资料，几乎是不可能的。在这种情况下来研究和讨论如何提高我国大型注塑模的设计水平，其重要意义是不言而喻的。

众所周知，由于注塑成型能一次性完成外形复杂、尺寸准确或带有金属嵌件的高分子材料制品，且对各种高分子材料均有良好的适应性，所以近 30 年，特别是近 15 年来，该项技术得到了迅猛发展。为满足人们对汽车、洗衣机、电视机、电冰箱等日益增长的需要，世界各发达国家竞相生产大型注塑机。世界上拥有最大注塑机的国家，首先是法国（SMTP-Billion 联合公司生产），其最大注塑容量为 $17.7 \times 10^4 \text{g}$ （390lb），锁模力为 100 000kN。其次是德国（Battenfeld 公司）、美国（Incoe 公司）和意大利，其额定注塑量为 $10 \times 10^4 \text{g}$ ，锁模力为 50 000kN。日本名机制作所生产出了一次注塑量为 $9.6 \times 10^4 \text{g}$ 、锁模力为 50 000kN 的特大型注塑机。我国上海也制成了额定注塑量为 $3.2 \times 10^4 \text{g}$ 、锁模力为 40 000kN 的特大型注塑机。要使这些庞大的机器运转起来，生产出合格的大型制品，首先碰到的问题便是大型注塑模的设计与制造。由于大型注塑模的造价十分昂贵，其价格从几十万至几百万，甚至上千万元。因此，要求其设计、制造必须是“一举成功”，切忌返工，更不允许因设计不当而报废。那么怎样才能达到这样的要求呢？这就是本书所要讨论和研究的课题。

什么样的模具才算是大型注塑模呢？迄今尚无科学和肯定的定义。业界较为一致的看法是，当前还只能根据其所必须使用的注塑机级别来区分。按习惯可把国产注塑机系列划分为表 1-1 所列的 5 个等级。

表 1-1 国产注塑机级别的初步划分

序号	级 别	额定容量/cm ³	锁模力/kN
1	微型注塑机	<10	<300
2	小型注塑机	15、30、60、80、125、250	≤1 500
3	中型注塑机	350、500、1 000、2 000、3 000	≤6 500
4	大型注塑机	4 000、6 000、8 000、16 000、24 000	≥7 500
5	特大型注塑机	32 000、48 000、64 000、80 000、96 000	≥30 000

在国外，德国 K 型大型注塑机有三种型号，详见表 1-2。日本生产注塑机的厂家甚多，规格型号各异，叫法不一，但多以锁模力在 8 500kN、一次注塑容量在 3 000cm³ 以上者为大型注塑机。如日本三菱重工业株式会社有三个级别的锁模吨位和 9 种容量的大型注塑机，其规格型号见表 1-3。

表 1-2 德国 K 型大型注塑机的规格

序 号	注塑机型号	相似容量/cm ³	锁模力/kN
1	KuASY5000/630	≈4 000	6 300
2	KuASY9000/1000	≈7 000	10 000
3	KuASY16000/1600	≈10 000	16 000

表 1-3 日本三菱重工业株式会社大型注塑机的规格型号

注塑机型号	850MF			1250MF			1600MF		
	110	160	240	160	240	340	160	240	340
体积近似容量/cm ³	3 000	4 500	6 800	4 500	6 800	9 600	4 500	6 800	9 600
锁模力/kN	8 500			12 500			16 000		

由以上可知，一般来讲，锁模力在 6 300kN、额定注塑量在 3 000cm³ 以上的注塑机，所使用的模具属于大型注塑模之列。但在实际工业生产中，也有以模具质量来划分的（见表 1-4），常把模具质量在 2t 以上的注塑模称为大型注塑模。

表 1-4 按质量划分模具类型

模具类型	微 型	小 型	中 型	大 型	特 大 型
公称质量	<5kg	>5~100kg	>100~2 000kg	>2~30t	30t

1.1.1 设计特点

一般来说，大型注塑模设计程序和准则与中小型注塑模设计相比并无显著差别。只是在设计时力求考虑更周密、更仔细、更可靠、更全面，技术经济指标更合理。为此，大型注塑模设计必须满足以下设计特点。

1.1.1.1 受力构件刚性要求

在设计中小型注塑模时，其受力结构件多以校核强度为准，这无疑是正确的。但对于大型模具来说，这一要求就不够了，常因此而造成重大损失。因为强度合理的模具，在受到熔融塑料流体的高压作用时，仍有可能产生较大的弹性变形，模具型腔尺寸越大，其弹性变形量也越大。当注射完毕开模时，型腔内压力趋于零，型腔变形量消失，将塑件挟持于凹模内，致使脱模极其困难；即使能勉强脱模，但由于型腔的弹性变形致使塑件尺寸超差，而导致产品不合格；严重时还会溢料，甚至发生喷射伤人事故。

上述三种情况，在一些工厂里时有发生，造成较为严重的损失。究其原因，大多属于设计不当，未能按所允许的变形量计算凹模侧壁厚度所致。故大型注塑模型腔的刚性要求，尤为重要。

1.1.1.2 模腔组合性要求

在设计小型模具的凹模和凸模时，常可以设计成整体式，以使结构简单，制造不太难，这在一定程度上是可行的，因而也是合理的。但对于大型注塑模来说，整体式结构是难以实

现的。为了机械加工、研磨、抛光和热处理的方便，或为了节约贵重金属、减少精加工量，或为了构成较为复杂的成型腔等的需要，必须采用组合式的型腔结构。就形状复杂的制件而言，一般模具越大成型腔越复杂，其组合性的要求也就越迫切。但必须在采用组合式结构时，除了其刚性条件必须符合前述要求外，其组合方式还应予仔细考虑。例如图 1-1 所示的浅壳体塑件的大型注塑模组合式结构，采用四镶块拼合法，在注射时不会产生过大的弹性变形，又便于制造——机加工、热处理和抛光，且装拆修理十分方便，并具有一定的精度。只是在模具加工制造时，需要由相应的设备予以保证。又如图 1-2 所示的薄壁深腔壳体大型注塑模组合式结构，四壁除由四镶块拼合外，型腔外侧还形成一凸锥体与动模型腔外侧的凹锥紧密配合，起楔紧型腔作用。此举可使型腔四镶块在注射时不会过多胀大，并使其强度和刚度得到一定程度的保证。

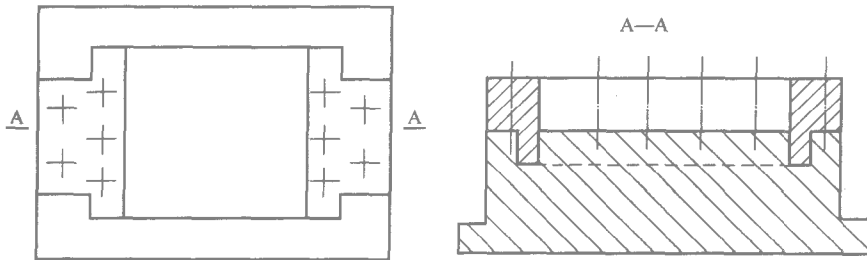


图 1-1 浅壳体塑件大型注塑模组合式结构

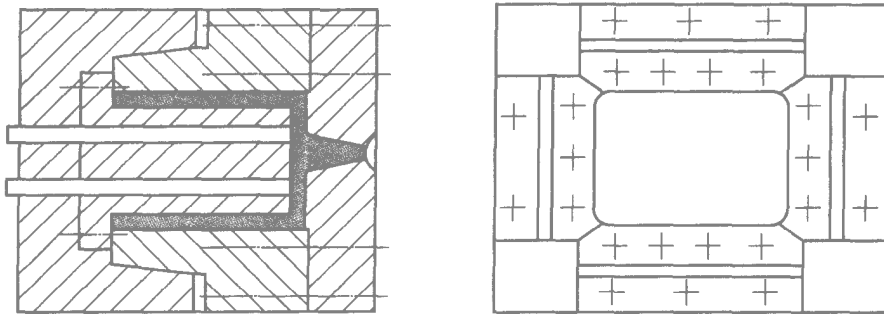


图 1-2 薄壁深腔壳体大型注塑模组合式结构

但有时仅从刚度考虑，用上述组合式结构就难以满足要求，这时可采用图 1-3 所示的双止口加强型组合式结构。为使大型注射模的体积变小，重量减轻，又能满足刚度要求，也可采用图 1-4 所示的在分型面上没有止口的矩形整体式型腔的加强结构。

1.1.1.3 脱出塑件的可靠性要求

对一副常用的注塑模来说，其脱模机构合理与否是衡量其设计质量的重要标志之一。一副优良的注塑模，对其脱模机构应有如下要求。

(1) 在成型的每一周期中，当开模时脱模机构都能正确、可靠、快速地脱出制件。

(2) 脱模机构本身要运动灵活，无卡滞现象发生。且其推出元件有足够的刚度和稳定性，以克服制件的脱模阻力。

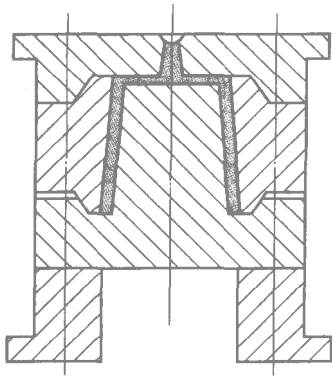


图 1-3 双止口加强型组合式结构

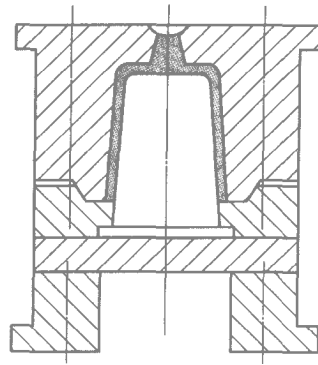


图 1-4 单止口的矩形整体式加强结构

(3) 推出元件要设在脱模阻力的合力中心，且与制件要有足够大的接触面积，以免在推出过程中发生偏斜或使制件变形或损坏。同时，推出元件要尽可能设在制件的隐蔽处，以免影响制品外观。

(4) 结构合理，操作方便。要尽可能利用注塑机的开模力进行操作，最好不用或少用人工控制。

在设计大型注塑模的脱模机构时，除考虑上述一般通则外，还有两点应予以特别注意。

第一，大型注塑模的推出板，一般相当重（数百公斤甚至几吨），单靠数根推杆和返推杆支承通常较为困难，往往由于自重而使推杆偏斜，产生卡滞现象。因此，在大型注塑模的推出机构中，必需设有刚度足够的、使推出板运动灵活的导向柱，此导向柱还可以对动模垫板起到支撑作用，可使其厚度大大减薄。

第二，大型塑件，由于尺寸很大，壁也就较厚，因而对其模具型芯所产生的包紧力就很大，其所需脱模力显著增加。因而应对其脱模阻力进行仔细计算，并以此对脱模机构的强度和刚度进行校核；同时应对脱模机构的设置方位进行选择。

1.1.1.4 成型腔排气性要求

从某种角度讲，注塑模也是一种置换装置。即塑料熔体进入模腔，同时置换出模腔内的空气，实际上模具内的空气并不局限在型腔之内，特别是三板式注塑模结构，不能忽视存在于浇道、分流道中的空气。此外，在熔融树脂里会产生微量分解的气体，随塑料的用量增加，从其中产生的气体也越多。

因此排气是模具设计中不可忽视的大问题。特别是大型模具的设计，对其排气要求特别严格。这是因为大型注射模的浇注系统和成型腔的体积都很大，其所积存的空气也就多；其次由于大型注塑模所成型的塑件大，一次注入型腔内的塑料熔体多，其所产生的水气，熔料微量分解的气体，挥发或化学反应生成的气体也就多。这些聚积在注塑系统和成型腔内的气体，如果在熔融流体的充模过程中，不能及时而迅速地排出模外，其危害性是很大的。

- (1) 在制品上形成气泡、银丝、灰雾、接缝，使表面轮廓不清，甚至充模不满。
- (2) 严重时制品表面产生焦痕，导致产品报废。
- (3) 降低充模速度，影响成型周期和制品质量。
- (4) 形成断续注射，降低生产效率。

因此，大型注塑模的排气问题显得特别重要，除了利用分型面、型芯、推杆等间隙排气

外，尚需要另设专用排气隙，其设计原则如下。

(1) 排气隙位置 设在塑料熔体流动的末端或制品壁较薄的地方，且远离操作者的方向。

(2) 排气隙尺寸 其深度以易于排气而不溢料或溢料很少为准，具体数值由塑料熔体的黏度特性决定（可参照表 1-5 选取），其延续部分深度可增大 0.2~0.8mm。排气隙的宽度，根据制品大小，可选 5~25mm。此外，也可在距离型腔周围约 10mm 的距离处，加工一封闭的环形槽通向大气，其排气效果也很好。对于矩形型腔，在接触边的外侧设置凹下的排气槽。最好是在分型面的全部周边上进行排气，称之为全周排气槽，如图 1-5 所示。若认定气体最后汇集在熔体流动末端，则可在分型面上进行部分排气，称之为末端排气槽，如图 1-6 所示。

表 1-5 不产生飞边的排气隙

塑料名称	排气隙深度/mm	塑料名称	排气隙深度/mm
PE	0.02~0.04	ASA	0.03~0.05
PP	0.02~0.04	POM	0.02~0.04
PS	0.04~0.05	PA	0.02~0.04
SB	0.03~0.05	玻纤增强 PA	0.03~0.05
ABS	0.03~0.05	PBT	0.03~0.05
SAN	0.03~0.05	PC	0.05~0.08

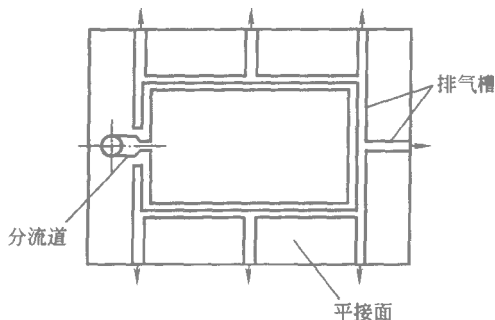


图 1-5 矩形制件的全周排气槽

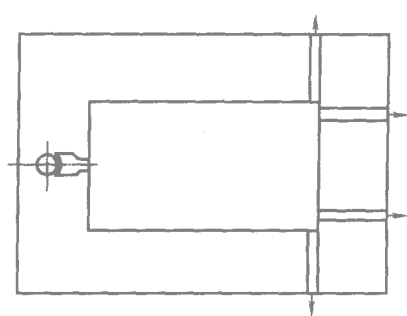


图 1-6 矩形制件流动末端排气槽

1.1.1.5 模温合理性要求

对大型注塑模来说，为达到塑件尺寸和性能的均匀一致，以及提高制品的合格率，往往在开车前需对模具加热，待生产正常进行一段时间后，当模温超过某一温度时，又需对模具进行冷却。这是因为大型模具的比表面积小，散热慢；加之熔融塑料进入模腔数量多，聚集热量也大。因此，同一副模具成型同一种塑料制品，既要有冷却系统，又要有加热装置。这就是大型注塑模对其温度的合理性要求。为达到此目的，通常需在模具成型腔周围设置流道系统。通入热水（或过热水）对模具进行加热；或通入冷却水以对模具进行冷却，从而达到对模温的合理控制。其所使用的冷却水温度不宜过低，一般以 10~18 为宜。冷却水的流速以尽可能高为佳，最好使其保持稳定的湍流状态。

1.1.2 讨论范畴

实践表明，注塑模设计的优劣，对其制品的内在和外观质量以及生产效率和成本高低，

都起着决定性作用。与中小型相比，大型注塑模设计有其特殊性。本书力图以科学的方法，系统地介绍大型注塑模设计所应遵循的途径，即各种设计数据及其要求，均来自于客观分析和计算，不允许无根据的凭经验任意取舍，以避免因设计不当而使模具报废，造成巨大经济损失的情况发生。

为此，本书所要讨论的范畴，应是在已有中小型注塑模设计的基础上，着重讨论大型注塑模设计理论考虑及其计算问题，几乎不涉及模具的具体结构。主要有以下三个“核心”内容。

(1) 流变学设计 大型注塑模浇注系统采用高聚物熔体流变学设计方法，可恰当选择浇口位置与数量、确定最佳浇注系统尺寸、估算模腔压力，为正确选择注塑机规格及确定模腔压力提供依据，从而可确保一次试模成功。

(2) 力学设计 大型注塑模采用力学设计方法，可获得其整体结构的坚固性，从而可确保注塑件几何形状及其脱模的可靠性，是大型注塑模获得成功的关键所在。

(3) 传热学设计 大型注塑模采用传热学设计方法，可根据塑件重量、塑料（聚合物）品种及其所需生产周期，进行冷却系统设计，以确保制品质量和获得最佳经济技术效益。

1.2 注塑过程控制

塑料制件的注塑成型过程（见图 1-7）可分为三个区段。在第一区段，塑料在旋转螺杆与料筒之间进行输送、压缩、熔融和塑化，并将塑化好的塑料熔体储存在料筒前端（螺杆头部与喷嘴之间），待注塑成型之用。在第二区段，储存在料筒端部的塑料熔体由于受到螺杆（或柱塞）向前的推压作用，通过喷嘴、模具的主流道、分流道和浇口开始注入模腔。在第三区段，塑料熔体经浇口射入模腔过程中的充模流动、相变及固化。这一区段的流变过程非常复杂，涉及三维流动、相迁移理论、不稳定传热等过程且交织在一起。

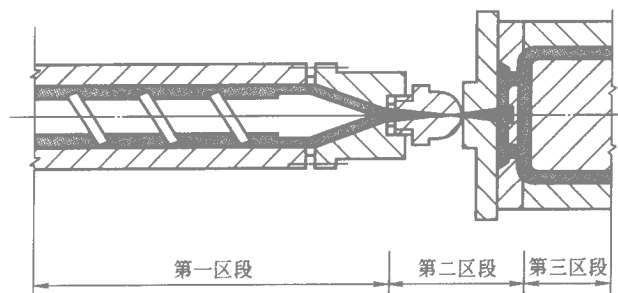


图 1-7 注塑过程塑料熔体流动的三个区段

整个注塑成型过程由以下诸要素构成。

1.2.1 注射压力

在注塑成型过程中的注射压力是指注塑机螺杆（或柱塞）头部所提供的最大压强。它可由注塑机压力表的读数 p_i 经换算而得。

$$p_o = p_i \left(\frac{D}{d_s} \right)^2 = p_i \frac{p_{max}}{p'} \quad (1-1)$$

- 式中 p_o ——调用的最大注射压力，MPa；
 D ——注射液压缸活塞直径，mm；
 d_s ——注射螺杆或柱塞的直径，mm；
 p_{max} ——注射机的最大注射压力，MPa；
 p' ——注射机液压泵的额定油压，MPa；
 p_i ——注射过程中油压表上的最大值（即表压），MPa。

1.2.2 模腔压力

广义的模腔压力是模内塑料熔体流经位置 and 时间的函数。模腔压力链的位置状态如图 1-8 所示。主流道末端 A 处具有最大的分型面上压力 p_A 。浇口 B 处具有塑件模腔最大压力 p_B 。 A 、 B 两处常是压力测定点。喷嘴出口 Z 处的压力 p_Z 是模具浇注系统压力的源头。在双分型注塑模的型腔板上，浇注系统较复杂且流程长。从 p_Z 至 p_B 有较大浇注系统压力降 Δp_r 。 C 点为熔流末端，若压力 p_C 过低则会影响塑件质量，甚至不能注满，故熔体末端压力 $p_C \geq 10 \sim 25 \text{MPa}$ 。塑件模腔的压力降从 p_Z 至 p_C 为 Δp_c 。若型腔流程的截面较简单，可用流变学压力降公式估算。

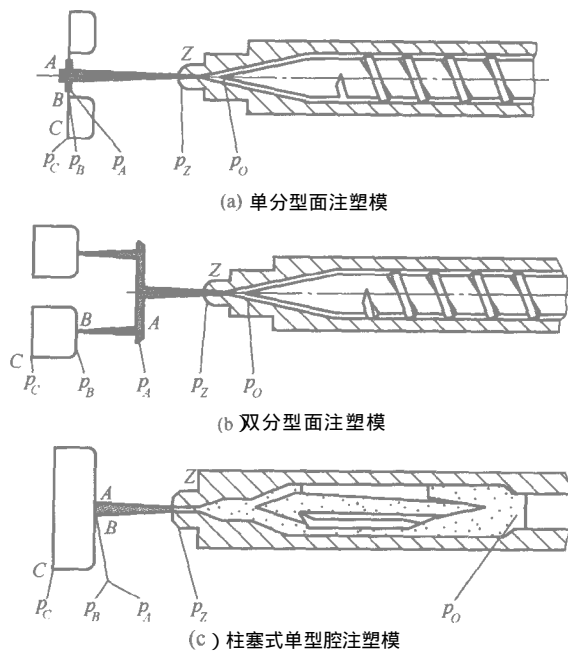


图 1-8 注塑成型模腔压力链示意

1.2.3 成型周期

将模腔压力变化随注射时间作图，便可获得模腔压力周期图。图 1-9 所示为对应于图 1-8 (b) 模腔各位置压力随注射时间变化的一个典型示例。

图中 $t_0 \sim t_1$ 称为注射时间，塑料熔体进入模腔，并达到最远处，而且压力得到急骤升高。 $t_1 \sim t_2$ 为保压时间，也称压实补缩阶段，螺杆作少量推进，以维持一定压力。于时间 t_1 模内物料温度开始明显下降，于时间 t_2 螺杆后撤。喷嘴口压力 p_Z 下降最快。 $t_2 \sim t_3$ 称倒流

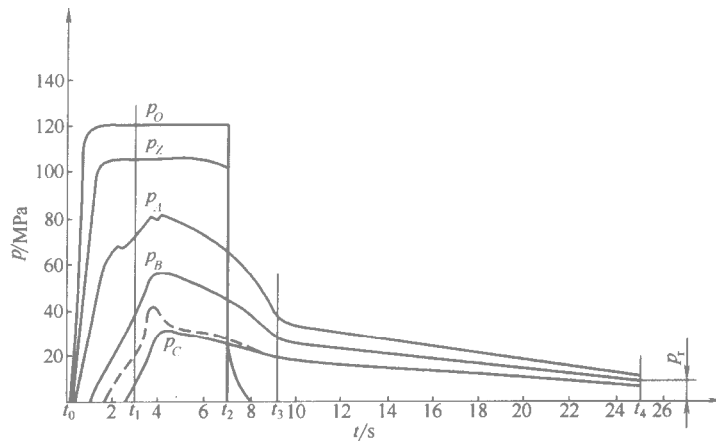


图 1-9 注塑成型模腔压力变化周期

时间。时间 t_3 是注塑模中内浇口的冻结时间。螺杆后撤时，内浇口尚未冻结，模腔内熔体形成倒流至浇道。 $t_3 \sim t_4$ 是静态冷却时间， t_4 是模具打开时间， p_r 为该时间模腔内的残余压力。

1.2.4 压力温度图

在注塑成型周期中，将模腔压力 p 随熔体温度 T 的变化规律绘制成图 1-10 所示的压力与温度变化关系曲线，称为压力温度图。

该图上曲线 DE 为浇口尚未冻结但保压补料已结束，因此存在倒流而使模腔压力急剧下降。于浇口冻结点 E 开始，模腔内的物料量不再改变。所以模腔内压力与温度沿着直线 a 变化。倘若保压于 D 点结束时，浇口早已冻结封闭，则模腔内的压力与温度沿直线 b 变化。

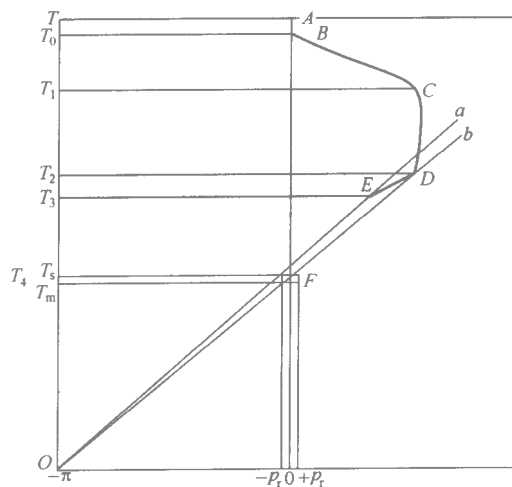


图 1-10 注塑成型模腔压力温度图

浇口封闭后，模腔内物料的压力与温度沿着一条等容线或等密度线变化。冻结点不同，模腔内物料量不同，等容线的斜率也不同。但所有等容线都通过 $p-T$ 图的原点，即 $p = \pi$ 。

T 为热力学温度。

1.2.5 开模取件

根据上述压力与温度图可以合理确定模具打开的温度和压力条件。首先，模腔内的塑件应该冷固到具有足够的刚度和硬度。开模时的温度 T_s 应低于塑料的热变形温度。因此，开模温度范围在 T_s 和模具工作温度 T_m 之间。其次，开模时模腔内的残余压力不能高于某个 $+p_r$ 值。太高会引起塑件与凹模表面间过大的黏附力，使开模力增大。残余压力也不能小于某个负压值 $-p_r$ 。否则易出现缩孔和凹陷，使制品收缩率过大，对型芯包得过紧，致使脱模困难。上述的两组温度与压力限制条件，拟定了开模的合理区域。凡浇口冻结后模腔内塑料冷却的等容线通过这一区域的，都属于优质的注射工艺。

1.3 需考虑的问题

1.3.1 材料性质

在塑件设计时，经充分考虑后所确定的模塑材料在注塑模设计时是不能轻易更改的。因此，必须充分考虑其力学性能、电气性能、耐热性能、耐药性能及耐候性等，进而考虑其成型条件，并合理选择模具结构。

要得到高质量塑件取决于模具技术与成型技术的巧妙结合。因而，有效地应用高分子材料的特性便成为关键所在。

1.3.2 涉及问题

(1) 明确塑料熔体的流动行为，考虑其在流道和型腔各处的流动阻力以及所形成的压力损失问题。

(2) 根据塑料熔体充填顺序及其流动方向，考虑料流重新熔合位置及其存在于模内气体的排出问题。

(3) 熔体进浇位置与数量以及模具分型面的选择问题。

(4) 考虑冷却过程中塑料收缩与补缩问题。

(5) 塑件的横向分型抽芯及纵向的被推出问题。

(6) 模具整体加热与分部位的冷却问题。

(7) 模具与注塑机的匹配及其固装问题。

(8) 模架、标准零件刚度、强度校核及其材料的选择问题。

以上这些问题并非孤立存在，而是相互影响或制约，应予以综合考虑，最好采用计算机软件进行模拟分析，所得出的结果较为合理。

1.3.3 注塑机规格

(1) 注塑容量 通常表示为每次从注塑机喷嘴射出塑料熔体的最大体积容量 (cm^3)。此最大体积容量也称为注塑机的额定注塑容量。在选择注塑机时，应考虑是否能得到包括制品及其浇注系统凝料在内的总体积量，通常选用额定注塑容量的 80% 以下为妥。此种额定注塑容量有时（尤其国外）常用质量单位 (g) 表示。

(2) 锁模力 通常表示为用于锁紧模具的最大合模力 (kN)。此最大合模力亦称注塑机的额定锁模力。一般塑料熔体在模腔内所形成的启模力必须在额定锁模力的 80% 以下。熔

体启模力是指型腔单位面积上的平均压力与型腔在开模方向上的投影面积之乘积。型腔单位面积上的平均压力视注塑机类型不同而异，一般设定的标准是：柱塞式为 40~50MPa，螺杆式为 20~35MPa。

(3) 注塑压力 是计算模具流道压力损失及校核模具刚度与强度的基础数据。

(4) 容模尺寸 包括装模台板尺寸、拉杆间距、合模行程、T形槽或螺栓位置等。当制品最大高度超出合模行程的 1/2 时，制品将难于取出。而当模具厚度小于最小合模行程时，需在移动模板与模具之间加设垫板。当使用肘杆式合模机构注塑机时，装模台板可在注塑机规格允许范围内进行调整，而模具厚度与合模行程无关。

(5) 顶杆位置 模具安装需与制品推出阻力中心重合，因而了解注射机的顶杆位置十分必要。

(6) 喷嘴孔径及球头半径 注塑机喷嘴孔径 d_n 与浇口套孔径 d_p 之间，还有喷嘴球头半径 R_n 与浇口套凹球形端面半径 R_p 之间，必须分别满足如下关系式

$$d_p = d_n + (0.5 \sim 1.0) \text{ mm}$$

$$R_p = R_n [1 + (0.1 \sim 0.5)] \text{ mm}$$

且

$$d_n < d_p, R_n < R_p$$

喷嘴球头半径 R_n 通常因注塑机制造厂家不同或喷嘴结构形式（见图 1-11）不同而异。

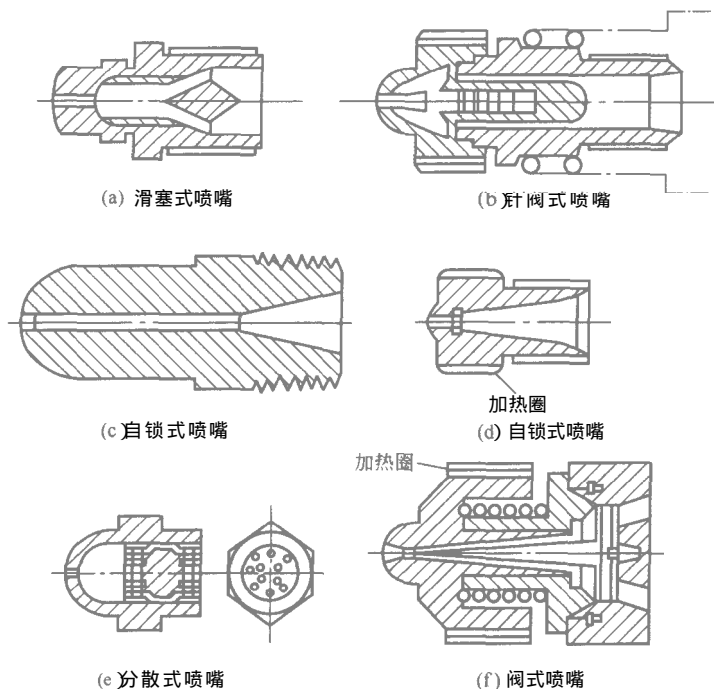


图 1-11 注塑机喷嘴的结构形式

(7) 定位圈尺寸 已有标准尺寸系列，可根据具体情况选用。

1.3.4 制品形状

首先应了解制品有无配合或配套零件。假若有这样的要求，则先要确定装配方式、配合

程度及这些项目的检测方法，然后再确定有关部分的尺寸及精度。此后，再考虑与制品形状有关的下列问题。

(1) 若制品形状复杂、曲面多时，则需要采用特殊加工。若制品表面有花纹要求时，则需要准备花纹样板，并应取得用户的认可。

(2) 考虑制品端面形状、尺寸及在模腔内如何构成。

(3) 在确定浇口和推杆孔位置时，应寻找不影响制品外观或不甚明显的部位。

(4) 考虑熔接痕是否影响制品强度或外观。

(5) 考虑制品的允许加工尺寸是否合理，在成型技术上是否可能。一般说来，允许公差应尽可能取大一些为好。

(6) 考虑制品的脱模斜度是否足够大，是否存在有局部性的“卡死”现象。

(7) 若制品上有嵌件，应考虑能否用后加工方式；如改成粘接或自攻螺纹等方式。

(8) 应充分考虑涂漆、电镀等表面处理或粘接等后加工问题。

(9) 确定制品表面质量要求，即模具型腔的抛光程度。

1.3.5 塑件精度

1.3.5.1 塑件公差国家标准

本标准划分公差等级的原则是根据塑料收缩特性值划分的。所谓收缩特性值，可定义为料流方向收缩率的绝对值与料流方向和垂直于料流方向的收缩率之差的绝对值之和。即

$$S = |V_{sr}| + |V_{sr} - V_{st}| \quad (1-2)$$

式中 S ——塑料收缩特性值，%；

V_{sr} ——径向收缩率（平行于流动方向收缩），%；

V_{st} ——切向收缩率（垂直于流动方向收缩），%。

将常用材料分成四大类，见表 1-6。如某种材料的收缩特性值在 0~1% 之间（如 PMMA、

表 1-6 常用材料分类和公差等级选用 (GB/T 14486—1993)

材料类别	材料名称		收缩特性值/%	公差等级		
	代号	模塑件材料		注有公差		未注公差尺寸
				高精度	一般精度	
—	ABS	丙烯腈/丁二烯/苯乙烯	0~1	MT2	MT3	MT5
	AS	丙烯腈/苯乙烯				
	EP	环氧树脂				
	UF/MF	脲醛/三聚氰胺/甲醛塑料(无机物填充)				
	PC	聚碳酸酯				
	PA	玻纤填充尼龙				
	PPO	聚苯醚				
	PPS	聚苯硫醚				
	PS	聚苯乙烯				
	PSU	聚砜				
	RPVC	硬聚氯乙烯				
	PMMA	聚甲基丙烯酸甲酯				
	PDAP	聚邻苯二甲酸二烯丙酯				
	PETP	玻纤填充聚对苯二甲酸乙二醇酯				
	PBTP	玻纤填充聚对苯二甲酸丁二醇酯				
	PF	无机物填充酚醛塑料				

续表

材料类别	材料名称		收缩特性值/%	公差等级		
	代号	模塑件材料		注有公差		未注公差尺寸
				高精度	一般精度	
二	CA	醋酸纤维素	1~2	MT3	MT4	MT6
	UF/MF	脲醛/三聚氰胺/甲醛塑料(有机物填充)				
	PA	聚酰胺(无填料)				
	PBTP	聚对苯二甲酸丁二醇酯				
	PETP	聚对苯二甲酸乙二醇酯				
	PF	酚醛塑料(有机物填充)				
	POM	聚甲醛(尺寸<150mm)				
PP	聚丙烯(无机物填充)					
三	POM	聚甲醛(尺寸≥150mm)	2~3	MT4	MT5	MT7
	PP	聚丙烯				
四	PE	聚乙烯	3~4	MT5	MT6	MT7
	SPVC	软聚氯乙烯				

PC等), 则归为第一类材料, 公差等级就可选为 MT2、MT3 和 MT5; 如果在 1%~2% 之间, 则归为第二类材料, 公差等级就可选择 MT3、MT4 和 MT6; 以此类推。一般来讲, 推荐使用“一般精度”, 而要求较高者可选用“高精度”。未注公差尺寸采用比它的“一般精度”低两个公差系列的尺寸公差。MT1 级一般不采用, 仅供设计精密塑件时参考。

国家标准的公差值按公差等级、尺寸分段列成表 1-7。该表将塑件尺寸 0~500mm 分为 25 个尺寸段, 便于和模具设计与制造所使用的国家标准 GB/T 1800—1998 配合使用。该表所列公差值, 根据塑件使用要求可将公差分配成各种极限偏差。在一般情况下, 孔采用单向正偏差, 轴采用单向负偏差, 长度、孔间距采用双向等值偏差。

当塑件尺寸大于 500mm 时, 其公差值 Δ 可由表 1-8 中提供的相应计算公式求得, 并将其计算出的公差值按如下原则进行圆整。

(1) 公差计算值 $\Delta > 2.00\text{mm}$ 时, 均按 0.1mm 的整倍数进行圆整。

(2) 计算公差值 $\Delta \leq 2.00\text{mm}$ 时, 均按 0.02mm 的整倍数进行圆整。

(3) 当计算值 Δ 为模具活动部分尺寸公差, 则需增加附加值。其增加原则为: MT1、MT2 级取附加值 0.10mm; MT3~MT7 级取附加值 0.20mm。

1.3.5.2 注塑模具精度

在制定模塑件尺寸公差国家标准的过程中, 详细讨论了模具制造精度对塑件精度的影响, 认为模具制造允许误差和塑件尺寸公差之间具有对应关系, 见表 1-9。

表 1-7 国家标准模塑件尺寸公差数值 (GB/T 14486—1993)

公差等级	公差种类	基 本 尺 寸																									
		大于到	0	3	6	10	14	18	24	30	40	50	65	80	100	120	140	160	180	200	225	250	280	315	355	400	450
1	A	0.07	0.08	0.10	0.11	0.12	0.13	0.15	0.16	0.18	0.20	0.23	0.26	0.29	0.33	0.36	0.39	0.42	0.46	0.49	0.54	0.58	0.64	0.70	0.78	0.84	0.94
	B	0.14	0.16	0.20	0.21	0.22	0.23	0.25	0.26	0.28	0.30	0.33	0.36	0.39	0.43	0.46	0.49	0.52	0.56	0.59	0.64	0.68	0.74	0.80	0.88	0.94	1.10
2	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	0.70	0.76	0.84	0.92	1.00	1.10	1.20	
	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	0.80	0.86	0.94	1.02	1.10	1.20	1.30	
3	A	0.12	0.14	0.18	0.20	0.22	0.26	0.28	0.32	0.36	0.40	0.46	0.52	0.58	0.66	0.72	0.78	0.86	0.92	1.00	1.10	1.20	1.30	1.44	1.60	1.74	
	B	0.32	0.34	0.38	0.40	0.42	0.46	0.48	0.52	0.56	0.60	0.66	0.72	0.78	0.86	0.92	0.98	1.06	1.12	1.20	1.30	1.40	1.50	1.64	1.80	1.94	
4	A	0.16	0.20	0.24	0.28	0.30	0.34	0.38	0.42	0.48	0.56	0.64	0.72	0.84	0.94	1.04	1.14	1.24	1.36	1.48	1.62	1.78	1.96	2.20	2.40	2.60	
	B	0.36	0.40	0.44	0.48	0.50	0.54	0.58	0.62	0.68	0.76	0.84	0.92	1.04	1.14	1.24	1.34	1.44	1.56	1.68	1.82	1.98	2.16	2.40	2.60	2.80	
5	A	0.20	0.24	0.28	0.34	0.38	0.44	0.48	0.56	0.64	0.74	0.86	1.00	1.16	1.30	1.46	1.60	1.76	1.94	2.10	2.30	2.60	2.80	3.10	3.50	3.90	
	B	0.40	0.44	0.48	0.54	0.58	0.64	0.68	0.76	0.84	0.94	1.06	1.30	1.36	1.50	1.66	1.80	1.96	2.14	2.30	2.50	2.80	3.00	3.30	3.70	4.10	
6	A	0.26	0.32	0.40	0.48	0.54	0.62	0.70	0.80	0.94	1.10	1.28	1.48	1.72	1.96	2.20	2.40	2.60	2.90	3.20	3.50	3.80	4.30	4.70	5.30	5.80	
	B	0.46	0.52	0.60	0.68	0.74	0.82	0.90	1.00	1.14	1.30	1.48	1.68	1.92	2.16	2.40	2.60	2.80	3.10	3.40	3.70	4.00	4.50	4.90	5.50	6.00	
7	A	0.38	0.48	0.58	0.68	0.76	0.88	1.00	1.14	1.32	1.54	1.80	2.10	2.40	2.80	3.10	3.40	3.70	4.10	4.50	4.90	5.40	6.00	6.70	7.40	8.20	
	B	0.58	0.68	0.78	0.88	0.96	1.08	1.20	1.34	1.52	1.74	2.00	2.30	2.60	3.00	3.30	3.60	3.90	4.30	4.70	5.10	5.60	6.20	6.90	7.60	8.40	
5	A	±0.10	±0.12	±0.14	±0.17	±0.19	±0.22	±0.24	±0.28	±0.32	±0.37	±0.43	±0.55	±0.58	±0.65	±0.73	±0.80	±0.88	±0.97	±1.05	±1.15	±1.30	±1.40	±1.55	±1.75	±1.95	
	B	±0.20	±0.22	±0.24	±0.27	±0.29	±0.32	±0.34	±0.38	±0.42	±0.47	±0.53	±0.65	±0.68	±0.75	±0.83	±0.90	±0.98	±1.07	±1.15	±1.25	±1.40	±1.50	±1.65	±1.85	±2.05	
6	A	±0.13	±0.16	±0.20	±0.24	±0.27	±0.31	±0.35	±0.40	±0.47	±0.55	±0.64	±0.74	±0.86	±0.98	±1.10	±1.20	±1.30	±1.45	±1.60	±1.75	±1.90	±2.15	±2.35	±2.65	±2.90	
	B	±0.23	±0.26	±0.30	±0.34	±0.37	±0.41	±0.45	±0.50	±0.57	±0.65	±0.74	±0.84	±0.96	±1.08	±1.20	±1.30	±1.40	±1.55	±1.70	±1.85	±2.00	±2.25	±2.45	±2.75	±3.00	
7	A	±0.19	±0.24	±0.29	±0.34	±0.38	±0.44	±0.50	±0.57	±0.66	±0.77	±0.90	±1.05	±1.20	±1.40	±1.55	±1.70	±1.85	±2.05	±2.25	±2.45	±2.70	±3.00	±3.35	±3.70	±4.10	
	B	±0.29	±0.34	±0.39	±0.44	±0.48	±0.54	±0.60	±0.67	±0.76	±0.87	±1.00	±1.15	±1.30	±1.50	±1.65	±1.80	±1.95	±2.15	±2.35	±2.55	±2.80	±3.10	±3.45	±3.80	±4.20	

来 注 公 差 的 尺 寸 允 许 偏 差

注：A—不受模具活动部分影响的尺寸；B—受模具活动部分影响的尺寸。

表 1-8 公差值 Δ 计算公式

/mm

公差等级	计 算 式
MT1	$0.0037 + 0.001325L_8 + 0.0453L_8^{0.1} + 0.001125L_8^{1/3}$
MT2	$0.0053 + 0.001925L_8 + 0.0641L_8^{0.1} + 0.00125L_8^{1/3}$
MT3	$0.0020 + 0.002940L_8 + 0.0885L_8^{0.1} + 0.0180L_8^{1/3}$
MT4	$0.0246 + 0.004764L_8 + 0.0726L_8^{0.1} + 0.0288L_8^{1/3}$
MT5	$0.0674 + 0.00710L_8 + 0.0735L_8^{0.1} + 0.0450L_8^{1/3}$
MT6	$0.0039 + 0.01066L_8 + 0.1197L_8^{0.1} + 0.0720L_8^{1/3}$
MT7	$0.0055 + 0.01496L_8 + 0.1693L_8^{0.1} + 0.0720L_8^{1/3}$

注： L_8 —塑件公称尺寸，mm。

表 1-9 塑件及其模具精度的对应关系

塑件精度等级	MT1	MT2	MT3	MT4	MT5	MT6	MT7
GB 1800—79	IT7	IT8	IT9	IT10	IT11	IT12	IT12

1.4 设计程序

在设计模具时必须清楚用户的所有要求与希望，因此在接受订货的同时，必须与对方的技术人员进行充分协商。将协商结果全部记录在模具设计任务书上，并据此进行设计。设计完成时，再将任务书作为审核项目使用。

1.4.1 设计任务书

模具设计任务书，就是在模具设计前与订货单位技术人员进行协商时记录必要项目的一种文件。该任务书记录着实际设计时就必要项目进行协商的结果。为了做到清楚了，必须编制出用○印记标注的模具设计任务书。表 1-10 是此种任务书格式的例子。

1.4.2 审核项目

在模具设计完成后，应尽可能利用编制的审核卡进行以下四方面的审核。

1.4.2.1 质量、制品及注塑机方面

(1) 模具质量 材质、硬度、精度、结构等是否符合用户要求。

(2) 制品性能 是否对塑料的流动、缩孔、熔接痕、银纹、脱模斜度等与制品外观质量有关的事项进行了考虑；是否注意做到，在不妨碍制品性能、造型等前提下尽量简化加工；塑料收缩率选择是否正确，是否考虑了后收缩。

(3) 注塑机选择 注塑容量、注射压力、锁模力是否充足，模具安装是否正确，制品能否顺利取出，喷嘴与定位圈是否合理，推出机构是否正确等。

1.4.2.2 模具基本结构方面

(1) 浇注系统 浇口选择是否恰当，位置及尺寸是否合理；主流道、分流道是否得当，压力损失是否在容许范围内。

(2) 分型面 位置及加工程度是否可靠，是否会产生飞边；开模时制品是附在定模还是动模上，是否附在所要求的一边。

表 1-10 模具设计任务书

订货单位	订货单位地址		其他	模具交货期		年 月 日		
	订货单位名称			使用单位				
	交货地点			模具价格				
制品	名称		模具主要结构	模具结构形式		标准型、三板式、瓣合模		
	使用树脂名称			每模型腔数				
	成型收缩率			分模面		平面、允许穿透、不允许穿透		
	色调	透明性		透明 不透明	推出方式	推杆	推杆、带台肩推杆、 方形推杆、碟形推杆	
		色别				推件板(型芯外)	板状、杆状、块状、环状	
	制品单件质量			g		推套	推套、特殊推套	
制品投影面积		cm ²	压缩空气	仅用空气、与其他并用				
			并用					
			其他	二次推出、先复位机构				
注塑机	注射机制造厂家		模具主要结构	流道	类型	普通、绝热流道、热流道		
	注射量				g/次	形状、尺寸	圆形、半圆形、U形、梯形	
	锁模力			kN	喷嘴方式	井式喷嘴、延伸喷嘴、 半绝热喷嘴、全绝热喷嘴、 内部加热喷嘴		
	型式					浇口	种类、位置	在附件上详细标记
	导柱间距	纵向		cm × cm			形状、尺寸	
		横向		cm × cm				
	推杆孔孔径 ϕ			mm	侧向分型与抽芯	种类	侧型芯、瓣合模	
	模具厚度	最大		mm		脱模方式	倾斜杆、倾斜 凸块、液压、气压	
		最小		mm				
	定位孔直径 ϕ			mm	冷却加热方式			
	喷嘴孔径 ϕ			mm	有无特种加工		电加工、电铸、花纹加工、 精密铸造,冷挤压、 压力锻造、NC 加工	
喷嘴圆弧 R		mm	是否电镀		需要、不需要			
提供条件	提供样品		制品样本、制品 图、模型、雕刻原 稿、注塑机样本		主要材料			

注：协商确定的项目应标注○印记。

(3) 推出装置 推出方式是否符合任务书，有无不妥之处。推杆、推管位置是否合理，数量是否充足，推件板是否与型芯咬合。

(4) 分型抽芯 侧向分型与抽芯方法是否适当，所采用的结构与动作原理是否可靠，是否会引起抽芯与推出机构在复位时的干扰。

(5) 国家标准 是否采用了标准模架及标准零件。

(6) 模温控制 冷却系统回路是否合适，冷却水是自来水还是制冷水；若是制冷水，采用何种制冷装置。加热器容量是否足够，寿命是否适当。

1.4.2.3 图样设计方面

(1) 制图方法 是否采用了机械制图国家标准或绘制模具图的专用标准，现场加工者是否容易理解。

(2) 总装图 在装配上各零件排列是否适当, 必要的零件是否全部列入, 配合性质及位置是否明确标注, 必要的技术说明是否得当。

(3) 零件图 零件号及名称、加工数量及材料是否确切标注, 外购件与标准件是否遗漏, 配合精度或配合符号是否考虑了制品高精度部位的模腔修整余量, 有无超精度要求, 是否采用了适合制品要求的材料, 热处理、表面处理、表面加工是否标注合理。

(4) 尺寸标注 加工者是否可以不进行计算, 尺寸数字是否在适当位置, 公差标注是否合理, 有无与总装图配合性质不符之处。

1.4.2.4 加工工艺方面

(1) 加工方法 各零件的加工方法及方式是否进行了研究, 与加工方式相适应的结构、加工量或者装配方式是否进行了研究, 可加工性如何, 有无不合理之处。

(2) 特种加工 标注是否完整与合理, 与别的现有零件的配合是否明确。

(3) 装配工艺 装配图上是否标注了调整余量, 有无吊环孔, 有无便于装配、拆卸的撬杠槽、拆卸孔、牵引螺钉等标注。

(4) 其他事项 是否标注了应注意的其他事项, 是否把淬火或其他原因造成的零件变形量控制在最小限度也进行了标注等。

以上这些审核虽有繁琐之感, 但可有效地避免疏忽和遗漏, 可把差错减少到最低程度。

1.5 注塑模结构

注塑模的结构是由所采用注塑机类型和所成型制品的复杂程度所决定的。凡是注塑模均

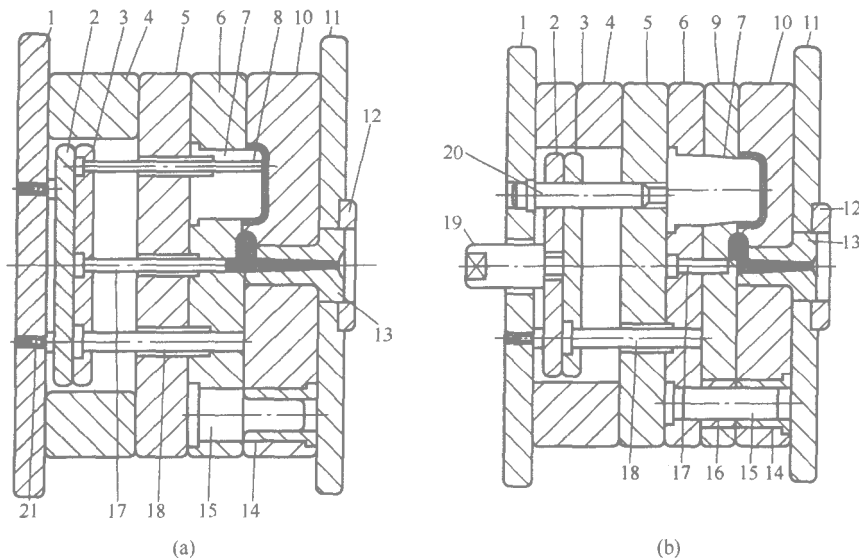


图 1-12 注塑模典型结构之一

- 1—动模座板; 2—推板; 3—推杆固定板; 4—垫块; 5—支承板; 6—动模板;
 7—型芯; 8, 19—推杆; 9—推件板; 10—定模板; 11—定模座板;
 12—定位圈; 13—浇口套; 14, 16—导套; 15—导柱; 17—拉料杆;
 18—复位杆; 20—推板导柱; 21—限位钉

可分为动模和定模两大部分。动模通常包含有型芯及其固定板、推出机构等，并安装在注塑机的移动模板上，而定模通常包含有定模型腔板、浇口套、定位圈和导套等，且固定在注塑机的固定板上。动模与定模闭合构成型腔和浇注系统。开模时动模与定模分离，取出所成型的制件。据此原理所构成的注塑模大致有 8 种典型结构，常用的 4 种类型分别如图 1-12 和图 1-13 所示。图 1-12 (a) 为两板式直浇口推杆脱模结构，图 1-12 (b) 为两板式直浇口推板脱模结构；图 1-13 (a) 为两板式直浇口侧向抽芯结构，图 1-13 (b) 为三板式点浇口自动脱模结构。

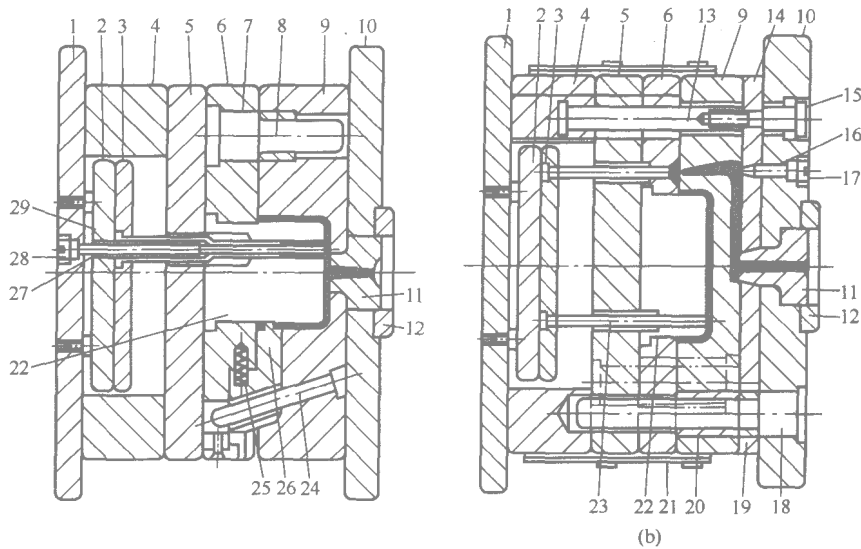


图 1-13 注塑模典型结构之二

- 1—动模座板；2，29—推板；3—推杆固定板；4—垫块；5—支承板；6—动模板；
7，18—导柱；8，19，20—导套；9—定模板；10—定模座板；11—浇口套；
12—定位圈；13—定距拉杆；14—脱浇道板；15—限位螺钉；16—钩料钉；
17—螺塞；21—拉板；22—型芯；23—推杆；24—斜导柱；
25—弹簧；26—侧型芯；27—小型芯；28—定位螺塞

1.5.1 注塑模构成

按注塑模各零部件所起的功能作用，一副注塑模通常由如下八个部分构成。

(1) 成型零部件 直接用于成型塑料制件的模具零部件称为成型零部件。它通常由凹模、凸模、型芯或成型杆、镶块等构成。而模具型腔则由动模和定模及其相关部分联合构成。

(2) 浇注系统 将塑料熔体由注塑机喷嘴引向模具型腔的流道，称为浇注系统。它通常由主流道、分流道、浇口和冷料穴构成。

(3) 导向零件 为使动模向定模闭合准确而对中的零件称为导向零件。通常由导柱、导套（或导向孔）或在动定模上分别设置相互咬合的内外锥面构成。有的注塑模，尤其是大型注塑模，在推出装置上也需设有导向零件。

(4) 推出装置 在开模过程中，将塑件从模具内推出的组合部件称为推出装置。它通常由推杆、推件板、推杆固定板、推板、垫块以及主流道拉料杆等联合构成。

(5) 抽芯机构 凡具有内外侧凹或侧孔的塑件，在模内被推出之前，必须先进行横向分