

塑料模设计程序

塑料模设计步骤如图 2-1 所示。

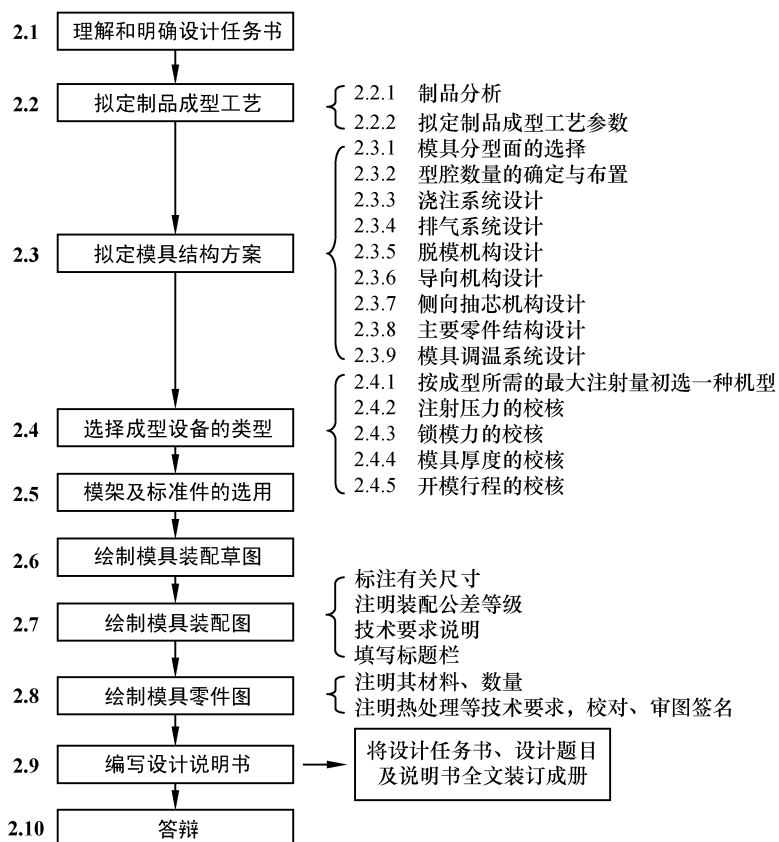


图 2-1 塑料模设计步骤

下面按图 2-1 所示设计步骤分别进行叙述。

2.1 理解和明确设计任务

模具设计任务书（参见第 5 章）一般由指导老师根据塑件的要求提出。该任务书的内容包括塑件图样、技术要求和生产数量（可能的情况下还附有塑件的样品），要求每个学生以设计任务书为依据完成一个独立的设计课题。

2.2 拟定制品成型工艺

2.2.1 塑料制品分析

（1）分析研究塑件图

了解塑件用途及塑件的结构工艺性、尺寸精度、技术要求等，如使用性能、塑件表面要求、颜色及透明度；塑件的几何结构、脱模斜度、嵌件等是否合理；熔接痕、缩孔等缺陷的允许程度，是否有涂装、电镀、胶接、钻孔等后加工；同时还要了解成型公差是否低于塑件的要求；是否要对制品图提出修改意见。

（2）制品原材料的选择

若设计任务书中未指明塑料原材料时，还要根据制品图的形状、大小以及使用的要求，可参考表 4-1 “常用热塑性塑料的性能与用途”和表 4-2 “常用热塑性塑料的主要技术指标”，正确地选择塑料原材料。

（3）计算制品的体积、质量以及制品的正面投影面积

（4）确定制品的成型加工方法（对热塑性塑料采用注射成型）

2.2.2 拟定制品成型工艺参数

根据制品结构特点及选定的原材料种类查表 4-3 “常用热塑性塑料注射成型的工艺参数”，选定如下工艺参数：料筒温度、喷嘴温度、模具温度、注射压力 p_0 (MPa)、注射时间 $t_{\text{注}}$ (s)、保压时间 $t_{\text{保}}$ (s)、冷却时间 $t_{\text{冷}}$ (s)、总的生产周期 t (s)。

2.3 拟定模具结构方案

当塑件的结构和使用的材料满足成型工艺的要求后，即可着手筹划模具的结构。

理想的模具结构应能发挥成型设备的能力，最大限度地满足塑件的工艺技术要求（如几

何形状、尺寸精度、表面光洁度等)和生产经济性要求(成本低、效率高、使用寿命长、节省劳动力等),由于影响因素多,可从以下几个方面做起。

2.3.1 模具分型面的选择

模具上用来取出塑件或浇注系统凝料的可分离的接触表面称为分型面。模具的分型面设计是否合理,对塑件质量、工艺操作难易程度和模具复杂程度具有很大的影响。分型面的选择应注意以下几点。

- ① 不影响塑件外观,尤其是对外观有明确要求的制品,更应注意分型面对外观的影响;
- ② 有利于保证塑件的精度要求;
- ③ 有利于模具加工,特别是型腔的加工;
- ④ 有利于浇注系统、排气系统、冷却系统的设计;
- ⑤ 便于制品的脱模,尽量使塑件在开模时留在动模一边。

2.3.2 型腔数量的确定与布置

型腔数量的确定主要是根据制品的质量、投影面积、几何形状(有无侧抽芯)、制品精度、批量以及经济效益来确定。但是以上这些因素有时是互相制约的,所以在确定设计方案时,必须进行协调以保证满足其主要条件。

通常对中小型塑件优先采用一模一腔的结构,若采用多型腔时一般不超过4个。

型腔数目确定之后,紧接着的工作就是对型腔进行科学的布置与排列。型腔的排列涉及模具尺寸、浇注系统类型、浇注系统的平衡、侧抽芯机构的设计、镶件及型芯的设计以及温度调节系统的设计。以上这些问题又与分型面及浇口的位置选择有关,所以在具体设计过程中,要进行必要的调整,以达到较完善的结果。

2.3.3 浇注系统设计

浇注系统的设计包括主流道设计、分流道截面形状及尺寸的确定、分流道的布置、浇口的形式及尺寸的确定、浇口位置的选择。

在设计浇注系统时,首先是选择浇口的位置。浇口位置选择适当与否,将直接关系到制品的成型质量。

2.3.4 排气系统设计

排气系统对确保制品成型质量起着重要的作用,视情况有以下几种排气方式。

- ① 利用排气槽;
- ② 利用型芯、镶件、推杆等的配合间隙以及模具分型面的间隙;
- ③ 对于大中型、深腔制品,为了防止制品在推出时造成真空而变形,需设进气装置。

此外,选择排气槽的位置是很重要的,通常应开设在型腔最后充满的地方,而且应尽量把排气槽开在模具的分型面上。

2.3.5 脱模机构设计

制品在模具中脱出是制品成型过程中的最后一个环节,而且直接决定着制品的质量。通常在设计脱模机构时应遵循下列原则。

① 为使制品不致因推出而产生变形,推力点应尽量靠近型芯或难于脱模的部位,且布置应力求均匀。

② 推力点应作用在制品刚性好的部位,应尽量选择肋部、突缘、壳体形制品的壁缘等处。

③ 对于薄平面制品、壳体形制品及筒形制品,最好采用脱模板脱模。

④ 为了不影响制品的外观,推出位置应设在制品的隐蔽面或非装饰面,对于透明制品尤其应予以重视。

⑤ 对于形状复杂的制品,为了使其在推出时受力均匀,最好采用联合式或特殊形式的推出机构。

2.3.6 导向机构设计

一般情况下,模具的导向分为动、定模的导向与推出机构的导向。常用的导柱(导套)装置配合精度不高。因此对精度要求高的制品必须另设精定位装置。

2.3.7 侧向轴芯机构设计

在设计侧向抽芯机构时应确保其安全可靠,尽量避免与脱模机构发生干扰,否则应先设置复位机构。

2.3.8 主要零件结构设计

考虑成型与安装的需要以及制造与装配的可能,根据所选材料,通过理论计算(或经验公式和数据)确定定模座板、定模板(即凹模板)、动模座板、动模板(即型芯固定板)、支承板、垫块、推杆和推杆固定板等的外形尺寸;确定导柱、导套、滑块等的结构和尺寸;用相应的公式计算型腔与型芯的尺寸并确定公差;此外还要确定各零件的安装、定位和固定的方法及相应尺寸。

2.3.9 模具调温系统设计

对于注射模具主要是冷却系统的设计,这是一项比较烦琐的工作,既要考虑冷却效果及冷却的均匀性,又要考虑冷却系统对模具整体结构的影响。冷却系统的设计包括以下内容。

- ① 冷却系统的排列方式及冷却系统的具体形式；
- ② 冷却系统的具体位置及尺寸的确定；
- ③ 重点部位如型芯（包括侧型芯）及镶件的冷却；
- ④ 冷却元件的设计及冷却标准元件的选用；
- ⑤ 密封结构的设计。

2.4 选择成型设备的类型

注射机型号主要是根据塑件的外形尺寸、质量大小及型腔的数量和排列方式来确定的。设计者应对模具所需塑料注射量、注射压力、塑件在分型面上的投影面积，成型时所需用的锁模力、模具厚度、拉杆间距、安装固定尺寸以及开模行程等进行计算。具体可从以下四个方面进行。

2.4.1 按每次成型所需的最大注射量初选一种机型型号（即获得该型号的额定注射量）

$$M_{\max} = nM_{\text{件}} + M_{\text{浇}} = 1.1nM_{\text{件}} \quad (\text{浇注系统的体积或质量为 } n \text{ 件制品的 } 10\%) \quad (2-1)$$

$$M_{\text{额定}} = M_{\max} / C\rho \quad (2-2)$$

式中 ρ ——塑料密度；

C ——系数，对结晶型取 0.85，对无定型取 0.93。

用上述 $M_{\text{额定}}$ 查表 4-4 预选出一种型号后，同时可知该机型的其他主要技术参数，如额定注射压力 p 、额定锁模力 F 、最大开模行程 H 等。

2.4.2 注射压力的校核

校核该塑件所选择的注射压力 p_0 是否小于所选机型的额定注射压力，通常塑件成型时的注射压力为 $p_0 = 70 \sim 150 \text{ MPa}$ ，由设计者根据塑件结构特点及成型要求选取，可参考表 3-4。

2.4.3 锁模力的校核

校核该模具型腔的胀型力是否小于所选机型的额定锁模力，即

$$F_{\text{胀}} = p_{\text{型}}(nA_1 + A_2) < F_{\text{锁}} \quad (2-3)$$

式中 A_1 ——单个塑件在分型面上的投影面积 (mm^2)；

A_2 ——流道凝料（包括浇口）在分型面上的投影面积 (mm^2)；

$p_{\text{型}}$ ——塑料熔体对型腔的平均压力 (MPa)， $p_{\text{型}} = (0.3 \sim 0.65)p_0$ ；

$F_{\text{胀}}$ ——塑料熔体对模具的胀型力 (N);

$F_{\text{锁}}$ ——所选机型的额定锁模力 (N)。

2.4.4 模具厚度的校核

模具厚度 H_m 也称模具的闭合高度, 必须满足

$$H_{\min} < H_m < H_{\max} \quad (2-4)$$

式中 $H_{\min}$ ——注射机允许的最小模具厚度, 即动、定模之间的最小开合距离;

$H_{\max}$ ——注射机允许的最大模具厚度。

2.4.5 开模行程的校核

开模行程是指从模具中取出塑件所需的最小开合距离, 用 H 表示, 它必须小于注射机移动模板与固定模板之间的最大行程 S , 可按以下两种情况进行校核。

(1) 开模行程与模具厚度无关 (其锁模机构为液压-机械联合式)

① 对于单分型面注射模, 其开模行程为

$$H = H_1 + H_2 + (5 \sim 10) \leq S \quad (2-5)$$

式中 H_1 ——凸模高度 (或脱模距离) (mm), 但对于内表面为阶梯形的制品, 脱模距离可小于凸模高度;

H_2 ——包括主流道凝料在内的塑件高度 (mm)。

② 对于双分型面注射模, 其开模行程为

$$H = H_1 + H_2 + a + (5 \sim 10) \leq S \quad (2-6)$$

式中 a ——取出浇注系统凝料所需的定模座板与中间板的分离距离 (mm)。

(2) 开模行程与模具厚度有关 (其锁模机构采用全液压的注射机以及带丝杠开模、锁模机构的角式注射机)

其开模行程 H 应小于移动模板与固定模板之间的最大开模行程 S 减去模具厚度 H_m 的差, 即

$$H \leq S - H_m \quad (2-7)$$

① 对于单分型面模具

$$H \leq S - [H_1 + H_2 + (5 \sim 10)] \quad (2-8)$$

② 对于双分型面模具

$$H \leq S - [H_1 + H_2 + a + (5 \sim 10)] \quad (2-9)$$

(3) 当模具有侧抽芯时的开模行程, 此时应考虑完成侧抽芯所需要的开模行程 $H_{\text{侧}}$

① 当 $H_{\text{侧}} \leq H_1 + H_2$ 时, 仍按式 (2-5) 计算开模行程 H ;

② 当 $H_{\text{侧}} > H_1 + H_2$ 时, 其开模行程为 $H + H_{\text{侧}} + (5 \sim 10)$ 。 (2-10)

2.5 模架及标准件的选用

2.5.1 模架的选择

(1) 注射模架的结构

模架也称模体，是注射模的骨架和基体，模具的每一部分都寄生其中，通过它将模具的各个部分有机地联系在一起。我国市场上销售的标准模架如图 2-2 所示。它一般由定模座板（或叫定模底板）、定模固定板（或叫定模板）、动模固定板（或叫型芯固定板）、动模垫板、垫块（或叫垫脚、模脚）、动模座板（或叫动模底板）、推板（或叫推出底板）、推杆固定板、导柱、导套、复位杆等组成。另外，根据需要还有特殊结构的模架，如点浇口模架、带脱模板的模架等。

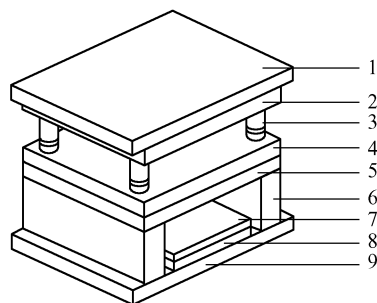


图 2-2 最常见的注射模架

1—定模座板；2—定模固定板；3—导柱导套；4—动模固定板；5—动模垫板；6—垫块；7—推杆固定板；8—推板；9—动模座板

(2) 标准模架的结构与形式

我国注射模架标准有两个，即《注射模中小型模架及技术条件》(GB/T 12556—1990) 和《大型塑料注射模架》(GB/T 12555—1990)。中小型模架有 4 种基本类型。

① 中小型模架。

a. 中小型模架的 4 种基本类型，如图 2-3 所示的 A1 型～A4 型，适用于 $W \times L \leq 500 \text{ mm} \times 900 \text{ mm}$ 的场合。

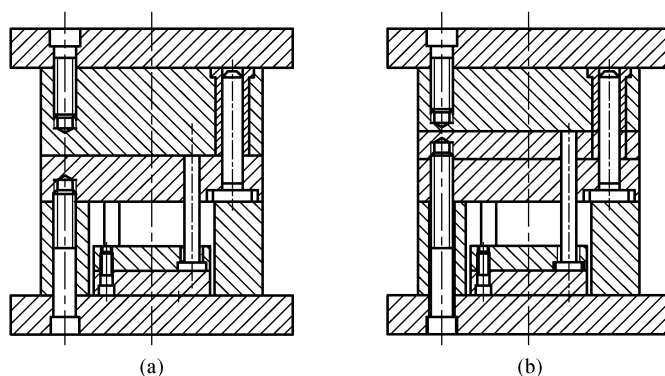


图 2-3 中小型模架基本类型

(a) A1 型；(b) A2 型

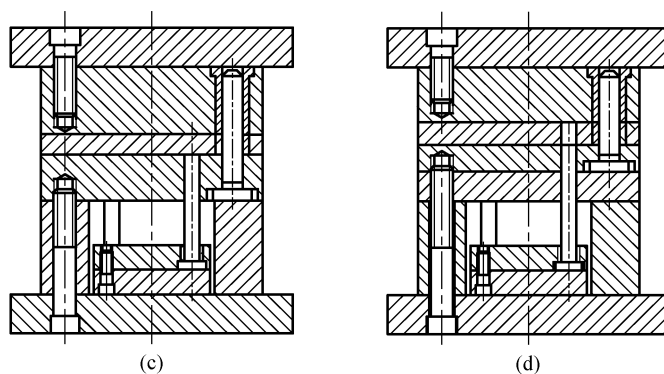


图 2-3 中小型模架基本类型 (续)

(c) A3 型; (d) A4 型

b. 中小型模架的九种派生型模架如图 2-4 所示, 派生型分为 P1 型~P9 型共 9 个品种。

c. 导柱和导套的安装形式可分为正装 (代号 Z) 和反装 (代号 F) 两种, 序号 1、2、3 分别采用带头导柱、有肩导柱和有肩定位导柱, 如图 2-5 所示。

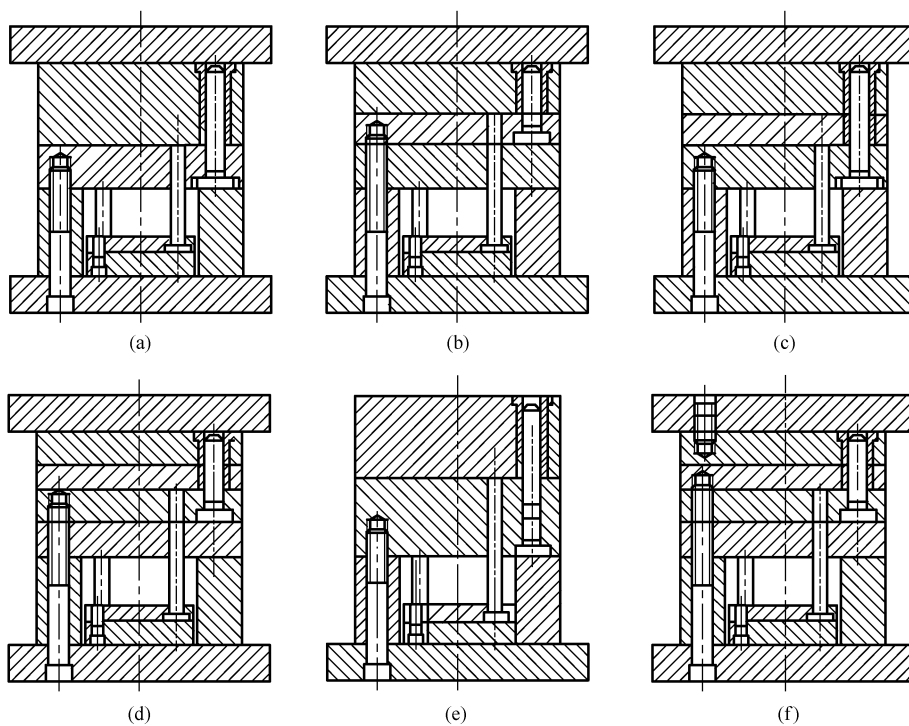


图 2-4 九种派生型模架

(a) P1 型; (b) P2 型; (c) P3 型; (d) P4 型; (e) P5 型; (f) P6 型

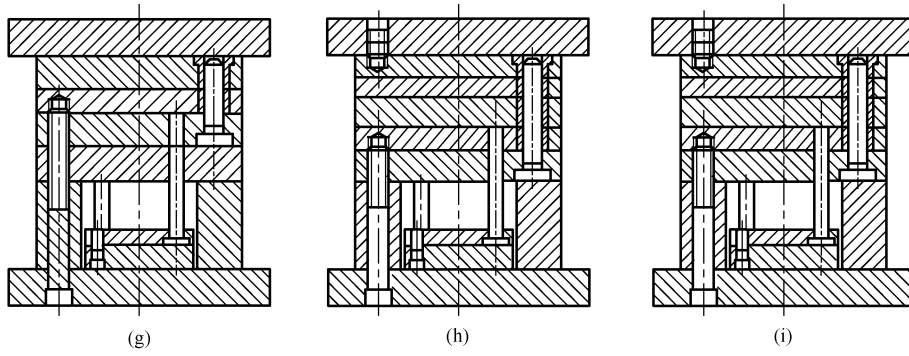


图 2-4 九种派生型模架 (续)

(g) P7 型; (h) P8 型; (i) P9 型

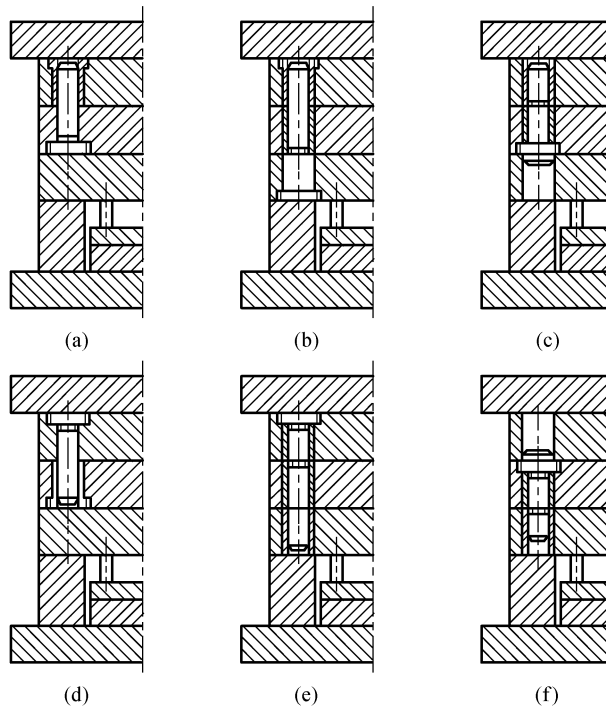


图 2-5 正装和反装导柱模架结构

(a) Z1 型; (b) Z2 型; (c) Z3 型; (d) Z4 型; (e) Z5 型; (f) Z6 型

d. 按动、定模座板的尺寸可分为有肩和无肩两种。

② 大型模架。

大型模架基本型有 A 型和 B 型共两种，派生型有 P1~P4 型共 4 种，适用于模板尺寸为 $W \times L = (630 \times 630) \text{ mm} \sim (1\,250 \times 2\,000) \text{ mm}$ 。大型模架的结构基本与中小型模架类似。

③ 各种模架的特点和用途（见表 2-1）。

表 2-1 各种模架的特点和用途

类 型	基本型				派生型		
型 号	A1	A2	A3	A4	P1~P4	P5	P6~P9
特 点 和 用 途	定模为两块模板，动模为一块模板，采用推杆推出机构。适用于单分型面注射模	定模和动模均为两块模板，采用推杆顶出机构。适用于直流道、斜导柱抽芯的注射模	定模为两块模板，动模为一块模板，采用脱模板顶出机构。适用于脱模力大的塑件、薄壳型塑件、塑件表面不允许有顶出痕迹的注射模	定模和动模均为两块模板，采用脱模板板顶出机构。适用范围类似 A1	P1~P4 型由基本型 A1~A4 对应派生而成，不同在于取掉了定模板上的固定螺钉，使定模部分增加了一个分型面而成为三板式模具，多用于需要点浇口场合。其他特点及用途同 A1~A4	定、动模板均为一块模板。主要适用于直浇道且整体简单型腔的注射模	P6 对应 P7、P8 对应 P9，只是去掉了定模板上的固定螺钉。它们均适用于复杂的注射模（如定距分型自动脱浇口的注射模）

(3) 中小型标准模架的规格

在不同规格的模架组合系列中，模板的宽度尺寸为系列主参数，各配以一组尺寸要素，如图 2-6 所示，共组成 61 个尺寸系列。按照同品种、同系列所选用的模板厚度 A 、 B 和垫块高度 C 划分为每一系列中的规格，供设计时任意组合采用。其规格数基本上覆盖了注射容量为 $10 \sim 4\,000 \text{ cm}^3$ 注射机用的各类中小型热塑性和热固性塑料注射模。

表 2-2 包含了 GB12556—1990 标准的所有 A 、 B 横板厚度板尺寸组合（61 个尺寸系列）。从表 2-2 中可见，在序号 1 中宽度 W 为 100 mm 的模板，有 3 种长度 L （100 mm，125 mm，160 mm）与其相组合，因模板厚度 A （12.5 mm，16 mm，20 mm，25 mm，32 mm，40 mm，50 mm，63 mm）、 B （12.5 mm，16 mm，20 mm，25 mm，32 mm，40 mm，50 mm，63 mm）各有 8 个可选参数和 3 个垫块高度 C （40 mm，50 mm，63 mm）的变化，共形成 64 种规格，以编号 01~64 表示。

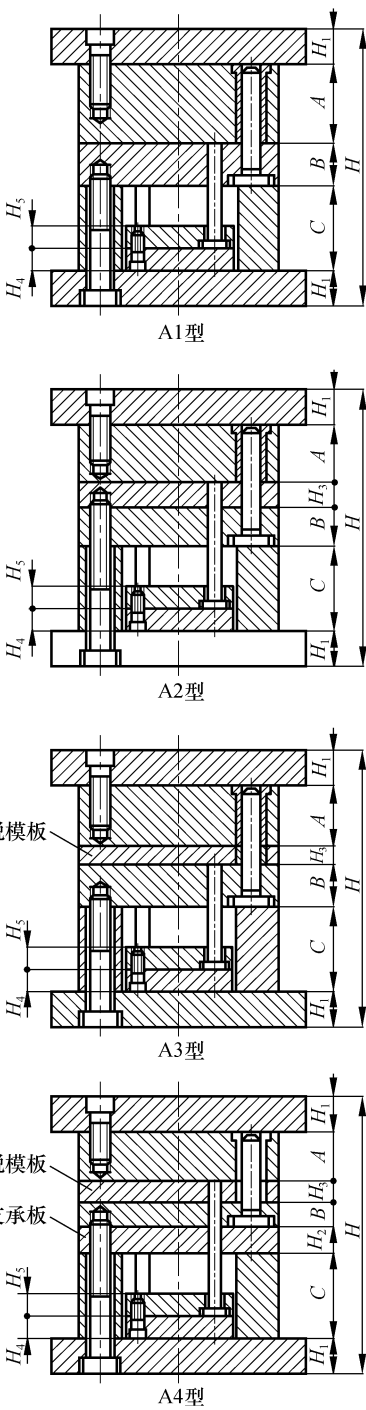


图2-6 标准模架的主要参数

表 2-2 塑料注射模中小型标准模架的尺寸组合

序号	系列 W×L	L	导柱 ϕ (间距 $\omega_1 \times l_T$)	模架厚度 A、B 尺寸	垫块 高 C	W_1	W_2	W_3	H_1	H_2	H_3	H_4	H_5	复位杆直 径 d ; 间距 ($\omega_2 \times l_t$)	动定模座板 螺钉数量 × 规格; 间距 ($\omega_3 \times l_M$)	推板螺钉数 量 × 规格; 间 距 ($\omega_4 \times l_m$)
1	100×L	100, 125, 160	12; 70× (74, 99, 134)	12.5, 16, 20, 25, 32, 40, 50, 63	40, 50, 63	160	58	20	16	20	12.5	12.5	10	8; 30× (70, 95, 130)	8×M8; 80×(36, 61, 96)	4×M6; 45×(87, 112, 147)
2	125×L	125, 160, 200	12; 95× (100, 135, 175)	12.5, 16, 20, 25, 32, 40, 50, 63	40, 50, 63	180	73	25	16	25	12.5	16	12.5	8; 40× (95, 130, 170)	8×M8; 100×(60, 95, 135)	4×M6; 60×(112, 147, 187)
3	160×L	160, 200, 250, 315	16; 122× (126, 166, 216, 281)	16, 20, 25, 32, 40; 50; 63; 80	50, 63, 80	200	94	32	20	32	16	16	12.5	10; 64× (122, 162, 212, 277)	8×M10; 128×(74, 114, 164, 229)	4×M10; 80×(146, 186, 236, 301)
4	180×L	200, 250, 315	16; 142× (166, 216, 281)	20, 25, 32, 40; 50; 63; 80	50, 63, 80	250	114	32	25	32	20	16	12.5	10; 80× (162, 212, 277)	8 × M10; 148×(114, 164, 229)	4×M8; 100×(186, 236, 301)
5	200×L	200, 250, 315, 355, 400	20; 156× (160, 210, 275, 315, 360)	20, 25, 32, 40, 50, 63, 80	50, 63, 80	250	118	40	25	32	20	20	16	12.5; 80× (156, 206, 271, 311, 356)	8 × M12; 160×(96, 146, 210, 251, 296)	4×M8; 100×(182, 232, 297, 337, 382)
6	250× L(1)	250, 315, 355, 400	25; 194× (210, 275, 315, 360)	20, 25, 32, 40, 50, 63, 80, 100	50, 63, 80	315	148	50	25	40	25	20	16	16; 108× (194, 259, 299, 344)	8 × M12; 200×(128, 193, 233, 278)	4×M8; 132×(234, 299, 339, 384)
7	250× L(2)	450, 500, 560	25; 194× (410, 460, 520)	25, 32, 40, 50, 63, 80, 100	63, 80	315	148	50	25	40	32	25	16	16; 108× (394, 444, 504)	12 × M12; 200×(328, 378, 438)	4×M8; 132×(434, 484, 544)
8	315× L(1)	315, 355, 400, 450, 500	32, 240× (260, 300, 345, 395, 445)	25, 32, 40, 50, 63, 80, 100	63, 80, 100	400	199	56	25	50	32	25	20	20; 140× (240, 280, 325, 375, 425)	8 × M16; 259×(160, 200, 245, 295, 345)	4×M10; 179×(295, 335, 380, 430, 480)

续表

序号	系列 $W \times L$	L	导柱 ϕ (间距 $w_1 \times l_T$)	模板厚度 A, B 尺寸	垫块 高 C	W_1	W_2	W_3	H_1	H_2	H_3	H_4	H_5	复位杆直 径 d ; 间距 ($w_2 \times l_r$)	动定模座板 螺钉数量 $\times$ 规格; 间距 ($w_3 \times l_M$)	推板螺钉数 量 $\times$ 规格; 间 距 ($w_4 \times l_m$)
9	$315 \times L(2)$	560, 630	$32; 240 \times (505, 575)$	32, 40, 50, 63, 80, 100	80, 100	400	199	56	25	63	40	32	20	$20; 140 \times (480, 555)$	$12 \times M16; 295 \times (405, 475)$	$6 \times M10; 179 \times (540, 610)$
10	$355 \times L(1)$	355, 400, 450, 500, 560	$32; 284 \times (300, 345, 395, 445, 505)$	25, 32, 40, 50, 63, 80, 100, 125	80, 100, 125	450	225	63	32	50	32	25	20	$20; 168 \times (284, 329, 379, 429, 489)$	$12 \times M16; 292 \times (200, 245, 295, 345, 405)$	$6 \times M10; 200 \times (330, 375, 425, 475, 535)$
11	$355 \times L(2)$	630, 710	$32; 284 \times (575, 655)$	32, 40, 50, 63, 80, 100, 125	80, 100, 125	450	225	63	32	50	40	32	20	$20; 168 \times (559, 639)$	$16 \times M16; 292 \times (475, 555)$	$6 \times M10; 200 \times (605, 685)$
12	$400 \times L(1)$	400, 450, 500, 560	$32; 326 \times (340, 390, 440, 500)$	32, 40, 50, 63, 80, 100, 125, 160	80, 100, 125	500	270	63	32	50	32	32	20	$20; 210 \times (326, 376, 426, 486)$	$12 \times M16; 337 \times (245, 295, 345, 405)$	$6 \times M12; 232 \times (374, 424, 474, 534)$
13	$400 \times L(2)$	630, 710	$32; 326 \times (570, 650)$	40, 50, 63, 80, 100, 125, 160	80, 100, 125	500	270	63	32	50	40	32	20	$20; 210 \times (556, 636)$	$16 \times M16; 337 \times (475, 555)$	$6 \times M12; 232 \times (604, 684)$
14	$450 \times L(1)$	450, 500, 560	$40; 364 \times (380, 430, 490)$	32, 40, 50, 63, 80, 100, 125, 160	80, 100, 125	500	285	80	40	63	40	32	25	$25; 240 \times (364, 414, 474)$	$12 \times M16; 370 \times (270, 320, 380)$	$6 \times M12; 264 \times (428, 478, 538)$
15	$450 \times L(1)$	630, 710, 800	$40; 364 \times (560, 640, 720)$	40, 50, 63, 80, 100, 125, 160	100, 125, 160	560	286	80	40	63	40	40	25	$25; 240 \times (544, 624, 714)$	$16 \times M16; 370 \times (450, 530, 620)$	$6 \times M12; 264 \times (608, 688, 778)$

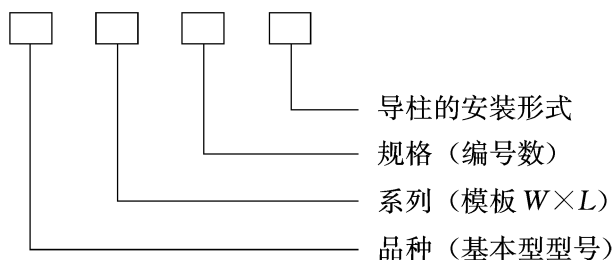
续表

序号	系列 $W \times L$	L	导柱 ϕ (间 距 $a_1 \times l_T$)	模板厚度 $A、B$ 尺寸	垫块 高 C	W_1	W_2	W_3	H_1	H_2	H_3	H_4	H_5	复位杆直 径 d ; 间距 ($w_2 \times l_t$)	动定模板 螺钉数量 $\times$ 规格; 间距 ($w_3 \times l_M$)	推板螺钉数 量 $\times$ 规格; 间 距 ($w_4 \times l_m$)
16	$500 \times L(1)$	500, 560, 630	40, 414 $\times$ (440, 500, 570)	32, 40, 50, 63, 80, 100, 125, 160	100, 125, 160	630	336	80	40	63	40	40	25	25; 280 $\times$ (414, 474, 544)	12 $\times$ M16; 420 $\times$ (320, 380, 450)	6 $\times$ M12; 312 $\times$ (476, 536, 606)
17	$500 \times L(2)$	710, 800	40; 414 $\times$ (650, 740)	40, 50, 63, 80, 100, 125, 160	100, 125, 160	630	336	80	40	63	40	40	25	25; 280 $\times$ (624, 714)	16 $\times$ (M16; 420 $\times$ (530, 620)	6 $\times$ M12; 312 $\times$ (686, 776)
18	$560 \times L$	560, 630, 710, 800, 900	40, 474 $\times$ (500, 570, 650, 740, 840)	40, 50, 63, 80, 100, 125, 160, 200	100, 125, 160, 200	630	354	100	50	60	50	40	25	25; 290 $\times$ (474, 544, 624, 714, 814)	16 $\times$ M16; 460 $\times$ (360, 430, 510, 600, 700)	6 $\times$ M12; 330 $\times$ (536, 606, 686, 776, 876)

注: 1. 每一个系列的模架的长度 L 的值对于相应导柱长度方向间距 l_T ; 复位杆长度方向间距 l_t ; 推板螺钉长度方向间距 l_m ; 动、定模板螺钉长度方向间距 l_M 。
2. 定动模板的厚度值 $A、B$, 可根据计算结果直接从表中列出的 8 个值中选一个, 垫块的高度 C 可根据计算结果直接从表中列出的 3 个值中选一个。当表中的个别数据不能满足要求时, 可单独定做或重新加工该零件。

(4) 中小型模架的标记方法

塑料注射中小型模架规格的标记方法如下：



例：A3-355450-16-F1 GB12556—1990 表示的模架为基本型 A3 型，模板 $W \times L$ 为 355×450 ，规格编号为 16，即模板 A 为 32 mm，模板 B 为 125 mm，带头导柱为反装 F1。

(5) 中小型标准模架的选择方法（两种经验法）

方法 [I]：根据模板有效使用面积（即型腔在模板上的平面尺寸）

模具的大小主要取决于塑件的大小和结构。对于模具而言，在保证足够强度和刚度的条件下，结构越紧凑越好，可以以塑件布置在推杆推出的范围之内及复位杆与型腔保持一定距离为原则来确定模架大小，可以大致按下列经验公式来计算。

塑件在分型面上的投影宽度 W' 须满足：

$$W' \leq W_2 - 10 \text{ mm} \quad (2-11)$$

塑件在分型面上的投影长度 L' 须满足：

$$L' \leq l_t - d - 30 \text{ mm} \quad (2-12)$$

式中 W_2 ——推板宽度 (mm)；

l_t ——复位杆在长度方向的间距 (mm)；

d ——复位杆直径 (mm)；

10——推杆与垫块之间的双边距离；

30——复位杆与型腔之间的双边距离。(见图 2-6)

根据式 (2-11) 和式 (2-12) 可求得 W_2 和 l_t 这两个参数，再对照中小型标准模架尺寸系列中相应的参数就可以确定模架大小和型号。(见表 2-2)

【例 2-1】有一矩形扁平塑件，尺寸为 $200 \text{ mm} \times 250 \text{ mm} \times 3 \text{ mm}$ ，决定使用直接浇口，采用脱模板推出塑件，并且带动模垫板的标准模架，试选择该标准模架的类型规格及模架上相应尺寸。

解：根据经验式 (2-11) 可得

$$200 \leq W_2 - 10 \text{ mm}$$

即推板宽度 $W_2 \geq 210 \text{ mm}$ ，查表 2-2 可得 $W_2 = 225 \text{ mm}$ ，对应的标准模架的宽度 $B = 355 \text{ mm}$ 。复位杆的直径 $d = 20 \text{ mm}$ 。

根据经验式 (2-12) 可得

$$250 \leq l_t - 20 \text{ mm} - 30 \text{ mm}$$

即复位杆在长度方向的间距 $l_t \geq 300 \text{ mm}$, 查表 2-2 可得 $l_t = 329 \text{ mm}$, 对应的标准模架的长度 $L = 400 \text{ mm}$ 。故所选模架为表 2-2 中第 10 号 A4 型标准模架, 其规格为 $W \times L = 355 \text{ mm} \times 400 \text{ mm}$ 。

标准模架选定之后, 就可以从表 2-2 中可以直接查出与之相对应的导柱直径 $\phi = 32 \text{ mm}$, 导柱的间距 $w_1 \times l_T = 284 \text{ mm} \times 345 \text{ mm}$, 动、定模座板的宽度 $W_1 = 450 \text{ mm}$, 垫块的宽度 $W_3 = 63 \text{ mm}$, 定模座板的厚度 $H_1 = 32 \text{ mm}$, 动模垫块的厚度 $H_2 = 50 \text{ mm}$ (若此处的 H_2 比实际的计算值偏小, 则考虑增加支撑柱以提高其刚度), 脱模板的厚度 $H_3 = 32 \text{ mm}$, 推板的厚度 $H_4 = 25 \text{ mm}$, 推杆固定板的厚度 $H_5 = 20 \text{ mm}$, 复位杆的间距 $w_2 \times l_T = 168 \text{ mm} \times 329 \text{ mm}$, 模板的螺钉数量 $\times$ 规格: $6 \times \text{M}8 \text{ mm}$, 推板的间距 $b \times l_T = 200 \text{ mm} \times 375 \text{ mm}$ 。

方法 [II]: 当型腔带镶件时, 根据制品的外形尺寸 (平面投影面积与高度) 以及制品本身结构, 可以确定镶件的外形尺寸, 然后再按经验确定模架的大小, 具体办法见图 2-7 及表 2-3。

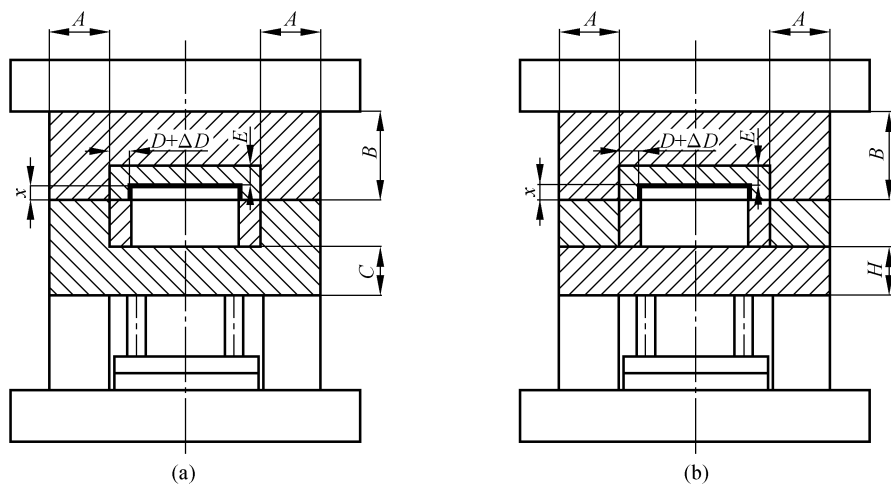


图 2-7 方法 [II] 参考图
(a) C型 (无支承板); (b) A型 (有支承板)

表 2-3 方法 [II] 对应图表

产品投影面积 S/mm^2	A	B	C	H	D	E
100~900	40	20	30	30	20	20
900~2 500	40~45	20~24	30~40	30~40	20~24	20~24
2 500~6 400	45~50	24~30	40~50	40~50	24~28	24~30
6 400~14 400	50~55	30~36	50~65	50~65	28~32	30~36

续表

产品投影面积 S/mm ²	A	B	C	H	D	E
14 400~25 600	55~65	36~42	65~80	65~80	32~36	36~42
25 600~40 000	65~75	42~48	80~95	80~95	36~40	42~48
40 000~62 500	75~85	48~56	95~115	95~115	40~44	48~54
62 500~90 000	85~95	56~64	115~135	115~135	44~48	54~60
90 000~122 500	95~105	64~72	135~155	135~155	48~52	60~66
122 500~160 000	105~115	72~80	155~175	155~175	52~56	66~72
160 000~202 500	115~120	80~88	175~195	175~195	56~60	72~78
202 500~250 000	120~130	88~96	195~205	195~205	60~64	78~84

以上数据，仅作为一般性结构塑料制品的模架参考，对于特殊的塑料制品，应注意以下几点。

- ① 当产品高度过高时（产品高度 $X \geq D$ ），应适当加大 D ，加大值 $\Delta D = (X - D) / 2$ ；
- ② 有时为了冷却水道的需要，也要对镶件的尺寸做调整，以达到较好冷却效果；
- ③ 结构复杂需做特殊分型或顶出机构，或有侧向分型结构需做滑块时，应根据不同情况适当调整镶件和模架的大小以及各模板的厚度，以保证框架的强度。

应用此方法计算例 2-1 中塑件的模架尺寸。

解：由表 2-3 可知，该产品投影面 $S = 200 \times 250 = 50\,000 \text{ (mm}^2\text{)}$

选择 C 型结构，可查得： $A = 75 \text{ mm}$ ， $D = 40 \text{ mm}$

则模具宽 $N = (75 + 40) \times 2 + 200 = 430 \text{ (mm)}$

长 $L = (75 + 40) \times 2 + 300 = 530 \text{ (mm)}$

选标准模架： $N \times L = 450 \text{ mm} \times 560 \text{ mm}$

可见用此方法计算结果与 [I] 法的结果有差别，但差别不大。

2.5.2 标准件的选用

标准件包括通用标准件和模具专用标准件两大类。通用标准件如紧固件等；模具专用标准件如定位圈、浇口套、推杆、推管、导柱、导套、模具专用弹簧、冷却及加热元件、顺序分型机构及精密定位用标准组件等。

在设计模具时，应尽可能地选用标准模架和标准件，因为标准件常可在市场上买到或订制，这对缩短制造周期、降低制造成本是极其有利的。

2.6 绘制模具装配草图

设计方案确定后即可着手绘制模具整体结构草图。绘制草图时最好采用 1 : 1 的比例，

先从型腔开始，由里向外，主视图、俯视图、侧视图同时进行，要求反映：

- ① 主视图的摆放应当与该模具在注射机上的安装形式一致，左端为动模部分，右边为定模部分；
- ② 俯视图（即右视图）要求一半看定模部分，一半将定模除掉看动模部分，且将塑件（带浇注系统凝料）留在动模；
- ③ 型腔与型芯的结构；
- ④ 浇注系统的结构形式与部位；
- ⑤ 合模推出及复位机构；
- ⑥ 冷却系统的结构形式与部位；
- ⑦ 安装、支承、连接、定位等零件的结构、数量及安装位置；
- ⑧ 确定装配图的图幅大小、比例、视图数量等。

2.7 绘制模具装配图（要求用计算机绘图）

绘制正式装配图时要注意以下几点：

- ① 认真、细致地检查结构草图，对不细、不全的部分要补细补全；
- ② 在装配图中，无论采用何种剖视方法，但总的要求是尽量反映塑件和浇注系统的轮廓，模具的不同零部件（包括螺钉、销钉等）都要剖视一个出来；
- ③ 按从定模到动模的顺序标出零件的序号，并填写在标题栏内；
- ④ 在装配图中应标注装配公差等级，例如浇口套、定位圈、凹模镶件、型芯以及导柱、导套等；
- ⑤ 在装配图上标注该模具的长、宽、高相关尺寸；
- ⑥ 标注技术要求（见 5.3.2）和使用说明。

模具总装图的技术要求内容有：

- ① 模具某些系统的性能要求，例如推出系统、滑块抽芯机构的装配要求；
- ② 模具装配工艺的要求，如装配后分型面的贴合间隙要大于 0.05 mm，模具上、下面的平行度要求，由装配决定的尺寸和对该尺寸的要求；
- ③ 模具使用、装拆方法；
- ④ 防氧化处理、模具编号、标记、油封、保管等要求；
- ⑤ 有关试模具及检验方面的要求。

2.8 绘制模具零件图

- ① 自制加工的零件都应绘制零件图；

- ② 绘制的顺序可以是先复杂后简单，也可以先成型零件后结构零件；
- ③ 图形要求，尽可能按 1 : 1 的比例，但允许局部放大或缩小，同时要求视图选择合理，投影正确，布置得当；
- ④ 统一考虑尺寸、公差、形位公差、表面粗糙度的标注方法和位置，应用最多的一种粗糙度标于图纸右下角，如标注 “ $\sqrt{Ra3.2}$ ($\sqrt{\text{ }}$)”；
- ⑤ 零件图的编号应与该装配图上的序号一致，便于查对；
- ⑥ 标注技术要求，内容有：零件的材料、数量、热处理和硬度要求，表面处理要求以及与其他零部件的配合关系等（见 5.3.5）；
- ⑦ 最终校对、审用，然后签名。

2.9 编写设计说明书

设计说明书主要是把在整个设计过程中所记录的内容进行综合整理所写成的文字，对于学生来说可以从头至尾地清理设计思路，对老师来说可以从中了解学生的全部设计过程，并为对整个设计的成绩评定提供可靠的依据。

设计说明书应打印装订成册，主要包括 5 个方面的内容。

- ① 目录；
- ② 设计题目（或设计任务书）；
- ③ 说明书全文主要包括前述 8 个设计过程的内容；
- ④ 其他需要说明的内容、收获和体会、感谢致辞等；
- ⑤ 设计参考文献。

2.10 答辩，然后作进一步修改

此部分略。

注射模设计实例

本设计实例为一塑料端盖，如图 3-1 所示。塑件比较简单，借此以阐明注射模的设计过程。塑件的质量要求是不允许有裂纹和变形缺陷的；脱模斜度 $30' \sim 1^\circ$ ；塑件材料 ABS，生产批量为大批量，塑件公差按模具设计要求进行转换。

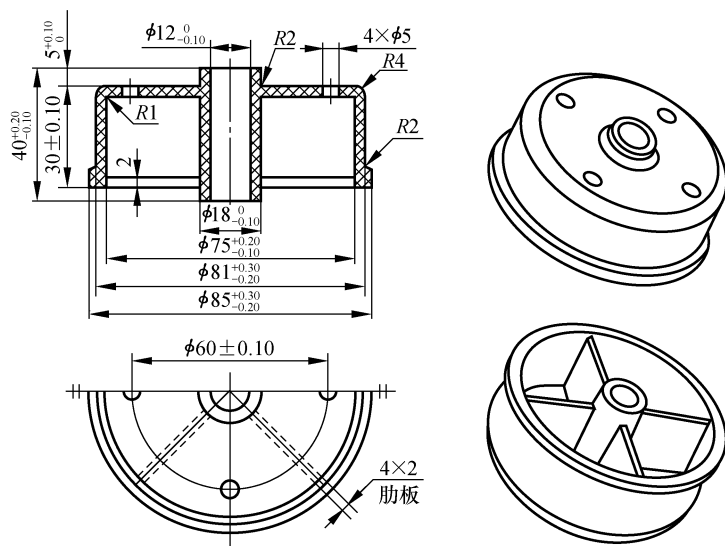


图 3-1 塑料端盖

3.1 塑件成型工艺性分析

3.1.1 塑件的分析

(1) 外形尺寸

该塑件壁厚为 3 mm，塑件外形尺寸不大，塑料熔体流程不太长，适合于注射成型，如

图 3-1 所示。

(2) 精度等级

每个尺寸的公差不一样，有的属于一般精度，有的属于高精度，就按实际公差进行计算。

(3) 脱模斜度

ABS 属无定型塑料，成型收缩率较小，参考表 3-1 选择该塑件上型芯和凹模的统一模斜度为 1° 。

表 3-1 常用塑件的脱模斜度

塑料名称	脱模斜度	
	凹模	型芯
聚乙烯、聚丙烯、软聚氯乙烯、聚酰胺、氯化聚醚	$25' \sim 45'$	$25' \sim 45'$
硬聚氯乙烯、聚碳酸酯、聚砒	$35' \sim 45'$	$30' \sim 50'$
聚苯乙烯、有机玻璃、ABS、聚甲醛	$35' \sim 1^\circ 30'$	$30' \sim 40'$
热固性塑料	$25' \sim 40'$	$20' \sim 50'$

3.1.2 ABS 的性能分析

(1) 使用性能

综合性能好，冲击强度、力学强度较高，尺寸稳定，耐化学稳定性，电气性能良好；易于成型和机械加工，其表面可镀铬，适合制作一般机械零件、减摩零件、传动零件和结构零件。

(2) 成型性能

① 无定型塑料。其品种很多，各品种的机电性能及成型特性也各有差异，应按品种来确定成型方法及成型条件。

② 吸湿性强。水的质量分数应小于 0.3% ，必须充分干燥，要求表面光泽的塑件应要求长时间预热干燥。

③ 流动性中等。溢边料 0.04 mm 左右。

④ 模具设计时要注意浇注系统，选择好进料口的位置、进料形式。当推出力过大或机械加工时塑件表面易呈现白色痕迹。

(3) ABS 的主要性能指标

其性能指标见表 3-2。

表 3-2 ABS 的性能指标

密度/ $(\text{g} \cdot \text{cm}^{-3})$	$1.28 \sim 1.08$	屈服强度/MPa	50
比体积/ $(\text{cm}^3 \cdot \text{g}^{-1})$	$0.86 \sim 0.98$	拉伸强度/MPa	38
吸水率/ $\%$	$0.2 \sim 0.4$	拉伸弹性模量/MPa	1.4×10^3

续表

熔点/℃	130~160	抗弯强度/MPa	80
计算收缩率/%	0.3~0.8	拉压强度/MPa	53
比热容/[J·(kg·℃) ⁻¹]	1 470	弯曲弹性模量/MPa	1.4×10^3

3.1.3 ABS 的注射成型过程及工艺参数

(1) 注射成型过程

① 成型前的准备。对 ABS 的色泽、粒度和均匀度等进行检验，由于 ABS 吸水性较大，成型前应进行充分的干燥。

② 注射过程。塑件在注射机料筒内经过加热、塑化达到流动状态后，由模具的浇注系统进入模具型腔成型。其过程可分为充模、压实、保压、倒流和冷却 5 个阶段。

③ 塑件的后处理。处理的介质为空气和水，处理温度为 60~75℃，处理时间为 16~20 s。

(2) 注射工艺参数

① 注射机：螺杆式，螺杆转速为 30 r/min。

② 料筒温度 (℃)：后段 150~170；中段 165~180；前段 180~200。

③ 喷嘴温度 (℃)：170~180。

④ 模具温度 (℃)：50~80。

⑤ 注射压力 (MPa)：60~100。

⑥ 成型时间 (s)：30 (注射时间取 1.6，冷却时间 20.4，辅助时间 8)。

3.2 拟定模具的结构形式

3.2.1 分型面位置的确定

通过对塑件结构形式的分析，分型面应选在端盖截面积最大且利于开模取出塑件的底平面上，其位置如图 3-2 所示。

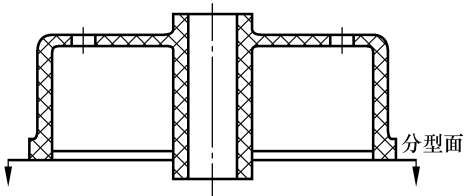


图 3-2 分型面的选择

3.2.2 型腔数量和排列方式的确定

(1) 型腔数量的确定

该塑件的精度要求一般在 2~3 级之间，且为大批量生产，可采取一模多腔的结构形式。同时，考虑到塑件尺寸、模具结构尺寸的大小关系，以及制造费用和各种成本费等因素，初步定为一模两腔结构形式。

(2) 型腔排列形式的确定

多型腔模具尽可能采用平衡式排列布置，且力求紧凑，并与浇口开设的部位对称。由于该设计选择的是一模两腔，故采用直线对称排列，如图 3-3 所示。

(3) 模具结构形式的确定

从上面的分析可知，本模具设计为一模两腔，呈直线对称排列，根据塑件结构形状，推出机构拟采用脱模板推出的推出形式。浇注系统设计时，流道采用对称平衡式，浇口采用侧浇口，且开设在分型面上。因此，定模部分不需要单独开设分型面取出凝料，动模部分需要添加型芯固定板、支撑板和脱模板。由以上综合分析可确定选用带脱模板的单分型面注射模。

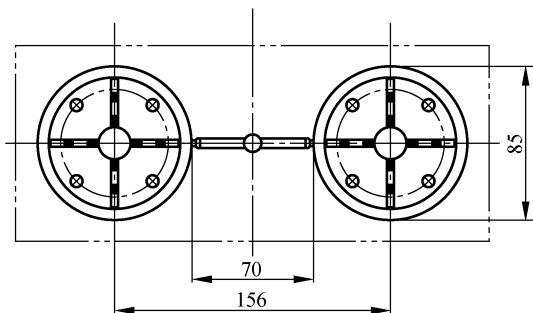


图 3-3 型腔数量的排列布置

3.2.3 注射机型号的确定

(1) 注射量的计算

通过三维软件建模设计分析计算得塑件体积：

$$V_{\text{塑}} = 47.755 \text{ cm}^3$$

塑件质量：

$$m_{\text{塑}} = \rho V_{\text{塑}} = 47.76 \times 1.02 \text{ g} = 48.7 \text{ g}$$

式中， ρ 参考表 3-2，可取 1.02 g/cm^3 。

(2) 浇注系统凝料体积的初步估算

浇注系统的凝料在设计之前不能确定准确的数值，但是可以根据经验按照塑件体积的 0.2~1 倍来估算。由于本次采用的流道简单并且较短，因此浇注系统的凝料按塑件体积的 0.2 倍来估算，故一次注入模具型腔塑料熔体的总体积（即浇注系统的凝料和两个塑件体积之和）为

$$V_{\text{总}} = V_{\text{塑}}(1 + 0.2) \times 2 = 47.755 \times 1.2 \times 2 \text{ cm}^3 = 114.66 \text{ cm}^3$$

(3) 选择注射机

根据第二步计算得出一次注入模具型腔的塑料总体积 $V_{\text{总}} = 114.6 \text{ cm}^3$ ，依公式 ($V_{\text{公}} = V_{\text{总}}/0.8$) 则有： $V_{\text{总}}/0.8 = 114.66/0.8 \text{ cm}^3 = 143.325 \text{ cm}^3$ 。根据以上的计算，初步选定公称注射量为 160 cm^3 ，注射机型号为 SZ-160/100 卧式注射机，其主要技术参数见表 3-3。

表 3-3 注射机主要技术参数

理论注射容量/cm ³	160	移模行程/mm	325
螺杆柱塞直径/mm	40	最大模具厚度/mm	300
注射压力/MPa	150	最小模具厚度/mm	200
注射速率/(g·s ⁻¹)	105	锁模形式	双曲肘
塑化能力/(g·s ⁻¹)	45	模具定位孔直径/mm	125
螺杆转速/(r·min ⁻¹)	0~200	喷嘴球半径/mm	12
锁模力/kN	1 000	喷嘴口半径/mm	3
拉杆内间距/mm	345×345		

(4) 注射机的相关参数的校核

① 注射压力校核。查表 3-4 可知, ABS 所需注射压力为 80~110 MPa, 这里取 $p_0 = 100$ MPa, 该注射机的公称注射压力 $p_{\text{公}} = 150$ MPa, 注射压力安全系数 $k_1 = 1.25 \sim 1.4$, 这里取 $k_1 = 1.3$, 则

$$k_1 p_0 = 1.3 \times 100 = 130 < p_{\text{公}}$$

所以, 注射机注射压力合格。

表 3-4 部分塑料所需的注射压力 p_0

MPa

塑 料	注射条件		
	厚壁件 (易流动)	中等壁厚件	难流动的薄壁窄浇口件
聚乙烯	70~100	100~120	120~150
聚氯乙烯	100~120	120~150	>150
聚苯乙烯	80~100	100~120	120~150
ABS	80~110	100~130	130~150
聚甲醛	85~100	100~120	120~150
聚酰胺	90~101	101~140	>140
聚碳酸酯	100~120	120~150	>150
有机玻璃	100~120	110~150	>150

② 锁模力校核。

a. 塑件在分型面上的投影面积 $A_{\text{塑}}$, 则

$$A_{\text{塑}} = \frac{\pi}{4} \times (85^2 - 12^2 - 4 \times 5^2) \text{ mm}^2 = 5\,480 \text{ mm}^2$$

b. 浇注系统在分型面上的投影面积 $A_{\text{浇}}$, 即流道凝料 (包括浇口) 在分型面上的投影面积, 可以按照多型腔模的统计分析来确定。 $A_{\text{浇}}$ 是每个塑件在分型面上的投影面积 $A_{\text{塑}}$ 的 0.2~0.5 倍。由于本例流道设计简单, 分流道相对较短, 因此流道凝料投影面积可以适当

取小一些。这里取 $A_{\text{浇}} = 0.2A_{\text{塑}}$ 。

c. 塑件和浇注系统在分型面上总的投影面积 $A_{\text{总}}$ ，则

$$A_{\text{总}} = n(A_{\text{塑}} + A_{\text{浇}}) = n(A_{\text{塑}} + A_{\text{塑}}) = 2 \times 1.2 \times 5480 \text{ mm}^2 = 13152 \text{ mm}^2。$$

d. 模具型腔内的胀型力 $F_{\text{胀}}$ ，则

$$F_{\text{胀}} = A_{\text{总}} p_{\text{模}} = 13152 \times 35 \text{ N} = 460320 \text{ N} = 460.32 \text{ kN}$$

式中， $p_{\text{模}}$ 是型腔的平均计算压力值，通常取注射压力的 20%~40%，大致范围为 25~40 MPa。对于黏度较大且精度较高的塑料制品应取较大值。ABS 属中等黏度塑料及有精度要求的塑件，故 $p_{\text{模}}$ 取 35 MPa。

查表 3-3 可得该注射机的公称锁模力 $F_{\text{锁}} = 1000 \text{ kN}$ ，锁模力安全系数为 $k_2 = 1.1 \sim 1.2$ ，这里取 $k_2 = 1.2$ ，则

$$k_2 F_{\text{胀}} = 1.2 \times 460.32 \text{ kN} = 552.384 \text{ kN} < F_{\text{锁}}$$

所以，注射机锁模力合格。

对于其他安装尺寸的校核要等到模架选定，结构尺寸确定后方可进行。

3.3 浇注系统的设计

3.3.1 主流道的设计

主流道通常位于模具中心塑料熔体的入口处，它将注射机喷嘴注射出的熔体导入分流道或型腔中。主流道的形状为圆锥形，以便熔体的流动和开模时主流道凝料的顺利拔出。主流道的尺寸直接影响到熔体的流动速度和充模时间。另外，由于其与高温塑料熔体及注射机喷嘴反复接触，因此设计中常设计成可拆卸更换的浇口套。

(1) 主流道尺寸

① 主流道的长度：小型模具 $L_{\text{主}}$ 应尽量小于 60 mm，本次设计中初取 50 mm 进行设计。

② 主流道小端直径： $d = \text{注射机喷嘴尺寸} + (0.5 \sim 1) \text{ mm} = (3 + 0.5) \text{ mm} = 3.5 \text{ mm}$ 。

③ 主流道大端直径： $d' = d + 2L_{\text{主}} \tan \alpha \approx 7 \text{ mm}$ ，式中 $\alpha = 4^\circ$ 。

④ 主流道球面半径： $SR_0 = \text{注射机喷嘴球头半径} + (1 \sim 2) \text{ mm} = (12 + 2) \text{ mm} = 14 \text{ mm}$ 。

⑤ 球面的配合高度： $h = 3 \text{ mm}$ 。

(2) 主流道的凝料体积

$$\begin{aligned} V_{\text{主}} &= \frac{\pi}{3} L_{\text{主}} (R_{\text{主}}^2 + r_{\text{主}}^2 + R_{\text{主}} r_{\text{主}}) \\ &= \frac{3.14}{3} \times 50 \times (3.5^2 + 1.75^2 + 3.5 \times 1.75) \text{ mm}^3 = 1121.9 \text{ mm}^3 = 1.12 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

(3) 主流道当量半径

$$R_n = \frac{1.75 + 3.5}{2} \text{ mm} = 2.625 \text{ mm}$$

(4) 主流道浇口套形式

主流道衬套为标准件可选购。主流道小端入口处与注射机喷嘴反复接触，易磨损。对材料的要求较严格，因而尽管小型注射模可以将主流道浇口套与定位圈设计成一个整体，但考虑上述因素通常仍然将其分开来设计，以便于拆卸更换。同时也便于选用优质钢材进行单独加工和热处理。设计中常采用碳素工具钢（T8A 或 T10A），热处理淬火表面硬度为 50~55HRC，如图 3-4 所示。

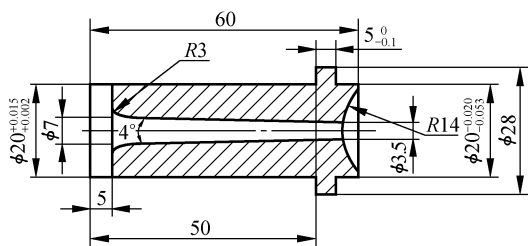


图 3-4 主流道浇口套的结构形式

3.3.2 分流道的设计

(1) 分流道的布置形式

在设计时应考虑尽量减少在流道内的压力损失并尽可能避免熔体温度降低，同时还要考虑减小分流道的容积和压力平衡，因此采用平衡式分流道。

(2) 分流道的长度

由于流道设计简单，根据两个型腔的结构设计，分流道较短，故设计时可适当选小一些。单边分流道长度 $L_{分}$ 取 35 mm，如图 3-3 所示。

(3) 分流道的当量直径

因为该塑件的质量

$$m_{塑} = \rho V_{塑} = 47.76 \times 1.02 \text{ g} = 48.7 \text{ g} < 200 \text{ g}$$

根据公式求得，分流道的当量直径为

$$D_{分} = 0.2654 \sqrt{m_{塑}} \sqrt[4]{L_{分}} = 0.2654 \times \sqrt{48.7} \times \sqrt[4]{35} \text{ mm} = 4.5 \text{ mm}$$

(4) 分流道截面形状

常用的分流道截面形状有圆形、梯形、U 形、六角形等，为了便于加工和凝料的脱模，分流道大多设计在分型面上。本设计采用梯形截面，其加工工艺性好，且塑料熔体的热量散失、流动阻力均不大。

(5) 分流道截面尺寸

设梯形的下底宽度为 x ，底面圆角的半径 $R=1 \text{ mm}$ ，并根据表 3-5 设置梯形的高 $h=3.5 \text{ mm}$ ，则该梯形的截面积为

$$A_{\text{分}} = \frac{(x + x + 2 \times 3.5 \tan 8^\circ)h}{2} = (x + 3.5 \tan 8^\circ) \times 3.5$$

再根据该面积与当量直径为 4.5 mm 的圆面积相等, 可得

$$(x + 3.5 \tan 8^\circ) \times 3.5 = \frac{\pi D_{\text{分}}^2}{4} = \frac{3.14 \times 4.5^2}{4}$$

即可得 $x \approx 4$ mm, 则梯形的上底约为 5 mm, 如图 3-5 所示。

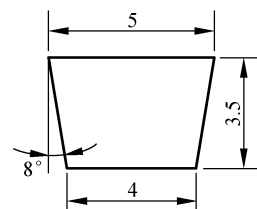


图 3-5 分流道截面形状

表 3-5 常用的分流道的横截面形状及横截面尺寸

圆形 横截面 分流道		D	5	6	(7)	8	(9)	10	11	12
U 形 横截面 分流道		H	6	7	(8.5)	10	(11)	12.5	13.5	15
		r	2.5	3	(3.5)	4	(4.5)	5	5.5	6
梯形 横截面 分流道		B	5	6	(7)	8	(9)	10	11	12
		r	1~5	1~5	(1~5)	1~5	(1~5)	1~5	1~5	1~5
		H	3.5	4	(4.5)	5	6	(6.5)	7	8

注: 表中带括号的尺寸尽量少用。

(6) 凝料体积

① 分流道的长度

$$L_{\text{分}} = 35 \times 2 = 70 \text{ mm}$$

② 分流道截面积

$$A_{\text{分}} = \frac{5+4}{2} \times 3.5 \text{ mm}^2 = 15.75 \text{ mm}^2$$

③ 凝料体积

$$V_{\text{分}} = L_{\text{分}} A_{\text{分}} = 70 \times 15.75 \text{ mm}^3 = 1102.5 \text{ mm}^3 \approx 1.1 \text{ cm}^3$$

(7) 校核剪切速率

① 确定注射时间: 查表 3-6, 可取 $t=1.6$ s。

表 3-6 注射机公称注射量 $V_{\text{公}}$ 与注射时间 t 的关系

公称注射量 $V_{\text{公}}/\text{cm}^3$	注射时间 t/s	公称注射量 $V_{\text{公}}/\text{cm}^3$	注射时间 t/s
60	1.0	4 000	5.0
125	1.6	6 000	5.7
250	2.0	8 000	6.4
350	2.2	12 000	8.0
500	2.5	16 000	9.0
1 000	3.2	24 000	10.0
2 000	4.0	32 000	10.6
3 000	4.6	64 000	12.8

② 计算分流道体积流量

$$q_{\text{分}} = \frac{V_{\text{分}} + V_{\text{塑}}}{t} = \frac{1.1 + 47.755}{1.6} \text{ cm}^3/\text{s} = 30.53 \text{ cm}^3/\text{s}$$

③ 由公式可得剪切速率为

$$\dot{\gamma}_{\text{分}} = \frac{3.3 \times 30.53 \times 10^3}{3.14 \times \left(\frac{4.5}{2}\right)^3} \text{ s}^{-1} = 2.82 \times 10^3 \text{ s}^{-1}$$

该分流道的剪切速率处于浇口主流道与分流道的最佳剪切速率 $5 \times 10^2 \sim 5 \times 10^3 \text{ s}^{-1}$ 之间，所以，分流道内熔体的剪切速率合格。

(8) 分流道的表面粗糙度和脱模斜度

分流道的表面粗糙度要求不是很低，一般取 $Ra1.25 \sim 2.5 \mu\text{m}$ 即可，此处取 $Ra1.6 \mu\text{m}$ 。另外，其脱模斜度一般在 $5^\circ \sim 10^\circ$ 之间，这里取脱模斜度为 8° 。

3.3.3 浇口的设计

该塑件要求不允许有裂纹和变形缺陷，表面质量要求较高，采用一模两腔注射，为便于调整充模时的剪切速率和封闭时间，因此采用侧浇口。其截面形状简单，易于加工，便于试模后修正，且开设在分型面上，从型腔的边缘进料。塑件轮毂和外周有 4 条肋板相连，而浇口正对其中一块肋板，有利于向轮毂和顶部填充。

(1) 侧浇口尺寸的确定

① 计算侧浇口的深度。依据侧浇口的深度 h 计算公式为

$$h = nt = 0.7 \times 3 \text{ mm} = 2.1 \text{ mm}$$

式中 t ——塑件壁厚，这里 $t=3 \text{ mm}$ ；

n ——塑料成型系数，对于 ABS，其成型系数 $n=0.7$ 。

在工厂进行设计时,浇口深度常常先取小值,以便在今后试模时发现问题进行修模处理,并根据表 3-7 中推荐的 ABS 侧浇口的厚度 1.2~1.4 mm,故此处浇口深度 h 取 1.3 mm。

表 3-7 矩形侧浇口的基本尺寸

塑 料	壁厚 t/mm	塑件复杂性	厚度 h/mm	宽度 b/mm	长度 L/mm
聚乙烯	<1.5	简单	0.5~0.7	中、小型塑件 (3~10) h 大型塑件 $>10h$	0.7~2
		复杂	0.5~0.6		
聚丙烯	1.5~3	简单	0.6~0.9		
		复杂	0.6~0.8		
聚苯乙烯	>3	简单	0.8~1.1		
		复杂	0.8~1.0		
有机玻璃	<1.5	简单	0.6~0.8		
		复杂	0.5~0.8		
ABS	1.5~3	简单	1.2~1.4		
		复杂	0.8~1.2		
聚甲醛	>3	简单	1.2~1.5		
		复杂	1.0~1.4		
聚碳酸酯	<1.5	简单	0.8~1.2	中、小型塑件 (3~10) h 大型塑件 $>10h$	0.7~2

② 计算侧浇口的宽度。依据侧浇口的宽度 B 计算公式为

$$B = \frac{n\sqrt{A}}{30} = \frac{0.7 \times \sqrt{12\,780.6}}{30} \text{ cm} = 2.64 \text{ cm} \approx 3 \text{ cm}$$

式中 n ——塑料成型系数,对于 ABS 其 $n=0.7$;

A ——凹模的内表面积(约等于塑件的外表面面积)。

③ 计算侧浇口的长度。侧浇口的长度 $L_{\text{浇}}$ 一般选用 0.7~2.5 mm,这里取 $L_{\text{浇}}=0.7 \text{ mm}$ 。

(2) 侧浇口剪切速率的校核

① 计算浇口的当量半径。由面积相等可得 $\pi R_{\text{浇}}^2 = Bh$,由此矩形浇口的当量半径 $R_{\text{浇}} = \left(\frac{Bh}{\pi}\right)^{\frac{1}{2}}$ 。

② 校核浇口的剪切速率。

a. 确定注射时间:查表 3-6,可取 $t=1.6 \text{ s}$ 。

b. 计算浇口的体积流量:

$$q_{\text{浇}} = \frac{V_{\text{塑}}}{t} = \frac{47.755}{1.6} = 29.85 \text{ cm}^3/\text{s} = 2.985 \times 10^4 \text{ mm}^3/\text{s}$$

c. 计算浇口的剪切速率:

由下面公式可得

$$\dot{\gamma}_{\text{浇}} = \frac{3.3q_V}{\pi R_n^3}$$

则

$$\dot{\gamma}_{\text{浇}} = \frac{3.3q_{\text{浇}}}{\pi R_{\text{浇}}^3} = \frac{3.3q_{\text{浇}}}{\pi \left(\frac{Bh}{\pi}\right)^{\frac{3}{2}}} = \frac{3.3 \times 2.985 \times 10^4}{3.14 \times \left(\frac{3 \times 1.3}{3.14}\right)^{\frac{3}{2}}} \text{ s}^{-1} = 4.48 \times 10^4 \text{ s}^{-1}$$

该矩形侧浇口的剪切速率处于浇口与分流道的最佳剪切速率 $5 \times 10^3 \sim 5 \times 10^4 \text{ s}^{-1}$ 之间，所以，浇口的剪切速率校核合格。

3.3.4 校核主流道的剪切速率

求出塑件的体积、主流道的体积、分流道的体积（浇口的体积太小可以忽略不计）以及主流道的当量半径之后，对主流道熔体的剪切速率进行校核。

(1) 计算主流道的体积流量

$$q_{\text{主}} = \frac{V_{\text{主}} + V_{\text{分}} + nV_{\text{塑}}}{t} = \frac{1.12 + 1.1 + 2 \times 47.755}{1.6} \text{ cm}^3/\text{s} = 61.1 \text{ cm}^3/\text{s}$$

(2) 计算主流道的剪切速率

$$\dot{\gamma}_{\text{主}} = \frac{3.3q_{\text{主}}}{\pi R_{\text{主}}^3} = \frac{3.3 \times 61.2 \times 10^3}{3.14 \times 2.625^3} \text{ s}^{-1} = 3.65 \times 10^3 \text{ s}^{-1}$$

主流道内熔体的剪切速率处于浇口与分流道的最佳剪切速率 $5 \times 10^2 \sim 5 \times 10^3 \text{ s}^{-1}$ 之间，所以，主流道的剪切速率校核合格。

3.3.5 冷料穴的设计及计算

冷料穴位于主流道正对面的动模板上，其作用主要是收集熔体前锋的冷料，防止冷料进入模具型腔而影响制品的表面质量。本设计仅有主流道冷料穴。由于该塑件表面要求没有印痕，采用脱模板推出塑件，故采用与球头形拉料杆匹配的冷料穴。开模时，利用凝料对球头的包紧力使凝料从主流道衬套中脱出。

3.4 成型零件的结构设计及计算

3.4.1 成型零件的结构设计

(1) 凹模的结构设计

凹模是成型制品外表面的成型零件。按凹模结构的不同可将其分为整体式、整体嵌入

式、组合式和镶拼式 4 种。根据对塑件的结构分析,本设计中采用整体嵌入式凹模,如图 3-6所示。

(2) 凸模的结构设计(型芯)

凸模是成型塑件内表面的成型零件,通常可以分为整体式和组合式两种类型。通过对塑件的结构分析可知,该塑件的型芯有两个:一个是成型零件的内表面的大型芯,如图 3-7 所示,因塑件包紧力较大,所以设在动模部分;另一个是成型零件的中心轴孔内表面的小型芯,如图 3-8 所示,设计时将其放在定模部分,同时有利于分散脱模力并简化了模具结构。将这几个部分装配起来,如图 3-9 所示。

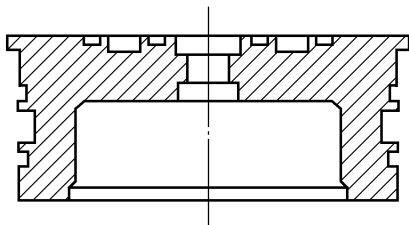


图 3-6 凹模嵌件

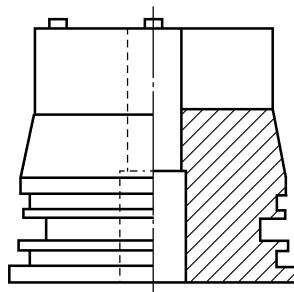


图 3-7 大型芯模嵌件

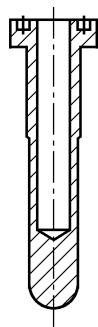


图 3-8 小型芯

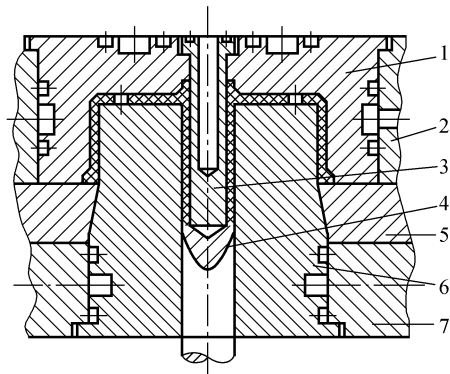


图 3-9 动、定模成型零件装配结构

1—凹模嵌件; 2—定模板; 3—定模小型芯; 4—中心推杆;
5—推件板; 6—动模大型芯; 7—型芯固定板

3.4.2 成型零件钢材的选用

根据对成型塑件的综合分析,该塑件的成型零件要有足够的刚度、强度、耐磨性及良好

的抗疲劳性能，同时要考虑它的机械加工性能和抛光性能。又因为该塑件为大批量生产，所以构成型腔的嵌入式凹模钢材选用 P20（美国牌号）。对于成型塑件外圆筒的大型芯来说，由于脱模时与塑件的磨损严重，因此钢材选用高合金工具钢 Cr12MoV。而对于成型内部圆筒的型芯而言，型芯较小，但塑件中心轮毂包住型芯，型芯需散发的热量比较多，磨损也比较严重，因此也采 Cr12MoV，型芯中心通冷却水冷却，如图 3-8 所示。

3.4.3 成型零件工作尺寸的计算

采用表 3-8 平均尺寸法计算成型零件尺寸，塑件尺寸公差按照塑件零件图中给定的公差计算。

表 3-8 成型零件尺寸的计算方法

尺寸部位	简 图	计算公式	说 明
凹模径向尺寸		(1) 平均尺寸法 $L_M = [(1 + S_{cp})l_s - x\Delta]_{-0}^{+\delta_z}$ (2) 极限尺寸法，按修模时凹模尺寸增大容易 $L_M = [(1 + S_{max})l_s - x\Delta]_{-0}^{+\delta_z}$ 校核 $L_M + \delta_z + \delta_c - S_{min}l_s \leq l_s$	x —随塑件精度和尺寸变化，一般在 0.5~0.8 之间 L_M —凹模径向尺寸 (mm) l_s —塑件径向基本尺寸 (mm) S_{cp} —塑件的平均收缩率 (%) Δ —塑件公差值 (mm) δ_z —凹模制造公差 (mm) δ_c —凹模的磨损量 (mm) S_{max} —塑料的最大收缩率 (%) S_{min} —塑料的最小收缩率 (%)
型芯径向尺寸		(1) 平均尺寸法 $L_M = [(1 + S_{cp})l_s + x\Delta]_{-0}^{+\delta_z}$ (2) 极限尺寸法，按修模时凹模尺寸减少容易 $L_M = [(1 + S_{max})l_s + x\Delta]_{-0}^{+\delta_z}$ 校核 $L_M - \delta_z - \delta_c - S_{max}l_s \geq l_s$	x —取值范围为 0.5~0.8 L_M —型芯径向尺寸 (mm) l_s —塑件径向基本尺寸 (mm) δ_z —型芯制造公差 (mm) δ_c —型芯的磨损量 (mm)
凹模深度尺寸		(1) 平均尺寸法 $H_M = [(1 + S_{cp})H_s - x\Delta]_{-0}^{+\delta_z}$ (2) 极限尺寸法，按修模时深度减小容易 $H_M = [(1 + S_{max})H_s - \delta_z]_{-0}^{+\delta_z}$ 校核 $H_M - S_{min}H_s + \Delta \geq H_s$	x —随塑件精度和尺寸变化，一般在 0.5~0.7 之间 H_M —凹模深度尺寸 (mm) H_s —塑件高度基本尺寸 (mm) δ_z —凹模深度制造公差 (mm)

续表

尺寸部位	简图	计算公式	说明
中心距尺寸		$L_M = [(1 + S_{cp})l_s] \pm \frac{\delta_z}{2}$	L_M —模具中心距尺寸 (mm) l_s —塑件径向基本尺寸 (mm) δ_z —模具中心距尺寸制造公差 (mm)
型芯高度尺寸		(1) 平均尺寸法 $h_M = [(1 + S_{cp})H_s + x\Delta]_{-\delta_z}^0$ (2) 极限尺寸法 ① 修模时型芯增长容易 $h_M = [(1 + S_{max})H_s + \delta_z]_{-\delta_z}^0$ ② 修模时型芯减短容易 $h_M = [(1 + S_{min})H_s + \Delta]_{-\delta_z}^0$ $h_M - \delta_z - S_{max} \times H_s \geq H_s$	x —随塑件精度和尺寸变化, 一般在 0.5~0.7 之间 h_M —型芯高度尺寸 (mm) H_s —塑件孔深度尺寸 (mm) δ_z —型芯高度制造公差 (mm)

(1) 凹模径向尺寸的计算

塑件外部径向的转换: $l_{s_1} = 85_{-0.2}^{+0.3} \text{ mm} = 85.3_{-0.5}^0 \text{ mm}$, 相应的塑件制造公差 $\Delta_1 = 0.5 \text{ mm}$; $l_{s_2} = 81_{-0.2}^{+0.3} \text{ mm} = 81.3_{-0.5}^0 \text{ mm}$, 相应的塑件制造公差 $\Delta_1 = 0.5 \text{ mm}$ 。

$$\begin{aligned}
 L_{M_1} &= [(1 + S_{cp})l_{s_1} - x_1\Delta_1]_{-\delta_{z_1}}^{+\delta_{z_1}} \\
 &= [(1 + 0.0055) \times 85.3 - 0.6 \times 0.5]_{-\delta_{z_1}}^{+\delta_{z_1}} \text{ mm} = 85.47_{-\delta_{z_1}}^{+\delta_{z_1}} \text{ mm} \\
 L_{M_2} &= [(1 + S_{cp})l_{s_2} - x_2\Delta_2]_{-\delta_{z_2}}^{+\delta_{z_2}} \\
 &= [(1 + 0.0055) \times 81.3 - 0.6 \times 0.5]_{-\delta_{z_2}}^{+\delta_{z_2}} \text{ mm} = 81.45_{-\delta_{z_2}}^{+\delta_{z_2}} \text{ mm}
 \end{aligned}$$

式中 S_{cp} ——塑件的平均收缩率, 查表 3-2 可得 ABS 的收缩率为 0.3%~0.8%, 得其平均

$$\text{收缩率 } S_{cp} = \frac{0.003 + 0.008}{2} = 0.0055;$$

x_1 、 x_2 ——系数, 查表 3-8 可知 x 一般在 0.5~0.8 之间, 此处取 $x_1 = x_2 = 0.6$;

Δ_1 、 Δ_2 ——塑件上相应尺寸的公差 (下同);

δ_{z_1} 、 δ_{z_2} ——塑件上相应尺寸制造公差, 对于中小型塑件取 $\delta_z = \frac{1}{6}\Delta$ (下同)。

(2) 凹模深度尺寸的计算

塑件高度方向尺寸的转换: 塑件高度的最大尺寸 $H_{s_1} = 30 \pm 0.1 \text{ mm} = 30.1_{-0.2}^0 \text{ mm}$, 相

应的 $\Delta_{s_1}=0.2 \text{ mm}$ ；塑件轮毂外凸台高度的最大尺寸 $H_{s_2}=5^{+0.1}_0 \text{ mm}=5.1_{-0.1}^0 \text{ mm}$ ，相应的 $\Delta_{s_2}=0.1 \text{ mm}$ 。

$$\begin{aligned} H_{M_1} &= [(1+S_{cp})l_{s_1} - x_1\Delta_1]^{+\delta_{z_1}}_0 \\ &= [(1+0.0055) \times 30.1 - 0.63 \times 0.2]^{+0.033}_0 \text{ mm} = 30.14^{+0.033}_0 \text{ mm} \\ H_{M_2} &= [(1+S_{cp})l_{s_2} - x_2\Delta_2]^{+\delta_{z_2}}_0 \\ &= [(1+0.0055) \times 5.1 - 0.65 \times 0.1]^{+0.017}_0 \text{ mm} = 5.06^{+0.017}_0 \text{ mm} \end{aligned}$$

式中 x_1 、 x_2 ——系数，由查表 3-8 可知一般在 0.5~0.7 之间，此取 $x_1=0.63$ ， $x_2=0.65$ 。

(3) 型芯径向尺寸的计算

① 动模型芯径向尺寸的计算。塑件内部径向尺寸的转换

$$\begin{aligned} l_{s_1} &= 75^{+0.2}_{-0.1} \text{ mm} = 74.9^{+0.3}_0 \text{ mm}, \quad \Delta_{s_1} = 0.3 \text{ mm} \\ l_{M_1} &= [(1+S_{cp})l_{s_1} + x_1\Delta_1]^{+\delta_{z_1}}_0 \\ &= [(1+0.0055) \times 74.9 + 0.7 \times 0.3]^{+0.05}_0 \text{ mm} = 75.5^{+0.05}_0 \text{ mm} \end{aligned}$$

式中 x_1 ——系数，查表 3-8 可知一般在 0.5~0.8 之间，此处取 $x_1=0.7$ 。

② 动模型芯内孔尺寸：

$$\begin{aligned} l_{M_2} &= [(1+S_{cp})l_{s_2} - x_2\Delta_2]^{+\delta_{z_2}}_0 \\ &= [(1+0.0055) \times 18 - 0.8 \times 0.1]^{+0.016}_0 \text{ mm} = 18.02^{+0.016}_0 \text{ mm} \end{aligned}$$

式中 l_{s_2} ——成型塑件轮毂外圆柱孔的径向尺寸， $l_{s_2}=18^{+0.10}_0 \text{ mm}$ ；

x_2 ——系数，可查表 3-8，一般在 0.5~0.8 之间，此处取 $x_2=0.8$ 。

③ 定模型芯尺寸的计算。塑件内孔径向尺寸的转换：

$$\begin{aligned} l_{s_3} &= 12^{+0.1}_{-0.1} \text{ mm} = 11.9^{+0.1}_0 \text{ mm} \\ l_{M_3} &= [(1+S_{cp})l_{s_3} + x_3\Delta_1]^{+\delta_{z_3}}_0 \\ &= [(1+0.0055) \times 11.9 + 0.65 \times 0.1]^{+0.017}_0 \text{ mm} = 12.03^{+0.017}_0 \text{ mm} \end{aligned}$$

式中 x_3 ——系数。查表 3-8 可取 0.65。

(4) 型芯高度的计算

① 型芯塑件内腔大型芯高度的计算塑件尺寸转换：

$$\begin{aligned} h_{s_1} &= 27 \pm 0.1 \text{ mm} = 26.9^{+0.2}_0 \text{ mm} \\ h_{M_1} &= [(1+S_{cp})h_{s_1} + x_1\Delta_1]^{+\delta_{z_1}}_0 \\ &= [(1+0.0055) \times 26.9 + 0.63 \times 0.2]^{+0.033}_0 \text{ mm} = 27.17^{+0.033}_0 \text{ mm} \end{aligned}$$

式中 x_1 ——模具尺寸计算系数,查表 3-8 可知一般在 0.5~0.8 之间,此处取 $x_2=0.63$ 。

② 成型塑件中心圆筒的型芯高度，塑件中心圆筒高度尺寸转换：

$$\begin{aligned} h_{s_2} &= 40^{+0.2}_{-0.1} \text{ mm} = 39.9^{+0.3}_0 \text{ mm} \\ h_{M_2} &= 40^{+0.2}_{-0.1} \text{ mm} = 39.9^{+0.3}_0 \text{ mm} \\ h_{M_2} &= [(1 + S_p)h_{s_2} + x_2\Delta_2]_{-\delta_{z_2}}^0 \\ &= [(1 + 0.0055) \times 39.9 + 0.6 \times 0.3]_{-0.05}^0 \text{ mm} = 40.30_{-0.05}^0 \text{ mm} \end{aligned}$$

式中 x_2 ——模具尺寸计算系数,查表 3-8 可知一般在 0.5~0.7 之间,此处取 $x_2=0.6$ 。

(5) 成型孔间距的计算

$$C_M = [(1+s)C_s] \pm \frac{1}{2}\delta_z = 60.33 \pm 0.016 \text{ (mm)}$$

塑件型芯及凹模的成型尺寸的标注如图 3-10、图 3-11 及图 3-12 所示。

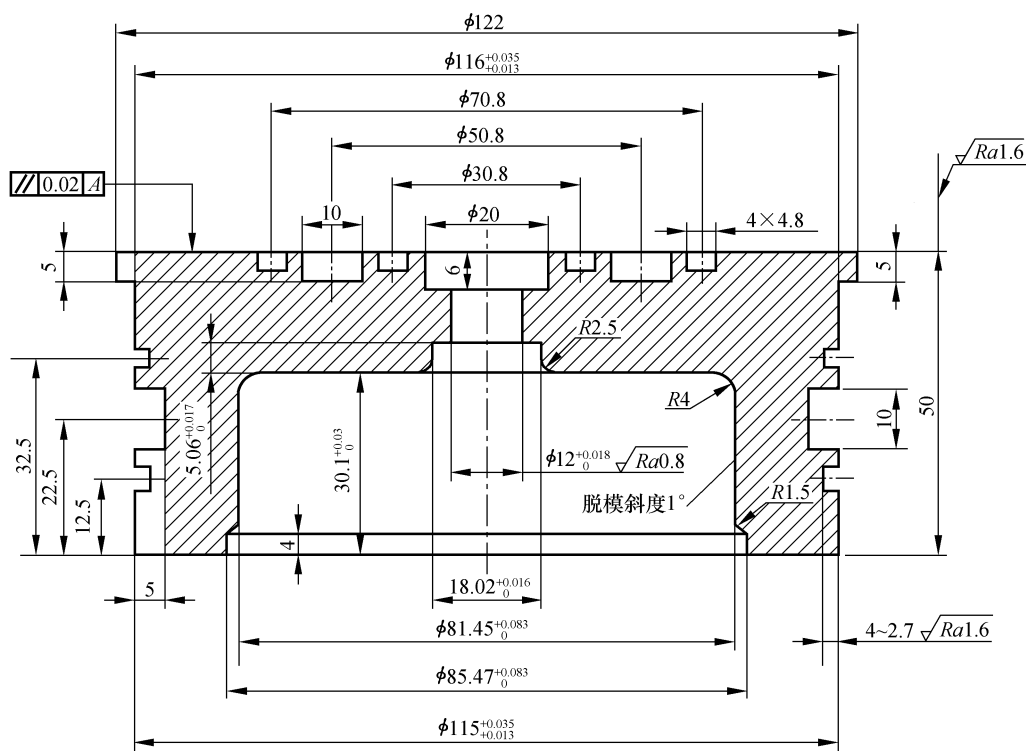


图 3-10 凹模嵌件

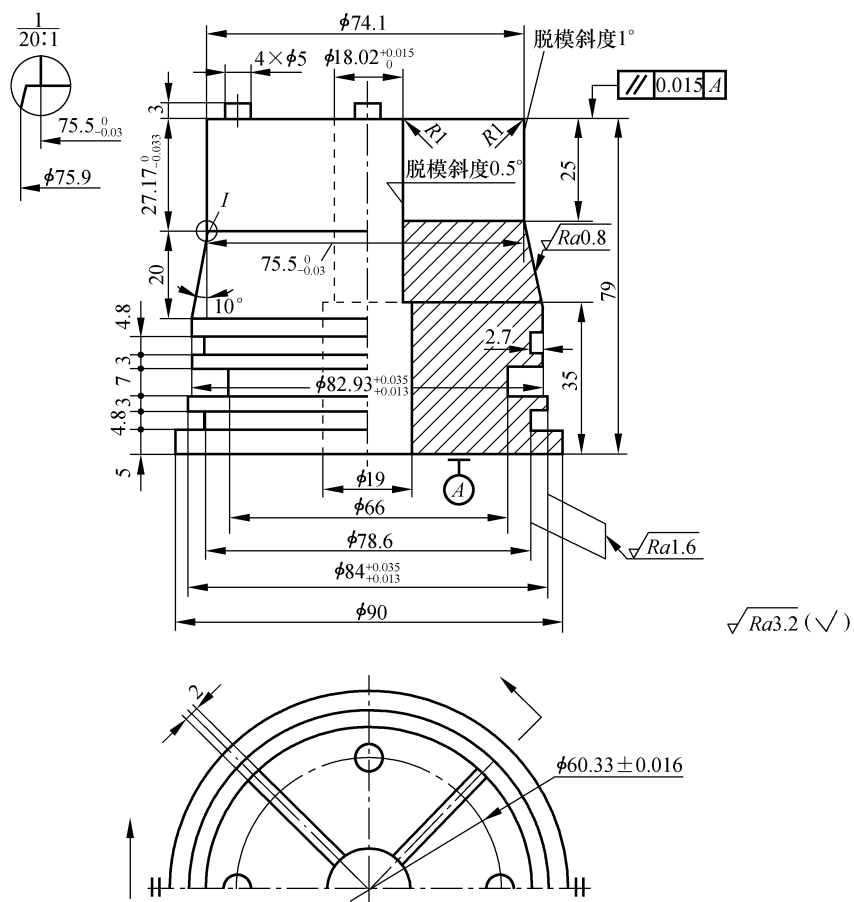


图 3-11 动模大型芯

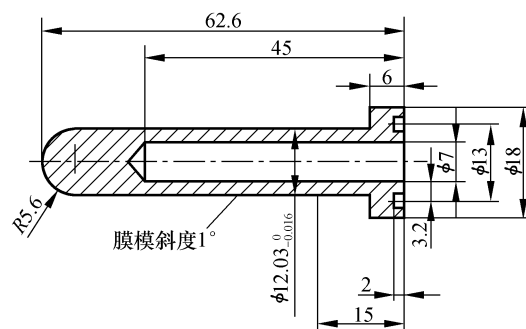


图 3-12 定模小型芯

3.4.4 成型零件尺寸及动模垫块厚度的计算

(1) 凹模侧壁厚度的计算

凹模侧壁厚度与型腔内压强及凹模的深度有关, 根据型腔的布置, 模架初选 200 mm×355 mm 的标准模架, 其厚度按下列刚度公式计算。

$$S = \left(\frac{3ph^4}{2E\delta_p} \right)^{\frac{1}{3}} = \left(\frac{3 \times 35 \times 30^4}{2 \times 2.1 \times 10^5 \times 0.023} \right)^{\frac{1}{3}} \text{ mm} = 25.36 \text{ mm}$$

式中 p ——型腔压力, MPa;

E ——材料弹性模量, MPa;

h —— $h=W$, W 是影响变形的最大尺寸, 而 $h=30 \text{ mm}$;

δ_p ——模具刚度计算许用变形量。根据注射塑料品种确定如下:

$$\delta_p = 25i_2 = 25 \times 0.918 \mu\text{m} = 22.95 \mu\text{m} = 0.023 \text{ mm}$$

式中 $i_2 = 0.45 \times 30^{\frac{1}{5}} + 0.001 \times 30 \mu\text{m} = 0.918 \mu\text{m}$ 。

凹模侧壁采用嵌件, 结构紧凑, 这里凹模嵌件单边厚选 15 mm。由于型腔采用直线、对称结构布置, 故两个型腔之间壁厚满足结构设计就可以了。型腔与模具周边的距离由模板的外形尺寸来确定, 根据估算模板平面尺寸选用 200 mm×355 mm, 它比型腔布置的尺寸大得多, 所以完全满足强度和刚度要求。

(2) 动模垫板厚度的计算

动模垫板厚度和所选模架的两个垫块之间的跨度有关, 根据前面的型腔布置, 模架应选在 200 mm×355 mm 这个范围之内, 垫块之间的跨度大约为 200 mm—40 mm—40 mm=120 mm。那么, 根据型腔布置及型芯对动模垫板的压力就可以计算得到动模垫板的厚度, 即

$$T = 0.54L \left(\frac{pA}{EL_1\delta_p} \right)^{\frac{1}{3}} = 0.54 \times 120 \times \left(\frac{35 \times 8831.25}{2.1 \times 10^5 \times 355 \times 0.032} \right)^{\frac{1}{3}} \text{ mm} = 32.79 \text{ mm}$$

式中 δ_p ——动模垫板刚度计算许用变形量, $\delta_p = 25i_2 = 25 \times (0.45 \times 120^{\frac{1}{5}} + 0.001 \times 120) \text{ mm} = 25 \times 0.00129 = 0.032 \text{ mm}$;

L ——两个垫块之间的距离, 约 120 mm;

L_1 ——动模垫板的长度。

取单件型芯所受压力的面积为

$$A_1 = \frac{\pi}{4} D^2 = 0.785 \times 75^2 \text{ mm}^2 = 4415.625 \text{ mm}^2$$

两个型芯的面积

$$A = 2 \times A_1 = 8831.25 \text{ mm}^2$$

此动模垫板计算尺寸相对于小型模具来说还可以再小一些, 可以增加 2 根支承柱来进行

支撑,故可以近似得到动模垫板厚度

$$T_n = \left(\frac{1}{n+1} \right)^{\frac{4}{3}} T = \left(\frac{1}{2} \right)^{\frac{4}{3}} \times 32.79 \text{ mm} = 13 \text{ mm}$$

故动模垫板可按照标准厚度取 32 mm。

3.5 模架的确定

根据模具型腔布局的中心距和凹模嵌件的尺寸可以算出凹模嵌件所占的平面尺寸为 115 mm×271 mm,又考虑凹模最小壁厚,导柱、导套的布置等,再同时参考 2.5.1 节中小型标准模架选型的经验公式和表 2-2,可确定选用模架序号为 5 号 ($W \times L = 200 \text{ mm} \times 355 \text{ mm}$),模架结构为 A4 型。

3.5.1 各模板尺寸的确定

① A 板尺寸。A 板是定模型腔板,塑件高度为 40 mm,凹模嵌件深度为 35 mm,又考虑在模板上还要开设冷却水道,还需留出足够的距离,故 A 板厚度取 50 mm。

② B 板尺寸。B 板是型芯固定板,按模架标准,板厚取 32 mm。

③ C 板(垫块)尺寸。垫板=推出行程+推板厚度+推杆固定板厚度+(5~10) mm = $[35+20+15+(5\sim10)] \text{ mm} = 75\sim80 \text{ mm}$,初步选定 C 为 80 mm。

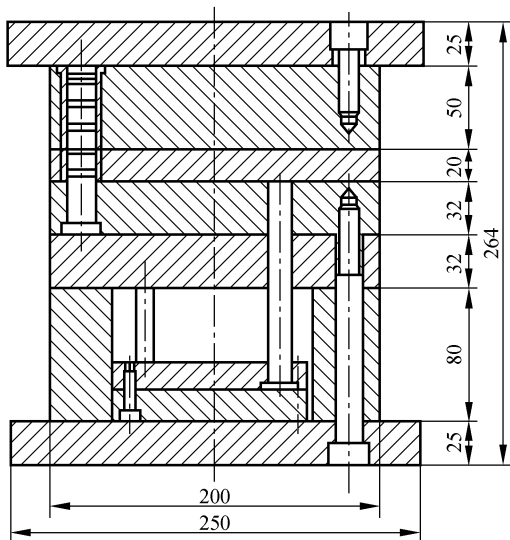


图 3-13 所选 A4 型模架结构

经上述尺寸的计算,模架尺寸已确定为模架序号为 5 号,板面为 200 mm×355 mm,模架结构形式为 A4 型的标准模架。其外形尺寸:宽×长×高=200 mm×355 mm×264 mm,如图 3-13 所示。

3.5.2 模架各尺寸的校核

根据所选注射机来校核模具设计的尺寸。

① 模具平面尺寸 200 mm×355 mm < 345 mm×345 mm (拉杆间距),校核合格。

② 模具高度尺寸 264 mm,因为 200 mm (模具的最大厚度) < 264 mm < 300 mm (模具的最小厚度),校核合格。

③ 模具的开模行程 $S = H_1 + H_2 + (5\sim10) \text{ mm} = (40+40) + (5\sim10) \text{ mm} = 85\sim90 \text{ mm} < 325 \text{ mm}$ (开模行程),校核合格。

3.6 排气槽的设计

该塑件由于采用侧浇口进料，熔体经塑件下方的台阶及中间的肋板充满型腔，顶部有一个 $\phi 12$ mm 小型芯，其配合间隙可作为气体排出的方式，不会在顶部产生憋气的现象。同时，底面的气体会沿着推杆的配合间隙、分型面和型芯与脱模板之间的间隙向外排出。

3.7 脱模推出机构的设计

3.7.1 推出方式的确定

本塑件采用圆周为脱模板、中心为推杆的综合推出方式。脱模板推出时为了减小脱模板与型芯的摩擦，设计中在脱模板与型芯之间留出 0.2 mm 的间隙，并采用锥面配合，如图 3-14 所示，可以防脱模板因偏心而产生溢料，同时避免了脱模板与型芯产生摩擦。

3.7.2 脱模力的计算

(1) 圆柱大型芯脱模力

因为 $\lambda = \frac{r}{t} = \frac{37.5}{3} = 12.5 > 10$ ，所以，此处视为薄壁圆筒

塑件，根据脱模力计算公式得

$$\begin{aligned}
 F_1 &= \frac{2\pi t E S L \cos \varphi (f - \tan \varphi)}{(1 - \mu) K_2} + 0.1A \\
 &= \frac{2 \times 3.14 \times 3 \times 1.8 \times 10^3 \times 0.0055 \times (30 - 3) \times \cos 1^\circ \times (0.45 - \tan 1^\circ)}{(1 - 0.3) \times (1 + 0.45 \sin 1^\circ \cos 1^\circ)} \text{ N} \\
 &\quad + 0.1 \times 3.14 \times 37.5^2 \text{ N} \approx 3\,535.2 \text{ N}
 \end{aligned}$$

式中 F ——脱模力 (N)；

E ——塑料的弹性模量 (MPa)，查表 3-9；

S ——塑料成型的平均收缩率 (%)，查表 3-9；

t ——塑件的壁厚 (mm)；

L ——被包型芯的长度 (mm)；

μ ——塑料的泊松比，查表 3-9；

φ ——脱模斜度 ($^\circ$)；

f ——塑料与钢材之间的摩擦因数，查表 3-9；

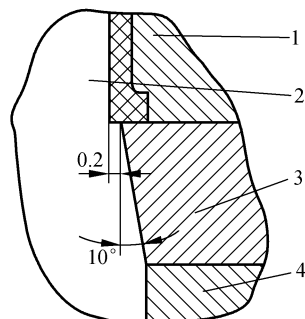


图 3-14 型芯与脱模板
1—凹模嵌件；2—型芯；
3—脱模板；4—型芯固定板

r ——型芯的平均半径 (mm)；

A ——塑件在与开模方向垂直的平面上的投影面积, mm^2 , 当塑件底部有通孔时, A 项视为零；

K_1 ——由 λ 和 φ 决定的无因次数, $K_1 = \frac{2\lambda^2}{\cos^2 \varphi + 2\lambda \cos \varphi}$, 其中 λ 的值与塑件的横截面形状和相关尺寸有关；

K_2 ——由 f 和 φ 决定的无因次数, $K_2 = 1 + f \sin \varphi \cos \varphi$ 。

(2) 成型塑件内部圆筒型芯的脱模力计算

因为 $\lambda = \frac{r}{t} = \frac{6}{3} = 2 < 10$, 所以, 此处视为厚壁圆筒塑件, 同时, 由于该塑件的内孔是通孔, 所以, 脱模时不存在真空压力, 可参考以下公式得脱模力为

$$F'_2 = \frac{2\pi r E S L (f - \tan \varphi)}{(1 + \mu + K_1) K_2}$$

$$= \frac{2 \times 3.14 \times 6 \times 1.8 \times 10^3 \times 0.0055 \times 40 \times (0.45 - \tan 1^\circ)}{\left[1 + 0.3 + \frac{2 \times \left(\frac{1}{2}\right)^2}{(\cos 1^\circ)^2 + 2 \times \left(\frac{1}{2}\right) \times \cos 1^\circ} \right] \times (1 + 0.45 \sin 1^\circ \cos 1^\circ)} \text{ N} = 4\,131.4 \text{ N}$$

对于塑件的 4 个肋板, 由于是径向布置, 冷却收缩是径向收缩, 所以对型芯的箍紧力不是太大, 主要是黏模力, 可以通过计算脱模力乘以一个不太大的系数得到, 此处系数可取 1.2。

表 3-9 常用热塑型塑料与脱模力有关的某些性能

塑料名称		拉伸弹性模量/MPa	压缩比	成型收缩率/%	与钢的摩擦因数	泊松比
聚乙烯	HDPE	840~950	1.73~1.9	1.5~3.0	0.23	0.38
	LDPE		1.8~2.3	1.5~3.6	0.3~0.5	
聚丙烯	PP	1 100~1 600	1.93~1.96	1.0~3.0	0.49~0.51	0.32
	GFR			0.4~0.8	—	
有机玻璃	PMMA	3 160		0.5~0.7	—	0.35
	与苯乙烯共聚	3 500		—	—	
聚氯乙烯	硬 PVC	2 400~4 200	2.3	0.2~0.4	0.45~0.60	
	软 PVC		2.3	1.5~3.0		
聚苯乙烯	GPS	2 800~3 500	1.9~2.2	0.2~0.8	—	0.32
	HIPS	1 400~3 100		0.2~0.8	0.5	
	GFR (20%~30%)	3 200		0.3~0.6	—	
ABS	ABS	2 900	1.8~2.0	0.5~0.7	0.45	
	抗冲型	1 800		0.4~0.5	—	
	耐热型	1 800		0.10~0.14	—	
聚甲醛	GFR (30%)	2 800	1.8~2.0	2.0~3.5	0.29~0.33	
	POM			2.0~2.5		
	F-4 填充					

续表

塑料名称	拉伸弹性 模量/MPa	压缩比	成型收缩 率/%	与钢的摩 擦因数	泊松比
聚碳酸酯	PC GFR (20%~30%) 1 440 3 120~4 000	2.0~2.1	1.0~2.5 0.3~0.6	0.31	
尼龙-1010	PA1010 GFR (30%) 1 800 8 700	2.0~2.1	1.0~2.5 0.3~0.6	0.64	
尼龙-6	PA6 GFR (30%) 2 600	2.0~2.1	0.7~1.5 0.35~0.45	0.26	
尼龙-66	PA66 GFR (30%) 1 250~2 800 6 020~1 260	2.0~2.1	1.0~2.5 0.40~0.55	0.58	

3.7.3 校核推出机构作用在塑件上的单位压应力

(1) 推出面积

$$A_1 = \frac{\pi}{4} (D^2 - d^2) = \frac{\pi}{4} \times (85^2 - 75.4^2) \text{ mm}^2 = 1\,208.8 \text{ mm}^2$$

$$A_2 = \frac{\pi}{4} (D_1^2 - d_1^2) = \frac{\pi}{4} \times (18^2 - 12^2) \text{ mm}^2 = 141.3 \text{ mm}^2$$

(2) 推出应力

$$\sigma = \frac{1.2F}{A} = \frac{1.2(F_1 + F_2)}{A_1 + A_2} = \frac{1.2 \times (3\,535.2 + 4\,131.4)}{1\,208.8 + 141.3} \text{ MPa}$$

$$= 6.18 \text{ MPa} < 53 \text{ MPa} \text{ (抗压强度), 合格。}$$

3.8 冷却系统的设计

冷却系统的计算很麻烦,在此只进行简单的计算。设计时忽略模具因空气对流、辐射以及与注射机接触所散发的热量,按单位时间内塑料熔体凝固时所放出的热量等于冷却水所带走的热量进行计算。

3.8.1 冷却介质

ABS属中等黏度材料,其成型温度及模具温度分别为200℃和50~80℃。所以,模具温度初步选定为50℃,用常温水对模具进行冷却。

3.8.2 冷却系统的简单计算

(1) 单位时间内注入模具中的塑料熔体的总质量 W

① 塑料制品的体积

$$V = V_{\text{主}} + V_{\text{分}} + nV_{\text{塑}} = (1.12 + 1.1 + 2 \times 47.755) \text{ cm}^3 = 97.73 \text{ cm}^3$$

② 塑料制品的质量

$$m = V\rho = 97.73 \times 1.02 \text{ g} = 99.68 \text{ g} = 0.0997 \text{ kg}$$

③ 塑件壁厚为 3 mm, 可以查表 3-10 得 $t_{\text{冷}} = 20.4 \text{ s}$ 。取注射时间 $t_{\text{注}} = 1.6 \text{ s}$, 脱模时间 $t_{\text{脱}} = 8 \text{ s}$, 则注射周期: $t = t_{\text{注}} + t_{\text{冷}} + t_{\text{脱}} = (1.6 + 20.4 + 8) \text{ s} = 30 \text{ s}$ 。由此得每小时注射次数: $N = (3600/30) \text{ 次} = 120 \text{ 次}$ 。

表 3-10 常用塑料制品壁厚与冷却时间的关系

制品壁厚/mm	冷却时间 t/s						
	ABS	PA	HDPE	LDPE	PP	PS	PVC
0.5			1.8		1.8	1.0	
0.8	1.8	2.5	3.0	2.3	3.0	1.0	2.1
1.0	2.9	3.8	4.5	3.5	4.5	2.9	3.3
1.3	4.1	5.3	6.2	4.9	6.2	4.1	4.6
1.5	5.7	7.0	8.0	6.6	8.0	5.7	6.3
1.8	7.4	8.9	10.0	8.4	10.0	7.4	8.1
2.0	9.3	11.2	12.5	10.6	12.5	9.3	10.1
2.3	11.5	13.4	14.7	12.8	14.7	11.5	12.3
2.5	13.7	15.9	17.5	15.2	17.5	13.7	14.7
3.2	20.5	23.4	25.5	22.5	25.5	20.5	21.7
4.4	38.0	42.0	45.0	40.8	45.0	38.0	39.8
5.0	49.0	53.9	57.0	52.4	57.0	49.0	51.1
5.7	61.0	66.8	71.0	65.0	71.0	61.0	63.5
6.4	75.0	80.0	85.0	79.0	85.0	75.0	77.5

④ 单位时间内注入模具中的塑料熔体的总质量: $W = Nm = 120 \times 0.0997 \text{ kg/h} = 11.96 \text{ kg/h}$ 。

(2) 确定单位质量的塑件在凝固时所放出的热量 Q_s 。

查表 3-11 直接可知 ABS 的单位热流量 Q_s 的值的范围在 310~400 kJ/kg, 故可取 $Q_s = 370 \text{ kJ/kg}$ 。

表 3-11 常用塑料熔体的单位热流量 Q_s

塑料名称	$Q_s/(\text{kJ} \cdot \text{kg}^{-1})$	塑料名称	$Q_s/(\text{kJ} \cdot \text{kg}^{-1})$
ABS	310~400	低密度聚乙烯 (LDPE)	590~690
聚甲醛 (POM)	420	高密度聚乙烯 (HDPE)	690~810
丙烯酸树脂 (PAA)	290	聚丙烯 (PP)	590
醋酸纤维素 (CA)	390	聚碳酸酯 (PC)	270
聚酰胺 (PA)	65~76	聚氯乙烯 (PVC)	160~360
有机玻璃 (PMMA)	286	聚苯乙烯 (PS)	280

(3) 计算冷却水的体积流量 q_v

设冷却水道入水口的水温为 $\theta_2 = 22^\circ\text{C}$, 出水口的水温为 $\theta_1 = 25^\circ\text{C}$, 取水的密度 $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$, 水的比热容 $c = 4.187 \text{ kJ}/(\text{kg} \cdot ^\circ\text{C})$, 则根据公式可得

$$q_V = \frac{WQ_s}{60\rho c(\theta_1 - \theta_2)} = \frac{11.96 \times 370}{60 \times 1\,000 \times 4.187 \times (25 - 22)} \text{ m}^3/\text{min} = 0.005\,87 \text{ m}^3/\text{min}$$

(4) 确定冷却水路的直径 d

当 $q_V = 0.005\,87 \text{ m}^3/\text{min}$ 时, 查表 3-12 可知, 为了使冷却水处于湍流状态, 取模具冷却水孔的直径 $d = 0.01 \text{ m}$ 。

表 3-12 冷却水的稳定湍流速度与流量

冷却水道直径 d/mm	最低流速 $v/(\text{m} \cdot \text{s}^{-1})$	流量 $q_V/(\text{m}^3 \cdot \text{min}^{-1})$	冷却水道直径 d/mm	最低流速 $v/(\text{m} \cdot \text{s}^{-1})$	流量 $q_V/(\text{m}^3 \cdot \text{min}^{-1})$
8	1.66	5.0×10^{-3}	20	0.66	12.4×10^{-3}
10	1.32	6.2×10^{-3}	25	0.53	15.5×10^{-3}
12	1.10	7.4×10^{-3}	30	0.44	18.7×10^{-3}
15	0.87	9.2×10^{-3}			

(5) 冷却水在管内的速度 v

$$v = \frac{4q_V}{60 \times \pi d^2} = \frac{4 \times 0.005\,87}{60 \times 3.14 \times 0.01^2} \text{ m/s} = 1.247 \text{ m/s}$$

(6) 求冷却管壁与水交界面的膜传热系数 h

因为平均水温为 23.5°C , 查表 3-13 可得 $f = 6.7$, 则有

$$h = \frac{4.187 f (\rho v)^{0.8}}{d^{0.2}} = \frac{4.187 \times 6.7 \times (1\,000 \times 1.247)^{0.8}}{0.01^{0.2}} \text{ kJ}/(\text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot ^\circ\text{C})$$

$$= 2.1 \times 10^4 \text{ kJ}/(\text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot ^\circ\text{C})$$

表 3-13 水温与 f 的关系

平均水温/ $^\circ\text{C}$	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75
f	4.91	5.30	5.68	6.07	6.45	6.84	7.22	7.60	7.98	8.31	8.64	8.97	9.30	9.60	9.90	10.20

(7) 计算冷却水通道的导热总面积 A

$$A = \frac{WQ_s}{h\Delta\theta} = \frac{11.96 \times 370}{2.1 \times 10^4 \times \left(50 - \frac{25 - 22}{2}\right)} \text{ m}^2 = 0.007\,95 \text{ m}^2$$

(8) 计算模具所需冷却水管的总长度 L

$$L = \frac{A}{\pi d} = \frac{0.007\,95}{3.14 \times 0.01} \text{ m} = 0.223 \text{ m} = 223 \text{ mm}$$

(9) 冷却水路的根数 x

设每条水路的长度为 $l = 200 \text{ mm}$, 则冷却水路的根数为

$$x = \frac{L}{l} = \frac{223}{200} \text{ 根} \approx 1.1 \text{ 根}$$

由上述计算可以看出, 一条冷却水道对于模具来说显然是不合适的, 因此就根据具体情

况加以修改。为了提高生产效率，凹模和型芯都应得到充分的冷却。

3.8.3 凹模嵌件和型芯冷却水道的设置

型芯冷却系统的计算与凹模冷却系统的计算方法基本上是一样的，因此不再重复。尤其需要指出的是大型芯和小型芯的冷却方式。由于塑件上有四条肋板，大型芯设计时要在型芯上开四条沟槽，同时考虑推杆要通过大型芯推出塑件的轮毂部分，因此给冷却系统带来了难度。设计时在大型芯的下部采用简单冷却流道式来设计，小型芯采用隔片式冷却水道。凹模嵌件拟采用两条冷却水道进行冷却。冷却水道布置如图 3-15 所示。

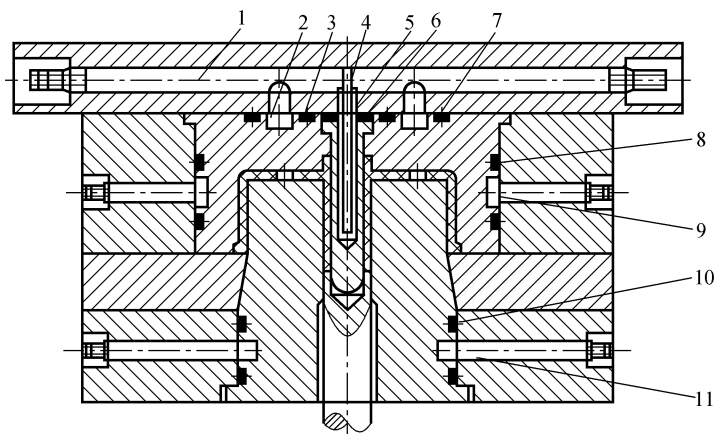


图 3-15 动定模水道布置

1—定模板水道；2—凹模嵌件水道；3，6，7，8，10—O形密封圈；4—小型芯水道隔热片；
5—小型芯水道；9—凹模嵌件圆周水道；11—动模大型芯圆周水道

3.9 导向与定位结构的设计

注射模的导向机构用于动、定模之间的开合模导向和脱模机构的运动导向。按作用分为模外定位和模内定位。模外定位是通过定位圈使模具的浇口套能与注射机喷嘴精确定位；而模内定位机构则通过导柱导套进行合模定位。本模具所成型的塑件比较简单，模具定位精度要求不是很高，因此可采用模架本身所带的定位结构。

3.10 总装图和零件图的绘制

经过上述一系列计算和绘图，将设计结果用总装图来表示模具的结构，如图 3-16 所示。零件图可由总装图来拆分，如图 3-10、图 3-11、图 3-12 所示。

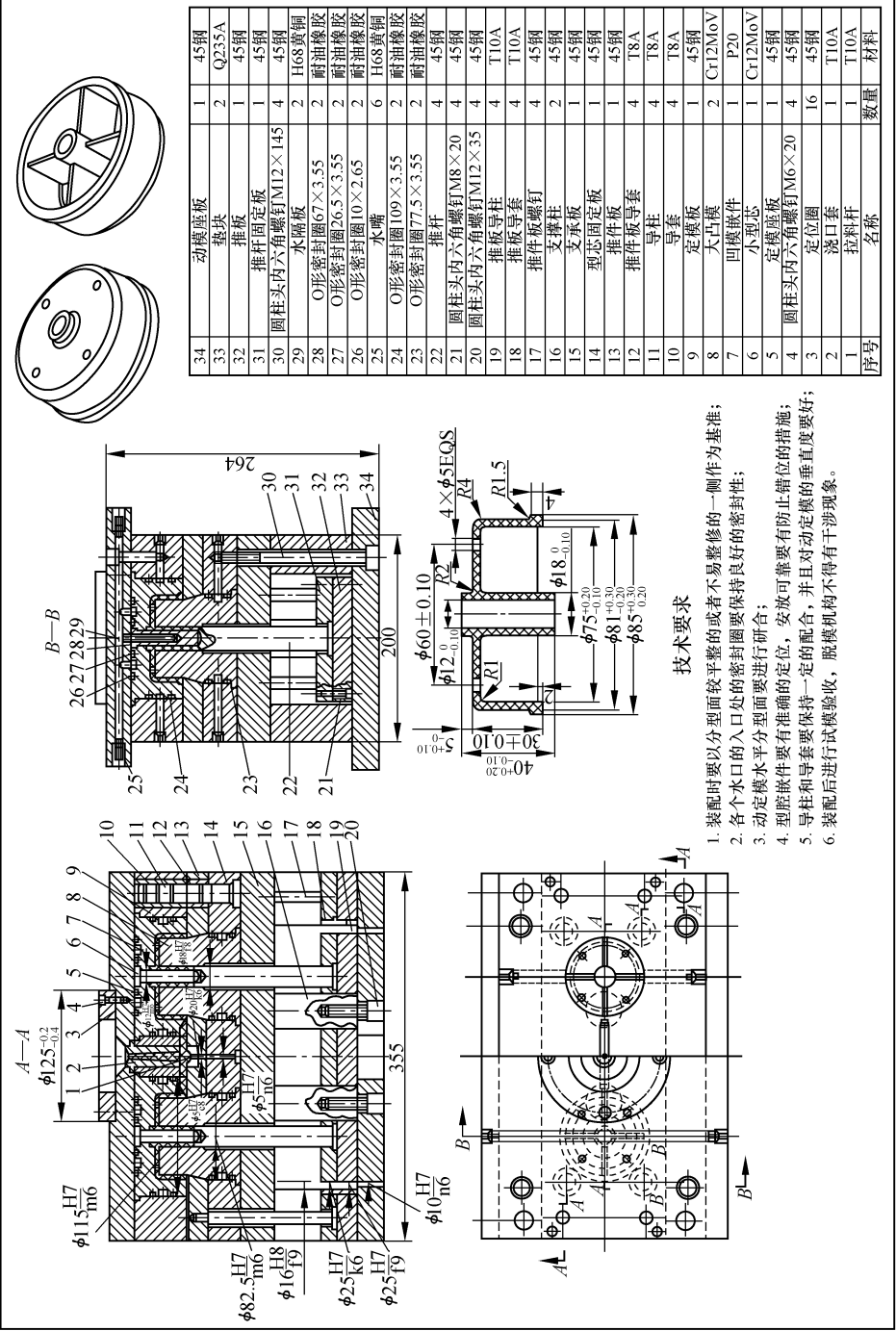


图3-16 模具装配图