

智能制造基础技术系列教材
“互联网+” 新形态一体化教材

塑料成型工艺 与模具设计

主编◎林彩梅 黎一强 刘海庆



上海交通大学出版社
SHANGHAI JIAO TONG UNIVERSITY PRESS

内容提要

本书共有九个项目，以培养塑料成型工艺与模具设计高技术技能人才综合职业能力为主线，以项目导向、任务驱动安排教学内容，系统地介绍了塑料及塑料成型工艺与模具设计知识，分项目重点讲述了塑料注射工艺与模具设计、塑料侧向分型与抽芯模具设计、压缩工艺与模具设计、压注工艺与模具设计、其他塑料成型工艺与模具设计、塑料模具课程设计等塑料模具设计方法与过程，以培养塑料模具设计专业能力和职业素养。通过模具设计实例、项目检测板块，促进所学知识的巩固及实现职业迁移能力的培养。本书可作为高职高专机械设计制造类等专业模具课程教材，以及相关培训学校模具技术培训用书，亦可作为从事塑料模具生产和科研工作的工程技术人员的参考用书。

图书在版编目（CIP）数据

塑料成型工艺与模具设计 / 林彩梅, 黎一强, 刘海

庆主编. — 上海 : 上海交通大学出版社, 2025. 7.

ISBN 978-7-313-33038-3

I . TQ320.66

中国国家版本馆 CIP 数据核字第 2025RT3079 号

塑料成型工艺与模具设计

SULIAO CHENGXING GONGYI YU MUJU SHEJI

主 编：林彩梅 黎一强 刘海庆

地 址：上海市番禺路 951 号

出版发行：上海交通大学出版社

电 话：021-6407 1208

邮政编码：200030

印 制：北京荣玉印刷有限公司

经 销：全国新华书店

开 本：787 mm × 1092 mm 1/16

印 张：20

字 数：462 千字

印 次：2025 年 7 月第 1 次印刷

版 次：2025 年 7 月第 1 版

电子书号：ISBN 978-7-89564-375-8

书 号：ISBN 978-7-313-33038-3

定 价：59.80 元

版权所有 侵权必究

告读者：如发现本书有印装质量问题请与印刷厂质量科联系

联系电话：010-6020 6144

目 录

项目一 了解塑料及其原材料…	001	
任务一 塑料	003	
一、塑料的特点	003	
二、塑料的发展趋势	004	
三、塑料的组成	005	
四、塑料的分类	007	
五、常用塑料的简介	008	
任务二 聚合物的结构及性能	015	
一、聚合物的分子结构和性质	015	
二、聚合物的热力学性能	017	
三、塑料在成型过程中的物理和化学变化	018	
四、塑料的成型工艺性能	023	
项目实施	028	
项目检测	028	
项目二 塑料成型方法的确定…	029	
任务一 塑料制品生产系统的组成	031	
任务二 塑料成型方法简介	031	
一、注射成型	032	
二、压缩成型	047	
三、压注成型	053	
四、挤出成型	055	
五、气动成型	061	
任务三 塑料成型模具的功用与分类…	064	
一、塑料成型模具的功用	064	
二、塑料成型模具的分类	065	
项目实施	066	
项目检测	067	
项目三 塑料制件的结构工艺性分析	068	
任务一 塑件的尺寸、尺寸精度和表面质量	070	
一、塑件的尺寸	070	
二、塑件的尺寸精度	070	
三、塑件的表面质量	074	
任务二 塑件的形状设计	075	
一、塑件的形状	075	
二、塑件的壁厚	077	
三、脱模斜度	080	
四、加强筋	082	
五、支承面	082	
六、圆角	083	
七、孔的设计	084	

八、文字、符号和花纹	085	任务五 结构零件的设计	150
任务三 带嵌件塑件的设计	086	一、合模导向机构的设计	150
一、嵌件的作用	086	二、支承零件的设计	160
二、嵌件的类型	087	三、推出机构的设计	162
三、嵌件的设计	087		
任务四 塑料螺纹、齿轮和铰链设计	089	任务六 模具加热与冷却系统的设计	177
一、螺纹的设计	089	一、温度调节系统的作用	177
二、齿轮	091	二、模具的冷却与加热	177
三、塑料铰链设计	092	三、冷却系统设计	178
项目实施	093	四、加热系统设计	182
项目检测	093		

项目四 塑料注射模设计 094

任务一 注射模的基础知识	096
一、注射模的工作原理	096
二、注射模的结构组成	096
三、注射模的零件名称及作用	097
四、注射模的分类及典型结构	100
任务二 注射模和注塑机的关系	104
一、注塑机的组成、分类及技术参数	104
二、注塑机有关参数的校核	106
三、型腔数目的确定与布排	111
任务三 浇注系统的`设计	114
一、分型面的形式、选择与确定	114
二、普通浇注系统的设计	117
三、排气和引气系统的设计	136
任务四 成型零件的设计	138
一、成型零件的结构设计	138
二、成型零件工作尺寸的计算	143
三、成型零件的壁厚计算	147

项目五 塑料侧向分型与抽芯注射模设计 196

任务一 侧向抽芯机构的类型及抽芯力计算	198
一、侧向分型与抽芯机构的类型	198
二、抽芯距与抽芯力的计算	199
任务二 斜导柱侧向分型与抽芯机构	200
一、斜导柱侧抽芯机构的概念、结构组成和工作过程	200
二、斜导柱侧向分型与抽芯机构零件的设计	201
三、斜导柱侧向分型与抽芯机构的形式	211
任务三 其他类型抽芯机构	216
一、弯销分型与抽芯机构	216
二、斜导槽分型与抽芯机构	216
三、斜滑块分型与抽芯机构	217
四、斜顶杆顶出抽芯机构	218
五、液压或气动抽芯机构	218

六、手动分型抽芯机构.....	218	项目实施.....	257
七、齿轮齿条抽芯机构.....	219	项目检测.....	258
项目实施.....	221	项目八 其他塑料成型模设计... 259	
项目检测.....	224		
项目六 塑料压缩模设计.....	225	任务一 塑料挤出模设计.....	261
任务一 压缩模的基本结构、分类 和结构选用.....	227	一、挤出模的概述.....	261
一、压缩模的基本结构.....	227	二、挤出模与挤出机匹配.....	265
二、压缩模的分类.....	228	三、棒材挤出机头.....	268
三、压缩模的结构选用.....	231		
任务二 模具与压力机的关系.....	231	任务二 热流道注射模设计.....	270
一、压力机的种类.....	231	一、对塑料品种的性能要求.....	271
二、液压机有关参数.....	232	二、绝热流道注射模.....	271
任务三 压缩模设计.....	235	三、加热流道注射模.....	274
一、塑件在模具内加压方向的选择.....	236	四、阀式浇口热流道注射模.....	276
二、凸模和凹模配合的结构形式.....	237	五、内加热的热流道注射模.....	277
三、加料室的设计和计算.....	239		
项目实施.....	241	任务三 热固性塑料注射模设计.....	278
项目检测.....	244	一、热固性塑料注射成型的优点和工艺 要点.....	278
项目七 塑料压注模设计.....	245	二、热固性塑料注射模设计要点.....	279
任务一 塑料压注模的结构与分类.....	247	任务四 精密注射模设计.....	280
一、压注模的结构.....	247	一、精密注射成型的特点.....	280
二、压注模的分类.....	248	二、精密注射塑件的尺寸与公差.....	280
任务二 塑料压注模的结构设计.....	250	三、精密注射成型用塑料和工艺特点.....	281
一、加料室的结构.....	250	四、精密注射成型用注塑机.....	282
二、压柱的结构.....	251	五、精密注射模设计要点.....	283
三、浇注系统的设计.....	254		
四、排气槽和溢料槽的结构.....	256	任务五 共注射成型模设计.....	285
		一、气体辅助注射成型原理.....	286
		二、气体辅助注射成型方法.....	286
		三、气体辅助注射成型特点.....	286
		任务六 气体辅助注射成型模设计.....	286
		一、低压法低发泡注射成型.....	287
		二、高压法低发泡注射成型.....	287
		三、高压法高发泡注射成型.....	287

二、高压法低发泡注射成型	287
项目实施	287
项目检测	289
项目九 塑料模具课程设计	290
<hr/>	
任务一 塑料模具设计要求	292
一、拟定成型工艺	292
二、合理选择模具结构	292
三、正确确定模具成型零件的尺寸	292
四、设计的模具应便于制造	292
五、设计的模具应当效率高、安全可靠	292
六、模具结构要适应塑料的成型特性	292
任务二 塑料模具设计程序	293
一、接受任务书	293
二、调研、分析和消化原始资料	293
三、选择成型设备	294
四、拟订模具结构方案	294
五、方案的讨论与论证	295
六、模具设计的有关计算	295
七、绘制模具装配草图	295
八、绘制模具总装配图和主要零件图	296
九、校对、审图和晒图	296
十、编写设计说明书	297
项目实施	298
项目检测	308
附录	309
参考文献	310

项目五

塑料侧向分型与抽芯 注射模设计

学习目标 >

▶ 知识目标

- (1) 掌握抽芯距的计算方法。
- (2) 掌握斜导柱分型与抽芯机构的设计要点。
- (3) 掌握侧向分型机构的各种类型，熟悉侧向分型机构结构图、动作原理和模具结构图。
- (4) 掌握斜导柱、弯销、斜滑块、抽芯机构的设计与计算方法。

▶ 能力目标

- (1) 能够设计一般复杂程度的侧向分型与抽芯注射模。
- (2) 能够识读侧向分型与抽芯注射模具结构图。

▶ 素质目标

- (1) 培养迎难而上、自强不息的精神。
- (2) 培养团队合作精神。

项目引入 >

本项目以塑料防护罩（见图 5-0-1）为载体介绍具有侧向分型与抽芯机构注射模设计的相关知识。通过案例设计，从实践的角度理解塑料成型工艺和侧向分型与抽芯模具设计，加强团队协作。

已知塑料防护罩所用材料为 POM（特点是抗拉抗压）、大批量生产，颜色为蓝色。要求塑件外表面光滑、美观，下端外缘不允许有浇口痕迹，塑件允许的最大脱模斜度为 0.5° 。

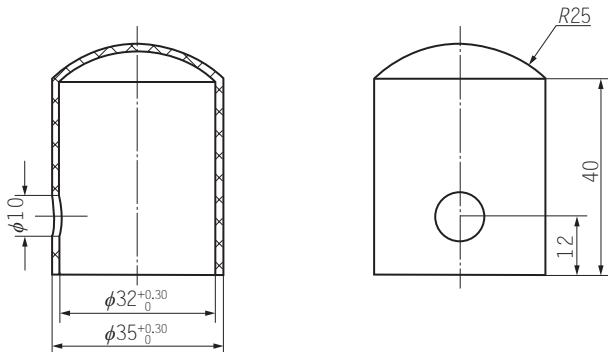


图 5-0-1 塑料防护罩

知识点提示 >

需要侧向分型与抽芯机构的制品形状如图 5-0-2 所示。当注射成型如图 5-0-1、图 5-0-2 所示的侧壁带有孔、凹穴或凸台等结构的塑件时，塑件不能直接由推杆等推出机构脱模，此时，模具上成型该处的零件就必须制成可侧向移动的活动型芯，以便在塑件脱模之前，先将活动型芯抽出，然后再把塑件从模内推出，否则就无法脱模。带动活动型芯做侧向移动（抽拔与复位）的整个机构称为侧向分型与抽芯机构（也可称为侧抽芯机构）。在一般的设计中，简称侧向抽芯。

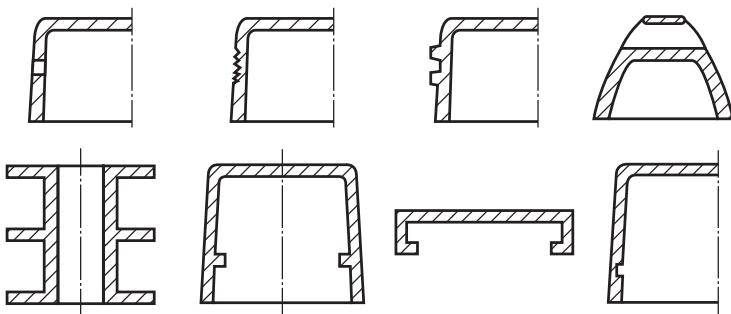


图 5-0-2 需要侧向分型与抽芯机构的制品形状

任务一 侧向抽芯机构的类型及抽芯力计算

一、侧向分型与抽芯机构的类型

侧向分型与抽芯机构按照抽芯动力来源的不同，可分为三大类。

(一) 机动侧抽芯机构

开模时，将注塑机的开模力作为动力，通过有关的传动零件（斜导柱等）将力作用于侧向成型零件使其侧向分型或将其侧向抽芯，合模时又靠它使侧向成型零件复位的机构，叫机动侧向分型与抽芯机构，也叫机动侧抽芯机构。

机动侧抽芯机构根据传动零件的不同，可分为斜导柱、弯销、斜导槽、斜滑块和齿轮条等侧抽芯机构。其中，斜导柱侧抽芯机构最为常用。机动侧抽芯机构虽然使模具结构复杂，但因其抽芯力大，操作简单，生产效率高，易于实现自动化，且不需要单独的动力装置，所以在注射模中应用最为广泛。

(二) 液压或气动侧抽芯机构

液压或气动侧向分型与抽芯机构（也称液压或气动侧抽芯机构）以液压力或压缩空气作为动力进行侧向分型与抽芯，在模具上配置专门的抽芯液（气）压缸（也称抽芯器），通过液压缸或气缸的活塞往复运动来实现侧向抽芯与复位。

这类抽芯方式动作比较平稳，抽拔力大、抽芯距比较长，抽芯时间顺序可以根据需要自由地设置。缺点是液压或气动装置成本较高，需要配置专门的液压或气压抽芯器及控制系统。现代注塑机本身就带有抽芯液压缸，所以采用液压侧向分型与抽芯机构更为方便。液压或气动侧抽芯机构多用于大型管子塑件的抽芯等场合。

(三) 手动侧抽芯机构

手动侧向分型与抽芯机构（也称手动侧抽芯机构）是利用人工在开模前（模内）或脱模后（模外）使用专门制造的手工工具抽出侧向活动型芯的机构。这一类机构操作不方便、工人劳动强度大、生产率低，而且受人力限制，难以获得较大的抽芯力，但模具的结构简单、成本低，常用于产品的试制、小批量生产或无法采用其他侧抽芯机构的场合。由于丝杠螺母传动副能获得比较大的抽芯力，因此，这种侧向抽芯方式在手动侧向抽芯中应用较多。

手动侧抽芯机构的形式很多，可根据不同塑件设计不同形式的手动侧抽芯机构。手动侧抽芯可分为两类：一类是模内手动分型抽芯；另一类是模外手动分型抽芯。模外手动分型抽芯机构实质上是带有活动镶件的模具结构。

二、抽芯距与抽芯力的计算

(一) 抽芯距的计算

抽芯距是将侧型芯或楔块从成型位置抽到不妨碍塑件顶出时侧型芯或楔块所移动的距离。

$$S = S_c + (2 \sim 3) \text{ mm} \quad (5-1)$$

式中：

S ——设计抽芯距，mm；

S_c ——临界抽芯距，mm。

临界抽芯距 S_c 不一定总是等于侧孔或侧凹的深度，需视塑件的具体结构和侧表面形状而定，例如，对于线圈骨架一类的塑件， S_c 如图 5-1-1 所示其可由式 (5-2) 计算。

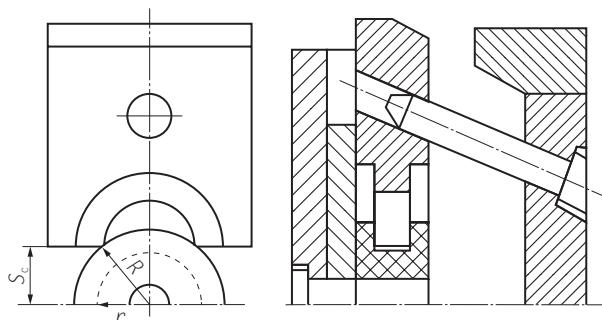


图 5-1-1 线圈骨架塑件的临界抽芯距

$$S_c = \sqrt{R^2 - r^2} \quad (5-2)$$

式中：

S_c ——临界抽芯距，mm；

R ——塑件最大外圆半径，mm；

r ——阻碍塑件脱模的最小圆半径，mm。

正常抽芯是指侧孔或侧凹轴线与塑件主轴线垂直，因而侧型芯抽出方向与模具主分型面平行。

(二) 抽芯力的计算

制品在模具内成型冷却时，将对型芯收缩包紧，线圈骨架的收缩卡紧如图 5-1-2 所示。此时要抽出型芯，即侧向脱模，抽芯力就是侧向脱模力。它需克服的阻力主要是由塑料收缩包紧造成的阻力，所以抽芯机构所产生的抽芯力必须大于抽芯阻力。

$$F_c = Ap(\mu \cos \alpha - \sin \alpha) \quad (5-3)$$

式中：

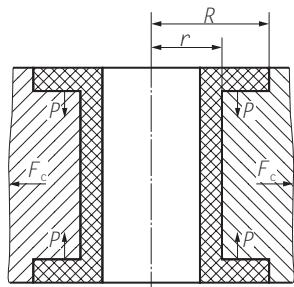
μ ——摩擦系数 (0.1 ~ 0.3)；

p ——塑件对型芯单位面积上的包紧压力 (8 ~ 12 MPa)；

A ——塑件包紧型芯的侧面积, mm^2 。

影响抽芯力的因素很多, 无法仅用一个公式就准确地计算出来, 只能根据其影响因素做大概的分析和估算。影响抽芯力的因素大致有以下几项。

(1) 型芯成型部分的表面积和截面的几何形状。型芯成型部分的表面积越大, 所需抽芯力就越大。截面的几何形状为圆形, 抽芯力较小, 而矩形则较大。



(2) 制品的壁厚及大小。对于厚壁和大型塑料制品, 其冷却收缩量大, 所以所需抽芯力也就大。

(3) 塑料的收缩率及其与成型零件的摩擦系数。塑料的收缩率越大, 所需抽芯力越大; 塑料与成型零件的摩擦系数越大, 所需抽芯力也越大。

(4) 脱模斜度。脱模斜度越大, 所需抽芯力越小。

图 5-1-2 线圈骨架的收缩卡紧

任务二 斜导柱侧向分型与抽芯机构

一、斜导柱侧抽芯机构的概念、结构组成和工作过程

(一) 斜导柱侧抽芯机构的概念

斜导柱侧向分型与抽芯机构是应用最多的一种机械驱动的侧向分型与抽芯机构形式, 它是利用斜导柱等零件把开模力传递给侧型芯, 使之产生侧向移动来完成抽芯动作的。它不仅可以向外侧抽芯, 还可以向内侧抽芯。

这类侧抽芯机构的特点是结构紧凑、动作安全可靠、加工制造方便, 是设计和制造注射模抽芯时最常用的机构, 但它的抽芯力和抽芯距离受到模具结构的限制, 一般适用于抽芯力不大及抽芯距为 $60 \sim 80 \text{ mm}$ 的场合。

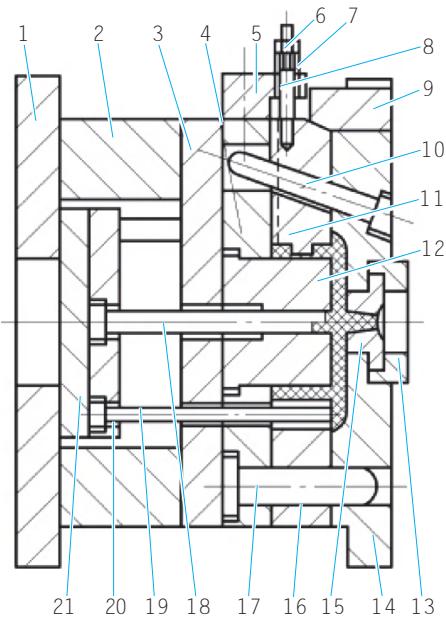
(二) 斜导柱侧抽芯机构的结构组成

典型斜导柱侧抽芯结构如图 5-2-1 所示。斜导柱侧抽芯机构由斜导柱 (10)、侧型芯滑块 (11)、导滑槽、楔紧块 (9) 和型芯滑块定距限位装置等组成。

(三) 斜导柱侧抽芯机构的工作过程

一个典型的斜导柱侧抽芯机构 (见图 5-2-1) 中, 斜导柱 (10) 固定在定模座板 (14) 上, 侧型芯滑块 (11) 在动模板 (4) 上。在开模时, 开模力通过斜导柱作用于滑块, 迫使滑块在动模板的导滑槽内向左上移动完成抽芯动作, 然后推杆 (19) 把塑件推出型腔。楔紧块 (9) 的作用是防止侧型芯及滑块在充模过程中因模腔压力作用而产生移动。限位挡块 (5)、螺钉 (6) 及弹簧 (7) 是滑块在抽芯后的定位装置, 保证合模时斜导柱能

够准确地进入滑块的斜孔。



1—动模座板；2—垫块；3—支承板；4—动模板；5—限位挡块；6—螺钉；7—弹簧；8—滑块拉杆；
9—楔紧块；10—斜导柱；11—侧型芯滑块；12—型芯；13—浇口套；14—定模座板；15—导柱；
16—定模板；17—导柱；18—拉料杆；19—推杆；20—推杆固定板；21—推板。

图 5-2-1 典型斜导柱侧与抽芯机构

二、斜导柱侧向分型与抽芯机构零件的设计

(一) 斜导柱的设计

1. 斜导柱的结构设计

斜导柱的结构形状如图 5-2-2 所示。工作端可以是半球形 [见图 5-2-2 (a)] 的，也可以是锥台形 [见图 5-2-2 (b)] 的，由于车削半球形较困难，所以绝大部分斜导柱都设计成锥台形。设计成锥台形时，其斜角 θ 应大于斜导柱的倾斜角 α ，一般 $\theta = \alpha + (2^\circ \sim 3^\circ)$ ，否则，其锥台部分也会参与侧抽芯，导致侧滑块停留位置不符合设计计算的要求。斜导柱固定端与模板之间可采用 H7/m6 过渡配合，斜导柱工作部分与滑块上斜导孔之间的配合采用 H11/b11 或两者之间采用 0.4 ~ 0.5 mm 的大间隙配合。在某些特殊的情况下，为了让滑块的侧向抽芯迟于开模动作，即开模分型一段距离后再侧抽芯（抽芯动作滞后于开模动作），斜导柱与侧滑块上的斜导孔之间的间隙可放大至 2 ~ 3 mm。斜导柱的材料多为 T8、T10 等碳素工具钢，也可采用 20 钢渗碳处理。热处理要求硬度 HRC ≥ 55 ，表面粗糙度为 $R_a \leq 0.8 \mu\text{m}$ 。

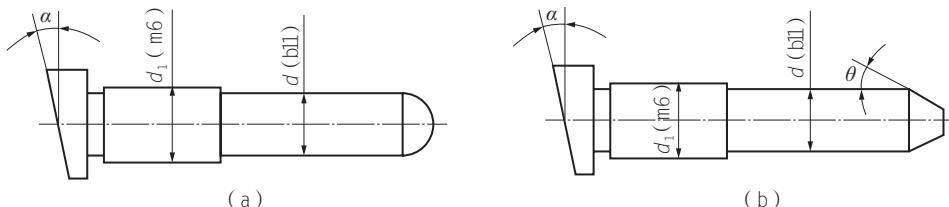


图 5-2-2 斜导柱的结构形状

(a) 工作端半球形斜导柱; (b) 工作端锥台形斜导柱

2. 斜导柱倾斜角的确定

斜导柱轴向与开模方向的夹角称为斜导柱的倾斜角 α ，该参数对斜导柱的有效工作长度、抽芯距以及工作时的受力状态都有决定作用。斜导柱倾斜角 α 的取值对斜导柱抽芯机构工作效果有着直接的影响。斜导柱倾斜角可分为三种情况，如图 5-2-3 所示。图 5-2-3 (a) 所示为侧型芯滑块抽芯方向与开合模方向垂直的状况，这是最常用的一种形式。

通过受力分析和理论计算可知， α 取 $22^{\circ}33'$ 比较理想，一般在设计时， $\alpha \leq 25^{\circ}$ ，最常用的为 $12^{\circ} \leq \alpha \leq 22^{\circ}$ 。尽管这一角度范围与出现自锁状态的 α 值相差甚远，但进一步增大 α 会加速斜导柱驱动滑块一侧表面间的磨损，特别是加速滑块导滑面间的磨损。

当抽芯方向与模具开模方向不垂直而成一定交角 β 时，也可采用斜导柱抽芯机构。图 5-2-3 (b) 所示为滑块外侧向动模一侧倾斜角 β 的情况，影响抽芯效果的斜导柱有效倾斜角为 $\alpha_1 = \alpha + \beta$ ，斜导柱倾斜角 α 值应在 $12^{\circ} \leq \alpha + \beta \leq 22^{\circ}$ 内选取，比不倾斜时要取得小些。图 5-2-3 (c) 所示为滑块外侧向定模一侧倾斜角 β 的情况，影响抽芯效果的斜导柱有效倾斜角为 $\alpha_2 = \alpha - \beta$ ，斜导柱的倾斜角 α 值应在 $12^{\circ} \leq \alpha - \beta \leq 22^{\circ}$ 内选，比不倾斜时要取得大些。

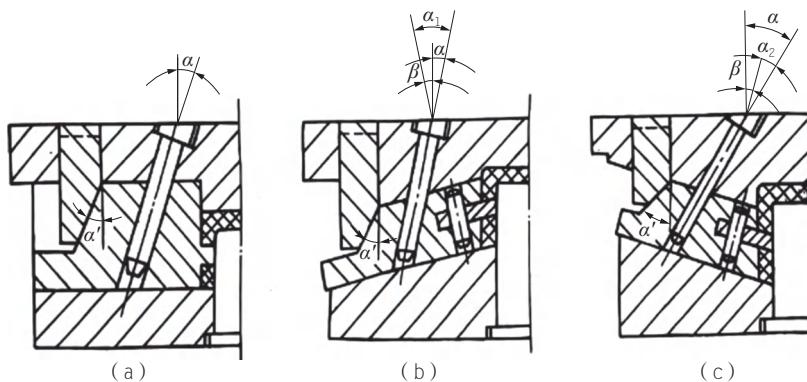


图 5-2-3 斜导柱的倾斜角

(a) 滑块抽芯方向与开合模方向垂直; (b) 滑块外侧向动模一侧倾斜; (c) 滑块外侧向定模一侧倾斜

抽芯距离长、抽芯力小时， α 可适当取大些；抽芯距离短、抽芯力大时， α 可适当取小些。

3. 斜导柱长度的计算

斜导柱及其参数如图 5-2-4 所示。在侧型芯滑块抽芯方向与开合模方向垂直时，斜导柱的工作长度 L_4 与抽芯距 S 及倾斜角 α 的关系为

$$L = \frac{S}{\sin \alpha} \quad (5-4)$$

此时，完成抽芯所需要的开模行程为

$$H = S \cot \alpha = S \frac{\cos \alpha}{\sin \alpha} \quad (5-5)$$

斜导柱的总长度为

$$\begin{aligned} L &= L_1 + L_2 + L_3 + L_4 + L_5 \\ &= \frac{D}{2} \times \tan \alpha + \frac{h}{\cos \alpha} + \frac{d}{2} \tan \alpha + \frac{S}{\sin \alpha} + (10 \sim 15) \text{ mm} \end{aligned} \quad (5-6)$$

式中：

L ——斜导柱的总长度，mm；

D ——斜导柱的台肩直径，mm；

d ——斜导柱的工作部分直径，mm；

h ——斜导柱固定板的厚度，mm；

S ——抽芯距，mm；

α ——斜导柱倾斜角（°）。

其中 L_4 是斜导柱的工作长度，即在抽芯时起作用的长度，又称有效长度。

斜导柱在固定板中的安装长度

$$\begin{aligned} L_g &= L_2 - l - (0.5 \sim 1) \text{ mm} \\ &= \frac{h}{\cos \alpha} - \frac{d_1}{2} \tan \alpha - (0.5 \sim 1) \text{ mm} \end{aligned} \quad (5-7)$$

式中：

L_g ——斜导柱安装固定部分的尺寸，mm；

d_1 ——斜导柱安装固定部分的直径，mm。

4. 斜导柱直径的计算

(1) 斜导柱受力分析。

在斜导柱侧向分型与抽芯机构的设计中，需要选择合适的斜导柱直径，这就要对斜导柱的直径进行计算，或对已选好的直径进行校核。在计算斜导柱直径之前，应该对斜导柱的受力情况进行受力分析。斜导柱抽芯时所受的弯曲力如图 5-2-5 (a) 所示。

侧型芯滑块的受力分析图如图 5-2-5 (b) 所示。模具打开时，斜导柱驱动滑块抽出侧型芯，图中 F 是斜导柱通过滑块上的斜导孔对滑块施加的正压力， F_w 是它的反作用力，抽拔阻力（即脱模力）是抽芯力 F_c 的反作用力； F_k 是开模力，它通过导滑槽施加于滑块； F_1 是斜导柱与滑块间的摩擦力，它的方向与抽芯时滑块沿斜导柱运动的方向相反； F_2 是

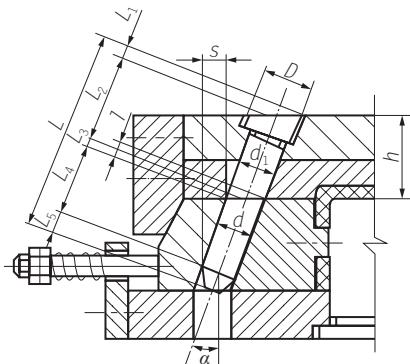


图 5-2-4 斜导柱及其参数

滑块与导滑槽间的摩擦力，它的方向与抽芯时滑块沿导滑槽移动的方向相反。另外，假设斜导柱与滑块、导滑槽与滑块间的摩擦系数均为 μ ，可以建立如下所示的力的平衡方程：

$$\Sigma F_x = 0, \text{ 则 } F_t + F_1 \sin \alpha - F \cos \alpha + F_2 = 0 \quad (5-8)$$

$$\Sigma F_y = 0, \text{ 则 } F \sin \alpha + F_1 \cos \alpha - F_k = 0 \quad (5-9)$$

式中， $F_1 = \mu F$, $F_2 = \mu F_{\perp}$ 。

由式(5-8)、式(5-9)解得

$$F = \frac{F_1}{\mu \cos \alpha + \sin \alpha} \times \frac{\tan \alpha + \mu}{1 - 2\mu \tan \alpha - \mu^2} \quad (5-10)$$

由于摩擦力与其他力相比较一般很小，常可忽略不计（即 $\mu = 0$ ），上式为

$$F = \frac{F_t}{\cos \alpha} = \frac{F_c}{\cos \alpha} \quad (5-11)$$

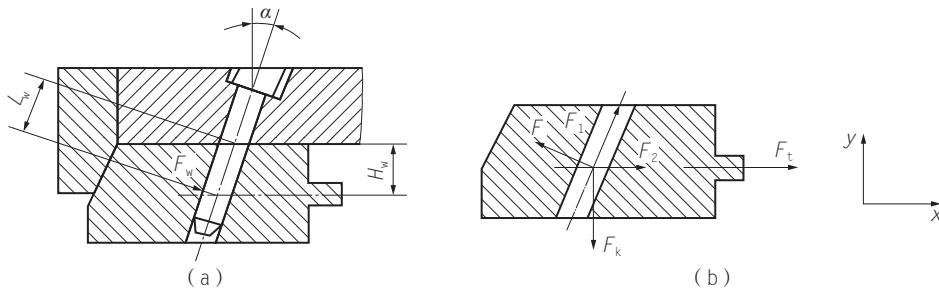


图 5-2-5 斜导柱的受力分析

(a) 斜导柱受弯曲力图；(b) 侧型芯滑块的受力分析图

(2) 计算斜导柱直径。

斜导柱驱动滑块抽芯时，滑块作用在斜导柱上的法向压力 P 是一个会使斜导柱产生弯曲的载荷。斜导柱是受到弯曲载荷的悬臂梁，如图 5-2-6 所示。最大弯矩产生在梁的固定端，其数值是

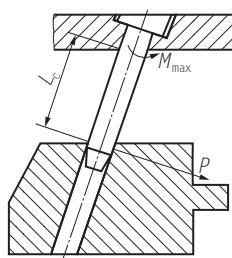


图 5-2-6 斜导柱受力矩作用分析

$$M_{\max} = PL_e \quad (5-12)$$

式中：

M_{\max} ——斜导柱所受弯矩，N·mm；

P ——斜导柱所受弯曲力，即 $P=F_w$, N；

L_e ——斜导柱弯曲力臂，即 $L_e=L_w$, mm。

由材料力学可知斜导柱的弯曲应力为

$$\sigma_w = \frac{M_w}{W} \leq [\sigma_w] \quad (5-13)$$

式中：

$[\sigma_w]$ ——斜导柱材料的弯曲许用应力，MPa。

斜导柱多为圆形截面，其截面系数为

$$W = \frac{1}{32} \pi d^3 = 0.1d^3 \quad (5-14)$$

由式(5-14)可得斜导柱直径

$$d = \left(\frac{10FL}{[\sigma_w]} \right)^{\frac{1}{3}} = \left(\frac{10F_w L_w}{[\sigma_w] \cos \alpha} \right)^{\frac{1}{3}} = \left(\frac{10F_w H_w}{[\sigma_w] \cos^2 \alpha} \right)^{\frac{1}{3}} \quad (5-15)$$

式中：

F ——斜导柱所受弯曲力，N；

L_w ——斜导柱弯曲力臂，mm；

F_w ——抽拔阻力(即脱模力)，N；

α ——斜导柱的倾斜角(°)；

H_w ——侧型芯滑块受到脱模力的作用与斜导柱中心线交点到斜导柱固定板的距离，它并不等于滑块高度的一半。

即斜导柱的直径必须根据抽芯力、斜导柱的有效工作长度和斜导柱的倾斜角来确定。

由于计算比较复杂，有时为了方便，也可用查表的方法确定斜导柱的直径。最大弯曲力 F_w 与抽芯力 F_c 和斜导柱倾斜角 α 的关系如表 5-2-1 所示。斜导柱倾斜角 α 、高度 H_w 、最大弯曲力 F_w 和与斜导柱直径之间的关系如表 5-2-2 所示。先按已求得的抽芯力 F_c 和选定的斜导柱倾斜角 α 在表 5-2-1 中查出最大弯曲力 F_w ，然后根据 F_w 和 H_w 以及斜导柱倾斜角 α 的数值在表 5-2-2 中查出斜导柱的直径 d 。

表 5-2-1 最大弯曲力 F_w 与抽芯力 F_c 和斜导柱倾斜角 α 的关系

最大弯曲力 F_w /kN	斜导柱倾斜角 α /(°)					
	8	10	12	15	18	20
	脱模力 F_t (抽芯力 F_c)/kN					
1.00	0.99	0.98	0.97	0.96	0.95	0.94
2.00	1.98	1.97	1.95	1.93	1.90	1.88
3.00	2.97	2.95	2.93	2.89	2.85	2.82
4.00	3.96	3.94	3.91	3.86	3.80	3.76
5.00	4.95	4.92	4.89	4.82	4.75	4.70
6.00	5.94	5.91	5.86	5.79	5.70	5.64
7.00	6.93	6.89	6.84	6.75	6.65	6.58
8.00	7.92	7.88	7.82	7.72	7.60	7.52
9.00	8.91	8.86	8.80	8.68	8.55	8.46
10.00	9.90	9.85	9.78	9.65	9.50	9.40
11.00	10.89	10.83	10.75	10.61	10.45	10.34
12.00	11.88	11.82	11.73	11.58	11.40	11.28
13.00	12.87	12.80	12.71	12.54	12.35	12.22

续表

最大弯曲力 F_w /kN	斜导柱倾斜角 α (°)					
	8	10	12	15	18	20
	脱模力 F_t (抽芯力 F_c) /kN					
14.00	13.86	13.79	13.69	13.51	13.30	13.16
15.00	14.85	14.77	14.67	14.47	14.25	14.10
16.00	15.84	15.76	15.64	15.44	15.20	15.04
17.00	16.82	16.74	16.62	16.40	16.15	15.93
18.00	17.82	17.73	17.60	17.37	17.10	16.80
19.00	18.81	18.71	18.85	18.33	18.05	—
20.00	19.80	19.70	19.56	19.30	19.00	18.80
21.00	20.79	20.68	20.53	20.26	19.95	19.74
22.00	21.78	21.67	21.51	21.23	20.90	20.68
23.00	22.77	22.65	22.49	22.19	21.85	21.62
24.00	23.76	23.64	23.47	23.16	22.80	22.56
25.00	24.75	24.62	24.45	24.12	23.75	23.50
26.00	25.74	25.61	25.42	25.09	24.70	24.44
27.00	26.73	26.59	26.40	26.05	25.65	25.38
28.00	27.72	27.58	27.38	27.02	26.60	26.32
29.00	28.71	28.56	28.36	27.98	27.55	27.26
30.00	29.70	29.65	29.34	28.95	28.50	28.20
31.00	30.69	30.53	30.31	29.91	29.45	29.14
32.00	31.68	31.52	31.29	30.88	30.40	30.08
33.00	32.57	32.50	32.27	31.84	31.35	31.02
34.00	33.66	33.49	33.25	32.81	32.30	32.96
35.00	34.65	34.47	34.23	33.77	33.25	32.00
36.00	35.64	35.46	35.20	34.74	34.20	33.81
37.00	36.63	36.44	36.18	35.70	35.15	34.78
38.00	37.62	37.73	37.16	36.67	36.10	35.72
39.00	38.61	38.41	38.14	37.63	37.05	36.66
40.00	39.60	39.40	39.12	38.60	38.00	37.60

表 5-2-2 斜导柱倾斜角 α 、高度 H_w 、最大弯曲力 F_w 和与斜导柱直径之间的关系

斜导柱倾 斜角 α / H_w mm (°)	最大弯曲力 /kN																													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
8	10	8	10	10	12	12	14	14	14	15	15	16	16	18	18	18	18	18	18	20	20	20	20	20	20	20	22	22	22	22
	15	8	10	12	14	14	15	16	16	16	16	18	18	20	20	20	20	22	22	22	24	24	24	24	24	24	24	25	25	25
	20	10	12	14	14	15	16	18	18	20	20	20	22	22	22	24	24	24	24	25	25	25	26	26	26	28	28	28	28	28
	25	10	12	14	15	18	18	18	20	20	22	22	24	24	24	25	25	26	26	28	28	28	28	28	28	30	30	30	30	30
	30	10	14	15	16	18	18	20	20	22	22	24	24	24	25	26	26	28	28	28	30	30	30	30	30	30	32	32	32	32
	35	12	14	16	18	18	20	20	22	24	24	25	25	26	26	28	28	28	30	30	30	32	32	32	34	34	34	34	34	34
	40	12	14	16	18	20	20	22	22	24	24	25	26	26	28	28	28	30	30	30	32	32	32	34	34	34	34	34	35	
	40	12	14	16	18	20	20	22	22	24	24	25	26	26	28	28	28	30	30	30	32	32	32	34	34	34	34	34	35	
10	10	8	10	12	12	12	14	14	14	15	15	16	16	18	18	18	18	18	18	20	20	20	20	20	20	22	22	22	22	
	15	8	12	12	14	14	15	16	16	16	18	18	20	20	20	20	22	22	22	24	24	24	24	24	24	24	25	25	25	
	20	10	12	14	14	15	16	18	18	20	20	22	22	22	24	24	24	24	25	25	25	26	26	26	28	28	28	28	28	
	25	10	12	14	15	18	18	20	20	22	22	24	24	24	25	25	26	26	28	28	28	30	30	30	30	30	30	30	30	30
	30	12	14	15	16	18	20	20	22	22	24	24	24	25	25	26	26	28	28	28	30	30	30	30	30	30	32	32	32	
	35	12	14	16	18	20	20	22	22	24	24	25	25	26	26	28	28	28	30	30	30	32	32	32	34	34	34	34	34	
	40	12	14	18	18	20	22	22	24	24	25	26	26	28	28	28	30	30	32	32	32	34	34	34	34	34	34	34	34	
	40	12	14	18	18	20	22	22	24	24	25	26	26	28	28	28	30	30	32	32	32	34	34	34	34	34	34	34	34	
12	10	8	10	12	12	12	14	14	14	15	16	16	16	18	18	18	18	18	18	20	20	20	20	20	20	22	22	22	22	
	15	8	12	12	14	14	15	16	16	16	18	18	20	20	20	20	22	22	22	24	24	24	24	24	24	24	25	25	25	
	20	10	12	14	14	16	16	18	18	20	20	22	22	22	24	24	24	24	25	25	26	26	26	26	28	28	28	28	28	
	25	10	12	15	16	18	18	20	20	22	22	24	24	24	25	25	26	26	28	28	28	30	30	30	30	30	30	30	30	30
	30	12	14	15	16	18	20	20	22	22	24	24	24	25	25	26	26	28	28	28	30	30	30	30	30	30	32	32	32	
	35	12	14	16	18	20	20	22	22	24	24	25	25	26	26	28	28	28	30	30	30	32	32	32	34	34	34	34	34	
	40	12	14	16	18	20	22	22	24	24	25	26	26	28	28	28	30	30	32	32	32	34	34	34	34	34	34	34	34	
	40	12	14	18	18	20	22	22	24	24	25	26	26	28	28	28	30	30	32	32	32	34	34	34	34	34	34	34	34	

续表

斜导柱倾 斜角 α / mm ($^{\circ}$)	H_w / mm	最大弯曲力/kN																											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20								
15	10	8	10	12	12	14	14	14	15	16	16	16	18	18	18	18	18	18	18	18	20	20	20	20	22	22	22	22	22
	15	10	12	12	14	14	15	16	16	18	18	20	20	20	22	22	22	24	24	24	24	24	24	24	24	25	25	25	
	20	10	12	14	14	16	16	18	18	20	20	22	22	22	24	24	24	25	25	26	26	26	28	28	28	28	28	28	
	25	10	12	14	16	18	18	20	20	22	22	24	24	24	25	25	26	26	28	28	28	30	30	30	30	30	30	30	
	30	12	14	15	16	18	20	20	22	22	24	24	25	25	26	26	28	28	28	30	30	30	32	32	32	32	32	32	
	35	12	14	16	18	20	20	22	22	24	24	24	25	26	28	28	28	30	30	30	32	32	32	34	34	34	34	34	
	40	12	15	16	18	20	22	22	24	24	25	26	28	28	28	30	30	30	32	32	34	34	34	35	35	35	35	36	
	10	8	10	12	12	14	14	14	15	16	16	18	18	18	18	18	18	20	20	20	20	20	22	22	22	22	22	22	
	15	10	12	12	14	14	14	16	18	18	20	20	20	22	22	22	24	24	24	24	24	24	24	24	25	25	25	25	
	20	10	12	14	15	16	18	18	20	20	22	22	22	24	24	24	25	25	25	26	26	26	28	28	28	28	28	28	
18	10	8	10	12	12	14	14	14	15	16	16	18	18	18	20	20	20	22	22	22	24	24	24	24	24	24	24	24	24
	15	10	12	12	14	14	14	16	16	18	18	20	20	20	22	22	22	24	24	24	25	25	25	26	26	26	28	28	28
	20	10	12	14	15	16	18	18	20	20	22	22	22	24	24	24	25	25	26	26	28	28	28	28	28	28	30	30	30
	25	10	14	14	16	18	18	20	20	22	22	24	24	24	25	25	26	26	28	28	28	30	30	30	30	30	30	30	30
	30	12	14	15	18	18	20	20	22	24	24	24	24	25	25	26	26	28	28	28	30	30	30	32	32	32	32	32	32
	35	12	14	16	18	20	20	22	24	24	24	24	26	26	28	28	28	30	30	30	32	32	32	34	34	34	34	34	34
	40	12	15	18	18	20	22	22	24	24	25	26	28	28	28	30	30	30	32	32	34	34	34	34	34	34	34	34	35
	10	8	10	12	12	14	14	14	15	16	16	18	18	18	18	18	18	20	20	20	20	20	22	22	22	22	22	22	
	15	10	12	12	14	14	15	16	18	18	20	20	20	22	22	22	24	24	24	24	24	24	24	24	25	25	25	25	25
	20	10	12	14	14	16	18	18	20	20	22	22	22	24	24	24	25	25	26	26	28	28	28	28	28	28	28	28	28
20	10	8	10	12	12	14	14	14	15	16	16	18	18	18	20	20	20	22	22	22	24	24	24	24	24	24	24	24	24
	15	10	12	12	14	14	15	16	16	18	18	20	20	20	22	22	22	24	24	24	25	25	25	26	26	26	28	28	28
	20	10	12	14	14	16	18	18	20	20	22	22	22	24	24	24	25	25	26	26	28	28	28	28	28	28	30	30	30
	25	10	14	14	16	18	18	20	20	22	22	24	24	24	25	25	26	26	28	28	28	30	30	30	30	30	30	30	30
	30	12	14	15	18	18	20	20	22	24	24	24	24	25	25	26	26	28	28	28	30	30	30	32	32	32	32	32	32
	35	12	14	16	18	20	20	22	24	24	24	24	26	26	28	28	28	30	30	30	32	32	32	34	34	34	34	34	34
	40	12	14	18	18	20	22	22	24	24	25	26	28	28	28	30	30	30	32	32	34	34	34	34	34	34	34	34	35
	10	8	10	12	12	14	14	14	15	16	16	18	18	18	18	18	18	20	20	20	20	20	22	22	22	22	22	22	22
	15	10	12	12	14	14	15	16	18	18	20	20	20	22	22	22	24	24	24	24	24	24	24	24	25	25	25	25	25
	20	10	12	14	14	16	18	18	20	20	22	22	22	24	24	24	25	25	26	26	28	28	28	28	28	28	28	28	28

(二) 侧滑块的设计

侧滑块是斜导柱侧向分型与抽芯机构中的一个重要的零件。侧滑块和侧型芯可做成整体式，也可做成组合式。侧型芯与侧滑块的连接形式，一般有圆柱销连接、燕尾槽连接、螺塞固定、两个圆柱定位，以及螺钉和销钉固定等，如图 5-2-7 所示。侧型芯材料常采用 T8、T10、45 钢、CrWMn，淬火 HRC ≥ 50 ；侧滑块材料常采用 45 钢、T8、T10，调质 HRC ≥ 40 。镶嵌式的配合精度为 H7/m6。

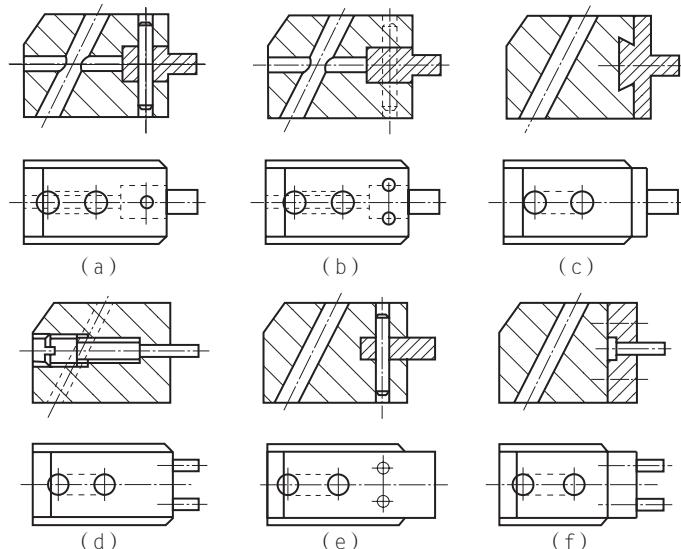


图 5-2-7 侧型芯与侧滑块的连接形式

(a)、(b) 圆柱销连接；(c) 燕尾槽连接；(d) 螺塞固定；(e) 两个圆柱定位；(f) 螺钉和销钉固定

(三) 导滑槽的设计

1. 结构形式

导滑槽可分为整体式和组合式，以组合式为多。滑块与导滑槽的配合方式如图 5-2-8 所示。

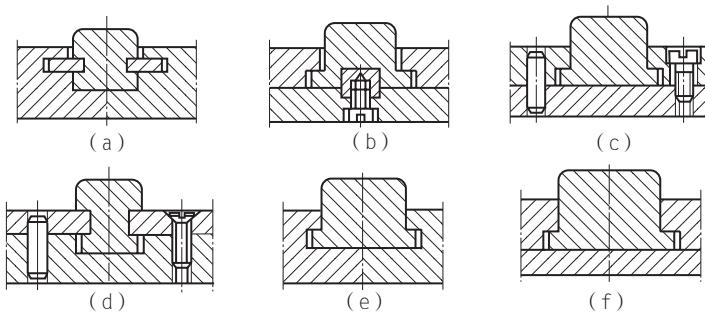


图 5-2-8 滑块与导滑槽的配合方式

(a) 滑块两侧定位；(b) 滑块中间定位；(c) 压板配合定位；
(d) 压板配合滑块定位；(e) 哈夫配合；(f) 通槽与压板配合

2. 材料与热处理

模板为 45 钢，调质 $28 \sim 32$ HRC。

盖板为 T8、T10、45 钢，前两者 HRC ≥ 50 ，后者 HRC ≥ 40 。

3. 配合

配合部分 H8/f7，其余均应留 0.5 mm 左右的间隙。

配合部分的表面粗糙度 $R_a \leq 0.8 \mu\text{m}$ 。

4. 长度

完成侧向分型时滑块应有 $2/3$ 以上留在导滑槽内。

(四) 侧滑块和导滑槽的设计要点

斜导柱抽芯机构的设计要点可归纳如下。

- 由于活动型芯一般都比较小，应牢固装配在滑块上，防止其在抽芯时松脱；还必须注意活动型芯与滑块连接部件的强度。侧滑块定位的形式如图 5-2-9 所示。

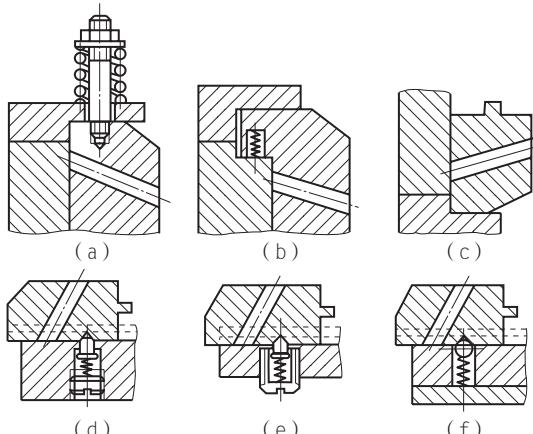


图 5-2-9 侧滑块定位的形式

(a)、(b)、(c) 挡块限位；(d)、(e) 弹簧销限位；
(f) 弹簧滚珠限位

- 滑块在导滑槽中滑动要平稳，不应发生卡滞、跳动等现象。

(3) 滑块完成抽芯动作后，仍停留在导滑槽内，留在导滑槽内的滑块长度应大于滑块全长的 $2/3$ ，不然滑块开始复位时容易倾斜，甚至损坏模具。滑块限位装置要灵活可靠，保证开模后滑块停止在一定位置上而不任意滑动。

- 滑块设在定模上时，为了保证塑件留在动模上，开模前必须先抽出侧向型芯，因此应采用定距拉紧装置。

- 为防止滑块和推出机构复位时的相互干涉，应尽可能不使顶杆和活动侧型芯的水平投影重合，或者使顶杆的顶出行程小于滑块成型部分的最低面。

(五) 楔紧块的设计

1. 楔紧块的形式

在注射成型过程中，楔紧块能保证滑块闭合紧密，避免侧向分型面产生毛边，保证塑件尺寸精度，免除斜导柱承受型腔的侧向推挤压力。楔紧块可以根据型腔对滑块产生推挤压力的大小而采用不同的结构形式。实际采用的主要结构形式如图 5-2-10 所示。

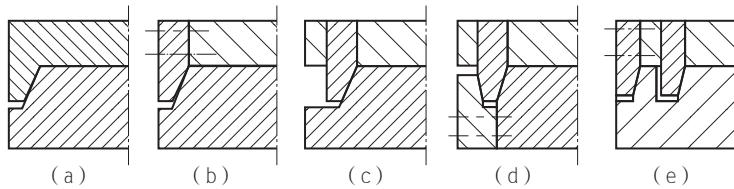


图 5-2-10 楔紧块的结构形式

(a) 整体式; (b) 销钉定位、螺钉紧固形式; (c) 楔紧块镶入模板形式;
(d) 增设后挡块形式; (e) 双楔紧块形式

2. 楔角选取

如图 5-2-11 (a) 所示, 楔紧块的楔角 α' 应大于斜导柱的抽芯斜角 α , 一般有 $\alpha'=\alpha+(2^\circ \sim 3^\circ)$ 。使模具开模时, �edge紧块的斜面起到让位作用, 否则斜导柱就无法驱动滑块起抽拔作用。

楔角的适当选取不仅能保证让位作用, 避免楔紧块斜面与滑块斜面的磨损, 也可防止闭模时滑块斜面上端边缘处与楔紧块斜面下端边缘处的干涉撞击。

由于斜导柱与滑块的斜导孔之间一般都留有较大间隙, 开模和闭模运动时滑块的横向运动对纵向运动都有滞后作用, 若楔角选取偏小, 闭模时 [见图 5-2-11 (b)] 滑块和楔紧块间就会发生上述的干涉撞击现象。滑块横向运动对纵向运动的滞后如图 5-2-11 所示。

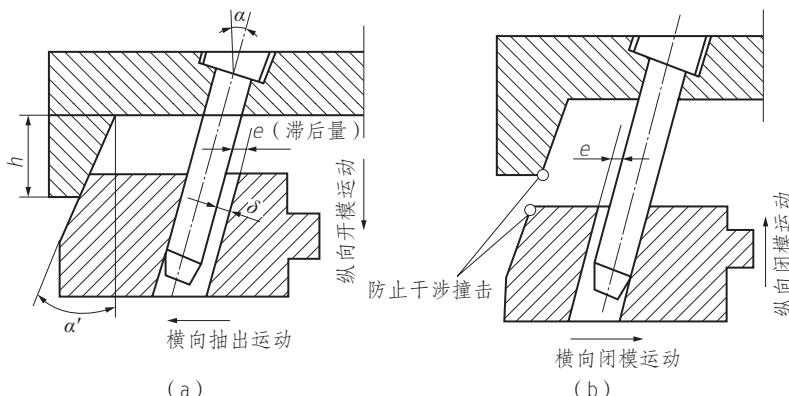


图 5-2-11 滑块横向运动对纵向运动的滞后

(a) 横向抽出运动; (b) 横向闭模运动

分析表明, 为避免干涉撞击, 楔紧块楔角的选取可以以下式为依据:

$$\operatorname{tg} \alpha' = \operatorname{tg} \alpha + \frac{\delta}{h \cos \alpha} \quad (5-16)$$

在保证开模时让位和闭模时避免干涉撞击的情况下, 楔角也不宜取过大的值, 因为其值越大, 对滑块的压紧作用越小。

三、斜导柱侧向分型与抽芯机构的形式

斜导柱侧向分型与抽芯机构按斜导柱和滑块的安装位置大致可分成五种结构类型。

(一) 斜导柱在定模、滑块在动模

斜导柱在定模、滑块在动模的形式是最常见的基本结构形式。这种模具的侧滑块在预

先复位过程中，顶杆或顶管可能尚未退到闭模位置，以致滑块与它们相撞产生干涉现象。可将顶出零件安排在不干涉的位置来避免干涉现象，但有时因结构限制无法避免二者在主分型面上投影的重合，这时就要判断是否有干涉现象发生，如图 5-2-12 所示。

当

$$\Delta l < \Delta h \cdot \tan \alpha \quad (5-17)$$

不会产生干涉。二者重合距离 Δl 过大，侧型芯过低，即 Δh 越小，越容易发生干涉。

式中：

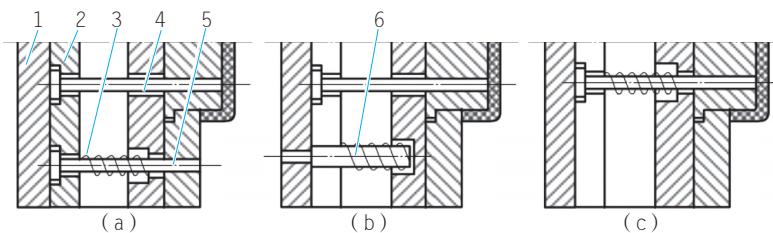
Δl ——侧型芯与顶杆在主分型面上重合的侧向距离，mm；

Δh ——顶杆端面与侧型芯在开模方向的最近距离，mm。

在判断有干涉时，须采用先复位机构，四种先复位机构介绍如下。

1. 弹簧式先复位机构

弹簧式先复位机构是利用弹簧的弹力使推出机构在合模之前进行复位的，将压缩弹簧安装在顶杆固定板和支承板之间，顶出塑件时弹簧受压，如图 5-2-13 所示。图 5-2-13 (a) 中弹簧安装在复位杆上；图 5-2-13 (b) 中弹簧安装在另外设置的簧柱上；图 5-2-13 (c) 中弹簧安装在推杆上。一般情况下设置四根弹簧，并且尽量均匀分布在推杆固定板的四周，以便让推杆固定板受到均匀的弹力作用而使推杆顺利复位。开模推出塑件时，塑件包在凸模上一起随动模部分后退，当推板与注塑机上的顶杆接触后，动模部分继续后退，推出机构相对静止而开始脱模，弹簧被进一步压缩。一旦开始合模，注塑机顶杆与模具推板脱离接触，在弹簧回复力的作用下推杆迅速复位，因此在合模前，推杆便复位结束，这样可避免推出零件与活动型芯发生干涉。弹簧式先复位机构具有结构简单、安装方便等优点，但弹簧的弹力较小，而且容易疲劳失效，可靠性差，一般只适用于复位力不大的场合，并需要定期更换弹簧。



1—推板；2—推杆固定板；3—弹簧；4—推杆；5—复位杆；6—簧柱。

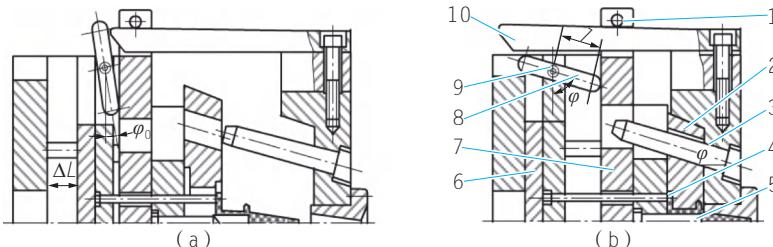
图 5-2-13 弹簧式先复位机构

(a) 弹簧安装在复位杆上；(b) 弹簧安装在簧柱上；(c) 弹簧安装在推杆上

2. 杠杆式先复位机构

杠杆式先复位机构如图 5-2-14 所示。固定于定模的楔杆，在闭模初就推动杠杆转过有效角度 ($\varphi - \varphi_0$)，驱使杠杆的另一端从动模底面上撑开一个顶杆的回复行程 ΔL 。杠杆的转动支承在顶出板上，回复动作超前于侧型芯的复位。杠杆转角 φ ，力臂 l 与行程 ΔL 关系为

$$\Delta L = l \cos \varphi - l \cos \varphi_0 \quad (5-18)$$



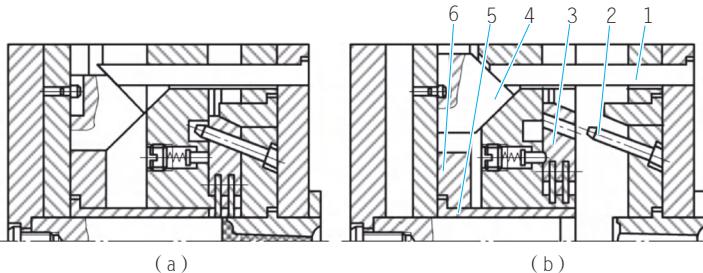
1—导向滚轮；2—滑块；3—斜导柱；4—顶杆；5—型芯；6—推板；7—支承板；8—杠杆；9—转销；10—楔杆。

图 5-2-14 杠杆式先复位机构

(a) 开始闭模，杠杆转动先复位；(b) 模具合模完成

3. 楔杆三角滑块式先复位机构

楔杆三角滑块式先复位机构如图 5-2-15 所示。合模时，固定在定模板上的楔杆 (1) 与三角滑块 (4) 的接触先于斜导柱 (2) 与侧型芯滑块 (3) 的接触，在楔杆作用下，三角滑块在推管固定板 (6) 的导滑槽内向下移动的同时迫使固定板向左移动，使推管 (5) 先于侧型芯滑块复位，从而避免两者发生干涉。



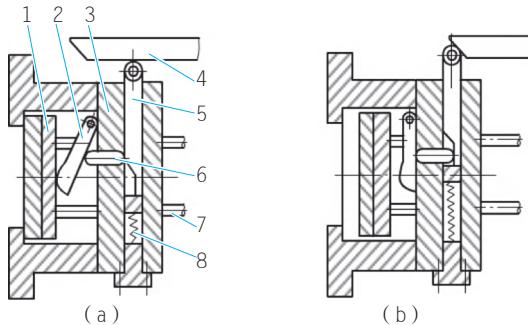
1—楔杆；2—斜导柱；3—侧型芯滑块；4—三角滑块；5—推管；6—推管固定板。

图 5-2-15 楔杆三角滑块式先复位机构

(a) 合模状态；(b) 开模状态

4. 滑块摆杆式先复位机构

滑块摆杆式先复位机构如图 5-2-16 所示。合模时，固定在定模板上的楔杆 (4) 的斜面推动安装在支承板 (3) 内的滑块 (5) 向下滑动，滑块的下移使滑销 (6) 左移，推动摆杆 (2) 绕其固定于支承板上的转轴做顺时针方向旋转，从而带动推杆固定板 (1) 左移，完成推杆 (7) 的先复位动作。开模时，楔杆脱离滑块，滑块在弹簧 (8) 作用下上升，同时，摆杆在自身的重力作用下回摆，推动滑销右移，从而阻挡滑块继续上升。



1—推杆固定板；2—摆杆；3—支承板；4—楔杆；5—滑块；6—滑销；7—推杆；8—弹簧。

图 5-2-16 滑块摆杆式先复位机构

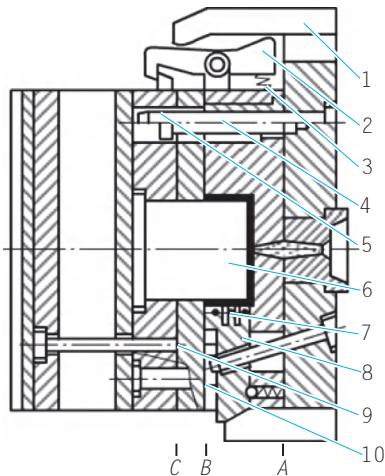
(a) 开始闭模，摆杆转动先复位；(b) 模具合模完成

(二) 斜导柱和滑块都在定模

当斜导柱与侧滑块同时安装在定模的结构中时，一般情况下，斜导柱固定在定模座板上，侧滑块安装在定模板上的导滑槽内。在侧向抽芯完成后，定模板才与动模分型，然后塑件从动模主型芯上顶出。这种模具是顺序推出机构的特例，它具有斜导柱侧抽机构，称为定距分型拉紧机构。倘若动模与型腔板之间拉紧不可靠，则会造成塑件和侧型芯损伤。

型腔板的开模力驱使滑块在斜导柱的作用下，于型腔板上做侧抽运动。此时须确保型腔板与动模锁紧。

定距分型拉紧机构适用于点浇口的浇注系统，摆钩式定距拉紧机构如图 5-2-17 所示。用于主流道型浇口、轮辐式浇口等场合的滑板式定距拉紧机构如图 5-2-18 所示。



1—压杆；2—摆钩；3—弹簧；4—定距螺钉；5—导柱；
6—主型芯；7—侧型芯；8—侧滑块；9—顶杆；10—推板。
1—压杆；2—挂钩；3—滑板；4—定距螺钉；5—导柱；
6—主型芯；7—顶杆；8—侧滑块；9—侧型芯；10—推板。

图 5-2-17 摆钩式定距拉紧机构

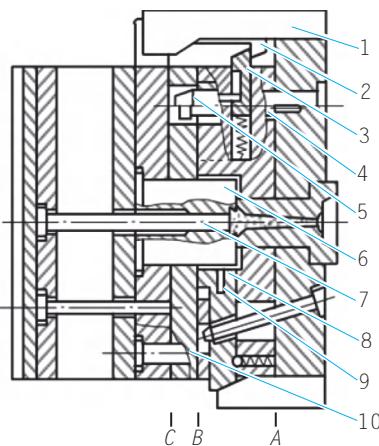


图 5-2-18 滑板式定距拉紧机构

要注意摆钩的两侧应有合理力臂长度，以防止意外脱钩。延长压杆的长度，将其顶压在摆钩后背上可防止脱钩。只有在脱钩后，定距螺钉才起作用。

(三) 斜导柱在动模、滑块在定模

应用斜导柱在动模、滑块在定模这种模具结构是有条件的，即塑件对型芯有足够的包紧力，型芯在初始开模时，能沿开模轴线方向运动。必须保证推板与动模板在开模时首先分型，故需在推板下装弹簧和顶销；而且侧向抽拔距离较小。斜导柱在动模、滑块在定模的侧抽机构如图 5-2-19 所示。*A* 面分型时，构成型腔的凹凸模处于闭合状态。开模力使侧滑块抽拔的同时，使主型芯随推板一起浮动。主型芯的位移应留出足以完成侧抽所需的开模高度。在侧抽完成后，主分型 *B* 面打开时，塑件留在主型芯上，直至推板将其脱出。

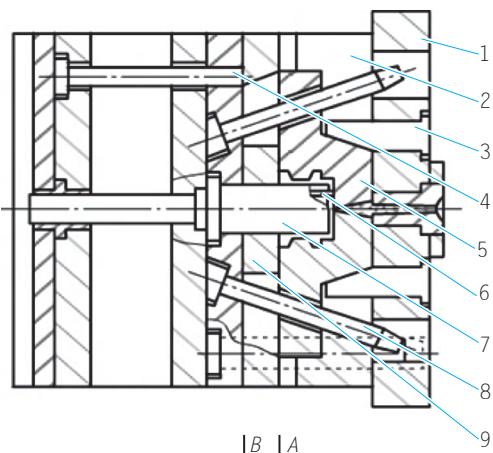
(四) 斜导柱和滑块都在动模

这种机构常用于侧向分型，也称瓣合型腔，斜导柱和滑块都在动模的侧抽机构如图 5-2-20 所示。由两个或多个侧滑块组成型腔，被安装在定模上的锁紧楔（3）锁紧。动模与定模首先分型，待动模带着闭合型腔退至脱模位置时，推板将塑件脱离主型芯。

与此同时，塑件在斜导柱作用下进行侧向分型。由于滑块始终不脱离斜导柱，所以不需对其设置定位装置。该推出机构需同时克服主型芯脱模和侧向分型两方面的阻力。

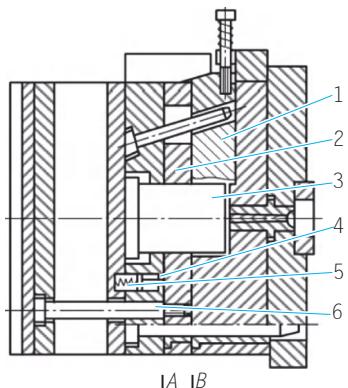
(五) 斜导柱内抽芯

对于内表面带侧凹的塑件，可利用斜导柱机构进行内抽芯。斜导柱抽芯机构除了对塑件进行外侧抽芯与侧向分型外，也可对内表面带侧凹的塑件进行内抽芯。进行内抽芯的斜导柱，向模具中心线方向倾斜，一种斜导柱内抽芯机构如图 5-2-21 所示。



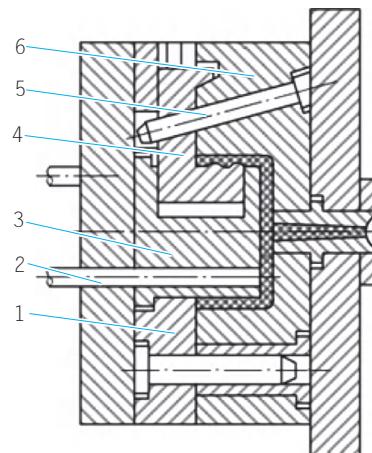
1—定模固定板；2—定模板；3—锁紧楔；4—顶杆；5—瓣合型腔；6—小型芯；7—主型芯；8—斜导柱；9—推板。

图 5-2-20 斜导柱和滑块都在动模的侧抽机构



1—滑块；2—推板；3—主型芯；
4—顶销；5—弹簧；6—顶杆。

图 5-2-19 斜导柱在动模、滑块在定模的侧抽机构



1—动模板；2—推杆；3—型芯；4—侧型芯滑块；5—斜导柱；6—定模板。

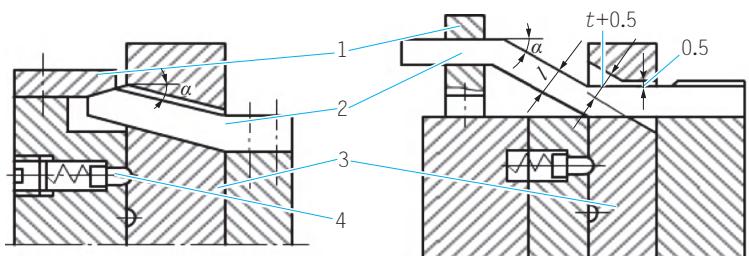
图 5-2-21 斜导柱内抽芯机构

任务三 其他类型抽芯机构

一、弯销分型与抽芯机构

弯销分型与弯销抽芯机构的原理和斜导柱侧抽芯机构相同，只是在结构上用弯销代替斜导柱。这种机构的优点在于倾斜角较大，最大可达 40° 。因此，在开模距离相同的条件下，其抽芯距大于斜导柱侧抽芯机构的抽拔距。

通常，弯销装在模板外侧，一端固定在定模上，另一端由支承块支承，因而其承受的抽拔力较大。弯销抽芯机构的典型结构如图 5-3-1 所示。滑板（3）移动一定距离后，由定位销（4）定位，支承板（1）防止滑板在注射时产生位移。



1—支承板；2—弯销；3—滑板；4—定位销。

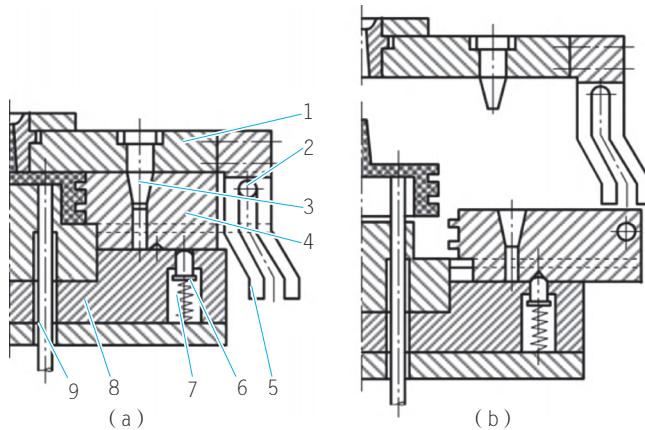
图 5-3-1 弯销抽芯机构

弯销分型与抽芯机构的特点如下。

- (1) 由于倾斜角较大，因而在开模距离相同的条件下，其抽芯距大于斜导柱侧抽芯机构的抽拔距。
 - (2) 可以延时抽芯。
 - (3) 可以变角度抽芯。
- 弯销还可以用于滑块的内侧抽芯，其特点是开模时，塑件首先脱离定模型芯，然后在弯销的作用下使滑块移动。

二、斜导槽分型与抽芯机构

当侧芯的抽拔距比较大时，可以在侧芯的外侧用斜导槽和滑块连接代替斜导柱，如图 5-3-2 所示。斜导槽板用四个螺钉和两个销钉安装在定模外侧，开模时，侧型芯滑块的侧向移动受固定在它上面的圆柱销在斜导槽内的运动轨迹所限制。当槽与开模方向没有斜度时，滑块无侧抽芯动作；当槽与开模方向成一个角度时，滑块可以侧抽芯；槽与开模方向角度越大，侧抽芯的速度越大，槽越长，侧抽芯的抽芯距也就越大。由此可以看出，斜导槽侧抽芯机构的设计比较灵活。



1—定模板；2—滑销；3—止动销；4—侧型芯滑块；5—斜导槽板；6—顶销；7—弹簧；8—动模板；9—推杆。

图 5-3-2 斜导槽分型与抽芯机构

(a) 合模状态；(b) 开模状态

斜导槽的倾斜角在 25° 以下较好，如果不得不超过这个角度的话，可以把斜导槽分成两段，如图 5-3-3 所示。第一段 α_1 角比锁紧块 α' 角小 2° ，在 25° 以下，第二段做成所要求的角度，但是 α_2 最大在 40° 以下， E 为抽拔距，斜导槽的两种不同结构形式如图 5-3-3 (a)、图 5-3-3 (b) 所示。

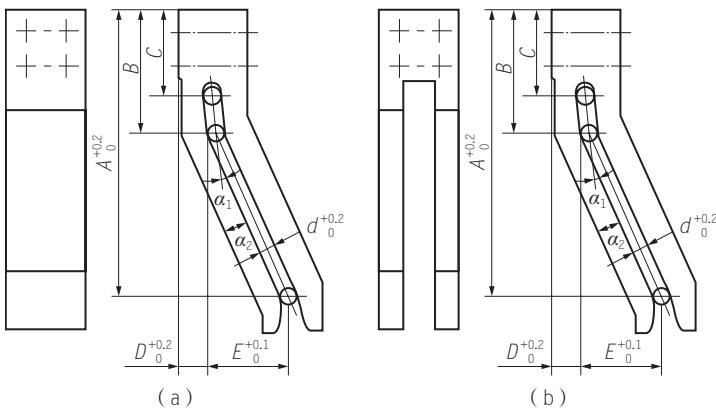


图 5-3-3 斜导槽的不同形式

(a) 整体式滑销抽芯；(b) 开槽式滑销抽芯

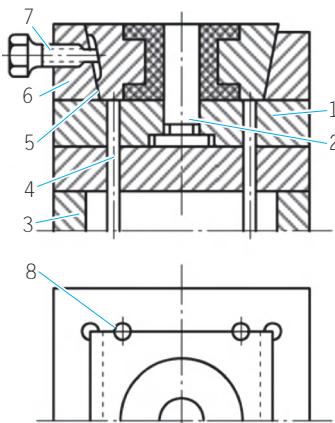
三、斜滑块分型与抽芯机构

斜滑块分型与抽芯机构如图 5-3-4 所示，它适用于成型面积较大，侧孔或侧凹较浅的塑件，其所需抽拔距也较小。使用这种抽芯机构时，应防止初始开模时斜滑块的移动。限位螺钉 (7) 固定在模套 (6) 上，与斜滑块 (5) 配合。开模时，由于限位螺钉 (7) 的作用，斜滑块不能斜向移动。在这种情况下，塑件留在动模上有利于脱模，若无限位螺钉，塑件就有可能留在定模上而无法脱模，或因斜滑块移动而损坏。

为了保证斜滑块抽芯机构的抽芯动作和塑件的顶出同时进行，一般斜滑块的刚性较大，倾斜角可比斜导柱的倾斜角大，通常不超过 30° ，斜滑块的顶出高度一般不超过导滑长度的 $2/3$ ，以免影响使用的可靠性。

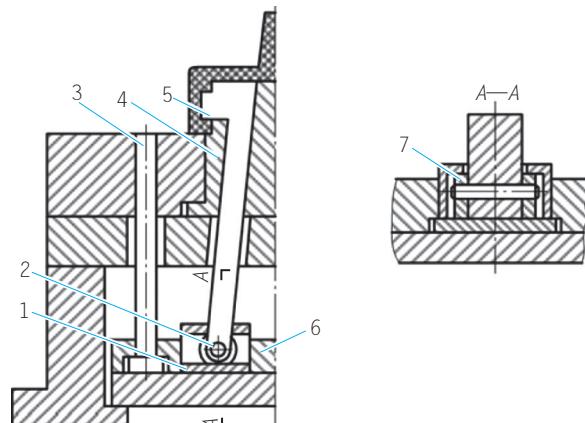
四、斜顶杆顶出抽芯机构

斜顶杆顶出抽芯机构如图 5-3-5 所示。斜顶杆（5）既是顶出元件，又是塑件内侧凹的成型零件，其尾部带有小轴（2），小轴两端装有滚轮（7），滚轮装在固定于顶出板（6）的支架（1）上。顶出时，顶杆沿型芯（4）和型芯垫板上的斜槽运动，完成内侧抽芯并顶出塑件，与此同时，滚轮沿支架向内滚动。整个顶出机构由复位杆（3）复位。斜角应选取较小值，一般不宜超过 20° ，这种机构只适用于抽芯距较小的模具。



1—动模垫板；2—型芯；3—动模支块；4—顶杆；
5—斜滑块；6—模套；7—限位螺钉；8—圆销。

图 5-3-4 斜滑块分型与抽芯机构



1—支架；2—小轴；3—复位杆；4—型芯；5—斜顶杆；
6—顶出板；7—滚轮。

图 5-3-5 斜顶杆顶出抽芯机构

五、液压或气动抽芯机构

液压或气动抽芯机构的活动型芯的移动是靠液体或气体的压力，通过油缸（或气缸）、活塞及控制系统而实现的，没有锁紧装置的液压或气动抽芯机构的活动型芯在定模一边，利用气缸在开模前使活动型芯移动，然后再开模，如图 5-3-6 所示。

有锁紧装置的液压或气动抽芯机构如图 5-3-7 所示。

六、手动分型抽芯机构

手动分型抽芯机构多用于试制和小批量生产的模具，用人力将型芯从塑件上抽出，劳动强度大、生产率低，但结构简单，缩短了模具加工周期，降低了成本。手动分型抽芯机构多用于活动型芯、螺纹型芯、成型块抽出，可分为模外手动分型抽芯机构和模内手动分型抽芯机构两种。

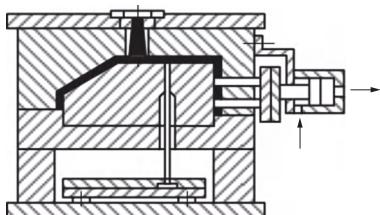


图 5-3-6 没有锁紧装置的液压或气动抽芯机构

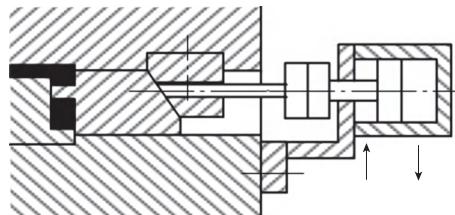


图 5-3-7 有锁紧装置的液压或气动抽芯机构

(一) 模外手动分型抽芯机构

模外手动分型抽芯机构（见图 5-3-8）是指将镶块或型芯和塑件一起顶出模外，然后用人工或简单的机械将镶块从塑件上取下的机构。塑件受到结构形状的限制或生产批量很小，不宜采用前面所介绍的几种抽芯机构时，可以采用模外手动分型抽芯机构。这种结构既要便于取件，又要可靠的定位，防止在成型过程中镶块产生位移，影响塑件的尺寸精度。图 5-3-8 (a) 所示是利用活动镶块的顶面与定模型芯的顶面相配合而定位的；图 5-3-8 (b) 所示是在活动镶块上设置一个平面，与分型面相平，在闭模时，分型面将活动镶块压紧而实现定位的；图 5-3-8 (c) 中活动镶块斜面与凸模配合，注射压力将活动镶块压紧，塑件成型之后，镶块或型芯和塑件一起顶出模外进行塑件和成型零件之间的分离。

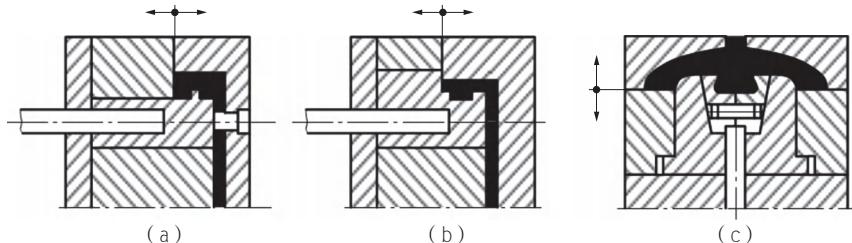


图 5-3-8 模外手动分型抽芯机构

(a) 活动镶块顶面与型芯顶面配合定位；(b) 分型面压紧活动镶块定位；(c) 活动镶块斜面与凸模配合定位

(二) 模内手动分型抽芯机构

模内手动分型抽芯机构是利用丝杠和螺母的配合使型芯退出的机构（又叫丝杠手动抽芯机构，见图 5-3-9），丝杠可以一边转动一边抽出，也可以只做转动，由滑块移动来完成抽芯动作。图 5-3-9 (a) 所示机构用于圆形型芯；图 5-3-9 (b) 和图 5-3-9 (d) 所示机构用于非圆形型芯；图 5-3-9 (c) 所示机构用于多型芯的同时抽芯；图 5-3-9 (e) 所示机构用于成型面积大而支架承受不了较大的成型压力的情况，此时可应用斜楔锁紧来确保成型孔深的尺寸精度。

七、齿轮齿条抽芯机构

齿轮齿条抽芯机构结构比较复杂，一般中、小型模具中并不常用。

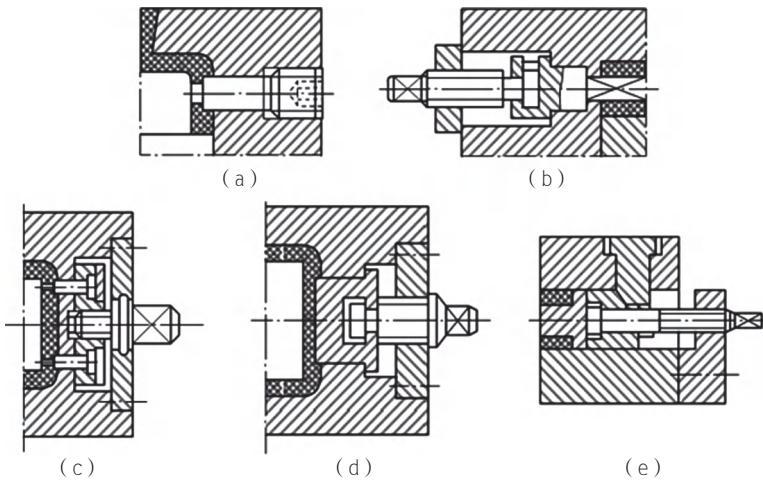


图 5-3-9 丝杠手动抽芯机构

(a) 用于圆形型芯; (b)、(d) 用于非圆形型芯; (c) 用于多型芯同时抽芯;
(e) 用于成型面积大而支架承受不了较大的成型压力的情况

(一) 传动齿条固定在定模上

传动齿条固定在定模上的抽芯机构如图 5-3-10 所示。开模时，固定在定模上的传动齿条 (3) 通过齿轮 (2) 带动齿条型芯 (1) 抽离塑件。开模到达终点位置时，传动齿条 (3) 脱离齿轮 (2)。为了保证齿条型芯 (1) 的最终位置，防止合模时齿条型芯 (1) 不能复位，齿轮 (2) 的轴上装有定位销钉，使齿轮 (2) 始终保持于传动齿条 (3) 的最后脱离位置。

(二) 传动齿条固定在动模上

传动齿条固定在动模上的抽芯机构如图 5-3-11 所示。在顶出塑件之前，应先抽出齿条型芯 (3)。开模后，传动齿条固定板 (1) 在注塑机顶出装置的作用下，使传动齿条 (5) 带动齿轮 (4) 将齿条型芯 (3) 抽离塑件。继续开模时，传动齿条固定板 (1) 与顶出板 (2) 接触并同时移动，因而顶出杆使塑件脱模。由于传动齿条 (5) 始终与齿轮 (4) 啮合，所以无须定位装置。

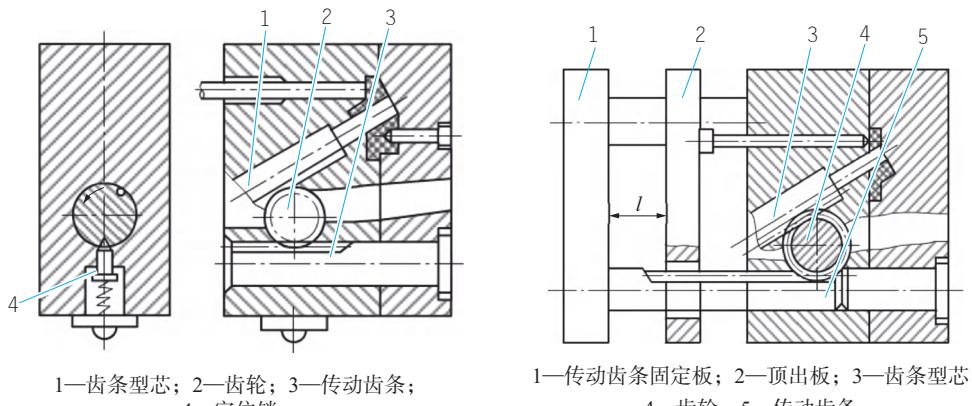


图 5-3-10 传动齿条固定在定模上的抽芯机构 图 5-3-11 传动齿条固定在动模上的抽芯机构

项目实施

一、计算抽芯距

$S = S_c + (2 \sim 3) \text{ mm} = (35 \sim 32) \text{ mm}/2 + (2 \sim 3) \text{ mm} = 3.5 \sim 4.5 \text{ mm}$
本项目取 5 mm。

二、确定型腔数目及排布

塑件形状较简单，质量较小，生产批量较大，所以采用单分型面多型腔注射模具。考虑到塑件侧面有 10 mm 的圆孔，需要侧向抽芯，所以模具采用一模两腔、平衡式布置，采用点浇口。这样的模具结构尺寸较小，制造加工方便，生产效率高，塑件成本较低。型腔布置如图 5-4-1 所示。

三、选择分型面

塑件分型面的选择应保证塑件的顺利脱模和外观质量要求，本案例中塑件的分型面选在塑件口部，如图 5-4-2 所示。

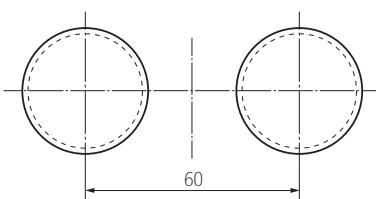


图 5-4-1 型腔布置

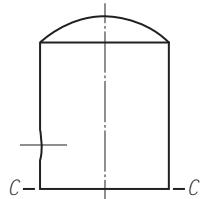


图 5-4-2 分型面位置

四、选择注塑机

(一) 注射量计算

通过计算或三维软件建模分析可知，单个塑件体积约 9.73 cm^3 ，两个约 19.46 cm^3 。按经验公式计算总体积为 $1.6 \times 19.46 = 31.136 \text{ cm}^3$ 。

查相关手册得聚甲醛 (POM) 的密度为 1.40 g/cm^3 。故所需塑料质量为 $1.4 \times 31.136 = 43.59 \text{ g}$ 。

(二) 锁模力计算

通过计算或三维软件建模分析可知，单个塑件在分型面上的投影面积约 1320.25 mm^2 ，两个约 2640.50 mm^2 。按经验公式计算得： $1.35 \times 2640.50 = 3564.68 \text{ mm}^2$ 。

根据相关资料得，聚甲醛成型时型腔的平均压力为 25 MPa。故所需锁模力为

$$F_p = 3564.68 \text{ mm}^2 \times 25 \text{ MPa} = 89117 \text{ N} = 89.117 \text{ kN} \approx 90 \text{ kN}.$$

(三) 注塑机的选择

根据以上计算，选用 XS-ZY-125 卧式注塑机，其主要技术参数如表 4-7-1 所示。

五、确定成型工艺

本塑件的材料为聚甲醛 (共聚)，是一种性能良好的热塑性工程塑料，为白色粉末，经

造粒后为淡黄色或白色半透明有光泽的硬粒。常用塑料的注射工艺参数可参考表 2-2-6。聚甲醛的注射成型工艺参数如表 5-4-1 所示。

表 5-4-1 聚甲醛的注射成型工艺参数

序号	成型参数	取值范围	序号	成型参数	取值范围
1	喷嘴温度 /℃	170 ~ 180	6	注射时间 /s	2 ~ 5
2	料筒温度 /℃	170 ~ 200	7	保压时间 /s	20 ~ 90
3	模具温度 /℃	90 ~ 100	8	冷却时间 /s	20 ~ 60
4	注射压力 /MPa	80 ~ 120	9	成型周期 /s	50 ~ 160
5	保压压力 /MPa	30 ~ 50			

六、确定浇注系统

为了缩短成型周期，提高生产率，保证塑件质量，型芯和型腔模板均开设冷却水道。主流道设计成圆锥形，锥角取 6° 。根据所选注塑机，主流道小端尺寸为： $d = \text{注塑机喷嘴尺寸} + (0.5 \sim 1) \text{ mm} = (4+1) \text{ mm} = 5 \text{ mm}$ ，大端直径取 8 mm，内壁粗糙度 R_a 取 $0.4 \mu\text{m}$ 。主流道球面半径为： $SR = \text{注塑机喷嘴球面半径} + (1 \sim 2) \text{ mm} = 12 \text{ mm} + 1 \text{ mm} = 13 \text{ mm}$ 。

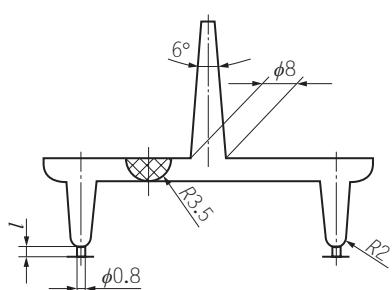


图 5-4-3 点浇口浇注系统

衬套材料采用 T10A 钢，热处理淬火后表面硬度为 53 ~ 57 HRC。采用平衡式两级分流道：一级分流道采用半圆截面，半径为 3.5 mm，长度为 11.5 mm；二级分流道采用圆形截面，表面粗糙度取 $R_a=1.6 \mu\text{m}$ 。

塑件采用点浇口成型，直径为 0.8 mm，长度为 1 mm，头部球半径 = $1.5 \sim 2 \text{ mm}$ ，锥角为 60° 。点浇口浇注系统形式如图 5-4-3 所示。

七、确定推出及抽芯方式

由于塑件形状为圆壳形而且壁厚较薄，使用推杆推出容易在塑件上留下推出痕迹，不宜采用。所以选择推件板推出机构完成塑件的推出，这种方法结构简单，推出力均匀，塑件在推出时变形小，推出可靠。

塑件侧面有直径为 10 mm 的圆孔，因此模具应设置侧向抽芯机构。因为抽芯距离较短，抽芯力较小，所以采用斜导柱抽芯机构。斜导柱装在定模上，滑块装在推件板上，开模时斜导柱驱动滑块运动，以便抽出滑块前端的侧型芯部分。因为抽芯距较小，斜导柱倾斜角度取值为 20° 。

八、确定模温调节系统

一般生产聚甲醛材料塑件的注射模不需要加热。模具的冷却分两部分，一部分是型腔的冷却，另一部分是型芯的冷却。

型腔冷却回路形式采用直流式的单层冷却回路，该回路是由在定模板上的两条直径为 10 mm 的冷却水道完成的，右上角为基准角，如图 5-4-4 所示。

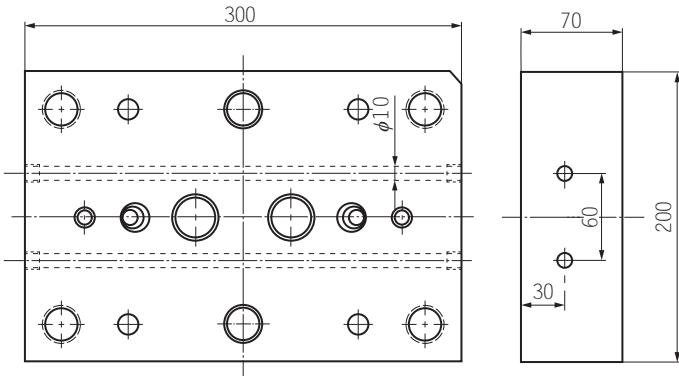
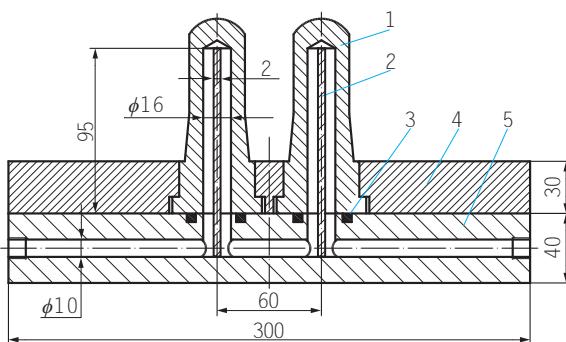


图 5-4-4 型腔冷却回路形式

型芯冷却回路形式采用隔板式管道冷却回路，如图 5-4-5 所示。在型芯内部设有 16 mm 的冷却水孔，中间用隔水板（2）隔开，冷却水由支承板（5）上直径为 10 mm 的冷却水孔进入，沿着隔水板的一侧上升到型芯的上部，翻过隔水板，流入另一侧，再流回支承板上的冷却水孔；然后继续冷却第二个型芯，最后由支承板的冷却水孔流出模具。型芯（1）和支承板之间用密封圈（3）密封。



1—型芯；2—隔水板；3—密封圈；4—型芯固定板；5—支承板。

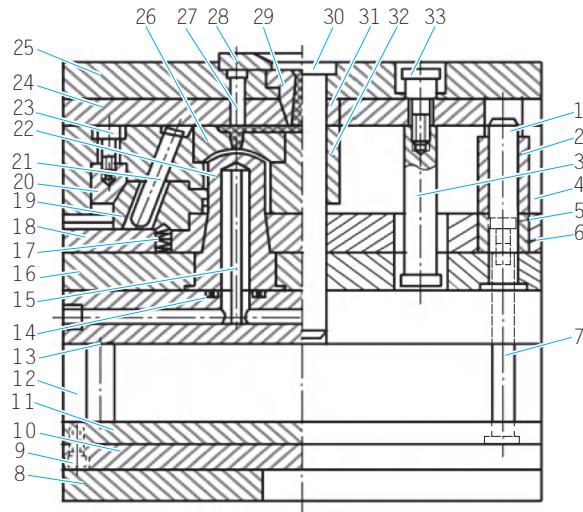
图 5-4-5 型芯冷却回路形式

九、绘制模具装配图

模具为三板式注射模。模具总装配图如图 5-4-6 所示。三板式注射模具结构如图 5-4-7 所示。

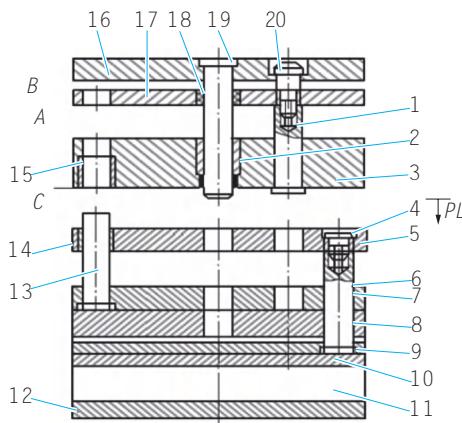
由于制品结构简单，尺寸较小，模具较小，排气量很小，利用分型面和推件板、型芯间的配合间隙排气即可，不需单独开设排气槽。型腔采用组合式结构，由定模板（4）、定模镶块（26）组成，型芯由动模板（16）上的孔固定。

采用定距拉杆（3）和限位螺钉（33）控制分型面 A 和分型面 B 的打开距离，其距离应大于 40 mm，以方便拉断点浇口凝料并脱出。动、定模主分型面 C 的打开距离应大于 65 mm，以便推出塑件。



1、30—导柱；2、6、31、32—导套；3—定距拉杆；4—定模板；5、9、23—螺钉；7—复位杆；8—动模座板；10—推板；11—推杆固定板；12—垫块；13—支承板；14—密封圈；15—隔水板；16—动模板；17—定位钢球；18—推件板；19—侧滑块；20—楔紧块；21—斜导柱；22—型芯；24—脱浇板；25—定模座板；26—定模镶块；27—拉料杆；28—定位圈；29—主流道衬套；33—限位螺钉。

图 5-4-6 模具总装配图



1—定距拉杆；2、14、15、18—导套；3—定模板；4—螺钉；5—推件板；6—复位杆；7—动模板；8—支承板；9—推杆固定板；10—推件板；11—垫块；12—动模座板；13、19—导柱；16—定模座板；17—脱浇板；20—限位螺钉。

图 5-4-7 三板式注射模具结构



项目检测五