

王树人 编著

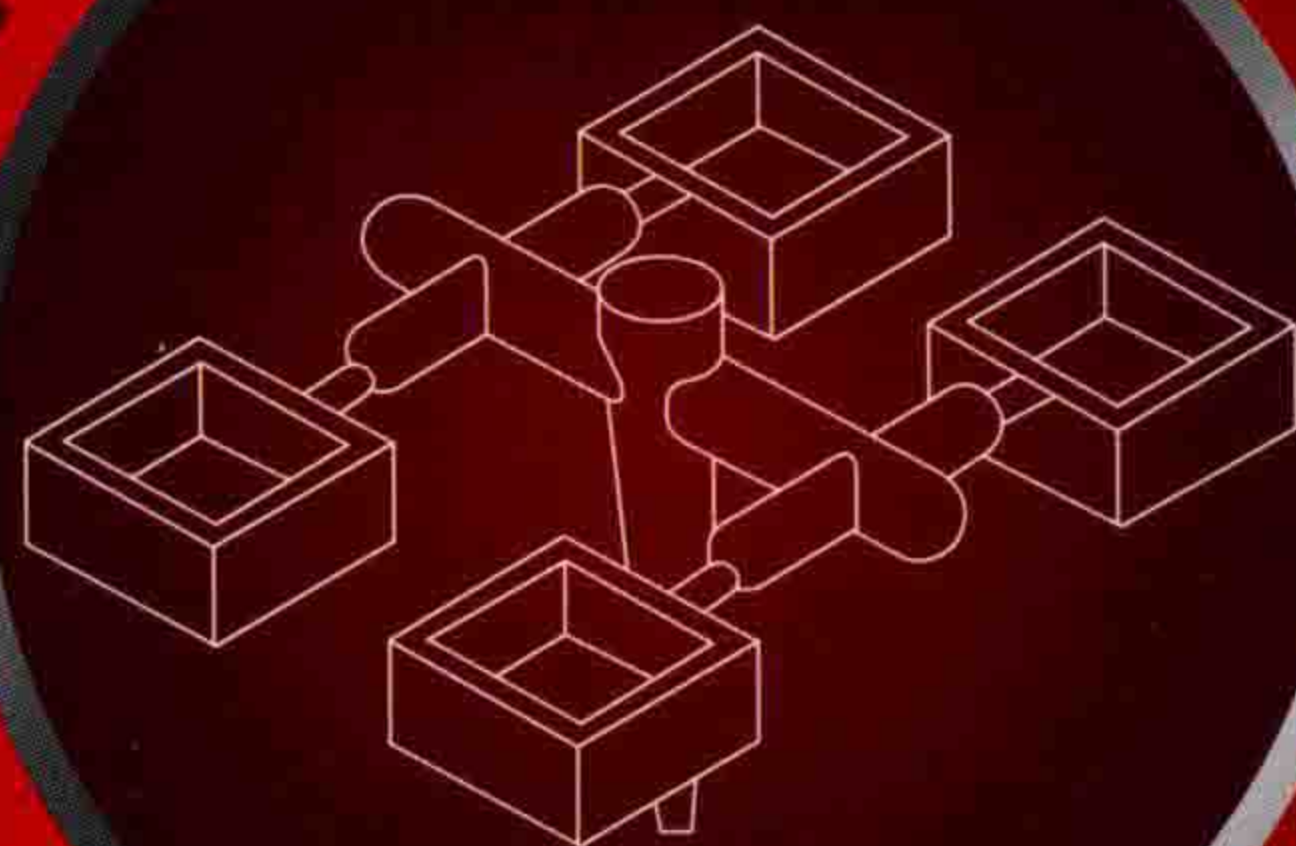
塑料模具

设计方法与技巧

SULIAO MUJU
SHEJI FANGFA YU JIQIAO



化学工业出版社



塑料模具

设计方法与技巧

王树人 编著



化学工业出版社

· 北京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

塑料模具设计方法与技巧/王树人编著. —北京: 化学工业出版社, 2018. 2
ISBN 978-7-122-31291-4

I. ①塑… II. ①王… III. ①塑料模具-设计
IV. ①TQ320.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 330924 号

责任编辑: 贾 娜
责任校对: 王 静

文字编辑: 谢蓉蓉
装帧设计: 刘丽华

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)
印 装: 三河市延风印装有限公司
787mm×1092mm 1/16 印张 16½ 字数 440 千字 2018 年 4 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899
网 址: <http://www.cip.com.cn>
凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 79.00 元

版权所有 违者必究

模具在制造业中的应用极其广泛，涉及的行业包括机械、汽车、电子、通讯、轻工、化工、冶金、塑料、建材等，模具技术水平已成为衡量一个国家制造水平的重要指标。随着世界制造业中心向中国转移，我国模具产业迎来了新一轮发展机遇，模具产业因此得到了快速发展，新技术的应用越来越广泛。模具是现代加工行业中的基本工艺装备，是需要进行专门设计与制造的制造业中的技术型产品。由于新技术、新材料、新工艺的广泛应用，对模具的使用寿命、尺寸精度和表面质量等不断提出新的更高的要求，对模具行业的从业人员的要求也相应提高。现代工业需要先进的模具设备和高技术人才。

塑料模具是模具工业中重要的组成部分。现代塑料制品生产中，合理的加工工艺、高效的设备、先进的模具是必不可少的三项重要因素，尤其是塑料模具对实现塑料加工工艺要求，塑料制件使用要求和造型设计起着重要作用。高效的全自动设备也只有安装上能自动化生产的模具才有可能发挥其效能，产品的生产和更新都是以模具制造和更新为前提，因此促使塑料模具生产不断向前发展。

本书从应用角度出发，系统介绍了塑料模具设计的方法与技巧，并列举了典型实例进行解读。本书内容涵盖了塑料模具设计的各方面知识，从理论和实践两个方面做了深入细致的讲解，对注射模具、压缩模具、传递模具及挤出模具在设计过程中需要掌握的设计计算方法和步骤、模具结构设计的方法与技巧进行了详细的阐述，每章均配有相应的设计实例。本书内容紧贴生产实际，可供从事塑料模具设计、制造相关工作的工程技术人员使用，也可供大中专院校相关专业师生学习参考。

本书由王树人编著，弋大鹏、王莉、裴清、王记、张少华、余国亮为本书的编写提供了大力支持与帮助，特此致谢。

由于编者水平所限，疏漏之处在所难免，敬请广大读者和专家不吝赐教。

编者

第 1 章 塑料概述 / 1

1.1	塑料的组成与分类	1
1.1.1	塑料的组成	1
1.1.2	塑料的分类	2
1.2	塑料的成型工艺性能	3
1.2.1	热固性塑料的工艺特性	3
1.2.2	热塑性塑料的工艺性能	5
1.3	常用塑料	8
1.3.1	热固性塑料	8
1.3.2	热塑性塑料	9

第 2 章 注射模具设计 / 15

2.1	注射模的基本结构及分类	15
2.1.1	注射模的结构组成	15
2.1.2	注射模的分类	16
2.2	注射模与注射机的关系	23
2.2.1	注射量的校核	23
2.2.2	注射压力的校核	23
2.2.3	锁模力的校核	24
2.2.4	安装尺寸的校核	24
2.2.5	开模行程的校核	25
2.2.6	推出机构的校核	27
2.3	注射模的设计步骤	27
2.3.1	模具设计前应明确的工作	27
2.3.2	模具设计的一般步骤	28
2.4	塑件在模具中的位置	29
2.4.1	型腔数目的确定	29
2.4.2	多型腔的排列	30
2.4.3	分型面的选择	32
2.5	浇注系统设计	35
2.5.1	浇注系统的设计原则	35
2.5.2	主流道设计	36
2.5.3	冷料穴设计	37

2.5.4	分流道设计	39
2.5.5	浇口设计	45
2.5.6	排气结构设计	53
2.6	成型零件设计	54
2.6.1	成型零件的结构设计	54
2.6.2	成型零件工作尺寸计算	60
2.6.3	凹模、凸模及动模垫板的力学计算	67
2.7	导向与定位机构设计	69
2.7.1	导向机构的功用	69
2.7.2	导柱导向机构设计	70
2.7.3	锥面定位机构设计	73
2.8	脱模机构设计	74
2.8.1	设计原则及分类	75
2.8.2	脱模力的计算	76
2.8.3	简单脱模机构	78
2.8.4	定模脱模机构	89
2.8.5	双脱模机构	90
2.8.6	二级脱模机构	91
2.8.7	顺序脱模机构	94
2.8.8	浇注系统凝料脱出机构	96
2.8.9	螺纹塑件脱模机构	99
2.9	侧向分型抽芯机构的设计	104
2.9.1	侧向分型抽芯机构的分类和特点	104
2.9.2	抽拔距和抽拔力的计算	106
2.9.3	手动分型抽芯机构	108
2.9.4	机动分型抽芯机构	109
2.9.5	液压或气动抽芯机构	130
2.10	模具温度调节系统设计	132
2.10.1	概述	132
2.10.2	冷却系统设计原则	134
2.10.3	冷却系统设计计算	136
2.10.4	冷却回路的布置	139
2.10.5	模具的加热系统	139
2.11	普通注射模的典型结构	143
2.11.1	单分型面的模具结构	143
2.11.2	双分型面的模具结构	144
2.11.3	二板式分型推杆脱模注射模	144
2.11.4	斜导柱分型抽芯注射模	145
2.11.5	斜滑块分型抽芯注射模	146
2.11.6	推块脱模机构模具	146
2.11.7	推杆脱模机构模具	148
2.11.8	推管脱模机构模具	148
2.11.9	摆钩顺序脱模模具	149

2.11.10 潜伏式浇口注射模	149
第3章 压缩模具设计 / 152	
3.1 概述	152
3.1.1 压缩模具的结构	153
3.1.2 压缩模具分类及选用原则	154
3.1.3 压缩模具与压力机的关系	156
3.2 压缩模成型零件设计	160
3.2.1 型腔总体设计	161
3.2.2 凹模加料室尺寸的计算	166
3.2.3 成型零件设计	167
3.3 压缩模结构零件设计	174
3.3.1 支承零件设计	174
3.3.2 导向机构设计	174
3.3.3 脱模机构设计	176
3.3.4 侧向分型抽芯机构设计	182
3.4 压模加热与冷却	185
3.4.1 压模加热	185
3.4.2 压模冷却	187
3.5 压缩模具设计典型实例	189
3.5.1 手动半溢式压缩模	189
3.5.2 移动半溢式压缩模	189
3.5.3 固定半溢式压缩模	190
3.5.4 移动不溢式压缩模	190
3.5.5 固定不溢式压缩模	192
第4章 传递模具设计 / 193	
4.1 概述	193
4.1.1 传递成型的原理和特点	193
4.1.2 传递成型的工艺过程和工艺条件	194
4.1.3 熔体充模流动特性	195
4.2 传递模的类型与结构	196
4.2.1 传递模的类型	196
4.2.2 传递模的结构组成	199
4.3 传递模结构设计	200
4.3.1 加料室设计	200
4.3.2 压料柱塞设计	203
4.3.3 浇注系统设计	204
4.3.4 溢料槽和排气槽设计	212
4.4 传递模具设计典型实例	212
4.4.1 移动式传递模	212
4.4.2 固定式传递模	213

4.4.3 专用压力机用传递模	213
-----------------------	-----

第 5 章 挤出模具设计 / 215

5.1 概述	215
5.1.1 挤出成型原理及特点	215
5.1.2 挤出成型的工艺过程	216
5.1.3 挤出产品类型	216
5.1.4 挤出设备	217
5.1.5 挤出模具设计的一般原则	218
5.1.6 挤出模与挤出机的连接	219
5.1.7 挤出模的分类和结构组成	222
5.2 各类挤出机头设计	224
5.2.1 管材挤出成型机头设计	224
5.2.2 棒材挤出成型机头设计	230
5.2.3 挤出吹塑薄膜机头设计	235
5.2.4 板材、片材挤出机头设计	238
5.2.5 异型材料挤出机头设计	240
5.2.6 线缆包覆机头设计	250
5.2.7 机头加热与压力测量	253

参考文献 / 256

第1章

塑料概述

- 1.1 塑料的组成与分类
1.2 塑料的成型工艺性能

- 1.3 常用塑料

1.1 塑料的组成与分类

塑料是以树脂为主要成分，在一定的温度和压力下可塑制成一定形状，并在常温下能保持既定形状的材料。

1.1.1 塑料的组成

塑料是以分子量高的合成树脂为主要成分，并加入其他助剂，可在一定温度和压力下塑化成型的高分子化合物，简称聚合物。由于其聚合度非常高，故也称之为高聚物。

塑料均以合成树脂为基本原料，并视需要加入适当的助剂，其组成成分如下：

(1) 合成树脂

合成树脂是塑料的主要成分，塑料用树脂含量为40%~100%。它是塑料中最基本、最重要的组成成分，它决定了塑料的基本性质。树脂的作用是使塑料具有可塑性和流动性，将各种助剂粘接在一起，并决定了塑料的类型（热塑性或热固性）及使塑料具有一定的物理性能、力学性能和化学性能等。

(2) 助剂（添加剂）

根据需要，树脂中可以加入称为助剂的成分，用于作为塑料配料，以改善或调节树脂性能。常用的助剂有：

① 填充剂 填充剂是塑料中的一种重要但并非必要的成分，在塑料中的用量为10%~50%。填充剂在塑料中主要起增强作用，有时还可使塑料具有树脂所没有的新性能。正确使用填充剂，可以改善塑料的性能，扩大其使用范围，也可减少树脂含量。

对填充剂的一般要求：易被树脂浸润，与树脂有很好的粘附性，本身性质稳定，价格低廉，来源丰富。

填充剂按其化学性能可分为无机填充剂和有机填充剂，其形状有粉状、纤维状和片状。常用的粉状填料有木粉、滑石粉、铁粉、石墨粉等；纤维状填料有玻璃纤维、石棉纤维等；片状填料有麻布、棉布、玻璃布等。

② 增塑剂 增塑剂是为改善塑料的性能和提高柔软性而加入塑料中的一种低挥发性物质。

对增塑剂的基本要求是：能与树脂良好地混溶而不起化学变化；不易从制品中析出及挥发；不降低制品的主要性能；无毒、无害、无色、无味、不吸潮、成本低等。

常用的增塑剂有邻苯二甲酸二丁酯、石油酯、环氧大豆油等。

③ 稳定剂 稳定剂是能阻缓材料变质的物质。塑料在成型、储存和使用过程中，因受热、光、氧等外界因素的作用而性能发生变化，需在树脂中添加一些稳定其化学性能的物质，这种物质称为稳定剂。

对稳定剂的要求：除对树脂的稳定效果好之外，还应能耐水、耐油、耐化学药品腐蚀，并与树脂有很好的相容性，在成型过程中不分解、挥发少、无色。

常用的稳定剂有二碱式亚磷酸铅、三碱式硫酸铅、硬脂酸钙、硬脂酸钡等。

④ 着色剂 为了增加制品的美观性常在塑料中添加着色剂，有时着色剂也用于区分不同的制品对象。

工业上常用的着色剂有两类：

a. 无机颜料。如钛白粉、铬黄、镉红、群青等。它们耐光、耐热、化学稳定性较好，吸油量小、游离现象小、遮盖力强、价格低，但其着色能力、透明性、鲜艳性较差。

b. 有机颜料。如联苯胺黄、酞菁蓝、酞菁绿等，在塑料制品生产中应用广泛。这些着色剂一般色彩鲜艳、着色能力强。

还有固化剂、抗氧剂、阻燃剂、发光剂、润滑剂、导电剂、导磁剂等。另外泡沫塑料中还需加入发泡剂。并非所有塑料配料中都必须加入上述各种助剂，而是根据塑料的预定用途和树脂的基本性能有选择地加入某些助剂。

不同的塑料品种，不仅由于树脂主链化学组成和结构的差异、所取代基本化学组成和排列规律（构型）的不同而有颇大差别，而且以同一树脂为基础的塑料，因所含的助剂品种、数量不同，塑料性能也会有很大区别，这就使得塑料的品种、品级出现了多样性，性能和应用具有广泛性。

1.1.2 塑料的分类

塑料的品种很多，分类的方法也是多种多样，但常用的塑料分类方法主要有以下两种。

(1) 按受热时的行为分类

根据树脂的分子结构及热性能，塑料可以分为热塑性塑料和热固性塑料两类。热塑性塑料大多数是由聚合树脂制成的；热固性塑料大多数是以缩聚树脂为主，分别再加入各种助剂构成的。

① 热塑性塑料 热塑性塑料是在特定的温度范围内能多次反复加热软化和冷却硬化的塑料。它在加热时软化并熔融，只发生物理变化，不产生化学交联反应，成为可流动的黏稠液体，在此状态下可塑制成一定形状的塑件，冷却后保持已成型的形状，这种过程是可逆的。这类塑料中树脂的分子结构是线型或支链型结构（树枝状），称为线型聚合物。如聚乙烯、聚丙烯、聚氯乙烯、聚苯乙烯、ABS、聚甲基丙烯酸甲酯、聚酰胺、聚甲醛、聚碳酸酯、聚砜、聚苯醚等都是热塑性塑料。

② 热固性塑料 热固性塑料是由加热硬化的合成树脂制得的塑料。这类塑料中的合成树脂分子固化后呈体型网状结构。加热之初分子呈线型结构，故具有可塑性和可溶性，可成型为一定形状。当继续加热温度达到一定程度后，线型分子间交联形成网状结构，树脂变成不溶解也不熔融的体型结构。塑件固化成型后，如再热不再软化，也不再具有可塑性，如果加热温度过高，只能炭化。在这一过程中，既有物理变化又有化学变化，其变化过程是不可逆的。如三聚氰胺、酚醛、脲醛、不饱和塑料、环氧塑料、有机硅等都属热固性塑料。

(2) 按塑料的用途分类

塑料根据用途可分为通用塑料、工程塑料和特殊塑料。

① 通用塑料 通用塑料是指生产量大、货源广、价格低、适用于大量应用的塑料。通用塑料一般都具有良好的成型工艺性，可采用多种成型工艺加工出不同用途的制品。一般情

况下通用塑料不具有突出的综合力学性能和耐热性，不宜用于承载要求较高的结构件和在较高温度下工作的耐热件。但通用塑料的各品种，都有各自的某些优异性能，使得它们具有广泛的用途，主要包括聚乙烯、聚丙烯、聚氯乙烯、聚苯乙烯、酚醛塑料和氨基塑料 6 大类。它们的产量约占世界塑料总产量的 80%，构成了塑料工业的主体。

② 工程塑料 工程塑料是指可用作工程结构材料的塑料。它们的力学性能、耐摩擦性、耐腐蚀性及尺寸稳定性均较高，尤其具有某些金属特性，可以代替金属作某些机械构件。常见的有聚碳酸酯、ABS、聚甲醛、聚酰胺、聚苯醚、聚苯硫醚、聚砒、聚四氟乙烯及各种增强塑料。

③ 特殊塑料 具有某种特殊功能（如耐高温、耐磨性、耐腐蚀、耐辐射或高电绝缘性），适用于某种特殊用途的塑料。有些特殊塑料是专门合成的特种树脂，也有一些是采用通用塑料或工程塑料用树脂经特殊处理或改性后获得特殊性能。氟塑料、聚酰亚胺塑料、有机硅塑料、环氧塑料等均属特殊塑料。另外还包括为某些专门用途而改性制得的塑料，如导磁塑料、导电塑料、导热塑料等。

1.2 塑料的成型工艺性能

模具设计必须掌握所用塑料的成型特性及成型时的工艺特性。

1.2.1 热固性塑料的工艺特性

常用热固性塑料有酚醛、氨基（脲醛、三聚氰胺）塑料等。主要用于压塑、挤塑、注射成型；环氧树脂塑料和硅铜塑料等主要作为低压挤塑封装电子元件及浇注成型等用。

（1）成型收缩性

塑件从模具中取出冷却到室温后，发生尺寸收缩，这种性能称为收缩性。塑件的收缩与树脂本身的热胀冷缩有关，同时也取决于各种成型因素，所以成型后塑件的收缩应称为成型收缩。

① 成型收缩的形式及特点 塑件成型收缩主要表现在以下几个方面；

a. 塑件线性尺寸的收缩。由于热胀冷缩，塑件脱模时的弹性恢复、塑性变形等因素导致塑件脱模冷却到室温后其尺寸缩小，因此，在设计模具型腔或型芯时必须考虑并予以补偿。

b. 塑件收缩方向性。成型时塑料分子按方向排列，使塑件呈现各向异性，沿料流方向（平行方向）则收缩大、强度高，沿料流直角方向（垂直方向）则收缩小、强度低。另外，因塑件各部位密度及填料分布不匀，也会引起塑件收缩的不均匀，这使塑件容易发生翘曲、变形、裂纹，尤其在挤塑及注射成型时其方向性更为明显。因此，在设计模具时应考虑收缩方向性，按塑件形状、料流方向选取收缩率。

c. 塑件的后收缩。塑件成型时，由于受各种成型因素（成型压力、剪切应力、模温不匀、硬化不匀、各向异性、密度不匀、填料分布不匀、塑性变形等）的影响，会引起一系列的应力作用，在黏流态时不能全部消失，塑件在应力状态下成型时存在残余应力。当脱模后应力趋向平衡和储存条件的影响，使残余应力发生变化而使塑件发生再收缩称为后收缩。一般塑件在脱模后 10h 内变化最大，24h 后基本定型，但最后稳定要经 30~60d。通常热固性塑料的后收缩比热塑性塑料小，挤塑及注射成型的比压塑成型的大。

d. 塑件后处理收缩。由于塑件按其性能及工艺要求，在成型后需进行热处理，热处理后亦会导致塑件尺寸发生变化，称为后处理收缩。因此，在模具设计时，对高精度的塑件则

应考虑后收缩及后处理收缩的误差并予以补偿。

② 收缩率计算 塑件成型收缩值可用收缩率来表示，如式（1-1）及式（1-2）所示。

$$S_p = \frac{a-b}{b} \times 100\% \tag{1-1}$$

$$S = \frac{c-b}{b} \times 100\% \tag{1-2}$$

式中 S_p ——实际收缩率，%；
 S ——计算收缩率，%；
 a ——塑件在成型温度时的单向尺寸，mm；
 b ——塑件在室温下单向的尺寸，mm；
 c ——模具在室温下的单向尺寸，mm。

实际收缩率表示塑件实际所发生的收缩，因其值与计算收缩率相差很小，所以模具设计时以计算收缩率 S 为设计参数来设计型腔及型芯尺寸。

③ 影响收缩率变化的因素 在实际成型时不仅不同品种塑料其收缩率各不相同，而且不同批次的同品种塑料或同一塑件的不同部位其收缩值也经常不同。影响收缩率变化的主要因素如下：

- a. 塑料品种。各种塑料都有其各自的收缩范围，同种塑料由于填料、分子量及配比等不同，则其收缩率及各向异性也各不相同。
- b. 塑件特性。塑件的形状、尺寸、壁厚、有无嵌件、嵌件的数量及布局对收缩率都有很大的影响。
- c. 模具结构。模具的分型面及加压方向，浇注系统的形式、布局及尺寸对收缩率及方向性影响也较大，尤其在挤塑及注射成型时更为明显。
- d. 成型工艺。挤塑和注射成型工艺一般收缩率较大，方向性明显。预热情况、成型温度、成型压力、保压时间、填装料形式及硬化均匀性对收缩率及方向性均有影响。

综上所述，模具设计时应根据各种塑料的收缩率范围，并按塑件形状、尺寸、壁厚、有无嵌件情况、分型面及加压成型方向、模具结构、进料口形式、尺寸和位置、成型工艺等诸因素综合来考虑选取收缩率数值。

另外，成型收缩还受各成型因素的影响，但主要取决于塑料品种、塑件形状及尺寸，所以成型时调整各项成型条件也能够适当地改变塑件的收缩情况。

(2) 流动性

塑料在一定温度与压力下填充型腔的能力称为流动性。流动性是模具设计时必须考虑的一个重要工艺参数。流动性大易造成溢料过多，填充型腔不密实，塑料组织疏松，树脂、助剂分头聚积，易粘模、脱模及清理困难，硬化过早等弊端。但流动性小则填充不足，不易成型，成型压力大。所以选用塑料的流动性必须与塑件要求、成型工艺及成型条件相适应。模具设计时应根据流动性能来考虑浇注系统、分型面及进料方向等。热固性塑料流动性通常以拉西格流动性（以 mm 计）来表示，数值大则流动性好。每一品种的塑料通常分三个不同等级的流动性，以供不同塑件及成型工艺选用。一般塑件面积大、嵌件多、型芯及嵌件细弱，有狭窄深槽及薄壁的复杂形状对填充不利时，应采用流动性较好的塑料。注射成型时应用拉西格流动性 200mm 以上的塑料，挤塑成型时应选用拉西格流动性 150mm 以上的塑料。为了保证每批塑料都有相同的流动性，在实际中常用并批方法来调节，即将同一品种而流动性有差异的塑料加以配用，使各批塑料流动性互相补偿，以保证塑件质量。但必须指出塑料的流动性除了取决于塑料品种外，在填充型腔时还常受各种因素的影响而使塑料实际填充型腔的能力发生变化。如粒度细匀（尤其是圆状粒料），湿度大、含水分及挥发物多、预热及

成型条件适当、模具表面粗糙度好、模具结构适当等则都有利于改善流动性。反之，预热或成型条件不良、模具结构不良、流动阻力大或塑料储存期过长，储存温度高（尤其对氨基塑料）等则都会导致塑料填充型腔时实际的流动性能下降而造成填充不良。

（3）质量体积及压缩率

质量体积为每一克塑料所占有的体积（以 cm^3/g 表示）。压缩率为塑粉与塑件两者体积或质量体积之比值（其值恒大于 1）。它们都可被用来确定压模装料室的大小，其数值大即要求装料室体积要大，同时又说明塑粉内充气多，排气困难，成型周期长，生产效率低。质量体积小则相反，而且有利于压制。但质量体积的值也常因塑料的粒度大小及颗粒不匀而有所不同。

（4）水分及挥发物含量

各种塑料中含有不同程度的水分、挥发物含量，过多时流动性增大、易溢料、保持时间长、收缩增大，易发生波纹、翘曲等弊病，影响塑件机电性能。但当塑料过于干燥时也会导致流动性不良，成型困难，所以不同塑料应按要求进行预热干燥，对吸湿性强的原料，尤其在潮湿季节即使对预热后的原料也应防止再吸湿。

由于各种塑料中含有不同成分的水分及挥发物，同时在缩合反应时会产生缩合水分，这些成分都需在成型时变成气体排出模外，有的气体对模具有腐蚀作用，对人体也有刺激作用，因此在模具设计时应应对各种塑料的此类特性有所了解，并采取相应措施，如预热、模具镀铬、开排气槽或成型时设排气工序等措施。

（5）硬化特性

热固性塑料在成型过程中在加热受压下软化转变成可塑性粘流状态，随之流动性增大填充型腔，与此同时发生缩合反应，交联密度不断增加，流动性迅速下降，融料逐渐固化。模具设计时对硬化速度快、保持流动状态短的物料则应注意便于装料，装卸嵌件及选择合理的成型条件和操作等，以免过早硬化或硬化不足，导致塑件成型不良。

硬化速度与塑料品种、壁厚、塑件形状、模具温度有关，但还受其他因素影响，尤其是预热状态。适当的预热是在使塑料能发挥出最大流动性的条件下，尽量提高其硬化速度，一般预热温度高、时间长（在允许范围内）则硬化速度加快。另外，成型温度高、加压时间长则硬化速度也随之增加。因此，硬化速度也可通过调节预热或成型条件予以适当控制。

硬化速度还应适合成型方法要求，例如注射、挤塑成型时应要求在塑化、填充时化学反应慢、硬化慢，应保持较长时间的流动状态，但当充满型腔后在高温、高压下应快速硬化。

1.2.2 热塑性塑料的工艺性能

这类塑料品种繁多，性能各异。即使同一品种也由于树脂分子量及附加物配比不同而使其使用及工艺特性也有所不同。另外，为了改变原有品种的特性，可通过共聚、接枝、共混、交联、改性及增强等各种化学或物理方法，成为具有新的使用及工艺特性的改性品种。由于热塑性塑料品种多、性能复杂，即使同一种类的塑料也有供注射用或挤出用之分。这里主要介绍各种注射用的热塑性塑料。

（1）成型收缩性

热塑性塑料成型收缩的形式及计算与热固性塑料类似。影响热塑性塑料成型收缩的因素如下：

① 塑料品种 热塑性塑料成型过程中由于存在结晶化引起的体积变化，内应力强，塑件内的残余应力大，分子取向性强等因素，因此与热固性塑料相比收缩率大，方向性明显。另外，脱模后收缩和后处理也比热固性塑料大。

② 塑件特性 塑件成型时,熔料与型腔表面接触外层立即冷却,形成低密度的固态外壳。由于塑料导热性差,使塑件内层缓慢冷却而形成收缩大的高密度固态层。因此塑件壁愈厚则收缩愈大。另外,有无嵌件及嵌件布局、数量都直接影响料流方向、密度分布及收缩阻力大小等,所以塑件的特性对收缩大小、方向性影响较大。

③ 浇口形式、尺寸及分布 这些因素直接影响料流方向、密度分布、保压补缩作用及成型时间。采用直接浇口,浇口截面大时则收缩小,但方向性明显,浇口宽及长度短则方向性小。距进料口近或与料流方向平行则收缩大。

④ 成型条件 模具温度、注射压力、保压时间等成型条件对塑件收缩均有直接影响。模具温度高,熔料冷却慢,密度高,收缩大,尤其对结晶料,因其体积变化大,故收缩更大。模温分布是否均匀也直接影响到塑件各部分收缩量的大小及方向性。注射压力高,熔料黏度差小,层间剪切应力小,脱模后弹性回跳大,收缩也可适量减小。保压时间对收缩也有较大影响,保压时间长则收缩小,但方向性明显。因此在成型时调整模温、注射压力、保压时间等诸因素也可适当地改变塑件的收缩情况。

模具设计时根据各种塑料的收缩范围,塑件壁厚、形状、进料口形式、尺寸及分布情况,按经验确定塑件各部位的收缩率,再来计算型腔尺寸。对高精度塑件及难以掌握收缩率时,一般用以下方法设计模具。

- a. 对塑件外径取较小收缩率,内径取较大收缩率,以留有试模后修正的余地。
- b. 试模确定浇注系统形式、尺寸及成型条件。
- c. 要后处理的塑件经后处理确定尺寸变化情况(测量时必须在脱模后 24h 以后)。
- d. 按实际收缩情况修正模具。
- e. 再试模并可适当地改变工艺条件略微修正收缩值以满足塑件要求。

(2) 流动性

① 塑料流动性分类 塑料流动性大小,可从塑料的分子量、熔融指数、阿基米德螺旋线长度、表观黏度及流动比(流程长度/塑件壁厚)等进行分析。分子量小、熔融指数高、螺旋线长度长、表观黏度小、流动比大的塑料,则流动性好。对同一品名的塑料必须检查其说明书判断其流动性是否适用于注射成型。按模具设计要求,可将常用塑料的流动性分为 3 类:

- a. 流动性好。尼龙、聚乙烯、聚苯乙烯、聚丙烯、醋酸纤维素、聚 4-甲基-1-戊烯。
- b. 流动性中等。改性聚苯乙烯(例如 ABS、AS)、有机玻璃、聚甲醛、聚氯醚。
- c. 流动性差。聚碳酸酯、硬聚氯乙烯、聚苯醚、聚砒、聚芳砒、氟塑料。

② 影响各类塑料流动性的因素 各种塑料的流动性也随各成型因素而变,主要影响的因素有如下几点:

a. 温度。料温高则流动性增大,但不同塑料也各有差异,聚苯乙烯(尤其耐冲击型及 MI 值较高的)、聚丙烯、尼龙、改性聚苯乙烯(例如 ABS、AS)、有机玻璃、醋酸纤维素、聚碳酸酯等塑料的流动性随温度变化较大。对聚乙烯、聚甲醛等则温度增减对其流动性影响较小。

b. 压力。注射压力增大则融料受剪切作用大,流动性也增大,特别是聚乙烯、聚甲醛较为敏感,所以成型时宜调节注射压力来控制流动性。

c. 模具结构。浇注系统的形式、尺寸、布置,冷却系统设计,融料流动阻力(如型面的表面粗糙度、料道截面厚度、型腔形状、排气系统)等因素都直接影响融料在型腔内的实际流动性,凡促使融料降低温度,增加流动阻力的则流动性就降低。

模具设计时应根据所用塑料的流动性,选用合理的结构。成型时也可控制料温、模温及注射压力和注射速度等因素来适当地调节填充情况以满足成型需要。

(3) 结晶性

热塑性塑料按其冷凝时有无出现结晶现象可划分为结晶型塑料和非结晶型（又称无定形）塑料两类。

塑料结晶现象是指塑料由熔融状态到冷凝的过程中，分子由无次序的自由运动状态而逐渐排列成为正规模型倾向的一种现象。

可根据塑料的厚壁塑件的透明性来判别这两类塑料，一般结晶型塑料是不透明和半透明的，非结晶型塑料是透明的。但也有例外情况，如聚4-甲基-1-戊烯为结晶型塑料，却有高透明性，ABS为非结晶形塑料，却是不透明。

对结晶型塑料在模具设计及选择注射机时应注意以下几点：

- ① 料温上升到成型温度所需的热量多，要选用塑化能力大的设备。
- ② 冷凝时放出热量大，模具要充分冷却。
- ③ 塑件成型后收缩大，易发生缩孔、气孔。
- ④ 塑件壁厚，冷却慢，结晶度高，收缩性大。塑件壁薄，冷却快，结晶度低，收缩性小。所以对结晶型塑料应按塑料要求控制模温。
- ⑤ 塑料各向异性明显，内应力大，脱模后塑件易发生变形、翘曲。
- ⑥ 塑料结晶熔点范围窄，易发生未熔粉末注入模具或堵塞进料口。

(4) 热敏性和水敏性

① 热敏性 指某些塑料对热较为敏感，在料温高和受热时间长的情况下就会产生变色、降聚、分解的特性，具有这种特性的塑料称为热敏性塑料，如硬聚氯乙烯、聚甲醛、聚三氟氯乙烯、醋酸乙烯共聚物等。热敏性塑料在分解时产生单体、气体、固体等副产物，特别是有毒气体，对人体有刺激，对设备、模具有腐蚀作用。因此，在模具设计、选择注射机及成型时都应注意。为防止热敏性塑料在成型过程中出现变色、分解现象，一方面可在塑料中加入热稳定剂，另一方面应选用螺杆式注射机，正确控制成型温度和成型周期，同时应及时清除分解产物，对模具和设备采取防腐措施。

② 水敏性 有的塑料（如聚碳酸酯）即使含有少量水分，但在高温、高压下也会发生分解，这种性能称为水敏性，对此必须预先加热干燥。

(5) 应力开裂及熔融破裂

① 有些塑料对应力敏感，成型时易产生内应力且质脆易裂，塑件在外力作用下或在溶剂作用下会发生开裂现象。为此，除在原料内加入附加剂提高抗裂性外，对原料应注意干燥，同时选用合理的成型条件和使塑件形状结构尽量合理。在模具设计时应增大脱模斜度，选用合理的进料口和顶出机构。在成型时应适当调节料温、模温、注射压力及冷却时间，尽量避免塑件在冷脆的情况下脱模。在塑件成型后要进行后处理以提高抗裂性，消除内应力。

② 当一定熔融指数的聚合物熔体，在恒温下通过喷嘴孔时，其流速超过一定值后，挤出的熔体表面发生明显的横向裂纹称为熔融破裂。发生熔融破裂会影响塑件的外观和性能，故若选择熔融指数高的聚合物，在模具设计时应增大喷嘴、流道和浇口截面，减少注射速度和提高料温。

(6) 热性能及冷却速度

① 各种塑料有不同的比热容、热导率、热变形温度等热性能。比热容高的塑料在塑化时需要热量大，应选用塑化能力大的注射机。热变形温度高的塑料冷却时间短，脱模早，但脱模后要防止冷却变形。热导率低的塑料冷却速度慢，必须充分冷却，要加强模具冷却效果。热浇道模具适用于比热容低、热导率高的塑料。比热容大、热导率低、热变形温度低、冷却速度慢的塑料则不利于高速成型，必须用适当的注射机及加强模具冷却。

② 各种塑料按其品种特性及塑件形状，要求必须保持适当的冷却速度。所以模具必须按成型要求设置加热和冷却系统，以保持一定模温。当料温使模温升高时应宜冷却，以防止塑件脱模后变形，缩短成型周期，降低结晶度。当塑料余热不足以使模具保持一定温度时，则模具应设有加热系统，使模具保持在一定温度，以控制冷却速度，保证流动性，改善填充条件或用以控制塑件使其缓慢冷却，防止厚壁塑件内外冷却不匀及提高结晶度等。有流动性好、成型面积大、料温不均的则按塑件成型情况需加热或冷却交替使用或局部加热与冷却并用。为此模具应设有相应的冷却和加热系统。

(7) 吸湿性

塑料中因有各种助剂，使其对水分各有不同的亲疏程度，所以塑料大致可分为吸水、黏附水分及不吸水也不易黏附水分两种。塑料含水量必须控制在允许范围内，不然在高温、高压下水分变成气体或发生水解作用，使树脂起泡、流动性下降、外观及机电性能不良。所以对吸湿性塑料必须按要求采用适当的加热方法及规范进行预热，在使用时还需用红外线照射以防止再吸湿。

1.3 常用塑料

1.3.1 热固性塑料

热固性塑料具有刚度大，在承载下弹性和塑性变形极小，且温度对刚度影响小，在相同载荷和温度条件下，蠕变量比热塑性塑料小得多；耐热性能好，塑件固化后对热相当稳定；塑件尺寸稳定性好，受温度和湿度影响小且成型后收缩小，塑件尺寸精度比热塑性塑料要高；电性能优良；耐腐蚀性好，不受强酸、弱碱及有机溶剂的腐蚀；加工性好，可以采用多种成型方法加工等优点。其缺点是力学性能较差。常用的热固性塑料及其成型特性见表 1-1。

表 1-1 常用热固性塑料及其成型特性

塑料名称	成型特性
酚醛塑料	①成型性好,适用于压塑成型,部分适用于挤塑成型,个别适用于注射成型 ②含水分、挥发物,应预热、排气。不预热者应提高模温及成型压力并注意排气 ③收缩及方向性一般比氨基塑料大 ④模温对流动性影响大,一般超过 160℃时流动性迅速下降 ⑤硬化速度一般比氨基慢,硬化时放出热量大,厚壁大型塑件内部温度易过高,故易发生硬化不匀及过热
氨基塑料	①成型收缩率大,脲甲醛塑料等不宜压注大型塑件 ②流动性好,硬化速度快,故预热及成型温度要适当,装料、合模及加压速度要快 ③含水分挥发物多,易吸湿、结块,成型时应预热干燥,并防止再吸湿,但过于干燥则流动性下降。成型时有水分及分解物,有弱酸性,模具应镀铬,防止腐蚀,成型时应排气 ④成型温度对塑件质量影响较大。温度过高易发生分解、变色、气泡、开裂、变形、色泽不匀;温度低时流动性差,不光泽,故应严格控制成型温度 ⑤料细、质量体积大、料中充气多,用预压锭成型大塑件时易发生波纹及流痕,故一般不宜采用 ⑥性脆,嵌件周围易应力集中,尺寸稳定性差 ⑦储存期长、储存温度高时,会导致流动性迅速下降
有机硅塑料	①流动性好,硬化速度慢,用于压塑成型 ②要较高温度压制 ③压塑成型后要经高温固化处理

续表

塑料名称	成型特性
聚硅氧烷	① 主要用于低压挤塑成型,封装电子元件等。一般成型压力为 4~10MPa,成型温度为 160~180℃ ② 流动性极好、易溢料、收缩小、储存温度高,流动性会迅速下降 ③ 硬化速度慢、成型后需高温固化、易发生后收缩,塑件厚度大于 10mm 时应逐渐升温 and 适当延长保温时间,否则易脆裂 ④ 用于封装集成电路等电子元件时,进料口位置及截面应注意防止融料流速太快,或直接冲击细弱元件,并宜在进料口相对方向开设溢料槽,一般常用于一模多腔,主流道截面不宜过小
环氧树脂	① 流动性好,硬化速度快 ② 硬化收缩小,但热刚性差不易脱模;硬化时一般不需排气,装料后应立即加压 ③ 预热温度一般为 80~100℃,成型温度为 140~170℃,成型压力一般为 10~20MPa,保持时间一般在 0.6min/mm ④ 常适用于浇注成型及低压挤塑成型,供封装电子元件等
玻璃纤维增强塑料	① 流动性比一般塑料差,但物料渗入力强,飞边厚,不易去除。故选择分型面时,应注意飞边方向。上、下模及镶拼件宜取整体结构,若采用组合结构,其装配间隙不宜取大,上、下模可拆的成型零件宜取 IT8~IT9 级间隙配合 ② 收缩小,收缩率一般取 0.1%~0.2%,但有方向性,易出现熔接不良、变形、翘曲、缩孔、裂纹、应力集中和树脂填料分布不均等现象。薄壁件易碎,不易脱模,大面积塑件易发生波纹及物料聚积等现象 ③ 成型压力大,物料渗挤力大,模具型芯和塑件嵌件应有足够的强度,以防变形、位移与损坏,尤其是细长型芯与型腔间空隙较小时更应注意 ④ 质量体积、压缩比都比一般塑料大。故设计模具时应取较大的加料室,一般物料体积取塑件体积的 2~3 倍 ⑤ 适宜于成型通孔,避免成型如直径 5mm 以下的盲孔。大型塑件尽量不设计小孔。孔间距和孔边距宜取大值,大密度排列的小孔不宜压塑成型。成型盲孔时,其底部应成半球面或圆锥面,以利于物料流动。孔径与孔深之比一般取 1:2~1:3 ⑥ 加压方向宜选塑件投影面大的方向,不宜选尺寸精度高的部位和嵌件、型芯的轴线垂直方向 ⑦ 模具脱模斜度宜取 1°以上。顶杆应有足够的强度,顶出力分布均匀,顶杆不宜兼作型芯 ⑧ 快速成型料可在成型温度下脱模,慢速成型料的模具应有加热及强冷却的措施

1.3.2 热塑性塑料

热塑性塑料质轻,密度为 0.83~2.20g/cm³;电绝缘性好,不导电及耐电弧等;化学稳定性好,能耐一般的酸、碱、盐及有机溶剂;有良好的耐磨性和润滑性;比强度高;着色性好,可以采用喷涂、热压印等方法获得各种外观颜色的塑件;可以采用多种成型方法加工,生产效率高。缺点主要是耐热性差,热膨胀系数大,尺寸稳定性差;在载荷作用下易老化等。

常用热塑性塑料及其成型特性见表 1-2,热塑性塑料成型条件见表 1-3。

表 1-2 常用热塑性塑料及其成型特性

塑料名称	成型特性
聚苯乙烯(PS)	① 无定形塑料,吸湿性小,不易分解,性脆易裂,热膨胀系数大,易产生内应力 ② 流动性较好,溢边值 0.03mm 左右 ③ 塑件壁厚应均匀,不宜有嵌件(如有嵌件应预热)、缺口、尖角,各面应圆滑连接 ④ 可用螺杆或柱塞式注射机加工,喷嘴可用直通式或自锁式 ⑤ 宜用高料温,高模温,低注射压力,延长注射时间有利于降低内应力,防止缩孔、变形(尤其对壁厚塑件),但料温高易出银丝,料温低或脱模剂多则透明性差 ⑥ 可采用各种形式浇口,浇口与塑件应圆弧连接,防止去除浇口时损坏塑件。脱模斜度宜取 2°以上,顶出均匀以防止脱模不良发生开裂、变形,可用热浇道结构